

Verifica dell'efficacia dei ventoloni per la protezione dalle gelate primaverili

Alessio Pavarino¹, Alan Pizzinat¹, Graziano Vittone¹, Federico Spanna²

¹CReSO, Consorzio di Ricerca e Sperimentazione per l'Ortofrutticoltura Piemontese

²Regione Piemonte, Settore Fitosanitario Regionale

Riassunto breve

Sebbene utilizzati da decenni in altre zone a clima più mite del nostro, quali ad esempio il sud Italia, nel nostro areale i ventoloni costituiscono ancora una novità. Il concetto su cui si basa il loro utilizzo per la protezione dalle gelate è quello di rimescolare l'aria, convogliando verso il basso l'aria più calda presente negli strati più alti. Ne consegue che sono impiegabili solamente nelle gelate da inversione termica. Rispetto all'impiego di un impianto anti-brina hanno il vantaggio di non necessitare d'acqua; rispetto all'uso delle candele presentano una gestione meno laboriosa. Al momento, esistono pochi dati relativi al loro impiego nel comprensorio frutticolo piemontese. Al fine di definire l'efficacia dei ventoloni sono stati posizionati, a distanza progressivamente crescente dallo stesso, 14 datalogger lungo due direzioni perpendicolari in modo da formare un'ellisse, il diametro maggiore della quale corrispondente alla direzione del vento dominante. Per rilevare il gradiente verticale di temperatura dell'aria – e registrare quindi il verificarsi di situazioni di inversione termica – è stata predisposta un'asta metallica dell'altezza di 15 m, alla quale sono stati ancorati i datalogger alle altezze di 1, 3, 7.5, 12 e 15 m dal suolo. Complessivamente sono stati riconfermati i risultati ottenuti nell'annata precedente. Il ventolone induce un aumento della temperatura al suolo nello spazio compreso in un raggio pari 50 m, alle quote di 1 m e 3 m dal suolo. Tale efficacia raggiunge distanze maggiori sulla direzione del vento dominante, relativamente alla posizione sottovento.

Introduzione

Quando la temperatura scende al di sotto della soglia critica di congelamento uno degli strumenti di difesa in frutticoltura è costituito dai cosiddetti ventoloni; tali macchinari sono stati predisposti per eseguire il rimescolamento degli strati dell'aria e quindi mitigare gli effetti del gradiente termico verticale positivo tipico delle notti di forte irraggiamento. In tali situazioni infatti negli strati più bassi dell'atmosfera si verifica il fenomeno dell'inversione termica, fenomeno per il quale la temperatura aumenta con la quota. Tale fenomeno si verifica tipicamente nelle notti di alta pressione, serene e non ventilate. Ne consegue che i ventoloni sono impiegabili solamente nelle gelate da inversione termica e non hanno alcun effetto sugli altri tipi di raffreddamento. Rispetto all'impiego di un impianto anti-brina hanno il vantaggio di non necessitare d'acqua; rispetto all'uso delle candele presentano una gestione meno laboriosa. Si riportano di seguito alcune informazioni raccolte in bibliografia (prevalentemente americana e neozelandese).

L'inversione termica

Le inversioni termiche al suolo sono più frequenti durante i periodi di alta pressione e scarsa circolazione dell'aria. Nelle notti serene (le nubi trattengono l'energia radiante) e con assenza di vento, a causa della rapida perdita di calore accumulato durante il giorno dagli strati prossimi al suolo, si forma un cuscinetto di aria gelida al suolo ed uno strato di temperatura maggiore dai 10 ai 30 m. Per notti senza vento si intende una brezza inferiore ai 6 km/h in modo da avere una minima miscelazione dell'aria. L'aria fredda, più pesante di quella calda, si accumula negli strati più vicini al suolo e nei fondovalle e può creare danno se scende al sotto della soglia critica per le colture. A 15-20 m di altezza si possono avere anche 10°C in più che a ½ metro di altezza. Si intende una forte inversione termica una differenza di almeno 3-4°C.

Se il rischio di abbassamento della temperatura al di sotto della soglia critica si verifica con questa forte inversione termica ed il movimento dell'aria è inferiore ai 6-8 km/h, allora l'impiego dei ventoloni può risultare vantaggioso.

Caratteristiche dei ventoloni

I ventoloni (*Wind Machines*) sono stati introdotti negli USA attorno al 1920. Nel mondo ve ne sono posizionati migliaia nei 5 continenti (USA, Cile, Australia, Nuova Zelanda, Portogallo, Giappone, Spagna, Argentina, Messico, ...) e in alcuni tipi di areali sono impiegati per mitigare anche gli abbassamenti termici invernali oltre che le gelate primaverili ed autunnali.

Le pale dei ventoloni in cima alle torri sono inclinate di 6° verso il basso in modo da spingere aria in avanti di circa 100 m. La testa dei ventoloni gira su se stessa in modo da coprire un'area tutt'intorno a 360°. La velocità di questa rotazione (4-6 minuti per compiere un giro di 360°) deve essere adeguata in modo che il tempo impiegato per ritornare sullo stesso punto non sia tale da permettere all'aria fredda di ri-depositarsi e aver tempo di creare il danno.

Si trovano sul mercato piemontese principalmente ventoloni di 3 ditte produttrici: FrostBoss, Orchard-Rite e Rosatello. Sono alti, dalla base al centro delle pale, circa 10.5 m. Presentano pale di circa 5-6 m, con una velocità di rotazione attorno ai 2100 rpm (giri per minuto). La FrostBoss oltre alle tradizionali 2 pale offre anche un modello a 4 pale che ha una velocità di rotazione di 1700 rpm. Possono essere dotati di anemometro per bloccarne il funzionamento con velocità del vento oltre il limite di non operatività (8-10 Km/h).

La teoria aerodinamica insegna che aumentando il numero delle pale a parità di diametro e di velocità di rotazione "si muove più aria" ma alla stessa velocità. Tuttavia l'efficienza è inversamente proporzionale al numero di pale. Inoltre, in teoria, le pale, interferiscono fra loro e si disturbano abbassando il rendimento: una quadripala ha un rendimento globale di circa il 4 % inferiore di una corrispondente bi-pala. Un altro problema è rappresentato dal passaggio delle pale davanti alla torre, fonte di turbolenza e di riduzione dell'efficacia del ventolone. In generale meno pale ci sono più la velocità di rotazione può essere elevata e meno coppia si ha.

Gli agricoltori decidono l'accensione dei ventoloni sulla base della temperatura al suolo e della temperatura a 20 m di altezza, solitamente mediante torri appositamente predisposte. Il monitoraggio deve essere effettuato in diverse zone in dipendenza dall'orografia locale in quanto avvallamenti, barriere etc. possono deviare il flusso d'aria del ventolone.

I ventoloni non possono essere impiegati in condizioni di vento in quanto le loro lunghe pale sottili non sono progettate per affrontare elevate forze. Più precisamente non devono assolutamente essere avviate con velocità del vento uguali o superiori ai 20 km/h, anche se già al di sopra dei 6 km/h la loro accensione è del tutto inutile. Infine, ne è sconsigliabile l'uso con pioggia e nebbia.

Efficacia

In teoria i ventoloni sono in grado di innalzare la temperatura di circa la metà della differenza di temperatura tra il suolo (1.5 m) ed i 15-20 m di altezza. Tuttavia ciò che viene misurato sperimentalmente si ferma al 30-50% della differenza tra il suolo ed i 15-20 m. L'incremento di temperatura è legato al gradiente (differenza °C tra suolo e i 15-20 m), non alle temperature assolute. Al minimo è necessaria un differenza di 2°C tra 1.5 e 5 m di altezza per registrare un'efficacia apprezzabile, anche se sono segnalati casi di efficacia con solo 1.5°C di differenza. È stato calcolato (Ribeiro et al., 2006) che per ogni °C di differenza tra 1.5 m e 15 m il ventolone può aumentare la temperatura al suolo di 0.3°C. L'efficacia è quindi indissolubilmente legata al gradiente termico verticale. Nello stesso lavoro, a seconda dell'intensità dell'inversione termica, è stata vista un'efficacia di protezione dei fiori variabile dal 40 al 60%. Esistono osservazioni, tuttavia non suffragate da dati scientifici, che nelle rare

notti in cui non c'è alcuna brezza e senza inversione termica il movimento dell'aria dei ventoloni può comunque limitare i danni da gelo.

Naturalmente l'efficacia diminuisce via via che ci si allontana dalla torre del ventolone; tipicamente generano un flusso d'aria percepibile a circa 100 m di distanza (l'effetto diminuisce con l'inverso del quadrato della distanza dalla torre). Con la rotazione a 360° è denunciata un'area protetta di 4-6 ettari. L'efficacia dei ventoloni dipende anche dalla pendenza del terreno: verso il basso aumenta la superficie interessata dal ventolone, viceversa verso l'alto.

Rumorosità

I ventoloni necessitano di potenti motori per operare e lunghe pale per spostare masse d'aria imponenti: per questo motivo risultano rumorosi soprattutto per la produzione di suoni a bassa frequenza che possono percorrere lunghe distanze. In particolare sono gli apici delle pale i maggiori responsabili della rumorosità. Maggiore è la velocità di rotazione, maggiore è la rumorosità. Ovviamente velocità di rotazione minori riducono il rumore ma anche la massa d'aria spostata. La possibilità di operare con 4 pale piuttosto che con 2 consente di lavorare a velocità di rotazione minori e di conseguenza con rumorosità minore. Il livello di rumorosità rimane tuttavia abbastanza elevato per le normali distanze intercorrenti tra i nostri impianti e le abitazioni.

Materiali e metodi

Caratteristiche dell'impianto

La prova è stata impostata in un appezzamento situato nel comprensorio frutticolo della provincia di Cuneo, coltivato a pesco e actinidia. L'attività sperimentale è stata condotta su un ventolone, modello Orchard Rite a due pale, ubicato nel comune di Manta; nella scelta, si è posta particolare attenzione ad individuare un ventolone "isolato" che non risentisse dell'azione di altri ventoloni.

Al fine di definire l'influenza dell'azione del ventolone sono stati posizionati a distanza crescente 14 datalogger, ad altezza 1 e 3 m da terra, lungo due direzioni perpendicolari (figura 1) tenendo come asse maggiore la direzione del vento dominante. Lungo l'asse maggiore sono stati posizionati complessivamente 8 datalogger: 4 verso nord-est e 4 verso sud-ovest a distanze di 50 e 100 m dal ventolone. Lungo l'asse minore, perpendicolare alla direzione del vento dominante, sono stati posizionati 6 datalogger: quattro verso nord-ovest a distanza di 50 e 100 m e 2 verso sud-est a 50 m dal ventolone. I datalogger sono stati posizionati in data 7 marzo e prelevati in data 4 aprile; le acquisizioni dei dati di temperatura sono avvenute ad intervalli di 20 minuti in modo da ottenere tre dati per ogni ora.

Per la misurazione del profilo verticale della temperatura e la quantificazione delle inversioni termiche giornaliere, è stata predisposta un'asta in metallo dell'altezza di 15 m, sulla quale sono stati ancorati cinque datalogger alle altezze di 1, 3, 7.5, 12 e 15 m dal suolo. Le acquisizioni dei dati di temperatura sono avvenute ad ogni ora, distanziate su intervalli regolari di 20 minuti.

Risultati

Dai profili verticali di temperatura rilevati dai datalogger posizionati sull'asta di controllo a quote diverse dal suolo (figura 2), si evince che, nella notte tra il 28 marzo e il 29 marzo 2014, si è verificato un'inversione termica al suolo. A partire dalle ore 23.00, l'andamento della temperatura registrato al suolo (1 m) ha subito un abbassamento più rapido di quello rilevato alla quota di 15 m, testimoniando una stratificazione di aria più fredda al suolo e la presenza di aria più calda in quota. Il gradiente termico verticale, mantenutosi in un intervallo compreso tra 1 e 2°C durante la notte, è progressivamente aumentato nelle ore successive fino a raggiungere il suo massimo nelle prime ore del mattino tra le 8.00 e le 10.00. Sebbene le temperature

rilevate siano ben al di sopra della soglia di congelamento, è stato azionato il ventolone nell'appezzamento limitrofo per verificarne la capacità di innalzare le temperature al suolo e l'efficacia nella protezione dal gelo delle colture. In figura 3 sono riportati i profili termici rilevati alla quota di 1 m lungo la direzione sottovento nell'appezzamento oggetto di prova, alla distanza di 50 m e 100 m dal ventolone. Il profilo di controllo e i profili rilevati in campo mostrano un andamento analogo dalle ore 00.00 fino alle ore 1.00, momento in cui è stato azionato il ventolone. Sotto l'azione del rimescolamento forzato delle masse d'aria si è assistito a una repentina inversione di tendenza dell'andamento dei profili termici registrati nell'appezzamento. Lungo la direzione sottovento e alla quota di 1 m dal suolo, il ventolone ha indotto un aumento di temperatura pari al gradiente termico verticale, rispetto al profilo termico registrato in assenza di rimescolamento atmosferico. L'innalzamento di temperatura è stato registrato fino ad una distanza di 100 m dal ventolone, seppur in misura minore. In figura 4 si riportano i medesimi profili termici rilevati alla quota di 3 m lungo la direzione Nord-Est sottovento. Anche in questo caso si denota l'azione del ventolone a partire dalle ore 1.00. Gli andamenti di temperatura rilevati nell'appezzamento di prova fanno segnalare un progressivo aumento subito dopo l'azionamento del ventolone per poi stabilizzarsi a valori di temperatura superiori rispetto al profilo di controllo. Alla quota di 3 m dal suolo, l'efficacia del ventolone è rimasta pressochè invariata nello spazio e i profili rilevati alle distanze di 50 m e 100 m non mostrano sostanziali differenze. In figura 5 e 6 si riportano i profili termici rilevati ad una distanza di 50 m dal ventolone e alle quote di 1 e 3 m dal suolo rispettivamente. In entrambi i casi, l'innalzamento di temperatura rispetto al controllo è stato osservato solamente nella direzione sottovento mentre in tutti gli altri casi, l'azione di rimescolamento dell'aria non ha indotto gli effetti desiderati. Situazione analoga riscontrata a 100 m dal ventolone (figura 7 e 8) dove l'andamento del profilo rilevato in posizione sottovento mostra una certa discontinuità col profilo registrato dall'asta di controllo.

Conclusioni

L'azione di rimescolamento delle masse d'aria situate a quote diverse da parte del ventolone ha indotto un innalzamento delle temperature a ridosso del suolo con effetti marcati a seconda della situazione. La direzione del vento dominante (da Sud-Ovest verso Nord-Est) durante le inversioni termiche sembra influire sull'efficacia del ventolone nel convogliare nel terreno l'aria più calda dagli strati più alti. Negli anni precedenti, gli effetti del rimescolamento atmosferico erano stati osservati fino a 150 m di distanza dall'impianto eolico in direzione sottovento (Pavarino *et al.*, 2014).

Gli aumenti maggiori sono stati riscontrati nelle ore centrali della notte dove l'inversione termica risulta essere più intensa a causa di un gradiente termico verticale più rilevante. Al contrario, nelle prime ore del mattino, gli incrementi di temperatura appaiono più contenuti a causa di una diminuzione del gradiente termico verticale nelle prime ore del mattino.

Nel corso della notte la temperatura più bassa si raggiunge in prossimità del suolo subito prima del sorgere del sole; successivamente, grazie al riscaldamento, la temperatura aumenta vicino al suolo e quindi il calore si propaga verso l'alto. Dai profili termici rilevati alla quota di 1 m dal suolo nell'appezzamento di prova, lungo la direzione sottovento, le temperature durante le prime ore del mattino risultano sempre più elevate rispetto al controllo. Ciò ha permesso di evitare il ristagno dell'aria, più densa e pesante, nei bassi strati, in condizioni di ventilazione assente.

I risultati ottenuti in questi anni di sperimentazione dimostrano che l'utilizzo dei ventoloni possa rappresentare un valido sistema di difesa contro le gelate primaverili. Tuttavia il funzionamento risulta efficace solo su brinate lievi ($-4/4,5^{\circ}\text{C}$) e in presenza d'inversione termica. Ciò nonostante il ventolone risulta indurre un considerevole aumento della temperatura al suolo nello spazio compreso in un raggio pari 50 m, equivalente a una superficie pari a circa 8000 m^2 , alle quote di 1 m e 3 m dal suolo. Un miglioramento dell'efficacia potrebbe essere di

abbinare il ventolone con un sistema di generazione del calore, come l'utilizzo di candele di cera dislocate nell'area non interessata dall'ellisse di copertura.

Ringraziamenti

Si ringrazia l'azienda Vassallo (Manta, CN) per aver messo a disposizione i propri impianti.

Bibliografia

- Pavarino A., Pizzinat A., Nari L., Giraud M., Giordani L., Asteggiano L., Bevilacqua A., Vittone G., Spanna F., 2014. Verifica dell'efficacia dei ventoloni per la protezione dalle gelate primaverili. *Ricerca applicata in frutticoltura. Sintesi dei risultati 2013*: 99-106.
- Ribeiro A.C., De Melo-Abreu J.P., Snyder R.L., 2006. Apple orchard frost protection with wind machine operation. *Agricultural and Forest Meteorology* 141(2-4): 71-81.

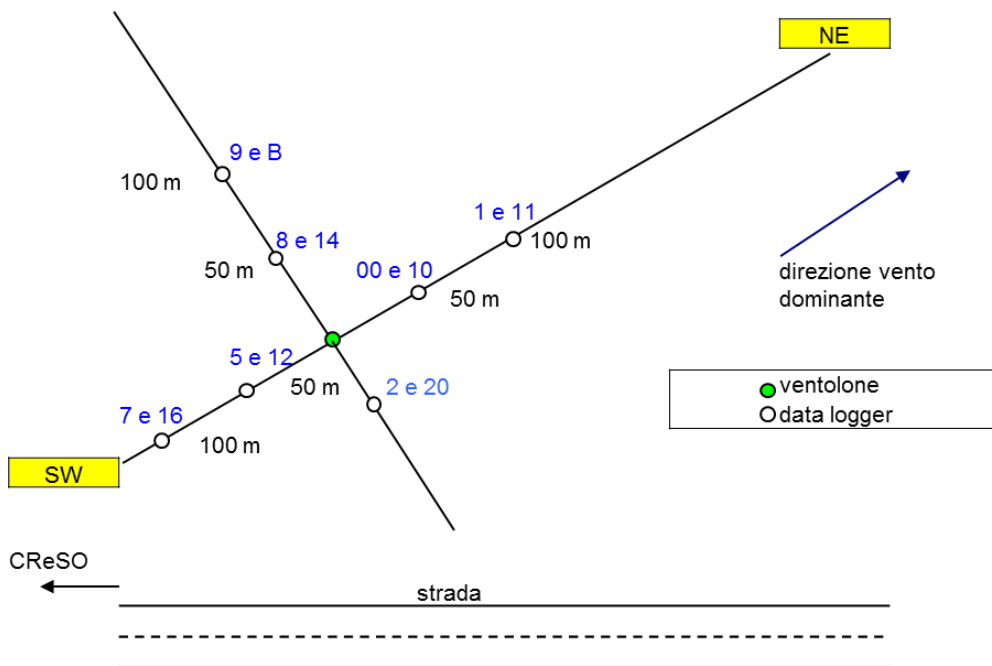


Figura 5. Schema di posizionamento dei datalogger.

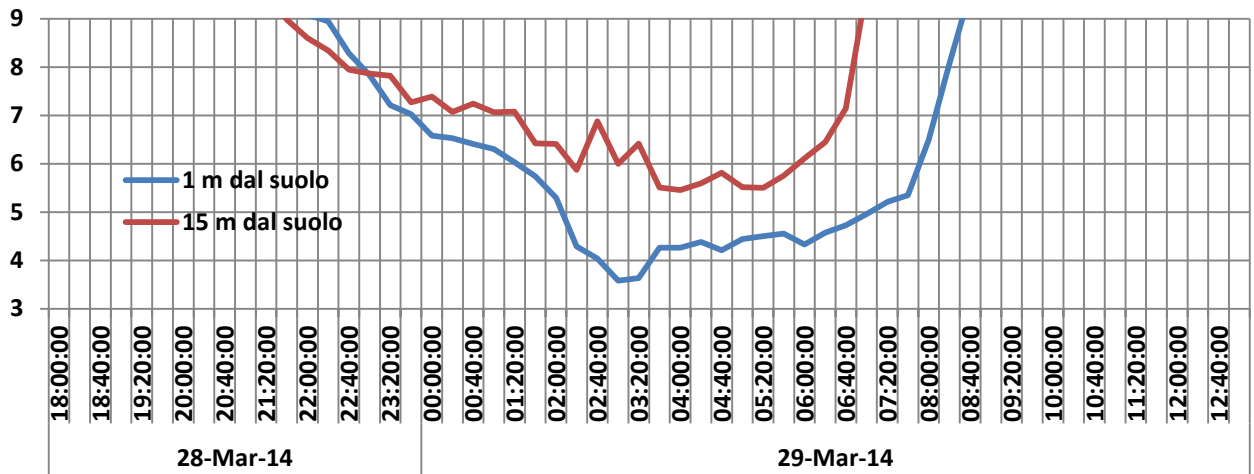


Figura 2. Profili verticali di temperatura rilevati dall'asta di controllo nella notte tra il 28 e il 29 marzo 2014

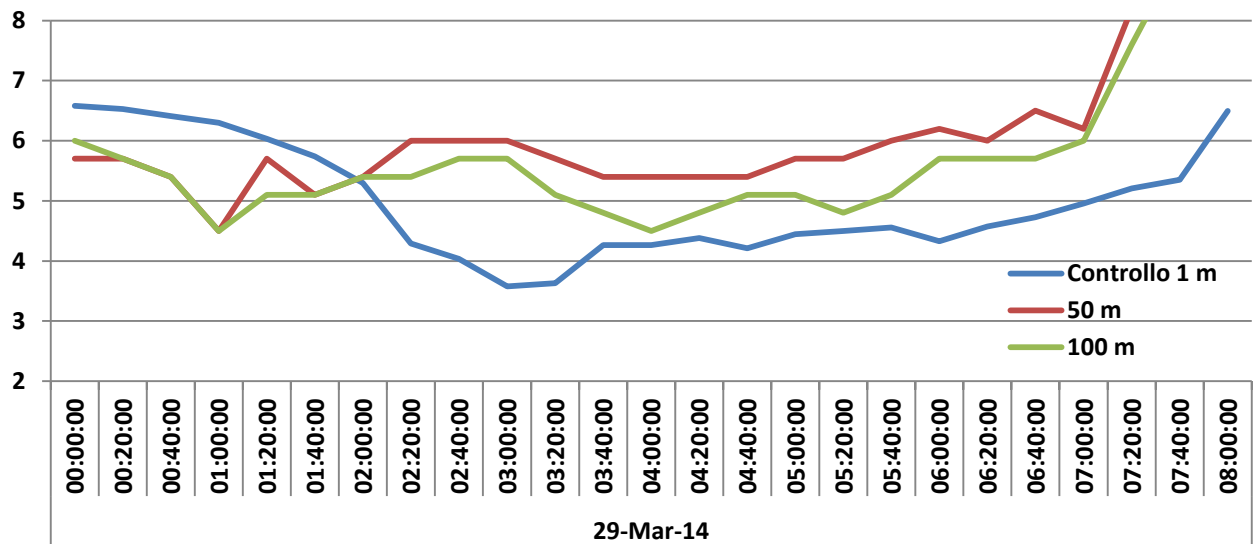


Figura 3. Profili termici rilevati alla quota di 1 m dal suolo nell'appezzamento di prova, lungo la direzione sottovento (Nord-Est) alle distanze di 50 m e 100 m dal ventolone.

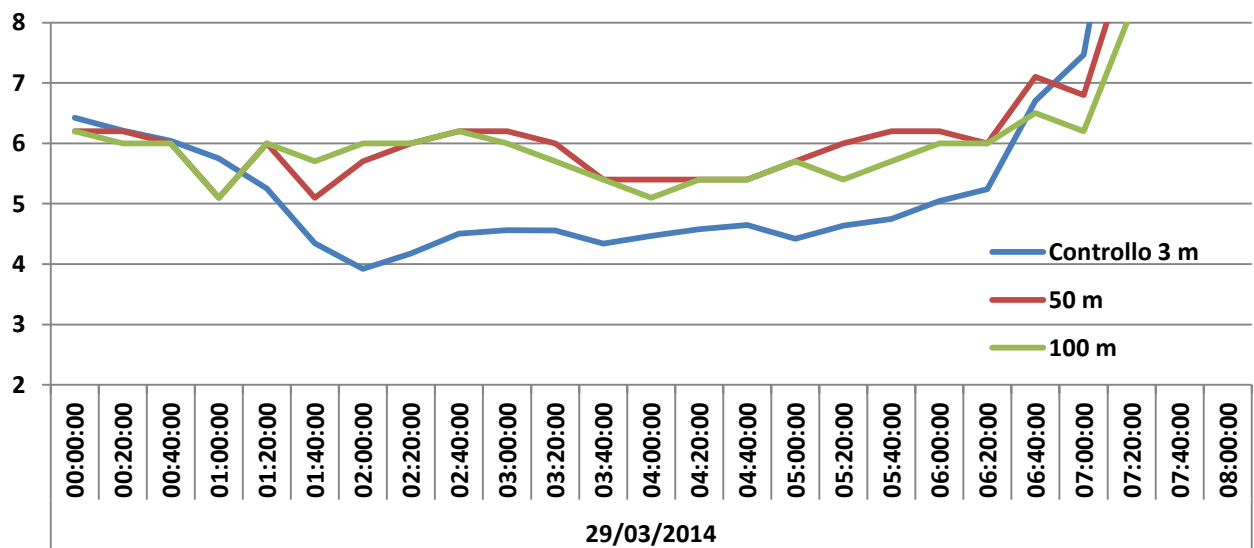


Figura 4. Profili termici rilevati alla quota di 3 m dal suolo nell'appezzamento di prova, lungo la direzione sottovento (Nord-Est) alle distanze di 50 m e 100 m dal ventolone.

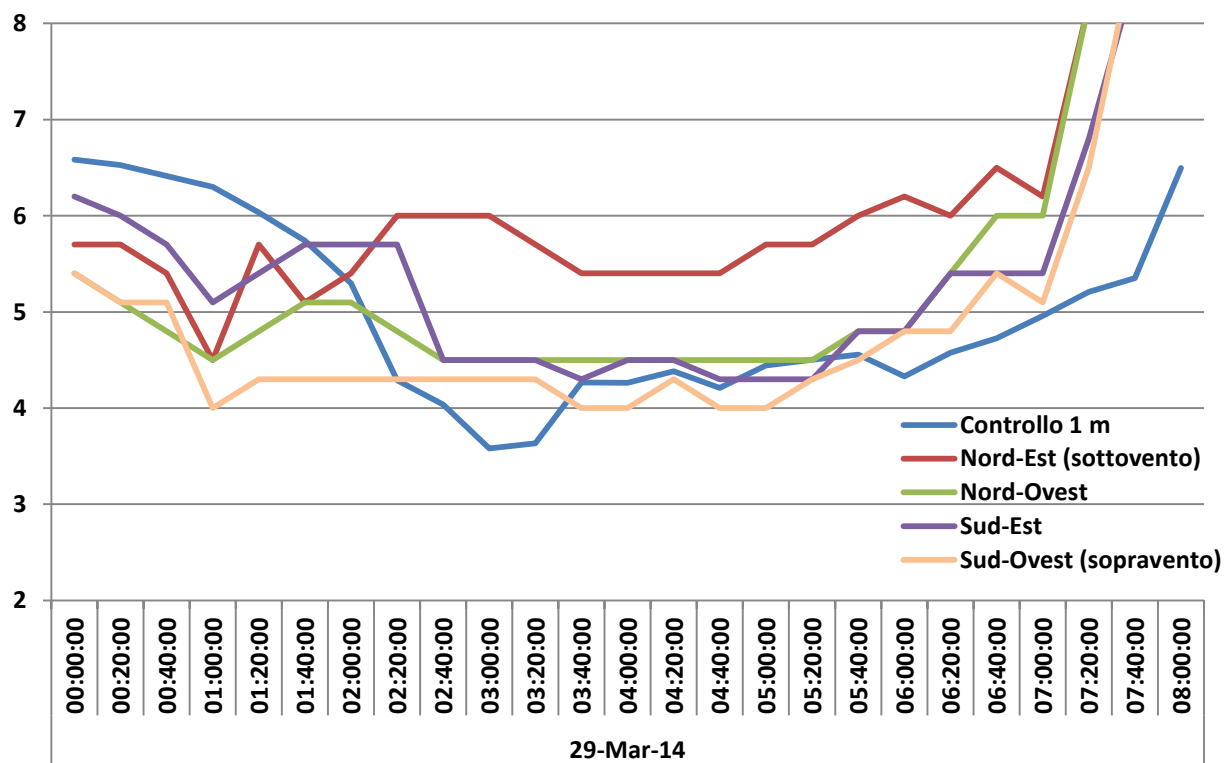


Figura 5. Profili termici rilevati nell'apezzamento di prova alla quota di 1 m dal suolo e alla distanza di 50 m dal ventolone, lungo le 4 direzioni perpendicolari

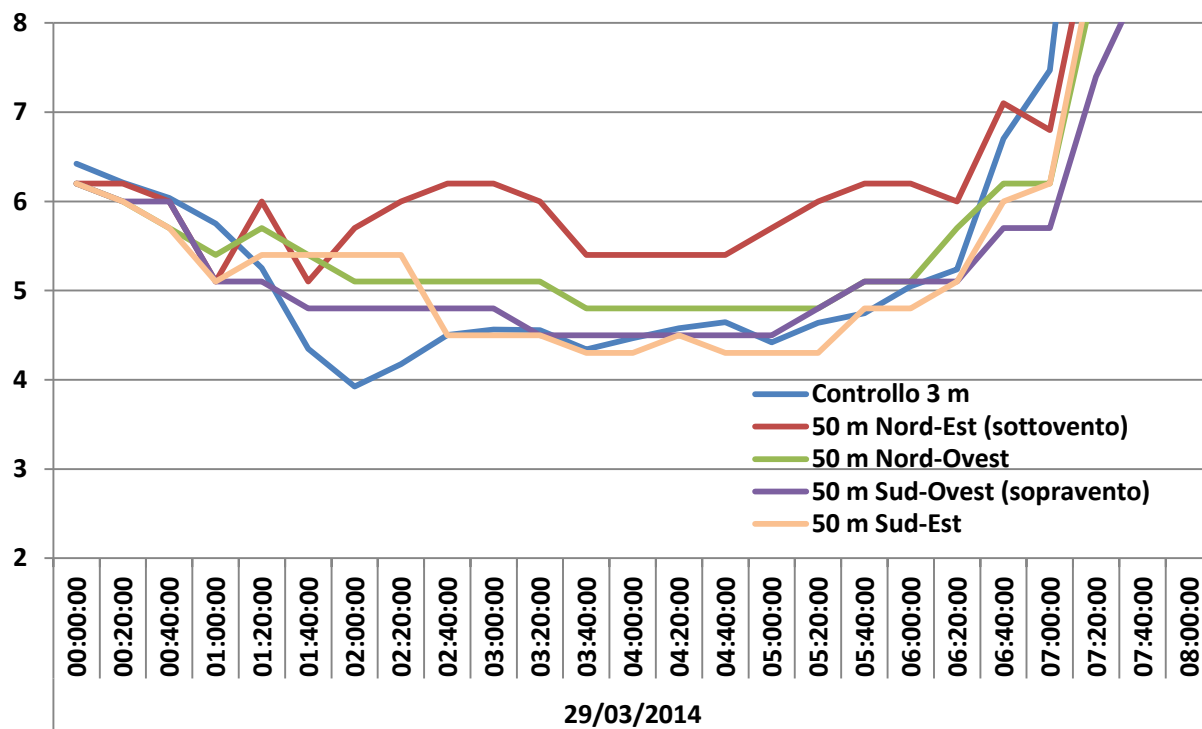


Figura 6. Profili termici rilevati nell'apezzamento di prova alla quota di 3 m dal suolo e alla distanza di 50 m dal ventolone, lungo le 4 direzioni perpendicolari.

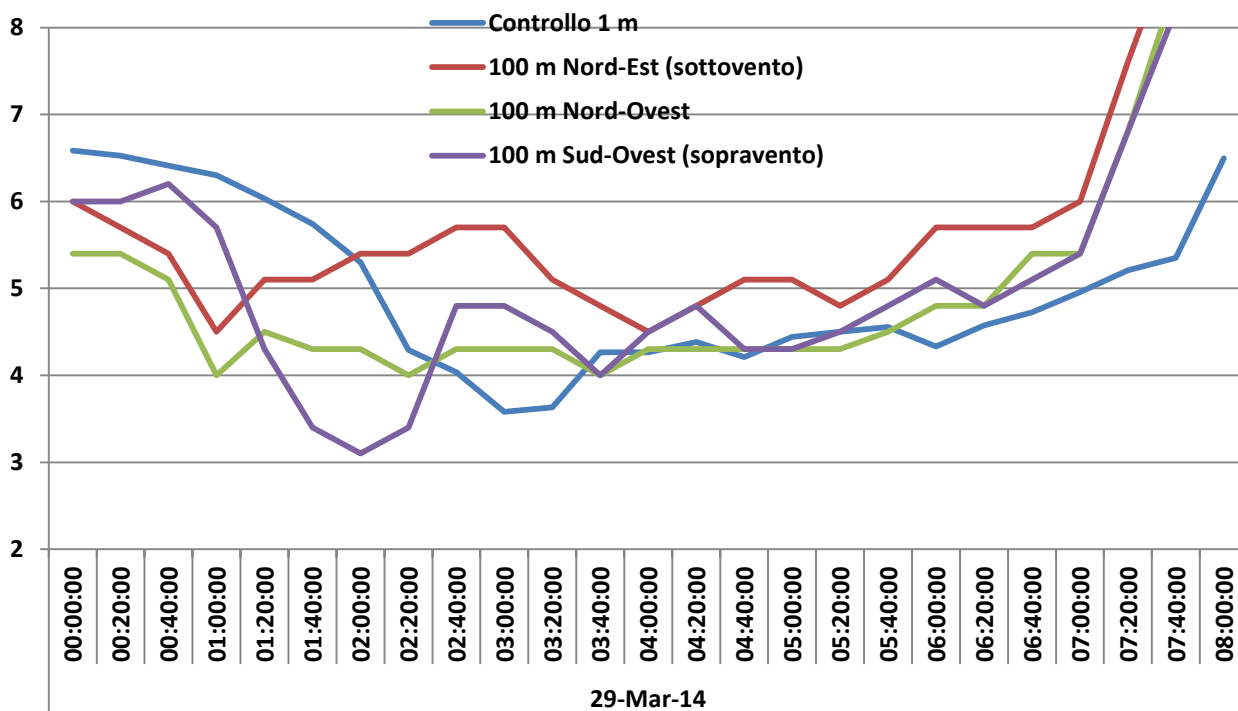


Figura 7. Profili termici rilevati nell'appezzamento di prova alla quota di 1 m dal suolo e alla distanza di 100 m dal ventolone, lungo le 3 direzioni perpendicolari.

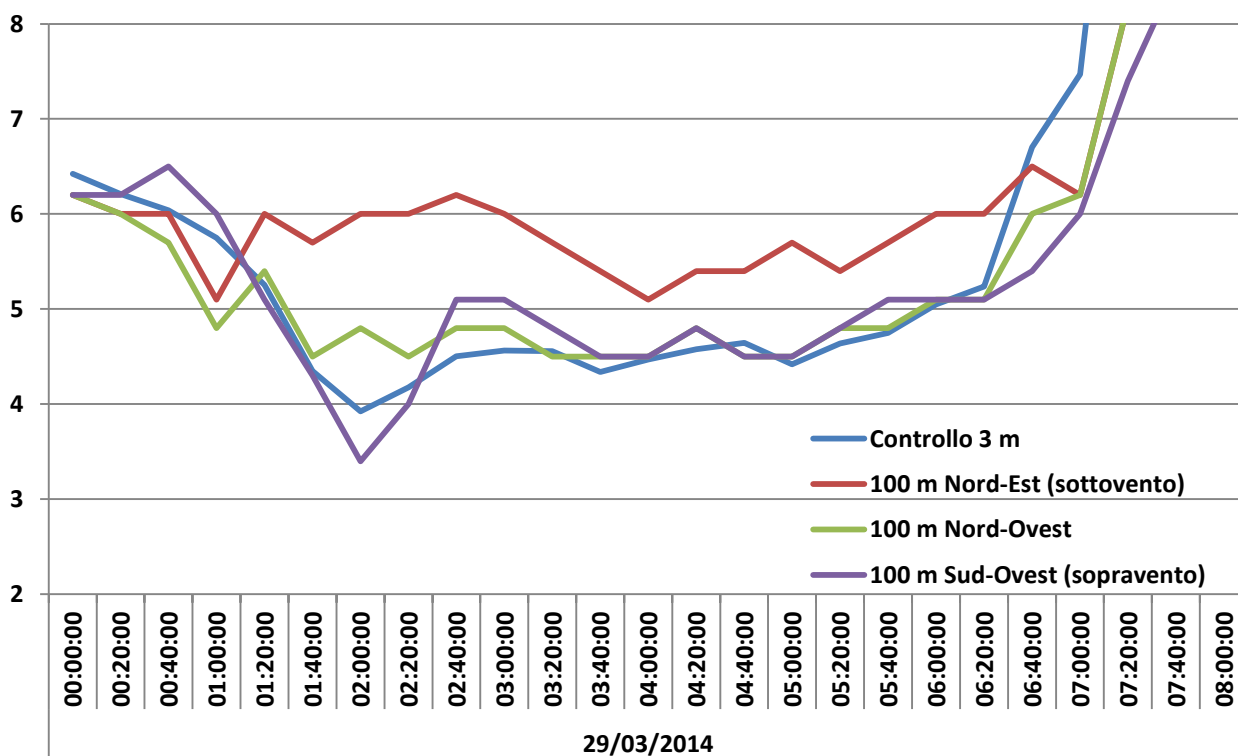


Figura 8. Profili termici rilevati nell'appezzamento di prova alla quota di 3 m dal suolo e alla distanza di 100 m dal ventolone, lungo le 3 direzioni perpendicolari.