

Le gelate di marzo e aprile 2021 in Emilia-Romagna

William Pratzoli, Gabriele Antolini, Valentina Pavan

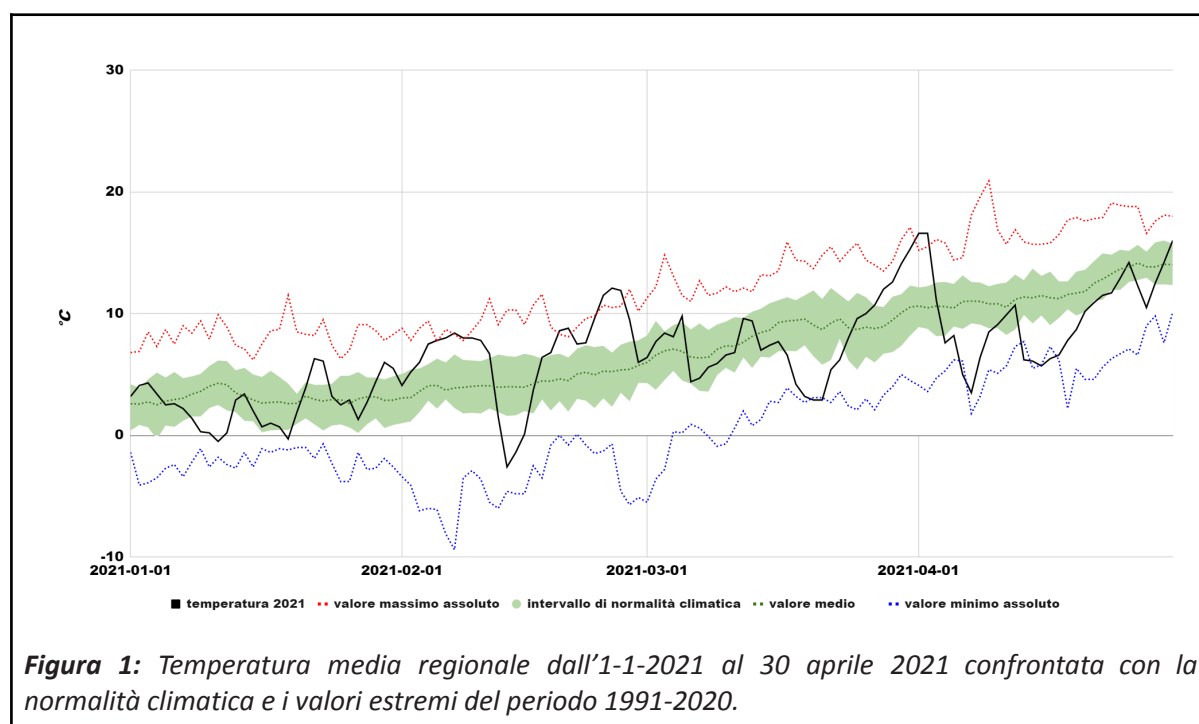
Introduzione	2
Le condizioni meteo-climatiche	2
Le gelate tardive del 2021	5
Analisi dettagliata degli eventi	6
Le gelate di marzo 2021	6
Le gelate di aprile 2021	21
Analisi dei fattori meteo favorevoli all'efficienza dei metodi di difesa antibrina sottochioma	30
Confronto con altri eventi del passato	32

Introduzione

Tra il 15 marzo e il 9 aprile 2021 le aree di pianura e le valli appenniniche dell'Emilia-Romagna sono state interessate da due serie di gelate tardive che hanno causato gravi danni alle colture, in particolare alla frutticoltura, già pesantemente danneggiata nella primavera del 2020 da eventi simili. Nel seguito viene presentata una descrizione delle condizioni meteo-climatiche tra l'ultima parte dell'inverno e la primavera 2021 che hanno concorso a rendere gli eventi di gelata particolarmente dannosi, una descrizione particolareggiata degli eventi stessi e un confronto con le gelate tardive della primavera 2020. La relazione si conclude con un commento sulla variabilità climatica di questi eventi negli ultimi decenni.

Le condizioni meteo-climatiche

La figura 1 presenta l'evoluzione termica giornaliera nel corso dei primi 4 mesi del 2021, in termini di temperatura media giornaliera, mediata sulla regione. Nel grafico sono riportati i valori di temperatura media giornaliera osservati (linea nera) e l'estensione della variabilità media giornaliera di questo parametro nel periodo 1991-2020 in termini di massimi (linea rossa tratteggiata) e minimi (linea blu tratteggiata) assoluti osservati, e variabilità media (fascia verde) che si estende dal 25° al 75° percentile, evidenziando con una linea verde il 50° percentile degli stessi. Da questo grafico si può notare che al termine di un gennaio abbastanza variabile, ma senza particolari anomalie termiche, il mese di febbraio 2021 è stato caratterizzato da due periodi relativamente caldi, in corrispondenza con l'instaurarsi di promontori anticiclonici, inframmezzati da uno freddo, causato dall'intrusione di aria fredda che ha portato sulla nostra regione condizioni di lieve instabilità e temperature localmente anche piuttosto rigide. Il grafico evidenzia che le temperature massime giornaliere osservate nei due periodi caldi sono state particolarmente alte, superando in vari giorni i massimi osservati nell'ultimo trentennio, ed intense escursioni termiche giornaliere.



La mappa in figura 2 presenta il valore di anomalia della temperatura media nell'ultima settimana di febbraio rispetto al clima 2001-2020, ventennio di riferimento per i dati delle reti automatiche, installate in gran parte della regione nei primi anni del secolo e caratterizzate da una densità di stazioni nettamente superiore alle reti meccaniche. In pianura, le anomalie sono state abbastanza contenute, tra 3 e 5°C, mentre nelle aree collinari e montuose della regione, le anomalie hanno assunto quasi ovunque valori superiori a 4°C con punte di 6°C sui rilievi delle prime colline. Le ridotte anomalie termiche delle aree di pianura sono state il risultato di compensazioni tra le elevate temperature diurne, favorite dalla buona insolazione, e basse minime notturne, favorite da forti inversioni termiche e avvezione fredda da nord.

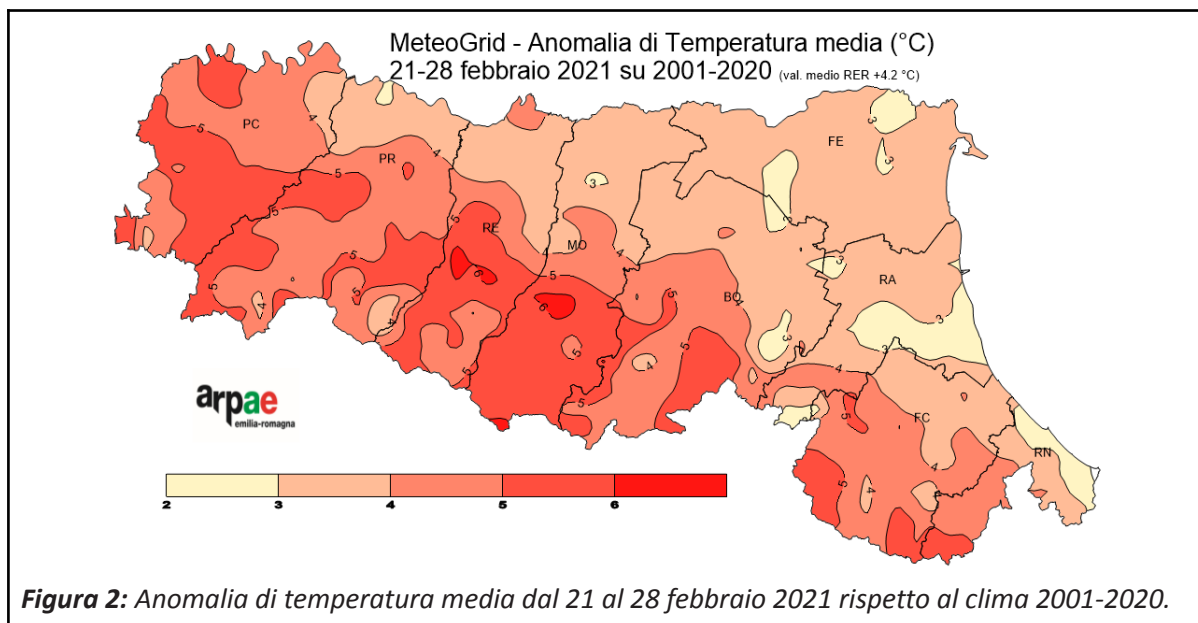


Figura 2: Anomalia di temperatura media dal 21 al 28 febbraio 2021 rispetto al clima 2001-2020.

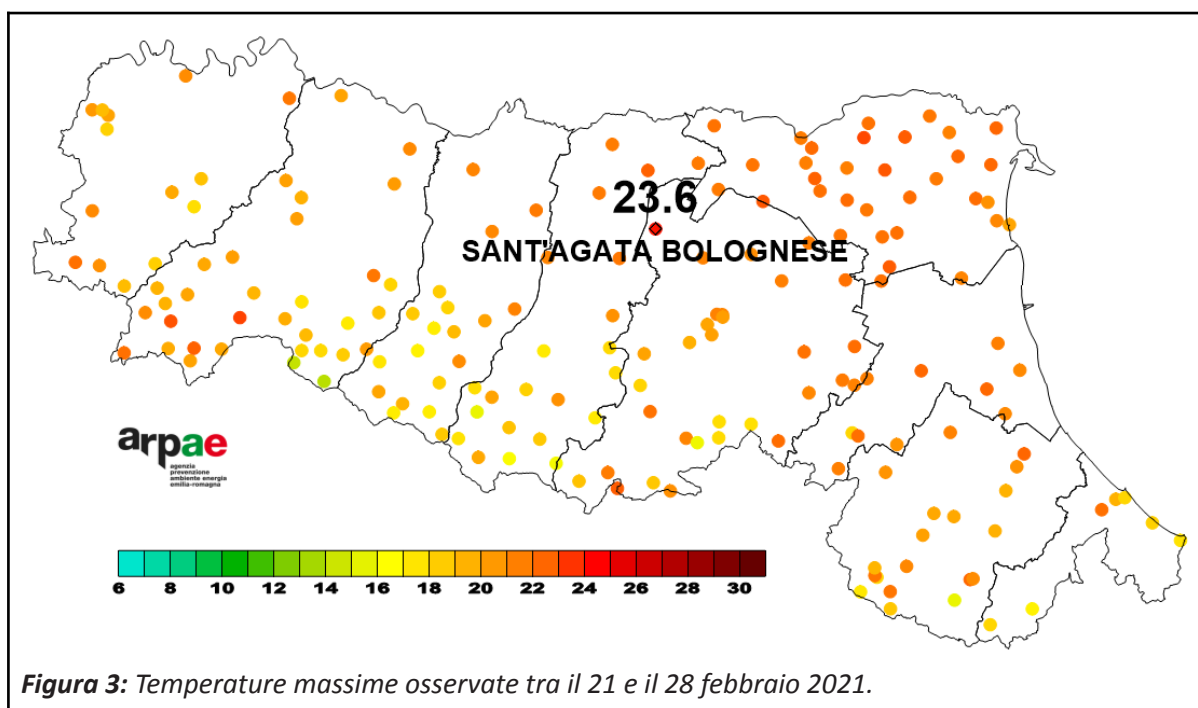


Figura 3: Temperature massime osservate tra il 21 e il 28 febbraio 2021.

La figura 3 presenta la mappa delle temperature massime osservate nel corso di questa settimana: valori tra 22 e 23°C sono stati osservati in varie stazioni meteorologiche della pianura centro-orientale.

L'inverno si è così concluso con un'anomalia termica regionale intorno a +1.1°C rispetto al clima dell'ultimo trentennio (1991-2020) e +2.0°C rispetto al clima passato (1961-1990), con picchi termici che hanno sicuramente favorito un anticipato risveglio fenologico delle colture.

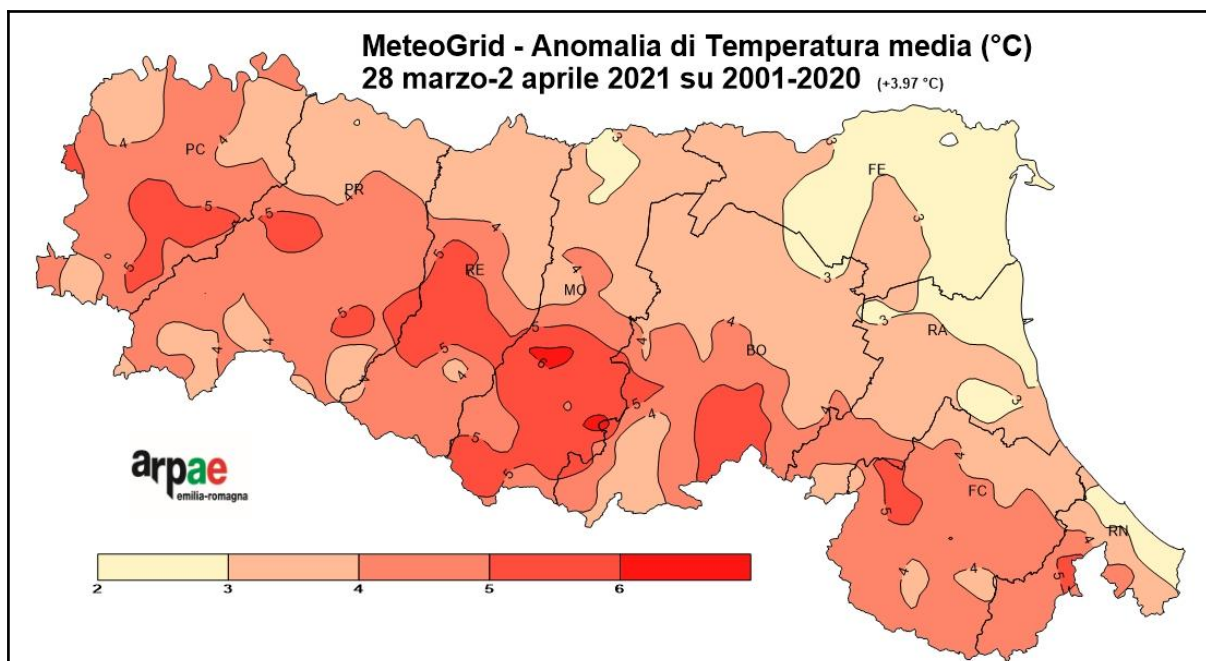


Figura 4: Anomalia di temperatura media dal 28 marzo al 2 aprile 2021 rispetto al clima 2001-2020.

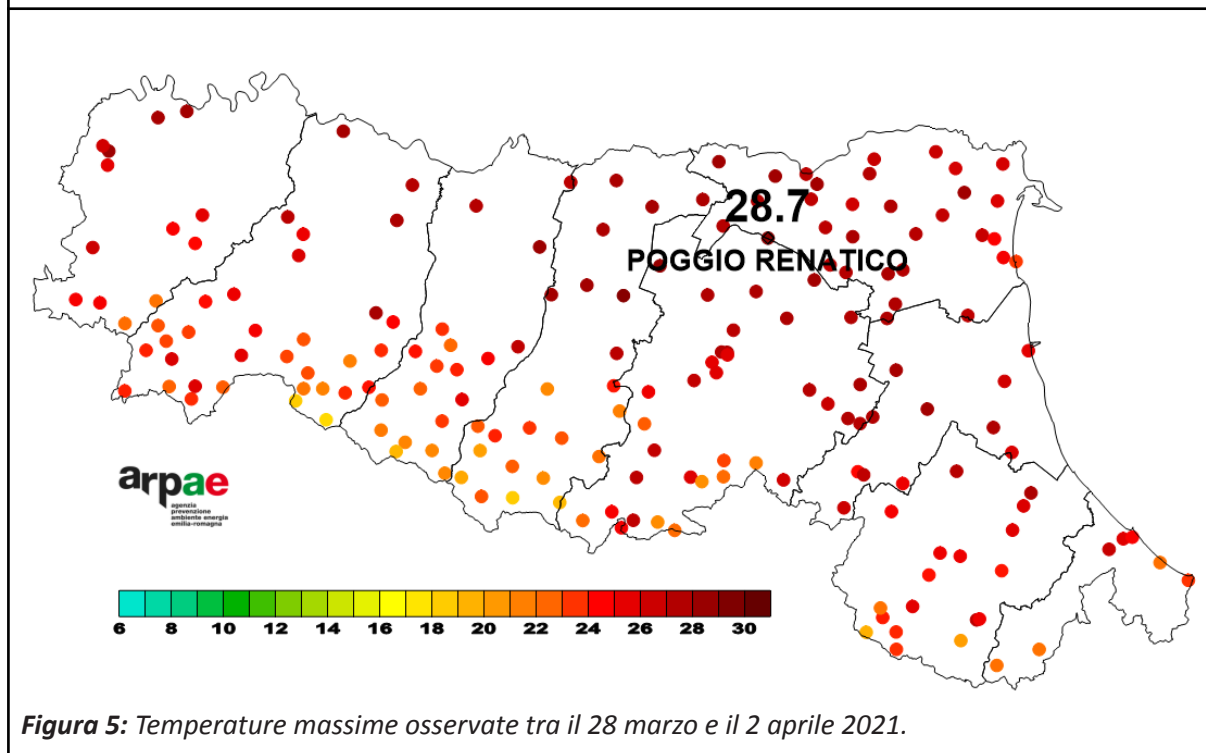


Figura 5: Temperature massime osservate tra il 28 marzo e il 2 aprile 2021.

Nel corso della prima parte del mese di marzo le temperature si sono riportate su valori prossimi alla normalità (fig. 1), grazie al prevalere di correnti occidentali nella prima parte del mese e al transito nella terza settimana di un sistema nuvoloso organizzato, associato a precipitazioni diffuse. Successivamente, il flusso principale in quota si è disposto dai quadranti settentrionali, determinando un'avvezione di aria più fredda e secca, inizialmente più debole, ma particolarmente consistente tra il 19 e il 21 marzo, quando le temperature sono scese abbondantemente sotto lo zero su tutta la pianura. Nei giorni seguenti, l'avvezione fredda si è attenuata gradualmente con l'affermarsi di un campo di alta pressione che si è rafforzato con il passare dei giorni. Si è così progressivamente instaurata una forte subsidenza, con cieli tersi, temperature massime in sensibile aumento e inversioni termiche notturne di intensità nuovamente crescente in pianura e nelle valli appenniniche fino a tutta la prima settimana di aprile. Come nell'ultima settimana di febbraio, le temperature medie settimanali di fine marzo hanno presentato anomalie più intense sui rilievi, con picchi fino a 6°C nelle prime colline (fig. 4), e le temperature massime hanno raggiunto in pianura valori superiori a 27°C in ampie aree con picchi fino a 28°C assolutamente inusuali per il periodo (fig. 5). Dal 6 aprile, però, un'intensa avvezione di aria polare determina un brusco calo delle temperature, con estese gelate che interessano gran parte delle aree collinari fino al giorno 9, quando l'approfondimento di una saccatura sul vicino atlantico riporta sulla nostra regione correnti più miti.

Le gelate tardive del 2021

Gli eventi di gelo di marzo 2021 si sono verificati dal 15 al 25 con andamento dei valori termici in generale decrescente fino ai giorni tra il 20 e il 22 quando si sono raggiunti, in pianura, i valori minimi assoluti sull'evento nel settore centro-occidentale: -6.6°C a Zibello (PC) e -6.3°C a Cortile di Carpi (MO). Nella pianura della Romagna, i valori minimi si sono raggiunti in giorni diversi: -3.9°C il 19 marzo a Granarolo Faentino (RA), -2.8°C il 20 marzo a S. Agata sul Santerno (RA), e -2.6°C il 24 marzo a S. Pietro in Vincoli (RA).

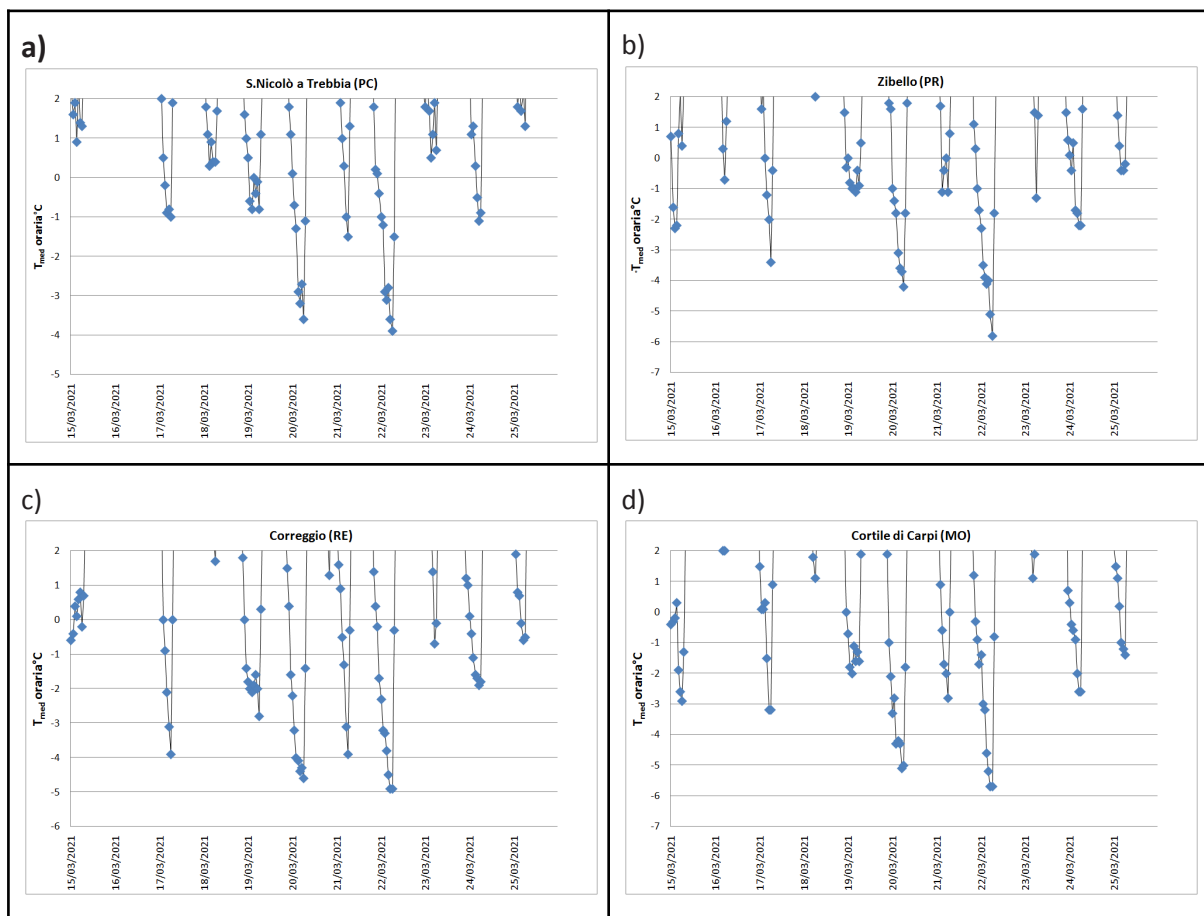
Gli eventi di gelo di aprile 2021 si sono verificati dal giorno 4 al 9, con andamento dei valori in generale decrescente fino al giorno 8, quando si sono raggiunti, in pianura, i valori minimi assoluti sull'evento: -4.6°C a Copparo (FE), -4.2°C a Cortile di Carpi (MO), e -3.9°C a Zibello (PC). Nella pianura della Romagna i valori minimi si sono raggiunti in giorni diversi a seconda della località: -2.5°C a Granarolo Faentino (RA) il 5, -2.4°C a San Pietro in Vincoli (RA) l'8 aprile. E' necessario ribadire che, a causa dell'estrema variabilità territoriale nella distribuzione dei minimi termici in questo genere di eventi, questi valori sono da intendersi solo puramente indicativi dei reali valori di temperatura minima giornaliera, soprattutto di quella percepita dagli organi vegetali, e della loro distribuzione spaziale.

L'effetto negativo sulle colture è stato amplificato dall'inverno mite, e dalle elevatissime temperature massime nei giorni intercorsi tra i due eventi che hanno ulteriormente accelerato lo sviluppo fenologico delle principali colture frutticole, portandole in generale nella fasi in assoluto più sensibili ai ritorni di freddo.

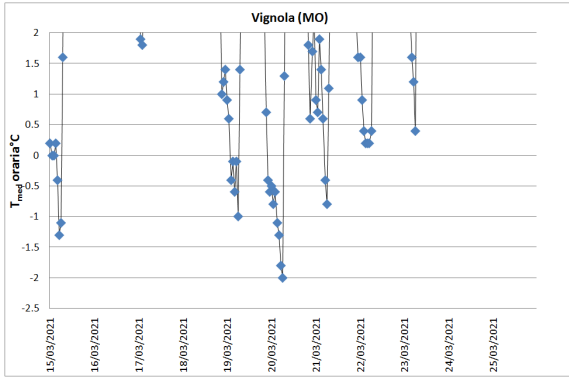
Analisi dettagliata degli eventi

Le gelate di marzo 2021

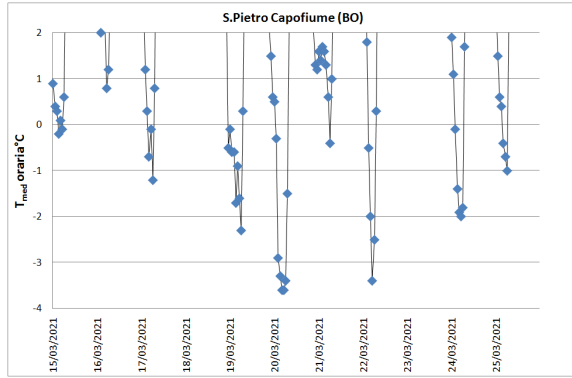
La serie delle gelate di marzo si è estesa dal giorno 15 al 25. Nel corso di questo periodo, le temperature minime giornaliere hanno presentato nella regione un andamento altalenante, raggiungendo valori minimi assoluti in giorni diversi a seconda della località. In particolare, nella pianura occidentale, hanno raggiunto i minimi il giorno 22 marzo (fig. 6a,b,c,d), con valori che corrispondono anche ai minimi assoluti osservati nella regione, nella pianura centrale, localmente in alcune stazioni nella pianura orientale e nelle basse valli della Romagna il giorno 20 (figg. 6e,f,g,h,j,m), in altre località della pianura orientale il giorno 19 (figg. 6i,l).



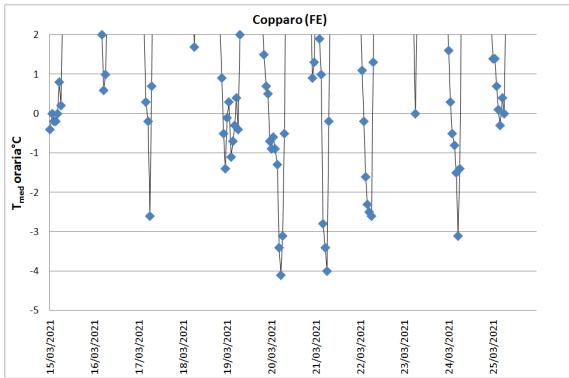
e)



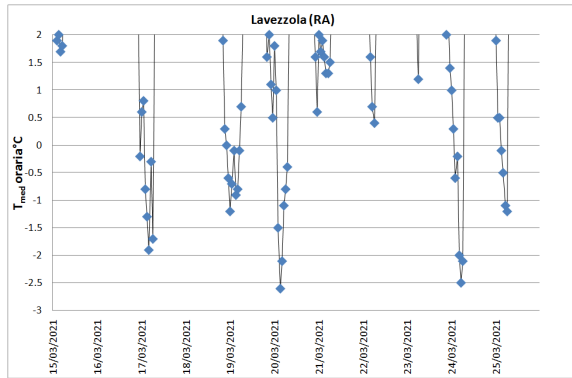
f)



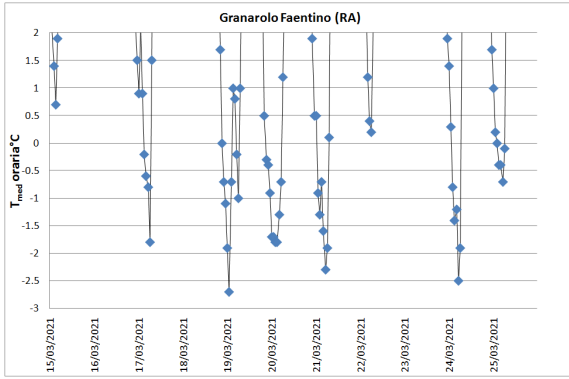
g)



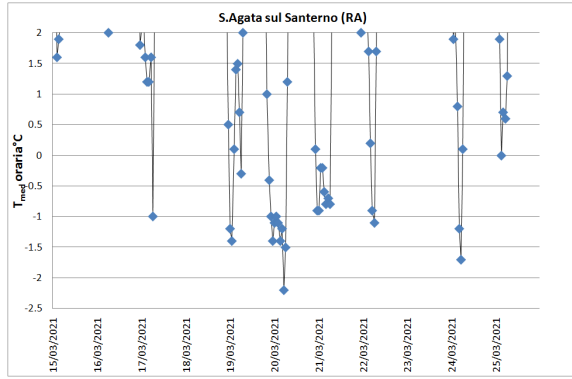
h)



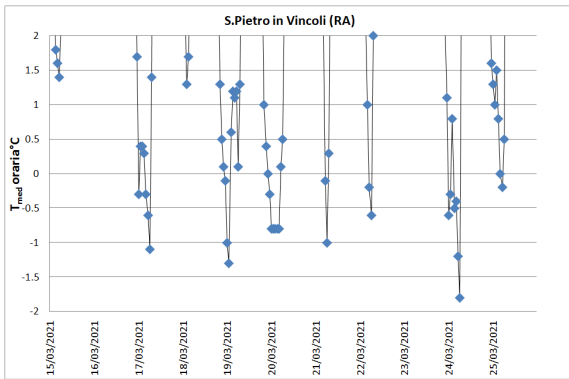
i)



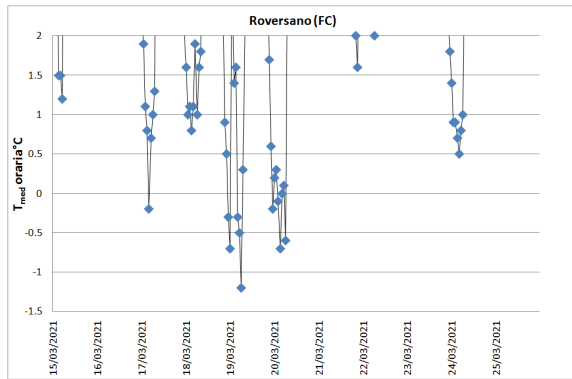
j)



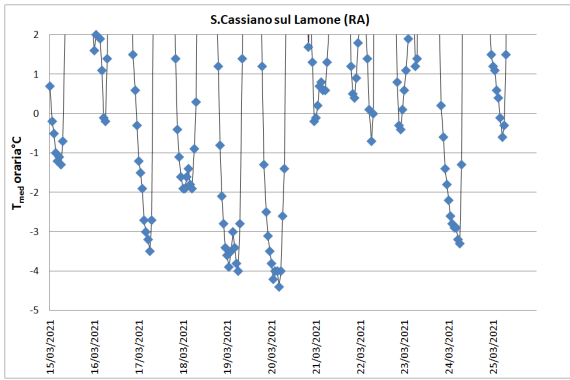
k)



l)



m)



n)

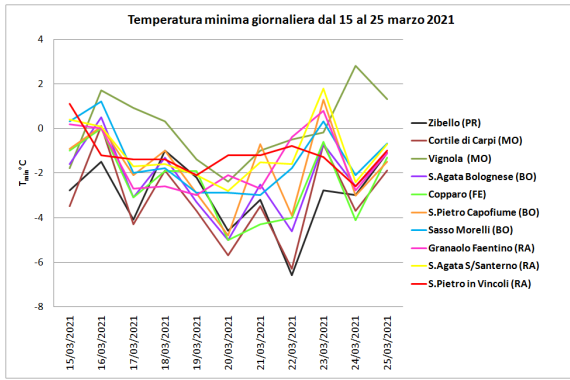


Figura 6: Da a) a m) Temperature medie orarie notturne in alcune stazioni della regione dal 15 al 25 marzo 2021. n) Temperature minime giornaliere nelle stesse stazioni dal 15 al 25 marzo 2021.

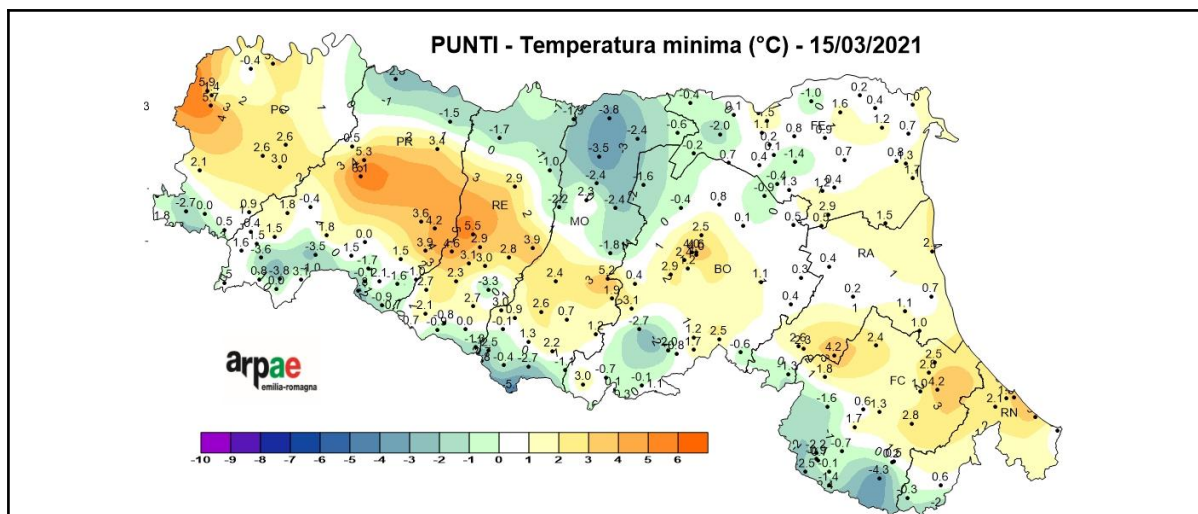


Figura 7a: Temperatura minima giornaliera del 15 marzo 2021.

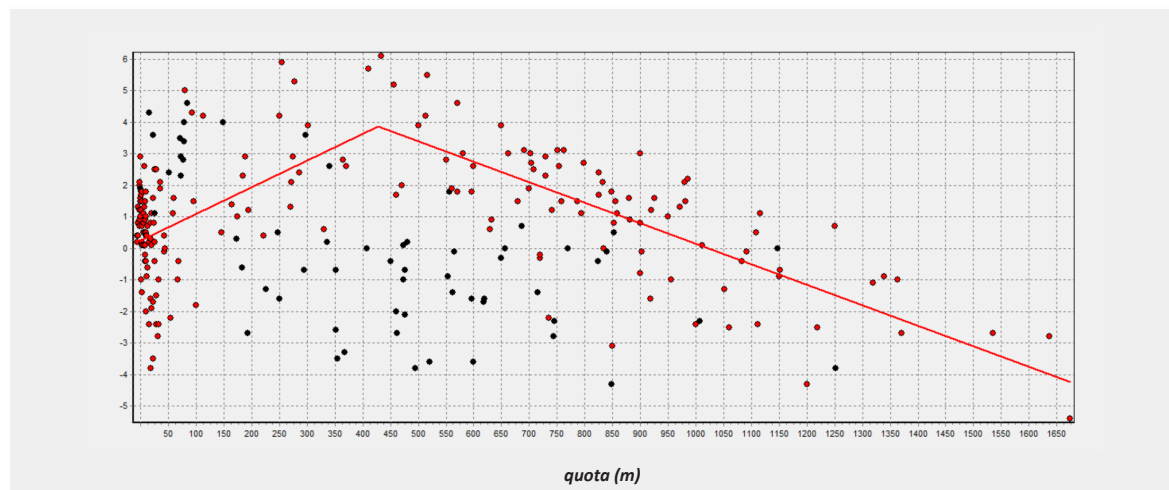


Figura 7b: Temperatura minima in funzione della quota per il 15 marzo 2021. I punti rossi indicano punti misura rappresentativi di un'ampia area, quelli neri i punti rappresentativi di un'area locale.

La serie delle gelate tardive 2021 ha inizio con l'evento del giorno **15 marzo** (fig. 7a) che ha visto minimi prossimi o inferiori allo zero in gran parte della pianura interna della regione. Valori diffusamente inferiori allo zero si sono registrati nella pianura centro-occidentale, e i valori in assoluto più bassi si sono registrati nella pianura modenese. La minima assoluta del giorno si è registrata nella stazione di Mirandola con il valore di -3.8°C , ma valori pericolosi per le colture si sono osservati anche nella pedecollina modenese, -1.8°C a Vignola (MO) e -2.2°C a Marzaglia (MO). Analizzando l'andamento della temperatura minima con la quota (fig. 7b) si può notare la presenza di una inversione termica con quota massima tra i 200 e i 300 m.

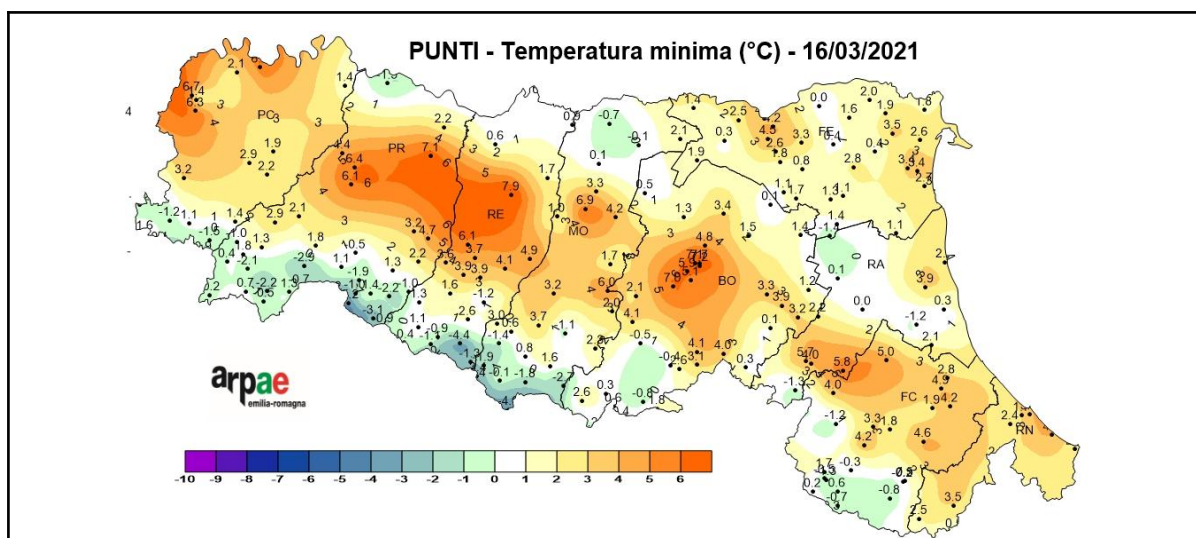


Figura 8a: Temperatura minima giornaliera del 16 marzo 2021.

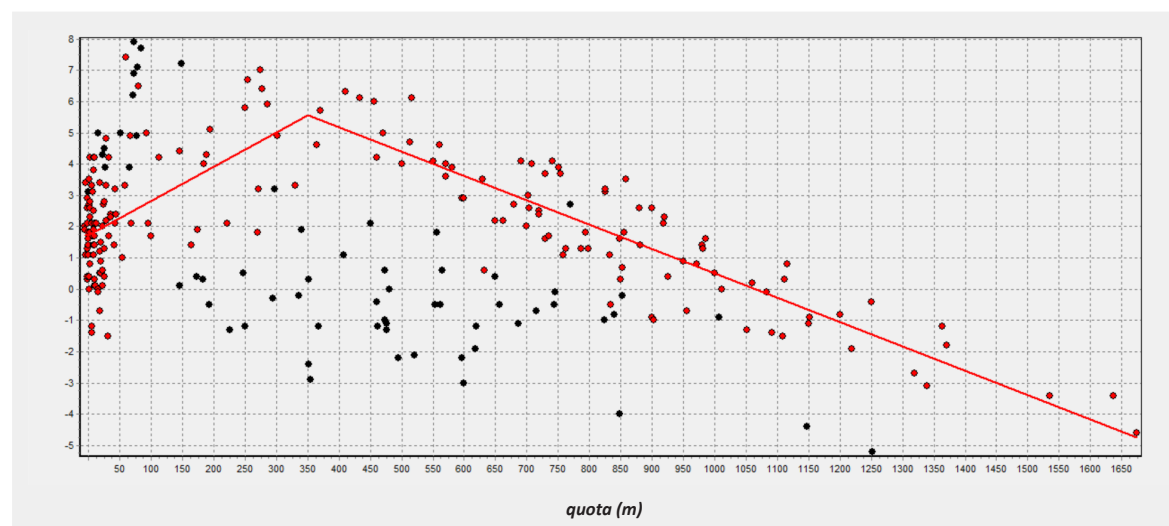


Figura 8b: Temperatura minima in funzione della quota per il 16 marzo 2021. I punti rossi indicano punti misura rappresentativi di un'ampia area, quelli neri i punti rappresentativi di un'area locale.

Le minime del giorno successivo, **16 marzo** (fig. 8), sono state in generale, ma non ovunque, superiori a quelle del giorno precedente: mentre nella bassa pianura centrale e occidentale si sono registrati valori prossimi o inferiori allo zero, -1.5°C a Zibello (PR), -0.7°C a Mirandola (MO), comunque decisamente superiori a quelli del giorno precedente, in aree della Romagna, i valori minimi del giorno 16 marzo sono stati invece inferiori a quelli del giorno precedente. Nella stazione di S. Pietro in Vincoli, ad esempio, si è infatti registrata il 16 marzo una minima di -1.2°C , contro un valore minimo di 1.1°C del giorno precedente. Analizzando l'andamento della temperatura minima con la quota (fig. 8b) si può notare la marcata inversione termica con quota massima di circa 400 m.

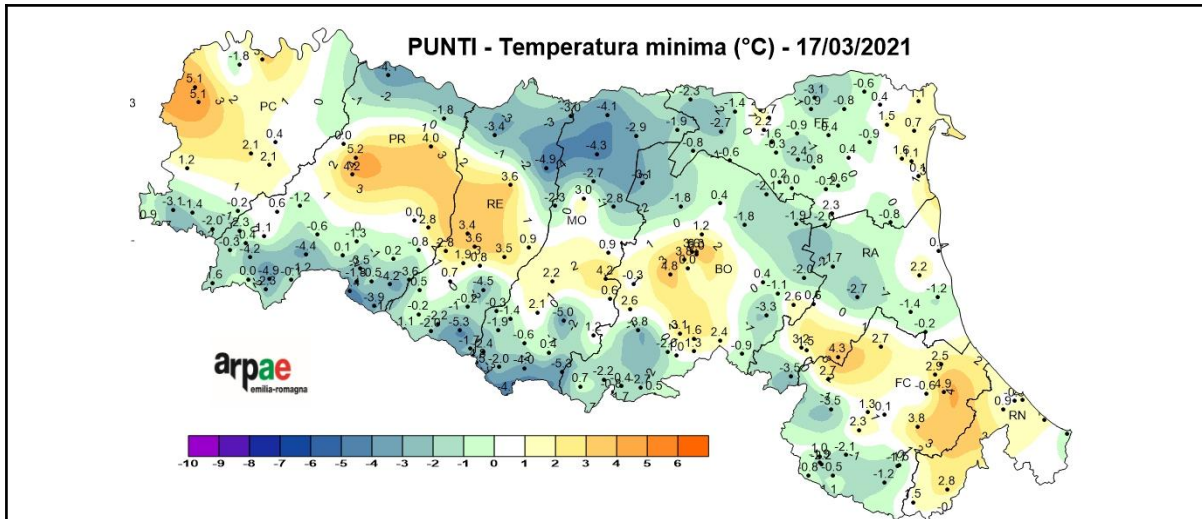


Figura 9a: Temperatura minima giornaliera del 17 marzo 2021.

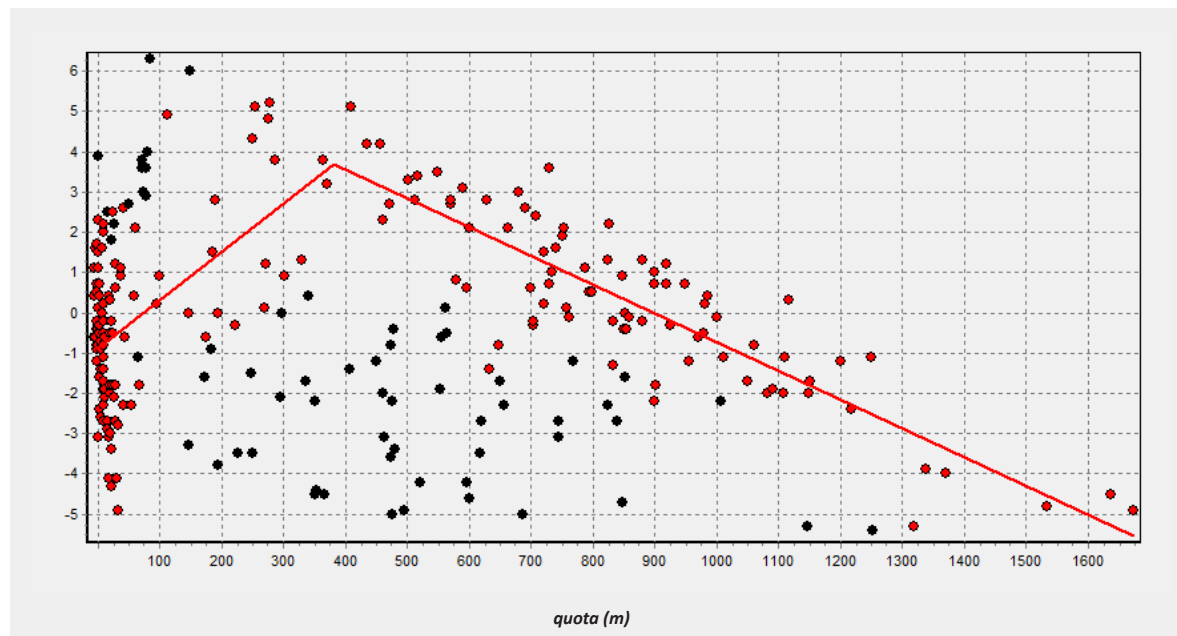


Figura 9b: Temperatura minima in funzione della quota per il 17 marzo 2021. I punti rossi indicano punti misura rappresentativi di un'ampia area, quelli neri i punti rappresentativi di un'area locale.

La gelata del giorno **17 marzo** (fig. 9a) è stata la prima diffusa a tutta la pianura regionale. Come il giorno 15, le minime più basse si sono osservate nella pianura centro-occidentale, dove si è raggiunta la minima assoluta della pianura con -4.9°C registrati a Correggio (RE), ma valori diffusamente inferiori allo zero si sono osservati anche in Romagna, come -2.7°C a Granarolo Faentino (RA) e -1.7°C a S. Agata sul Santerno (RA), nel Ferrarese, come -3.1°C a Copparo (FE), -2.7°C a Mirabello (FE) e -2.4°C a Sellarino Voghiera (FE), nella fascia pedecollinare e nella valli appenniniche del settore orientale e della Romagna, come -3.3°C a Ponticelli (BO), -3.5°C a San Cassiano sul Lamone (RA) e a Rocca San Casciano (FC). Analizzando l'andamento della temperatura minima con la quota (fig. 9b) si può verificare la marcata inversione termica caratteristica di questo evento con quota tra i 300 e i 400 m.

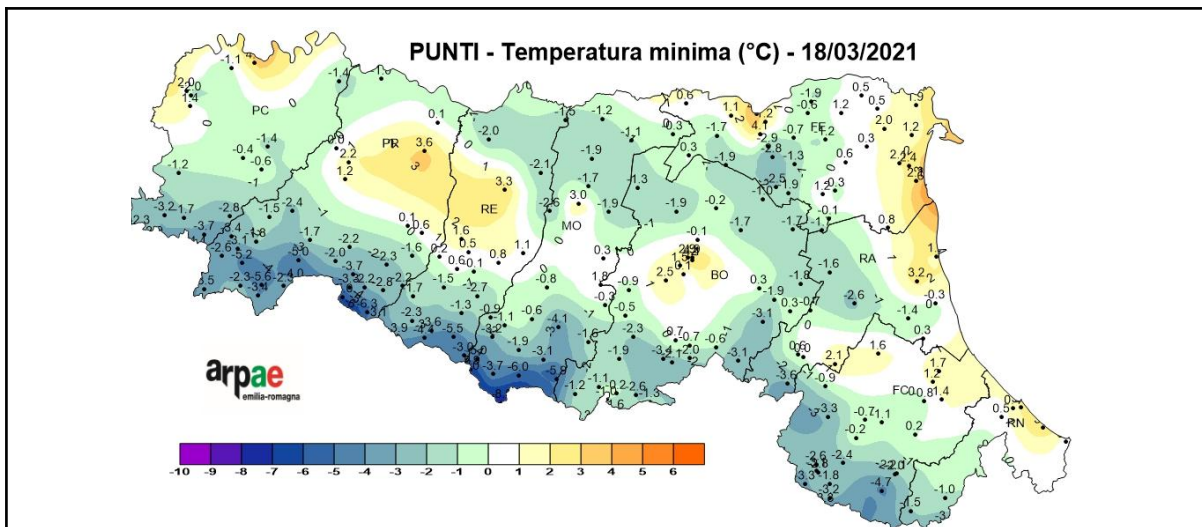


Figura 10a: Temperatura minima giornaliera del 18 marzo 2021.

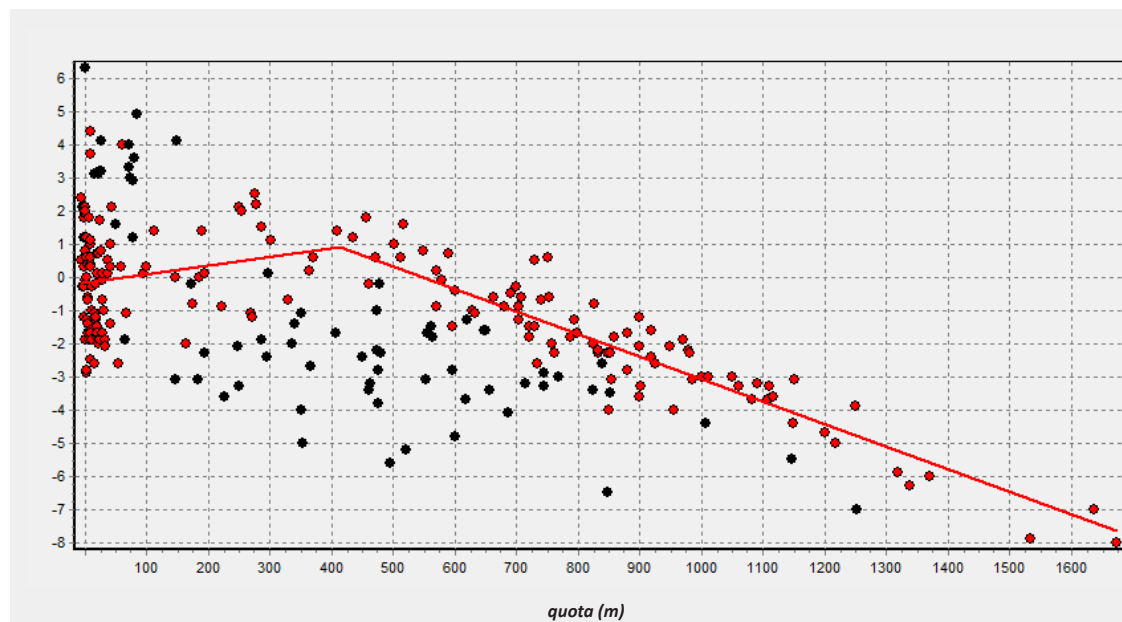


Figura 10b: Temperatura minima in funzione della quota per il 18 marzo 2021. I punti rossi indicano punti misura rappresentativi di un'ampia area, quelli neri i punti rappresentativi di un'area locale.

L'evento di gelo tardivo del giorno successivo, il **18 marzo** 2021, ha visto, come il precedente, valori inferiori allo zero in tutta la pianura interna e nelle valli appenniniche (fig. 10a) , ma a differenza degli eventi precedenti le minime assolute della pianura si sono concentrate nell'area orientale della regione, nel ferrarese e in Romagna: -2.9°C ad Aguscello (FE), -2.8°C a Gaibanella (FE), -2.6°C a Granarolo Faentino (RA), -1.6°C a S.Agata sul Santerno (RA). Sempre molto basse le temperature nelle valli appenniniche, in particolare in Romagna; -3.6°C a San Cassiano sul Lamone (RA) e -3.3°C a Rocca San Casciano (FC). Analizzando l'andamento della temperatura minima con la quota (fig. 10b) si può notare la presenza di una inversione termica, meno marcata di quella del giorno precedente, con quota del massimo termico posizionata attorno ai 400 m.

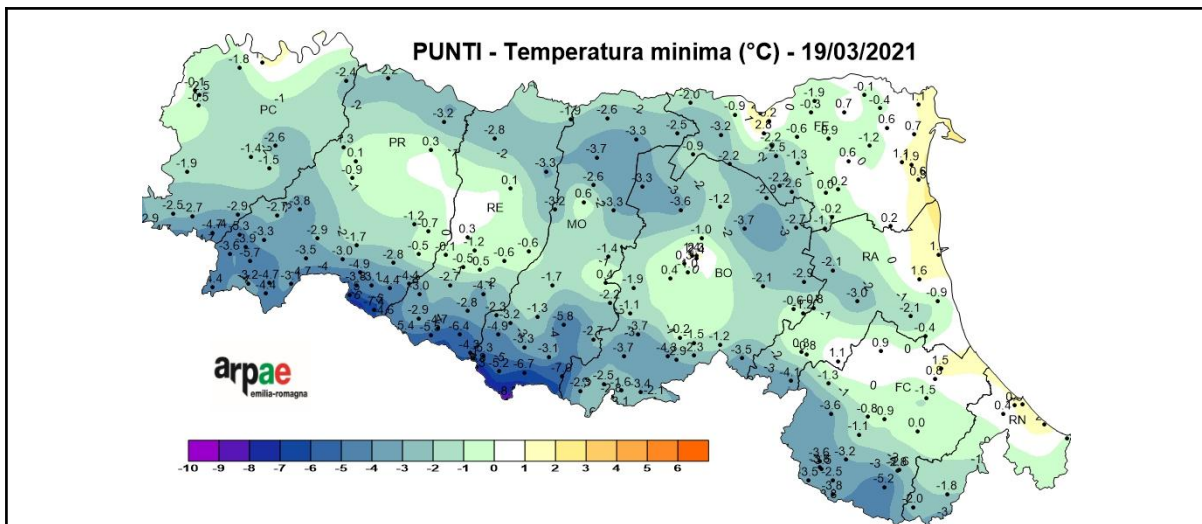


Figura 11a: Temperatura minima giornaliera del 19 marzo 2021.

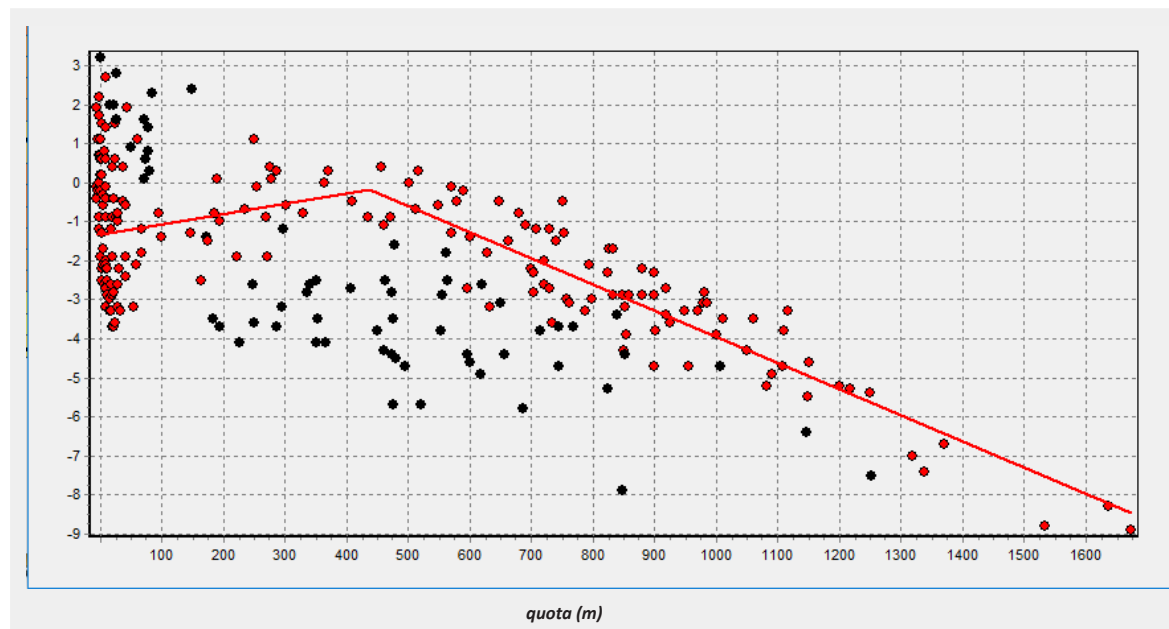


Figura 11b: Temperatura minima in funzione della quota per il 19 marzo 2021. I punti rossi indicano punti misura rappresentativi di un'ampia area, quelli neri i punti rappresentativi di un'area locale.

L'evento di gelo tardivo del **19 marzo** (fig. 11a) ha visto, rispetto agli eventi precedenti, una distribuzione più estesa dei valori minimi giornalieri al sotto dello zero: in tutta la pianura dal parmense al ravennate le temperature minime si sono mantenute tra -3.0 e -3.7°C, con -3.2°C Gainago (PR), -3.7°C Cortile di Carpi (MO), -3.6°C Sala Bolognese (BO), -3.0°C Granarolo Faentino (RA). Sempre molto bassi anche i valori minimi nelle valli appenniniche, con -3.5°C a Castel del Rio (BO), -4.1°C a San Cassiano sul Lamone (RA) e -3.6°C a Rocca San Casciano (FC). Analizzando l'andamento della temperatura minima con la quota (fig. 11b) si può notare, come nell'evento del 19, la presenza di una debole inversione con quota del massimo termico posizionata attorno ai 450 m.

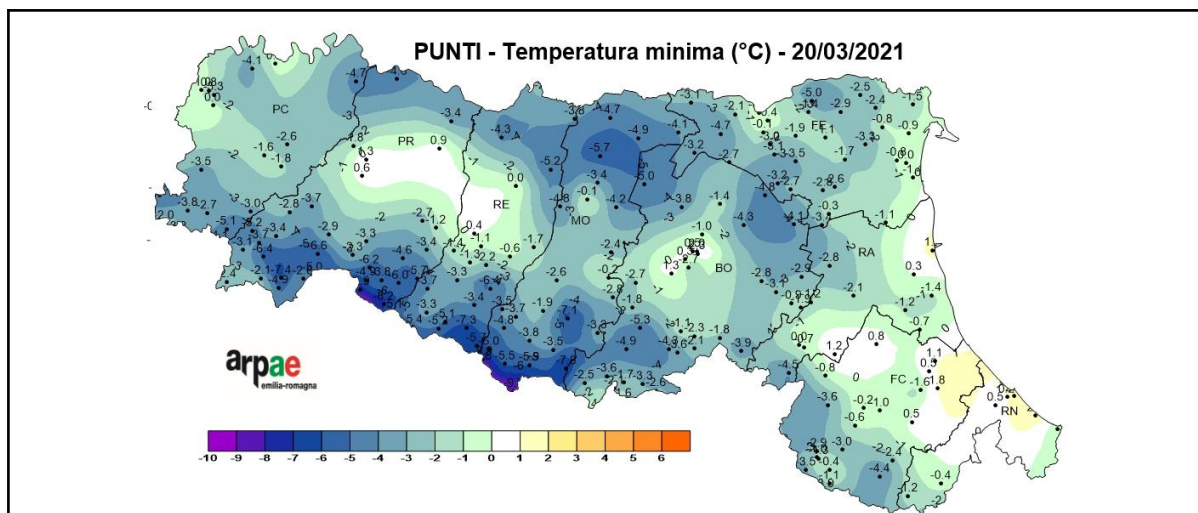


Figura 12a: Temperatura minima giornaliera del 20 marzo 2021.

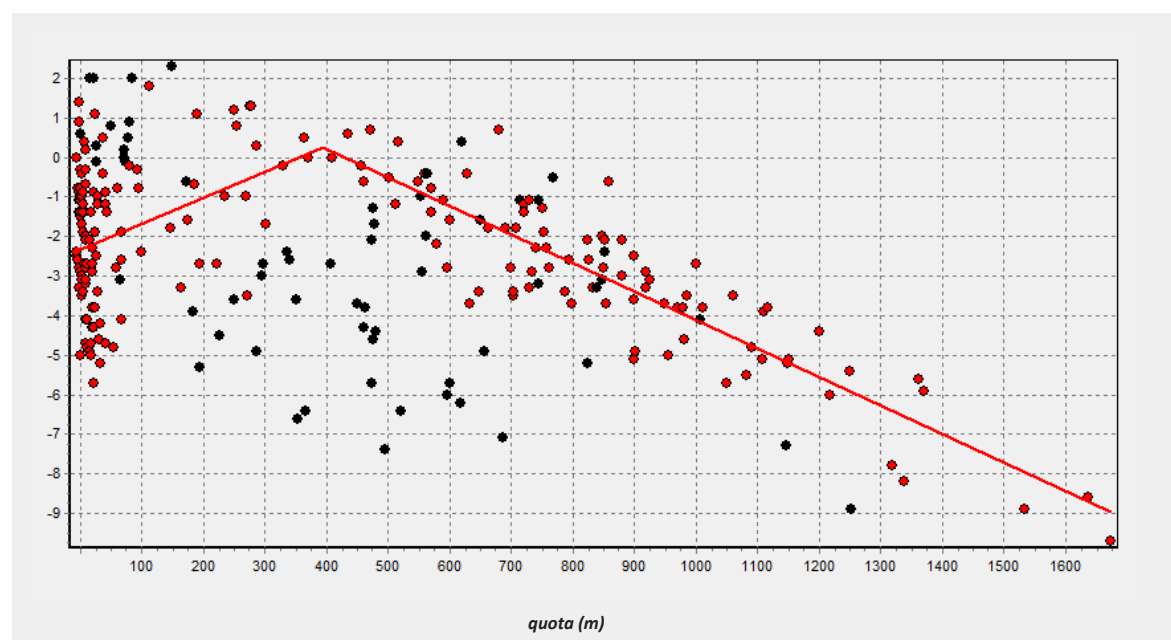


Figura 12b: Temperatura minima in funzione della quota per il 20 marzo 2021. I punti rossi indicano punti misura rappresentativi di un'ampia area, quelli neri i punti rappresentativi di un'area locale.

La gelata del **20 marzo** (fig.12c), proseguendo nella generale tendenza alla diminuzione dei valori minimi giornalieri, ha visto valori di temperatura minima decisamente bassi, diffusi a tutta la pianura, con minimi assoluti posizionati nella pianura modenese e aree limitrofe, e più localmente nel ferrarese, nel parmense-piacentino e nel bolognese, con -5.7°C a Cortile di Carpi (MO), -5.2°C Correggio (RE), -5.0°C a Copparo (FE), -4.9°C a S. Felice sul Panaro (MO), -4.8°C a Marzaglia (MO) e a San Pietro Capofiume (BO), -4.7°C a Mirandola (MO) e a Castellazzo Villanova D'Arda (PC). Valori molto bassi sono stati osservati anche nelle valli appenniniche, con -6.4°C a Ponte Cavola di Toano (RE), -5.3°C a Vergato (BO), -4.5°C a San Cassiano sul Lamone (RA) e -3.6°C a Rocca San Casciano (FC). Analizzando l'andamento della temperatura minima con la quota (fig. 12b) si può notare la presenza di una inversione termica con quota massima intorno a 400 m.

Benché nel complesso i minimi assoluti regionali delle temperature delle gelate di marzo 2021 si siano registrati nel giorno 22 nella pianura centro-occidentale, in gran parte del territorio le minime assolute dell'evento si sono verificate il giorno 20, particolarmente sul settore centro-orientale, come si era notato analizzando la figura 6. Una seconda caratteristica distintiva della gelata del 20 marzo rispetto ai giorni precedenti è la presenza di minime prossime o inferiori allo zero anche in gran parte della fascia costiera, sfuggita alle gelate nei giorni precedenti. In questo giorno infatti, sono stati osservati -1.5°C a Mesola (FE), -1.4°C a Guagnino (FE) e Fosso Ghiaia (RA) e -0.9°C a Cattolica (RN). Analizzando l'andamento della temperatura minima con la quota (fig.12b) si può notare, come nell'evento del 20, la presenza di una inversione più decisa rispetto a quella dei due giorni precedenti, con quota del massimo termico posizionata attorno ai 400 m.

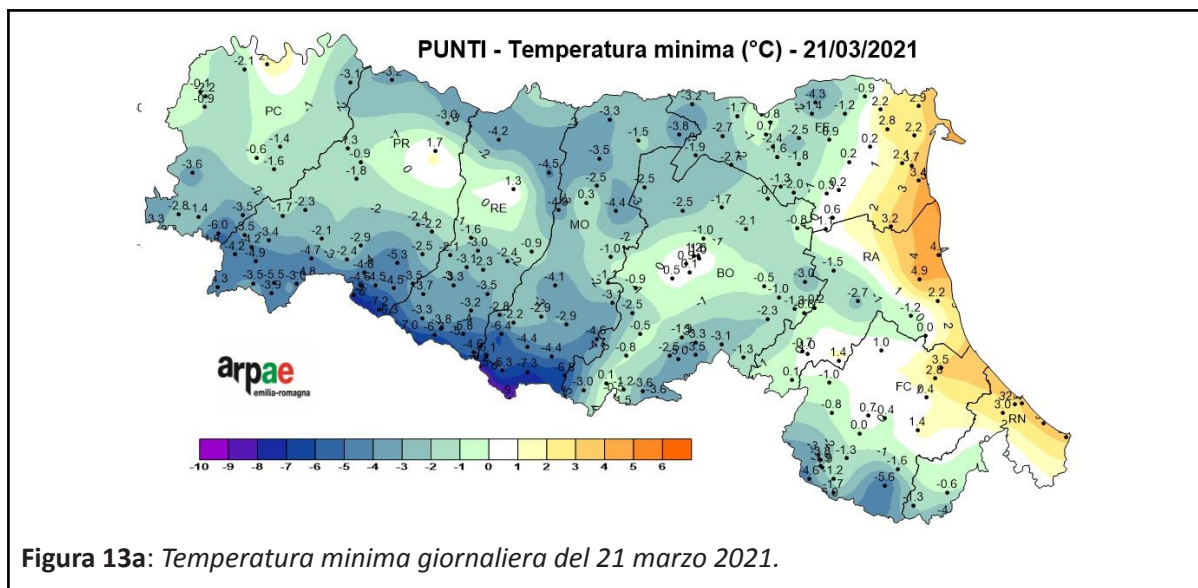


Figura 13a: Temperatura minima giornaliera del 21 marzo 2021.

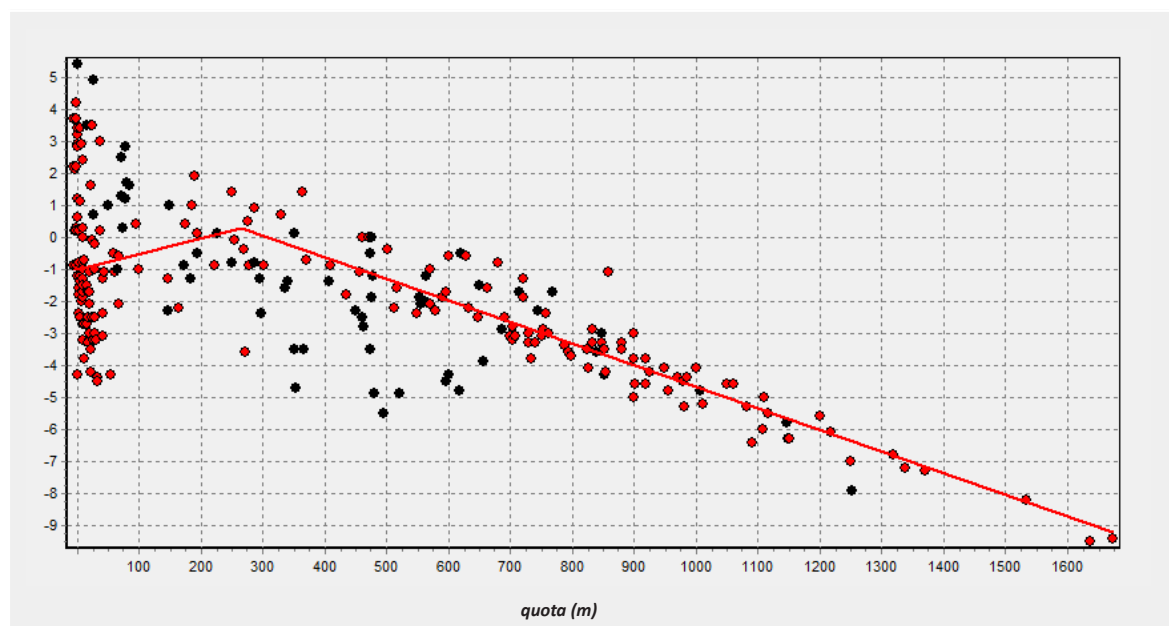


Figura 13b: Temperatura minima in funzione della quota per il 21 marzo 2021. I punti rossi indicano punti misura rappresentativi di un'ampia area, quelli neri i punti rappresentativi di un'area locale.

Nella gelata del **21 marzo** (fig. 13a), sono presenti ancora valori diffusamente inferiori allo zero in tutta la pianura centrale, e le minime assolute si osservano nella media e nell'alta pianura centro-occidentale, con -4.5°C a Correggio (RE), -4.4°C a Castelfranco Emilia, -4.3°C a Marzaglia (MO), e più localmente nel ferrarese, con -4.3°C a Copparo (FE). Valori superiori, ma sicuramente pericolosi per danni da gelo, si registrano anche sul settore orientale ed in Romagna, con -2.7°C a Granarolo Faentino (RA), -3.0°C a Sasso Morelli (BO), -1.2°C a San Pietro in Vincoli (RA), mentre ancora superiori sono i valori registrati nelle valli appenniniche della Romagna 0.1°C a San Cassiano sul Lamone (RA) e -0.8°C a Rocca San Casciano (FC). Analizzando l'andamento della temperatura minima con la quota

(fig. 13b) si può notare la presenza in questa giornata di una debole inversione nei minimi giornalieri con quota di massimo termico posizionata tra i 200 e i 300 m.

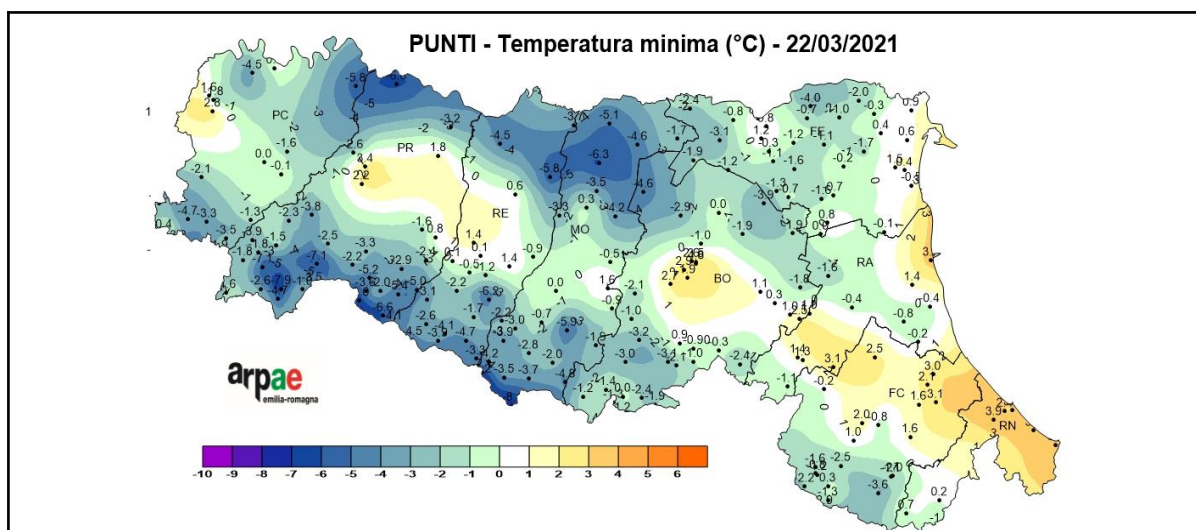


Figura 14a: Temperatura minima giornaliera del 22 marzo 2021.

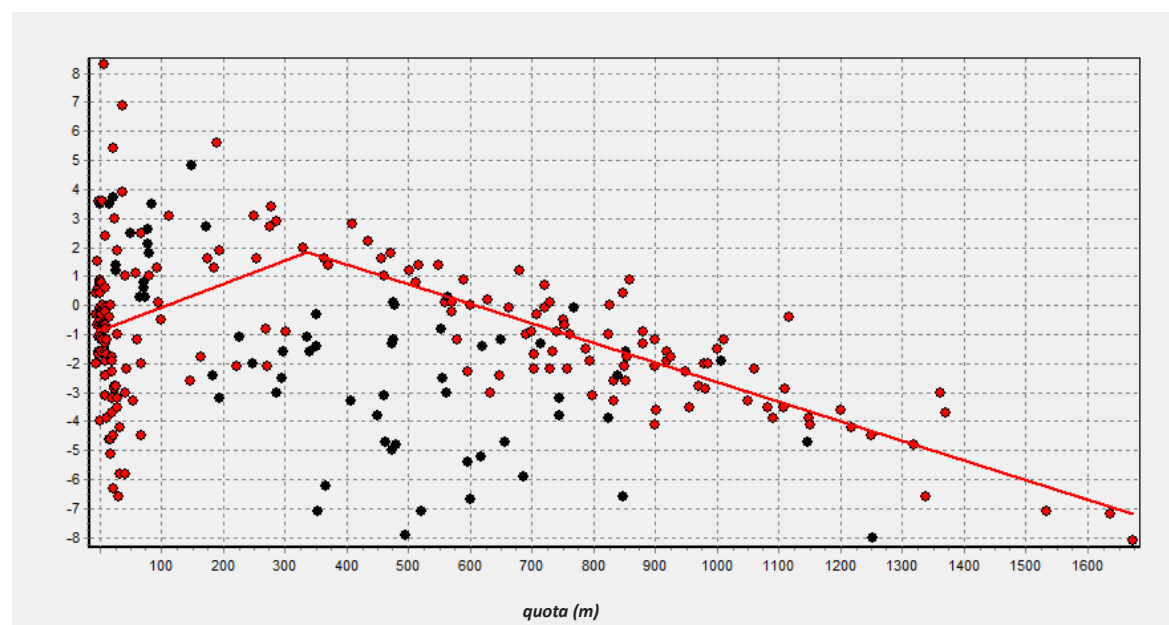


Figura 14b: Temperatura minima in funzione della quota per il 22 marzo 2021. I punti rossi indicano punti misura rappresentativi di un'ampia area, quelli neri i punti rappresentativi di un'area locale.

Il giorno **22 marzo** (fig. 14a) si sono osservati nella pianura centro-occidentale i valori minimi assoluti della serie di marzo 2021. Si sono raggiunti -6.6°C a Zibello (PR), -6.3°C a Cortile di Carpi (MO), -5.8°C a Castellazzo Villanova d'Arda (PC) e a Correggio (RE). In Romagna, le minime sono state più elevate ma sempre inferiori allo zero nel ravennate, con -1.6°C a S. Agata sul Santerno, -0.4°C a Granarolo Faentino, -0.8°C a San Pietro in Vincoli. Analizzando l'andamento della temperatura minima con la

quota (fig. 14b) si può verificare, come nell'evento del 22, la presenza di una significativa inversione con quota di massimo termico intorno a 300 m.

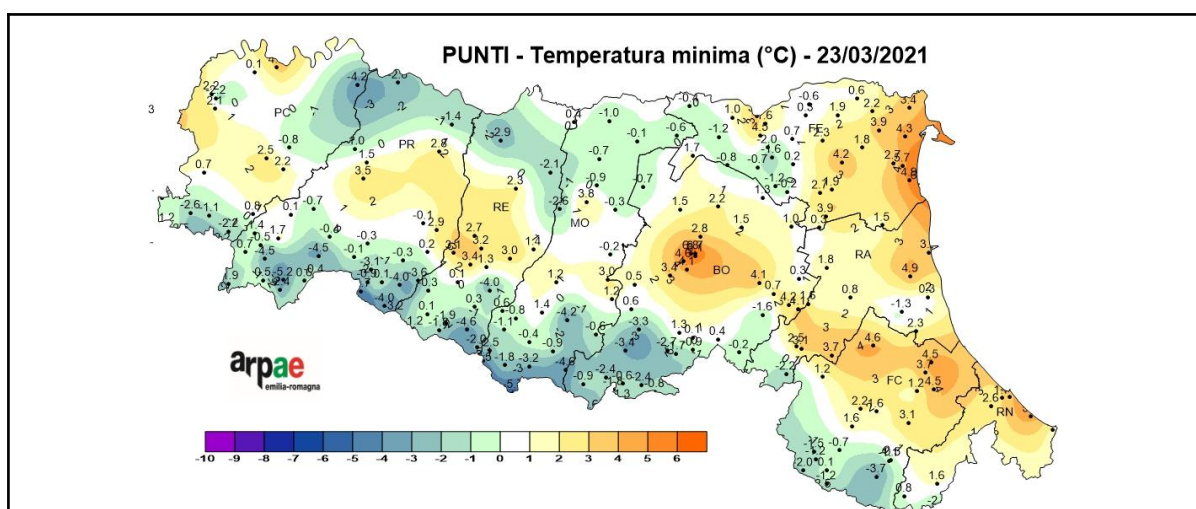


Figura 15a: Temperatura minima giornaliera del 23 marzo 2021.

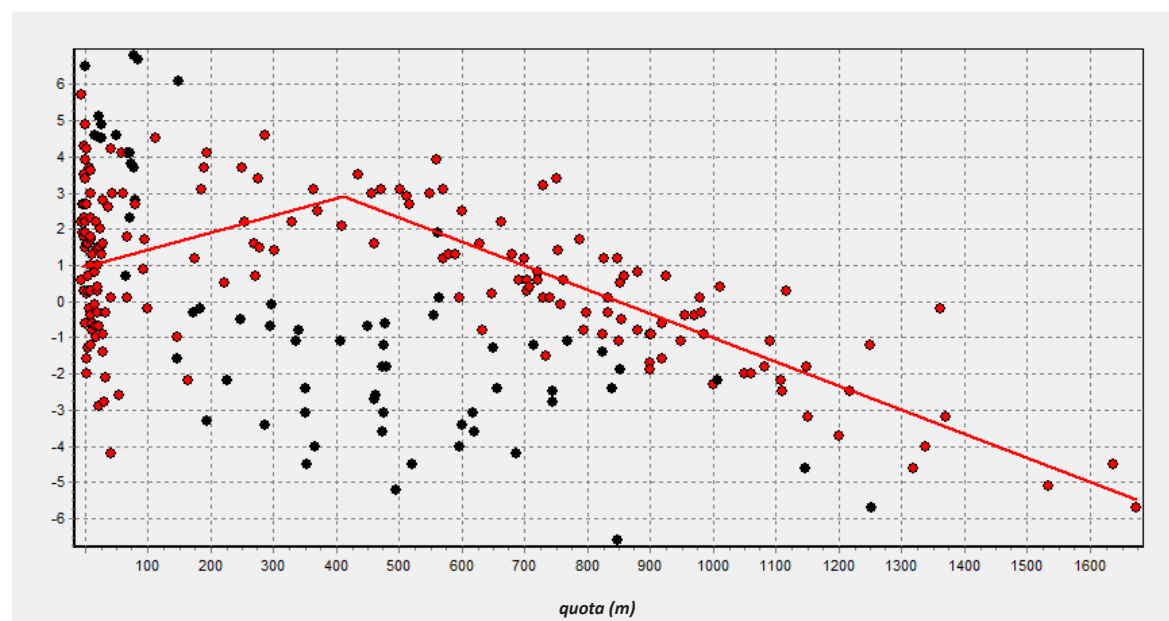


Figura 15b: Temperatura minima in funzione della quota per il 23 marzo 2021. I punti rossi indicano punti misura rappresentativi di un'ampia area, quelli neri i punti rappresentativi di un'area locale.

Il giorno **23 marzo** (fig.15a) ha visto, per le aree orientali, una momentanea pausa negli eventi di gelo tardivo. In gran parte delle stazioni meteo della pianura bolognese, del ferrarese e della Romagna, i valori minimi si sono mantenuti superiori allo zero con solo alcune eccezioni nella pianura tra Ferrara e l'alto bolognese: -2.0°C nella stazione di Aguscello (FE), -1.6°C a Gaibanella (FE), -1.2°C a Santa Maria Codifiume (FE), -1.6°C a Ponticelli (BO), -1.3°C a San Pietro in Vincoli (RA). Nella pianura centro-occidentale i valori sono scesi al di sotto dello zero in vaste aree, ma meno intensamente rispetto al giorno precedente: il valore minimo assoluto dell'evento è stato raggiunto a Castellazzo

Villanova D'Arda con -4.2°C . Analizzando l'andamento della temperatura minima con la quota (fig.15b) si può notare, come nell'evento del giorno precedente, la presenza di una significativa inversione termica con quota massima posizionata attorno ai 400 m.

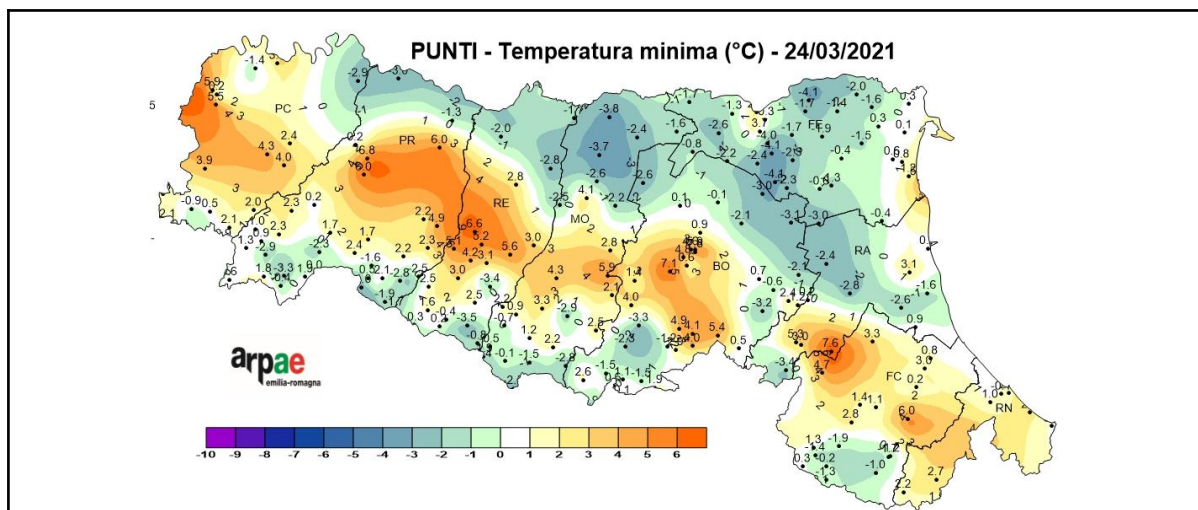


Figura 16a: Temperatura minima giornaliera del 24 marzo 2021.

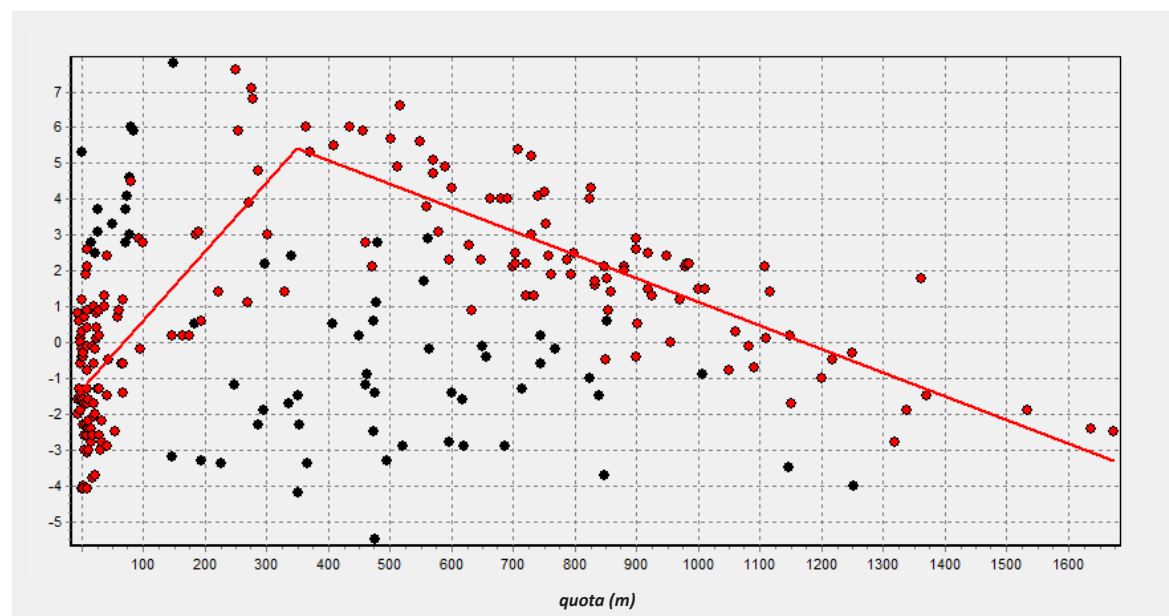


Figura 16b: Temperatura minima in funzione della quota per il 24 marzo 2021. I punti rossi indicano punti misura rappresentativi di un'ampia area, quelli neri i punti rappresentativi di un'area locale.

Il giorno **24 marzo** 2021 ha visto, dopo la parziale pausa del giorno precedente, di nuovo minime in pianura diffusamente inferiori allo zero (fig 16a). In questo giorno, le temperature minime più basse si sono registrate nel Ferrarese, con -4.1°C a Copparo, a Gaibanella e a Santa Maria Codifiume, e valori lievemente superiori nella pianura modenese, con -3.8°C a Mirandola e -3.7°C a Cortile di Carpi. Anche in Romagna si sono registrate minime decisamente inferiori allo zero, con -2.8°C a Granarolo Faentino, -2.6°C a San Pietro in Vincoli, -2.4°C a S.Agata sul Santerno. Analizzando

l'andamento della temperatura minima con la quota (fig.16b) si può verificare la presenza di una intensa inversione termica, con un gradiente verticale positivo di quasi 2°C ogni 100m di quota, la più elevata della serie delle gelate di marzo, con quota posizionata attorno ai 350 m.

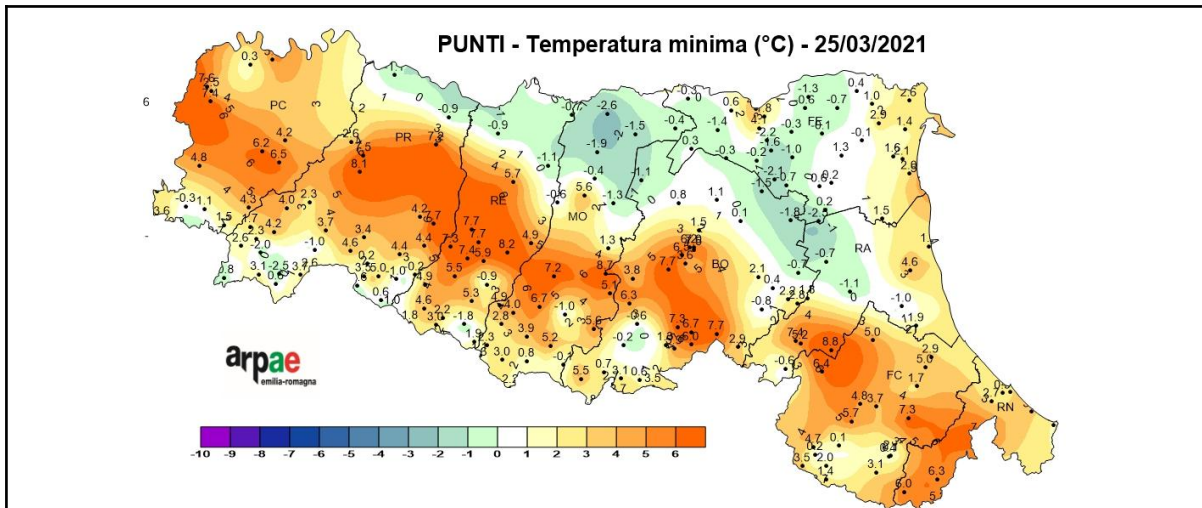


Figura 17a: Temperatura minima giornaliera del 25 marzo 2021.

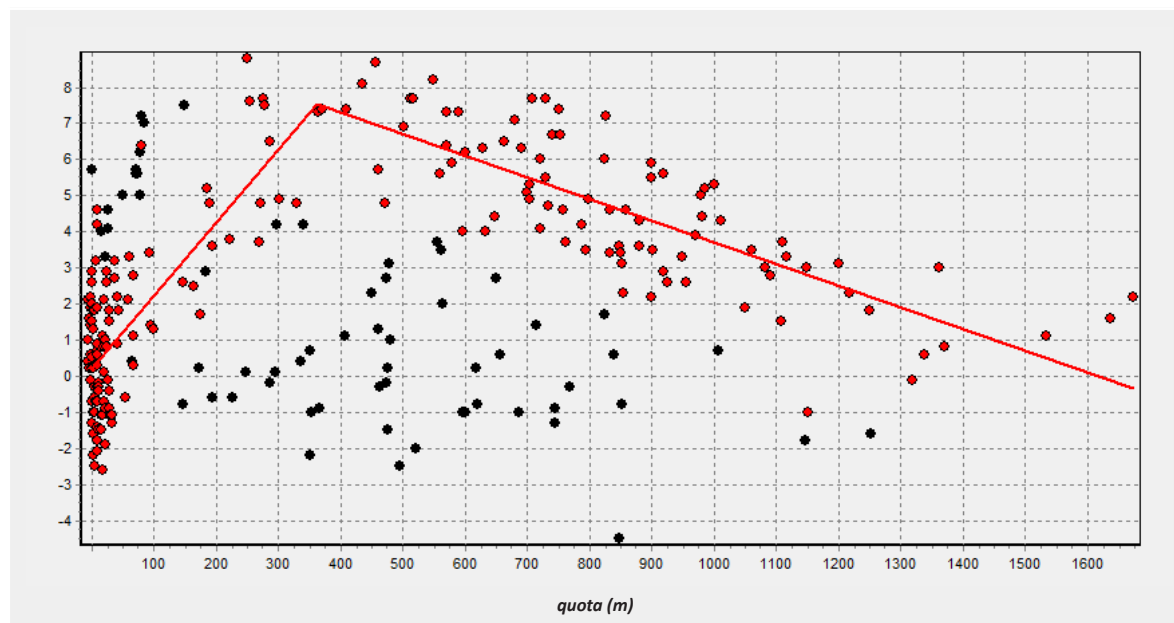


Figura 17b: Temperatura minima in funzione della quota per il 25 marzo 2021. I punti rossi indicano punti misura rappresentativi di un'ampia area, quelli neri i punti rappresentativi di un'area locale.

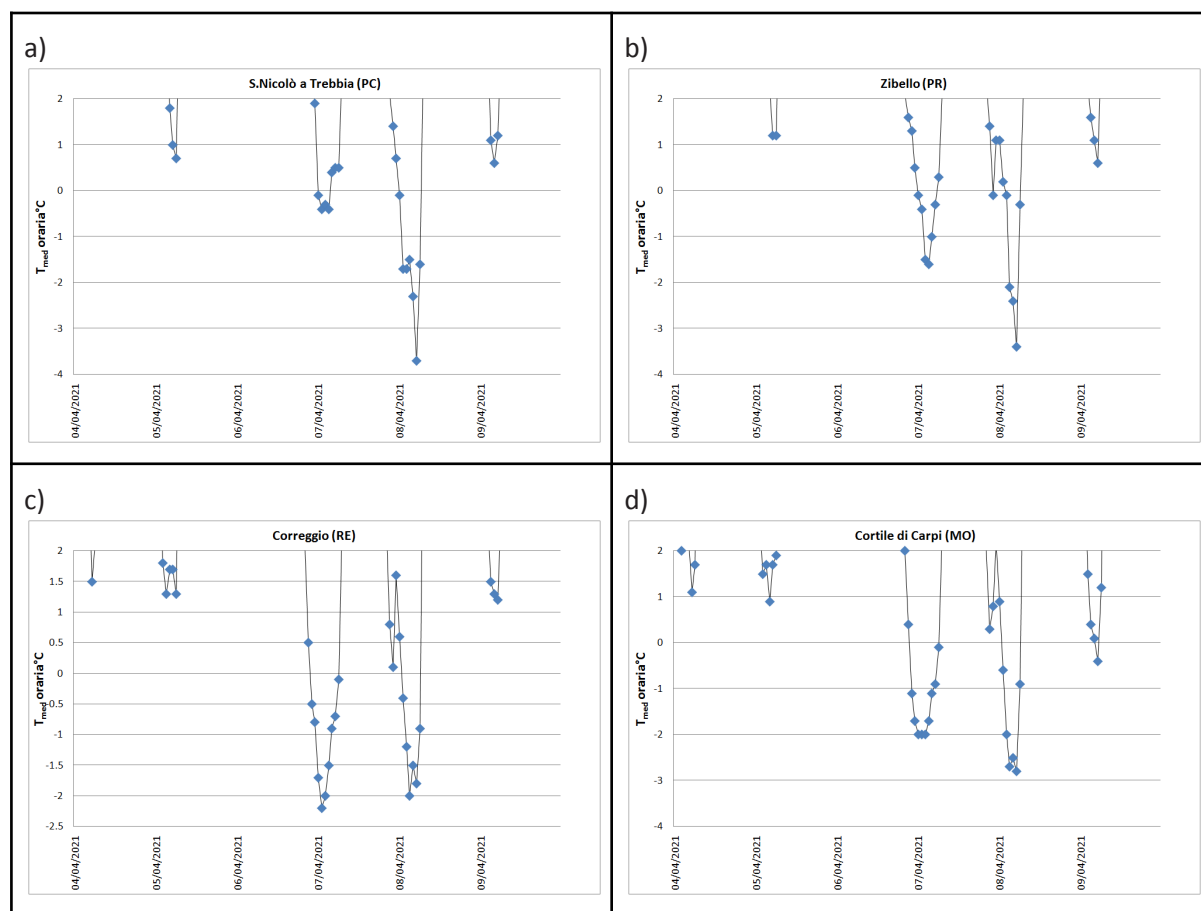
L'ultima gelata di questo gruppo si è verificata il giorno **25 marzo** (fig.16a). In questa giornata i valori minimi termici sono stati superiori a quelli del giorno precedente ma sempre decisamente e diffusamente inferiori allo zero. Le minime assolute giornaliere si sono registrate nella pianura modenese, con -2.6°C a Mirandola (MO), e nella pianura ravennate, con -2.5°C a Lavezzola (RA) e nel Ferrarese -2.2°C ad Aguscello e -2.1°C a Santa Maria Codifiume. Analizzando l'andamento della temperatura minima con la quota (fig. 16b) si può notare la presenza di una intensa inversione

termica, con gradiente verticale positivo di più di 2°C ogni 100 m di quota, la più elevata della serie delle gelate di marzo insieme a quella del giorno 24, con quota massima posizionata attorno ai 400 m.

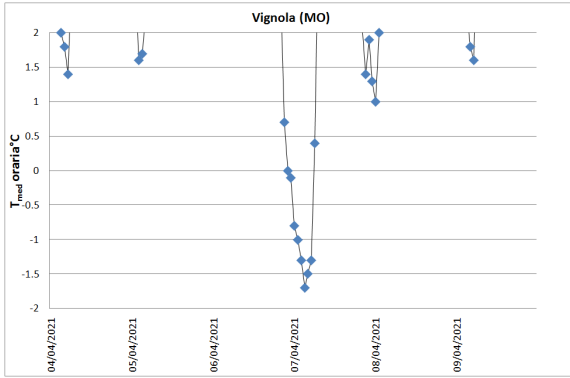
Le gelate di aprile 2021

Trascorsa una pausa di alcuni giorni dalla fine degli eventi di marzo, durante la quale sono state registrate temperature estremamente elevate, particolarmente dal 28 marzo al 2 aprile, che hanno accelerato lo sviluppo fenologico delle colture e di fatto sensibilmente aumentato la suscettibilità delle stesse ai danni da gelo, dal 4 al 9 aprile le temperature minime sono nuovamente scese al di sotto dello zero, provocando la seconda serie di gelate tardive del 2021. Questi sono stati sicuramente gli eventi gelivi di maggior impatto sulle colture, proprio in relazione al loro più avanzato sviluppo fenologico.

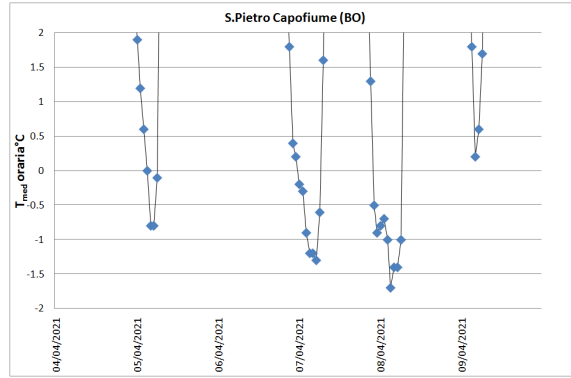
Gli eventi di gelo di aprile 2021 hanno presentato un andamento dei valori in generale decrescente fino al giorno 8, quando si sono raggiunti, in pianura, i valori minimi assoluti sull'evento (fig. 18): -4.6°C a Copparo (FE), -4.2°C a Cortile di Carpi (MO), e -3.9°C a Zibello (PC). Nella pianura della Romagna i valori minimi si sono invece raggiunti in giorni diversi, a seconda della località: -2.5°C a Granarolo Faentino (RA) il 5, -2.4°C San Pietro in Vincoli (RA) l'8 aprile. E' necessario ribadire che, a causa dell'estrema variabilità territoriale nella distribuzione dei minimi termici in questo genere di eventi, questi valori sono da intendersi solo puramente indicativi della reale situazione dei valori delle temperature minime giornaliere e della loro distribuzione spaziale.



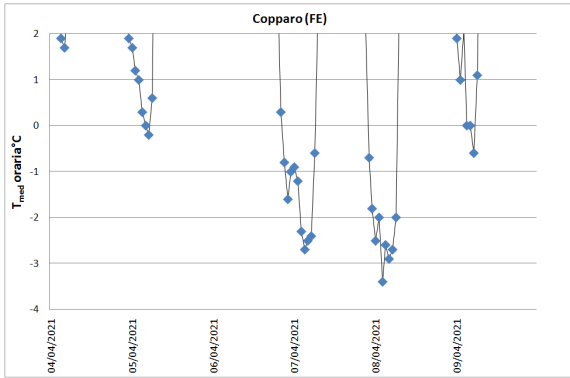
e)



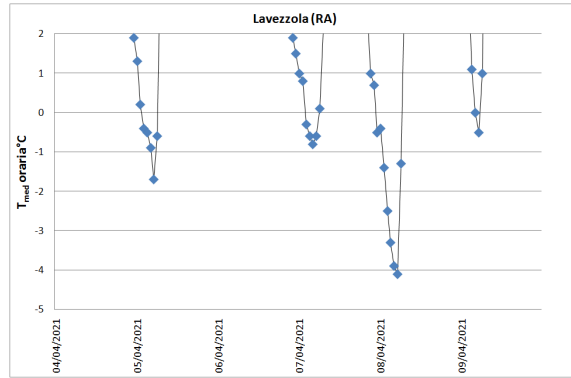
f)



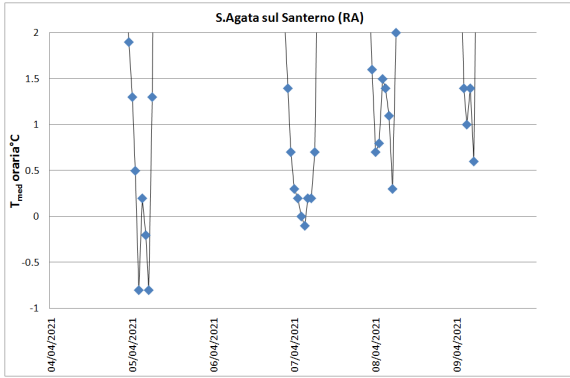
g)



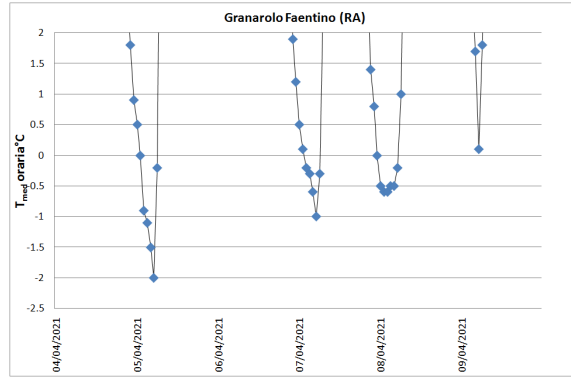
h)



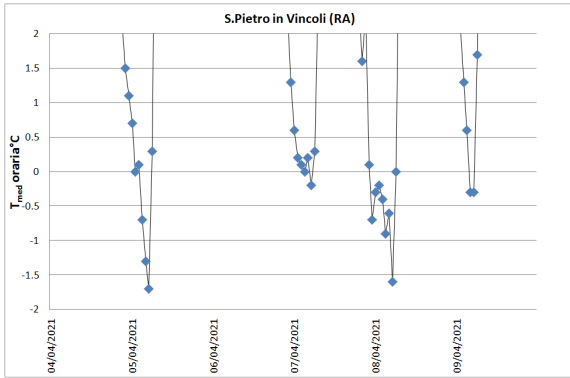
i)



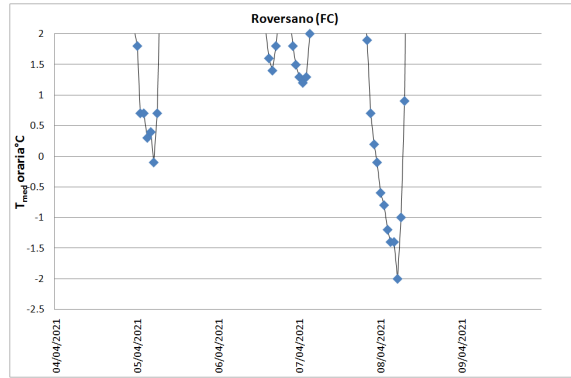
j)



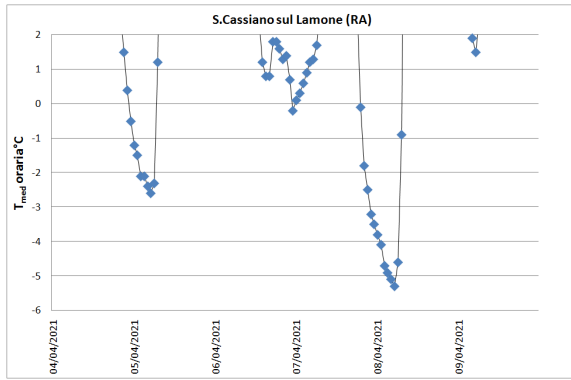
k)



l)



m)



n)

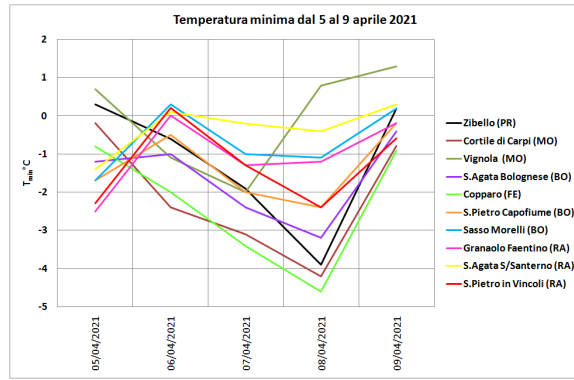


Figura 18: Da a) a m) Temperature medie orarie notturne in alcune stazioni della regione dal 4 al 9 aprile 2021. n) Temperature minime giornaliere nelle stesse stazioni dal 4 al 9 aprile 2021.

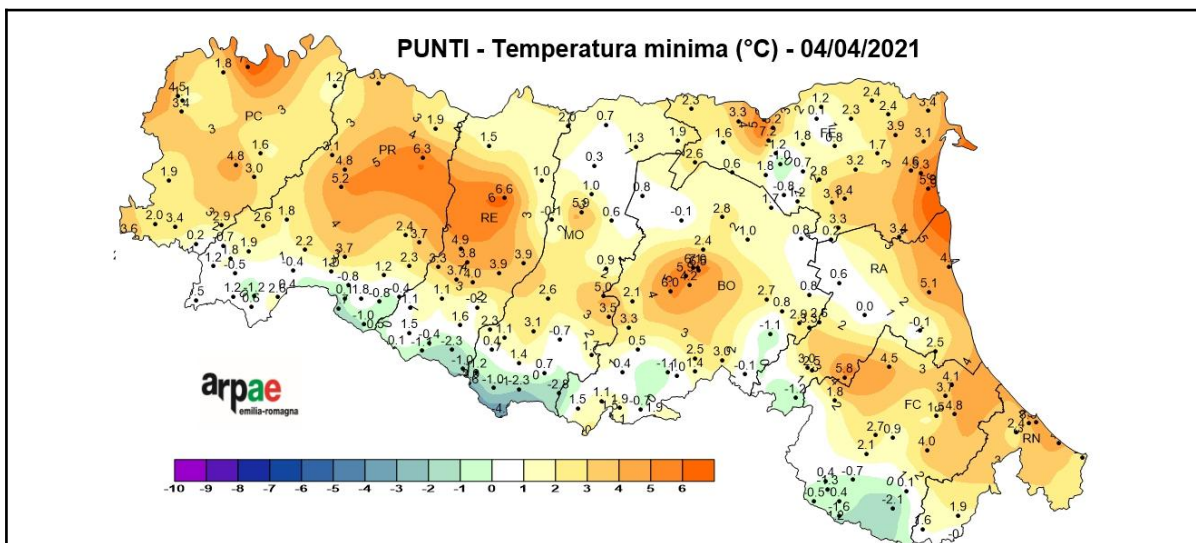


Figura 19a: Temperatura minima giornaliera del 4 aprile 2021.

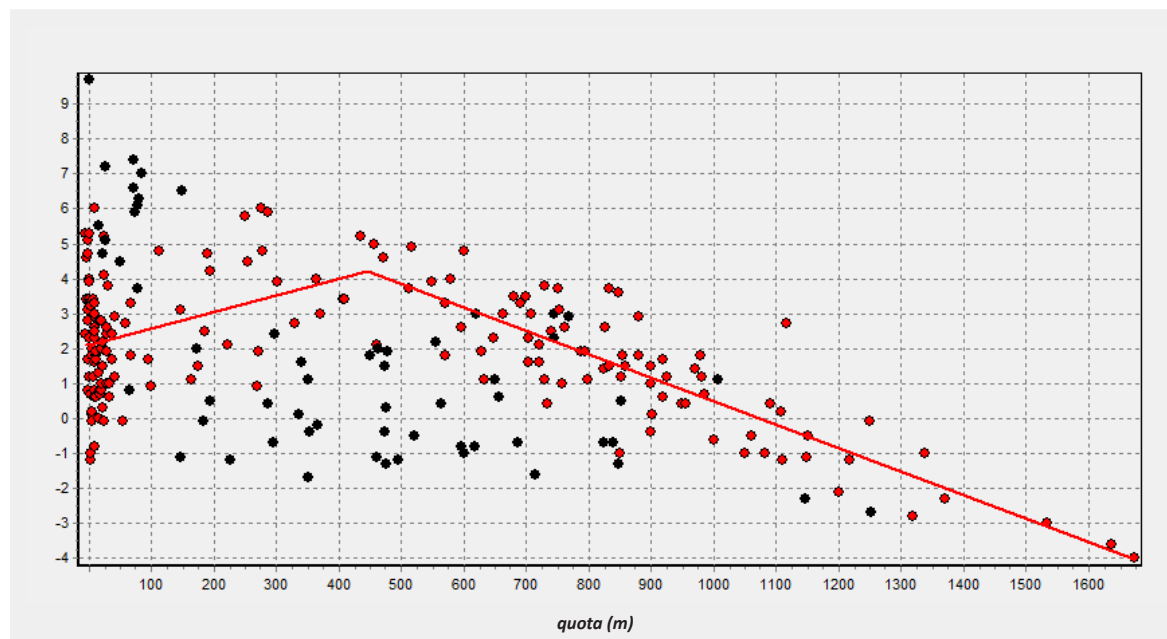


Figura 19b: Temperatura minima in funzione della quota per il 4 aprile 2021. I punti rossi indicano punti misura rappresentativi di un'ampia area, quelli neri i punti rappresentativi di un'area locale.

La seconda, più grave, serie di gelate tardive 2021 si può far iniziare dalle temperature minime delle prime ore del giorno **4 aprile** (fig. 19a). Questa prima gelata di aprile può essere definita lieve, con valori per lo più prossimi allo zero nella pianura centro-orientale, solo localmente, nel ferrarese, con -1.2°C ad Aguscello, -1.0°C a Gaibanella e -0.8°C a Santa Maria Codifiume. Analizzando l'andamento della temperatura minima con la quota (fig. 19b) si può verificare la presenza di una modesta inversione termica, con quota posizionata attorno ai 450 m.

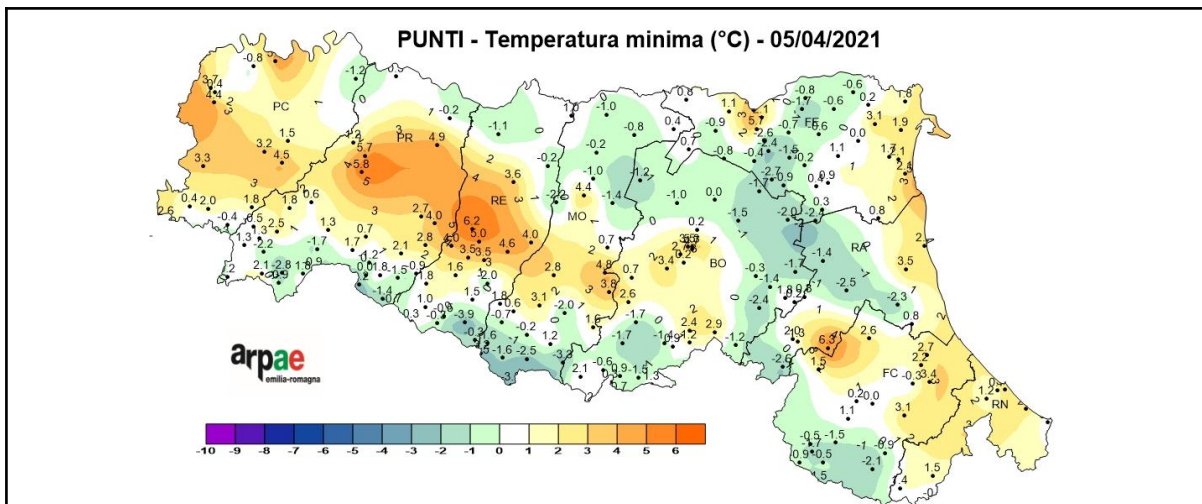


Figura 20a: Temperatura minima giornaliera del 5 aprile 2021.

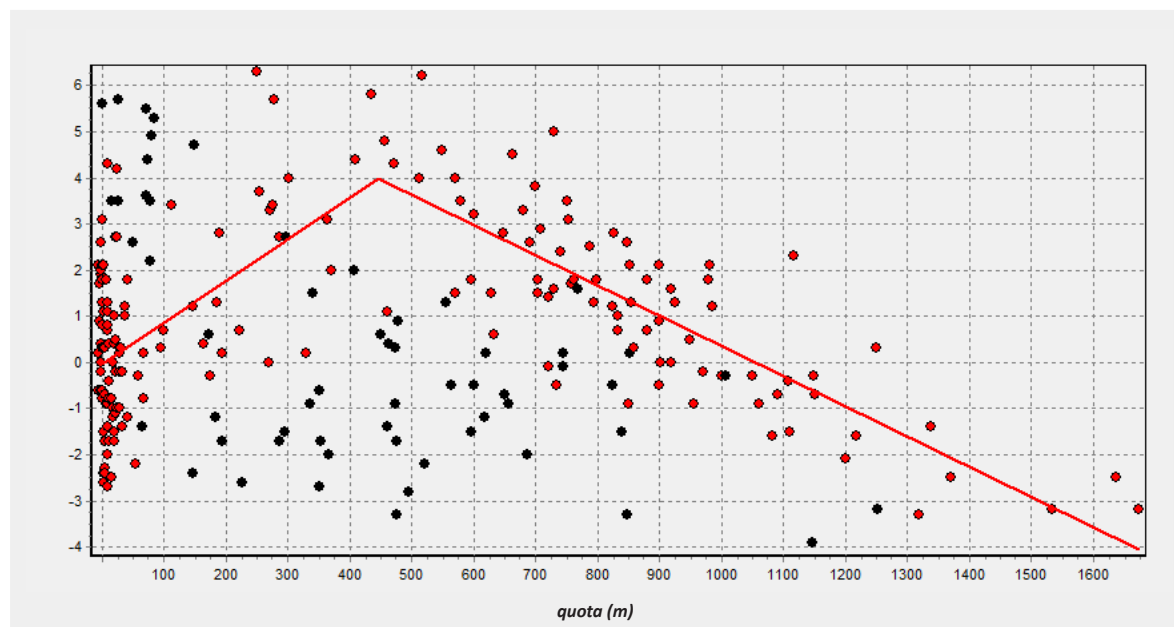


Figura 20b: Temperatura minima in funzione della quota per il 5 aprile 2021. I punti rossi indicano punti misura rappresentativi di un'ampia area, quelli neri i punti rappresentativi di un'area locale.

La gelata del giorno successivo, il **5 aprile 2021** (fig.20a), si presenta già come evento gravissimo, con i valori termici più bassi localizzati sul settore centro-orientale della regione, area caratterizzata dalla più elevata concentrazione frutticola. Nella pianura ravennate si scende a valori anche inferiori ai -2°C , con -2.5°C a Granarolo Faentino, -2.4°C a Lavezzola, -2.3°C a San Pietro in Vincoli, e nella pianura ferrarese si scende ancora al di sotto, con -2.7°C a Santa Maria Codifiume, ma valori simili si registrano anche nelle stazioni delle valli appenniniche, con -2.6°C a San Cassiano sul Lamone. Sul resto della pianura centro-occidentale si registrano valori lievemente più elevati ma in generale prossimi o inferiori a -1.0°C . Analizzando l'andamento della temperatura minima con la quota (fig.20b) si può verificare la presenza di una significativa inversione termica, con gradiente verticale di circa 1°C ogni 100m di quota, e quota massima posizionata attorno tra 400 e 500 m.

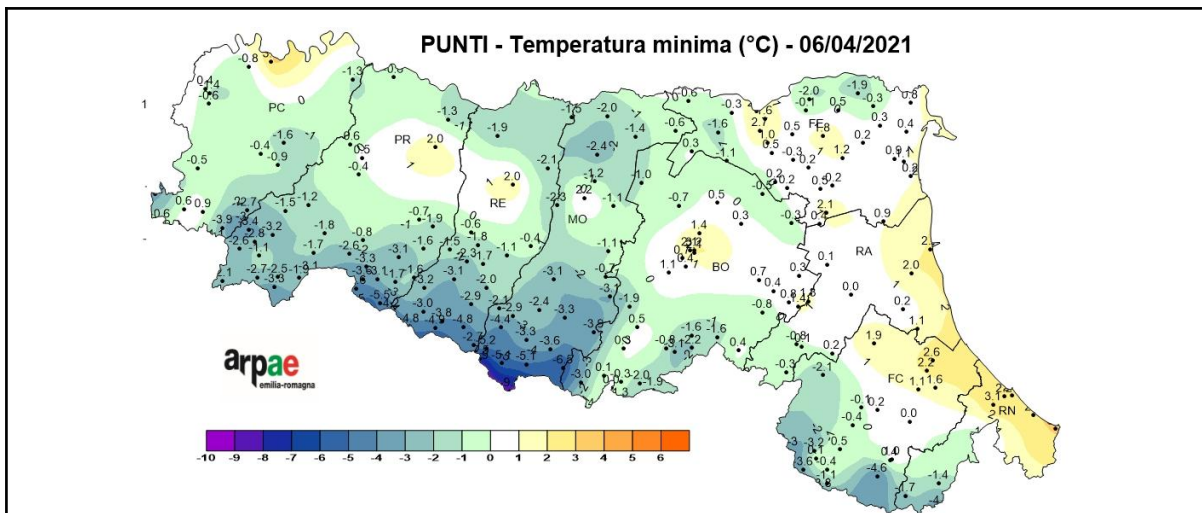


Figura 21a: Temperatura minima giornaliera del 6 aprile 2021.

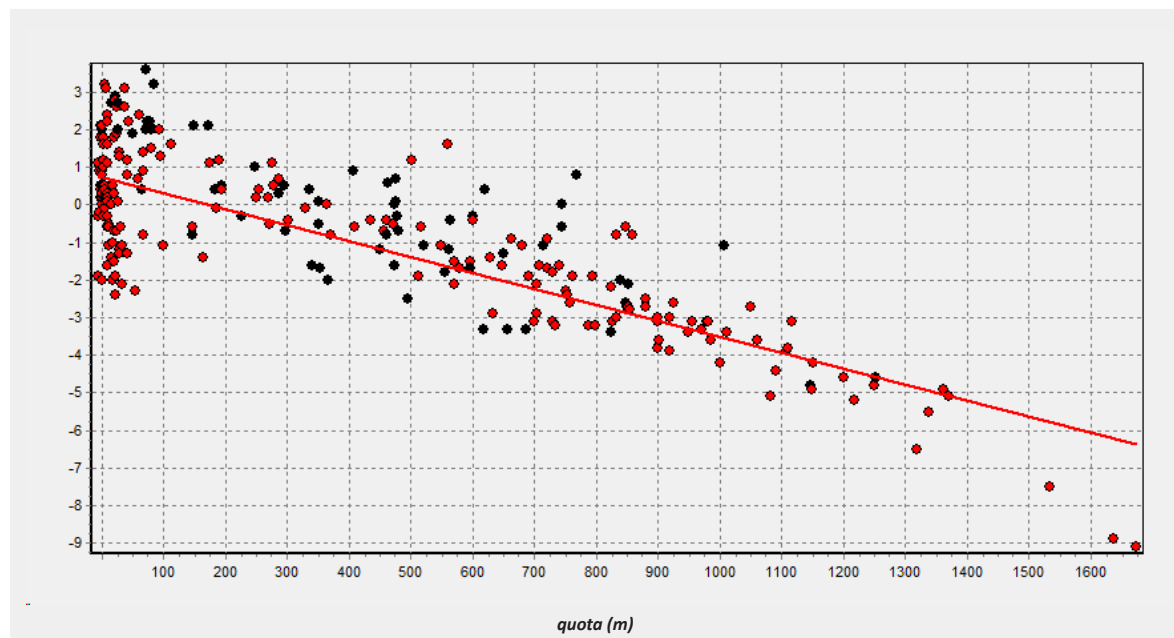


Figura 21b: Temperatura minima in funzione della quota per il 6 aprile 2021. I punti rossi indicano punti misura rappresentativi di un'ampia area, quelli neri i punti rappresentativi di un'area locale.

I valori minimi dell'evento del giorno **6 aprile** (fig.21a) si sono concentrati nel settore centro-occidentale risparmiando, in questa occasione, gran parte della pianura romagnola. Le temperature più basse si sono registrate nella pianura modenese e reggiana, con -2.4°C a Cortile di Carpi (MO), -2.3°C a Marzaglia (MO), -2.1°C a Correggio (RE) e -1.9°C a Castelnovo di Sotto, ma valori simili si sono registrati anche nella pianura ferrarese prossima al corso del Po, con -2.0°C a Copparo (FE). Analizzando l'andamento della temperatura minima con la quota (fig. 21b) si può verificare la completa assenza di inversione termica con i valori che scendono sempre all'aumentare della quota.

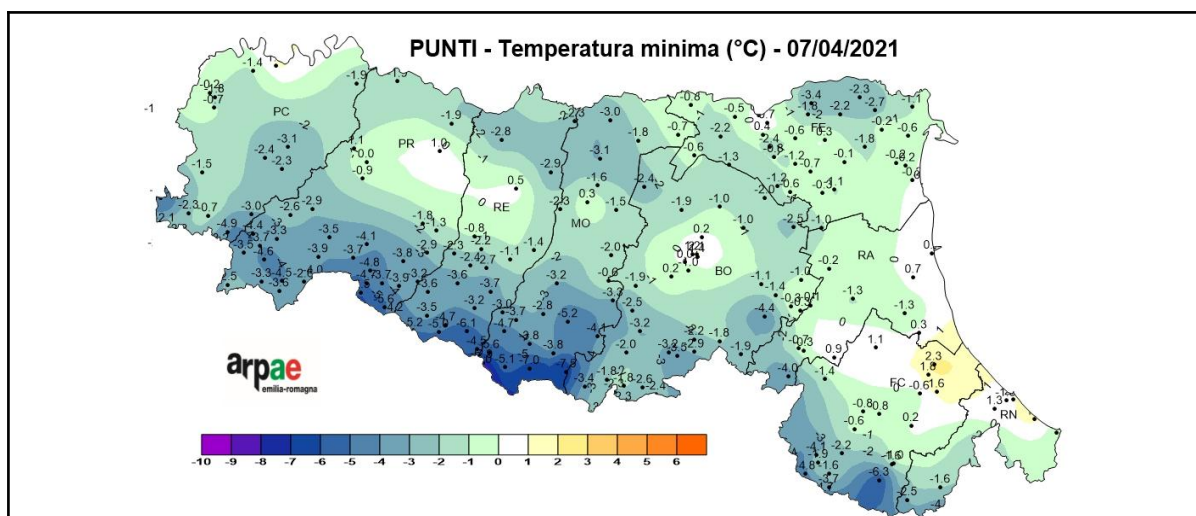


Figura 22a: Temperatura minima giornaliera del 7 aprile 2021.

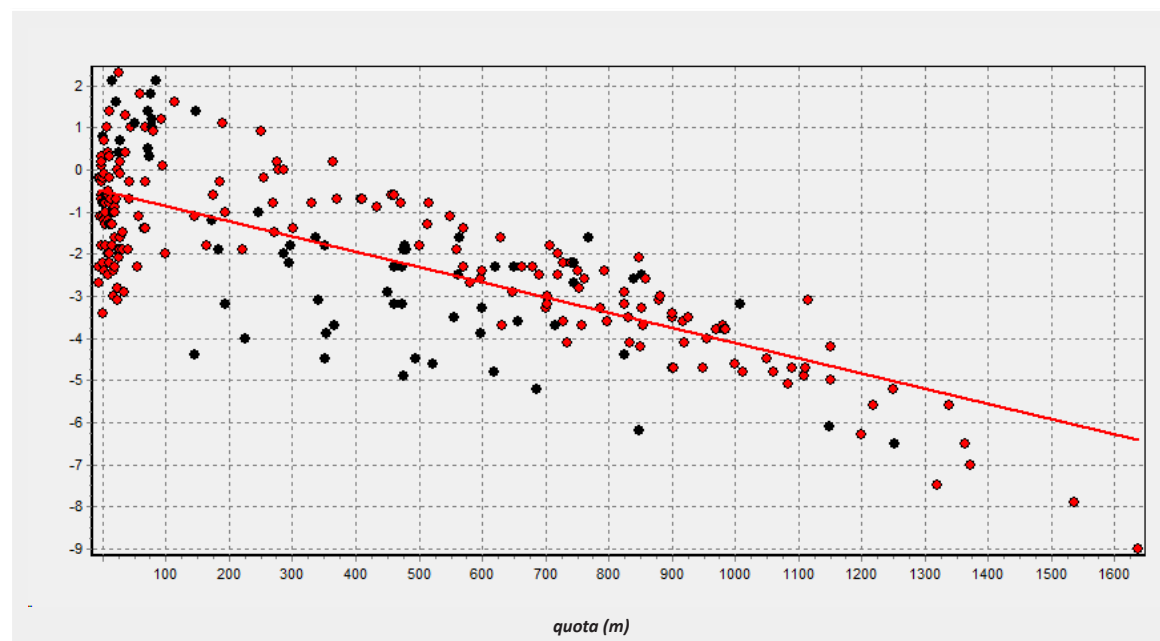


Figura 22b: Temperatura minima in funzione della quota per il 7 aprile 2021. I punti rossi indicano punti misura rappresentativi di un'ampia area, quelli neri i punti rappresentativi di un'area locale.

L'evento del giorno **7 aprile** (fig. 22a) ha visto nuovamente valori minimi al di sotto dello zero insistere sull'intero territorio regionale. Anche in questo giorno le minime assolute nella pianura si sono osservate nel settore centro-occidentale, con -3.1°C a Cortile di Carpi (MO), -3.0°C a Mirandola (MO), -2.9°C a Correggio (RE). Valori estremamente bassi, sicuramente dannosi per le colture, si sono registrati anche nella pedecollina modenese, -2.0°C a Vignola, area tradizionalmente dedicata alla coltivazione di diverse drupacee, particolarmente albicocco e ciliegio. Spostandosi verso nord-est, valori estremamente bassi si registrano nel ferrarese, nella parte di pianura prossima al corso del Po, con una punta minima di -3.4°C registrata dalla stazione di Copparo.

L'intensità dell'avvezione fredda si può inoltre desumere dalle minime estreme registrate durante l'evento nelle stazioni appenniniche in quota più elevata, in particolare a Passo delle Radici a 1637 m slm, sono stati registrati -9.0°C . Analizzando l'andamento della temperatura minima con la quota in dettaglio (fig. 22b) si può notare che in generale non è possibile evidenziare la presenza di una inversione termica netta a livello regionale; tuttavia nelle aree centro occidentali le temperature minime di alcune stazioni denunciano la presenza di condizioni di lieve inversione, se non isoterma con la quota.

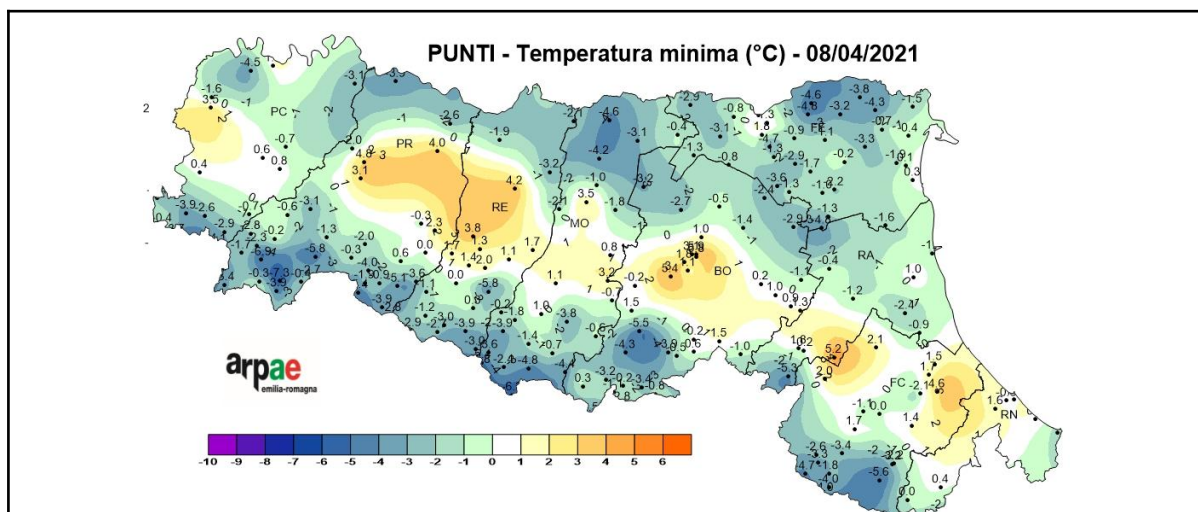


Figura 23a: Temperatura minima giornaliera del 8 aprile 2021.

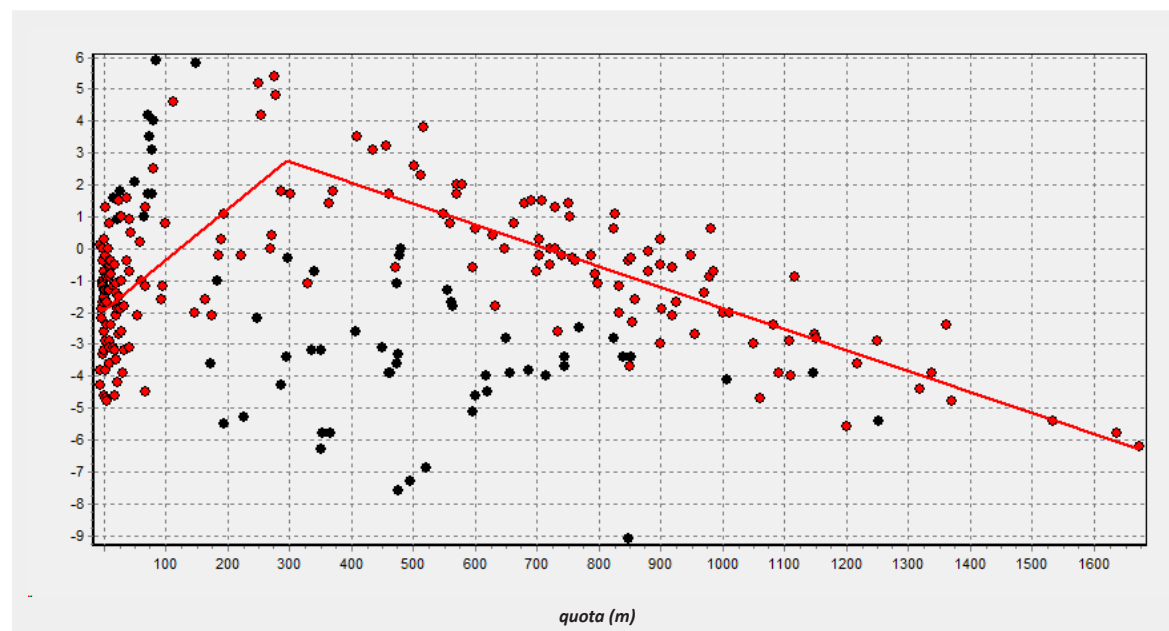


Figura 23b: Temperatura minima in funzione della quota per il 8 aprile 2021. I punti rossi indicano punti misura rappresentativi di un'ampia area, quelli neri i punti rappresentativi di un'area locale.

La serie delle gelate tardive di aprile 2021 prosegue con il gravissimo evento del giorno **8 aprile** (fig. 23a), quando in molte aree della regione le temperature sono scese ai valori minimi assoluti di tutta

la serie delle gelate di aprile. I minimi assoluti hanno raggiunto il valore estremo di -4.8°C sia nella pianura ravennate che in quella modenese che nel ferrarese, rispettivamente a Lavezzola, Mirandola e a Copparo. Valori di poco superiori osservati anche nella pianura piacentina, dove sono stati raggiunti i -4.5°C nella stazione di San Nicolò a Trebbia. Nelle valli appenniniche si sono registrati valori ancora inferiori, pari a -5.5°C a Vergato (BO), -5.3°C a San Cassiano sul Lamone, e temperature certamente dannose a diverse colture si sono registrate anche nel resto della pianura romagnola, dove nella stazione di San Pietro in Vincoli sono stati raggiunti i -2.4°C . Analizzando l'andamento della temperatura minima con la quota (fig. 23b) si può verificare, in questo evento, la presenza del fenomeno dell'inversione termica con quota massima tra 200 e 300 m.

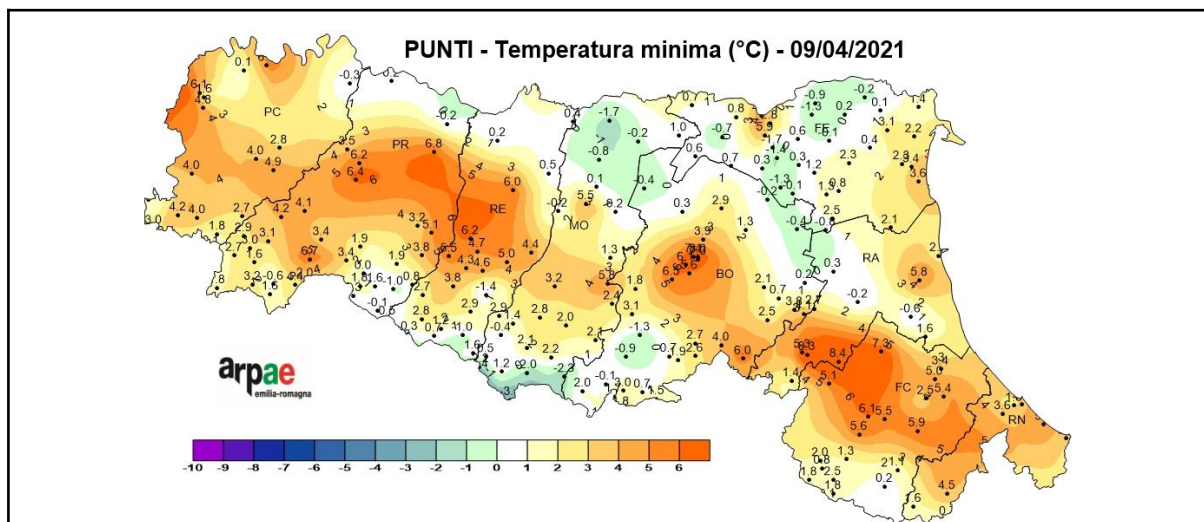


Figura 24a: Temperatura minima giornaliera del 9 aprile 2021.

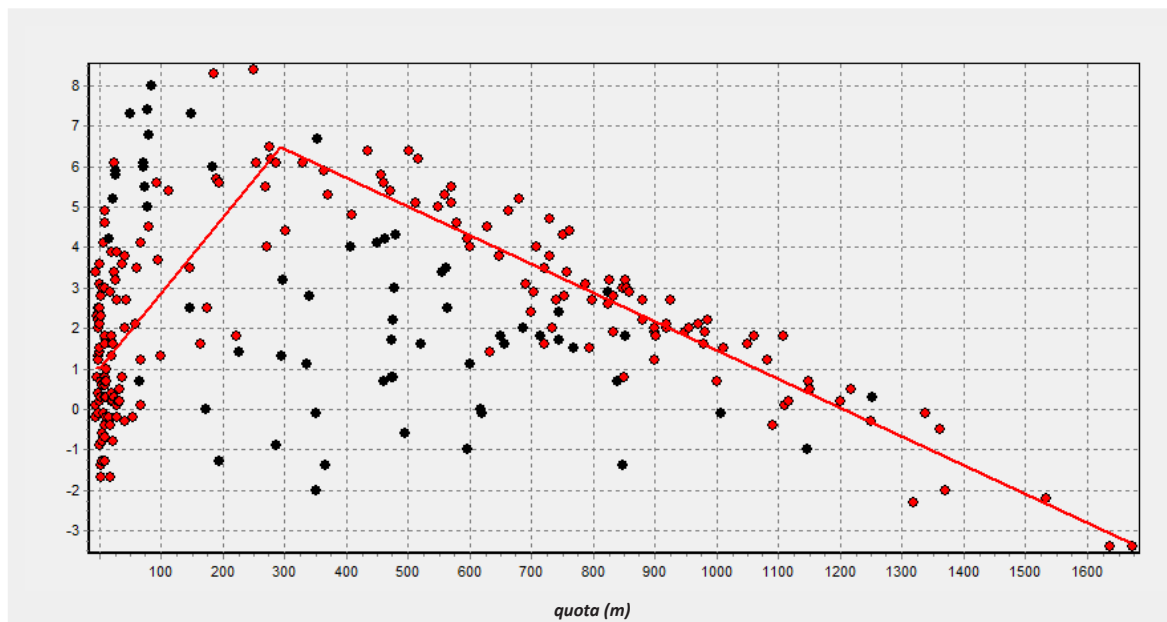


Figura 24b: Temperatura minima in funzione della quota per il 9 aprile 2021. I punti rossi indicano punti misura rappresentativi di un'ampia area, quelli neri i punti rappresentativi di un'area locale.

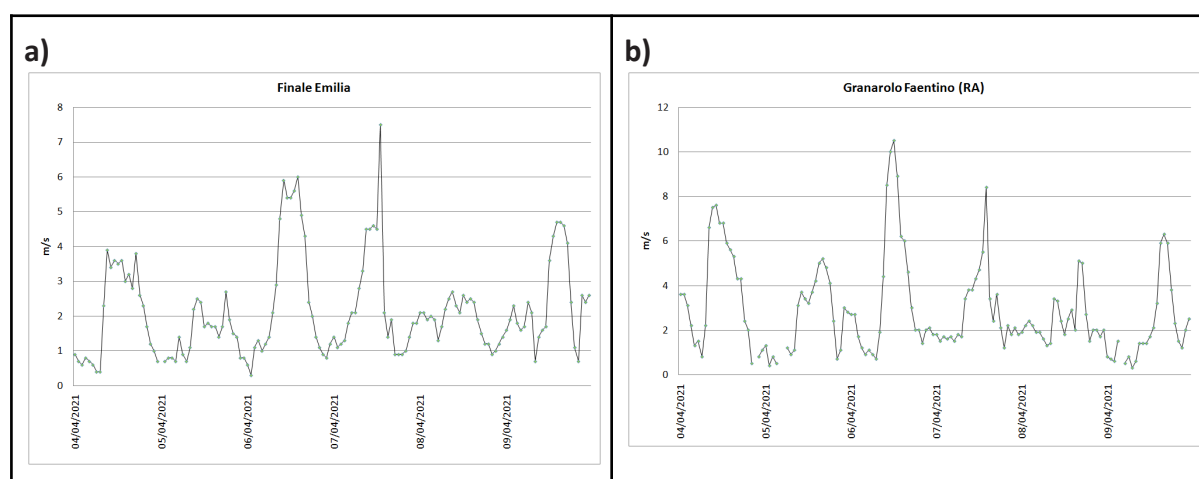
Il giorno **9 aprile** (fig. 24a) si può considerare il giorno finale della serie delle gelate di aprile 2021. In questo giorno, si sono registrate temperature minime prossime o inferiori allo zero in gran parte delle stazioni della rete meteo regionale site nella pianura interna, ma con valori negativi decisamente contenuti, in generale al di sopra di -1.0°C , e minimi assoluti nella pianura modenese e ferrarese di -1.7°C . Analizzando l'andamento della temperatura minima con la quota (fig. 24b) si può notare, anche in questo giorno, la presenza del fenomeno dell'inversione termica, con aumento di $1,5^{\circ}\text{C}$ ogni 100m di quota e quota massima tra 200 e 300 m.

Analisi dei fattori meteo favorevoli all'efficienza dei metodi di difesa antibrina sottochioma

La difesa antibrina sottochioma si basa sul **trasferimento verso l'alto del calore latente** rilasciato durante il congelamento dell'acqua immessa dall'impianto di irrigazione sull'erba o sul terreno sotto la vegetazione, con conseguente protezione dei fiori e dei frutticini, organi della coltura più sensibili durante gli eventi di gelo tardivo.

L'efficienza maggiore nel trasferimento del calore prodotto al suolo si verifica per convezione in assenza di movimenti di aria, anche minimi. Questi ultimi, infatti, possono modificare il percorso ottimale del calore, spostandolo al di fuori della destinazione ottimale, cioè lontano dagli organi della pianta da proteggere.

I grafici in figura 25 mostrano l'andamento orario dell'intensità del vento in alcune stazioni meteo della regione, considerando le ultime due figure, che riguardano le aree della Romagna, aree di interesse primario nella difesa sottochioma, si può osservare che l'evento del giorno 8 ha visto in generale le maggiori intensità del vento nelle ore notturne e quindi la minore efficienza di risposta nella difesa antibrina sottochioma.



c)

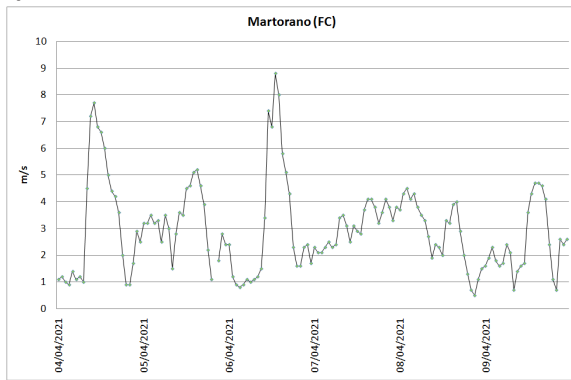
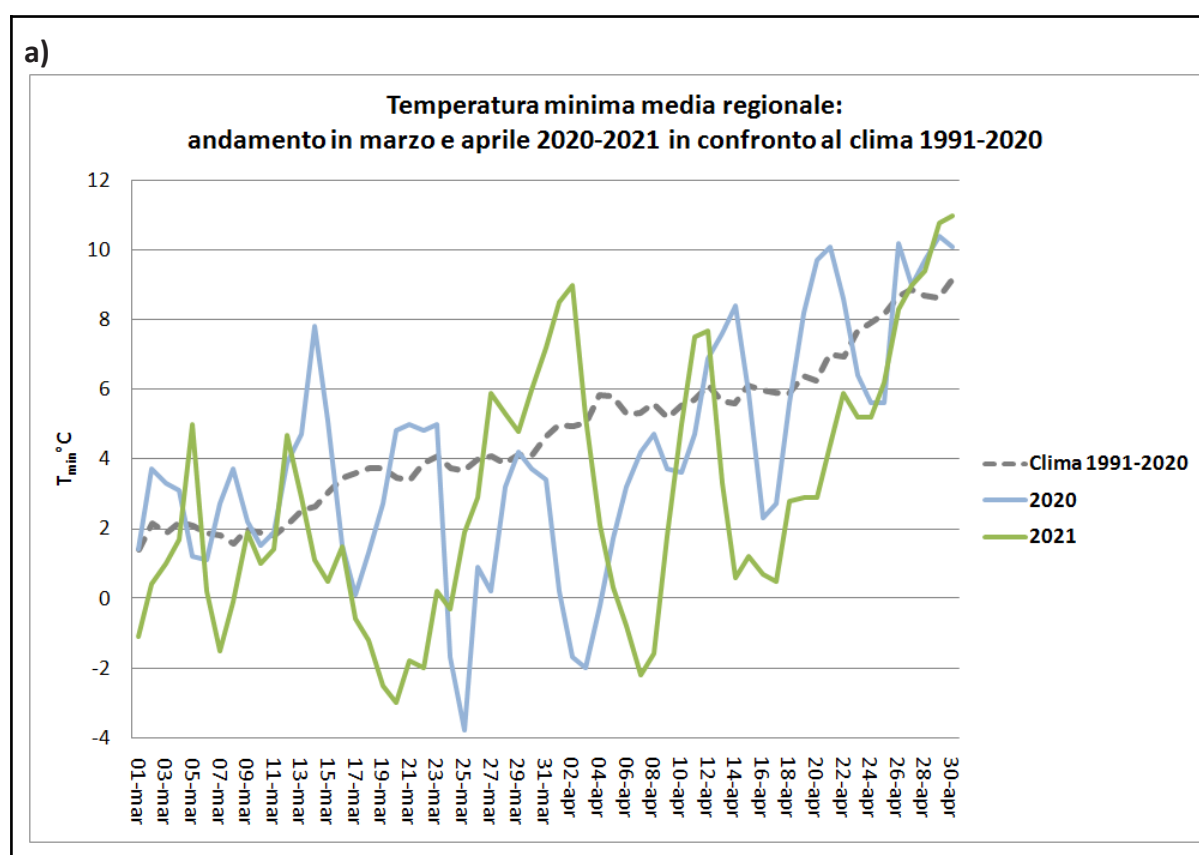


Figura 25: Vento medio orario scalare osservato dal 4 al 9 aprile 2021 presso le stazioni di a) Finale Emilia (MO), b) Granarolo Faentino (RA) e c) Martorano (FC) .

Confronto con altri eventi del passato

Tra gli eventi radiativi più intensi del passato ricordiamo gli esiti delle gelate dello scorso anno (2020), che hanno causato danni stimati per 400 milioni di euro. Più indietro, ricordiamo le gelate tardive del 1997, anno in cui tutte le produzioni frutticole presenti in regione, compresa la vite, furono più o meno pesantemente condizionate. Nell'anno successivo, il 1998, solo l'actinidia subì perdite consistenti, nel 2000 i danni furono più limitati, ma presenti in diversi comprensori vocati alla frutticoltura, e, per ultimo, nel 2003, quando l'intensità gelate tardive hanno colpito gran parte del nord e del centro Italia. Infine un evento significativo si è verificato anche nella primavera del 2017.



b)

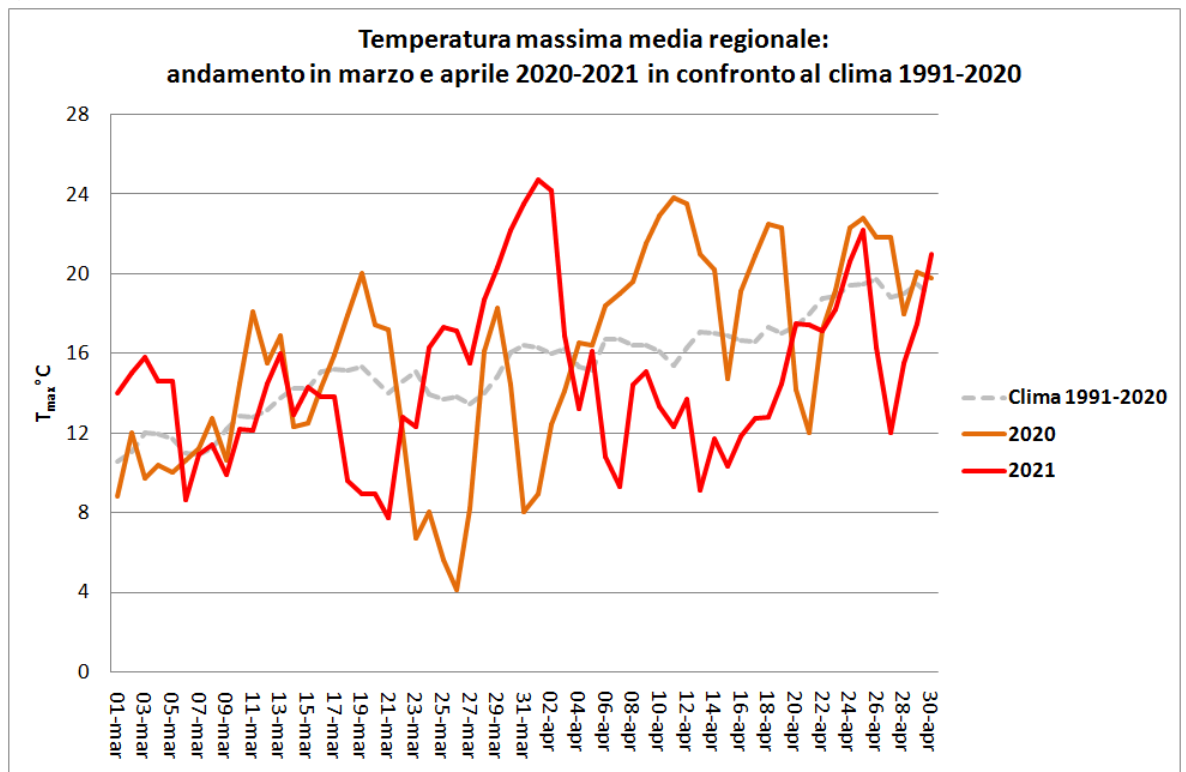


Figura 26: Confronto delle temperature minime (a) e massime (b) giornaliere medie regionali stimate nel 2020 e nel 2021 e valore climatico medio regionale minimo giornaliero 1991-2020 tra il 1° marzo e il 30 aprile.

Per intensità l'evento di quest'anno risulta nel complesso simile a quello osservato nel 2020 e, insieme ad esso, tra i più gravi tra quelli che hanno colpito la Regione considerando gli anni dal 1961.

Il grafico di confronto dei valori di temperatura minima e massima giornaliera media regionale stimata tra il 1° marzo e il 30 aprile nel 2020 e nel 2021 e dei corrispondenti valori medi climatici per il trentennio 1991-2020 (fig. 26a e b) permette di evidenziare le somiglianze e le differenze degli eventi nelle due annate. In particolare, le gelate del 2021 si sono verificate in un intervallo di giorni più esteso rispetto al 2020, con una prima serie di eventi (in marzo) anticipati rispetto ai corrispondenti eventi del 2020 e una seconda serie di eventi (a inizio aprile) posticipati rispetto al 2020. Le temperature minime assolute raggiunte negli eventi del 2020 sono state leggermente più basse di quelle del 2021, e in entrambi gli anni, le due serie di eventi di gelata sono state intervallate da un gruppo di giorni caratterizzati da temperature molto elevate, che, nel caso del 2021, hanno presentato valori massimi medi regionali anche 6°C superiori a quelli corrispondenti all'evento 2020 (fig 26 b). Queste temperature elevatissime per il periodo, accelerando ulteriormente lo sviluppo fenologico, hanno reso gli eventi 2021 ancora più dannosi per le colture.

Un'analisi condotta sui dati di temperatura giornaliera a partire dal 1961 ha evidenziato che nel corso degli ultimi decenni si è verificato un aumento delle temperature medie invernali, con conseguente anticipo fenologico delle colture, ma anche un aumento della variabilità termica nella seconda parte

di marzo, associato ad un aumento nella frequenza di giorni con gelo nelle aree a bassa quota della nostra regione.

Per approfondimenti sui trend climatici primaverili si veda il rapporto "[Le gelate tardive in Emilia-Romagna: due periodi climatici a confronto](#)". Per un approfondimento sugli eventi del 2020 si veda la relazione "[Le gelate di marzo e aprile 2020](#)"