



REPORT PROGETTO DOLINE E SITI TRIVENETI 2009-2010



Iniziamo da subito con il dire che stiamo parlando di un progetto storico, visto che per la prima volta da quando è nata la "meteorologia moderna" sono stati monitorati contemporaneamente in un unico studio tutti i siti più freddi del Triveneto (e probabilmente d'Italia), nato dalla collaborazione tra la nostra associazione e prima fra tutte **A.R.P.A. Veneto – Centro Valanghe di Arabba** (Agenzia Regionale per la Prevenzione Protezione Ambientale del Veneto), **Osmer** (Osservatorio Meteorologico Regionale del Friuli Venezia Giulia) e **Umfvg** (Unione Meteorologica del Friuli Venezia Giulia).

Con grande orgoglio ed entusiasmo annunciamo che dalla campagna di monitoraggi 2009/2010 abbiamo sottoscritto un'importante collaborazione scientifica anche con Consiglio Nazionale delle Ricerche (CNR)-Istituto Scienze dell'Atmosfera e del Clima (ISAC), di Bologna nella persona del dott. prof. Andrea Buzzi che ringraziamo insieme al dott. Silvio Davolio.

Si parla di "**Sinkholes**", termine ai più sconosciuto fino a pochi anni fa...

Letteralmente, il termine "sinkholes" significa "buco sprofondato" e viene usato dagli studiosi per indicare una depressione chiusa, una conca del terreno. Sulla spiegazione del termine "sinkholes" c'è da dire che è un termine utilizzato in passato in letteratura ma che in realtà è una parola di natura geologica/geografica, e forse non del tutto appropriato per la meteorologia e la climatologia, meglio quindi, in italiano, utilizzare "Dolina", "Conca", "Depressione" (in inglese e in genere a livello internazionale "frost hollow").

Grazie alle analisi di alcuni appassionati e professionisti della meteorologia, si è capito che le potenzialità termiche di queste "frost hollow" in termini di picchi di freddo e le escursioni termiche collegate presentavano un potenziale straordinario: si è quindi iniziato a prendere sempre più in considerazione la possibilità di un progetto, amatoriale e professionale, che mirasse a studiare le particolarità microclimatiche di queste Conche.

Negli ultimi 2 anni di rilevazioni scientifiche e studi preliminari, nonostante inverni del tutto normali se non addirittura sopra media termica, in quelle conche/depressioni i picchi di freddo estremi non sono assolutamente mancati (oltrepassata la soglia dei -40°C).

Il successo del monitoraggio delle doline effettuato in via sperimentale l'inverno 2007/2008, ha creato i presupposti per la creazione di una nuova stanza nel nostro forum, gettando le basi per un monitoraggio molto più dettagliato e preciso, con tutta la strumentazione e schermatura omologata per ciascun sito di monitoraggio.

Per il seguente monitoraggio abbiamo utilizzato 2 diversi tipi di sensori (i-button e Hobo), ed entrambi sono stati collocati all'interno di schermo solare A.R.P.A.V. uguale per tutti o in schermi solari passivi Davis, così da avere assoluta uniformità dei vari dati che usciranno nelle varie conche monitorate.

Grazie a tale progetto è stato stabilito il nuovo record di temperatura minima mai registrato sul suolo italiano, **-47,0°C il 18/12/2009 alla Busa di Manna a quota 2.546mt**, battendo il precedente record di -43,8°C rilevato nel gennaio del 2009 sempre nello stesso sito, dato che aveva a sua volta battuto il record italiano "storico" di -41 gradi registrati ai 4.559mt di Capanna Regina Margherita, sul Monte Rosa nell'inverno del 1929.

Per quanto riguarda il Friuli/Venezia Giulia, il monitoraggio di tutti i siti friulani è stato effettuato in collaborazione con Osmer e l'Unione Meteo Friuli Venezia Giulia, ennesima dimostrazione dell'amicizia, della stima e della modalità comune con la quale interpretare insieme lo studio della meteo. Al termine della prima stagione di monitoraggi i siti monitorati sono stati 35 ubicati in Friuli Venezia Giulia –Trentino Alto Adige - Veneto.

La collaborazione con l'UMFVG ci ha permesso anche di presentare il report del progetto al IX Convegno dell'Unione Meteorologica del Friuli Venezia Giulia il 14 novembre 2009, i cui atti sono disponibili al seguente indirizzo: http://www.umfvg.org//public/2009_Atti.pdf.

Il progetto è stato altresì presentato in data 9 aprile 2010 al Museo Tridentino di Scienze Naturali di Trento ed in data 19 agosto 2010 nella sala del Consiglio Comunale di Levico Terme, con relatori **Giampaolo Rizzonelli, Alessandro Paoletto, Ettore Dal Farra** ed **Andrea Piazza di Meteo Trentino** che ringraziamo per la disponibilità e l'apporto scientifico agli incontri.

Prima di iniziare la presentazione è tuttavia doveroso fare dei ringraziamenti, in primo luogo all'**A.R.P.A. Veneto**. - Dipartimento per la Sicurezza del Territorio ed al Centro Valanghe di Arabba ed in particolare a **Bruno Renon** per la sua disponibilità a collaborare con noi in questo progetto (gran parte delle spiegazioni scientifiche, dei grafici e delle analisi di questo report sono di Bruno Renon).

Seguono i ringraziamenti al bravissimo **Enrico Manea** che ha messo a disposizione di MeteoTriveneto le proprie competenze tecniche e la propria passione per permettere di effettuare elaborazioni e confronti (tabelle, grafici, confronti sono merito suo vedi il sito <http://doline.meteotriveneto.it>), altro ringraziamento ad **Ettore Dal Farra** per delle interessantissime elaborazioni statistiche nonché ai collaboratori **Flavio Menini** e **Corrado Vaona** per l'attività svolta nel monitoraggio e nell'elaborazione ed analisi dei dati. Un grazie va anche rivolto ad **Alessandro Paoletto** uno dei responsabili del progetto doline di MeteoTriveneto, al Presidente dell'associazione **Filippo Mengotti** ed all'amministratore del forum **Stefano Zamperin** ed infine un grazie a tutti i soci e forumisti che hanno collaborato all'iniziativa, senza dimenticare gli enti ed i proprietari dei terreni che hanno concesso l'autorizzazione all'installazione degli strumenti.

Ultimissimo ringraziamento, anche se già menzionato nella prima parte del report è dovuto nuovamente al CNR/ISAC nelle persone del dott. prof. Andrea Buzzi e del dott. Silvio Davolio, grazie ai quali abbiamo potuto monitorare nella stagione 2009/2010 in maniera sistematica ed intensiva (fondo, versante e sella) la Busa di Novegno)

Giampaolo Rizzonelli

Responsabile progetto Doline MeteoTriveneto

Direttivo MeteoTriveneto

INDICE:

pag. 1 -4	Presentazione
pag. 5-7	Indice
pag. 8-20	Il Particolare Clima delle Depressioni Fredde - Spiegazioni scientifiche <i>(in parte tratto da un articolo di Bruno Renon)</i>
pag. 21-35	Morfologia delle doline – foto di alcune doline monitorate – forma e collocazione della dolina perfetta frontiere della ricerca
pag. 36-39	Distribuzione sul territorio del Triveneto dei siti monitorati 2009-2010
pag. 40-42	Temperature minime assolute e massime variazioni in 15' e 60' nell'inverno 2009/2010
pag. 43-44	Temperature minime assolute decadali 2009/2010
pag. 45	Medie giornaliere e Massime giornaliere più basse stagione 2009/2010
pag. 46-75	Un'analisi del gradiente verticale di temperatura minima fra le doline al paragone con quello di siti ordinari quali quelli coperti dalla rete meteorologica Arpa-Veneto Aggiornamento al 2009/2010 <i>(elaborazione di Ettore Dal Farra)</i>
pag. 76-255	Grafici di confronto - per quota e per mese minime – medie – massime Suddivisione quote:

- da 35 a 795 metri s.l.m. (da pag. 76 a pag. 93)
- da 815 a 849 metri s.l.m. (da pag. 94 a pag. 111)
- da 905 a 1.089 metri s.l.m. (da pag. 112 a pag. 129)
- da 1.194 a 1286 metri s.l.m. (da pag. 130 a pag. 147)
- da 1.310 a 1.475 metri s.l.m. (da pag. 148 a pag. 165)
- da 1520 a 1580 metri s.l.m. (da pag. 166 a pag. 183)
- da 1621 a 1750 metri s.l.m. (da pag.184 a pag. 201)
- da 1765 a 1852 metri s.l.m. (da pag. 202 a pag. 219)
- da 2.062 a 2.167 metri s.l.m. (da pag. 220 a pag. 237)
- da 2.267 a 2.546 metri s.l.m. (da pag. 238 a pag. 255)

pag. 256-263 Altre foto di siti monitorati

RIEPILOGO PRINCIPALI DATI MONITORAGGIO STAGIONE 2008/2009

pag. 264-265 Temperature minime assolute decadali

pag. 266 Temperature minime assolute

pag. 267 Temperature minime assolute ridotte a livello del mare sito per sito Inverno

pag. 268	Tabella minime assolute – minime assolute ridotte al livello del mare – massime variazioni termiche in 15 e 60 minuti (in aumento ed in diminuzione) 2008/2009
pag. 269	Massime variazioni termiche in 15 minuti (in aumento) 2008/2009
pag. 270	Massime variazioni termiche in 60 minuti (in aumento) 2008/2009
pag. 271	Massime variazioni termiche in 15 minuti (in diminuzione) 2008/2009
pag. 272	Massime variazioni termiche in 60 minuti (in diminuzione) 2008/2009
pag. 273	Ringraziamenti

IL PARTICOLARE CLIMA DELLE DEPRESSIONI FREDE

(un ringraziamento particolare a **Bruno Renon dell'ARPA Veneto** per il contributo fondamentale fornito per questa parte di spiegazioni)

1) IL FENOMENO:

Nelle serene notti invernali la temperatura negli strati d'aria più bassi è normalmente inferiore a quella in quota, a causa dell'accumulo dell'aria fredda, e quindi più pesante, in basso. Questo fenomeno è più evidente nelle conformazioni a conca del terreno (depressioni, doline), dove con specifiche condizioni meteorologiche (notti serene e senza vento, con aria secca e neve al suolo) la temperatura può scendere a valori estremi, molto inferiori rispetto a quelle delle zone vicine o sulle cime delle montagne circostanti più alte.

I principali motivi fisici di questo intenso raffreddamento sono gli stessi che causano le fredde notti invernali sul fondo delle valli: la perdita di calore del suolo ed il ristagno di aria fredda in basso. Ma nelle valli il sistema delle brezze notturne e la vicinanza dei versanti delle montagne limitano il raffreddamento. In un bacino chiuso, invece, l'aria fredda prodotta dal forte raffreddamento del terreno, alla sera e durante la notte, viene intrappolata al suo interno e si forma un "lago di aria fredda", tanto che la conca risulta poi isolata dall'ambiente circostante. Un fattore importante per un marcato raffreddamento del suolo, dovuto al suo rilascio radiativo ad onda lunga, è un basso orizzonte topografico, che amplifica questa perdita di calore.

Le temperature molto basse rappresentano solo un aspetto del particolare microclima delle doline. Nelle stesse condizioni meteorologiche prende corpo nella dolina una marcata inversione termica, con gradienti termici verticali fino ad 1°C/m, così se ci si trova di notte sull'orlo di una dolina si può avvertire una temperatura 30°C più alta di quella misurata sul fondo. Inoltre c'è una notevolissima escursione termica giornaliera, con differenze fino a 40°C fra il giorno e la notte.

Un altro aspetto curioso che possiamo notare in una fredda, serena e calma notte invernale è la rapidissima variazione di temperatura quando il vento entra nella dolina e quando esso cessa improvvisamente. La sua azione rimescolante sull'aria contenuta nella conca produce velocissimi aumenti o diminuzioni della temperatura, rispettivamente. Improvvise variazioni di 25°C in 15 minuti o 30°C in mezz'ora non sembrano fisicamente possibili per chi non conosce il microclima delle depressioni fredde.

E' molto importante capire, comunque, che questi incredibili fenomeni si verificano solo con condizioni di bel tempo, quando il vento è molto debole o calmo. In altre condizioni (tempo perturbato, cielo coperto, vento forte) la temperatura nella conca è la stessa misurata nelle zone limitrofe.

2) ALCUNI CONCETTI BASE DI FISICA DELL'ATMOSFERA PER SPIEGARE IL FENOMENO

Cominciamo col dire che la temperatura dell'aria in una località dipende essenzialmente dal **bilancio radiativo sole-terra** e dalle **caratteristiche termiche della massa d'aria** che la interessa.

2.1 Bilancio radiativo sole-terra

Il bilancio radiativo esprime, dal punto di vista energetico, ciò che rimane fra le "entrate" (radiazione solare che raggiunge la terra) e le "uscite" (radiazione emessa dalla terra verso lo spazio).

Si ricorda che il termine "radiazione" non significa energia, ma ne rappresenta una delle tre modalità di trasporto. La "radiazione", detta anche "irraggiamento", trasporta calore come fa una stufa elettrica le cui resistenze ad altissima temperatura emettono calore verso la nostra pelle. Le altre due modalità di trasporto dell'energia sono la "conduzione", che trasporta calore per contatto diretto (come una borsa dell'acqua calda sui nostri piedi) e la "convezione", attraverso lo spostamento di massa d'aria (come l'aria riscaldata da un termosifone che sale e trasporta il caldo in altre zone della stanza). Senza volerci addentrare nella teoria degli scambi radiativi, in cui entrano in gioco frazioni di energia riflessa e diffusa dal suolo, dalle nubi e dall'atmosfera, verso l'alto e verso il basso, con lunghezze d'onda diverse a seconda della temperatura dell'elemento radiante, è sufficiente capire, a grandi linee, che in ogni momento la terra riceve energia dal sole e ne perde per riflessione e soprattutto, per energia emessa dal suolo verso lo spazio.

Prendendo come esempio una giornata serena invernale, durante il giorno l'energia entrante è superiore a quella uscente e la terra si riscalda, mentre di notte il bilancio è ampiamente negativo dovuto alla perdita di calore della terra e alla mancanza, naturalmente del riscaldamento solare. E' interessante notare come la terra emetta flusso radiativo continuamente, sia di giorno che di notte, con i valori massimi in corrispondenza delle ore centrali del giorno, quando il suolo raggiunge le temperature più alte e di conseguenza emette più flusso radiativo ad onda lunga. Il principale aspetto però, è quello fornito dalla differenza, o per meglio dire dalla somma algebrica, fra i due flussi, il cui andamento in una serena giornata invernale è negativo (ovvero deficit radiativi, perdita di calore) per gran parte delle 24 ore e solo fra metà mattinata e metà pomeriggio descrive valori positivi (esuberato radiativo, guadagno di calore). La perdita di calore è in genere costante e considerevole nelle ore serali, notturne e poco prima dell'alba.

Nelle valli o nelle conche montane, specialmente nel periodo invernale, si può riscontrare un bilancio negativo della radiazione netta risultante (perdita di calore) anche nelle ore diurne qualora gran parte della valle o della conca si trovi in ombra, a causa di una vicina montagna.

Naturalmente i valori di densità dei due flussi radiativi e quelli della loro differenza cambiano nel corso dell'anno, assumendo andamenti un po' diversi da quello tipicamente invernale. Nei mesi estivi, infatti, il guadagno di calore durante il giorno è notevole e dura più a lungo.

Altrettanto differente è la situazione degli scambi radiativi con cielo coperto, sia d'estate che d'inverno: in questo caso la radiazione solare globale è debole, mentre rimane pressoché inalterata quella del rilascio radiativo terrestre, anche se la presenza di estese nubi intrappola tale flusso uscente dalla terra ed impedisce il raffreddamento del suolo e dell'aria (effetto serra).

Tutto questo per far capire il ruolo fondamentale assunto dall'irraggiamento nella perdita di calore notturna del suolo in caso di cielo sereno, che in particolari condizioni determina diminuzioni termiche notevolissime. Nel periodo invernale la temperatura dell'aria più bassa si misura a contatto con il suolo e aumenta progressivamente allontanandosi da esso, specie nei primi 10-20 m (per uniformare le misure è stato perciò deciso che la temperatura dell'aria deve essere misurata sempre ad un'altezza convenzionale di 2 m dal suolo).

Le misure di un profilatore verticale di temperatura, installato a Santa Giustina Bellunese dall'**ARPA Veneto**, sul fondovalle nell'ampia vallata prealpina distesa fra Belluno e Feltre, hanno permesso di capire che spesso l'aumento di temperatura che si riscontra man mano che ci si allontana dal suolo, interessa i primi 150-250 m (fig. 1), rivelando quindi un'inversione termica "fisiologica", che si verifica quasi sempre nelle notti invernali serene.

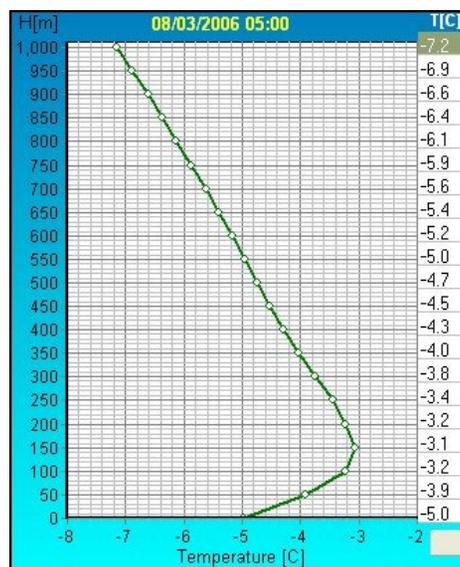


Fig. 1

Di altra natura ed origine è la classica inversione termica legata al ristagno di aria fredda nei bassi strati e all'avvezione di aria mite in quota, che interessa peraltro zone geografiche molto vaste ed è associata a strutture anticicloniche ben consolidate (fig. 2).

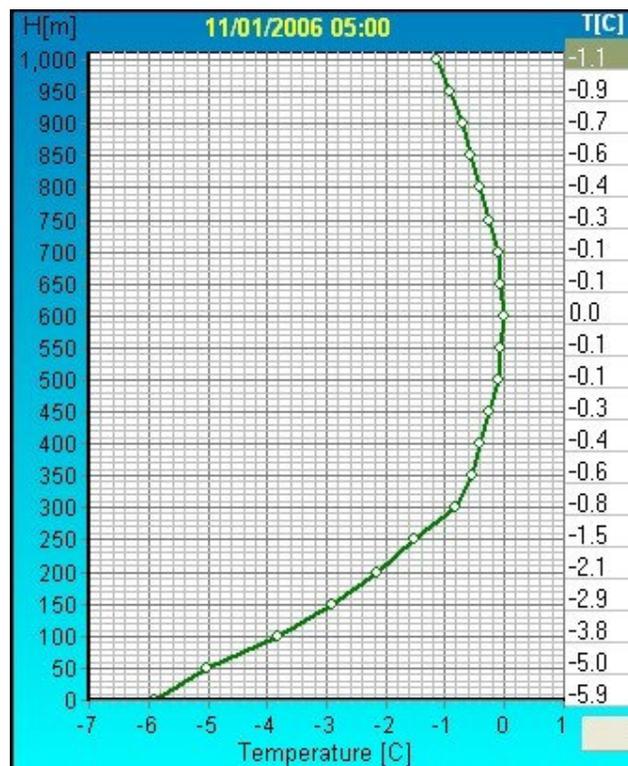


Fig. 2

Il citato profilatore verticale di temperatura, installato da **ARPA Veneto** nel marzo 2005, è costituito da un radiometro a microonde che misura, con successive scansioni, ad angoli di zenith crescenti, la radiazione emessa dall'ossigeno molecolare alla frequenza di 56.7 GHz (lunghezza d'onda 5 mm). Le misure vengono effettuate ogni 5 minuti, dal suolo fino a 1000 m di altitudine, con *step* di 50 m.

2.2 Caratteristiche termiche della massa d'aria

L'altra componente che modula la temperatura di una località è rappresentata dalle caratteristiche termiche della massa d'aria che staziona sulla zona o che sta per affluirvi.

Nell'ipotesi di una massa d'aria fredda o molto fredda, ad esempio di origine artica, che sta per affluire su una certa zona, massa d'aria caratterizzata in genere da un profilo termico verticale adiabatico-secco (diminuzione di quasi 1°C ogni 100 m di altitudine), condizionerà direttamente la temperatura di quella zona, la quale tenderà ad assumere inizialmente la temperatura che ha la massa d'aria a quell'altitudine. Se ad esempio una massa d'aria in arrivo dalla Scandinavia presenta temperature di -10°C a 1000 m, -15°C a 1500 m e -20°C a 2000 m, queste saranno le temperature che assumeranno, almeno inizialmente, le zone di una montagna poste ad altitudini di 1000, 1500 e 2000 m.

Successivamente su queste zone vi potrà essere una "produzione" *in loco* di ulteriore freddo per effetto dell'irraggiamento notturno del suolo e questo si verifica più in pianura, a fondovalle o su un altopiano e meno su una vetta di una montagna o su di un suo pendio. In altre parole la massa d'aria fornisce il freddo "di base", dal quale poi le caratteristiche geomorfologiche di alcune località partiranno per intensificare il freddo, fino a raggiungere punte di gelo impensabili.

Sulla vetta acuminata di un monte l'effetto dell'irraggiamento notturno e del ristagno di aria fredda sono limitati o nulli. E' un po' come essere in cima ad una torre alta qualche centinaia di metri, dove la temperatura è quella dell'aria circostante e non viene condizionata di notte dal raffreddamento del suolo, che si trova molto più in basso. Condizioni simili si hanno anche su un pendio di una montagna, dove l'aria fredda di notte, anche quella generata dall'irraggiamento notturno del suolo, scorre verso valle per gravità e non riesce a raffreddarsi più di tanto.

In tali condizioni una località raggiungerà temperature vicine a quelle che caratterizzano la massa d'aria a quella altitudine. Ecco perché su una vetta di una montagna prealpina a 1500 m non si scenderà quasi mai sotto i -20°C (una massa d'aria che raggiunge le Alpi difficilmente presenta tali temperature a tale altitudine), così come, per lo stesso motivo, una cima alpina a 3000 m non scenderà praticamente mai sotto i -35°C.

Le cose cambierebbero se invece di una vetta acuminata avessimo in cima alla montagna un pianoro, sul quale l'irraggiamento avrebbe un certo effetto e l'aria fredda potrebbe ristagnare. In questo caso tali limiti termici verrebbero superati.

In pianura, in un fondovalle o su un altopiano la "fabbricazione" di freddo, per gli scambi radiativi, può essere invece notevole ed abbassare di 10-20°C, in qualche caso anche di 30-40°C (conche in quota, con suolo innevato), la temperatura che spetterebbe a quella località per la propria altitudine, in base alle caratteristiche termiche della massa d'aria. Solo così si spiegano le temperature veramente "polari" che vengono raggiunte in alcuni siti.

In fig. 3 sono rappresentati gli andamenti della temperatura misurata ogni 30 minuti nei giorni 29 e 30 dicembre 2005 da due stazioni meteorologiche delle Prealpi vicentine, poste ad altitudini simili ma in posizioni morfologicamente diverse: Piana di Marcesina (1310 m), in posizione di conca-altopiano e Monte Lisser (1428 m) in posizione di colle, distanti fra loro solo 4 km.

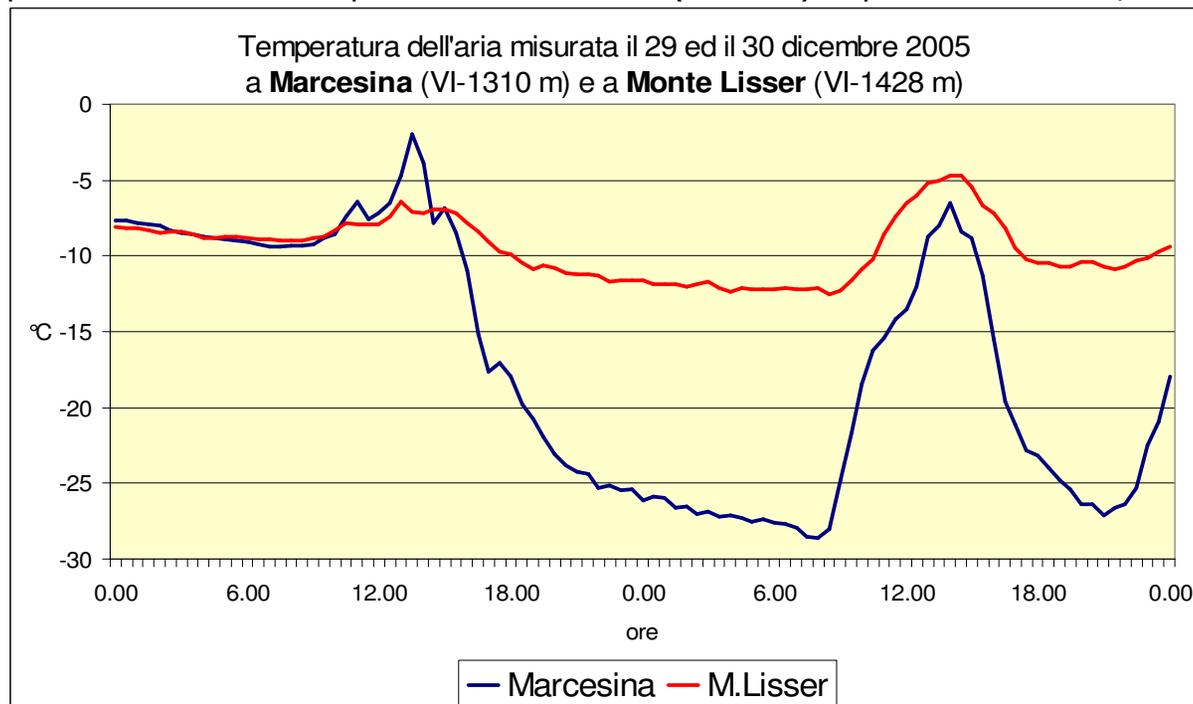


Fig. 3

Si noti come fino al tardo pomeriggio del 29 dicembre, giornata caratterizzata dall'arrivo sulle Alpi di una massa d'aria molto fredda, le temperature siano molto simili, pressoché uguali fino a metà mattinata, per un'estesa nuvolosità ed una discreta ventilazione che hanno prodotto un continuo rimescolamento dell'aria. In seguito, con la comparsa del sole, la temperatura di Marcesina, posta ad una quota più bassa, è risultata per un paio d'ore 4-5°C più alta di quella del Monte Lisser. Dopo il tramonto invece, complici il cielo sereno, l'aria inizialmente secca e la scarsa ventilazione, sulla Piana di Marcesina è iniziata la "produzione" di aria fredda per il forte irraggiamento del suolo. Dalle ore 14 del 29 alle ore 8 del giorno seguente la temperatura a Marcesina è diminuita di ben 26.6°C (da -2.0 a -28.6°C), mentre a Monte Lisser di soli 6°C.

Durante la mattinata del 30, con il ritorno del sole, la temperatura sulla Piana di Marcesina è aumentata sensibilmente, fino ad avvicinarsi, verso le 14, a quella di Monte Lissier, denotando quindi il tipico carattere di forte continentalità che caratterizza gli altopiani, le conche e le zone di fondovalle.

Dunque si è detto che per raggiungere temperature particolarmente basse, diciamo inferiori a -30°C , è necessaria una massa d'aria molto fredda, una notte serena e senza vento e peculiari caratteristiche geografiche e geo-morfologiche del territorio, in grado di accentuare notevolmente l'irraggiamento notturno e di abbassare ulteriormente la temperatura. Tali caratteristiche, che sono in grado di favorire valori termici molto bassi (es. $-20/-25^{\circ}\text{C}$) anche se la massa d'aria che sovrasta la località presenta temperature normali per il periodo, sono anche all'origine delle enormi differenze che si possono riscontrare fra zone anche vicine.

Vediamo quindi di analizzare brevemente quali sono queste caratteristiche.

A parità di condizioni meteorologiche (tipo di massa d'aria, nuvolosità, umidità dell'aria, velocità del vento e torbidità atmosferica), il raffreddamento notturno dell'aria vicino al suolo è funzione essenzialmente di 7 fattori, in ordine di importanza:

- 1. Morfologia del sito**
- 2. Porzione di cielo visibile (*Sky-view factor*)**
- 3. Caratteristiche del suolo e tipo di sottosuolo**
- 4. Altitudine**
- 5. Latitudine**
- 6. Venti**
- 7. Umidità dell'aria**

1. Morfologia del sito

E' il fattore più importante, perchè favorisce accumuli di aria fredda, anche notevoli, nelle zone più basse e più chiuse. Una porzione d'aria che si raffredda, a pressione costante (in atmosfera molte trasformazioni termodinamiche possono essere assimilate a trasformazioni "isobare"), subisce anche una diminuzione di volume e quindi un aumento di densità e di peso. La modifica dell'equilibrio idrostatico, causata dal prevalere della forza peso nei confronti della spinta di Archimede, determina un movimento verso il basso della porzione d'aria e quindi un suo progressivo accumulo nei fondovalle e nelle conche. Se il fenomeno dura molte ore, come capita durante le lunghe notti invernali, lo spessore dello strato di accumulo aumenta progressivamente, ma con una stratificazione che impone all'aria più fredda la posizione più vicina al fondo della valle o della depressione.

Su un pendio o un versante, l'aria che viene raffreddata dal suolo scorre verso il basso, subendo quindi un continuo rimescolamento che impedisce o quantomeno riduce un forte raffreddamento. In un fondovalle o in una conca ma anche in pianura, la maggiore staticità dell'aria favorisce una diminuzione termica notturna più accentuata, ad eccezione delle valli interessate da forti brezze di monte, dove il vento determina il rimescolamento, e che risultano quindi molto meno fredde rispetto alle valli vicine, non interessate da tali forti brezze. In realtà ogni valle presenta nelle ore notturne un sistema, per quanto debole, di venti di brezza e anche una minima ventilazione è in grado di alterare e quindi di attenuare il raffreddamento, cosa che invece non succede nelle conche chiuse, piccole o grandi, dove la frequente mancanza assoluta di venti notturni favorisce forti diminuzioni termiche. Si veda più avanti l'approfondimento dedicato alle conche e alle depressioni.

2. Porzione di cielo visibile (Sky-view factor)

Il rilascio notturno di calore del suolo, e di conseguenza il suo raffreddamento, sono massimi quando non ci sono ostacoli che possono ridurre la radiazione ad onda lunga in tutte le direzioni sopra il suolo. Questo è possibile con un orizzonte completamente libero a 360°, ma in una zona montana questa condizione si rivela assai rara, se si escludono le vette più alte. Un fondovalle incassato in una valle stretta presenta le condizioni più sfavorevoli per un buon rilascio termico, a causa dei versanti delle vicine montagne, che oltre a limitare drasticamente il flusso radiativo nella loro direzione, sono essi stessi fonte

di emissione ad onda lunga (con temperature del suolo superiori a quelle del fondovalle) e finiscono per interferire nel processo di rilascio di calore verso lo spazio, riscaldando in minima parte la massa d'aria racchiusa nella valle (fig. 4). Un altopiano posto sufficientemente lontano da montagne elevate, presenta invece, le migliori condizioni per un forte irraggiamento notturno e gli altopiani prealpini palesano proprio questa caratteristica, che, come vedremo in seguito, sembra avere un ruolo determinante.

Questo effetto, che potremmo definire come "porzione di cielo visibile" dal fondo della valle o della conca è conosciuto con il nome di *Sky-view factor* e viene definito da:

$$fv = \cos^2 \alpha$$

dove α è l'angolo medio di elevazione dell'orizzonte topografico (Marks e Dozier, 1979).

> **0.95 eccellente** (Valmenera, 0.951) - **0.90-0.95 buono** (Lago di Fosses, Erera-Brendol, Busa Vette, Campoluzzo, Busa Manna - **0.80-0.90 discreto** (Segala, Val Longa, Busa Q2469) - **0.70-0.80 scarso** (Lech Diacè, 0.786) - < **0.70 pessimo**

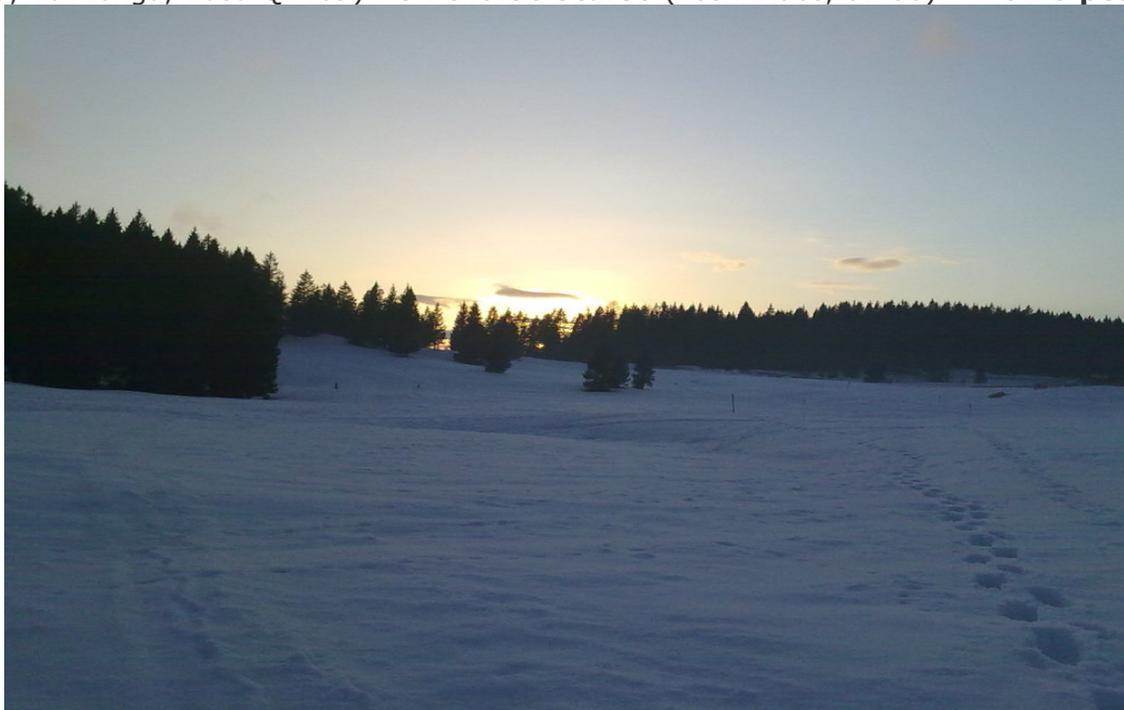




Fig. 4: il suolo di una località con orizzonte libero disperde più calore e quindi si raffredda maggiormente.

Nella determinazione dell'orizzonte topografico va tenuta in considerazione anche la presenza di vegetazione che circonda il bacino (Litschauer, 1962), specie in caso di conche molto piccole.

3. Caratteristiche del suolo (copertura nevosa, rocce, erba, vegetazione, vuoti e cavità) → differente capacità radiativa

Lo stesso colore chiaro del terreno, pensiamo ad esempio alle rocce (quando non c'è neve), favorisce il raffreddamento.

Tipo di sottosuolo: un sottosuolo carsico, oltre che aver favorito la formazione di altopiani, depressioni e doline, potrebbe avere un ruolo nell'intensificazione dell'irraggiamento notturno. Da alcune misure preliminari di radiazione terrestre notturna ad onda lunga, effettuate nella Grünloch, è emerso che la perdita di calore maggiore avviene poco dopo il tramonto, per continuare poi tutta la notte con intensità minore (Eisenbach, 2002). Questo potrebbe giustificare i forti raffreddamenti serali che caratterizzano le zone carsiche montane, ma tale ruolo rimane tuttora un'ipotesi e soprattutto deve essere ancora spiegato.

La presenza di molti alberi nella zona limita leggermente il raffreddamento, specie se non coperti da neve (alberi non ricoperti da neve presentano una temperatura superficiale maggiore e quindi rilasciano calore che contrasta, leggermente, il raffreddamento della zona). Inoltre l'assenza di vegetazione favorisce, in caso di suolo innevato, un elevato albedo.

4. Altitudine elevata:

Un altro importante fattore è naturalmente costituito dall'altitudine, visto che normalmente la temperatura diminuisce di 6.5°C ogni 1000 m (atmosfera standard) anche se nel periodo invernale tale gradiente risulta spesso inferiore a questo valore o assume addirittura valori negativi (inversione termica).

Tuttavia in una massa d'aria fredda in movimento si riscontra quasi sempre, nella libera atmosfera, un gradiente anche superiore a quello indicato, talvolta vicino a quello adiabatico secco (9,8°C ogni 1000 m). Ne consegue che una località, più in alto si trova, più bassa è la temperatura dell'aria che la avvolge quando la massa d'aria fredda la raggiunge.

D'altro canto il fattore poc'anzi analizzato, cioè la morfologia del sito, presuppone la presenza di fondovalle, conche o altopiani che difficilmente si trovano alle quote più alte di un'area montuosa, anzi, spesso si individuano a quote medio-basse.

Condizioni ideali per un'accoppiata vincente "altitudine-morfologia" si possono individuare in vallate o conche con fondovalle "alti", tali da intrappolare sul loro fondo una massa d'aria già molto fredda in partenza. Tali condizioni si potrebbero in teoria riscontrare più facilmente sulle Alpi centro-occidentali italiane e su quelle Svizzere, caratterizzate da un'altitudine media superiore a quella delle Alpi orientali e dell'Austria. Nelle prime non sono infrequenti montagne alte più di 4000 m e vallate profonde con fondovalle ad altitudini di 1800-2000 m, nonché altopiani con quote superiori a 2500 m. Tuttavia la mancanza di un diffuso carsismo sulle Alpi occidentali italiane e su quelle svizzere rende estremamente difficile la presenza di depressioni, per cui i particolarissimi microclimi delle doline risultano in quelle zone molto rari.

Sembra esserci tuttavia un limite altitudinale oltre il quale l'accentuazione del raffreddamento (al fine di raggiungere valori termici estremi) dovuto alla combinazione "altitudine-morfologia" tende ad attenuarsi, poiché salendo di quota la densità dell'aria e la pressione cui è sottoposta diminuiscono, facilitando quindi un eventuale processo di rimescolamento. Supponendo due valli morfologicamente identiche, ma con altitudine dei fondovalle ben diversa, a parità di temperatura l'aria della valle più bassa risulterà più densa e sarà sottoposta ad una pressione superiore a quella della valle più alta e dunque sarà più ristagnante e difficilmente rimescolabile, favorendo un effetto di persistenza e di accumulo. Inoltre i venti moderati o forti che spirano con una certa frequenza in alta quota tendono ad influenzare maggiormente la valle alta, dove quindi l'erosione del ristagno freddo è più probabile rispetto alla valle bassa.

Evidentemente esiste anche un limite altitudinale inferiore, dovuto al fatto che scendendo di quota la massa d'aria non può assumere temperature "di partenza" sufficientemente basse.

Normalmente le migliori combinazioni "altitudine-morfologia", cioè quelle dove si possono toccare punte di freddo inferiori a -25°C , si hanno, almeno sulle Alpi, nella fascia altimetrica 1000-2500 m. Salendo di quota, comunque, se da un lato la minore densità dell'aria potrebbe favorire un rimescolamento ad opera del vento, dall'altro c'è da dire che un ruolo determinante viene assunto dall'accentuazione del rilascio radiativo notturno per la maggiore rarefazione dell'atmosfera, indotta dall'altitudine (Write, 2002).

Durante un'irruzione di aria fredda il gradiente termico verticale della massa d'aria è vicino all'adiabatico-secco ($0.98^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$) per cui una zona raggiunta dall'aria fredda assume inizialmente la temperatura che ha la massa d'aria a quell'altitudine. Successivamente inizia la "fabbricazione" sul posto del freddo da parte della sinkhole, che può portare abbassamenti termici che vanno, nel periodo invernale, dai 15 ai 30°C , rispetto alla temperatura di partenza.

Minore densità dell'aria in alta quota: favorisce l'erosione del lago di aria fredda da parte dell'eventuale ventilazione ma accentua la perdita notturna di calore per irraggiamento.

5. Latitudine: masse d'aria più fredda, ridotta insolazione invernale

6. Venti: situazione ideale: venti inferiore a 5 m/s a 700 e a 850 hPa

7. Umidità dell'aria: la scarsissima presenza di vapore d'acqua nell'aria, anche in alto, non solo vicino al suolo, rappresenta un filtro in meno per la radiazione ad onda lunga emessa dal suolo: umidità relativa inferiore al 30% a 700 hPa e al 60% a $500-300\text{ hPa}$

Si ringraziano:

- dr. Andrea Pitacco per la fornitura dei dati e per i concetti di base sulla radiazione, sulla radiometria e sugli scambi radiativi terra-sole,
- il Centro Valanghe di Arabba per i dati del Monte Lisser,
- il Centro Meteorologico di Teolo per i dati di Marcesina,
- Urbano Caregnato, gestore del Rifugio Marcesina, che nel primo anno di monitoraggio manuale sperimentale ha eseguito giornalmente le misure di temperatura con un termometro a mercurio a minima e massima fornito da ARPA Veneto.

Riferimenti

- ...pubblicazioni:

Pospichal, B., S. Eisenbach, C. D. Whiteman, R. Steinacker, and M. Dorninger, 2003: Observations of the cold air outflow from a basin cold pool through a low pass. *Extended Abstracts, Int. Conf. on Alpine Meteorology and MAP-Meeting*, Brig, Switzerland, MeteoSwiss, Publication 66, 153–156. [Available from MeteoSwiss, Kra¨hbu¨lstrasse 58, Postfach 514, CH-8044, Zurich, Switzerland.]

C. D. WHITEMAN, T. HAIDEN, B. POSPICHAL, S. EISENBACH, AND R. STEINACKER, 2004: Minimum Temperatures, Diurnal Temperature Ranges, and Temperature Inversions in Limestone Sinkholes of Different Sizes and Shapes. *J. A P P L. M E T E O R.* 43, 1224-1236

Marks, D., and J. Dozier, 1979: A clear-sky longwave radiation model for remote alpine areas. *Arch. Meteor. Geophys. Bioklimatol.*, B27, 159–187.

Litschauer, D., 1962: Untersuchung der Entwicklung von Kaltluftseen in Dolinen- und Beckenlagen (Investigation of the development of cool air pools in sinkholes and basins). Ph.D. dissertation, University of Vienna, 129 pp.

Morfologia delle doline - Forme di dolina carsica

Si distinguono varie forme di dolina: le più comuni sono le forme a *imbuto/ciotola/piatto* → diametro > profondità

origine carsica (erosione/crollo) e glacio-carsica (tipica dell'alta montagna, modellamento ereditato dall'ultima era glaciale)



altre tipiche forme carsiche:

valle composta (uvala): fusione doline ad imbuto, no corsi d'acqua

valle di crollo: originata da grotte crollate, ampliata dall'erosione

polje: valle di crollo molto grande, di antica origine, soggetta ad allagamenti

valle coperta: dolina profonda e stretta nascosta dalla vegetazione

valli cieche, valli asciutte, valli di risorgiva

stagni carsici e laghi effimeri (a scomparsa): inghiottitoi/risorgive



Morfologia e geometria delle doline monitorate

Oltre allo **sky-view factor**, i parametri fisici delle doline sono:

la forma a conca/depressione chiusa: l'aria non fuoriesce →(fondamentale!) → conica, cilindrica, a ciotola/piatto, imbuto.

l'ampiezza (diametro, perimetro)

→ diametro: da qualche decina di metri a qualche km. per le maggiori depressioni (Pian Cansiglio, Alpe Nana).

- "doline di doline", in una depressione più ampia (Valmenera)

- sistema di doline, altipiano carsico (Pale S.Martino).

il fondo: piatto, regolare, articolato, sconnesso, detriti, inghiottitoi

il suolo: roccioso, prativo, boscoso → inversione vegetazionale

la profondità (outflow depth)

Si misura dal punto più basso della dolina sino alla c.d. *sella di outflow*, punto più basso della circonferenza/perimetro superiore e punto di "tracimazione dell'aria fredda".

Outflow depth doline monitorate: da 8-10 (profondità min. per buone performance) fino a 150 metri e oltre; profondità eccessiva = peggiore sky view factor → minor capacità di raffreddamento per irraggiamento.

il volume: (lago d'aria fredda): da poche migliaia fino a decine di milioni di m³; si misura anche il volume dell'intero bacino di raccolta dell'aria fredda → se la dolina è in basso, alla confluenza dei flussi d'aria di un bacino soprastante si accentua l'accumulo dell'aria fredda → minime assolute notevoli.

la presenza/distanza dai pendii (brezze di versante).

Pendio=riparo dai venti sinottici di macro-scala, tuttavia il fondo di una dolina (punto di monitoraggio T °C) se sovrastato da versanti molto ripidi può essere interessato da venti notturni c.d. catabatici o brezze che ostacolano l'inversione termica della dolina disturbando l'abbassamento notturno della temperatura (rimescolamento dell'aria).

Tipologie (forme) delle doline (frost hollows) e siti freddi monitorati nel progetto Doline Trivenete.

- conche, cavità, voragini, "buchi", avvallamenti, fondovalle
- altipiani lievemente depressi (M.Millegrobbe, Campo Rossignolo)



- doline carsiche classiche (Prà Campofilone, Busa della Candaglia)
- sistemi di doline (altopiano Pale S.Martino) e doline di doline (Valmenera)
- doline soggette alla comparsa di laghi effimeri (laghi di Andalo e Doberdò)
- doline di cresta o sommitali (Rif. Lancia, Cornetti Portule)
- circhi glaciali e depressioni glacio-carsiche (Conca Prevala, Pozza Tram.)

Immagini dalle doline monitorate nell'ambito del Progetto Busa di Manna m.2546 – dolina in altopiano glacio-carsico



Dati tecnici dolina e lago di aria fredda: altitudine fondo: 2546 m - altitudine sella di outflow: 2579 m - profondità massima (outflow depth): 33 m - area del lago: 14,9 hm² - perimetro del lago: 1831 m - volume del lago: 1.900.000 m³ - sky-view factor: 0,91 - elevazione media orizzonte: 17.4°. Record: -47,0 °C.

Le doline delle Dolomiti di Brenta

Malga Spora (m. 1835) – depressione glacio carsica



Dati tecnici dolina e lago di aria fredda: altitudine fondo: 1834,5 m -altitudine sella di outflow: 1.877 m - profondità max. (outflow depth): 42,5 mt. - perimetro 2.120 mt. - superficie 240.000 m² - volume lago d'aria 8.500.000 m³. Record: -38,3 °C.



inghiottitoio (26.6.10)

Pozza Tramontana (o Busa Tremenda m 2097) glacio-carsica



Dati tecnici dolina e lago di aria fredda: altitudine fondo:2097,4 mt; altitudine sella di outflow:2219,2; profondità massima:121,8 mt; area del lago: 502.270 mq; perimetro:3.002 mt; volume:30.084.148 mc; record: -40,2 °C



Alpe Nana (m. 2062) – dolina in altopiano carso-glaciale



Dati tecnici dolina e lago di aria fredda: alt.fondo: 2061.9 m – alt.sella outflow: 2096.3 m. -**altezza sensore dal suolo 4,5 m** - profondità max: 34.4 m - area lago: 37,1 hm² - perimetro lago: 2.500 m - volume del lago: 4.675.867 m³ - sky-view factor: 0,942 – elev. media orizzonte: 13.9° - **record -41,9 °C**



La forma e la collocazione della dolina perfetta

Sono in corso studi e ricerche della depressione ideale (punte minime rilevanti + estremizzazione dell'inversione termica):
- deve essere ampia, suff. profonda, non soggetta a brezze, sottosuolo carsico, orizzonte molto basso, protetta dai venti sinottici, alimentata da altra aria fredda, in quota (oltre i 1.500 mt.), bilanci radiativi fortemente negativi → si deve creare un sistema chiuso.

Siti molto noti in Europa (Alpi):
(Funtensee DE, m. 1601 -46°C) (Glattalp CH, m. 1850 -52°C)



Frontiere della ricerca delle doline.

“E' logico che fa più freddo laggiù”...tuttavia suscitano interesse:

climatologia (micro): T. notturne anche 30°C più basse della libera atmosfera a parità di quota, inversioni termiche notturne strabilianti, con T °C sul fondo 20-30°C più bassi rispetto alla T°C della sella di out flow, gradiente termico verticale anche oltre 1°C/mt, oscillazioni della T°C con aumenti fino a 25°C in un'ora e 20°C in 15', escursioni giornaliere fino a 40-45°C → sono alcuni tra gli aspetti più rilevanti di questi microclimi che meritano un approfondimento...

geologia, botanica e bio-chimica (carsismo, permafrost, vegetazione e botanica, aspetti chimici e microbiologici).

fisica dell'atmosfera: monitoraggio di uno strato spesso di aria molto stabile e i fenomeni che ne accompagnano la formazione e il mantenimento → i processi dinamici (inflow, outflow, onde di gravità, i processi turbolenti e gli scambi radiativi) → per future campagne di monitoraggio intensivo: strum. complessa e resistente.



Altre caratteristiche fisiche e morfologiche determinanti:

Caratteristiche del suolo (copertura nevosa, rocce, erba, vegetazione, vuoti e cavità) → differente capacità radiativa

suolo innevato (30 cm di neve polverosa, isolante termico), vegetazione scarsa o assente, preferibilmente roccioso e sottosuolo di tipo carsico, che oltre a favorire la formazione di doline e le depressioni, presenta un'alta conducibilità termica ed una bassa capacità termica, scambi radiativi (termici) fra la superficie del terreno ed il substrato

Altitudine elevata: infatti, la "fabbricazione" sul posto del freddo da parte della sinkhole, può portare abbassamenti termici che vanno, nel periodo invernale, dai 15 ai 30°C, rispetto alla temperatura di partenza. Inoltre la minore densità dell'aria in alta quota pur favorendo l'erosione del lago di aria fredda da parte dell'eventuale ventilazione ne accentua la perdita notturna di calore per irraggiamento.

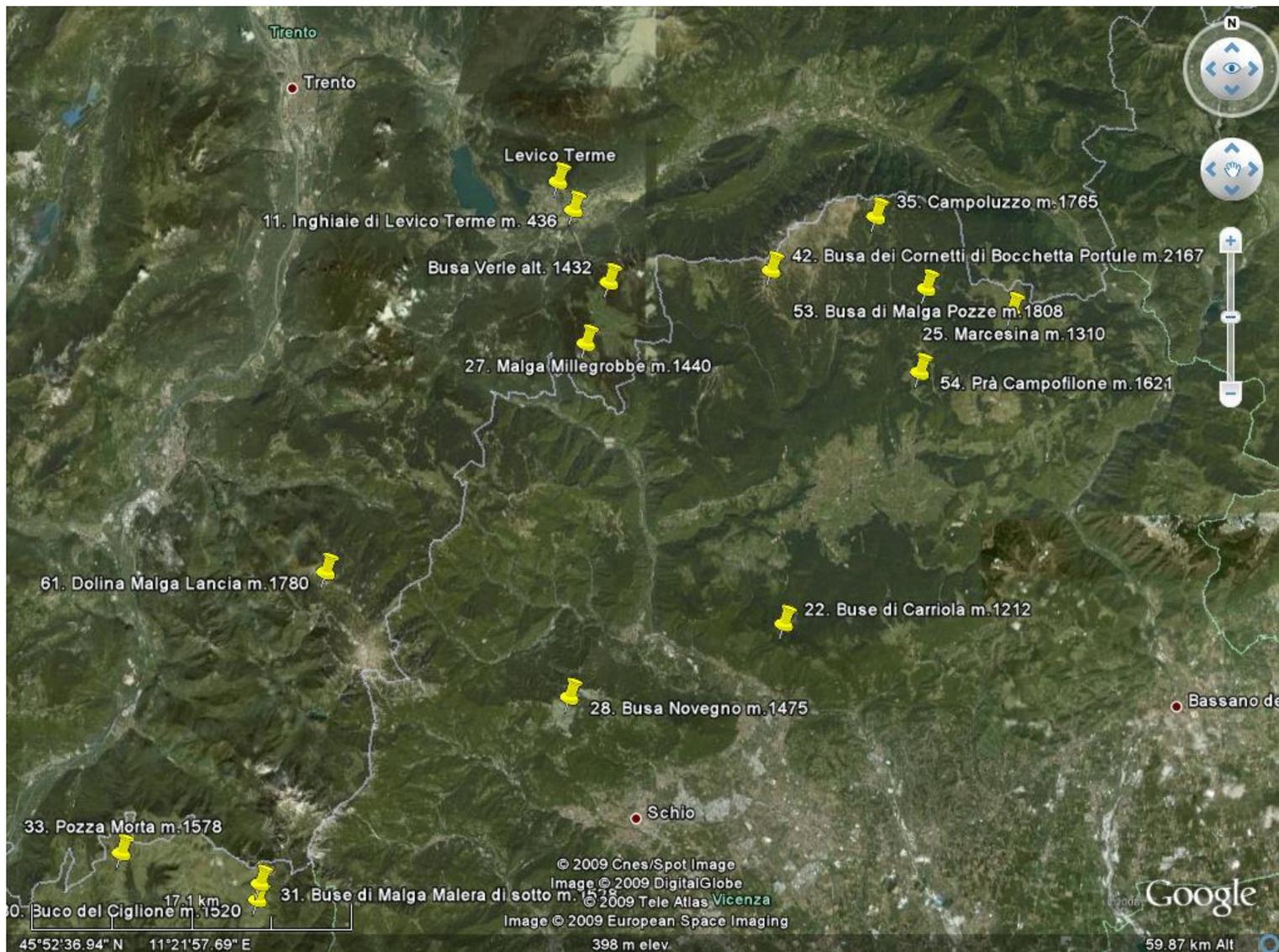
Latitudine: più elevata è la latitudine e più le masse d'aria sono fredde ed inoltre la dolina beneficia di una ridotta insolazione invernale.

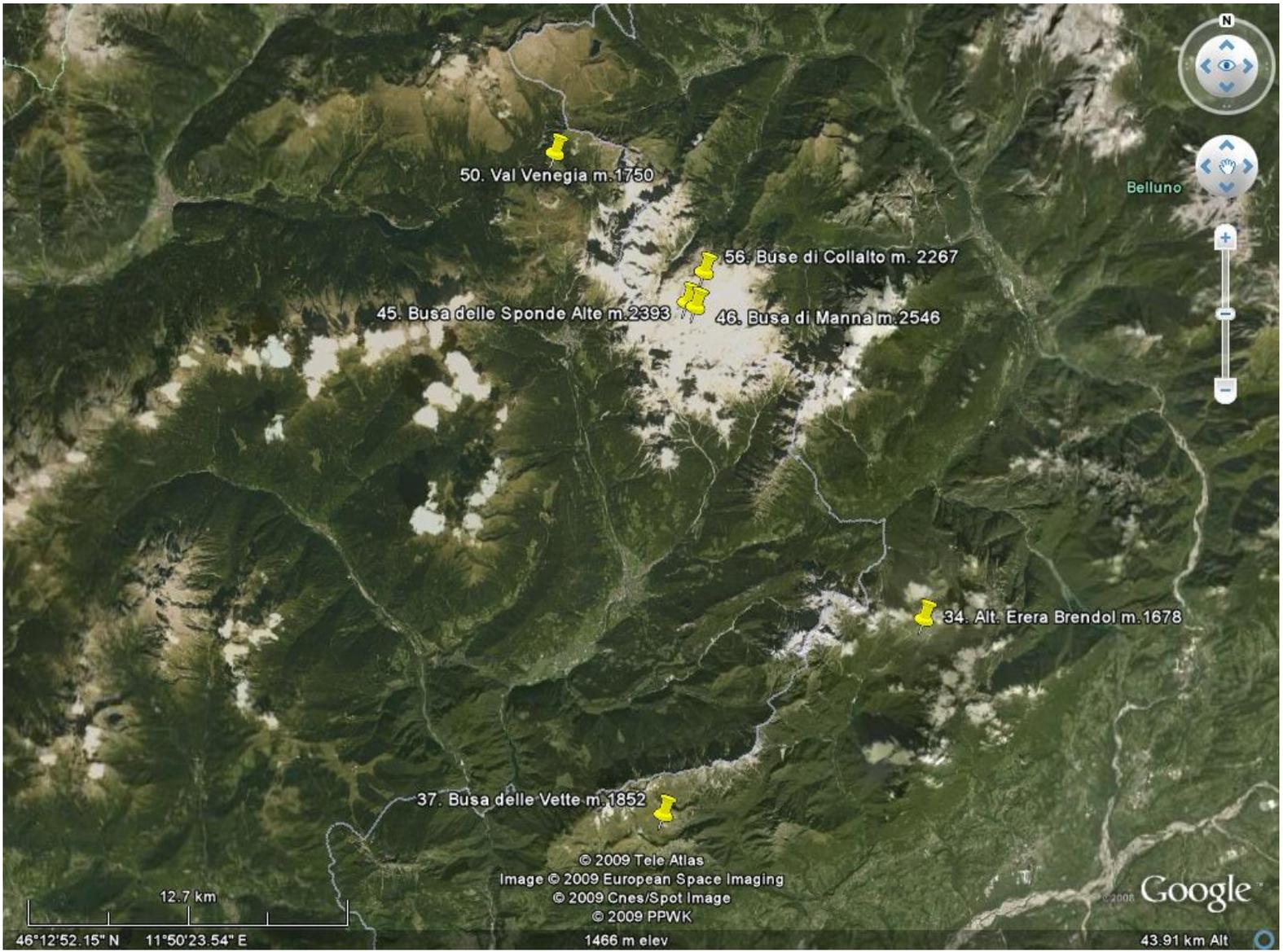


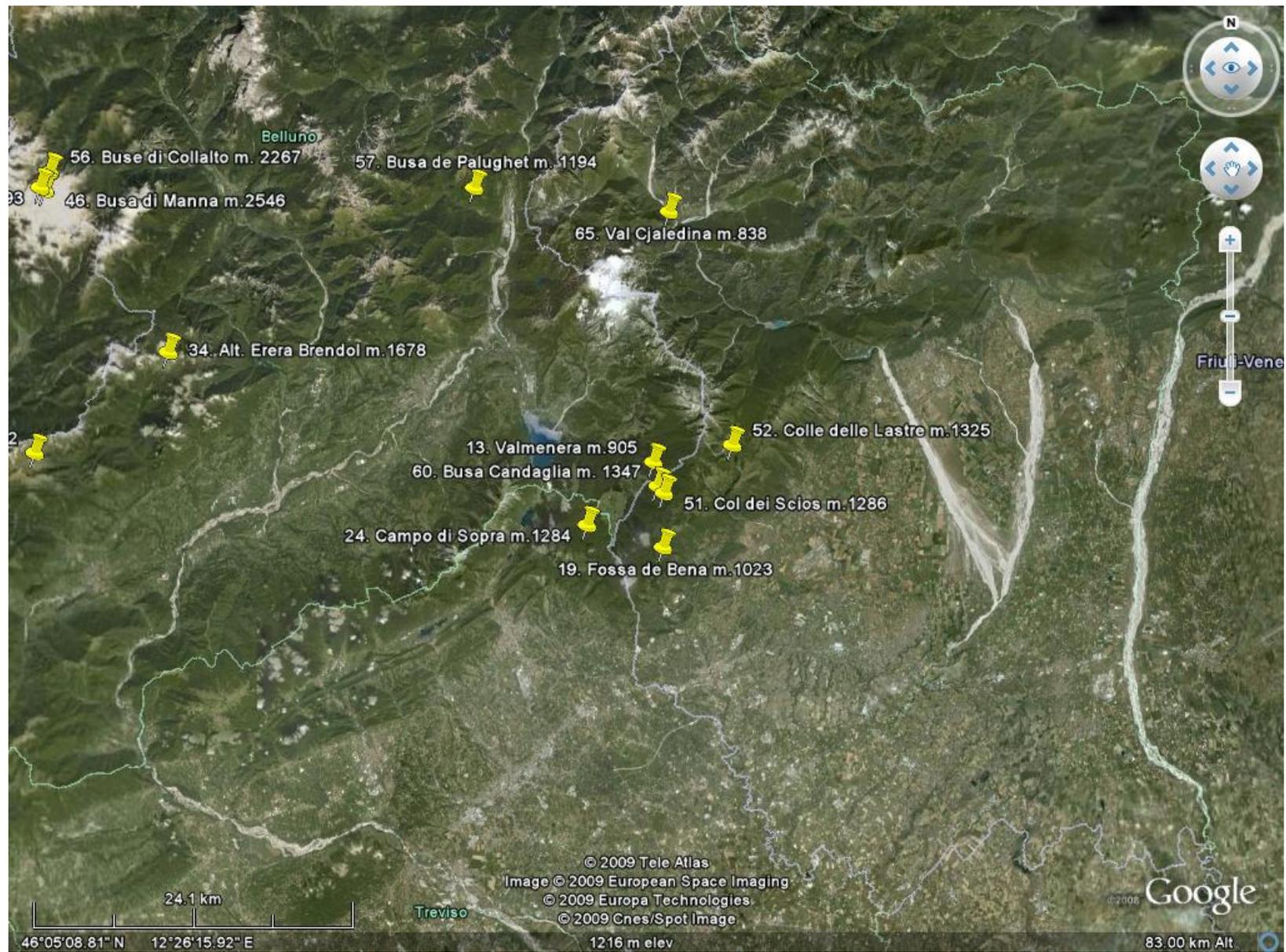
nella foto: dolina di Mrzla Komna (Slovenia) - record - 49 °C

SITI MONITORATI STAGIONE 2009/2010









REPORT STAGIONE DI MONITORAGGI 2009/2010

<http://doline.meteotriveneto.it/> - (nuovi strumenti di monitoraggio)

Temperature minime assolute e massime variazioni nell'inverno 2009/2010

La temperatura minima ridotta è riferita al livello del mare utilizzando il gradiente dell'atmosfera standard, cioè 0,65°C ogni 100 m.

Il tipo corrisponde a: D=dolina, S=sito freddo. Tutte le temperature sono espresse in °C.

Sono riportati anche i valori massimi di aumento e di diminuzione della temperatura nell'arco di 15 minuti e di un'ora.

Inverno 2009/2010	ente	tipo	quota	minima assoluta			max aumento 15'		max aumento 60'		max diminuzione 15'		max diminuzione 60'	
				temper.	data	t. ridotta	aum 15'	data	aum 60'	data	dim 15'	data	dim 60'	data
Doberdo'	Umfvg	D	35 m	-22,6	20/12	-22,4	8,2	17/04/10 6.45	13,6	09/04/10 8.00	-4,1	07/04/10 19.00	-9,3	01/11/09 16.15
Modoletto	OSMER	S	178 m	-19,7	20/12	-18,5	3,2	12/04/10 6.30	7,7	26/04/10 5.45	-3,3	31/03/10 15.30	-6,3	09/04/10 17.00
Inghiaie Levico	M3V	S	436 m	-15,9	20/12	-13,1	5,6	02/02/10 11.00	9,3	01/02/10 10.45	-3,0	14/02/10 16.45	-7,5	11/11/09 15.45
Seeboden Rutte Pic.	M3V	S	795 m	-25,6	20/12	-20,5	9,2	18/12/09 10.00	14,9	18/12/09 9.45	-4,2	21/12/09 4.45	-6,4	18/01/10 15.45
Busa di Scardon	M3V	S	815 m	-18,8	20/12	-13,5	8,1	01/02/10 0.30	11,1	20/12/09 9.45	-4,1	02/02/10 3.15	-8,9	01/02/10 4.30
Passo Tanamea	OSMER	S	830 m	-15,0	20/12	-9,6	4,6	20/12/09 23.00	7,0	06/04/10 6.30	-4,0	07/02/10 4.30	-6,0	26/04/10 14.00
Val Cjaledina	OSMER	S	838 m	-14,8	20/12	-9,4	6,0	14/03/10 9.00	11,0	17/03/10 8.30	-3,8	24/03/10 13.45	-7,3	26/04/10 13.00
Valico di Fusine	UMFVG	S	849 m	-26,3	20/12	-20,8	5,6	03/01/10 10.15	11,0	19/01/10 9.15	-3,4	07/02/10 12.00	-6,4	20/12/09 14.15
Valmenera	ARPAV	D	905 m	-30,2	01/02	-24,3	4,7	09/02/10 9.45	9,2	01/02/10 10.45	-6,1	20/01/10 13.45	-8,1	01/02/10 15.15
Lago di Fusine	UMFVG	S	925 m	-22,2	20/12	-16,2	4,3	12/12/09 21.45	7,2	21/02/10 10.30	-4,1	21/02/10 12.15	-5,8	23/12/09 21.30
Val Saisera	UMFVG	S	930 m	-21,2	20/12	-15,1	5,7	28/02/10 1.00	8,1	21/01/10 12.30	-5,0	27/02/10 15.15	-8,5	14/02/10 14.45
Prai da Gom	M3V	D	1047 m	-28,7	01/02	-21,9	7,4	08/02/10 10.30	18,3	01/02/10 10.45	-5,1	11/12/09 5.45	-11,3	12/02/10 16.30
Val Bortolo	OSMER	S	1089 m	-24,6	20/12	-17,5	6,2	21/02/10 8.15	14,9	21/02/10 8.15	-3,4	28/03/10 14.45	-6,4	02/02/10 15.15
Busa de Palughet	M3V	D	1194 m	-33,0	01/02	-25,2	7,2	09/02/10 12.00	16,1	08/02/10 10.30	-4,2	24/03/10 15.00	-9,1	20/01/10 13.30
Buse di Carriola	ARPAV	D	1212 m	-34,9	20/12	-27,1	8,2	21/12/09 7.15	15,8	02/02/10 10.30	-3,8	28/02/10 11.15	-9,1	13/02/10 17.30
Campo di Sopra	ARPAV	D	1284 m	-32,9	20/12	-24,6	11,3	20/12/09 10.15	17,1	14/02/10 9.15	-3,7	02/02/10 4.15	-10,8	13/02/10 17.00
Col dei Scios	M3V	D	1286 m	-31,2	19/12	-22,9	16,2	31/01/10 23.45	20,7	15/02/10 8.30	-6,1	12/02/10 4.00	-12,1	09/02/10 3.15
Marcesina	ARPAV	S	1310 m	-29,1	20/12	-20,6	5,2	27/01/10 13.45	12,1	13/02/10 9.15	-6,0	20/01/10 14.45	-12,2	20/01/10 14.45

Inverno 2009/2010				minima assoluta			max aumento 15'		max aumento 60'		max diminuzione 15'		max diminuzione 60'	
Nome dolina	ente	tipo	quota	temper.	data t. ridotta	aum 15'	data	aum 60'	data	dim 15'	data	dim 60'	data	
Busa Candaglia	M3V	D	1246 m	-37,8	01/02	-29,7	9,1	03/01/10 12.00	16,7	04/02/10 8.45	-7,1	20/12/09 15.15	-14,7	03/01/10 13.45
Malga Millegrobbe	M3V	D	1440 m	-26,6	09/02	-17,2	12,6	24/01/10 5.15	16,9	14/02/10 0.00	-5,7	24/01/10 6.15	-11,2	13/02/10 16.30
Busa Verle Vezzena	M3V	D	1432 m	-28,8	09/02	-19,5	13,1	15/02/10 0.00	18,2	14/02/10 9.15	-8,5	02/04/10 11.30	-13,1	20/01/10 15.30
Busa Novegno	M3V	D	1475 m	-33,9	01/02	-24,3	15,1	02/02/10 6.45	22,6	21/01/10 2.15	-7,2	01/02/10 22.30	-17,1	01/02/10 7.45
Novegno Cnr Fondo	CNR/M3V	D	1475 m	-34,3	01/02	-24,8	13,5	21/01/10 2.30	22,0	21/01/10 2.15	-5,0	01/02/10 7.45	-15,9	01/02/10 7.45
Novegno Cnr Vers.	CNR/M3V	D	1494 m	-25,6	20/01	-15,9	8,1	17/12/09 18.30	18,6	21/01/10 1.45	-2,7	21/12/09 11.00	-7,8	23/01/10 16.15
Novegno Cnr Sella	CNR/M3V	D	1520 m	-15,1	20/12	-5,3	4,3	24/01/10 0.30	5,0	16/03/10 10.15	-3,0	21/12/09 11.00	-4,0	16/01/10 15.15
Ciglione	M3V	D	1520 m	-28,6	01/02	-18,7	15,0	20/01/10 9.45	19,5	14/03/10 8.45	-7,7	27/03/10 11.15	-11,6	14/03/10 12.15
Malga Malera	ARPAV	D	1528 m	-29,1	17/12	-19,1	13,0	02/12/09 7.15	17,3	15/01/10 23.30	-7,0	21/12/09 11.00	-10,5	19/01/10 2.30
Busa del Grolla	M3V	D	1544 m	-24,8	14/02	-14,8	9,2	08/02/10 19.30	12,9	20/01/10 9.15	-4,0	13/02/10 22.15	-10,7	13/02/10 22.00
Pozza Morta	M3V	D	1578 m	-28,0	02/02	-17,8	16,4	21/01/10 0.30	18,0	02/02/10 6.45	-6,8	01/03/10 4.45	-16,2	02/02/10 5.00
Sella Tuglia	OSMER	S	1580 m	-23,1	18/12	-12,8	6,6	26/04/10 11.45	9,0	01/03/10 8.30	-6,2	27/02/10 11.45	-9,1	26/04/10 12.00
Pra' Campofilone	M3V	D	1621 m	-40,9	01/02	-30,4	11,9	10/12/09 21.15	20,5	08/03/10 8.30	-4,7	17/01/10 15.00	-13,8	13/02/10 16.45
Erera-Brendol	ARPAV	D	1678 m	-40,1	01/02	-29,2	12,1	01/02/10 0.30	20,9	01/02/10 0.00	-4,9	28/12/09 4.30	-11,6	01/02/10 2.00
Passo Avanza	OSMER	S	1736 m	-18,8	20/12	-7,6	3,5	18/03/10 8.30	5,5	10/12/09 17.15	-3,5	25/11/09 18.45	-5,3	08/04/10 16.30
Busa di val Venegia	M3V	S	1750 m	-24,6	20/12	-13,2	2,5	22/11/09 14.15	5,5	22/11/09 14.00	-3,0	11/12/09 2.00	-5,5	14/12/09 15.45
Campoluzzo	ARPAV	D	1765 m	-39,7	01/02	-28,2	16,8	21/01/10 9.15	23,2	01/02/10 10.15	-4,1	12/02/10 16.30	-11,2	31/01/10 20.15
Malga Lancia	M3V	D	1780 m	-26,7	18/12	-15,1	10,6	01/03/10 23.45	14,1	06/04/10 8.15	-3,5	16/03/10 21.00	-8,6	16/03/10 21.00
Conca Prevala	OSMER	D	1783 m	-32,3	15/02	-20,7	6,5	26/12/09 5.30	11,3	21/01/10 4.15	-6,5	29/04/10 15.15	-9,0	08/02/10 12.00

Inverno 2009/2010				minima assoluta			max aumento 15'		max aumento 60'		max diminuzione 15'		max diminuzione 60'	
Nome dolina	ente	tipo	quota	temper.	data	t. ridotta	aum 15'	data	aum 60'	data	dim 15'	data	dim 60'	data
Malga Pozze	M3V	D	1808 m	-36,6	09/03	-24,8	15,2	04/02/10 7.30	24,5	21/01/10 1.45	-10,6	23/02/10 15.30	-16,0	08/03/10 3.15
Malga Spora	M3V	D	1835 m	-38,3	18/12	-26,3	11,6	16/03/10 4.30	20,3	01/02/10 11.00	-8,0	25/02/10 11.30	-14,1	08/02/10 15.15
Busa delle Vette	ARPAV	D	1852 m	-32,8	08/03	-20,8	10,6	14/02/10 22.15	18,6	14/02/10 21.45	-4,2	19/11/09 22.15	-9,1	15/12/09 1.00
Alpe Nana	M3V	D	2062 m	-41,9	01/02	-28,5	19,8	01/02/10 7.30	28,6	01/02/10 7.15	-5,2	03/01/10 6.15	-13,2	03/01/10 18.45
Pozza Tramontana	M3V	D	2097 m	-40,2	18/12	-26,6	16,3	20/11/09 2.30	21,0	20/11/09 2.15	-4,0	09/04/10 12.00	-7,8	17/01/10 22.00
Pian Pescu'	ARPAV	D	2112 m	-32,8	17/12	-19,1	8,4	16/01/10 10.15	13,8	16/01/10 9.45	-3,8	18/12/09 4.00	-10,3	08/02/10 16.00
Lago di Fosses	ARPAV	D	2142 m	-37,4	15/02	-23,5	10,9	05/11/09 10.45	14,8	13/03/10 9.45	-2,8	27/12/09 20.45	-8,0	13/02/10 17.00
Cornetti Portule	M3V	D	2167 m	-32,1	16/12	-18,0	19,3	15/12/09 4.15	23,2	20/01/10 19.45	-8,0	13/04/10 13.45	-16,3	16/12/09 5.45
Buse di Collalto	ARPAV	D	2267 m	-35,1	18/12	-20,4	12,4	12/11/09 0.30	15,9	12/11/09 0.15	-5,3	20/03/10 6.15	-11,1	12/02/10 2.30
Sponde Alte	ARPAV	D	2393 m	-45,5	18/12	-29,9	18,3	23/01/10 20.45	25,0	23/01/10 20.15	-4,6	02/04/10 3.00	-13,9	15/01/10 3.45
Busa di Manna	ARPAV	D	2546 m	-47,0	18/12	-30,5	17,5	18/12/09 8.00	23,8	15/01/10 8.00	-4,5	22/01/10 16.45	-12,9	08/03/10 4.15

Temperature minime assolute decadali nell'inverno 2009/2010

Località	quota	Novembre 2009			Dicembre 2009			Gennaio 2010			Febbraio 2010			Marzo 2010			Aprile 2010		
		I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III
Doberdo'	35 m	-6,6	-4,9	0,6	-7,2	-22,6	-9,7	-12,9	-12,0	-14,2	-13,8	-10,7	-2,2	-12,9	-11,0	-2,2	-4,7	-4,3	1,0
Modoletto	178 m				-2,7	-19,7	-5,0	-8,1	-7,5	-10,0	-9,5	-6,7	-1,8	-8,6	-5,2	-0,3	-0,8	-1,4	5,8
Inghiaie Levico	436 m	-2,9	-3,9	-2,8	-5,4	-15,9	-6,6	-10,2	-8,6	-11,3	-12,1	-11,3	-2,1	-7,0	-4,3	-0,8	-1,6	-2,8	1,9
Seeboden Rutte Pic.	795 m				-8,6	-25,6	-11,6	-15,7	-17,8	-21,1	-19,9	-14,0	-8,0						
Busa di Scardon	815 m		-2,5	-0,6	-5,9	-18,8	-8,3	-10,3	-9,1	-16,6	-13,6	-13,2	-3,3						
Passo Tanamea	830 m				-2,2	-15,0	-4,7	-11,8	-9,0	-13,0	-13,0	-8,8	-2,8	-10,9	-6,1	-1,1	-2,3	-0,4	4,0
Val Cjaledina	838 m			0,8	-3,3	-14,8	-5,7	-11,7	-9,0	-13,6	-12,0	-9,0	-3,6	-10,9	-5,9	-1,5	-1,9	-2,5	3,4
Valico di Fusine	849 m			-0,4	-8,9	-26,3	-12,0	-20,9	-19,2	-23,2	-22,9	-16,6	-10,3						
Valmenera	905 m	-8,3	-7,2	-7,1	-9,3	-24,5	-12,6	-26,6	-18,1	-30,2	-29,4	-15,8							
Lago di Fusine	925 m			-1,1	-9,1	-22,2	-10,0	-17,2	-15,1	-18,6	-18,4	-14,2	-8,7						
Val Saisera	930 m			-0,3	-8,8	-21,2	-9,7	-16,9	-14,8	-18,7	-17,7	-13,1	-7,8						
Prai da Gom	1047 m				-11,9	-25,4	-3,5			-28,7	-27,1	-24,6	-10,7	-17,8	-14,3				
Val Bortolo	1089 m			-2,3	-8,9	-24,6	-9,8	-17,7	-16,3	-21,9	-18,6	-18,4	-7,8	-17,2	-15,1	-4,9	-6,7	-3,8	-0,1
Busa de Palughet	1194 m	-9,5	-10,6	-9,0	-16,3	-29,9	-10,0	-20,2	-24,5	-33,0	-27,4	-27,9	-10,4	-20,9	-22,4	-5,7	-11,7		
Buse di Carriola	1212 m	-9,6	-11,7	-7,8	-17,7	-34,9	-16,7	-23,0	-27,3	-34,1	-28,2	-30,3	-12,5	-26,3	-26,3	-10,3	-11,4	-11,6	-5,2
Campo di Sopra	1284 m		-9,1	-9,1	-16,9	-32,9	-15,3	-32,9	-25,3	-32,1	-27,6	-27,2	-14,1	-25,0	-23,7				
Col dei Scios	1286 m	-11,0	-12,0	-7,4	-16,5	-31,2	-12,5			-30,7	-28,2	-27,7	-12,5	-23,1	-20,1	-4,4			
Marcesina	1310 m	-11,6	-14,7	-9,1	-14,1	-29,1	-15,7	-20,1	-21,8	-27,9	-25,8	-21,5							
Busa Candaglia	1246 m			-7,0	-18,1	-35,3	-15,5	-36,3	-25,1	-37,8	-28,7	-27,2	-20,6	-27,2	-22,6	-9,0			
Malga Millegrobbe	1440 m					-24,2	-12,9	-16,8	-24,6	-23,5	-26,6	-24,8	-14,1	-23,7	-22,6	-12,5	-12,5	-11,3	-3,9
Busa Verle Vezzena	1432 m	-15,8	-18,0	-5,7	-15,8	-24,8	-12,5	-19,1	-25,2	-23,8	-28,8	-26,7	-11,0	-24,7	-25,2	-12,0	-13,1	-14,6	-4,0
Busa Novegno	1475 m			-10,0	-20,6	-30,6	-18,0	-24,7	-28,8	-33,9	-30,7	-31,7	-17,6	-29,1	-29,2	-12,5	-12,5	-15,0	-6,0
Ciglione	1520 m		-6,6	-6,4	-18,3	-25,7	-12,6	-16,7	-27,5	-28,6	-26,2	-27,3	-14,5	-22,8	-25,8	-8,4			
Malga Malera	1528 m		-8,0	-6,0	-20,0	-29,1	-13,4	-17,4	-27,5	-24,8									
Pozza Morta	1578 m		-3,1	-4,5	-11,3	-22,4	-12,3	-15,9	-25,0	-23,8	-28,0	-22,4	-13,3	-20,0	-23,4				
Sella Tuglia	1580 m			-3,7	-12,1	-23,1	-12,9	-18,3	-16,5	-17,6	-16,0	-17,7	-9,3	-19,6	-15,7	-7,4	-8,6	-6,1	-1,5
Pra' Campofilone	1621 m		-15,3	-12,4	-23,9	-37,2	-24,8	-29,7	-30,9	-40,9	-34,9	-34,0	-23,7	-34,7	-29,6	-21,3	-27,1	-18,3	-9,5

Località	quota	Novembre 2009			Dicembre 2009			Gennaio 2010			Febbraio 2010			Marzo 2010			Aprile 2010		
		I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III
Erera-Brendol	1678 m	-22,4	-24,5	-12,4	-22,0	-34,6	-19,1	-32,5	-31,3	-40,1	-33,6	-34,0	-19,2	-31,1	-26,5	-20,9	-20,4	-17,2	-7,4
Passo Avanza	1736 m			-4,3	-7,8	-18,8	-10,3	-16,9	-10,9	-14,7	-14,3	-13,6	-8,5	-15,5	-10,6	-7,1	-6,8	-6,7	0,1
Busa di val Venegia	1750 m		-5,9	-7,9	-14,0	-24,6	-14,5												
Campoluzzo	1765 m	-26,3	-28,7	-12,0	-26,3	-38,9	-22,8	-29,4	-32,7	-39,7	-35,0	-36,4	-20,9	-37,2	-30,9	-22,2	-26,8	-22,2	-9,7
Malga Lancia	1780 m	-12,5	-15,6	-5,0	-16,1	-26,7	-16,1	-18,1	-15,6				-15,1	-22,6	-20,1	-12,5	-15,1	-9,5	-4,0
Conca Prevala	1783 m			-10,1	-21,3	-29,9	-14,7	-24,3	-29,4	-26,6	-27,1	-32,3	-15,3	-20,4	-18,6	-12,4	-19,6	-13,5	-1,5
Malga Pozze	1808 m	-22,1	-25,1	-9,5	-26,2	-34,6	-17,5	-20,4	-31,1	-29,0	-32,6	-32,0	-17,0	-36,6	-28,7	-11,0			
Malga Spora	1835 m		-11,0	-13,0	-24,6	-38,3	-19,5	-31,7	-32,2	-37,4	-33,8	-32,3	-22,7	-28,2	-25,7	-18,6	-20,1	-13,0	-6,0
Busa delle Vette	1852 m	-20,6	-18,3	-7,3	-21,7	-29,8	-13,9	-18,1	-29,1	-27,5	-26,8	-31,8	-14,4	-32,8	-22,6	-13,4	-16,7	-19,5	-1,8
Alpe Nana	2062 m	-29,4	-26,8	-23,9	-28,3	-41,3	-24,0	-33,4	-32,8	-41,9	-37,6	-38,5	-20,3	-40,0	-29,1	-29,1	-35,3	-22,0	-7,2
Pozza Tramontana	2097 m	-27,4	-27,8	-13,9	-28,2	-40,2	-21,1	-27,7	-34,2	-37,5	-33,7	-36,1	-19,3	-34,2	-29,6	-18,4	-26,2	-20,8	-6,4
Pian Pescu'	2112 m	-22,5	-21,7	-17,8	-23,7	-32,8	-19,6	-32,1	-26,1	-29,1	-29,0	-30,6	-13,8	-20,9	-25,0				
Lago di Fosses	2142 m	-24,1	-23,3	-13,1	-29,9	-36,9	-24,4	-36,5	-33,1	-33,6	-36,5	-37,4	-19,3	-21,7	-29,1				
Cornetti Portule	2167 m		-14,5	-8,1	-25,6	-32,1	-15,2	-27,2	-30,5	-31,0	-24,3	-30,1	-18,0	-29,6	-18,5	-9,0	-29,7	-17,1	-1,4
Buse di Collalto	2267 m	-23,2	-22,3	-10,2	-25,8	-35,1	-20,2	-25,2	-30,3	-28,9	-27,5	-26,1	-19,5	-31,9	-24,0	-11,4	-20,4		
Sponde Alte	2393 m	-29,7	-14,2	-10,6	-28,7	-45,5	-25,1	-27,0	-33,3	-39,4	-37,6	-39,7	-22,2	-41,4	-32,5	-18,3	-34,2		
Busa di Manna	2546 m	-31,0	-22,6	-11,8	-30,7	-47,0	-28,5	-31,4	-37,3	-37,0	-17,1	-41,0	-26,0	-42,2	-32,8	-24,2	-34,3		
Busa del Grolla	1544 m				-3,3	-23,5	-13,6	-17,9	-23,9	-23,7	-23,9	-24,8							
Novegno Hobo fondo	1475 m					-30,5	-17,7	-24,4	-28,8	-34,3	-30,8	-31,5	-17,6	-29,1	-29,2	-7,9			
Novegno Hobo vers.	1494 m					-25,3	-10,9	-17,8	-25,6	-23,2	-20,8		-12,1	-21,2	-24,7	-4,7			
Novegno Hobo sella	1520 m					-15,1	-5,8	-11,3	-10,4	-11,6	-9,7		-3,7	-13,5	-9,6	0,8			
Campoluzzo 2	1765 m															-22,7	-27,3	-22,4	-10,4

MEDIE GIORNALIERE PIU' BASSE STAGIONE 2009/2010 °C


D	POZZA TRAMONTANA	2097 TN	-36,8	16/12	METEO TRIVENETO
D	ALPE NANA	2062 TN	-33,9	16/12	METEO TRIVENETO
D	MALGA SPORA	1835 TN	-33,0	18/12	METEO TRIVENETO
D	BUSA DI MANNA	2546 TN	-33,0	15/12	ARPAV
D	BUSA DELLE SPONDE ALTE	2393 BL	-31,6	15/12	ARPAV
D	CAMPOLUZZO	1765 VI	-28,6	18/12	ARPAV
D	LAGO DI FOSSES	2142 BL	-27,4	14/02	ARPAV
D	BUSA CANDAGLIA	1347 PN	-26,8	03/01	METEO TRIVENETO
D	PRA' CAMPOFILONE	1621 VI	-26,6	20/12	METEO TRIVENETO
D	BUSE DI CARRIOLA	1212 VI	-26,3	20/12	ARPAV
D	ALTOPIANO ERERA BENDOL	1678 BL	-26,2	20/12	ARPAV
D	CONCA PREVALA - CANIN	1783 UD	-26,0	20/01	OSMER
D	PLAN PESCU'	2112 BZ	-25,7	17/12	ARPAV
D	BUSA DI MALGA POZZE	1808 VI	-25,6	18/12	METEO TRIVENETO
D	CAMPO DI SOPRA	1284 TV	-25,0	20/12	ARPAV
D	BUSE DI COLLALTO	2267 BL	-25,0	18/12	ARPAV
D	BUSA DE PALUGHET	1194 BL	-24,9	20/12	METEO TRIVENETO
D	BUSA NOVEGNO	1475 VI	-23,5	20/01	M3V - CNR/ISAC
S	MARCESINA	1310 VI	-23,1	20/12	ARPAV
D	BUSA DELLE VETTE	1852 BL	-22,4	18/12	ARPAV
S	BUSA DI VAL VENEGIA	1750 TN	-21,2	18/12	METEO TRIVENETO
D	BUCO DEL CIGLIONE	1520 VR	-20,3	20/01	METEO TRIVENETO
D	BUSA DI MALGA MALERA DI SOTTO	1528 VR	-20,3	20/01	ARPAV
D	COL DEI SCIOS	1286 PN	-19,2	20/12	METEO TRIVENETO
D	VALMENERA	905 BL	-19,1	01/02	ARPAV
D	DOLINA MALGA LANCIA	1780 TN	-19,0	18/12	METEO TRIVENETO
S	SEEBODEN RUTTE PICCOLO	795 UD	-18,4	20/12	METEO TRIVENETO
S	SELLA TUGLIA	1580 UD	-18,4	18/12	OSMER
S	VAL BARTOLO	1089 UD	-18,3	20/12	OSMER
D	BUSA DEI CORNETTI PORTULE	2167 VI	-18,3	16/12	METEO TRIVENETO
D	LAGO SUPERIORE DI FUSINE	925 UD	-17,9	18/12	UMFVG
D	PRAI DA GOM	1047 TN	-17,4	01/02	METEO TRIVENETO
D	BUSA VERLE - VEZZENA	1432 TN	-17,4	20/01	METEO TRIVENETO
S	VAL SAISERA	930 UD	-17,1	18/12	UMFVG
D	MALGA MILLEGROBBE	1440 TN	-16,9	20/12	METEO TRIVENETO
S	PASSO AVANZA	1736 UD	-16,2	18/12	OSMER
S	VALICO DI FUSINE	849 UD	-15,9	18/12	UMFVG
D	POZZA MORTA	1578 VR	-14,2	20/01	METEO TRIVENETO
S	VAL CJALEDINA	838 PN	-13,2	20/12	OSMER
D	BUSA DI SCARDON	815 VR	-12,7	20/12	METEO TRIVENETO
S	PASSO TANAMEA	830 UD	-12,7	20/12	OSMER
S	INGHIAIE DI LEVICO TERME	436 TN	-12,0	20/12	METEO TRIVENETO
D	VISINTINI DOBERDO'	35 GO	-8,1	18/12	UMFVG

MASSIME PIU' BASSE STAGIONE 2009/2010 PER TEMP. °C


D	POZZA TRAMONTANA	2097 TN	-34,3	16/12	METEO TRIVENETO
D	ALPE NANA	2062 TN	-20,9	16/12	METEO TRIVENETO
D	BUSA DE PALUGHET	1194 BL	-19,2	20/12	METEO TRIVENETO
D	BUSA DI MANNA	2546 TN	-18,9	15/12	ARPAV
D	LAGO DI FOSSES	2142 BL	-18,2	18/12	ARPAV
D	PLAN PESCU'	2112 BZ	-17,7	17/12	ARPAV
D	MALGA SPORA	1835 TN	-17,5	18/12	METEO TRIVENETO
D	CONCA PREVALA - CANIN	1783 UD	-16,7	20/01	OSMER
S	BUSA DI VAL VENEGIA	1750 TN	-16,5	17/12	METEO TRIVENETO
D	ALTOPIANO ERERA BENDOL	1678 BL	-16,4	18/12	ARPAV
D	BUSE DI COLLALTO	2267 BL	-15,6	19/12	ARPAV
D	BUSA DELLE VETTE	1852 BL	-15,3	18/12	ARPAV
D	BUSA DELLE SPONDE ALTE	2393 BL	-15,3	15/12	ARPAV
S	SELLA TUGLIA	1580 UD	-15,2	20/12	OSMER
D	LAGO SUPERIORE DI FUSINE	925 UD	-15,1	18/12	UMFVG
S	VAL SAISERA	930 UD	-13,6	18/12	UMFVG
D	DOLINA MALGA LANCIA	1780 TN	-13,1	18/12	METEO TRIVENETO
D	BUSA DI MALGA POZZE	1808 VI	-12,6	18/12	METEO TRIVENETO
S	PASSO AVANZA	1736 UD	-12,2	19/12	OSMER
D	BUSA DEI CORNETTI PORTULE	2167 VI	-11,9	09/03	METEO TRIVENETO
D	CAMPOLUZZO	1765 VI	-11,6	18/12	ARPAV
S	VAL BARTOLO	1089 UD	-10,5	19/12	OSMER
D	BUSA NOVEGNO	1475 VI	-10,5	20/01	M3V - CNR/ISAC
D	PRA' CAMPOFILONE	1621 VI	-10,1	18/12	METEO TRIVENETO
D	BUSE DI CARRIOLA	1212 VI	-9,5	20/12	ARPAV
S	MARCESINA	1310 VI	-9,5	18/12	ARPAV
D	POZZA MORTA	1578 VR	-9,5	19/12	METEO TRIVENETO
S	VAL CJALEDINA	838 PN	-9,0	20/12	OSMER
D	COL DEI SCIOS	1286 PN	-9,0	20/12	METEO TRIVENETO
D	BUSA CANDAGLIA	1347 PN	-9,0	18/12	METEO TRIVENETO
D	BUCO DEL CIGLIONE	1520 VR	-8,8	20/12	METEO TRIVENETO
D	MALGA MILLEGROBBE	1440 TN	-8,7	19/12	METEO TRIVENETO
D	BUSA VERLE - VEZZENA	1432 TN	-8,5	19/12	METEO TRIVENETO
D	VALMENERA	905 BL	-8,4	04/01	ARPAV
D	BUSA DI MALGA MALERA DI SOTTO	1528 VR	-8,4	20/12	ARPAV
D	CAMPO DI SOPRA	1284 TV	-8,3	20/12	ARPAV
S	VALICO DI FUSINE	849 UD	-8,2	19/12	UMFVG
S	PASSO TANAMEA	830 UD	-8,1	20/12	OSMER
S	SEEBODEN RUTTE PICCOLO	795 UD	-8,0	19/12	METEO TRIVENETO
D	PRAI DA GOM	1047 TN	-5,9	18/12	METEO TRIVENETO
S	INGHIAIE DI LEVICO TERME	436 TN	-3,4	21/12	METEO TRIVENETO
D	BUSA DI SCARDON	815 VR	-2,7	24/01	METEO TRIVENETO
D	VISINTINI DOBERDO'	35 GO	-0,7	19/12	UMFVG

**Un'analisi del gradiente verticale di
temperatura minima
fra le doline
al paragone
con quello di siti ordinari quali quelli coperti
dalla rete meteorologica Arpa-Veneto
Aggiornamento al 2009/2010**

Ettore Dal Farra

Revisione 4, 16 settembre 2010.

1. Il gradiente verticale di temperatura.

Nello studio dei fenomeni meteorologici si fa frequentemente riferimento al fatto che la temperatura dell'aria tenda a variare sistematicamente con l'altitudine, e per la precisione alla circostanza che nella troposfera – lo strato più basso dell'atmosfera – al crescere della quota rispetto ad un'altitudine di riferimento si osservino temperature generalmente decrescenti, salvo in un primo strato a ridosso del suolo nel quale si manifesta in alcune circostanze il fenomeno dell'inversione termica. L'entità della variazione di temperatura per unità di altitudine, detta gradiente verticale di temperatura, è variabile e dipende da numerosi fattori, ma il suo valore medio viene indicato generalmente in circa $-0,65^{\circ}\text{C}$ ogni 100 metri di aumento dell'altitudine - vedere ad esempio Rigutti (2007) e Colacino e Conte (1995).

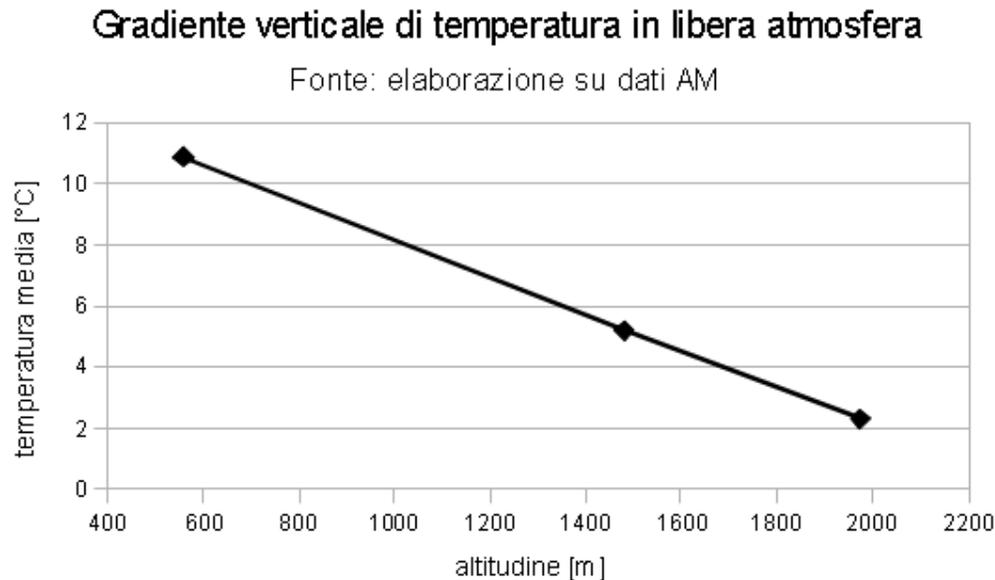


Fig. 1: Temperature medie a tre diversi livelli di altitudine rilevate in serie pluriennali di radiosondaggi effettuati due volte al giorno a Udine-Campoformido dall'Aeronautica Militare tra il 1963 e il 1976. Il gradiente verticale di temperatura risulta pari a $-6,1^{\circ}\text{C}$ per 1000 metri di altitudine.

Questo significa che fra due punti posti lungo la medesima colonna verticale d'aria distanti tra loro 100 metri osserveremmo mediamente $0,65^{\circ}\text{C}$ di differenza di temperatura, con il punto più alto che verrebbe ad essere $0,65^{\circ}\text{C}$ più freddo, in media, del punto più basso. Se la distanza verticale fra i due punti salisse a 1000 metri, si dovrebbe osservare una differenza media di temperatura di circa $6,5^{\circ}\text{C}$ tra di loro, con il punto più alto ancora una volta in condizioni di temperatura più bassa di quello più basso. Vediamo in figura 1 un esempio di variazione della temperatura media al variare dell'altitudine, ottenuto elaborando i dati rilevati per mezzo di radiosondaggi effettuati a Udine dall'Aeronautica Militare tra il 1963 e il 1976:

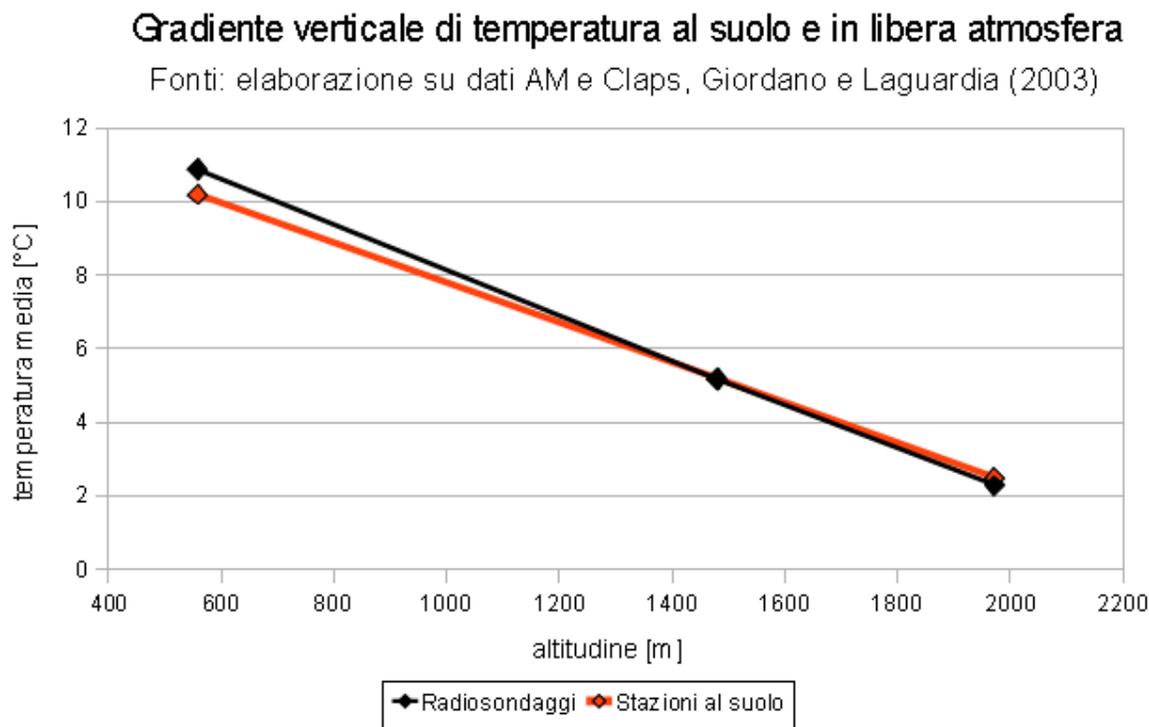


Fig. 2: Confronto fra il gradiente verticale di temperatura ricavato dai radiosondaggi di Udine (1963-1976) e quello ricavato dal modello statistico di Claps, Giordano e Laguardia (2003).

Come è possibile osservare, nella libera atmosfera la temperatura nell'intervallo considerato – tra circa 550 e circa 1950 metri – si mostra decrescente in modo costante, con un gradiente di $-6,1^{\circ}\text{C}$ per ogni 1000 metri di aumento dell'altitudine. All'altitudine di 560 metri sul livello del mare infatti la temperatura media è di circa 11°C , a 1480 metri è pari a circa 5°C e a 1970 metri circa corrisponde a $2,3^{\circ}\text{C}$.

Anche gli studi basati su stazioni al suolo rivelano l'esistenza di un fattore di proporzionalità fra la temperatura e l'altitudine, per la semplice ragione che la temperatura al suolo dipende in buona parte dalla temperatura della massa d'aria che investe la zona al momento della misurazione. A parità di altri fattori, infatti, in presenza di aria calda proveniente dall'Africa misureremo temperature relativamente elevate, e in presenza di masse d'aria molto fredda proveniente dall'artico misureremo temperature relativamente basse. Il gradiente verticale di temperatura relativo a punti al suolo anziché in libera atmosfera può essere stimato esaminando le temperature rilevate da stazioni meteorologiche posizionate a diverse altitudini e confrontandole tra di loro tenendo conto delle altitudini stesse. Ad esempio è possibile calcolare la media delle temperature rilevate dalle stazioni al livello del mare, la media delle temperature rilevate da stazioni situate a 1000 metri sul livello del mare, e poi calcolare la differenza fra le due medie delle temperature. Attraverso l'uso di tecniche di analisi statistica di maggior complessità è possibile ricavare il gradiente verticale di temperatura di una certa zona relativo a periodi prolungati o a singoli giorni o ore o ad istanti precisi senza bisogno di disporre di stazioni ad altitudini prefissate ma formalizzando la relazione fra temperatura e altitudine attraverso un idoneo modello.

Ad esempio, Claps, Giordano e Laguardia (2003) in uno studio basato sulle temperature medie di serie storiche almeno decennali relative a 754 diverse stazioni meteorologiche distribuite sul territorio italiano a diverse altitudini, hanno stimato un gradiente altitudinale di temperatura media pari a $-6,4^{\circ}\text{C}$ per 1000 metri di altitudine, che tenendo conto anche della latitudine diviene di circa a $-5,3^{\circ}\text{C}$ per 1000 metri di altitudine. Claps e Sileo (2001) in uno studio sulle temperature medie rilevate da 80 stazioni meteorologiche con almeno 20 anni di dati rilevati nell'Italia meridionale hanno stimato un gradiente

verticale di temperatura pari a $-6,3^{\circ}\text{C}$ per 1000 metri di altitudine.¹ In figura 2 è esposto un paragone fra la retta che esprime il gradiente verticale di temperatura ottenuta dai radiosondaggi di Udine Campofornido del periodo '63-'76 e quella ricavata dai dati misurati da stazioni al suolo.

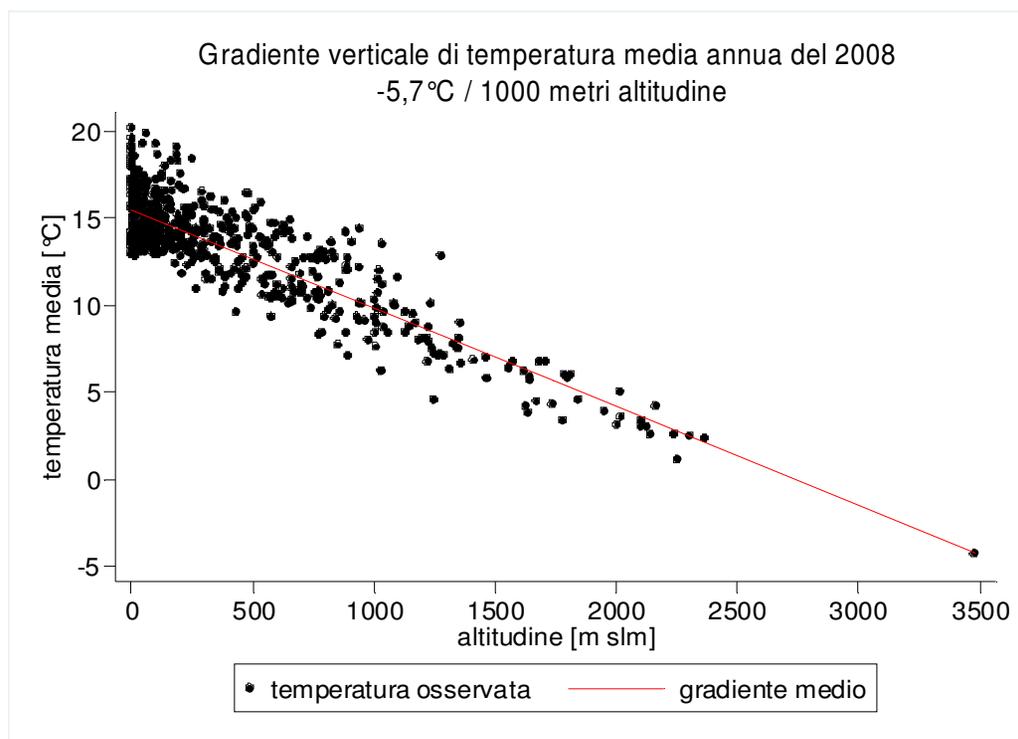


Fig. 3: Gradiente verticale di temperatura media annua del 2008 stimato sulla base delle misure effettuate da 591 stazioni meteorologiche italiane. Il gradiente risulta pari a $-5,7^{\circ}\text{C}$ per 1000 metri di altitudine. Fonte: elaborazione su dati reperiti in SCIA.

¹ Si può presumere che il gradiente verticale di temperatura ottenuto dai dati di stazioni meteorologiche distribuite su tutto il paese differisca da quello ricavato usando solo stazioni del Sud a causa della presenza al Nord della Pianura Padana e di siti di fondovalle alpini, aree cioè caratterizzate da accentuate inversioni termiche da cui dipendono basse temperature invernali con effetti anche sulle temperature medie complessive.

Tale confronto rende evidente che l'andamento della temperatura al suolo al crescere dell'altitudine, nell'intervallo considerato non differisce in modo troppo accentuato da ciò che avviene nella libera atmosfera.² Applicando metodi di analisi simili a insiemi di dati contemporanei si ottengono peraltro risultati relativamente simili. Ad esempio, in figura 3 è presentato un diagramma a dispersione che esprime la relazione fra temperatura media annua del 2008 e altitudine in 591 stazioni meteorologiche italiane, mentre la linea retta che interpola i punti rappresenta il relativo gradiente verticale di temperatura ottenuta attraverso la tecnica della regressione lineare.

2. Il gradiente verticale di temperatura minima nelle doline nel 2009/2010.

Gli studi effettuati sulle doline hanno evidenziato una notevole capacità di queste ultime di produrre temperature minime estremamente basse, di cui il rapporto al quale appartiene questo contributo fornisce ampia e dettagliata documentazione. In letteratura e nei rapporti di ricerca si trovano studi, effettuati da ricercatori di diversi ambiti geografici, che riportano valori di temperatura sbalorditivi, come i -35°C raggiunti nel 2005 nella piana di Valmenera in Cansiglio, i -49°C rilevati nella dolina slovena di Mrzla Komna e i -40°C misurati a Campoluzzo sull'Altopiano di Asiago a inizio gennaio 2009, o i -23°C a Buse Maran a pochi chilometri da Vicenza nello stesso periodo. Quello che vi è di più sorprendente in questi valori, tuttavia, non è tanto l'entità numerica delle temperature raggiunte in questi siti, quanto le altitudini relativamente basse alle quali si raggiungono tali picchi di gelo. La conca di Valmenera infatti ha fondo a 905 metri slm, Buse Maran è a 336 metri slm, Campoluzzo si trova a 1765 metri e Mrzla Komna a 1592 metri sul livello del mare. Ciò nondimeno si sono verificate e si verificano ancora in questi luoghi temperature che alle nostre latitudini è raro osservare persino oltre i 3500 metri di quota.

² Si osserva peraltro che basandoci sulle stazioni al suolo troviamo temperature alle minori altitudini più basse di quelle rilevate dai radiosondaggi. Questo può dipendere dal fatto che alle minori altitudini sono più frequenti le stazioni in piano con basse temperature minime che abbassano le temperature medie mentre alle maggiori altitudini sono più frequenti le stazioni in pendio con temperature minime relativamente alte, e questa circostanza può attenuare il gradiente verticale di temperature per le stazioni al suolo rispetto a quello in libera atmosfera dove non si dà piano o pendio ma solamente massa d'aria senza suolo vicino.

Nel corso degli studi effettuati nel Triveneto dal 2006/2007 in avanti comparando le temperature minime di diverse doline situate a varie altitudini e rapportandole alle misure effettuate simultaneamente da stazioni meteorologiche appartenenti a reti dotate di finalità di monitoraggio ambientale ordinario, si sono presentati degli indizi che parevano suggerire delle peculiarità nella relazione fra temperature minime e altitudine nelle doline stesse, peculiarità che le porterebbero a sfuggire al criterio generale dei circa $-6,5^{\circ}\text{C}$ ogni 1000 metri di quota illustrato sopra. Nei seguenti paragrafi di questo lavoro saranno comparate le temperature minime rilevate nelle doline e quelle rilevate dall'Arpa Veneto, la cui rete di monitoraggio ambientale copre una grande varietà di siti, tipi e morfologie di suolo e costituisce una valida base per valutare le misure ottenute nelle *frost-hollow* in un quadro comparativo. I gradienti verticali di temperatura delle doline e delle stazioni situate in punti "normali" saranno a loro volta paragonati al fine di valutare l'entità di eventuali fenomeni particolari e di quantificarli.

3. Il gradiente verticale di temperatura minima della rete Arpav: il 4 gennaio 2009.

Per gran parte del Nordest Italia, il 4 gennaio è stato il giorno più freddo dell'inverno 2008-2009. Le misure effettuate in tale giorno ci possono fornire un buon esempio della relazione fra altitudine e temperatura minima sotto irruzione fredda in luoghi non selezionati sulla base di un particolare microclima freddo, bensì normali, medi, scelti spesso con il criterio di essere rappresentativi di aree relativamente vaste come paesi, città e zone di campagna in modo che con un numero limitato di stazioni meteorologiche si possano avere rilevazioni utili per stimare le condizioni di un grande territorio.

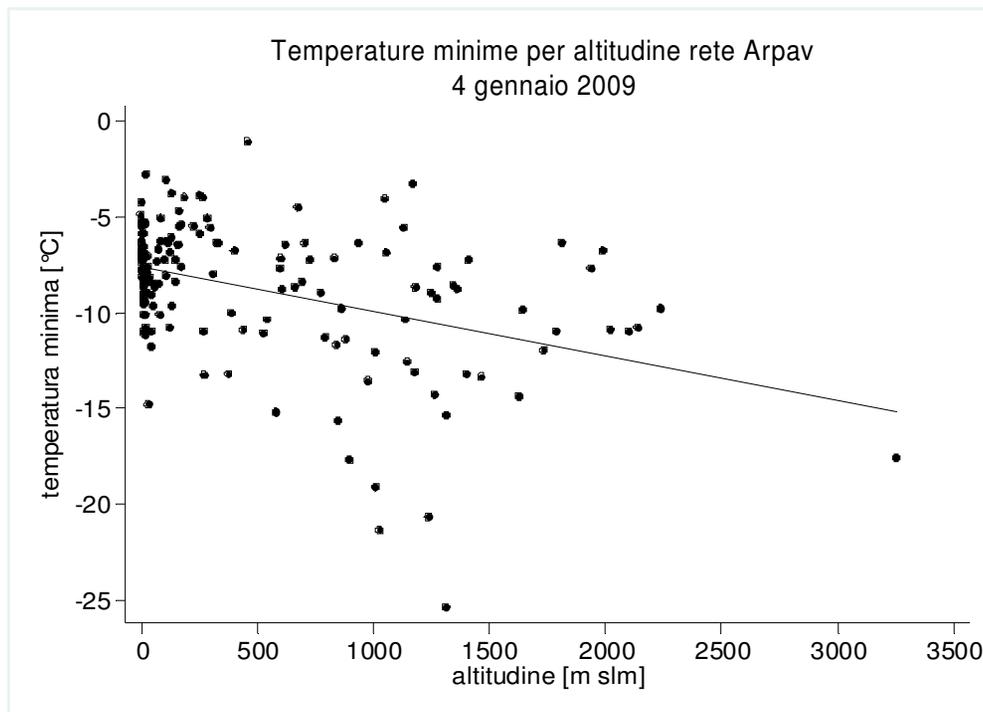


Fig. 4: Gradiente verticale di temperatura minima del 4 gennaio 2009 della rete Arpav stimato sulla base delle misure effettuate da 160 stazioni meteorologiche venete. Il gradiente risulta pari a $-2,3^{\circ}\text{C}$ per 1000 metri di altitudine. Fonte: elaborazione su dati tratti dal sito internet Arpav.

La media delle temperature minime rilevate da 160 stazioni della rete meteorologica Arpav³ il 4 gennaio 2009 è pari a $-8,8^{\circ}\text{C}$ (con deviazione standard di $3,5^{\circ}\text{C}$), mentre l'altitudine media delle stazioni stesse è di 483 metri sul livello del mare. In figura 4 è presentato un grafico a dispersione che illustra la relazione fra temperatura minima del 4 gennaio 2009 e altitudine delle 160 stazioni Arpav utilizzate.⁴ Nel grafico, l'asse orizzontale rappresenta l'altitudine, l'asse verticale rappresenta la temperatura minima, e i singoli punti rappresentano ciascuno una stazione meteorologica. Ogni punto ha coordinate date dall'altitudine (asse orizzontale) e temperatura minima (asse verticale) della corrispondente stazione. Possiamo notare

³ Tali temperature minime sono pubblicate quotidianamente dall'Arpav all'indirizzo internet http://www.arpa.veneto.it/upload_teolo/cmt_meteo/stazioni/realtime/tmin.txt

⁴ La stazione Arpav in Valmenera (Cansiglio) è esclusa da questo computo in quanto utilizzata più avanti come dolina.

all'estremo destro del grafico il punto relativo alla stazione in Marmolada, a un'altitudine di circa 3300 metri slm e con una temperatura minima di circa -18°C .

Come possiamo osservare, la cosiddetta "nuvola" di punti è molto meno compatta di quella vista in precedenza riferita alle temperature medie annue (figura 3). Si tratta infatti di dati di un solo giorno – e non di un intero anno – e di temperature minime – e non medie: questo rende il fenomeno intrinsecamente più variabile e asistematico e i trend più confusi. La linea retta diagonale che attraversa il grafico rappresenta il gradiente verticale di temperatura minima al crescere dell'altitudine. Il 4 gennaio il valore di questo gradiente è stato di $-2,3^{\circ}\text{C}$ per 1000 metri. Grazie alla scarsa ventilazione si sono verificate, infatti, condizioni favorevoli all'inversione termica e allo sviluppo di temperature minime molto basse nei siti pianeggianti, in conca, e nelle parti basse delle valli, mentre per i siti in altura e in pendio la temperatura relativamente modesta della massa d'aria (che ha toccato appena i $-8,1^{\circ}\text{C}$ all'isobara di riferimento di 850 hPa⁵) non ha permesso di raggiungere valori molto bassi. L'equazione della retta tracciata in figura 4 è stata ottenuta applicando ai dati di temperatura e altitudine del 4 gennaio un modello statistico, denominato "regressione lineare" che sotto alcuni assunti consente di formalizzare e quantificare la relazione funzionale lineare sussistente tra due variabili stimando in base a dati campionari osservati i coefficienti della linea che costituisce la loro migliore retta interpolante secondo il criterio dei minimi quadrati.⁶ Il modello di regressione stima i seguenti parametri per l'equazione della retta nell'immagine del 4 gennaio 2009, con alcune informazioni di contorno.⁷

Intercetta = $-7,6^{\circ}\text{C}$

Pendenza = $-2,3^{\circ}\text{C}$

Varianza spiegata = 17%

5 Dato rilevato dal radiosondaggio di Udine-Campoformido.

6 Per evitare lunghi e inutili tecnicismi, basti sapere che tale retta è quella che minimizza la sommatoria degli scarti al quadrato dei punti dalla retta stessa e che il suo uso è di cogliere e quantificare l'esistenza di tendenze lineari in insiemi di dati non trattabili come funzioni matematiche esatte come quelli qui discussi. Per maggiori dettagli vedere Wannacott e Wannacott (2009) o Gujarati (2003).

7 I coefficienti del modello sono statisticamente significativi all'1 per mille di probabilità con test a due code. La significatività è peraltro corroborata da controlli basati su metodi non-parametrici come l'uso di ricampionamenti *bootstrap*, e dalla tecnica del *jackknife*.

La retta nella figura ha quindi equazione

$$\hat{Y} = -7,6 - 2,3 * \text{altitudine}$$

Questo ci dice che in base al modello lineare si è avuta una media delle temperature minime di circa $-7,6^{\circ}\text{C}$ al livello del mare⁸, con una decrescita di $2,3^{\circ}\text{C}$ ogni 1000 metri di aumento di altitudine. E' da notare che i valori \hat{Y} previsti dal modello sono quelli che giacciono esattamente lungo la retta; la gran parte dei valori di temperatura osservati Y_i , tuttavia, non cadono esattamente sulla retta e distano da essa di una grandezza pari a

$$Y_i - \hat{Y}_i = \text{residuo}$$

La misura del residuo ci dice di quanti gradi celsius ($^{\circ}\text{C}$) la temperatura minima rilevata da una determinata stazione (Y_i) dista dal valore che si sarebbe avuto in quello stesso sito se questo avesse avuto esattamente la temperatura minima corrispondente a quanto previsto dal modello del gradiente verticale per la medesima altitudine (\hat{Y}_i).

4. Il gradiente verticale di temperatura minima nelle doline: le temperature minime assolute della stagione 2008/2009.

Grazie alla pubblicazione sul sito internet Meteotriveneto dei dati misurati nelle doline nel corso del loro monitoraggio estensivo dell'inverno 2008/2009, è possibile avere accesso a queste misure e utilizzarle per le analisi. Questo fornisce l'occasione di disporre di un insieme relativamente esteso di dati riguardanti misurazioni di buona qualità effettuate con strumentazione tecnicamente valida e omogenea in un discreto numero di doline. Ciò consente a sua volta di non comparare solamente poche doline l'una con l'altra o con una rete standard di riferimento, ma di svolgere dei confronti di maggiore

⁸ Ricordiamo che l'intercetta è il valore di Y nel punto ove la retta interseca l'asse Y stesso in corrispondenza di X=0, e per altitudine pari a 0 metri abbiamo appunto il livello medio del mare.

portata nei quali eventuali tendenze e peculiarità possano essere esaminate e interpretate. In particolare, la disponibilità di dati relativi a molte doline permette di identificare quei fenomeni che nelle doline paiono manifestarsi in modo corale o quantomeno sistematico, evitando di capitalizzare eventi singoli che potrebbero essere dovuti a fenomeni singolari o accidentali di natura irripetibile. Un aspetto di grande interesse è proprio l'investigazione del gradiente verticale di temperatura minime, valutato stavolta utilizzando i dati delle sole doline. In questa sezione sarà esaminato il gradiente verticale relativo alle temperature minime assolute registrate nelle doline sottoposte a monitoraggio. È da sottolineare il fatto che, come per la rete Arpav, anche per la maggioranza delle doline la temperatura minima più bassa dell'inverno si è verificata il 4 gennaio 2009.

La media delle temperature minime assolute stagionali (2008/2009) delle 27 doline monitorate è pari a $-31,0^{\circ}\text{C}$ (deviazione standard $7,1^{\circ}\text{C}$) a un'altitudine media di rilevazione di 1466 metri sul livello del mare. Sebbene sia stata ottenuta ad altitudini medie più elevate della media delle altitudini della rete Arpav (pari a 483 metri slm), la media delle minime di -31°C delle doline risulta da subito intuitivamente interessante: secondo il criterio del gradiente medio di circa $-5,5/-6,5^{\circ}\text{C}$ ogni mille metri, dovremmo aspettarci infatti una media delle minime delle doline di circa 6°C più bassa di quella della rete Arpav, aspettativa a fronte della quale troviamo invece ben 22°C in meno. Questo risultato indica senz'altro delle peculiarità sistematiche delle doline, perché non è un valore ottenuto da solo una o due postazioni di misura, ma un risultato corale e sistematico. Con questo, abbiamo osservato che le doline hanno manifestato un valore di temperatura minima assoluta più estremo in negativo di quello evidenziato dalle stazioni in posti normali come campagne, paesi, città, versanti e vette che caratterizzano reti di monitoraggio ambientale come quella Arpav o altre. Ma non è ancora stato esplorato il tema del gradiente verticale di temperatura. Qual è la relazione fra altitudine e temperatura minime fra le doline? La temperatura decresce di circa $5,5/6,5^{\circ}\text{C}$ ogni 1000 metri come ci aspetteremmo in base ai gradienti reperiti in letteratura o a quello calcolato sulla base dei radiosondaggi? Ovvero, al variare dell'altitudine le doline si comportano in modi peculiari esibendo decrescite della temperatura di proporzioni sorprendenti, oppure a parte valori mediamente più bassi compongono un gradiente verticale simile a quello di luoghi qualunque come quelli coperti dalle varie reti regionali? Il modello di regressione

lineare applicato in precedenza ai dati delle temperature minime rilevate dall'Arpav, può essere applicato anche alle temperature minime assolute rilevate nelle doline, e i risultati ottenuti possono contribuire a rispondere ad alcune di queste domande.

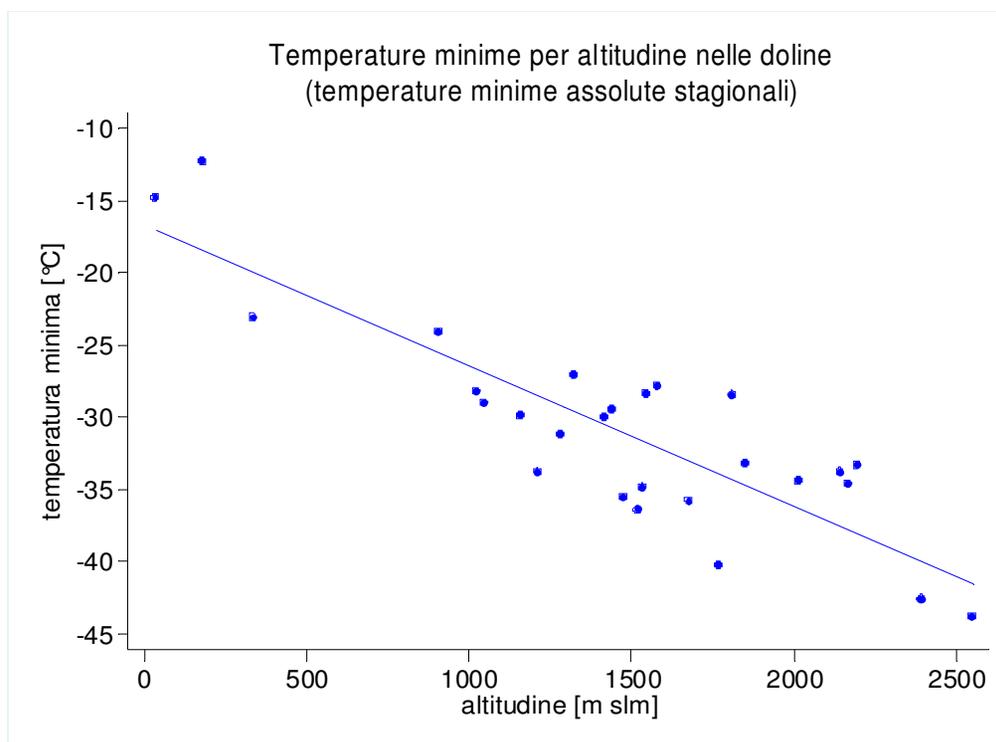


Fig. 5: Gradiente verticale di temperatura minima assoluta stagionale delle doline monitorate. Il gradiente risulta pari a $-9,8^{\circ}\text{C}$ per 1000 metri di altitudine, con intercetta pari a $-16,7$. Fonte: elaborazione su dati tratti dal sito internet Meteotriveneto.

I parametri del modello di regressione per la stima dei coefficienti di una retta interpolante dei dati relativi alle temperature minime e alle altitudini delle doline di forma

$$\hat{Y} = \text{intercetta} + \text{pendenza} * \text{altitudine}$$

corrispondono a

$$\text{Intercetta} = -16,7^{\circ}\text{C}$$

$$\text{Pendenza} = -9,8^{\circ}\text{C}$$

$$\text{Varianza spiegata} = 74\%$$

Questi risultati sono degni di commento. La media delle temperature minime stimata per delle ipotetiche doline situate al livello del mare risulta pari a $-16,7^{\circ}\text{C}$, e quindi ben più bassa del valore di $-7,6^{\circ}\text{C}$ relativo alla normale rete Arpav.

Il gradiente verticale di temperatura a sua volta risulta molto più grande di quello ottenuto analizzando le temperature minime del 4 gennaio relative alla rete Arpav. Questi risultati sembrano indicare che non solo le doline producono temperature minime mediamente inferiori a quelle rilevabili in posti normali come campagne, città e paesi qualunque – effetto colto dall'intercetta – ma queste temperature minime paiono decrescere più velocemente al crescere della quota rispetto a quanto mediamente non si verifici nei posti normali, portando le temperature minime delle doline a divergere da quelle dei posti normali in modo crescente con l'altitudine: più si va in alto, più la differenza fra le temperature minime esibite dalle doline e le temperature minime dei luoghi normali aumenta. Questo può essere visualizzato tracciando un grafico che rappresenta le rette descritte dalle due equazioni di regressione.

$$(1) \text{ Rete Arpav: } \hat{Y} = -7,6 - 2,3 * \text{altitudine}$$

$$(2) \text{ Doline: } \hat{Y} = -16,7 - 9,8 * \text{altitudine}$$

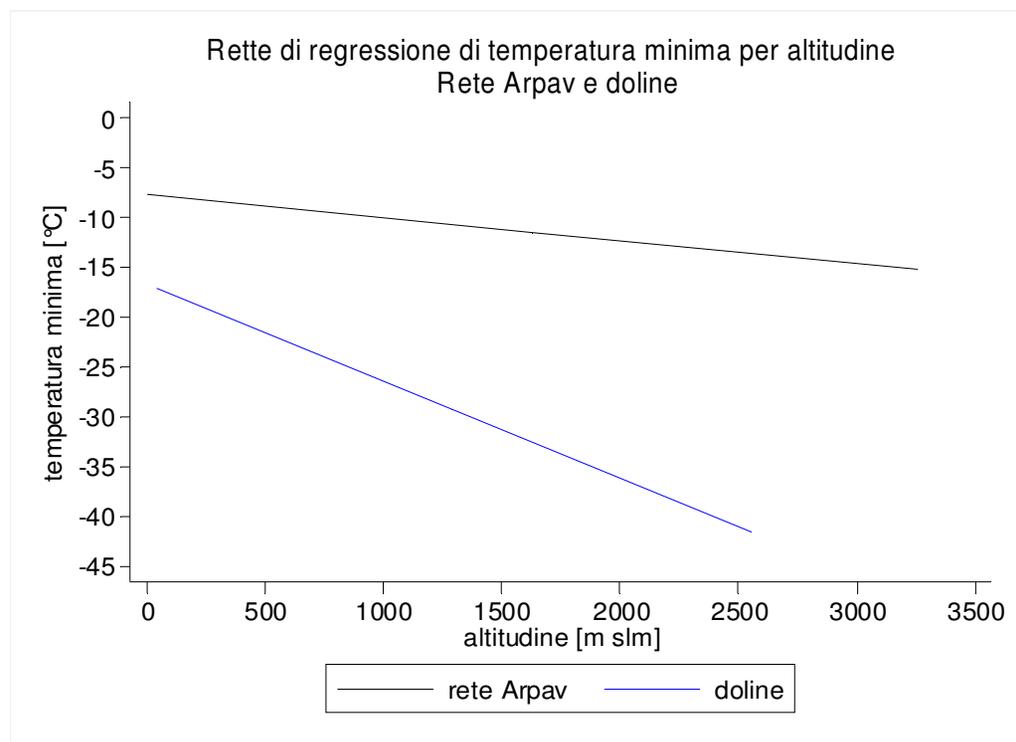


Fig. 6: Gradiente verticale di temperatura minima della rete Arpav (4 gennaio 2009) e delle doline. Fonte: elaborazione su dati tratti dal sito internet Meteotriveneto e dal sito internet Arpav.

5. Confronto statistico fra i gradienti verticali di temperatura minima di doline e rete Arpav relativi alla stagione 2008/2009.

I risultati fin qui illustrati sono di grande interesse. Due analisi statistiche separate paiono infatti indicare che le doline oltre a presentare temperature minime mediamente assai più basse sappiano per così dire trasformare l'altitudine in freddo o cogliere il freddo presente alle varie altitudini ed amplificarlo localmente per effetto delle loro varie caratteristiche topografiche in modo

diverso e più deciso rispetto ai siti normali coperti dalla rete Arpav. Questo due analisi separate visualizzano efficacemente il fenomeno e consentono di quantificarlo almeno approssimativamente, ma non costituiscono un test statistico formale che consenta di valutare l'entità delle differenze osservate e la loro significatività. Questo test può essere effettuato analizzando simultaneamente i dati delle doline e quelli della rete Arpav in un unico modello i cui coefficienti abbiano il ruolo di formalizzare le relazioni fra le temperature e le altitudini e le differenze fra queste relazioni tra doline e rete meteorologica standard. Il modello proposto per questo test è nuovamente un modello di regressione, in una variante detta anche "dissimilar regression" (Gujarati 2003: 307), ossia una specificazione nella quale le intercette e le pendenze sono libere di variare fra rete Arpav e doline e degli appositi coefficienti quantificano le differenze fra i due gruppi di stazioni e ne valutano la significatività.

Tale modello avrà equazione

$$(3) \hat{Y} = a + b \cdot \text{altitudine} + d \cdot D + e \cdot (D \cdot \text{altitudine})$$

dove D è una variabile dicotomica che assume il valore di 1 per le doline e 0 per tutte le altre stazioni. Stimando questo modello ricaveremo un set di parametri che sintetizzano il comportamento delle doline e delle stazioni Arpav simultaneamente. Il termine a quantificherà l'intercetta relativa alla rete Arpav, il termine b corrisponderà al gradiente verticale di temperatura della rete Arpav stessa, mentre il termine d ci dirà di quanto l'intercetta delle doline differisca da quella della rete Arpav, e il coefficiente e esprimerà di quanto la pendenza (cioè il gradiente verticale) delle doline differisca da quella della rete Arpav. A ciascun parametro saranno associati i pertinenti test statistici di significatività e sarà possibile valutare se alcuni di essi possano o debbano essere considerati sostanzialmente diversi da zero.

In tabella 1 sono riportate le principali informazioni relative alla stima del modello utilizzando i dati delle doline e della rete Arpav. Il modello ottiene una varianza spiegata pari a 86%, valore migliore di quelli ottenuti in ciascuna delle due

precedenti analisi separate che indica che il modello pare adattarsi ragionevolmente bene ai dati. Le stime dei coefficienti appaiono in ordine, senza valori incompatibili con le scale delle variabili utilizzate e senza coefficienti non calcolabili o infiniti.

Tabella 1. Analisi di regressione del modello in equazione (3). Stime dei minimi quadrati con errori standard robusti e intervalli di confidenza basati sugli errori standard robusti.

N	187					
F(3,183)	370,67					
Prob > F	<0,001					
Varianza spiegata	86%					
RMSE	3,31					
Coefficiente	Stima	Errore standard	t-value	P> t	Limiti intervallo di confidenza al 95%	
					inferiore	superiore
intercetta (a)	-7,64	0,24	-32,49	<0,001	-8,1	-7,2
altitudine (b)	-2,32	0,44	-5,25	<0,001	-3,2	-1,5
dolina (d)	-9,03	1,85	-4,88	<0,001	-12,7	-5,4
altitudine*dolina (e)	-7,43	1,24	-6,0	<0,001	-9,9	-5,0

Sostituendo nell'equazione (3) i parametri con i coefficienti stimati otteniamo:

$$(4) \hat{Y} = -7,6 - 2,3 * \text{altitudine} - 9,0 * \text{dolina} - 7,4 * \text{altitudine} * \text{dolina}$$

dove i termini di intercetta e pendenza si applicano a tutte le postazioni, e quelli con l'indicazione “*dolina” si applicano solo alle doline. Tale equazione ci permette di ricostruire i valori previsti dal modello sia per le doline sia per la rete Arpav applicando a ciascuna stazione i termini pertinenti.

Questi risultati sono sovrapponibili a quelli ricavati dai due singoli modelli separati come illustrato in figura 6, e corroborano l'ipotesi che la relazione fra temperature minime e altitudine differisca fra le doline e la rete Arpav. Le stime dei coefficienti e i loro test di significatività paiono infatti corroborare l'ipotesi che vi sia una differenza sostanziale, di circa 9,0°C fra l'intercetta delle doline e quella della rete Arpav. Questo indica che a pari quota le doline esibiscono temperature minime assolute più basse della rete Arpav, e all'altitudine di 0 metri slm, cioè al livello del mare, le doline si mostrerebbero mediamente 9,0°C più fredde della media della rete Arpav. Per quanto riguarda la pendenza, il modello ribadisce il risultato che la temperatura nelle doline decresca più velocemente di quanto evidenziato a proposito della rete Arpav, e per la precisione di circa 7,4°C in più per ogni 1000 metri di altitudine rispetto alla rete Arpav. Quindi non solo si ha più freddo in media, ma nelle doline la temperatura decresce al crescere della quota più velocemente di quanto non avvenga nei siti normali.

Questo fenomeno è suscettibile di essere interpretato in funzione di diverse possibili cause. Da un lato, ad esempio, al crescere dell'altitudine si abbassano sistematicamente le temperature medie della massa d'aria a causa del normale gradiente verticale di temperatura che abbiamo visto nei primi paragrafi utilizzando dati da radiosondaggio, e questo ha effetti sulla vegetazione e sulla copertura erbosa. A maggiori quote è plausibile che il fondo sia più spesso costituito da pietra nuda o erba, e che non vi siano nei paraggi boschi e cespugli suscettibili di frenare la discesa della temperatura. Al crescere dell'altitudine aumenta anche, in genere, la copertura nevosa: i luoghi più alti sono più frequentemente e più prolungatamente coperti da manti nevosi più spessi di quelli che caratterizzano i luoghi più bassi, garantendo alle doline in quota un effetto albedo più accentuato e prolungato. All'aumentare della quota tende inoltre a diminuire l'umidità relativa media, parametro che ha anch'esso un effetto sul raggiungimento di temperature minime molto basse. Al crescere dell'altitudine, inoltre, si osserva una variazione della composizione dell'atmosfera in modi che favoriscono le variazioni di temperatura e la dispersione di calore per

irraggiamento. Il campo, peraltro, è ancora tutto da esplorare e saranno necessari ulteriori approfonditi e prolungati studi per chiarire meglio le dinamiche delle temperature minime estreme nelle doline e i modi in cui le temperature in dolina differiscono da quelle che si riscontrano nei luoghi abituali della vita di tutti i giorni. Le considerazioni appena esposte, su copertura nevosa, vegetazione, e umidità, infatti, valgono ugualmente anche per i siti non in dolina, e rimane da chiarire perché tali fattori dovrebbero esercitare gli ipotizzati effetti sulle temperature minime nelle doline in misura maggiore di quanto non li esercitino nei punti non in dolina. A livello di approfondimento, parrebbe auspicabile anche lo svolgimento di un'analisi separata del gradiente verticale di temperatura nelle doline che tenesse conto di fattori morfologici di ciascuna di loro come *sky-view factor*, profondità e volume, dimensioni che non sono state qui considerate a causa dell'indisponibilità delle relative misure per tutti i siti, poiché i fattori esplicativi delle sorprendenti performance termiche delle doline rispetto ai punti normali potrebbero risiedere proprio lì, in attesa di essere esaminati.

6. Le doline più performanti rispetto alla rete meteorologica Arpav nella stagione 2009/2010.

Grazie all'analisi condotta nel paragrafo 3, relativa al gradiente verticale di temperatura nella rete Arpav nel giorno durante il quale buona parte delle stazioni della rete hanno misurato la loro temperatura minima più bassa dell'inverno, possiamo esaminare le temperature minime assolute raggiunte dalle doline confrontandole con un riferimento costituito da un gruppo di stazioni poste in siti ordinari, costituito dalla rete Arpav stessa.

Per ognuna delle 26 doline, possiamo calcolare la quantità

$$\text{scarto}_i = t_{\min_i} - (-7,6 - 2,3 * \text{altitudine}_i)$$

ossia

$$\text{scarto}_i = t_{\min_i} + 7,6 + 2,3 * \text{altitudine}_i$$

che corrisponde alla differenza fra la temperatura minima assoluta stagionale osservata in ciascuna dolina e la temperatura minima attesa alla sua stessa altitudine in base al modello 1, che valuta il gradiente verticale di temperatura della rete Arpav in quella che per buona parte delle stazioni Arpav e delle doline possiamo considerare la notte più fredda dell'inverno 2008/2009.⁹ In figura 7, che raffigura nello stesso piano cartesiano sia le stazioni Arpav che le postazioni di misurazione in dolina e associa a ciascun gruppo di stazioni il rispettivo gradiente di temperatura, questa operazione equivale a misurare la distanza (in verticale) del punto relativo a ciascuna dolina dalla retta del gradiente verticale di temperatura della rete Arpav. Questa misura indica a sua volta di quanto il valore di temperatura minima in dolina si allontani da quello che mediamente ci saremmo aspettati a proposito di una stazione Arpav in un sito qualunque di cui si conosca solo l'altitudine.

⁹ Solo per buona parte, e non per tutte, perché alcune doline hanno registrato la loro temperatura minima assoluta la notte del 9 gennaio, quando con una massa d'aria pur meno fredda si sono avute condizioni più favorevoli di umidità e vento, mentre in alcune stazioni Arpav la temperatura minima più bassa si è registrata in febbraio in occasione di un'altra consistente irruzione fredda.

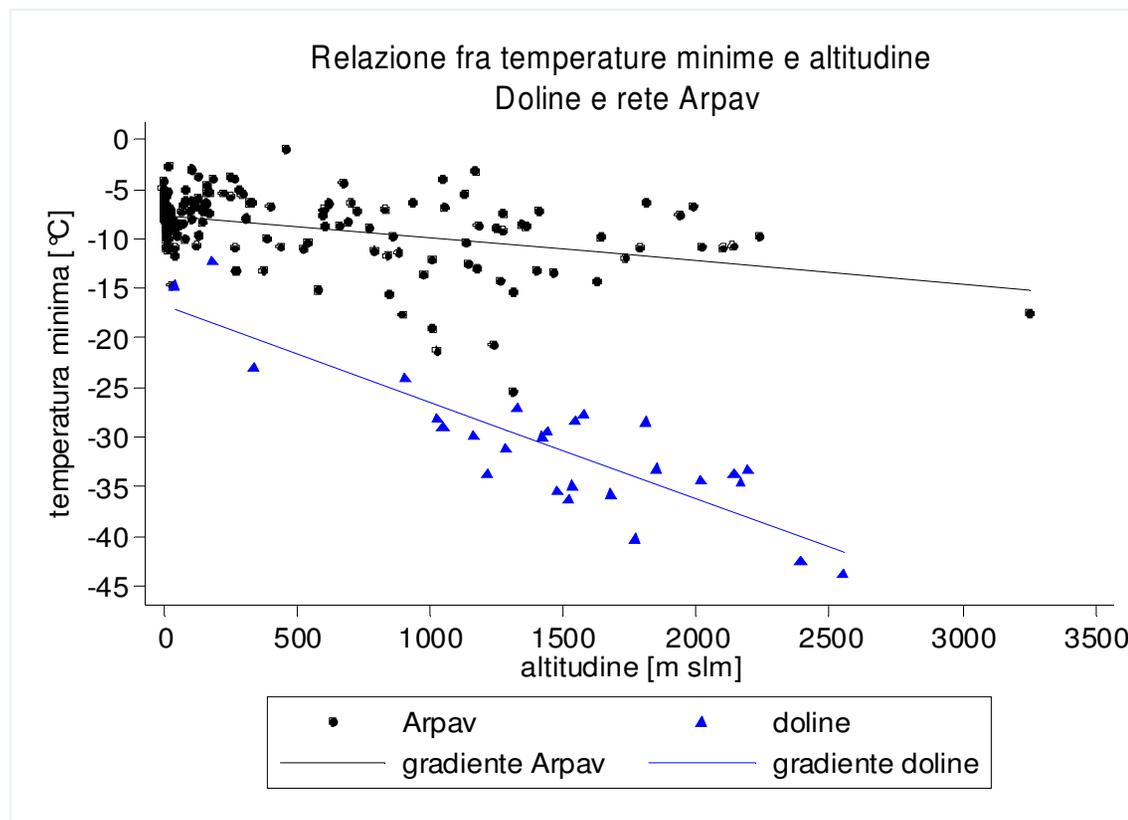


Fig. 7. Relazione fra temperatura minima ed altitudine, e gradienti verticali di temperatura, della rete Arpav e delle doline.

Nella successiva tabella 2 sono listate le doline, con le rispettive altitudini, le rispettive temperature minime assolute, e i rispettivi scarti dalla retta delle minime relative alla rete Arpav, che possiamo considerare "residui" rispetto al modello Arpav. In tale tabella si rende immediatamente evidente come i risultati ottenuti dalle doline nelle temperature minime siano decisamente anomale rispetto a siti normali, abitati, coltivati, come quelli coperti dalla rete Arpav – e ci sono buone ragioni di ritenere che se il paragone fosse effettuato con la rete friulana Osmer o quella trentina Meteotrentino i risultati non sarebbero

molto diversi. L'ampiezza delle differenze è perfino sorprendente. Troviamo infatti che le temperature minime assolute delle doline paiono divergere mediamente di circa -20°C dai valori di temperatura minima previsti a pari altitudine in base al modello basato sui dati Arpav del giorno più freddo dell'inverno.

Tabella 2. Misure della particolarità della performance termica delle doline rispetto a una rete meteorologica ordinaria come quella Arpav.

Dolina	Altitudine [m slm]	Tmin [$^{\circ}\text{C}$]	Scarto dalla retta Arpav [$^{\circ}\text{C}$]	Dolina	Altitudine [m slm]	Tmin [$^{\circ}\text{C}$]	Scarto dalla retta Arpav [$^{\circ}\text{C}$]
Busa di Manna	2550	-43,8	-30,2	Campo Rossignolo	1160	-29,9	-19,6
Busa delle Sponde Alte	2393	-42,6	-29,4	Forte Kerle	1418	-30	-19,1
Campoluzzo	1770	-40,3	-28,6	Prai da Gom Malga	1047	-29	-18,9
Buco del Ciglione	1520	-36,4	-25,2	Millegrobbe	1440	-29,5	-18,5
Busa Novegno	1475	-35,5	-24,4	Fossa de Bena	1023	-28,2	-18,2
Altopiano di Erera-Brendol	1678	-35,8	-24,3	Busa del Grolla	1545	-28,4	-17,2
Busa di Malga Malera di Sotto	1532	-34,9	-23,7	Conca Prevala	1811	-28,5	-16,7
Buse di Carriola	1212	-33,8	-23,3	Pozza Morta	1578	-27,8	-16,5
Busa del Cuvolin	2015	-34,4	-22,1	Pozzon di Tovel	1325	-27,1	-16,4
Busa Cornetti Portule	2167	-34,6	-21,9	Buse Maran	336	-23,1	-14,7
Busa delle Vette	1852	-33,2	-21,3	Piano di Valmenera	905	-24,1	-14,4
Lago di Fosses	2142	-33,8	-21,2	Doberdò	35	-14,8	-7,1
Campo di Sopra	1284	-31,2	-20,6	Seginov Dol	179	-12,3	-4,2
Busa di Val Longa	2195	-33,3	-20,6				

Altitudine media: 1466 metri Media tmin: -31°C Media degli scarti: $-19,9^{\circ}\text{C}$

Questo rende chiaro come nelle doline si verificano fenomeni assai particolari i cui effetti sulle temperature minime sono tali da rendere le doline stesse pressoché incomparabili con punti normali coperti dalle reti meteo standard in termini di valori di freddo lì misurati. I valori riportati in tabella 2 indicano peraltro nelle doline monitorate sull'Altopiano delle Pale di San Martino le due più performanti, quelle cioè che si discostano maggiormente da valori tipici pari quota in punti non-dolina, seguite da vicino dalla dolina di Campoluzzo sull'Altopiano di Asiago. Un dettaglio da notare è il seguente: nella graduatoria presentata in tabella 2, la nota stazione Arpav di Marcesina figurerebbe appena 24^a, con uno scarto di "soltanto" -15°C dal valore stimato per l'Arpav alla stessa quota. Ciò sottolinea la stupefacente capacità delle vere doline (categoria cui il pur molto freddo sito di Marcesina non appartiene) di produrre e "amplificare" il freddo. I valori nell'ultima colonna della tabella, infatti, ci dicono per ogni dolina "quanti gradi in meno vi si sono verificati rispetto alla media delle stazioni Arpav alla stessa quota"¹⁰, cioè quanto più freddo è stato lì rispetto a un luogo normale alla stessa altitudine.

7. Le doline più performanti rispetto al comportamento tipico delle doline nel 2008/2009.

Se nel paragrafo precedente i valori di temperatura minima assoluta raggiunti nelle doline sono comparati con quelli raggiunti nella notte più fredda dell'inverno 2008/2009 in una rete meteorologica ordinaria per rendere evidente di quanto esse divergono dai suoi valori tipici, in questo paragrafo le misure delle doline saranno confrontate tra di loro, nel tentativo di indicare quali doline manifestino le più sorprendenti temperature minime tenuto conto delle rispettive altitudini e della caratteristica relazione fra temperatura minima e altitudine che si desume dalle osservazioni in esse effettuate.

Per fare questo, dobbiamo calcolare, per ognuna delle 27 doline,

$$\text{scarto}_i = t_{\min_i} - (-16,7 - 9,8 * \text{altitudine}_i)$$

ossia

¹⁰ È più corretto, ma più complicato, dire che quei valori indicano quanto più freddo è stato rispetto al valore medio atteso in base al modello basato sulla rete Arpav. I confronti cioè sono fatti rispetto a valori stimati in base a un modello sotto vari assunti, e non rispetto a soli valori effettivamente osservati alla stessa quota.

$$\text{scarto}_i = \text{tmin}_i + 16,7 + 9,8 * \text{altitudine}_i$$

il che equivale, in figura 7, a misurare (in verticale, cioè data l'altitudine) la distanza fra il punto che rappresenta ciascuna dolina e la retta del gradiente verticale fra le doline stesse. Questa misura indica di quanto il valore di temperatura minima in ciascuna dolina si allontani da quello che mediamente ci saremmo aspettati da una dolina qualunque di cui si conosca solo l'altitudine, e ci informa del grado per così dire di prestanta di ogni dolina tenendo conto della sua altitudine.

Tabella 3. Misura della particolarità della performance termica delle doline rispetto ai valori espressi dalle doline stesse.

Dolina	Altitudine [m slm]	tmin [°C]	Scarto dalla retta doline [°c]	Dolina	Altitudine [m slm]	tmin [°C]	Scarto dalla retta doline [°c]
Campoluzzo	1770	-40,3	-6,4	Malga Millegrobbe	1440	-29,5	1,2
Buse di Carriola	1212	-33,8	-5,3	Piano di Valmenera	905	-24,1	1,4
Buco del Ciglione	1520	-36,4	-4,9	Busa delle Vette	1852	-33,2	1,5
Busa Novegno	1475	-35,5	-4,4	Busa del Cuvolin	2015	-34,4	1,9
Busa di Malga Malera di Sotto	1532	-34,9	-3,3	Doberdò	35	-14,8	2,2
Buse Maran	336	-23,1	-3,1	Pozzon di Tovel	1325	-27,1	2,5
Altopiano di Erera-Brendol	1678	-35,8	-2,8	Busa Cornetti			
Busa delle Sponde Alte	2393	-42,6	-2,6	Portule	2167	-34,6	3,2
Busa di Manna	2550	-43,8	-2,3	Busa del Grolla	1545	-28,4	3,3
Prai da Gom	1047	-29,0	-2,1	Lago di Fosses	2142	-33,8	3,8
Campo di Sopra	1284	-31,2	-2,0	Pozza Morta	1578	-27,8	4,3
Campo Rossignolo	1160	-29,9	-1,9	Busa di Val Longa	2195	-33,3	4,8
Fossa de Bena	1023	-28,2	-1,5	Conca Prevala	1811	-28,5	5,8
Forte Kerle	1418	-30,0	0,5	Seginov Dol	179	-12,3	6,1

In tabella 3 sono riportati i valori ottenuti dal calcolo appena descritto. In essa si osserva una generale diminuzione dell'entità degli scarti dai valori attesi a pari quota. Questo dipende dal fatto che stiamo confrontando una serie di siti freddi tra di loro, e non come in precedenza una serie di siti freddi con un insieme di siti più o meno normali quali paesi, città, campagne, colline, fondovalle, versanti, eccetera, fra i quali compaiono cioè molti siti di clima mite o relativamente caldo.

Si può osservare anche come sia venuta meno la prevalenza di siti ad elevate altitudini fra quelli con divergenze più grandi in negativo, al punto da far risaltare in prima posizione non più l'alta dolina di Busa di Manna fra le Pale di San Martino, ma la più bassa Campoluzzo. Notevole è anche la comparsa fra le prime posizioni di una dolina di altitudine veramente bassa come Buse Maran, che ha ben prodotto una minima di appena -23°C , ma la ha sviluppata all'altitudine di soli 336 metri sul livello del mare.

8. Un risultato preliminare: il gradiente altitudinale di temperature minima assoluta nelle doline nella stagione 2009/2010.

Grazie alla pubblicazione da parte di Meteotriveneto delle temperature rilevate giorno per giorno, anche con l'utilizzo di dati cortesemente concessi dall'Arpav, è possibile effettuare un'analisi del gradiente verticale di temperatura minima assoluta nelle doline relativa all'ultima stagione invernale, quella 2009/2010.

Nel 2009/2010 sono stati resi disponibili i dati di temperatura minima assoluta di 49 siti, di cui 34 classificati come doline e 15 come "siti freddi". Questi ultimi sono punti caratterizzati da microclimi particolarmente freddi che non hanno però la morfologia a conca chiusa che caratterizza le doline vere e proprie, grandi o piccole che siano. Alcuni dei valori relativi alle doline si riferiscono a punti di monitoraggio doppi e in un caso quadrupli. Ad esempio vi sono due postazioni a Campoluzzo, e ben tre postazioni a Busa Novegno: due postazioni sul fondo, una postazione in versante nella dolina in un punto rialzato dal fondo, e una postazione sulla sella di tracimazione della dolina. Per questa ragione in questo paragrafo saranno analizzati solo i valori rilevati in postazioni ottimali sul fondo della dolina. Rimangono così a disposizione 31 valori di temperatura minima

assoluta, ciascuno relativo al fondo di una dolina diversa. In tabella 4 sono presentate alcune statistiche descrittive relative a tali valori.

Tabella 4. Statistiche descrittive per altitudine e temperatura minima assoluta 2009/2010 delle doline.

	Media	Deviazione standard	Minimo	Massimo
Temperatura minima (°C)	-33,9	6,0	-47,0	-22,6
Altitudine (m slm)	1633,3	499,9	35,0	2546,0

N = 31

Come possiamo vedere, si è avuta nel 2009/2010 una media delle temperature minime assolute pari a -33,9°C ad un'altitudine media di 1633,3°C. Le minime assolute registrate sono comprese tra circa -23°C e -47°C, mentre le altitudini sono comprese tra 35 e 2546 metri slm.

Ai dati di temperatura minima assoluta di ciascuna dolina, a ognuno dei quali è associato il corrispondente dato di altitudine, è possibile applicare nuovamente un modello di regressione lineare semplice, che ci consentirà di stimare il gradiente di temperatura minima assoluta per altitudine delle doline.

Partendo cioè dall'equazione

$$\hat{Y} = a + b \cdot \text{altitudine}$$

sarà possibile stimare i coefficienti a e b della retta, corrispondenti rispettivamente all'intercetta – ossia a una stima della temperatura minima assoluta delle doline al livello del mare – e della pendenza, ovvero una quantificazione della decrescita della temperatura minima al crescere dell'altitudine. In tabella 5 sono riportati i risultati di questa regressione.

Tabella 5. Analisi di regressione delle temperature minime per altitudine nelle doline relative alla stagione 2009/2010. Stime dei minimi quadrati con errori standard robusti e intervalli di confidenza basati sugli errori standard robusti.

N	31					
F(1,29)	19,8					
Prob > F	<0,001					
Varianza spiegata	40%					
RMSE	4,69					
					Limiti intervallo di confidenza al 95%	
Coefficiente	Stima	Errore standard	t-value	P> t 	inferiore	superiore
altitudine (b)	-7,6	1,37	-5,57	<0,001	-10,4	-4,8
intercetta(a)	-21,4	2,14	-10,02	<0,001	-25,8	-17,1

Riportando i coefficienti al posto dei parametri da stimare nell'equazione della regressione otteniamo

$$\hat{Y} = -21,4 - 7,6 * \text{altitudine}$$

dove l'altitudine è espressa in migliaia di metri. Tale risultato indica una stima di $-21,4^{\circ}\text{C}$ della temperatura minima assoluta media per le doline al livello del mare (non lontana dal valore di $-22,6$ osservato alla conca di Doberdò a 35 metri slm), e una decrescita della temperatura minima assoluta stagionale di ulteriori $7,6^{\circ}\text{C}$ ogni 1000 metri di altitudine. Nel caso del 2009/2010, come vediamo, il gradiente verticale di temperatura non risulta accentuato come quello del 2008/2009, e infatti il suo intervallo di confidenza ($-10,4 / -4,8$) contiene il gradiente di $-6,5^{\circ}\text{C}/1000$ metri comunemente indicato in letteratura come valore medio, precedentemente corroborato tramite i radiosondaggi e i dati di stazioni meteorologiche al suolo. Ciò indica che in base ai dati disponibili l'ipotesi che il gradiente verticale di temperatura minima assoluta 2009/2010 fra le doline sia pari a quello ordinario di $-6,5^{\circ}\text{C}/1000$ metri non può essere respinta. Questo risultato, contrastante con quello ottenuto esaminando i dati del 2008/2009, può forse spiegarsi in base ad alcune caratteristiche della stagione di monitoraggio presa in considerazione, nella quale si sono avute in alcune occasioni delle masse d'aria a bassa temperatura, ma generalmente in presenza di ventilazione, che può aver disturbato in particolare le doline più alte, generalmente più esposte ai venti sinottici, "attenuandone" per così dire i valori minimi raggiungibili, mentre per alcuni giorni si sono avute condizioni molto favorevoli al verificarsi di temperature minime estreme alle basse quote.

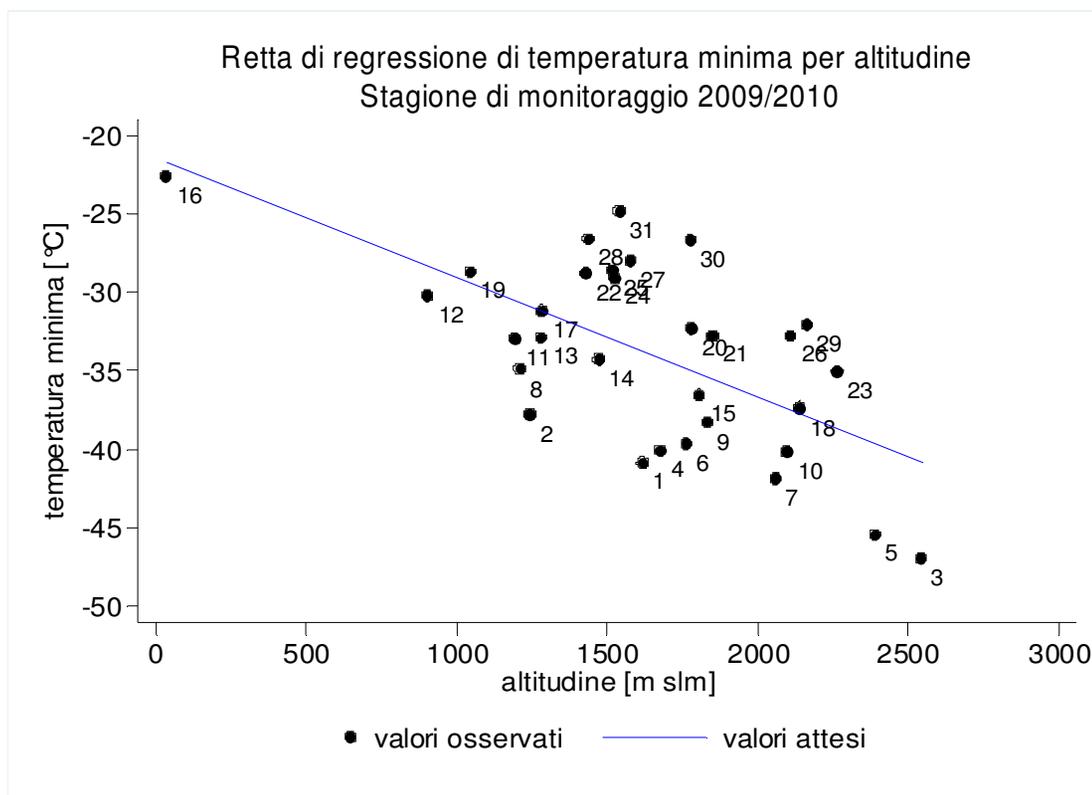


Fig. 8. Regressione di temperatura minima per altitudine nelle doline relativa alla stagione di monitoraggio 2009/2010. I numeri accanto ai punti identificano ciascuna dolina in tabella 6. Come in precedenza, per valutare le temperature minime di ciascuna dolina rispetto alla sua altitudine, anche in questo caso possiamo calcolare la differenza tra il valore atteso “previsto” in base al modello di regressione e la temperatura minima effettivamente osservata in ciascuna dolina, attraverso la formula

$$\text{scarto}_i = t_{\text{min}_i} - (-21,4 - 7,6 * \text{altitudine}_i)$$

ossia

$$\text{scarto}_i = \text{tmin}_i + 21,4 + 7,6 * \text{altitudine}_i$$

ottenendo così i valori contenuti in tabella 6, la quale ci indica nell'ultima colonna, per ogni dolina, di quanto e in quale direzione essa si discosti dal comportamento tipico complessivo delle doline nel loro nella temperatura minima assoluta dell'inverno 2009/2010.

Tabella 6. Misura della particolarità delle performance termiche delle doline rispetto ai valori espressi dalle doline stesse. Stagione 2009/2010.

n	dolina	Altitudine [m slm]	Tmin [°C]	Scarto dalla retta [°C]	n	dolina	Altitudine [m slm]	Tmin [°C]	Scarto dalla retta [°C]
1	Pra' Campofilone	1621	-40,9	-7,1	17	Col dei Scios	1286	-31,2	0,1
2	Busa Candaglia	1246	-37,8	-6,9	18	Lago di Fosses	2142	-37,4	0,4
3	Busa di Manna	2546	-47,0	-6,1	19	Prai da Gom	1047	-28,7	0,7
4	Erera-Brendol	1678	-40,1	-5,9	20	Conca Prevala	1783	-32,3	2,7
5	Sponde Alte	2393	-45,5	-5,8	21	Busa delle Vette	1852	-32,8	2,8
6	Campoluzzo	1765	-39,7	-4,8	22	Busa Verle	1432	-28,8	3,6
7	Alpe Nana	2062	-41,9	-4,7	23	Buse di Collalto	2267	-35,1	3,6
8	Buse di Carriola	1212	-34,9	-4,2	24	Malga Malera	1528	-29,1	4
9	Malga Spora	1835	-38,3	-2,9	25	Ciglione	1520	-28,6	4,4
10	Pozza	2097	-40,2	-2,8	26	Pian Pescu'	2112	-32,8	4,7
11	Busa de	1194	-33,0	-2,4	27	Pozza Morta	1578	-28,0	5,5
12	Valmenera	905	-30,2	-1,9	28	Malga	1440	-26,6	5,8
13	Campo di Sopra	1284	-32,9	-1,7	29	Cornetti Portule	2167	-32,1	5,9
14	Busa Novegno	1475	-34,3	-1,6	30	Malga Lancia	1780	-26,7	8,3
15	Malga Pozze	1808	-36,6	-1,4	31	Busa del Grolla	1544	-24,8	8,4
16	Doberdò	35	-22,6	-0,9					

Possiamo così osservare ancora una volta come i livelli di temperatura minima raggiunti dalle doline tenendo conto dell'altitudine non siano necessariamente più interessanti per le doline alle quote più alte. Nelle prime sei posizioni troviamo infatti quattro doline sotto i 1800 metri, e quella ove si è registrato la temperatura minima assoluta più bassa del gruppo pari a -47°C - peraltro notevolissima - figura in terza posizione preceduta da due doline più basse ma di prestazioni di grandissimo interesse data l'altitudine quali Pra' Campofilone e Busa Candaglia. Rimane da esplorare e da comprendere in quale misura questo possa di volta in volta dipendere da condizioni sinottiche favorevoli ad alcune doline o alcune aree rispetto ad altre, oppure in modo relativamente stabile e sistematico da caratteristiche topografiche delle varie doline quali diametro, profondità, conformazione, *sky-view factor* o altri parametri ancora non investigati.

Riferimenti bibliografici

Aeronautica Militare (1981). *Tabelle climatologiche. Dati in quota (edizione 1981)*. AM, Centro nazionale di meteorologia e climatologia aeronautica. Servizio climatologia e documentazione.

Claps P., Giordano P., Laguardia G. (2003). *Analisi quantitativa della distribuzione spaziale delle temperature medie in Italia*. Politecnico di Torino, Dipartimento di Idraulica, Trasporti ed Infrastrutture Civili, Working Paper 2003-02.

Claps P., Sileo C. (2001). *Caratteri termometrici dell'Italia meridionale*. L'Acqua, 5, pp. 23-31.

Colacino M., Conte M. (1995). *La meteorologia*. Milano, Felice 2000.

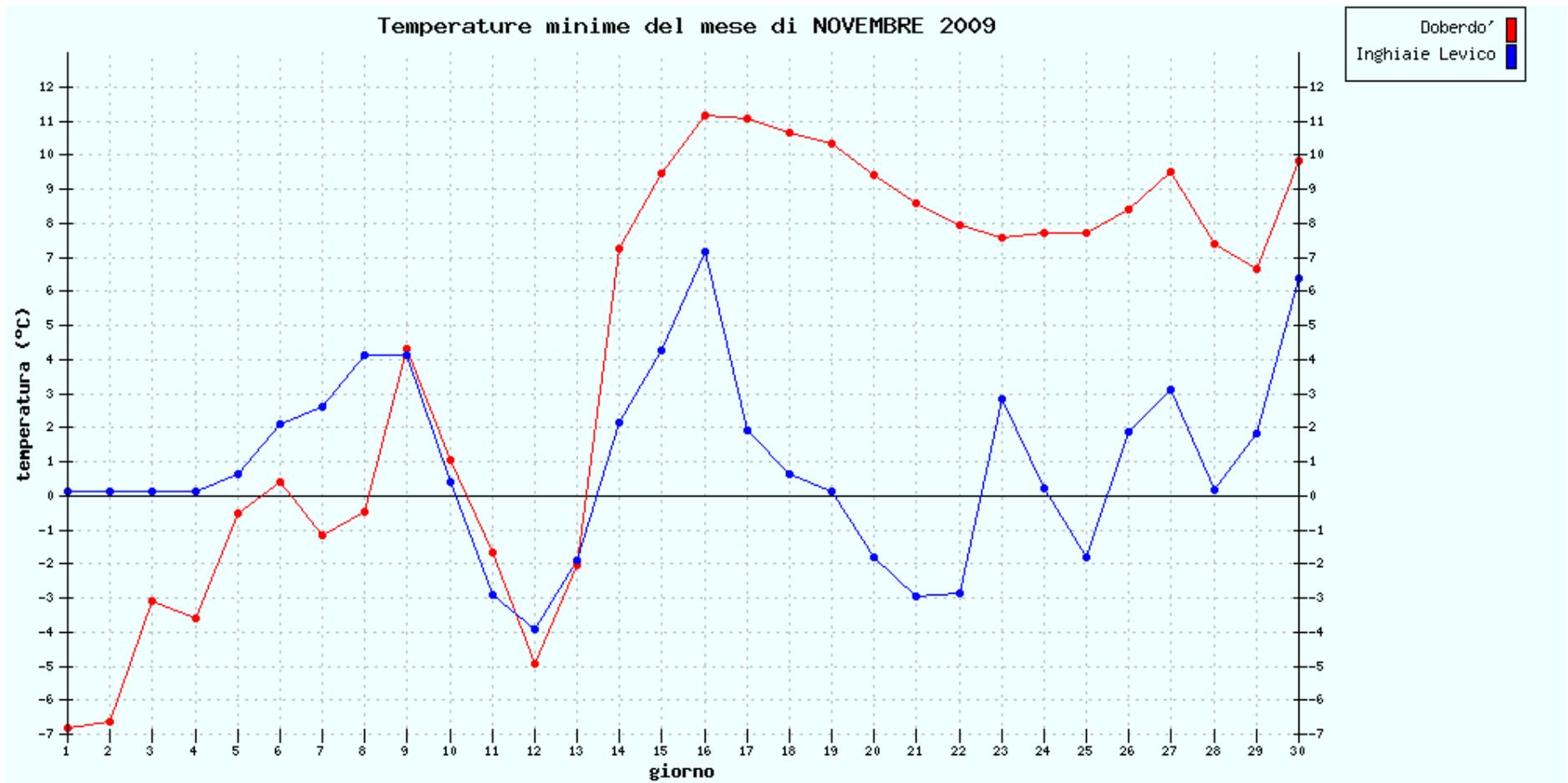
Gujarati D. (2003). *Basic Econometrics*. 4th ed. New York, McGraw-Hill.

Rigutti A. (2007). *Meteorologia*. Firenze; Milano, Giunti Editore.

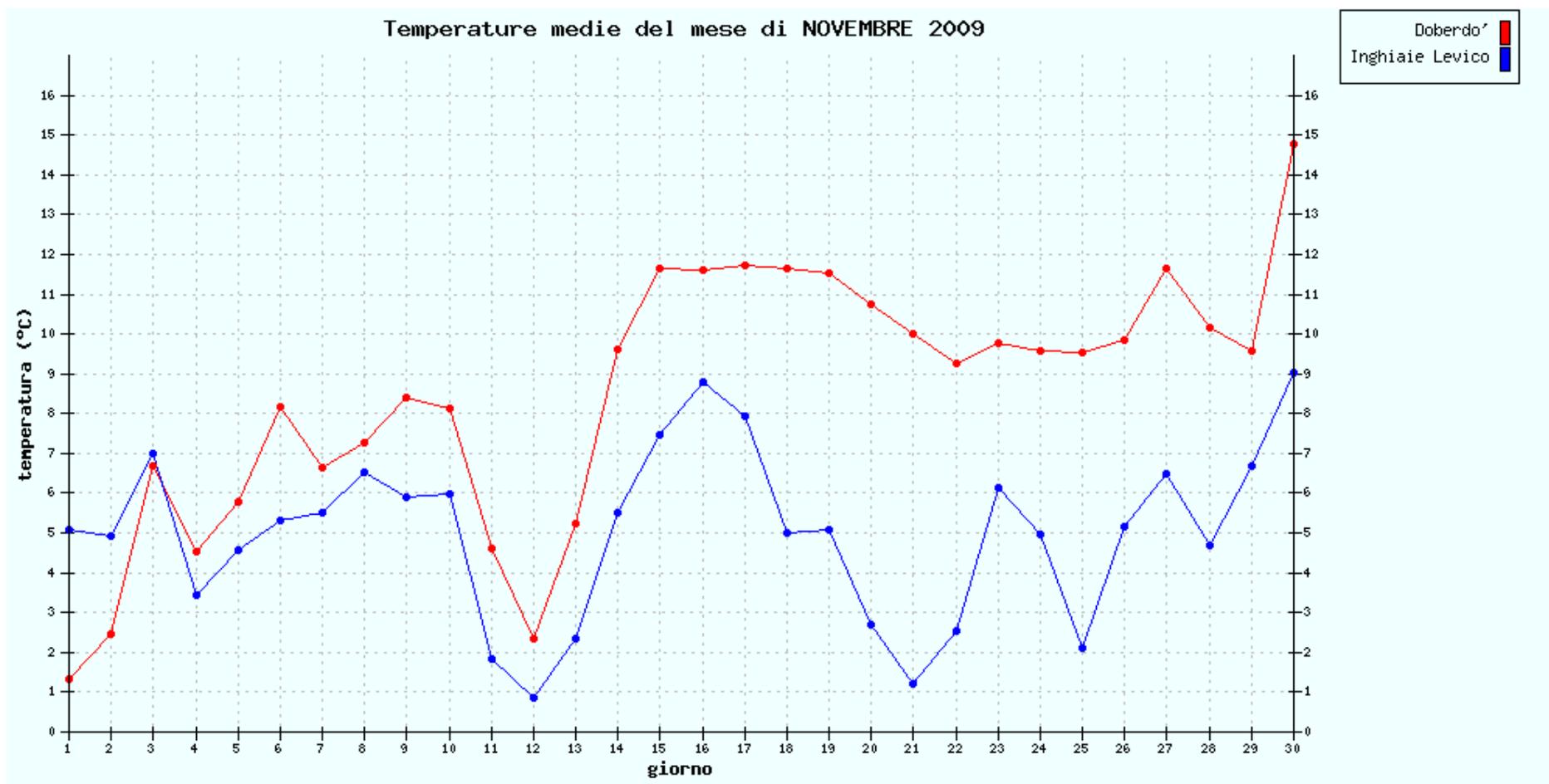
Wannacott T., Wannacott R. (2009). *Introduzione alla statistica*. Milano, Franco Angeli.

GRAFICI PER PERIODO E PER QUOTA 2009/2010

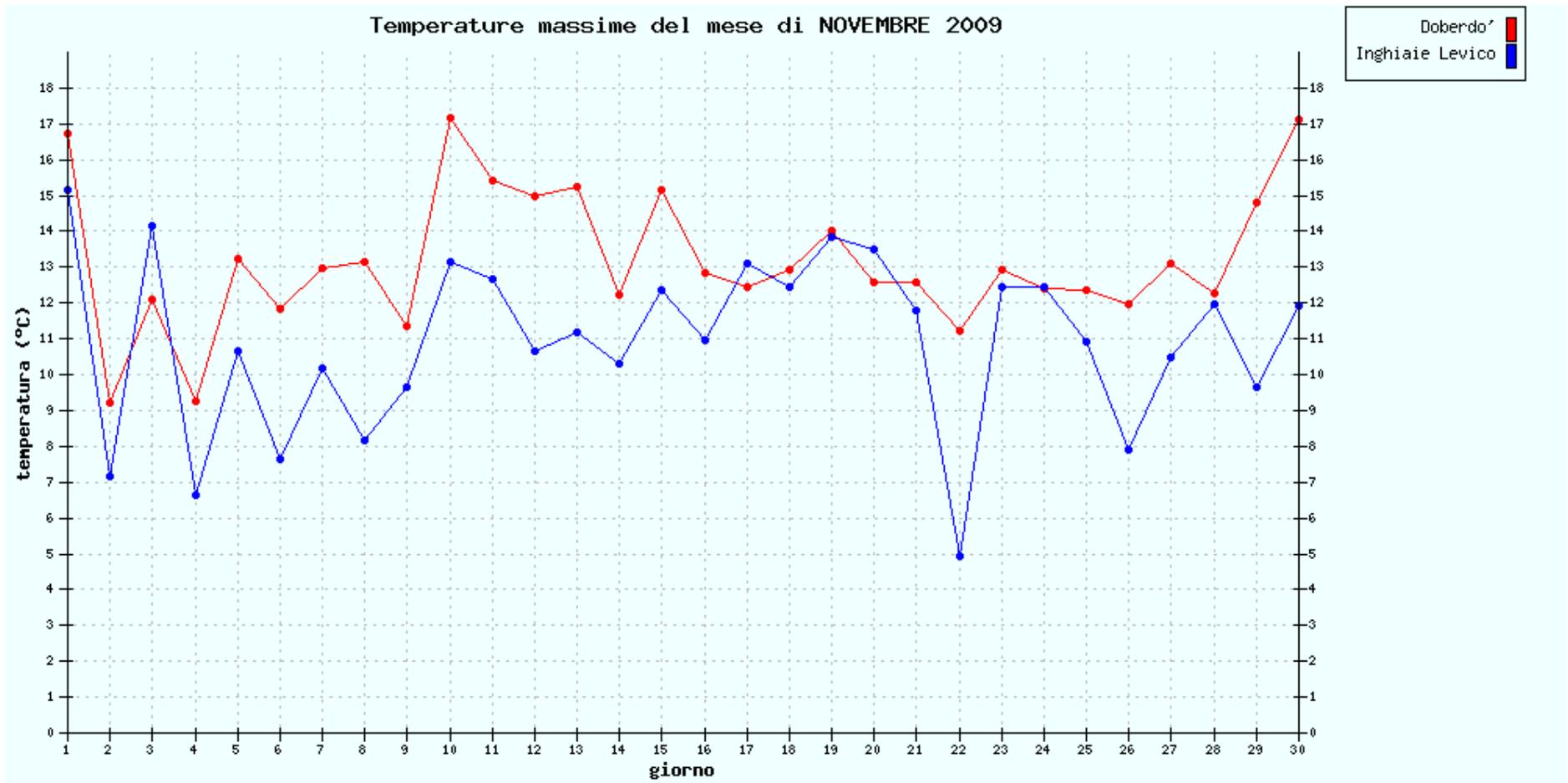
SITI DA 35 a 795 METRI s.l.m.



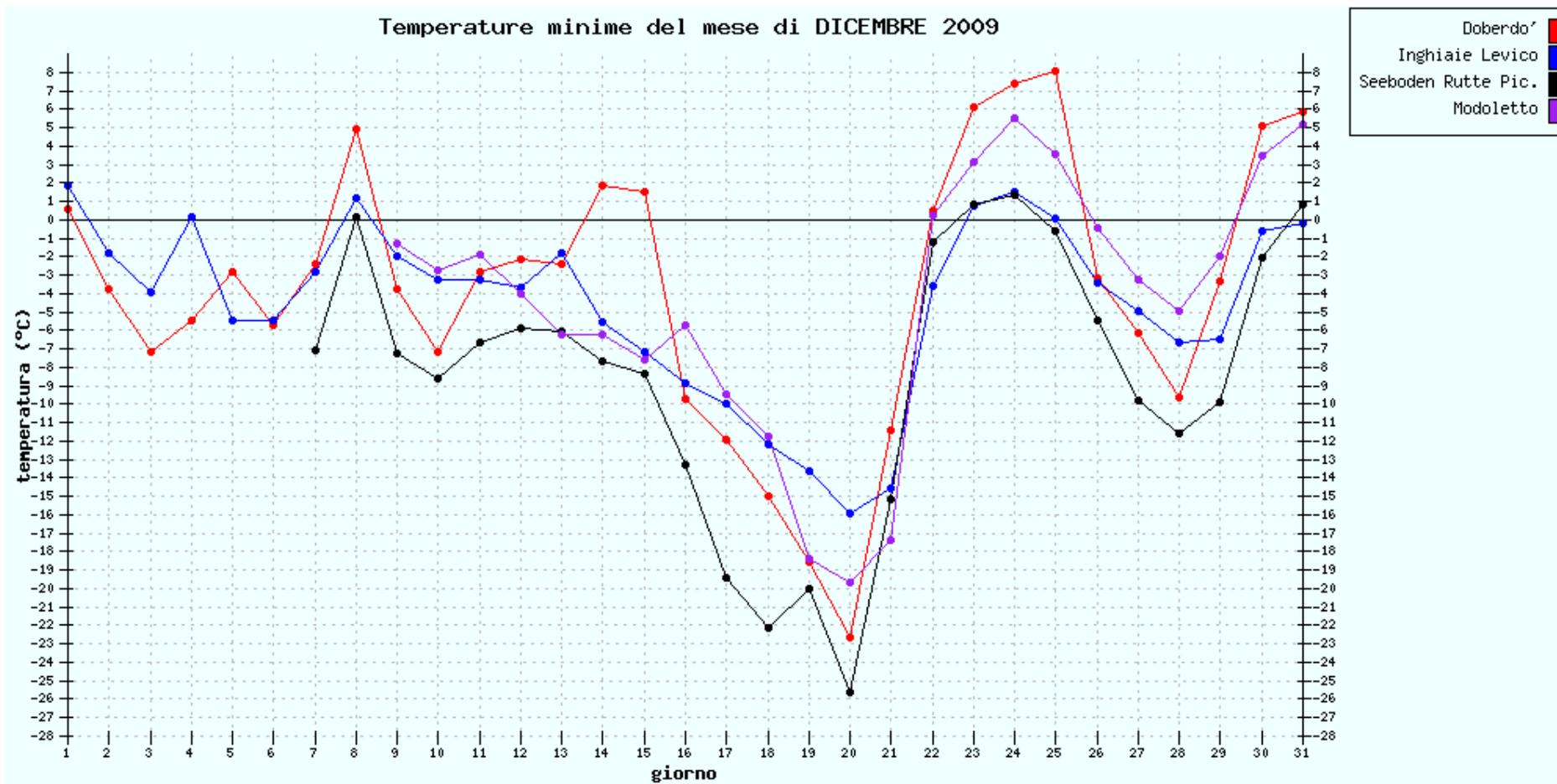
SITI DA 35 a 795 METRI s.l.m.



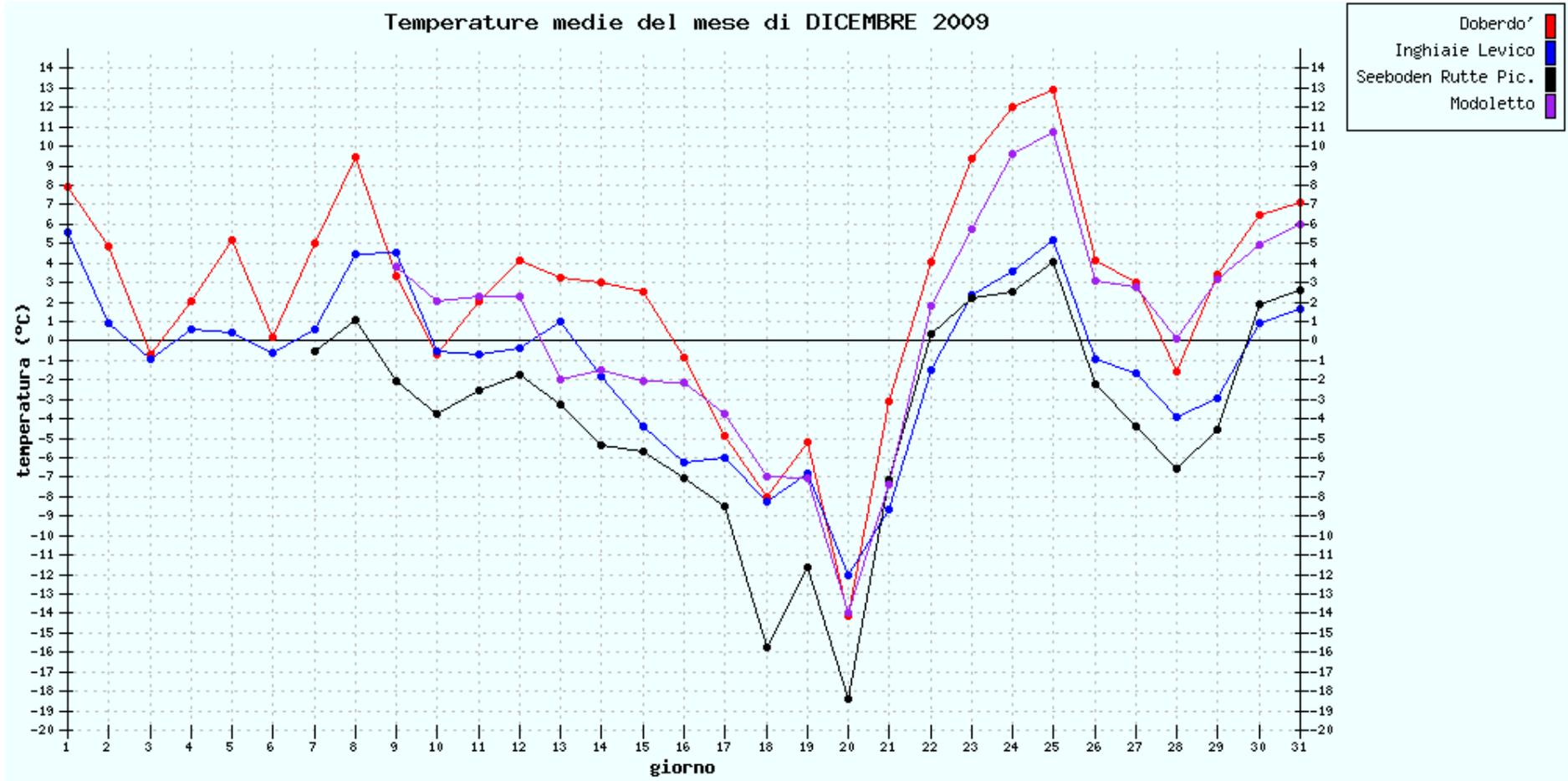
SITI DA 35 a 795 METRI s.l.m.



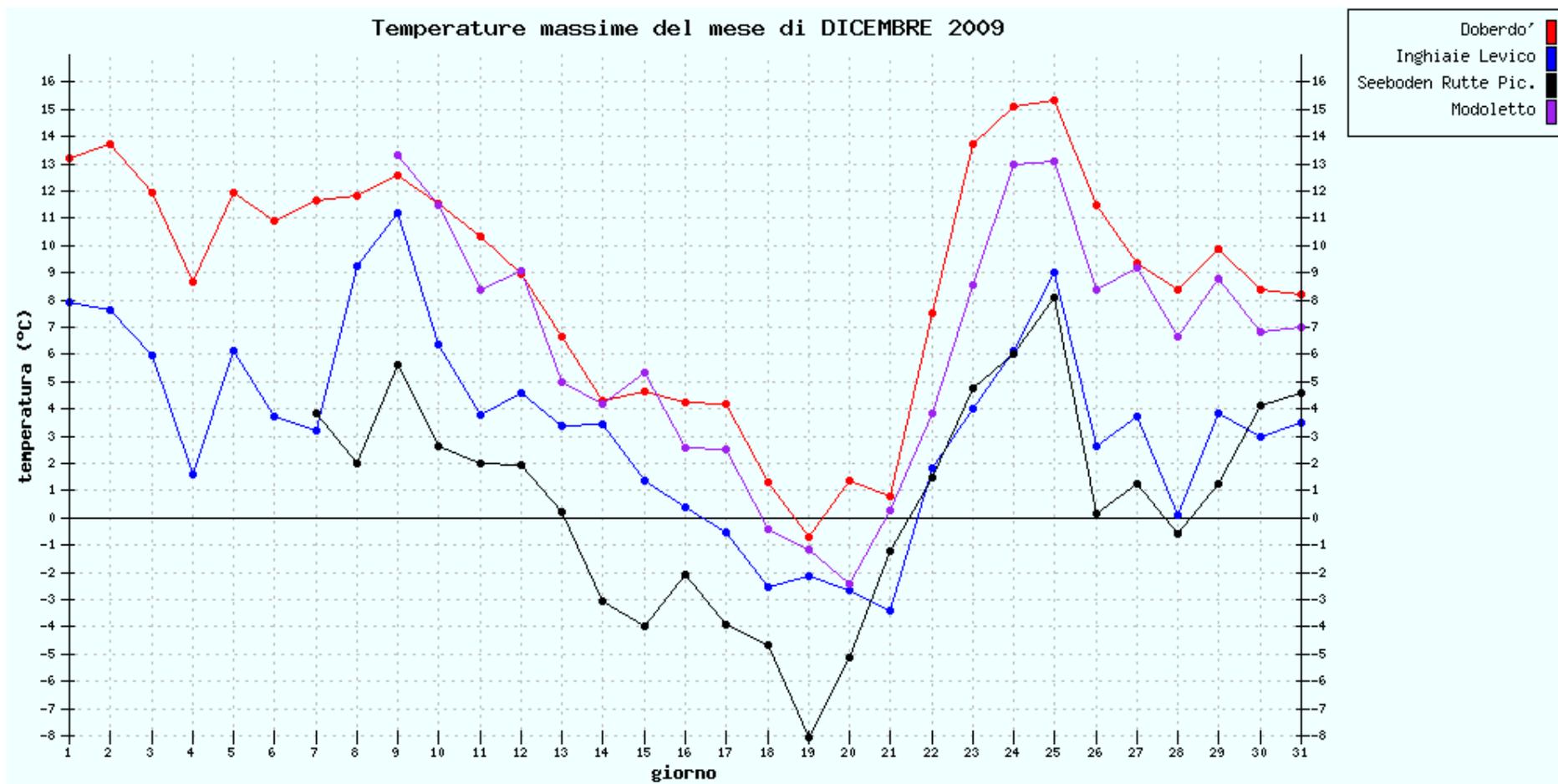
SITI DA 35 a 795 METRI s.l.m.



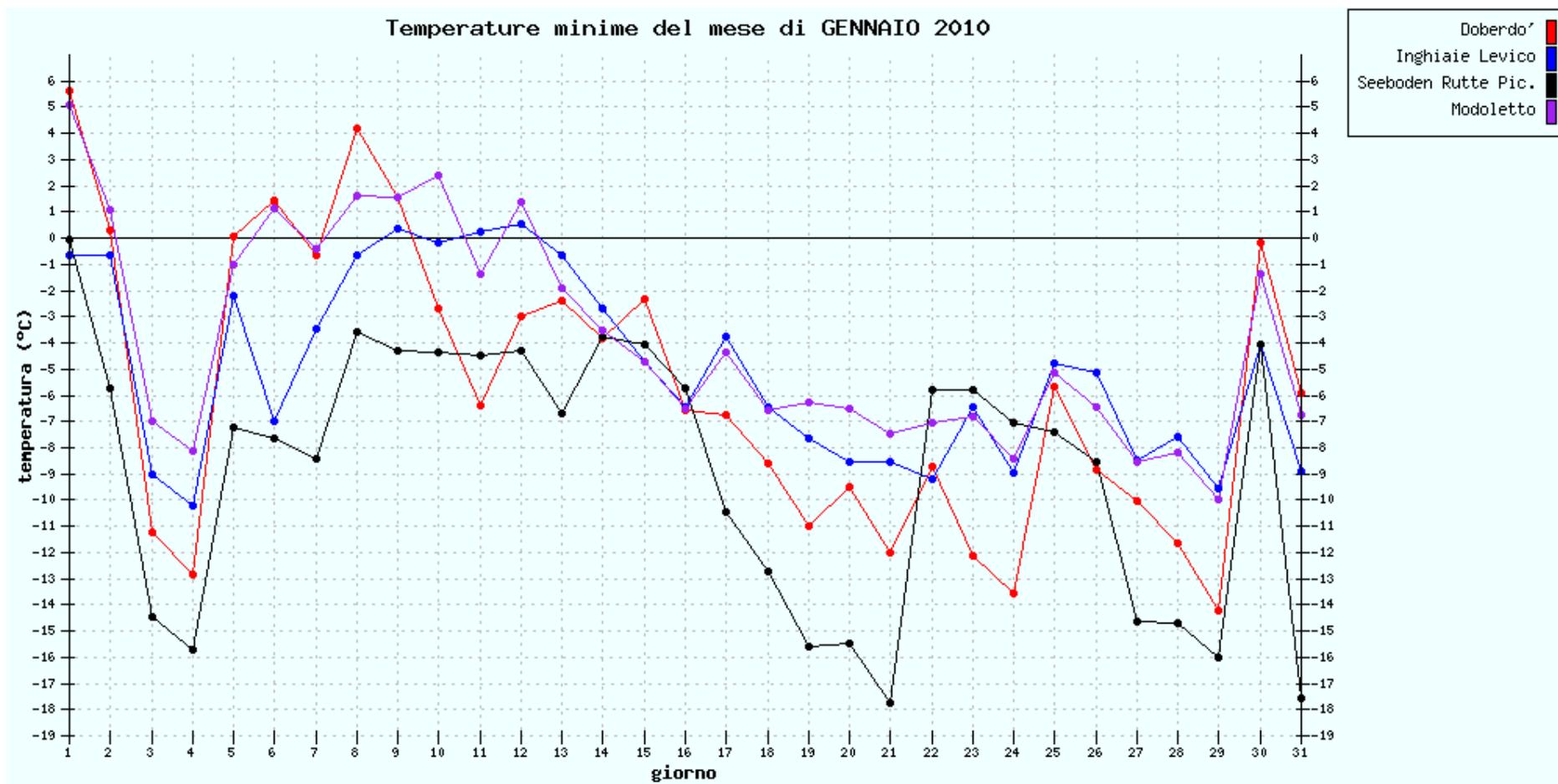
SITI DA 35 a 795 METRI s.l.m.



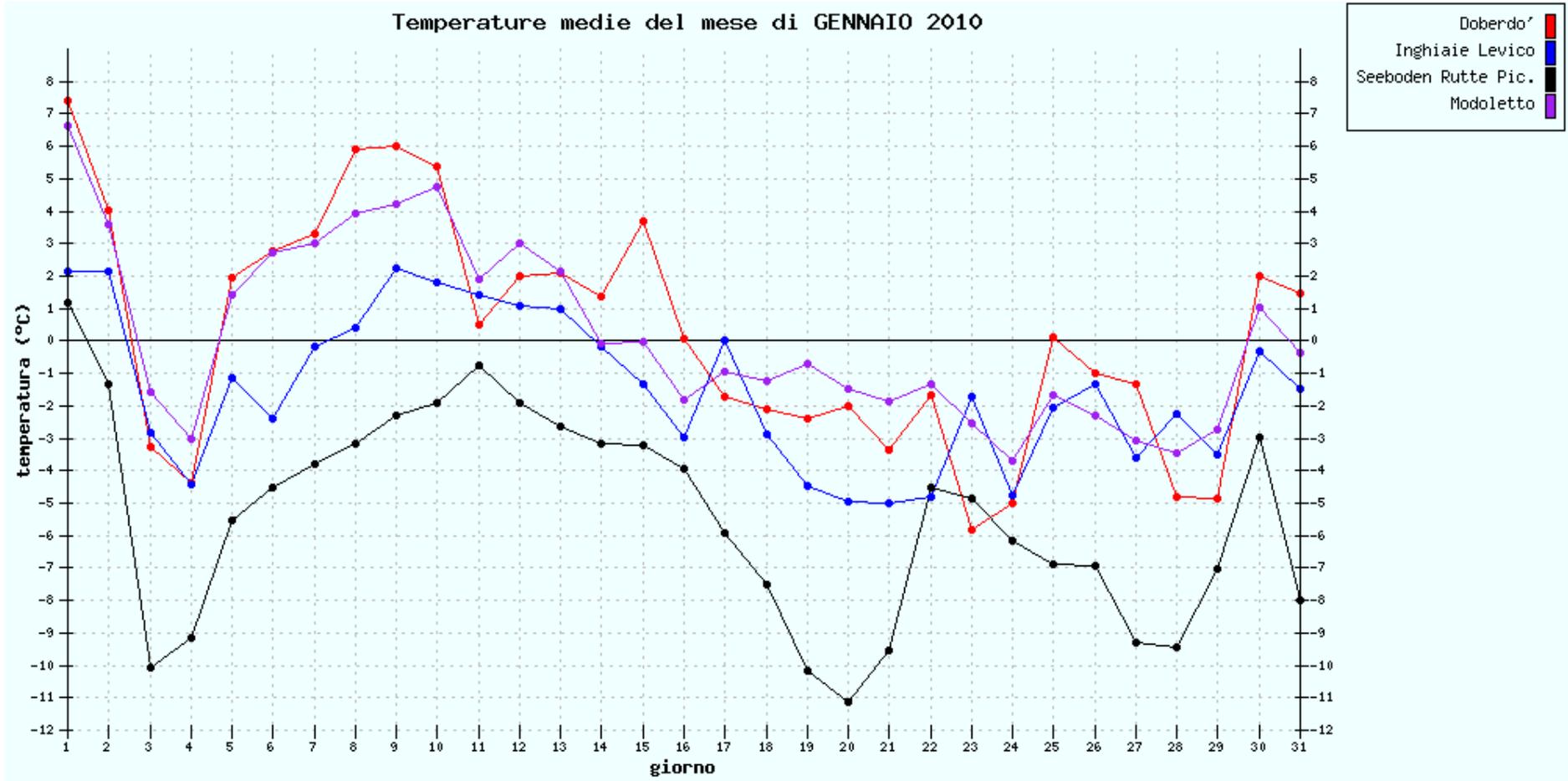
SITI DA 35 a 795 METRI s.l.m.



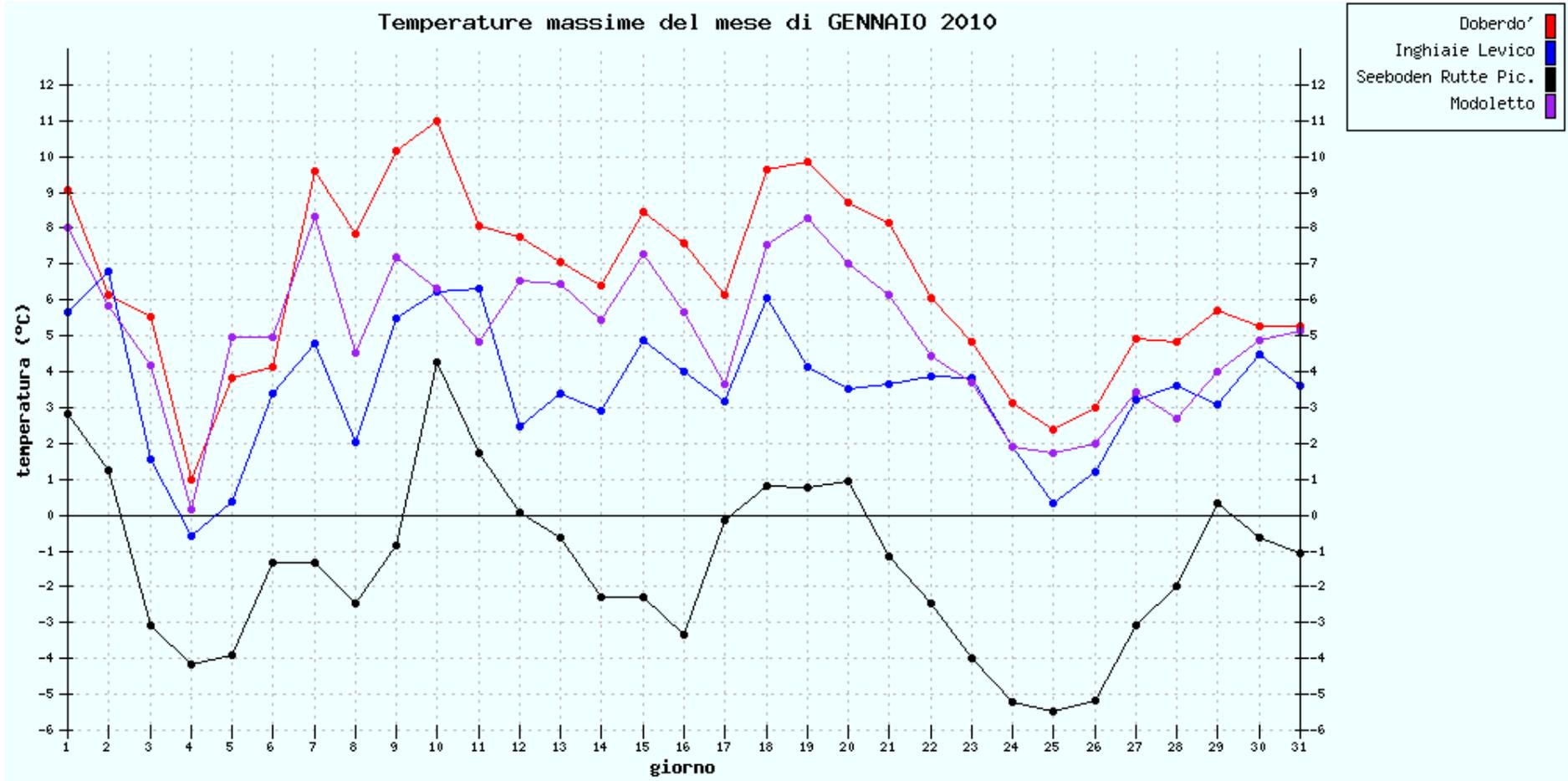
SITI DA 35 a 795 METRI s.l.m.



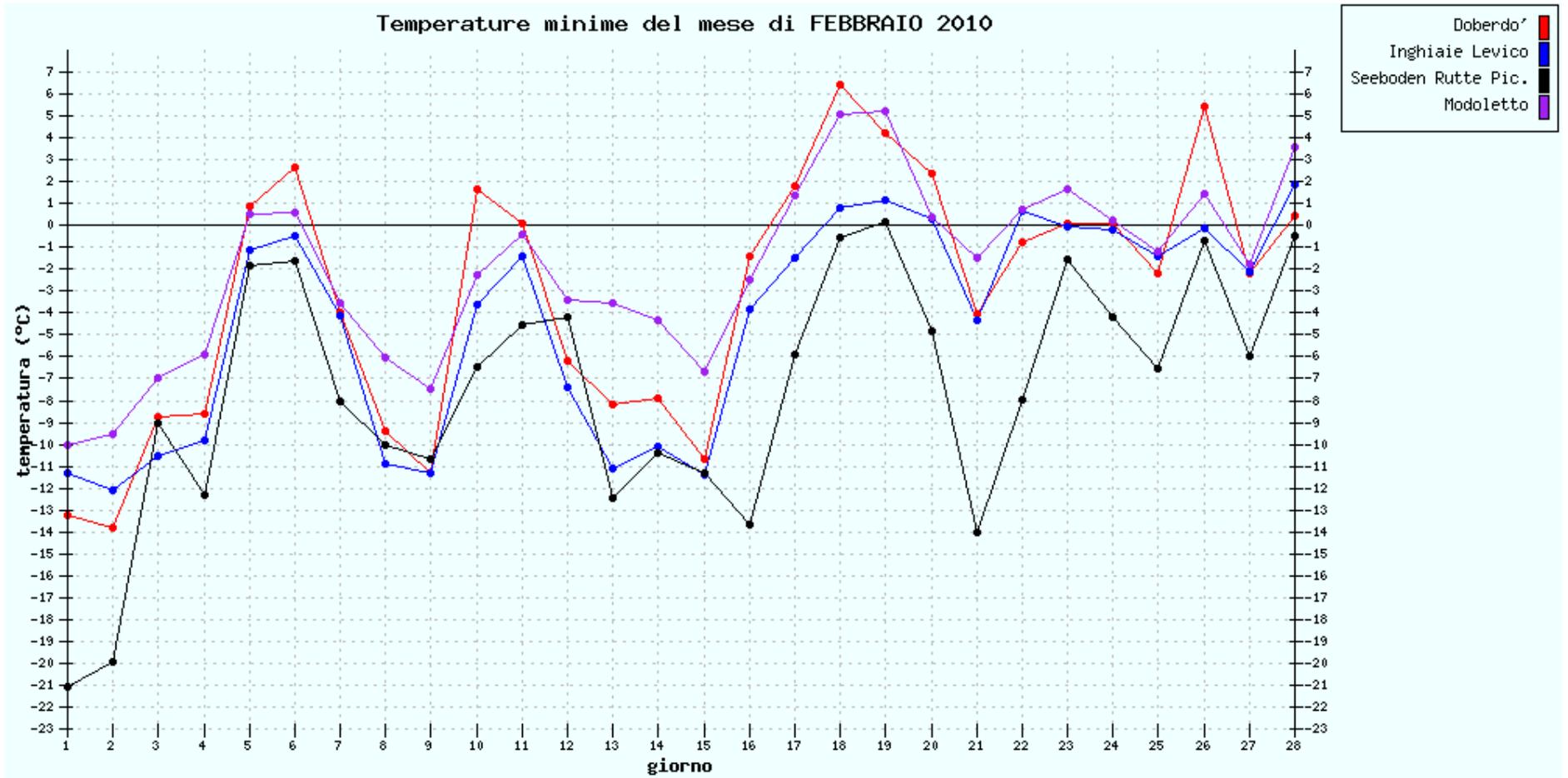
SITI DA 35 a 795 METRI s.l.m.



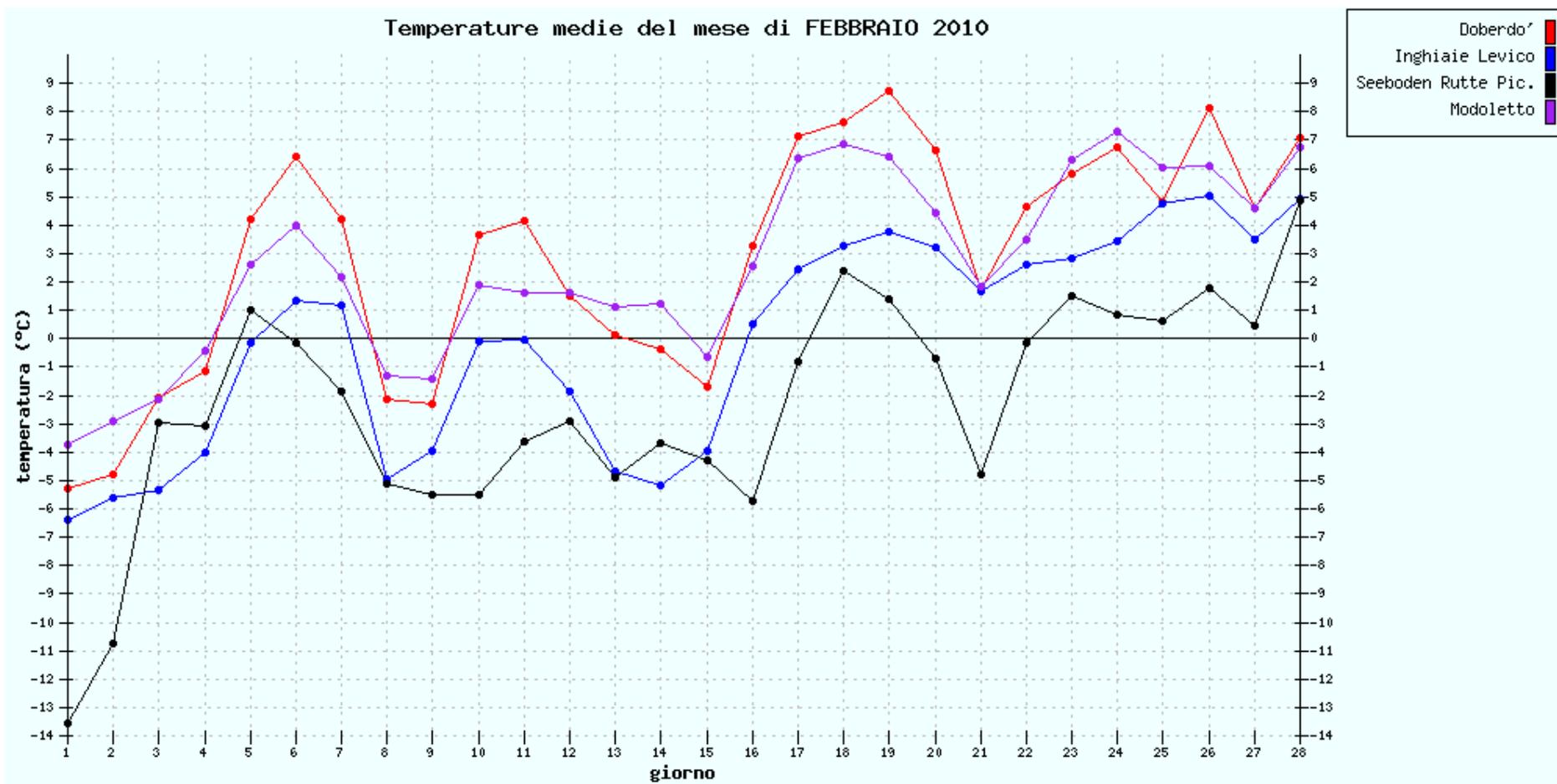
SITI DA 35 a 795 METRI s.l.m.



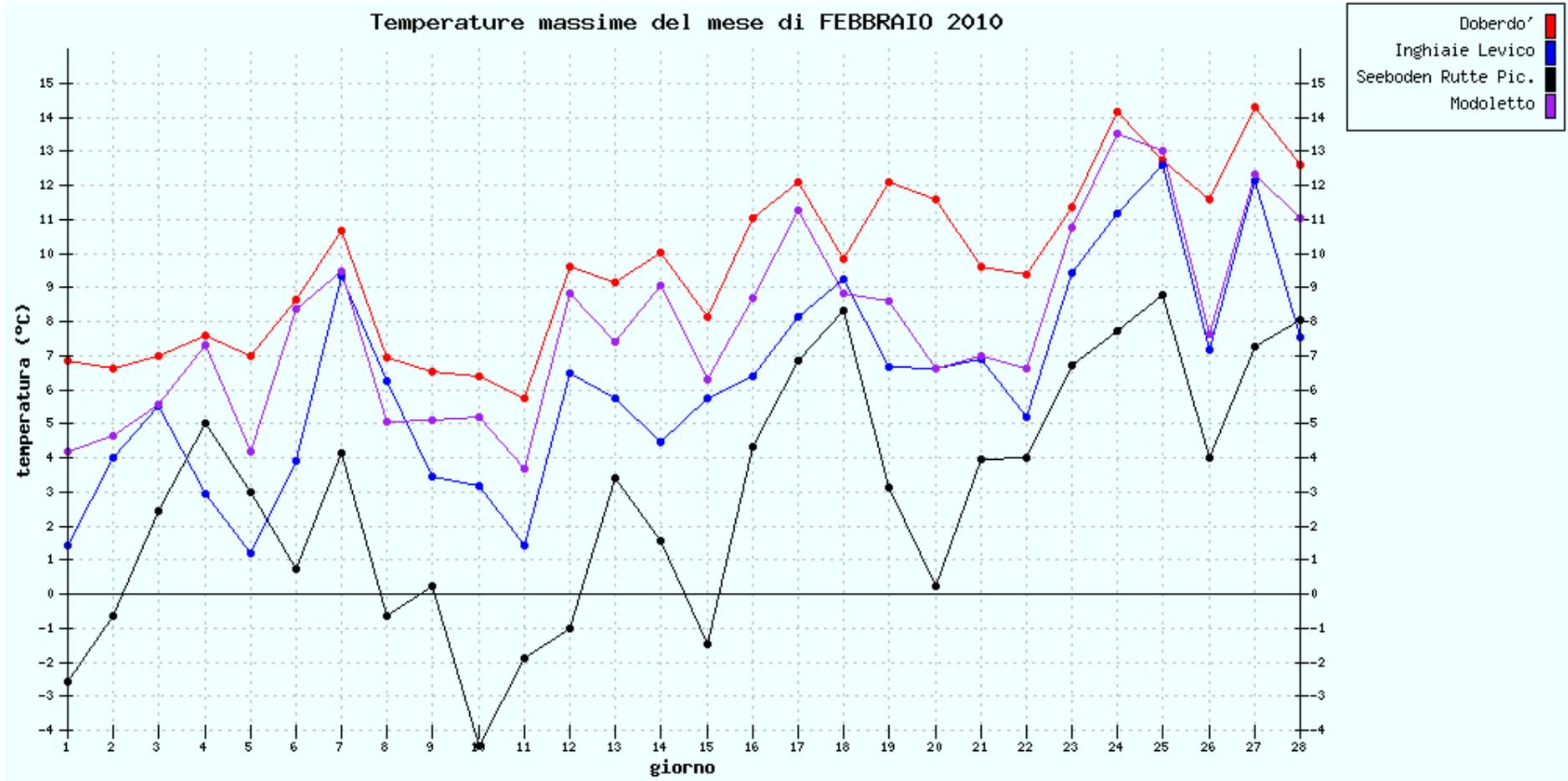
SITI DA 35 a 795 METRI s.l.m.



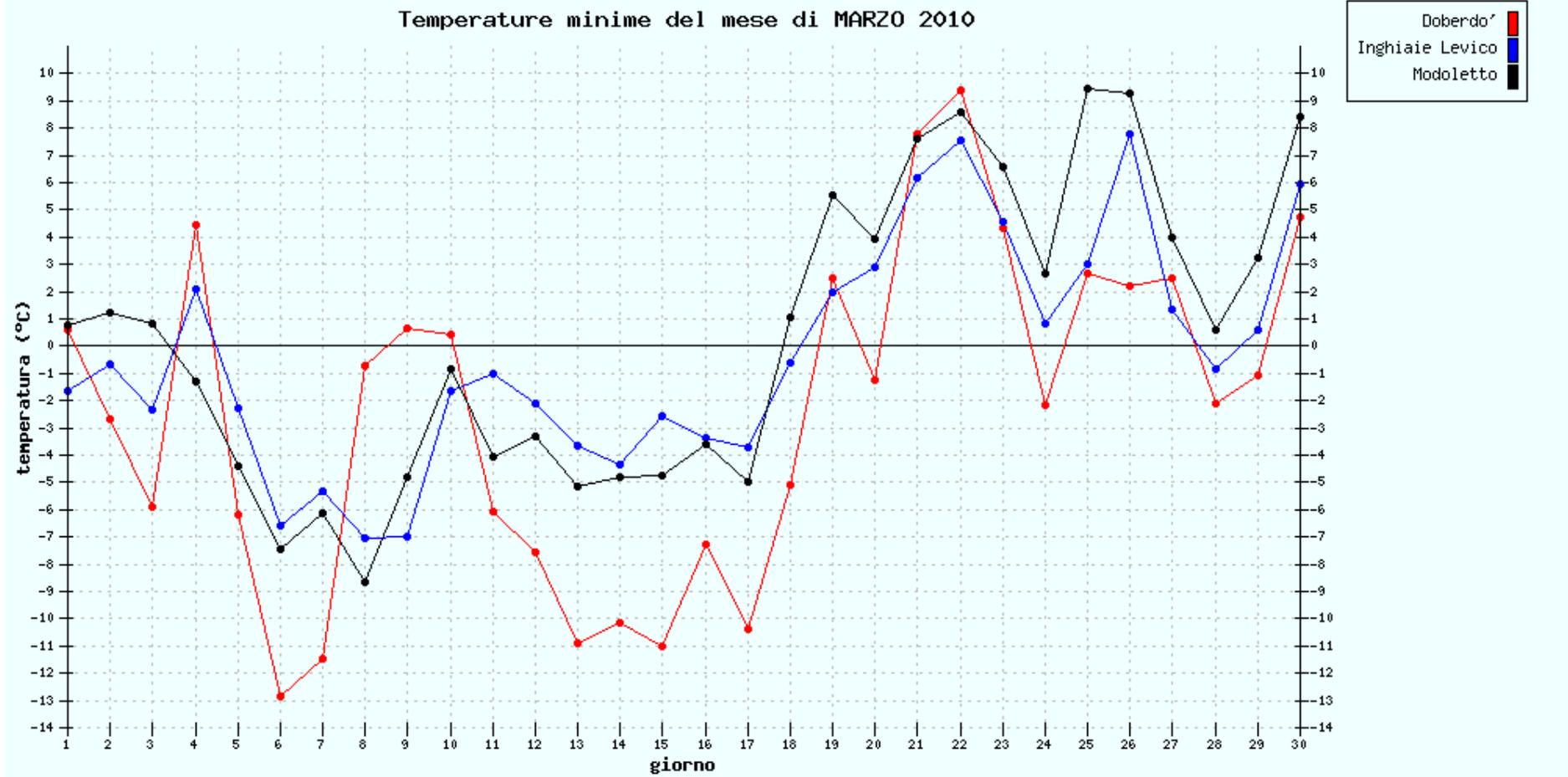
SITI DA 35 a 795 METRI s.l.m.



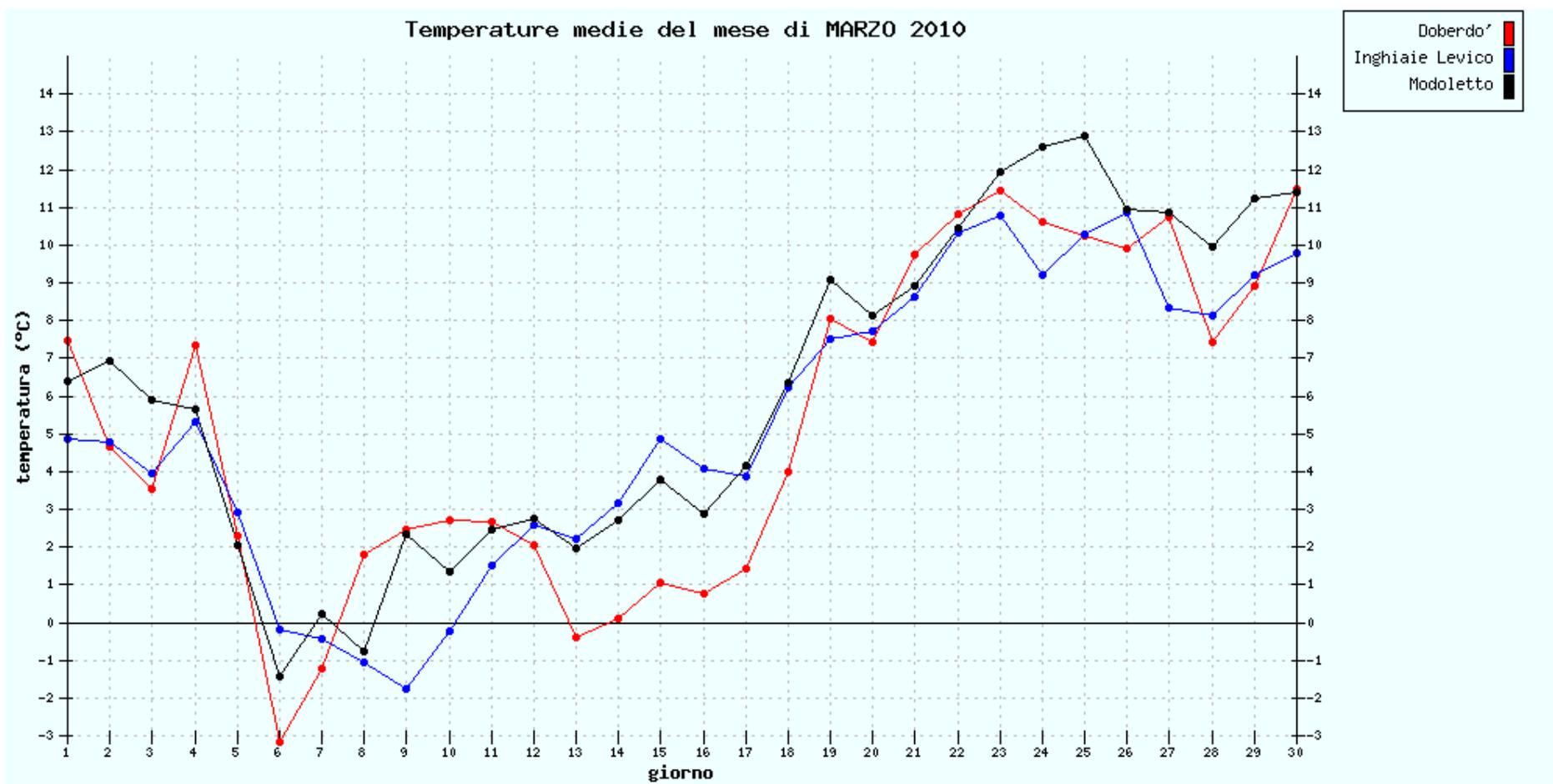
SITI DA 35 a 795 METRI s.l.m.



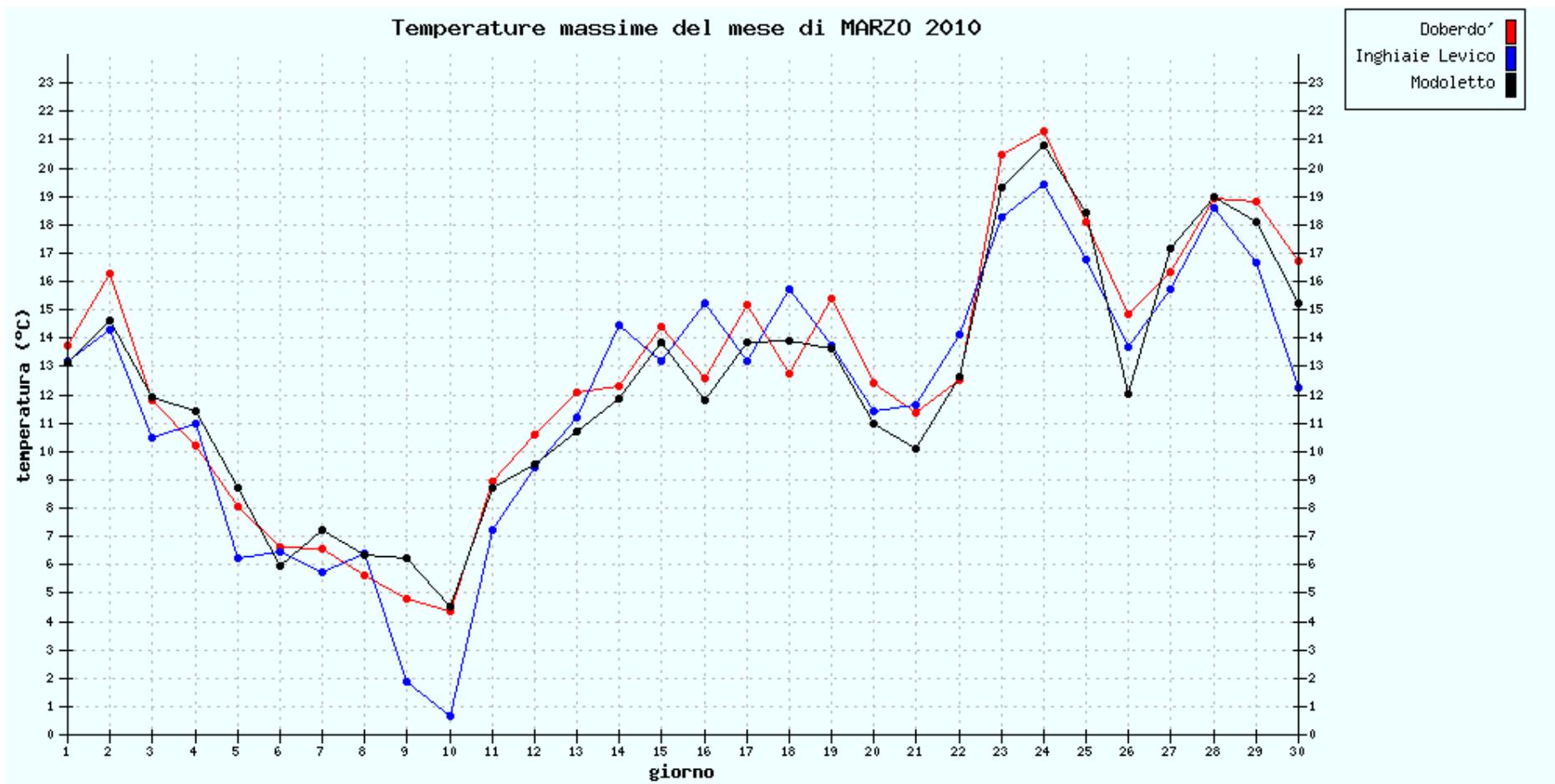
SITI DA 35 a 795 METRI s.l.m.



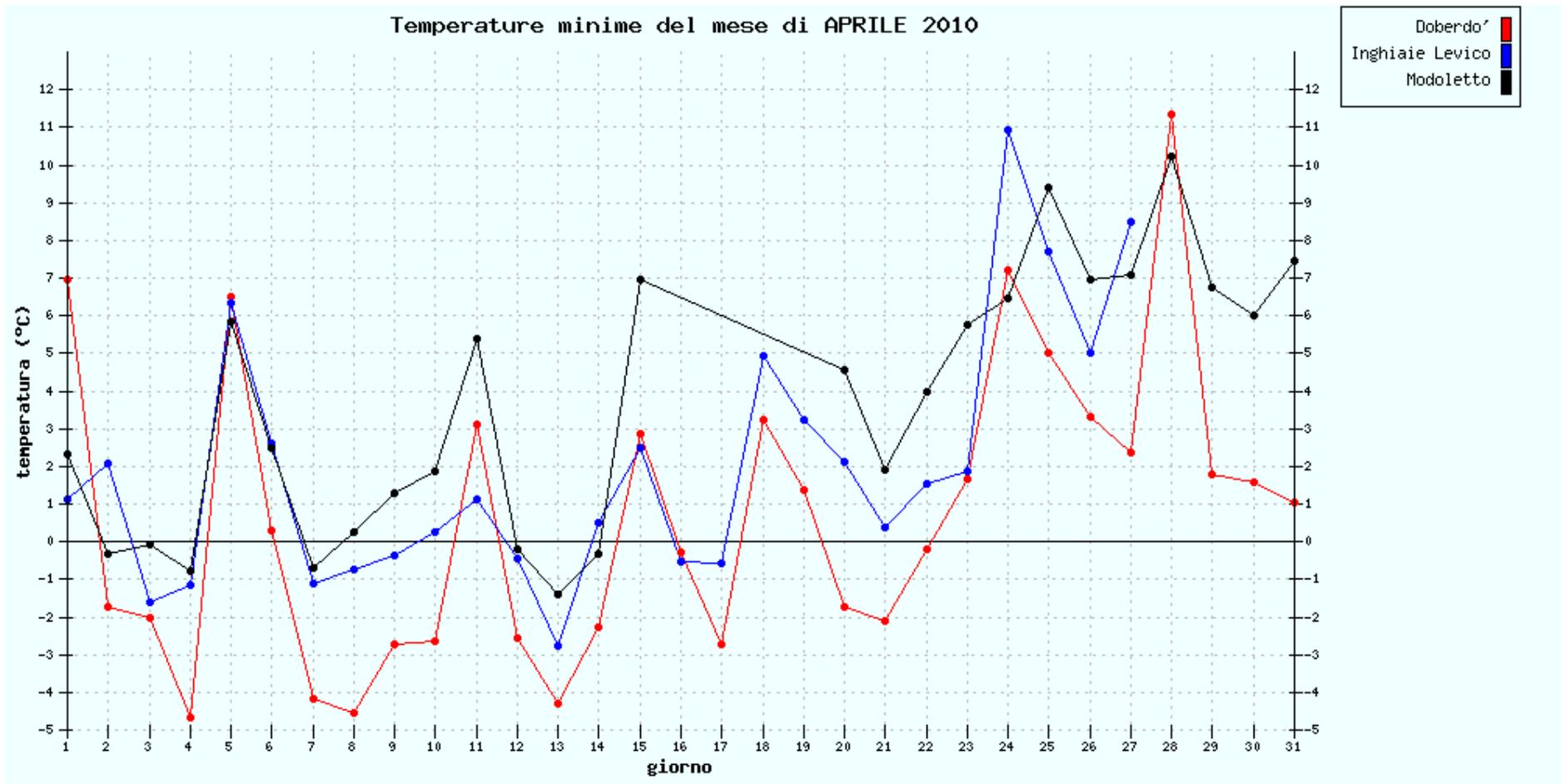
SITI DA 35 a 795 METRI s.l.m.



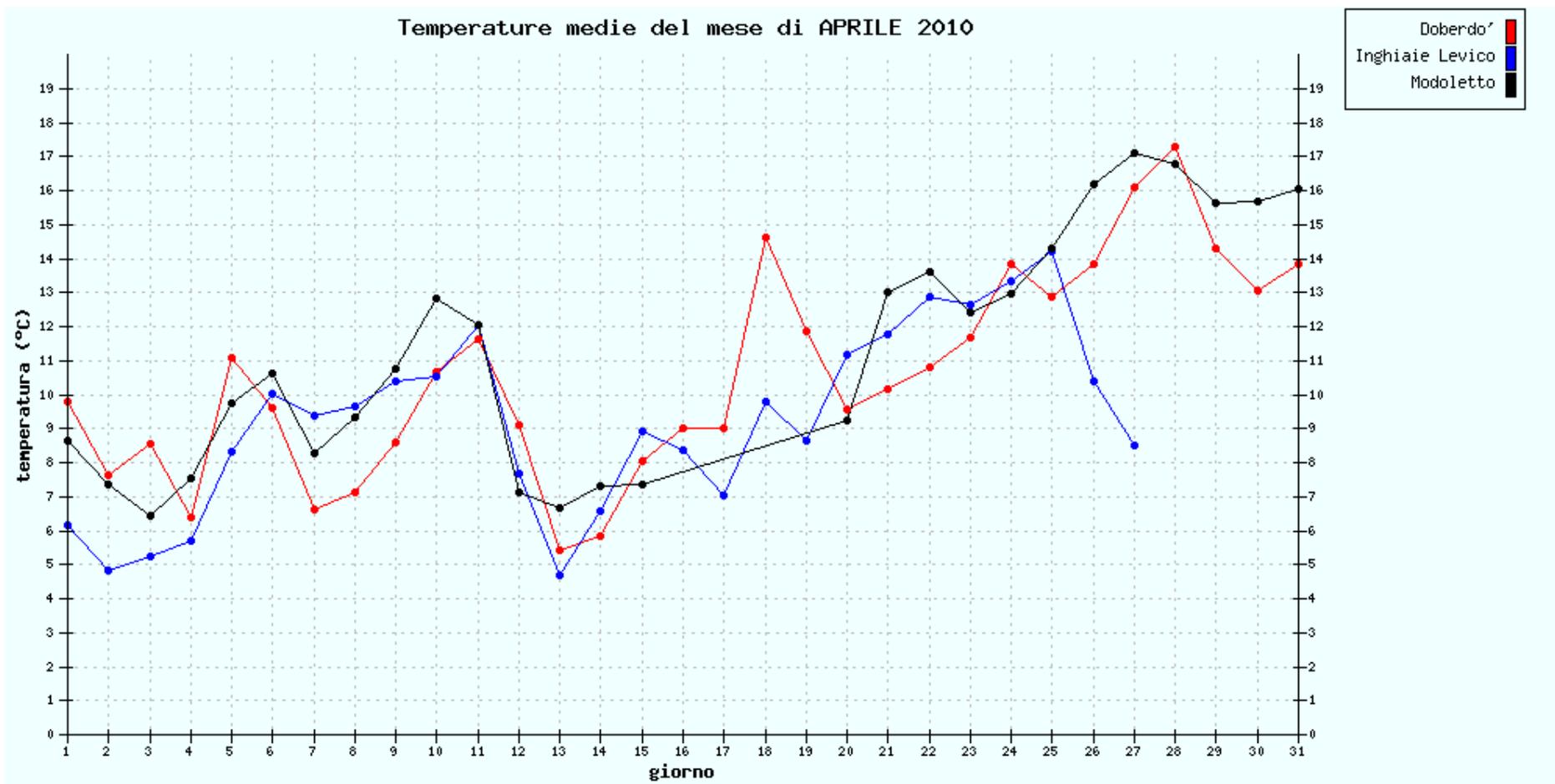
SITI DA 35 a 795 METRI s.l.m.



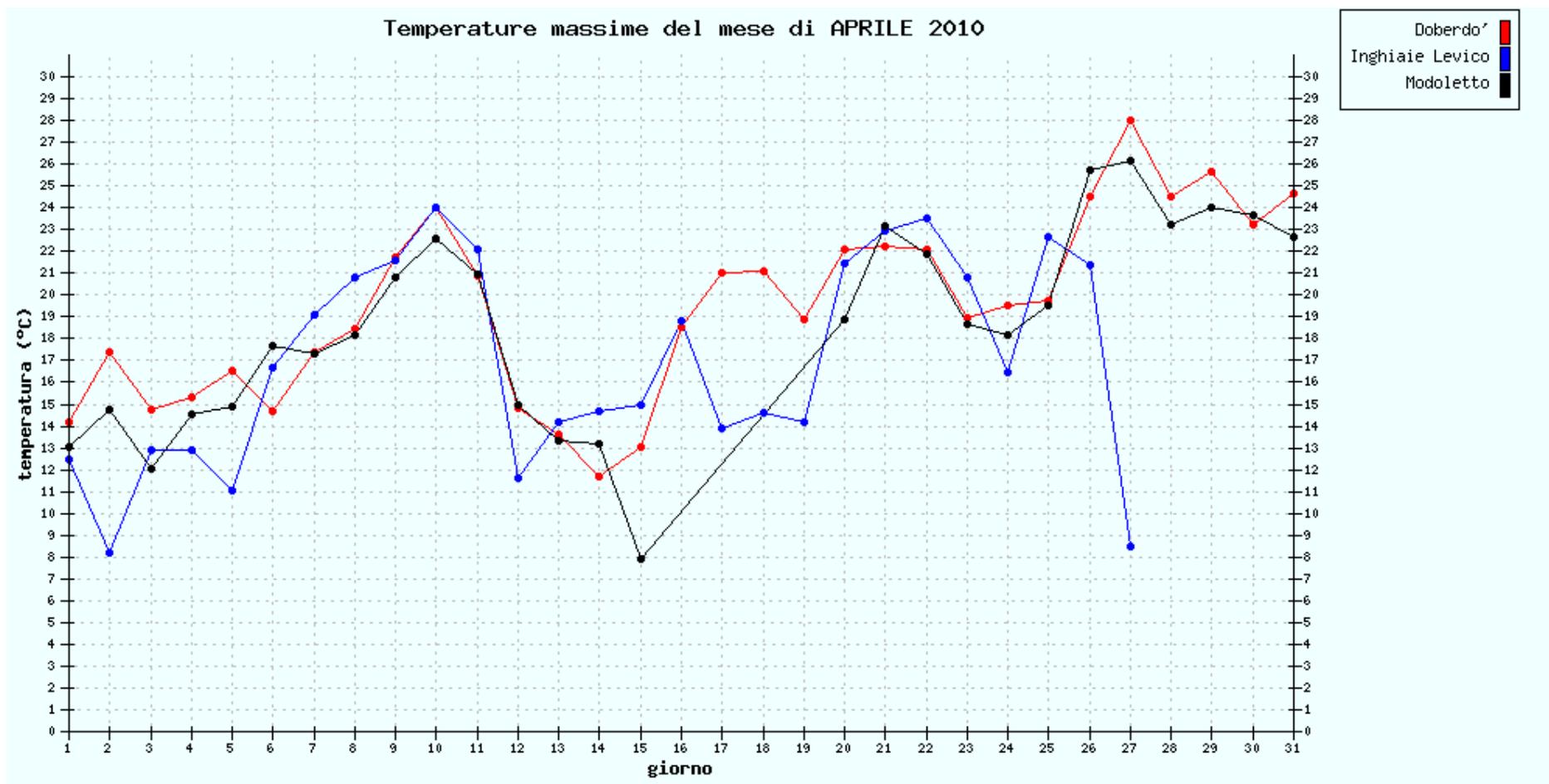
SITI DA 35 a 795 METRI s.l.m.



SITI DA 35 a 795 METRI s.l.m.

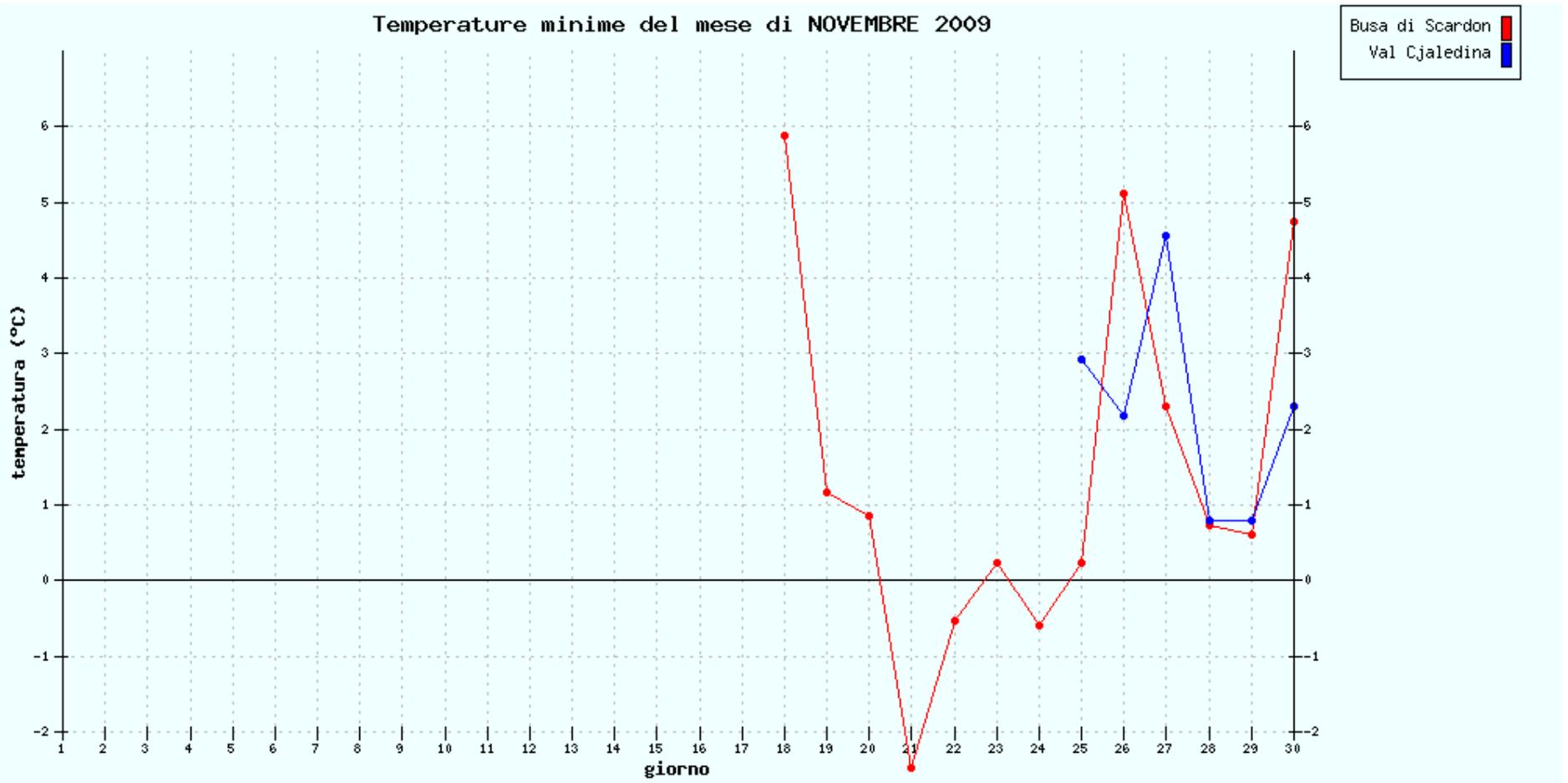


SITI DA 35 a 795 METRI s.l.m.



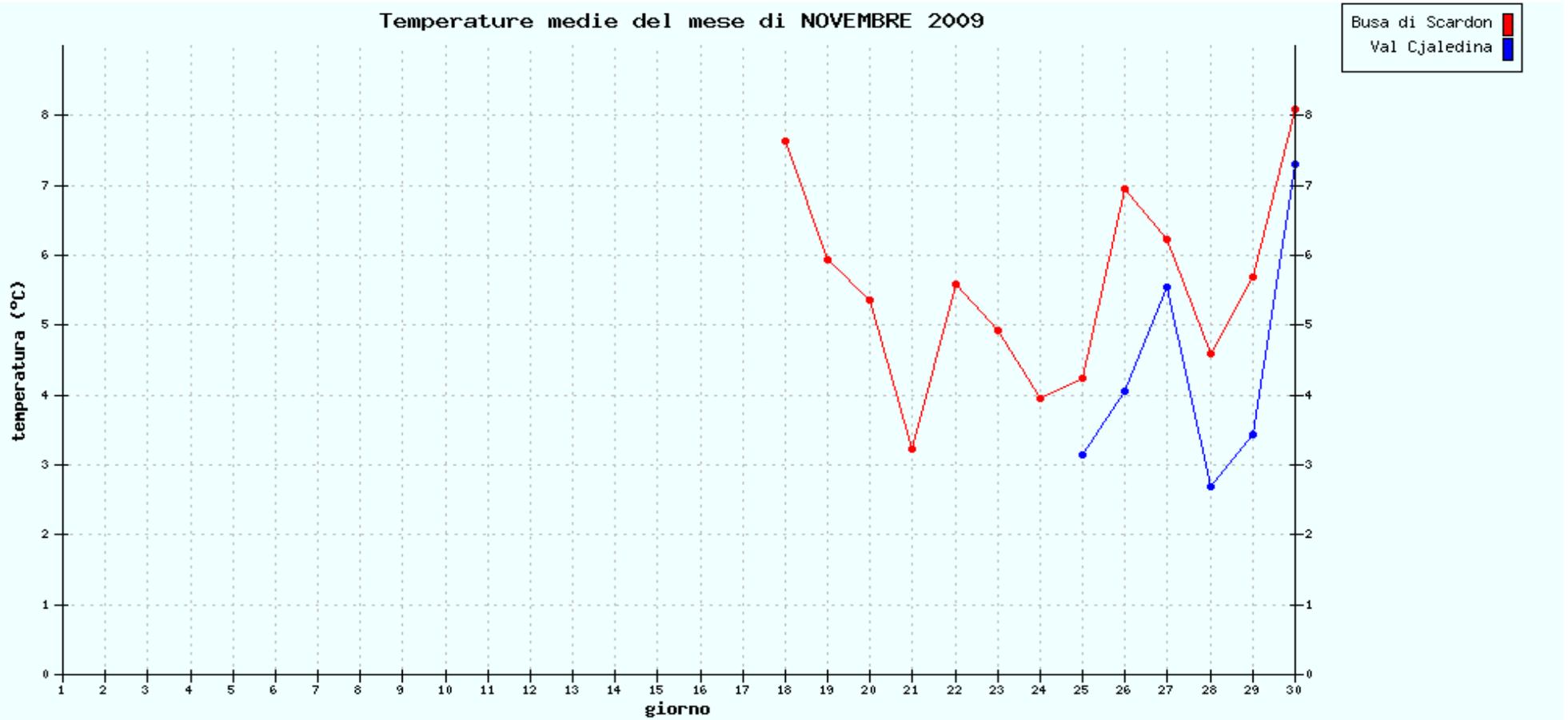
SITI DA 815 a 849 METRI s.l.m.

Temperature minime del mese di NOVEMBRE 2009

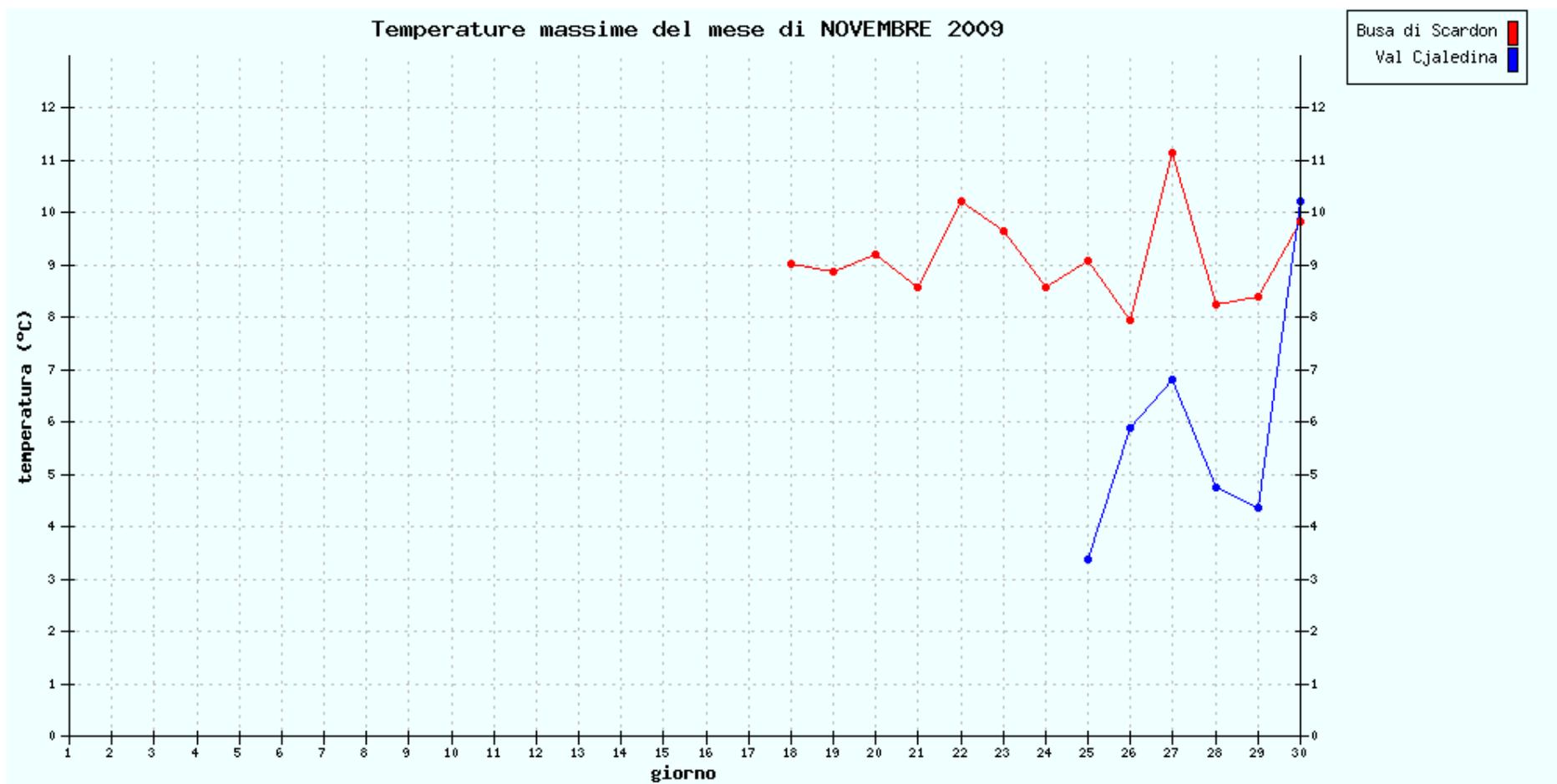


SITI DA 815 a 849 METRI s.l.m.

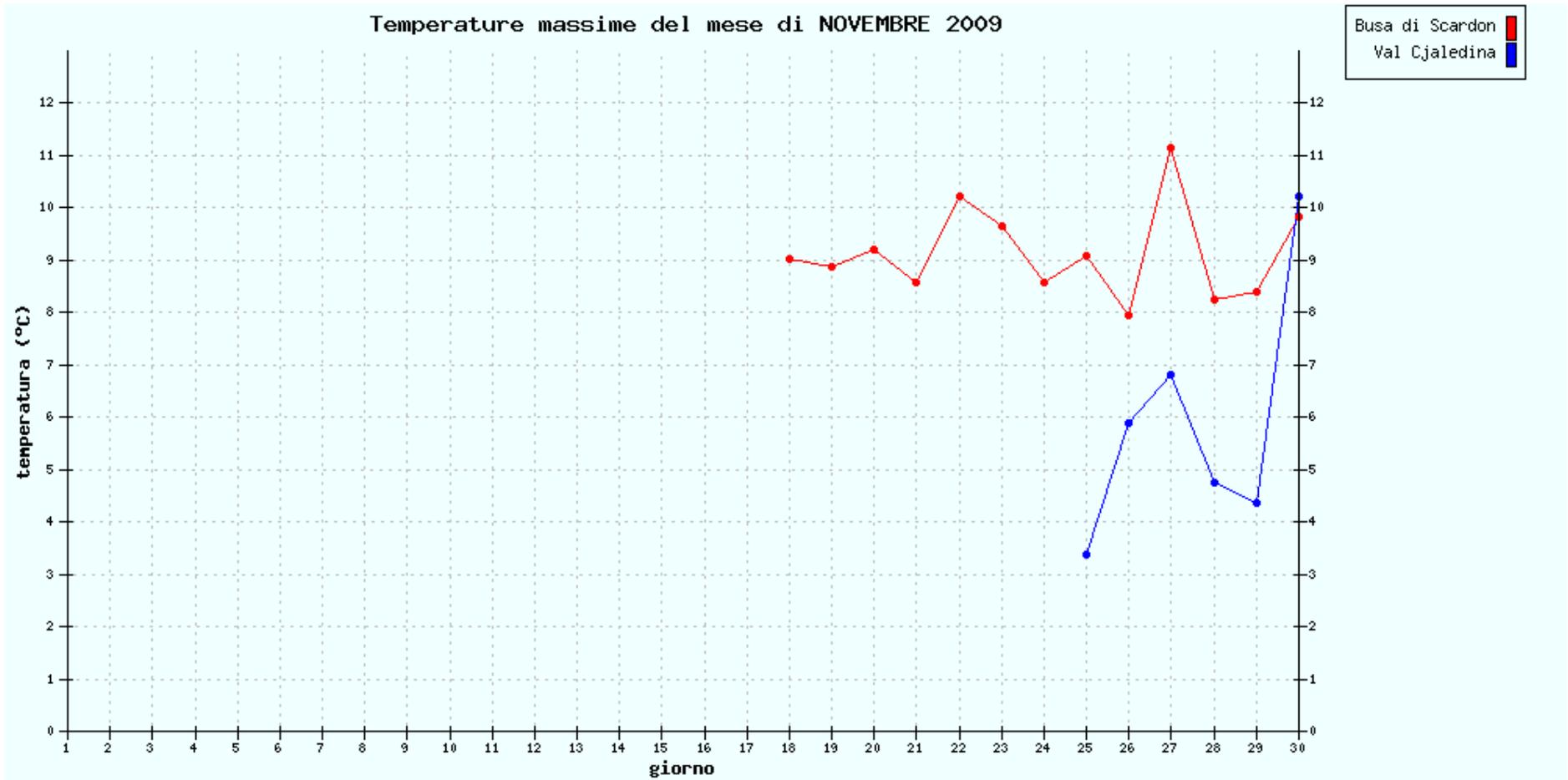
Temperature medie del mese di NOVEMBRE 2009



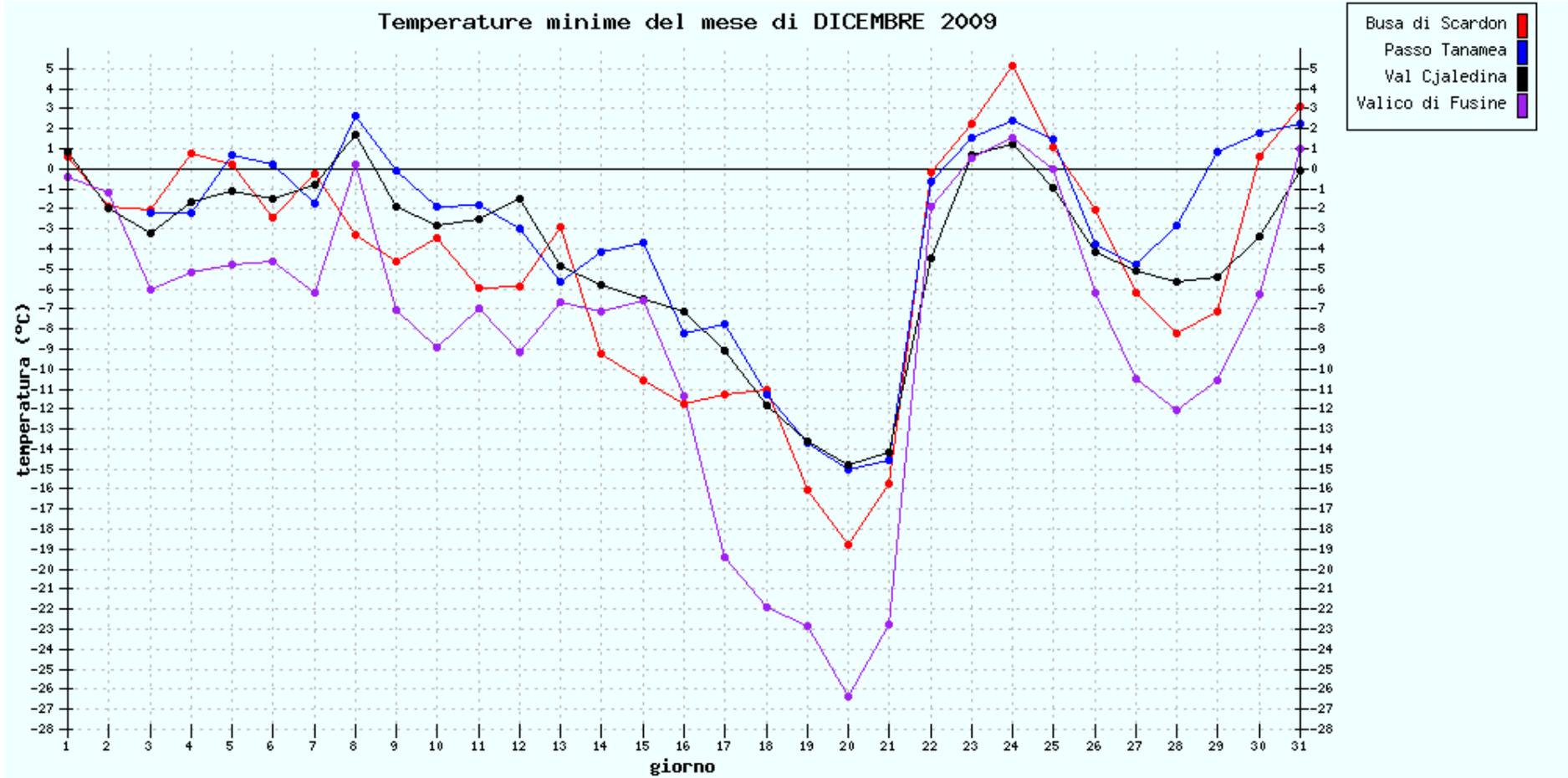
SITI DA 815 a 849 METRI s.l.m.



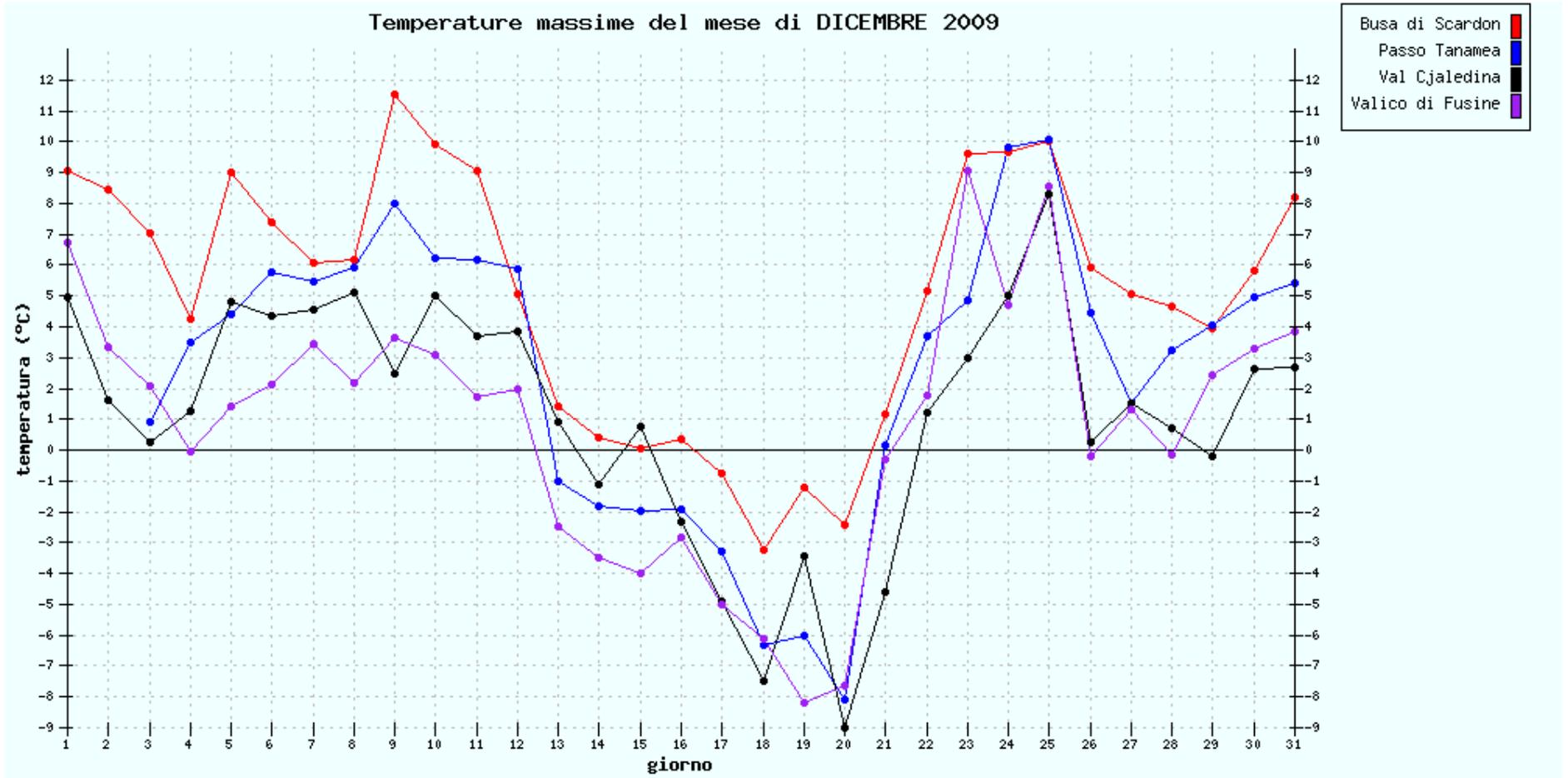
SITI DA 815 a 849 METRI s.l.m.



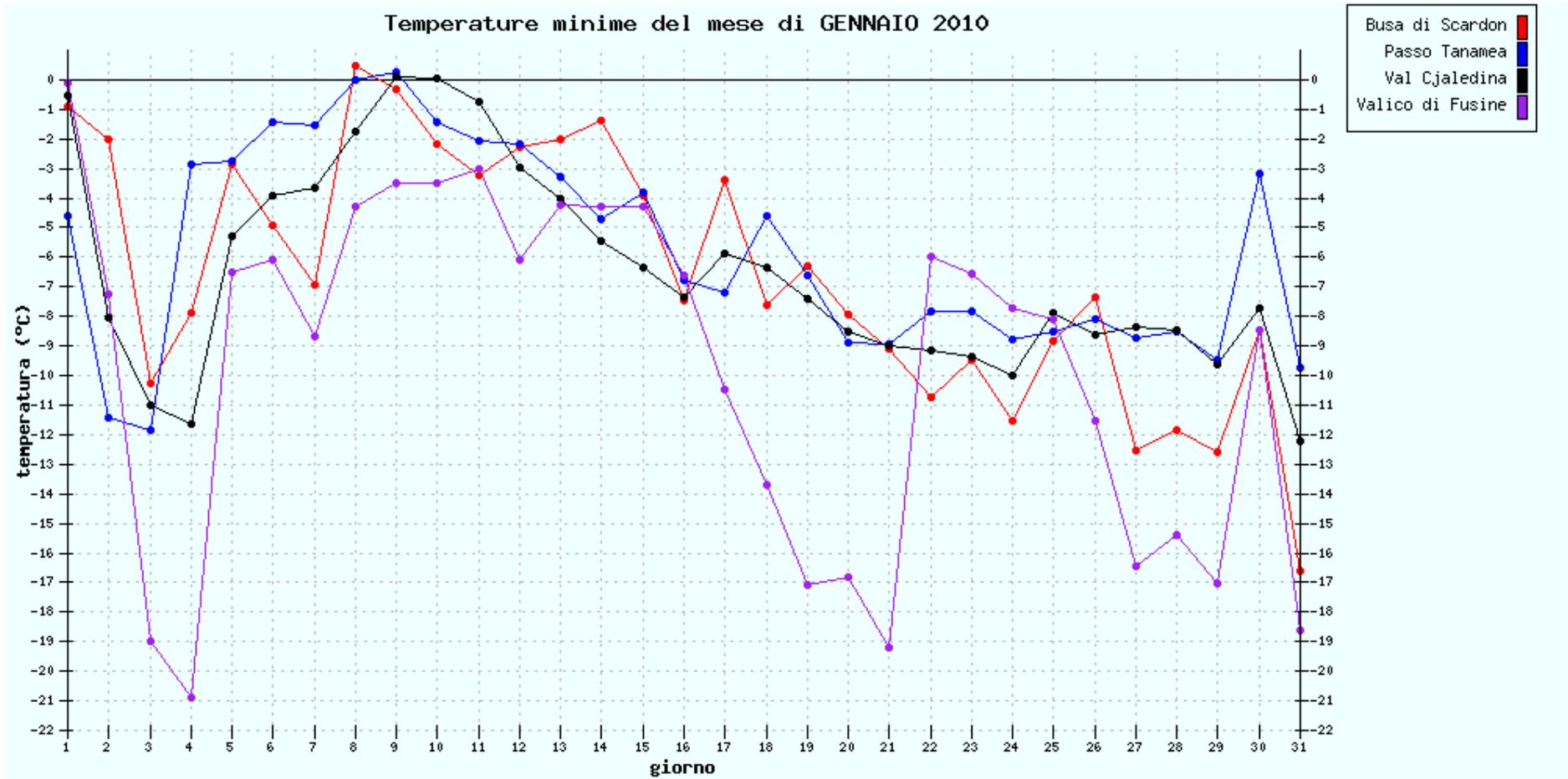
SITI DA 815 a 849 METRI s.l.m.



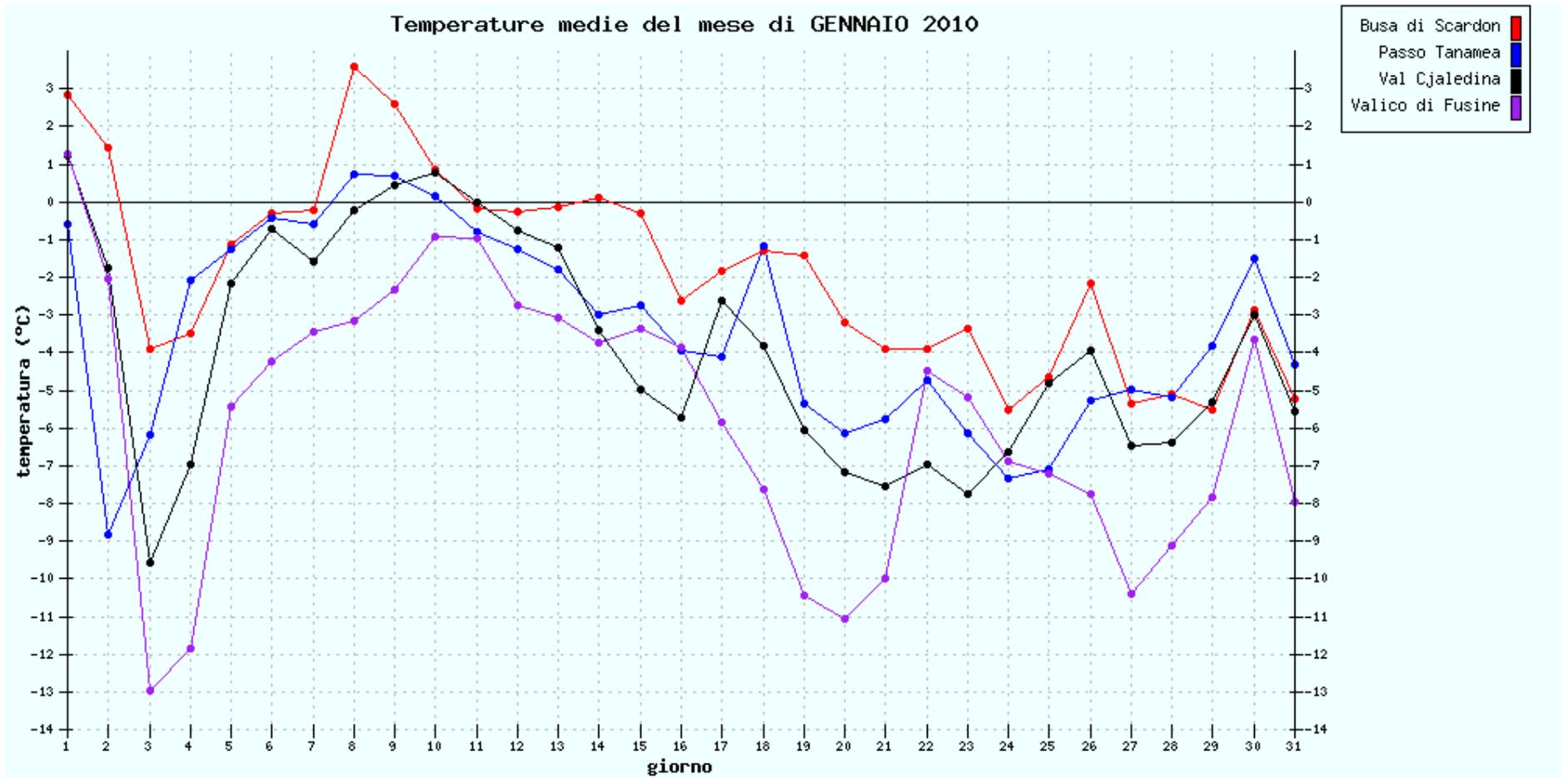
SITI DA 815 a 849 METRI s.l.m.



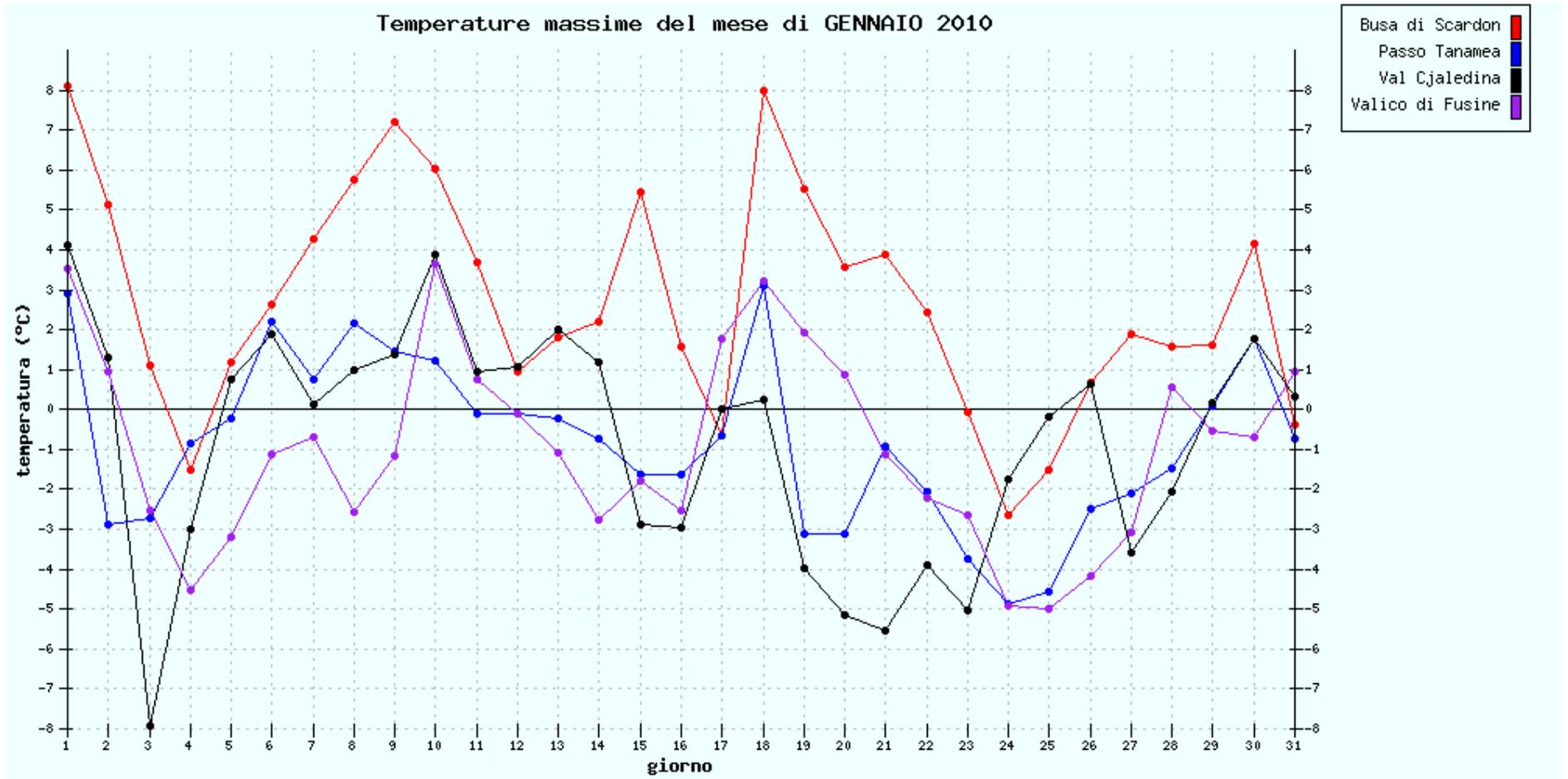
SITI DA 815 a 849 METRI s.l.m.



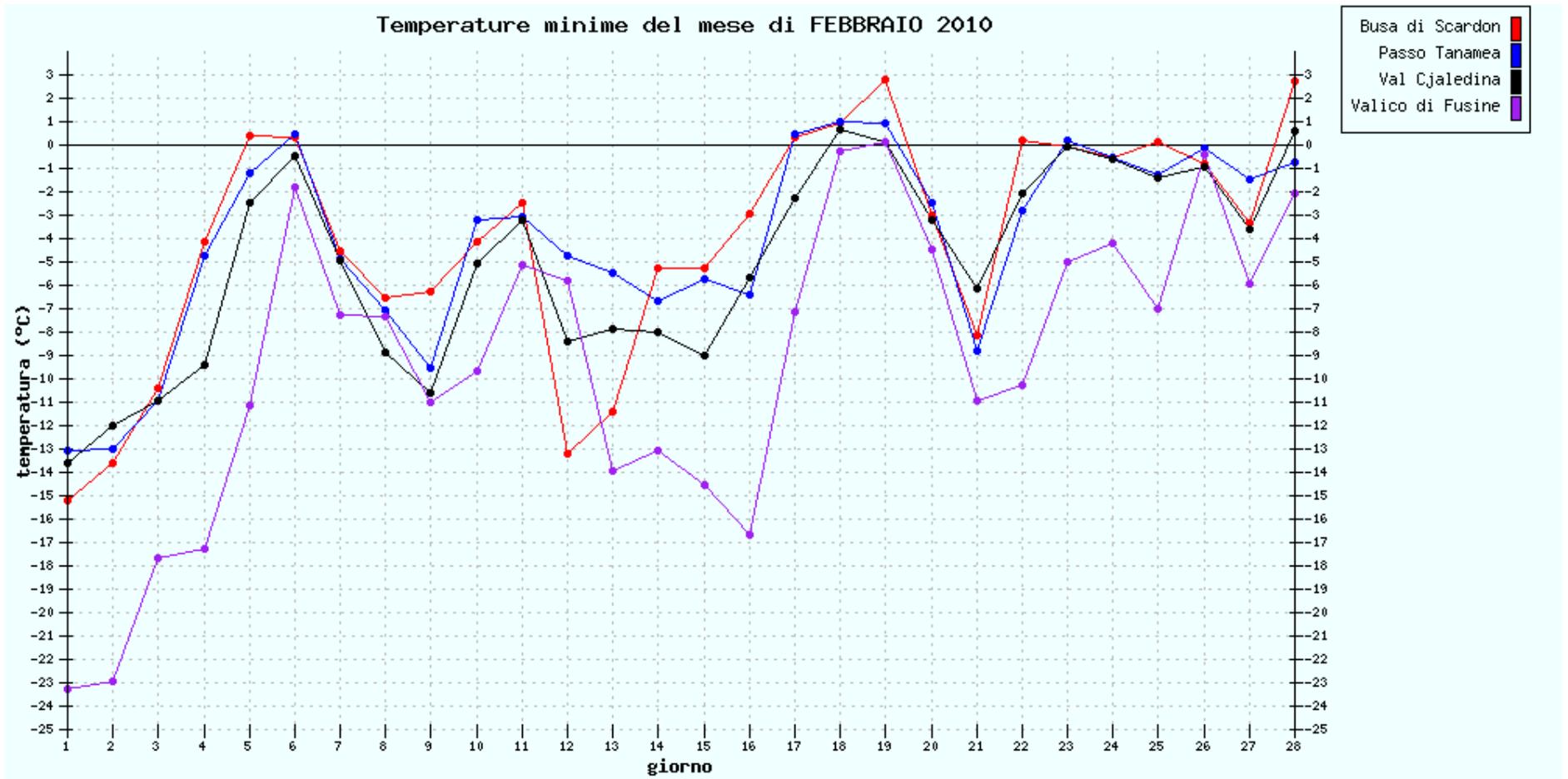
SITI DA 815 a 849 METRI s.l.m.



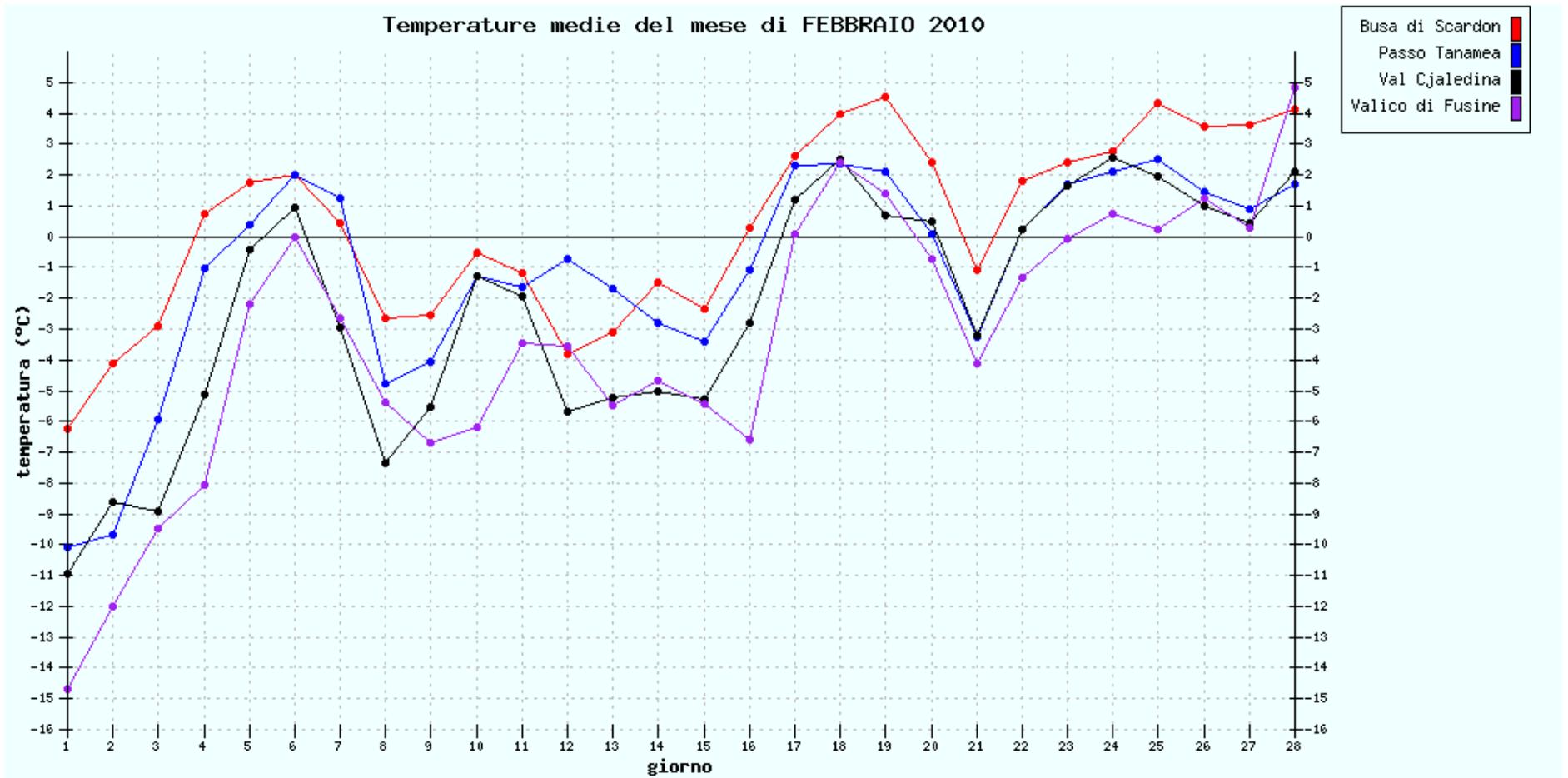
SITI DA 815 a 849 METRI s.l.m.



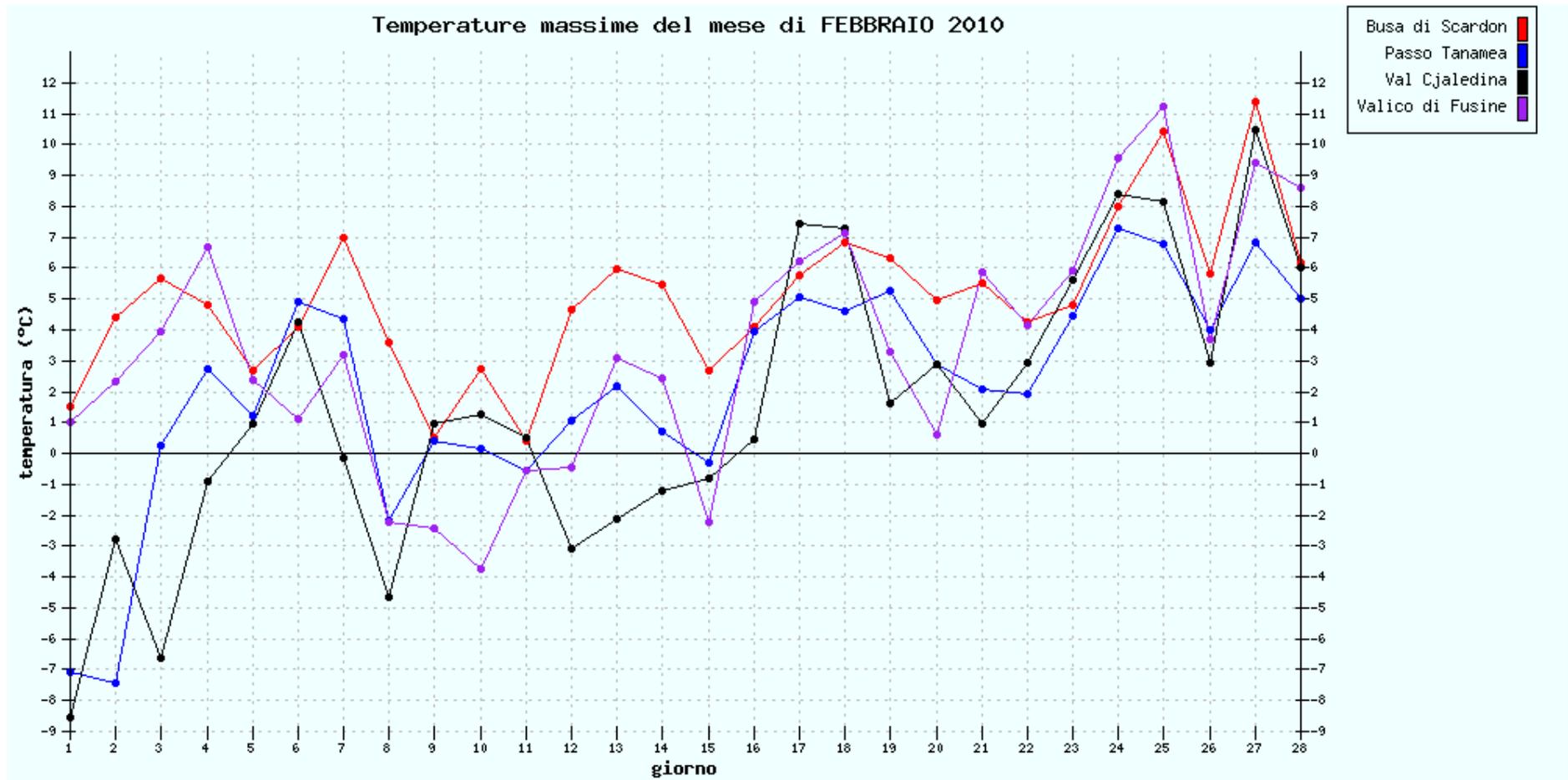
SITI DA 815 a 849 METRI s.l.m.



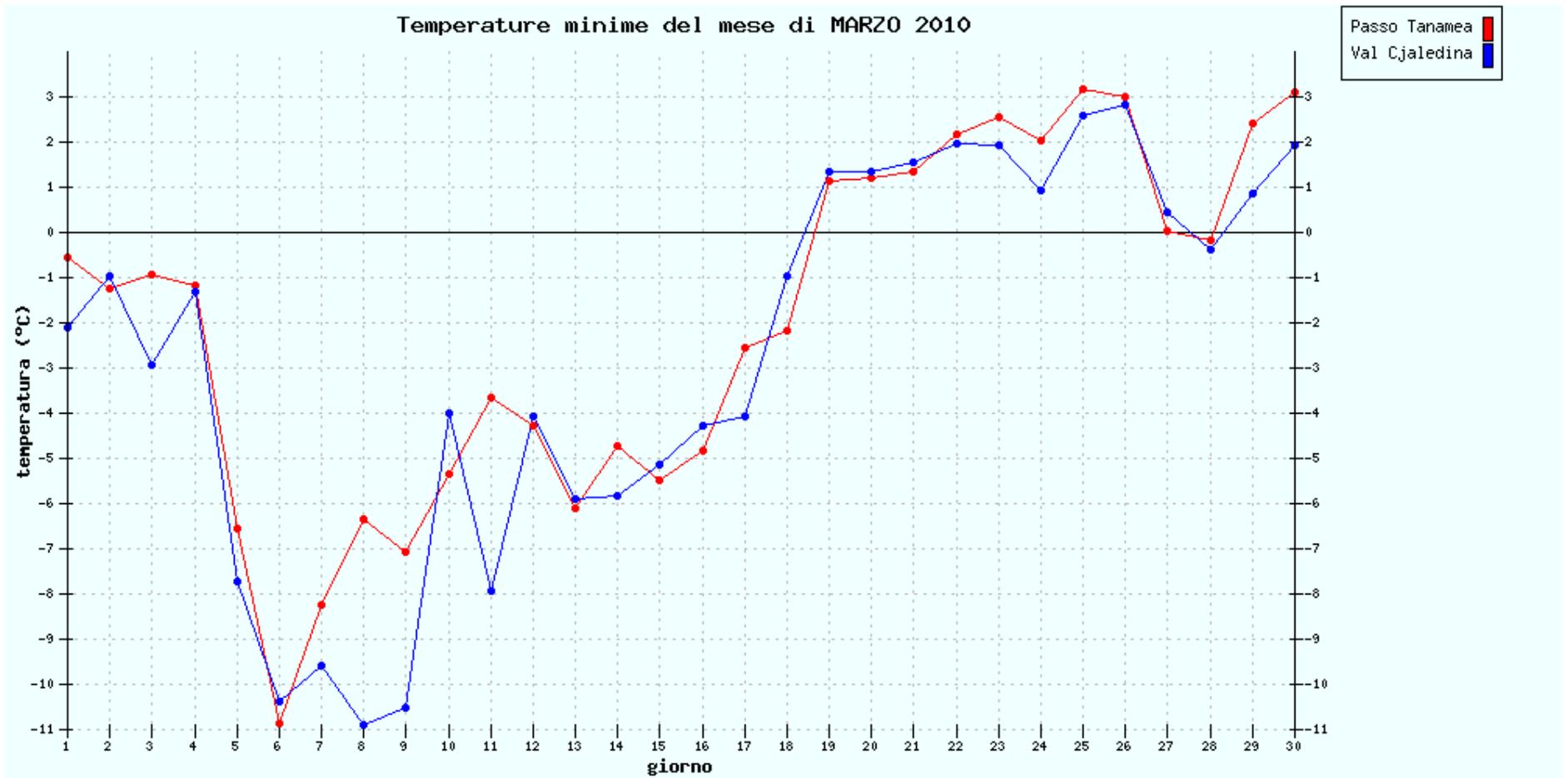
SITI DA 815 a 849 METRI s.l.m.



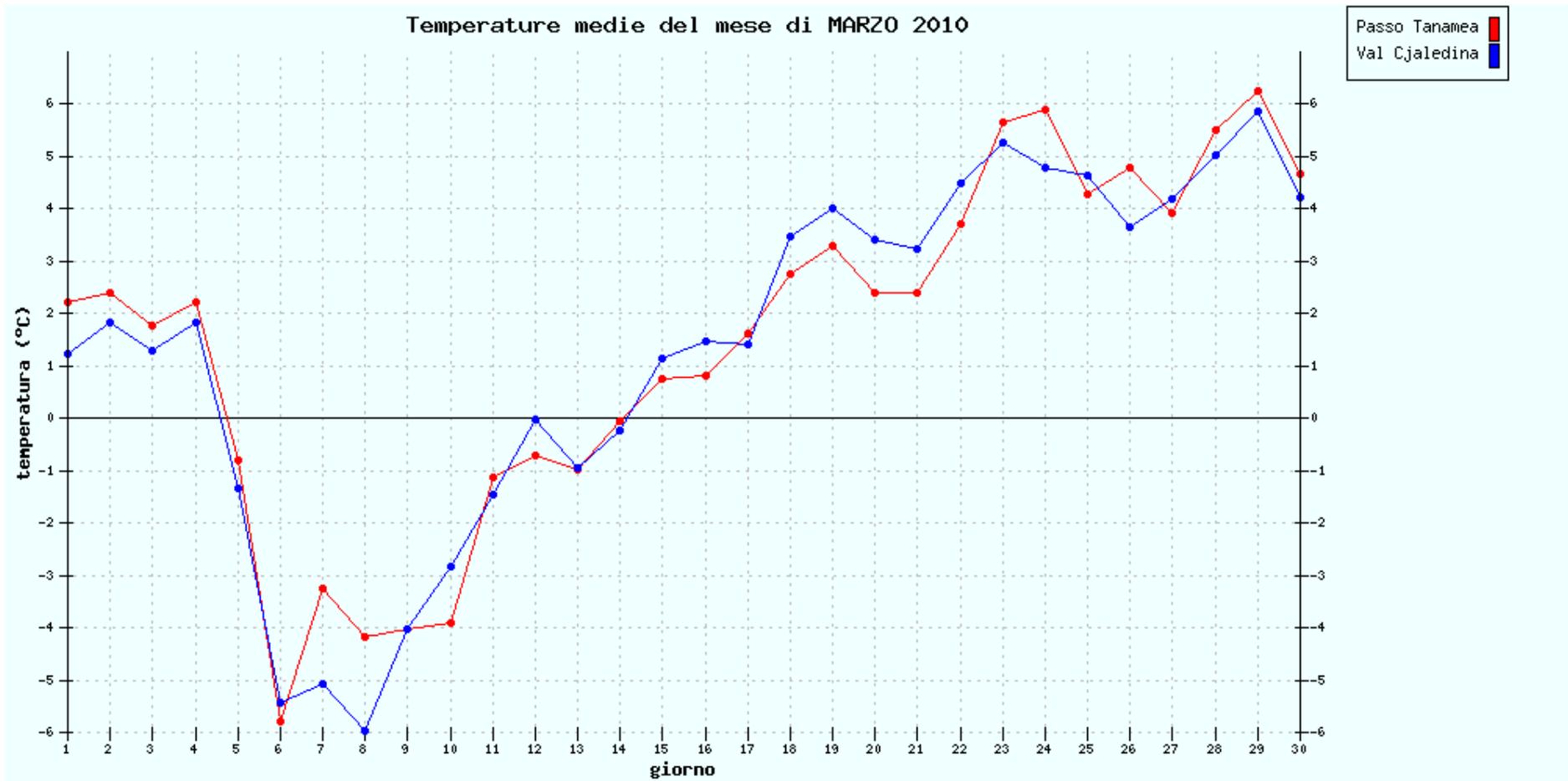
SITI DA 815 a 849 METRI s.l.m.



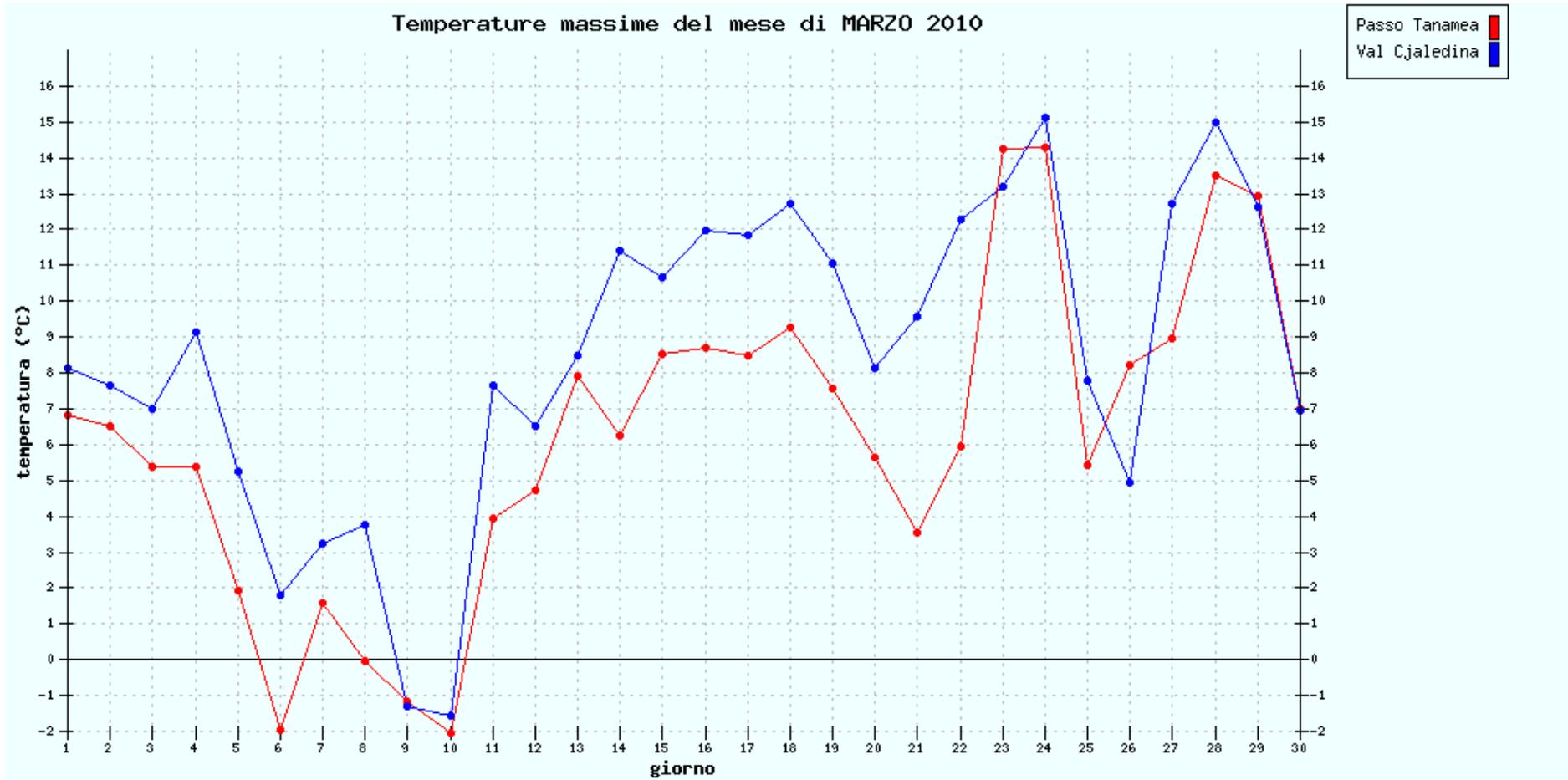
SITI DA 815 a 849 METRI s.l.m.



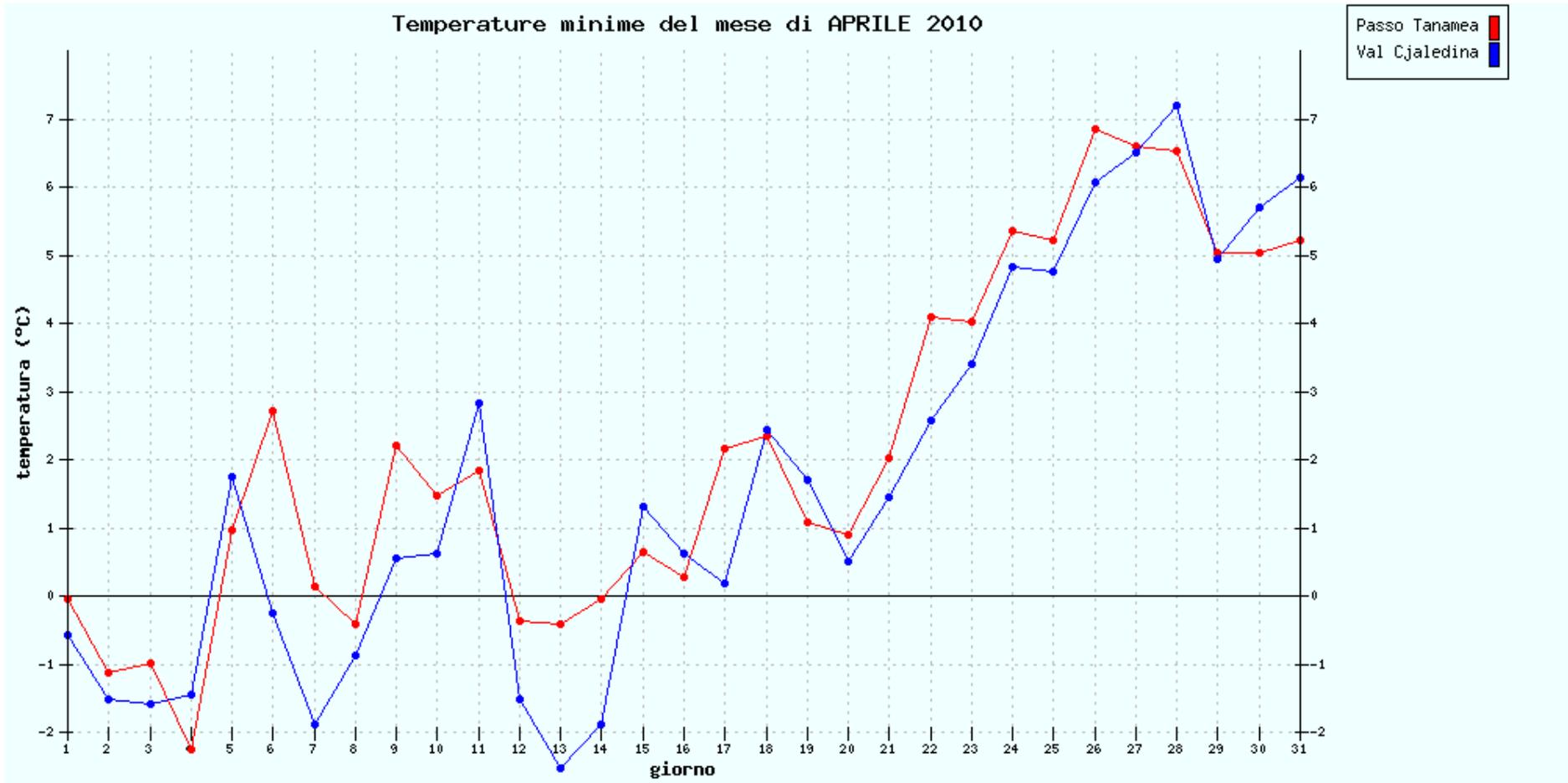
SITI DA 815 a 849 METRI s.l.m.



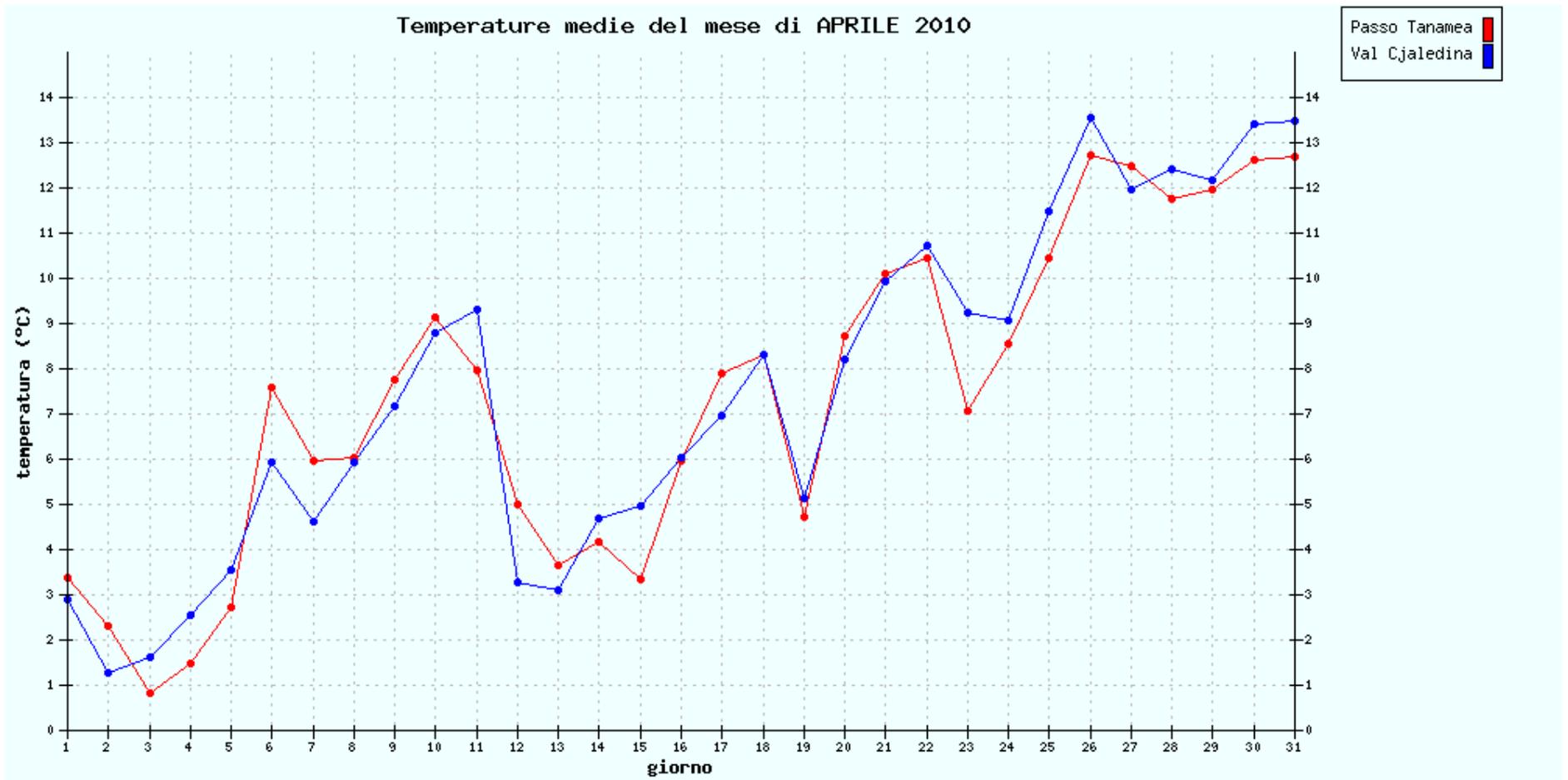
SITI DA 815 a 849 METRI s.l.m.



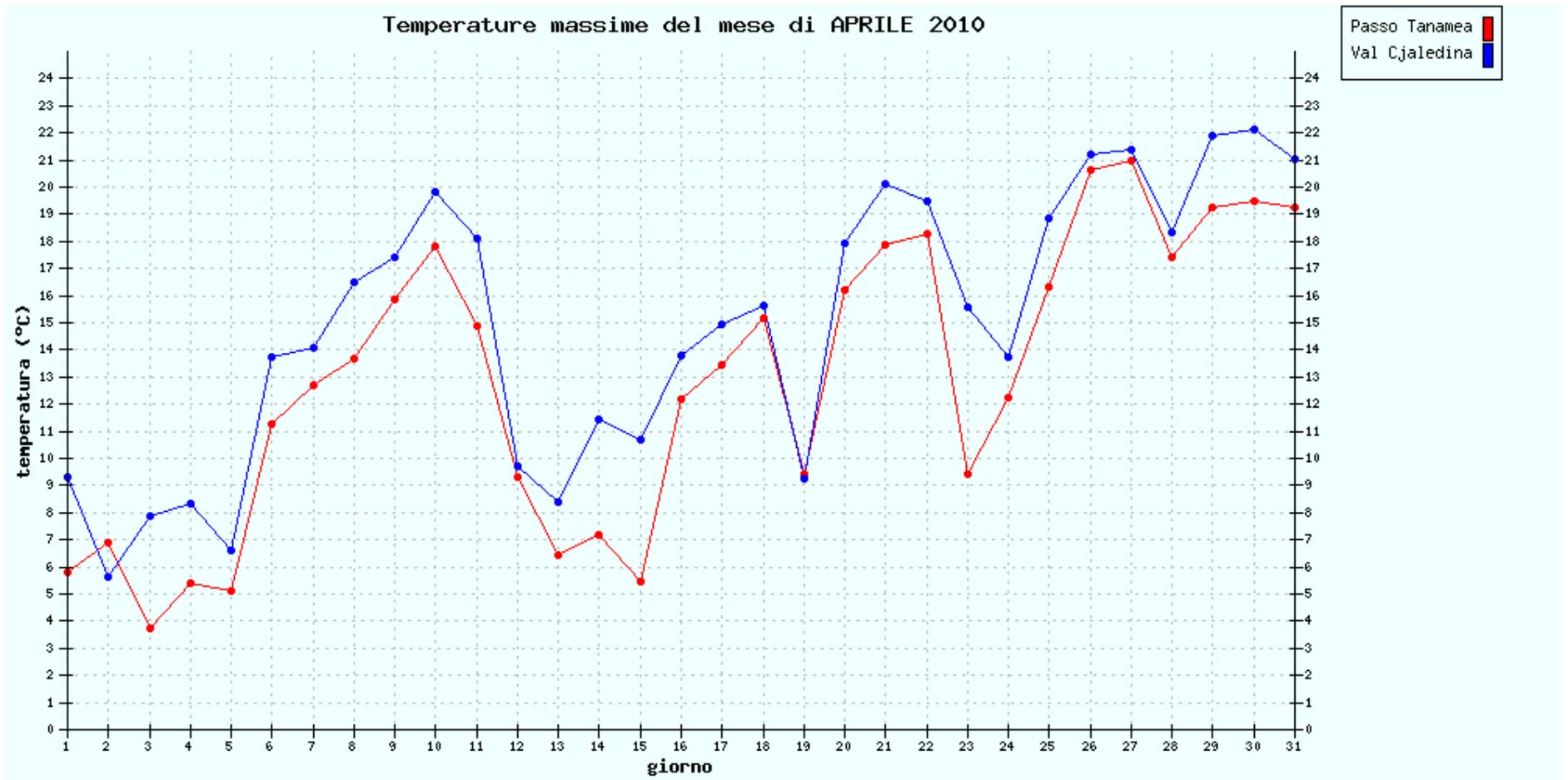
SITI DA 815 a 849 METRI s.l.m.



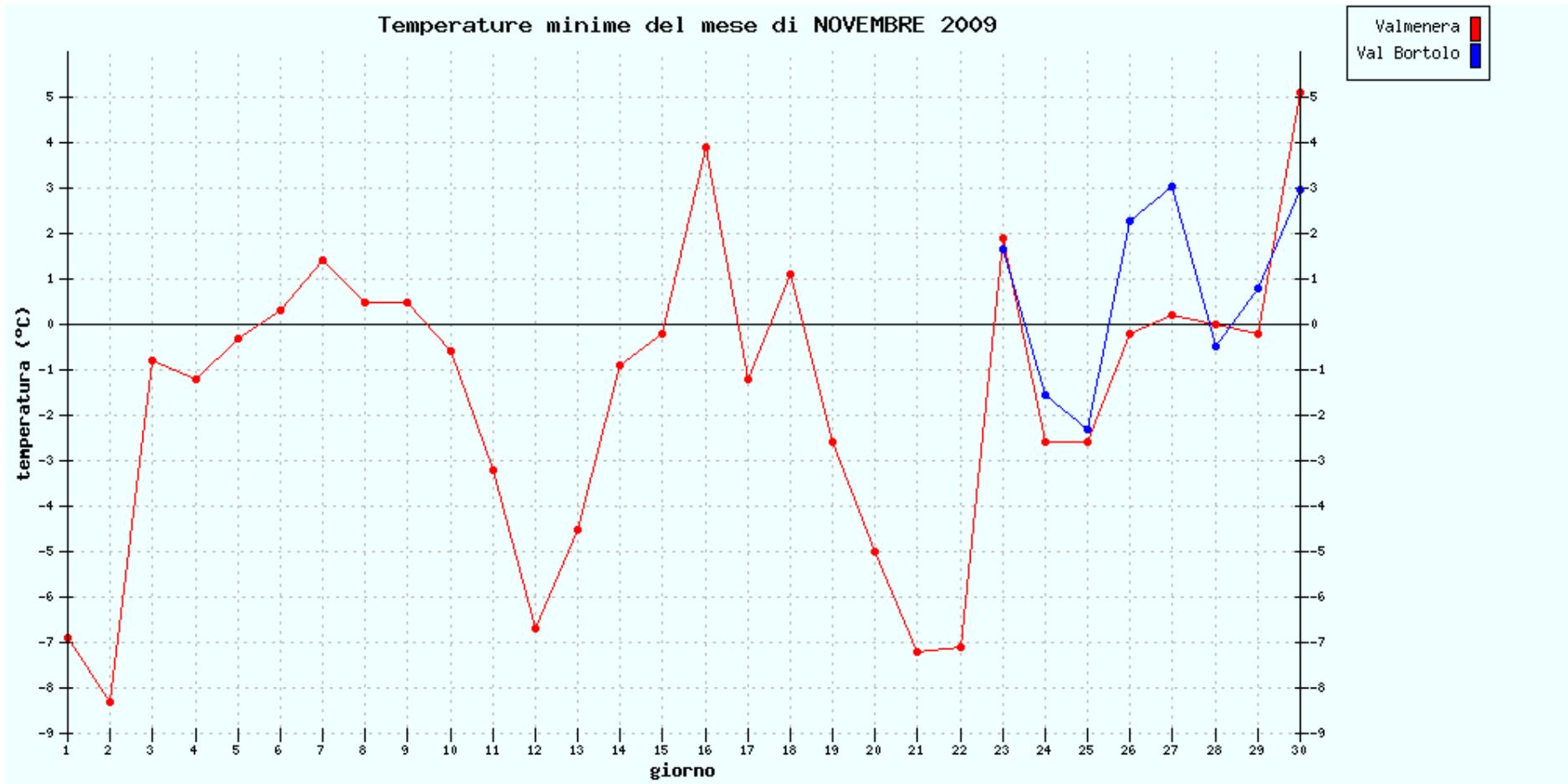
SITI DA 815 a 849 METRI s.l.m.



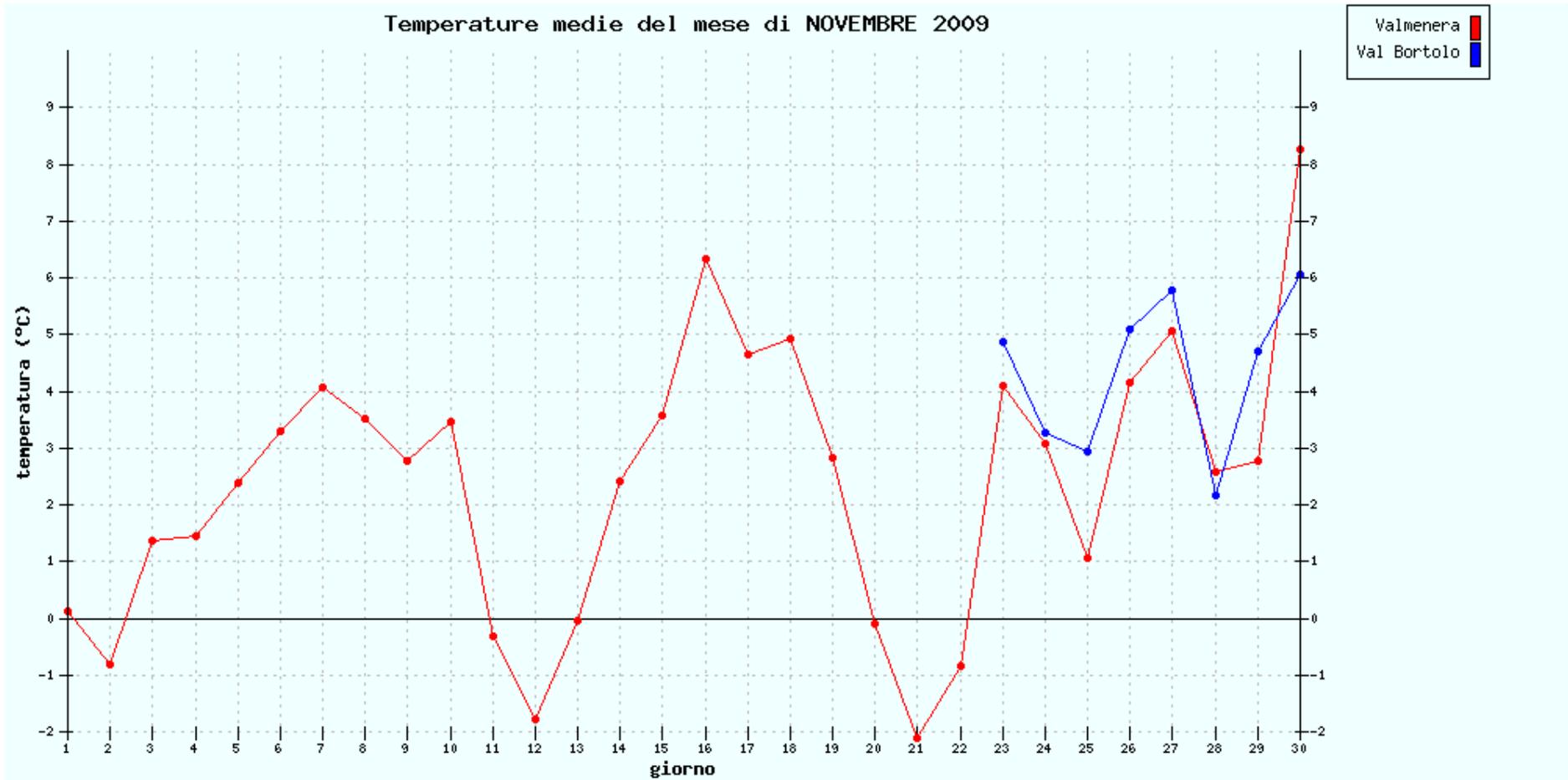
SITI DA 815 a 849 METRI s.l.m.



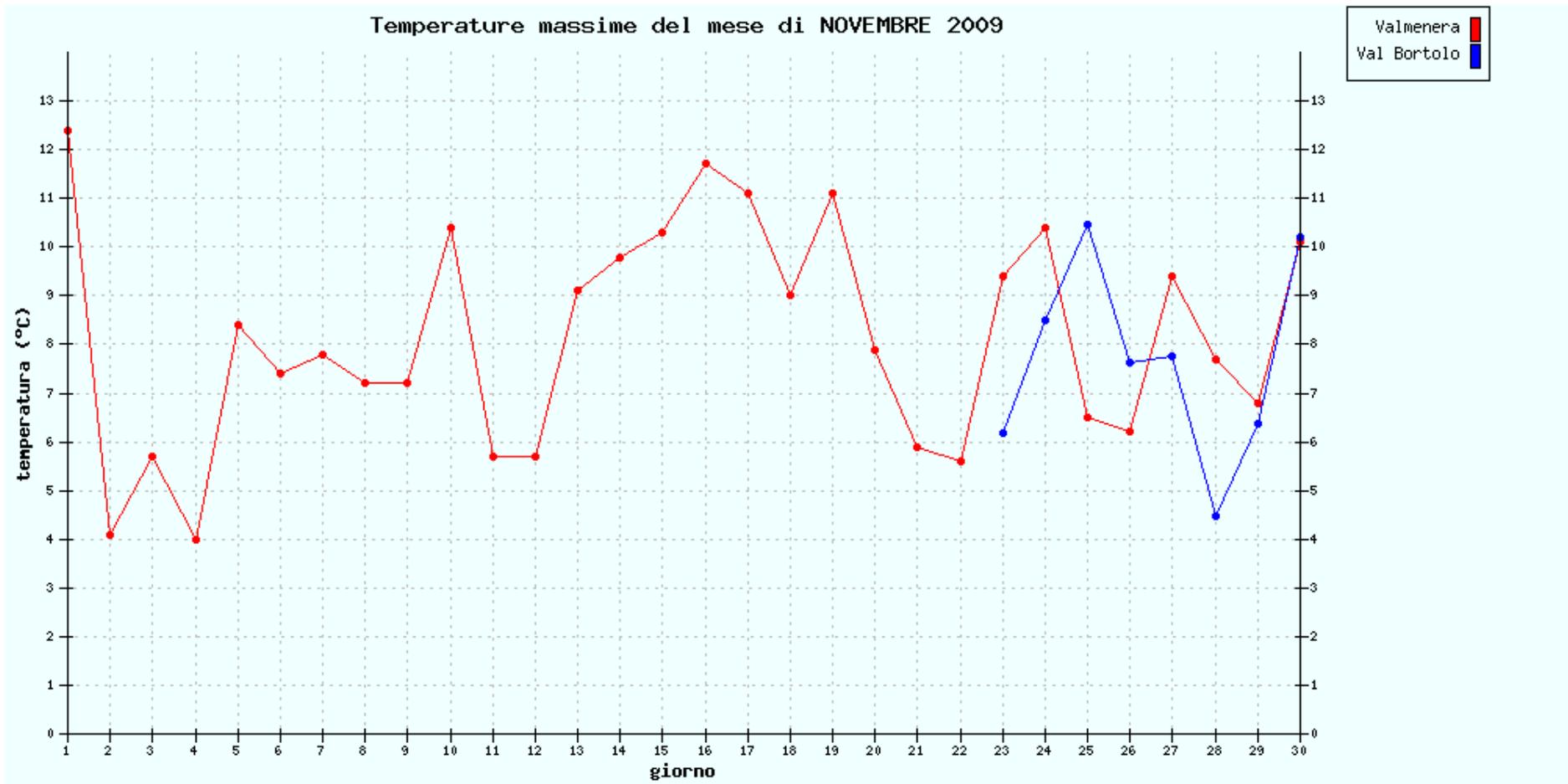
SITI DA 905 a 1.089 METRI s.l.m.



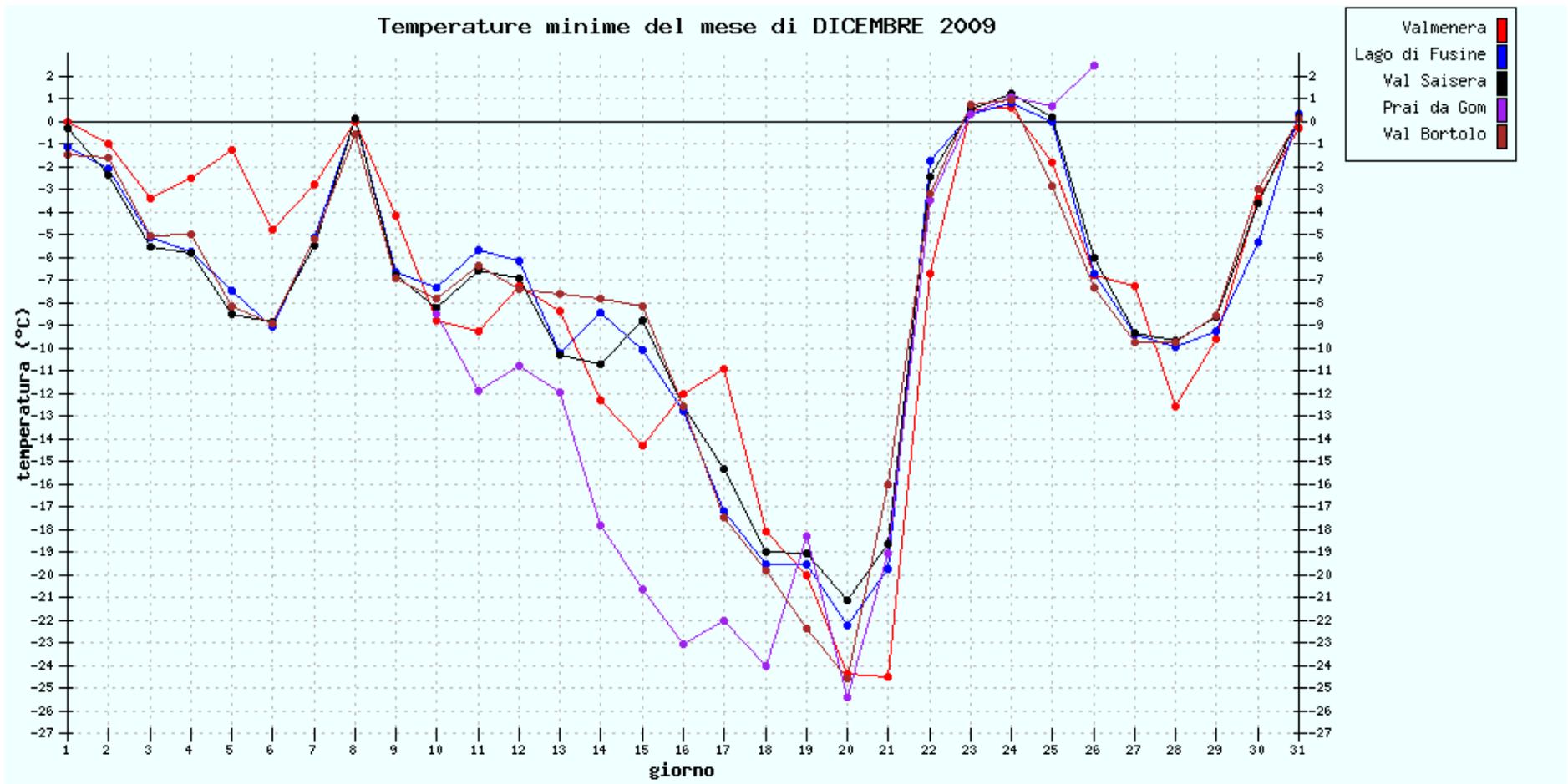
SITI DA 905 a 1.089 METRI s.l.m.



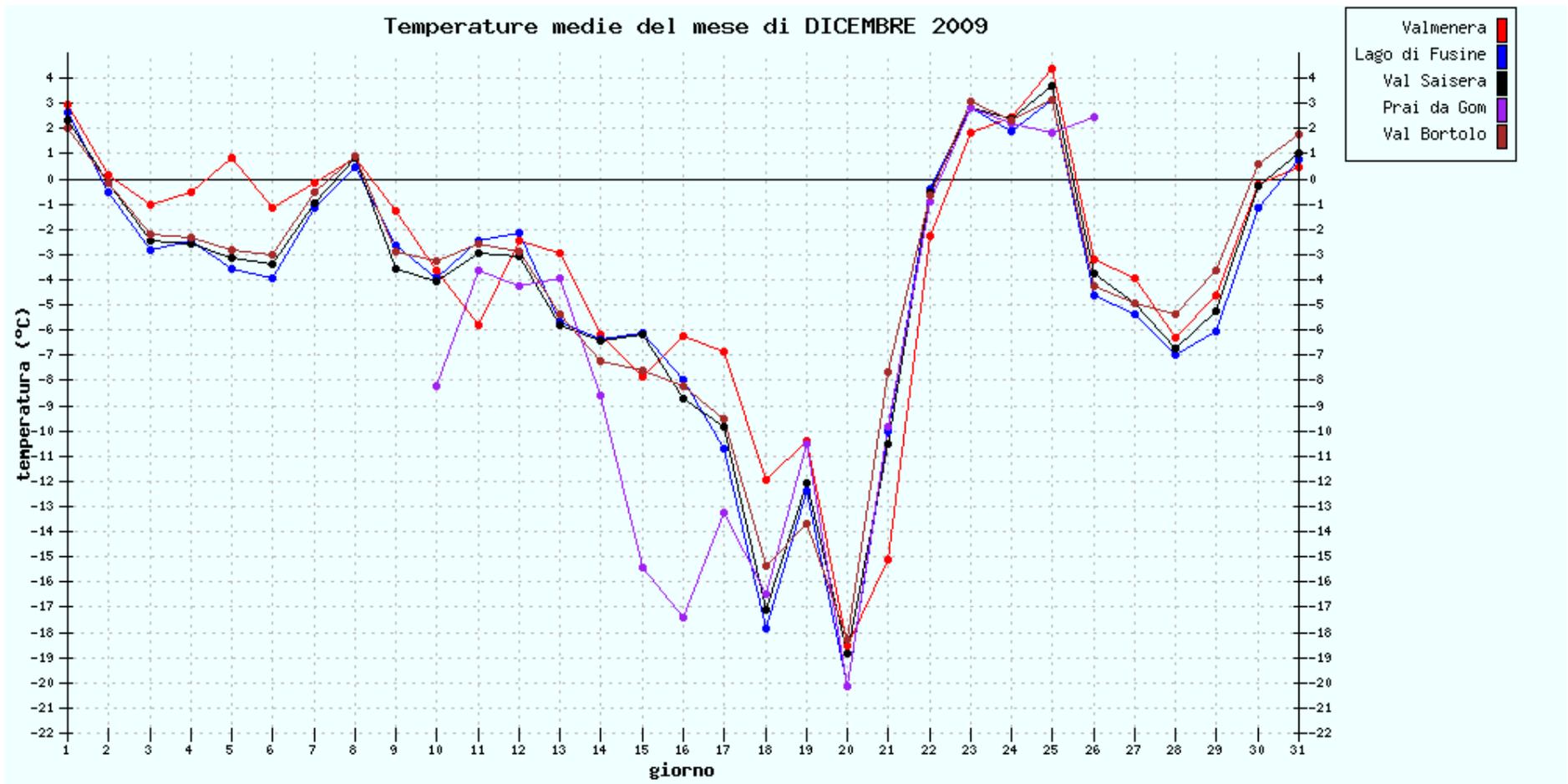
SITI DA 905 a 1.089 METRI s.l.m.



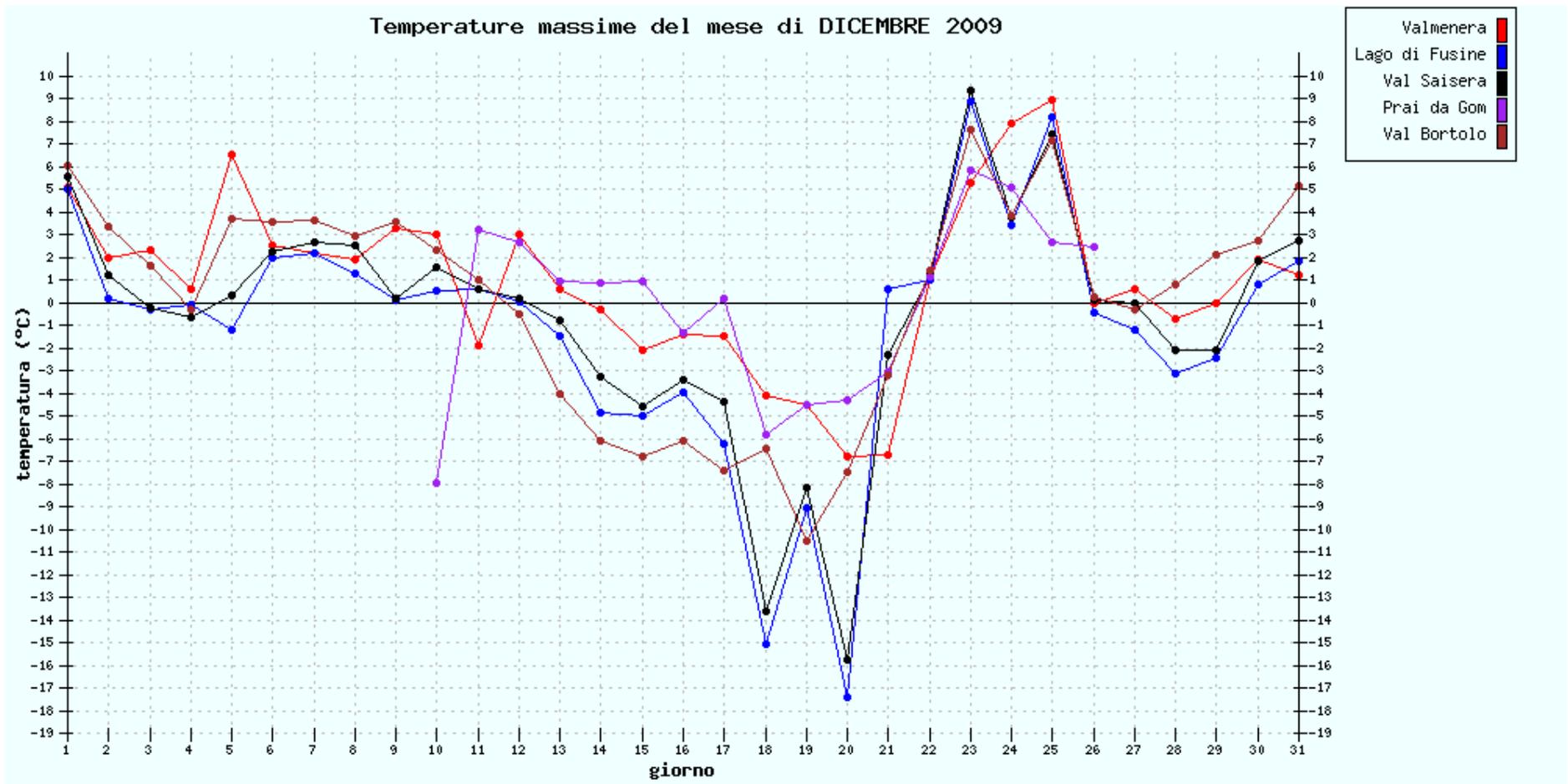
SITI DA 905 a 1.089 METRI s.l.m.



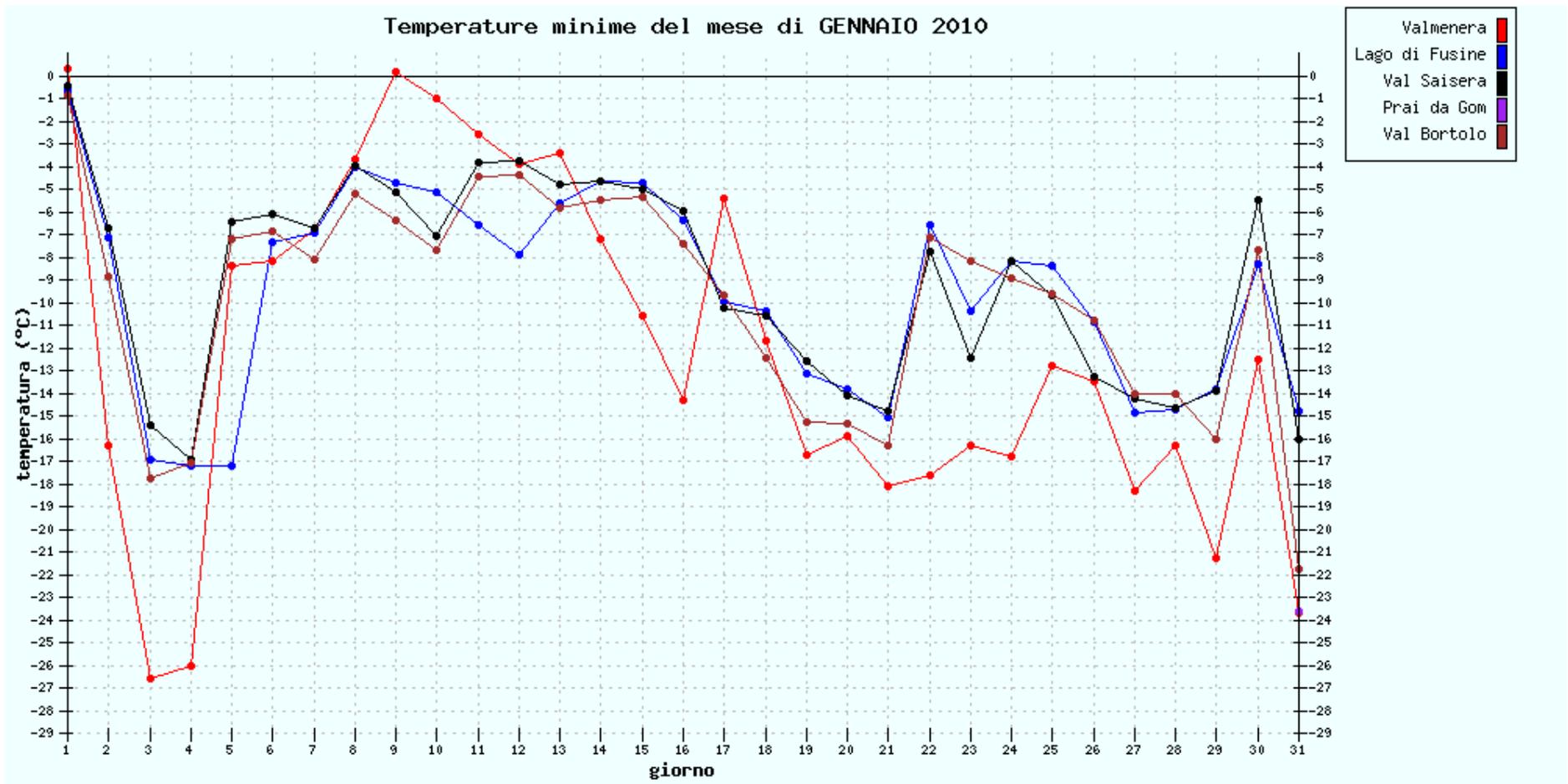
SITI DA 905 a 1.089 METRI s.l.m.



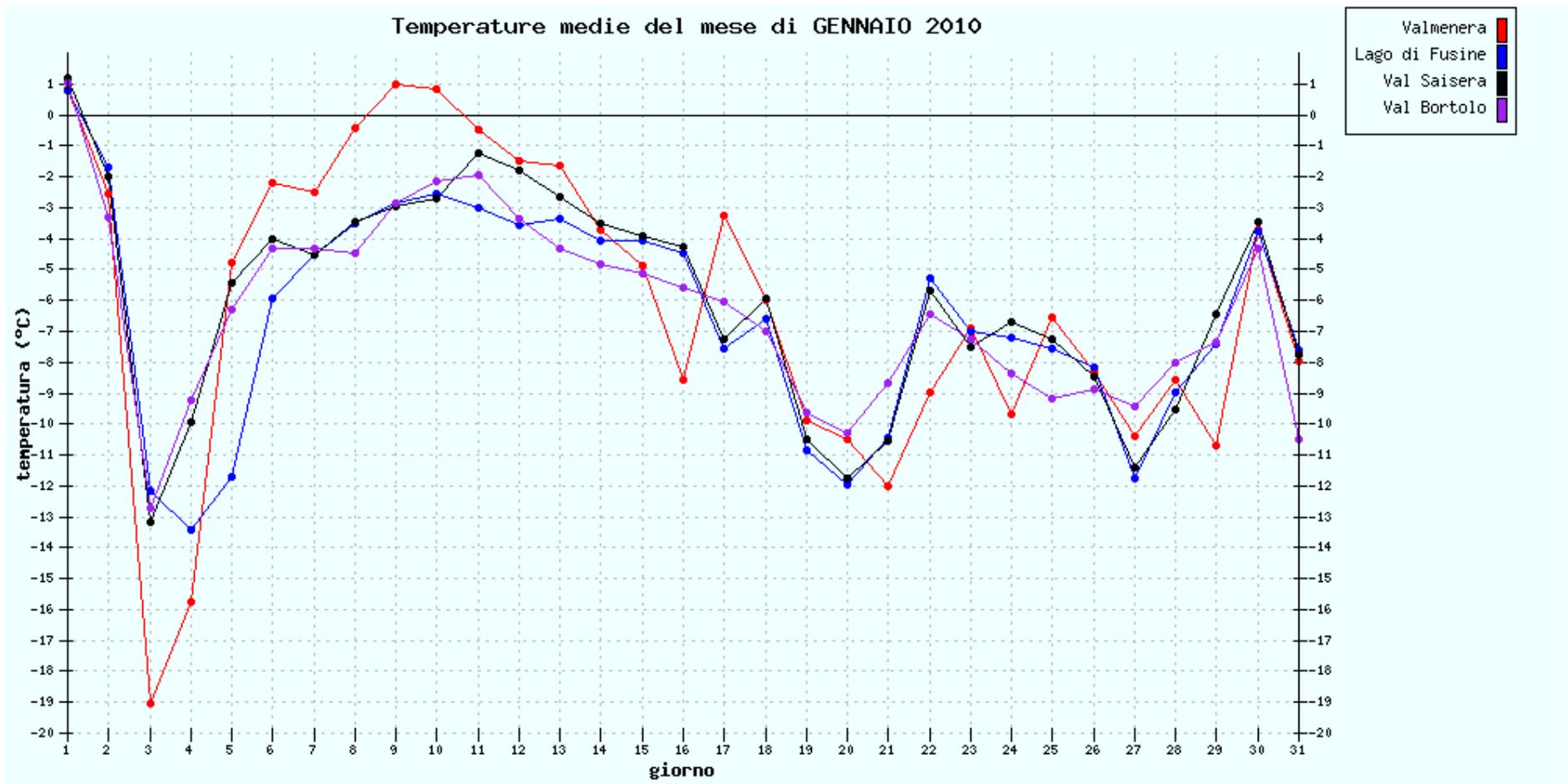
SITI DA 905 a 1.089 METRI s.l.m.



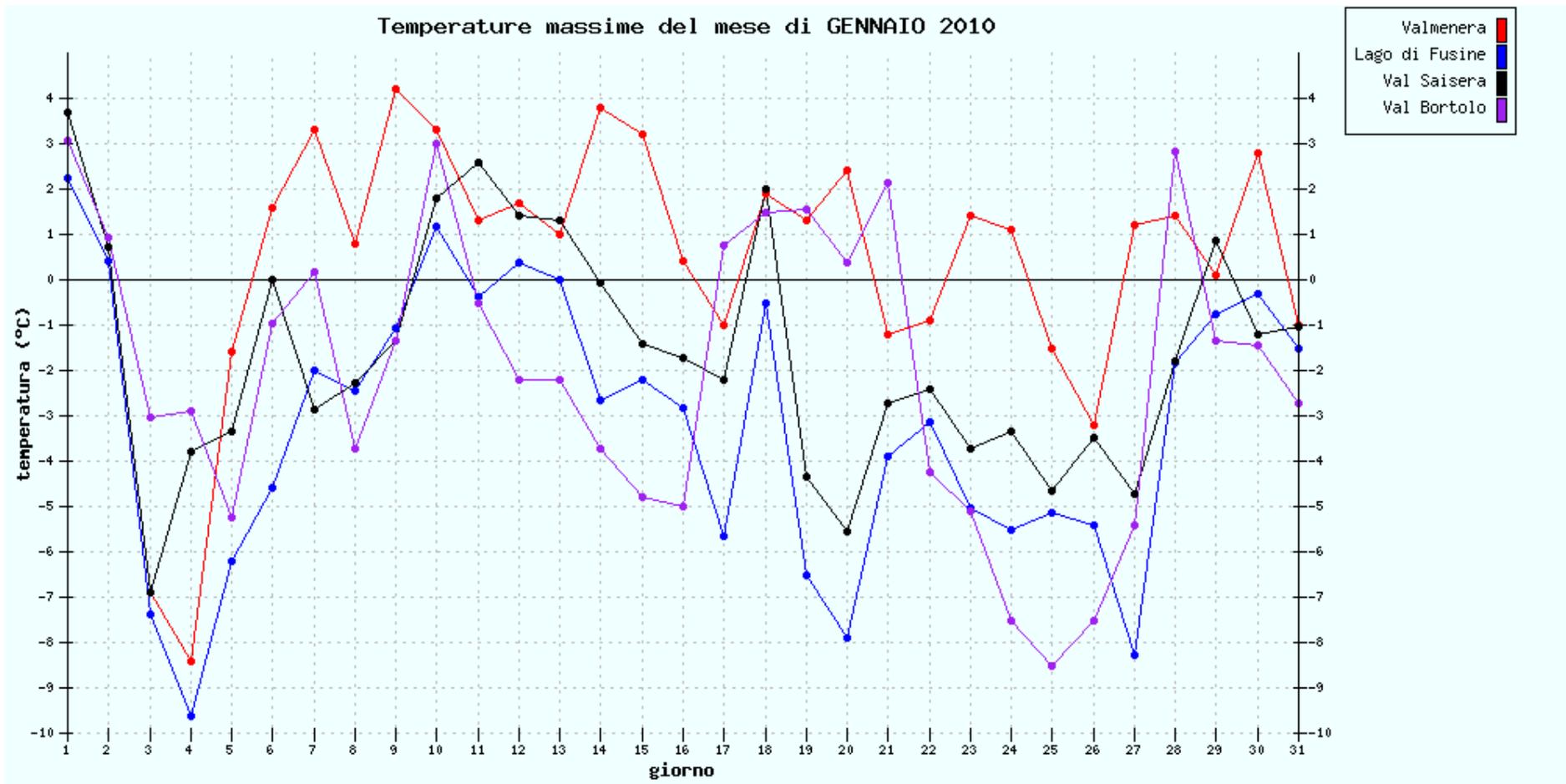
SITI DA 905 a 1.089 METRI s.l.m.



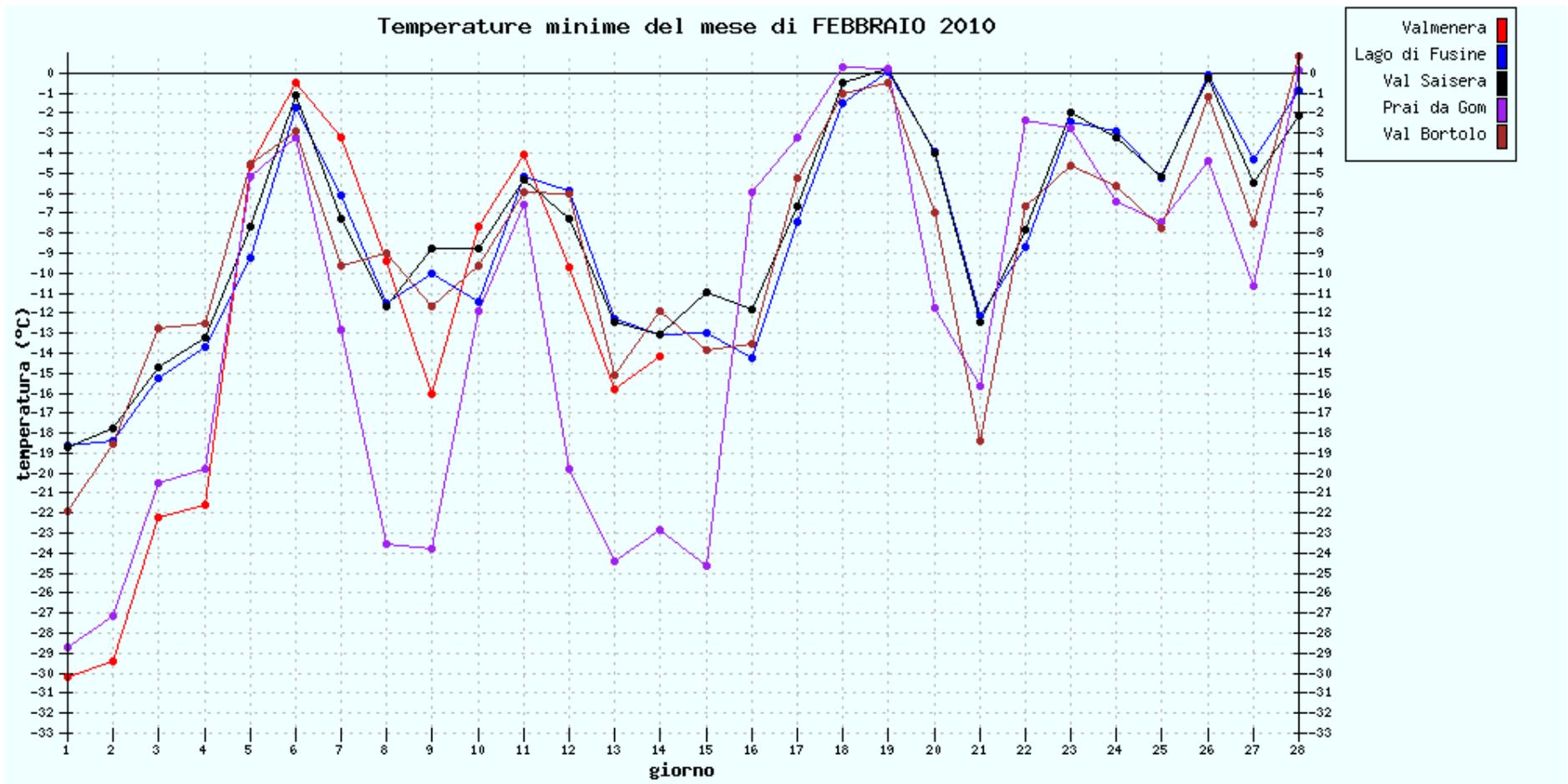
SITI DA 905 a 1.089 METRI s.l.m.



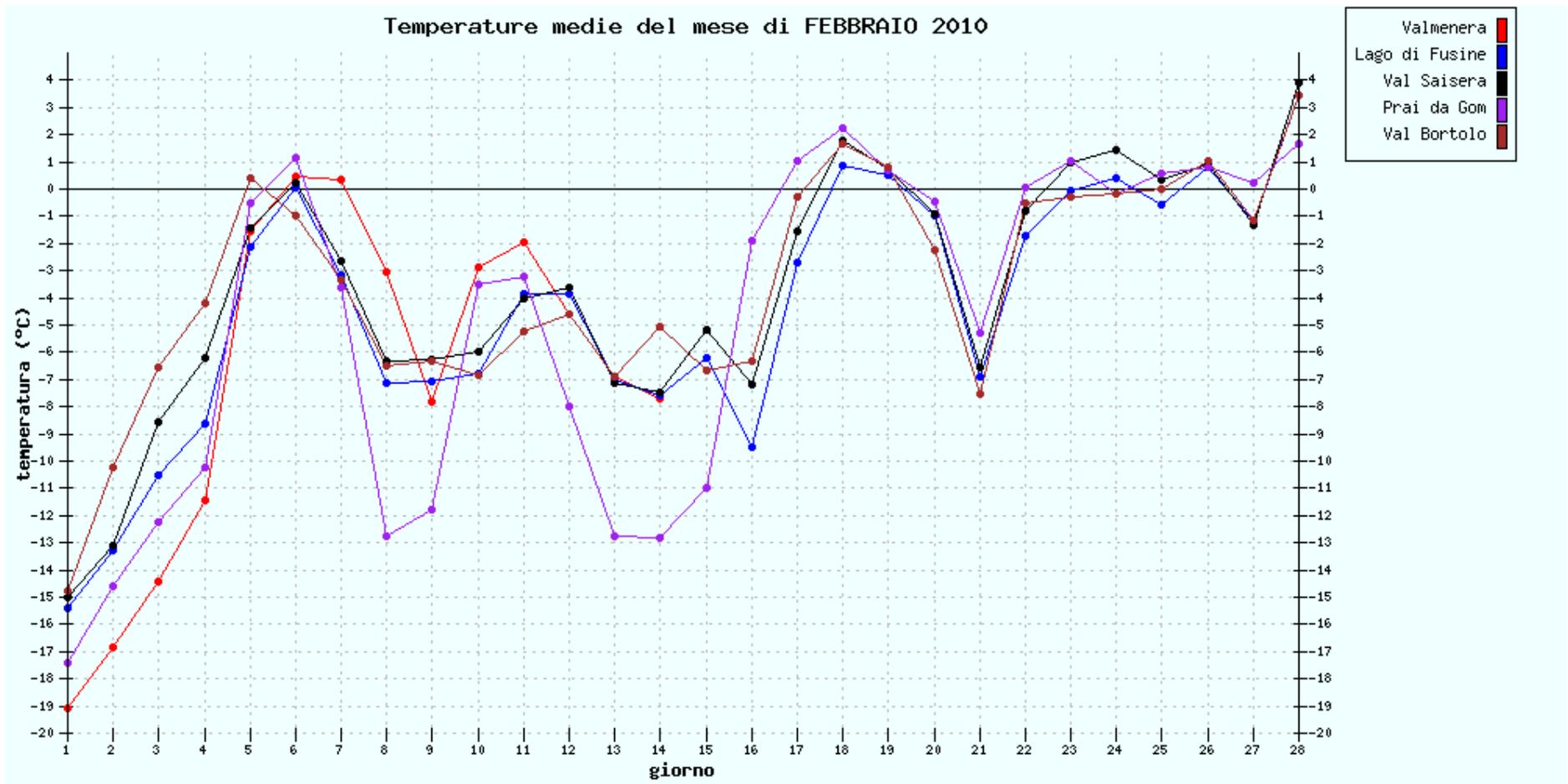
SITI DA 905 a 1.089 METRI s.l.m.



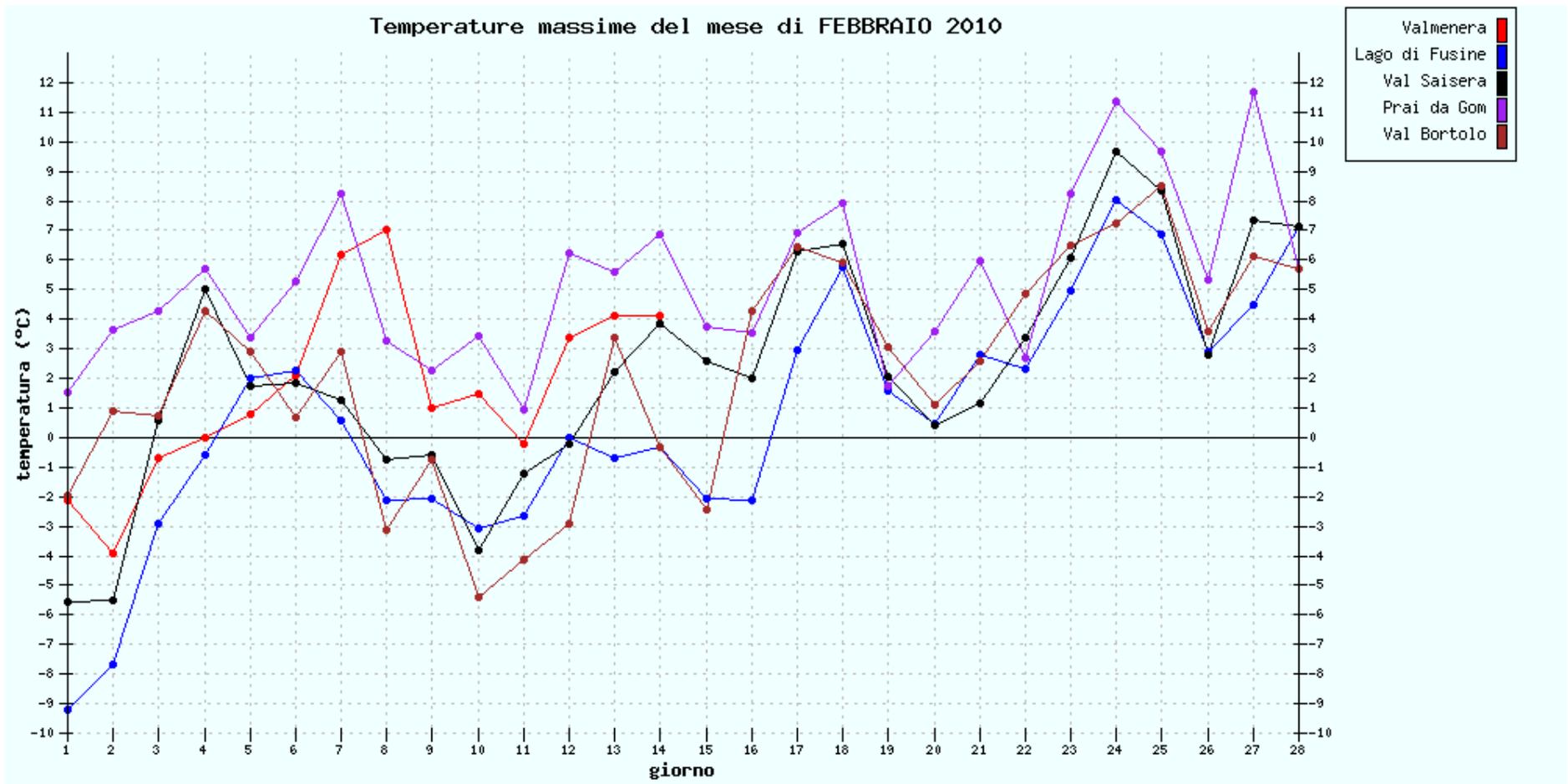
SITI DA 905 a 1.089 METRI s.l.m.



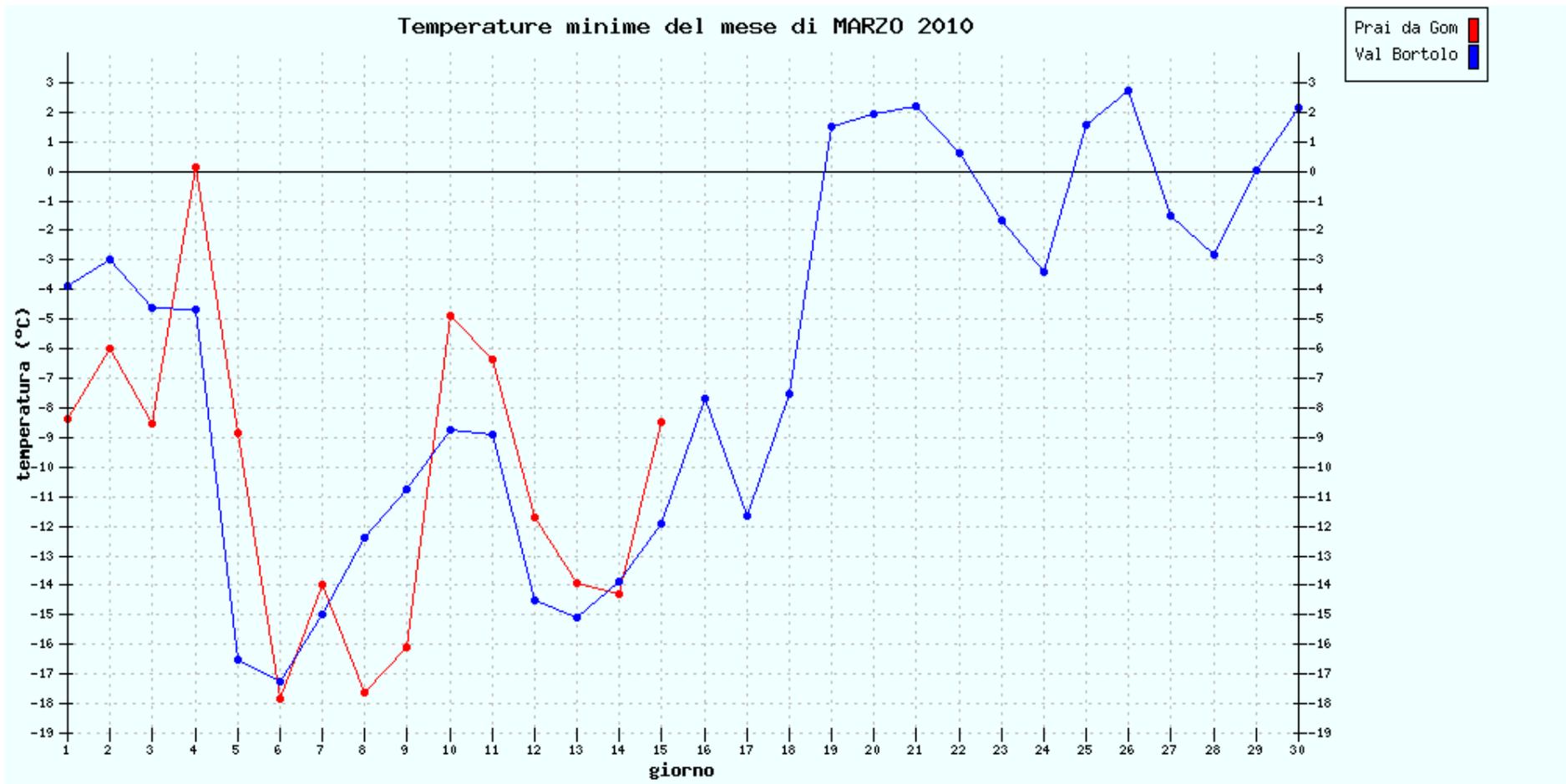
SITI DA 905 a 1.089 METRI s.l.m.



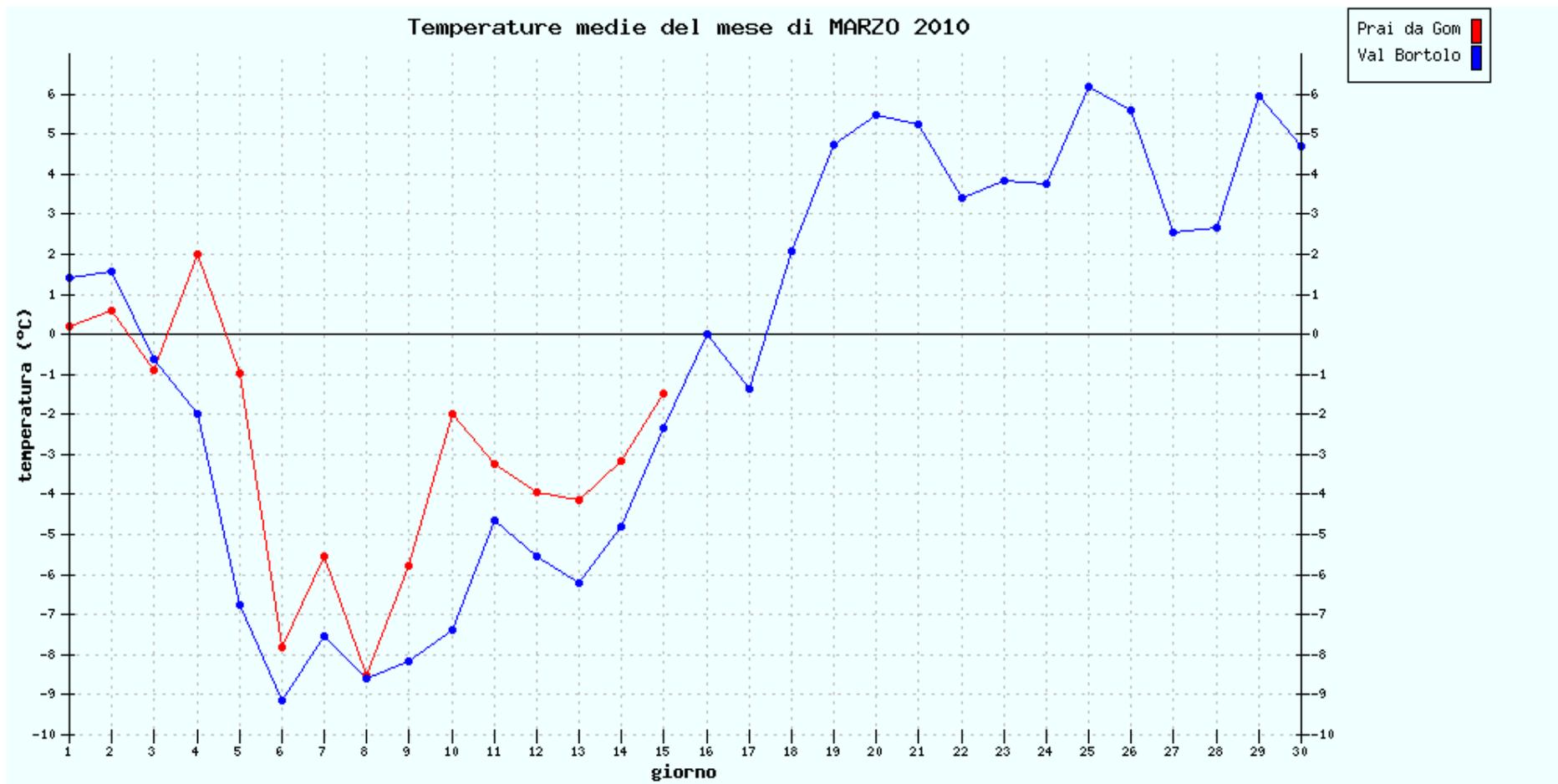
SITI DA 905 a 1.089 METRI s.l.m.



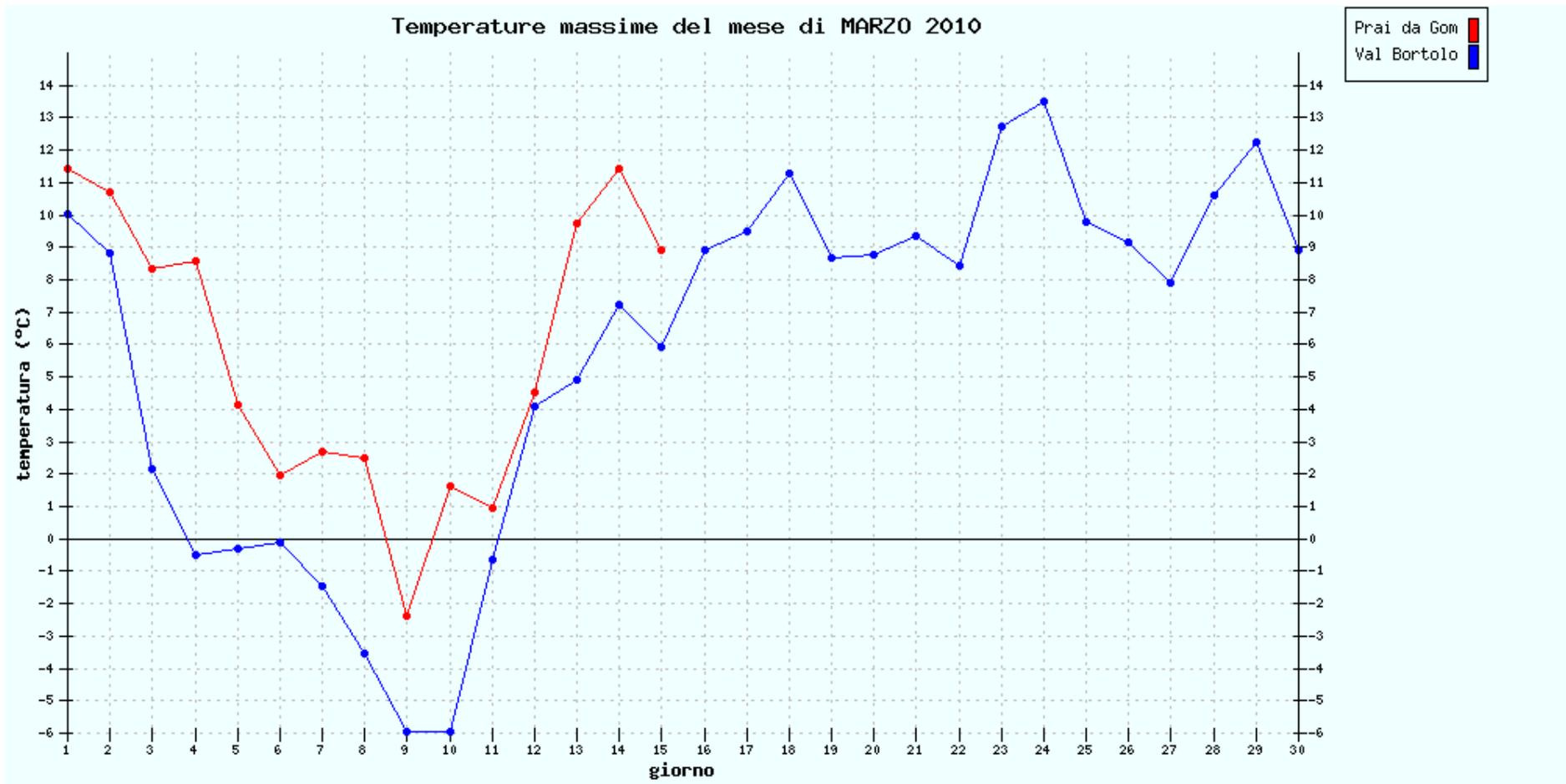
SITI DA 905 a 1.089 METRI s.l.m.



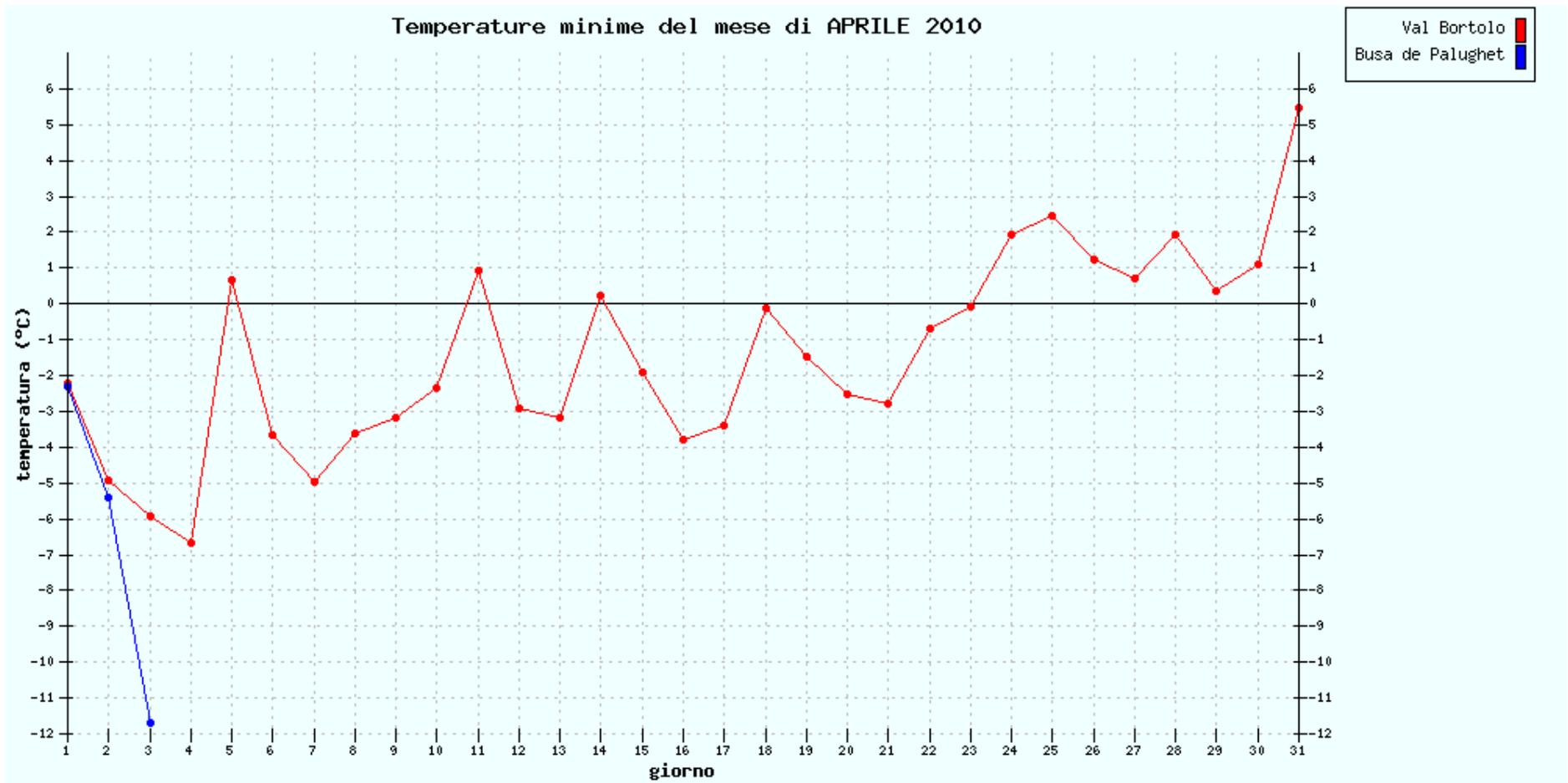
SITI DA 905 a 1.089 METRI s.l.m.



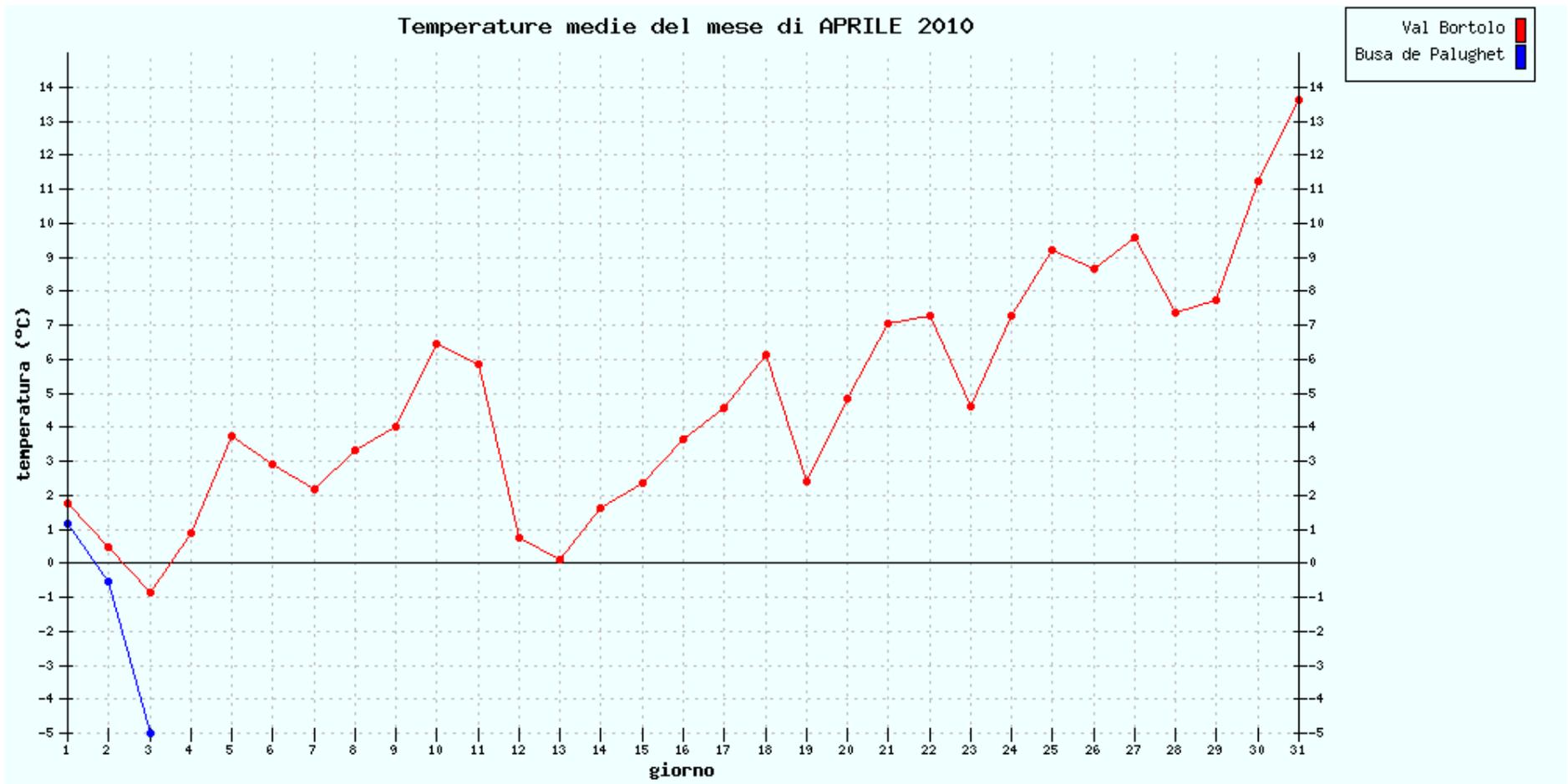
SITI DA 905 a 1.089 METRI s.l.m.



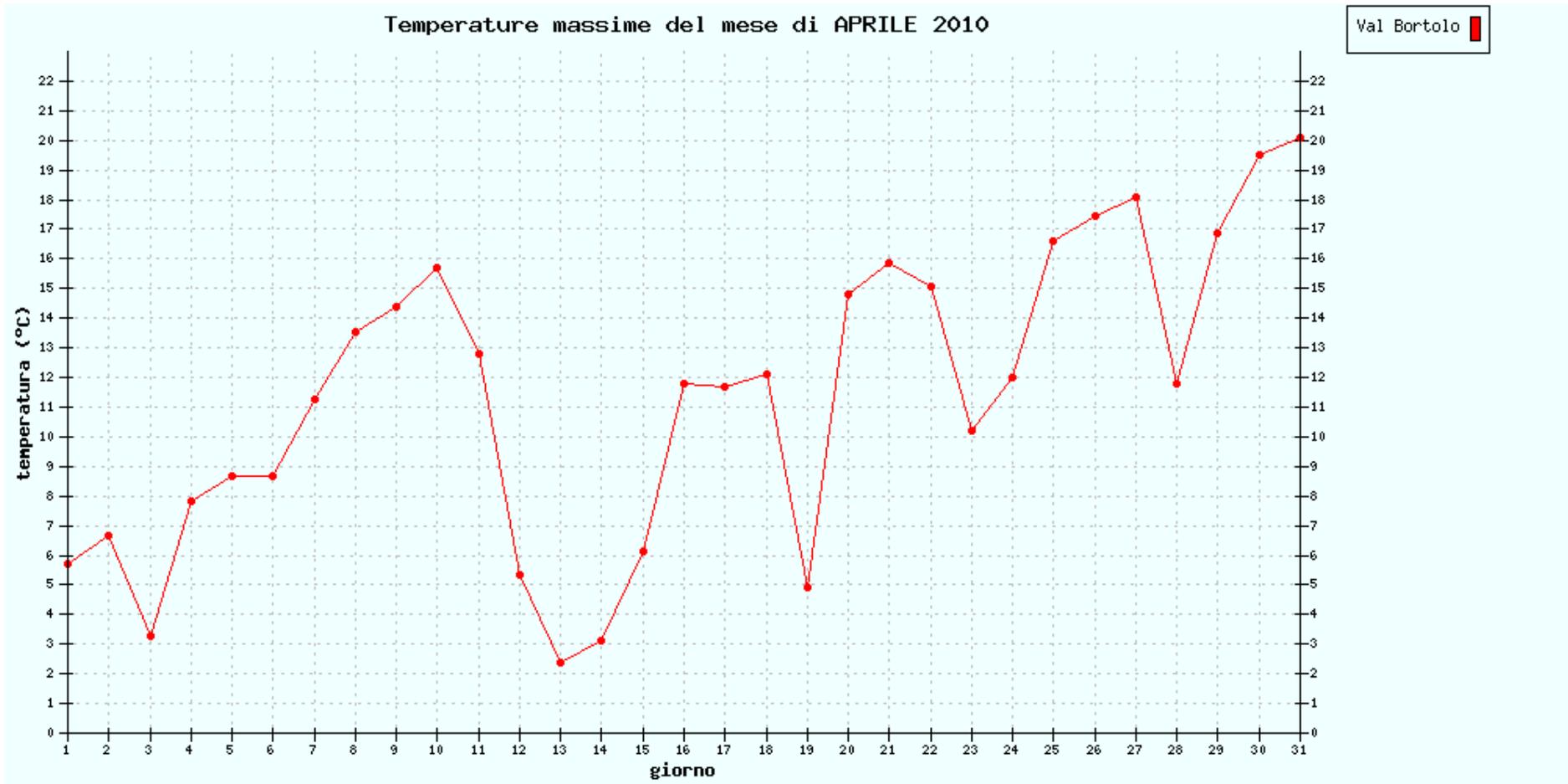
SITI DA 905 a 1.089 METRI s.l.m.



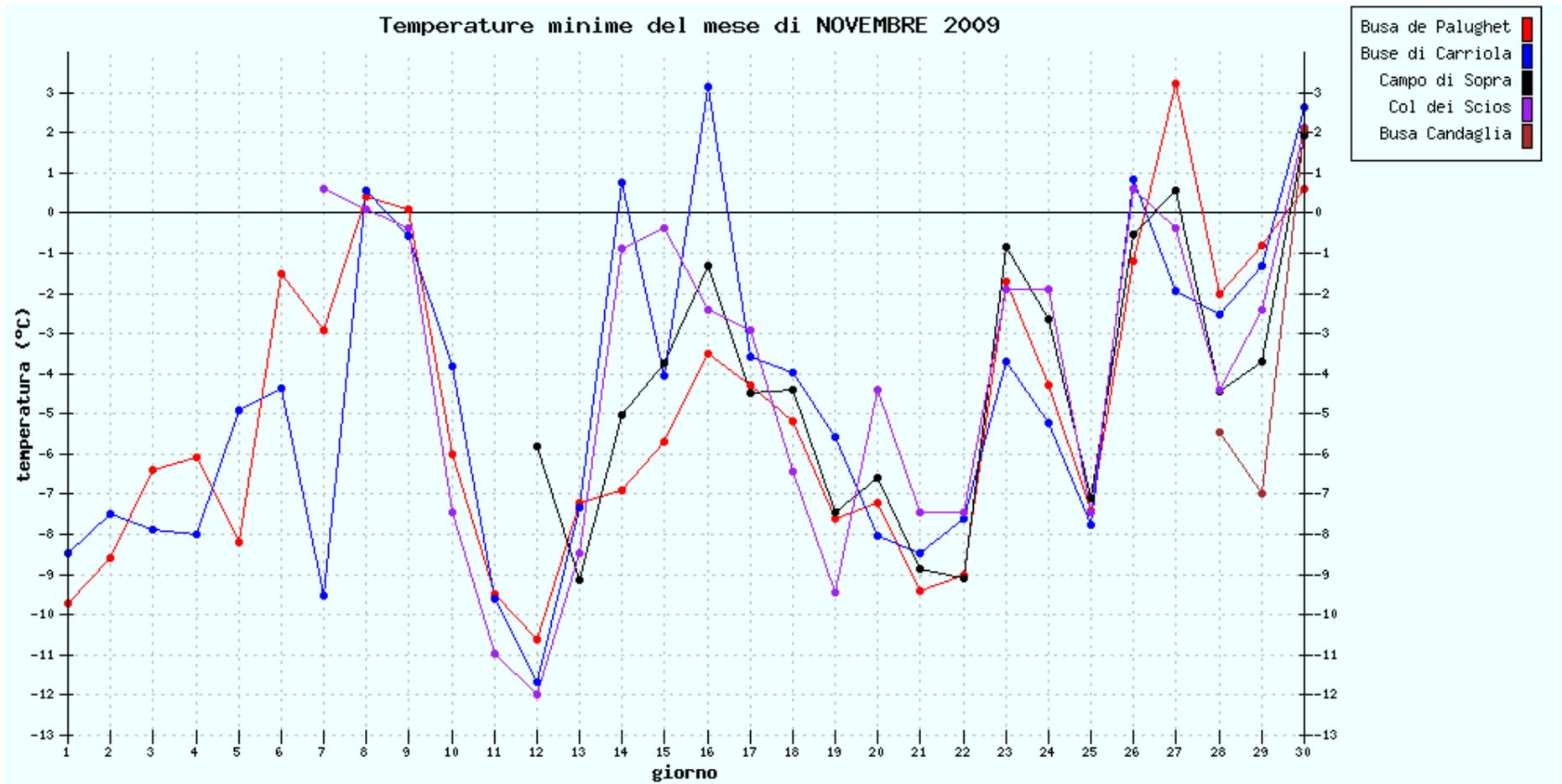
SITI DA 905 a 1.089 METRI s.l.m.



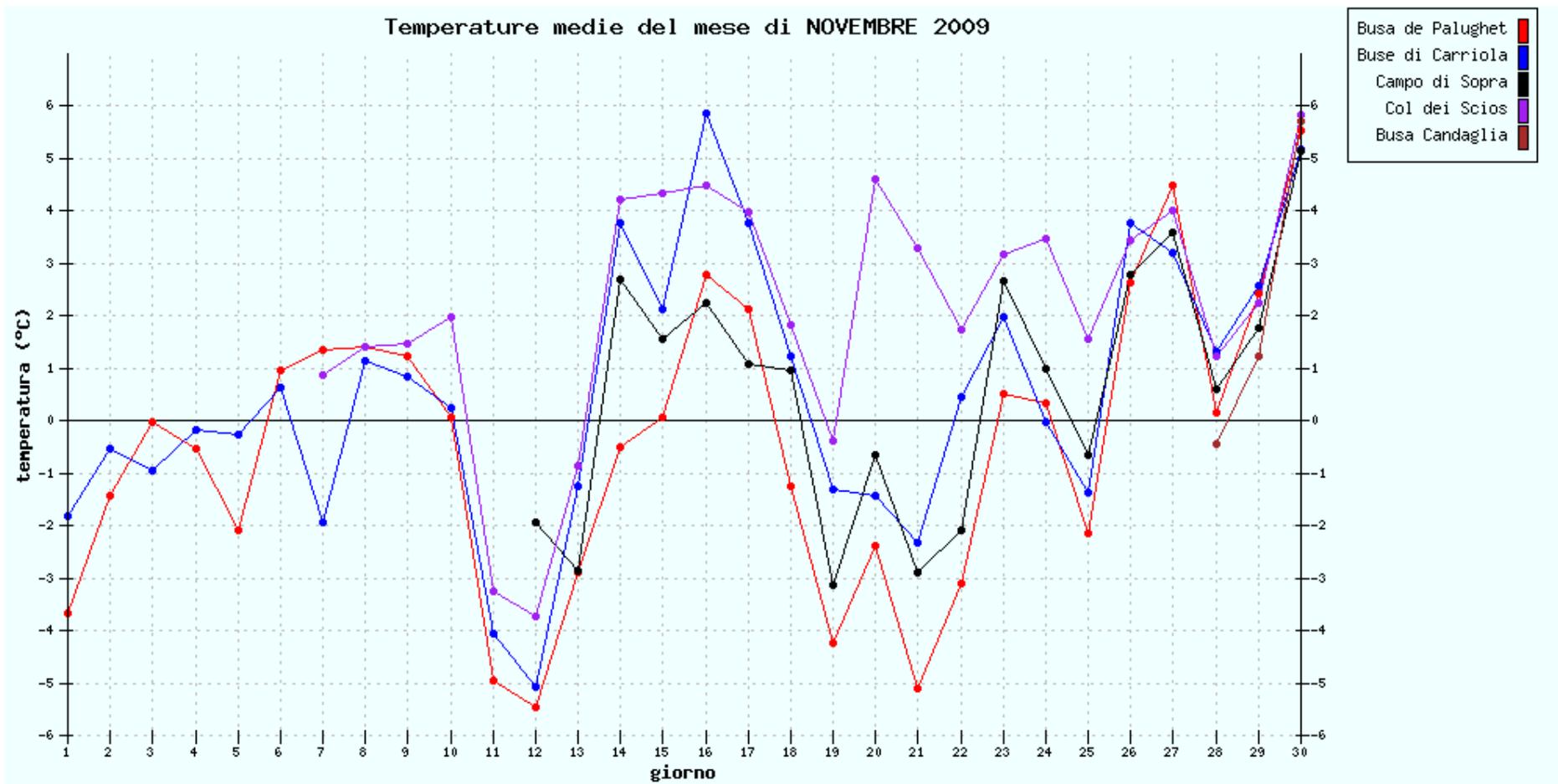
SITI DA 905 a 1.089 METRI s.l.m.



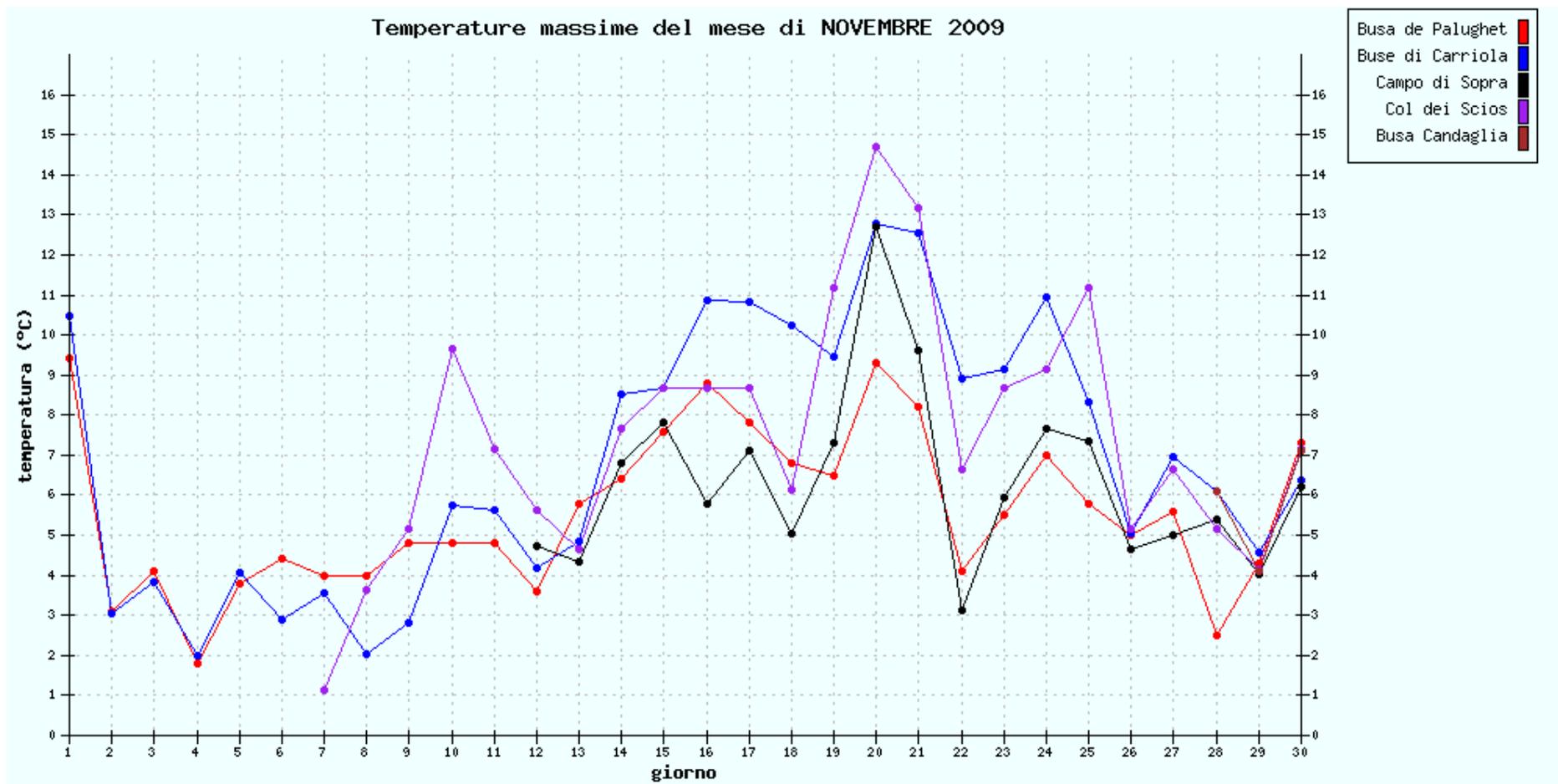
SITI DA 1.194 a 1.286 METRI s.l.m.



SITI DA 1.194 a 1.286 METRI s.l.m.

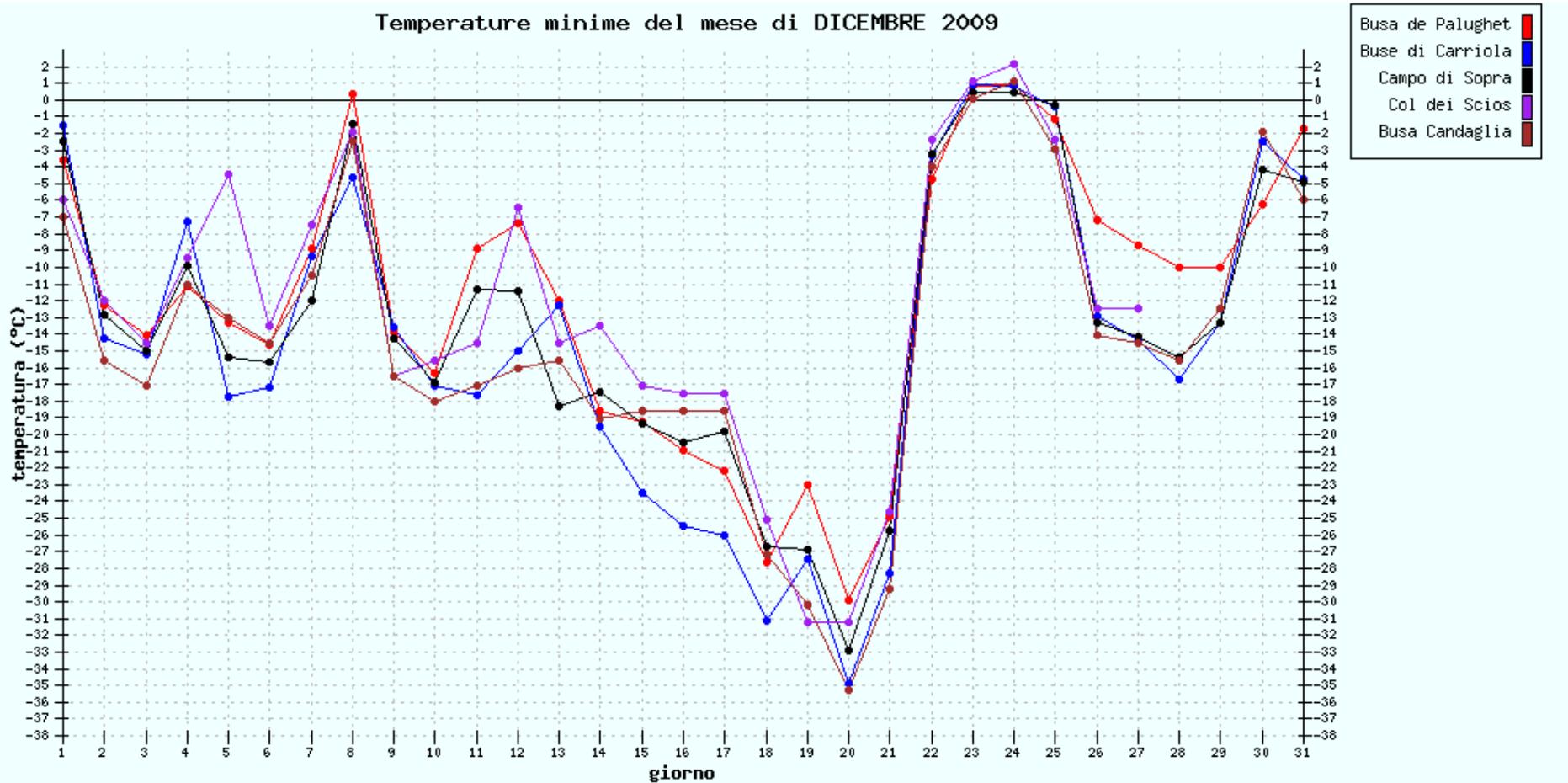


SITI DA 1.194 a 1.286 METRI s.l.m.

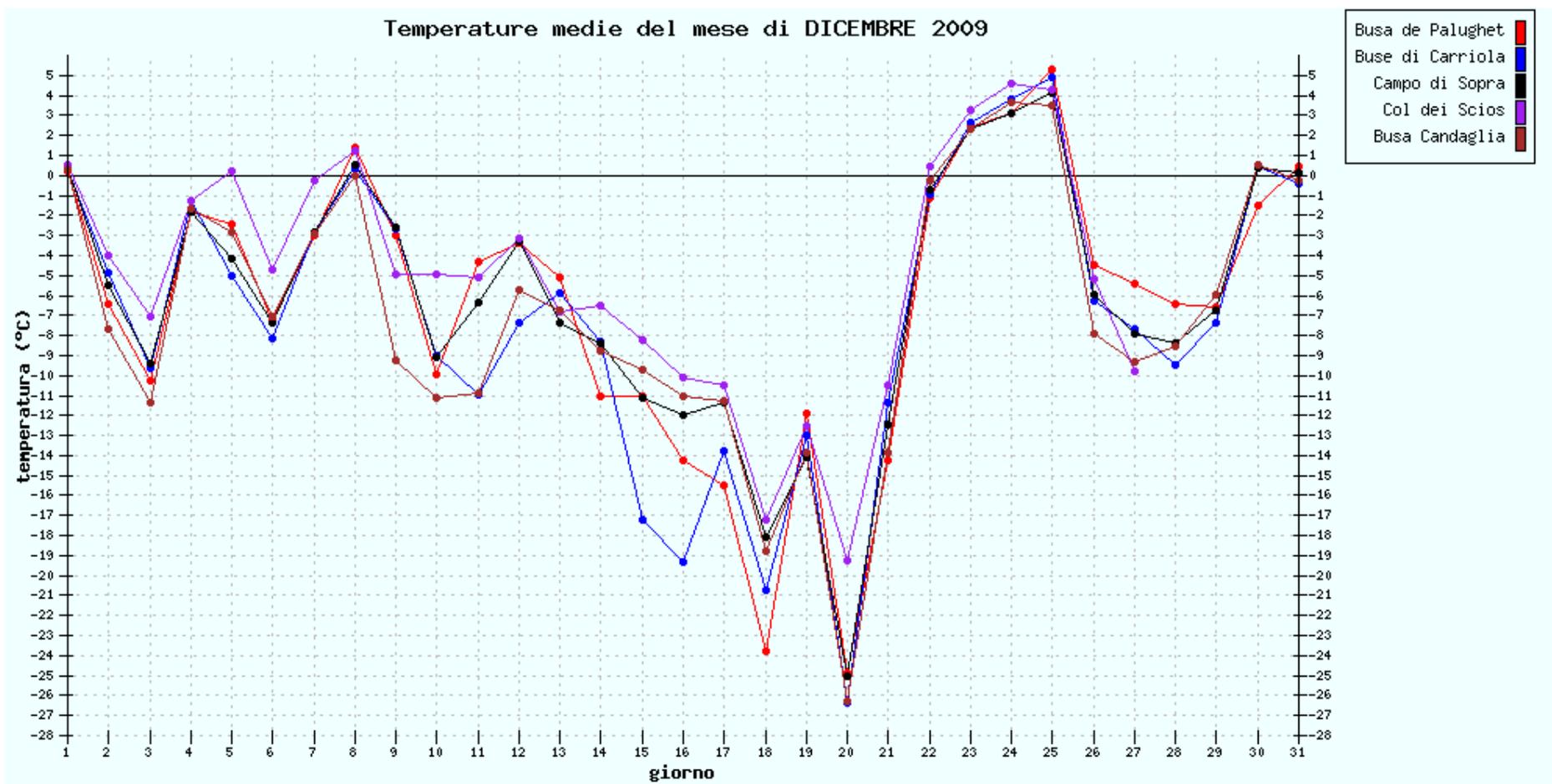


SITI DA 1.194 a 1.286 METRI s.l.m.

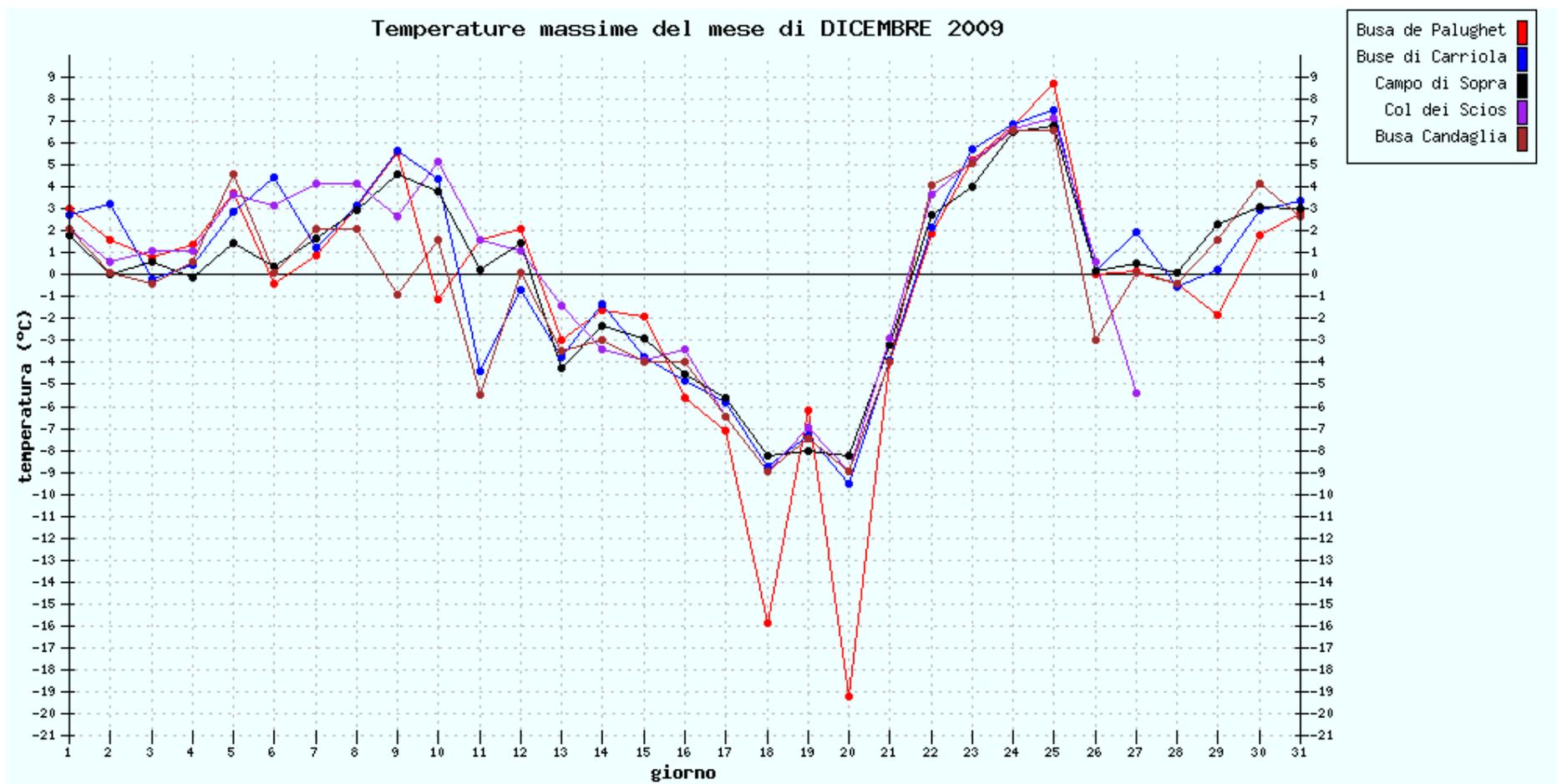
Temperature minime del mese di DICEMBRE 2009



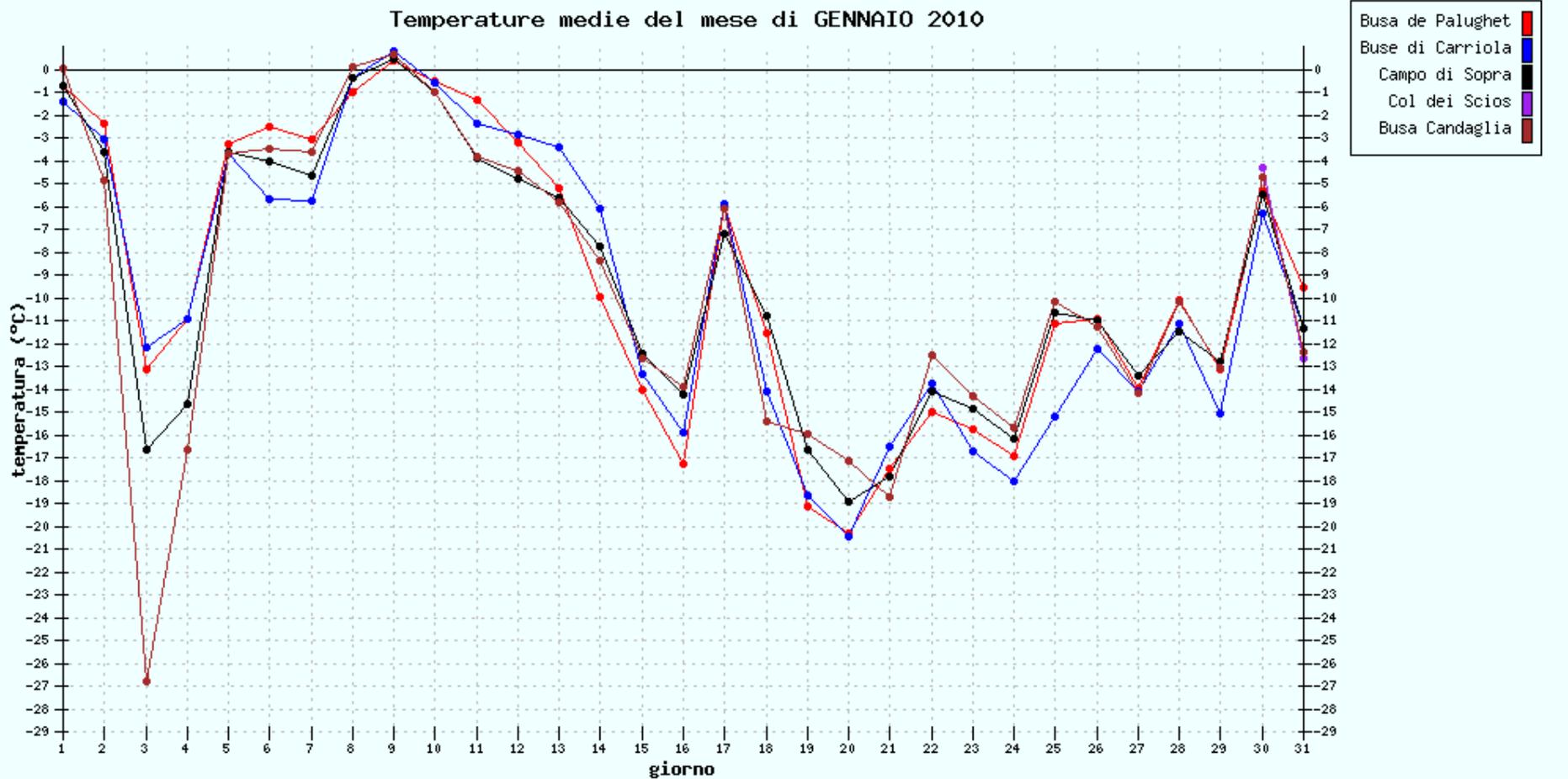
SITI DA 1.194 a 1.286 METRI s.l.m.



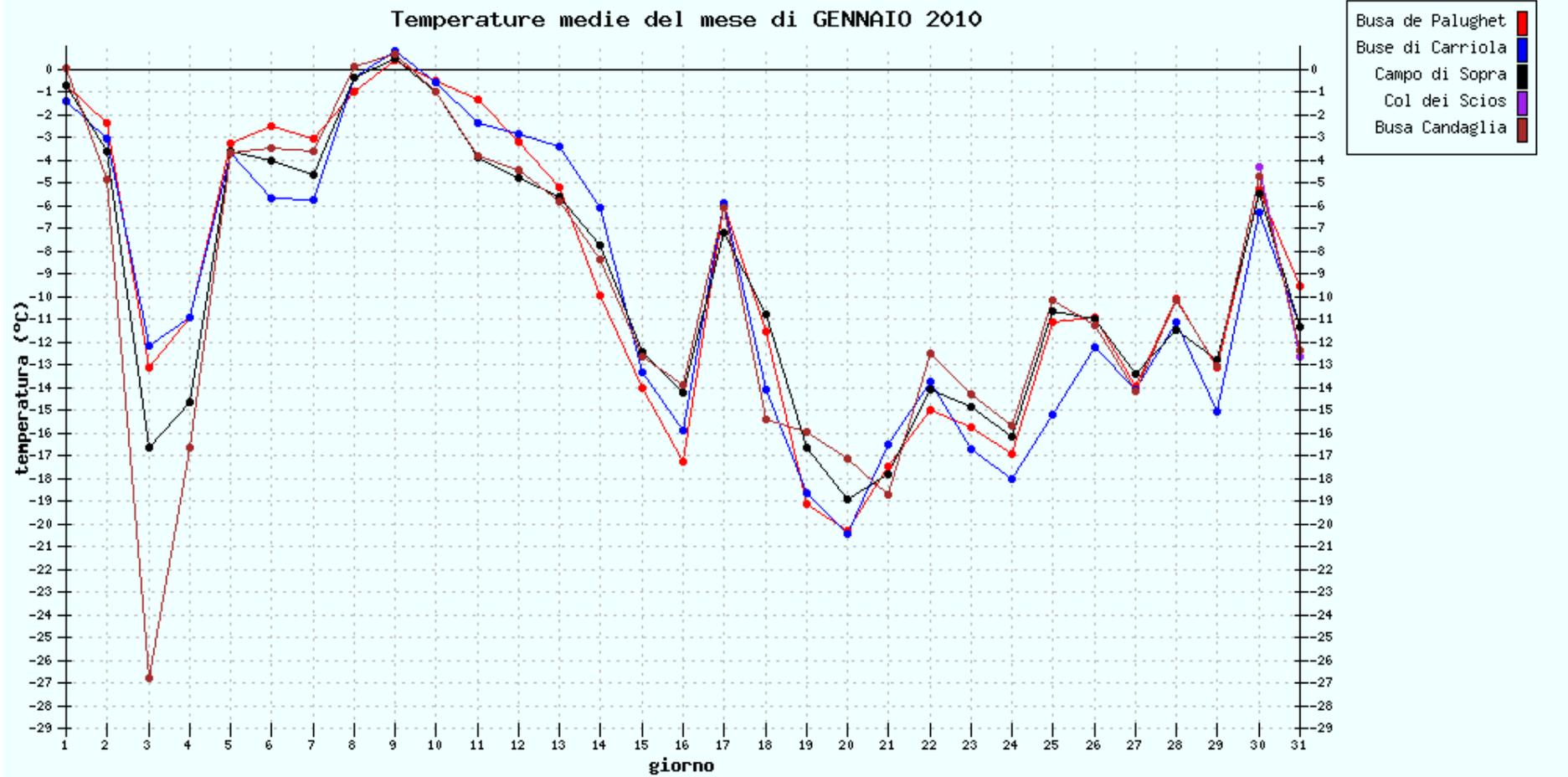
SITI DA 1.194 a 1.286 METRI s.l.m.



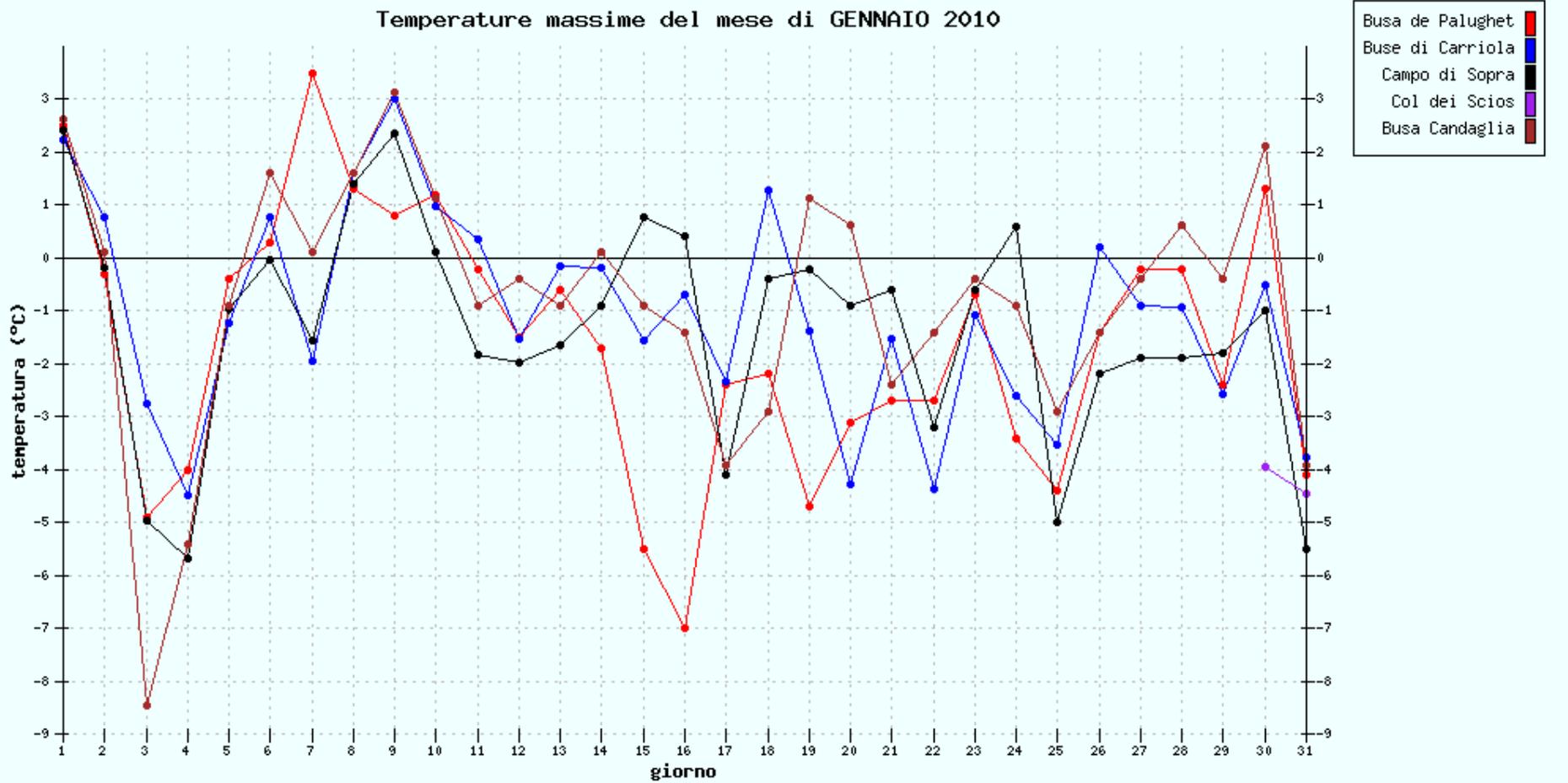
SITI DA 1.194 a 1.286 METRI s.l.m.



SITI DA 1.194 a 1.286 METRI s.l.m.

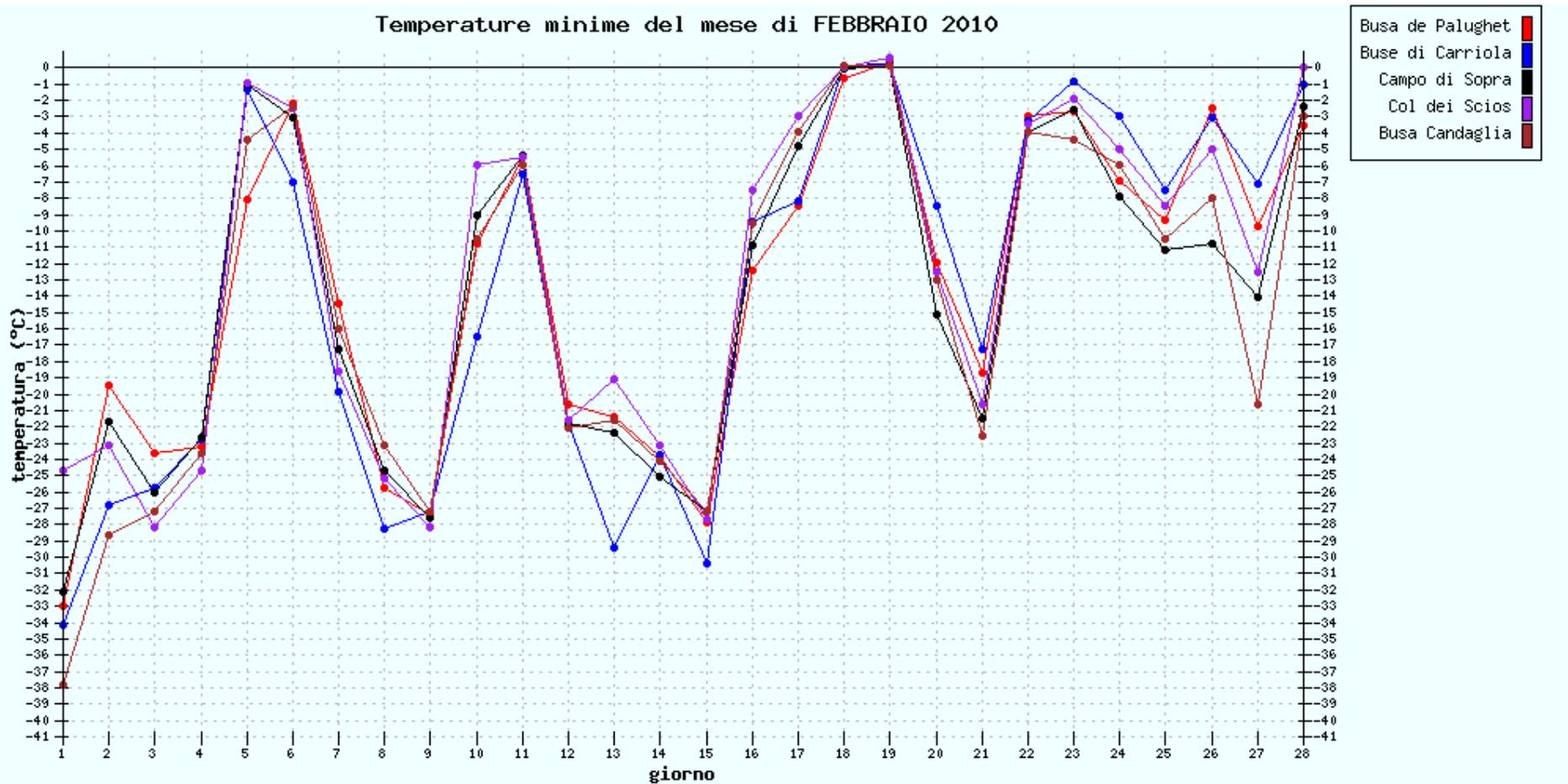


SITI DA 1.194 a 1.286 METRI s.l.m.

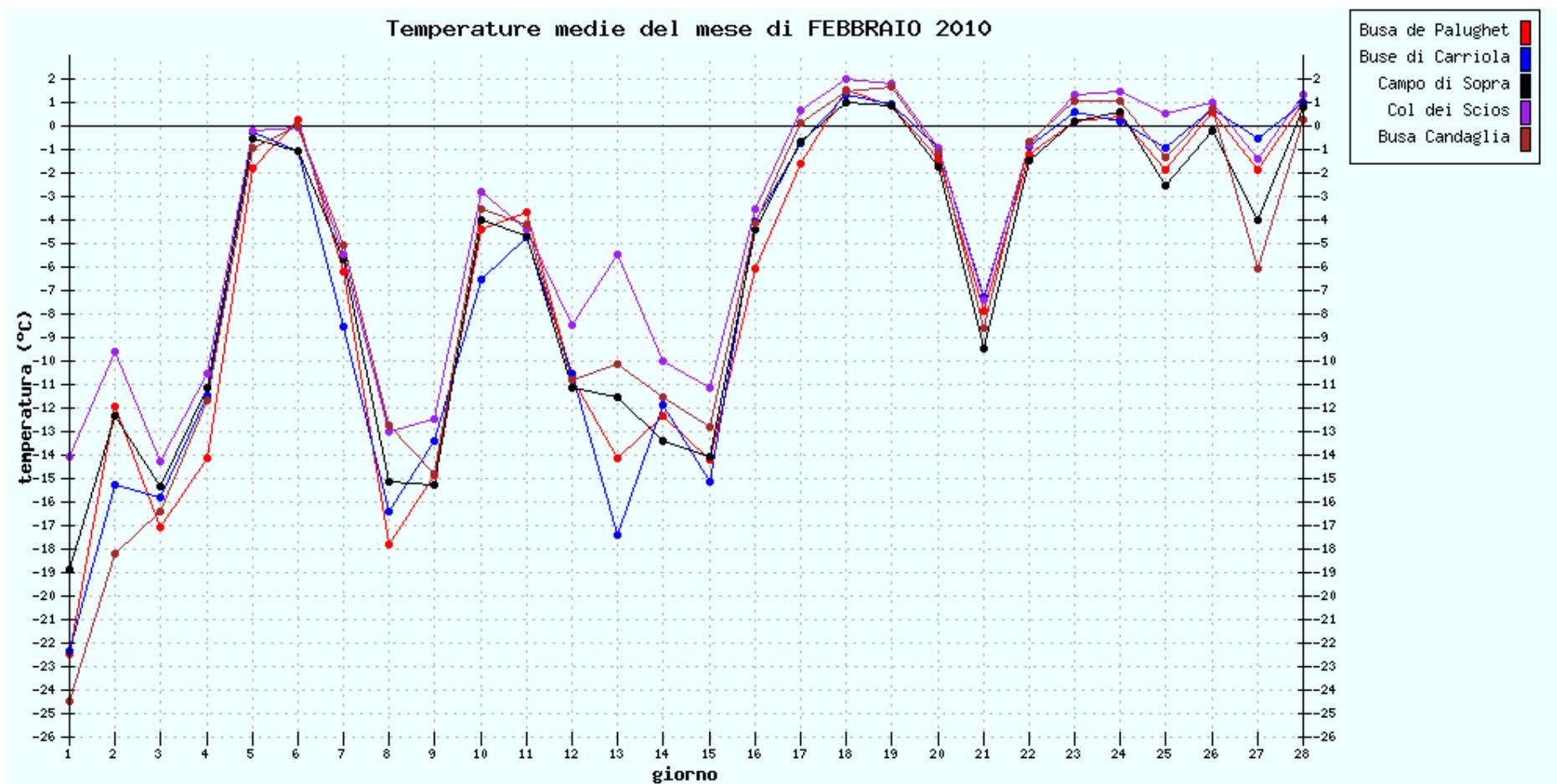


SITI DA 1.194 a 1.286 METRI s.l.m.

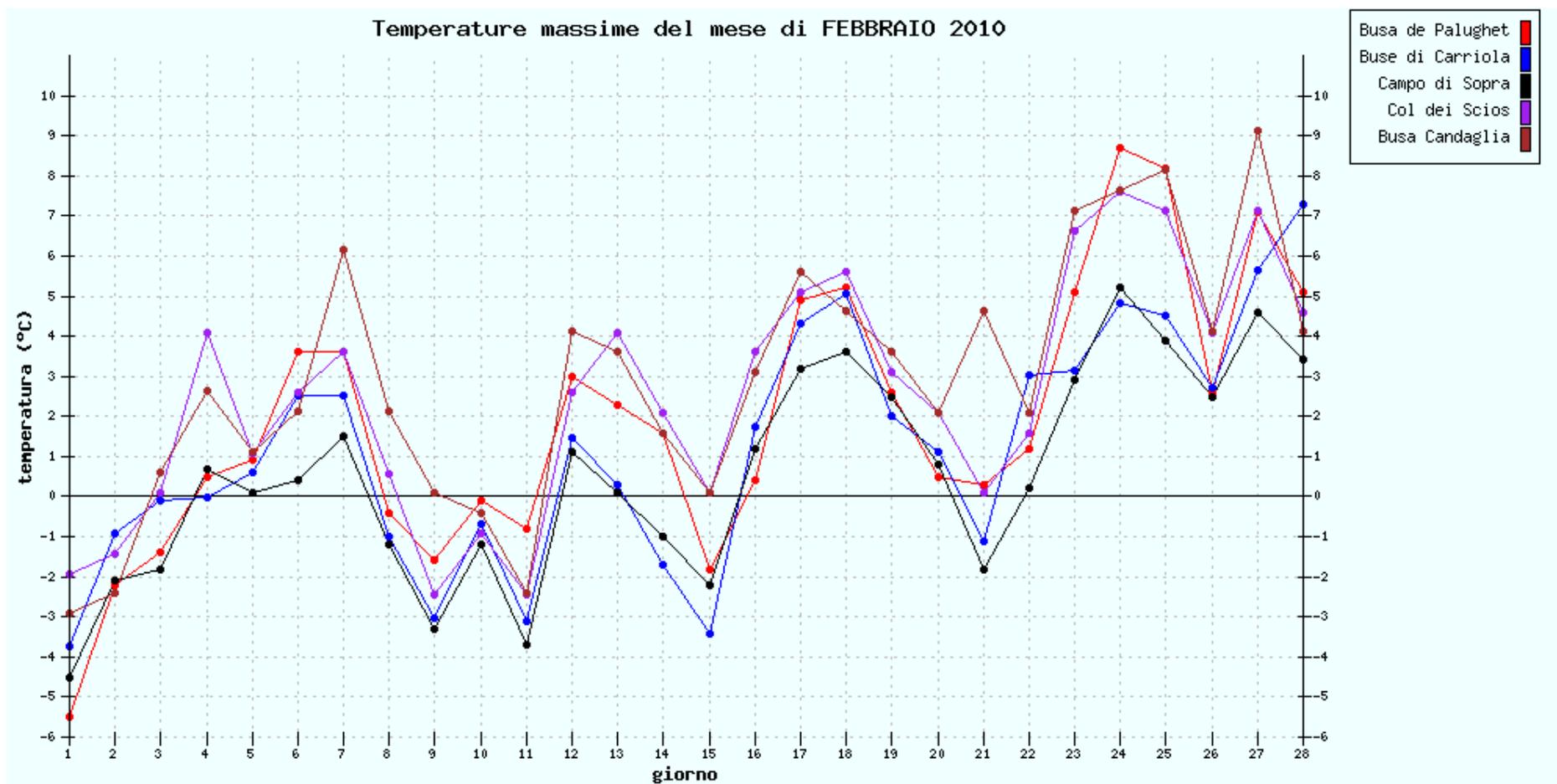
Temperature minime del mese di FEBBRAIO 2010



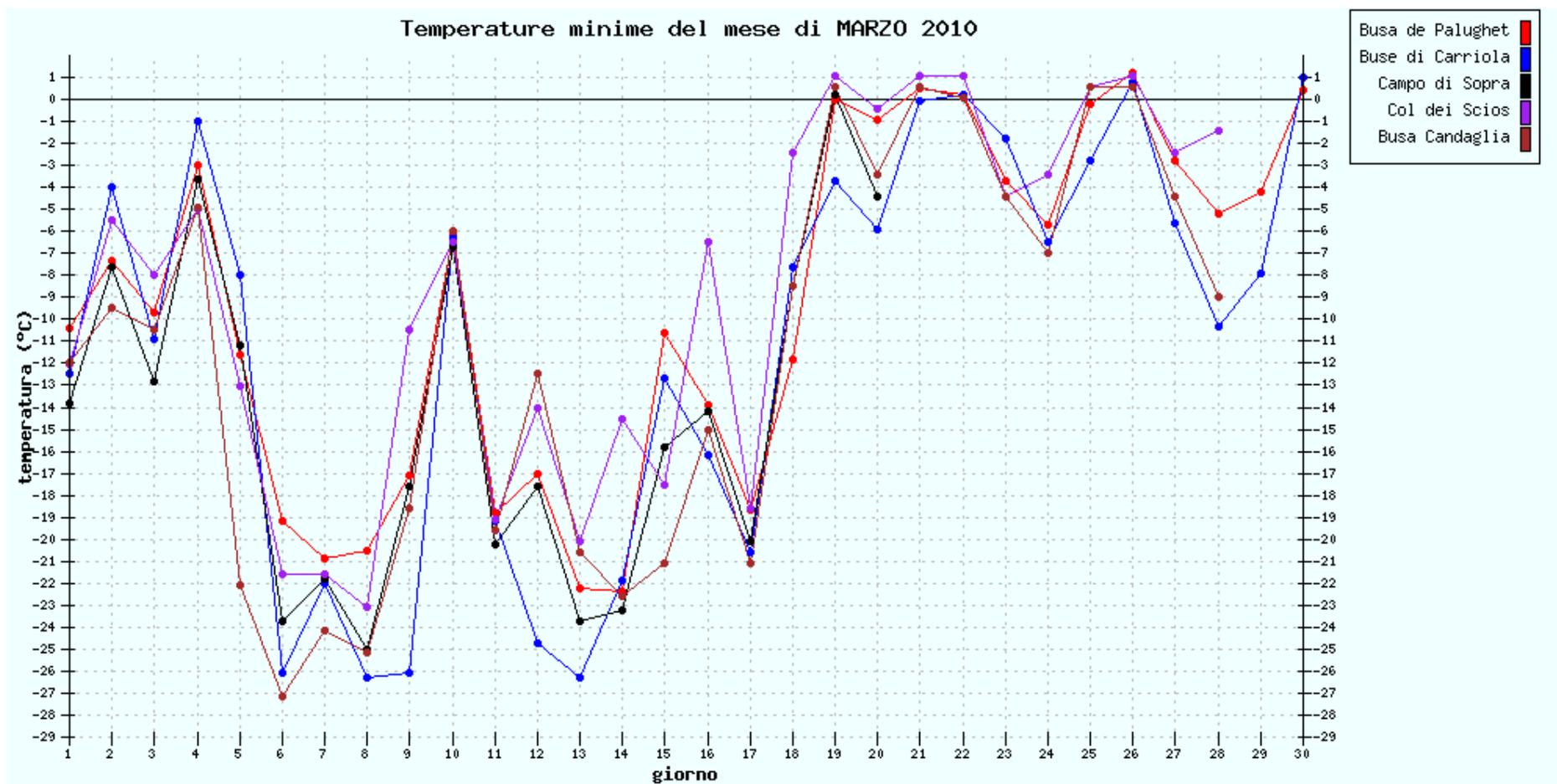
SITI DA 1.194 a 1.286 METRI s.l.m.



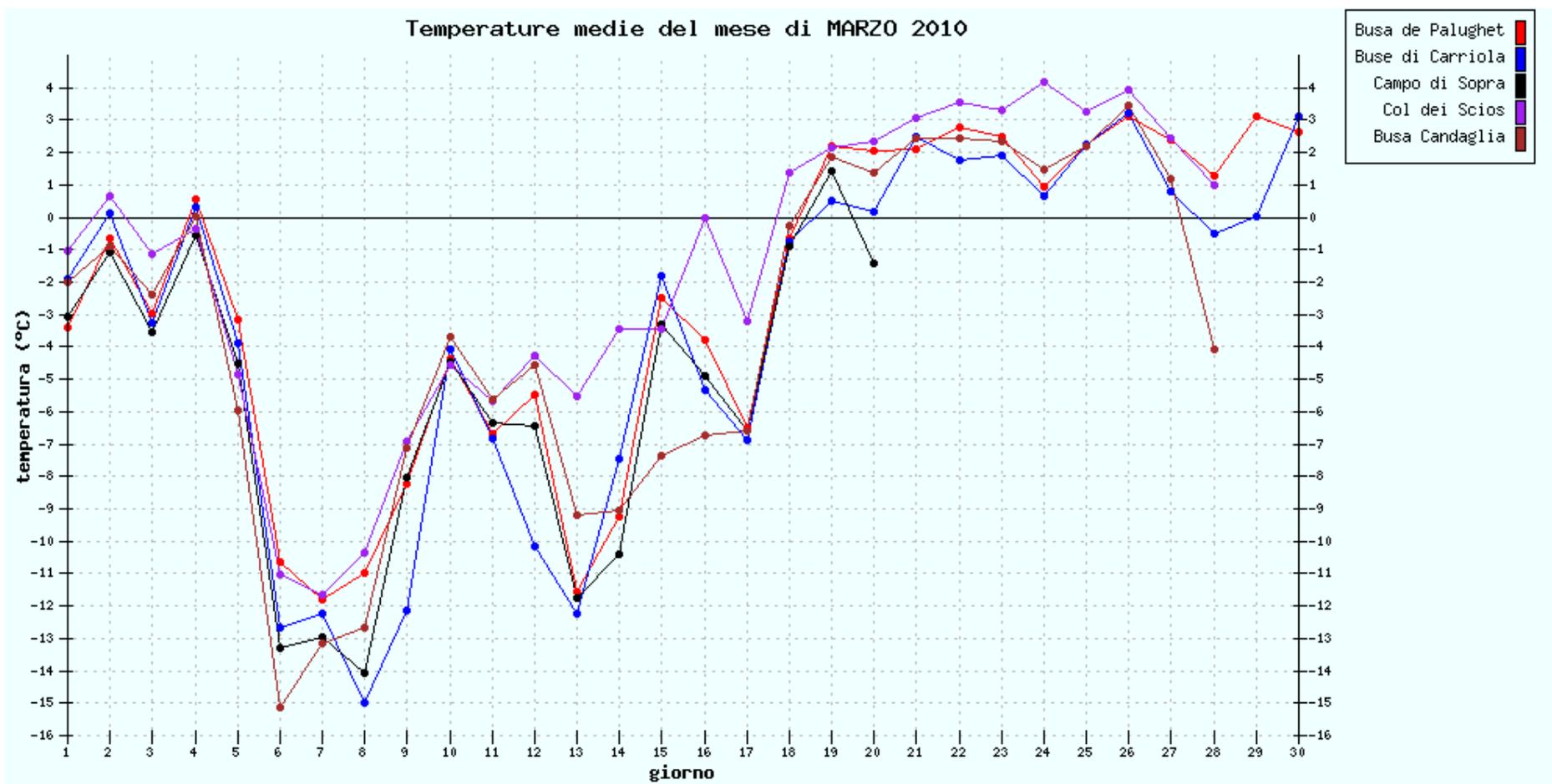
SITI DA 1.194 a 1.286 METRI s.l.m.



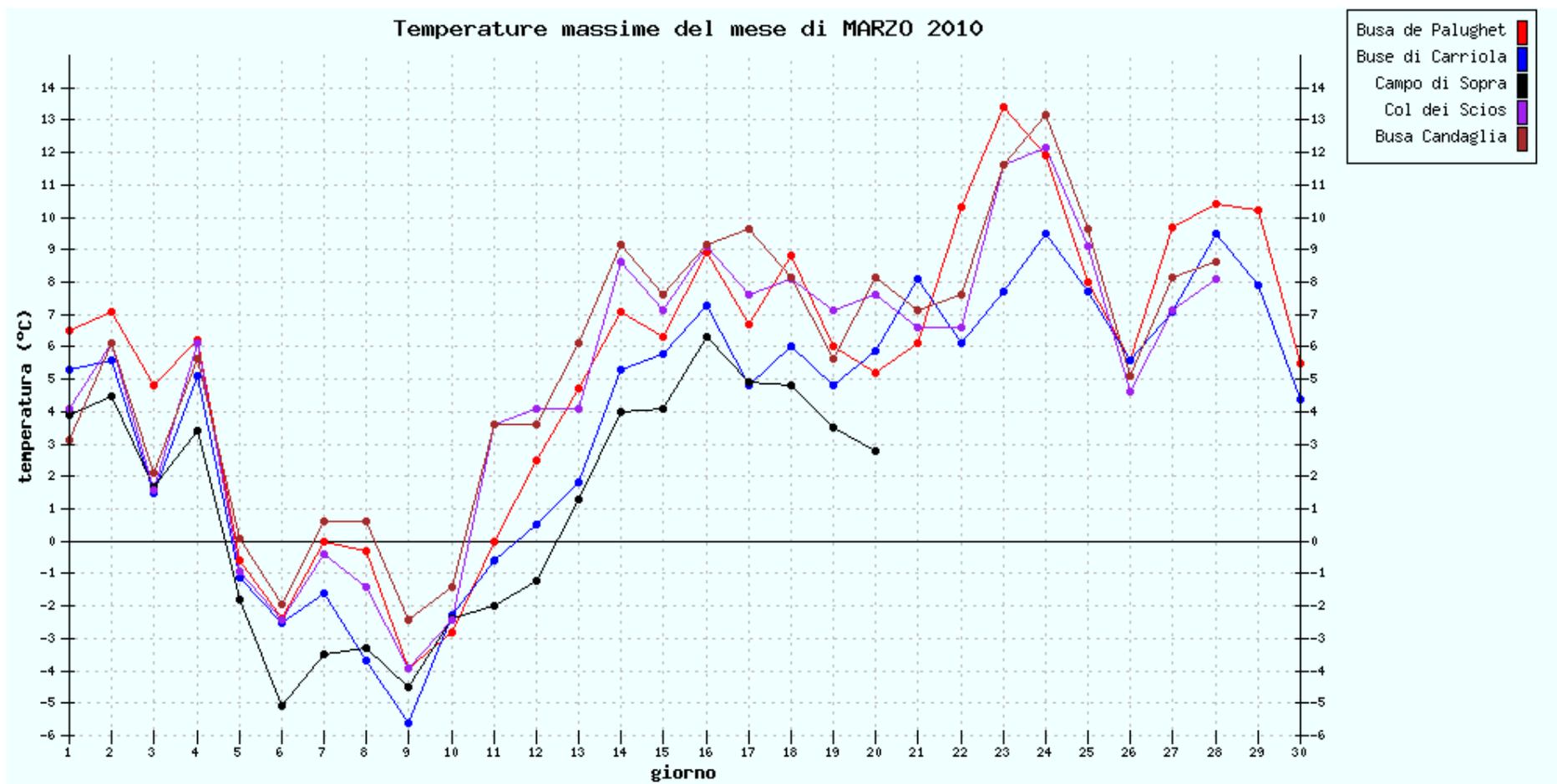
SITI DA 1.194 a 1.286 METRI s.l.m.



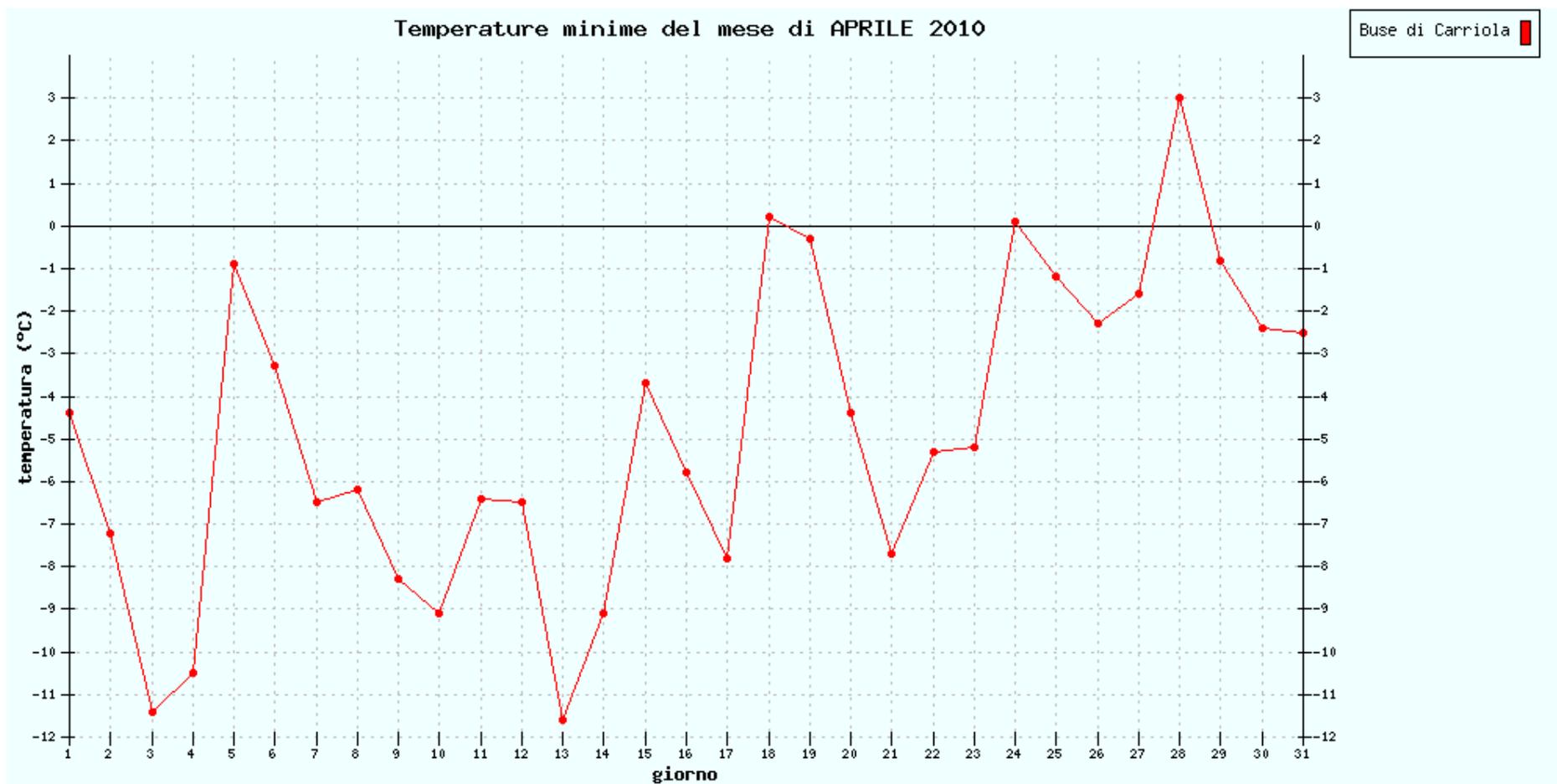
SITI DA 1.194 a 1.286 METRI s.l.m.



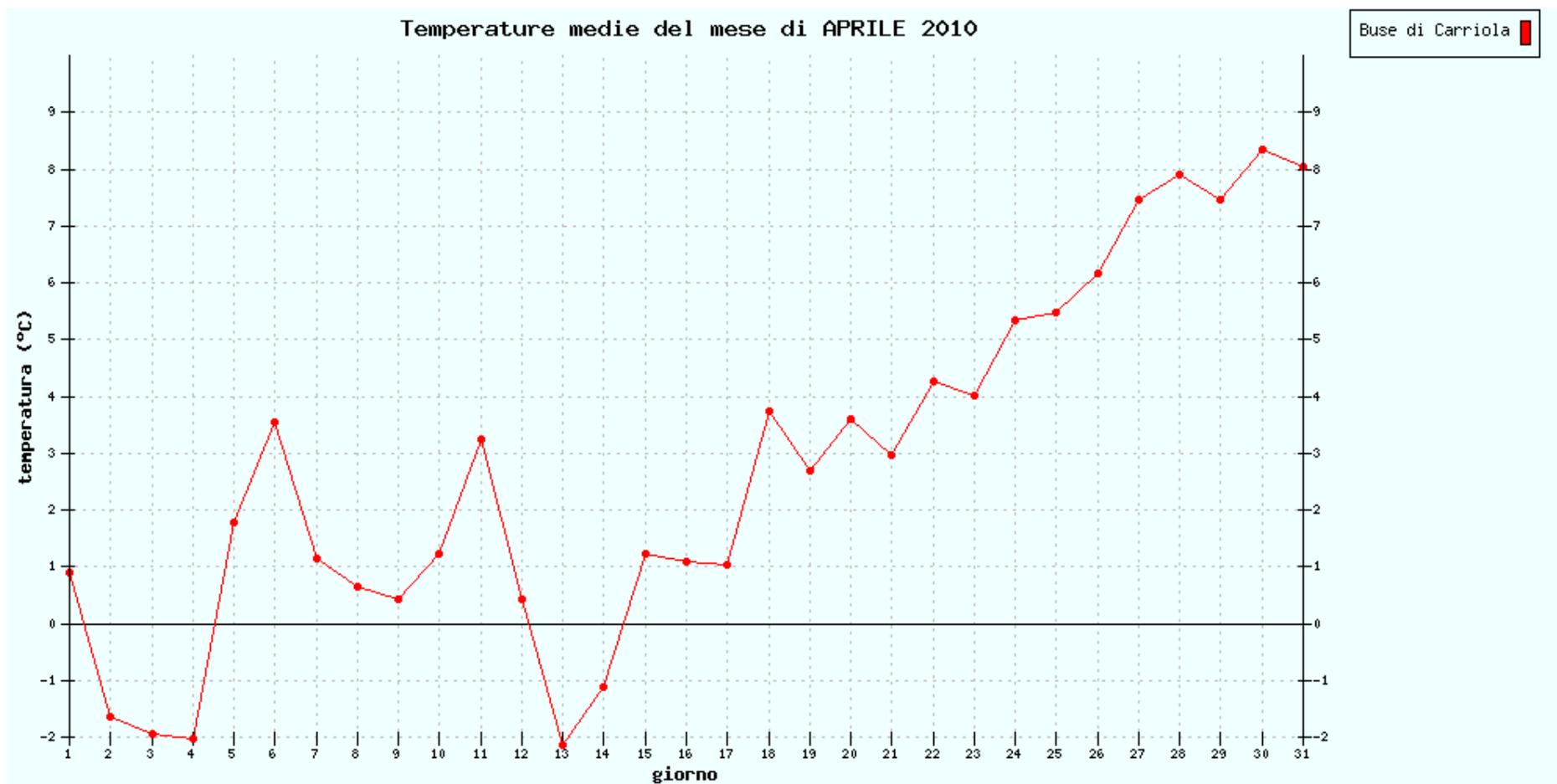
SITI DA 1.194 a 1.286 METRI s.l.m.



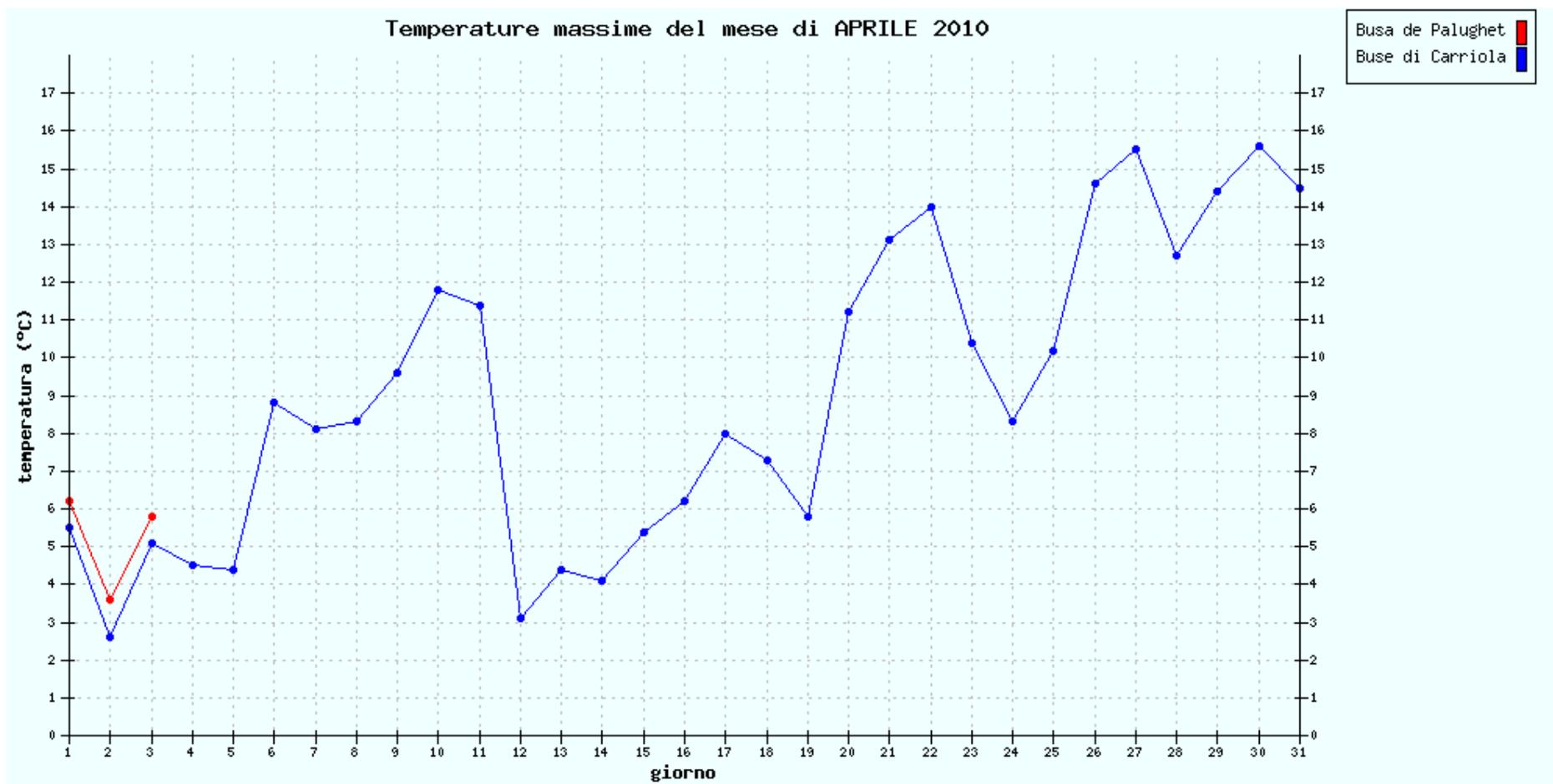
SITI DA 1.194 a 1.286 METRI s.l.m.



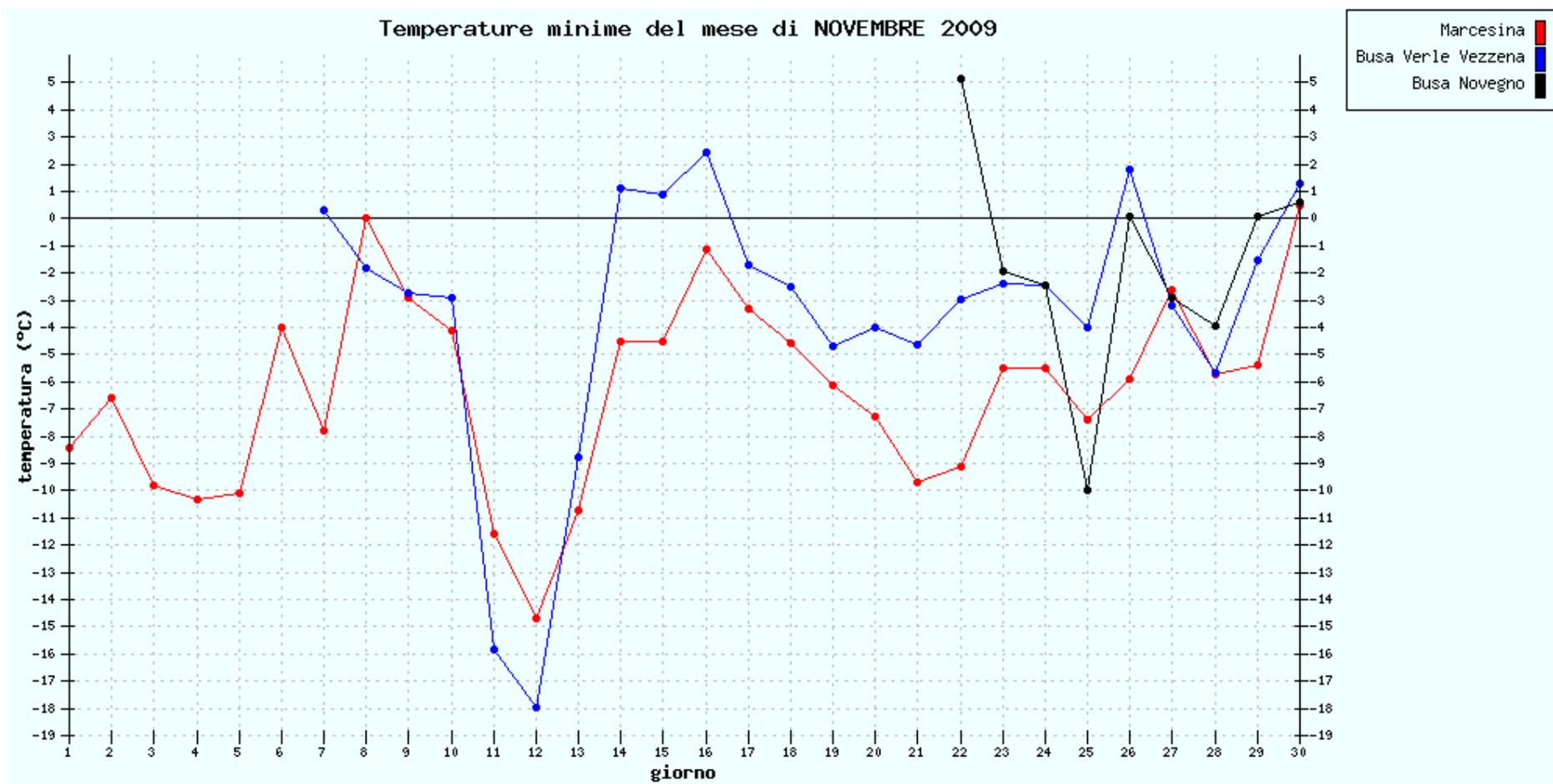
SITI DA 1.194 a 1.286 METRI s.l.m.



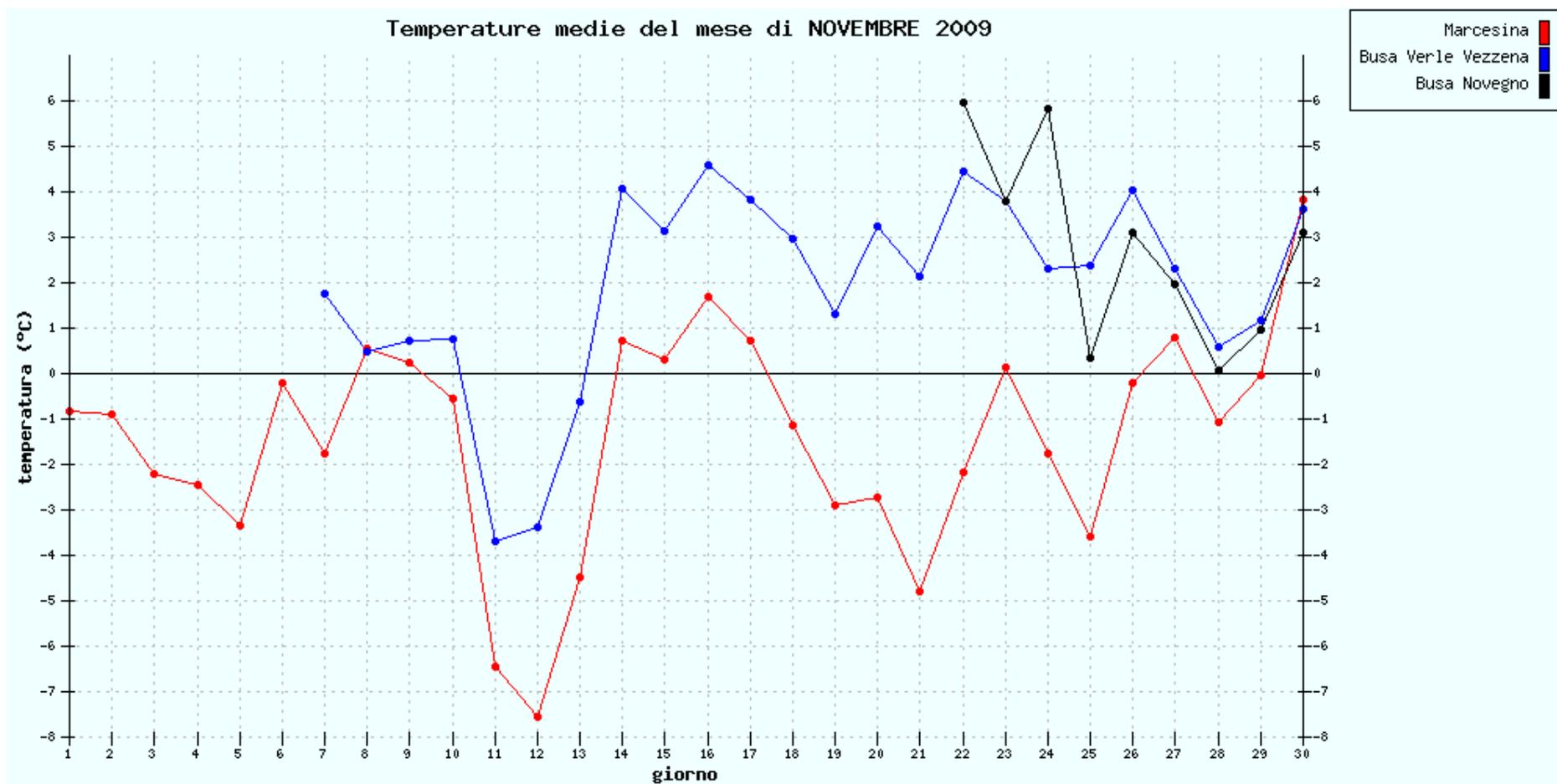
SITI DA 1.194 a 1.286 METRI s.l.m.



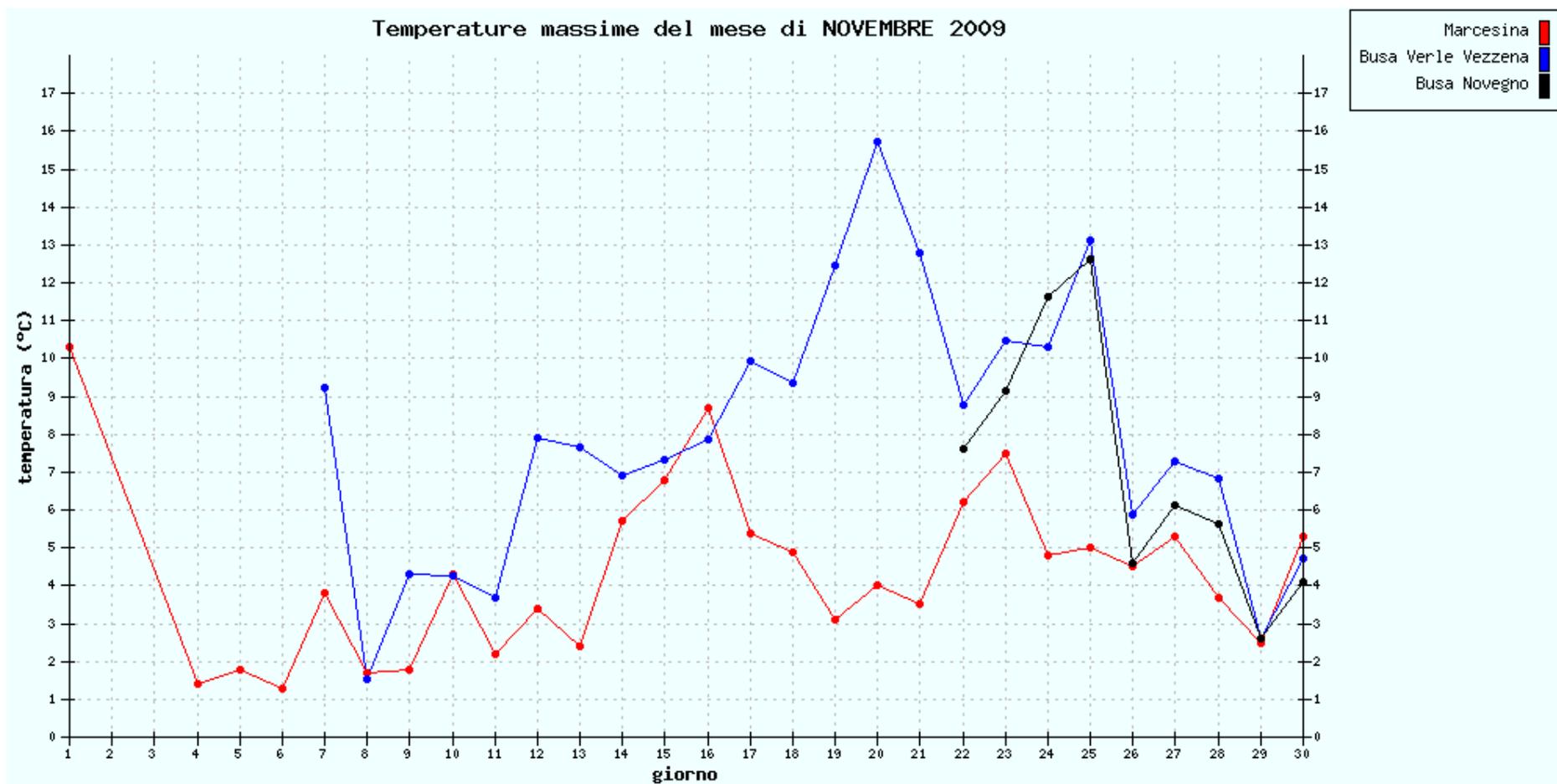
SITI DA 1.310 a 1.475 METRI s.l.m.



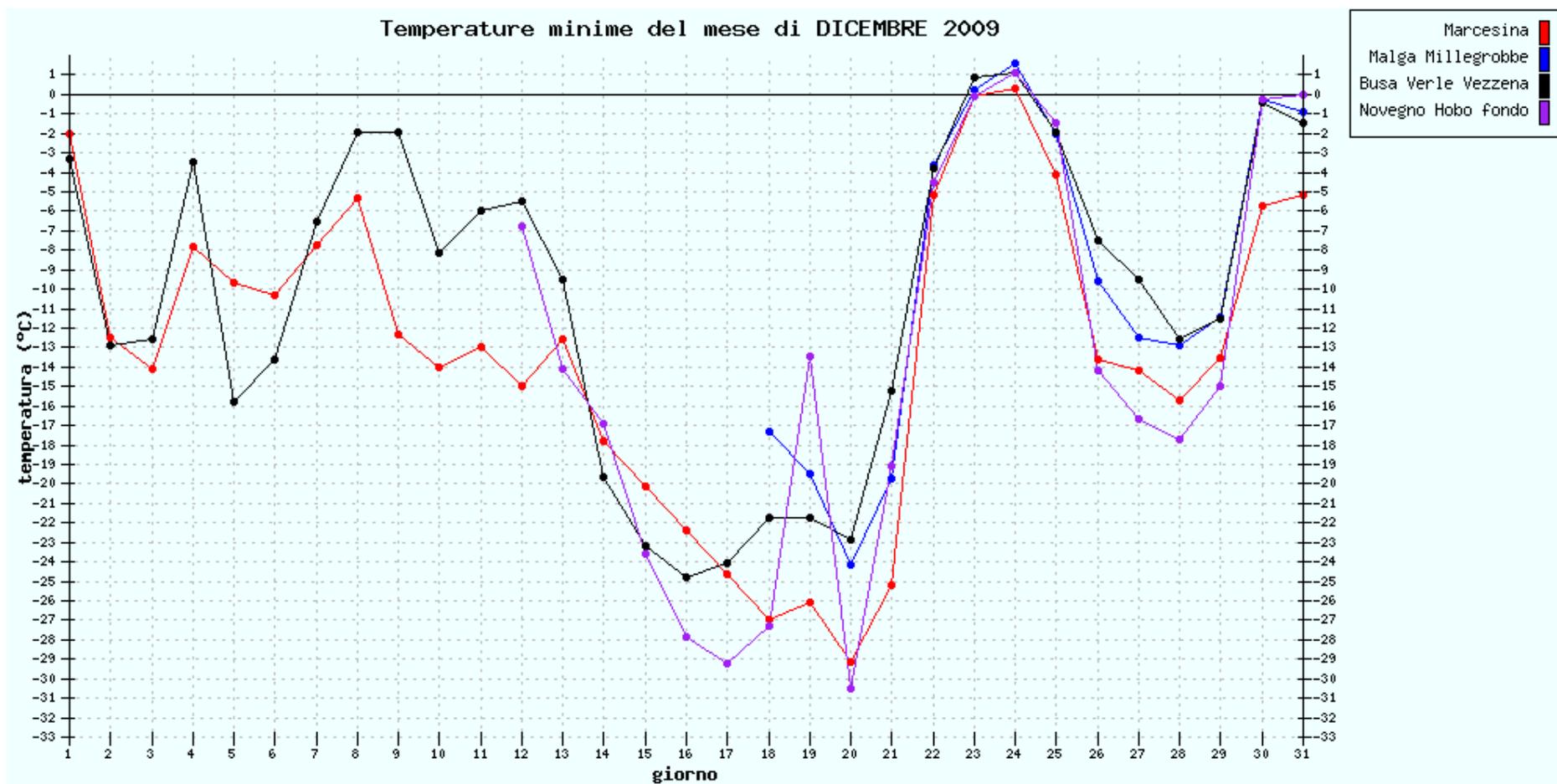
SITI DA 1.310 a 1.475 METRI s.l.m.



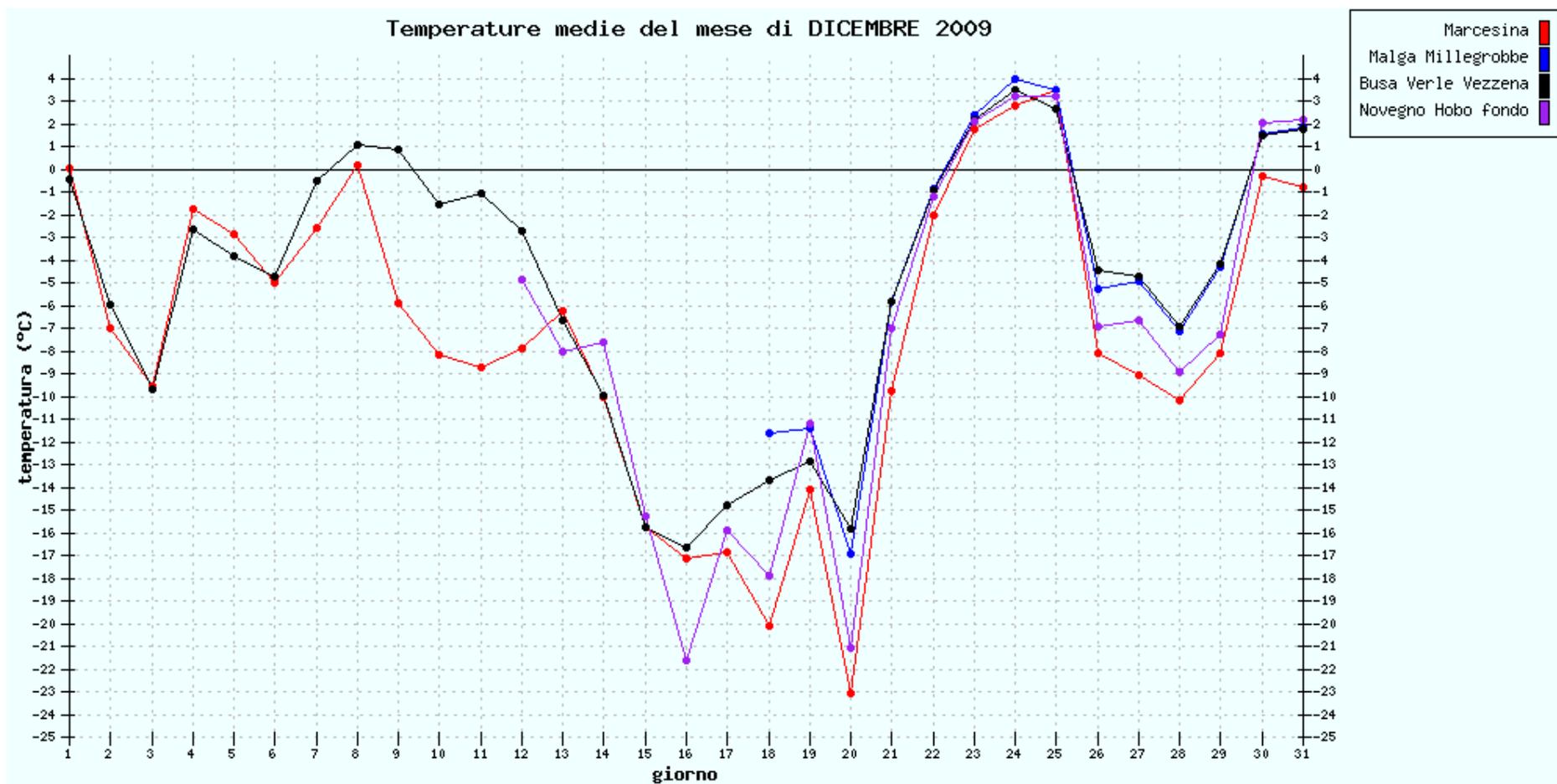
SITI DA 1.310 a 1.475 METRI s.l.m.



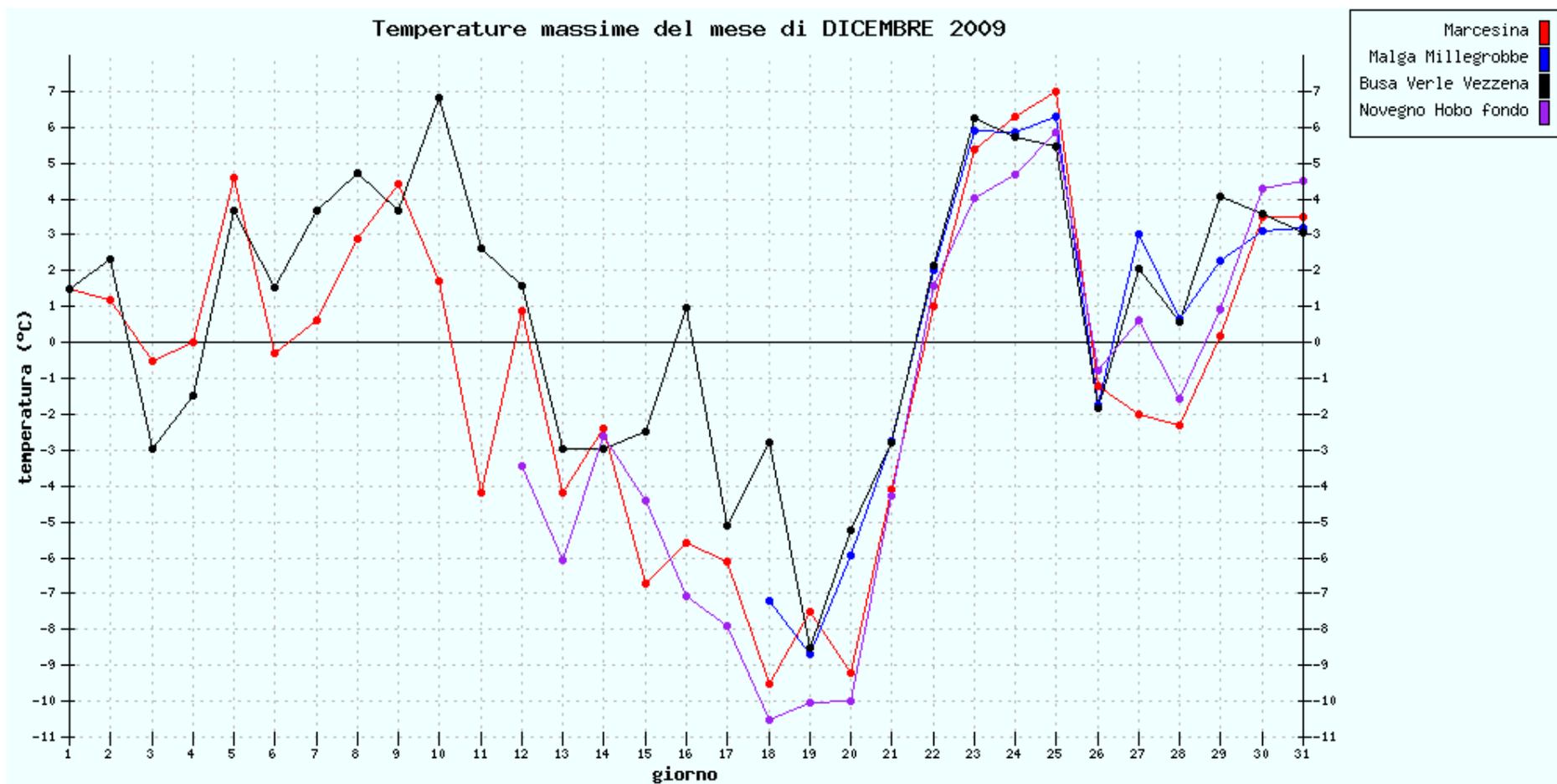
SITI DA 1.310 a 1.475 METRI s.l.m.



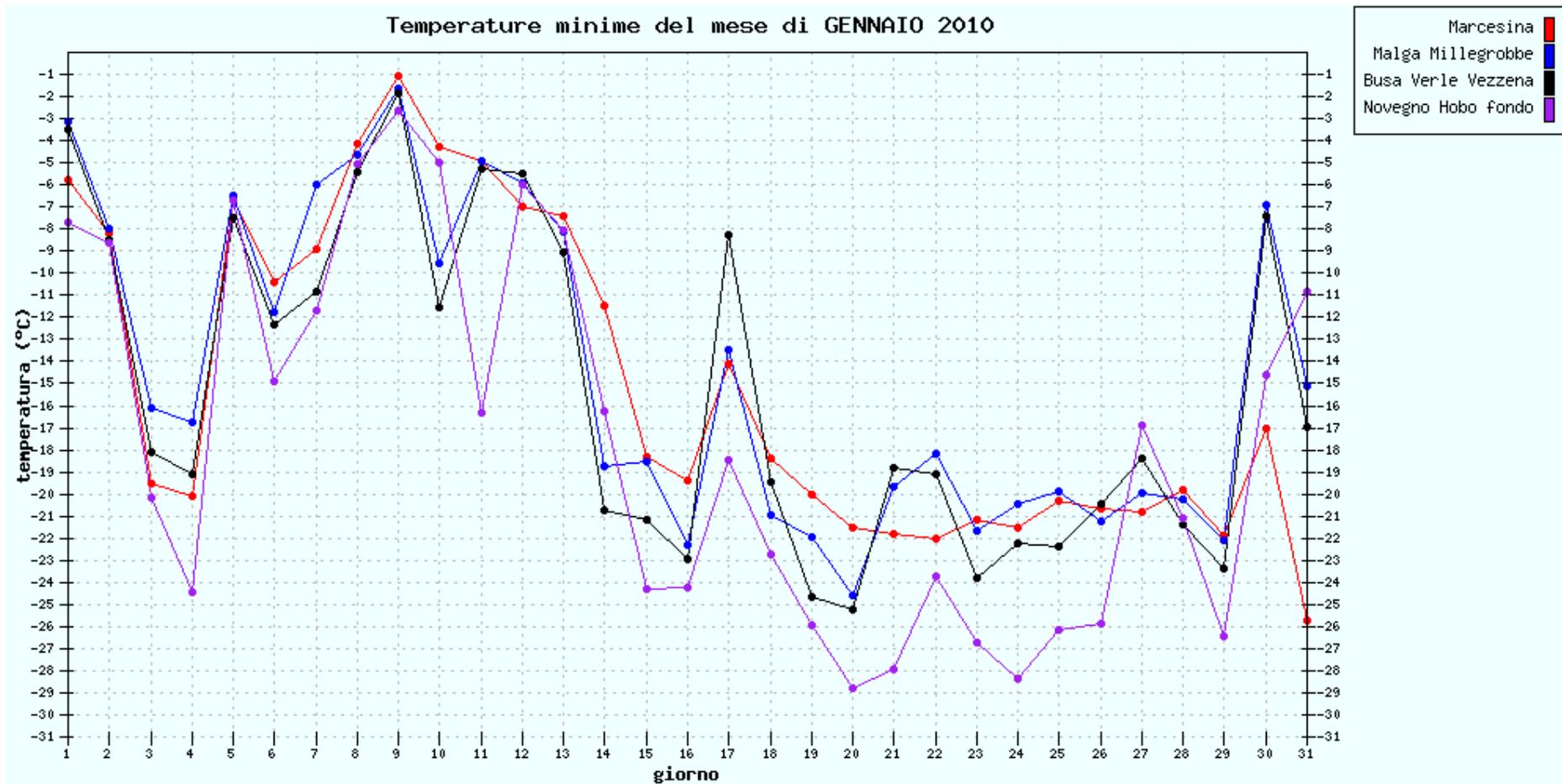
SITI DA 1.310 a 1.475 METRI s.l.m.



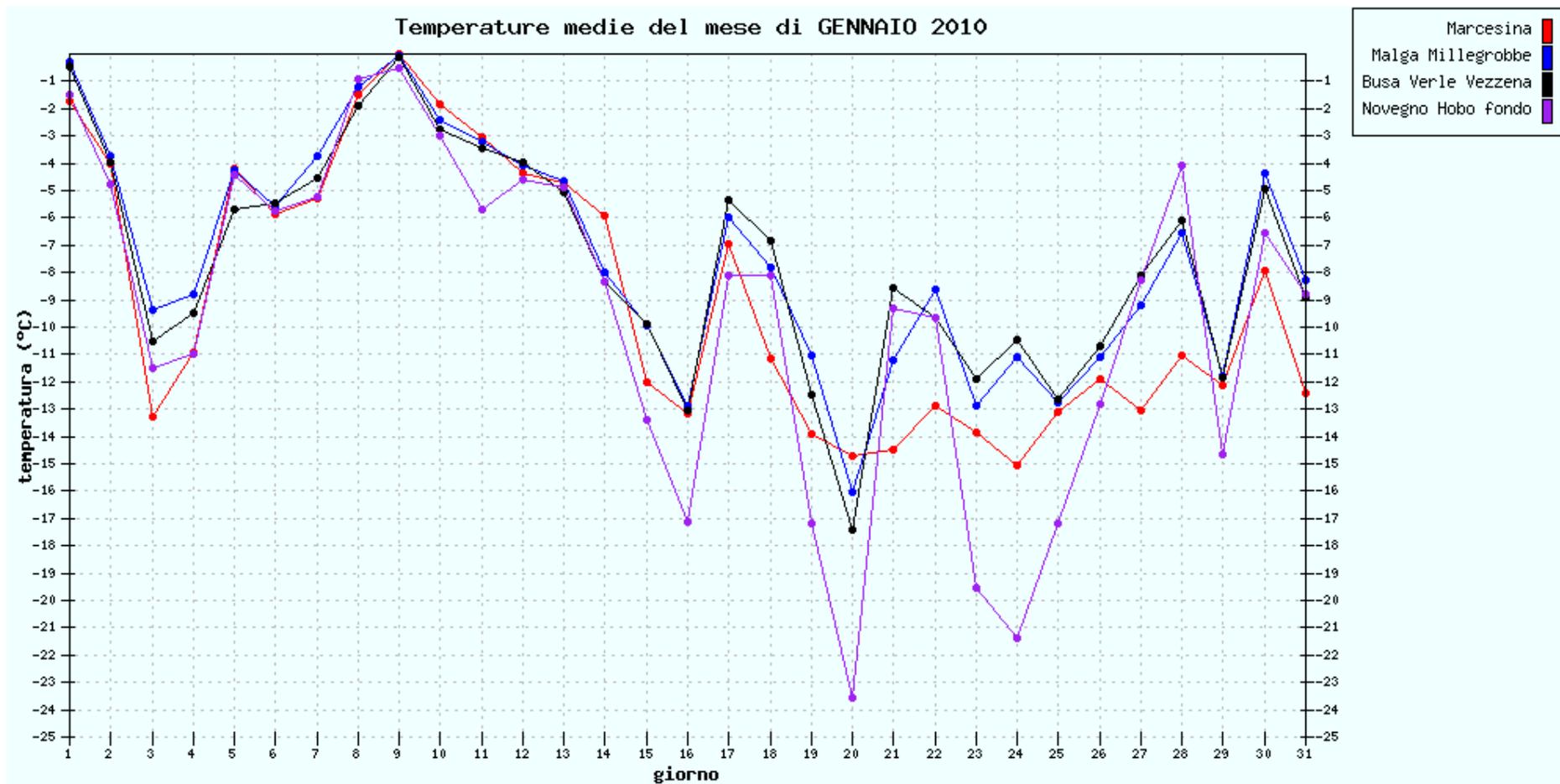
SITI DA 1.310 a 1.475 METRI s.l.m.



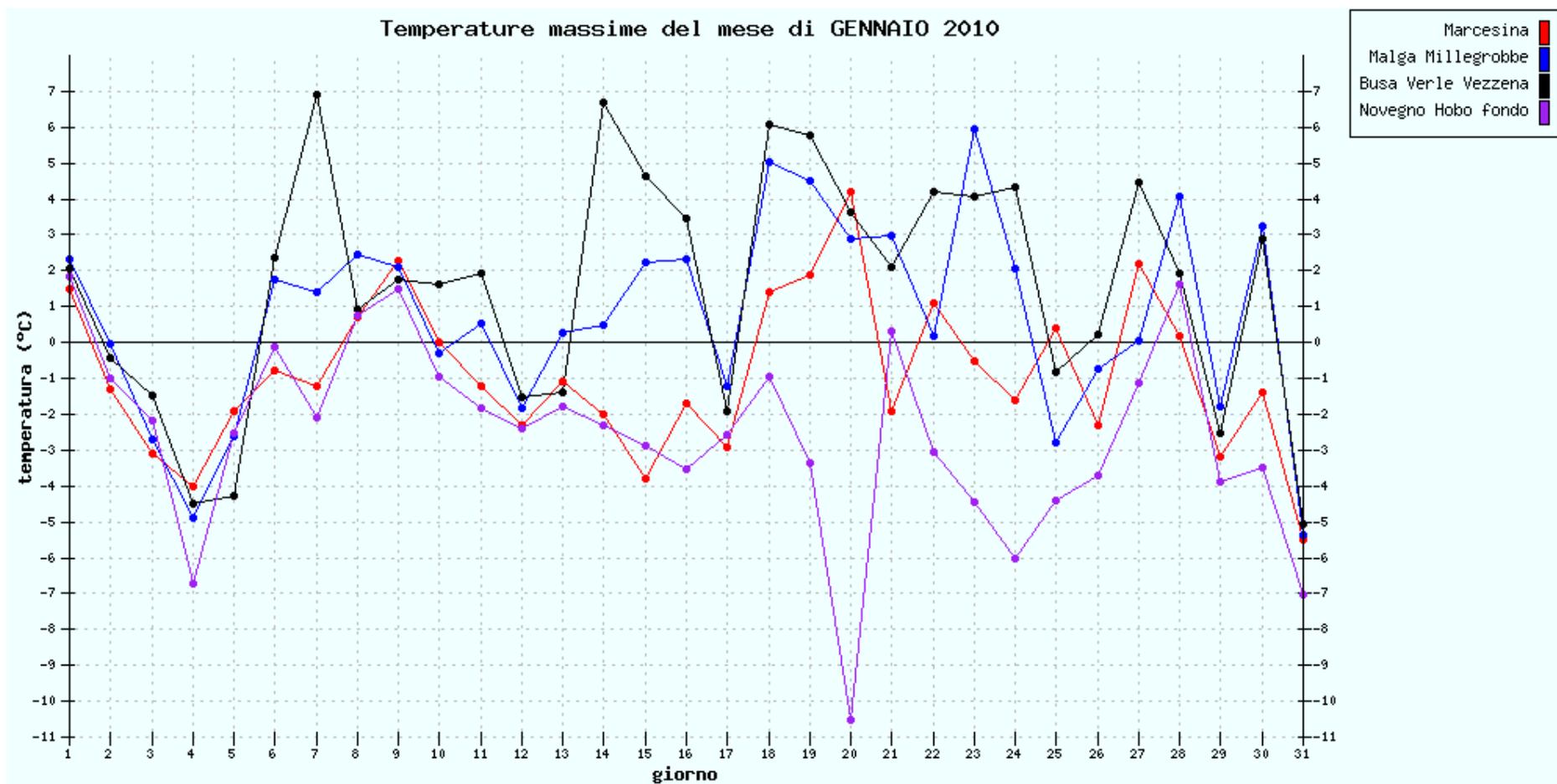
SITI DA 1.310 a 1.475 METRI s.l.m.



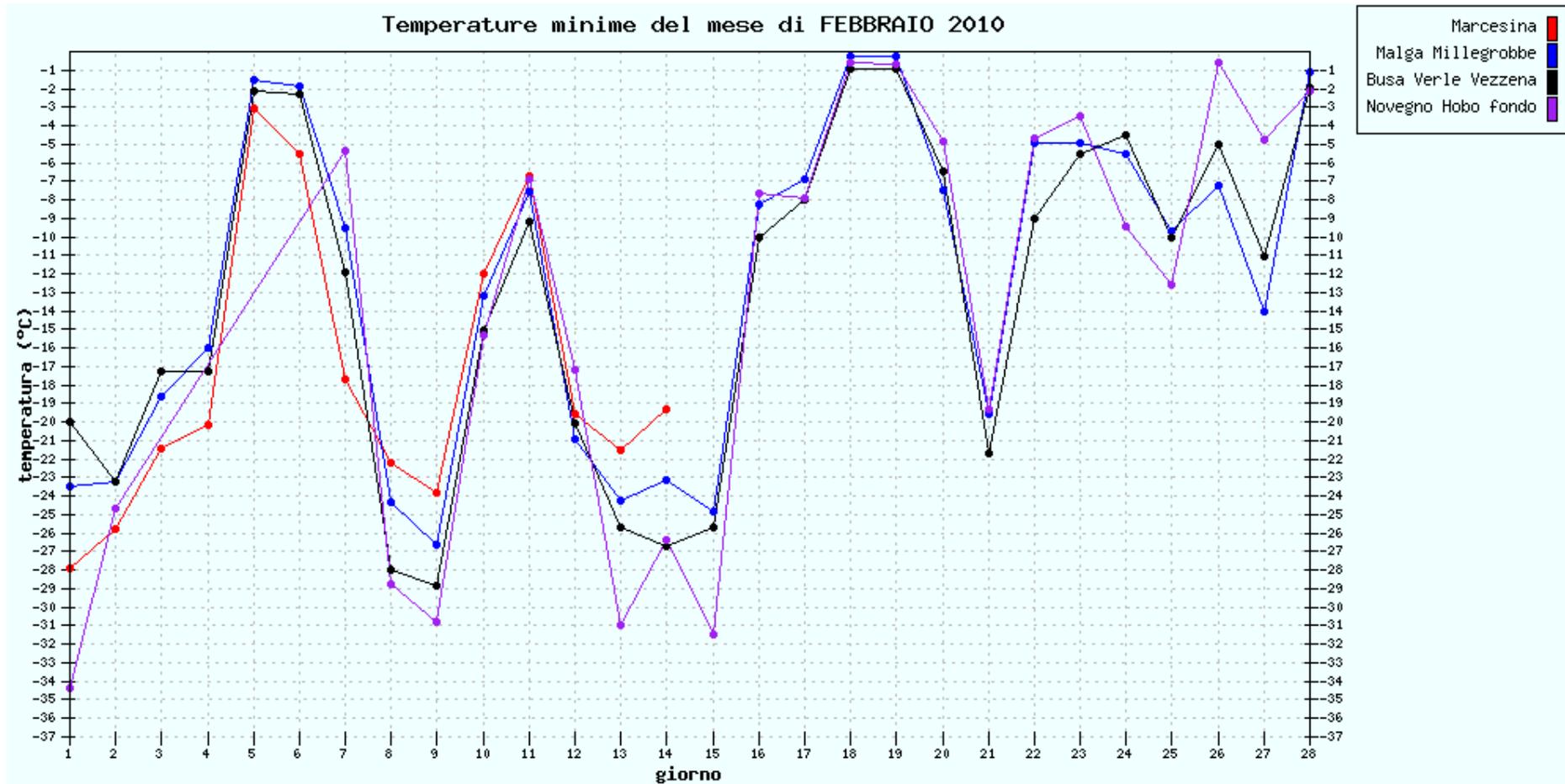
SITI DA 1.310 a 1.475 METRI s.l.m.



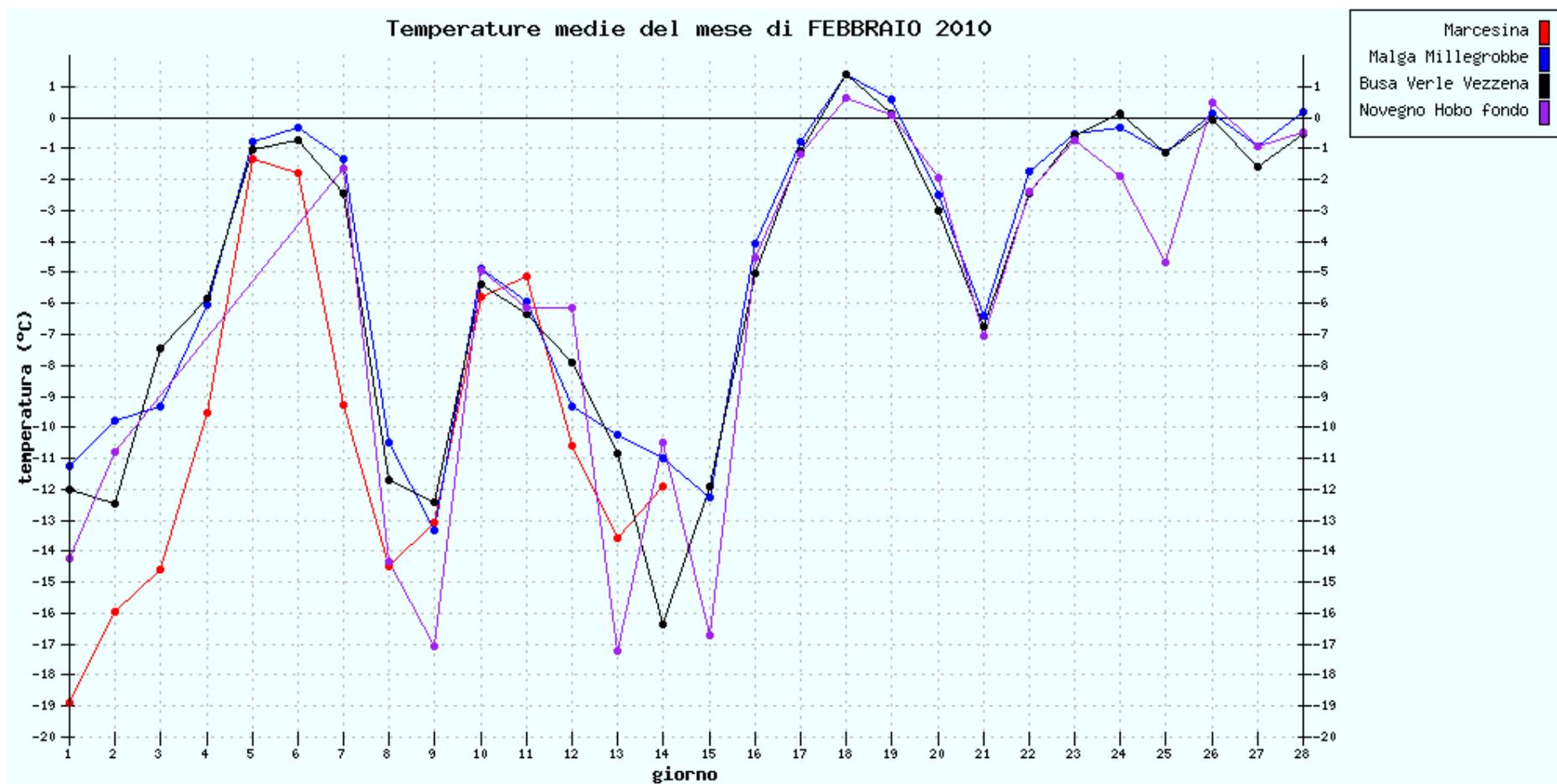
SITI DA 1.310 a 1.475 METRI s.l.m.



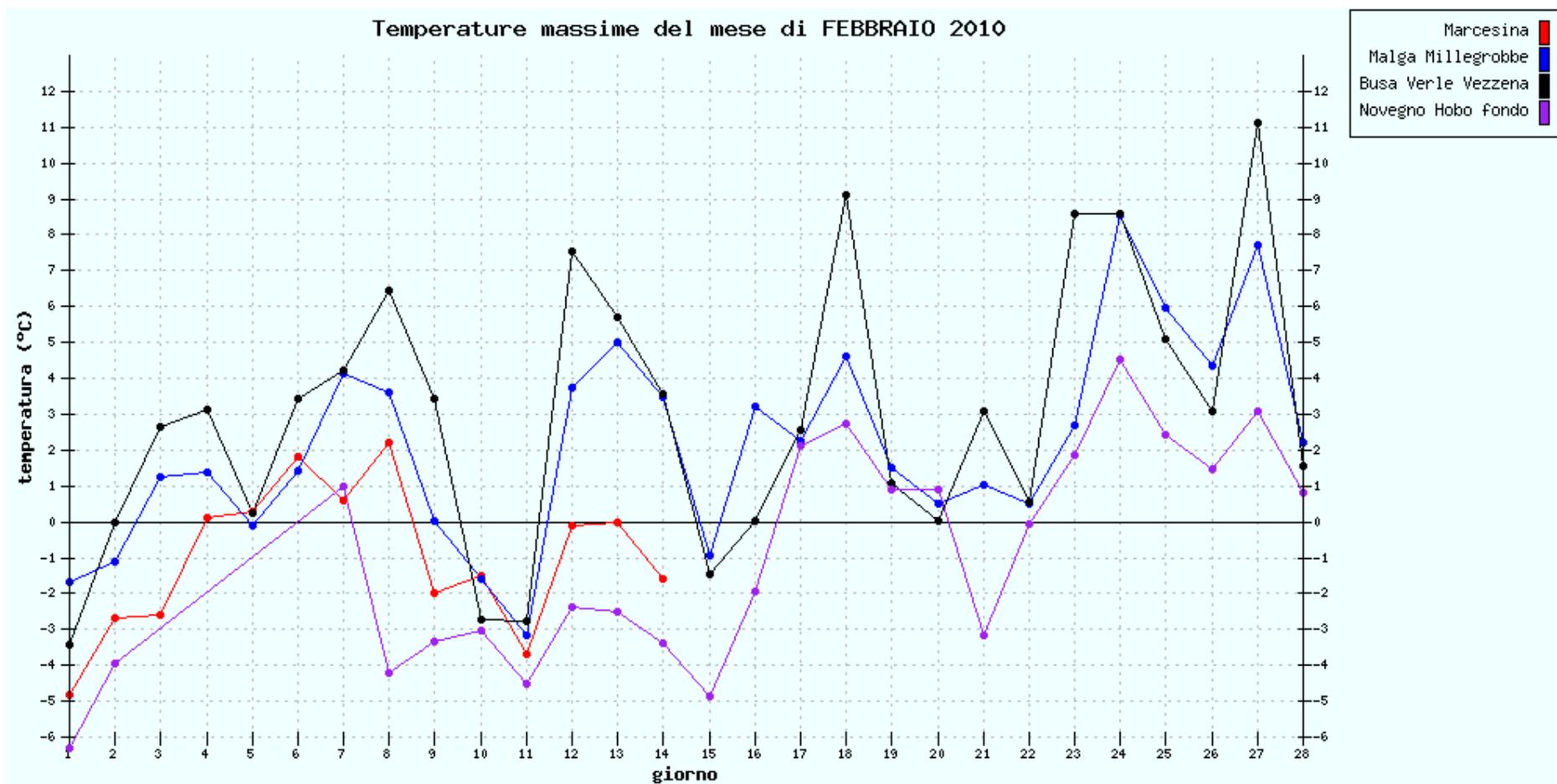
SITI DA 1.310 a 1.475 METRI s.l.m.



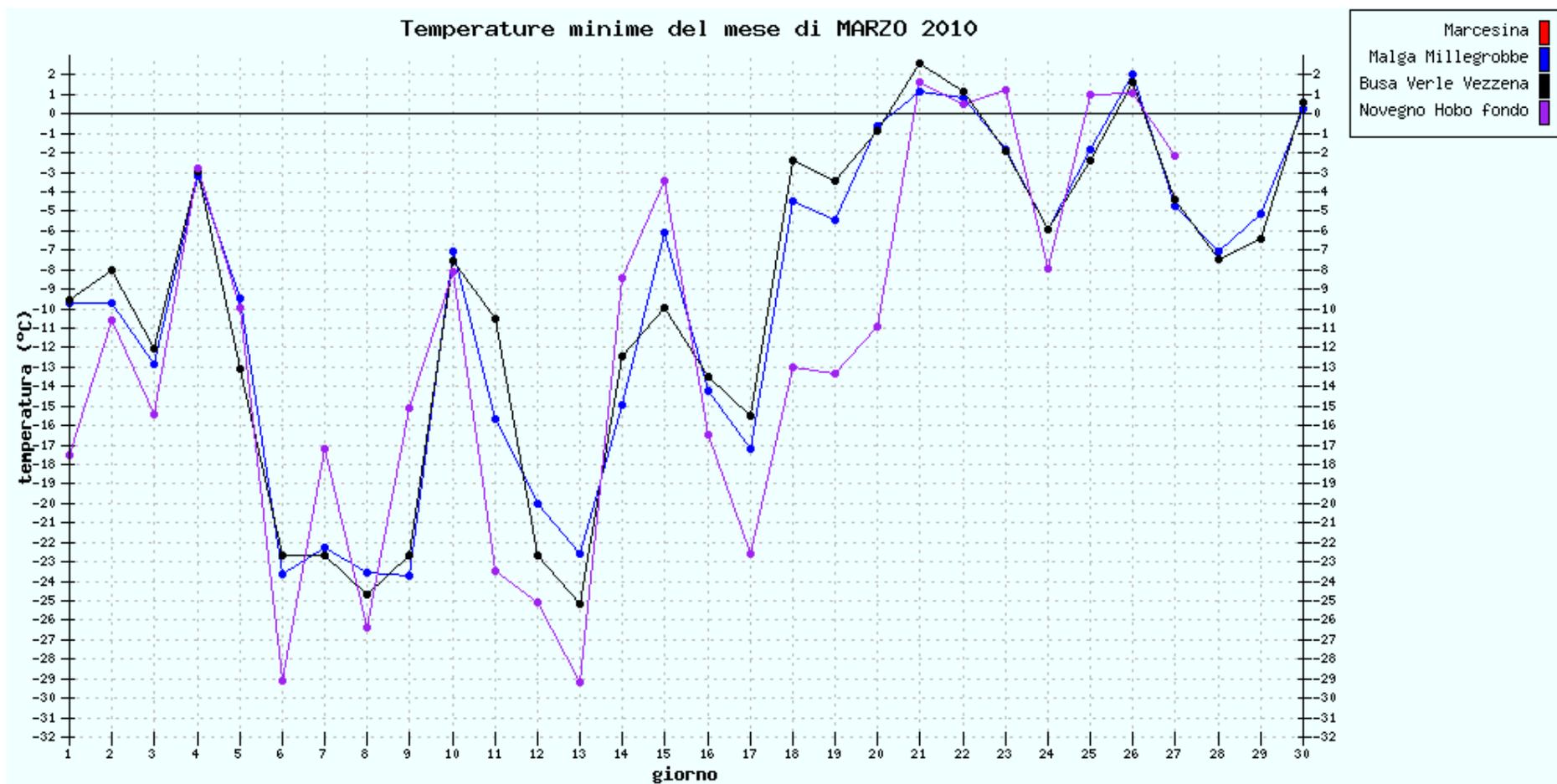
SITI DA 1.310 a 1.475 METRI s.l.m.



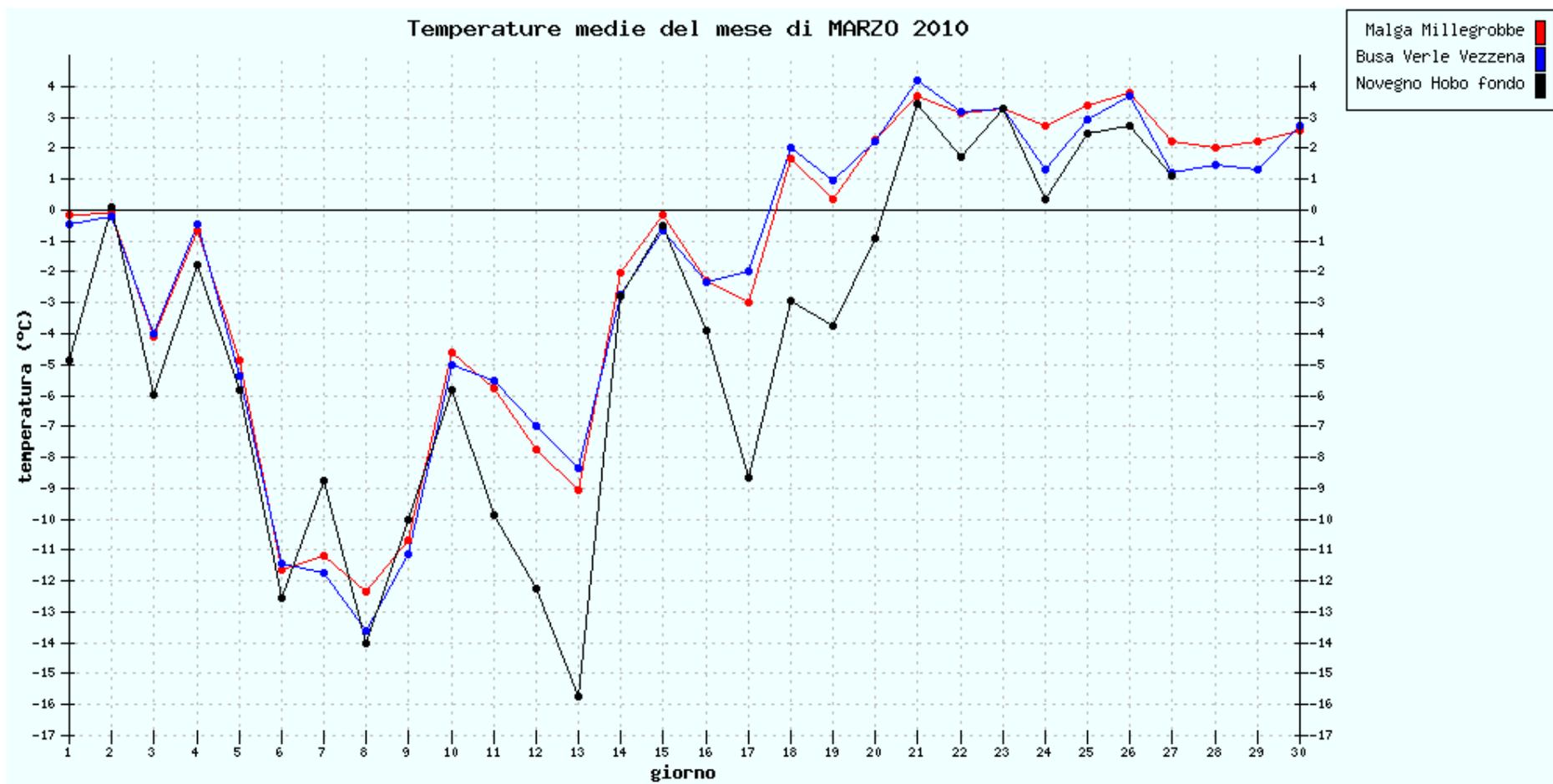
SITI DA 1.310 a 1.475 METRI s.l.m.



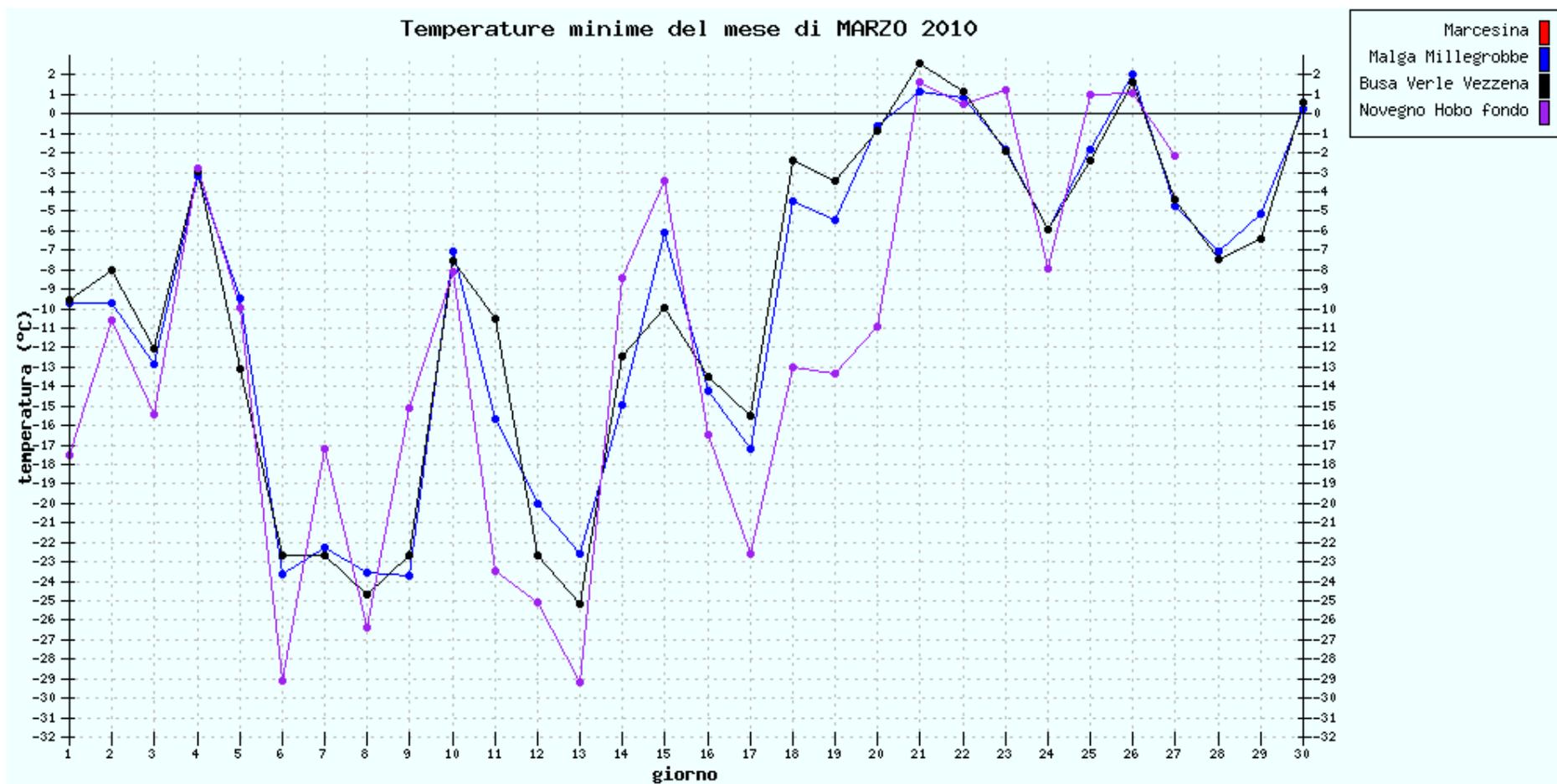
SITI DA 1.310 a 1.475 METRI s.l.m.



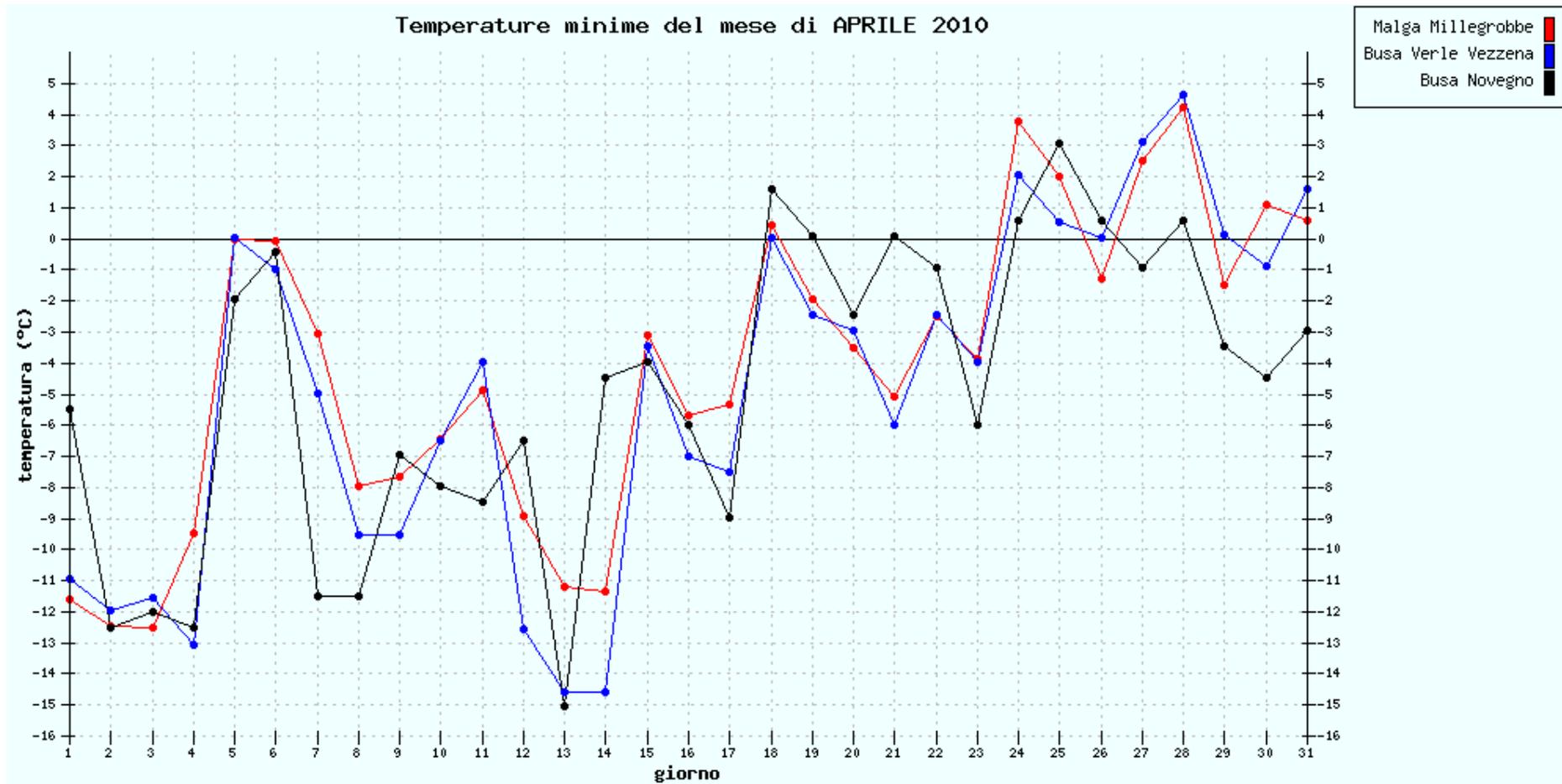
SITI DA 1.310 a 1.475 METRI s.l.m.



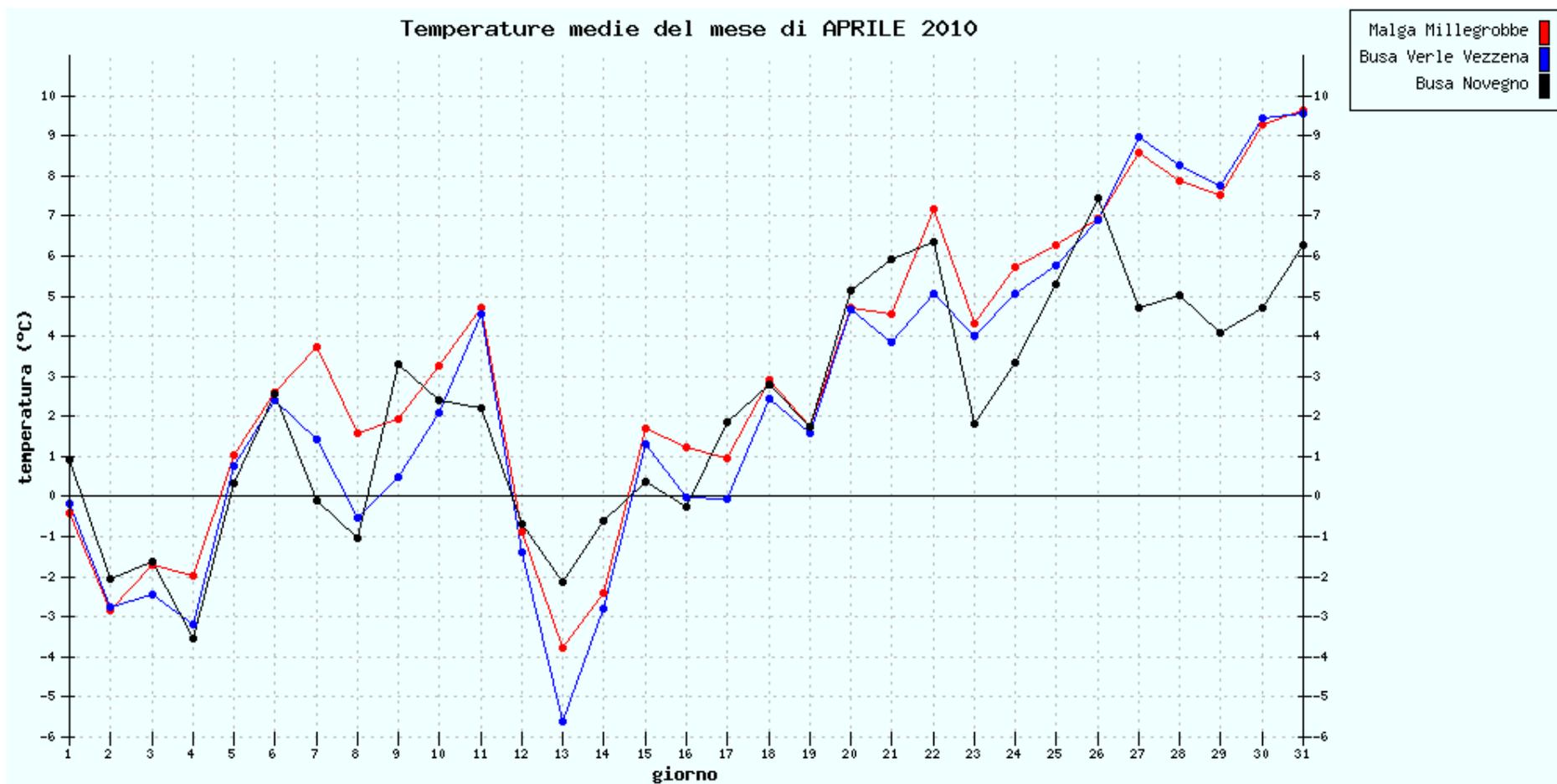
SITI DA 1.310 a 1.475 METRI s.l.m.



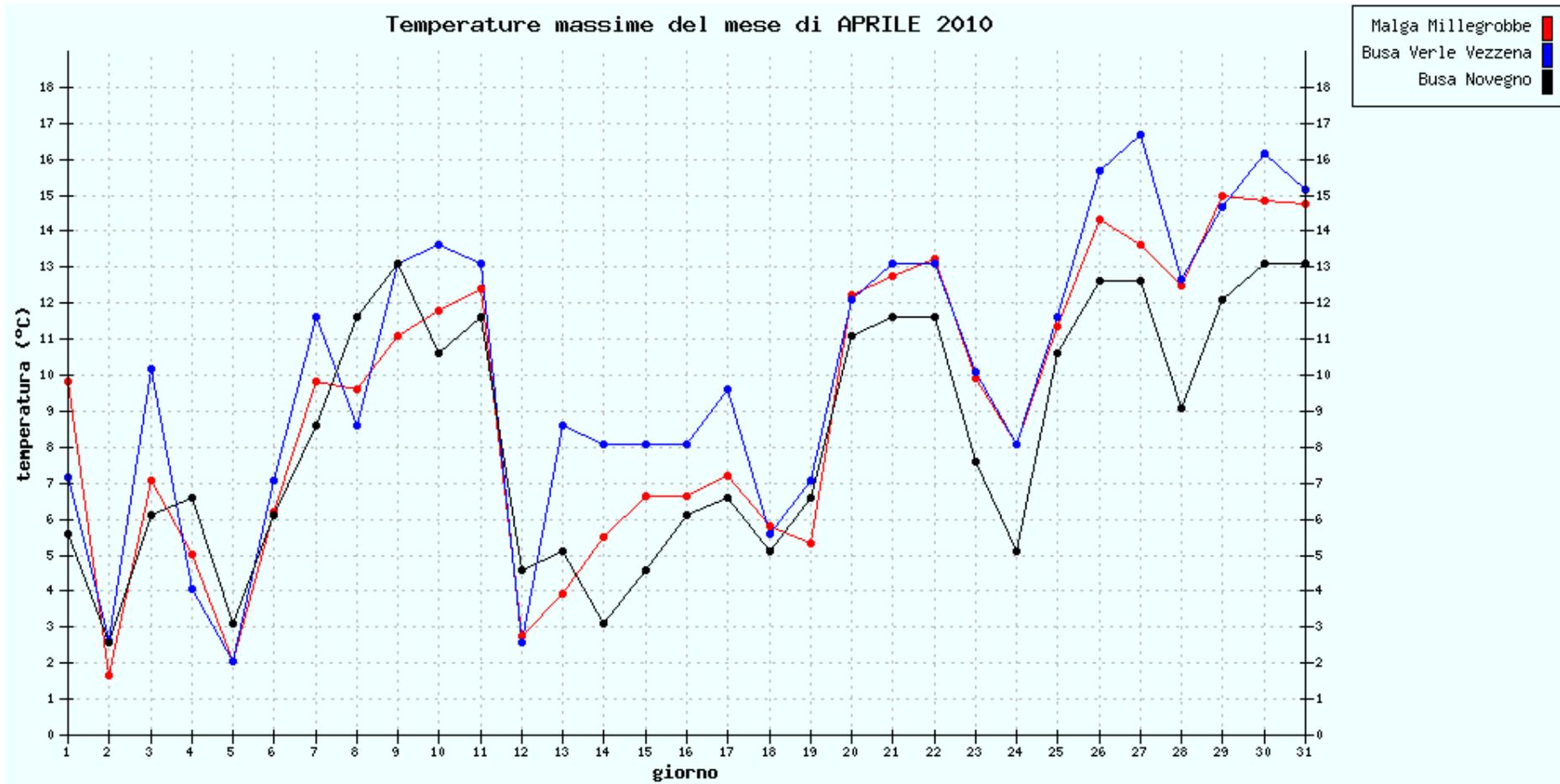
SITI DA 1.310 a 1.475 METRI s.l.m.



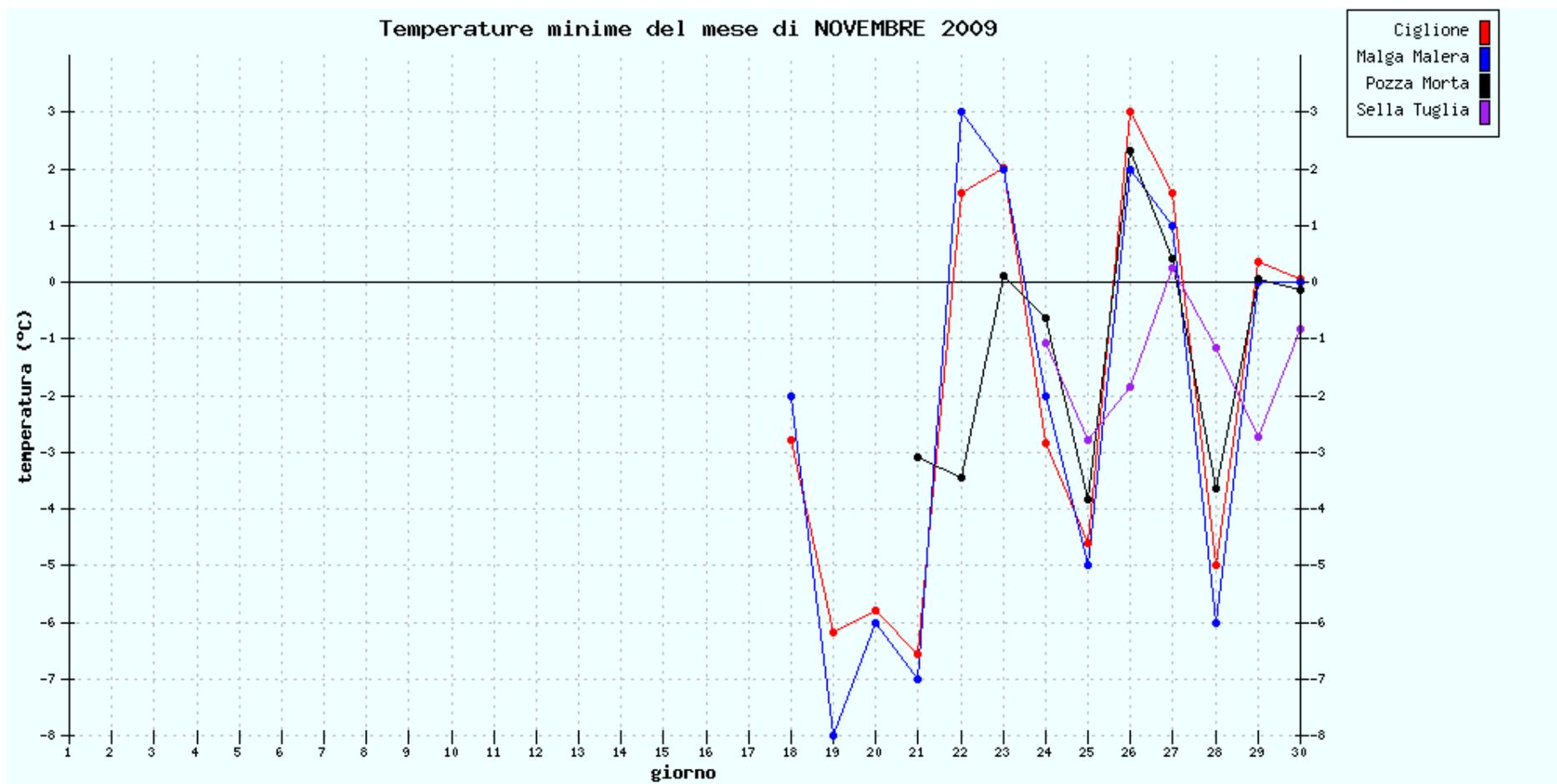
SITI DA 1.310 a 1.475 METRI s.l.m.



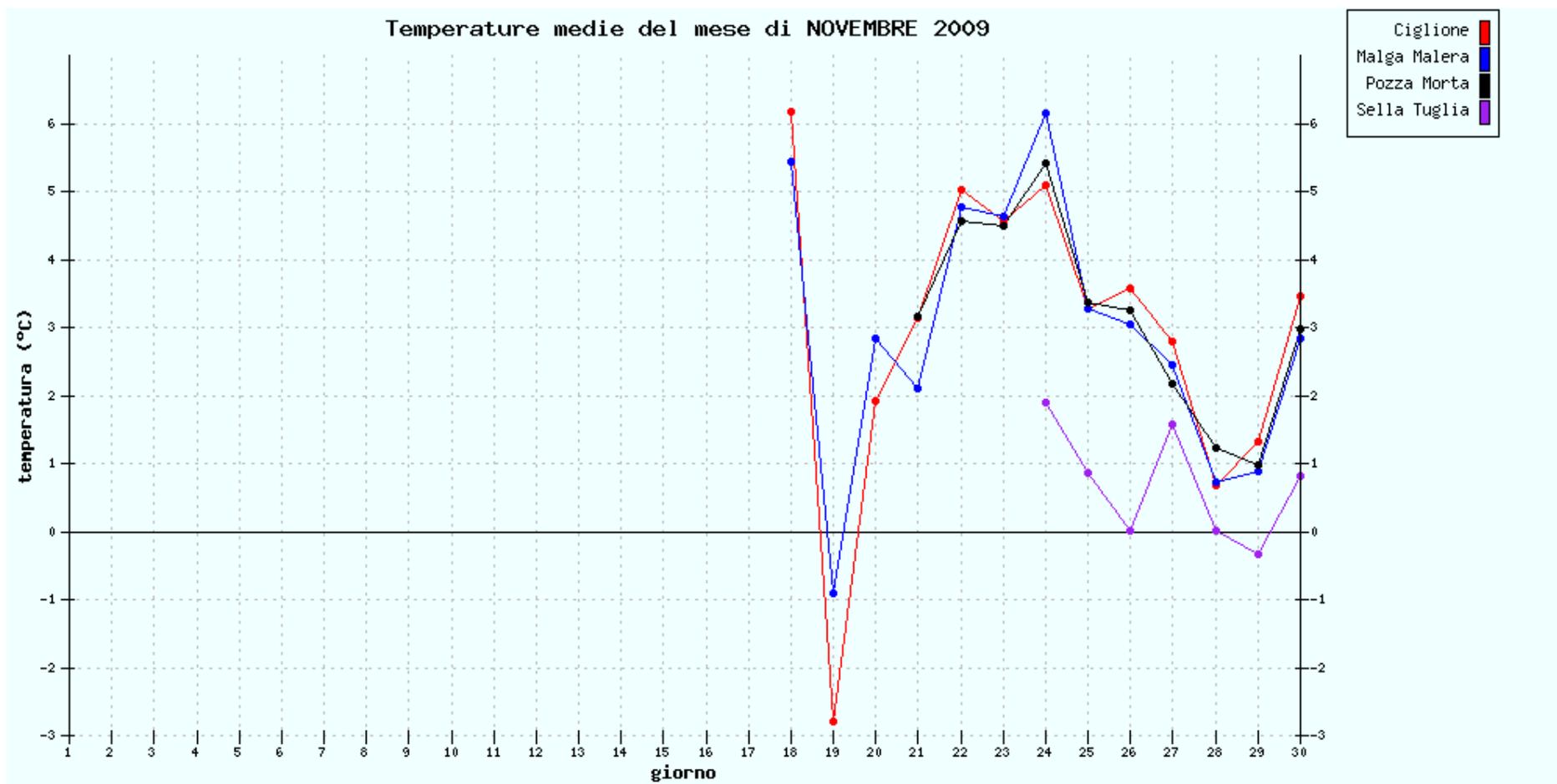
SITI DA 1.310 a 1.475 METRI s.l.m.



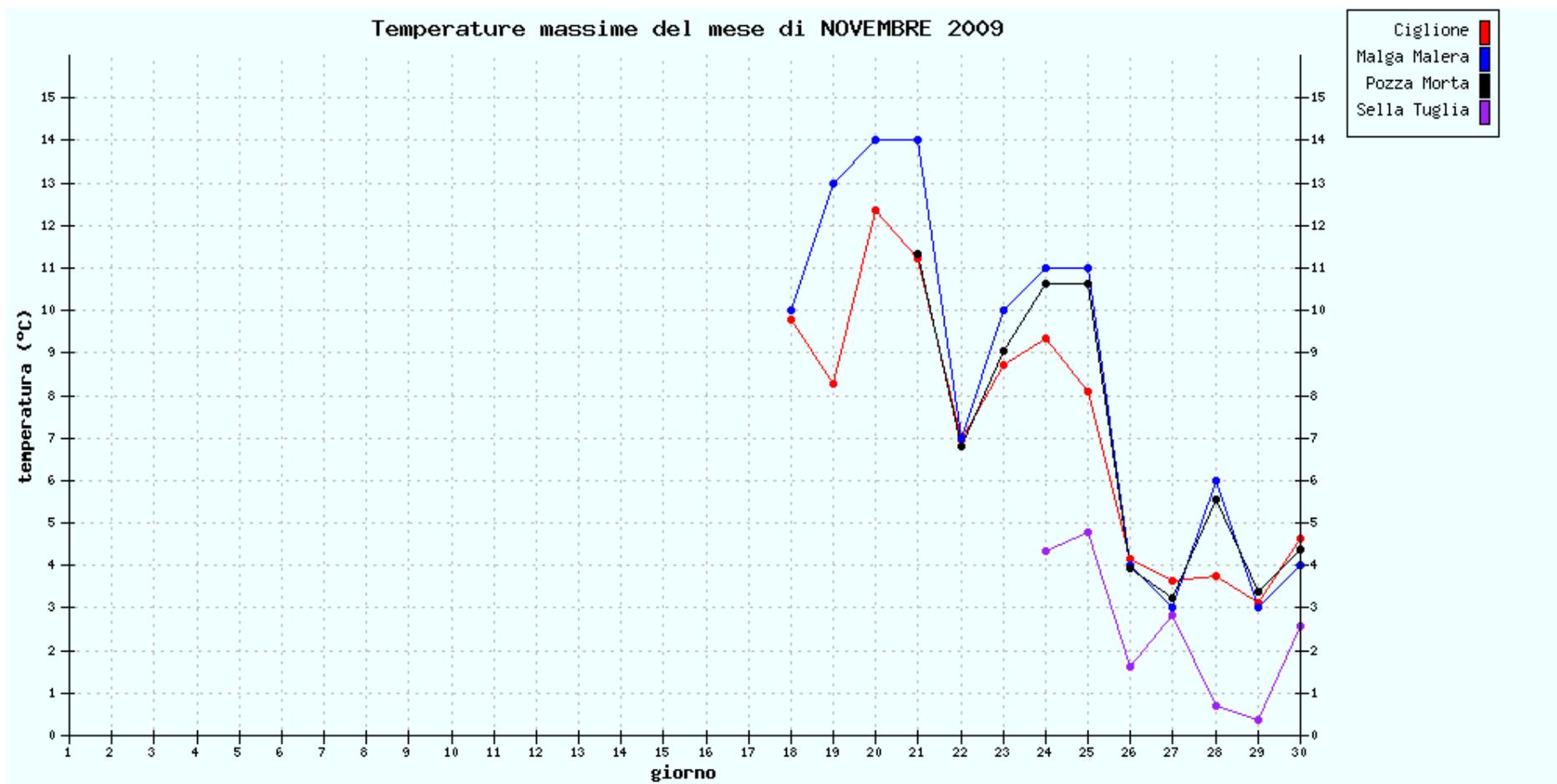
SITI DA 1.520 a 1.580 METRI s.l.m.



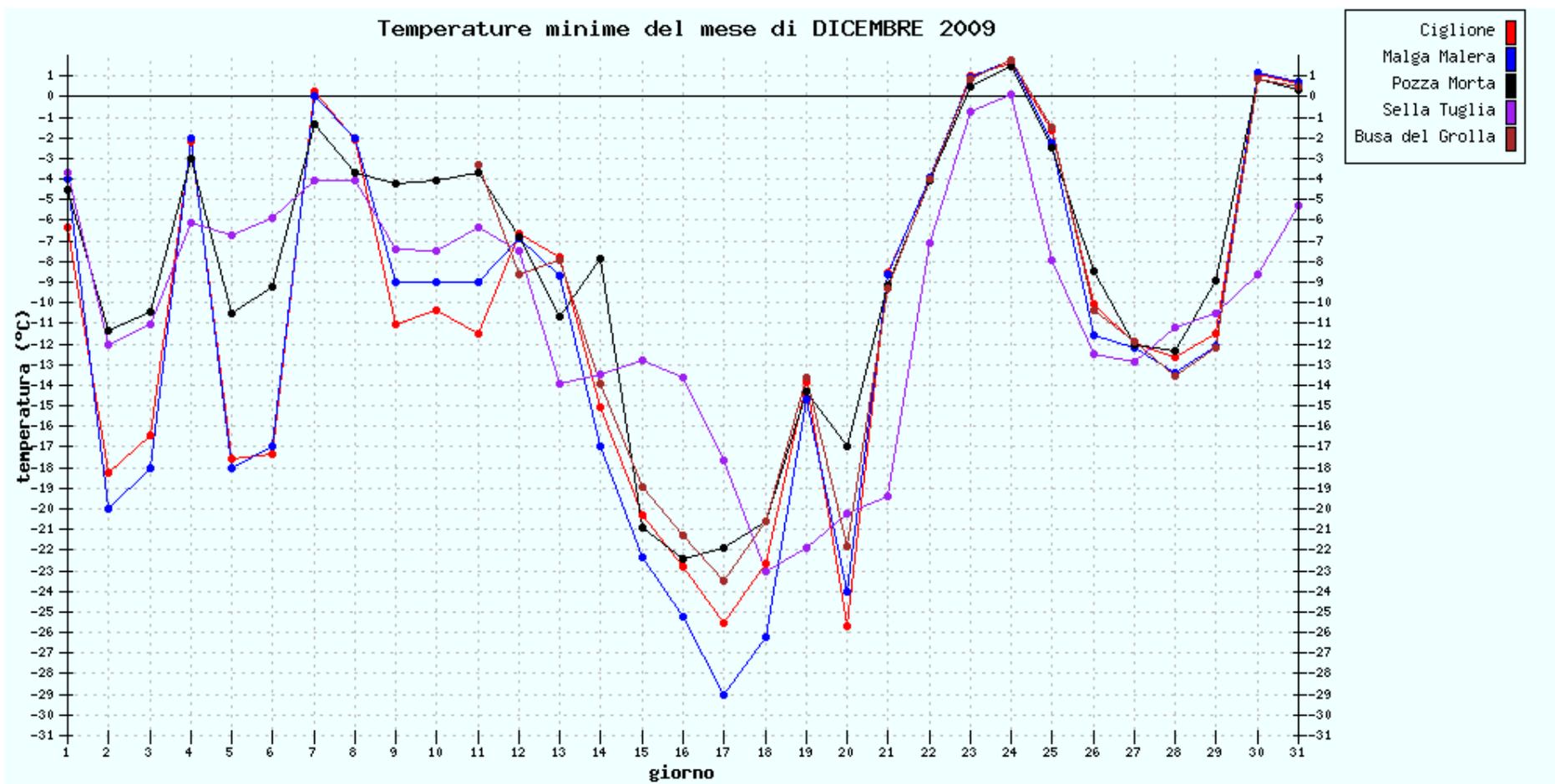
SITI DA 1.520 a 1.580 METRI s.l.m.



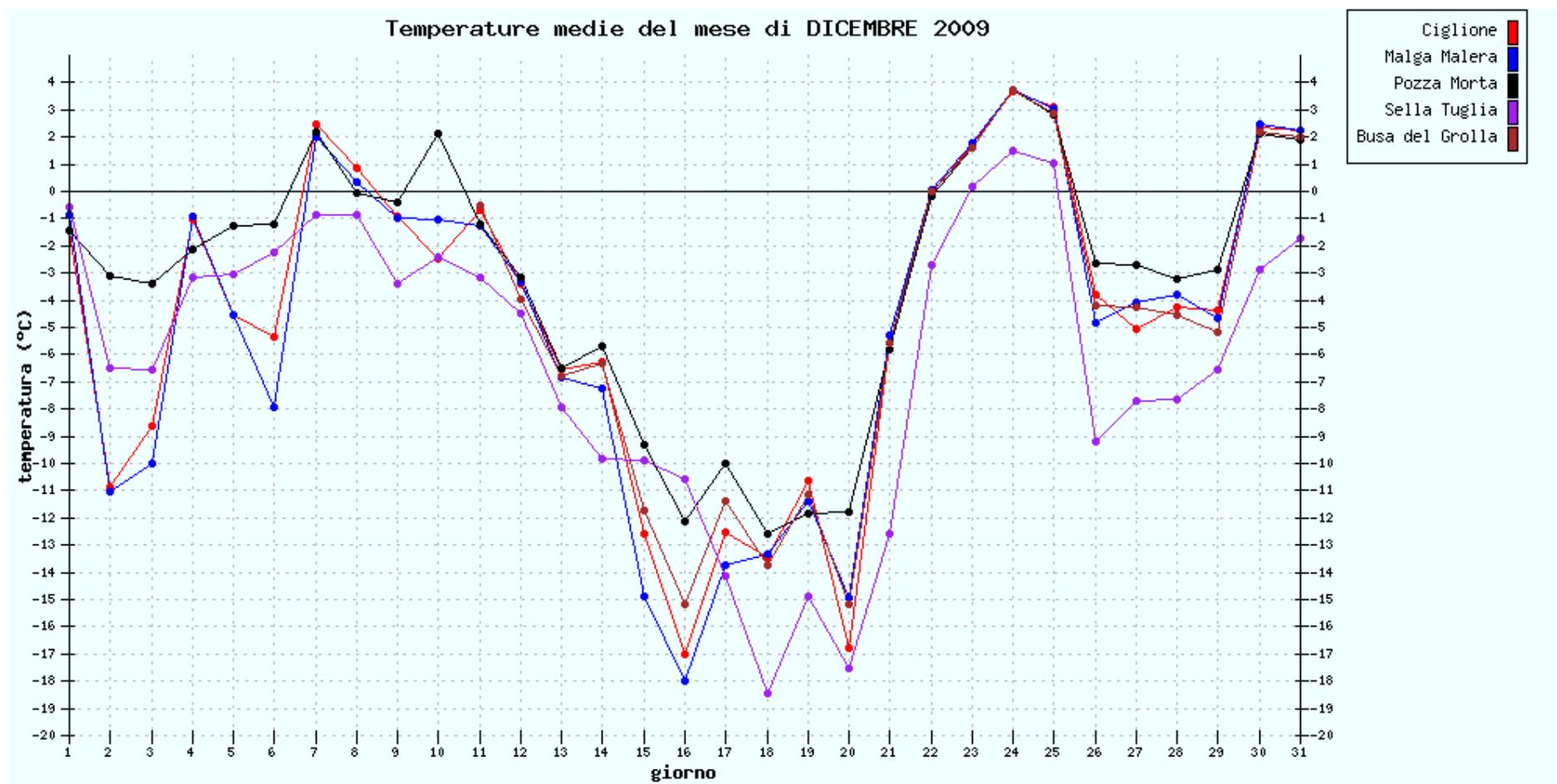
SITI DA 1.520 a 1.580 METRI s.l.m.



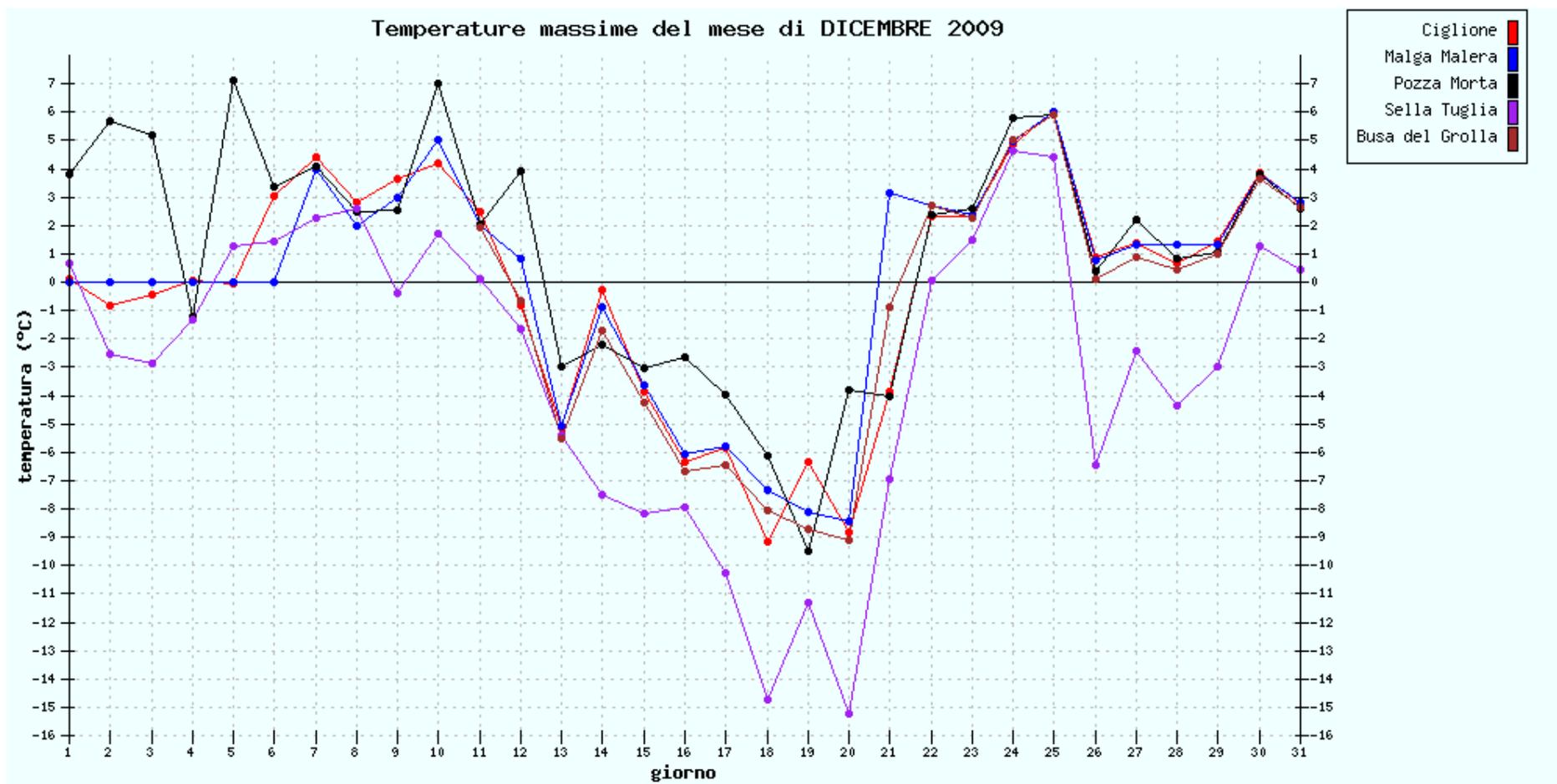
SITI DA 1.520 a 1.580 METRI s.l.m.



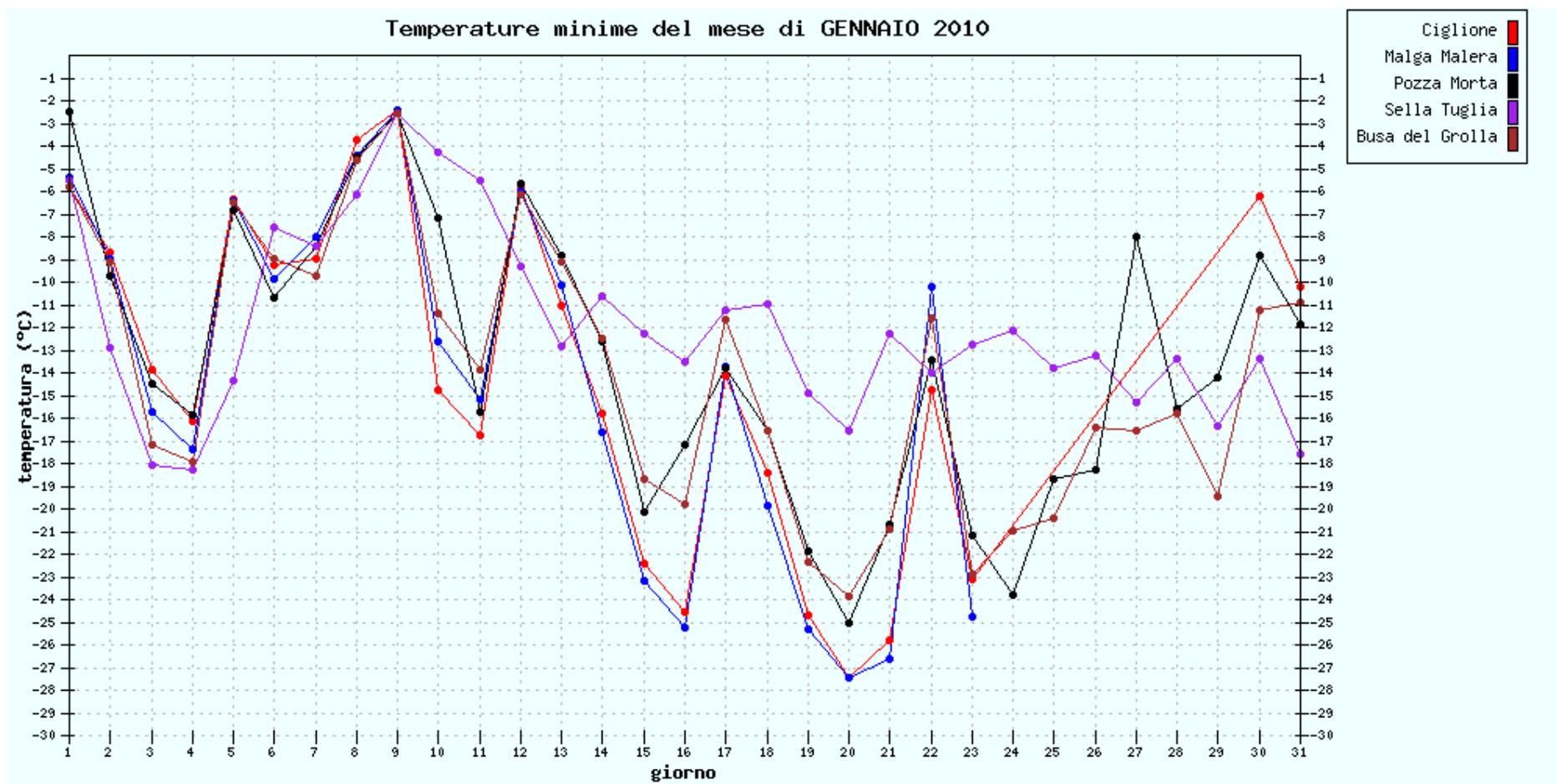
SITI DA 1.520 a 1.580 METRI s.l.m.



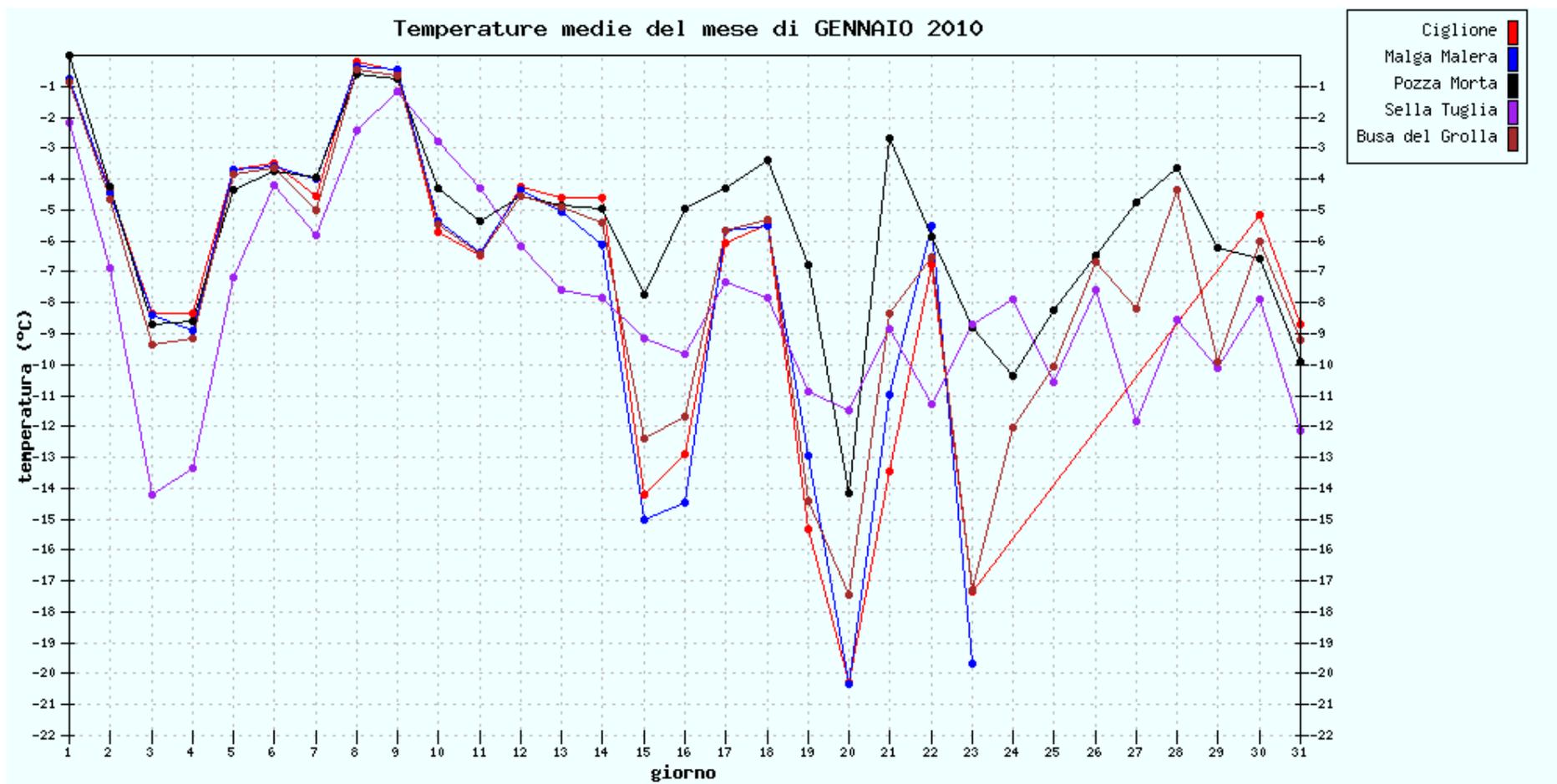
SITI DA 1.520 a 1.580 METRI s.l.m.



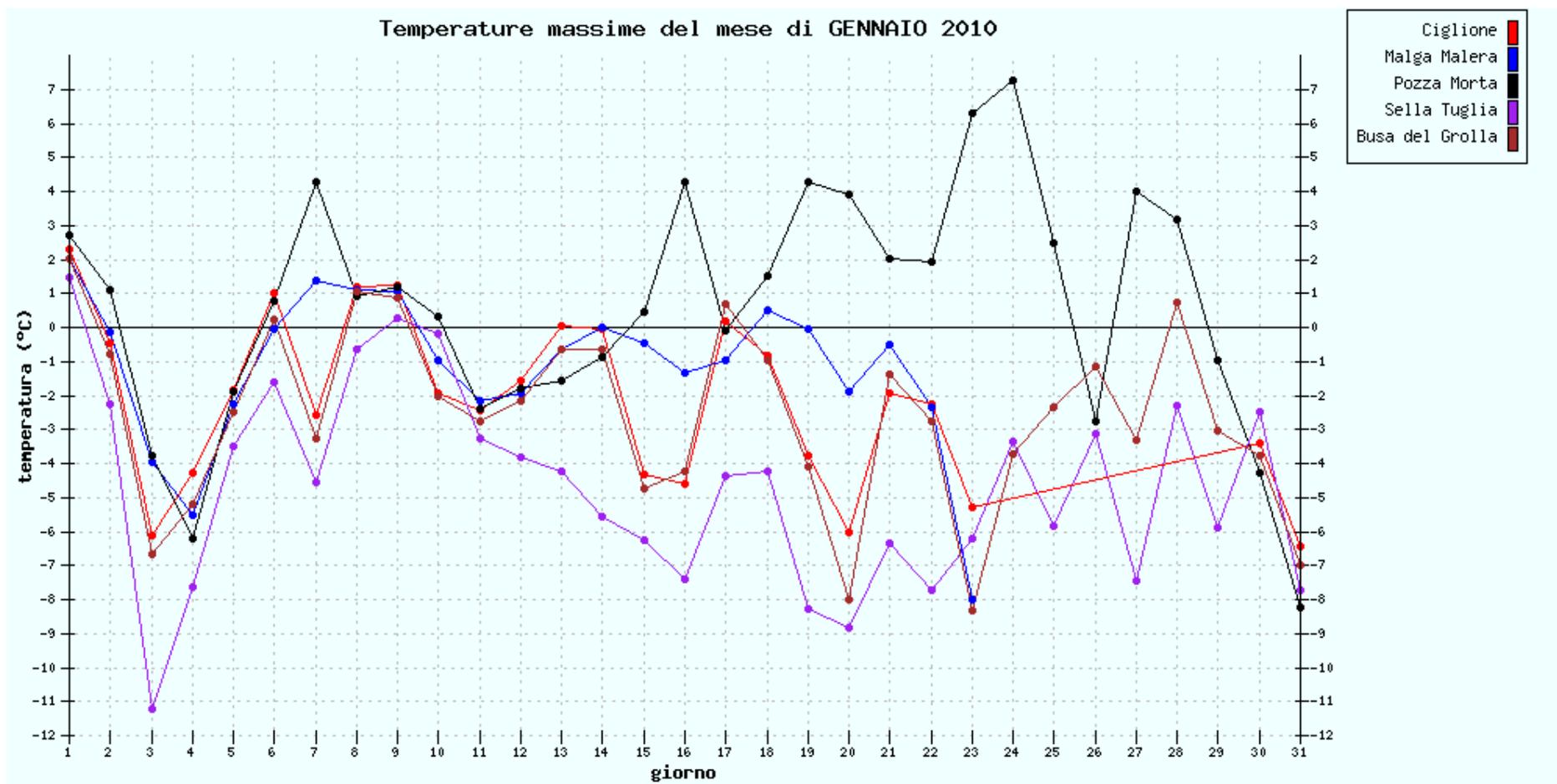
SITI DA 1.520 a 1.580 METRI s.l.m.



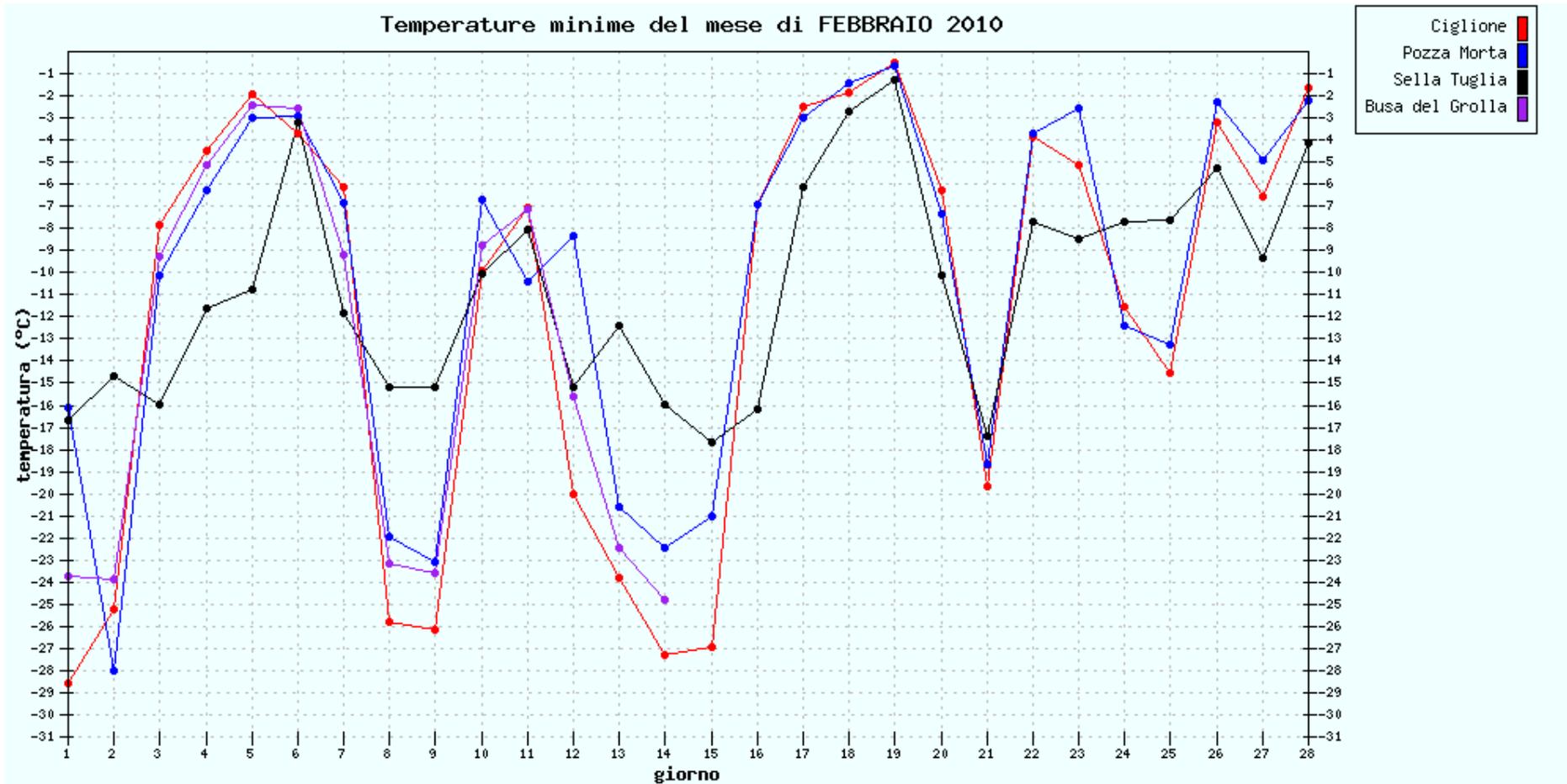
SITI DA 1.520 a 1.580 METRI s.l.m.



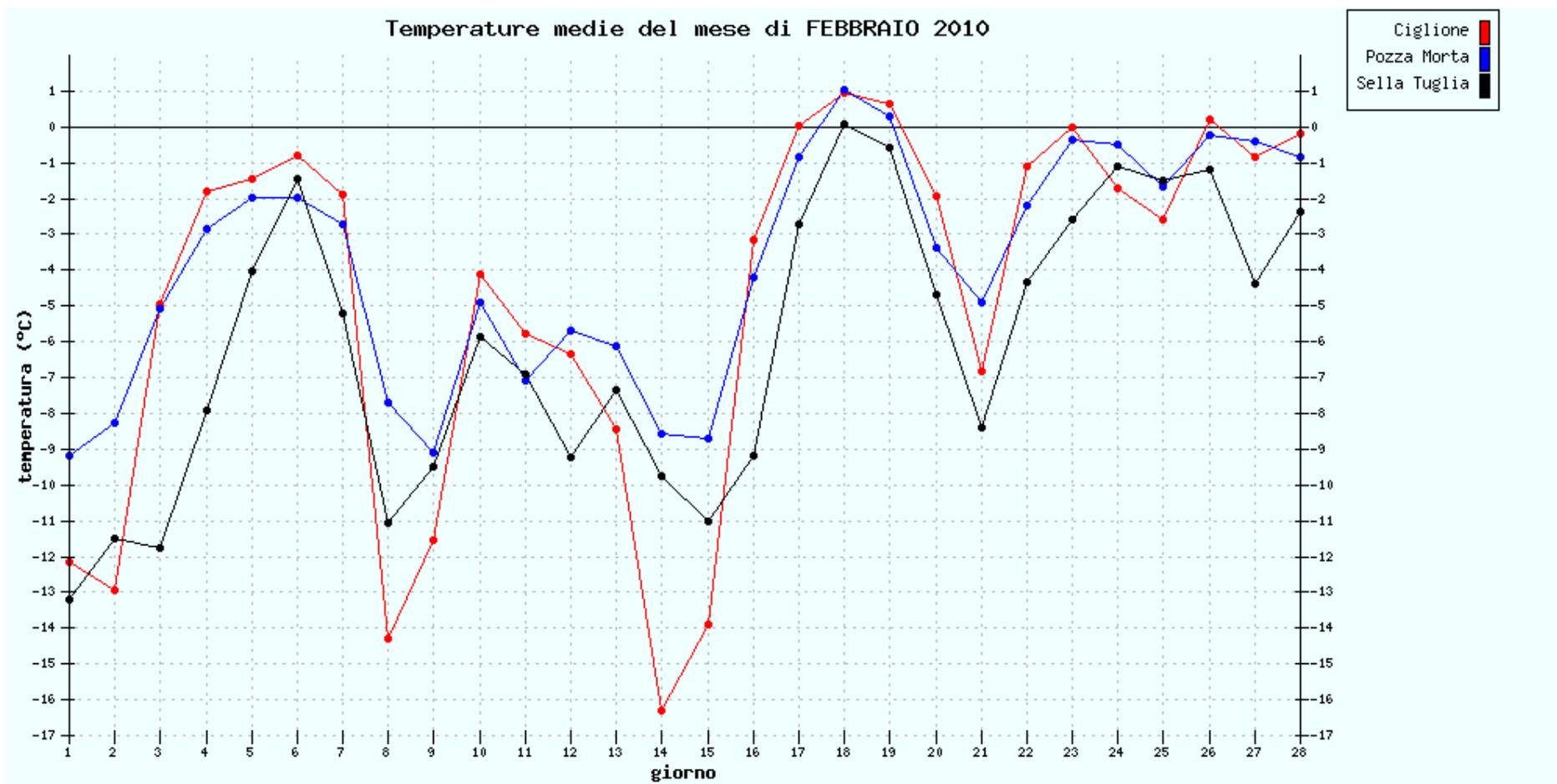
SITI DA 1.520 a 1.580 METRI s.l.m.



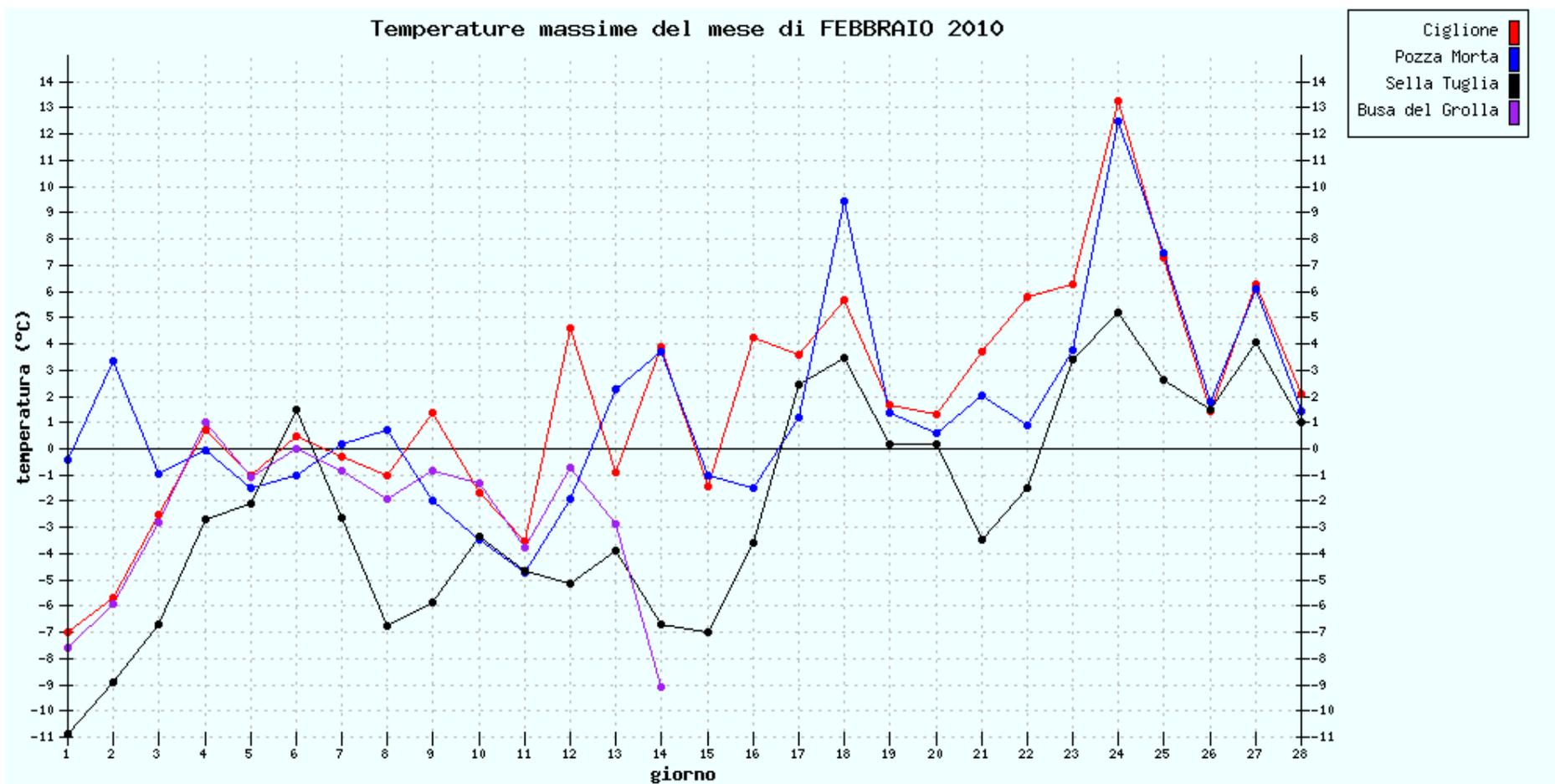
SITI DA 1.520 a 1.580 METRI s.l.m.



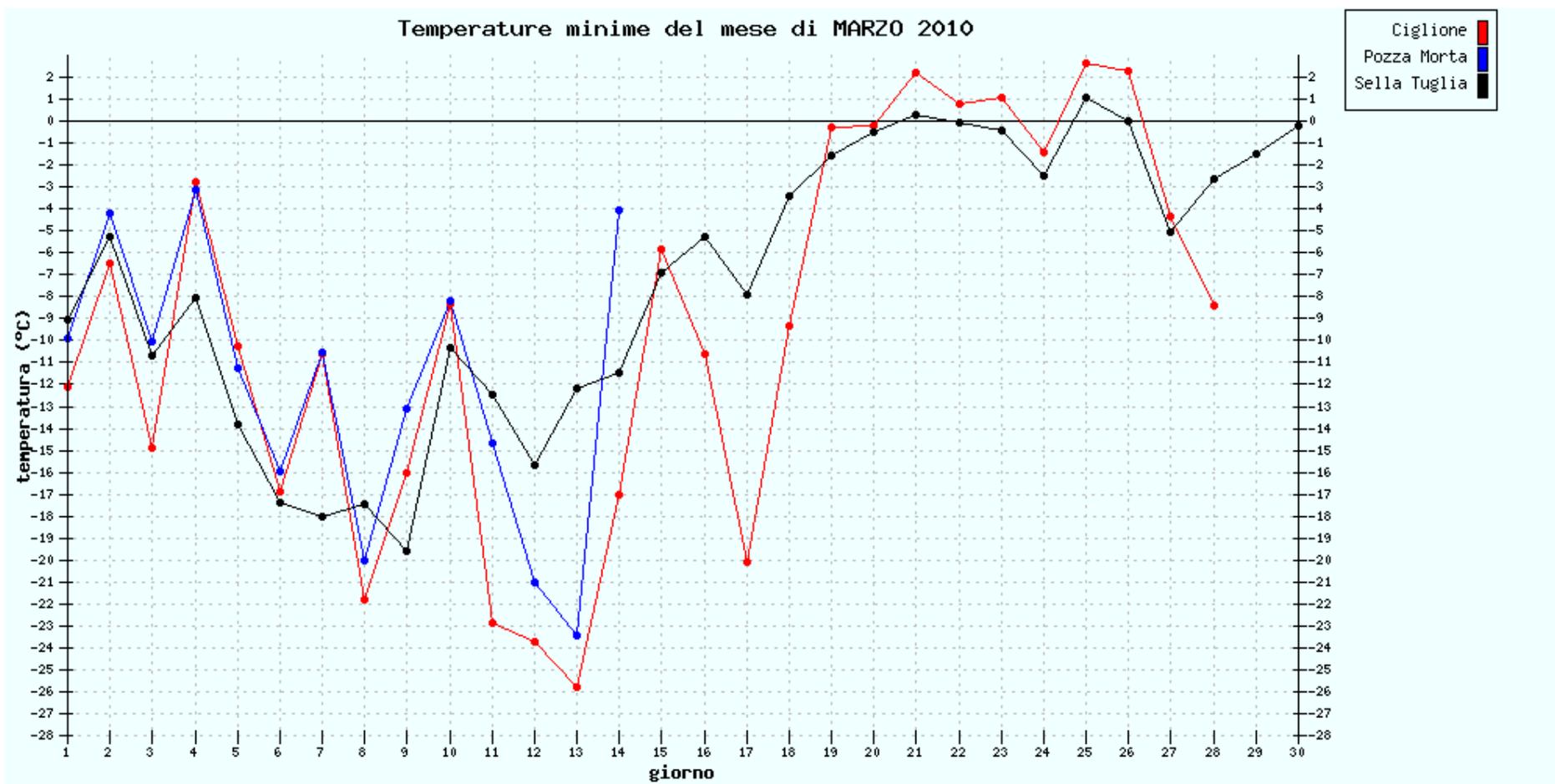
SITI DA 1.520 a 1.580 METRI s.l.m.



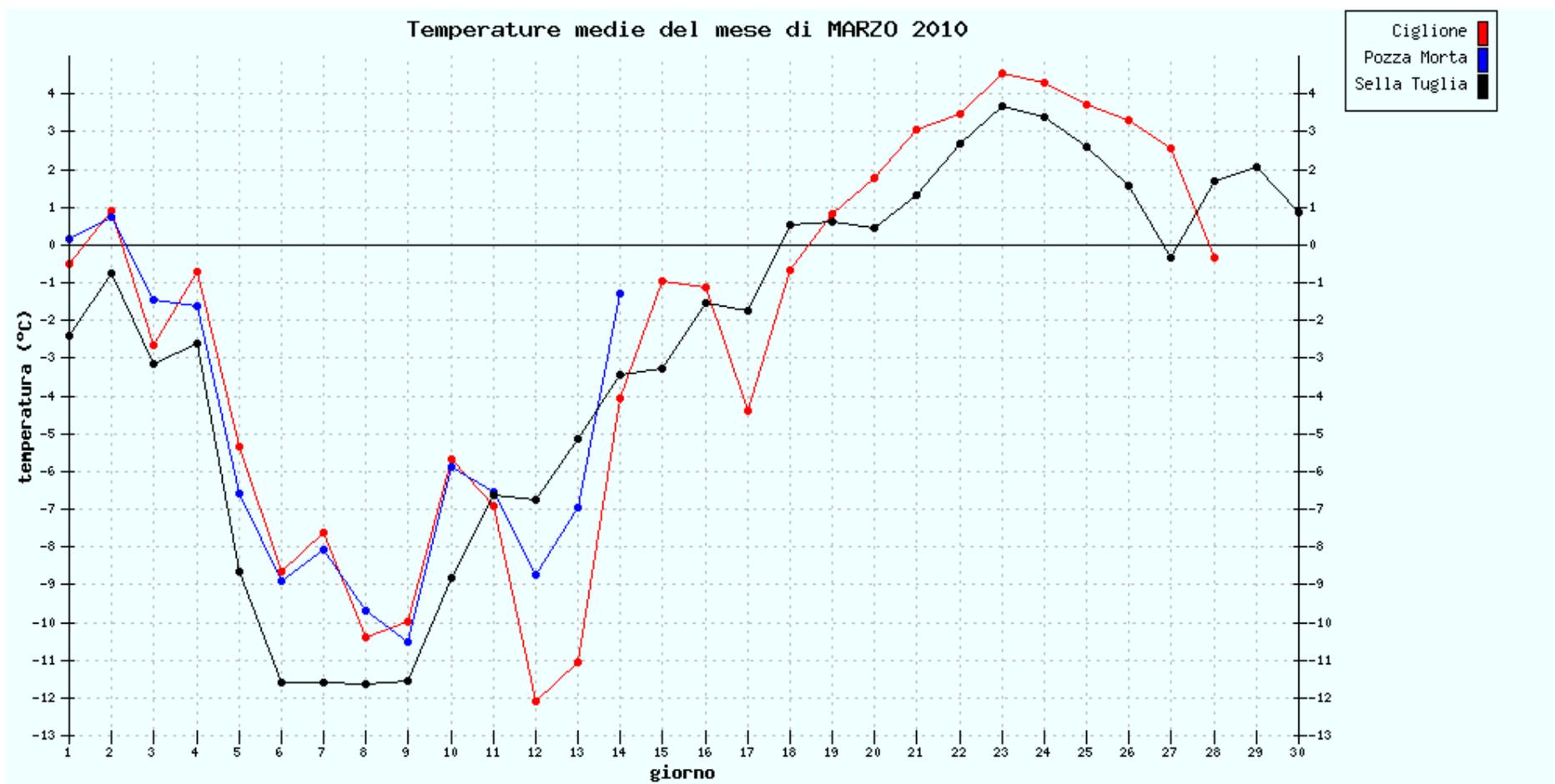
SITI DA 1.520 a 1.580 METRI s.l.m.



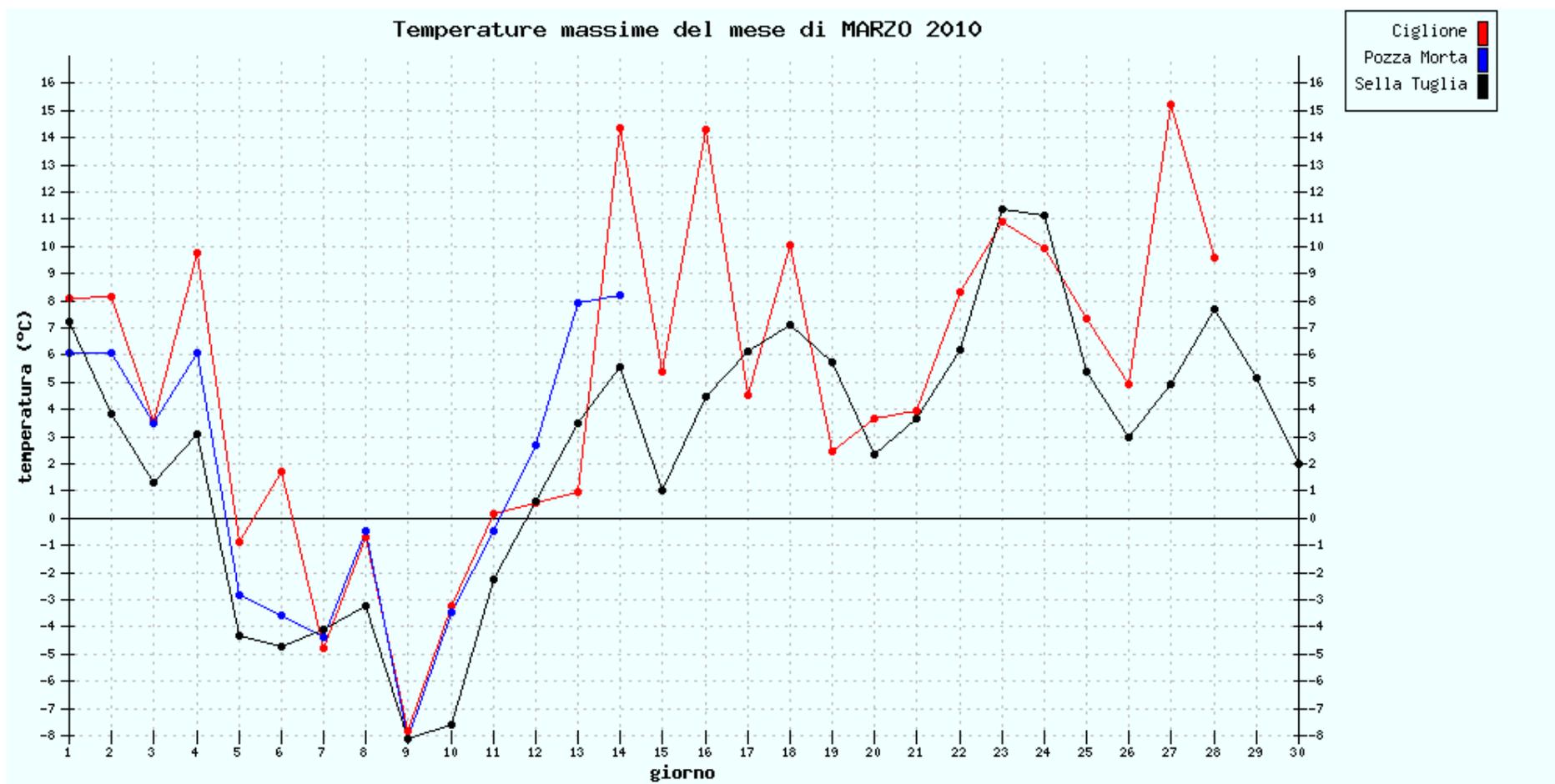
SITI DA 1.520 a 1.580 METRI s.l.m.



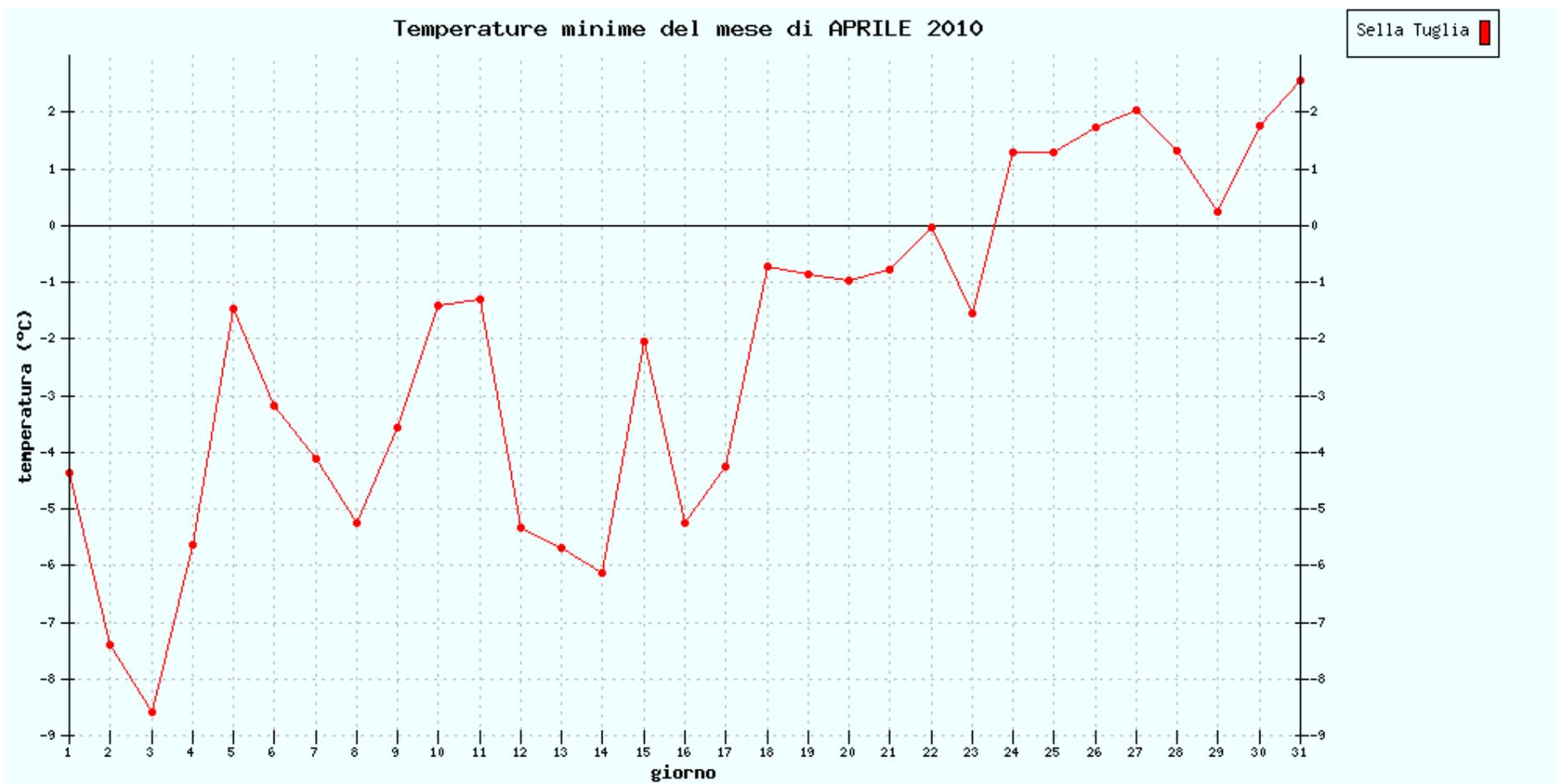
SITI DA 1.520 a 1.580 METRI s.l.m.



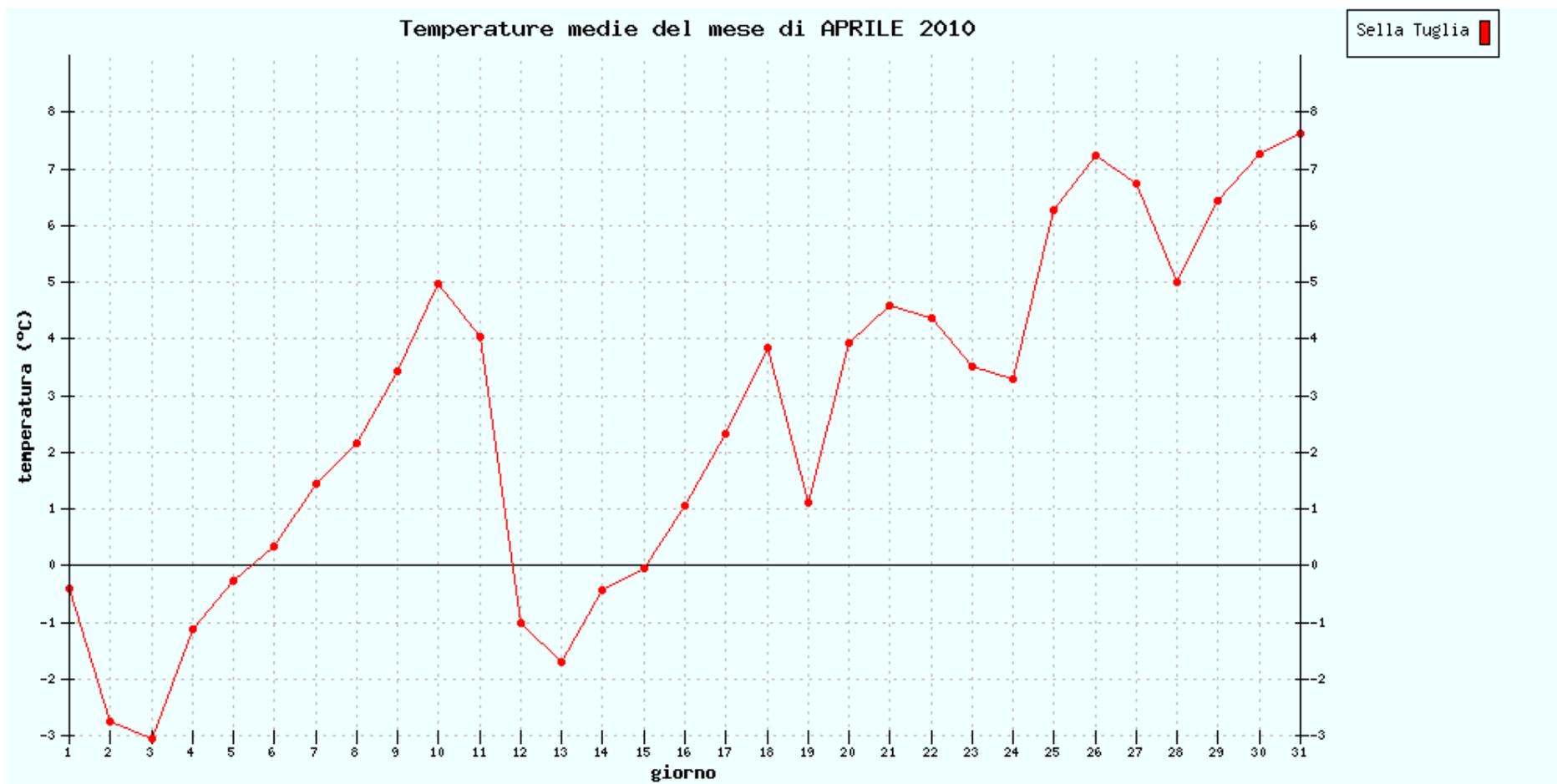
SITI DA 1.520 a 1.580 METRI s.l.m.



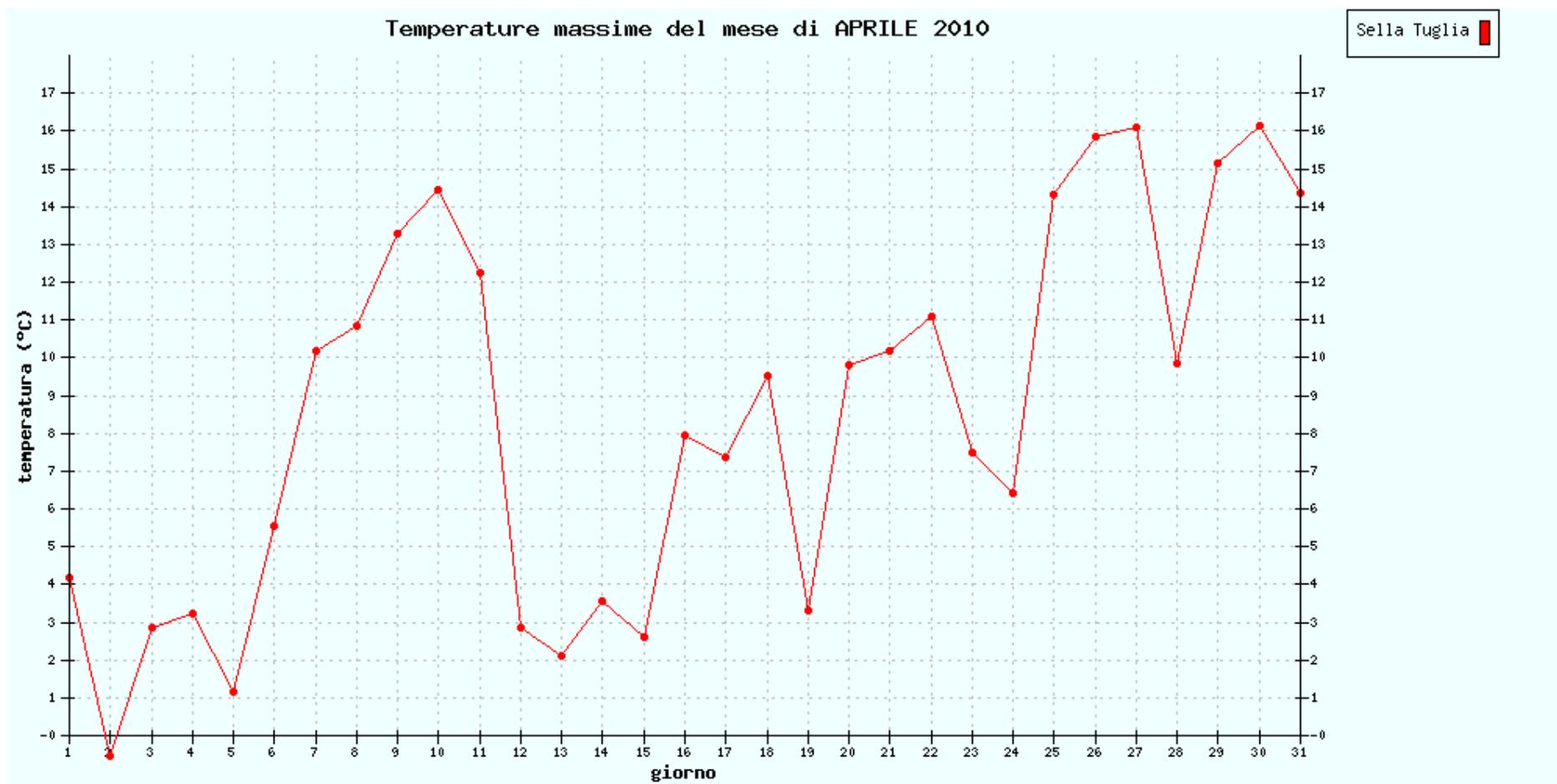
SITI DA 1.520 a 1.580 METRI s.l.m.



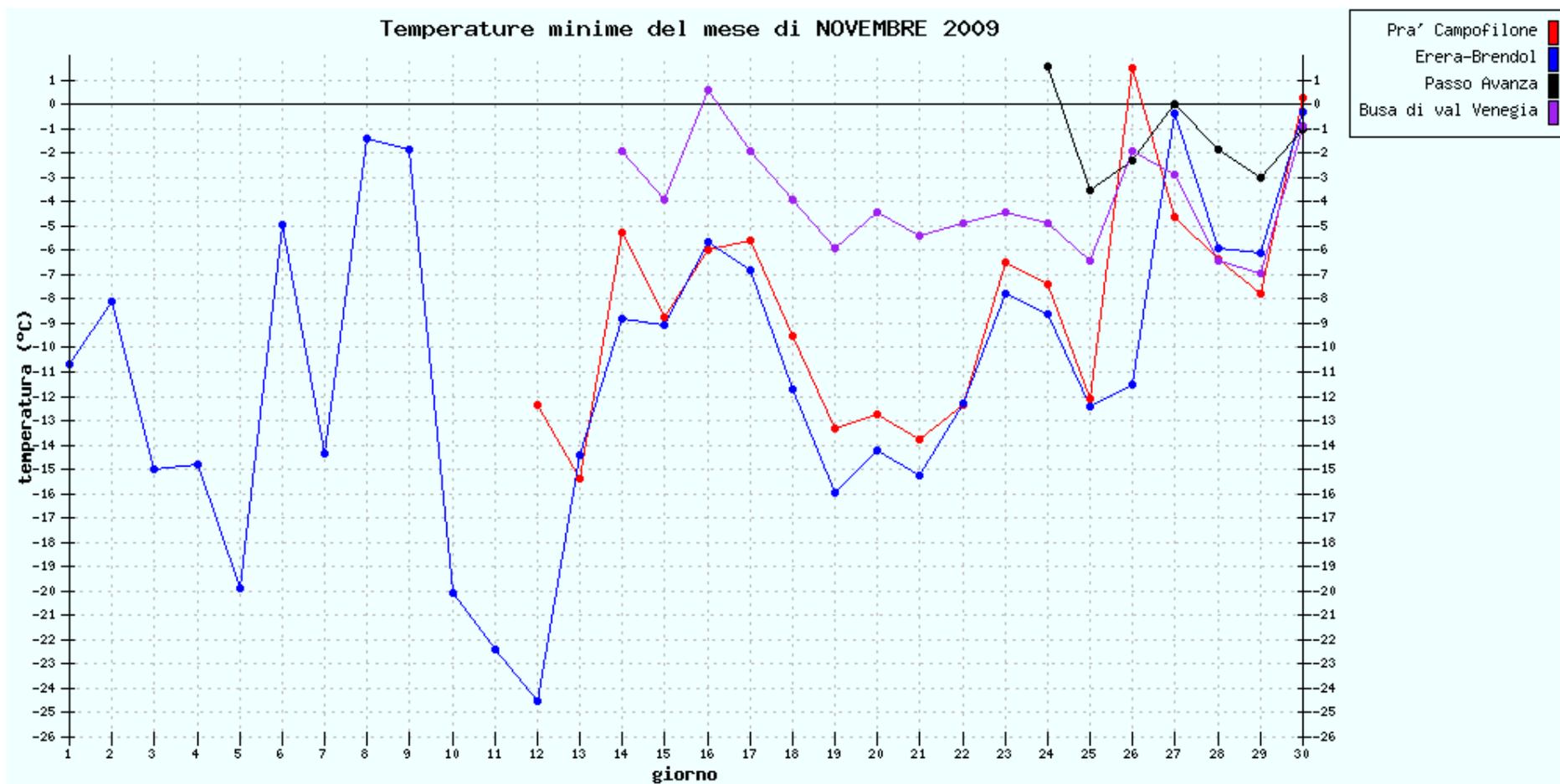
SITI DA 1.520 a 1.580 METRI s.l.m.



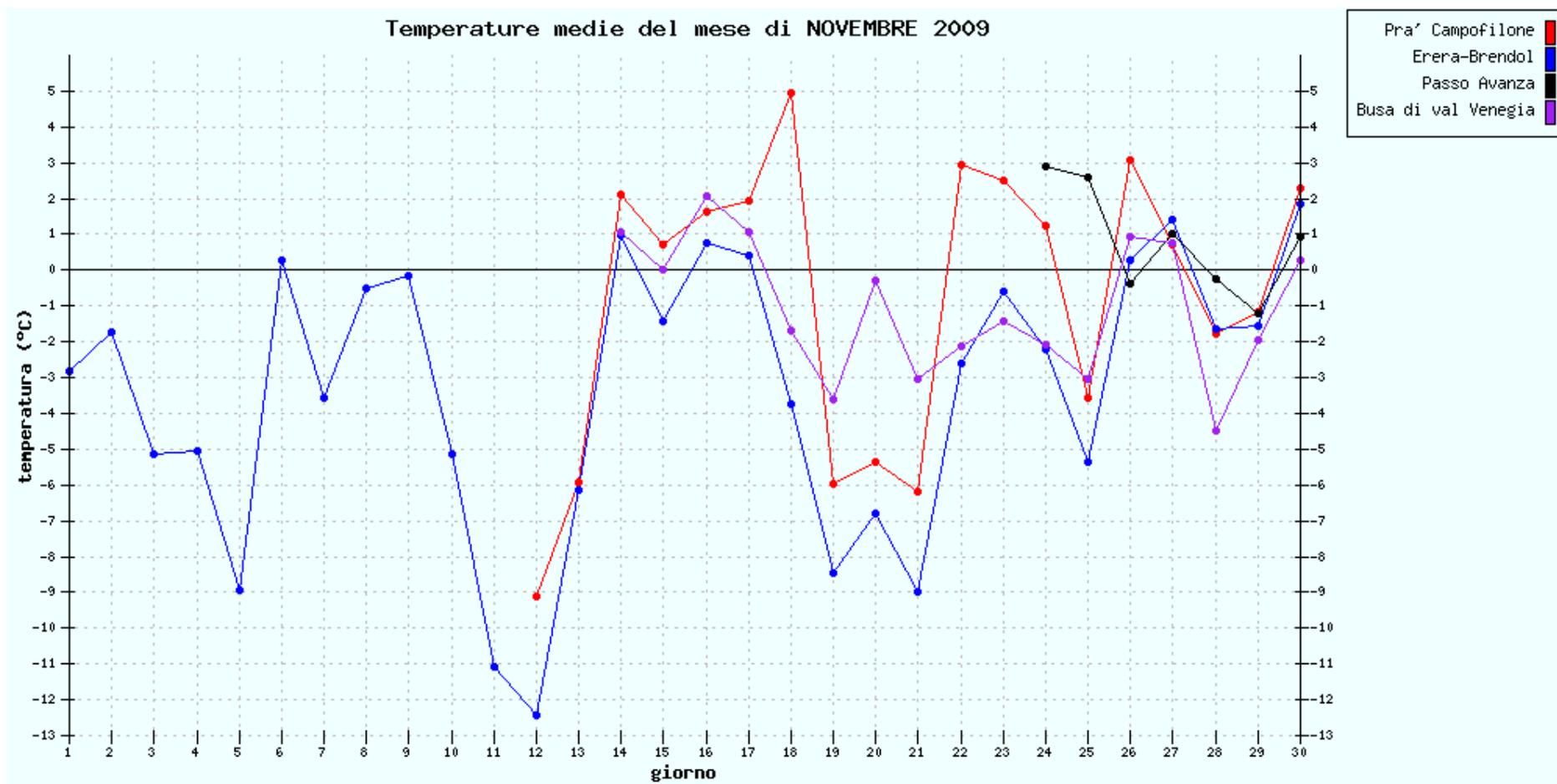
SITI DA 1.520 a 1.580 METRI s.l.m.



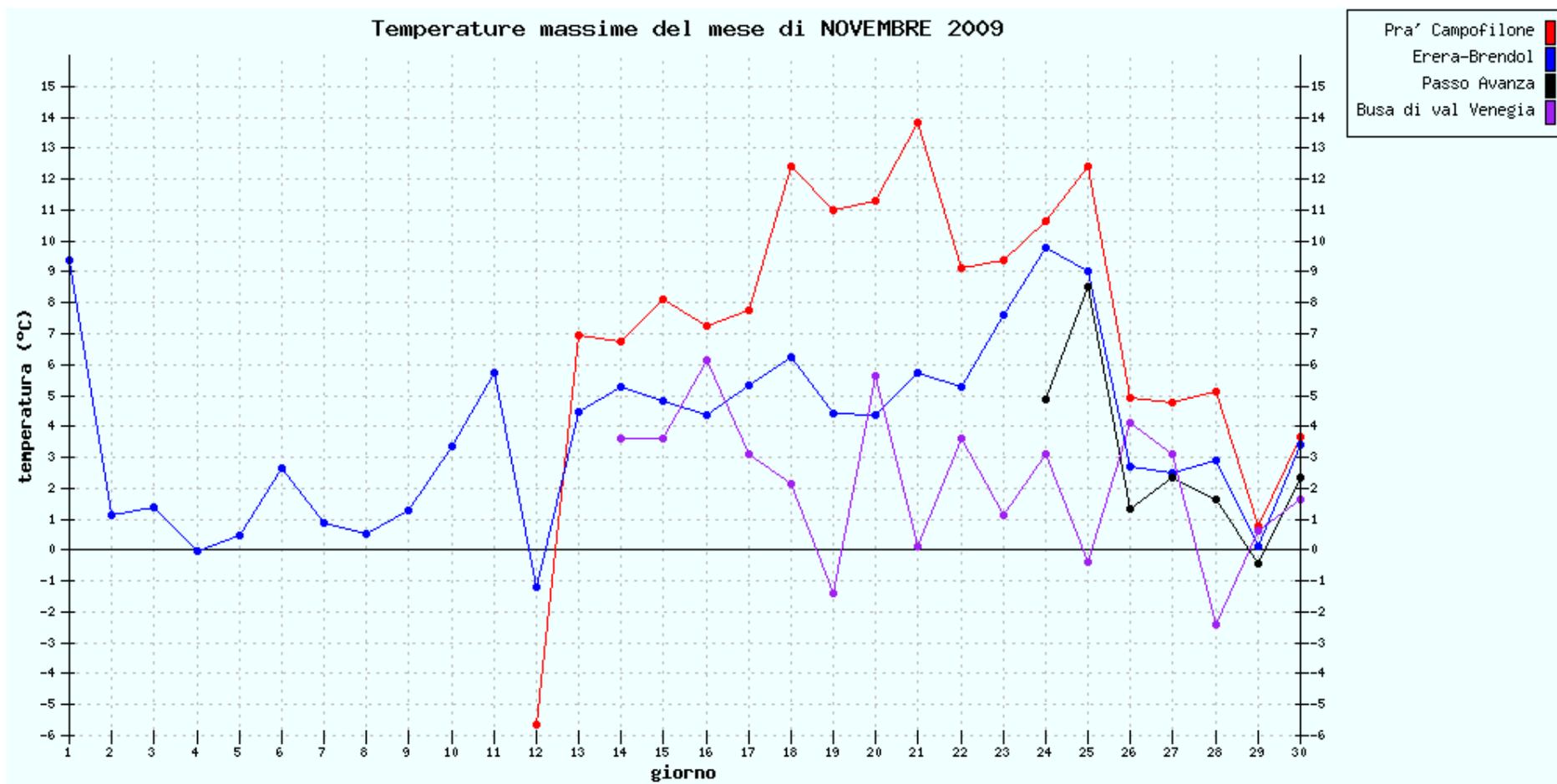
SITI DA 1.621 a 1.750 METRI s.l.m.



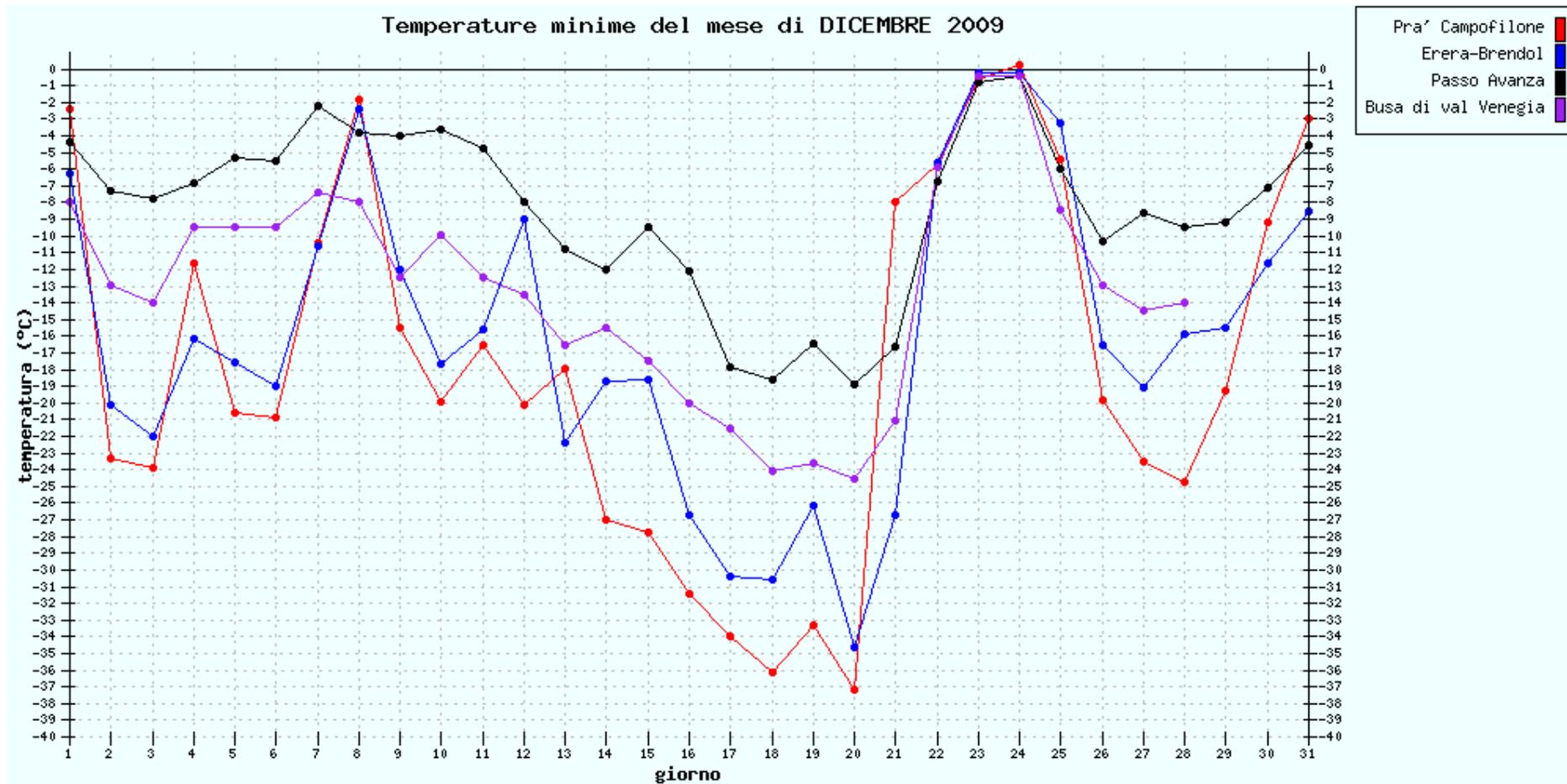
SITI DA 1.621 a 1.750 METRI s.l.m.



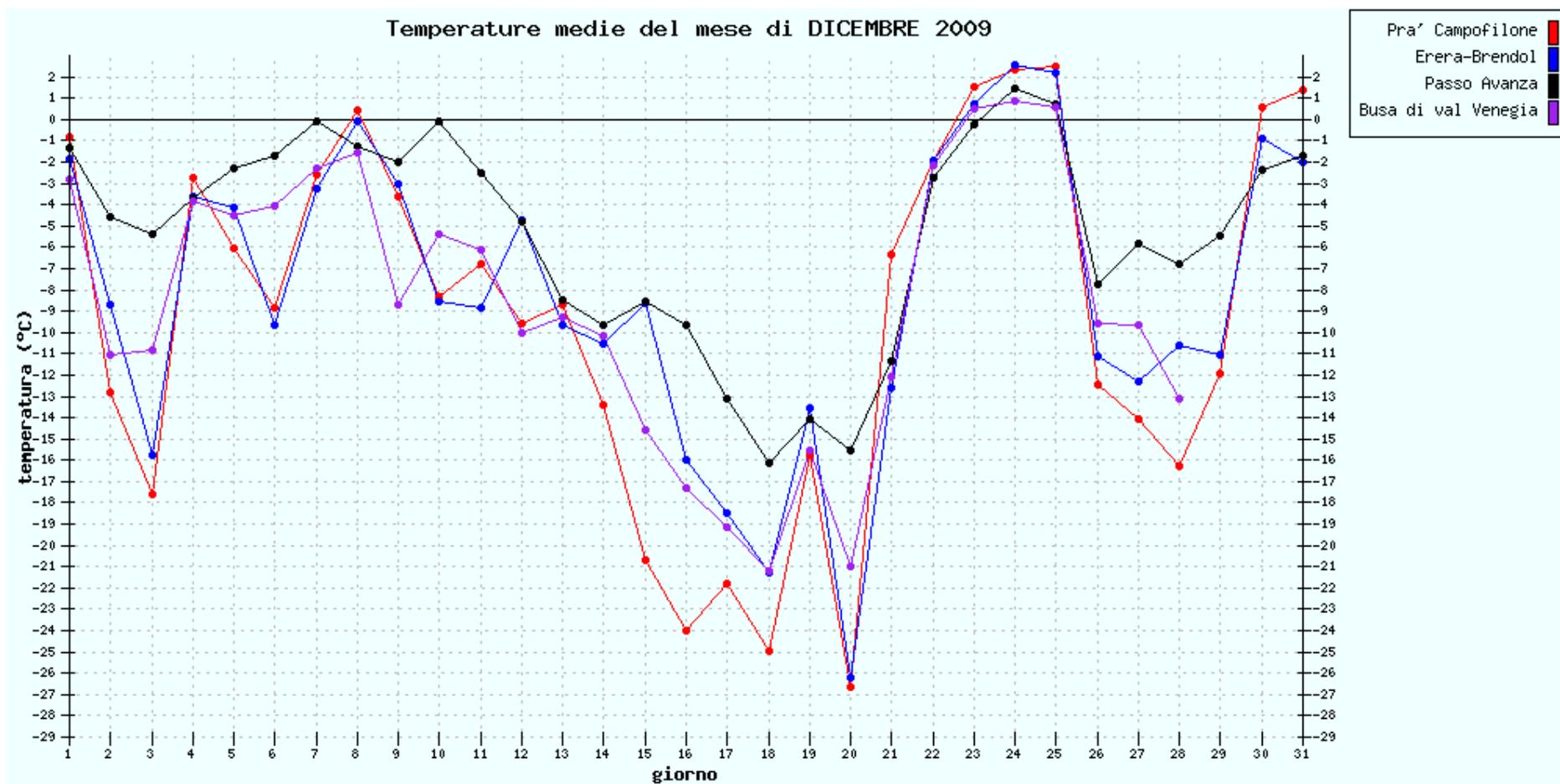
SITI DA 1.621 a 1.750 METRI s.l.m.



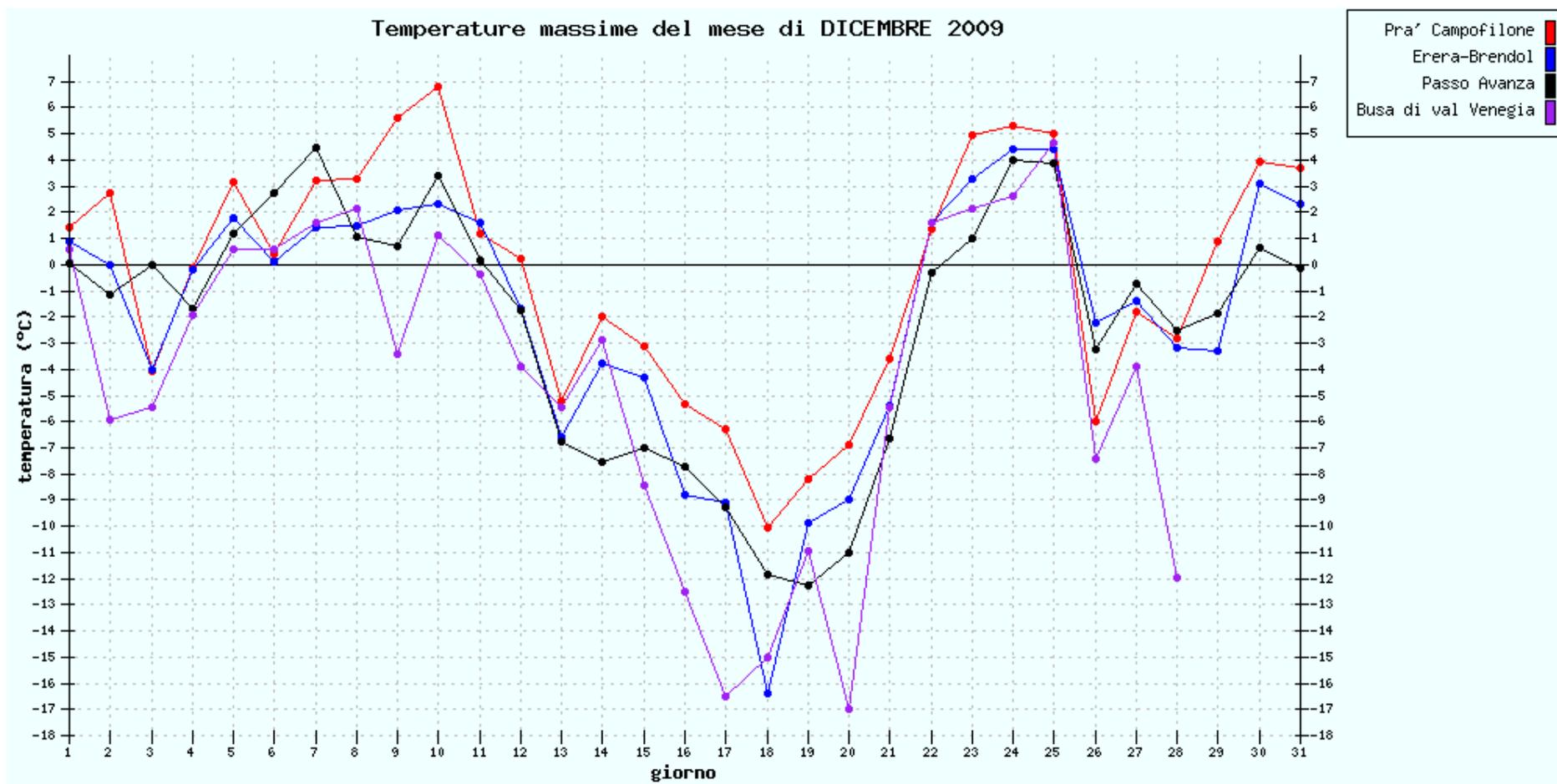
SITI DA 1.621 a 1.750 METRI s.l.m.



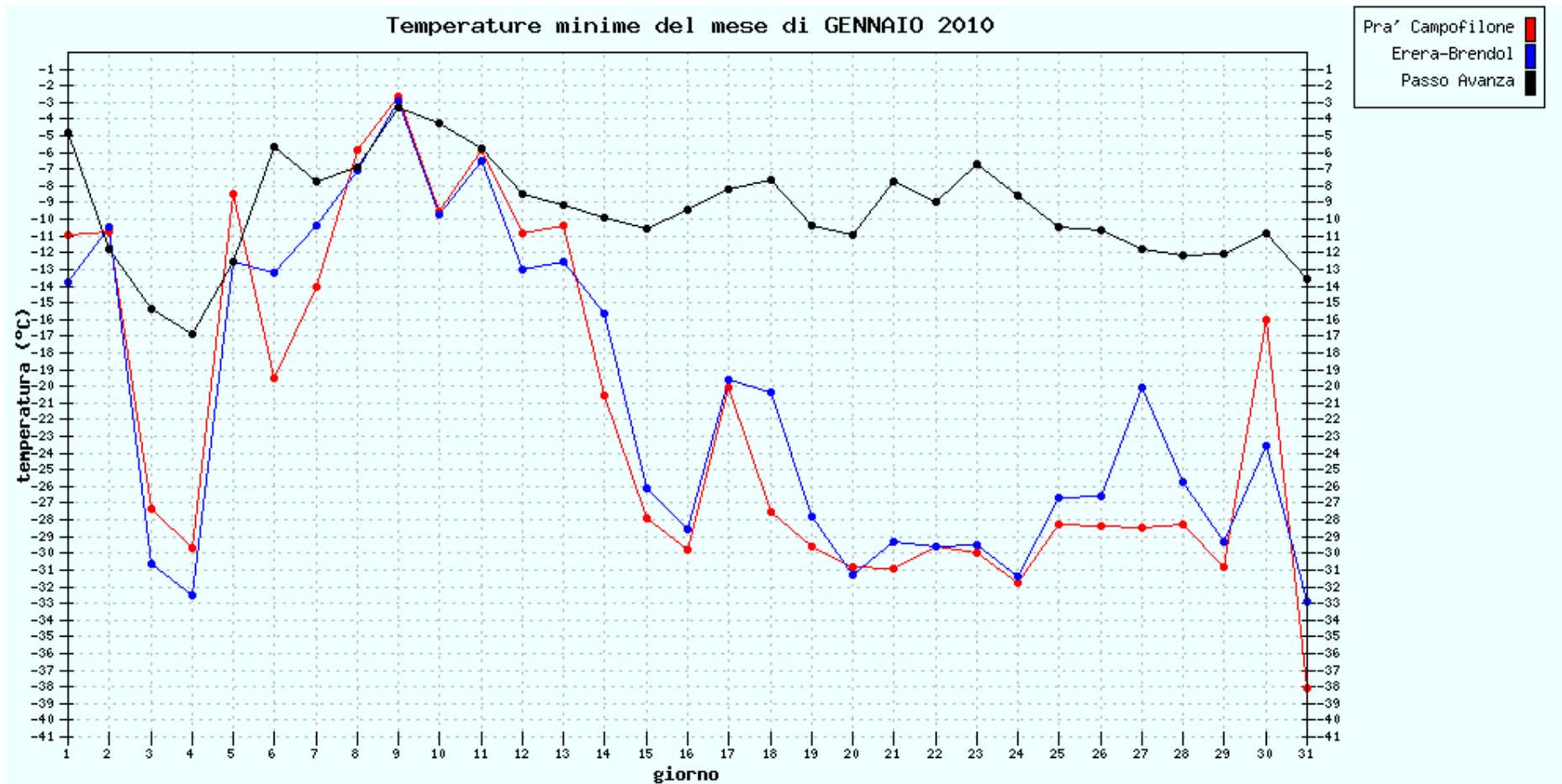
SITI DA 1.621 a 1.750 METRI s.l.m.



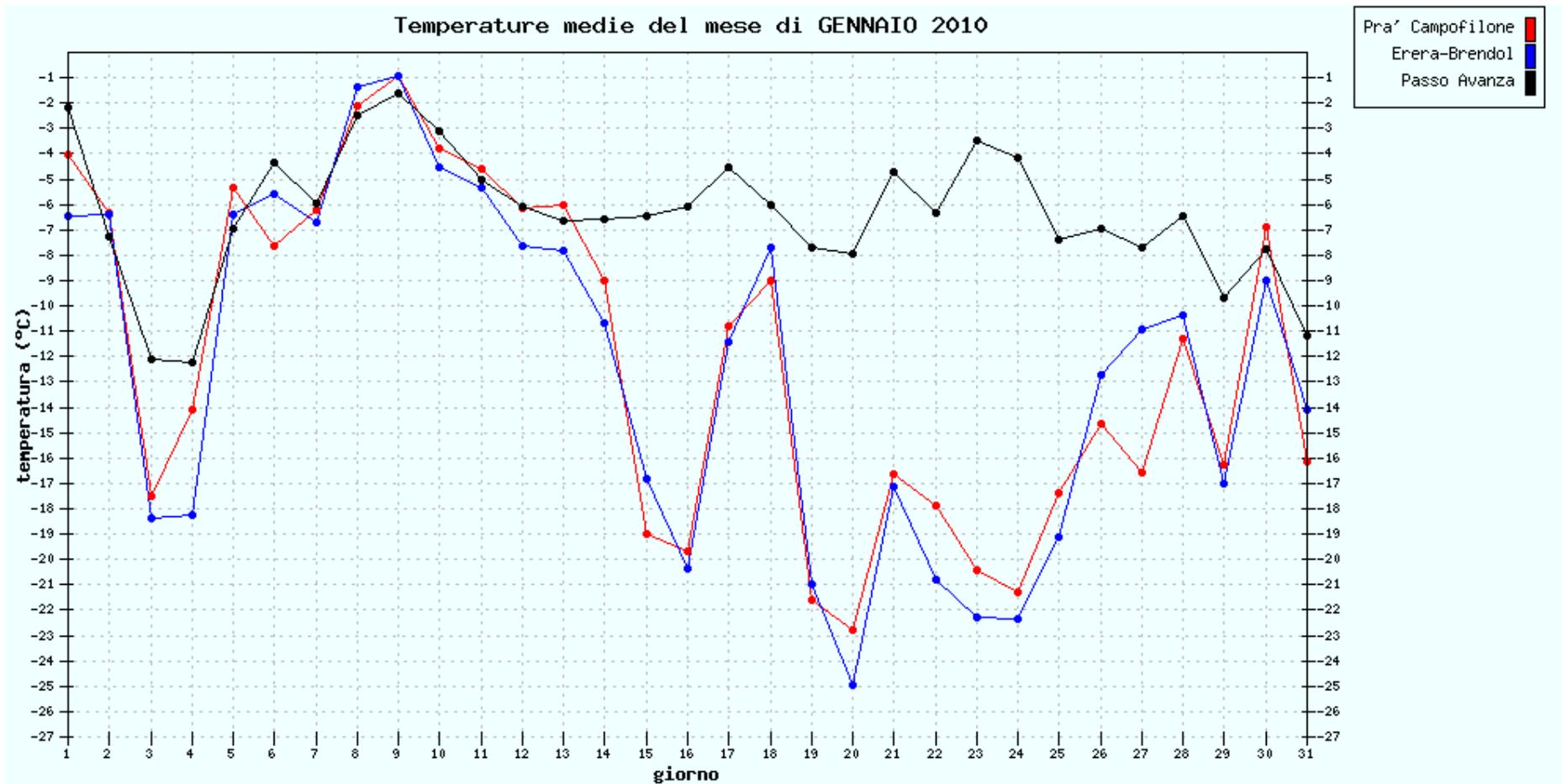
SITI DA 1.621 a 1.750 METRI s.l.m.



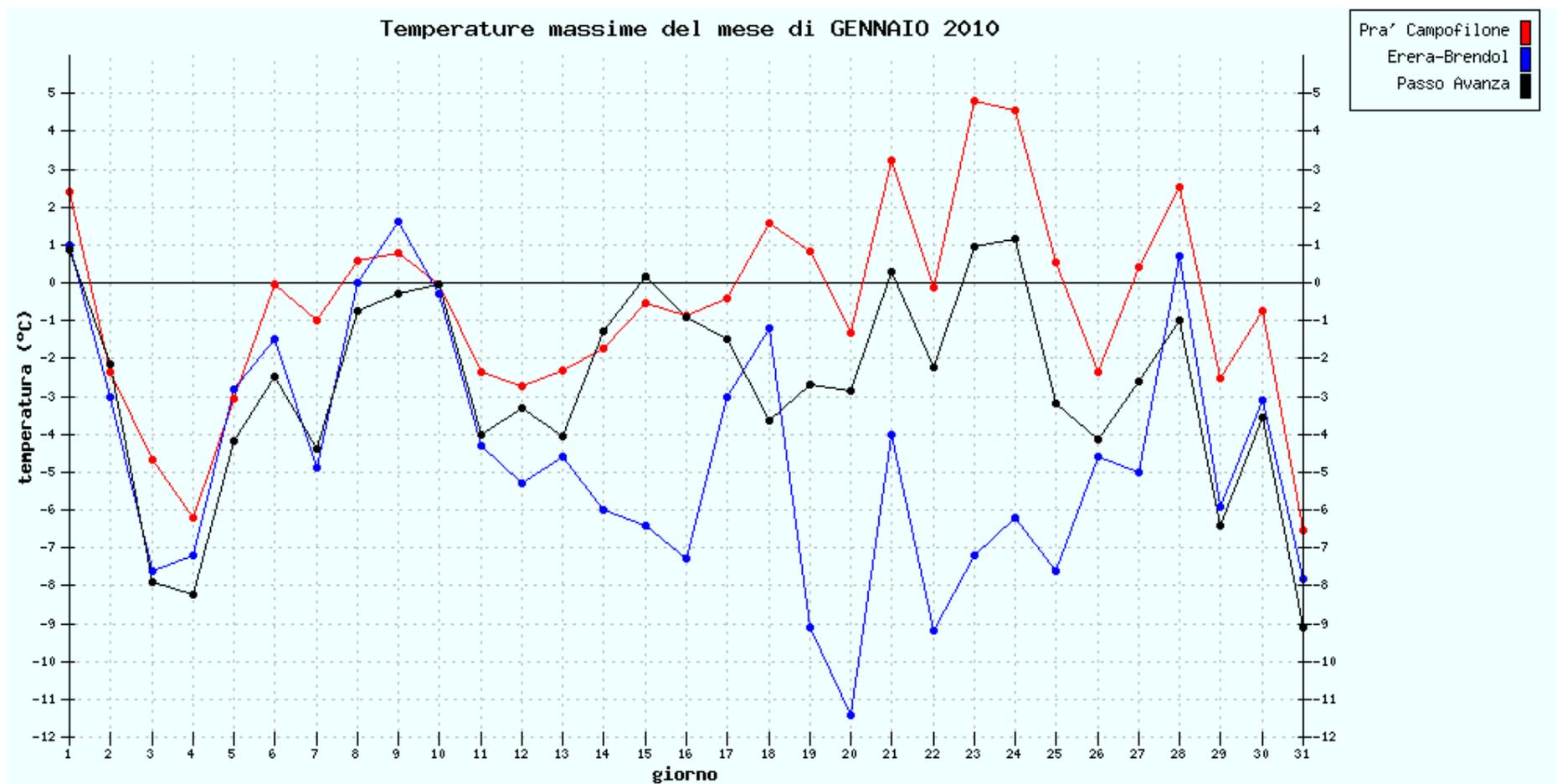
SITI DA 1.621 a 1.750 METRI s.l.m.



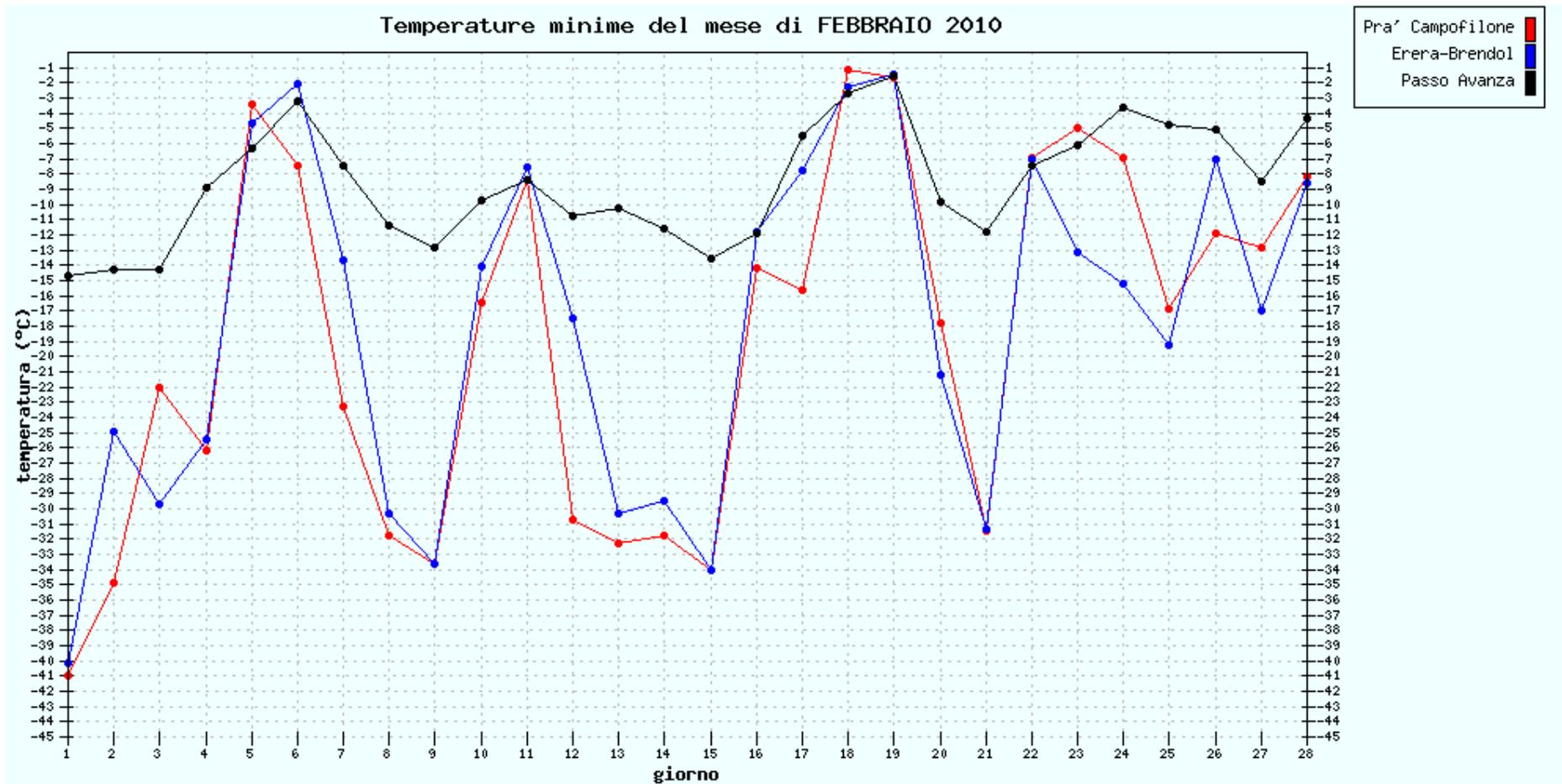
SITI DA 1.621 a 1.750 METRI s.l.m.



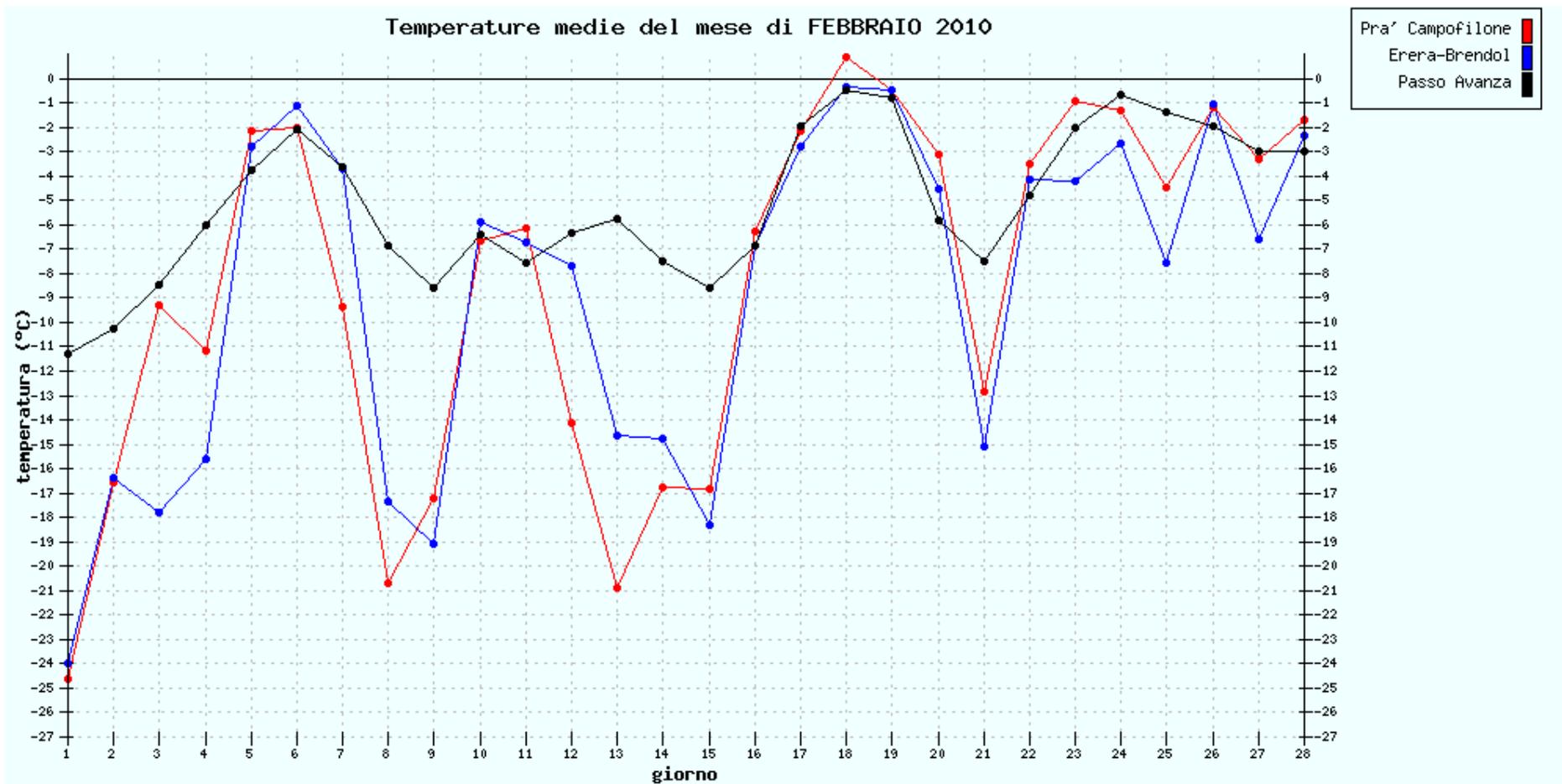
SITI DA 1.621 a 1.750 METRI s.l.m.



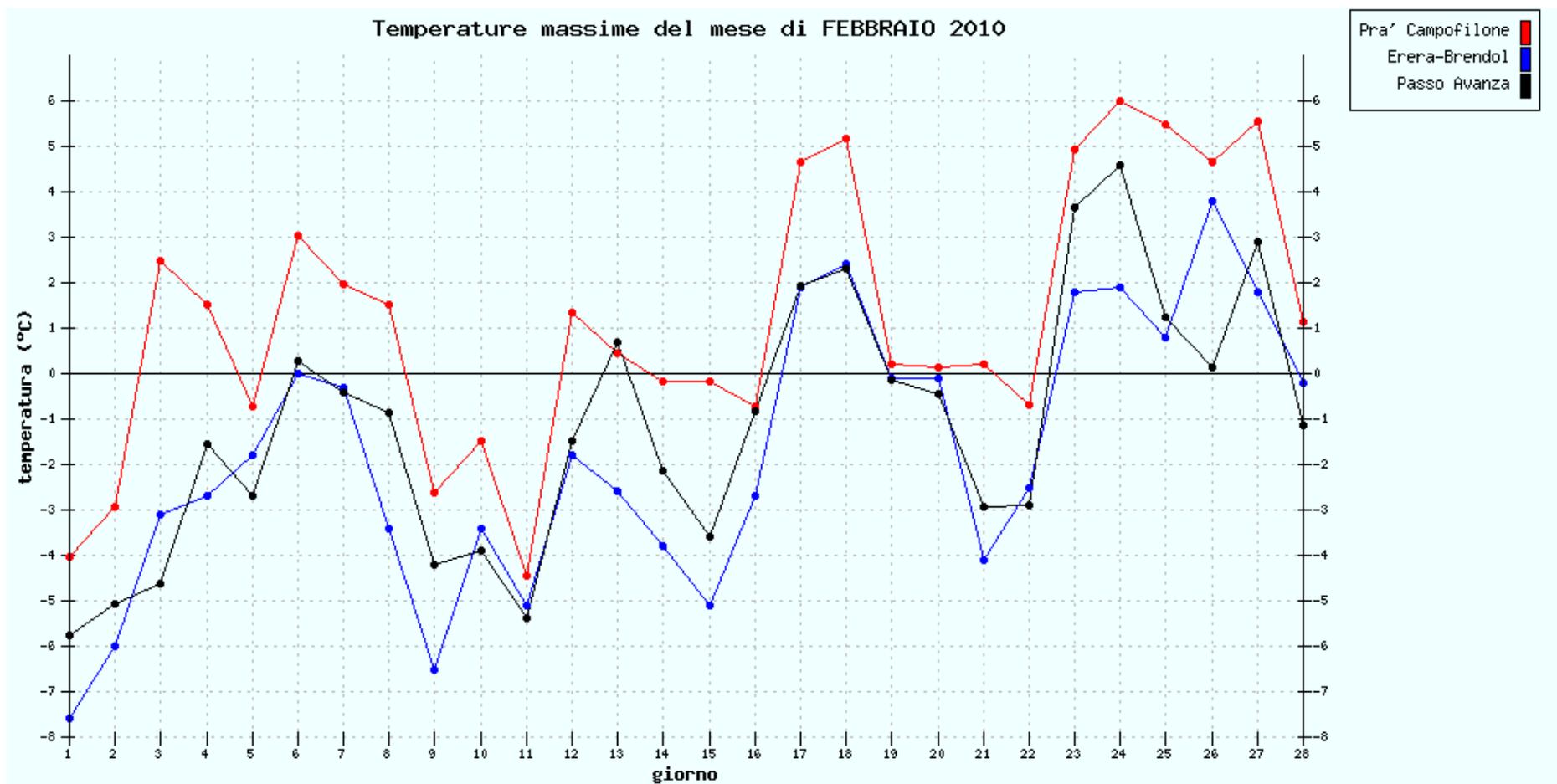
SITI DA 1.621 a 1.750 METRI s.l.m.



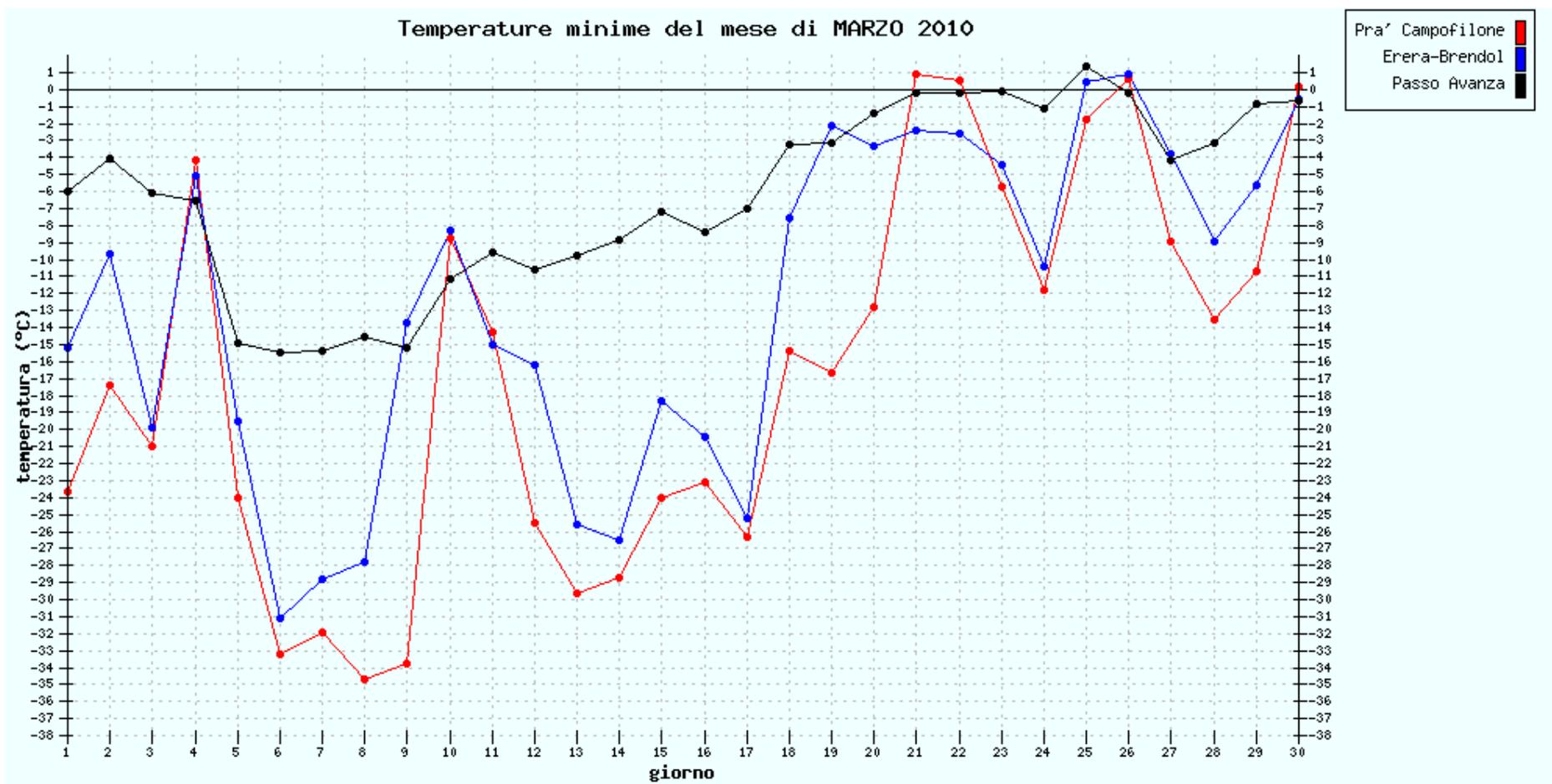
SITI DA 1.621 a 1.750 METRI s.l.m.



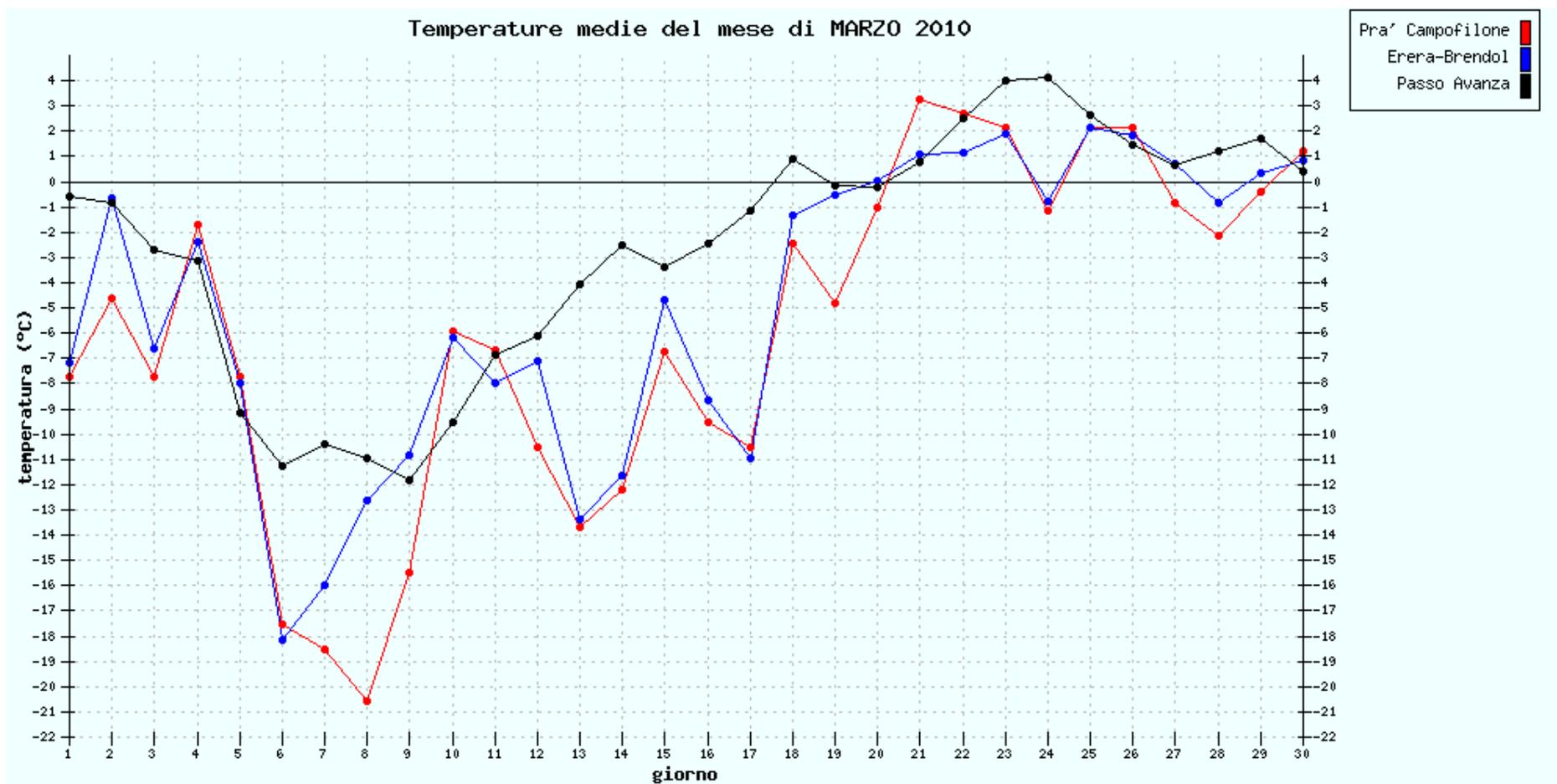
SITI DA 1.621 a 1.750 METRI s.l.m.



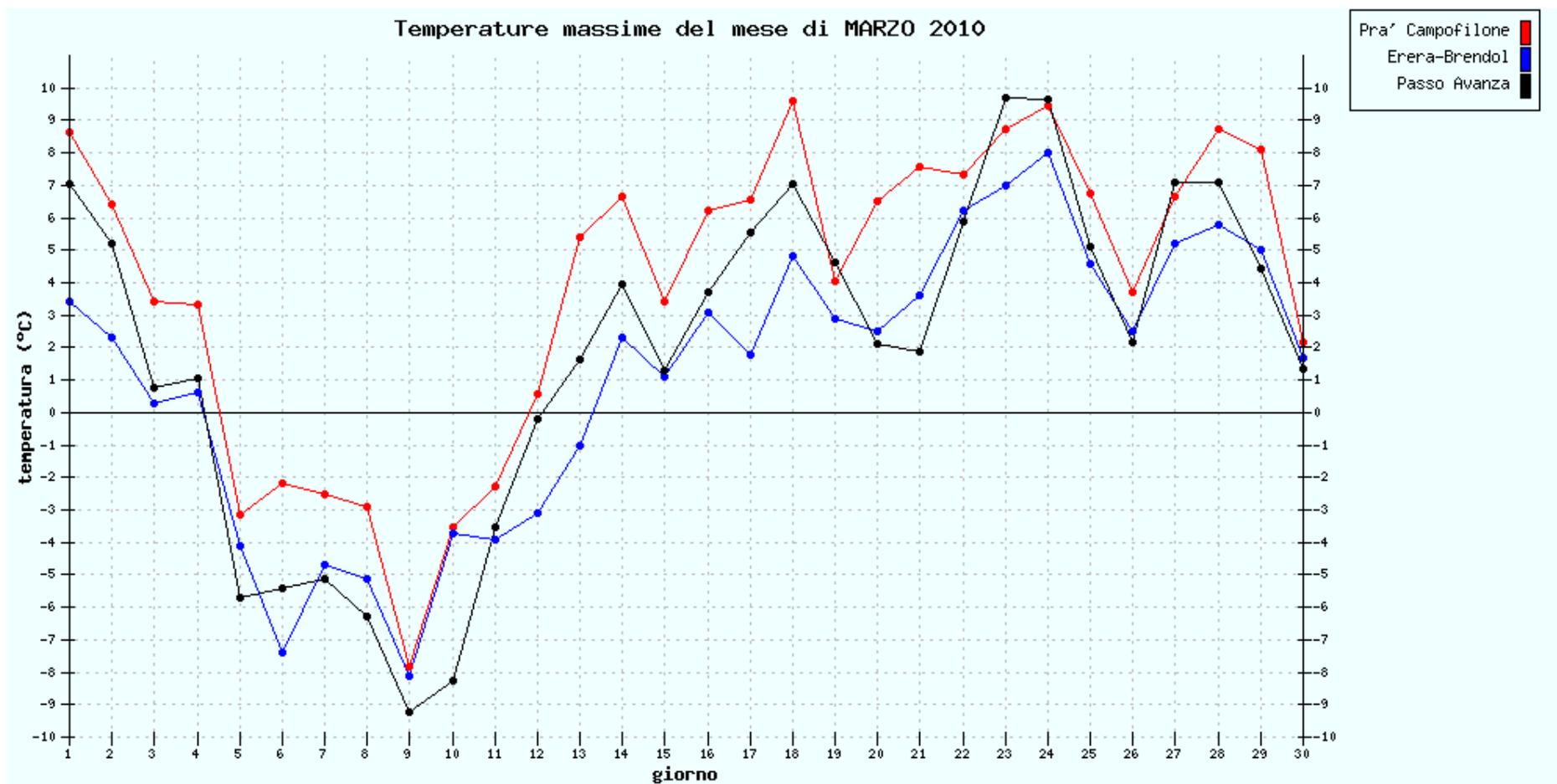
SITI DA 1.621 a 1.750 METRI s.l.m.



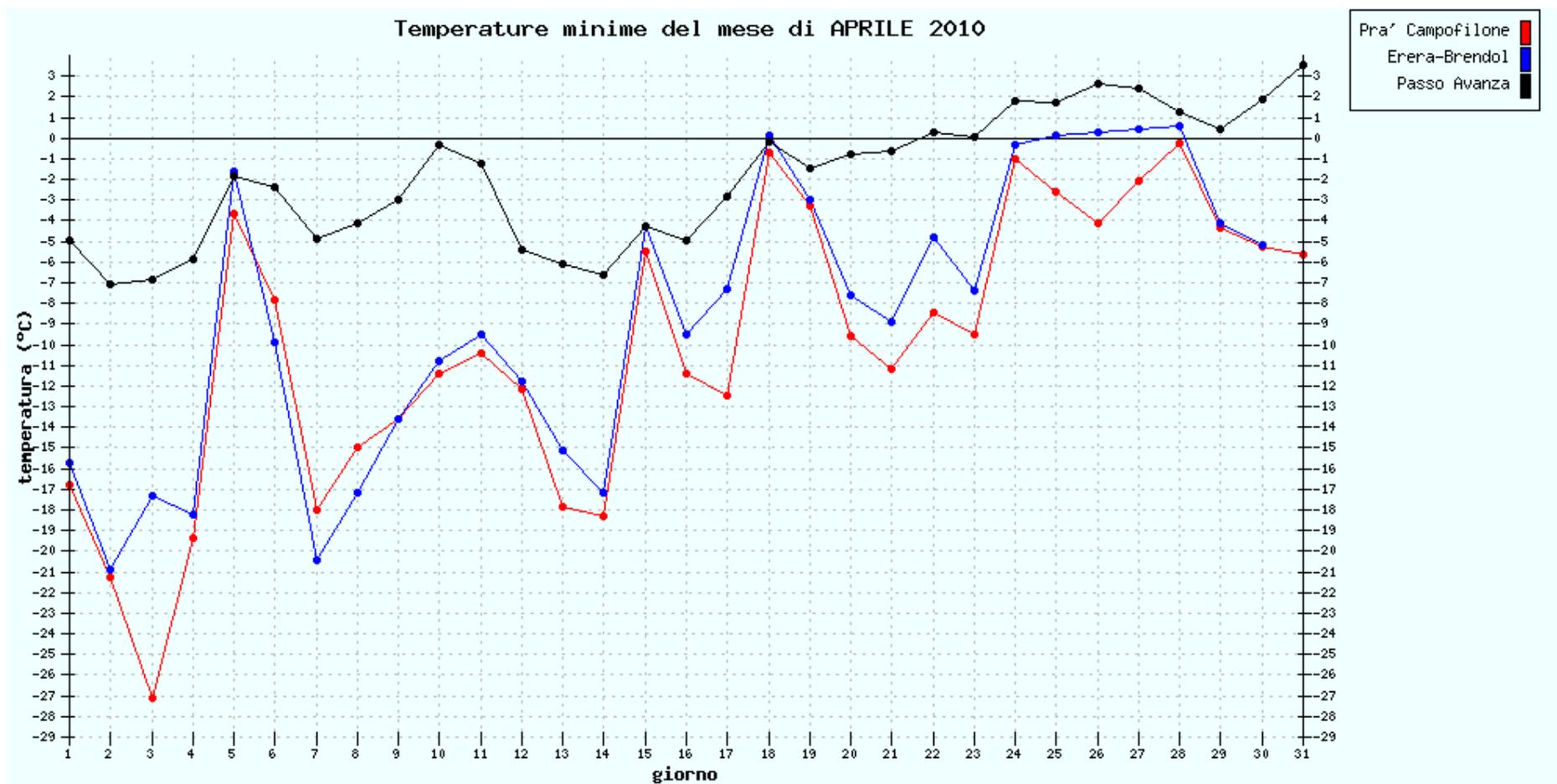
SITI DA 1.621 a 1.750 METRI s.l.m.



SITI DA 1.621 a 1.750 METRI s.l.m.

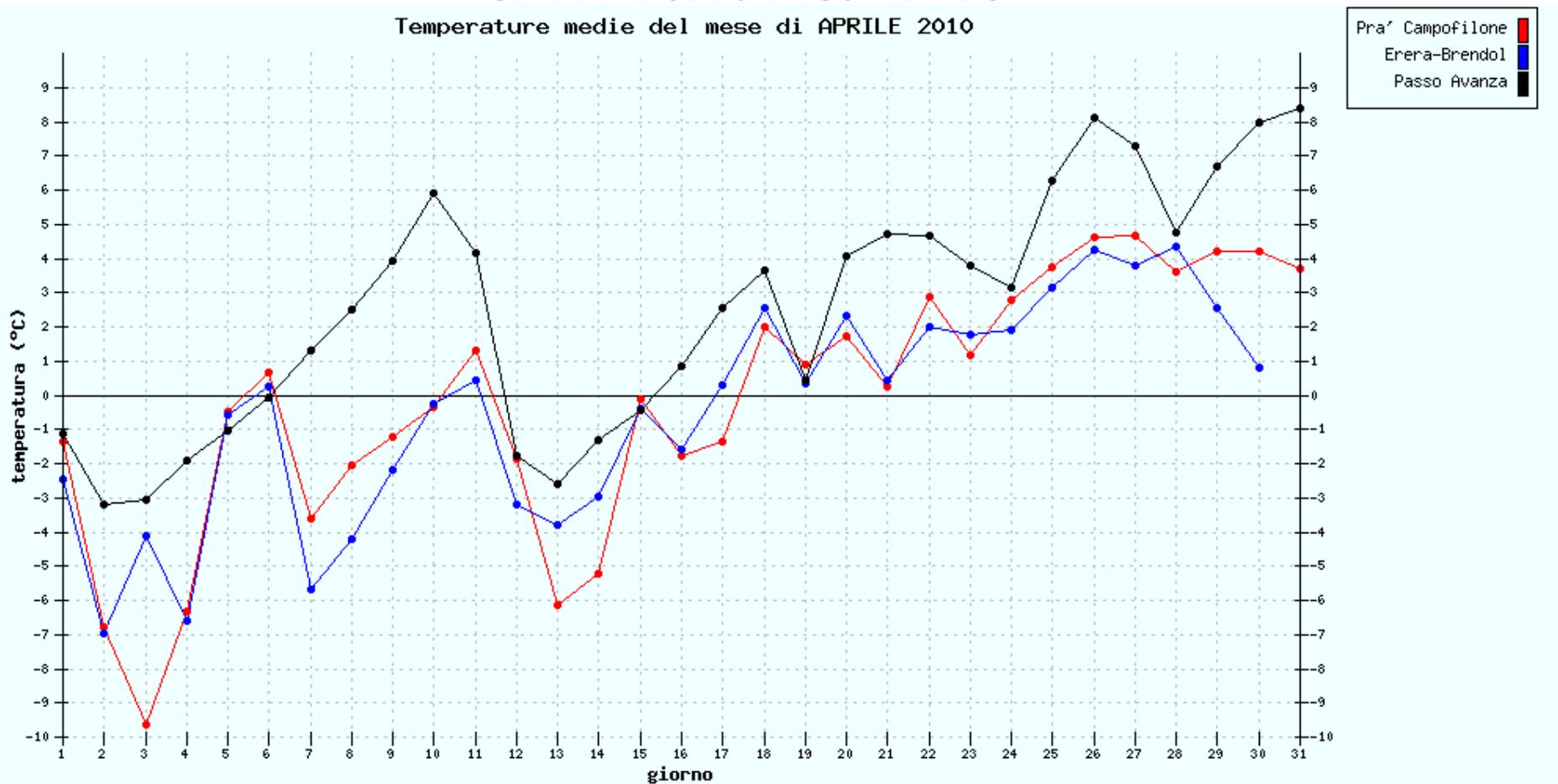


SITI DA 1.621 a 1.750 METRI s.l.m.

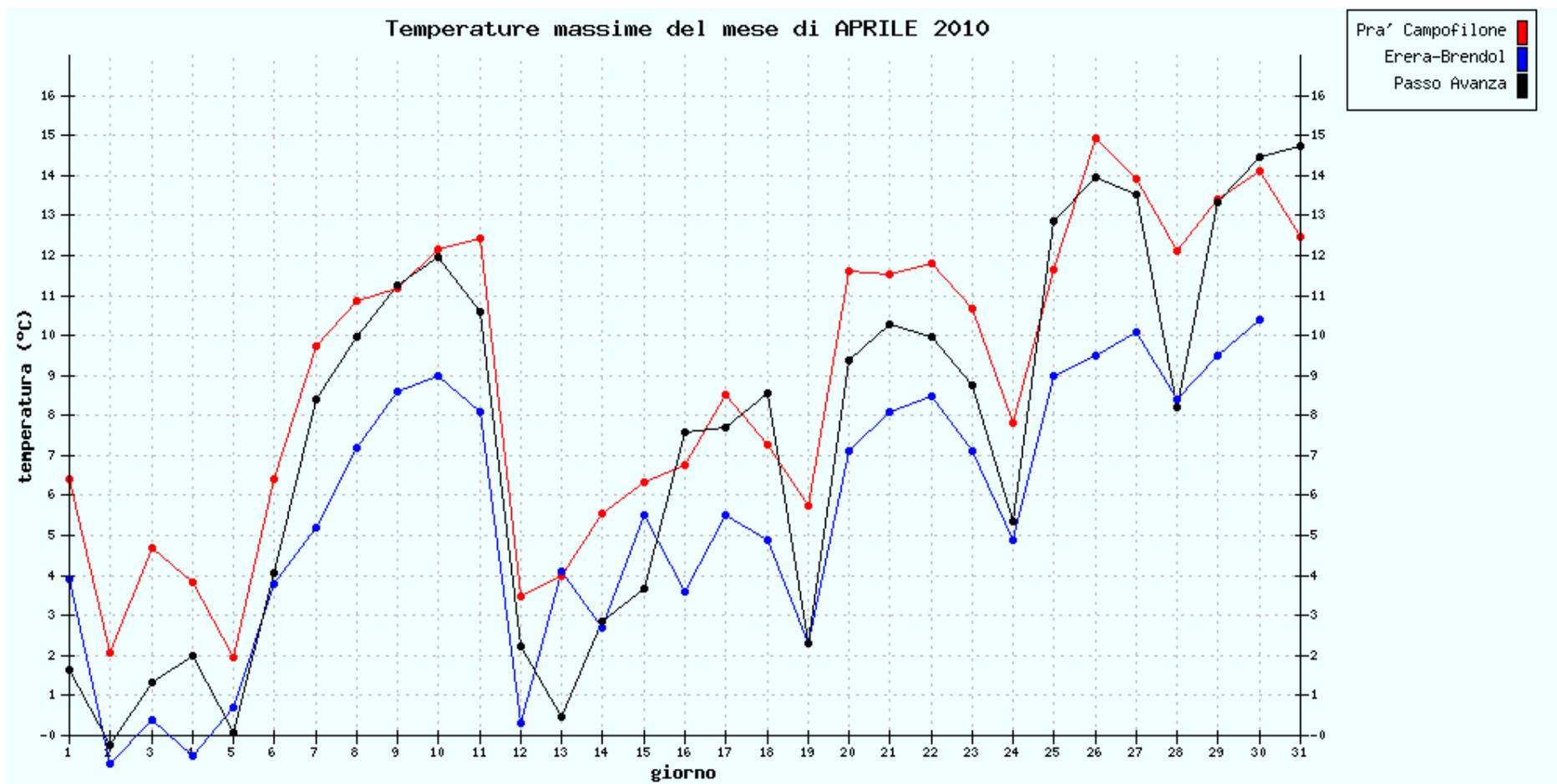


SITI DA 1.621 a 1.750 METRI s.l.m.

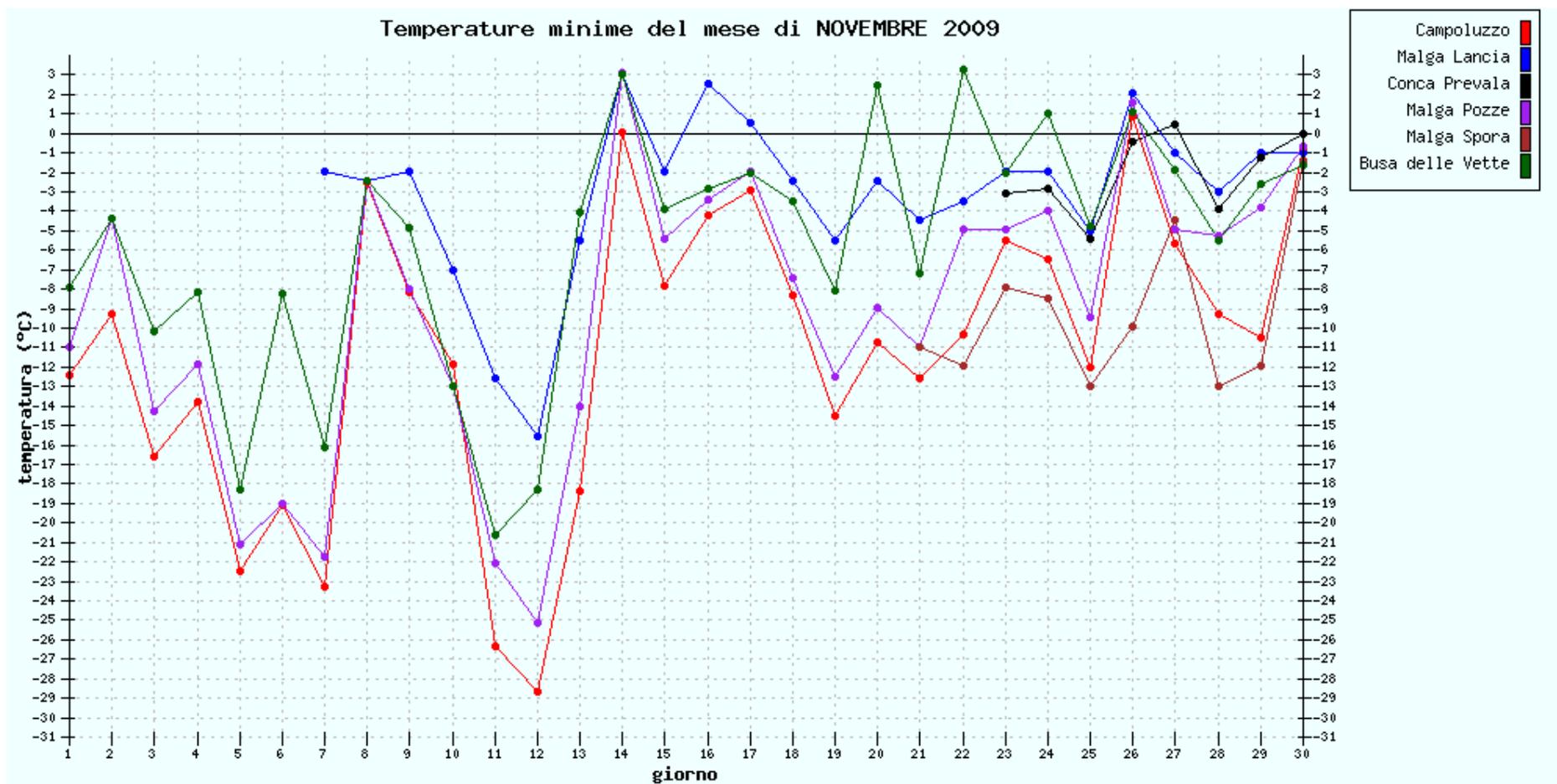
Temperature medie del mese di APRILE 2010



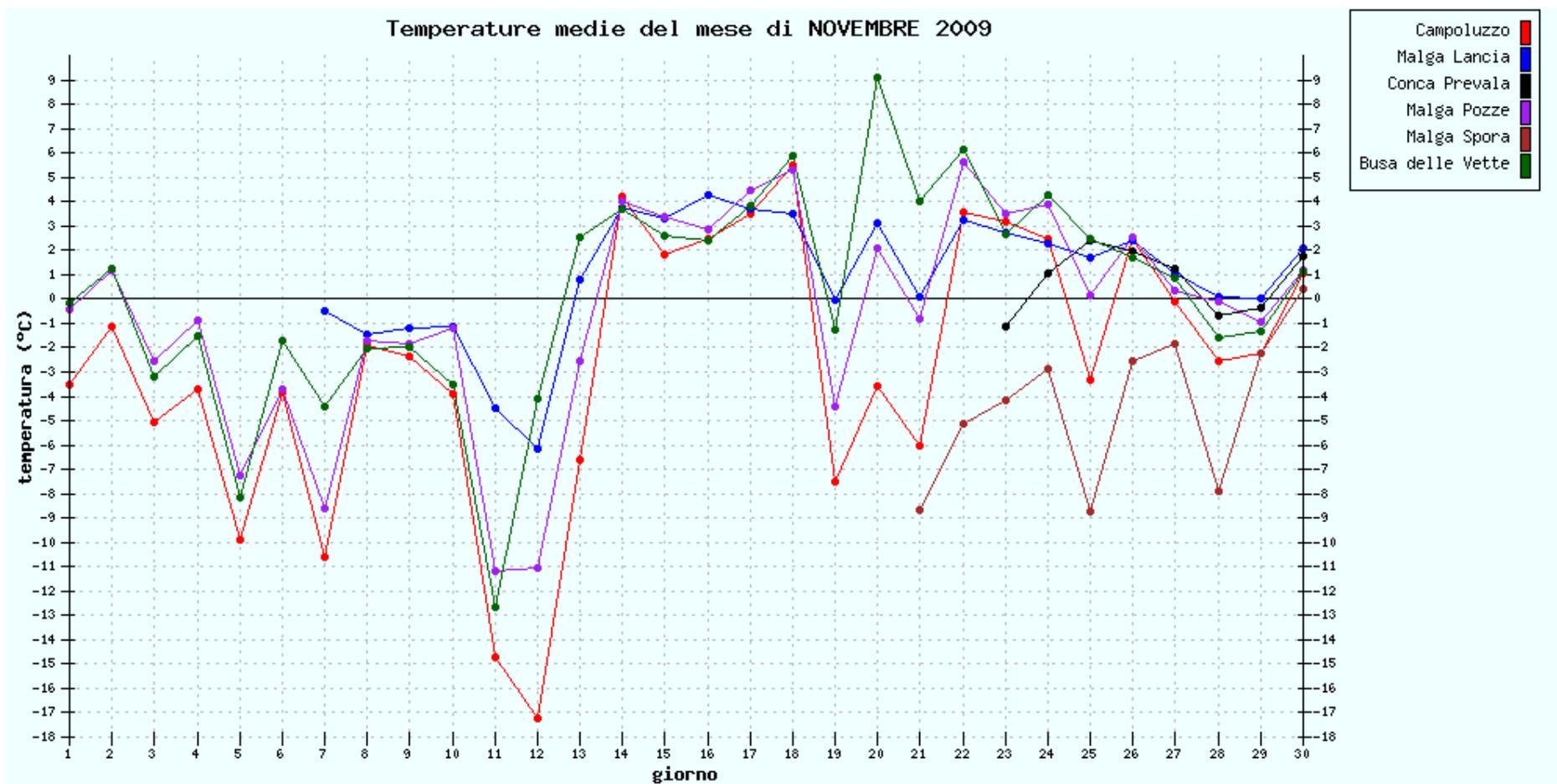
SITI DA 1.621 a 1.750 METRI s.l.m.



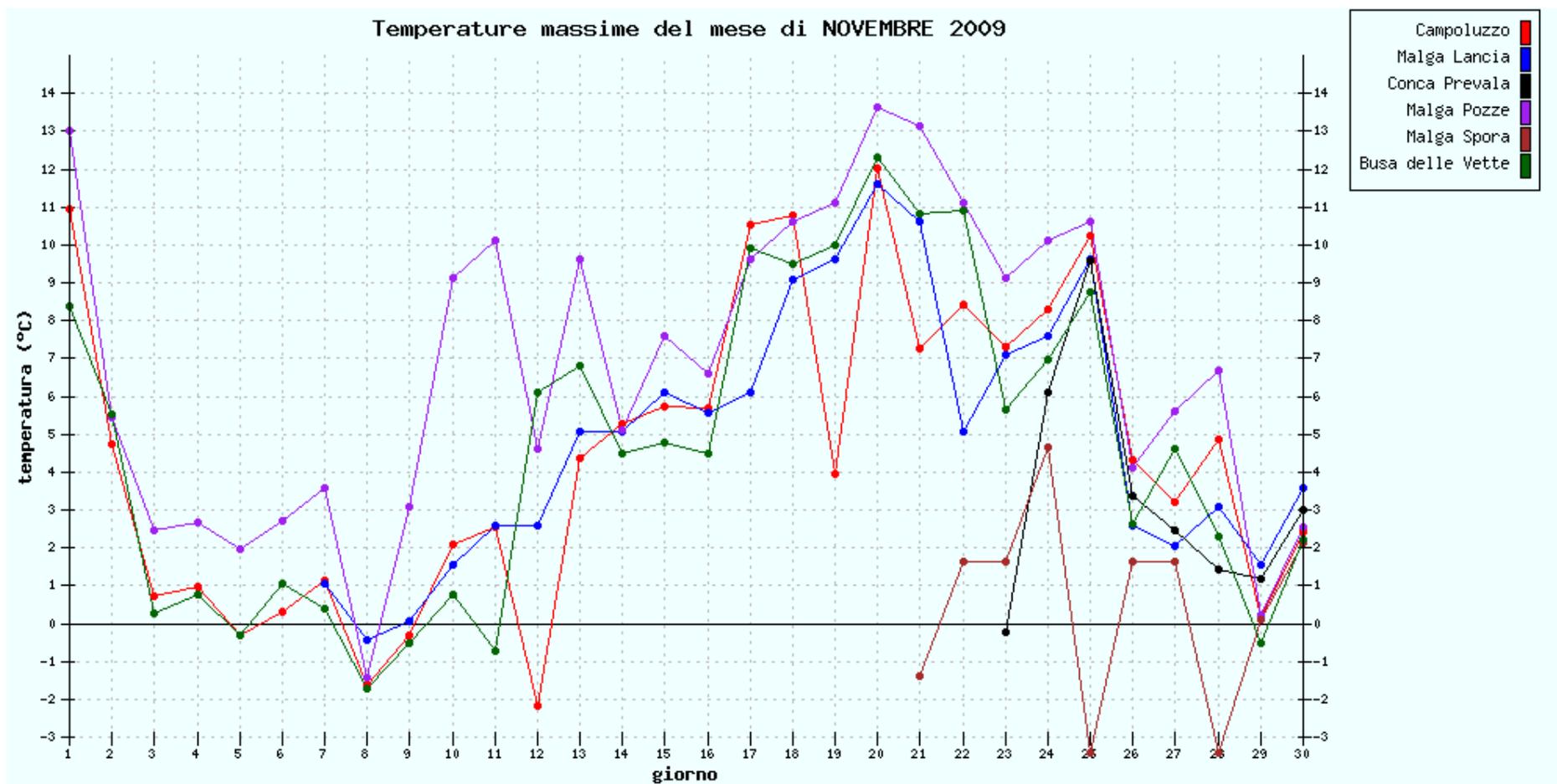
SITI DA 1.765 a 1.852 METRI s.l.m.



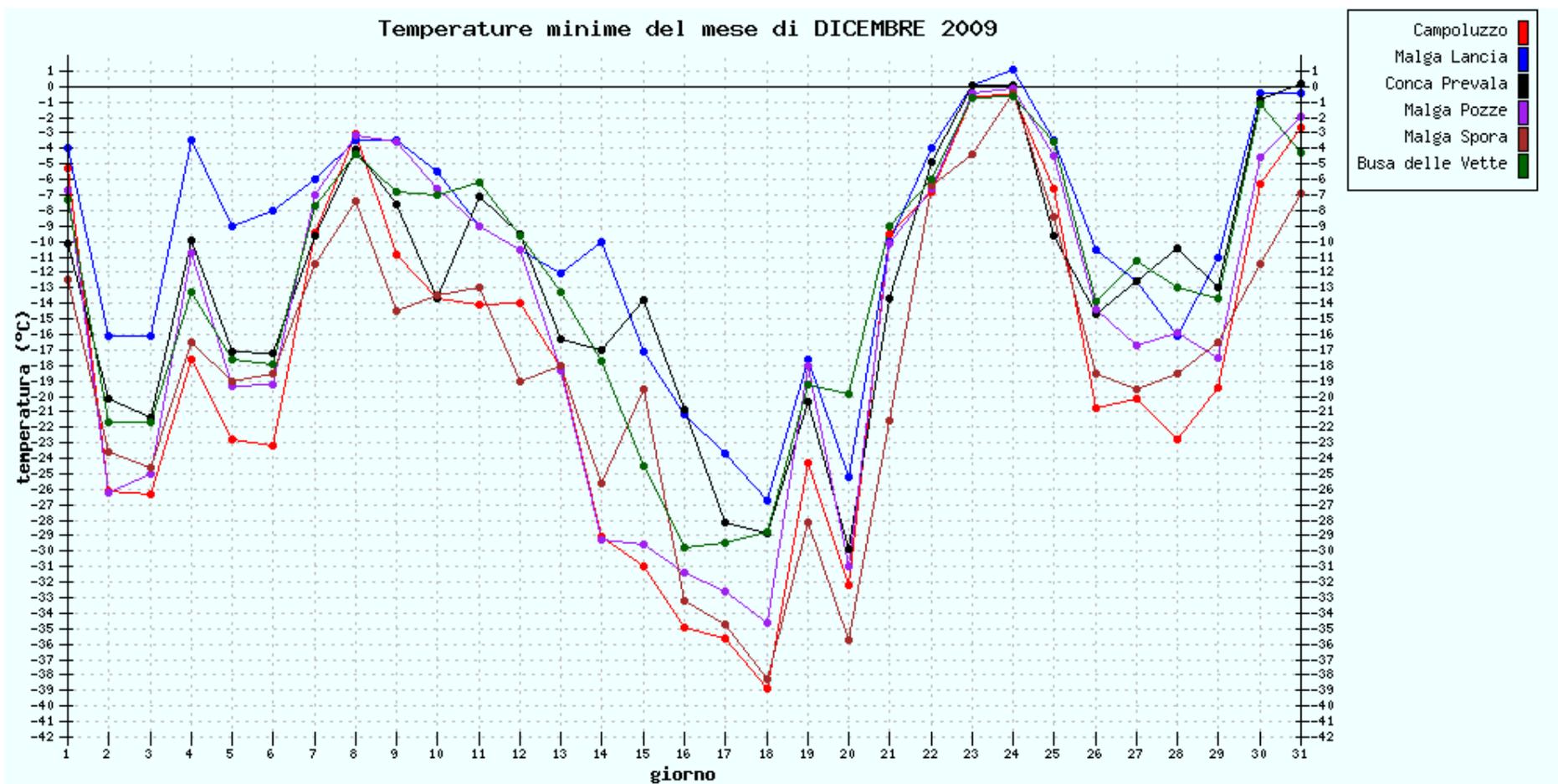
SITI DA 1.765 a 1.852 METRI s.l.m.



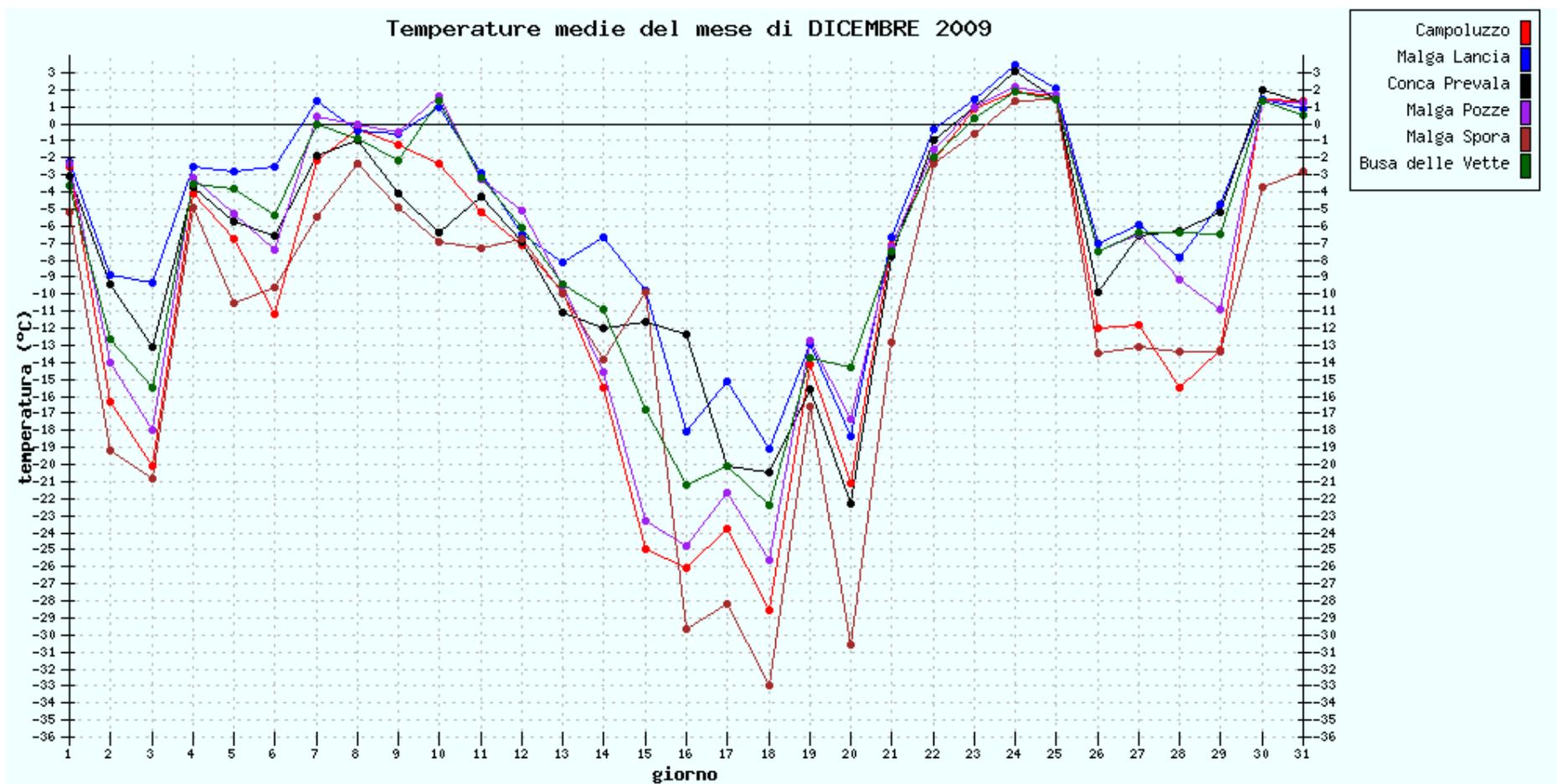
SITI DA 1.765 a 1.852 METRI s.l.m.



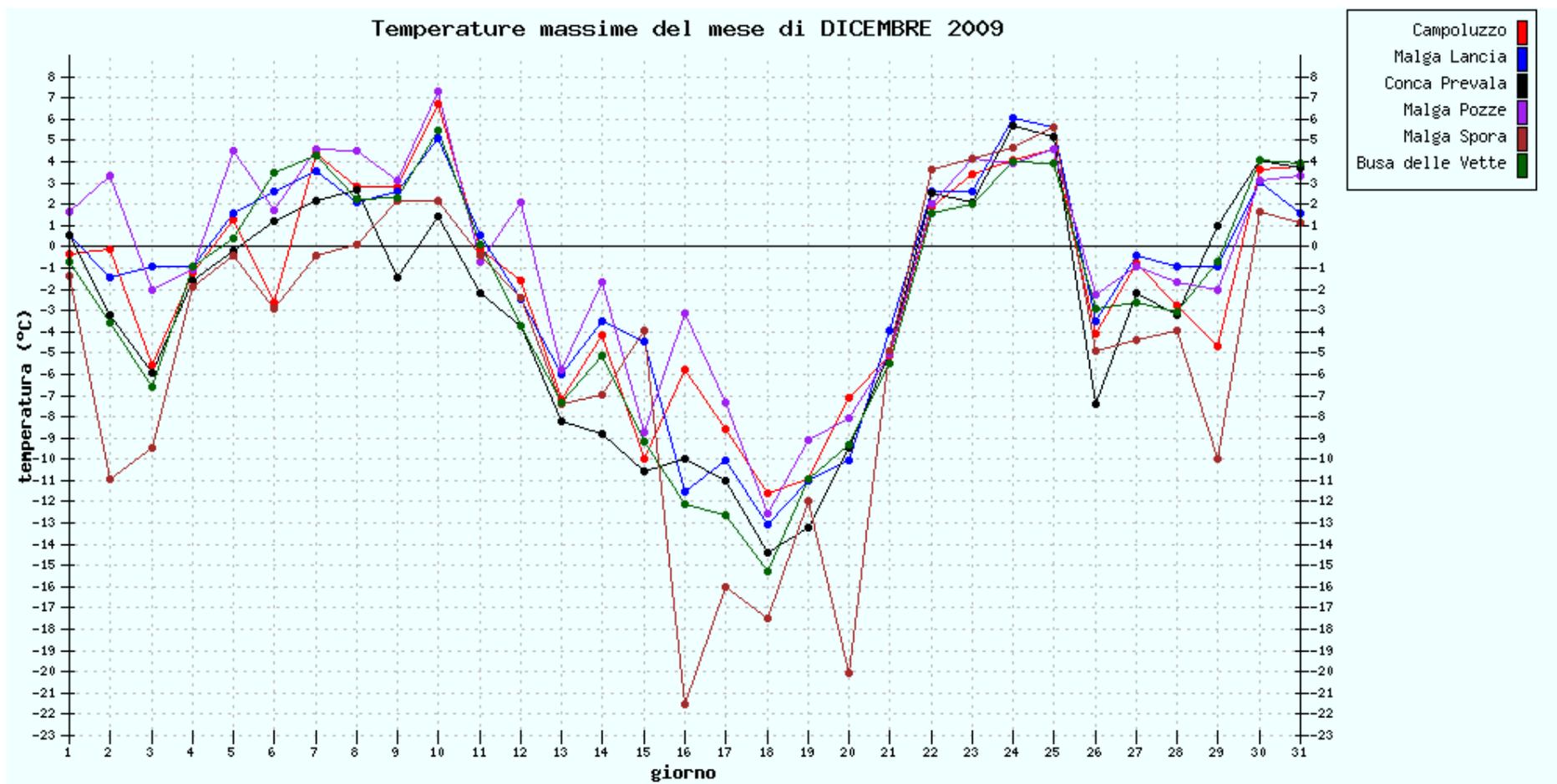
SITI DA 1.765 a 1.852 METRI s.l.m.



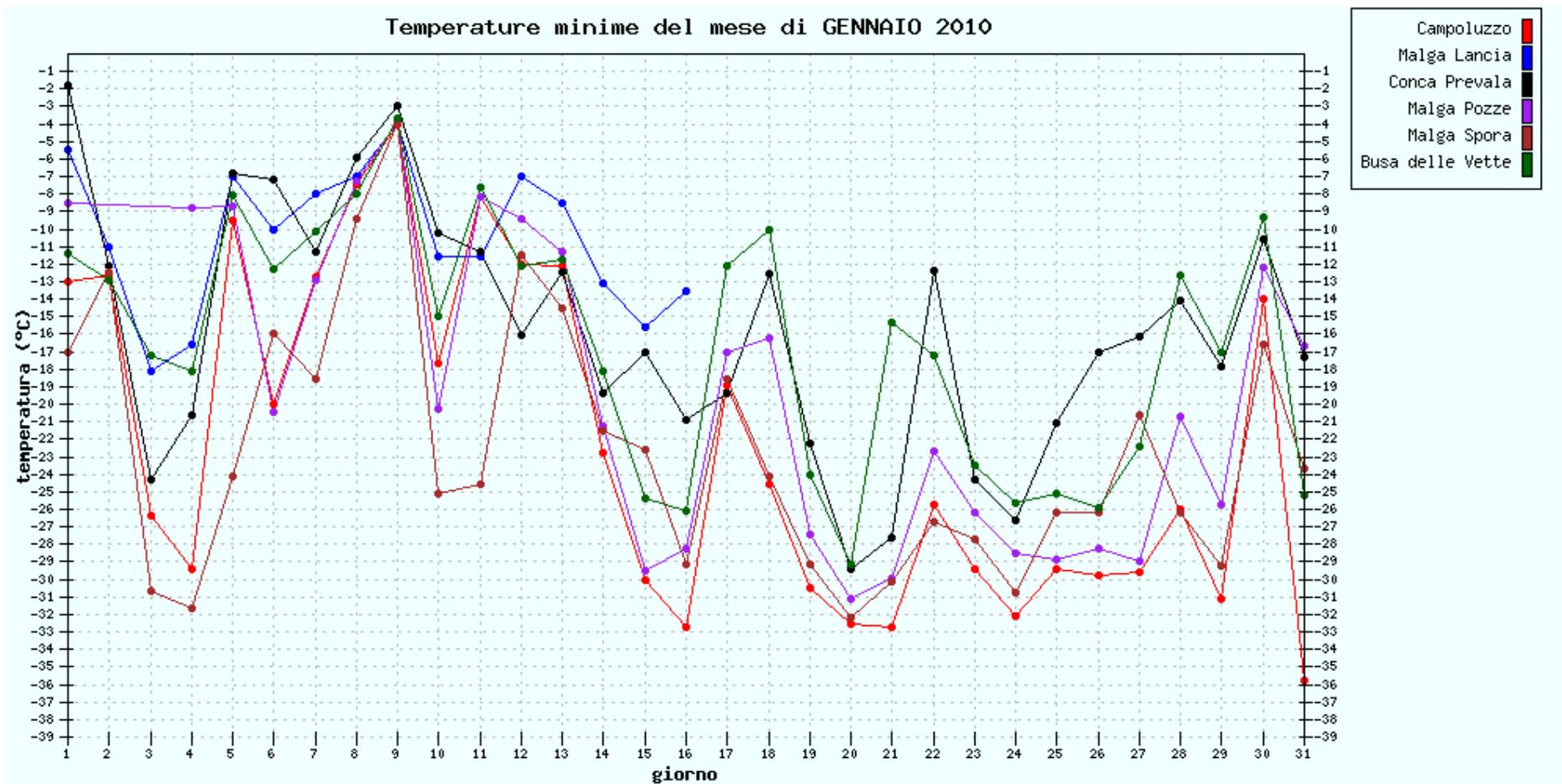
SITI DA 1.765 a 1.852 METRI s.l.m.



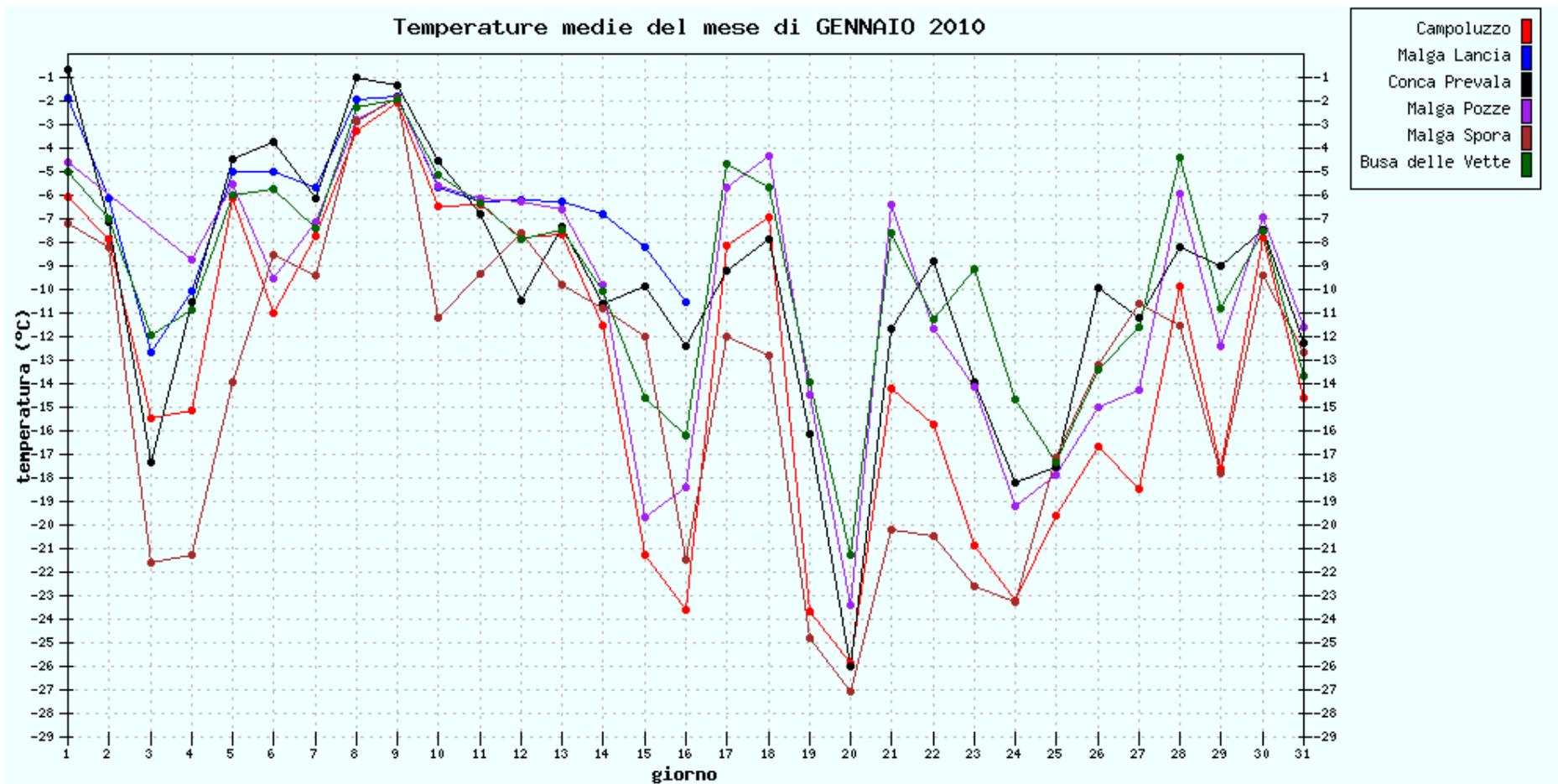
SITI DA 1.765 a 1.852 METRI s.l.m.



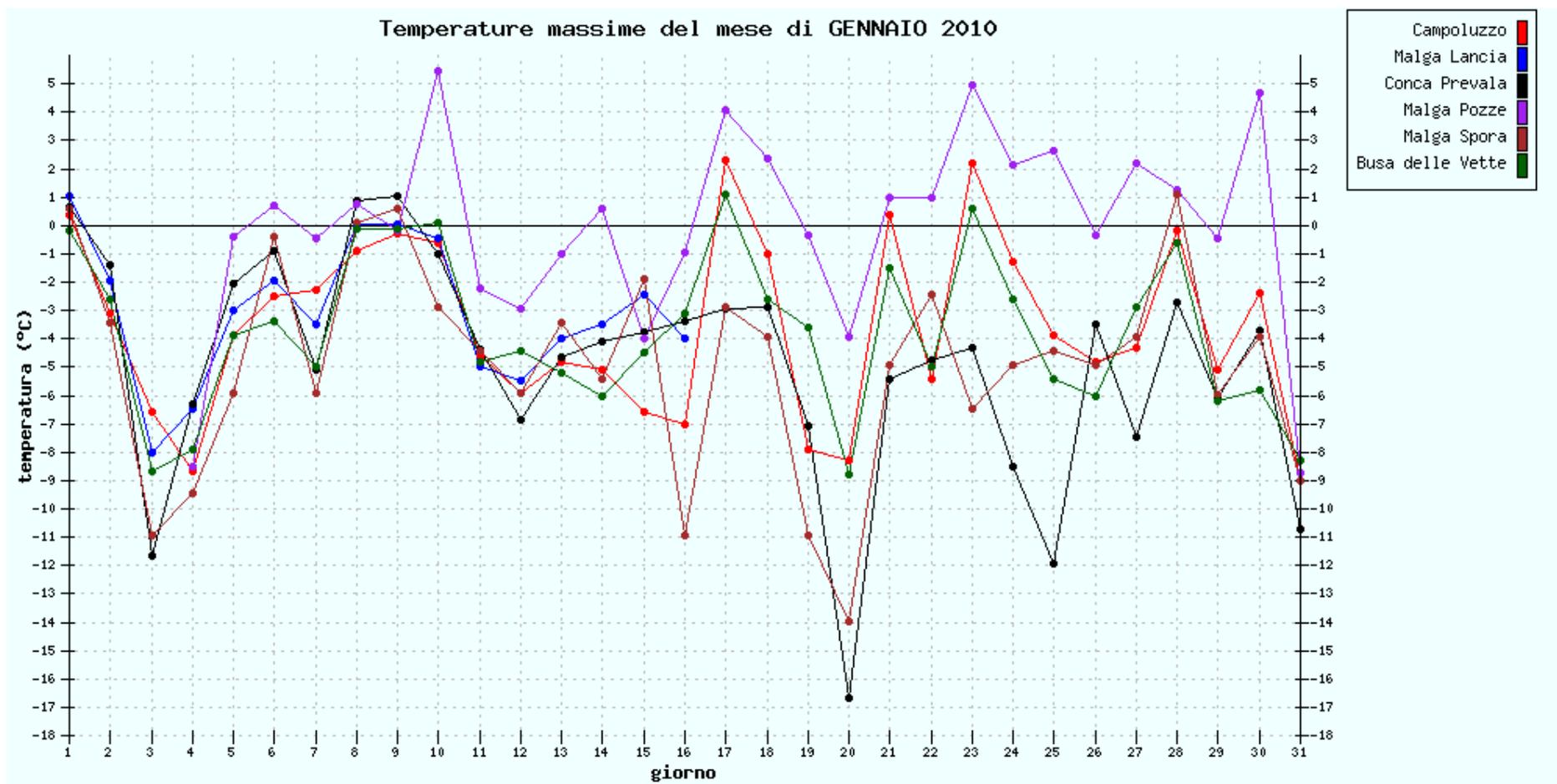
SITI DA 1.765 a 1.852 METRI s.l.m.



SITI DA 1.765 a 1.852 METRI s.l.m.

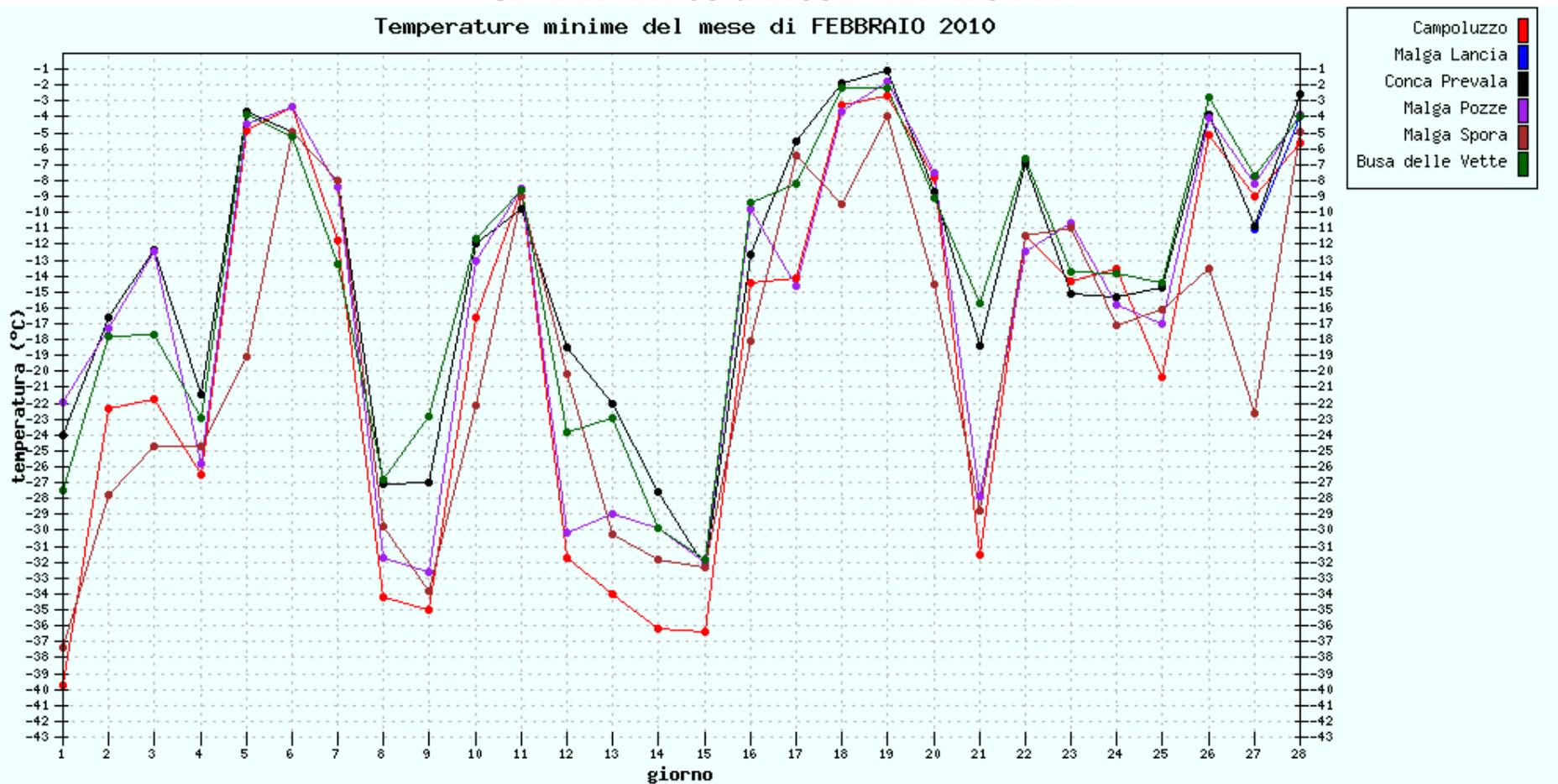


SITI DA 1.765 a 1.852 METRI s.l.m.



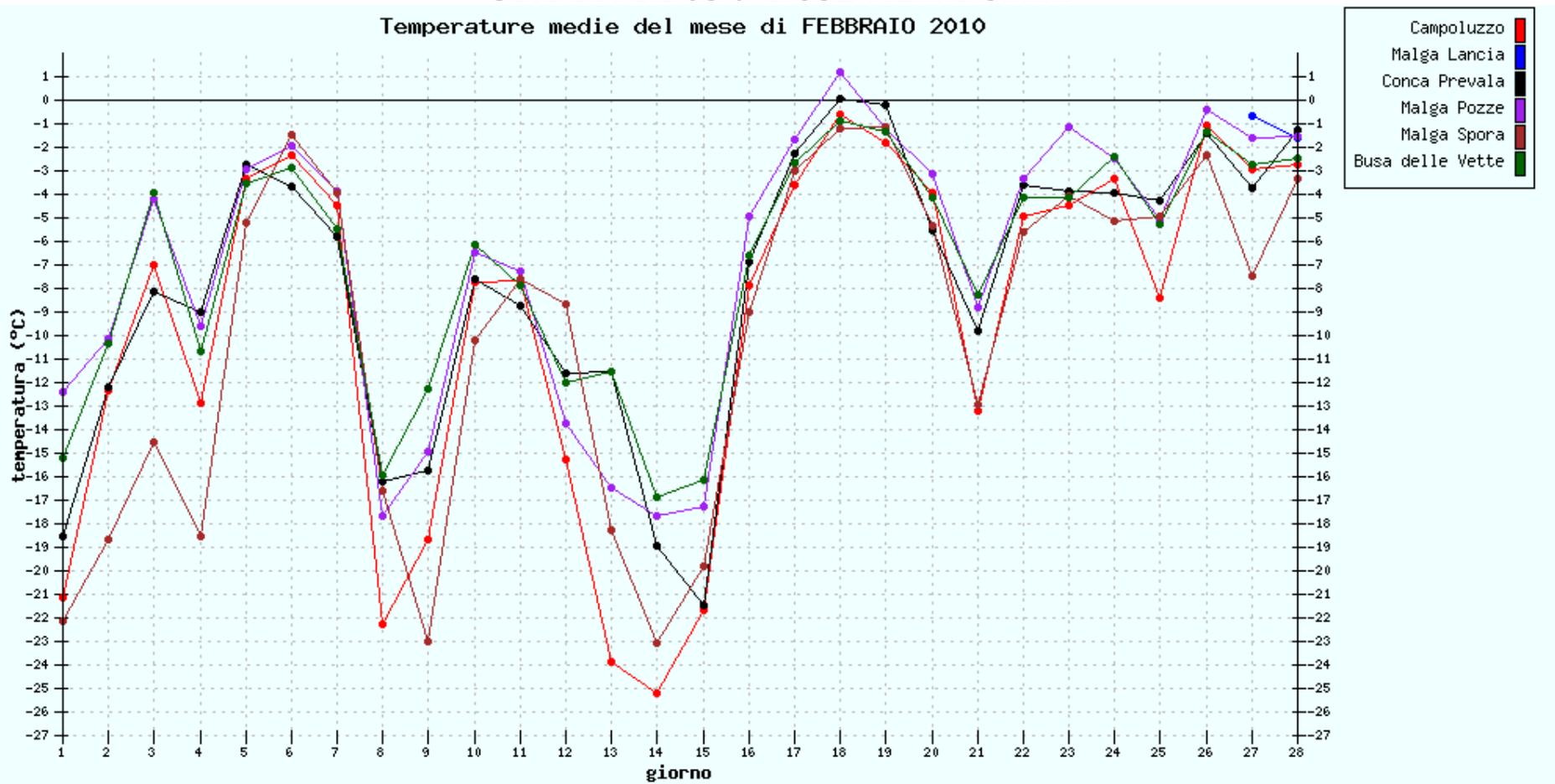
SITI DA 1.765 a 1.852 METRI s.l.m.

Temperature minime del mese di FEBBRAIO 2010



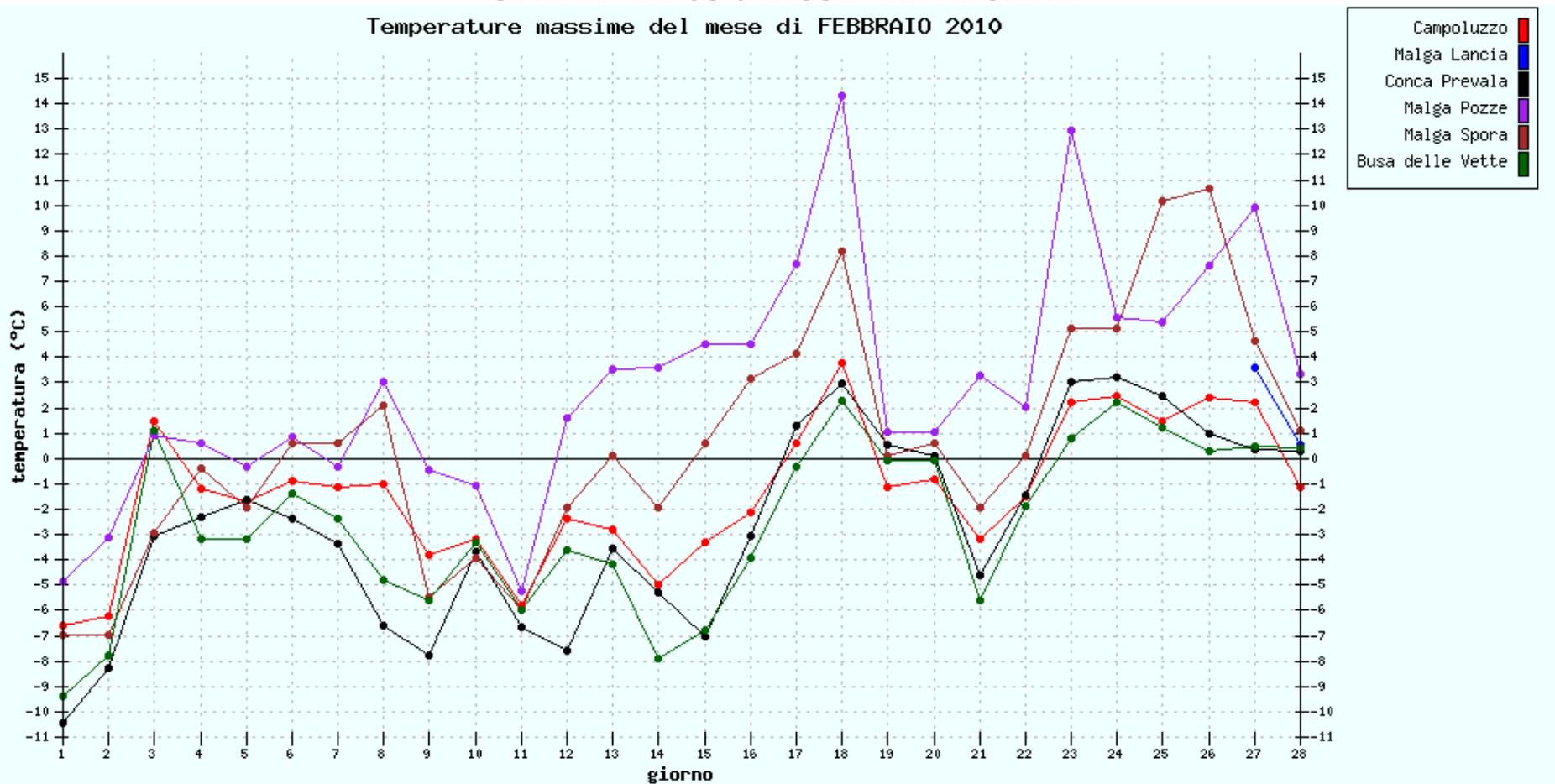
SITI DA 1.765 a 1.852 METRI s.l.m.

Temperature medie del mese di FEBBRAIO 2010

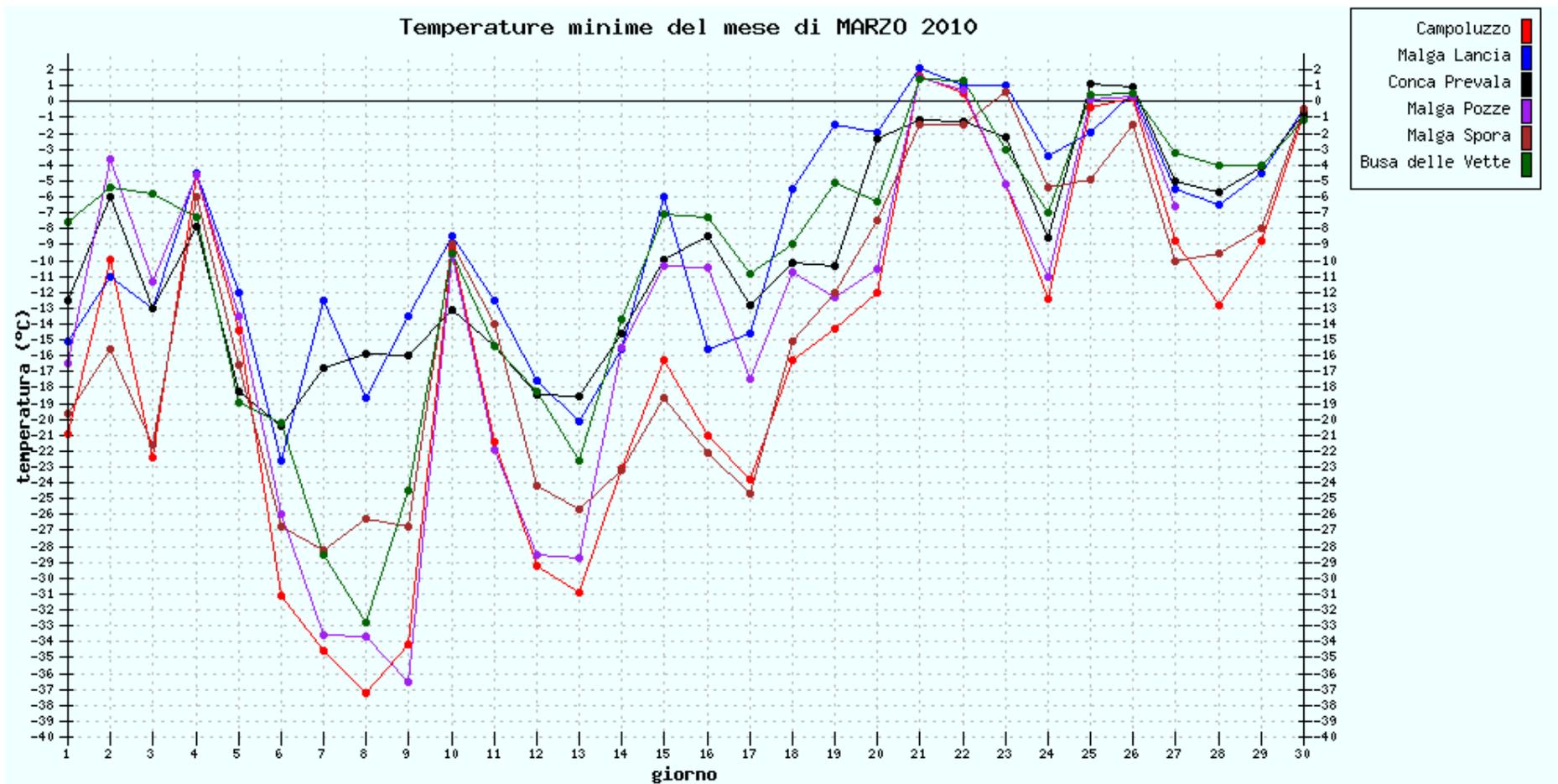


SITI DA 1.765 a 1.852 METRI s.l.m.

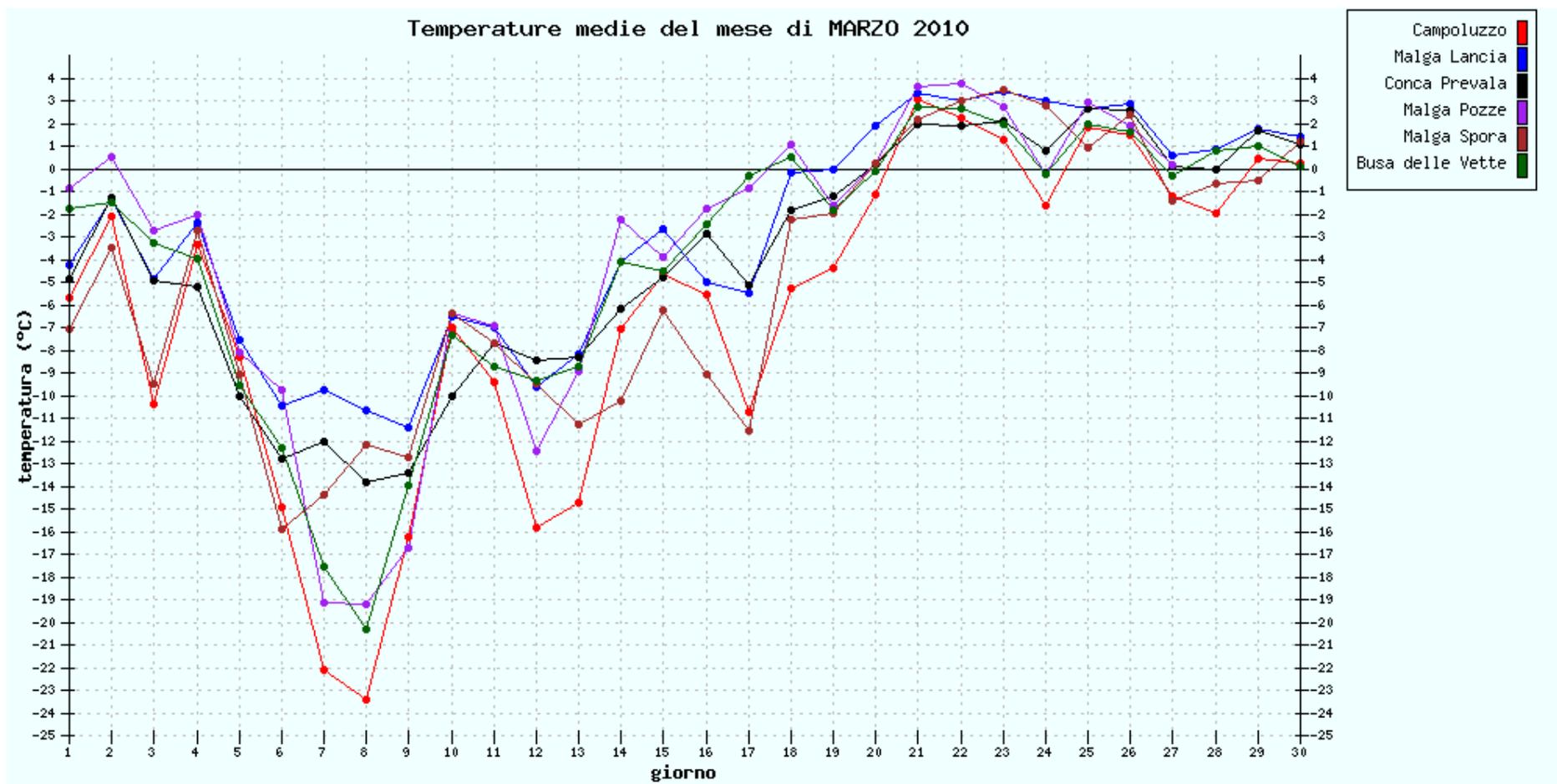
Temperature massime del mese di FEBBRAIO 2010



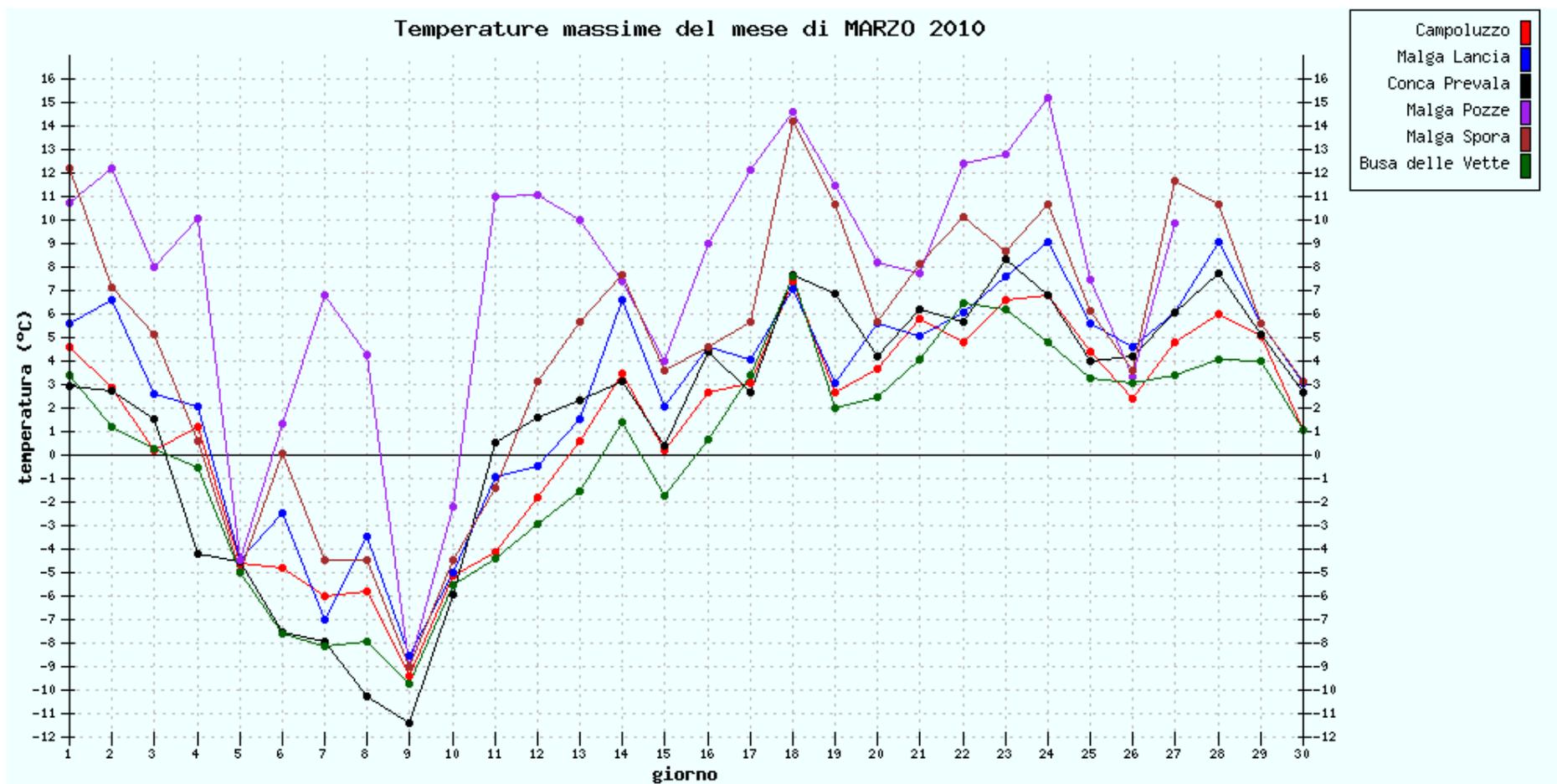
SITI DA 1.765 a 1.852 METRI s.l.m.



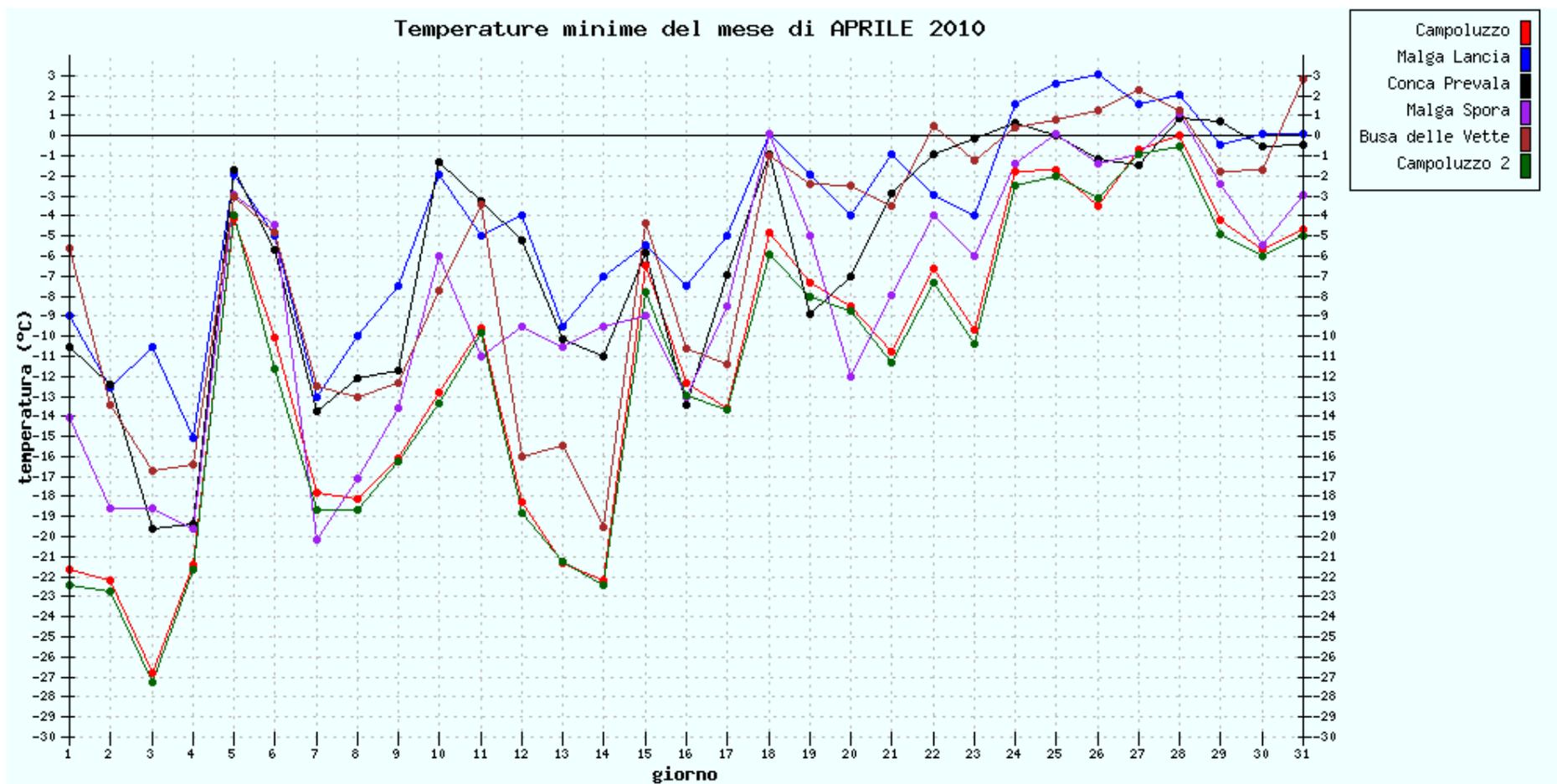
SITI DA 1.765 a 1.852 METRI s.l.m.



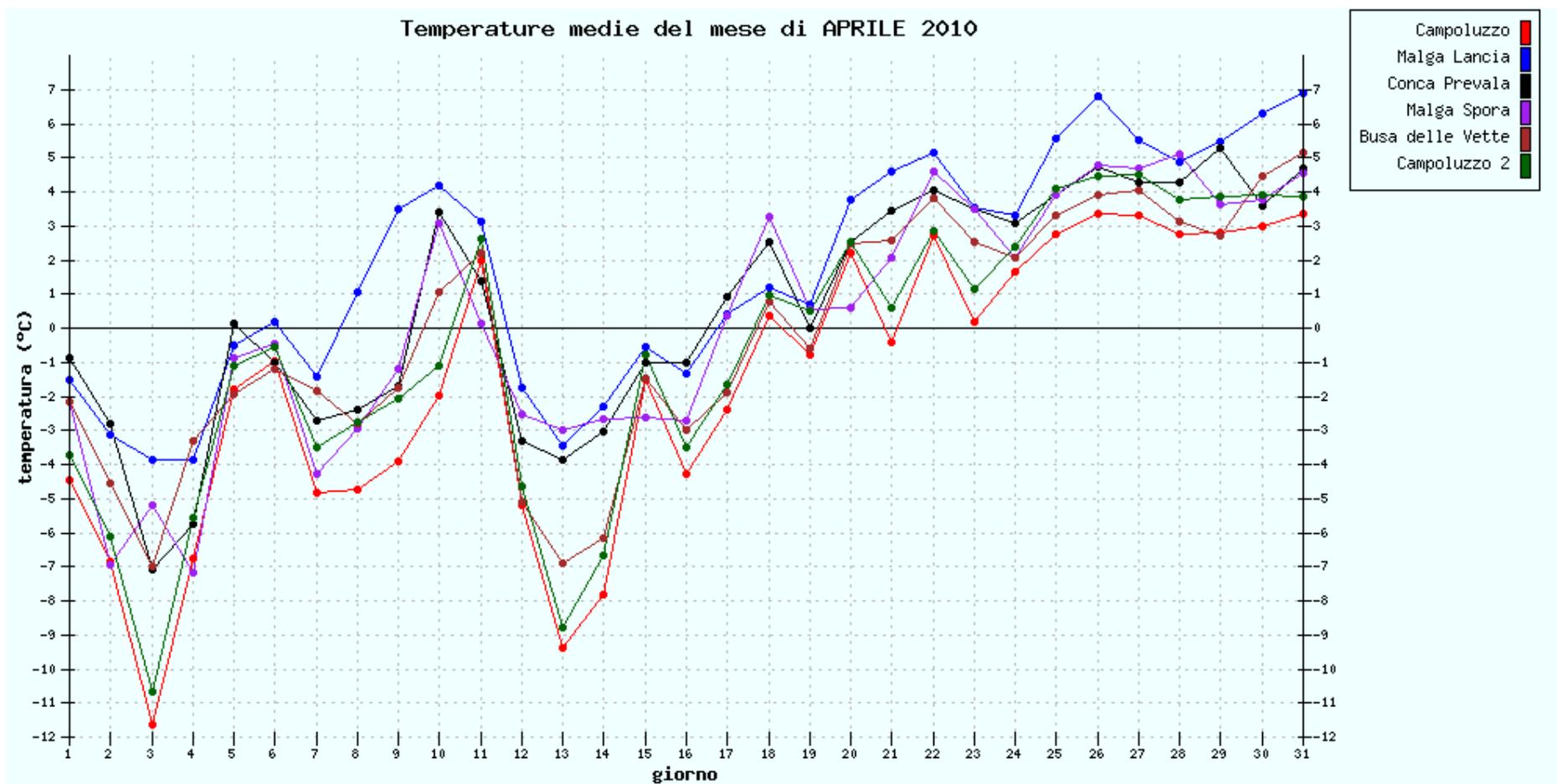
SITI DA 1.765 a 1.852 METRI s.l.m.



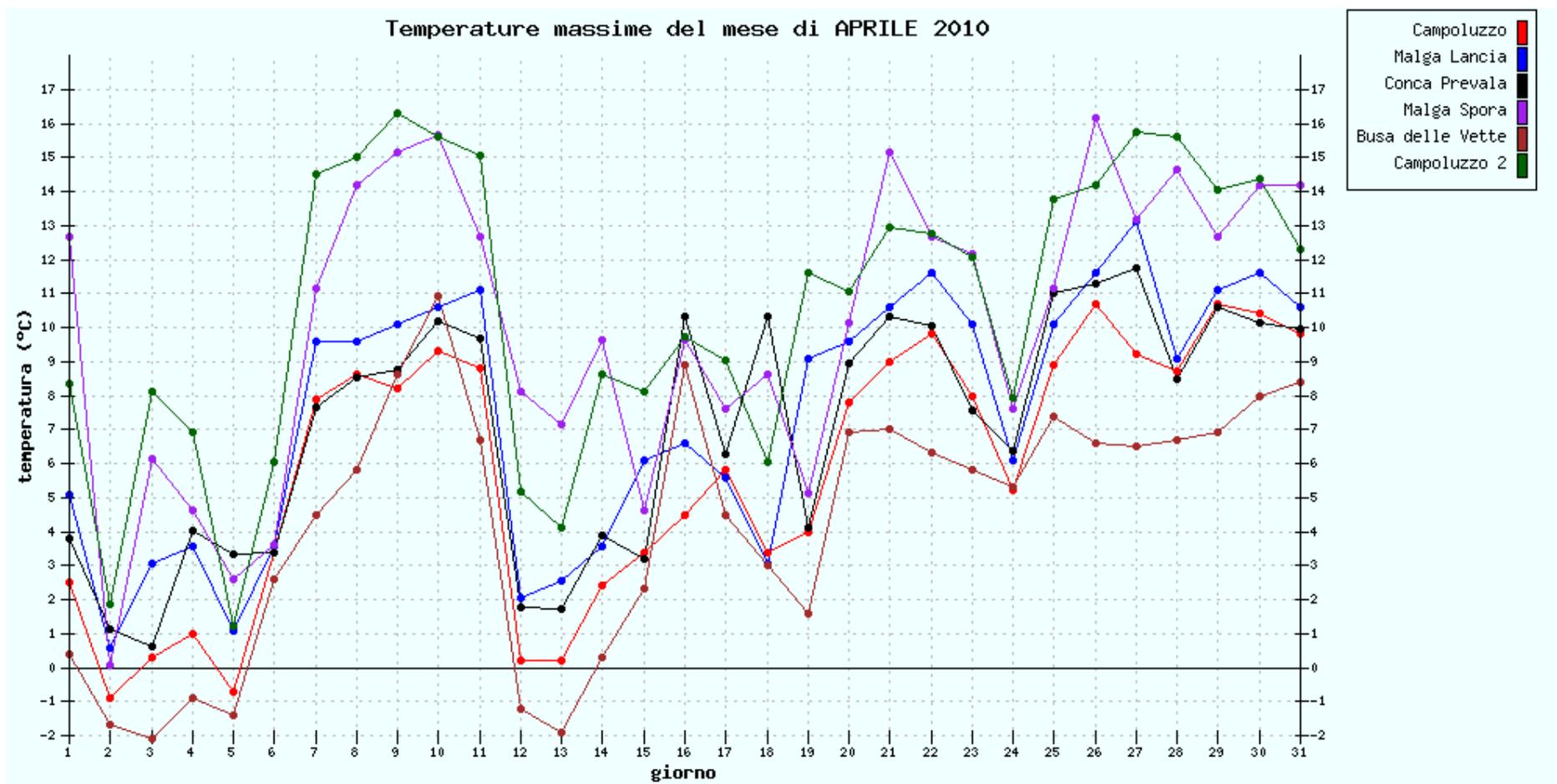
SITI DA 1.765 a 1.852 METRI s.l.m.



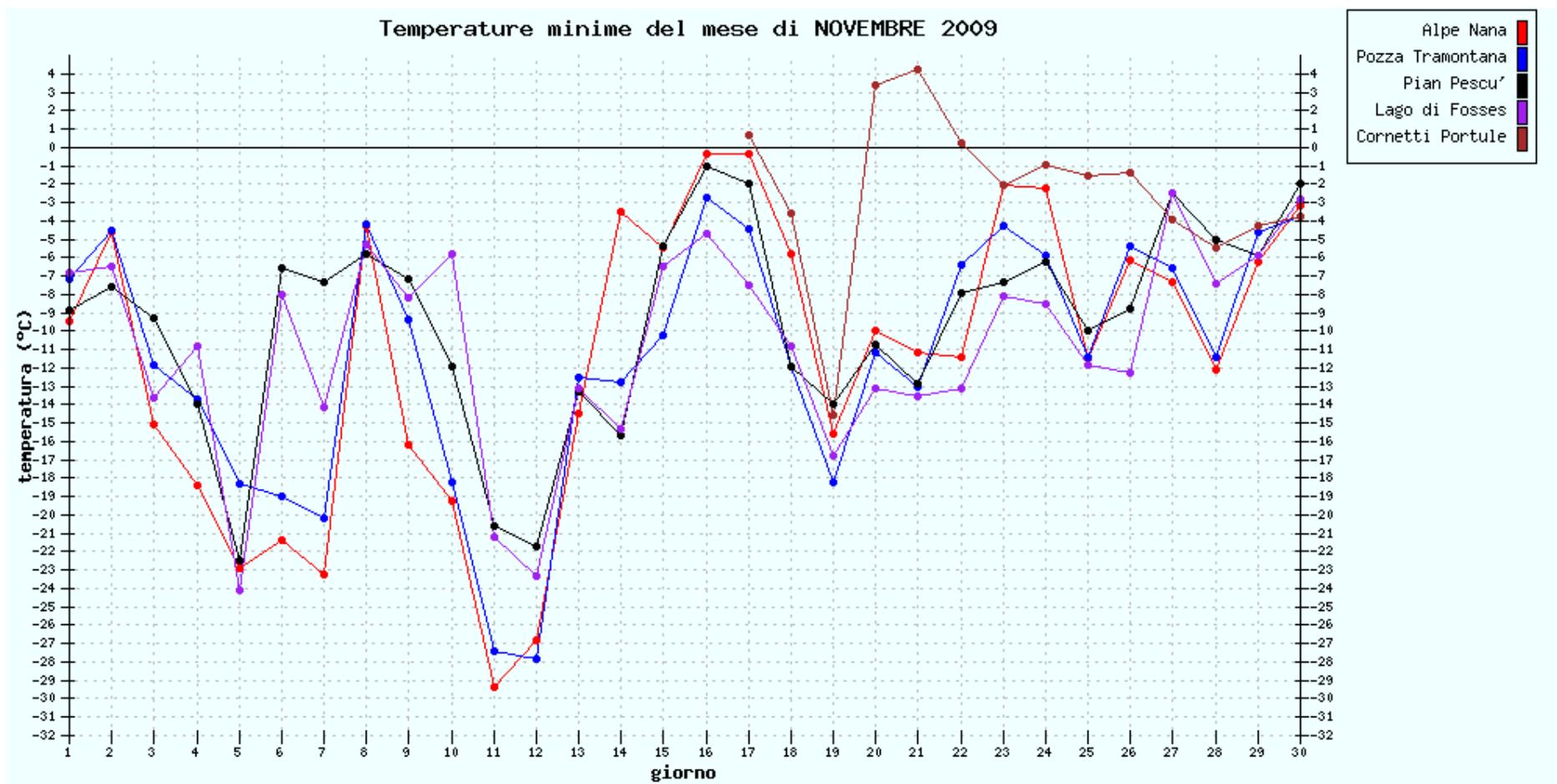
SITI DA 1.765 a 1.852 METRI s.l.m.



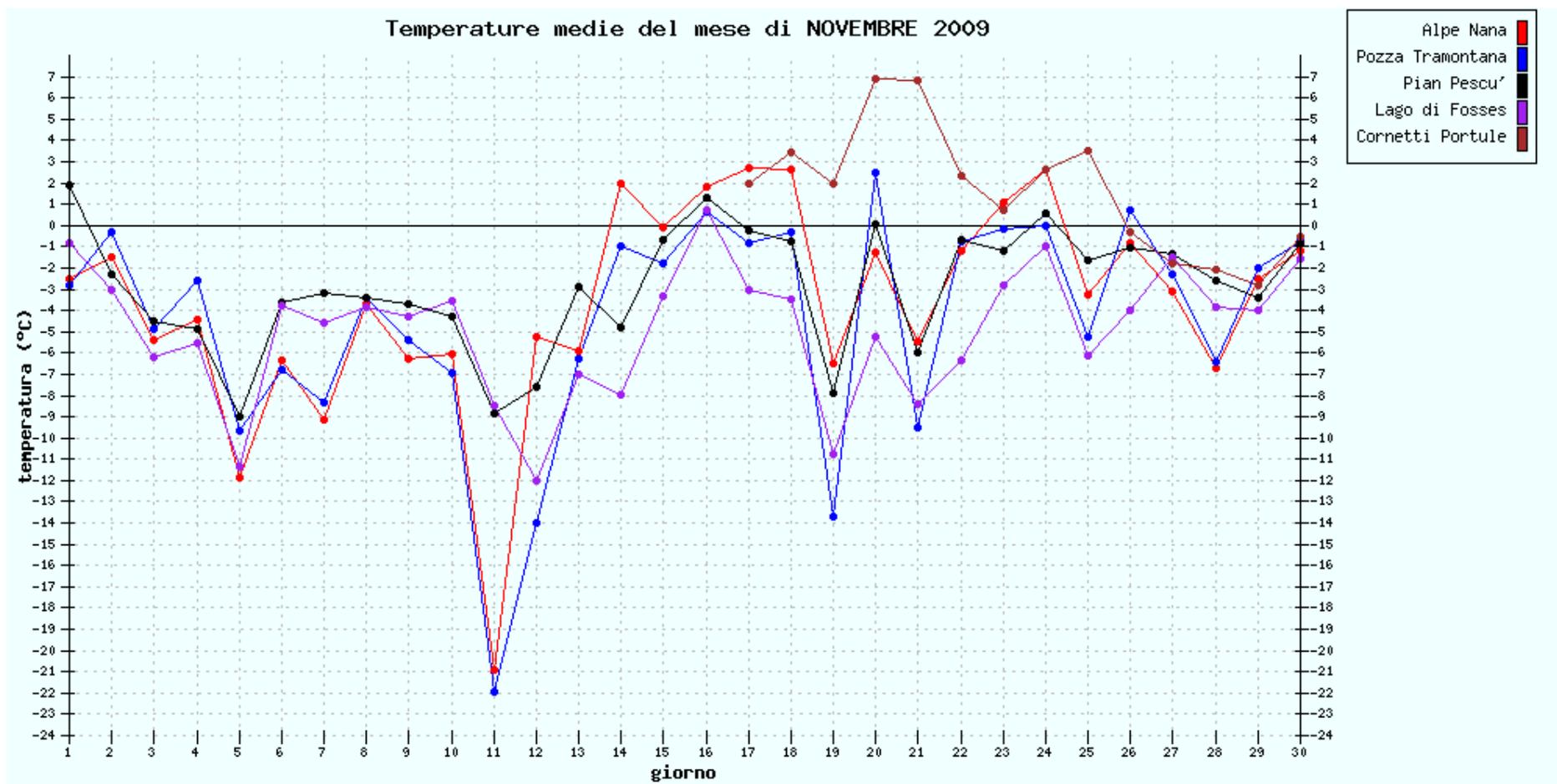
SITI DA 1.765 a 1.852 METRI s.l.m.



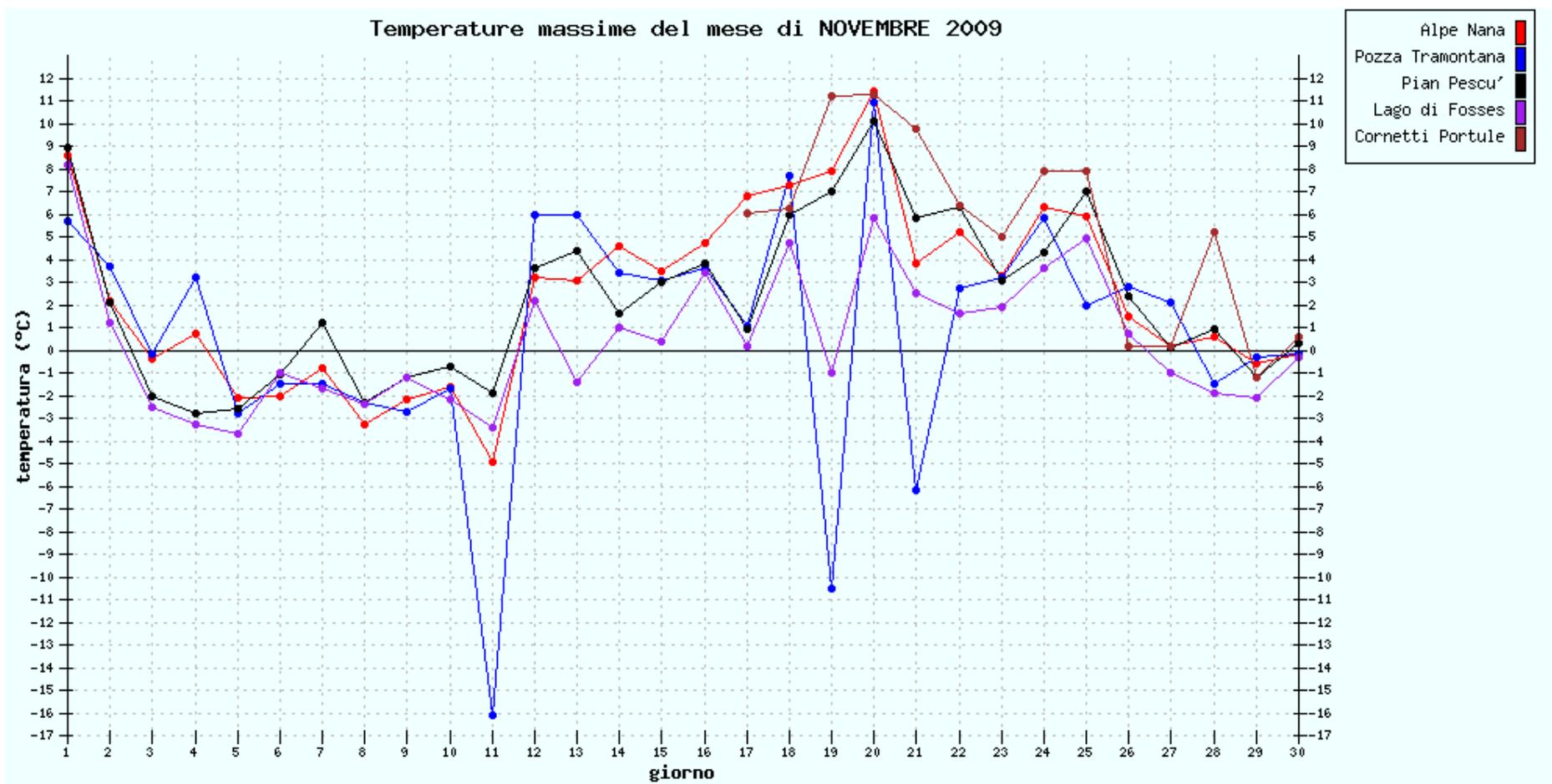
SITI DA 2.062 a 2.167 METRI s.l.m.



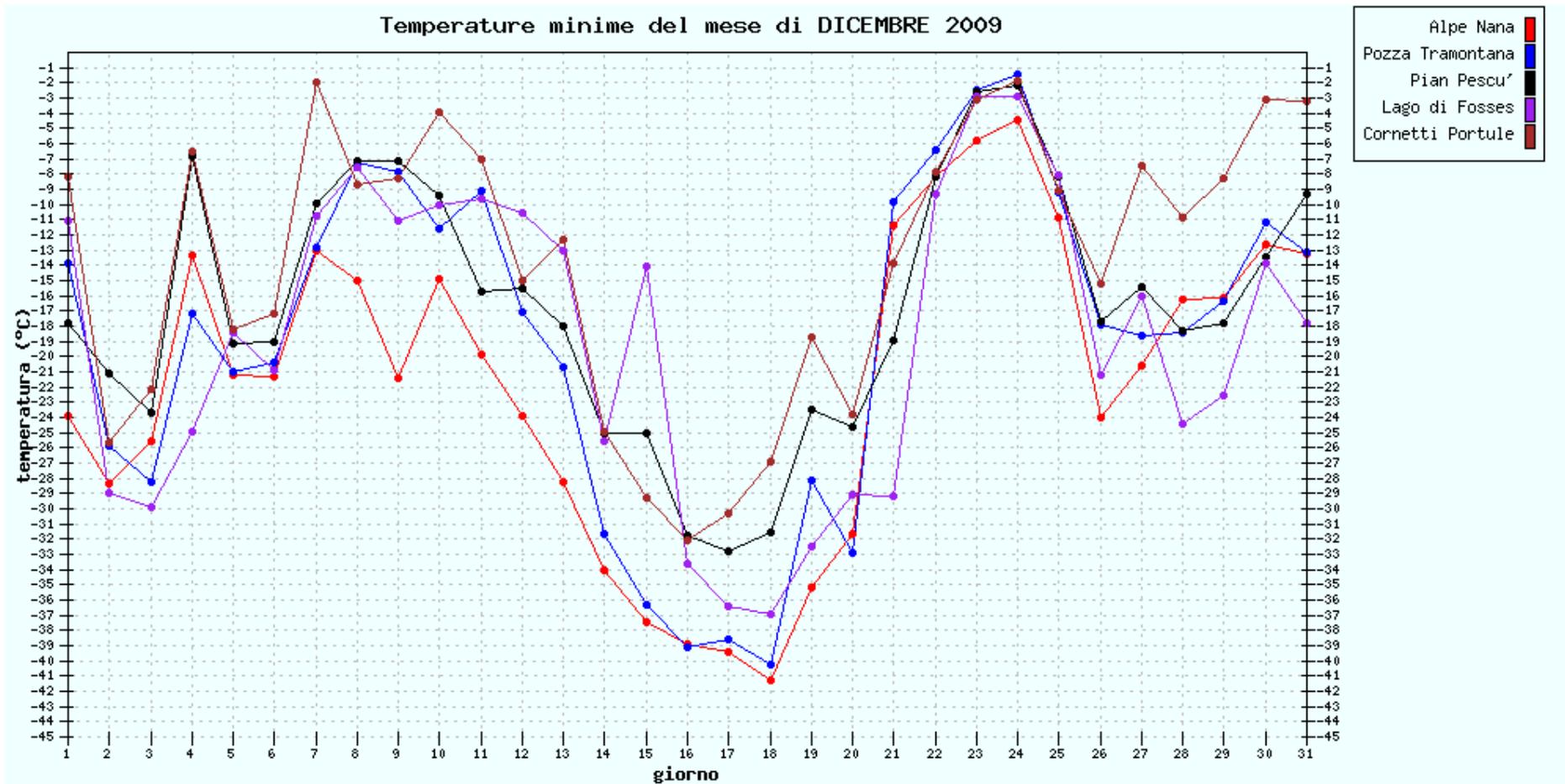
SITI DA 2.062 a 2.167 METRI s.l.m.



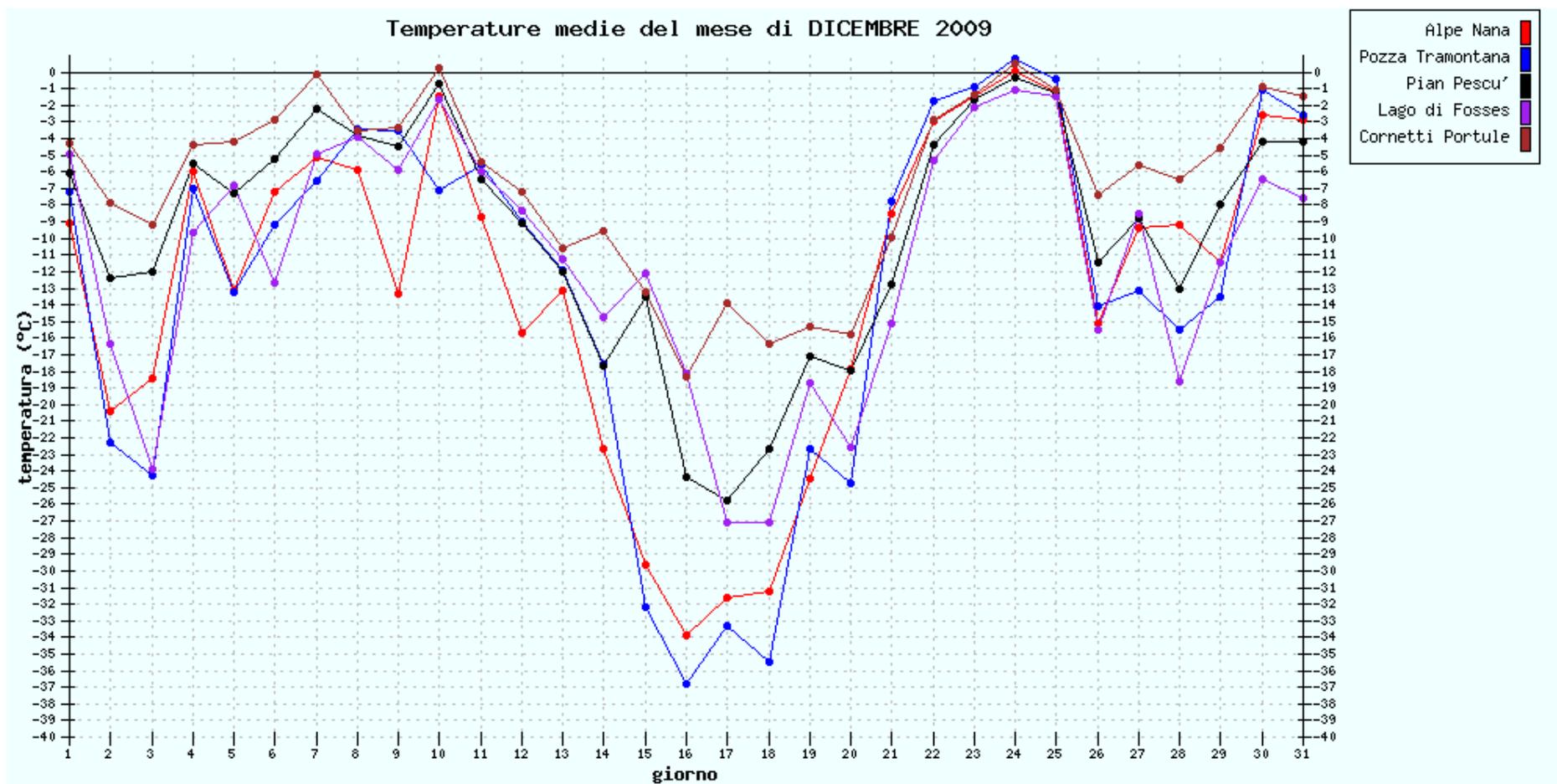
SITI DA 2.062 a 2.167 METRI s.l.m.



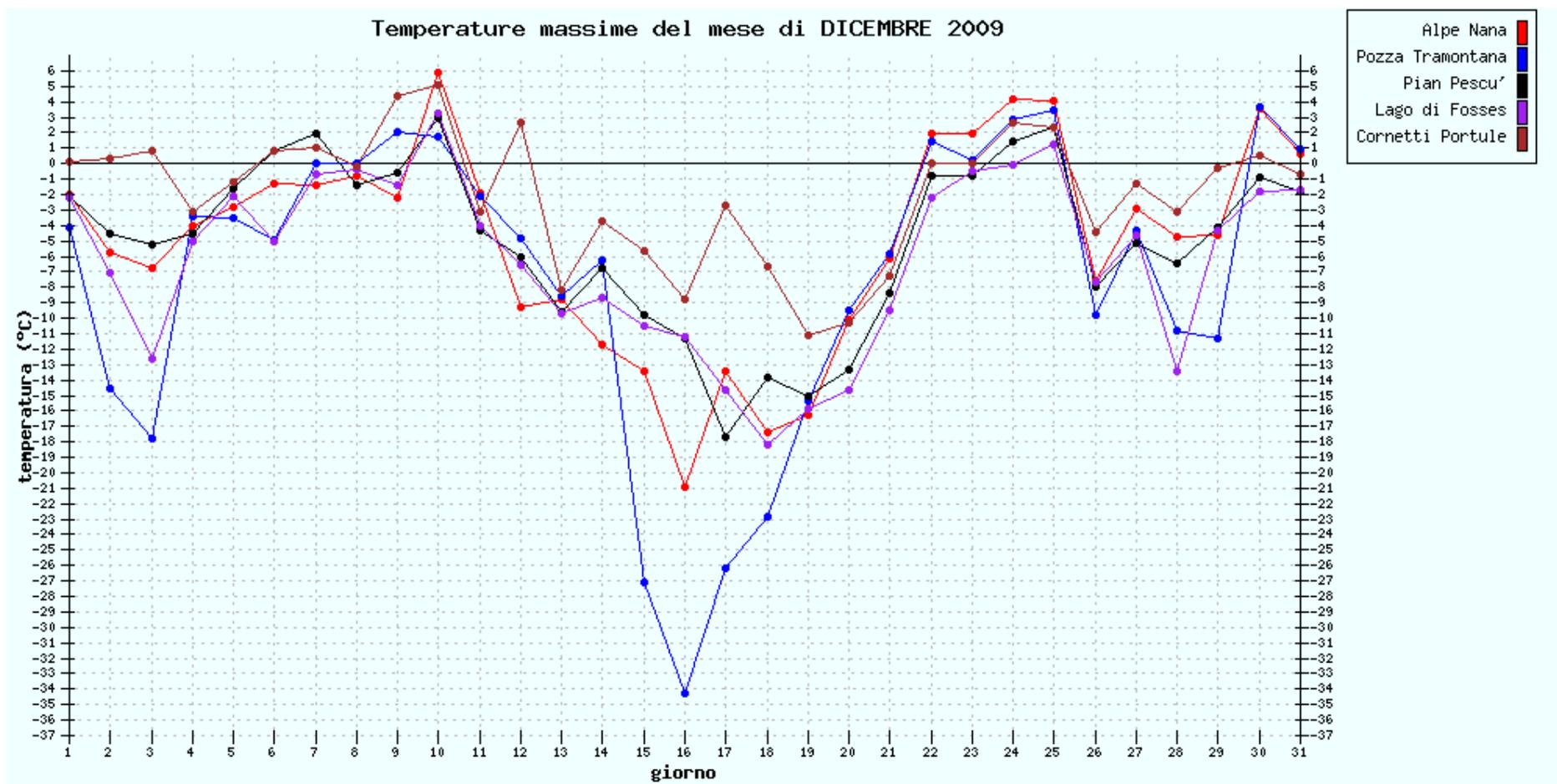
SITI DA 2.062 a 2.167 METRI s.l.m.



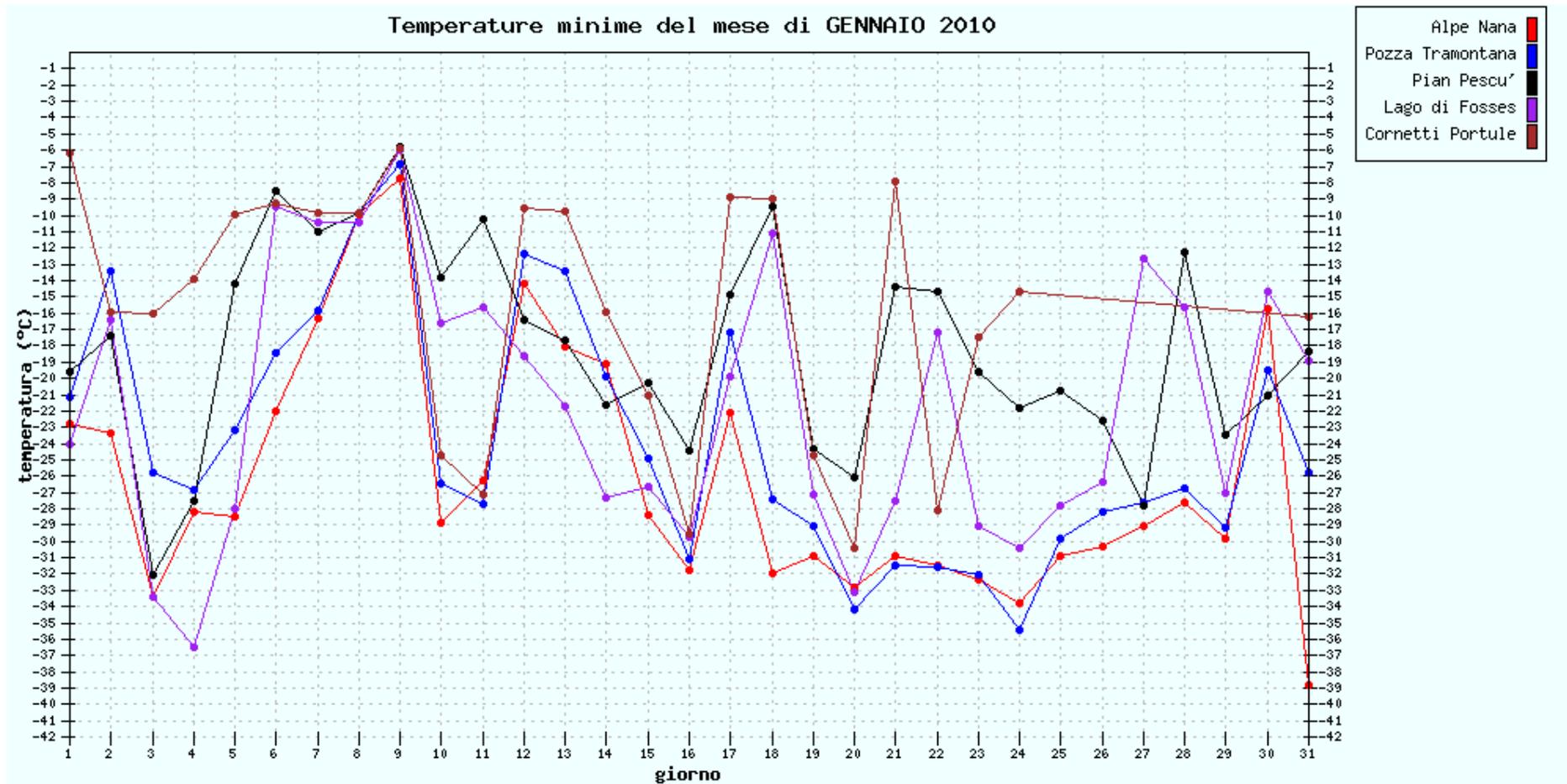
SITI DA 2.062 a 2.167 METRI s.l.m.



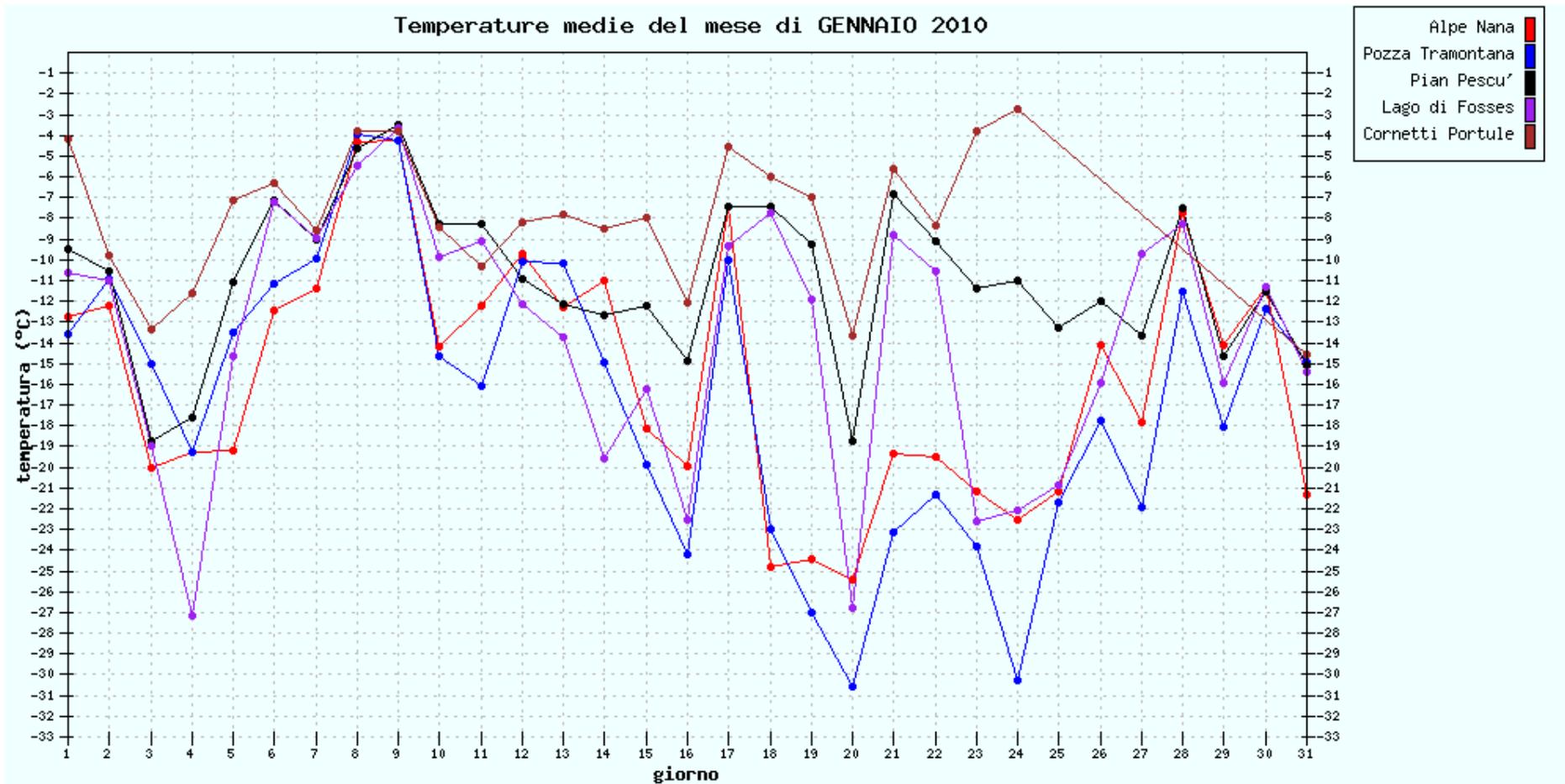
SITI DA 2.062 a 2.167 METRI s.l.m.



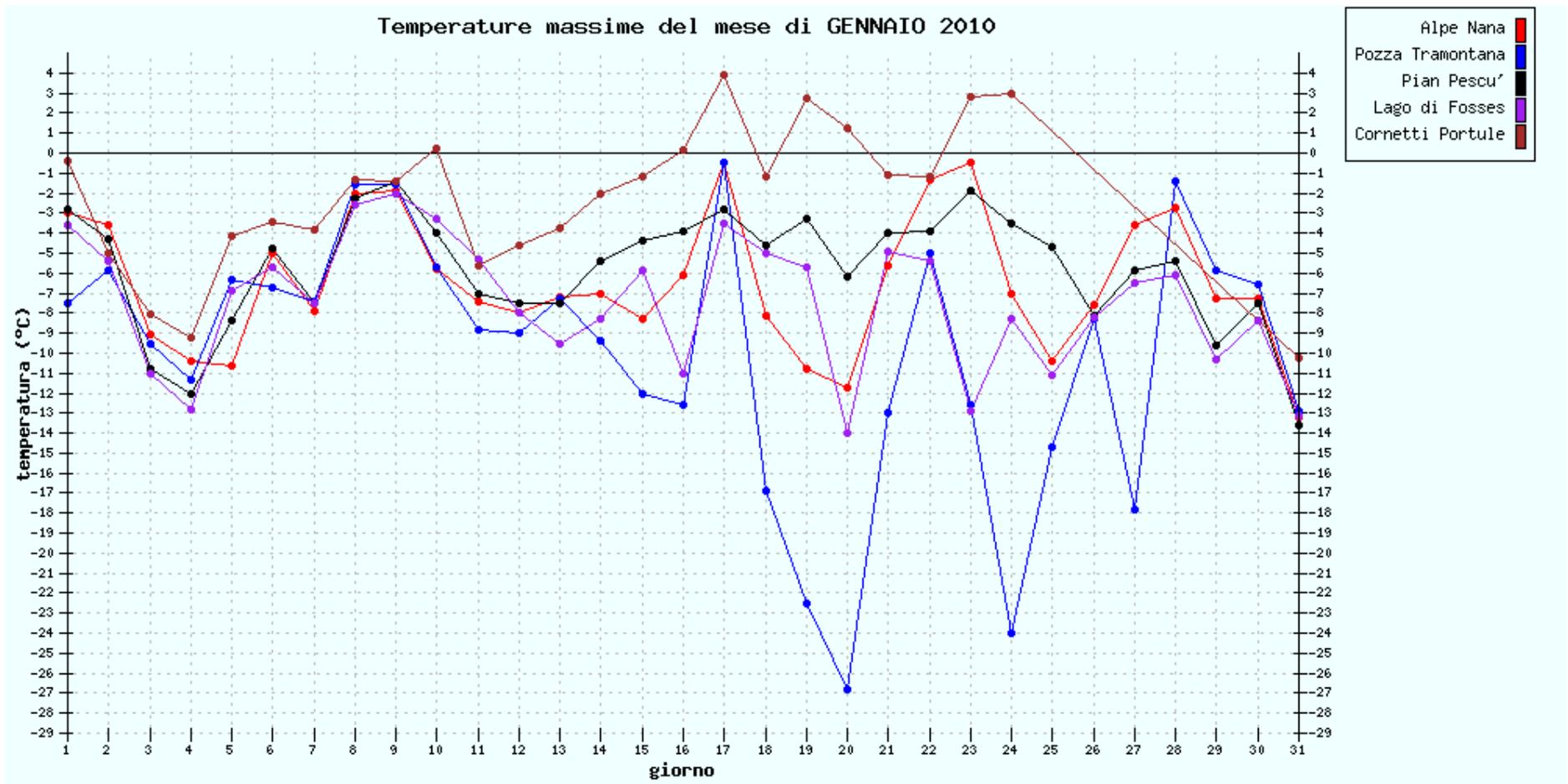
SITI DA 2.062 a 2.167 METRI s.l.m.



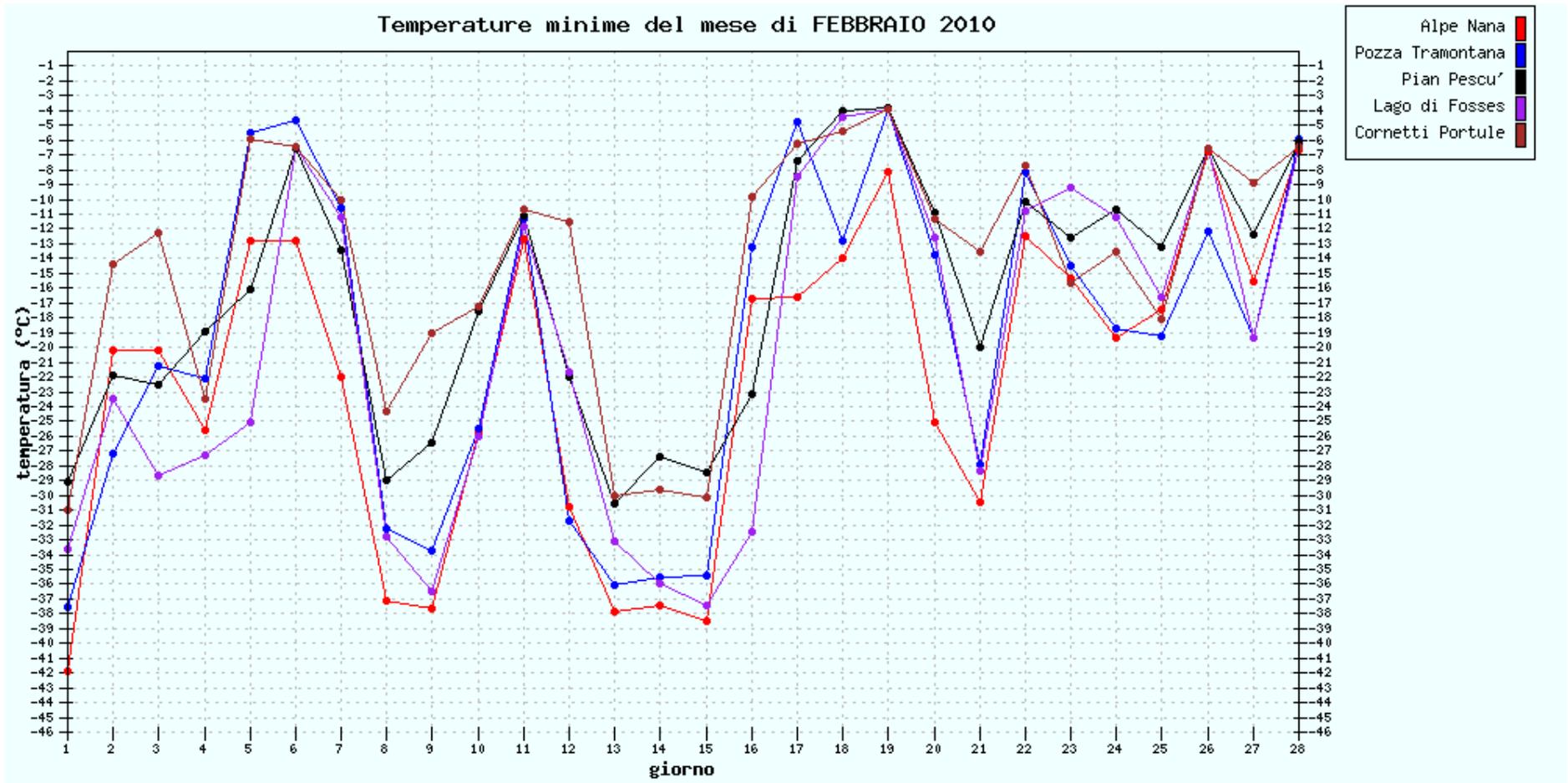
SITI DA 2.062 a 2.167 METRI s.l.m.



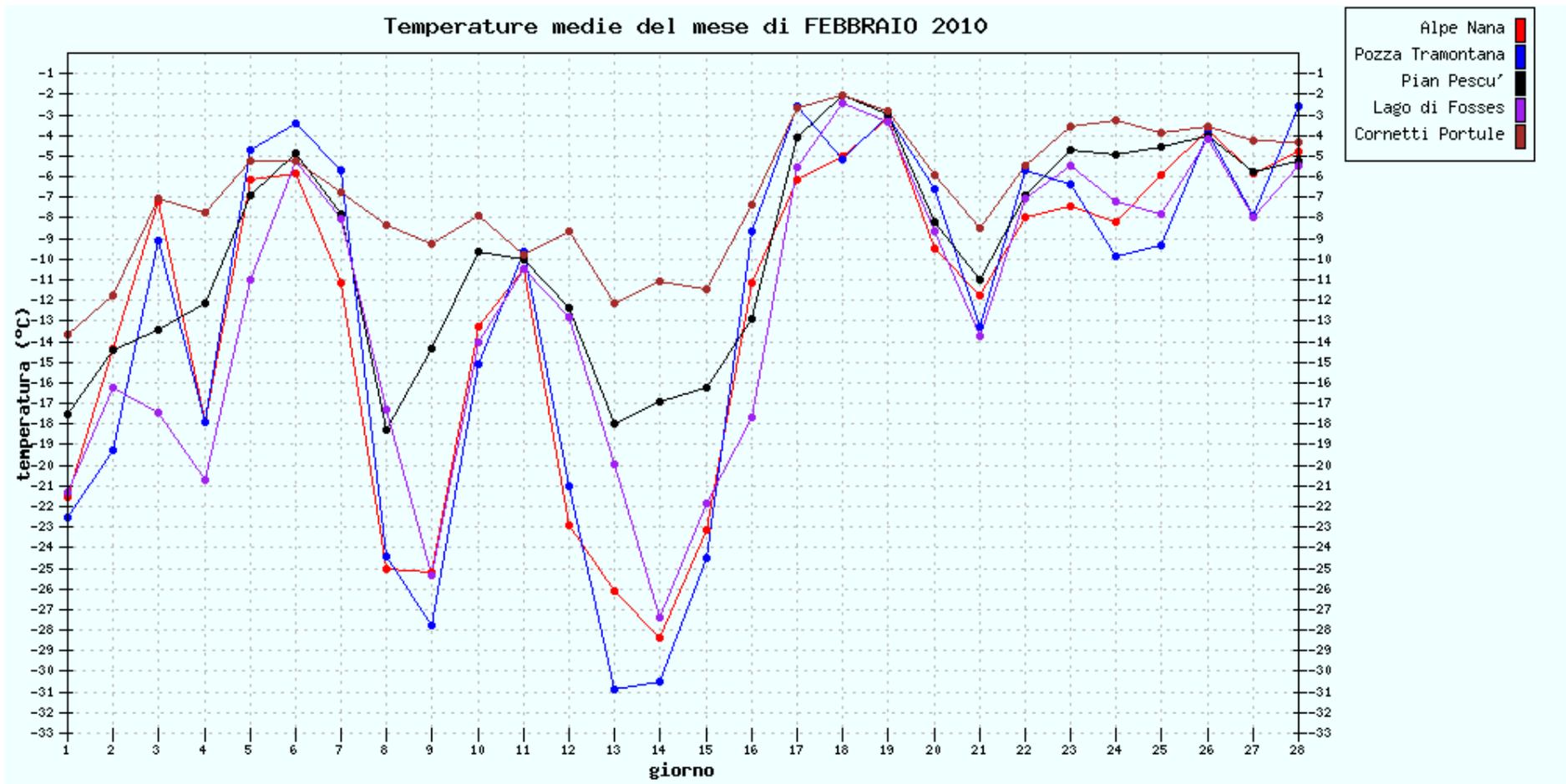
SITI DA 2.062 a 2.167 METRI s.l.m.



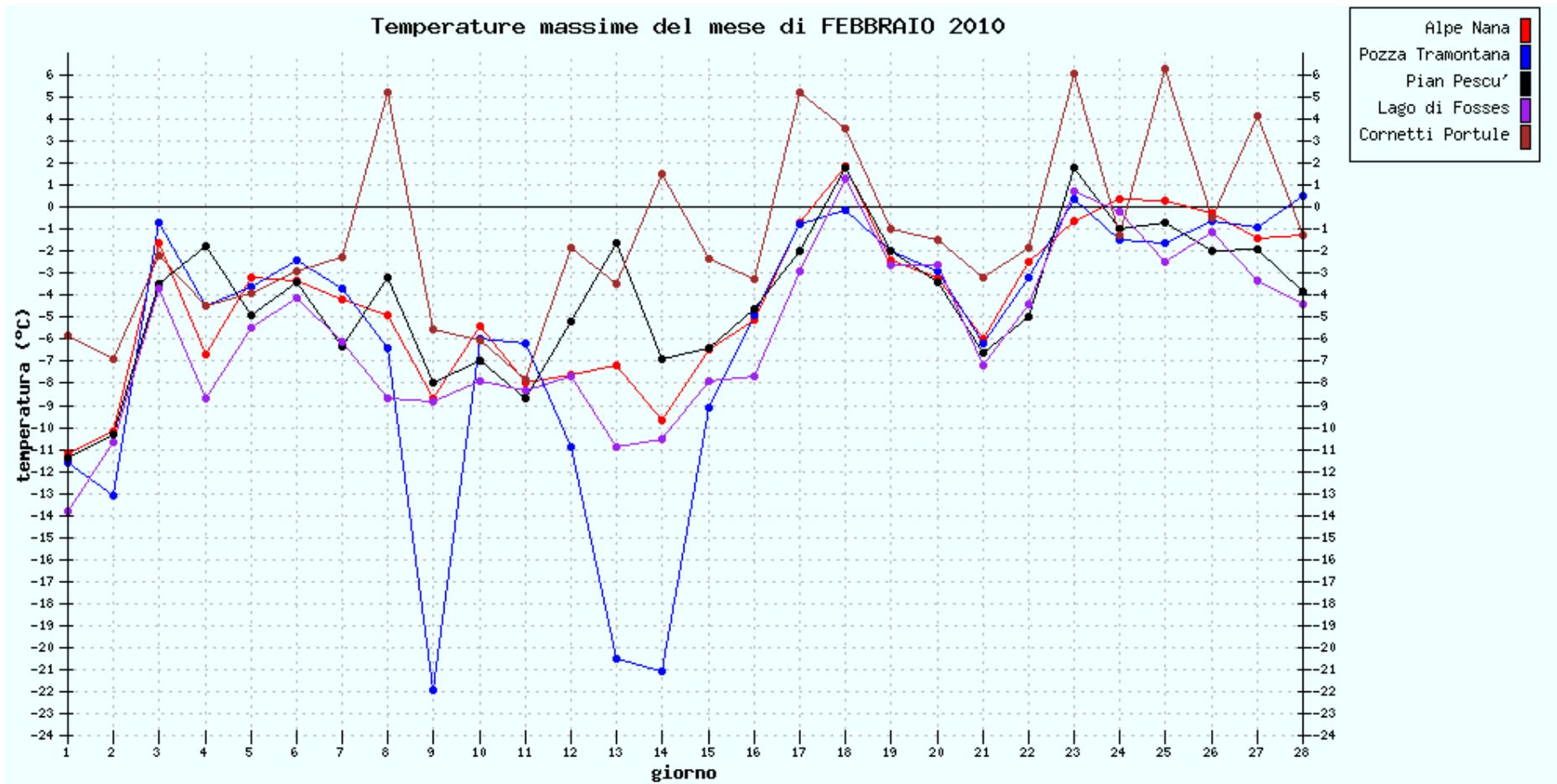
SITI DA 2.062 a 2.167 METRI s.l.m.



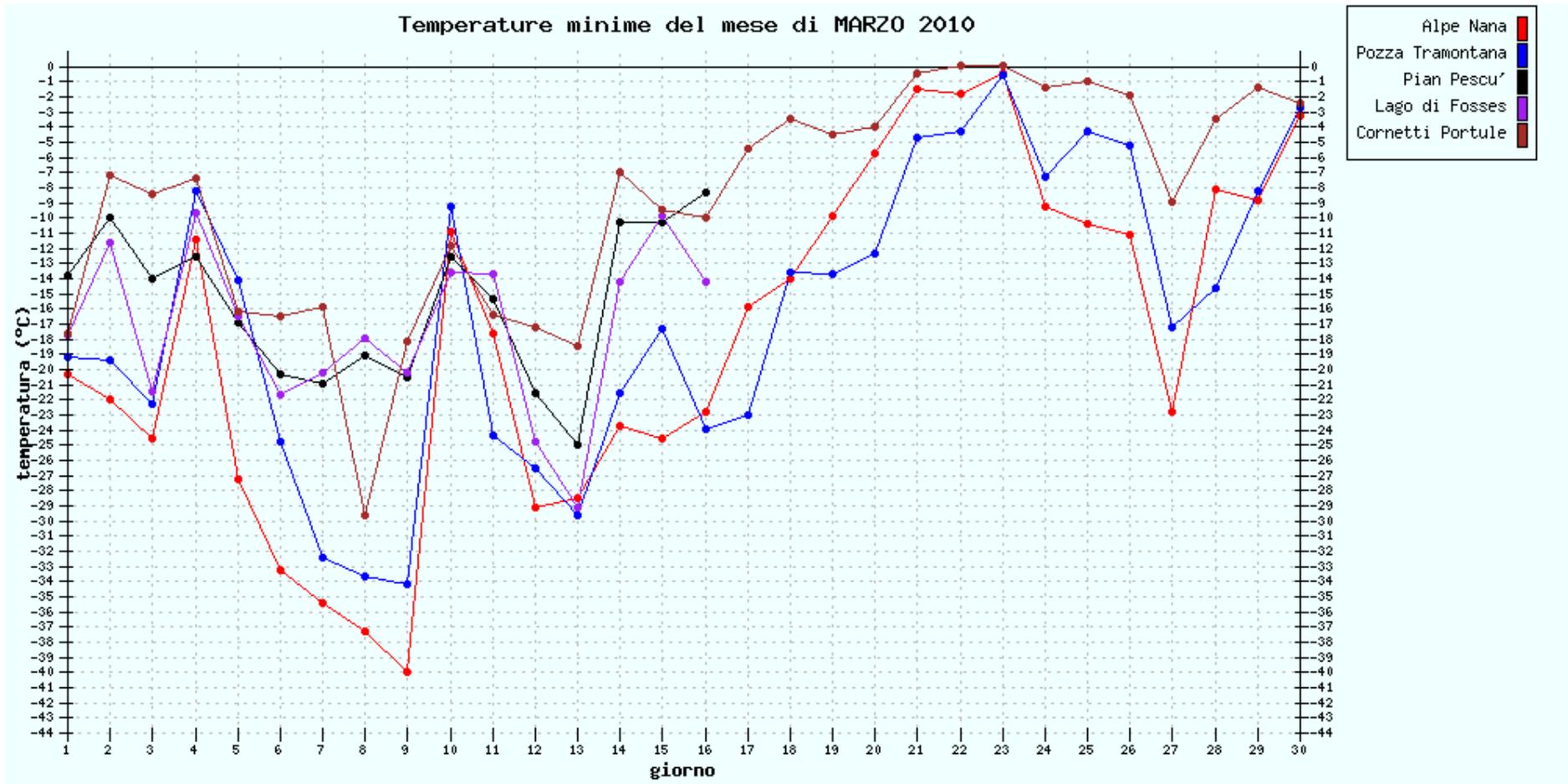
SITI DA 2.062 a 2.167 METRI s.l.m.



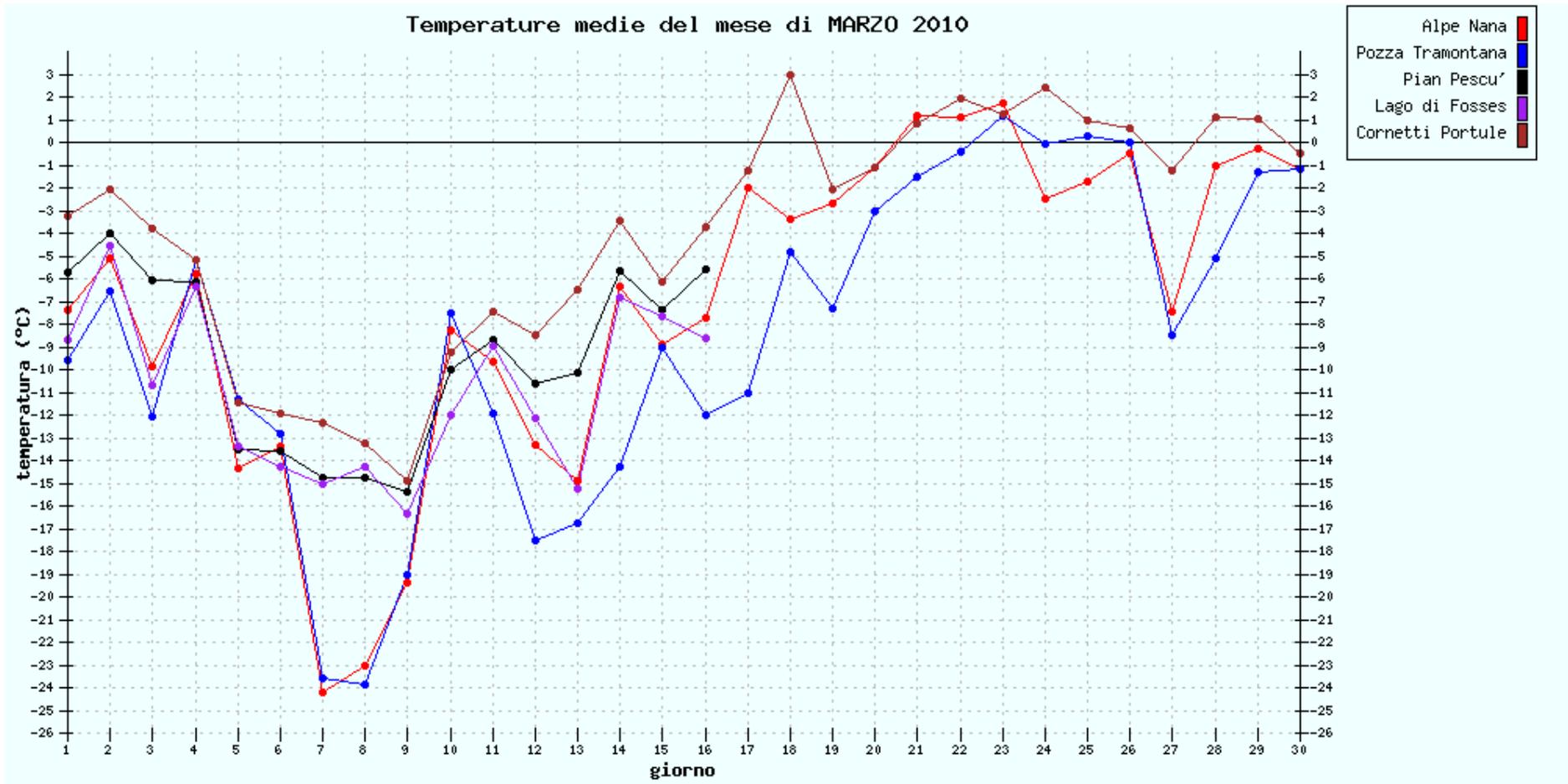
SITI DA 2.062 a 2.167 METRI s.l.m.



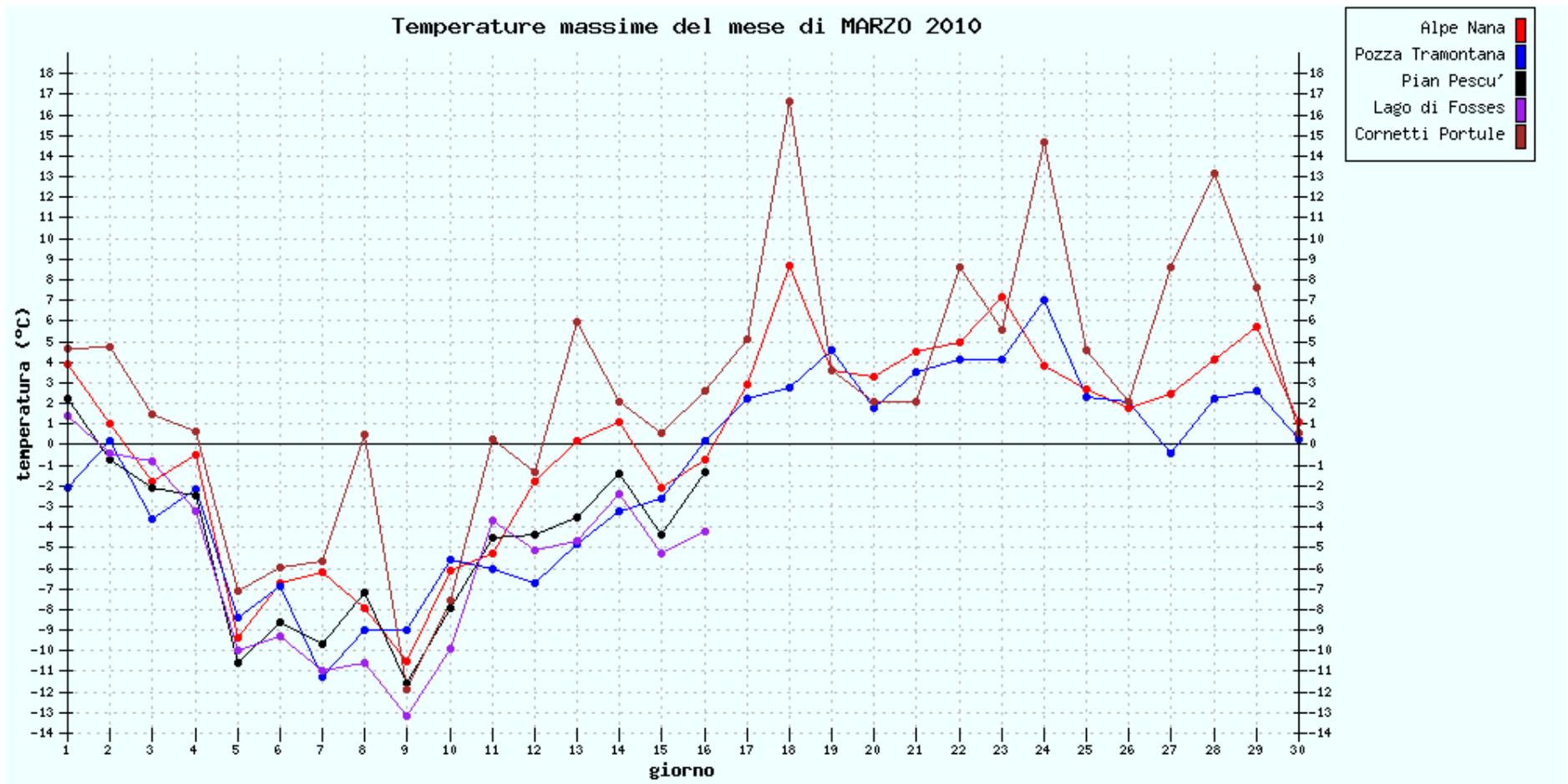
SITI DA 2.062 a 2.167 METRI s.l.m.



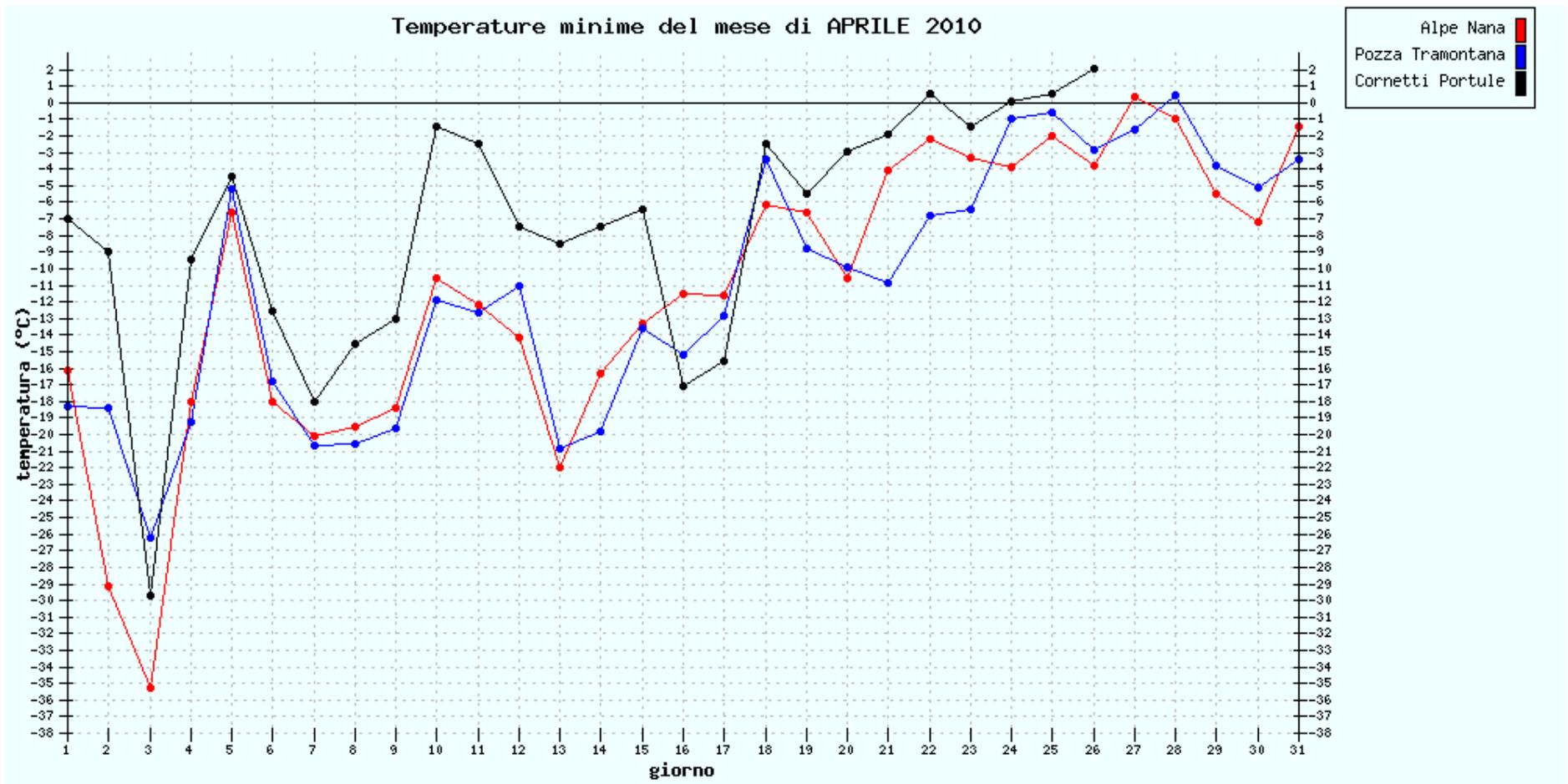
SITI DA 2.062 a 2.167 METRI s.l.m.



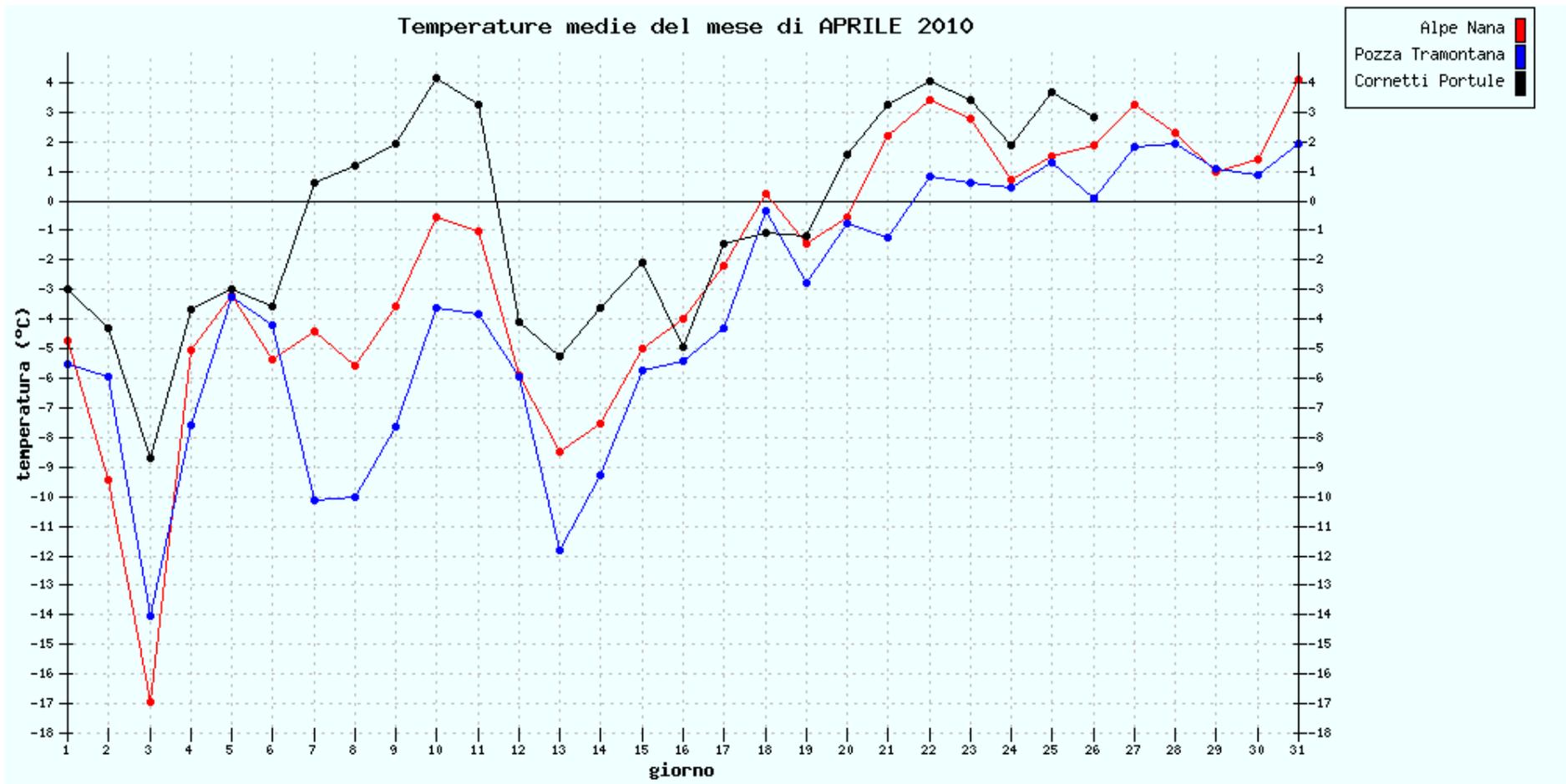
SITI DA 2.062 a 2.167 METRI s.l.m.



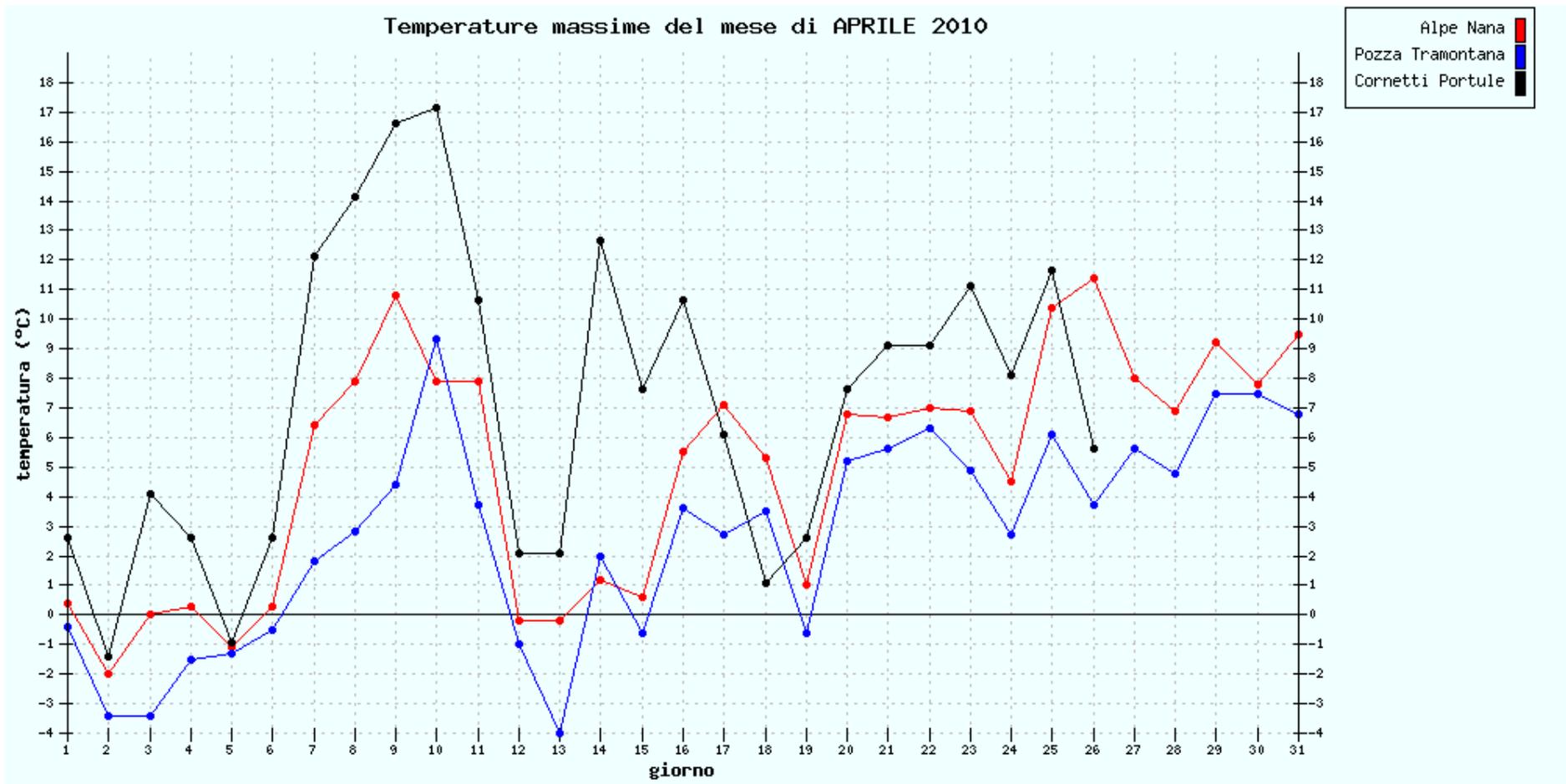
SITI DA 2.062 a 2.167 METRI s.l.m.



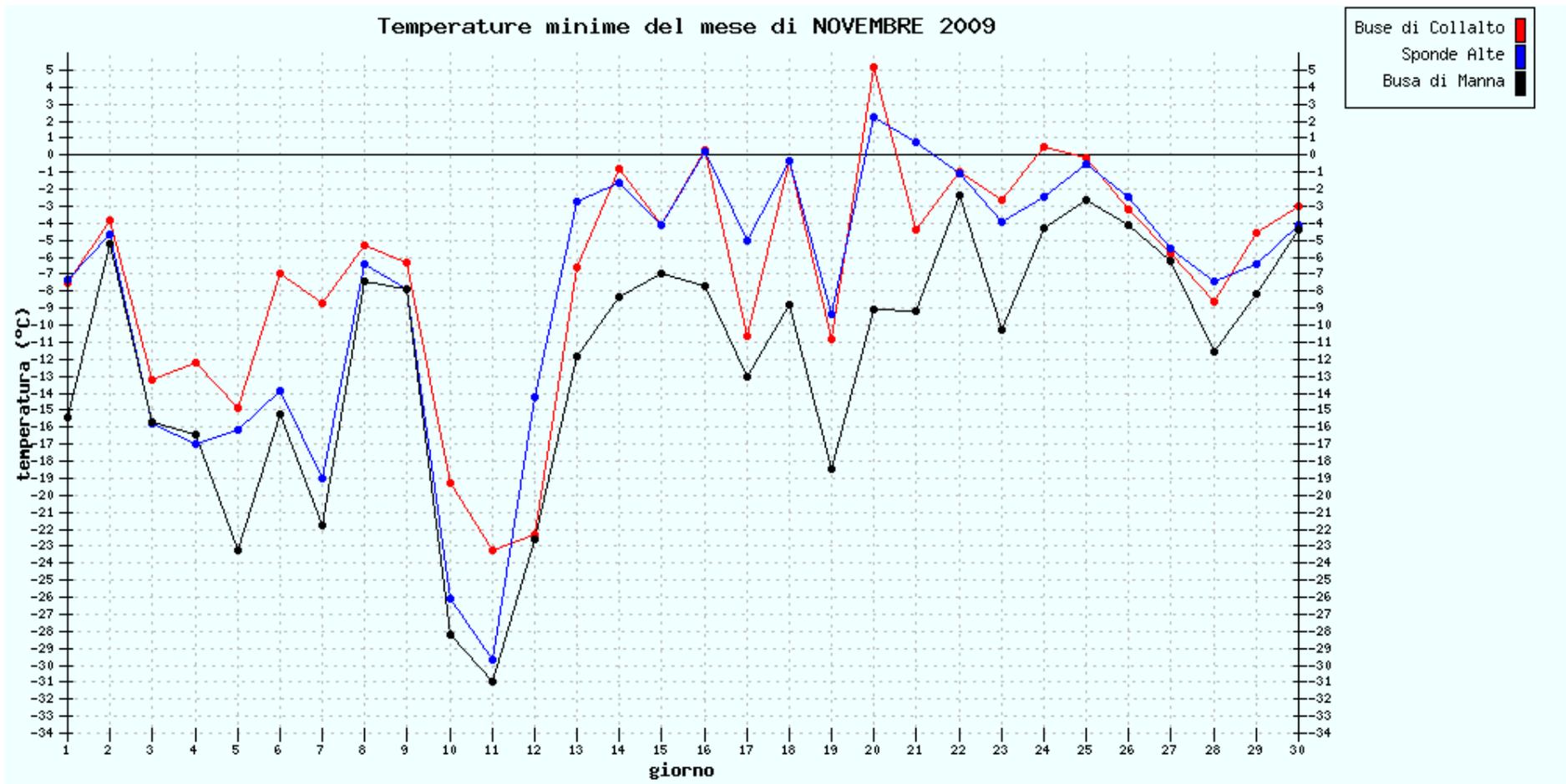
SITI DA 2.062 a 2.167 METRI s.l.m.



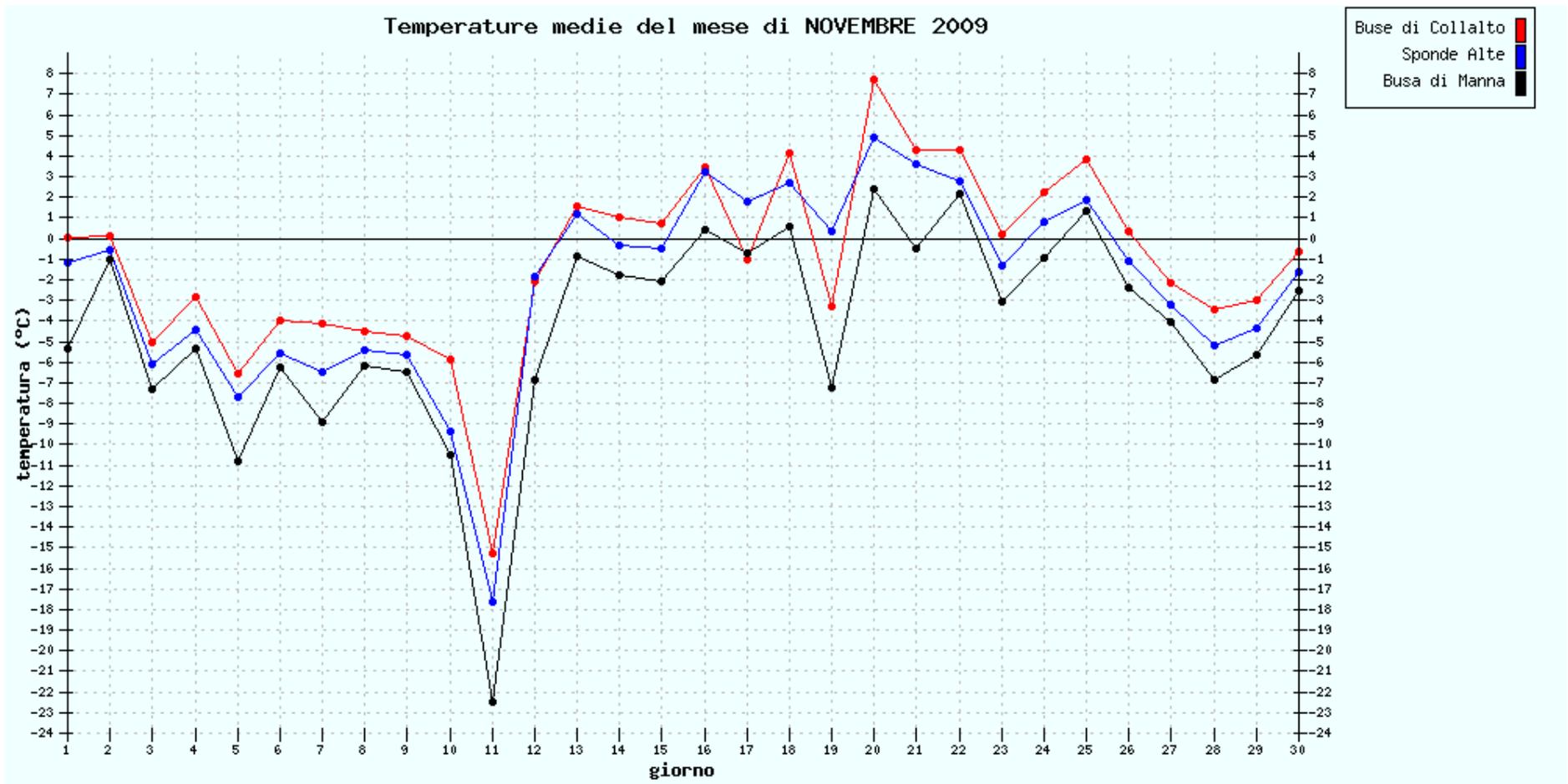
SITI DA 2.062 a 2.167 METRI s.l.m.



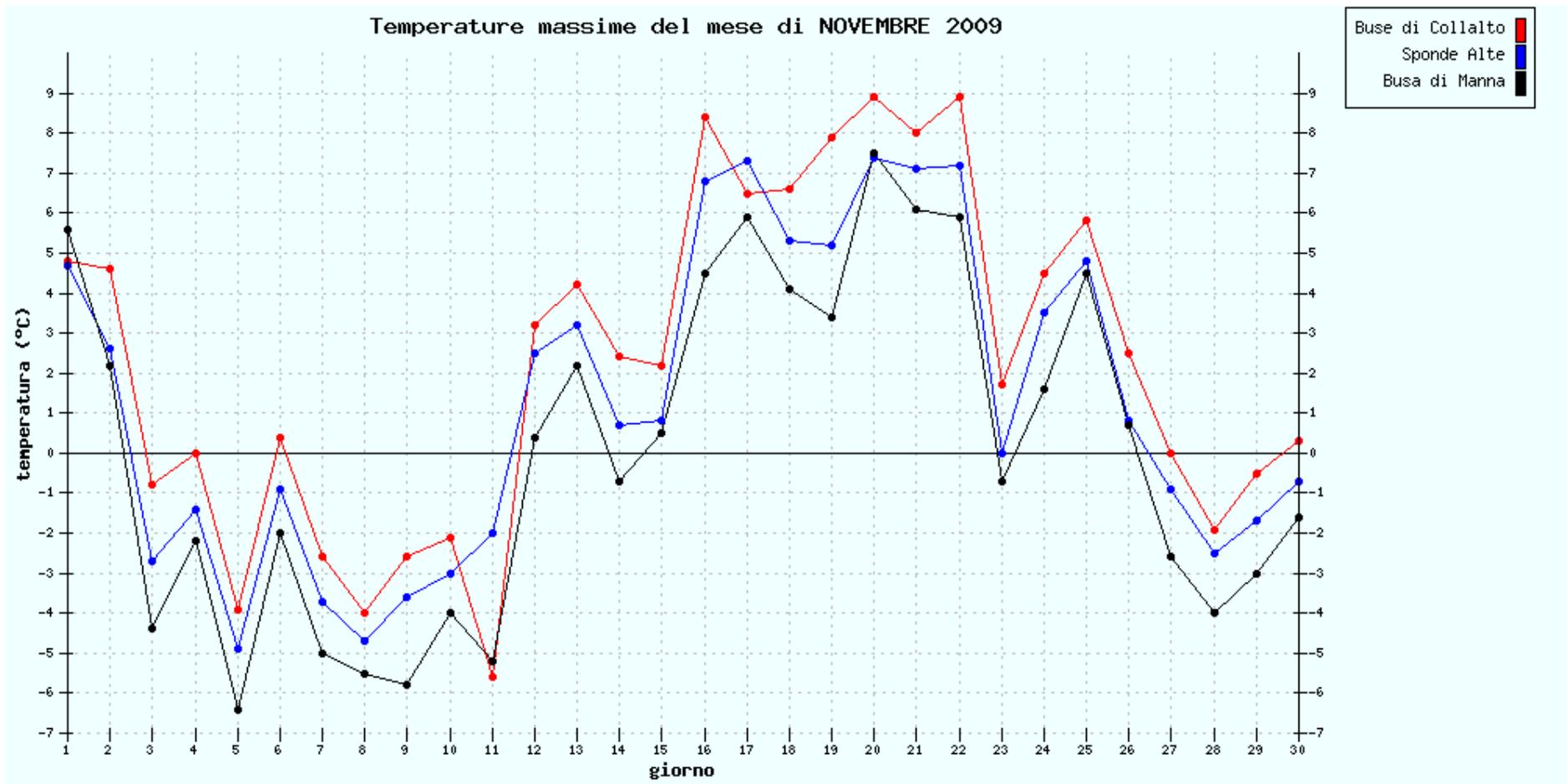
SITI DA 2.267 a 2.546 METRI s.l.m.



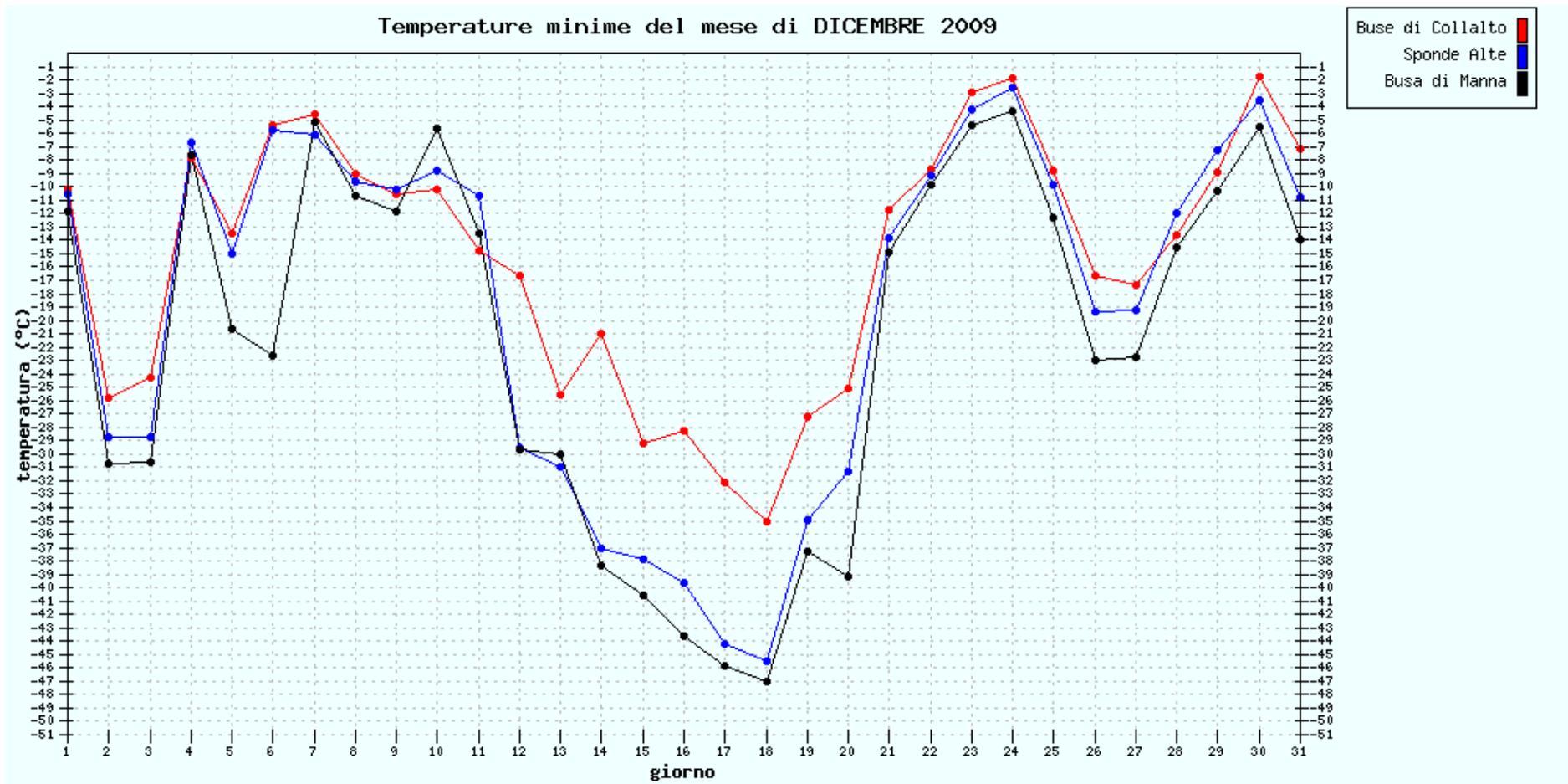
SITI DA 2.267 a 2.546 METRI s.l.m.



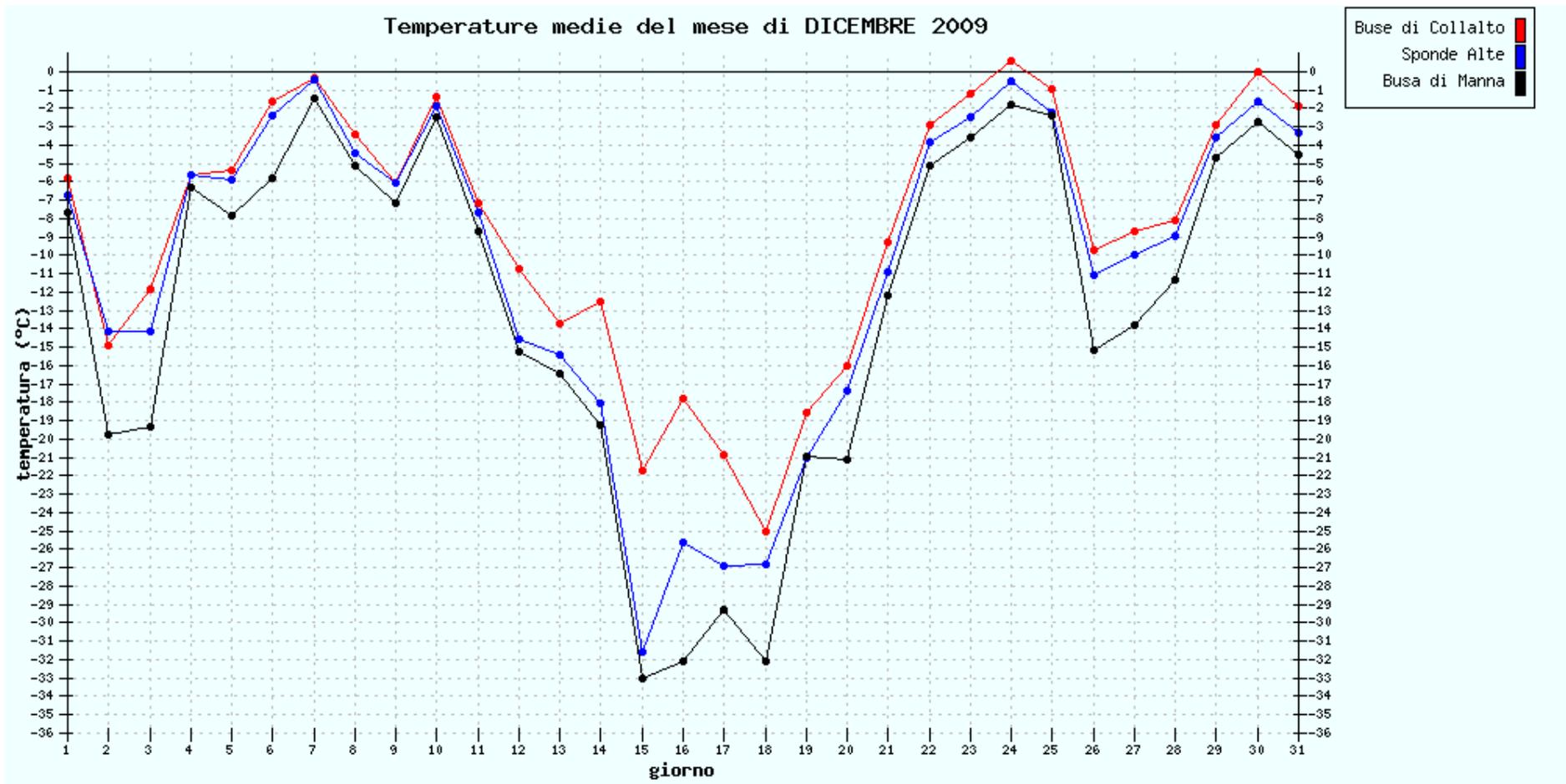
SITI DA 2.267 a 2.546 METRI s.l.m.



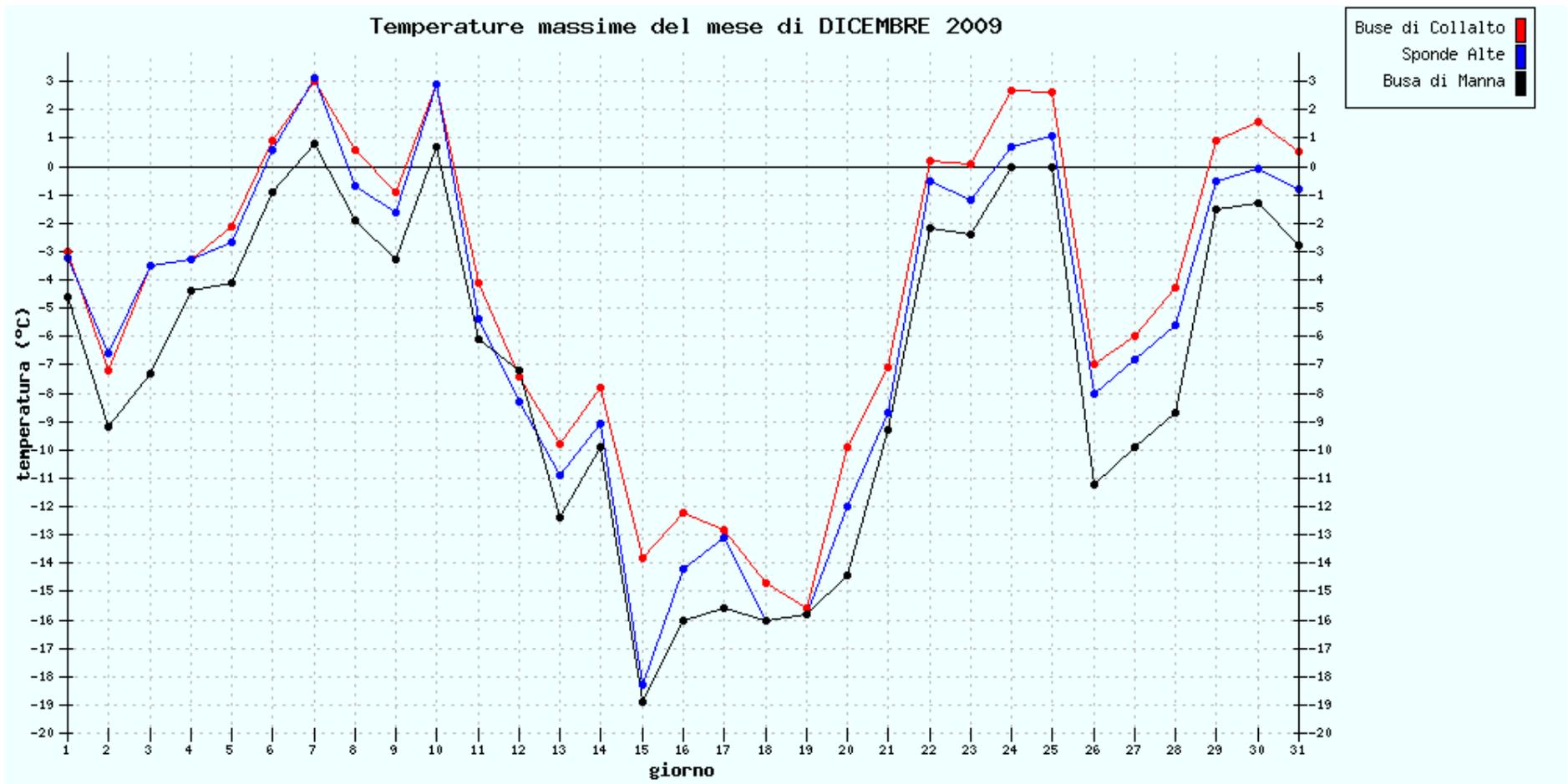
SITI DA 2.267 a 2.546 METRI s.l.m.



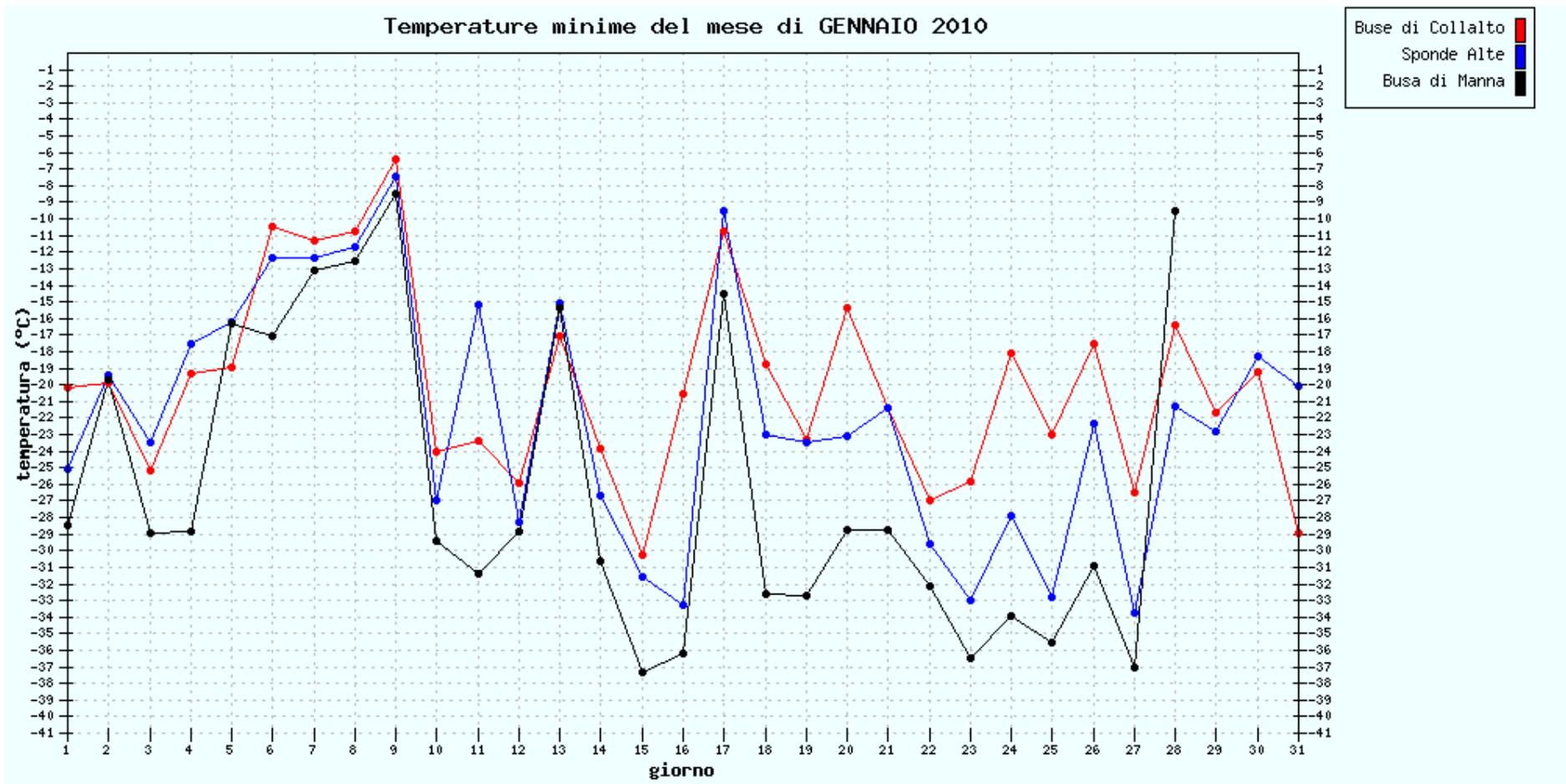
SITI DA 2.267 a 2.546 METRI s.l.m.



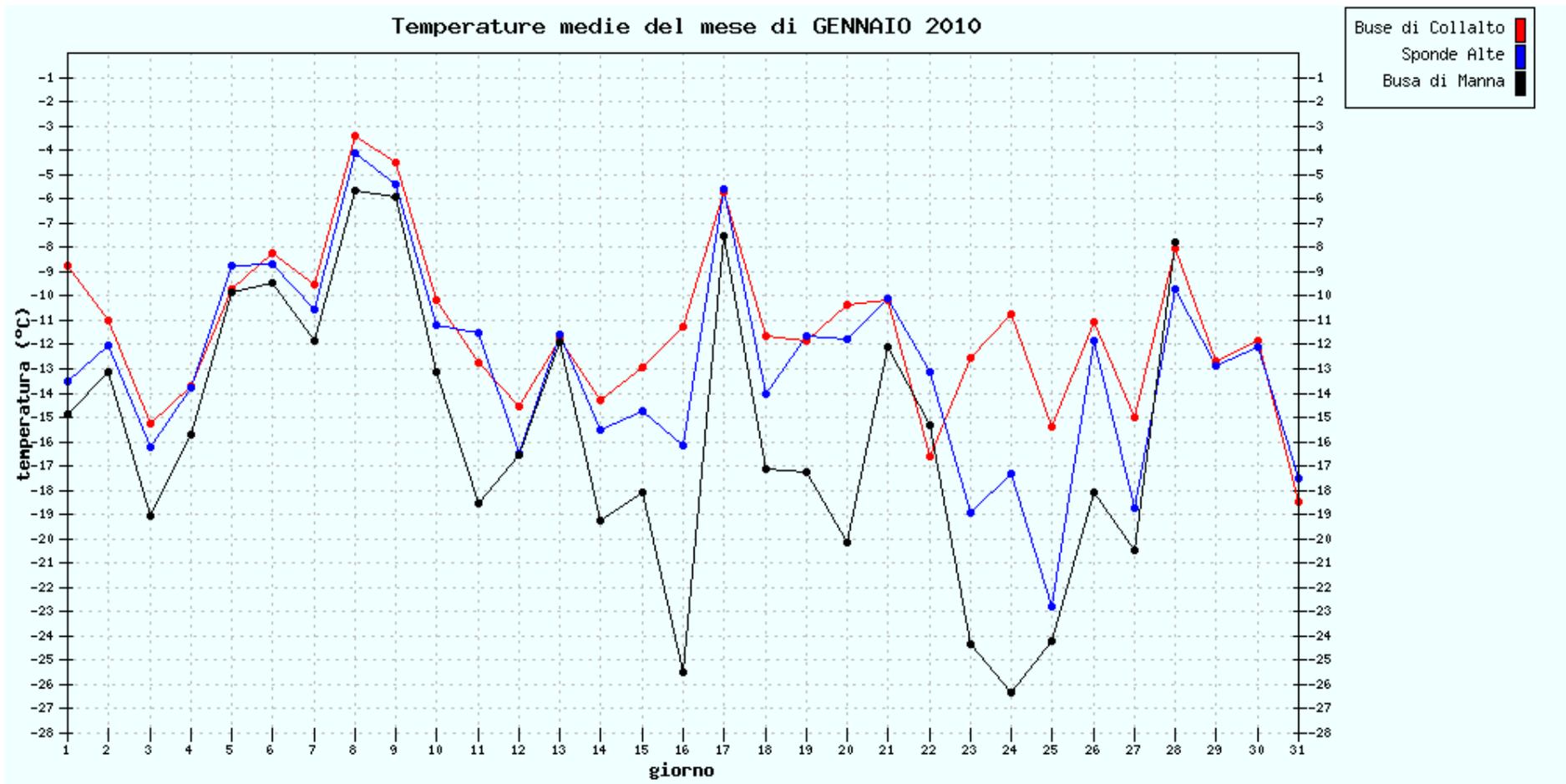
SITI DA 2.267 a 2.546 METRI s.l.m.



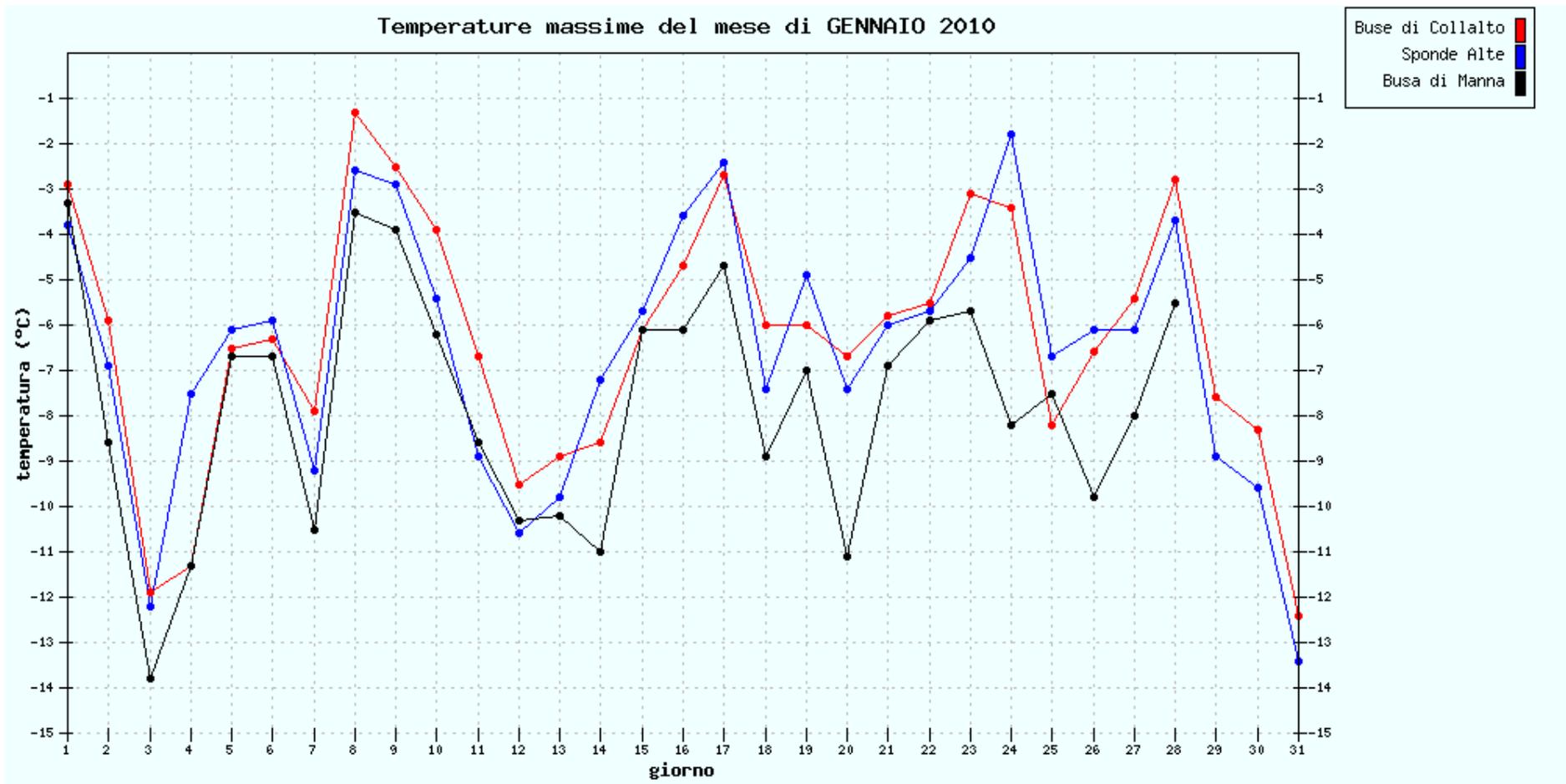
SITI DA 2.267 a 2.546 METRI s.l.m.



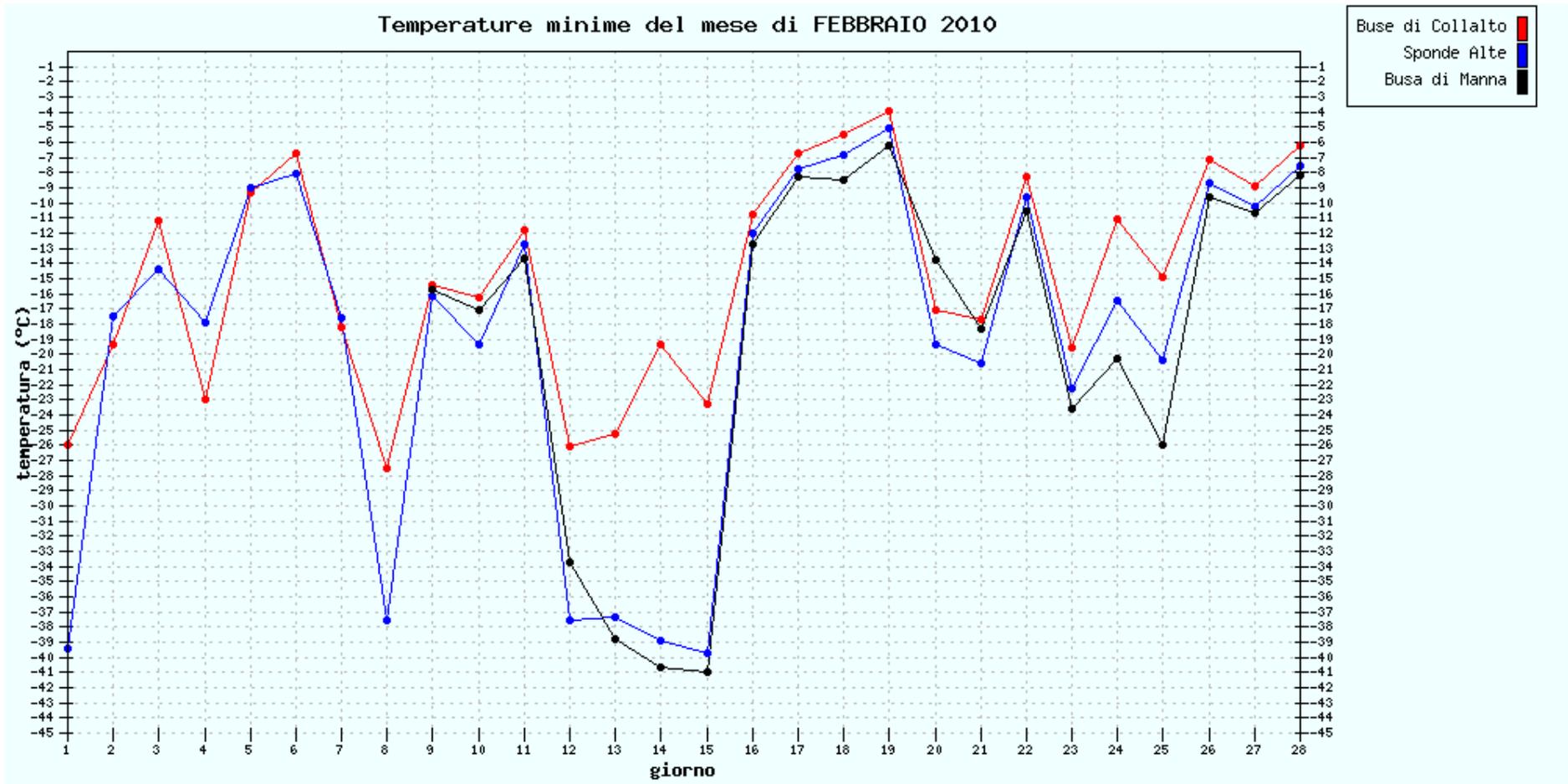
SITI DA 2.267 a 2.546 METRI s.l.m.



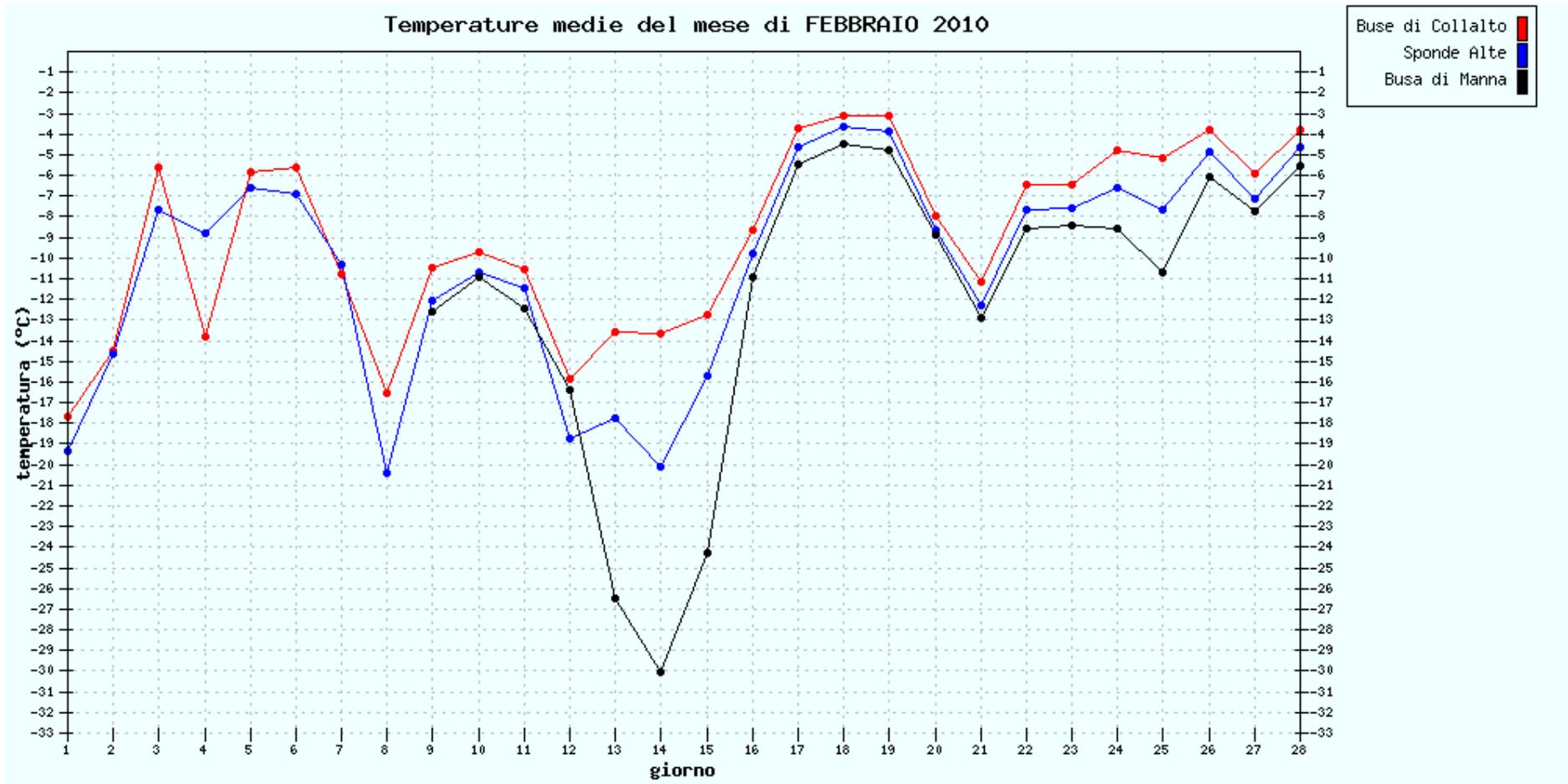
SITI DA 2.267 a 2.546 METRI s.l.m.



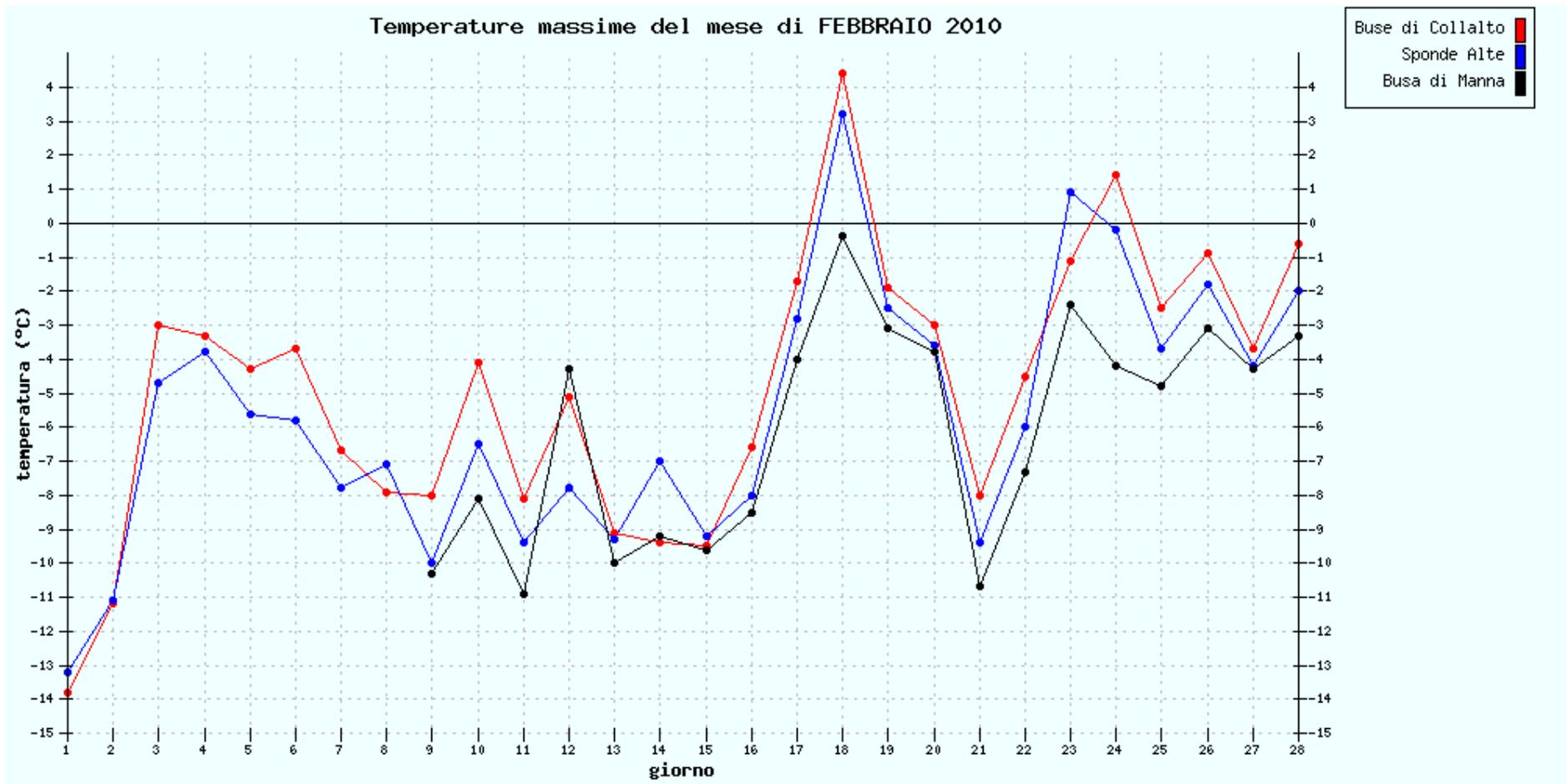
SITI DA 2.267 a 2.546 METRI s.l.m.



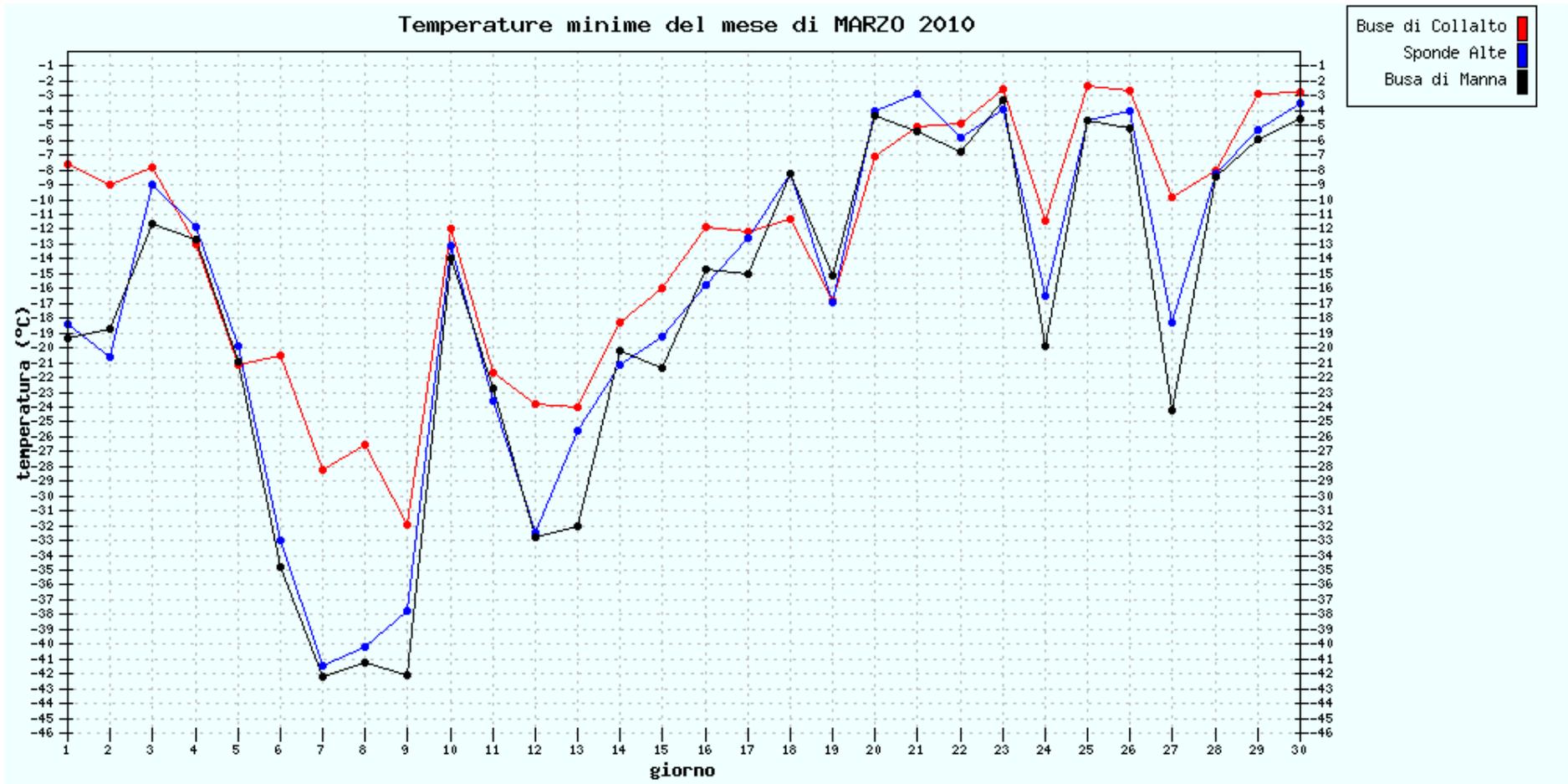
SITI DA 2.267 a 2.546 METRI s.l.m.



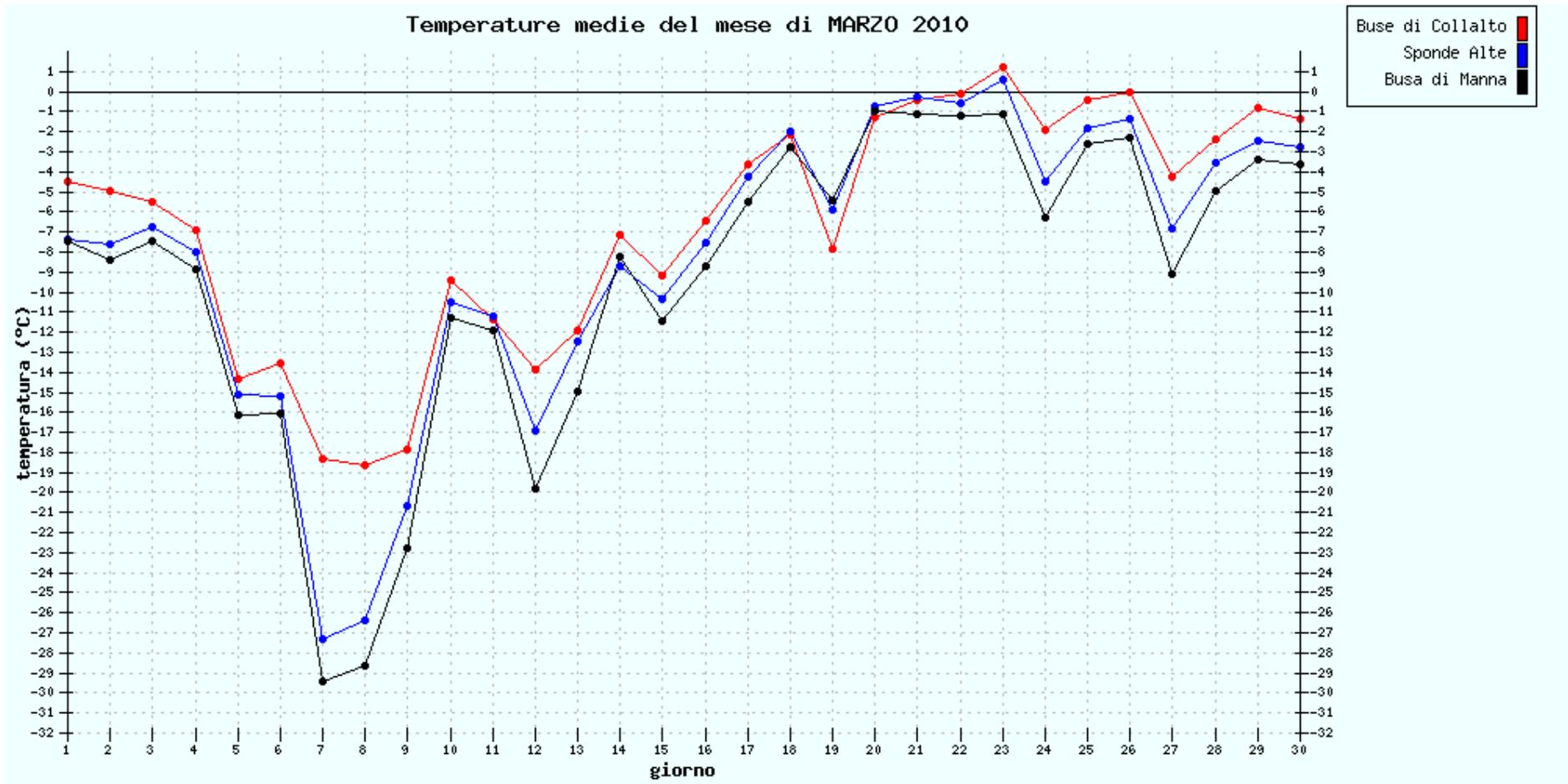
SITI DA 2.267 a 2.546 METRI s.l.m.



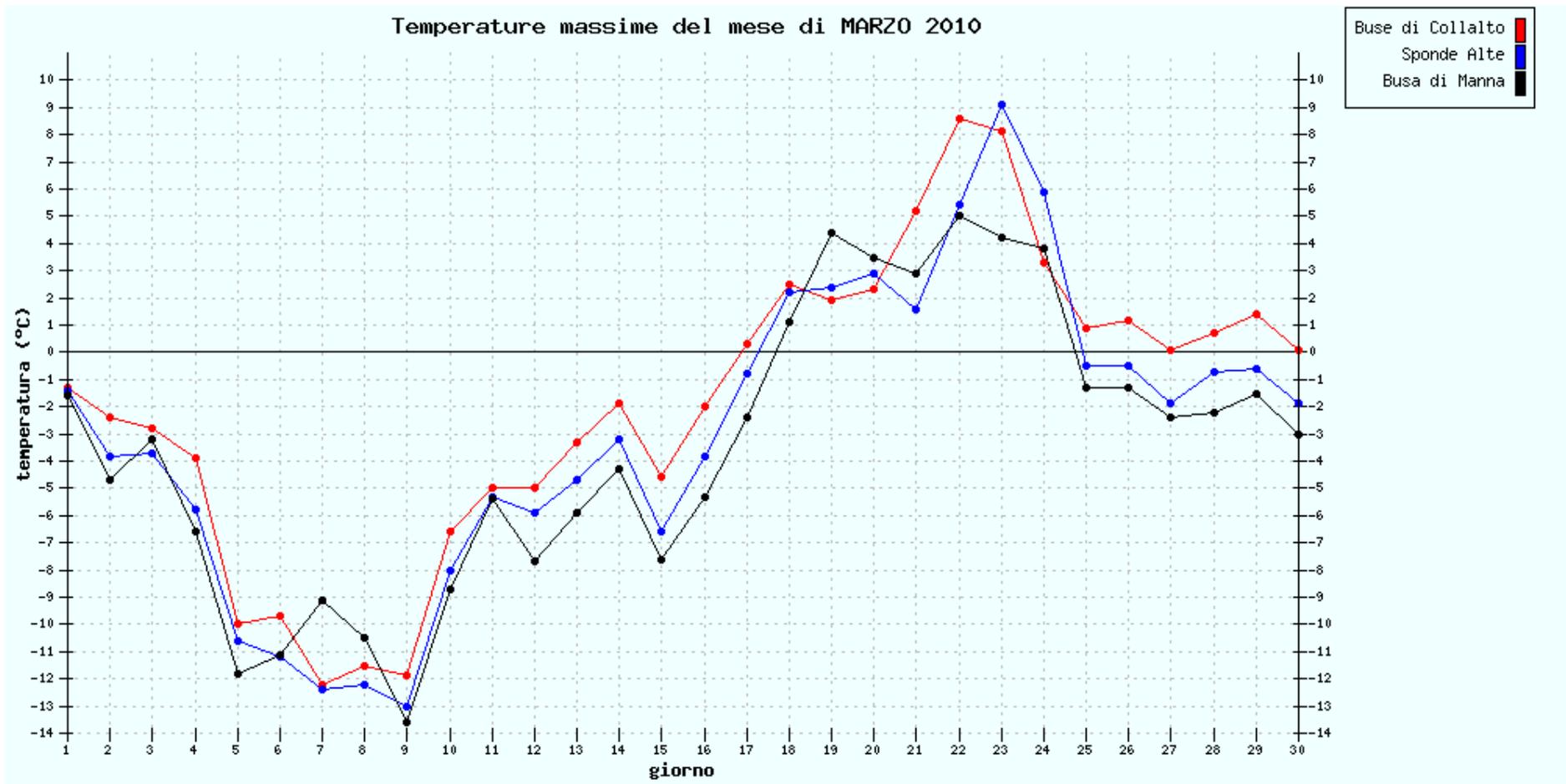
SITI DA 2.267 a 2.546 METRI s.l.m.



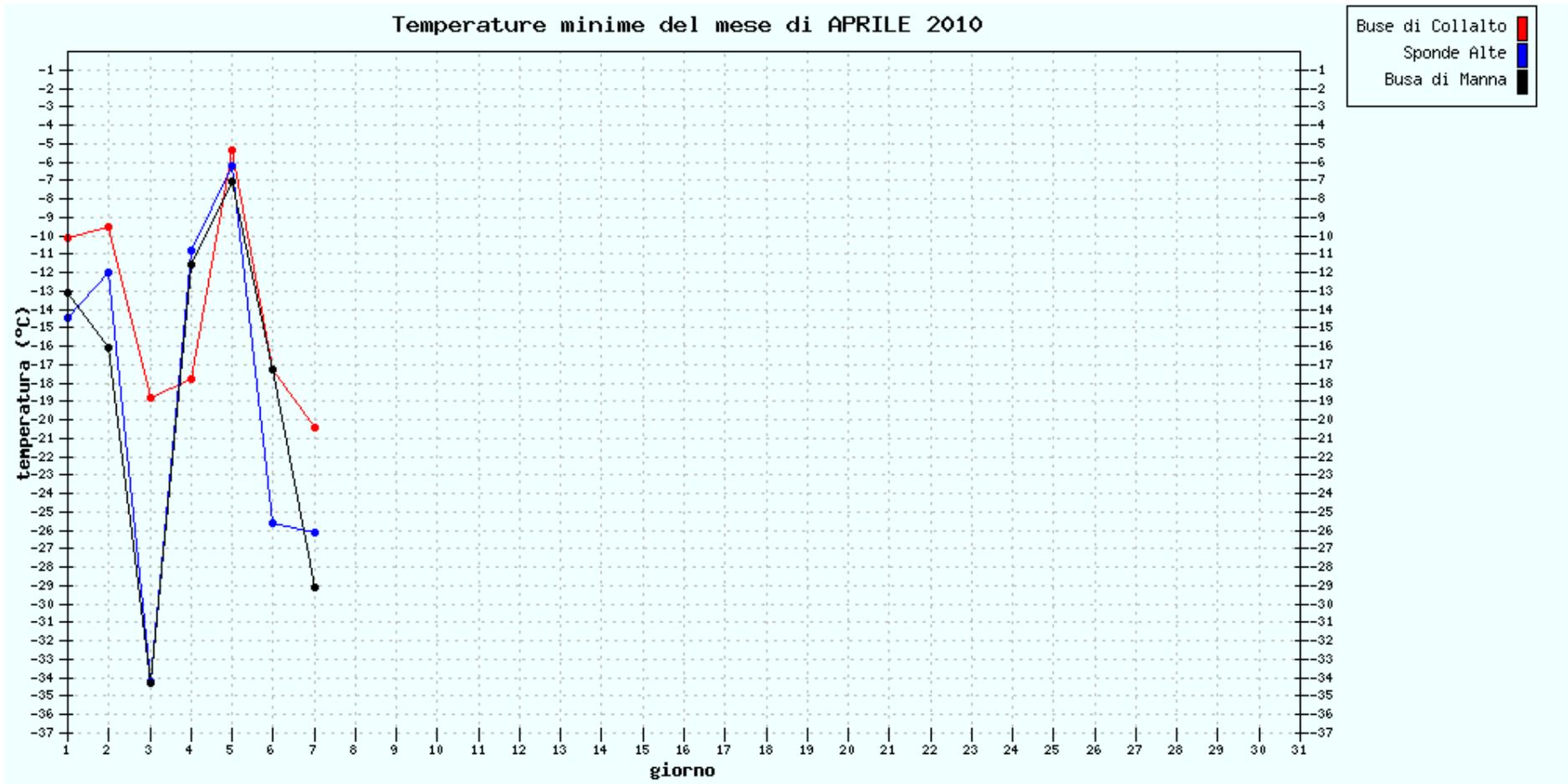
SITI DA 2.267 a 2.546 METRI s.l.m.



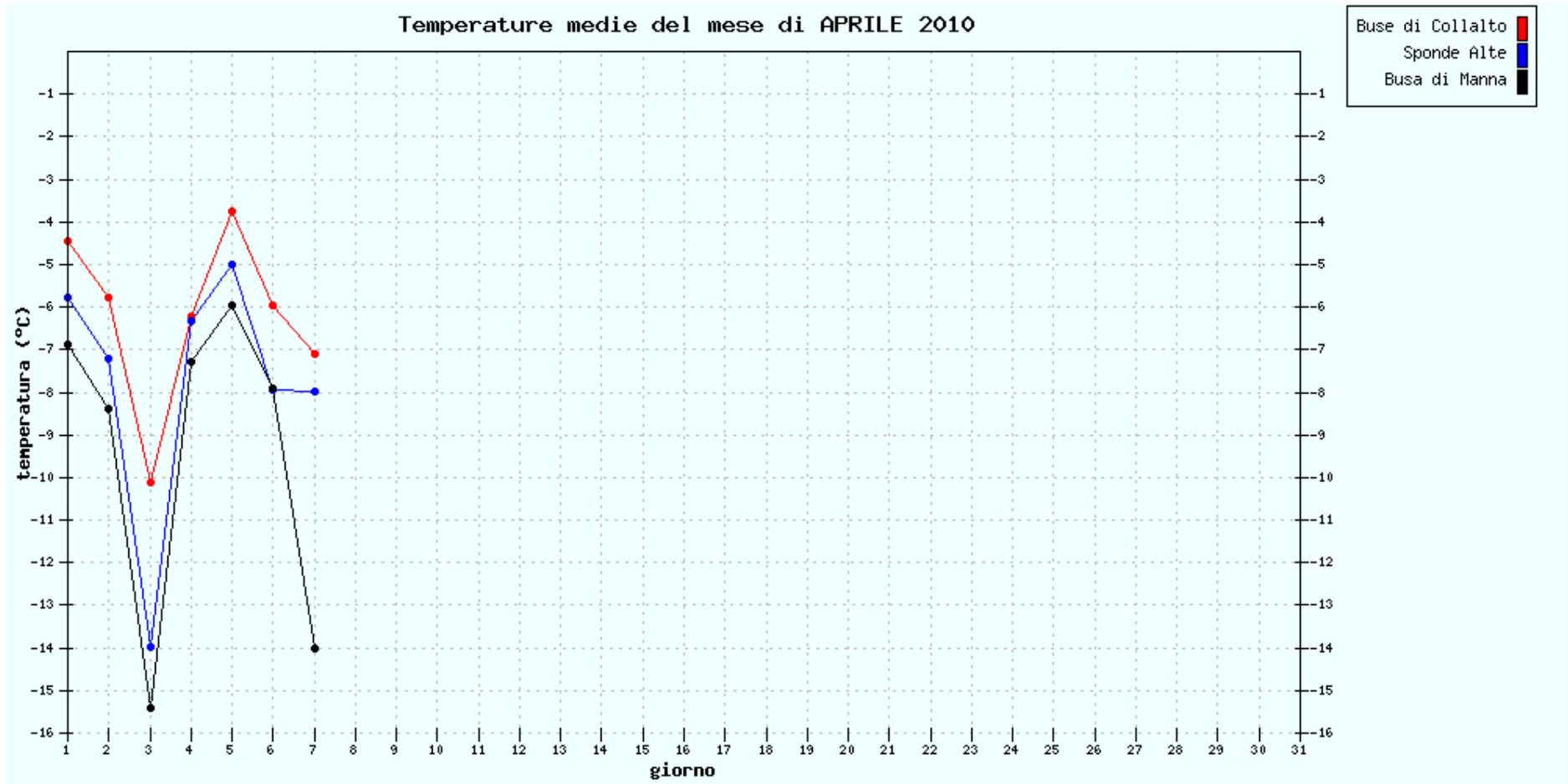
SITI DA 2.267 a 2.546 METRI s.l.m.



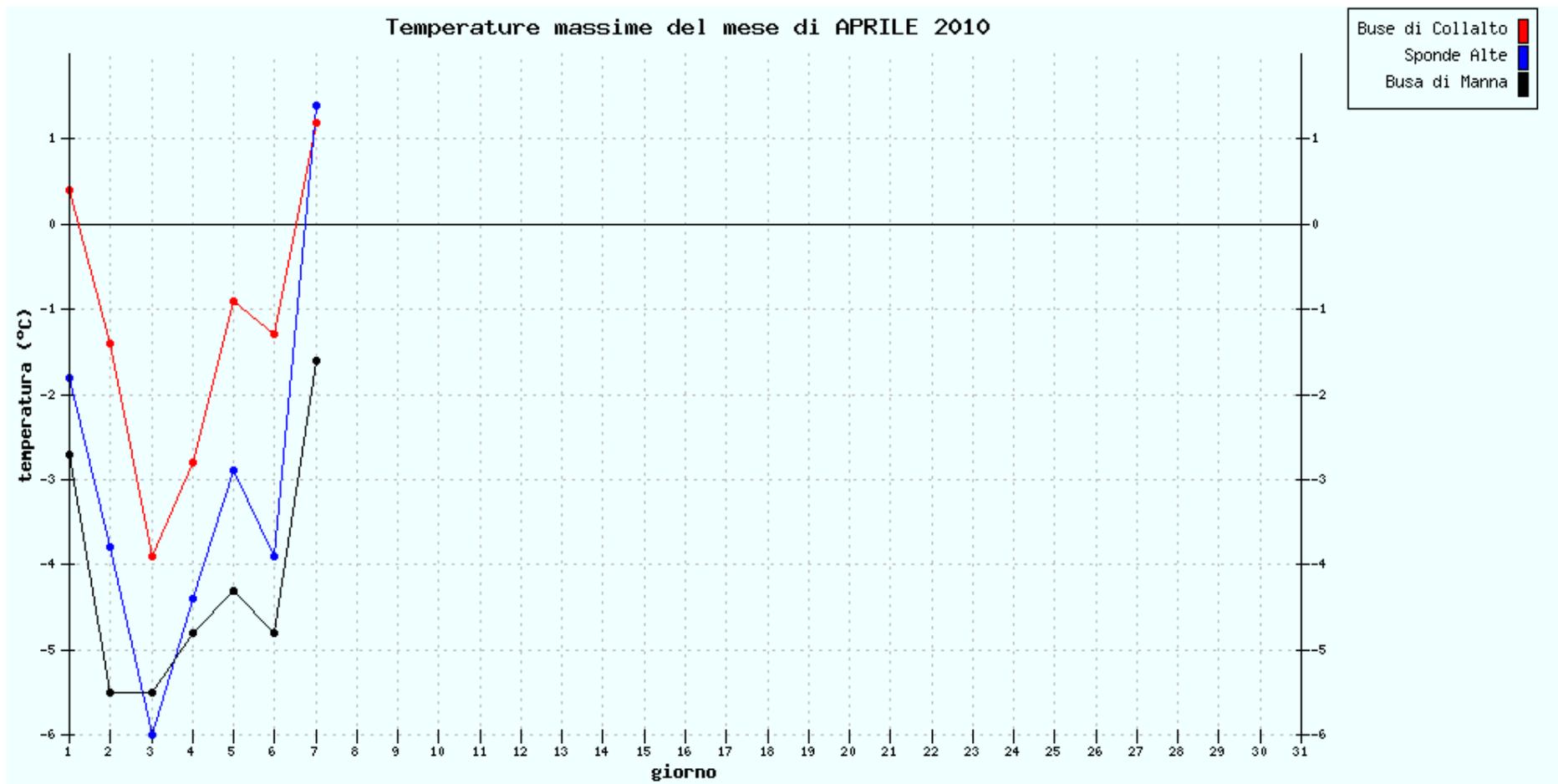
SITI DA 2.267 a 2.546 METRI s.l.m.



SITI DA 2.267 a 2.546 METRI s.l.m.



SITI DA 2.267 a 2.546 METRI s.l.m.



ALCUNE FOTO DI SITI MONITORATI

Busa dei Cornetti di Bocchetta Portule m.2167



Busa di Malga Malera di Sotto m.1532



Busa di Manna m.2546



Campoluzzo m.1765



Buco del Ciglione m.1520



Prai da Gom m.1047



17.2.2008

© Gardameteo.com

Busa Verle m. 1432



Inghiaie Levico Terme m.436



BREVE RIEPILOGO DEI PRINCIPALI DATI DEI MONITORAGGI DELLA STAGIONE 2008/2009

TEMPERATURE MINIME ASSOLUTE DECADALI INVERNO 2008-2009

<http://www.caiasiago.it/doline/decadali.php> (un grazie ancora ad Enrico Manea)

I valori di ogni decade possono essere riferiti a dati non completi (anche un solo giorno su 10).

N.	Località	quota	Novembre 2008			Dicembre 2008			Gennaio 2009			Febbraio 2009			Marzo 2009			Aprile 2009		
			I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III
1	Doberdo'	35 m				-9,13	-7,95	-14,37	-14,75	-12,55	-8,45	-0,27	-11,41	-11,41	-8,64	-10,28	-11,85			
2	S. Floriano	90 m																		
3	Boro	150 m																		
4	Seginov Dol	179 m	0,78	-5,83	-12,32	-8,42	-5,65	-6,90	-11,24	-5,89	-4,34	-2,51	-10,55	-7,78	-7,08	-7,02				
5	Borgo Grotta	215 m																		
6	Carsiana	262 m																		
7	Buse Maran	336 m		-5,02	-12,38	-9,34	-2,97	-16,98	-23,13	-8,14	-4,17	-2,46	-12,30	-8,58						
8	Basovizza	356 m																		
9	Molino Salenc	400 m	3,14	-4,92	-12,49	-8,64	-3,72	-15,08	-16,35	-11,86	-3,59	-1,26	-10,60	-7,44	-4,98	-5,55	-8,51			
10	Volnik	400 m																		
11	Inghiaie (Lochere) Levico	436 m			-14,68	-10,29	-4,48	-17,10	-18,48		-6,37	-2,97	-9,65	-6,31	-4,54	-4,10	-7,06	0,09	0,23	-0,45
12	Faedo	560 m																		
13	Valmenera	905 m	1,90	-8,30	-21,70		-7,20	-19,80	-24,10	-21,30	-7,60	-4,40	-20,20	-12,80	-8,40	-11,30	-14,80	-4,20	-7,10	
14	Fusine	925 m																		
15	Val Saisera	930 m							-19,97											
16	Valico di Fusine	849 m							-20,40	-7,89	-8,08	-20,28	-12,41	-14,11	-9,96	-12,60	-0,98			
17	Alpe Tamer	1010 m																		
18	Rio Freddo	1014 m			-11,80	-7,92	-1,24		-15,26	-11,03	-7,00	-8,15	-14,58	-9,47						
19	Fossa de Bena	1023 m		-9,96	-22,60	-14,51	-6,43	-24,62	-28,17						-7,97	-13,01	-12,00	-2,93	-3,44	-2,93
20	Prai da Gom	1047 m			-24,61	-24,28	-9,56	-29,03	-27,01	-23,11	-16,49	-8,87	-20,07							
21	Campo Rossignolo	1160 m	-3,04	-10,79	-24,58	-22,74	-11,49	-25,24	-29,91	-24,04	-18,49									

segue temperature minime assolute decadali inverno 2008-2009

22	Buse di Carriola	1212 m	-2,44	-9,74	-28,14	-26,66	-12,37	-30,33	-33,77	-28,59	-21,86	-9,40	-25,38	-19,51	-14,90	-13,77	-18,69			
23	Lepre M.Grappa	1280 m																		
24	Campo di Sopra	1284 m		-14,02	-24,63	-23,62	-9,48	-26,15	-31,21						-16,54	-15,53	-19,57	-8,98	-9,99	-7,97
25	Marcesina	1310 m	-4,90	-10,10	-21,20	-20,60	-12,30	-23,40	-25,40	-20,60	-17,20	-16,00	-26,30	-20,60	-17,90	-17,20	-20,40	-6,00	-7,30	
26	Pozzon di Tovel	1325 m		-7,49	-14,02	-21,56	-10,50	-24,08	-27,10	-22,06	-22,06	-15,53	-27,10	-21,56	-15,03	-16,53	-17,04	-4,98	-4,98	-3,98
27	Millegrobbe	1440 m	-6,14	-9,40	-21,36	-23,63	-12,11	-24,90	-29,52											
28	Busa Novegno	1475 m		-11,47	-30,20	-26,62	-6,82	-28,58	-35,53	-30,39	-23,21	-12,86	-28,18	-19,18	-20,69	-19,68	0,59	-11,10	-10,15	-6,19
29	Campoleva'	1511 m	-8,76	-9,89	-20,18	-17,21	-6,11	-18,25												
30	Ciglione	1520 m	-6,66	-10,95	-26,16	-24,24	-11,18	-25,63	-36,41	-26,82	-22,82	-14,48	-19,83	-15,82	-18,34	-13,11	-13,42	-8,19	-6,36	-5,98
31	Malga Malera	1532 m	-4,21	-13,87	-28,76	-25,93	-11,27	-25,30	-34,89	-26,11	-24,08	-14,73	-26,11	-17,36	-20,19	-16,27	-14,61	-9,09	0,17	
32	Grolla	1545 m	-6,58	-10,68	-23,21	-21,93	-9,26	-22,38	-28,42		-20,69	-13,91	-21,38	-14,41	-16,90	-12,43	-12,37	-6,83	-6,33	-4,18
33	Pozza Morta	1578 m			-20,67	-18,73	-8,14	-23,45	-27,81	-25,99	-23,18	-15,53	-22,17	-4,25	-11,46	-13,84	-13,28	-6,89	-0,82	
34	Erera-Brendol	1678 m	-7,96	-14,86	-25,55	-29,85	-13,54	-27,95	-34,34	-28,72	-27,95	-25,67	-35,79	-25,78	-21,51	-23,25	-21,86	-9,61	-10,54	-9,20
35	Campoluzzo	1765 m	-9,54	-23,62	-33,85	-29,65	-13,96	-34,26	-40,27	-32,98	-27,45	-20,73	-36,14	-30,90	-20,88	-22,42	-29,92			
36	Conca Prevala	1811 m			-23,60	-23,16	-4,46	-3,58	-28,51	-24,30	-16,37	-21,39	-21,77	-16,20	-17,59		-6,15	-5,27	-6,53	-4,08
37	Busa delle Vette	1852 m	-9,47	-17,08	-28,14	-23,72	-7,47	-28,40	-33,21	-28,66	-24,93	-9,47								
38	Passo Avanza	1736 m							-13,85	-11,20	-14,22	-14,73	-17,70	-12,70	-10,87	-11,69	-13,20			-6,22
39	Busa del Cuvolin	2015 m		-2,23	-34,44	-30,70	-3,25	-29,95	-31,35	-32,67	-25,26	-15,85	-17,05	-14,53	-15,57	-18,41	-25,53	-12,13	-13,52	-10,17
40	Pozza Tramontana	2097 m																		
41	Lago di Fosses	2142 m	-8,36	-22,62	-26,31	-29,79	-13,61	-31,91	-33,77	-31,04	-33,61	-21,37	-28,40							
42	Cornetti Portule	2167 m		-2,21	-34,58	-27,23			-30,90	-32,92	-26,03	-22,06	-21,18	-19,78	-8,00					
43	Val Longa	2195 m	-9,47	-11,79	-19,42	-22,01	-10,09	-26,25	-33,29	-25,67	-20,40	-16,45	-23,35	-17,12	-17,90	-21,66	-27,27	-3,77	-12,82	-10,16
44	Rif. Tuckett	2230 m																		
45	Sponde Alte	2393 m	-13,73	-30,13	-35,79	-20,69	-20,26	-35,79	-42,56	-33,37	-31,80	-22,70	-30,40	-34,60	-20,90	-26,00	-24,70	-12,00	-8,90	-15,50
46	Busa di Manna	2546 m	-15,62	-30,97	-40,27	-28,08	-12,97	-36,96	-43,81	-36,69	-38,90	-24,20	-32,80	-38,70	-20,90	-28,60	-24,70	-18,90	-14,70	-16,00
47	Lech Diace'	2830 m	-8,52	-16,28	-20,88															

Temperature minime assolute della stagione invernale 2008-09, sito per sito:

Siti in dolina

Sito	Quota	Temperatura
Busa di Manna	(2550 m)	-43.8°C
Busa delle Sponde Alte	(2393 m)	-42.6°C
Campoluzzo	(1770 m)	-40.3°C
Buco del Ciglione	(1520 m)	-36.4°C
Altopiano di Ereira-Brendol	(1678 m)	-35.8°C
Busa Novegno	(1475 m)	-35.5°C
Busa di Malga Malera di Sotto	(1532 m)	-34.9°C
Busa Cornetti Portule	(2167 m)	-34.6°C
Busa del Cuvolin	(2015 m)	-34.4°C
Buse di Carriola	(1212 m)	-33.8°C
Lago di Fosses	(2142 m)	-33.8°C
Busa di Val Longa	(2195 m)	-33.3°C
Busa delle Vette	(1852 m)	-33.2°C
Campo di Sopra	(1284 m)	-31.2°C
Forte Kerle	(1418 m)	-30.0°C
Campo Rossignolo	(1160 m)	-29.9°C
Malga Millegrobbe	(1440 m)	-29.5°C
Prai da Gom	(1047 m)	-29.0°C
Conca Prevala	(1811 m)	-28.5°C
Busa del Grolla	(1545 m)	-28.4°C
Fossa de Bena	(1023 m)	-28.2°C
Pozza Morta	(1578 m)	-27.8°C
Pozzon di Tovel	(1325 m)	-27.1°C
Piano di Valmenera	(905 m)	-24.1°C
Buse Maran	(336 m)	-23.1°C
Doberdò	(35 m)	-14.8°C
Seginov Dol	(179 m)	-12.3°C

Siti non in dolina

Sito	Quota	Temperatura
Marcesina-Rendole	(1310 m)	-26,3°C
Inghiaie (Lochere) di Levico	(436 m)	-18,5°C
Molino Salenc	(400 m)	-16,4°C
Rio Freddo	(1014 m)	-15,3°C
Passo Avanza	(1736 m)	-14,7°C

Temperature minime assolute ridotte al livello del mare della stagione invernale 2008-09, sito per sito:

(utilizzato il gradiente dell'atmosfera standard, cioè 0.65°C ogni 100 m)

Siti in dolina**Siti non in dolina**

Sito	Quota	Temperatura
Campoluzzo	(1770 m)	-28,8°C
Busa di Manna	(2550 m)	-27,2°C
Busa delle Sponde Alte	(2393 m)	-27,0°C
Buco del Ciglione	(1520 m)	-26,5°C
Buse di Carriola	(1212 m)	-25,9°C
Busa Novegno	(1475 m)	-25,9°C
Busa di Malga Malera di Sotto	(1532 m)	-24,9°C
Altopiano di Erera-Brendol	(1678 m)	-24,9°C
Campo di Sopra	(1284 m)	-22,9°C
Campo Rossignolo	(1160 m)	-22,4°C
Prai da Gom	(1047 m)	-22,2°C
Fossa de Bena	(1023 m)	-21,6°C
Busa del Cuvolin	(2015 m)	-21,3°C
Busa delle Vette	(1852 m)	-21,2°C
Buse Maran	(336 m)	-20,9°C
Forte Kerle	(1418 m)	-20,8°C
Busa Cornetti Portule	(2167 m)	-20,5°C
Malga Millegrobbe	(1440 m)	-20,1°C
Lago di Fosses	(2142 m)	-19,9°C
Busa di Val Longa	(2195 m)	-19,0°C
Pozzon di Tovel	(1325 m)	-18,5°C
Busa del Grolla	(1545 m)	-18,4°C
Piano di Valmenera	(905 m)	-18,2°C
Pozza Morta	(1578 m)	-17,5°C
Conca Prevala	(1811 m)	-16,7°C
Doberdò	(35 m)	-14,6°C
Seginov Dol	(179 m)	-11,1°C

Sito	Quota	Temperatura
Marcesina-Rendole	(1310 m)	-17,8°C
Inghiaie (Lochere) di Levico	(436 m)	-15,7°C
Molino Salenc	(400 m)	-13,8°C
Rio Freddo	(1014 m)	-8,7°C
Passo Avanza	(1736 m)	-3,4°C

TEMPERATURE MINIME ASSOLUTE e MASSIME VARIAZIONI DI TEMPERATURA - INVERNO 2008-09

(la temperatura minima ridotta è riferita al livello del mare utilizzando il gradiente dell'atmosfera standard, cioè 0,65°C ogni 100 m)

FONTE: <http://www.caiasiago.it/doline/Minime%20e%20variazioni.htm> (Enrico Manea)

Dolina	quota (m)	temperatura minima			massimo aumento di temperatura				massima diminuzione di temperatura			
		assoluta (°C)		ridotta	in 15 minuti		in 60 minuti		in 15 minuti		in 60 minuti	
Valmenera	905	-24,10	04/01/2009	-18,22	4,80	12/01/2009 10.00	11,20	13/04/2009 10.00	-3,90	27/02/2009 11.45	-7,50	21/03/2009 18.45
Buse Carriola	1212	-33,70	04/01/2009 2.15	-25,82	6,50	07/12/2008 19.30	14,20	14/02/2009 11.45	-4,30	09/01/2009 15.00	-12,30	09/01/2009 15.45
Marcesina	1310	-25,70	15/02/2009	-17,19	6,90	26/03/2009 4.45	13,60	11/03/2009 9.15	-5,20	15/02/2009 17.30	-9,40	19/02/2009 18.15
Busa Novegno	1475	-35,53	03/01/2009 22.10	-25,94	16,38	09/01/2009	19,14	09/01/2009	-5,04	04/10/2009	-11,71	09/01/2009
Ciglione	1520	-36,41	04/01/2009 3.15	-26,53	21,30	03/01/2009 17.00	30,91	04/01/2009 4.15	-6,63	02/01/2009	14,50	02/01/2009
Malga Malera	1532	-34,89	04/01/2009	-24,93	17,70	04/01/2009 5.00	23,50	04/01/2009 5.15	-4,60	20/02/2009 13.15	-11,20	04/10/2009 6.15
Busa della Grolla	1545	-28,42	04/01/2009 2.05	-18,38	12,58	03/01/2009 3.01	15,69	04/01/2009	-6,92	12/01/2009 2.47	-12,58	03/01/2009
Pozza Morta	1578	-27,81	03/01/2009	-17,55	18,64	12/01/2009	21,66	12/01/2009	-7,49	13/01/2009 1.05	16,38	13/01/2009 1.05
Erera-Brendol	1678	-35,80	19/02/2009	-24,89	18,40	03/01/2009 21.45	22,90	19/02/2009 8.00	-4,00	26/12/2008 22.45	-10,60	04/01/2009 9.45
Campoluzzo	1765	-40,30	03/01/2009 22.30	-28,83	17,60	04/01/2009 5.30	27,10	04/01/2009 6.00	-3,65	26/12/2008 16.00	-13,20	26/12/2008 16.30
Busa delle Vette	1852	-33,00	03/01/2009	-20,96	11,10	18/01/2009 3.45	20,50	09/12/2008 7.45	-4,10	17/01/2009 6.00	-14,30	17/01/2009 6.15
Busa del Cuvolin	2015	-34,45	27/11/2008 4.45	-21,35	21,94	31/12/2008 4.14	22,14	13/01/2009 11.02	-8,85	04/02/2009 13.32	-16,66	31/12/2008 5.29
Lago di Fosses	2142	-33,60	10/01/2009 1.15	-19,68	8,90	08/01/2009 21.15	21,80	04/01/2009 6.00	-3,00	04/02/2009 12.15	-7,10	26/12/2008 16.30
Cornetti B. Portule	2167	-34,58	26/11/2008 6.30	-20,50	19,73	10/01/2009 1.03	25,64	13/01/2009 10.03	-6,99	26/11/2008 1.45	-17,89	26/11/2008 2.30
Busa di Val Longa	2195	-33,30	09/01/2009	-19,03	14,60	30/12/2008 2.30	19,00	30/12/2008 2.30	-3,90	23/01/2009 18.15	-10,40	29/12/2008 23.30
Sponde Alte	2393	-42,60	09/01/2009 2.15	-27,05	23,40	10/01/2009 6.30	28,60	10/01/2009 7.00	-4,50	09/01/2009 16.30	-13,70	09/01/2009 17.15
Busa di Manna	2546	-43,80	09/01/2009 3.00	-27,25	20,80	10/01/2009 7.00	26,30	27/11/2008 3.45	-5,00	03/01/2009 17.00	-14,70	10/01/2009 8.15

MASSIMI AUMENTI DI TEMPERATURA IN 15 MINUTI STAGIONE 2008/2009

1. Busa delle Sponde Alte:	23.4°C
2. Busa Cuvolin:	21.9°C
3. Buco del Ciglione:	21.3°C
4. Busa di Manna:	20.8°C
5. Busa Cornetti Portule:	19.7°C
6. Pozza Morta:	18.6°C
7. Altopiano Erera-Brendol:	18.4°C
8. Busa di Malga Malera:	17.7°C
9. Campoluzzo:	17.6°C
10. Busa Novegno:	16.4°C
11. Busa di Val Longa:	14.6°C
12. Busa del Grolla:	12.6°C
13. Busa delle Vette:	11.1°C
14. Lago di Fosses:	8.9°C
15. Marcesina-Rendole:	6.9°C
16. Buse di Carriola:	6.5°C
17. Valmenera:	4.8°C

Le doline con i massimi in 15 minuti sono quelle non tanto profonde e molto esposte al vento.

I fattori che determinano queste marcate, rapidissime variazioni sono:

- elevata sensibilità al vento sinottico
- volume del lago di aria fredda non molto grande
- grande capacità di raffreddamento della dolina (partendo da valori termici molto bassi il rialzo termico causato dal vento è poi più accentuato).

MASSIMI AUMENTI DI TEMPERATURA IN 60 MINUTI STAGIONE 2008/2009

1. Buco del Ciglione:	30.9°C
2. Busa delle Sponde Alte:	28.6°C
3. Campoluzzo:	27.1°C
4. Busa di Manna:	26.3°C
5. Busa Cornetti Portule:	25.6°C
6. Busa di Malga Malera di Sotto:	23.5°C
7. Altopiano di Erera-Brendol:	22.9°C
8. Busa Cuvolin:	22.1°C
9. Lago di Fosses:	21.8°C
10. Pozza Morta:	21.7°C
11. Busa delle Vette:	20.5°C
12. Busa Novegno:	19.1°C
13. Busa di Val Longa:	19.0°C
14. Busa del Grolla:	15.7°C
15. Buse di Carriola:	14.2°C
16. Marcesina:	13.6°C
17. Valmenera:	11.2°C

Le considerazioni su questi dati sono naturalmente quasi le stesse di quelle fatte per gli aumenti in 15 minuti. Da aggiungere solo che le doline più piccole e meno profonde hanno fatto un passo indietro in classifica (rispetto a quella sui 15 minuti) in quanto evidentemente il vento riesce a rimescolare l'aria in esse contenute in un tempo abbastanza breve, mentre ci impegna di più in quelle più grandi e profonde. Si veda ad esempio La Busa Cuvolin che per i 15 minuti il rialzo massimo è stato di 21.9°C e per i 60 minuti 22.1°C, sintomo che in un quarto d'ora avviene quasi tutto il rimescolamento.

Per il Ciglione, che anche in questo caso sembra un'eccezione alla regola, può darsi che il vento faccia fatica a rimescolare tutto in breve tempo, a causa della sua profondità abbastanza buona, se rapportata alla sua larghezza (infatti si chiama "Buco" del Ciglione...).

MASSIME DIMINUZIONI DI TEMPERATURA IN 15 MINUTI STAGIONE 2008/2009

1. Busa del Cuvolin:	8.8°C
2. Pozza Morta:	7.8°C
3. Busa Cornetti Portule:	7.0°C
4. Busa del Grolla:	6.9°C
5. Buco del Ciglione:	6.6°C
6. Marcesina:	5.2°C
7. Busa Novegno:	5.0°C
8. Busa di Manna:	5.0°C
9. Busa di Malga Malera di Sotto:	4.6°C
10. Busa delle Sponde Alte:	4.5°C
11. Buse di Carriola:	4.3°C
12. Busa delle Vette:	4.1°C
13. Altopiano di Erera-Brendol:	4.0°C
14. Valmenera:	3.9°C
15. Busa di Val Longa:	3.9°C
16. Campoluzzo:	3.7°C
17. Lago di Fosses:	3.0°C

In questo caso subentra la capacità della dolina di perdere rapidamente calore e quindi di raffreddare la massa d'aria in essa contenuta. Sono avvantaggiate quindi le doline non molto grandi e profonde, con un buon sky-view factor. Ecco spiegato perchè si sono piazzate ai primi posti le doline più piccole e poco profonde e agli ultimi quelle più profonde e grandi (o con basso sky-view factor).

MASSIME DIMINUZIONI DI TEMPERATURA IN 60 MINUTI STAGIONE 2008/2009

1. Cornetti Portule	-17,893
2. Busa del Cuvolin	-16,867
3. Pozza Morta	-16,380
4. Busa di Manna	-14,700
5. Ciglione	-14,500
6. Busa delle Vette	-14,300
7. Sponde Alte	-13,700
8. Campoluzzo	-13,200
9. Busa della Grolla	-12,577
10. Buse Carriola	-12,300
11. Busa Novegno	-11,710
12. Malga Malera	-11,200
13. Erera-Brendol	-10,600
14. Busa di Val Longa	-10,400
15. Marcesina	-9,400
16. Valmenera	-7,500
17. Lago di Fosses	-7,100

Per le considerazioni generali vedi quelle fatte per gli aumenti in 15 minuti. In questo caso ci sono altri 45 minuti di tempo per il raffreddamento e allora qualche dolina più profonda riesce a raffreddarsi abbastanza rapidamente (es. Campoluzzo). Per i primissimi posti si confermano le stesse dei 15 minuti, con qualche scambio di posizione. Il lago di Fosses si conferma la dolina più lenta nella fase di raffreddamento.

Di nuovo un sentito ringraziamento a tutti quanti hanno collaborato a questa splendida "fredda" iniziativa.

In particolare a
Bruno Renon – Enrico Manea - Ettore Dal Farra

Direttivo MeteoTriveneto
Staff Doline e Siti Freddi
Giampaolo Rizzonelli
Alessandro Paoletto

Riproduzione anche parziale consentita solo previa autorizzazione