



IL CLIMA DEL FRIULI VENEZIA GIULIA

OSMER e GRN
Osservatorio Meteorologico Regionale e Gestione Rischi Naturali
www.arpa.fvg.it www.meteo.fvg.it

Agosto, 2023

Informazioni legali

L'Agenzia Regionale per la Protezione dell'Ambiente del Friuli Venezia Giulia (ARPA FVG) e le persone che agiscono per conto dell'Agenzia non sono responsabili per l'uso che può essere fatto delle informazioni contenute in questa pubblicazione.

La presente pubblicazione (versione 1.2 del 08/01/2024) è stata realizzata da:
ARPA FVG - s.o.c. OSMER e GRN Osservatorio Meteorologico Regionale e Gestione Rischi Naturali c/o Protezione civile FVG. Email: meteo@arpa.fvg.it

In copertina: Fusine in Valromana (Tarvisio), gennaio 2019 (foto di Elena Ermacora)

©ARPA FVG
Via Cairoli, 14 - 33057 Palmanova (UD)
Tel +39 0432 922 611 - Fax +39 0432 922 626
www.arpa.fvg.it

Settore Meteo del CFD di Protezione Civile FVG
via Natisone, 43 - I - 33057 Palmanova UD
tel. +39 0432 926831, fax: +39 0432 1918120
e-mail: meteo@arpa.fvg.it
www.meteo.fvg.it



Sommario

Sommario	2
Introduzione.....	3
Punti chiave della climatologia regionale.....	4
Dati di base e modalità di elaborazione	5
I fattori che influenzano il clima regionale.....	7
La temperatura	9
Le precipitazioni	11
La pioggia.....	11
I temporali	14
La grandine.....	15
La neve.....	19
La radiazione solare e lo stato del cielo	23
Il vento	28
Indici bioclimatici per il Friuli Venezia Giulia.....	33
1 - Worldwide bioclimatic classification system	33
2 - Indice di Amann.....	39
3 - Classificazione di Köppen.....	40
4 - Indice di Pavari.....	42
5 - Indice di Pavari-Lang.....	44
6 - Indice di De Martonne.....	46
7 - Bilancio Idroclimatico.....	47
Bibliografia e sitografia.....	50
Allegato A – Mappe annuali 1991-2020.....	52
Allegato B – Temperature medie minime mensili 1991-2020.....	54
Allegato C – Temperature medie mensili 1991-2020.....	57
Allegato D – Temperature medie massime mensili 1991-2020	60
Allegato E – Piogge medie mensili 1991-2020.....	63
Allegato F – Giorni medi di pioggia mensili 1991-2020.....	66
Allegato G – Giorni medi continuativi senza pioggia stagionali 1991-2020.....	69
Allegato H - Cambiamenti climatici in Friuli Venezia Giulia.....	70

Introduzione

Secondo l'Organizzazione Meteorologica Mondiale (WMO), il clima è la misurazione della media e della variabilità di quantità rilevanti di variabili come temperatura, precipitazioni o vento, in un periodo di tempo che va da mesi a migliaia/milioni di anni; il periodo classico è 30 anni.

Il periodo 1991-2020 rappresenta il trentennio più recente e viene attualmente utilizzato come periodo di riferimento per il calcolo delle medie climatologiche e per le analisi finalizzate a servizi operativi e processi decisionali per l'immediato futuro nei settori sensibili al clima, come indicato dall'Organizzazione Meteorologica Mondiale.

La straordinaria ricchezza e diversità di tratti – ambientali, paesaggistici, culturali, linguistici - propria del Friuli Venezia Giulia (FVG), terra di incontro tra regioni naturali e geografiche diverse, si rispecchia anche nel clima. Questo territorio, incastonato fra il sistema alpino (con le Alpi Carniche e Giulie) e il mare Adriatico, presenta condizioni climatiche che danno luogo a una varietà sorprendente di situazioni locali. In Friuli Venezia Giulia si trovano, in un breve raggio, condizioni mediterranee, continentali, di transizione e alpine: quasi una sintesi naturale di un manuale di climatologia.

Molti scrittori e poeti nelle loro opere parlano del clima regionale:

- G. Carducci, scrivendo *Il Comune Rustico*, è ispirato dall'"ampia frescura" di Arta in Carnia;
- C. Percoto, invece, ricorda le gelide nottate brillanti di stelle della pianura friulana;
- R.M. Rilke è innamorato del mite abbraccio della costiera triestina;
- S. Slataper viene rinfancato dalla salubre aria carsolina.

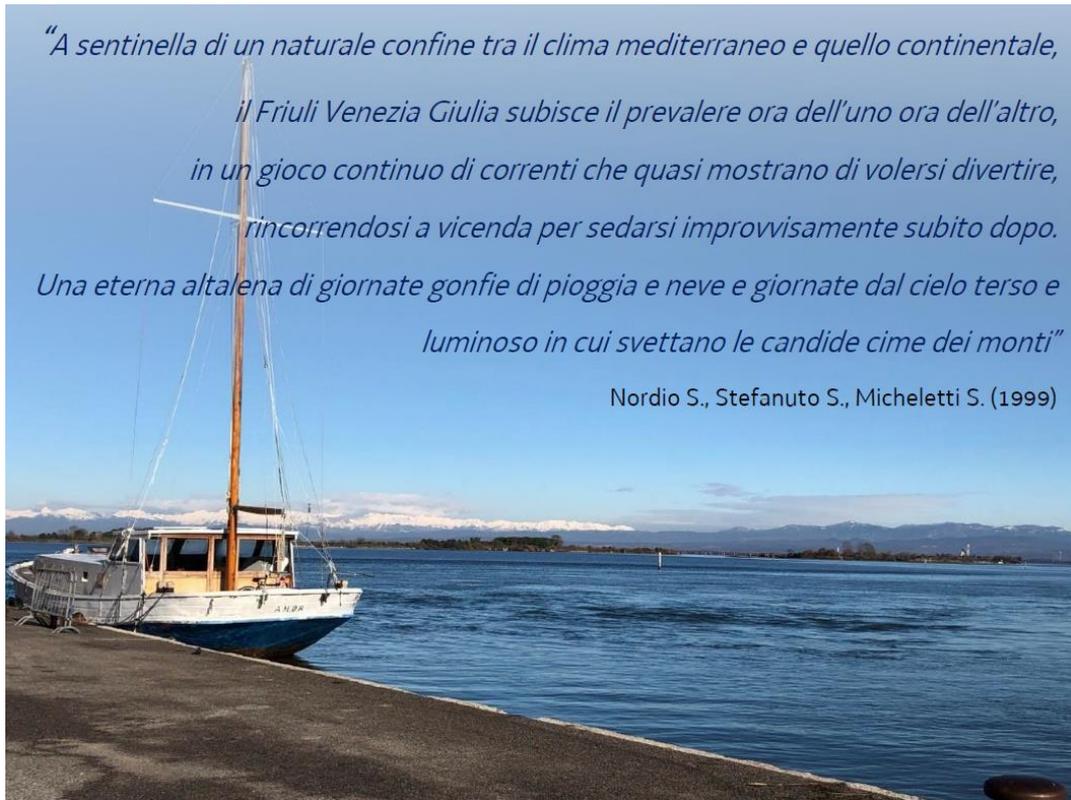
Tutte le attività produttive e di gestione del territorio dipendono in misura più o meno importante dal clima della zona dove si svolgono, così come anche molte scelte e situazioni nella vita personale di ciascuno di noi.

Questo documento a carattere divulgativo intende quindi fornire a tutti alcune nozioni di base sul clima del Friuli Venezia Giulia, per rispondere a un'esigenza di informazione sempre più sentita da parte della cittadinanza.

Negli allegati al presente documento sono disponibili:

- A. le mappe annuali di:
 - temperatura minima, media e massima,
 - giorni di caldo,
 - giorni di gelo,
 - notti tropicali,
 - pioggia,
 - giorni di pioggia;
- B. le mappe mensili di temperatura minima;
- C. le mappe mensili di temperatura media;
- D. le mappe mensili di temperatura massima;
- E. le mappe mensili di pioggia;
- F. le mappe mensili di giorni di pioggia;
- G. le mappe stagionali di giorni medi continuativi senza pioggia;
- H. cenni sui cambiamenti climatici in Friuli Venezia Giulia.

È inoltre possibile scaricare i relativi raster dalla sezione Clima/mappe climatiche (raster) del sito www.meteo.fvg.it.



Grado, dicembre 2020 (foto di Elena Ermacora)

Punti chiave della climatologia regionale

- **Temperatura:** sulla fascia costiera il mare mitiga sia gli estremi estivi che quelli invernali, mentre nel resto della regione l'escursione termica si fa più importante. La costa risulta la zona mediamente più calda.
- **Precipitazioni:** la regione si caratterizza nel complesso per la sua alta piovosità annuale, per la frequenza e l'intensità delle piogge, per i temporali e la grandine. Le nevicate più abbondanti si manifestano principalmente sulle Alpi Giulie e sulle Prealpi Carniche.
- **Radiazione globale solare e stato del cielo:** la radiazione solare è molto eterogenea, va da un minimo comune a tutta la regione di meno di 5000 kJ/m² medi giornalieri del mese di dicembre (con circa 150 minuti di insolazione) ai quasi 25000 kJ/m² del mese di luglio in pianura (con oltre 10 ore, di media giornaliera, di tempo soleggiato). Nel corso dell'anno, i giorni con stato del cielo sereno o poco nuvoloso vanno da circa un terzo a circa il 70%, a seconda delle zone; mediamente prevalgono – seppure di poco – i giorni in cui il cielo è da variabile a coperto. Passando dalla fascia costiera verso l'interno la nuvolosità aumenta progressivamente, specie nei mesi primaverili ed estivi, mentre nei mesi invernali accade spesso il contrario.
- **Vento:** la regione è nel complesso abbastanza riparata dai venti, soprattutto per quanto concerne quelli freddi provenienti da nord, mentre è soggetta nella fascia orientale, specialmente sul Carso e sulla città di Trieste, al ben noto vento proveniente da est-nordest, la Bora. Questo vento secco e freddo, di origine continentale, si presenta soprattutto nel periodo invernale, ma non è raro nelle altre stagioni e può raggiungere, con le raffiche, velocità elevatissime. Le brezze sono presenti su gran parte del territorio regionale e si alternano ai venti nord-orientali, portatori di buon tempo, e a quelli meridionali, che favoriscono le piogge.

Dati di base e modalità di elaborazione

Le elaborazioni presentate in questa pubblicazione sono state realizzate in generale utilizzando i dati climatici del trentennio 1991-2020. Nelle mappe, per ognuna delle grandezze meteorologiche considerate, è stato selezionato un numero congruo di stazioni che ne rappresentassero bene la variabilità territoriale.

Si riportano i metodi utilizzati per le diverse variabili meteorologiche.

- Le mappe di **temperatura** sono state realizzate utilizzando i dati di 25 stazioni termometriche della rete meteorologica regionale. I dati termici sono stati interpolati utilizzando una regressione multipla che tiene conto principalmente dell'effetto di diminuzione della temperatura al crescere della quota. Tale regressione, inoltre, tiene conto dell'azione del mare che mitiga sia gli estremi estivi che quelli invernali sulla fascia costiera ("effetto costa") e delle influenze continentali che risultano maggiori nella zona di Tarvisio ("effetto Tarvisiano").
- Le mappe di **pioggia** (cumulati totali di pioggia e giorni piovosi) sono state realizzate utilizzando i dati climatici di 83 stazioni pluviometriche della rete meteorologica regionale. I dati relativi alle precipitazioni sono stati interpolati attraverso algoritmi NNI (Natural Neighbor Interpolation).
- I dati sulla **grandine** sono stati raccolti grazie a una rete di collaboratori volontari nel periodo che va dal 1 aprile al 30 settembre di ogni anno: ogni volontario è dotato di un "supporto" sulla cui sommità viene applicato un pannello fatto di uno speciale polistirolo, dipinto con pittura bianca resistente agli agenti atmosferici. Il pannello viene sostituito ogni volta che, dopo un evento temporalesco, vengono rilevati dei "colpi" dovuti alla presenza di grandine. Sul retro del pannello vengono riportate la data e l'ora (se possibile, sia quella di inizio che quella di fine) della precipitazione grandinigena o di fase "mista pioggia". Successivamente alla loro raccolta, i pannelli colpiti vengono passati con un rullo intriso di inchiostro tipografico nero, per evidenziare le impronte lasciate in rilievo dai chicchi di grandine, e quindi scannerizzati ed analizzati con un software appositamente sviluppato.
- I dati sulla **neve** sono stati raccolti dalla struttura stabile centrale per l'attività di monitoraggio del manto nevoso e del rilievo dei fenomeni valanghivi del Corpo Forestale Regionale del Friuli Venezia Giulia secondo gli standard A.I.NE.VA.
- Per il calcolo della **radiazione globale** sono stati impiegati i dati raccolti dai radiometri presenti nelle stazioni meteorologiche. Sono state utilizzate 6 serie di dati storici, corrispondenti ad altrettante stazioni rappresentative delle diverse aree geografiche. È riportato il dato medio giornaliero, per il periodo di riferimento, della radiazione per ogni decade per ogni mese.
- Per il calcolo **dello stato del cielo**, sono state utilizzate 6 serie di dati storici, corrispondenti ad altrettante stazioni rappresentative delle diverse aree geografiche (le stesse della radiazione). La classificazione dello stato del cielo è stata effettuata basandosi sul lavoro di Cicogna et al. (2012): per ogni giorno del periodo esaminato, è stata calcolata la media dei rapporti tra la radiazione oraria globale misurata e la radiazione teorica massima oraria. Naturalmente, la radiazione solare non viene misurata di notte, perciò sono utilizzate le misure orarie a partire da un'ora dopo l'alba a un'ora prima del tramonto con esclusione delle ore in cui gli eventuali rilievi orografici proiettano un'ombra sul sito. Se il numero di ore senza ombra è minore della metà delle ore di luce, il calcolo non viene effettuato.

Per valori di tale media:

- > 0.7 e ≤ 1.0 lo stato del cielo è stato classificato come **da Sereno a Poco Nuvoloso (S-PN)**,
- > 0.45 e ≤ 0.7 lo stato del cielo è stato classificato come **da Variabile a Nuvoloso (V-N)**,
- ≥ 0.0 e ≤ 0.45 lo stato del cielo è stato classificato come **da Molto Nuvoloso a Coperto (MN-C)**.

- Per quanto riguarda il **vento**, l'analisi sul dato medio è eseguita su dati orari: 24 dati al giorno, dove ogni dato è la media vettoriale delle misure degli ultimi 10 minuti dell'ora. Per il vento massimo è stata utilizzata la raffica massima giornaliera.

In Figura 1 si riporta a titolo esemplificativo una stazione meteorologica con i relativi sensori installati:

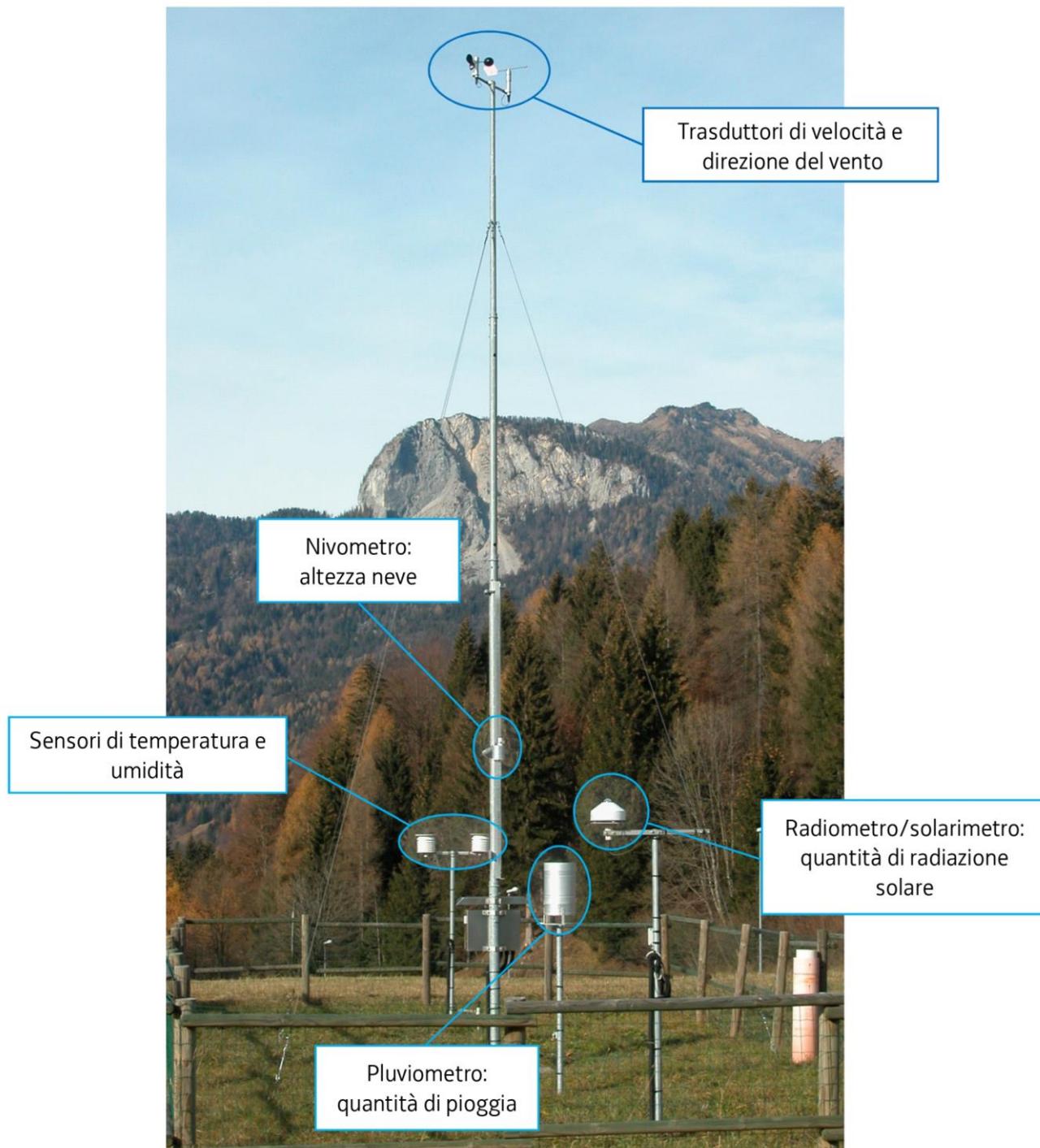


Figura 1: Stazione meteorologica di Forni di Sopra (novembre 2007) con indicazione dei sensori installati (foto di Alberto Villani)

I fattori che influenzano il clima regionale

La posizione geografica e l'orografia^[1] della regione Friuli Venezia Giulia ne condizionano in modo determinante il tempo meteorologico^[2] e quindi il clima^[3].



Pedemontana pordenonese, febbraio 2014 (foto di Alberto Villani)

Geograficamente, la regione è situata alle **medie latitudini**, dove è molto marcato il **contrasto tra le masse d'aria polare e tropicale**: tale contrasto genera frequentemente sistemi frontali (perturbazioni), per lo più inseriti nelle correnti occidentali prevalenti.

Il Friuli Venezia Giulia è inoltre una zona orograficamente complessa, in cui i fenomeni meteorologici e la loro evoluzione sono influenzati fortemente dai **rilievi** e dalla loro disposizione rispetto alla circolazione prevalente delle masse d'aria.

La regione, infatti, è costituita per la sua metà settentrionale dalle pendici meridionali della catena alpina orientale: due catene di montagne parallele tra loro (**Prealpi e Alpi**) disposte

principalmente in direzione ovest-est e quasi parallele al confine con il mare Adriatico. Le Prealpi sono divise longitudinalmente al centro dell'area dal Tagliamento, mentre le Alpi sono divise dal fiume Fella (a circa 700 m s.l.m.m.^[4]).

Salendo dalla pianura verso nord, si incontrano prima le Prealpi e, ancora a nord di queste, le Alpi.

Partendo da ovest, si incontrano prima le Prealpi Carniche, le cui vette raggiungono i 2000-2500 m. Alle loro spalle, le Alpi Carniche arrivano fino a 2800 m circa: il monte Coglians, infatti, raggiunge i 2781 m. Alpi e Prealpi Carniche sono separate dall'ampia valle del Tagliamento (la cui altitudine è di 500 m s.l.m.m. circa).

Nella zona più orientale, le Prealpi Giulie arrivano fino ad una altitudine di 1500-2000 m. Dietro ad esse si trovano le Alpi Giulie, che in regione si elevano fino a 2800 m. Esse sono separate solo da un paio di strette e profonde valli. Le Prealpi Giulie si possono dividere in Prealpi Giulie settentrionali e meridionali.

La presenza delle Alpi induce significativi cambiamenti della temperatura, dell'umidità e, ovviamente, della direzione di moto delle masse d'aria che interessano la regione. I processi che hanno luogo su opposti versanti di questa catena montuosa sono responsabili di profonde modifiche del contenuto relativo d'acqua nell'aria (umidità) attraverso processi di condensazione ed evaporazione dell'acqua stessa. Questi processi, che influenzano la temperatura dell'aria e di conseguenza la stabilità atmosferica, si chiamano:

- **Stau**, effetto di sbarramento dovuto a una catena montuosa, che costringe le correnti d'aria a innalzarsi raffreddandosi, dando spesso luogo a precipitazioni;
- **Föhn**, vento caldo e secco discendente dalle Alpi.

[1] L'orografia è la conformazione fisica di un territorio derivante dalla distribuzione dei rilievi montuosi.

[2] Il tempo meteorologico è lo stato in cui l'atmosfera si trova in un dato momento e in un dato luogo.

[3] Il clima è lo stato medio degli elementi atmosferici e la loro variabilità in almeno 30 anni: il clima è dunque la risultante delle condizioni del tempo che si verificano nell'arco di anni, decenni o secoli.

[4] Metri sul livello marino medio, espressione analoga a m s.l.m. (metri sul livello del mare).

Molto importanti sono anche le peculiarità locali del territorio, quali la presenza del **Mare Adriatico**, poco profondo, e della **laguna** caratterizzata da considerevoli escursioni termiche. La regione, infatti, è costituita per la sua metà meridionale da una zona **pianeggiante** che si bagna a sud nel mare Adriatico e nella laguna di Marano e Grado (tanto calda d'estate quanto fredda in inverno).

L'**umidità** relativa dell'aria presenta un massimo in novembre e un minimo nei mesi di luglio o agosto. L'escursione diurna dell'umidità relativa è ridotta sulla fascia costiera per l'effetto del mare, mentre aumenta nell'interno della regione e diventa forte nelle vallate alpine. Molto scarse risultano le giornate con formazione di **nebbia** sulla fascia costiera, mentre maggiore è la presenza di questo fenomeno sul settore sud-occidentale della pianura (comunque ben al di sotto della frequenza della Pianura Padana).

In estrema sintesi il clima della regione può essere considerato come un **clima continentale moderato con connotazione umida**. A fini esaustivi, sono riportati in appendice alcuni esempi di classificazioni più articolate dei climi (**bioclimi**), che si possono applicare al Friuli Venezia Giulia.

La connotazione umida del clima è dettata dall'**elevata piovosità** dell'alta pianura friulana e della zona prealpina. Questa elevata piovosità deriva da:

- l'effetto che i rilievi hanno sui flussi di aria umida provenienti da sud i quali, forzati a moti verticali, si traducono in piogge copiose;
- l'elevata frequenza di **temporali**.

Non va inoltre dimenticato che la **grandine** è tra i fenomeni caratterizzanti del clima estivo regionale.



Fulmini durante un temporale a Grado, luglio 2023 (foto di Alessandro Gimona)

La temperatura

La **temperatura media annua** varia nelle diverse zone della regione.

Essa registra i valori massimi (che si attestano attorno ai 15 °C) lungo la **fascia costiera**, grazie all'azione mitigatrice del mare. La zona più calda, in particolare, risulta la costa triestina al di sotto del ciglione carsico, a causa della favorevole esposizione al sole.

In particolare, nella **costa** mediamente le giornate calde (con temperatura massima registrata superiore ai 30 °C) sono una trentina all'anno e si conta solo 1 giornata molto calda (con temperatura massima registrata superiore ai 35 °C) ogni anno. Le notti tropicali, in cui la temperatura minima è superiore ai 20 °C, sono circa una sessantina ogni anno. Mediamente le giornate di gelo (con temperatura minima inferiore a 0 °C) sono 8-9 e le giornate di ghiaccio (con le temperature massime inferiori a 0 °C) sono estremamente rare, nell'ordine di 1 ogni 10 anni.

Per quanto riguarda la **pianura** friulana, le temperature medie annue che si riscontrano risultano abbastanza omogenee su tutto il territorio, con valori medi annui tra i 13 °C e 14 °C. Le poche lievi differenze che si registrano sono dovute sostanzialmente alla pendenza e all'esposizione, soprattutto per quanto riguarda l'alta pianura (Figura 2).

La pianura è tra le zone in cui si verifica la massima escursione termica nel corso dell'anno. Le giornate calde variano mediamente tra 40 e 50 e i giorni molto caldi sono mediamente 1-2. Le notti tropicali sono circa una decina ogni anno. In media ci sono una sessantina di giornate di gelo ogni anno e si ha 1 giornata di ghiaccio ogni 3-5 anni.

Il discorso si complica notevolmente per il **territorio collinare e montuoso** della regione. L'orientamento e la morfologia del **Carso** e delle due catene montuose principali, cioè le **Alpi e Prealpi Carniche** e **Giulie**, incrementano o smorzano l'azione dei flussi apportatori di diverse condizioni meteorologiche, quindi giocano un ruolo molto rilevante anche sul comportamento della temperatura nel lungo periodo; infatti, anche le vallate alpine sono zone in cui l'escursione termica è importante.

La temperatura è profondamente influenzata da diversi fattori, tra cui:

- l'altitudine, in quanto man mano che essa aumenta, la temperatura si abbassa di circa 0.7 °C ogni 100 m^[5];
- l'esposizione e l'orientamento del versante, per le località poste sulle catene montuose di Alpi e Prealpi;
- i fenomeni di inversione termica causata dall'altezza delle catene montuose circostanti, che favoriscono il ristagno delle masse d'aria più fredde: le località poste in zone collinari o comunque non a fondovalle registrano temperature medie più elevate di quelle poste a fondovalle;

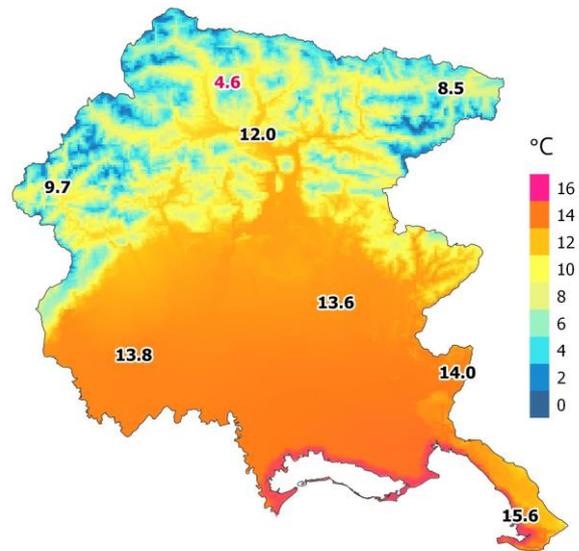


Figura 2: Temperature medie annue (dati rete meteorologica regionale 1991-2020). Il valore in rosso corrisponde alla stazione in quota di Monte Zoncolan; i valori in nero si riferiscono a stazioni di valle/pianura/costa

[5] Questo valore rispecchia il decremento della temperatura che si verifica nella troposfera secondo il gradiente adiabatico umido.

- la conformazione e le caratteristiche orografiche della valle in cui si trova una località (es. valle larga o stretta);
- la presenza dell’altopiano del Carso;
- l’appartenenza ai sistemi idrografici tributari del Mare Adriatico oppure del Mar Nero ^[5];
- l’appartenenza ai singoli bacini fluviali (Piave, Livenza, Tagliamento, Isonzo, Drava, Timavo).

L’appartenenza ai sistemi idrografici tributari di uno specifico mare^[6] ed ai diversi bacini fluviali incide notevolmente per gli effetti di maggiore o minore continentalità, perché l’esposizione all’afflusso delle diverse masse d’aria, calda o fredda, che si spostano sull’Europa influenza non solo le temperature medie, ma anche l’escursione termica diurna e annuale. Il Tarvisiano, in particolare, risente maggiormente delle influenze continentali rispetto alla Carnia per la sua appartenenza al bacino del Danubio.

Considerando le **temperature medie mensili**, l’andamento annuale delle temperature registra in generale i valori massimi nei mesi di luglio e agosto e i valori minimi tra dicembre e febbraio (Figura 3), con una differenza media di circa 11-12 °C tra i valori delle località più calde e quelli dei siti più freddi.

Si possono trovare le mappe annuali di temperatura minima, media e massima, del numero medio di giorni caldi, di notti tropicali e di giorni di gelo [nell’allegato A](#) e le mappe mensili di temperatura minima, media e massima negli allegati [B](#), [C](#), [D](#). È inoltre possibile scaricare i relativi raster dalla sezione Clima/mappe climatiche (raster) del sito www.meteo.fvg.it.

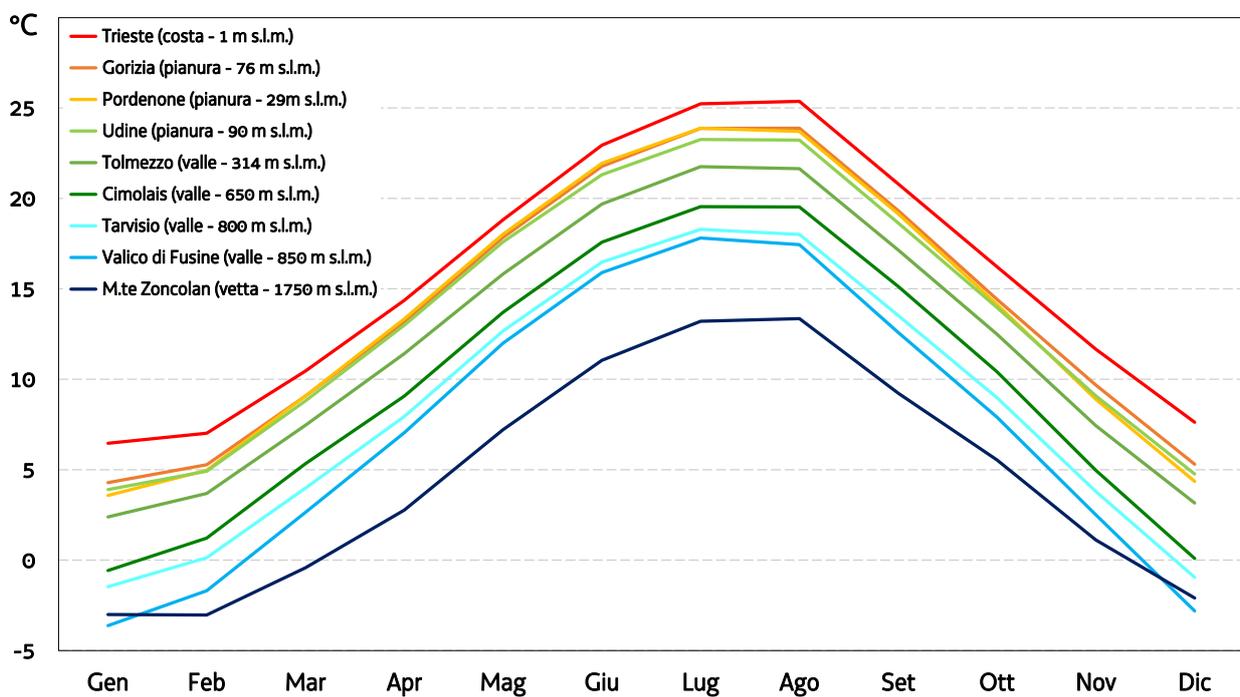


Figura 3: Andamento della temperatura media mensile (periodo 1991-2020) in diverse località regionali

^[5,6] Lo Slizza a Tarvisio fa parte del bacino del Danubio, che sfocia nel Mar Nero.

Le precipitazioni

Le precipitazioni in Friuli Venezia Giulia sono un fenomeno abbastanza **complesso**. In questo capitolo vengono trattate la **pioggia**, i **temporali**, la **grandine** e la **neve**.

La pioggia

Per meglio comprendere l'andamento della piovosità in regione, bisogna far riferimento ai tre "meccanismi" principali che generano le precipitazioni in questa zona della Terra. Essi modulano a livello territoriale le precipitazioni, rendendo la regione **molto piovosa** sia per la frequenza che per la quantità. Inoltre, tali "meccanismi" fanno sì che, mentre sulle **Prealpi** (in particolare sulle Prealpi Giulie) cade un quantitativo di pioggia molto elevato, verso il mare e sulle zone alpine più interne in genere i cumulati di pioggia siano minori. Tali fattori spiegano anche i frequenti temporali che si sviluppano sulla regione.

La natura e l'origine delle piogge variano nel corso dell'anno: durante i mesi tardo autunnali, invernali e primaverili le piogge sono in genere legate alla circolazione sinottica^[7] e ai flussi umidi meridionali; durante i mesi estivi e nei primi mesi autunnali diventa rilevante o anche prevalente il contributo alla piovosità totale di piogge di origine convettiva (rovesci^[8] e temporali) o comunque legate a dinamiche alla mesoscala^[9]:

I tre "meccanismi" sopracitati sono i seguenti:

1. **le interazioni tra fronti^[10] e depressioni^[11]**: la fascia perturbata raggiunge il suo massimo a latitudini che si trovano tra il 50° e 60°, ma anche le zone tra il 40° e il 50° parallelo sono interessate abbastanza frequentemente dal flusso di perturbazioni. Nell'emisfero settentrionale, alla latitudine di 45°-46° N in cui si trova il Friuli Venezia Giulia, circolano generalmente le grandi masse d'aria dette "correnti occidentali". Esse, guidate dal fronte polare, si spostano da ovest verso est. In seno ad esse, si muovono le depressioni e i fronti, che sono la "causa" principale delle piogge e delle nevicate. A questo "motore" principale, spesso si aggiungono delle depressioni che si originano sul Mar Mediterraneo (specie nei mesi più freddi), molte delle quali poi presentano un minimo barico più persistente centrato frequentemente sul Golfo di Genova, oppure sul Mar Tirreno o sull'Alto Adriatico. La formazione di questi minimi barici in settori diversi del Mediterraneo è da mettere in relazione anche con l'influenza della geografia della Penisola Italiana e soprattutto delle Alpi e degli Appennini, la tipologia delle masse d'aria in spostamento di origine continentale o marittimo-oceanica, la direzione e l'intensità dei flussi di vento che interessano l'area mediterranea, la stagionalità ed infine l'interazione con la temperatura del mare.
2. **l'interazione orografia-flussi umidi (Stau/Föhn)**: la regione è circondata dalle Alpi a nord-ovest, nord e nord-est. È importante ricordare che la catena principale delle Alpi Orientali è rappresentata dai Tauri in Austria, mentre le Alpi Carniche e le Alpi Giulie rappresentano gruppi montuosi di minore altezza e vastità. Tale sviluppo dell'orografia determina sulla regione una notevole protezione dai flussi d'aria settentrionali (secchi o umidi che siano), in arrivo da nord-ovest e da nord, protezione che invece diventa molto meno significativa per i flussi in arrivo da nord-est dovuta all'insieme dello sviluppo delle Alpi Orientali, che diventano improvvisamente più basse e con frequenti solchi vallivi già in Austria con i Bassi Tauri e poi al confine fra la regione e la Slovenia con le Alpi

^[7] Per circolazione sinottica si intende la circolazione atmosferica su vasta scala (anche qualche migliaio di km).

^[8] Il rovescio è caratterizzato da una precipitazione di forte intensità e breve durata. Diventa temporalesco quando ad esso è associata attività elettrica (fulmini).

^[9] Il termine "mesoscala" identifica i fenomeni la cui estensione spazio-temporale varia da 10 km a qualche centinaio di 100 km.

^[10] Il fronte è la superficie di contatto tra masse d'aria calde e fredde.

^[11] Le depressioni sono zone di bassa pressione atmosferica.

Giulie. Spostandosi a sud-ovest, la Pianura Friulana passa il confine regionale diventando poi Pianura Veneta, mentre a sud-est si trova il Carso, l'altopiano che collega le Alpi Giulie con le Alpi Dinariche. Al confine sud, infine, c'è il Mare Adriatico. La regione pertanto è completamente esposta ai flussi meridionali (compresi anche i quadranti sud-ovest e sud-est). L'orografia alpina e prealpina amplifica gli effetti dei flussi mediterranei, in genere miti ed umidi: infatti, quando soffiano venti meridionali di una certa intensità, questi flussi umidi subiscono un sollevamento in corrispondenza dei primi rilievi (Stau sulle Prealpi), che raffreddandosi successivamente possono dare origine a precipitazioni. I flussi da est invece risultano in genere decisamente meno umidi, ma in inverno possono essere anche particolarmente freddi: per gran parte della regione quello orientale è l'unico quadrante da cui può entrare direttamente l'aria fredda.

3. **l'instabilità e i temporali:** in estate sia il Mare Adriatico che la Pianura Padano-Veneta si riscaldano molto e conseguentemente anche le masse d'aria che vi risiedono, che diventano inoltre anche molto umide. Le Alpi Orientali, in particolare le catene delle Alpi Carniche e delle Alpi Giulie, essendo meno elevate del resto delle Alpi non riescono a bloccare i flussi settentrionali di aria più fredda in quota (specie quelli al di sopra dei 3000 m di quota), che possono quindi arrivare più agevolmente sopra la regione, rispetto al resto del Nord Italia. Si creano pertanto condizioni più frequenti e marcate di instabilità, favorevoli allo sviluppo di temporali (spesso anche forti) dovute all'interazione tra le masse di aria calda e umida mediterranea e le masse d'aria fredda e secca provenienti dalle alte latitudini.

Dall'esame delle mappe della pioggia media annuale (Figura 4) si nota che la regione può essere, in buona misura, divisa in 4 zone che presentano regimi pluviometrici distinti:

1. **fascia costiera:** è la zona meno piovosa della regione; i totali annui raggiungono mediamente i 900-1000 mm, con un andamento crescente dalla costa verso l'interno;
2. **fascia di pianura e colline:** avvicinandosi alle montagne la piovosità aumenta; i valori medi annui variano da 1100 a 1800 mm;
3. **fascia prealpina:** le precipitazioni medie annue si aggirano tra i 2400 ai 3400 mm (da **primato europeo**);
4. **fascia alpina interna:** a nord delle Prealpi Carniche e Giulie la piovosità media annua torna a decrescere fino a valori di 1400 – 1600 mm, simili a quelli della alta pianura.

Per quanto riguarda la **distribuzione delle piogge nell'arco dell'anno** (Figura 5), in tutta la regione il mese mediamente meno piovoso è febbraio, con valori che variano dai 60-90 mm di pioggia sulla costa e in pianura, ai 120-140 mm nella zona prealpina.

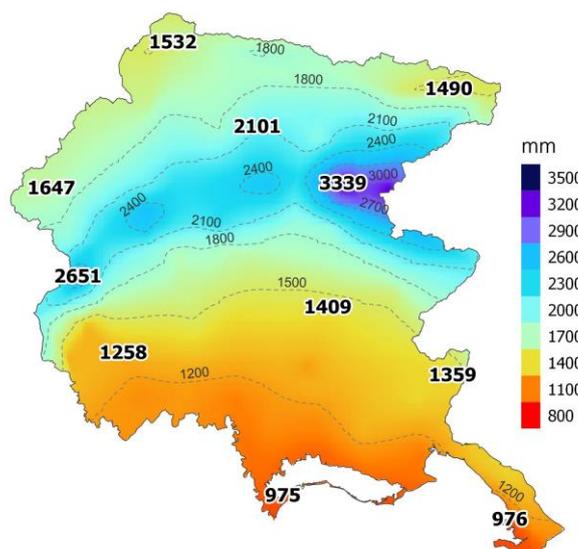


Figura 4: Precipitazioni medie annue (dati rete meteorologica regionale 1991-2020). I valori in grassetto indicano i cumulati totali di stazioni della rete meteorologica regionale; le linee tratteggiate rappresentano le isoiete per diversi valori di precipitazioni cumulate

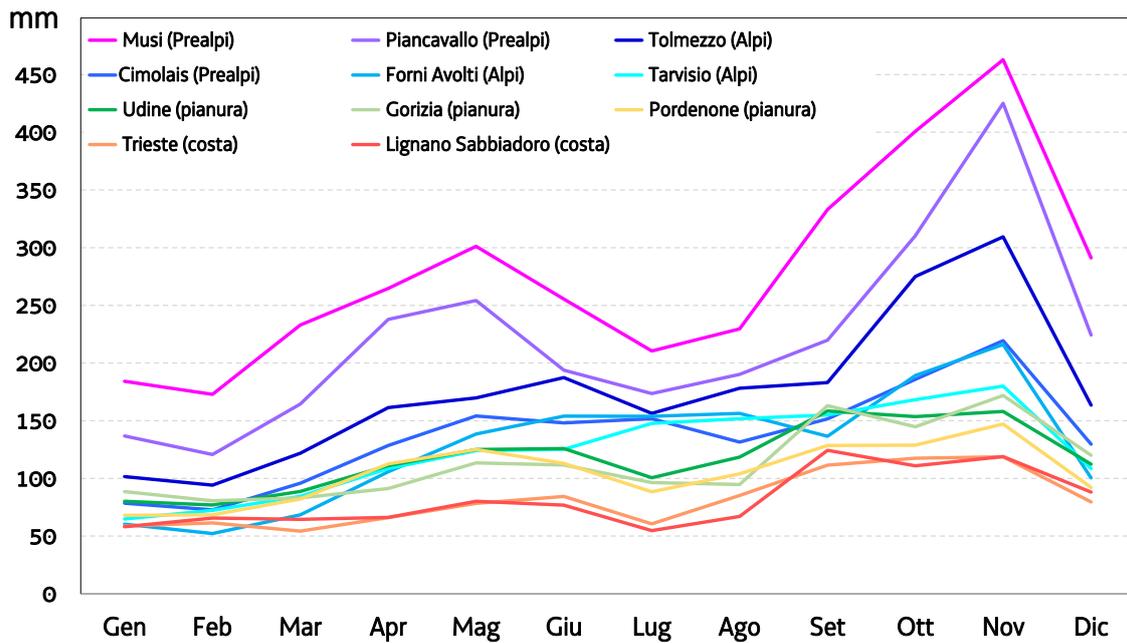


Figura 5: Andamento delle precipitazioni medie mensili (periodo 1991-2020) in diverse località regionali

Durante la primavera le piogge aumentano man mano fino a raggiungere a maggio un primo picco (80 mm sulla costa e 280 mm sulle Prealpi Giulie). A luglio le piogge diminuiscono per poi risalire nuovamente a partire dalla terza decade di agosto. La stagione autunnale è decisamente la più piovosa e i dati medi mensili di precipitazione a novembre variano dai 100 mm della costa ai 450 mm di Musi. In questa località nel 2014 tale valore medio è stato superato notevolmente: sono stati registrati valori di piogge mensili che hanno superato i 1000 mm nei mesi di gennaio, febbraio e novembre, per un totale cumulato annuale di più di 5400 mm. Già nel trentennio precedente a quello analizzato ci sono stati alcuni superamenti importanti della piovosità media: per esempio, nel 1965 ci sono stati livelli di precipitazione mensile elevatissimi, che sono variati dai 300-400 mm della costa agli oltre 1200 mm registrati delle Prealpi Giulie (stazione di Oseacco) e delle Prealpi Carniche (stazione di Barcis); per contro, proprio il mese successivo, ottobre 1965, è stato completamente secco con zero millimetri di precipitazione misurata.

Per quanto riguarda **fenomeni di pioggia intensa a livello giornaliero**, mediamente ogni 20 anni ci si può aspettare livelli di piovosità massima giornaliera di 100-200 mm su costa e pianura e intorno ai 300-400 mm sulla zona prealpina, dove localmente si possono registrare precipitazioni giornaliere di oltre 500 mm. Per esempio, a Barcis nel 18/12/2008 sono stati registrati 508 mm. Nel precedente trentennio 1961-1990, invece, si possono ricordare la pioggia di 543 mm il 14/11/1969 a Oseacco (Prealpi Giulie) e quella di 500 mm il 02/09/1965 a Barcis. Per approfondimenti su piogge massime orarie e giornaliere si veda il rapporto tecnico "[Tempi di ritorno piogge massime in 1, 3, 6, 12 e 24 ore e 1, 2, 3, 4, 5 giorni](#)" disponibile sul sito www.meteo.fvg.it alla sezione Clima/Documenti descrittivi, report e approfondimenti.

Oltre ai quantitativi è importante analizzare la frequenza delle precipitazioni e quindi il **numero medio di giorni piovosi (o nevosi)** registrati in regione. Si ricorda che da un punto di vista climatologico viene considerato piovoso il giorno in cui si è registrata una pioggia di almeno 1 mm. Il numero di giorni piovosi a livello annuale varia dagli 85-90 della fascia costiera ai 120-130 della zona pedemontana e montana (Figura 6). Mediamente un anno su dieci tali valori salgono a 100-110 giorni sulla costa e 150 sui monti, mentre nell'anno meno piovoso del decennio si passa dalle 60-70 giornate piovose della costa alle 100-110 dei monti.

Nei mesi invernali di dicembre, gennaio e febbraio il numero medio di giorni piovosi è simile su tutta la regione e varia tra 5 e 9. A marzo, novembre e ottobre tale valore cresce e iniziano a differenziarsi le zone con maggiore frequenza di

pioggia. Tale differenziazione è massima a giugno, che è anche il mese con maggiore frequenza di piogge, quando sulla costa si contano 7 giornate piovose mentre sulle zone montane si arriva a contarne 15.

Mediamente **l'inverno** è la stagione in cui si possono riscontrare i **maggiori periodi senza pioggia** in tutta la regione: tra i 20 e i 28 giorni. Nel corso dell'estate il numero di giorni senza pioggia aumenta scendendo dalle montagne verso il mare: dagli 8-10 giorni senza pioggia in montagna si passa ai 12-16 giorni in pianura, fino ad arrivare a sfiorare i 20 giorni sulla costa. L'andamento in primavera e autunno è piuttosto simile in tutta la regione, con una media di giorni consecutivi senza pioggia che varia tra i 14 e i 18.

I valori riportati in questo paragrafo sono calcolati sulla media dei 30 anni, ma analizzando le singole annate si possono riscontrare delle variazioni, in positivo o in negativo. Come esempio di variazione negativa rispetto alla media trentennale, si può ricordare l'inverno 1992-1993: durante tale periodo è stato registrato il periodo più lungo con pioggia cumulata inferiore a 5 mm in diverse località regionali. Tra queste località ci sono San Vito al Tagliamento e Vivaro, con 81 giorni in cui ha piovuto complessivamente meno di 5 mm.

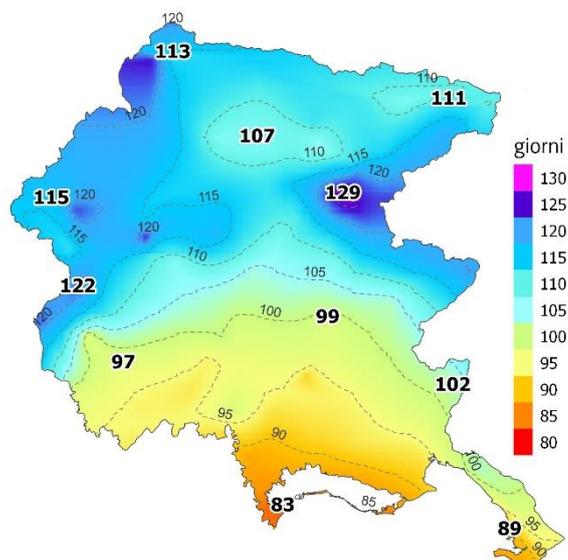


Figura 6: Numero medio di giorni piovosi (dati rete meteorologica regionale 1991-2020). I valori in grassetto indicano il numero di giorni piovosi di stazioni della rete meteorologica regionale; le linee tratteggiate rappresentano le isolinee per diversi valori di giorni piovosi

I temporali

La morfologia e la posizione della nostra regione favoriscono i fenomeni temporaleschi. Dallo studio di Manzato et al. (2022), infatti, spicca come la regione abbia un numero medio annuo di fulmini caduti che **supera la media** delle altre zone del Nord Italia. Per meglio comprendere l'importanza di questo fenomeno in regione rispetto ai territori circostanti, si riporta un'immagine in cui si evidenzia la distribuzione spaziale media dei fulmini caduti a terra (CG), riferita al periodo 2005-2019, adattata da Manzato et al. (2022) (Figura 7). Da tale figura appare evidente come il nord-est italiano sia in media più interessato da fenomeni temporaleschi rispetto a tutte le altre zone considerate e che la maggiore concentrazione è sulla fascia **prealpina**.

In generale, la distribuzione massima degli eventi temporaleschi si osserva tra la metà di maggio e la fine di settembre, ma, secondo gli autori dello studio, questi fenomeni hanno una distribuzione diversa in base al tipo di zona. Più in particolare, sulla **zona montana e pianeggiante** cadono più fulmini in giugno e luglio, con un picco piuttosto pronunciato tra le 17 e le 18 CEST^[12] del numero di fulmini caduti a terra.

Sulla **costa e sul mare**, invece, mediamente si ha il massimo delle scariche elettriche a settembre. La frequenza media di temporali è molto meno pronunciata nelle diverse ore della giornata, rispetto alle zone di pianura e montagna, con un leggero aumento nelle ore notturne e un leggero decremento verso le prime ore del pomeriggio.

^[12] CEST è l'orario estivo dell'Europa Centrale; in Italia corrisponde all'ora legale.

Il diverso andamento tra montagne e costa può essere imputato sia alla maggiore **capacità termica** del mare rispetto alla terraferma che al **ciclo delle brezze**^[13]. Le brezze di valle e di versante (che si sviluppano sui rilievi), hanno un andamento annuale e giornaliero mediamente diverso rispetto a quelle di mare e di terra (sulla costa). Le brezze di versante e di valle, inoltre, determinano una maggiore probabilità di innesco di temporali sulle montagne (Manzato et al., 2022). Il picco dei fenomeni temporaleschi costieri in autunno potrebbe essere imputabile all'aumento della differenza di temperatura tra terra e mare, in quanto la terra riceve meno irraggiamento ed è meno calda, mentre il mare conserva ancora il calore accumulato durante l'estate, per cui la differenza di temperatura e umidità relativa tra le masse d'aria che le sovrastano è maggiore e si possono creare più facilmente **fenomeni convettivi** da cui si generano i temporali.

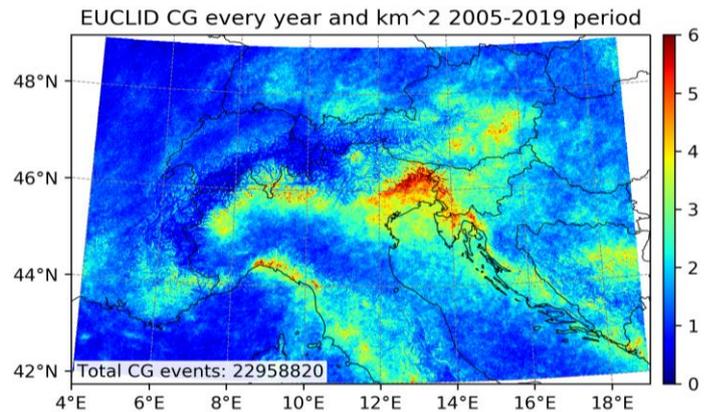


Figura 7: Distribuzione spaziale dei fulmini caduti a terra per km² per anno, riferita agli anni 2005-2019 (adattato da Manzato et al., 2022)

La grandine

La grandine è un tipo di precipitazione solida, costituita da chicchi di ghiaccio. Per convenzione WMO (Organizzazione Meteorologica Mondiale), si definisce “grandine” solo se il **granello di ghiaccio è superiore ai 5 mm**. Affinché si formi la grandine, all'interno temporale è necessario che:

- ci sia abbondanza di **acqua sovraffusa** (acqua liquida a temperature inferiori allo zero, fino a circa -38 °C);
- ci siano “**embrioni di grandine**” (graupel);
- le **correnti ascensionali** (updraft) siano sufficientemente **forti** da sostenere il peso del chicco di gradine che si sta formando.

Partendo dai piccoli embrioni, i chicchi di grandine aumentano progressivamente in dimensione, collezionando l'acqua sovraffusa che ghiaccia istantaneamente sulla loro superficie. Attraverso diversi ricircoli all'interno della nube temporalesca si formano i diversi strati di accrescimento del chicco, che saranno opachi se la temperatura è molto fredda (crescita secca) o traslucidi se la temperatura è più vicina allo zero termico (crescita bagnata). Questo processo di ingrandimento continua fino a quando il chicco non diventa sufficientemente grosso da **non essere più sostenuto** dalle correnti ascensionali dentro al temporale e, di conseguenza, cade al suolo (Pruppacher and Klett 2005).

Come già introdotto nel capitolo “Dati di base e modalità di elaborazione”, i dati sulla grandine raccolti per il Friuli Venezia Giulia sono stati ottenuti grazie al supporto di una rete di circa 360 collaboratori (volontari) nelle zone di pianura e di costa della nostra regione. Di seguito si riportano alcuni risultati dello studio fatto sui pannelli raccolti tra il 1988 e il 2016 (Manzato et al. 2022). Per spazializzare i dati, l'area campionata è stata suddivisa in quadrati di 15 km di lato (Figura 8 e Figura 10), all'interno dei quali vengono studiati i valori medi dei diversi osservatori.

^[13] Le brezze sono venti locali, moderati e di breve durata, che si ripetono con un andamento ciclico ogni giorno.

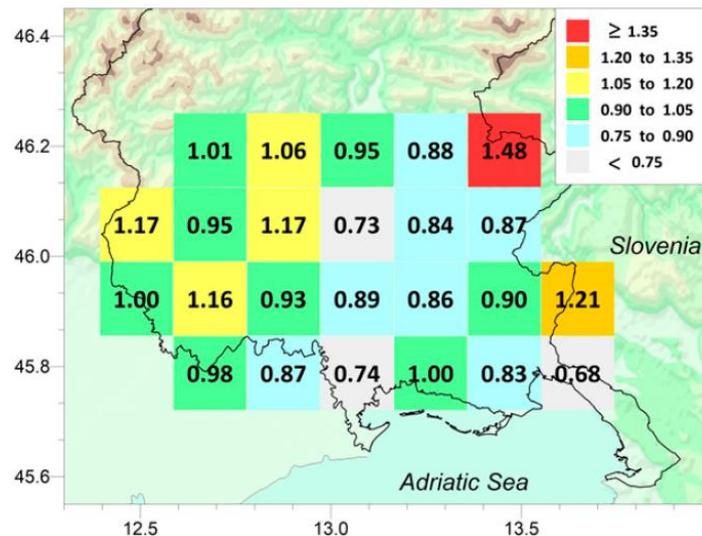


Figura 8: distribuzione spaziale del numero medio di pannelli colpiti all'anno per stazione. (tratto da Manzato et al., 2022)

Sulla base dei dati così raccolti, è possibile affermare che la grandine non colpisca in maniera uniforme tutta la regione. Le **tre aree** che, in base ai dati raccolti, risultano **più colpite** da questo fenomeno sono l'area della **pedemontana pordenonese**, la zona delle **Valli del Natisone** e il **Collio**: nella prima il pannello viene colpito mediamente almeno una volta all'anno, mentre nella seconda il pannello viene colpito mediamente una volta e mezza e nella terza con una frequenza intermedia (Figura 8).

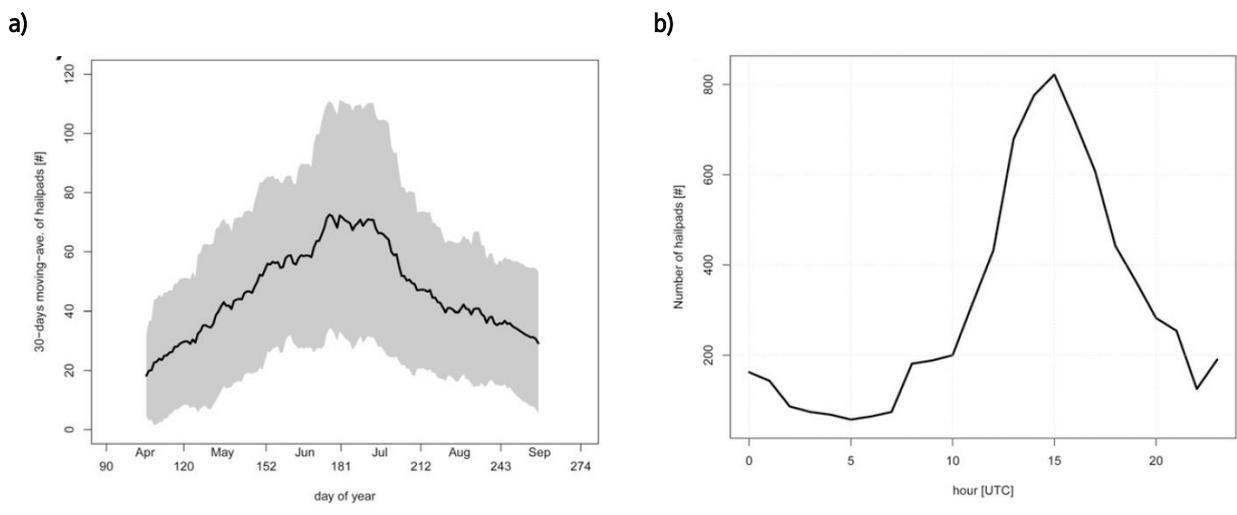


Figura 9: a) Distribuzione del numero di pannelli colpiti per giorno dell'anno (l'area in grigio copre ± 1 st dev); b) Distribuzione del numero di pannelli colpiti per ora UTC del giorno (tratto da Manzato et al., 2022)

La rete di monitoraggio della grandine è attiva solo da aprile a settembre, ma il numero massimo di pannelli colpiti si osserva tra **metà giugno** e **metà luglio** (Figura 9a). La distribuzione oraria degli eventi non è omogenea nell'arco della giornata, ma si nota facilmente come le ore maggiormente interessate dalle grandinate siano quelle **pomeridiane e serali**, con un picco alle 17 CEST (Figura 9b).

In Figura 10 si nota come il diametro medio dei chicchi caduti su ogni pannello non sia uguale in tutte le zone della regione, ma mediamente **più grande nella zona di pianura pordenonese più al confine con il Veneto**.

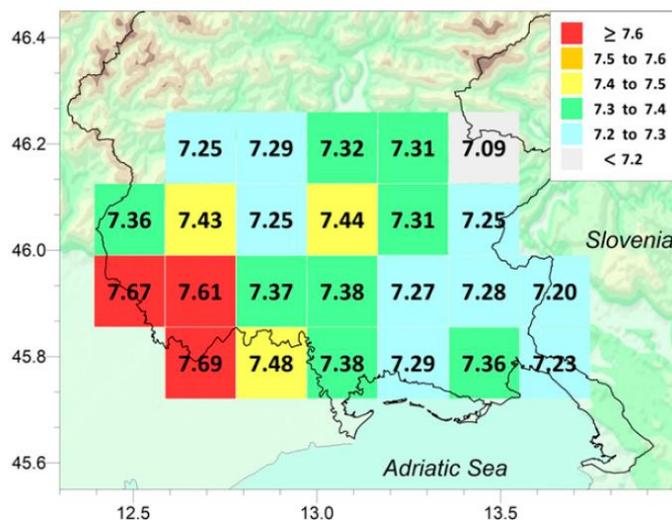


Figura 10: distribuzione spaziale del valore medio del diametro medio in millimetri (tratto da Manzato et al., 2022)

La maggior parte dei chicchi di grandine (circa il 99%) ha diametri stimati inferiori a 1.5 cm, mentre la parte rimanente conta i chicchi più grossi, che sono i più rari. Il chicco massimo osservato dalla rete è pari a 4.6 cm. Questo può sembrare un diametro relativamente “piccolo”, ma va tenuto conto che l’area del pannello è di soli 0.12 m² e la probabilità che i chicchi più grandi caschino proprio sopra il pannello è molto bassa. Un’approssimazione che si fa spesso è di considerare che il chicco massimo che colpisce il pannello sia circa la metà del chicco massimo che si può osservare nelle immediate vicinanze del pannello. Quindi si può concludere che in Friuli Venezia Giulia è plausibile aspettarsi chicchi di grandine fino a circa 9 cm.

In effetti il 01/08/2021, come si può vedere in Figura 11, in regione sono stati trovati chicchi dal diametro fino a circa 9 cm. Le foto sono state scattate da Sara Santarossa tra le 6:50 e le 7:20 (CEST) ad Azzano Decimo: si può notare come il diametro massimo dei chicchi si aggiri attorno ai 9 cm e che il peso di uno di questi chicchi raggiunga quasi i 140 grammi.



Figura 11: foto dei chicchi di grandine raccolti ad Azzano Decimo il 01/08/2021; su ogni foto è riportato il nome dell’autore

Nell’estate 2023 il Friuli Venezia Giulia ha assistito ad alcune importanti grandinate che hanno causato molti danni, anche molto gravi. Nella notte tra il 24 e il 25 luglio 2023, in particolare, sul territorio regionale si è assistito all’eccezionale passaggio di due temporali a supercella che hanno colpito le stesse zone della media e la bassa pianura a distanza di due ore l’uno dall’altro con grandinate molto rilevanti e chicchi di grandine dai diametri estremi. Tra gli importanti danni si annoverano tetti frantumati (Foto 1), cappotti delle case trivellati, veicoli distrutti, persone ferite ed evacuate dalle proprie abitazioni, ingenti danni alle colture, alberi abbattuti.



Foto 1: Tetto della cappella cimiteriale di Lestizza dopo gli eventi del 24-25 luglio 2023 (foto di Alberto Villani)

I temporali a **supercella** hanno una dinamica particolare che permette loro di durare diverse ore e percorrere centinaia di chilometri. Quelli del 24-25 luglio 2023, in particolare, si sono creati a causa dell'aria calda e umida derivante dall'anticiclone africano dei giorni precedenti e dell'ingresso di correnti fredde da ovest e sud-ovest sospinte da saccatura^[14] atlantica. Durante il loro tragitto, si sono ulteriormente intensificati caricandosi di energia sulla Pianura Padana: ciò ha causato **grandinate eccezionali** con diametri mai registrati almeno dal 1988 (anno di inizio del monitoraggio). Tali eventi, inoltre, sono stati accompagnati da **venti molto forti** sia in quota sia al suolo, arrivando a circa 100 km/h in pianura e fino a 130 km/h sulle Prealpi Carniche.

Nel corso di questo evento, intorno alle ore 23 del 24 luglio 2023 a Tiezzo di Azzano Decimo la signora Marilena Tonin ha fotografato un chicco di grandine oblatto, con il diametro maggiore pari a circa 20 cm e un peso stimato pari a 700-800 g che, secondo l'European Severe Weather Database, risulta essere il chicco più grande mai registrato in Europa (Figura 12). Tale diametro esce dal range della normalità dei chicchi di grandine per la regione Friuli Venezia Giulia.



Figura 12: chicco di grandine oblatto fotografato il 24 luglio 2023 da Marilena Tonin ad Azzano Decimo, con una misurazione indicativa delle due lunghezze maggiori (tratta dalla pagina Facebook dello European Severe Storms Laboratory)

Per approfondimenti relativi all'evento del 24-25 luglio 2023, è possibile consultare il relativo report "[Contributo alla scheda evento 24-25 luglio 2023](#)", disponibile sul sito www.meteo.fvg.it alla sezione Meteo per/Rischi meteo.

^[14] In un centro ciclonico è la zona di bassa pressione circondata da zone di alta pressione.

Sullo stesso sito alla sezione [Dati/Grandine](#), nel riquadro “archivio-dati grandine” sono disponibili i [dati di grandine aggregati](#), suddivisi per anno, mese e macroarea per il periodo 1988-2016.

La neve

Come già accennato nel capitolo “[I fattori che influenzano il clima regionale](#)”, metà del territorio regionale fa parte delle Alpi Orientali: tali rilievi possono arrivare fino a quasi 2800 m di altitudine. In tali zone la presenza di **neve** è frequente soprattutto nei mesi più freddi dell'anno, quando le temperature rimangono attorno o sotto 0 °C.

Le nevicate sulle Alpi Carniche e sulle Alpi Giulie sono causate da diverse forzanti. In generale, le catene montuose creano un effetto **barriera** che blocca la direzione dei flussi perpendicolari, per cui l'aria umida è costretta a sollevarsi e, trovandosi in un ambiente a pressione minore, ad espandersi e quindi a raffreddarsi. Se le condizioni lo consentono, tutto il vapore acqueo che non può più essere contenuto nell'aria si trasforma in ghiaccio e dà origine alla formazione della neve, che può cadere anche copiosa.

In particolare, nei mesi più freddi, a livello del suolo l'occasionale arrivo della **Bora** (vedi anche il capitolo sul [vento](#)) fa giungere sulle Alpi Giulie, principalmente attraverso la Val Canale, aria gelida proveniente dall'Europa orientale o addirittura dalle pianure russo-siberiane. Quando quest'aria più fredda riesce a penetrare anche nelle Alpi e Prealpi Carniche, rimane intrappolata a lungo nelle valli e permette la caduta di neve fino a fondovalle, anche se lo zero termico nella libera atmosfera è ben più alto. Allo stesso tempo, il flusso di aria umida da sud-sudovest o da sud-sudest nei bassi strati porta aria **relativamente più mite** proveniente dal mare Adriatico. Essa si solleva per l'effetto barriera delle montagne e porta il maggiore contributo alle precipitazioni, perché la temperatura più alta permette all'aria di contenere una maggiore quantità di vapore acqueo. La temperatura di questa massa d'aria determina il limite altimetrico di caduta della neve sulle Prealpi più esposte, che è definito “quota neve”. Ciò non accade per le Alpi Giulie e in Carnia, che invece rimangono un po' più protette; solo raramente lo Scirocco^[15] riesce a penetrare per alcuni chilometri nelle vallate carniche, predominando sui venti nord-orientali o sulla massa d'aria più fredda che ristagna nelle valli da più giorni per l'accumulo o per le avvezioni precedenti oppure anche soltanto per la corrente d'aria più fredda, e quindi pesante, che dalle cime dei monti innevati scende verso il fondovalle e la pianura.

Le nevicate più **intense** della zona montana si verificano solitamente sulle **Alpi Giulie** e sulle **Prealpi Carniche**:

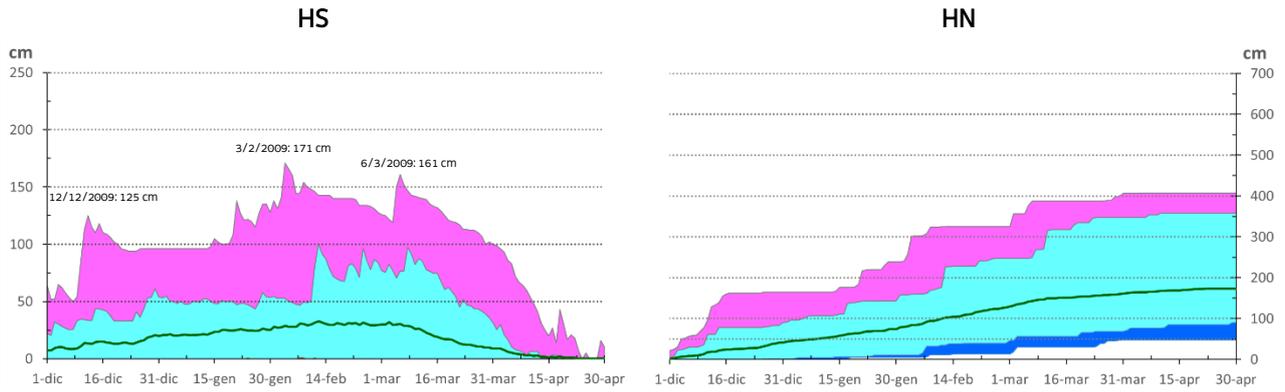
- sulle Alpi Giulie possono cadere fino a 120 cm di neve in 24 ore a 1800 m s.l.m.;
- sulle Prealpi Carniche possono cadere fino a 100 cm in 24 ore.

Sulle **Alpi Giulie** gli episodi più intensi si verificano in concomitanza dell'arrivo di forti flussi d'aria umida da ovest-sudovest provenienti dall'Atlantico nei livelli più alti dell'atmosfera (5500 m circa) e di forti flussi d'aria umida da sud-sudovest provenienti dal mare Adriatico nei livelli inferiori (soprattutto nei primi 2000 m circa). Sulle **Prealpi Carniche** tali fenomeni si verificano in concomitanza dell'arrivo di forti venti umidi da sud in quota e da sudest negli strati d'aria più bassi, che si sollevano principalmente sopra le Prealpi e Alpi Carniche.

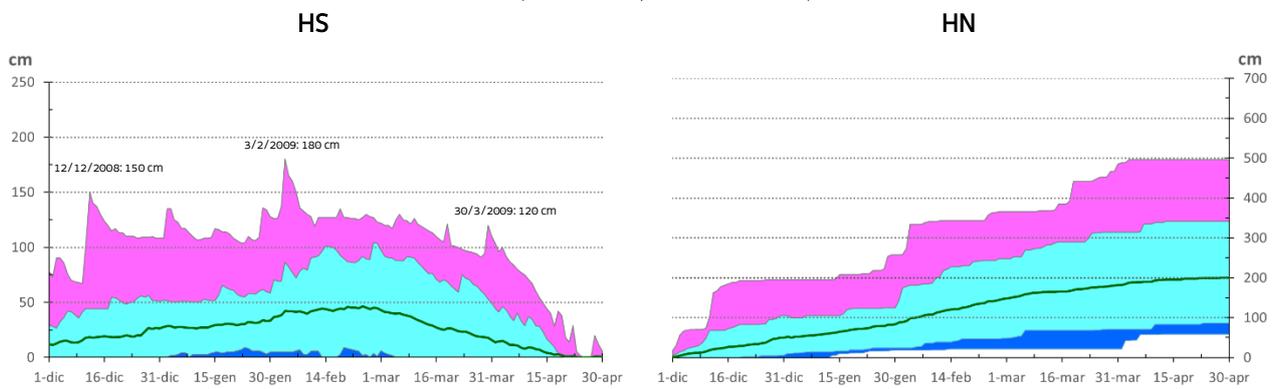
Si riportano di seguito (Figura 13) i grafici relativi all'altezza della neve fresca cumulata (HN) e all'altezza dello strato nevoso (HS) nelle stazioni di Forni di Sopra, Rifugio Gilberti, Piancavallo, Monte Zoncolan e Fusine. Di tali dati sono riportate le statistiche (minimo e massimo, 10° e 90° percentile, media e mediana) per il periodo di riferimento 1991-2020. I dati sono stati raccolti secondo gli standard A.I.NE.VA. dalla Struttura stabile centrale per l'attività di prevenzione del rischio da valanga del Corpo Forestale Regionale della Regione Friuli Venezia Giulia. Il periodo analizzato, pertanto, è quello della stagione di rilevamento, che va dal 1 dicembre al 30 aprile.

[15] Vento caldo proveniente da sud-sudest, caldo e umido

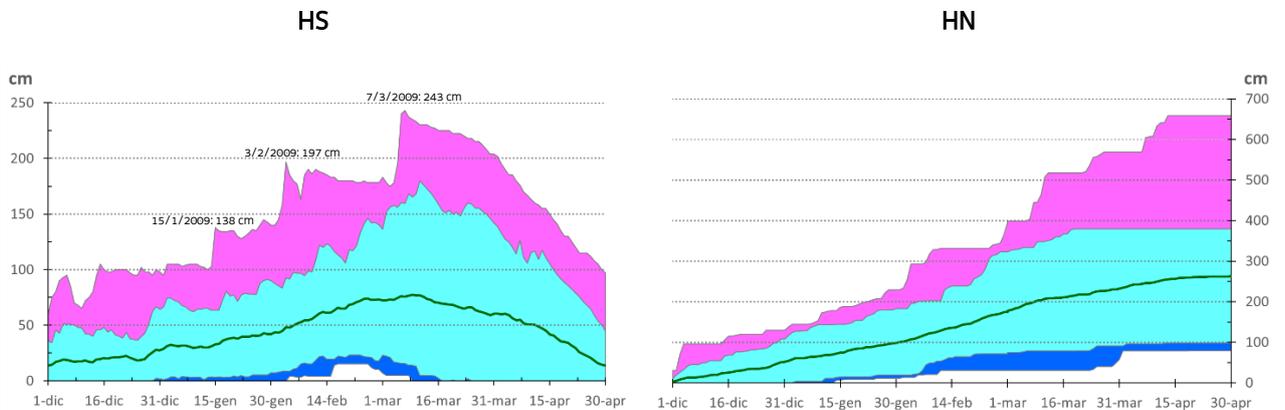
a) Forni di Sopra (910 m s.l.m.m.)



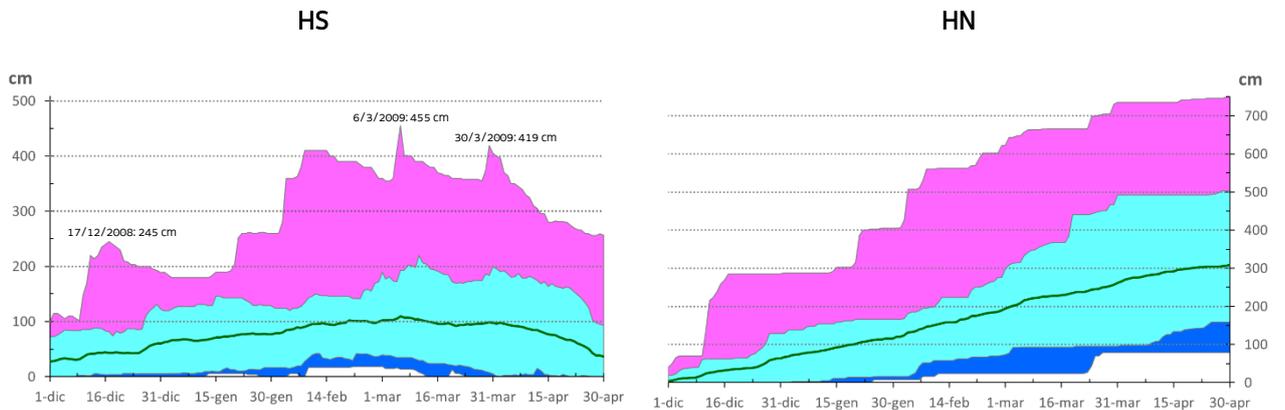
b) Fusine (850 m s.l.m.m.)



c) Piancavallo (1280 m s.l.m.m.)



d) Monte Zoncolan (1750 m s.l.m.m.)



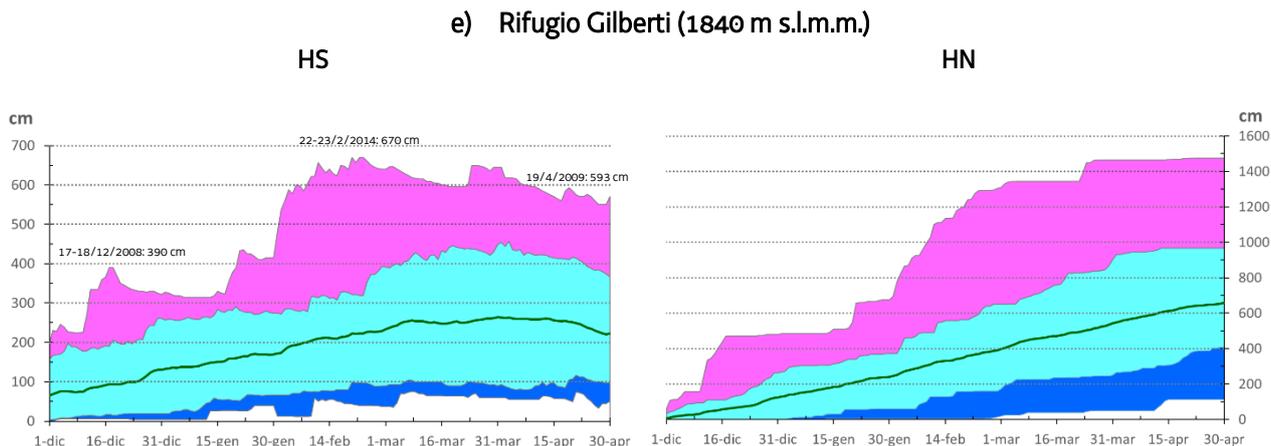


Figura 13: Grafici relativi all'altezza di neve al suolo (HS) e al cumulo della neve fresca (HN) di 5 stazioni. L'area blu rappresenta l'intervallo tra il minimo e il 10° percentile, l'area azzurra rappresenta l'intervallo tra il 10° e il 90° percentile, l'area viola rappresenta l'intervallo tra il 90° percentile e il massimo. La linea verde è la media.

A Forni di Sopra (Figura 13 a) l'altezza della neve al suolo può variare, nel corso della stagione, da un minimo di 0 a un massimo di 171 cm. Alla fine della stagione di rilevamento, si può arrivare ad un accumulo totale massimo di 407 cm e minimo di 47 cm di neve fresca. I valori massimi dell'altezza dello strato nevoso sono stati registrati durante la stagione 2008-2009. Il massimo di neve accumulata in una stagione è stato raggiunto nel periodo 2012-2013.

A Fusine (Figura 13 b) l'altezza della neve al suolo può variare, nel corso della stagione, da un minimo di 0 a un massimo di 180 cm. Alla fine della stagione di rilevamento, si può arrivare ad un accumulo massimo totale di 496 cm e minimo di 59 cm di neve fresca. I valori massimi dell'altezza dello strato nevoso sono stati registrati durante la stagione 2008-2009. Il massimo di neve accumulata in una stagione è stato raggiunto nel periodo 2012-2013.

Sul Monte Zoncolan (Figura 13 c) l'altezza della neve al suolo può variare, nel corso della stagione, da un minimo di 0 a un massimo di 455 cm. Alla fine della stagione di rilevamento, si può arrivare ad un accumulo massimo totale di 754 cm e minimo di 79 cm di neve fresca. I valori massimi dell'altezza dello strato nevoso sono stati registrati durante la stagione 2008-2009. Il massimo di neve accumulata in una stagione è stato raggiunto nel periodo 2013-2014.

A Piancavallo (Figura 13 d) l'altezza della neve al suolo può variare, nel corso della stagione, da un minimo di 0 a un massimo di 230 cm. Alla fine della stagione di rilevamento, si può arrivare ad un accumulo massimo totale di 659 cm e minimo di 79 cm di neve fresca. I valori massimi dell'altezza dello strato nevoso sono stati registrati durante la stagione 2008-2009. Il massimo di neve accumulata in una stagione è stato raggiunto nel periodo 2003-2004.

Sul Rifugio Gilberti (Chiusaforte) (Figura 13 e) l'altezza della neve al suolo può variare da un minimo di 0 a un massimo di 670 cm. Alla fine della stagione di rilevamento, si può arrivare ad un accumulo massimo totale di 1476 cm e minimo di 112 cm di neve fresca. I valori massimi dell'altezza dello strato nevoso sono stati rilevati durante la stagione 2013-2014. Il massimo di neve accumulata in una stagione si è registrato nel periodo 2012-2013.

La Tabella 1 riporta i dati medi per il trentennio 1991-2020 dei giorni nevosi, dei giorni con copertura di neve al suolo e con copertura di neve maggiore o uguale a 30 cm rilevati in ogni stazione per ogni stagione A.I.NE.VA. di rilevamento.

Stazione	Giorni nevosi	Giorni con copertura neve	Giorni con copertura neve ≥ 30 cm
Forni di Sopra	19	84	35
Rifugio Gilberti	40	149	140
Piancavallo	25	115	72
Fusine	24	102	24
M.te Zoncolan	25	132	103

Tabella 1: Dati medi per singola stazione. I giorni nevosi enumerano il numero medio di giorni in cui è stata rilevata neve fresca. I giorni con copertura neve enumerano il numero medio di giorni in cui c'è accumulo di neve al suolo. i giorni con copertura di neve ≥ 30 cm enumerano il numero medio di giorni in cui l'accumulo di neve al suolo è stato ≥ 30 cm.

Si possono trovare le mappe annuali di pioggia e dei giorni di pioggia nell'[allegato A](#), le mappe mensili di pioggia nell'[allegato E](#) e dei giorni di pioggia nell'[allegato F](#). Le mappe dei giorni medi continuativi senza pioggia stagionali si possono trovare nell'[allegato G](#). È inoltre possibile scaricare i relativi raster dalla sezione Clima/mappe climatiche (raster) del sito www.meteo.fvg.it.

La radiazione solare e lo stato del cielo

L'importanza del sole per la vita sulla Terra è nota. A livello locale, il geologo e storico Francesco Musoni sottolinea a più riprese l'influenza della maggiore o minore insolazione dei versanti sulla distribuzione demografica montana e collinare della regione (Marinelli et al., 1912).

La radiazione emessa dal sole ha una lunghezza d'onda compresa tra circa 200 e 4000 nm. Si divide principalmente in 3 bande:

- **ultravioletto**;
- **visibile**, nel cui spettro si ha il massimo dell'intensità della radiazione solare (attorno ai 500 nm di lunghezza d'onda);
- **infrarosso**.

L'intensità della radiazione solare a 150 milioni di chilometri dal Sole (pari alla distanza media della terra dallo stesso) è di circa 1370 W/m²: tale valore viene indicato come "costante solare". Questo valore rappresenta l'intensità media della radiazione solare che raggiunge il pianeta Terra al di fuori dell'atmosfera. L'**atmosfera**, infatti, **attenua** la radiazione solare a causa delle **molecole** che la compongono, le quali riflettono, assorbono, diffondono e rifrangono la radiazione. Tale diminuzione risulta tanto più marcata quanto più inclinato è il raggio incidente rispetto alla superficie terrestre, in quanto il raggio stesso deve affrontare un percorso più lungo nell'atmosfera che ne attenua l'intensità. In aggiunta all'effetto



Monte Zoncolan, dicembre 2008 (Foto di Alberto Villani)

attenuante delle singole molecole che compongono l'atmosfera, anche le piccole particelle di polveri in sospensione e gli aerosol limitano la radiazione (ad esempio le polveri emesse dai vulcani). In particolar modo, il vapore acqueo e le goccioline sospese possono attenuare fortemente la radiazione solare, quindi le nubi sono un ostacolo notevole per la radiazione solare. La parte più densa e ricca di polveri e vapore acqueo dell'atmosfera è costituita dai 15 km più vicini alla superficie terrestre (grossomodo la Troposfera).

L'asse terrestre, inoltre, è inclinato di 23.5° rispetto al piano dell'orbita, causando l'alternarsi delle stagioni e della quantità di radiazione incidente nel corso dell'anno in una data località, specie se

lontano dall'Equatore. In Friuli Venezia Giulia, che si trova ad una latitudine media di 46° nord, la radiazione solare incide con un angolo di circa 20° a mezzogiorno del solstizio d'inverno, mentre a mezzogiorno nel solstizio d'estate con un angolo di 67°.

In Figura 14 e Figura 15 si riportano, rispettivamente, gli andamenti della radiazione solare teorica giornaliera e oraria a livello del suolo e in assenza di nubi per una latitudine pari a 46° nord. In inverno si hanno solo 7-8 ore di luce contro le 15-16 dell'estate; ciò fa sì che l'energia totale che ci raggiunge al solstizio d'estate possa essere circa 5 volte superiore a quella dell'inizio inverno (ovviamente con cielo sereno).

Radiazione solare teorica giornaliera

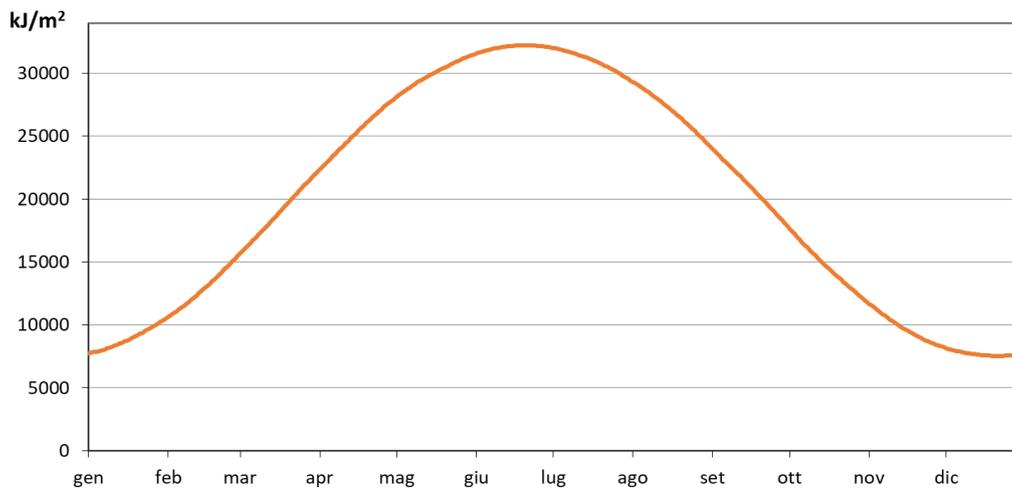


Figura 14: Andamento della radiazione solare giornaliera teorica a livello del suolo in assenza di nubi per una latitudine pari a 46°N [kJ/ m² giorno] nel corso dell'anno

Radiazione solare teorica oraria

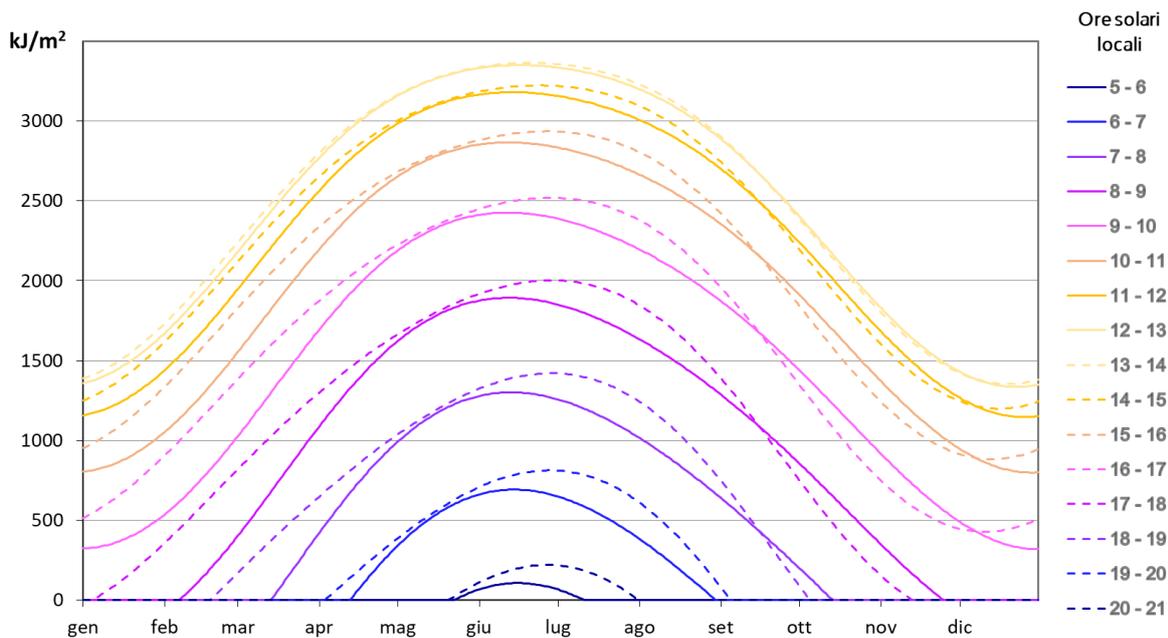


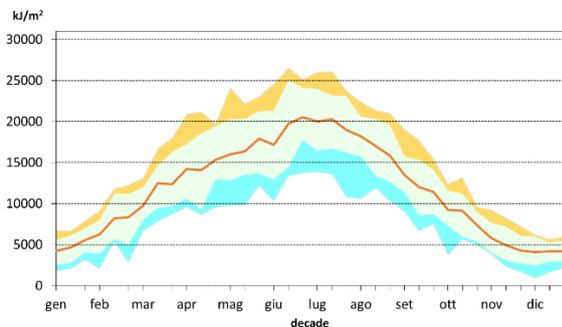
Figura 15: Andamento annuale della radiazione solare oraria (ore solari locali) teorica a livello del suolo in assenza di nubi per una latitudine pari a 46°N [kJ/ m² ora] nel corso dell'anno

Le stazioni della rete meteorologica distribuite sul territorio regionale misurano **l'intensità della radiazione solare globale** (misurata in kJ/m²) e il **tempo di insolazione** (misurato in minuti).

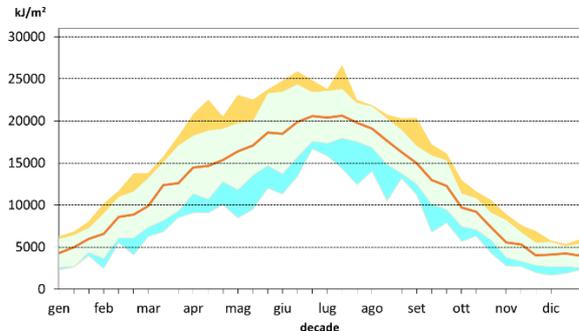
In Figura 16 si riporta l'andamento per ogni decade mensile della radiazione media giornaliera (kJ/m²) per sei località: per la fascia montana sono riportati i dati relativi ad Enemonzo e al Monte Lussari, per la pianura Gradisca d'Isonzo, Pordenone e Udine e per la costa è riportata la media di Trieste. Dai dati rilevati nelle stazioni al suolo, risulta evidente **l'andamento stagionale** (Figura 16) della radiazione solare, comune alle diverse stazioni: la radiazione solare media è molto eterogenea e va da un minimo comune a tutta la regione di meno di 5000 kJ/m² medi giornalieri del mese di

dicembre (con circa 150 minuti di insolazione) ai quasi 25000 kJ/m² del mese di luglio in pianura (con oltre 10 ore, di media giornaliera, di tempo soleggiato).

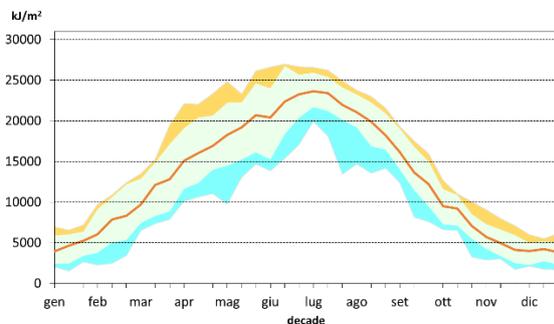
a) Monte Lussari



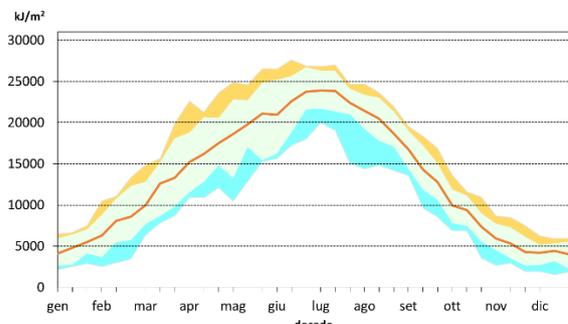
b) Enemonzo



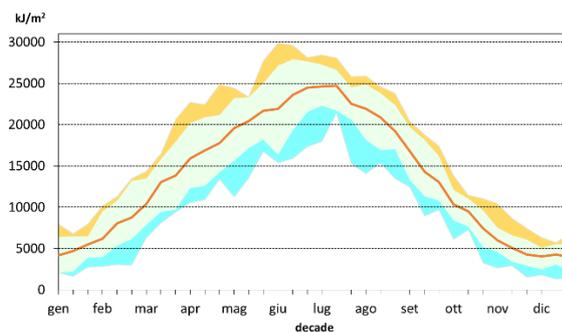
c) Udine



d) Pordenone



e) Gradisca d'Isonzo



f) Trieste

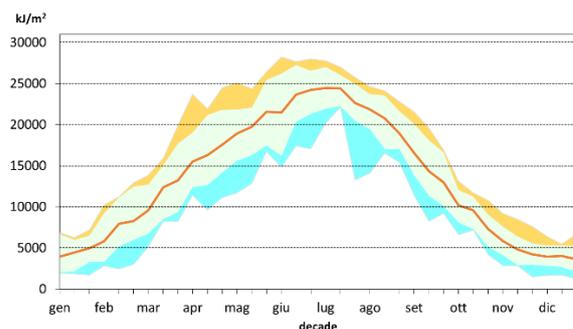


Figura 16: Radiazione media giornaliera (kJ/m²) (dati medi della rete meteorologica regionale 2001-2020), per 6 stazioni rappresentative della rete meteorologica regionale; la linea rossa rappresenta la media, la fascia azzurra il 10° percentile e il suo limite inferiore corrisponde al valore più basso registrato nella serie storica, la fascia gialla il 90° percentile e il suo limite superiore corrisponde al valore più elevato registrato nella serie storica

In generale, per tutta la regione si nota come in giugno, quando si dovrebbe avere il massimo di radiazione durante il solstizio d'estate, in realtà ci sia un valore di radiazione globale inferiore rispetto a luglio e ad agosto: ciò è dovuto al fatto che, generalmente, giugno è un mese caratterizzato da maggiori piogge e annvolamenti rispetto agli altri due mesi estivi (Figura 17). Per quanto riguarda le varie **zone della regione**, è ben evidente la maggior insolazione della pianura e della costa (Figura 16 c, d, e, f) rispetto alle zone a fondovalle, alpine (Figura 16 a, b) e pedemontane. Tale

situazione è confermata dall'evidenza climatologica, mostrata dai grafici dello stato del cielo in Figura 17, secondo la quale il periodo estivo sui monti o a ridosso degli stessi è caratterizzato da frequenti piogge e annuvolamenti, specie pomeridiani, mentre man mano che si scende verso il mare, il cielo diventa via via più sereno.

Come già precedentemente accennato, la radiazione solare è attenuata sia dalle singole molecole che compongono l'atmosfera sia dalle piccole particelle di polveri in sospensione e gli aerosol. Va tuttavia ricordato che fenomeni come le eruzioni vulcaniche possono portare consistenti quantità di polveri, gas e aerosol nella Stratosfera (fino ad un'altezza di quasi 50 km dal suolo), i quali possono influenzare il passaggio della radiazione attraverso l'atmosfera. È famosa a tal proposito l'eruzione del vulcano Krakatoa in Indonesia del 1883 e ancor di più quella di Tambora del 1815, che determinò il noto "anno senza estate" del 1816, con vari riferimenti storici alla sconfitta di Napoleone a Waterloo del 1815. Quest'ultima eruzione è ricordata tra le peggiori degli ultimi 1000 anni: ha provocato gravi carestie, anche in Europa, per la marcata diminuzione della temperatura. In tempi più recenti si ricorda l'eruzione del giugno 1991 del vulcano Pinatubo nelle Filippine, in seguito alla quale è stata registrata una diminuzione globale della temperatura. Brian et al. (2002) riportano come a seguito di tale evento sia stato possibile osservare da satellite la diminuzione del riscaldamento solare a causa degli aerosol eruttati dal Monte Pinatubo, la quale ha poi portato ad un raffreddamento globale degli strati più bassi dell'atmosfera.

Il diverso stato del cielo, quindi, può influenzare la quantità di **radiazione incidente**, cioè di radiazione che oltrepassa l'atmosfera e raggiunge il suolo. Utilizzando i valori di radiazione rilevati con i radiometri, è possibile determinare lo **stato del cielo**, cioè la percentuale media mensile con stato del cielo da sereno a poco nuvoloso (S-PN), da variabile a nuvoloso (V-N) e da molto nuvoloso a coperto (MN-C). In Figura 17 si riportano i grafici delle percentuali mensili dello stato del cielo per sei località. per la fascia montana sono riportati i dati relativi ad Enemonzo e al Monte Lussari, per la pianura sono riportati i dati di Gradisca d'Isonzo, Pordenone e Udine e per la costa è riportata la media di Trieste. Accanto alle medie percentuali mensili, è riportata la media annuale.

Osservando i dati, si può notare come l'andamento medio mensile dello stato del cielo differisca tra le varie località e, in particolare, tra le diverse zone. Le zone di montagna (Figura 17 a e b) hanno un andamento medio delle giornate da sereno a poco nuvoloso che vede i massimi alla fine dell'inverno e dell'estate e i minimi alla fine della primavera e in autunno. Nei mesi primaverili ed estivi, in particolare, la nuvolosità aumenta a causa delle frequenti piogge e annuvolamenti (specie pomeridiani) sui monti o a ridosso degli stessi.

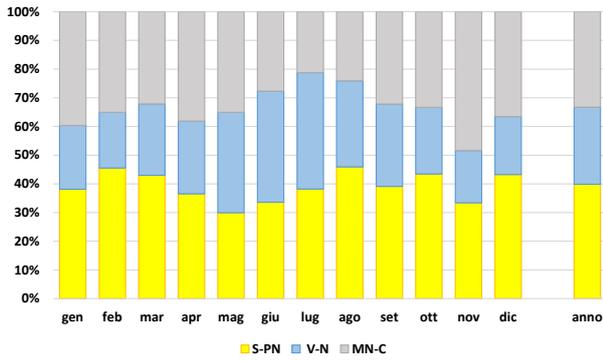
Le giornate in pianura (Figura 17 c, d, e) con cielo da sereno a poco nuvoloso raggiungono mediamente un picco ad agosto e i punti minimi a novembre o gennaio. Da marzo a giugno si nota un andamento piuttosto costante delle giornate serene o poco nuvolose, che sono circa la metà, per poi raggiungere il picco ad agosto.

La costa (Figura 17 f) vede un picco di giornate con cielo sereno-poco nuvoloso ad agosto come in pianura, ma con un aumento molto più graduale di giornate serene o poco nuvolose da gennaio ad agosto.

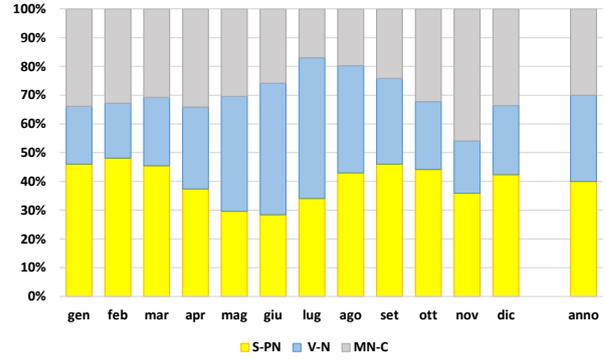
D'estate, il tempo in pianura e costa è mediamente più stabile, e quindi meno nuvoloso, per la frequente presenza dell'anticiclone estivo.

Se guardiamo la media annuale dei mesi, si può vedere che mediamente in un anno le giornate con cielo da sereno a poco nuvoloso sono le più basse in montagna, con una percentuale del circa 40% sul totale. Scendendo dalle montagne verso la pianura si nota come la percentuale media di giornate serene aumenti fino a raggiungere circa la metà delle giornate complessive.

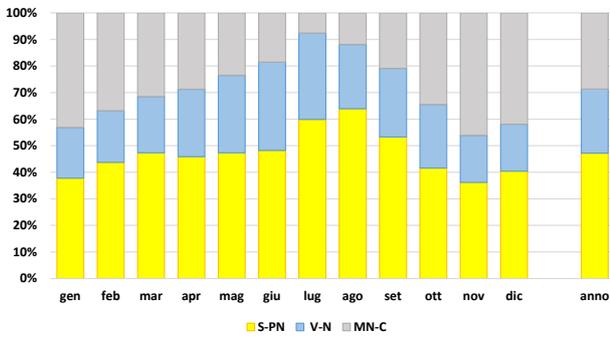
a) Monte Lussari



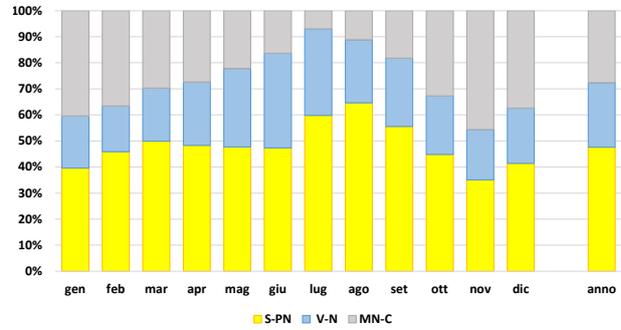
b) Enemonzo



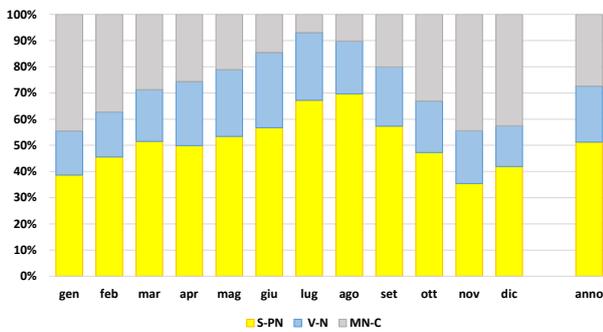
c) Udine



d) Pordenone



e) Gradisca d'Isonzo



f) Trieste

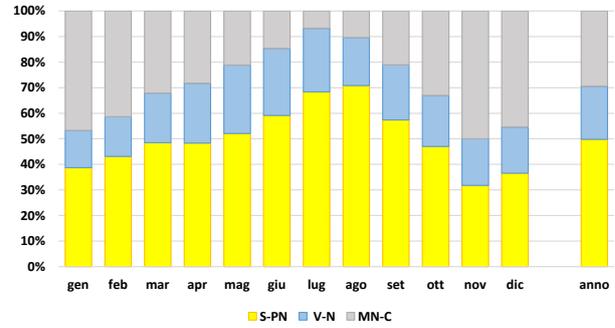


Figura 17: Distribuzione percentuale della copertura del cielo (dati medi della rete meteorologica regionale 2001-2020), per 6 stazioni rappresentative della rete meteorologica regionale. In giallo è riportata la percentuale media mensile con stato del cielo da sereno a poco nuvoloso (S-PN), in azzurro denim da variabile a nuvoloso (V-N) e in grigio da molto nuvoloso a coperto (MN-C)

Il vento

In Friuli Venezia Giulia il comportamento dei venti al suolo è determinato da:

- **brezze:** si tratta di venti locali generalmente moderati, che si ripetono ciclicamente nelle giornate di tempo stabile in cui non prevalgono campi barici di alta o bassa pressione significativamente diversi nell'intorno geografico. Le brezze in regione si originano: vicino alla costa, con la brezza di mare durante il giorno e la brezza di terra durante la notte, entrambe riescono ad interessare anche la pianura; sulla zona montana con le brezze di monte in discesa verso i fondivalle, che diventano anche sostenute nelle ore notturne ed al mattino e le brezze di valle durante il giorno in risalita dai fondivalle verso le creste; anche queste brezze riescono ad interessare la pianura. Le intensità medie delle brezze variano da luogo a luogo, in funzione della conformazione locale del territorio
- **venti sinottici**, cioè quelli determinati dalla circolazione generale dell'atmosfera, che si estrinseca con la posizione e l'evoluzione delle alte e basse pressioni sull'emisfero settentrionale ed in particolare sullo scacchiere geografico europeo e mediterraneo, dal passaggio e dall'evoluzione dei fronti atmosferici sulla regione (fronti freddi, caldi e occlusi), dalla stagionalità, con differenze però molto rilevanti da un anno all'altro, in termini di frequenza e intensità. La climatologia descrive una maggiore frequenza dei venti meridionali associati anche alle piogge di flusso nei mesi autunnali, mentre per quanto riguarda la Bora (direzione est-nord-est o nord-est) può presentarsi in tutte le stagioni, in funzione dell'evolversi di configurazioni meteorologiche anche molto diversificate. I venti sinottici hanno in genere intensità superiore rispetto ai venti locali.
- **temporali estivi**, che nel loro manifestarsi in forma più o meno intensa, possono provocare delle raffiche anche molto impulsive e con velocità anche molto elevate (downburst), con direzione in rapida variazione dovuta alla linea di groppo (squall line) e talvolta anche in rotazione come le trombe d'aria e le trombe marine (tornado o twister). Gli episodi temporaleschi che portano maggiore intensità del vento sono in genere legati all'evoluzione di fronti estivi con componente occidentale (nord-ovest, ovest e sud-ovest), ma possono derivare tuttavia anche dall'evoluzione dei temporali provenienti dagli altri quadranti, anche se con frequenza più bassa.

Il comportamento del vento è determinato comunque dal **contesto geografico generale**, cioè la posizione della regione nel contesto europeo fra le Alpi e il Mediterraneo e dalla conformazione dell'**orografia**. Lo sviluppo della catena alpina che dalle Alpi Carniche prosegue verso est con le Alpi Giulie, degradando poi successivamente verso sudest con i rilievi del Carso, rende predominanti sulla pianura e lungo la costa i venti provenienti dai quadranti orientali.

Ogni sito **montano** possiede le proprie caratteristiche di circolazione dell'aria, le quali possono differire talvolta sostanzialmente da quelle di zone geograficamente molto vicine: esso infatti è fortemente condizionato dall'orografia, dalla morfologia del territorio, dalla posizione nel contesto del sistema delle catene montuose e dall'esposizione all'irraggiamento solare per quanto riguarda l'insorgere delle brezze. A fondovalle la velocità del vento varia molto sul territorio ed è comunque mediamente più bassa rispetto a quella misurata nelle stazioni di vetta. In quota, infatti, prevalgono i venti sinottici della libera atmosfera, anche in condizioni di scarsa ventilazione.

Sulla pianura friulana le **brezze** si sviluppano dai quadranti meridionali nelle ore diurne, da quelli settentrionali invece nelle ore notturne; sulla Pedemontana e sull'alta pianura le direzioni sono determinate anche dallo sbocco della principale valle limitrofa, questo effetto si osserva particolarmente allo sbocco della Valle del Tagliamento nei pressi di Gemona del Friuli. Nelle zone centrali della pianura, il regime di brezza assume valori medi compresi tra 5 e 10 km/h. Le brezze lungo la costa risentono specificatamente dell'orientamento rispetto al mare Adriatico: variano da una provenienza da sud tipica di Lignano Sabbiadoro, da sud-ovest a Grado, da ovest-nord-ovest a Trieste durante il giorno e generalmente tra nord, nord-est ed est durante la notte. Lungo la zona costiera e allo sbocco delle principali valli sulla pianura (Tagliamento, Natisone e Cellina), si registrano valori medi di intensità del vento più elevati rispetto a quelli in pianura e sono in genere compresi tra 10 e 15 km/h. Tali intensità medie, tuttavia, rappresentano solo un'estrema sintesi

del fenomeno, in quanto le brezze seguono un ciclo giornaliero e stagionale, che alterna periodi più calmi a periodi con intensità un po' più elevata, la quale può raggiungere valori compresi tra 20 e 30 km/h specie lungo la costa e allo sbocco della valle del Tagliamento (in questo ultimo caso in particolare con le brezze di monte notturne e di primo mattino). I venti sinottici talvolta possono sovrapporsi al regime delle brezze, determinando il fenomeno delle "brezze ampliate", specie sulla zona montana e sulla costa.

I **venti sinottici**, più presenti nel periodo autunnale e invernale, hanno valori medi superiori rispetto a quelli delle brezze: i principali si possono inquadrare, in base ai quadranti di provenienza, con i nomi "storici" di Tramontana, Grecale, Bora, Levante, Scirocco, Ostro, Libeccio, Ponente, Maestrale. Tali venti possono venire incanalati e quindi accelerati, oppure anche rallentati, in funzione della conformazione orografica locale. Come già accennato, sulle vette l'andamento dei venti è per lo più determinato dai venti dominanti sinottici. In pianura e sulla fascia lagunare e costiera centro-occidentale, i venti sinottici provenienti dai quadranti meridionali sono generalmente più distesi, quelli provenienti invece dai quadranti settentrionali hanno invece una connotazione a raffiche, anche se in misura già meno marcata rispetto alla fascia costiera orientale e soprattutto rispetto a Trieste dove, per l'effetto della posizione, risultano più distesi solo i venti provenienti dai quadranti occidentali. In pianura valori medi compresi tra 10 e 20 km/h possono considerarsi descrittivi della circolazione sinottica, tenendo presente però che le irruzioni di vento nordorientali sovente si manifestano con intensità medie orarie attorno ai 40 km/h per alcune ore. Per la costa, la Bora è il vento sinottico predominante. Questo vento ha un caratteristico comportamento a raffiche, quindi una descrizione media del fenomeno sarebbe riduttiva. Episodi di Bora con intensità del vento medio orario superiore a 35 km/h per oltre 5 ore consecutive non sono per niente rari; spesso le raffiche superano i 100 km/h e sono stati registrati valori superiori ai 150 km/h negli ultimi 30 anni a Trieste (Figura 19, d). Tra questi, si può ricordare la raffica massima di 168 km/h dell'11 febbraio 2012.

In Figura 18 si riportano i dati storici di 4 stazioni rappresentative della rete meteorologica regionale: sono riportate le tabelle di direzione e intensità del vento a 10 m di altezza.

L'intensità e la direzione di provenienza del vento nelle diverse località della regione sono rappresentate in modo molto efficace dai diagrammi polari di distribuzione delle raffiche **massime** come quelli riportati in Figura 19.

Tra gli episodi di **vento particolarmente intenso** si può ricordare la **tempesta Vaia**, che il 29/10/2018 ha fatto registrare raffiche molto forti praticamente su tutta la regione; in particolare, il vento massimo registrato in tale giornata è stato di circa 200 km/h presso la stazione del M. Rest, sulle Prealpi Carniche, a 1781 m s.l.m.m.. Per approfondimenti relativi alla tempesta Vaia, è possibile consultare il relativo report "[Contributo alla scheda evento 27-29 ottobre 2018](#)", disponibile sul sito www.meteo.fvg.it alla sezione Meteo per/Rischi meteo.

a) Monte Zoncolan

Ora solare locale	Velocità media vento filato (km/h)	Velocità media nell'ottante (km/h)						Frequenza nell'ottante (%)											
		N	NE	E	SE	S	SW	N	NE	E	SE	S	SW						
		W	NW	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW
1	13	13	20	14	10	12	12	10	9	5	18	13	2	14	25	14	9		
2	13	13	19	14	9	12	11	9	9	5	19	13	2	13	23	15	10		
3	13	12	19	14	10	12	11	10	9	6	19	13	3	13	22	15	11		
4	12	12	19	14	10	12	11	9	9	6	19	14	3	12	20	16	11		
5	12	12	19	14	9	11	11	9	9	6	19	15	2	12	19	15	12		
6	12	11	19	14	9	11	11	9	9	7	19	15	3	13	17	14	12		
7	12	10	18	14	8	11	11	9	9	7	21	16	3	13	17	12	11		
8	12	10	17	13	10	11	10	9	9	7	24	17	3	12	18	11	9		
9	12	11	16	12	9	12	10	8	9	5	25	18	3	10	21	11	7		
10	12	12	16	11	8	12	10	8	9	4	27	19	3	10	23	10	5		
11	12	11	16	11	7	12	10	9	9	4	26	20	4	10	25	9	4		
12	12	12	15	11	8	12	10	9	10	4	25	19	4	10	26	8	3		
13	12	12	15	11	9	12	11	10	10	4	23	17	5	12	27	8	4		
14	12	12	15	12	10	13	11	10	9	4	23	16	4	12	27	9	4		
15	12	12	16	12	10	14	11	9	10	5	22	15	4	13	28	9	3		
16	12	13	17	12	11	13	11	9	9	4	20	14	4	14	30	9	4		
17	12	14	17	13	10	13	11	9	10	5	21	13	4	14	28	10	5		
18	12	13	18	13	9	13	11	9	10	6	20	13	4	15	27	10	6		
19	13	13	19	14	10	12	11	9	10	6	20	14	4	16	24	10	6		
20	13	13	20	14	9	12	11	9	10	6	20	13	4	16	25	9	7		
21	13	14	20	15	10	12	11	10	9	5	19	13	3	16	25	11	7		
22	13	14	20	14	10	12	11	10	10	6	18	14	3	16	26	10	7		
23	13	13	20	15	10	12	12	10	10	5	19	13	3	16	24	12	8		
24	13	13	20	15	10	12	12	10	9	5	19	13	3	14	25	13	8		
Media	12	12	18	13	9	12	11	9	9	5	21	15	3	13	24	11	7		

b) Enemonzo

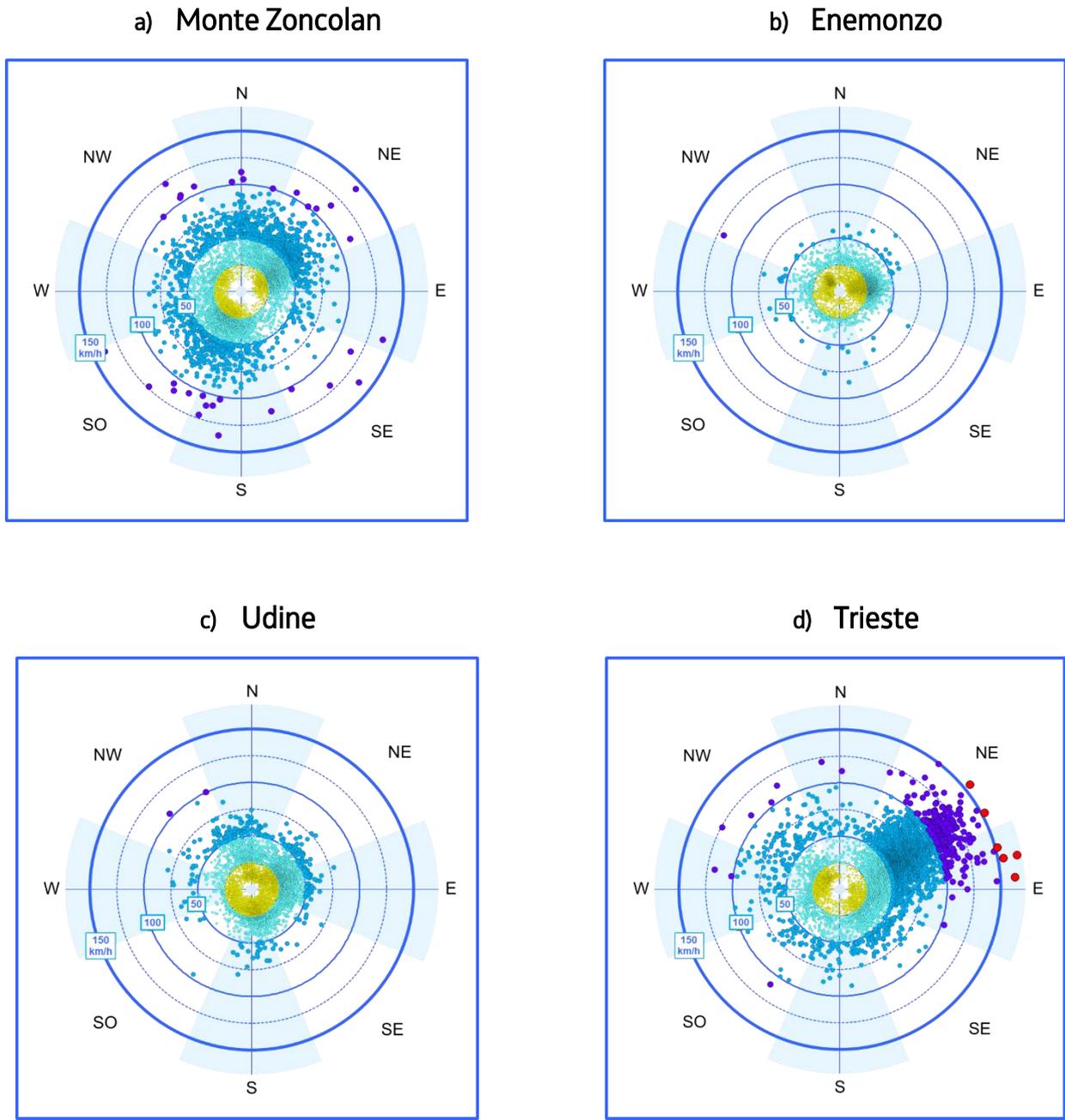
Ora solare locale	Velocità media vento filato (km/h)	Velocità media nell'ottante (km/h)						Frequenza nell'ottante (%)													
		N	NE	E	SE	S	SW	N	NE	E	SE	S	SW								
		W	NW	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW		
1	3	5	5	6	3	3	3	4	4	2	2	1	1	1	1	4	66	24			
2	3	4	5	5	4	3	3	4	4	2	1	1	0	1	1	4	66	24			
3	3	4	5	7	4	3	3	4	4	1	1	1	0	1	0	1	5	68	22		
4	3	5	6	6	4	3	3	4	4	1	1	1	0	1	0	1	5	68	23		
5	3	4	6	6	4	2	3	4	4	1	1	1	0	1	0	1	5	69	21		
6	3	4	6	5	3	2	3	3	3	2	1	1	0	1	0	1	6	62	27		
7	3	4	3	3	2	2	3	3	3	2	2	3	4	9	8	51	21				
8	3	4	4	3	3	2	3	3	3	2	3	12	15	19	8	32	11				
9	3	4	5	4	3	3	3	3	3	2	4	22	22	17	7	20	7				
10	3	4	5	5	3	3	3	3	3	2	6	35	23	17	5	7	4				
11	5	5	7	7	4	3	3	4	4	2	7	45	20	15	5	4	2				
12	6	6	8	9	4	3	4	4	4	2	8	51	16	12	4	4	3				
13	8	7	9	10	5	5	4	5	5	2	8	54	14	11	4	4	3				
14	8	7	9	11	6	6	5	5	5	3	8	52	12	12	6	4	4				
15	8	7	8	11	6	6	6	5	5	3	9	45	10	12	7	7	7				
16	7	6	8	11	7	6	5	5	5	6	11	32	7	10	8	11	14				
17	6	6	8	10	6	6	6	4	6	8	9	18	5	8	8	19	25				
18	5	6	7	8	5	5	5	5	6	8	8	8	2	4	6	27	36				
19	5	6	6	7	5	4	4	5	6	7	4	2	1	2	3	36	45				
20	5	5	6	6	5	4	3	5	6	5	3	1	0	1	3	47	40				
21	4	5	6	6	3	4	4	4	5	3	2	1	0	1	3	58	32				
22	4	5	5	6	3	3	3	4	4	3	2	1	0	1	4	62	27				
23	4	5	6	6	5	3	3	4	4	2	2	1	0	1	4	64	26				
24	4	5	5	6	3	3	3	4	4	2	2	1	0	1	5	65	24				
Media	5	5	6	7	4	4	4	4	4	3	4	16	7	6	5	38	20				

c) Udine

Ora solare locale	Velocità media vento filato (km/h)	Velocità media nell'ottante (km/h)						Frequenza nell'ottante (%)											
		N	NE	E	SE	S	SW	N	NE	E	SE	S	SW						
		W	NW	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW
1	6	6	6	8	6	6	4	5	5	29	43	15	3	1	1	1	6		
2	6	6	6	8	6	7	4	5	5	32	42	14	3	1	1	1	7		
3	6	6	6	7	6	7	4	5	5	34	41	13	2	1	1	1	6		
4	6	6	6	8	6	7	4	4	5	35	41	13	3	1	1	1	6		
5	6	6	6	7	6	7	5	5	5	35	41	13	3	1	1	1	6		
6	6	6	6	8	7	6	5	5	5	34	42	13	3	1	1	1	5		
7	6	6	7	8	7	7	4	4	5	34	39	16	3	1	1	1	5		
8	7	6	7	8	6	6	5	4	6	28	38	19	6	2	1	1	5		
9	7	6	8	9	6	6	5	4	5	20	31	25	11	5	1	2	5		
10	8	7	9	10	7	7	5	5	6	14	25	26	15	10	3	3	5		
11	8	8	10	11	7	7	6	6	6	11	18	23	17	15	7	4	4		
12	9	8	10	11	8	8	7	6	7	8	15	20	17	19	11	6	4		
13	9	9	11	12	8	9	7	7	7	7	12	17	17	22	14	6	4		
14	9	10	11	12	9	9	7	7	8	7	11	16	14	23	16	8	5		
15	9	11	11	12	9	9	7	7	8	6	11	15	13	24	17	9	4		
16	9	11	11	12	10	9	7	7	7	7	10	15	12	23	17	10	5		
17	8	10	10	12	9	9	7	6	7	8	12	15	12	22	15	11	6		
18	8	8	10	11	9	8	6	6	6	10	15	15	11	20	12	10	8		
19	7	7	8	9	7	7	5	5	5	13	20	17	11	16	9	7	8		
20	6	7	7	8	6	5	3	4	5	16	27	21	12	9	4	4	7		
21	6	6	7	8	6	5	4	4	5	19	36	22	9	4	2	2	6		
22	6	6	6	7	6	7	4	4	6	21	40	22	6	2	1	2	6		
23	6	6	6	8	6	6	4	4	6	24	42	20	4	2	1	1	5		
24	6	6	6	8	6	7	4	5	5	27	43	17	3	2	1	1	6		
Media	7	7	8	9	7	7	5	5	6	20	29	18	9	10	6	4	6		

d) Trieste

Ora solare locale	Velocità media vento filato (km/h)	Velocità media nell'ottante (km/h)						Frequenza nell'ottante (%)											
		N	NE	E	SE	S	SW	N	NE	E	SE	S	SW						
		W	NW	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW
1	13	8	28	14	8	5	6	7	7	2	16	39	28	8	2	2	2		
2	13	7	30	15	8	6	6	8	7	2	15	39	30	8	2	1	2		
3	13	8	30	14	8	6	6	6	8	2	15	38	30	8	2	1	2		
4	13	7	29	14	8	6	7	6	8	2	15	39	30	8	2	1	2		
5	13	8	31	14	8	6	6	7	6	2	14	40	30	8	2	1	2		
6	14	6	30	15	8	6	5	6	8	2	15	38	29	9	2	2	2		
7	14	5	30	16	9	6	6	5	5	4	16	34	27	8	4	3	4		
8	14	6	32	18	9	7	7	6	6	4	15	30	22	7	5	7	10		
9	14	7	33	19	10	8	8	7	7	3	15	26	17	7	6	10	15		
10	15	8	33	22	11	8	9	8	8	3	15	22							



a) Monte Zoncolan

b) Enemonzo

c) Udine

d) Trieste

Legenda	
	raffica massima giornaliera nell'intervallo 1.8 -25 km/h
	raffica massima giornaliera nell'intervallo 25 -50 km/h
	raffica massima giornaliera nell'intervallo 50 -100 km/h
	raffica massima giornaliera nell'intervallo 100 -150 km/h
	raffica massima giornaliera maggiore di 150 km/h

Figura 19: Distribuzione delle raffiche massime giornaliere (dati rete meteorologica regionale, 2001-2020) per 4 stazioni rappresentative della rete meteorologica regionale

Per le stesse stazioni, si riporta la tabella con il numero di casi (anche in percentuale) nel periodo di riferimento in cui in una giornata è stata superata una intensità di raffica (Tabella 2).

Anni 2001-2020 Raffica massima nell'intervallo	Monte Zoncolan		Enemonzo		Udine		Trieste	
	N° casi	% sul totale	N° casi	% sul totale	N° casi	% sul totale	N° casi	% sul totale
< 25 km/h	2001	28.9	4726	65.2	4072	56.3	2115	29.3
≥ 25, < 50 km/h	3780	54.6	2474	34.2	2917	40.3	2567	35.6
≥ 50, < 75 km/h	954	13.8	41	0.6	232	3.2	1607	22.3
≥ 75, < 100 km/h	161	2.3	2	0.0	10	0.1	714	9.9
≥ 100, < 125 km/h	27	0.5	1	0.0	1	0.0	175	3.0
≥ 125, < 150 km/h	5	0.1	0	0.0	0	0.0	32	0.5
≥ 150 km/h	0	0.0	0	0.0	0	0.0	6	0.1
totale	6928	100.0	7244	100.0	7232	100.0	7216	100.0

Tabella 2: Distribuzione per classi di tutti gli episodi nel periodo 2001-2020 per 4 stazioni rappresentative della rete meteorologica regionale

Indici bioclimatici per il Friuli Venezia Giulia

Il clima del Friuli Venezia Giulia può essere descritto, oltre che dall'analisi diretta delle serie storiche delle diverse grandezze meteorologiche, anche attraverso l'uso di opportuni indici che mettono in relazione uno o più elementi climatici con gli esseri viventi.

La bioclimatologia, infatti, è una scienza ecologica che studia le relazioni tra il clima e la distribuzione delle specie viventi, e delle loro comunità, sulla superficie terrestre (Rivas-Martinez et al., 2011).

Gli indici bioclimatici presentati in questo studio sono i seguenti:

1. [worldwide bioclimatic classification system](#);
2. [indice di Amann](#);
3. [classificazione di Köppen](#);
4. [indice di Pavari](#);
5. [indice di Pavari-Lang](#);
6. [indice di De Martonne](#);
7. [bilancio idroclimatico](#).

Questi indici pongono particolare attenzione alla relazione tra clima e mondo vegetale, mettendo in luce risorse e limiti che il clima pone alla vita della flora spontanea e/o delle colture agrarie.

Per il calcolo degli indici è stata utilizzata la stessa base di dati impiegata per l'analisi climatica già esposta nei paragrafi precedenti considerando il periodo 1991-2020. Il calcolo degli indici è stato effettuato tramite macro in Visual Basic.

1 - Worldwide bioclimatic classification system

Il Worldwide bioclimatic classification system è un sistema di classificazione proposto da Rivas-Martinez per la prima volta nel 1982, che mira a classificare in maniera predittiva tutti i bioclimi terrestri. La sua base si trova nello stabilire una correlazione tra i parametri climatici, gli ecosistemi terrestri e i territori geografici.

Questo sistema di classificazione si fonda sul calcolo di una serie di unità, parametri, indici e tipi bioclimatici. Non è possibile, secondo tale classificazione, identificare una singola unità bioclimatica per tutte le montagne presenti sulla superficie terrestre (Rivas-Martinez et al., 2011), perciò la determinazione di ogni bioclima montano va effettuata caso per caso.

Per applicare al Friuli Venezia Giulia la classificazione bioclimatica proposta di Rivas-Martinez, sono necessari:

1. **indice di continentalità (Ic)**, rappresenta l'escursione termica, ovvero l'ampiezza dell'oscillazione annuale della temperatura. Il grado di continentalità è direttamente proporzionale alla sua ampiezza. Il suo opposto è l'oceanicità.

È definito come differenza tra la temperatura media del mese più caldo e quella del mese più freddo (°C):

$$Ic = T(\text{luglio}) - T(\text{gennaio})$$

Tale valore va compensato in funzione dell'altitudine;

2. **indice ombrotermico (Io)**, identifica degli intervalli basati sulle precipitazioni e sull'aumento dell'evapotraspirazione all'aumentare della temperatura. I valori ombrotermici annuali hanno un forte valore predittivo e una forte correlazione con la vegetazione climatofila^[16].

L'indice ombrotermico è definito come il quoziente della somma delle precipitazioni medie dei mesi in cui la temperatura media mensile è superiore a zero, espressa in mm (Pp), e la somma delle temperature medie mensili dei mesi con temperatura media superiore allo zero, espressa in decimi di grado (Tp):

$$Io = 10 \times \left(\frac{Pp}{Tp} \right)$$

3. **indice di termicità (Itc)**, esprime l'intensità del freddo come fattore limitante per molte piante e vegetazioni assieme alla temperatura media annuale.

È definito come dieci volte la somma della temperatura media annuale (T), della media delle massime (M) e delle minime del mese più freddo (m):

$$It = 10 \times (T + m + M)$$

Tale valore deve essere corretto in funzione della continentalità. Esso viene impiegato, in correlazione con l'indice di continentalità (Ic) e con la somma delle temperature medie mensili che si attestano sopra lo zero (Tp), ai fini dell'individuazione degli orizzonti termotipici;

4. **macrobioclima**, è l'unità principale del sistema di classificazione. Si tratta di un modello biofisico caratterizzato da specifici valori climatici e vegetazionali, che si ottiene dalla correlazione tra le piogge e le temperature medie dei mesi estivi;

- 4.1 **bioclima**, una subunità del macrobioclima, rappresenta una serie di formazioni di piante, biocenosi e tipiche comunità vegetazionali. Esso si determina mediante la correlazione tra l'indice di continentalità e l'indice di termicità.

Gli isobioclimi sono dei modelli bioclimatici utili ad identificare territori simili, tipi vegetazionali equivalenti e per la creazione di mappe bioclimatiche altamente precise. Per l'identificazione di tali isobioclimi è possibile combinare bioclima, termotipo e ombrotipo. Ciò permette di creare una definizione che caratterizzi una specifica area geografica attraverso il suo clima e, di conseguenza, ne definisca le principali caratteristiche in termini di fisionomia generale della vegetazione potenziale e reale del luogo.

Il Friuli Venezia Giulia risulta caratterizzato esclusivamente dal macrobioclima **temperato**. Questo indica che nel territorio regionale il valore in millimetri della precipitazione media dei due mesi più caldi del trimestre estivo è maggiore del doppio della temperatura media in gradi centigradi dei due mesi più caldi del trimestre estivo ($P_{S_2} \geq 2 \times T_{S_2}$), ovverosia non vi sono due o più mesi consecutivi con aridità durante il periodo estivo o più caldo dell'anno.

L'unico bioclima presente in regione è quello **oceanico**, perciò si propone la composizione degli isobioclimi utilizzando l'indice di **continentalità** in sostituzione del bioclima.

In questo lavoro, pertanto, si propongono le seguenti carte:

1. indice di continentalità, Figura 20 a;
2. indice di termicità, Figura 20 b;
3. indice di ombrotermicità, Figura 20 c;
4. isobioclimi, visualizzati nell'ordine: Ic, Itc e Io (Rivas-Martinez et al., 2011), Figura 21;
5. isobioclimi, visualizzati nell'ordine: Itc, Io e Ic (Canu et al., 2015), Figura 22. Figura 21.

^[16] È la vegetazione, propria di un territorio, che si trova in condizioni di massimo equilibrio con le condizioni climatiche.

Come suggerito da Rivas-Martinez (2004), ai fini di una maggiore concordanza con la vegetazione potenziale, la carta della termicità (Itc) riporta le suddivisioni in orizzonti. Per coerenza, anche le carte della continentalità (Ic), e della ombrotermicità (Io) riportano le suddivisioni nelle rispettive sottoclassi. Per semplicità, invece, essi sono stati omessi nelle carte degli isobioclimi.

Dall'analisi delle mappe, è evidente in tutte il cosiddetto "effetto costa", di cui si è parlato all'inizio del capitolo. Si nota inoltre che c'è una generale distinzione, più o meno marcata in base al tipo di indice, tra le zone di pianura e le zone caratterizzate da rilievi. Ciò si può notare sia nel calcolo dei singoli indici, sia nella composizione degli isobioclimi.

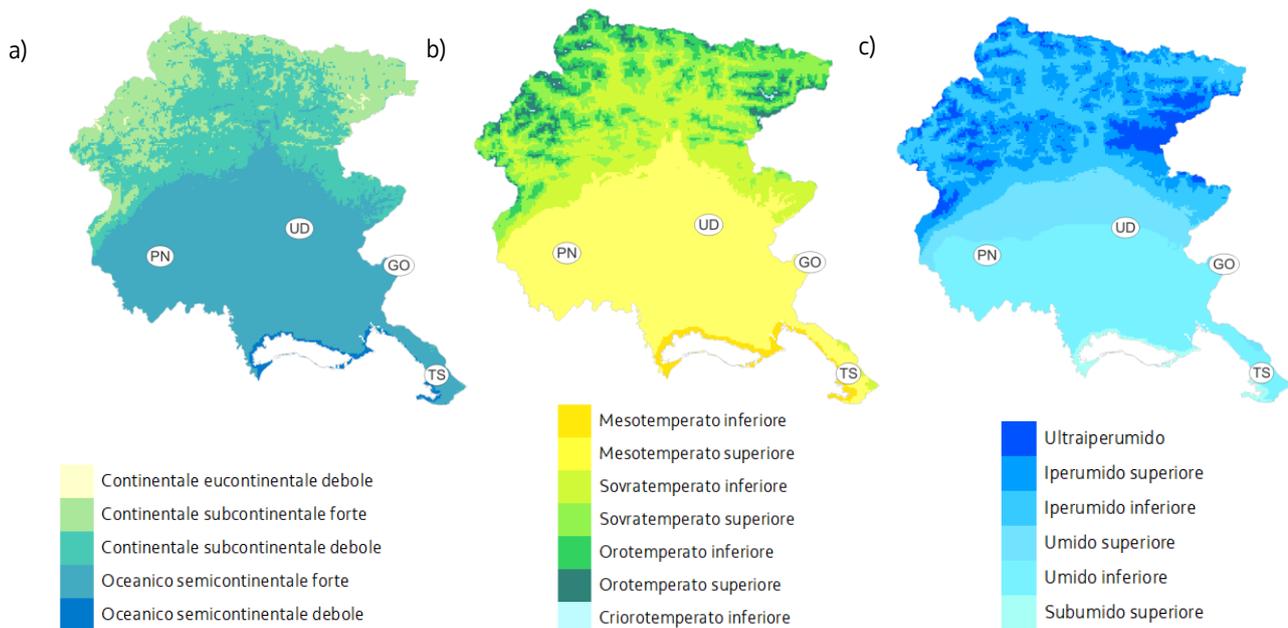


Figura 20: Rappresentazione degli indici bioclimatici. a) indice di continentalità (Ic), b) indice di termicità (Itc), c) indice di ombrotermicità (Io)

Dalla Figura 20 a) si evince come la regione sia caratterizzata da diversi gradi di continentalità, la quale va aumentando dalla costa verso l'entroterra: in generale, si può dire che la maggior parte della regione è moderatamente continentale, mentre le cime più alte delle montagne sono estremamente continentali. Come prevedibile, la costa è la zona con il maggiore grado di oceanicità.

In Tabella 3 si riportano le varie classi di continentalità con la relativa superficie.

Continentalità		%	Superficie (km ²)
	Continentalità eucontinentale debole	0.3	22.1
	Continentalità subcontinentale forte	21.6	1717.3
	Continentalità subcontinentale debole	25.9	2050.7
	Oceanico semicontinentale forte	50.8	4026.1
	Oceanico semicontinentale debole	1.5	116.3

Tabella 3: Suddivisione del Friuli Venezia Giulia in classi di continentalità

Dalla carta della termicità mostrata in Figura 20 b), si nota che, scendendo dalla cima delle montagne più elevate fino alla costa, si individuano i seguenti orizzonti termotipici: criorotemperato, orotemperato, sovratemperato e mesotemperato. Questo indica che, partendo dalla costa verso l'interno e all'aumentare dell'altitudine, l'intensità del freddo come fattore limitante ha un'influenza via via più forte sulla vegetazione. In base alla suddivisione proposta da Rivas-Martinez (2004), è possibile individuare i termotipi e le rispettive fasce altitudinali e latitudinali riportate in Tabella 4.

Termotipo	Piano altitudinale	%	Superficie (km ²)
Mesotemperato inferiore	Collinare inferiore	2.3	183.9
Mesotemperato superiore	Submontano	47.1	3735.4
Sovratemperato inferiore	Montano	19.2	1520.1
Sovratemperato superiore	Altimontano	16.9	1342.8
Orotemperato inferiore	Subalpino inferiore	10.4	822.0
Orotemperato superiore	Subalpino superiore	3.9	310.3
Criorotemperato inferiore	Alpino	0.2	18.0

Tabella 4: Suddivisione del Friuli Venezia Giulia in classi di termicità

In Friuli Venezia Giulia si individuano i seguenti ombrotipi: subumido, umido, iperumido e ultraiperumido, a conferma della grande variabilità della pioggia in regione e dei livelli molto elevati che raggiungono le precipitazioni sulle zone alpine e prealpine. Sono assenti gli ombrotipi secco e semiarido.

L'andamento dell'indice ombrotermico in Figura 20 c) sottolinea che, su base climatica, la disponibilità idrica media in Friuli Venezia Giulia aumenta dalla costa verso le montagne, ed è maggiore in alcune zone montane rispetto ad altre, come si può notare nel caso della zona del monte Musi, dove si raggiunge l'ombrotipo ultraiperumido.

Ombrotipo	%	Superficie (km ²)
Ultraiperumido	6.9	548.7
Iperumido superiore	21.3	1686.2
Iperumido inferiore	24.0	1903.6
Umido inferiore	13.7	1088.6
Umido superiore	32.4	2567.8
Subumido superiore	1.7	137.7

Tabella 5: Suddivisione del Friuli Venezia Giulia in classi di ombrotermicità

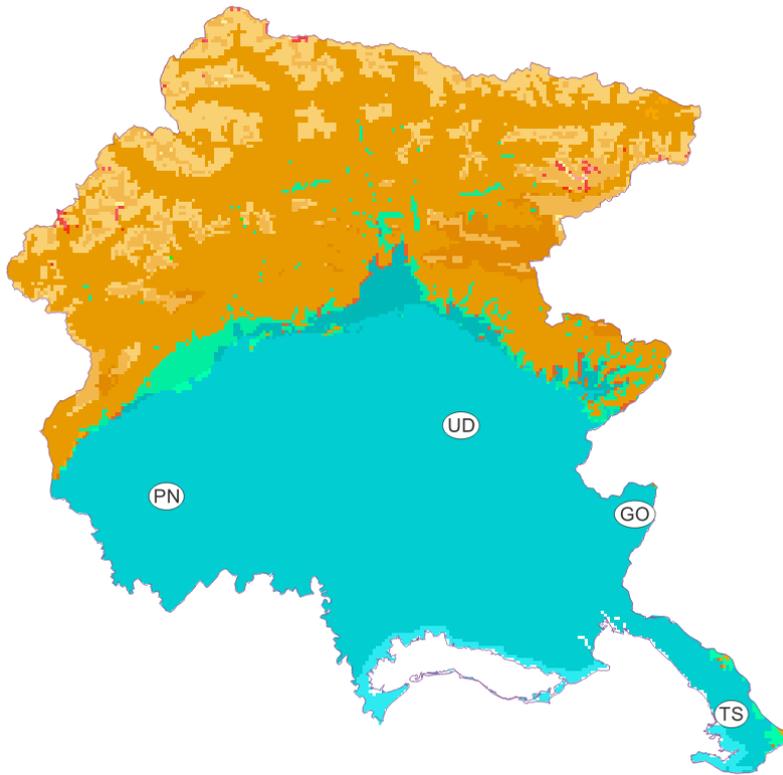
La Figura 21 e la Figura 22 rappresentano i due ordinamenti proposti per gli isobioclimi. Il primo ordinamento enfatizza l'andamento della continentalità in regione e il secondo l'andamento della termicità. La classificazione bioclimatica proposta in Figura 21 dà maggiore risalto alla continentalità (Ic), poi mostra il termotipo (I_{tc}) e infine l'ombrotipo (I_o).

Dal momento che la costa è maggiormente influenzata dal mare, le temperature sono mitigate dalla sua influenza e le oscillazioni termiche ivi presenti sono attenuate. Allontanandosi dalla linea di costa, l'influenza del mare diminuisce, aumenta l'escursione termica e aumenta l'intensità del freddo come fattore limitante sulla vegetazione. Questo andamento, in regione, è influenzato soprattutto dall'aumento dell'altitudine, come si può notare anche nella zona del Carso triestino.

Nella zona di passaggio tra la pianura friulana e le colline, si ha dapprima una diminuzione del grado di termicità, seguita poi dall'aumento del grado di continentalità.

Le zone più continentali della regione si trovano soprattutto in corrispondenza delle montagne più alte.

Isobioclimi (Ic Itc Io)



Continentale eucontinentale

- Eucontinentale sovratemperato iperumido
- Eucontinentale orotemperato ultraiperumido
- Eucontinentale orotemperato iperumido
- Eucontinentale criorotemperato ultraiperumido

Continentale subcontinentale

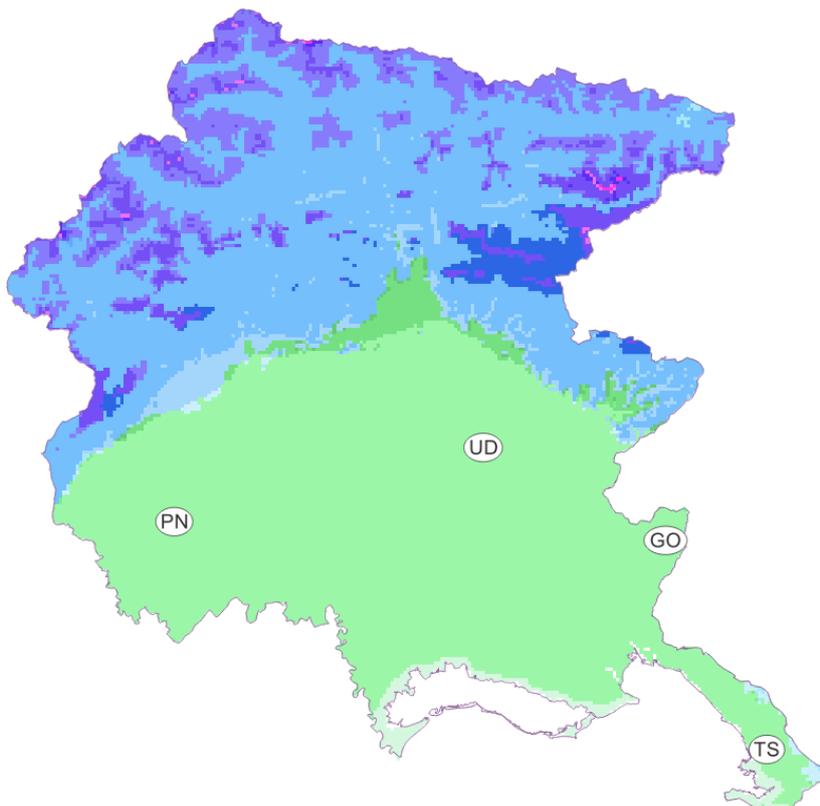
- Sub continentale mesotemperato iperumido
- Sub continentale mesotemperato umido
- Sub continentale sovratemperato ultraiperumido
- Sub continentale sovratemperato iperumido
- Sub continentale sovratemperato umido
- Sub continentale orotemperato iperumido
- Sub continentale orotemperato ultraiperumido
- Sub continentale criorotemperato ultraiperumido

Oceanico semicontinentale

- Semicontinentale mesotemperato iperumido
- Semicontinentale mesotemperato umido
- Semicontinentale mesotemperato subumido
- Semicontinentale sovratemperato ultraiperumido
- Semicontinentale sovratemperato iperumido
- Semicontinentale sovratemperato umido
- Semicontinentale orotemperato iperumido

Figura 21: Worldwide bioclimatic classification system secondo l'ordine: continentalità- termicità – ombrotermicità

Isobioclimi (Itc Io Ic)



Mesotemperato (submontano e collinare)

- Mesotemperato iperumido subcontinentale
- Mesotemperato iperumido semicontinentale
- Mesotemperato umido subcontinentale
- Mesotemperato umido semicontinentale
- Mesotemperato subumido semicontinentale

Sovratemperato (montano)

- Sovratemperato ultraiperumido subcontinentale
- Sovratemperato ultraiperumido semicontinentale
- Sovratemperato iperumido eucontinentale
- Sovratemperato iperumido subcontinentale
- Sovratemperato iperumido semicontinentale
- Sovratemperato umido subcontinentale
- Sovratemperato umido semicontinentale

Orotemperato (subalpino)

- Orotemperato ultraiperumido eucontinentale
- Orotemperato ultraiperumido subcontinentale
- Orotemperato iperumido eucontinentale
- Orotemperato iperumido subcontinentale
- Orotemperato iperumido semicontinentale

Criorotemperato (alpino)

- Criorotemperato ultraiperumido eucontinentale
- Criorotemperato ultraiperumido subcontinentale

Figura 22: Worldwide bioclimatic classification system secondo l'ordine: termicità – ombrotermicità - continentalità (Canu et al., 2015)

La classificazione proposta in Figura 22 evidenzia in primo luogo le caratteristiche termiche del territorio e, quindi, i piani altitudinali dei rilievi (Itc), successivamente mostra le differenze di disponibilità idrica tra le varie aree (Io) e poi quelle di escursione termica (Ic).

Si può osservare come le cime più alte delle montagne, oltre a essere le zone in cui il freddo è molto intenso (termotipo criorotemperato), in media sono tra le zone più piovose della regione (ombrotipo ultraiperumido).

Le zone alpine in cui il termotipo è il più freddo e l'ombrotipo il più umido, tuttavia, non sono molte (circa 0.23% della superficie regionale, per un totale di circa 18 km²) e, nella maggior parte dei casi, le montagne friulane sono caratterizzate dai termotipi montano o subalpino (assieme rappresentano circa il 50.4% del territorio regionale) e dall'ombrotipo iperumido (circa il 45.3% della regione).

La zona costiera, al contrario, è in media la zona dove la disponibilità idrica è minore e la temperatura è più mite.

Nella zona del Carso, all'aumentare dell'altitudine si nota che, mediamente, si ha dapprima una diminuzione della termicità e solo successivamente un aumento dell'ombrotermicità, in corrispondenza delle zone più elevate.

Un andamento quasi opposto si può notare nella zona di passaggio tra la Pianura Friulana e le Prealpi: l'aumento della disponibilità idrica precede l'abbassamento delle temperature.

In generale, gli isobioclimi (nell'ordine Ic, Itc, Io) maggiormente rappresentati in regione, cioè che coprono la superficie maggiore, sono due. Essi sono caratterizzati dai seguenti indici:

1. oceanico semicontinentale mesotemperato umido, che caratterizza quasi metà (45.4%) della regione e, in particolare, la maggior parte della zona pianeggiante e carsica della regione;
2. continentale subcontinentale sovratemperato iperumido, che caratterizza il 30.7% della regione, in particolare nell'area montana.

2 - Indice di Amann

Per calcolare la continentalità è possibile utilizzare l'indice igrometrico di Amann, definito dalla seguente formula:

$$H = \frac{P \times T}{E}$$

dove P è la precipitazione media annua (mm), T è la temperatura media annua (°C) ed E è l'escursione termica annuale definita come differenza tra la temperatura media del mese più caldo e quella del mese più freddo (°C). L'indice igrometrico di Amann classifica i climi come segue:

- **clima continentale:** $H < 300$;
- **clima intermedio:** $300 < H < 500$;
- **clima oceanico temperato:** $H > 500$.

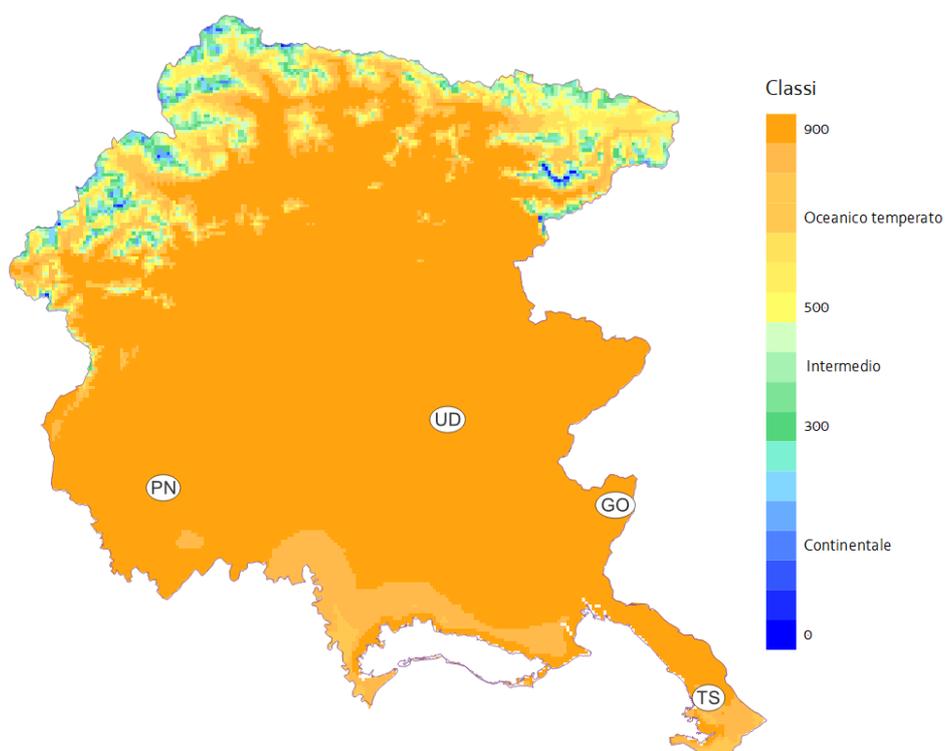


Figura 23: Indice di Amann

In Friuli Venezia Giulia, gran parte della regione è caratterizzata da un clima oceanico temperato (Figura 23 e Tabella 6; 92.9% della superficie, per un totale di 7365.6 km²). Il clima oceanico temperato è presente anche in montagna dove le temperature sono più fredde ma le piogge sono comunque elevate.

Solo nelle zone montane dove le piogge annuali non sono particolarmente elevate, l'indice di Amann diminuisce, diventando prima inferiore a 500 e poi a 300, individuando quindi climi intermedi e continentali. Si riporta di seguito la carta dell'indice di Amann calcolato per il Friuli Venezia Giulia e la tabella con le percentuali delle varie classi dell'indice con la relativa superficie.

Classi	%	Superficie (km ²)
Oceanico temperato	92.9	7365.6
Intermedio	5.7	450.2
Continentale	1.5	116.7

Tabella 6: Suddivisione del Friuli Venezia Giulia in classi dell'indice di Amann

3 - Classificazione di Köppen

La classificazione di Köppen, in maniera analoga al Worldwide bioclimatic classification system (Paragrafo 1), consente di raffrontare il clima di una zona con il resto del mondo. Si riportano di seguito la tabella riassuntiva di tale classificazione, tratta dallo studio di Peel et al. (2007) sul clima mondiale (Tabella 7), e la carta del Friuli Venezia Giulia elaborata mediante tale indice (Figura 24).

1	2	3	DESCRIZIONE CLIMA	CRITERI*
A			Tropicale	$T_{cold} \geq 18$
	f		-Foresta pluviale	$P_{dry} \geq 60$
	m		-Monzone	Not (Af) & $P_{dry} \geq 100 - MAP/25$
	w		-Savana	Not (Af) & $P_{dry} < 100 - MAP/25$
B			Arido	$MAP < 10 \times P_{threshold}$
	w		-Deserto	$MAP < 5 \times P_{threshold}$
	s		-Steppa	$MAP \geq 5 \times P_{threshold}$
		h	-Calda	$MAT \geq 18$
		k	-Fredda	$MAT < 18$
C			Temperato	$T_{hot} > 10$ & $0 < T_{cold} < 18$
	s		-Estate secca	$P_{sdry} < 40$ & $P_{sdry} < P_{wwet}/3$
	w		-Inverno secco	$P_{wdry} < P_{swet}/10$
	f		-Senza stagione secca	Not (Cs) or (Cw)
		a	-Estate caldissima	$T_{hot} \geq 22$
		b	-Estate calda	Not (a) & $T_{mon10} \geq 4$
		c	-Estate fresca	Not (a or b) & $1 \leq T_{mon10} < 4$
D			Freddo	$T_{hot} > 10$ & $T_{cold} \leq 0$
	s		-Estate secca	$P_{sdry} < 40$ & $P_{sdry} < P_{wwet}/3$
	w		-Inverno secco	$P_{wdry} < P_{swet}/10$
	f		-Senza stagione secca	Not (Ds) or (Dw)
		a	-Estate caldissima	$T_{hot} \geq 22$
		b	-Estate calda	Not (a) & $T_{mon10} \geq 4$
		c	-Estate fresca	Not (a, b or d)
		d	-Estate fredda	Not (a or b) & $T_{cold} < -38$
E			Polare	$T_{hot} < 10$
	T		-Tundra	$T_{hot} > 0$
	F		-Gelo perenne	$T_{hot} \leq 0$

*MAP= precipitazione media annuale. MAT= temperatura media annuale. T_{hot} =temperatura del mese più caldo. T_{cold} =temperatura del mese più freddo. T_{mon10} = numero di mesi dove la temperatura è superiore a 10 °C. P_{swet} = precipitazioni del mese più umido dell'estate. P_{wwet} =precipitazione del mese più umido dell'inverno. $P_{threshold}$ = varia secondo le seguenti regole (se il 70% del MAP avviene in inverno allora $P_{threshold} = 2 \times MAT$, se il 70% del MAP avviene in estate allora $P_{threshold} = 2 \times MAT + 28$, in tutti gli altri casi $P_{threshold} = 2 \times MAT + 14$). Nell'emisfero boreale l'estate è definita come il periodo semestrale più caldo di aprile+maggio+giugno+luglio+agosto+settembre e l'inverno è definito come il periodo semestrale più freddo di ottobre+novembre+dicembre+gennaio+febbraio+marzo.

Tabella 7: Descrizione dei criteri e dei simboli climatici di Köppen (adattata da Peel et al., 2007)

Per il Friuli Venezia Giulia tale classificazione ci restituisce un territorio dove, partendo dall'Adriatico, muovendosi a nord verso le montagne e salendo con l'altitudine, si incontrano climi via via più freddi (Figura 24).

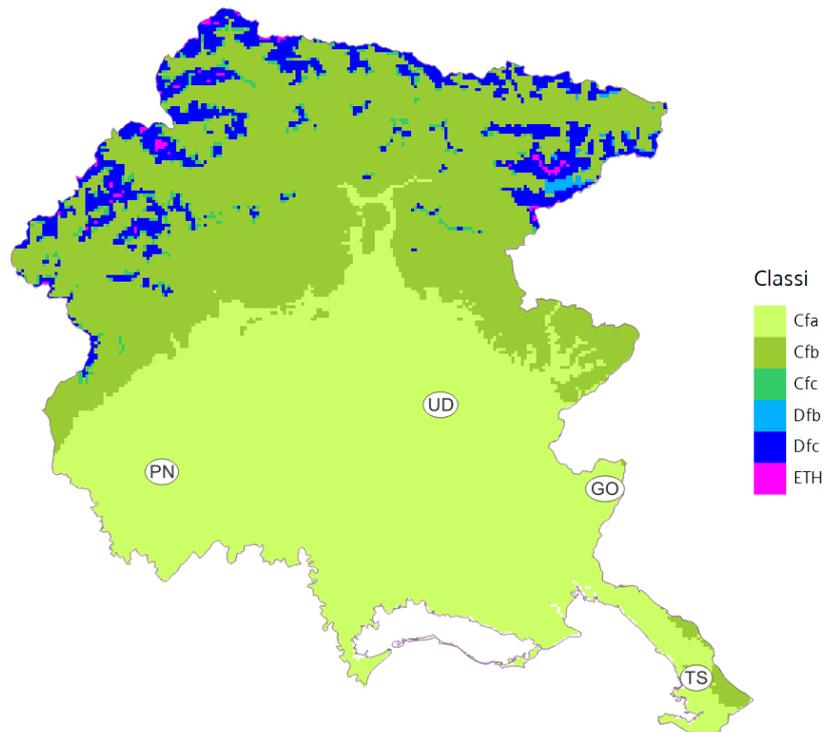


Figura 24: Classificazione di Köppen

La maggior parte della regione (circa 91.5%) risulta caratterizzata da climi mesotermi C (climi temperati delle medie latitudini), dove il mese più freddo ha una temperatura media inferiore a 18 °C ma superiore a -3 °C e dove, almeno in un mese, si ha una temperatura media superiore a 10 °C (Tabella 8). Le piogge risultano abbondanti in ogni mese dell'anno (sottoclimate umido f), per cui in funzione della temperatura estiva si distinguono i seguenti sottoclimi:

- **Cfa**: estate molto calda; il mese più caldo ha una temperatura media superiore a 22 °C;
- **Cfb**: estate calda; il mese più caldo ha una temperatura media inferiore a 22 °C ma si contano almeno 4 mesi con temperatura media al di sopra di 10 °C;
- **Cfc**: estate fresca e breve; meno di 4 mesi con temperatura media al di sopra di 10 °C.

Nelle zone di maggior quota della regione (8.1% della superficie regionale) sulle Alpi Giulie e Carniche, si incontrano i climi microtermi delle medie latitudini dove il mese più freddo ha una temperatura inferiore a -3 °C:

- **Dfb**: estate calda e almeno 4 mesi hanno una media superiore a 10 °C;
- **Dfc**: meno di quattro mesi con temperature superiori a 10 °C, ma comunque mai inferiori a -38 °C.

Sulle vette (0.4% della superficie regionale), dove la temperatura del mese più caldo è inferiore a 10 °C, si incontra il clima semi-nivale di montagna (**ETH**), in cui la temperatura del mese più caldo è compresa tra 0 e 10 °C.

Classe	%	Superficie (km ²)
Cfa	50.5	4009.8
Cfb	39.2	3109.9
Cfc	1.7	136.9
Dfb	0.3	21.2
Dfc	7.8	621.9
ETH	0.4	32.8

Tabella 8: Suddivisione del Friuli Venezia Giulia in classi di Köppen

4 - Indice di Pavari

La classificazione fitoclimatica del Pavari (Susmel, 1988) suddivide il territorio italiano in 5 zone, ciascuna associata al nome di una specie vegetale rappresentativa. Questa suddivisione si basa sull'analogia fra associazioni vegetali simili dislocate in aree geografiche diverse per altitudine e latitudine, ma che sono analoghe per i regimi termico e pluviometrico.

Ai fini del calcolo dell'indice, vengono utilizzate le temperature medie dell'anno, del mese più caldo (luglio), del mese più freddo (gennaio) e le medie dei minimi. Ogni zona si suddivide in più tipi e sottozone in base alla temperatura e, per alcune zone, alla piovosità, come mostrato in tabella (Tabella 9). Per il calcolo della siccità è stato utilizzato l'indice di Bagnouls e Gaussen, in cui viene considerato arido il mese in cui il valore medio della precipitazione piovosa totale (P) espressa in mm è minore rispetto al doppio del valore medio della temperatura (T) espressa in °C.

Zona fitoclimatica	Sottozona	Connotazione in funzione della piovosità	Temperatura media			
			Annua	Mese più freddo	Mese più caldo	Media dei minimi
Alpinetum			Anche minore di -2 °C	minore di -20 °C	maggiore di 10 °C	Anche minore di -40 °C
Picetum	Fredda		3-6 °C	Anche minore di -6 °C	maggiore di 15 °C	Anche minore di -30 °C
	Calda		3-6 °C	maggiore di -6 °C		maggiore di -30 °C
Fagetum	Fredda		6-12 °C	maggiore di -4 °C		maggiore di -25 °C
	Calda		7-12 °C	maggiore di -2 °C		maggiore di -20 °C
Castanetum	Fredda	Umida (piogge annue > 700 mm)	10-15 °C	maggiore di -1 °C		maggiore di -15 °C
		Secca (piogge annue < 700 mm)				
	Calda	con siccità estiva	10-15 °C	maggiore di 0 °C		maggiore di -12 °C
		senza siccità estiva				
Lauretum	Fredda	senza siccità estiva	12-17 °C	maggiore di 3 °C		maggiore di -9 °C
		con siccità estiva				
	Media	senza siccità estiva	14-18 °C	maggiore di 5 °C		maggiore di -7 °C
		con siccità estiva				
	Calda	senza siccità estiva	15-23 °C	maggiore di 7 °C		maggiore di -4 °C
		con siccità estiva				

Tabella 9: Descrizione dei criteri dell'indice di Pavari

Secondo questa scala, nel Friuli Venezia Giulia si incontrano tutti e 5 i fitoclimi proposti da Pavari: dal Lauretum della costa fino all'Alpinetum in alcune zone montane; in nessun caso si incontrano sottozone con siccità estiva (Figura 25).

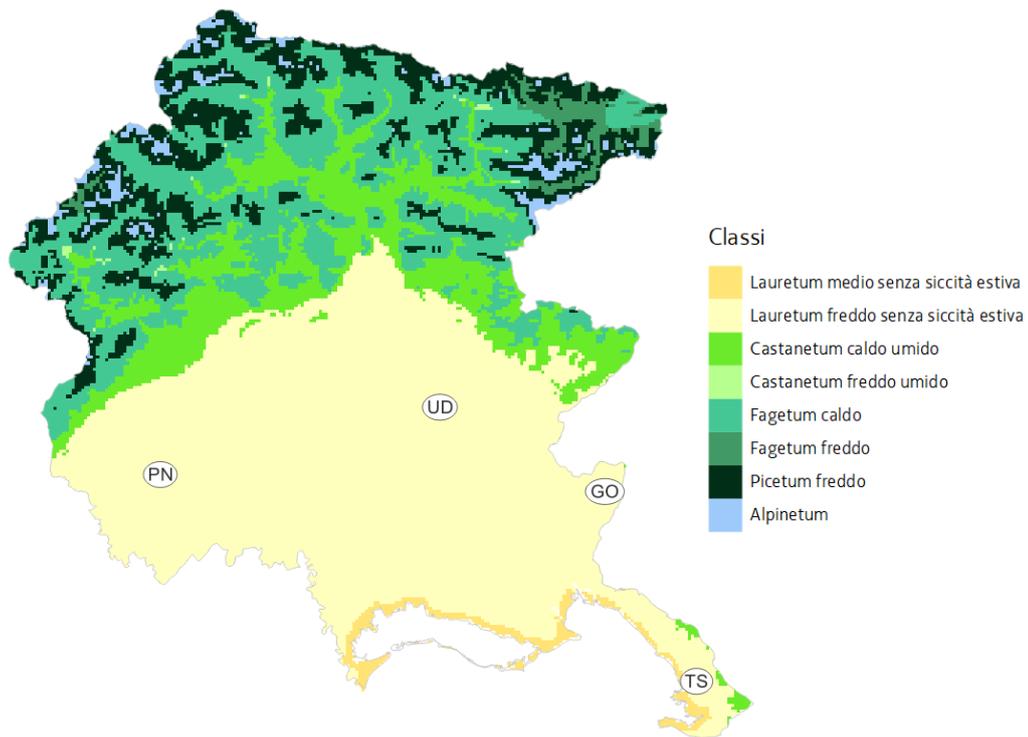


Figura 25: Indice di Pavari

La classe più popolata risulta essere il Lauretum freddo senza siccità estiva, che caratterizza in buona sostanza tutta la pianura (Figura 25 e Tabella 10).

Classe	%	Superficie (km ²)
Lauretum sottozona media senza siccità estiva	2.0	156.6
Lauretum sottozona fredda senza siccità estiva	47.4	3759.0
Castanetum caldo umido	13.2	1047.5
Castanetum freddo umido	0.2	12.2
Fagetum caldo	21.3	1687.9
Fagetum freddo	1.6	127.9
Picetum freddo	12.0	955.3
Alpinetum	2.3	186.1

Tabella 10: Suddivisione del Friuli Venezia Giulia in classi di Pavari

5 - Indice di Pavari-Lang

Da studi di tipo statistico, viene proposta una corrispondenza tra il pluviofattore di Lang (L) e l'indice di Pavari (Susmel, 1988). L'indice pluviofattore di Lang è definito come rapporto tra la precipitazione media P annua (mm) e la temperatura media annua T (°C):

$$L = \frac{P}{T}$$

Valori bassi di questo indice sono caratteristici di terreni con accumulo di sostanza organica indecomposta al suolo e formazione di humus. L'indice di Pavari è stato esposto nel paragrafo precedente e la sua correlazione con il pluviofattore di Lang proposta è la seguente:

Indice di LANG	Indice di PAVARI
L > 190	Picetum
135 - 190	Fagetum
90 - 135	Castanetum
60 - 90	Lauretum
40 - 60	nessun accumulo di humus
< 40	arido

Tabella 11: Correlazione tra indice di Lang e indice di Pavari

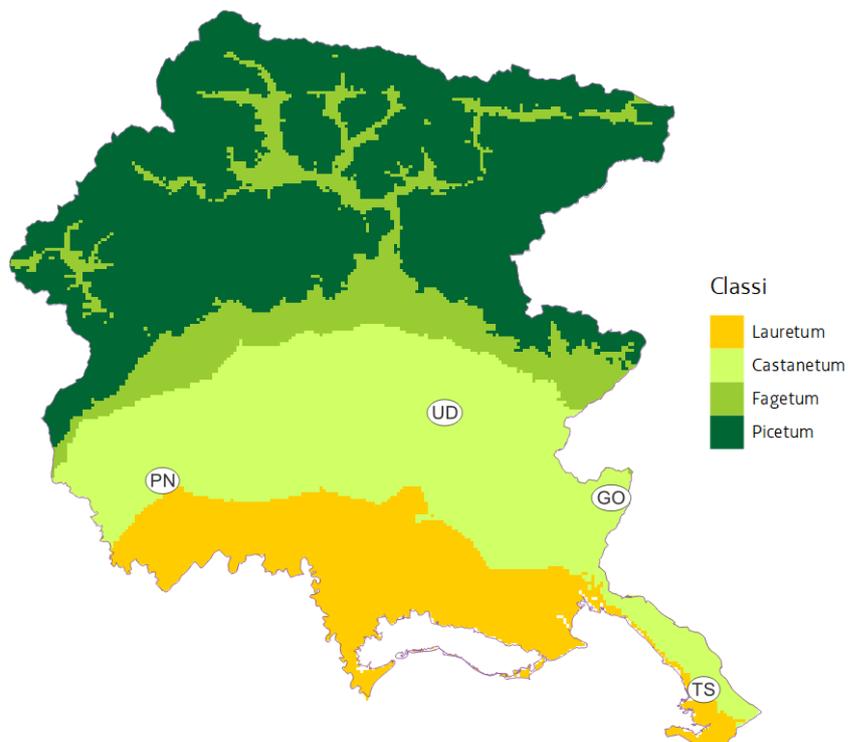


Figura 26: Indice di Lang-Pavari

Secondo questa scala, nel Friuli Venezia Giulia sono assenti le aree senza accumulo di humus (Figura 26). Dalla costa verso il nord si incontrano prima il fitoclima Lauretum delle zone meno piovose di costa e bassa pianura e poi, con l'aumentare della pioggia verso nord, i fitoclimi Castanetum e Fagetum (29.2% e 13.1% rispettivamente, Tabella 11). Con il diminuire della temperatura e l'aumentare della quota, incontriamo il fitoclima Picetum, la classe maggiormente presente in regione con 41.7% di superficie (Tabella 12).

Classe	%	Superficie (km ²)
Lauretum	16.0	3311.0
Castanetum	29.2	1038.7
Fagetum	13.1	2313.9
Picetum	41.7	1268.8

Tabella 12: Suddivisione del Friuli Venezia Giulia in classi dell'indice di Lang-Pavari

6 - Indice di De Martonne

L'indice di aridità di De Martonne, nato a fini agronomici per descrivere la necessità dell'irrigazione, è calcolato attraverso la seguente espressione:

$$Ia = \frac{P}{T + 10}$$

dove P è la precipitazione media annua in mm e T è la temperatura media annua in °C.

In base al risultato di tale espressione, le aree vengono classificate come segue:

Clima	Irrigazione	Indice di aridità (Ia)
Perumido	Autosufficienza idrica	>60
Umido	Occasionale	30-60
Subumido	Opportuna	20-30
Semiario (di tipo mediterraneo)	Necessaria	15-20
Steppico (arido)	Continua	5-15
Desertico (arido estremo)	Indispensabile	<5

Tabella 13: Descrizione delle classi dell'indice di aridità di De Martonne

In Figura 27 è mostrata la distribuzione delle classi su scala regionale. In Tabella 14 è riportata la suddivisione del territorio regionale in classi secondo l'indice di De Martonne.

Siccome l'indice di De Martonne è essenzialmente di tipo climatico, esso non tiene conto della natura dei terreni e quindi le indicazioni che fornisce devono essere integrate con le conoscenze pedologiche del territorio. In condizioni pedologiche particolari, infatti, questa classificazione risulta del tutto inadeguata: per esempio, in gran parte dei suoli sciolti dell'alta e media pianura friulana, l'indice risulta superiore a 60 (autosufficienza idrica) ma l'irrigazione è una pratica agronomica estiva consueta e necessaria.

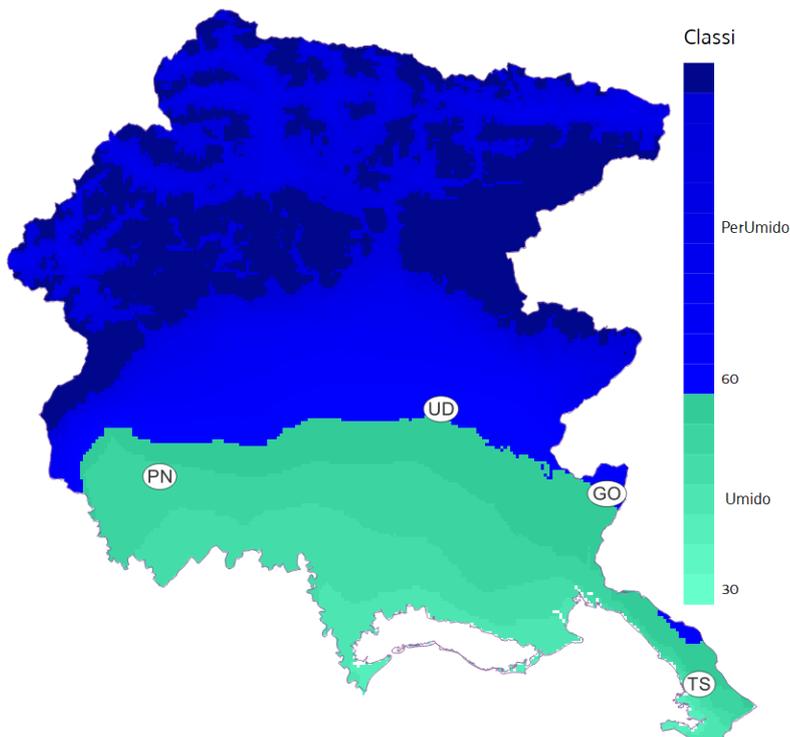


Figura 27: Indice di De Martonne

Classe	%	Superficie (km ²)
PerUmido	68,5	5430.1
Umido	31,5	2502.4

Tabella 14: Suddivisione del Friuli Venezia Giulia in classi dell'indice di De Martonne

7 - Bilancio Idroclimatico

Il bilancio idroclimatico (BIC) viene calcolato come differenza tra le precipitazioni (P) e l'evapotraspirazione di riferimento (ET0) espresse in millimetri (mm).

$$BIC = P - ET0$$

L'evapotraspirazione è il fenomeno per il quale l'acqua, in forma di vapore, passa dal suolo all'atmosfera direttamente (evaporazione) e attraverso le piante (traspirazione). L'entità del fenomeno dipende da fattori meteorologici (temperatura, umidità, vento e radiazione), pedologici (potenziale idrico dell'acqua del terreno) e colturali (LAI, caratteristiche stomatiche, ecc).

I fattori colturali sono normalizzati con la scelta di una coltura di riferimento (prato di *Festuca arundinacea*) appartenente alla famiglia delle Graminacee, uniformemente ricoprente un terreno, in condizioni ottimali d'umidità e regolarmente sfalcato ad un'altezza di 8-15 cm: così l'evapotraspirazione diventa una grandezza influenzata esclusivamente da fattori meteorologici. In queste condizioni, l'evapotraspirazione si definisce come evapotraspirazione di riferimento (ET0) e rappresenta la domanda evapotraspirativa dell'atmosfera. Nella presente elaborazione l'ET0 è stata calcolata con la formulazione proposta da Hargreaves che richiede la sola conoscenza delle temperature giornaliere.

Il risultato del bilancio idroclimatico può evidenziare sia valori positivi che negativi:

- i valori **positivi** quantificano la quota d'acqua derivante delle precipitazioni che, al netto dell'evapotraspirazione, è rimasta sul terreno per poi andare incontro ad altri fenomeni quali il ruscellamento, oppure l'infiltrazione;
- i valori **negativi** indicano la prevalenza dell'evapotraspirazione sulle piogge, con conseguente deficit idrico (deficit pluviometrico).

In maniera analoga all'indice di De Martonne ([Paragrafo 6](#)), il bilancio idroclimatico non tiene conto delle situazioni edafiche (i.e. delle caratteristiche dei terreni), perciò non è immediatamente indicativo della reale situazione idrica del suolo. Infatti, la capacità di ritenzione idrica del suolo può sopperire alla carenza di piogge oppure, come in molte zone della media in pianura friulana, suoli particolarmente sciolti e superficiali possono presentare situazioni di siccità anche in assenza di deficit pluviometrico.

Dall'analisi delle mappe annue (Figura 28) si nota come nel Friuli Venezia Giulia in media le piogge prevalgono sull'evapotraspirazione sulla maggior parte del territorio. In generale, infatti, la maggior parte della regione presenta una situazione annua in cui le piogge superano l'evapotraspirazione.

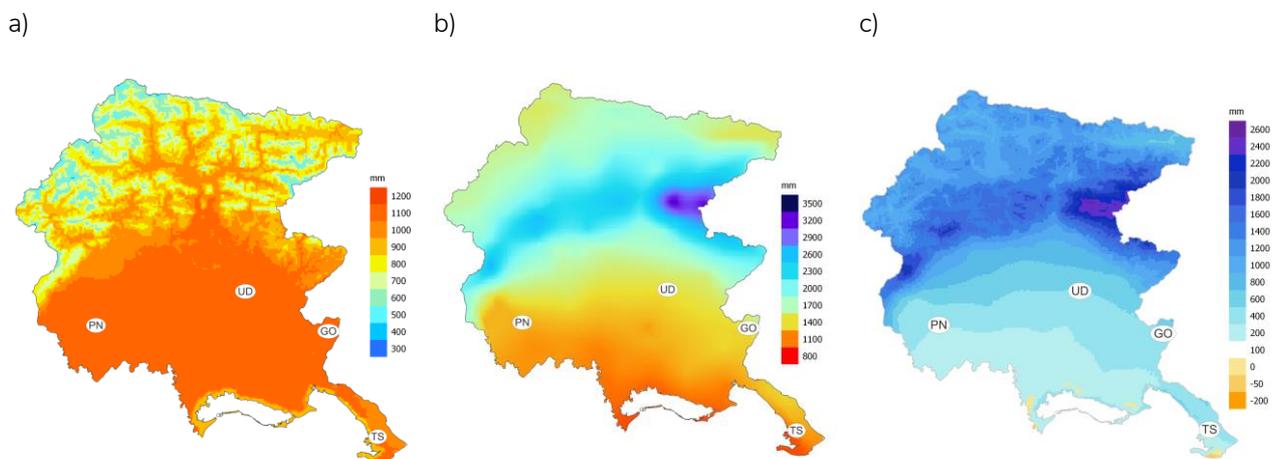


Figura 28: Evapotraspirazione media annuale, piogge medie annuali e BIC annuale, periodo 1991-2020

Le aree dove mediamente l'evapotraspirazione è maggiore sono quelle della pianura e di parte del Carso.

Partendo dalla costa fino alle montagne, si ha un progressivo aumento della prevalenza delle piogge sull'evapotraspirazione. L'area dove la piovosità media annua e il surplus idrico risultano essere maggiori è la zona di Musi, mentre l'area della bassa pianura è soggetta a minori piogge e maggiore evapotraspirazione, perciò si dimostra caratterizzata da valori di BIC inferiori. In generale, comunque, il bilancio medio annuo è orientato verso valori positivi praticamente su tutta la regione.

In maniera analoga a quanto proposto per i valori medi annuali, nelle Figura 29 (inverno), Figura 30 (primavera), Figura 31 (estate), e Figura 32 (autunno) vengono riportate la situazione media stagionale dell'evapotraspirazione media, della pioggia media e del BIC per il periodo di riferimento 1991-2020. Si può notare come, rispetto alla situazione media annua, le situazioni stagionali differiscano anche in maniera molto evidente per tutti e tre gli indici.

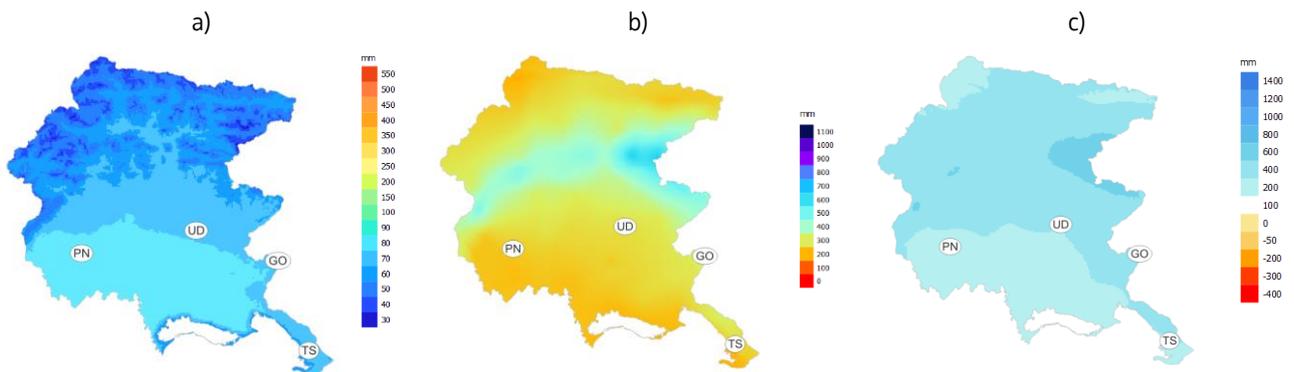


Figura 29: Evapotraspirazione media invernale, piogge medie invernali e BIC invernale, periodo 1991-2020

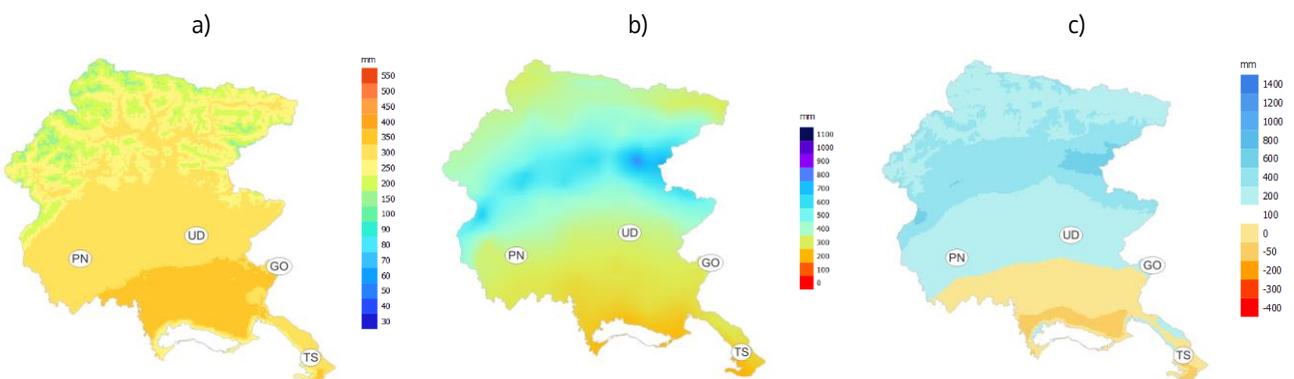


Figura 30: Evapotraspirazione media primaverile, piogge medie primaverili e BIC primaverile, periodo 1991-2020

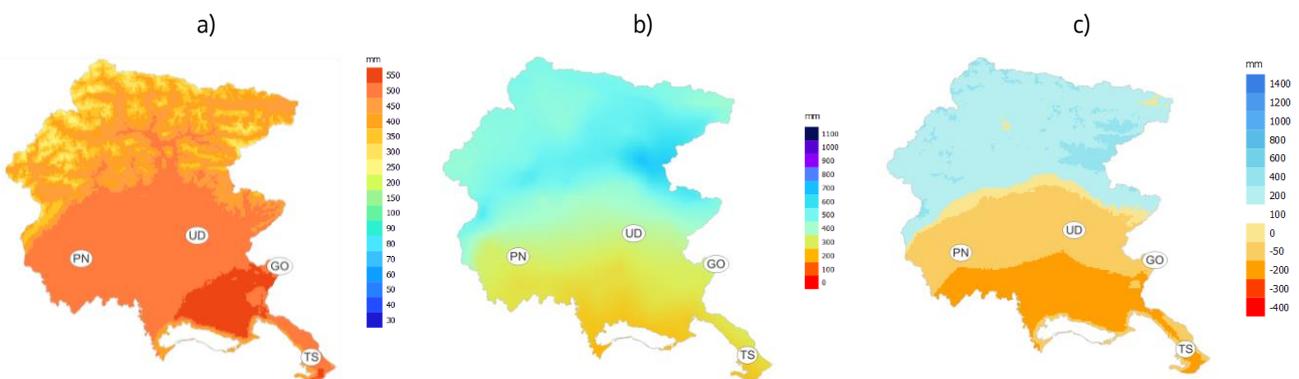


Figura 31: Evapotraspirazione media estiva, piogge medie estive e BIC estivo, periodo 1991-2020

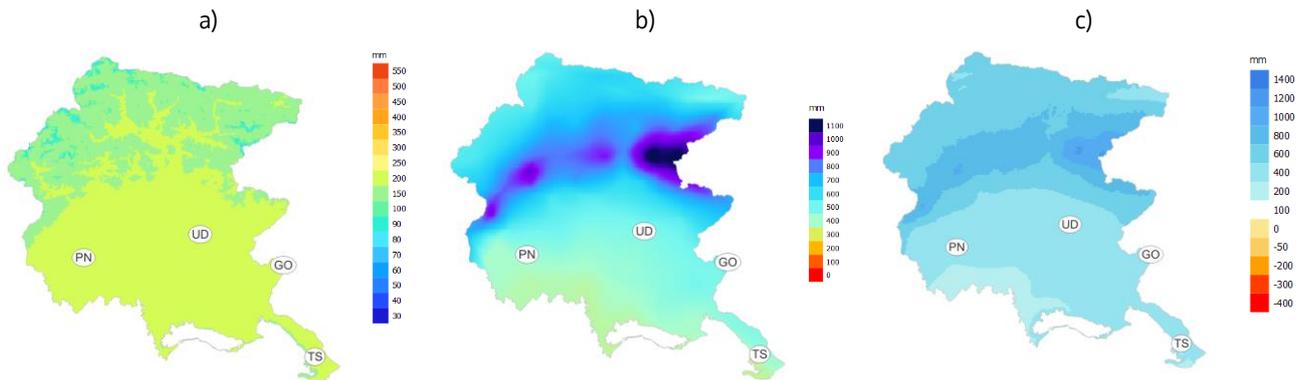


Figura 32: Evapotraspirazione media autunnale, piogge medie autunnale e BIC autunnale, periodo 1991-2020

Nel periodo di riferimento, si nota come ci sia una certa differenza sia tra i BIC delle singole stagioni sia tra le diverse zone della regione. In particolare, la pianura e la costa sono le aree che nel corso della primavera e dell'estate mostrano maggior deficit pluviometrico, mentre le zone alpine e prealpine, in media, non mostrano deficit pluviometrico. L'autunno è la stagione che appare avere maggiore surplus idrico di tutto l'anno, grazie alla combinazione delle piogge elevate e del moderato deficit idrico.

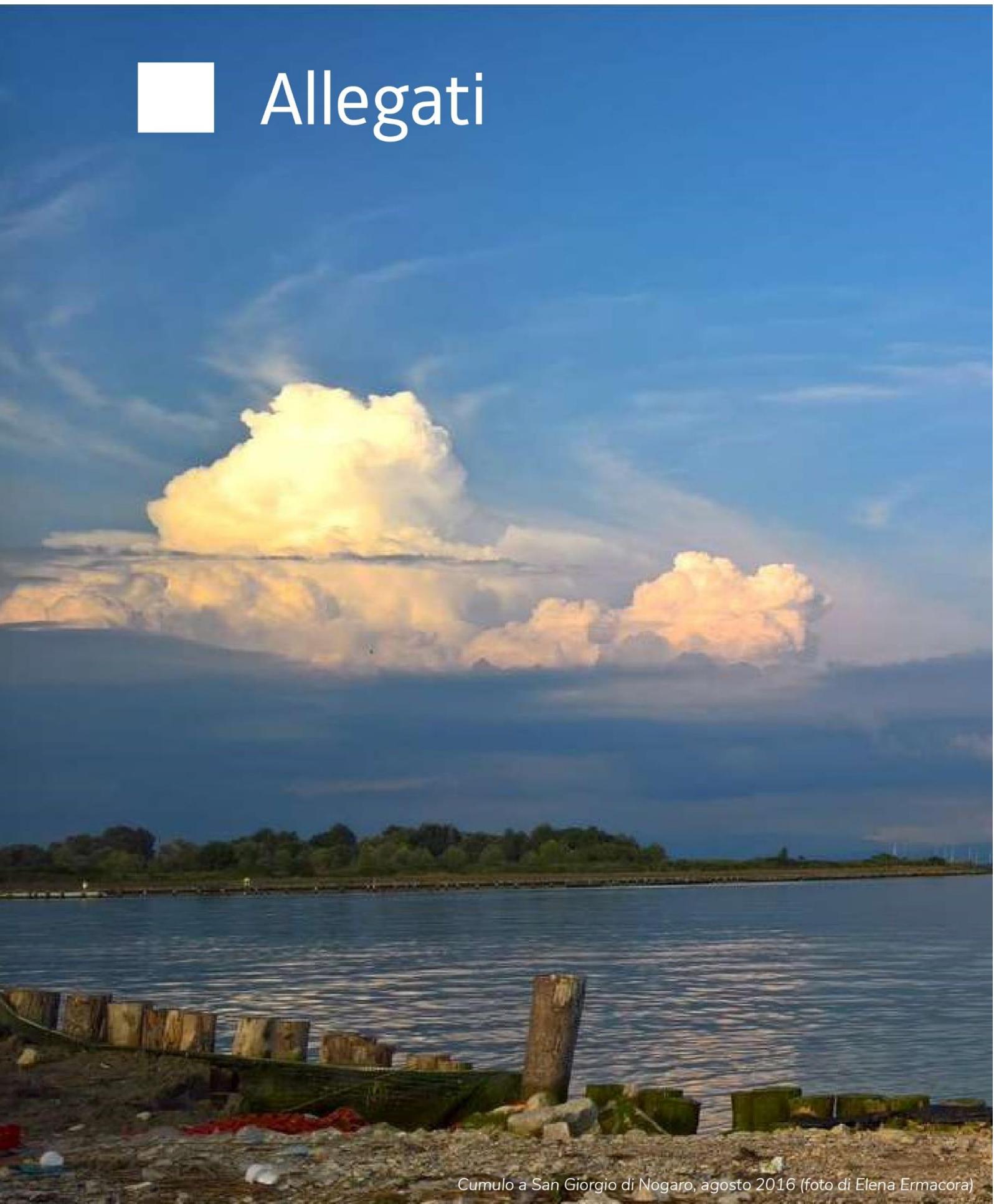
La piovosità stagionale registra in media un picco in inverno, quando piove di meno, e uno in autunno, quando piove di più. Il BIC, essendo influenzato anche dalla temperatura, non segue di pari passo questo andamento: infatti, mentre il surplus idrico, come già accennato, è al massimo in autunno in tutta la regione, esso risulta avere il picco minimo nella stagione estiva, quando si ha un generale deficit pluviometrico in tutta la pianura e sul Carso Triestino causato dagli elevati valori che raggiunge l'evapotraspirazione. In inverno, tutta la regione è caratterizzata da un moderato surplus idrico, mentre in primavera questo si ha solo in montagna, mentre la bassa pianura e parte del Carso Triestino sono soggette a un moderato deficit pluviometrico.

È possibile scaricare i raster degli indici bioclimatici dalla sezione Clima/mappe climatiche (raster) del sito www.meteo.fvg.it.

Bibliografia e sitografia

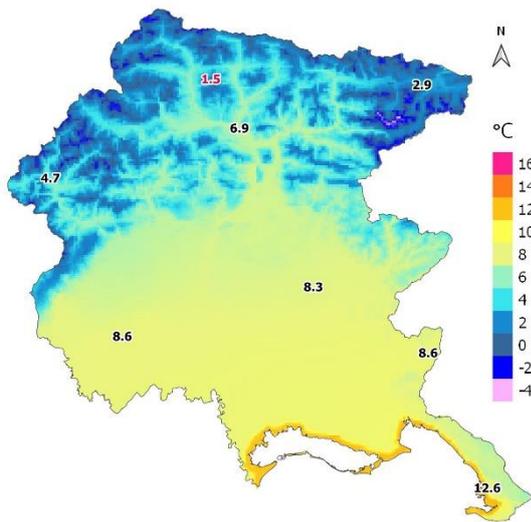
- A cura di Giuseppe Michelutti, "Suoli e vigneti. Vocazione viticola della zona a D.O.C. "Friuli Grave" Provincia di Udine", 2005, ERSA – Agenzia regionale per lo sviluppo rurale, ISBN 88-89402-07-05
- Allen R.G., Pereira L.S., Raes D., Smith M., "Crop evapotranspiration - Guidelines for computing crop water requirements.", FAO Irrigation and drainage paper 56, FAO - Food and Agriculture Organization of the United Nations, Roma, 1998.
- Canu S., Rosati L., Fiori M., Motroni A., Filigheddu R., Farris E "Bioclimate map of Sardinia (Italy)", 2015, Journal of Maps (Taylor and Francis eds.), Volume 11, Issue 5, pagine 711-718. - DOI: 10.1080/17445647.2014.988187
- Cicogna, A., Manzato, A., Atti del XV convegno AIAM, 101-102, 2012, Italian Journal of Agrometeorology, ISBN 978-88-555-3175-7
- Hargreaves G.H., Samani Z.A, 1982, "Estimating potential evapotranspiration". J. Irrig. Drain. Div., 108 (3), 225–230.
- Manzato A., Serafin S., Miglietta M. M., Kirshbaum D., Schulza W., "A Pan-Alpine Climatology of Lightning and Convective Initiation", 2022, Monthly Weather Review, Volume 150, Issue 9, pagine 2213-2230, Journal of applied meteorology and climatology, DOI: 10.1175/MWR-D-21-0149.1
- Manzato A., Cicogna A., Centore M., Battistutta P., Trevisan M., "Hailstone Characteristics in Northeast Italy from 29 Years of Hailpad Data", 2022, Journal of Applied Meteorology and Climatology, Volume 61, pp. 1773-1789, DOI: 10.1175/JAMC-D-21-0251.1
- Marinelli O., Bragato G., Costantini G., De Gasperi G. B., Feruglio G., Gortani M., Luicht P. S., Lorenzi A., Musoni F., Trinco G., "Guida delle Prealpi Giulie – Distretti di Gemona, Tarcento, S. Daniele, Cividale e S. Pietro con Cormons, Gorizia e la valle dell'Isonzo", 1912, Udine, Società Alpina Friulana
- Osservatorio Meteorologico Regionale SOC OSMER e GRN, 2020, "Il clima del Friuli Venezia Giulia" edizione 2014 (revisione grafica 2020)
- Peel M. C., Finlayson B. L., and McMahon T. A., 2007, "Updated world map of the Köppen-Geiger climate classification", Hydrology and Earth System Sciences, Volume 11, pagine 1633–1644,
- Pruppacher Hans R. and James D. Klett "Microphysics of Clouds and Precipitation", 2005. Kluwer Academic Pub; Revised, Subsequent edizione (14 marzo 2005), 954 pagine.
- Rivas-Martínez S., Rivas Sáenz S., Penas A., 2011, "Worldwide bioclimatic classification system", Global Geobotany, Volume 1, pagine 1-634 + 4 mappe
- Rivas-Martínez R., 2004, "Global Bioclimatics (Clasificación Bioclimática de la Tierra)", Phytosociological Research Center, J.M. Usandizaga, 46. E-28409 Los Negrales, Madrid. Departamento de Biología Vegetal II (Botánica). Facultad de Farmacia, Universidad Complutense. E-28040 Madrid.
- Soden B. J., Wetherald R. T., Stenchikov G. L., Robock A., "Global Cooling After the Eruption of Mount Pinatubo: A Test of Climate Feedback by Water Vapor", 2002, Science 296, 727-730, DOI: 10.1126/science.296.5568.727
- Stefanuto L., Micheletti S., Nordio S., "Neve e Valanghe – Meteorologia alpina, Glaciologia, Prevenzione e Sicurezza in montagna", n. 37 - settembre 1999, pp. 6-17, rivista dell'A.I.NE.VA.
- Susmel L., 1988, "Principi di ecologia: fattori ecologici, ecosistemica, applicazioni", CLEUP
- https://www.arcgis.com/home/webmap/viewer.html?url=https%3A%2F%2Fwebgis.arpa.piemonte.it%2Fags%2Frest%2Fservices%2Ftopografia_dati_di_base%2FSOIUSA%2FMapServer&source=sd; consultato il 20/07/2023 alle 12:54
- <https://public.wmo.int/en/about-us/frequently-asked-questions/climate>; consultato il 05/05/2023 alle 09:46
- <https://www.facebook.com/100064833812691/posts/pfbid0XjHKemZsdYGpogU9rMdvWsnKeLALY9zi1jJgNJJQCJn8EauHBOqTdzW5Aq4PQs6FI/> consultato il 27/07/2023 alle 9:28
- <https://www.rainews.it/tgr/fvg/video/2023/07/il-meteorologo-doppia-supercella-la-causa-delle-grandinate-eccezionali--1540e781-d5e1-4397-97e2-ba71ace61690.html> consultato il 26/07/2023 alle 13:5

■ Allegati

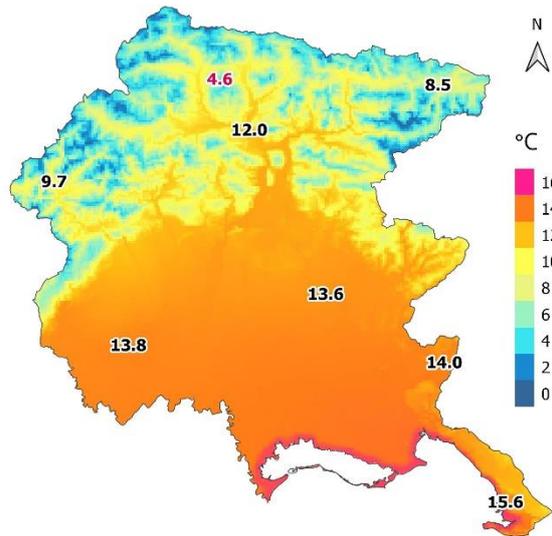


Allegato A – Mappe annuali 1991-2020

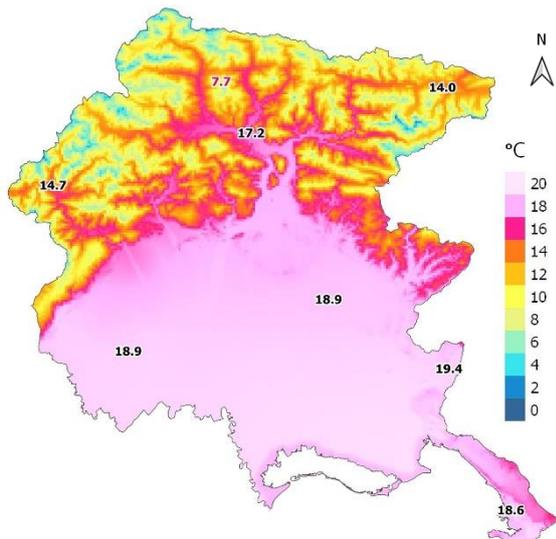
Temperatura minima



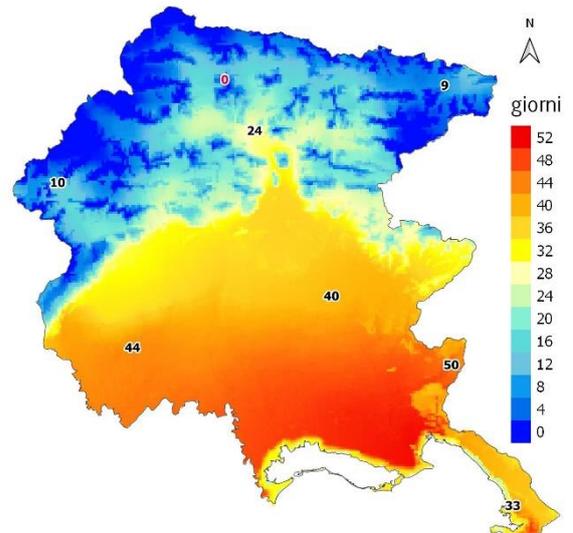
Temperatura media



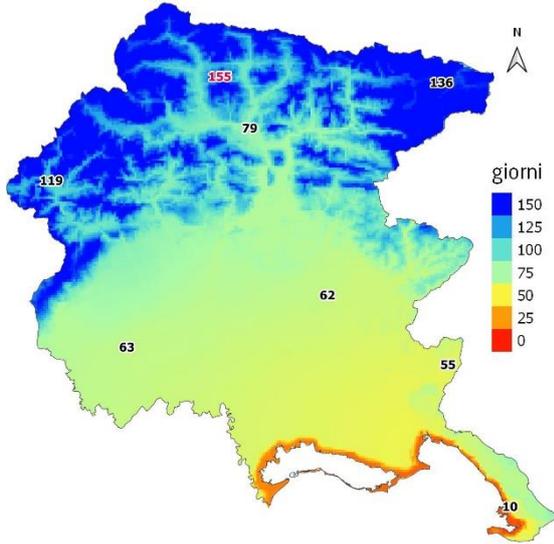
Temperatura massima



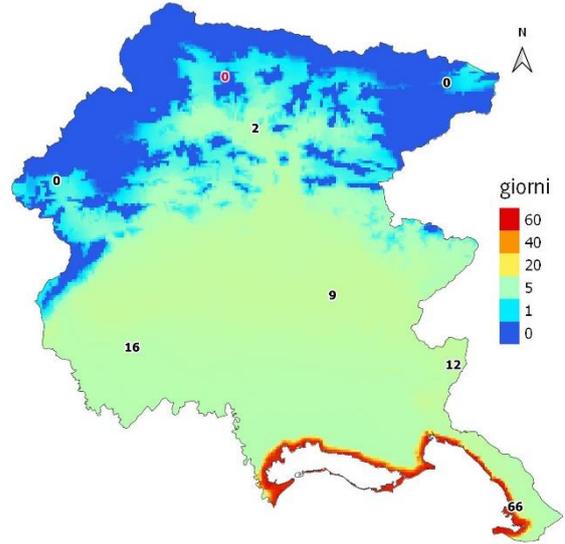
Giorni di caldo



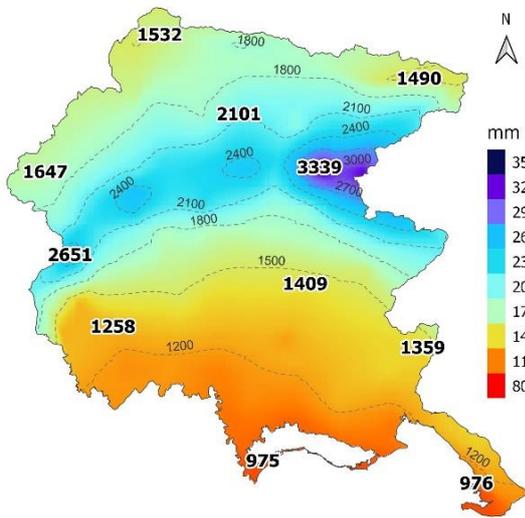
Giorni di gelo



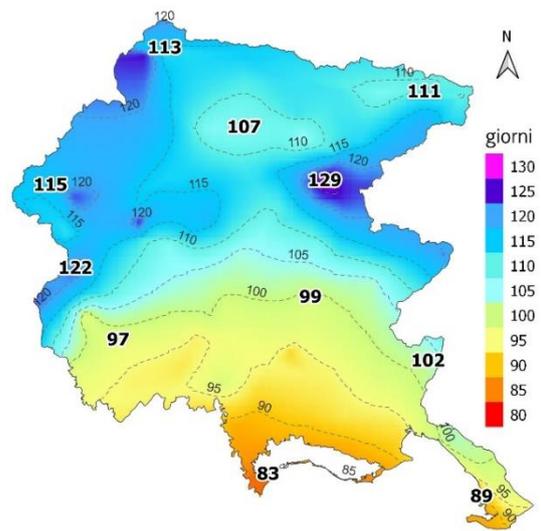
Notti tropicali



Pioggia

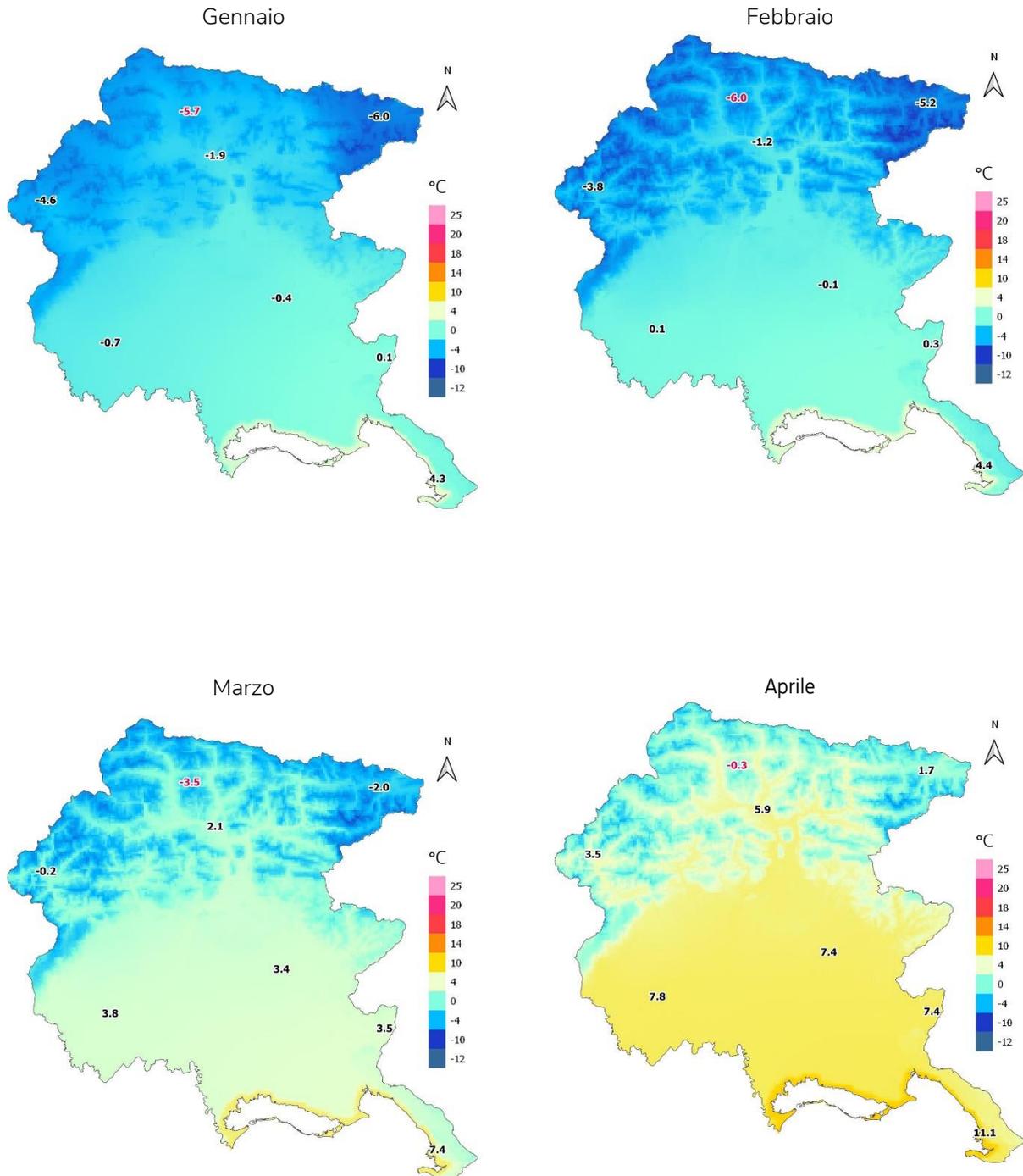


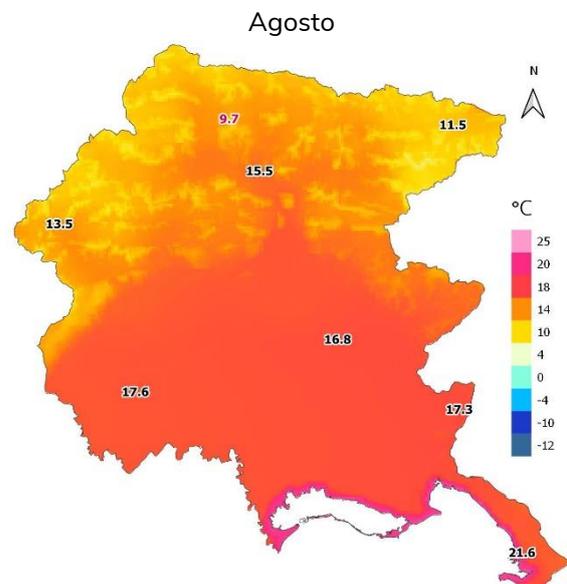
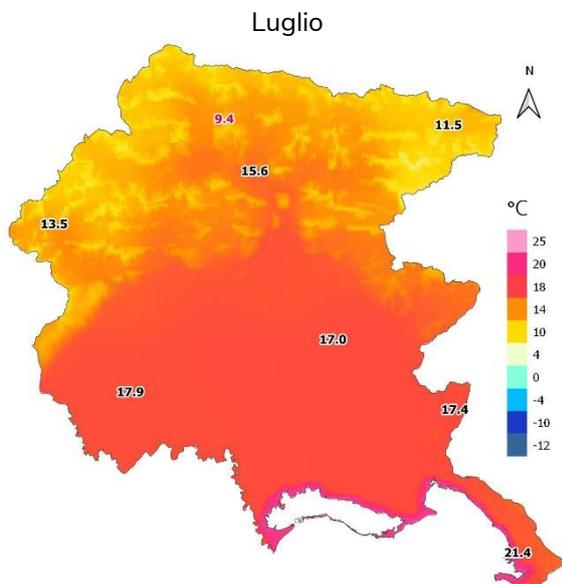
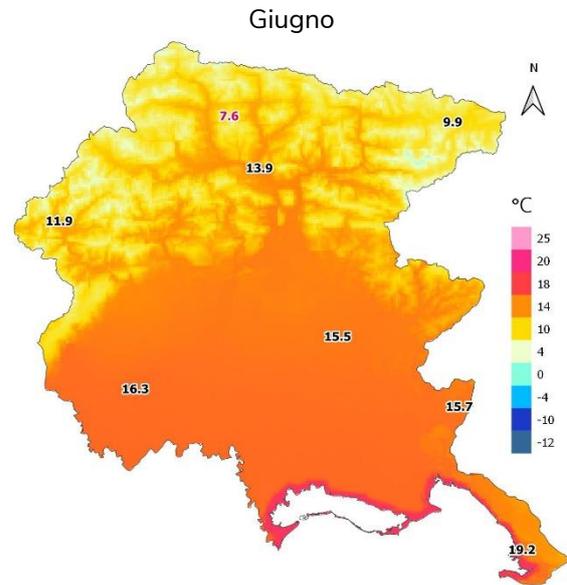
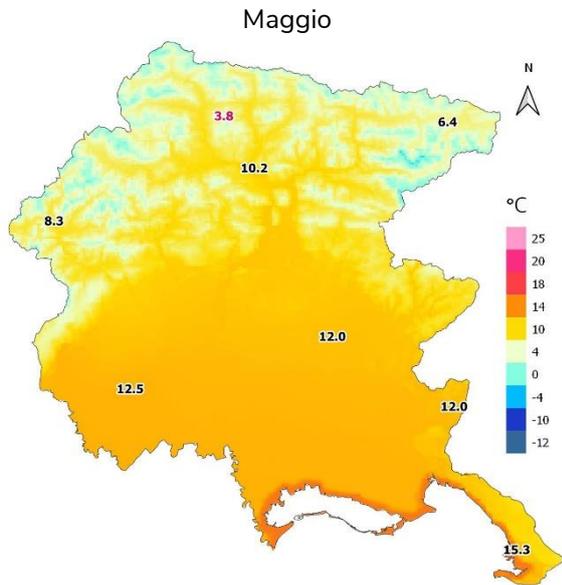
Giorni pioggia

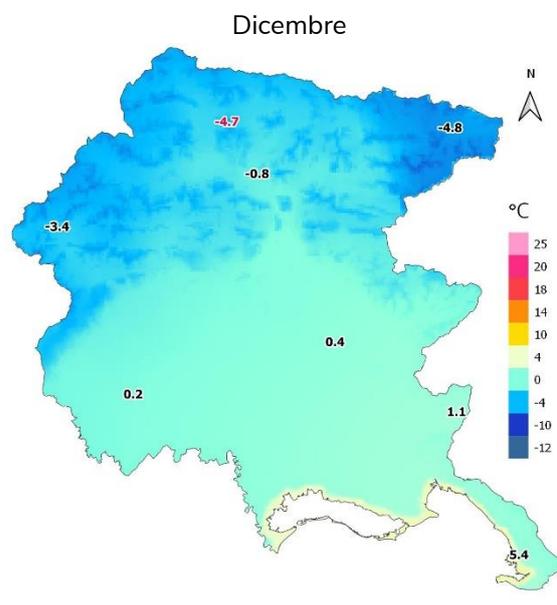
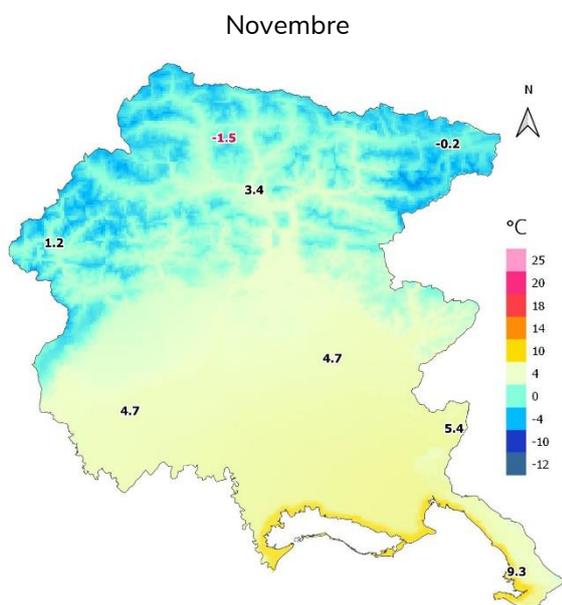
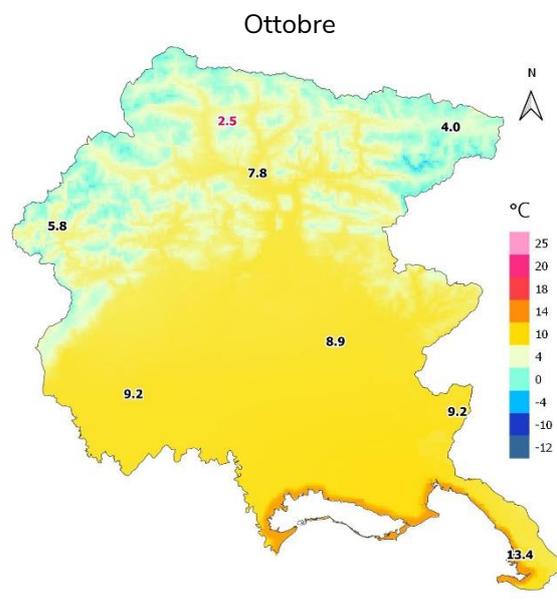
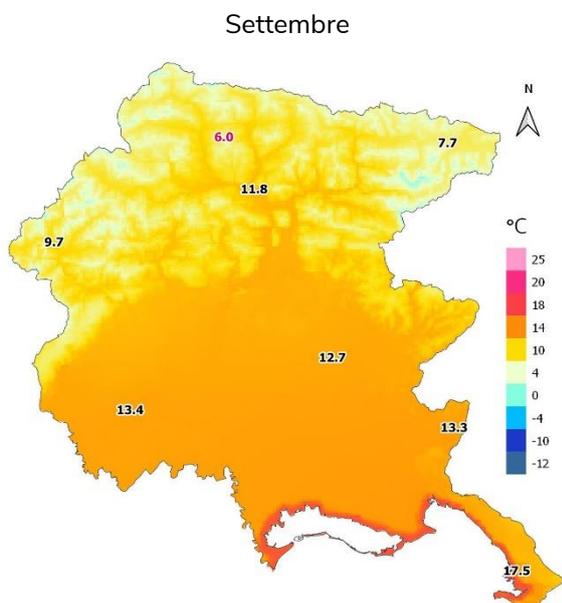


È inoltre possibile scaricare i relativi raster dalla sezione Clima/mappe climatiche (raster) del sito www.meteo.fvg.it.

Allegato B – Temperature medie minime mensili 1991-2020



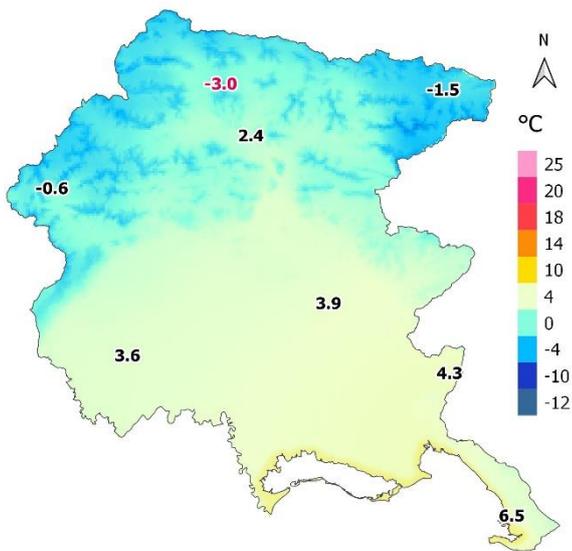




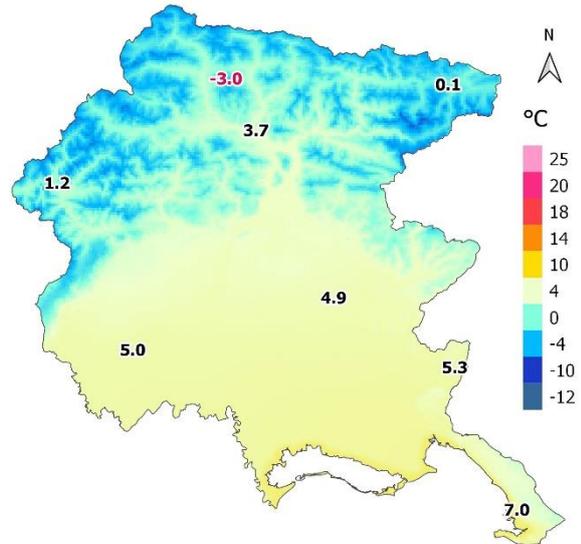
È inoltre possibile scaricare i relativi raster dalla sezione Clima/mappe climatiche (raster) del sito www.meteo.fvg.it.

Allegato C – Temperature medie mensili 1991-2020

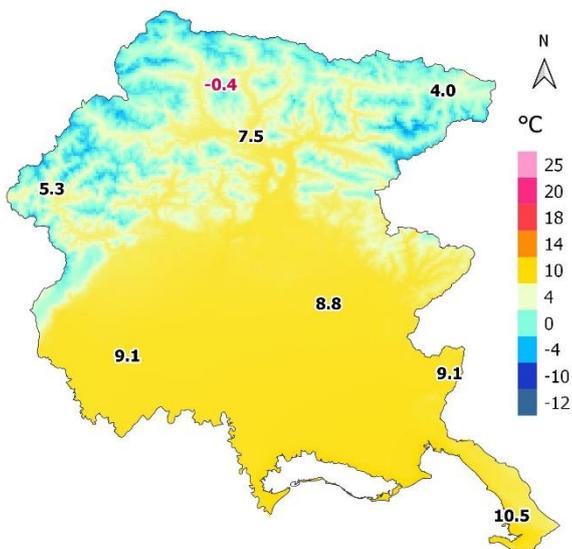
Gennaio



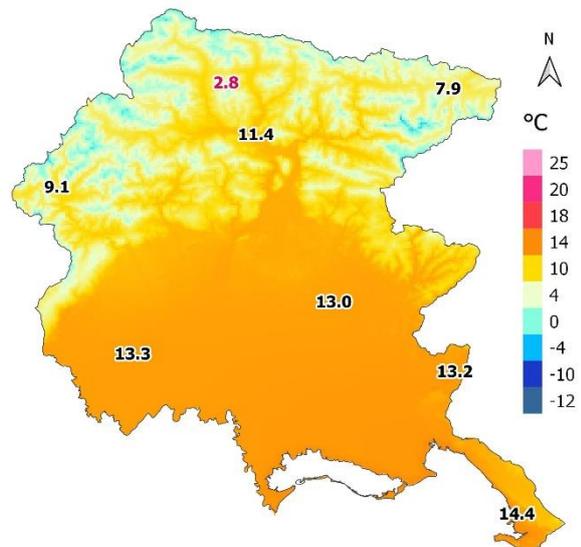
Febbraio



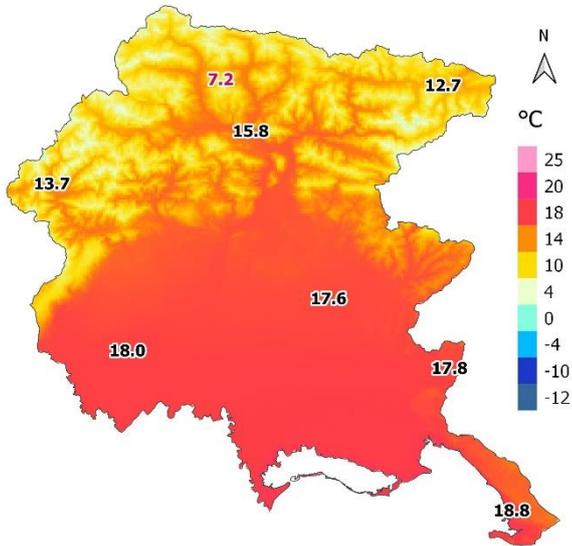
Marzo



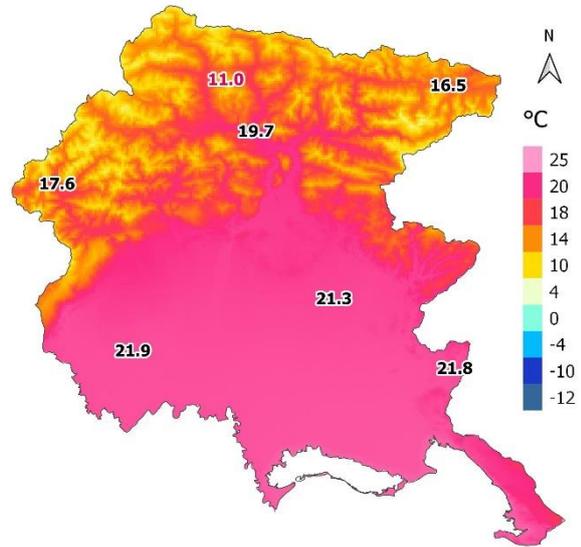
Aprile



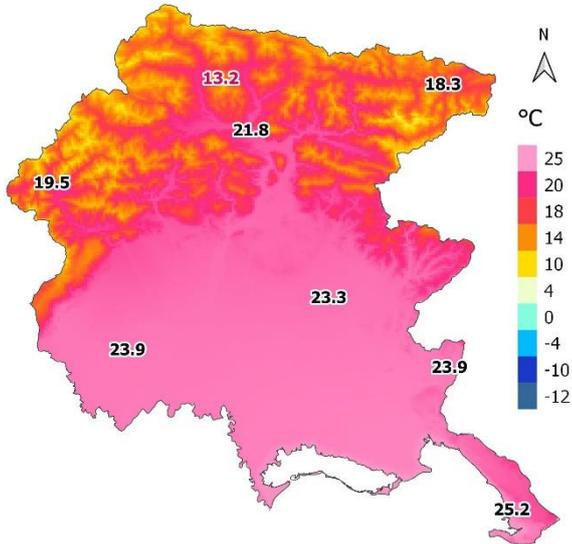
Maggio



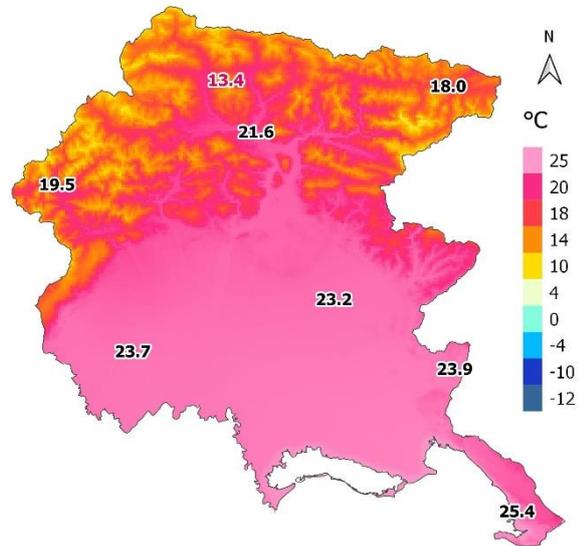
Giugno

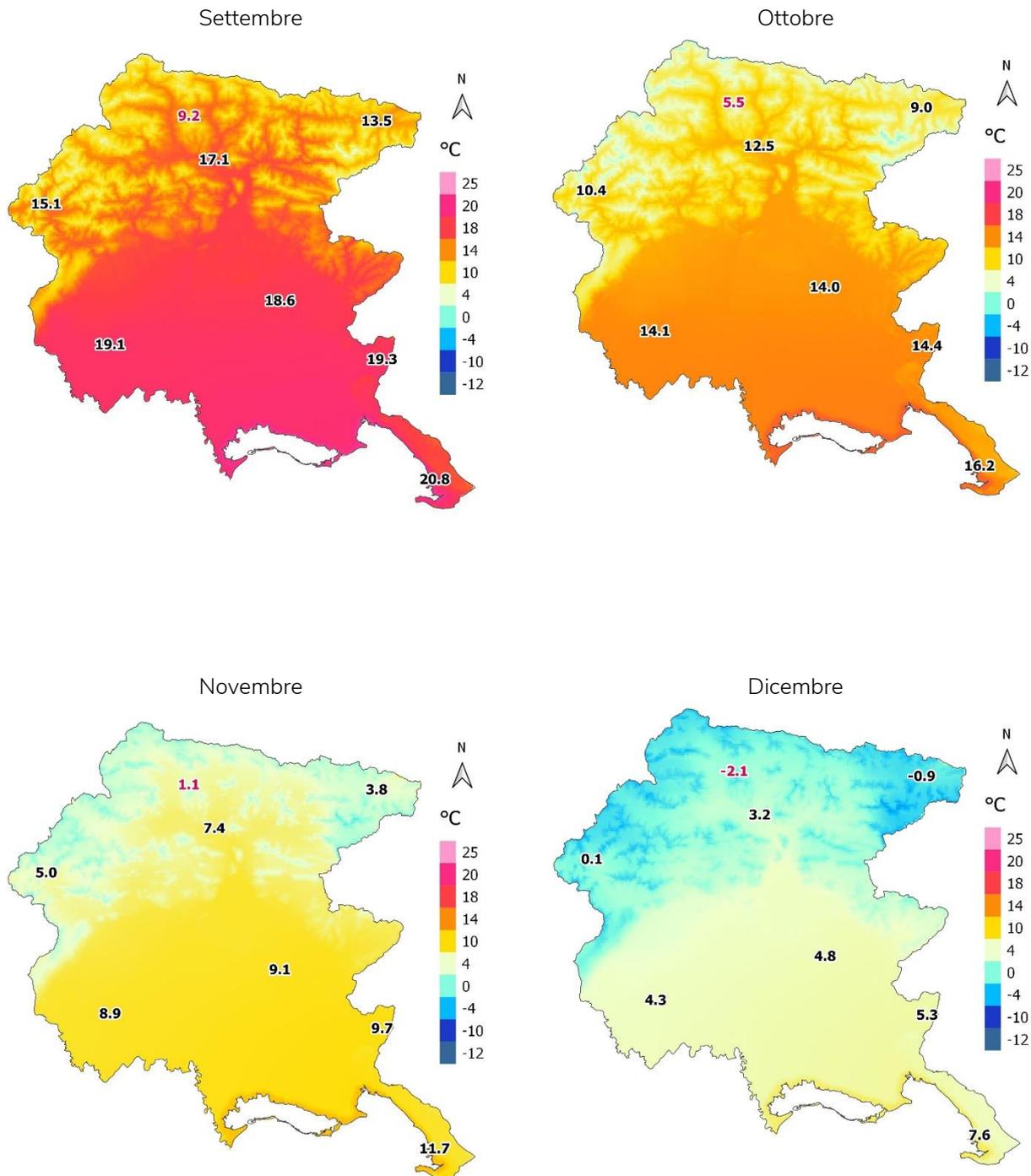


Luglio



Agosto

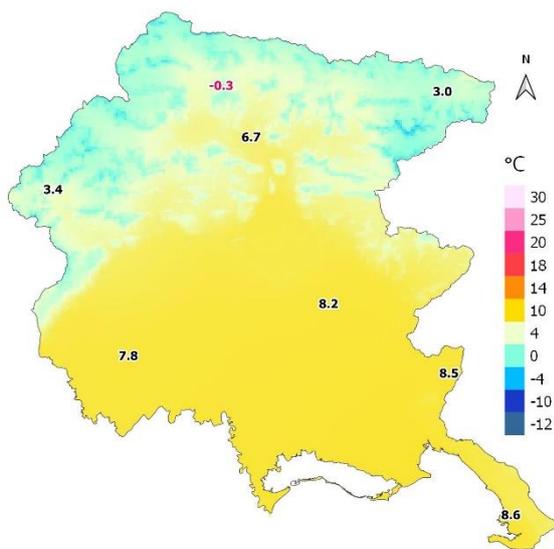




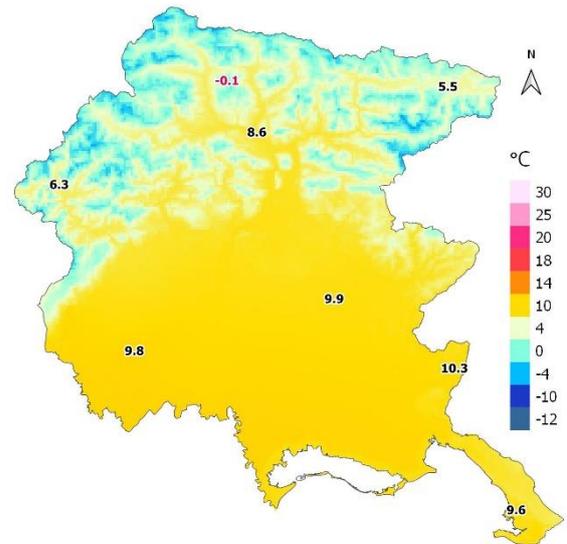
È inoltre possibile scaricare i relativi raster dalla sezione Clima/mappe climatiche (raster) del sito www.meteo.fvg.it.

Allegato D – Temperature medie massime mensili 1991-2020

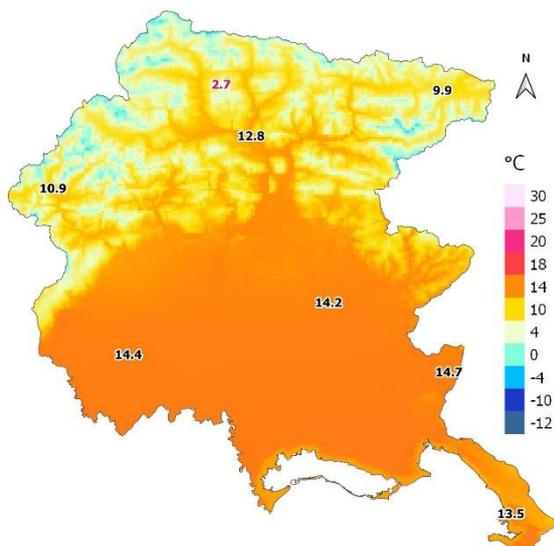
Gennaio



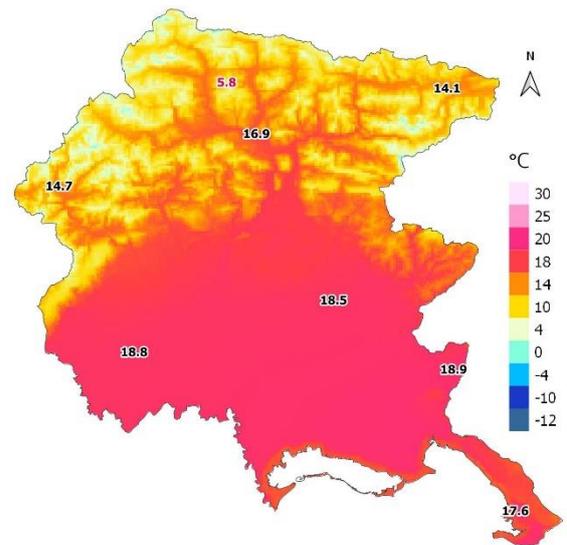
Febbraio



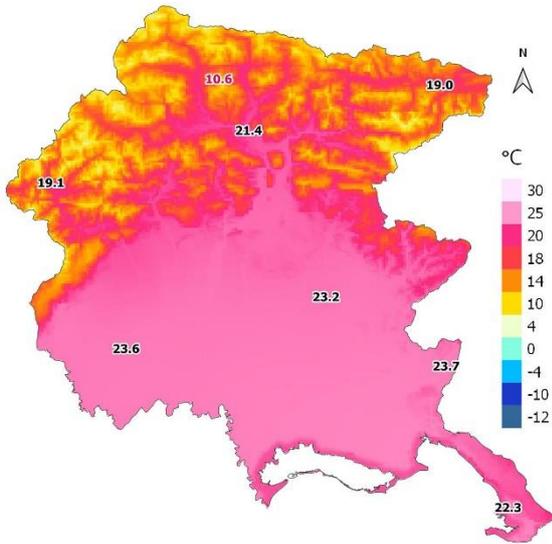
Marzo



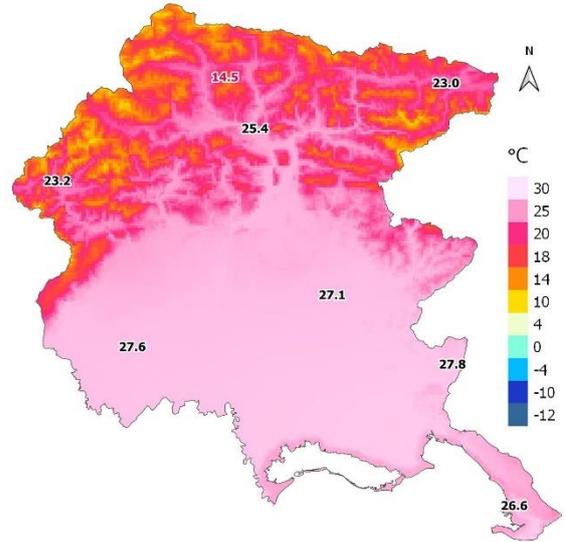
Aprile



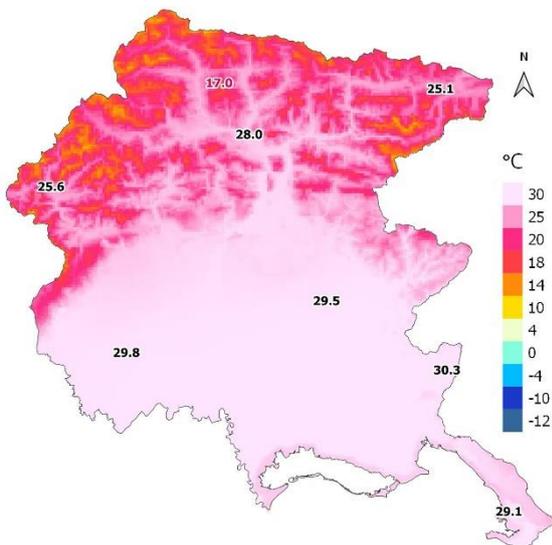
Maggio



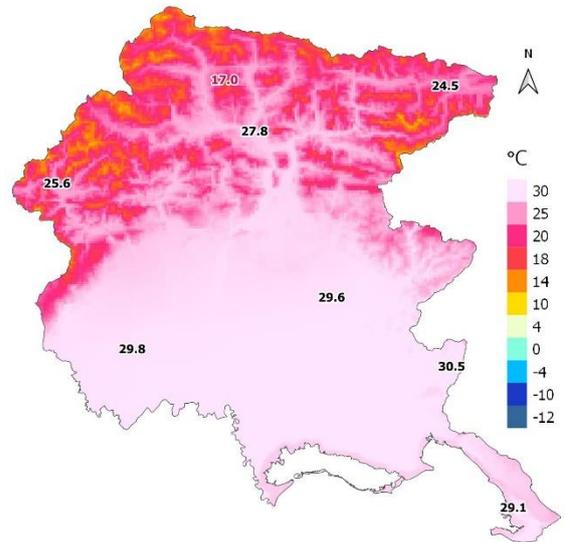
Giugno



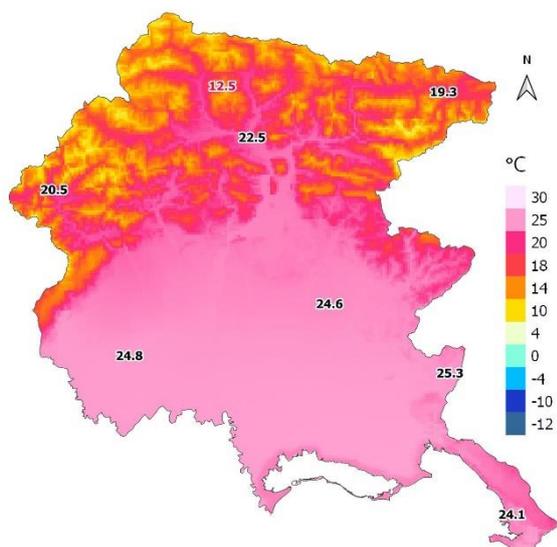
Luglio



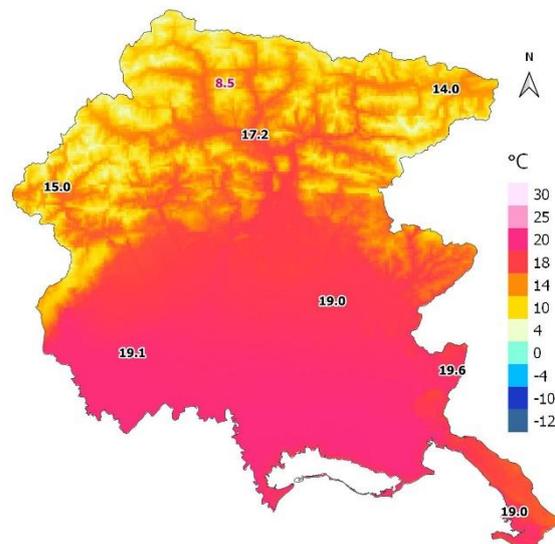
Agosto



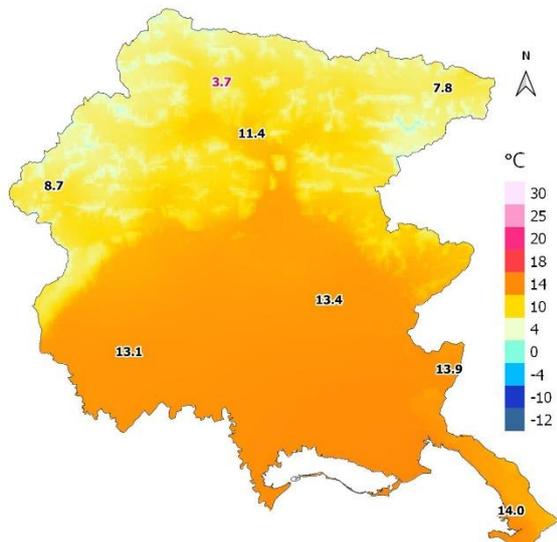
Settembre



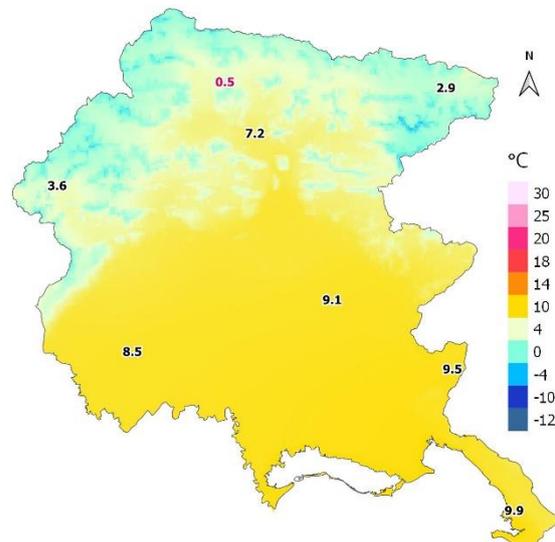
Ottobre



Novembre

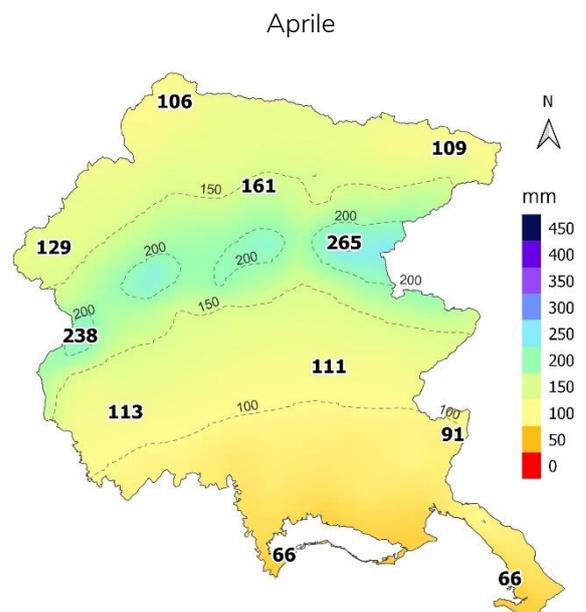
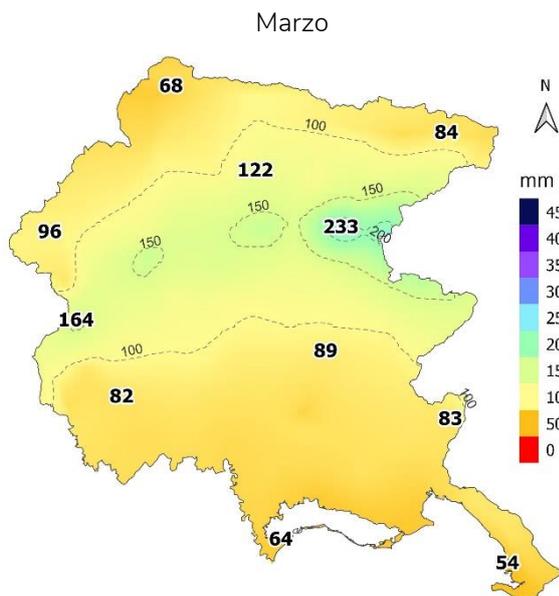
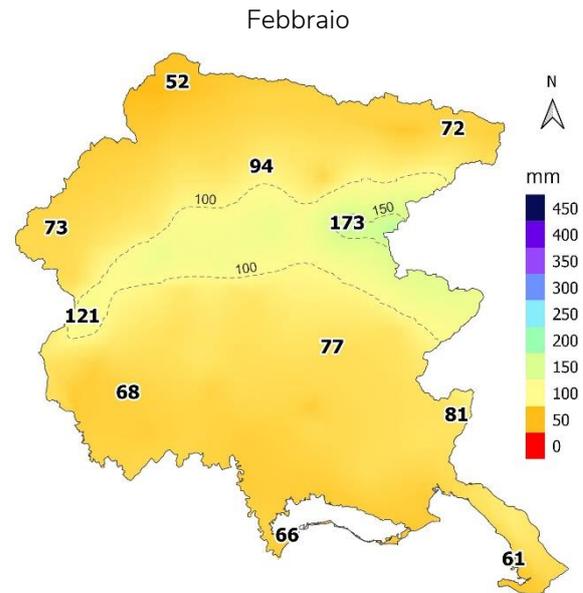
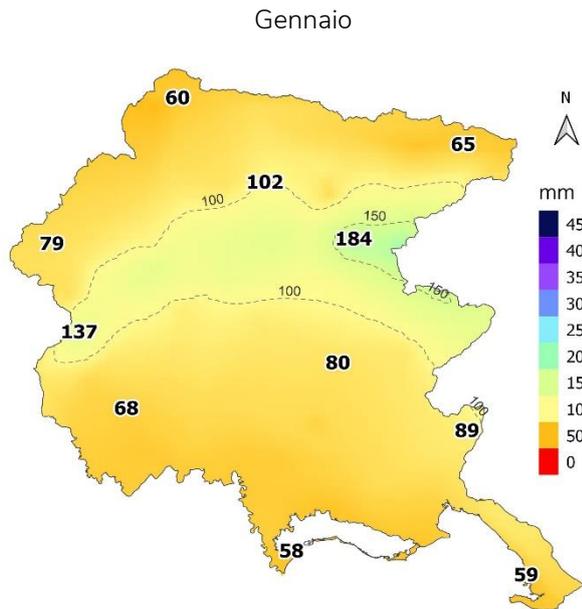


Dicembre

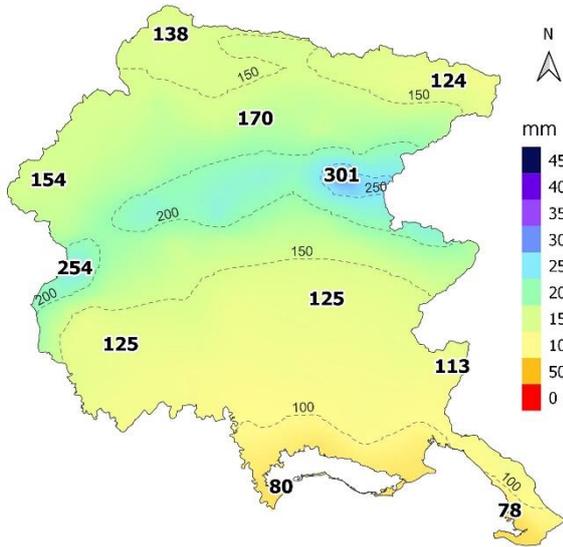


È inoltre possibile scaricare i relativi raster dalla sezione Clima/mappe climatiche (raster) del sito www.meteo.fvg.it.

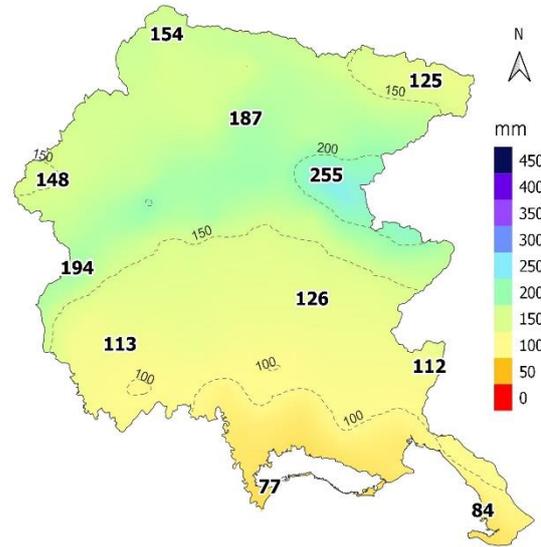
Allegato E – Piogge medie mensili 1991-2020



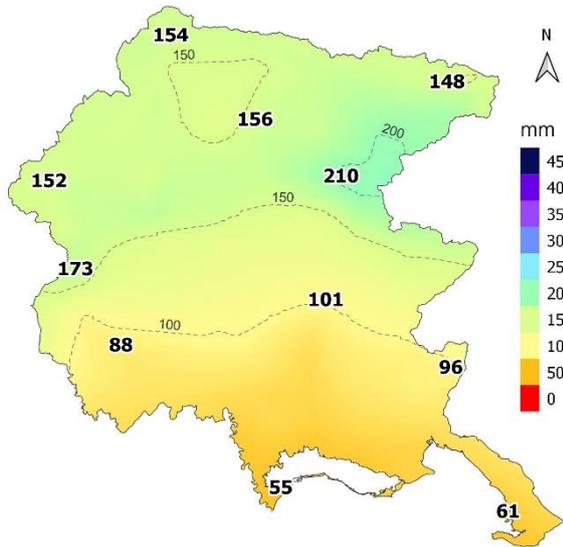
Maggio



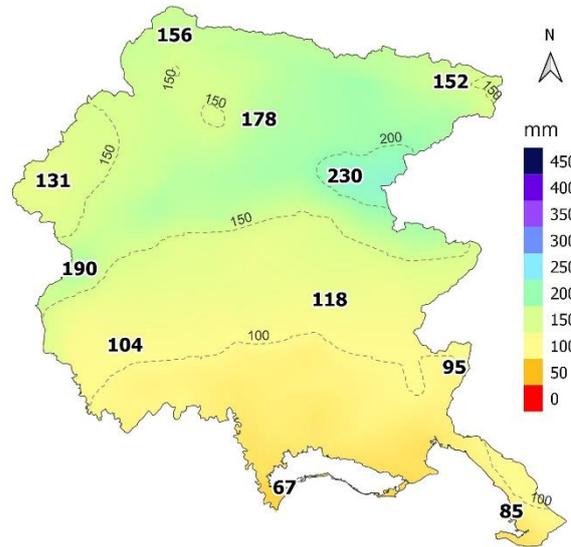
Giugno

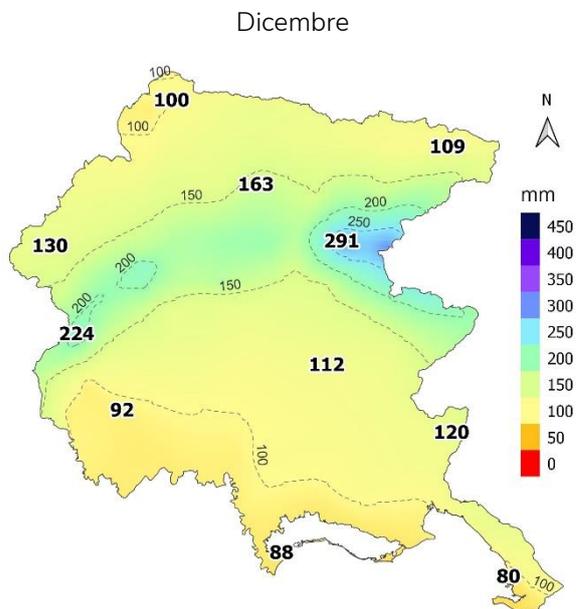
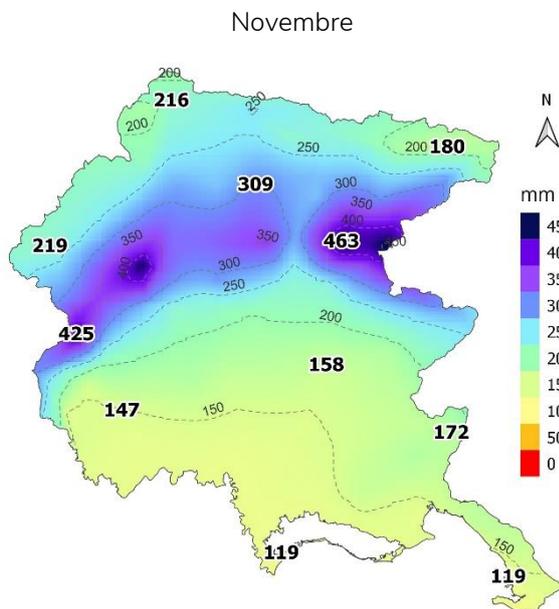
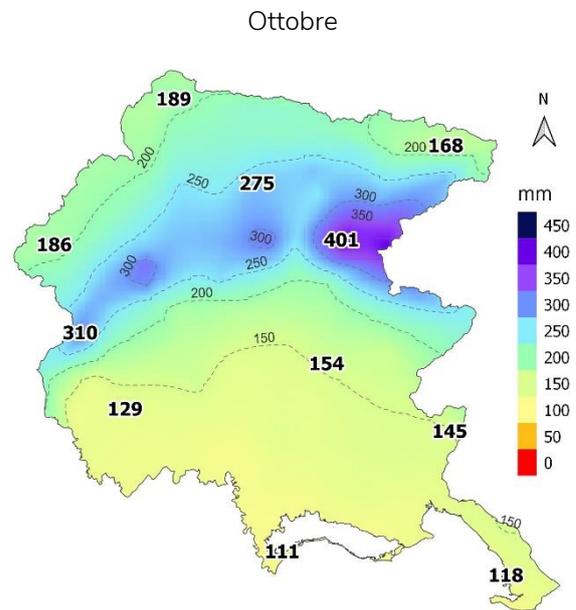
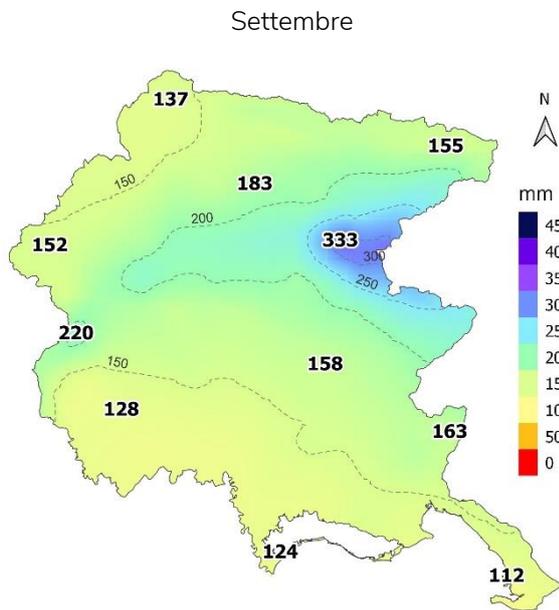


Luglio



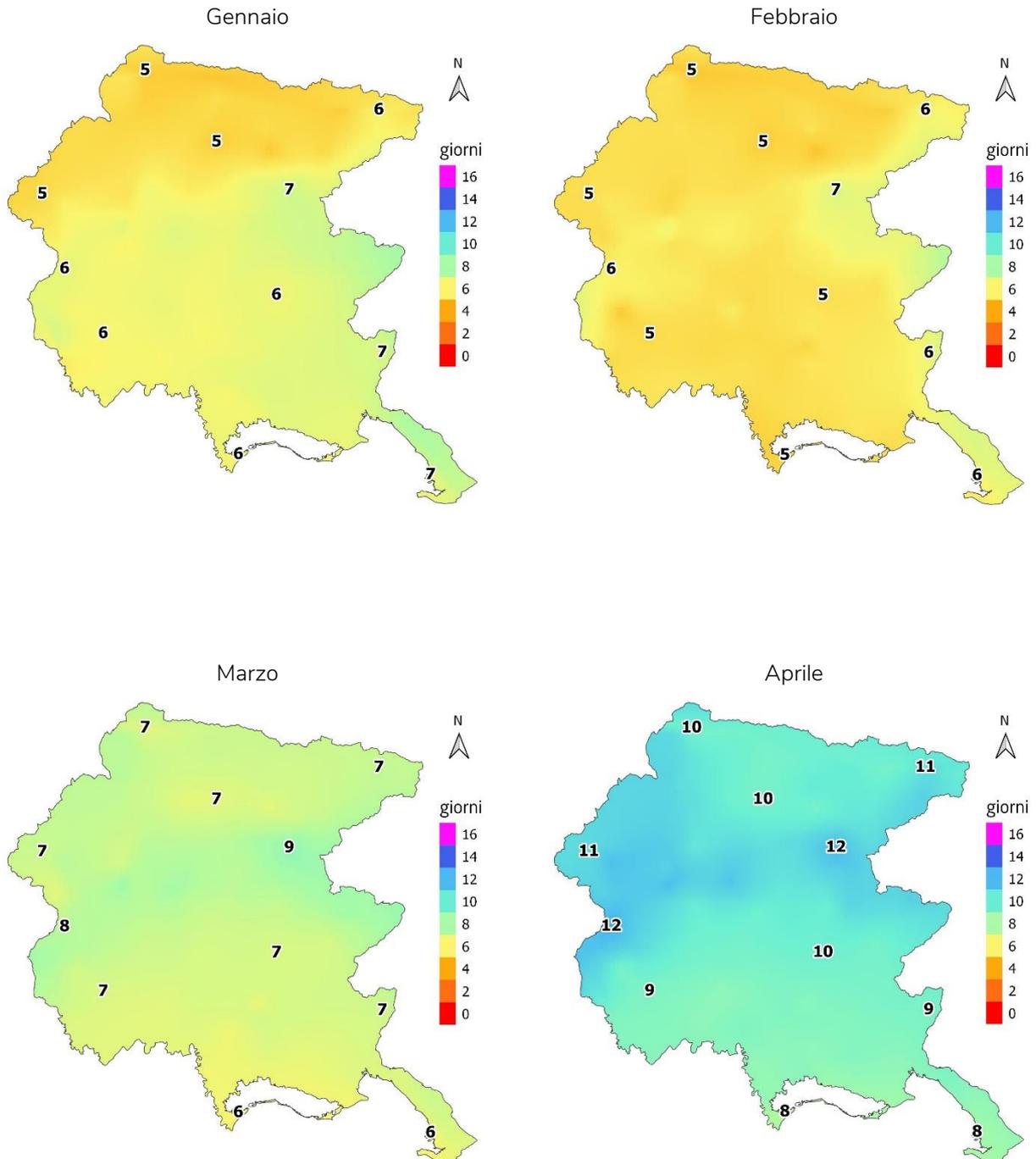
Agosto



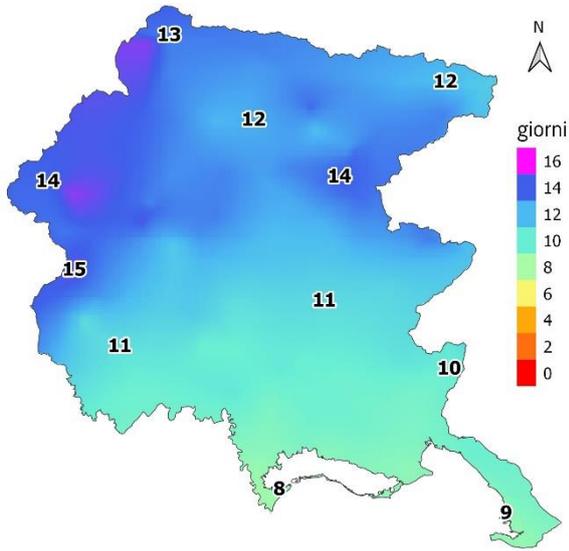


È inoltre possibile scaricare i relativi raster dalla sezione Clima/mappe climatiche (raster) del sito www.meteo.fvg.it.

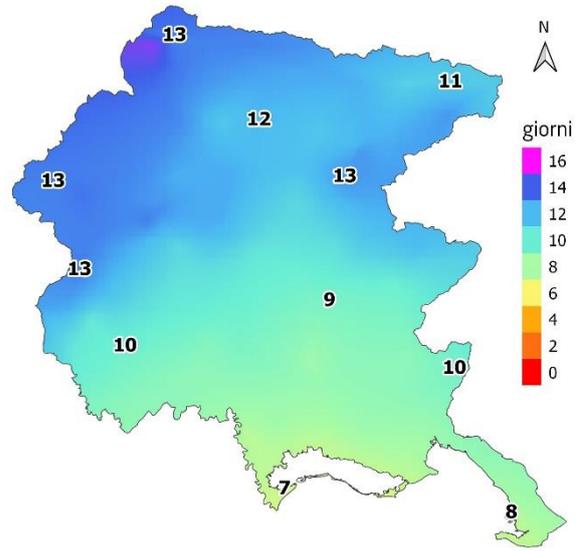
Allegato F – Giorni medi di pioggia mensili 1991-2020



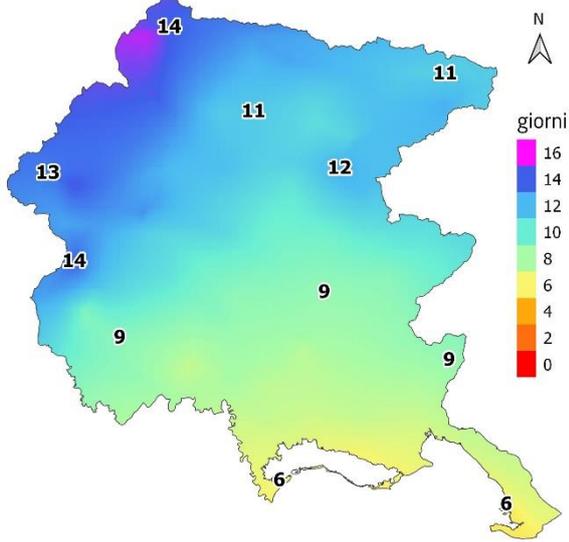
Maggio



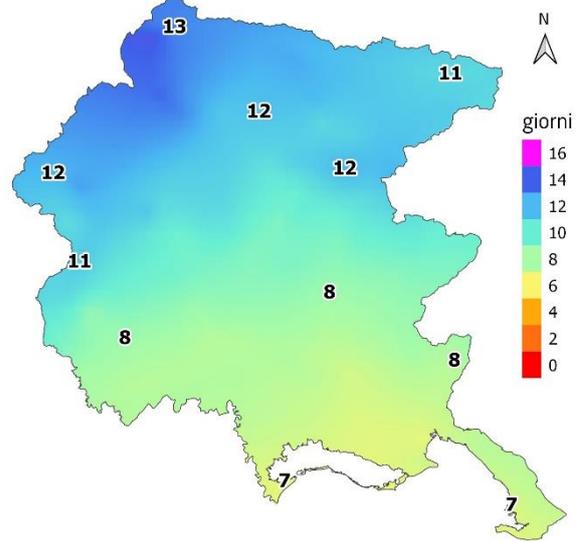
Giugno

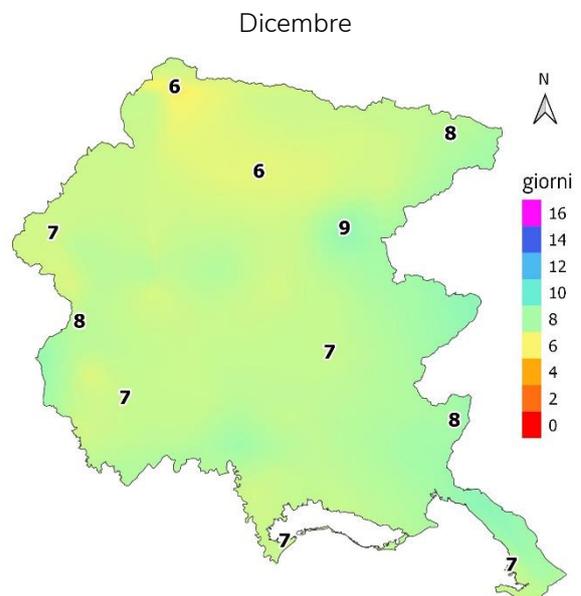
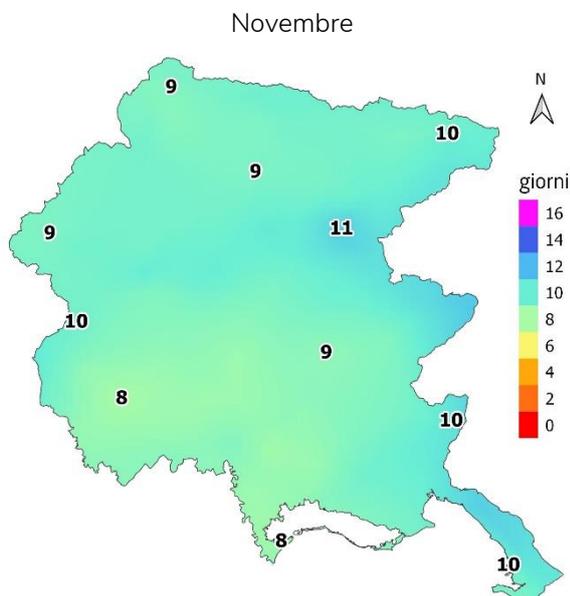
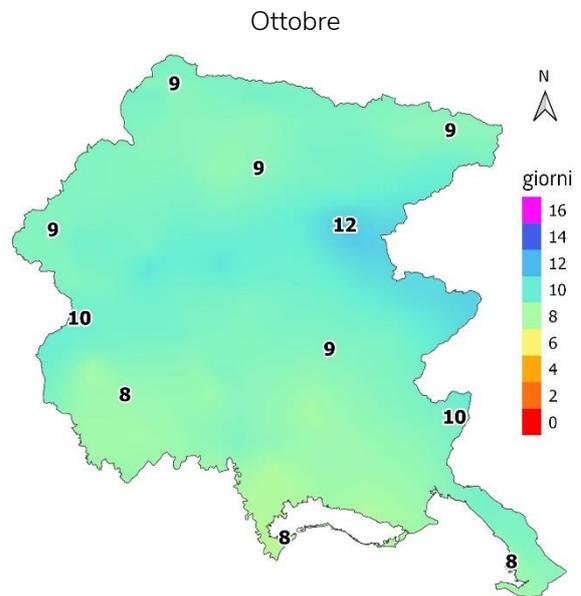
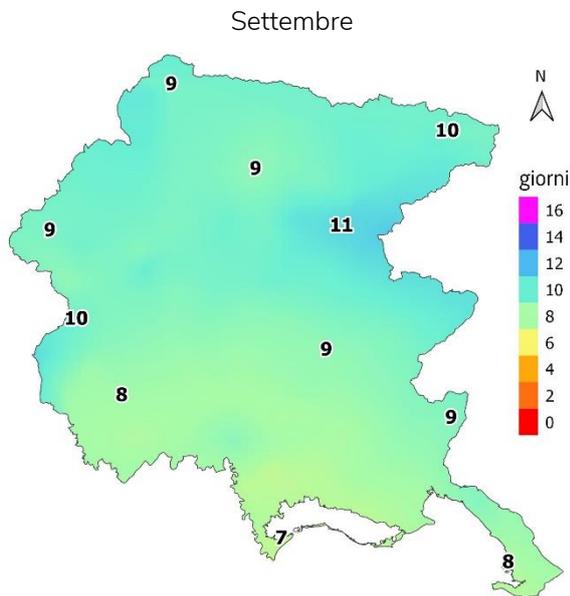


Luglio



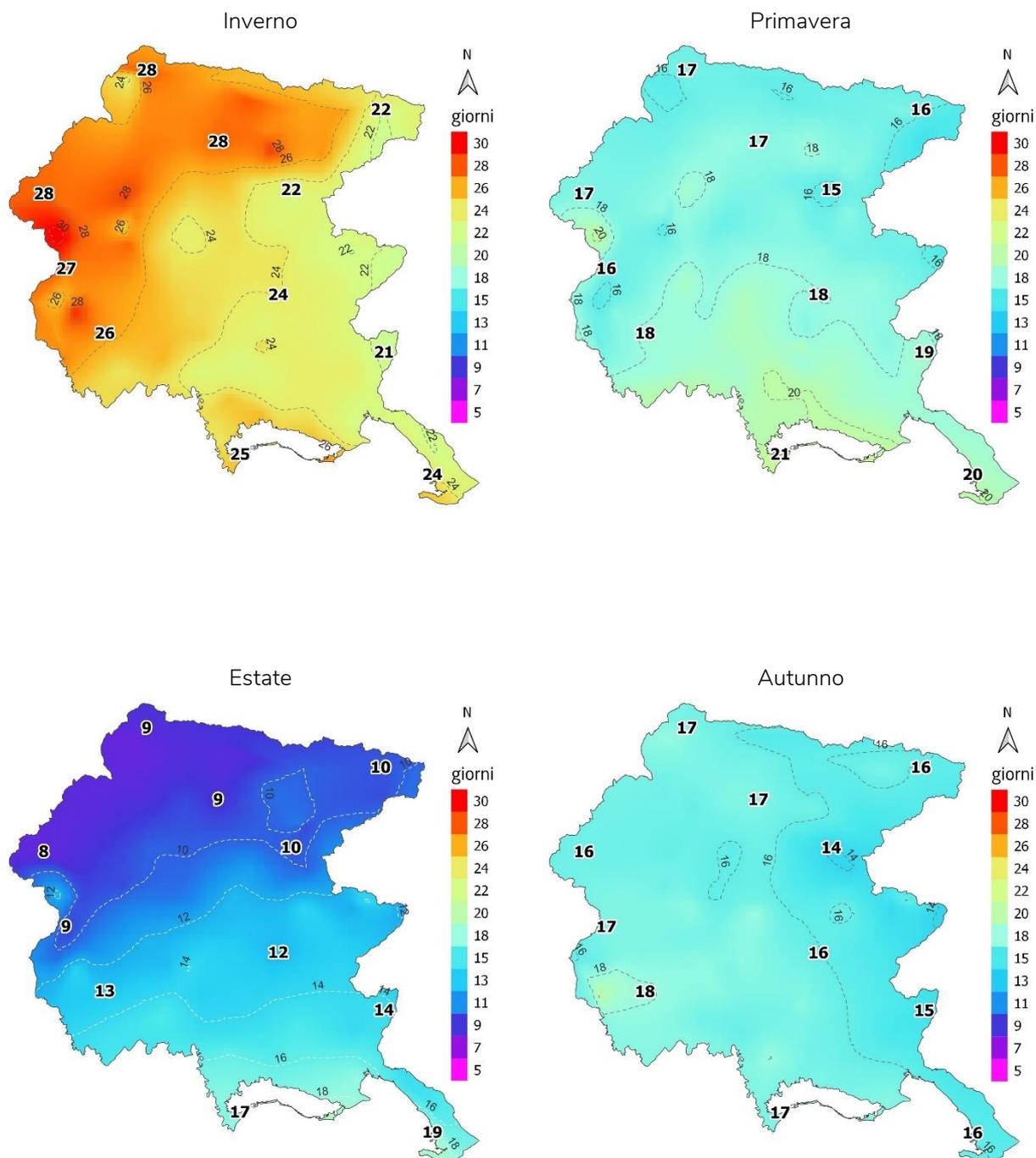
Agosto





È inoltre possibile scaricare i relativi raster dalla sezione Clima/mappe climatiche (raster) del sito www.meteo.fvg.it.

Allegato G – Giorni medi continuativi senza pioggia stagionali 1991-2020



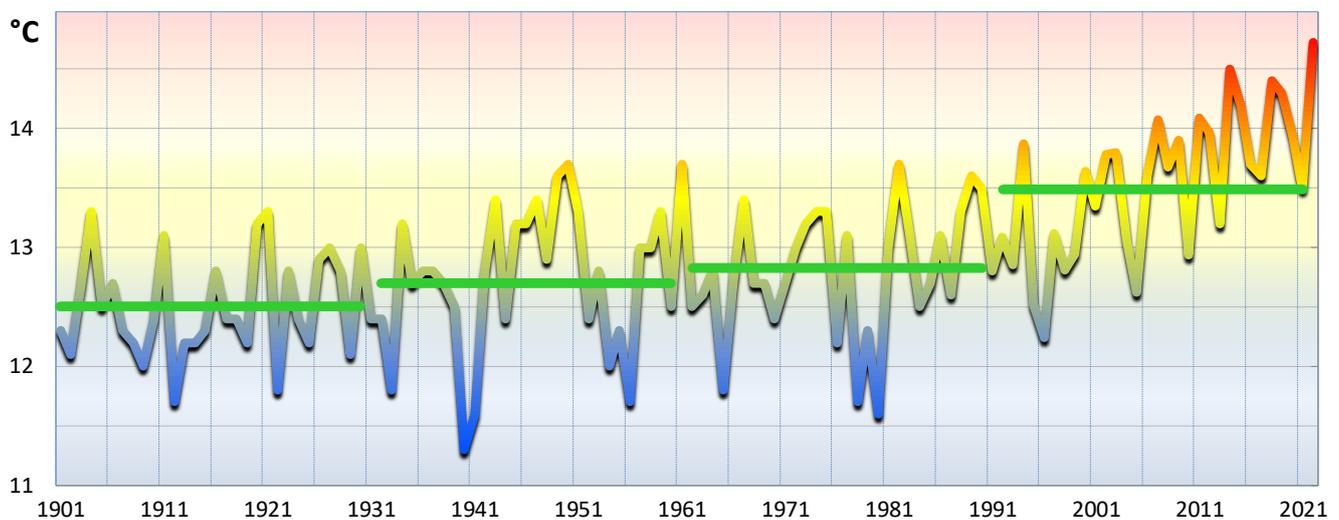
È inoltre possibile scaricare i relativi raster dalla sezione Clima/mappe climatiche (raster) del sito www.meteo.fvg.it.

Allegato H - Cambiamenti climatici in Friuli Venezia Giulia

Il presente documento descrive la situazione climatica media allo stato attuale, risultante dai dati del trentennio di riferimento 1991-2020: possiamo quindi paragonarlo a una “fotografia” recente del clima del Friuli Venezia Giulia. Ma il clima della regione sta cambiando, così come avviene a livello globale: ne abbiamo evidenza grazie alle serie storiche di cui disponiamo e ai dati rilevati dalla rete meteorologica regionale ed elaborati da ARPA FVG – OSMER. Questi cambiamenti continueranno a manifestarsi nei prossimi decenni, in modo più o meno marcato a seconda dei diversi scenari di sviluppo e dei conseguenti andamenti delle emissioni climalteranti, che sono all’origine del riscaldamento globale a cui stiamo assistendo.

Oltre alla “fotografia” del clima regionale, che rappresenta in qualche modo la “norma” del trentennio di riferimento più recente, abbiamo quindi bisogno di un “film” che ci mostri come il clima del FVG è cambiato finora e come cambierà in futuro.

Dai dati regionali emergono **cambiamenti particolarmente evidenti nelle temperature** del Friuli Venezia: per esempio la temperatura media annuale di 13.5 °C registrata nella pianura friulana nell’ultimo trentennio di riferimento (1991-2020) è ben più elevata rispetto al dato medio del secolo scorso (12.7 °C). L’aumento della temperatura risulta ancora più evidente se consideriamo che il dato medio degli ultimi 10 anni (2013 - 2022) è di 14 °C: il riscaldamento di questo ultimo decennio, rispetto al secolo scorso, risulta quindi di 1.3 °C. Ad aumentare in modo più rilevante sono in particolare le temperature estive.



Andamento secolare della temperatura media annuale a Udine. Dati: serieHistAlp 1901-1991 Osmer RAFVG 1992-2022).

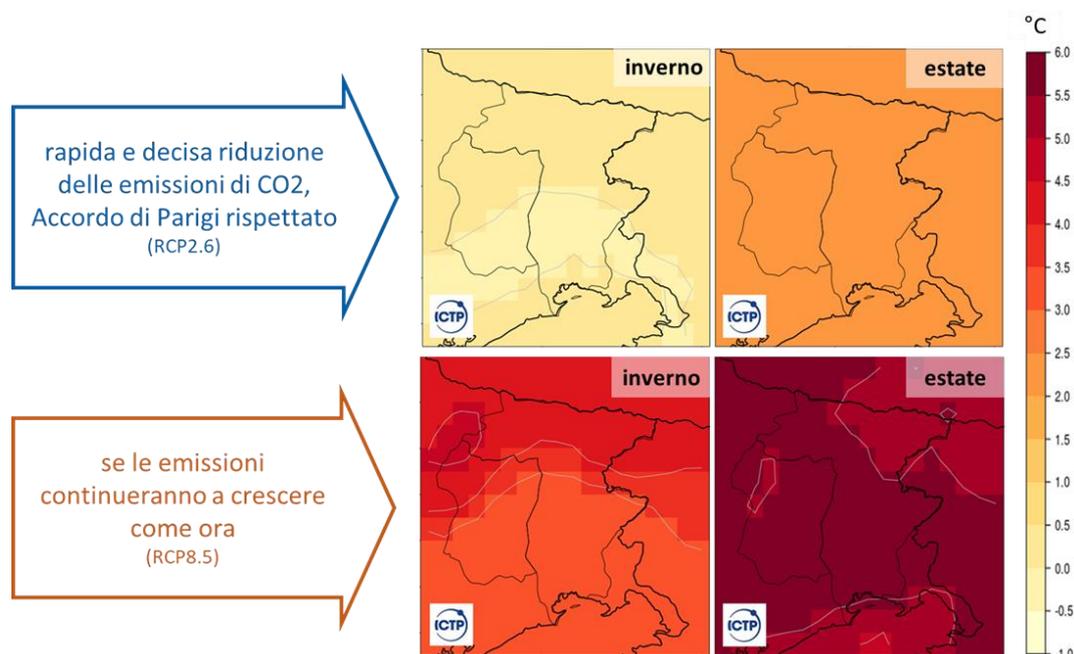
Le linee orizzontali verdi indicano le temperature medie trentennali.

Per quanto riguarda le **piogge**, uno dei cambiamenti più evidenti si rileva nella distribuzione mensile delle piogge, con una diminuzione delle piogge estive in vaste aree della pianura friulana e un aumento delle piogge autunnali.

Il **clima futuro** può essere non letteralmente “previsto”, ma delineato in termini probabilistici attraverso proiezioni che si ottengono tramite l’utilizzo di modelli climatici, che stanno diventando sempre più evoluti e che tengono conto dei possibili andamenti delle emissioni climalteranti in diversi scenari: da una rapida e decisa riduzione delle emissioni di gas serra come previsto dall’Accordo di Parigi (scenario RCP2.6) e un andamento crescente secondo la tendenza attuale (RCP8.5).

Nel 2018 sono state rese disponibili le **proiezioni climatiche** ritagliate “su misura” per il Friuli Venezia Giulia, che sono state elaborate da ICTP (Centro Internazionale di Fisica Teorica di Trieste) a partire dai dati di diversi modelli climatici a scala europea, nell’ambito dello **Studio conoscitivo dei cambiamenti climatici e di alcuni loro impatti in FVG**, promosso dall’Amministrazione regionale, coordinato da ARPA FVG e realizzato in collaborazione con gli enti scientifici e di ricerca che oggi compongono il Gruppo di lavoro Clima FVG.

Per quanto riguarda le **temperature**, le proiezioni climatiche per il FVG prospettano in generale un ulteriore riscaldamento, modulato però dai diversi scenari di sviluppo: se le emissioni di gas climalteranti continueranno a crescere secondo l’attuale andamento (scenario RCP8.5), in regione potremmo aspettarci a fine secolo un aumento di temperatura fino a 5 °C in inverno e fino a 6 °C in estate, con un forte aumento di ondate di calore. Invece nello scenario più virtuoso (RCP2.6, “Accordo di Parigi”), i modelli indicano che in Friuli Venezia Giulia le temperature continueranno a crescere fino a metà secolo, ma poi si stabilizzeranno e l’anomalia termica rimarrà entro 1-2 °C in inverno e 2-3 °C in estate a fine secolo.



Anomalia delle temperature medie invernali ed estive in Friuli Venezia Giulia secondo le proiezioni al 2071-2100 rispetto al trentennio di riferimento 1976-2005 per gli scenari RCP2.6 e RCP8.5. Fonte: ICTP, Earth System Physics in Studio conoscitivo dei cambiamenti climatici e di alcuni loro impatti in FVG (ARPA FVG, 2018)

L’andamento futuro delle **precipitazioni** è più complesso da delineare, data la marcata variabilità di questi fenomeni sia nel tempo che nello spazio. In entrambi gli scenari emissivi si prefigura per la fine del secolo un aumento delle precipitazioni nel periodo invernale, più accentuato nello scenario a emissioni crescenti, con un possibile incremento anche degli eventi di precipitazione intensa. La differenza tra i due scenari emissivi è invece molto rilevante per quanto riguarda le precipitazioni estive, che diminuiranno del 15-20% in una vasta parte della regione se le emissioni di gas climalteranti continueranno a crescere.

Dal 2023 è inoltre disponibile la **Piattaforma Proiezioni Climatiche per il Nord-Est** (PPCNE): uno strumento interattivo che consente a diverse tipologie di utenti, anche non esperti, di analizzare e visualizzare i possibili cambiamenti di temperature e precipitazioni da oggi fino al 2100 nell’area del Triveneto e anche in singole località del territorio.

Tutte le informazioni, gli strumenti e i documenti sui cambiamenti climatici in FVG sono accessibili dalle pagine dedicate del sito istituzionale di ARPA FVG e dal sito tematico dedicato al clima regionale:

- www.arpa.fvg.it/temi/temi/meteo-e-clima/ sezione “cambiamenti climatici”;
- www.clima.fvg.it sezione “cambiamenti climatici”

