

## **LE GELATE PRIMAVERILI IN VAL D'ADIGE – SINGOLARITA' MICROMETEOROLOGICHE STUDIATE SU UN EVENTO**

**The early spring frosts in Val d'Adige (North Italy) – micrometeorological characters analysed for a specific event**

Emanuele Eccel, Giambattista Toller

*Istituto Agrario di S. Michele all'Adige (TN)*

[Emanuele.eccel@mail.ismaa.it](mailto:Emanuele.eccel@mail.ismaa.it), [Giambattista.toller@mail.ismaa.it](mailto:Giambattista.toller@mail.ismaa.it)

### **Riassunto**

I dati raccolti dalla rete meteo di IASMA in Val d'Adige nel periodo di Pasqua 2001 hanno dimostrato che l'irregolarità del vento e della topografia agiscono in modo solo parzialmente prevedibile. La numerosità delle stazioni ha consentito di osservare come la contemporanea assenza di vento non giustifichi da sola il diverso abbassamento termico registrato; sono state identificate soglie di velocità al di sotto delle quali il raffreddamento si intensifica sensibilmente. Un segnale di tendenza naturale alla stratificazione dei primi metri dell'atmosfera in un determinato sito può essere ricavato dall'entità della differenza sistematica di temperatura notturna tra 0.5 e 2 m.

### **Abstract**

*Data collected by the meteorological network of IASMA in the Adige Valley during the Easter 2001 period have shown the poor predictability of nocturnal cooling due to the irregularity in wind and topography. The numerousness of the network allowed to observe that the wind calm condition alone does not account for any different thermal fall recorded; wind velocity thresholds have been determined, below which a remarkable cooling is brought on. The natural tendency to the stratification of the first atmospheric layer in a site can be inferred by observing the extent of the systematic difference of the nocturnal temperature between 0.5 and 2 m.*

### **Premessa**

L'importanza agricola della Valle dell'Adige, dalla Piana Rotaliana a nord, fino alla Vallagarina a sud, è notevole. In essa, oltre alla coltivazione di vigneti di pregio, ha trovato largo spazio la coltivazione del melo. Questa coltura risulta particolarmente soggetta

al rischio di gelate primaverili alle quote basse, dove la stagione vegetativa inizia prima, ma dove sono possibili gelate anche a stagione avanzata a causa della facilità alla formazione di stratificazione e inversione termica notturna, rispetto alle aree poste sui versanti delle vallate laterali.

Proprio per questo motivo i frutteti atesini sono in larga parte protetti da impianti di irrigazione antibrina sopra chioma. Nella stagione a rischio, che corrisponde all'incirca con il mese di aprile, viene attivato un monitoraggio che prevede la collaborazione degli enti di assistenza tecnico – scientifica all'agricoltura (ESAT ed Istituto Agrario di S. Michele) con le associazioni di agricoltori. La previsione delle temperature minime assume quindi, in questa stagione, particolare interesse e l'allarme tempestivo, specie se la gelata è improvvisa, consente di pre-allertare le persone preposte al monitoraggio notturno.

Tra gli episodi importanti di gelo in Trentino accaduti di recente è da ricordare quello del 1997 (Eccel et al., 1998), che compromise la produzione in Valle di Non, dove i frutteti non sono attrezzati con impianti antibrina. La stagione particolarmente avanzata (circa 3 settimane di anticipo) colse i meli in fase di fioritura, determinando perdite, in alcune aree, vicine al 100%.

Tuttavia, l'area di particolare attenzione per il gelo risulta, in Trentino, tutta la vallata dell'Adige e su quest'area si è concentrata questa breve ricerca.

### **L'area e la rete meteo**

L'Adige percorre il tratto trentino del suo corso in direzione nord – sud, con dolci curve che ne fanno variare leggermente l'orientamento. La parte più settentrionale della porzione trentina coincide con la Piana Rotaliana, a monte della confluenza in destra orografica del torrente Noce. E' questa la porzione più ampia della valle. A Trento la valle si restringe, ed in maniera ancora più sensibile a sud di Rovereto. In questo tratto le brezze sono registrate di norma con valori più elevati.

Tra i numerosi affluenti dell'Adige i più importanti sono il torrente Noce, che percorre gran parte della Piana Rotaliana e confluisce a

Zambana, e l'Avisio, che si innesta perpendicolarmente all'asta dell'Adige presso Lavis. In corrispondenza di queste due confluenze il bacino della Val d'Adige si arricchisce di due importanti sottobacini. Altri importanti sottobacini sversanti in Adige sono quello del torrente Fersina, che confluisce a sud di Trento, e quello del Leno, che sfocia in Adige a Rovereto, entrambi sulla sinistra orografica.

L'Istituto Agrario gestisce in quest'area 24 stazioni in tempo reale, per lo più sul fondovalle (fig. 1); di queste, 22 sono equipaggiate con termometro a 2 m, 18 hanno un termometro a 50 cm (di queste 15 anche a bulbo bagnato), 17 hanno un anemometro a 3 m e 4 anche un anemometro a 10 m.

### **Descrizione meteorologica dell'evento**

Il periodo in esame (ci riferisce in seguito ad esso come tale) va dall'11 al 17 di aprile 2001. In particolare è stato considerato il periodo del 14 – 15 aprile, quando l'abbassamento termico è stato più sensibile. La dinamica della gelata risulta una classica evoluzione del passaggio di perturbazioni con minimo freddo chiuso in quota, che attraversa le Alpi muovendosi lentamente verso sudest. Tale situazione richiama dai quadranti nordorientali masse d'aria polare continentale che, alla fine della stagione invernale, sono ancora notevolmente più fredde di quelle marittime che raggiungono la regione alpina al seguito delle perturbazioni, mediterranee o atlantiche.

I giorni precedenti la gelata (da giovedì 12) il versante meridionale delle Alpi era stato investito da un forte flusso di aria polare, originatasi nel nordest europeo, sensibilmente più fredda di quella stazionante. L'abbassamento delle temperature in fondovalle era rimasto "mascherato" dagli effetti del Föhn, che aveva soffiato quasi incessantemente con intensità moderata. La forte umidità presente nella media troposfera non aveva consentito, per tutto il periodo esaminato, condizioni di cielo sereno, se non per brevi periodi.

Un primo abbassamento sensibile si registra sabato 14; il vento continua a soffiare per tutta la giornata e si attenua nella notte. Da questo punto di vista la gelata si potrebbe definire di tipo "misto",

come definito da alcuni autori (vedi per esempio Zinoni et al., 2000), nel senso che l'irraggiamento ha agito in seguito ad un consistente raffreddamento dovuto all'avvezione di aria fredda da nord. D'altro canto va rilevato come la presenza di vento freddo nelle Alpi meridionali protegga in pratica sempre dalle gelate da avvezione vere e proprie, in quanto i venti da nord manifestano sempre una certa qual caratteristica favonica, a causa della subsidenza indotta in seno all'attraversamento delle Alpi.

Il transito notturno di nuvolosità consente di mantenere le minime di domenica 15 entro valori di poco sotto lo zero, sia nelle stazioni in fondovalle che altrove. Complessivamente la gelata in Val d'Adige si dimostra di debole entità, ben controllabile con gli impianti antibrina presenti. Più in quota, seppure le temperature minime siano risultate generalmente inferiori, lo stadio fenologico arretrato rispetto alle aree a più bassa quota ha permesso alle piante di sopportare bene qualche grado di gelo.

### **Esame dei dati raccolti**

In base all'analisi dei dati misurati nelle stazioni presenti in Val d'Adige sono state selezionate alcune stazioni il cui comportamento risulta esemplificativo della dinamica della gelata in esame. In particolare, sono state esaminate a coppie alcune stazioni, per meglio identificare analogie e differenze micrometeorologiche.

Diversi modelli di previsione delle gelate fanno uso di valori misurati o della stima qualitativa dell'umidità dell'aria e del terreno (si veda per esempio Ferrari e Ferretti, 1979, o Zinoni et al., 2000). Nel caso in esame, però, a seguito della persistenza di vento asciutto da nord fino al pomeriggio precedente la gelata, si può ritenere che le masse d'aria presenti in tutta la vallata fossero dello stesso tipo, e che presentassero quindi valori di contenuto d'acqua simili tra loro. In queste condizioni i valori di umidità relativa variano tra area ed area solo a causa della differenza di temperatura che si verifica. Di conseguenza l'umidità non è stata ritenuta, per lo stesso evento, una fonte importante di differenziazione entro aree vicine.

### Rovereto - Brancolino - Mama d'Avio

Le stazioni di Rovereto e Brancolino si trovano a poca distanza l'una dall'altra, sui due lati della Vallagarina, rispettivamente in sinistra e in destra Adige. Le stazioni hanno presentato, durante le ore diurne e nella prima parte della notte del 14, temperature praticamente identiche, nonostante la sensibile differenza della velocità del vento nelle ore serali (fig. 2); solo quando la velocità media oraria del vento a 3 m scende dagli 0.7 m/s a 0.5 m/s le temperature nelle due stazioni si differenziano; il calo è repentino a Brancolino, mentre a Rovereto l'andamento è più regolare. Le due stazioni raggiungono comunque temperature minime molto vicine tra loro, a Rovereto solo di poco superiori. Le temperature massime del 15 sono sensibilmente inferiori a quelle del giorno precedente. Nella serata, le due temperature iniziano a differenziarsi quando il vento cala, a Brancolino, sotto gli 0.8 m/s, mentre a Rovereto rimane sopra 1.5 m/s. Nella notte a Rovereto si registrano due periodi con aumento della velocità del vento (valori superiori a 0.5 m/s), che, associati ad una parziale copertura del cielo, permettono un lieve innalzamento delle temperature nelle ore del primo mattino; nonostante la copertura, da ritenersi uguale per le due stazioni, a Brancolino la calma favorisce un abbassamento più consistente, raggiungendo le minime valori medi orari di circa -1 °C. La ripresa del rimescolamento dell'aria nel giorno seguente, favorita ancora dal vento da nord, riporta le temperature diurne delle due stazioni a coincidere nuovamente per buona parte della giornata.

Il vento non può però essere preso come unico parametro che governa la dinamica dell'abbassamento termico al suolo. Se si esamina il confronto tra Brancolino e Mama d'Avio (fig. 3), quanto detto per la coppia Rovereto – Brancolino può essere ripetuto, ma con l'importante differenza che le due stazioni fanno registrare calma di vento per un periodo praticamente coincidente; tuttavia, la stazione di Brancolino accusa un abbassamento di temperatura sensibilmente superiore a quello di Mama d'Avio e ciò è da imputare alla posizione più soggetta all'inversione termica, dovuta alla conformazione topografica.

Una misura di tale attitudine alla stratificazione termica può essere data dal confronto tra le temperature a 2 m e a 50 cm. In effetti, per l'intero periodo in esame, nelle ore notturne (dalle 0 alle 7) la stazione di Brancolino presenta una differenza media tra la temperatura a 2 m e la temperatura a 50 cm di 1.0 °C, mentre in tutte le altre stazioni della valle tale differenza si aggira tra 0.1 e 0.6 °C.

#### Mezzolombardo – Roveré della Luna

Anche queste due stazioni, trovandosi a pochi km di distanza l'una dall'altra, hanno presentato temperature molto simili tra loro durante il periodo di presenza del vento (fig. 4). La situazione si è mantenuta nella notte tra il 13 e il 14, mentre verso il tramonto il regime del vento ha incominciato a differenziarsi tra le due stazioni. Tuttavia, la velocità media oraria, ancora superiore a 0.7 m/s, mantiene le temperature fortemente legate al flusso da nord. Tra le 0 e le 1 del 15 il vento cala, abbastanza bruscamente, a Mezzolombardo, raggiungendo valori medi orari di 0.1 m/s; a Roveré, invece, la velocità rimane superiore a 0.5 m/s ancora per due ore. In un'ora le temperature si differenziano di più di 2 °C tra le due stazioni. Solo in seguito le temperature calano anche a Roveré, raggiungendo poi gli stessi valori minimi di Mezzolombardo durante la calma. Nella notte seguente, tra il 15 e il 16, con temperature ormai superiori, lontani dal rischio di gelate, è interessante osservare come la minima a Mezzolombardo sia stata raggiunta solo con la caduta del vento, ad un'ora piuttosto tarda (le 8); a Roveré, invece, dove i valori della velocità del vento non sono scesi sotto 0.7 m/s, nonostante il sensibile abbassamento della velocità media oraria nella stessa ora, la minima è stata raggiunta l'ora precedente.

#### Roveré della Luna – Mama d'Avio

Queste due stazioni rappresentano rispettivamente la più settentrionale e la più meridionale nella valle dell'Adige in provincia di Trento. Il confronto tra le due (fig. 5) fornisce lo spunto per interessanti osservazioni. Il giorno 14 dalla tarda mattinata le temperature delle due stazioni iniziano a differenziarsi sensibilmente, probabilmente a causa del vento più forte a Roveré, che inibisce

maggiormente il riscaldamento diurno. Tuttavia, dopo il tramonto il raffreddamento è rapido e maggiore per la stazione di Mama d'Avio, dove le temperature si mantengono inferiori di circa 2 °C a quelle della stazione più a nord. Nella notte, però, si verifica una parziale copertura del cielo, che scherma l'irraggiamento verso l'atmosfera; nel Trentino meridionale la copertura inizia prima ed è più consistente; l'effetto non è così evidente più a nord. Nonostante a Mama d'Avio il vento fosse sceso sotto la soglia critica di circa 0.5 m/s ben prima che a nord, le temperature fanno registrare un lieve innalzamento, che non viene poi "perso" nelle ore seguenti.

#### Stima della velocità "critica" del vento

Per il periodo in esame, sono state selezionate le tre stazioni che permettono la misura del vento a 3 e a 10 m contemporaneamente. Selezionando le ore notturne (periodo compreso tra le ore 20 e le 7 solari), si sono stimati i decrementi termici a 2 m filtrando i dati con soglie diverse di velocità del vento a 3 m. Emerge l'esistenza, per ogni stazione, di un valore soglia di velocità, al di sopra del quale il decremento termico medio orario diminuisce sensibilmente. Tale soglia identifica la velocità del vento sotto la quale non avviene un rimescolamento efficace dello strato atmosferico a contatto con il suolo e quindi è favorita la formazione di stratificazione atmosferica. Per gli stessi periodi sono stati calcolati poi i valori di velocità del vento a 10 m. Sono risultati i seguenti valori soglia:

STAZIONE	SOGLIA A 3 m [m/s]	SOGLIA A 10 m [m/s]
Rovereto	0.5	1.1
S. Michele	0.7	1.3
Trento sud	0.8	1.7

Un esame di un numero maggiore di casi porterebbe presumibilmente ad una maggiore uniformità dei risultati. Un'altra possibile causa della differenza tra i valori soglia è dovuta al fatto che i dati si riferiscono a valori medi orari; abbassamenti termici notevoli si verificano solo quando la velocità scende per qualche tempo sotto il valore soglia; all'interno dell'ora di rilevamento

invece, le velocità oscillano in modo difforme da caso e caso, per cui identici valori di velocità media possono essere associati a durate diverse di velocità del vento inferiori al valore critico.

### **Considerazioni finali**

Nella valle dell'Adige, area particolarmente soggetta al rischio di gelate in quanto situata a bassa quota rispetto al sistema vallivo afferente all'asta fluviale del fiume, la dislocazione delle aree maggiormente soggette a gelate risulta particolarmente disomogenea se confrontata con un'area di pianura. I dati relativi al periodo di Pasqua 2001 (dal 14 al 16 aprile) hanno dimostrato che l'irregolarità del vento e della topografia agiscono nel senso di aumentare o diminuire l'entità della gelata in modo solo parzialmente prevedibile. L'analisi di dati raccolti in stazioni poste a piccola distanza l'una dall'altra ha permesso di ricavare interessanti informazioni. Per quanto riguarda il vento, sono state identificate soglie al di sotto delle quali l'intensità del raffreddamento si rafforza sensibilmente, mentre al di sopra di tali soglie la velocità non risulta discriminante; tali valori oscillano, per l'evento preso in esame, tra 0.5 e 0.8 m/s misurati a 3 m dal suolo; i valori corrispondenti misurati a 10 m variano da 1.1 a 1.7 m/s. Risulta quindi come sia sufficiente una modesta velocità del vento a rimescolare lo strato atmosferico più basso, mentre non è particolarmente importante discriminare tra velocità basse e moderate, poiché l'effetto sul rimescolamento non varia sensibilmente.

La gelata di Pasqua è risultata nel complesso modesta grazie alla nuvolosità temporanea transitata nelle ore notturne; ma, a differenza di quanto avviene il più delle volte, il gelo si è manifestato maggiormente nelle aree poste a qualche quota, cioè al di fuori dell'area di elevata inversione termica del fondovalle (es: Faedo a 750 m, ma anche Brancolino, a 340 m, circa 150 m sopra il fondovalle atesino). Ciò a causa della presenza, fino alla sera del sabato, di una corrente di Föhn, che ha quindi raffreddato l'aria più in quota che in fondovalle. La rapida caduta del vento ha poi permesso una stratificazione del più basso strato atmosferico, con raggiungimento di temperature sotto lo zero in ampie aree.



Gli effetti del vento e della copertura nuvolosa, pur agendo entrambi verso un rallentamento o un blocco dell'abbassamento di temperatura al suolo, presentano una differenza sostanziale. Mentre la presenza di vento crea un rimescolamento, quindi un gradiente vicino all'adiabatico nel primo strato atmosferico, ma non un suo riscaldamento rispetto alla situazione di calma, la presenza di strati nuvolosi blocca l'irraggiamento termico verso l'atmosfera, mantenendo il calore nello strato più basso. Anzi, la presenza di vento, quando la sua temperatura è inferiore a quella superficiale del terreno, provoca un abbassamento globale della temperatura al suolo che è direttamente proporzionale alla sua velocità (Tabard, citato in Zinoni et al., 2000). Di conseguenza, quando il vento cade e la stratificazione può iniziare, l'abbassamento di temperatura che era rimasto bloccato durante la presenza del vento si manifesta rapidamente, mentre, in caso di effetto di schermatura dovuto alle nubi, il suolo ha potuto conservare una parte del calore che avrebbe irradiato in assenza di copertura e quindi lo strato atmosferico a contatto con esso si mantiene più caldo. Purtroppo la difficoltà di misurare la copertura del cielo durante le ore notturne rende difficile un'analisi precisa dell'evento.

Un'analisi dei dati anemometrici ha evidenziato la difficoltà di prevedere, su basi puramente prognostico - meteorologiche, il calo dell'intensità del vento con sufficiente precisione, ossia con l'approssimazione dell'ora o di poche ore. Comparando i dati di velocità del vento registrati nelle stazioni della valle, non risulta facilmente schematizzabile un comportamento coerente. Il regime anemometrico notturno, infatti, è fortemente influenzato dal drenaggio di aria raffreddata dalle vallate laterali, fortemente disomogeneo lungo l'asta fluviale a causa della presenza o meno di sbocchi vallivi laterali e di "bacini" di stagnazione. Oltre a ciò, anche il regime favonico stesso si presenta irregolare, essendo legato a un flusso ondulatorio che talvolta riesce a trasmettersi fino al suolo; può così capitare che alcune aree risultino temporaneamente escluse dal fenomeno, fintantoché il flusso non ha scalzato l'aria fredda presente negli strati più bassi. Una volta che ciò si è verificato, e fintantoché il flusso si mantiene, la temperatura nelle aree raggiunte dal medesimo

flusso tende ad essere sensibilmente omogenea, anche tra stazioni relativamente lontane (per esempio: Roveré della Luna e Mama d'Avio). Proprio la difficoltà di considerare velocità variabili del vento fa sì che i modelli di previsione delle gelate più semplici, come la formula di Brunt (1941) non ne tengano conto in modo esplicito, considerando eventualmente le variazioni termiche in sé e ipotizzando implicitamente la stazionarietà delle condizioni meteorologiche, presupposto fondamentale ma spesso non verificato (Piazza e Peterlongo, 1997).

L'esame di dati provenienti da coppie di stazioni vicine ha consentito di ricavare utili informazioni; le stazioni che più hanno sofferto la gelata tra quelle elencate sono quelle maggiormente soggette all'accumulo di lenti di aria fredda al suolo. La tendenza naturale alla stratificazione spinta del primo strato atmosferico può essere prevista anche in anticipo esaminando la differenza sistematica di temperatura tra i 50 cm e i 2 m nelle ore notturne. Per alcune stazioni (come Brancolino) essa è risultata, nel periodo in esame, sensibilmente superiore a quella delle altre stazioni esaminate.

Da quanto detto risulta che, ai fini previsionali, la quantificazione dell'abbassamento termico risulterebbe fortemente facilitata se fossero prevedibili, quantitativamente con sufficiente approssimazione, i seguenti fattori:

- la durata della calma di vento notturno;
- la durata e l'intensità della copertura nuvolosa;
- la tendenza, area per area, al drenaggio di strati superficiali di aria fredda.

## **Bibliografia**

Brunt D., 1941: Physical and dynamical meteorology. Cambridge Univ. Press.

Eccel E., Tonioli A., Toller G., 1998: Le gelate tardive dell'aprile 1997 in Trentino. Economia Trentina, anno 1998, n.1.

Ferrari P. e Ferretti O., 1979: Costruzione di un diagramma per la previsione del minimo termico notturno in zone soggette a gelate. Esperienze e Ricerche, nuova serie, vol. VIII.

Piazza A. e Peterlongo A., 1997: Un semplice modello per calcolare la temperatura minima notturna. AIAM News, 1, 1.

Zinoni F., Rossi F., Pitacco A., Brunetti A., 2000: Metodi di previsione e difesa dalle gelate tardive. Calderini Edagricole, Bologna.



*Figura 1. Le reti di stazioni meteo dell'Istituto Agrario di S. Michele*

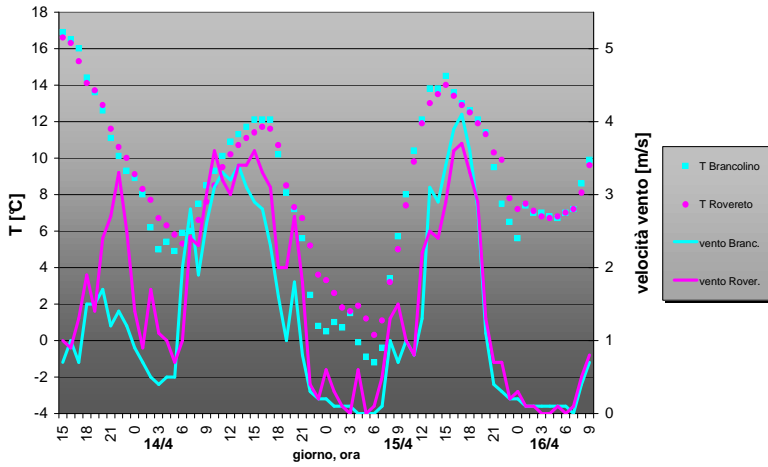


Figura 2. Temperature e velocità del vento a Rovereto e Brancolino

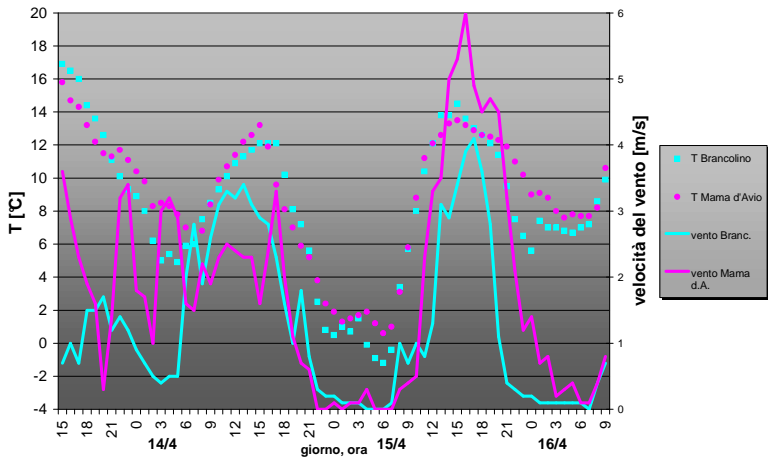


Figura 3. Temperature e velocità del vento a Brancolino e Mama d'Avio

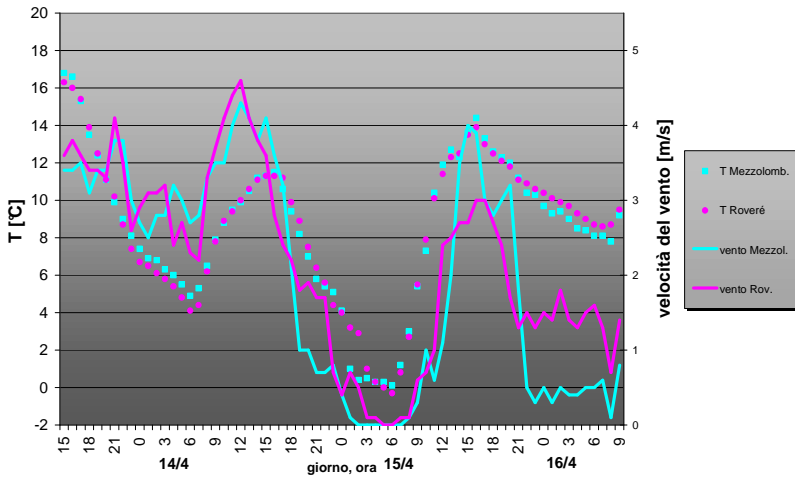


Figura 4. Temperature e velocità del vento a Mezzolombardo e Roveré della Luna

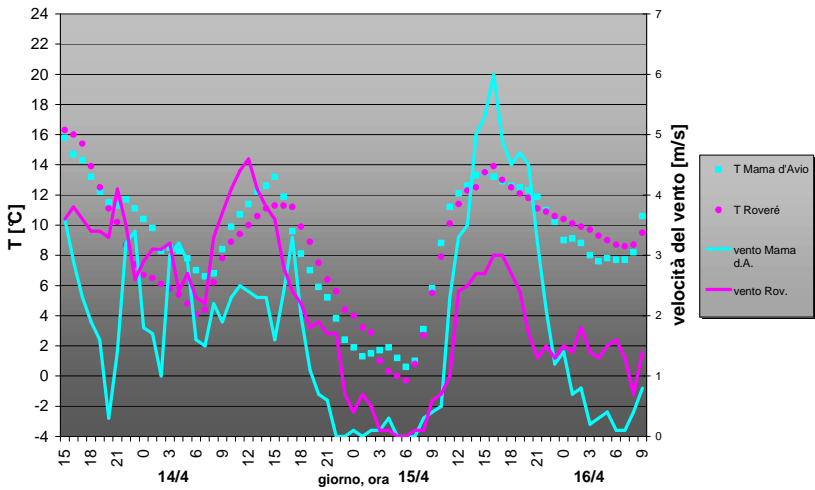


Figura 5. Temperature e velocità del vento a Mama d'Avio e Roveré della Luna