

# ASPETTI CLIMATICI, FLORISTICI E VEGETAZIONALI DELLE CAVITÀ CARSICHE



*a cura di F. Bonafede  
con il contributo di M. Vignodelli WWF Bologna*





L'interesse per il microclima delle doline sul territorio italiano si è sviluppato, **fin dagli anni '60**, nell'area del Carso triestino e goriziano.

**Nel 1999 ARPAV** ha avviato il **monitoraggio del microclima delle depressioni fredde** attraverso l'installazione di stazioni meteorologiche (automatiche dal 2005).

I primi monitoraggi hanno evidenziato che anche **le doline montane** del versante sud delle Alpi **presentano un microclima specifico, caratterizzato da temperature minime a volte estreme (anche inferiori a -40°C), marcate inversioni termiche, rapide oscillazioni di temperatura specie di notte e marcate escursioni termiche giornaliere.**





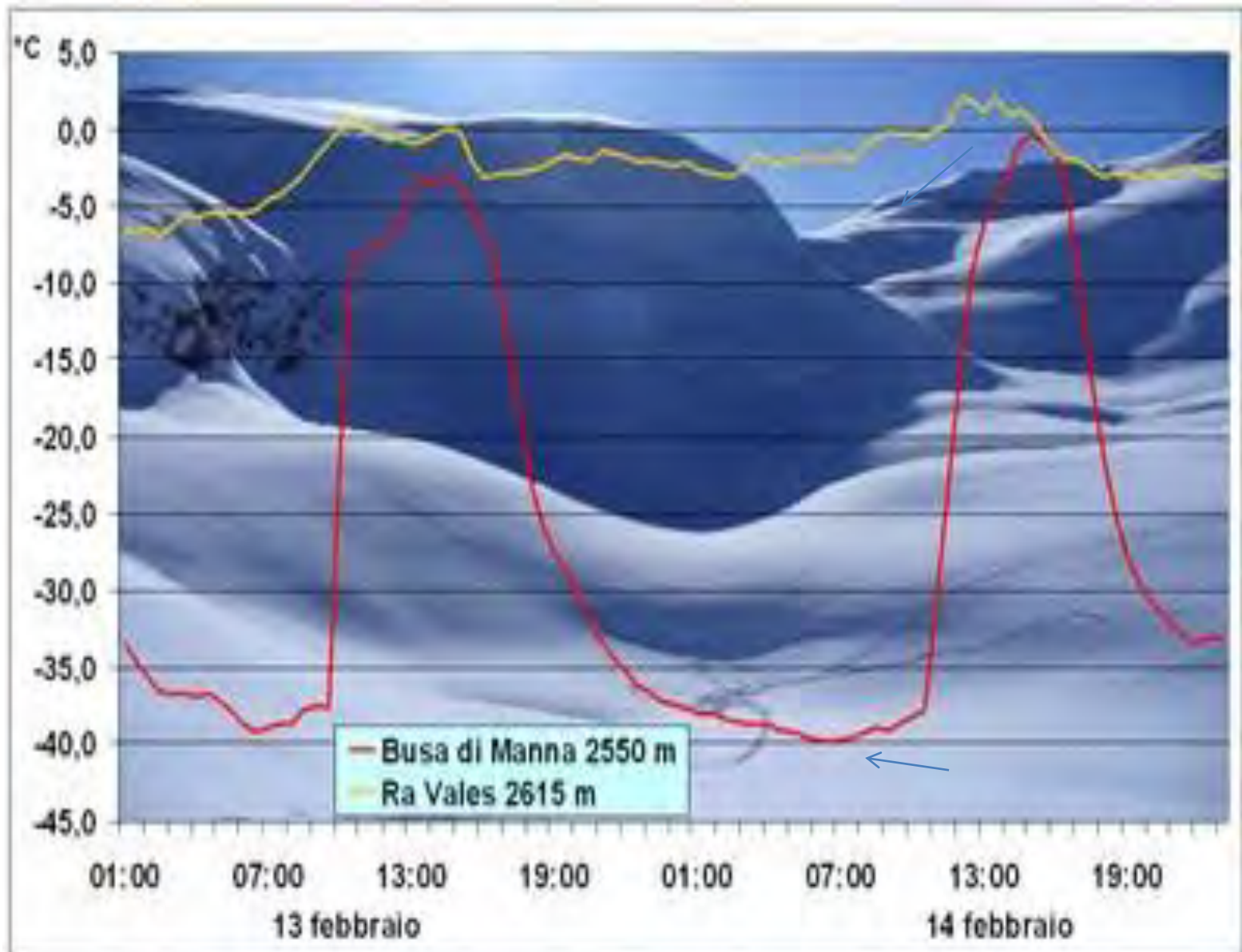
**Dolina detta “Busa Fradusta” (quota 2.607, Pale di S. Martino, TN); qui, il 10 Febbraio 2013, è stata registrata una delle temperature più basse nel continente europeo:**

**-49,6 °C**





Andamento giornaliero della Temperatura in località Ra Valles (Bordo Dolina, quota 2615m) a confronto con la località Busa di Manna (Fondo Dolina, quota 2550m, linea rossa); Febbraio 2008





Tra gli studi sul clima delle cavità carsiche è interessante quello di M. Meneghel e U. Sauro (2006) sulle piccole doline calcaree nell'altopiano delle pale di S. Martino (Dolomiti), tra i 2500 e i 2650m. Le temperature medie registrate a diverse profondità (entro 0.5m !) non si discostano di molto (range di 0,65°C); al **contrario le temperature minime e massime registrate sul fondo e sul bordo possono differire anche di oltre 12°C (!)** con differenze importanti nelle diverse stagioni.

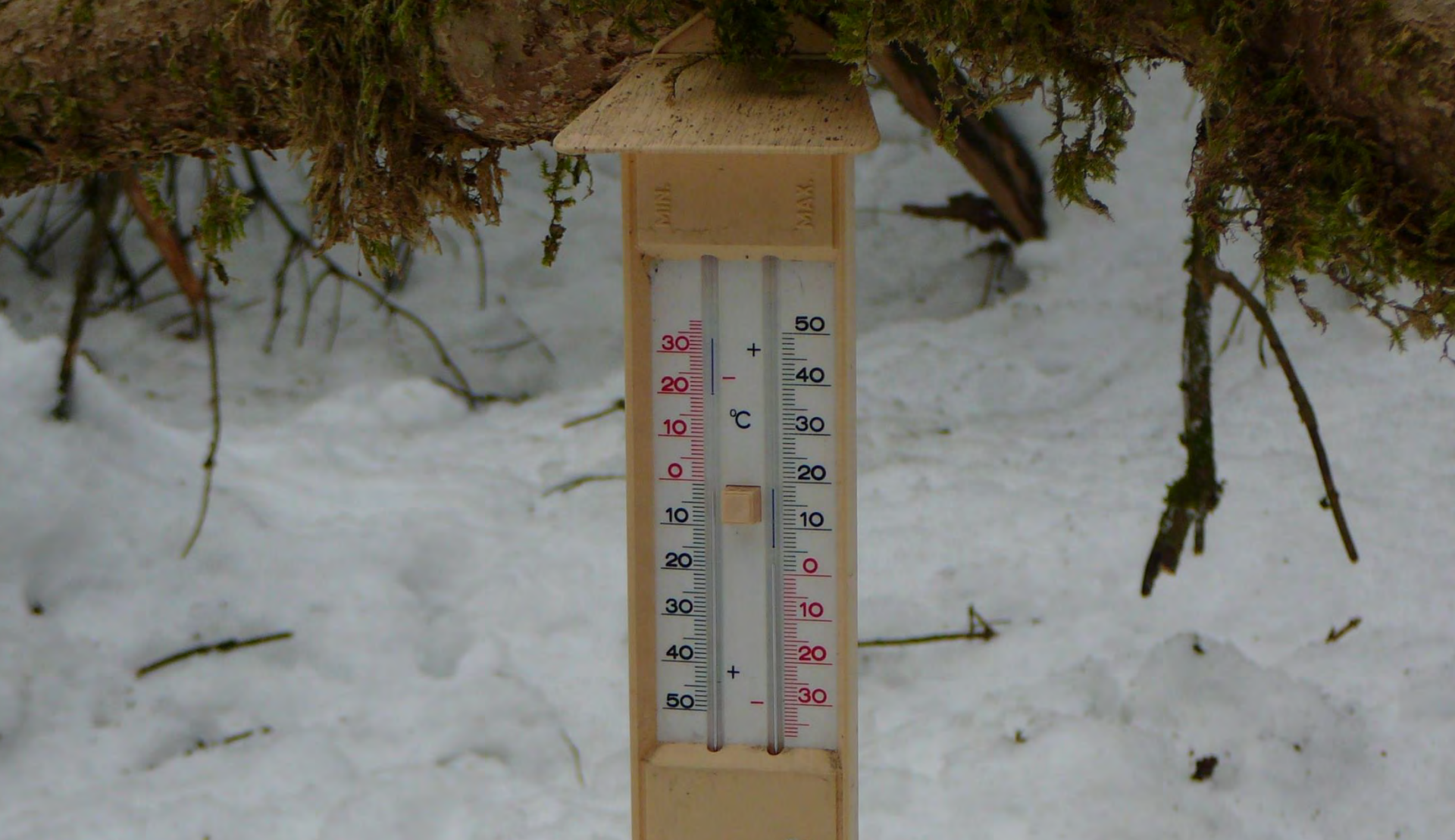






Al contrario di quanto avvenuto nelle Alpi orientali su calcare, le depressioni carsiche su gesso non sono state oggetto di indagini approfondite. In particolare non sono state svolte misurazioni in continuo della Temperatura, almeno fuori dalle grotte





Nella Dolina della Spipola sono state rilevate le temperature del “momento” in alcune postazioni dentro e fuori dalla Grotta (Rivalta G. & Donati C., 1993).  
Il 19-02-2012 sul Fondo della Spipola abbiamo registrato il record del freddo per il Comune di Bologna:  $-21^{\circ}\text{C}$  (osservazioni di A. Bonafede e F. Bonafede, 2012)





il 6 Gennaio 2017 abbiamo installato due termometri a lettura analogica sul Bordo e sul Fondo Dolina con la misurazione della temperatura massima e minima giornaliera.

8:53 16/GEN/2017



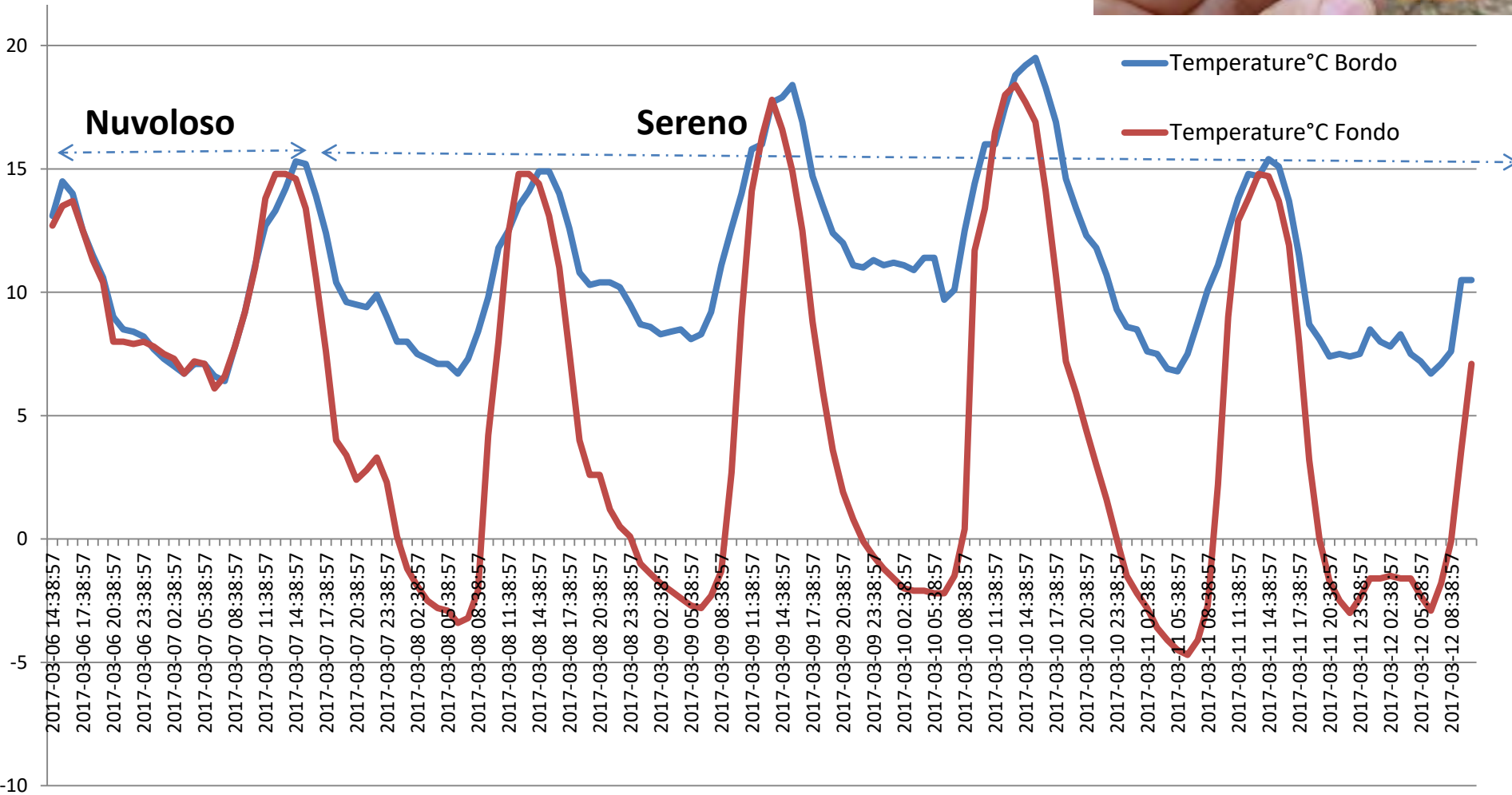


Scopo dell'indagine: confrontare le condizioni termiche del Bordo-Fondo Dolina nell'arco di almeno un anno e correlarle alla Flora e Vegetazione presente nelle due diverse situazioni

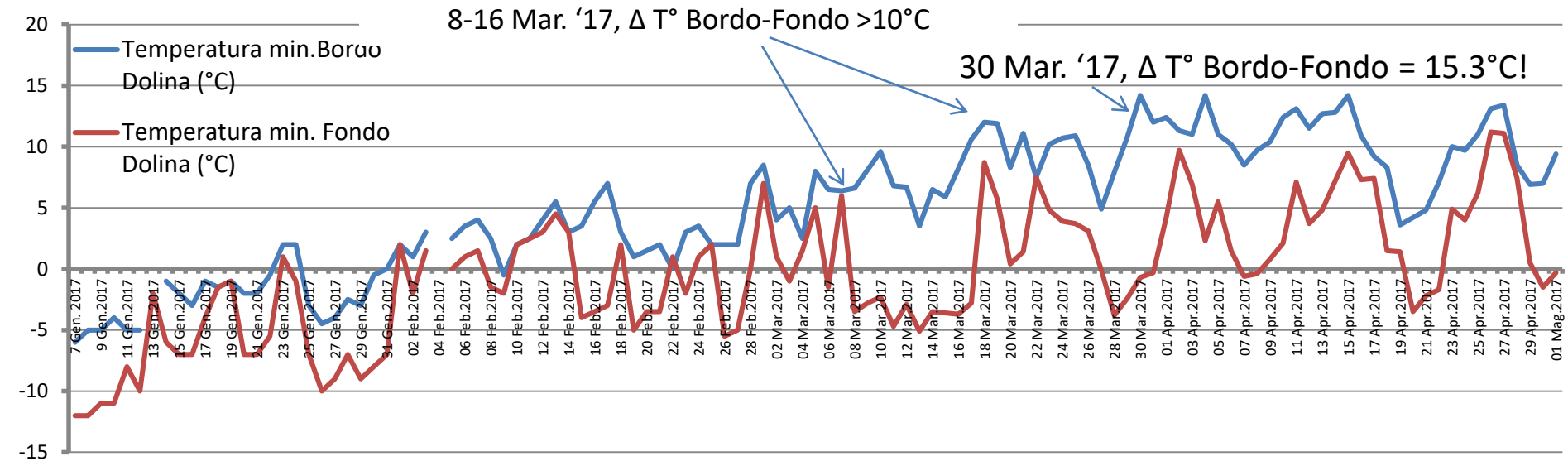




Dal 7 Marzo 2017 tutti i dati sulle temperature **Bordo/Fondo** vengono registrati con due Data Logger, in continuo ogni 10 minuti. Sotto, esempio di registrazione; periodo: **6-12 Mar. '17**





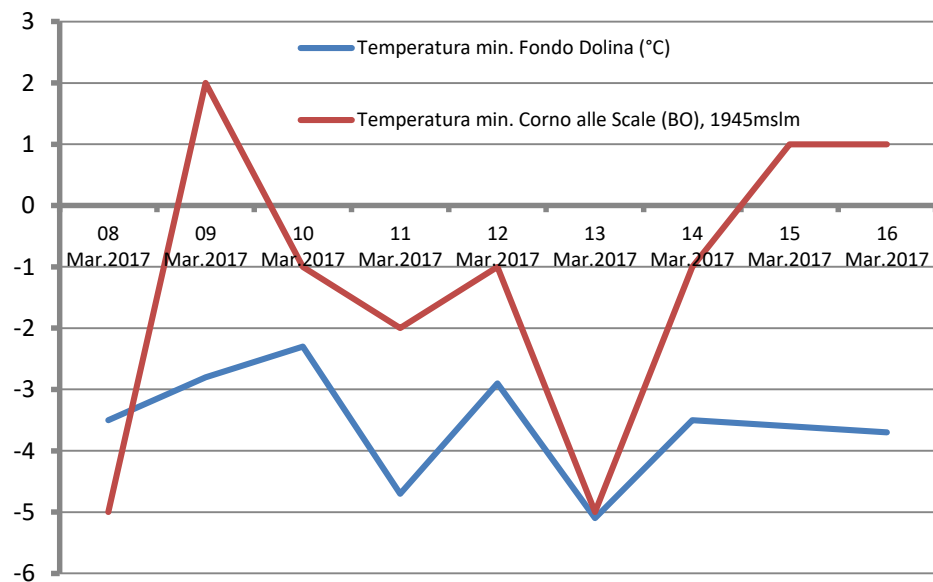
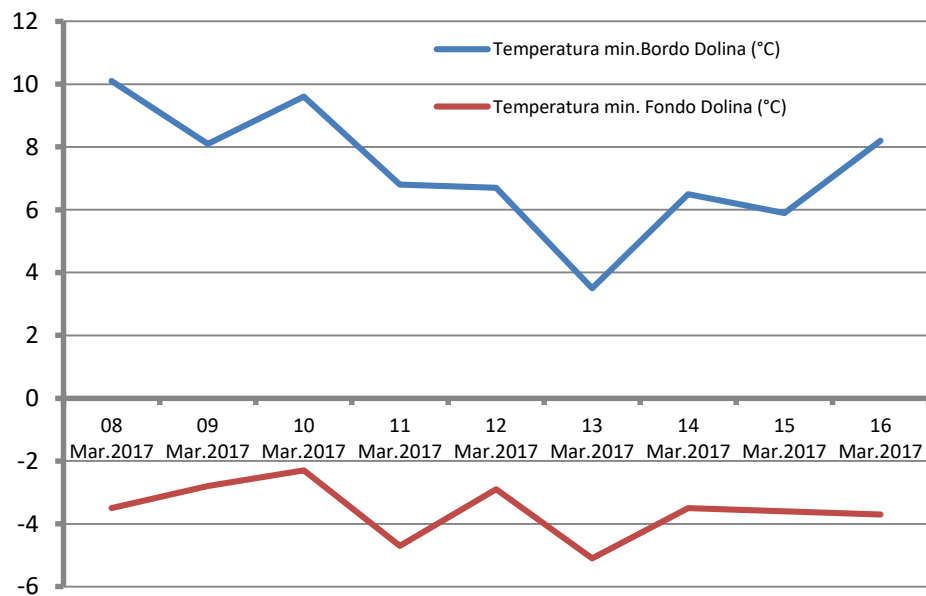


**Analisi temperature minime:**  
 le temperature minime condizionano in modo importante la struttura e la fenologia della Vegetazione (22 Apr. 2017)



## T° minima, analisi di una settimana: 8-16 Marzo 2017

Data	Temperatura min. Bordo Dolina (°C)	Temperatura min. Fondo Dolina (°C)	Δ T° Bordo-Fondo	Temperatura min. Corno alle Scale (BO), 1945mslm
08 Mar.2017	10.1	-3.5	13.6	-5
09 Mar.2017	8.1	-2.8	10.9	2
10 Mar.2017	9.6	-2.3	11.9	-1
11 Mar.2017	6.8	-4.7	11.5	-2
12 Mar.2017	6.7	-2.9	9.6	-1
13 Mar.2017	3.5	-5.1	8.6	-5
14 Mar.2017	6.5	-3.5	10	-1
15 Mar.2017	5.9	-3.6	9.5	1
16 Mar.2017	8.2	-3.7	11.9	1





**Bologna B.go**  
**Panigale: + 10°C**



**Fondo della Spipola (BO): -0.7°C;**



**30 marzo 2017; le temperature  
minime in 3 località della Prov. di  
Bologna:**

**Corno alle Scale  
(BO): + 2°C**





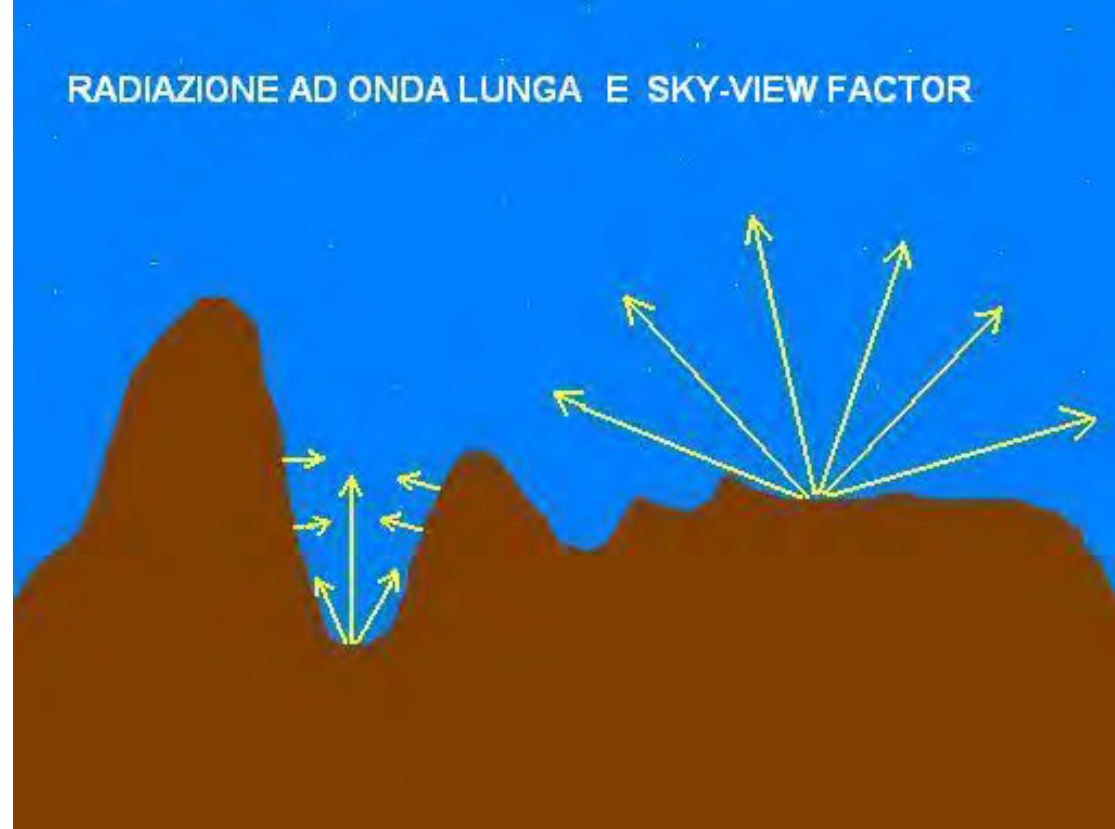
**Fondo della Dolina della Spipola, 22 Aprile 2017: la ripresa vegetativa della Vegetazione arborea e arbustiva ha un ritardo di oltre un mese rispetto a quella del Bordo Dolina.**



9:14 22/APR/2017



**L'Irraggiamento**  
è il principale  
fenomeno fisico  
coinvolto nelle  
“fabbriche del  
freddo” costituite  
dalle Doline  
(Renon 2011).  
**L'Irraggiamento**  
Consiste nella  
perdita di calore  
per emissione di  
onde  
elettromagnetiche  
(soprattutto raggi  
Infrarossi)



Il suolo di una località con orizzonte libero disperde più calore e quindi si raffredda maggiormente.

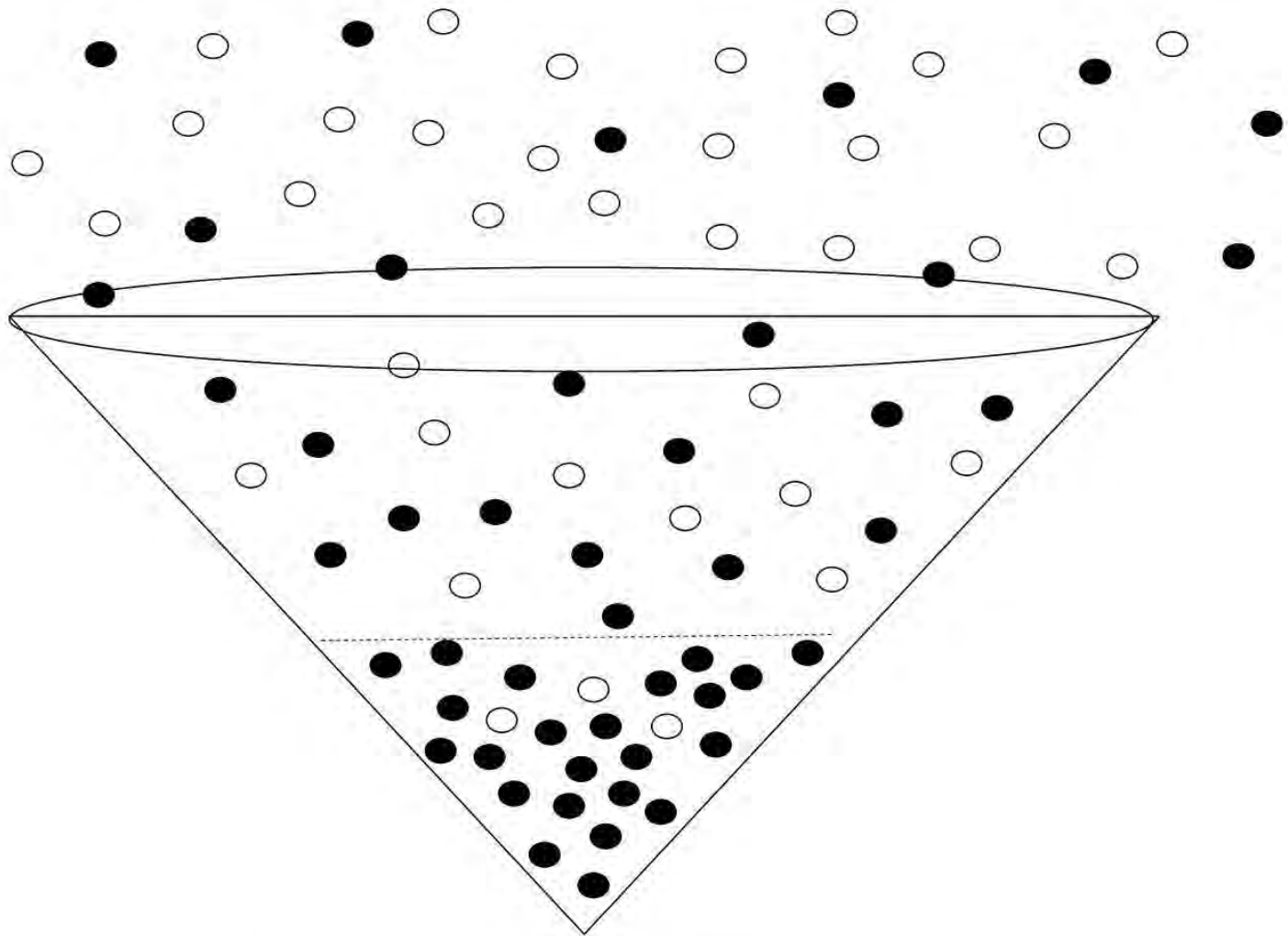
Lo stesso colore chiaro del terreno favorisce il raffreddamento.

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)

La presenza di molti alberi nella zona limita leggermente il raffreddamento, specie se non coperti da neve. Inoltre l'assenza di vegetazione favorisce, in caso di suolo innevato, un elevato albedo.



**Genesi di  
una  
“Fabbrica  
del  
Freddo”**



**Figura 1:** le molecole d'aria più fredde e pesanti (colore nero) tendono a finire sul fondo della Dolina e ... a rimanervi! Qui, proprio per la morfologia della Dolina, l'aria fredda è parzialmente esclusa dal normale rimescolamento dell'aria che avviene nei bassi strati della troposfera ad opera delle correnti d'aria.



L'irraggiamento è il fenomeno fisico coinvolto nel funzionamento delle "Fabbriche del freddo"; un'importanza notevole hanno anche:

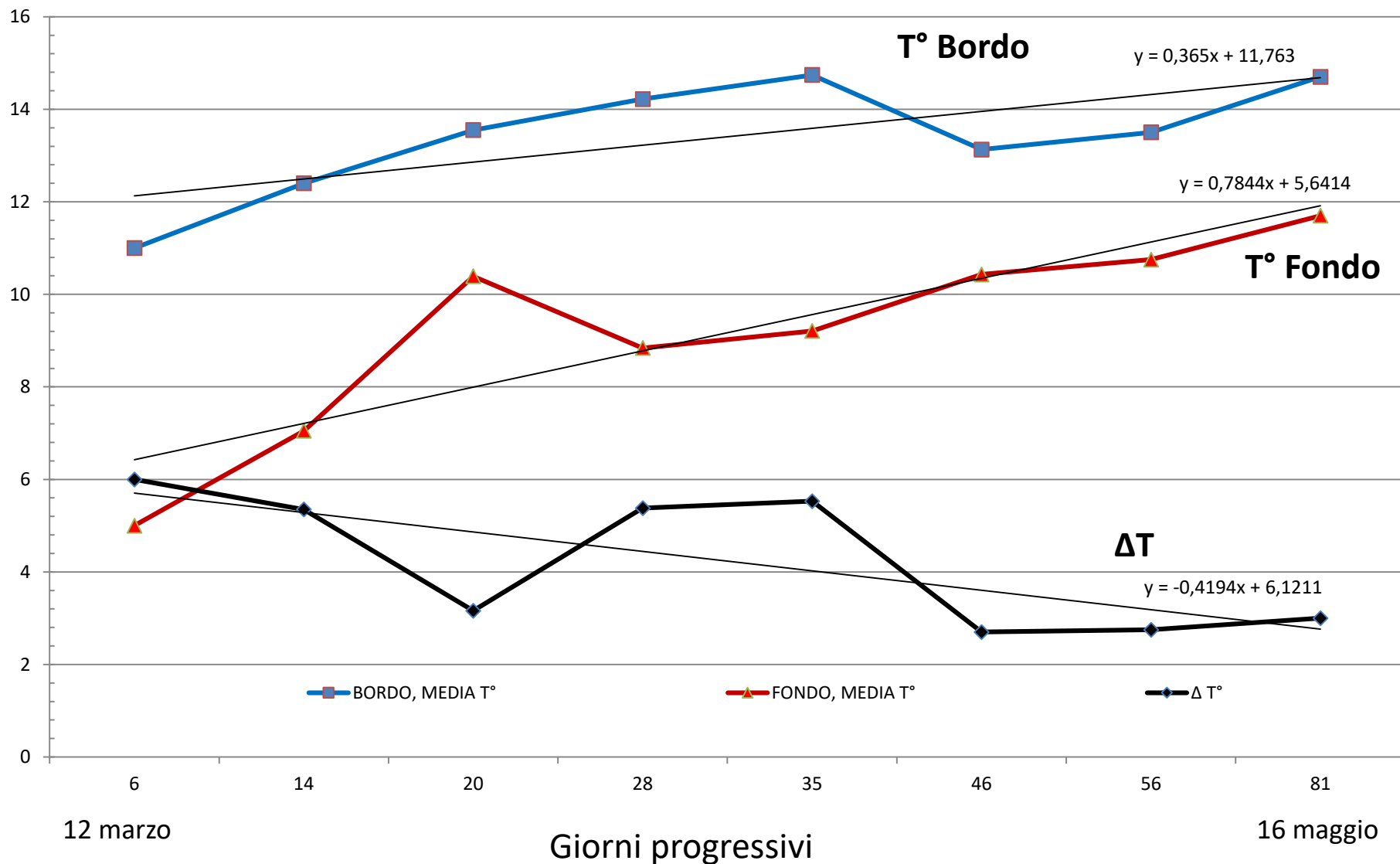
- conformazione e dimensioni della Dolina
- localizzazione della Dolina (quota!)
- presenza di vegetazione
- copertura nuvolosa
- presenza di neve al suolo
- umidità dell'aria
- presenza di vento

13:37 14/LUG/2013



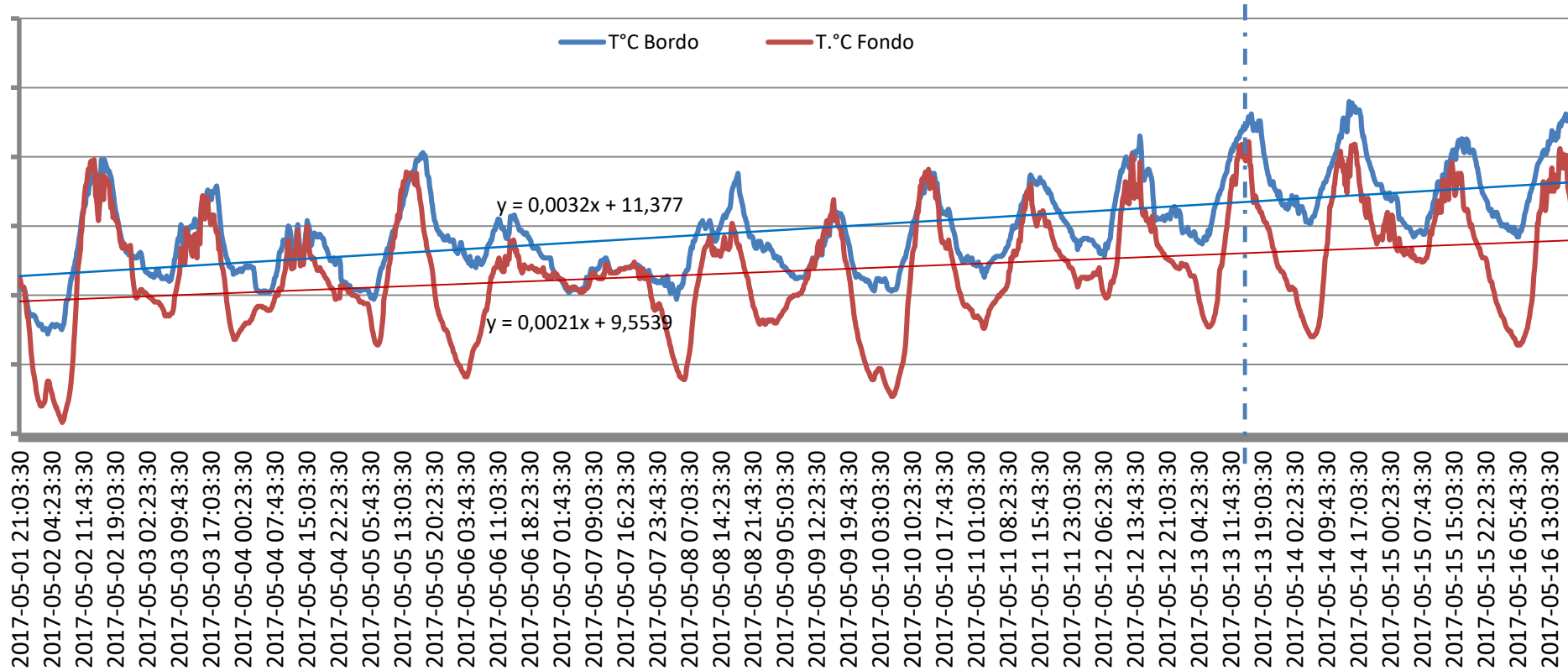
# Temperature medie del **Bordo/Fondo** e $\Delta T^\circ$ . Dolina della Spipola (BO); periodo: 12 Marzo - 16 Maggio 2017

T in °C



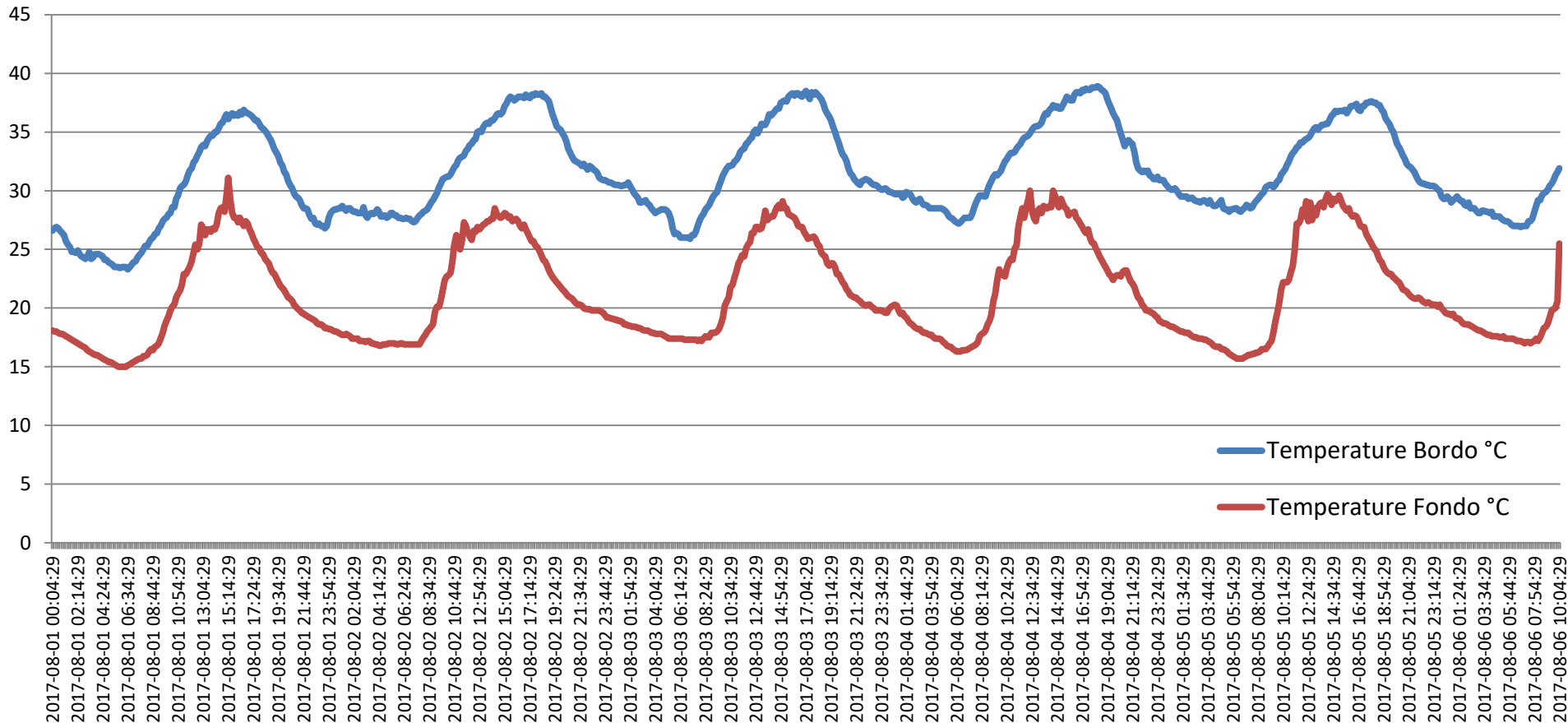


# Registrazione andamento termico nella Dolina della Spipola (BO); periodo: 1-16 Maggio 2017.





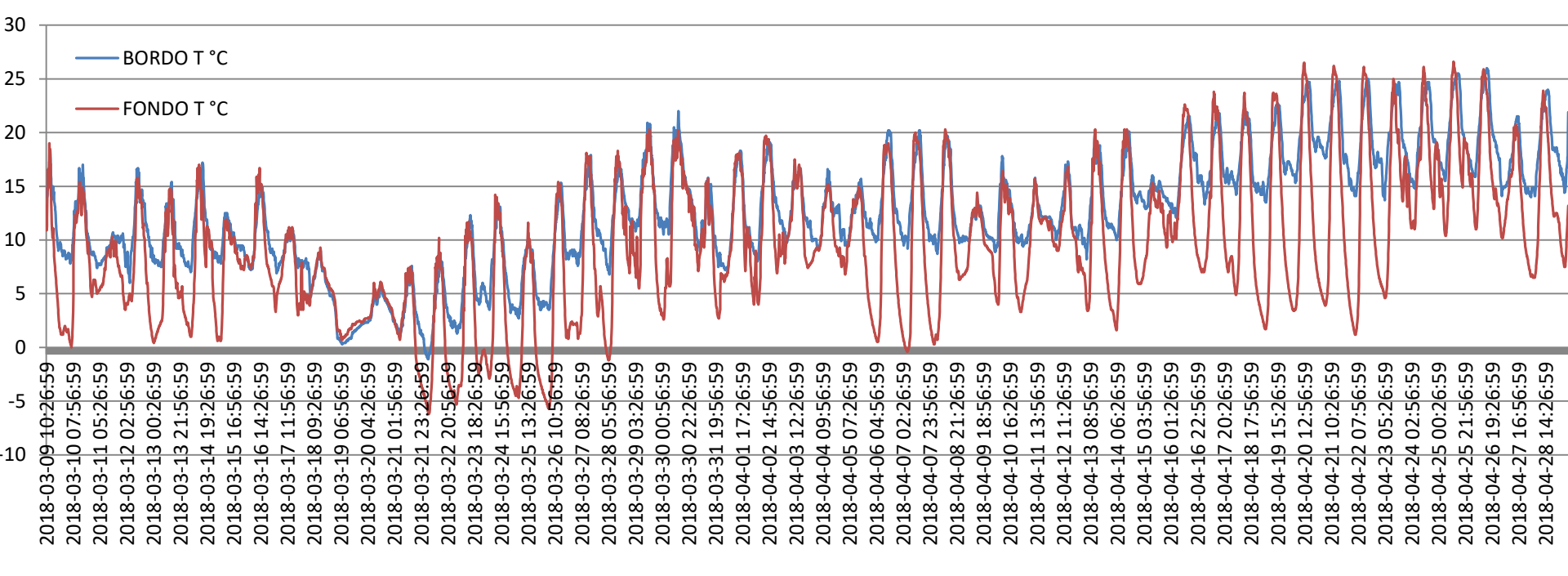
Nella Dolina della Spipola accadono cose “strane”:  
registrazione della Temperatura **Bordo/Fondo** nella Dolina della Spipola  
(BO) nel periodo: **31 Luglio – 6 Agosto 2017.**



Durante l'intera ondata di calore le temperature massime del Fondo si mantengono più basse di circa 10°C rispetto al Bordo.

Questo è un comportamento non osservato nelle conche alpine





**In blu i dati del Bordo dolina**

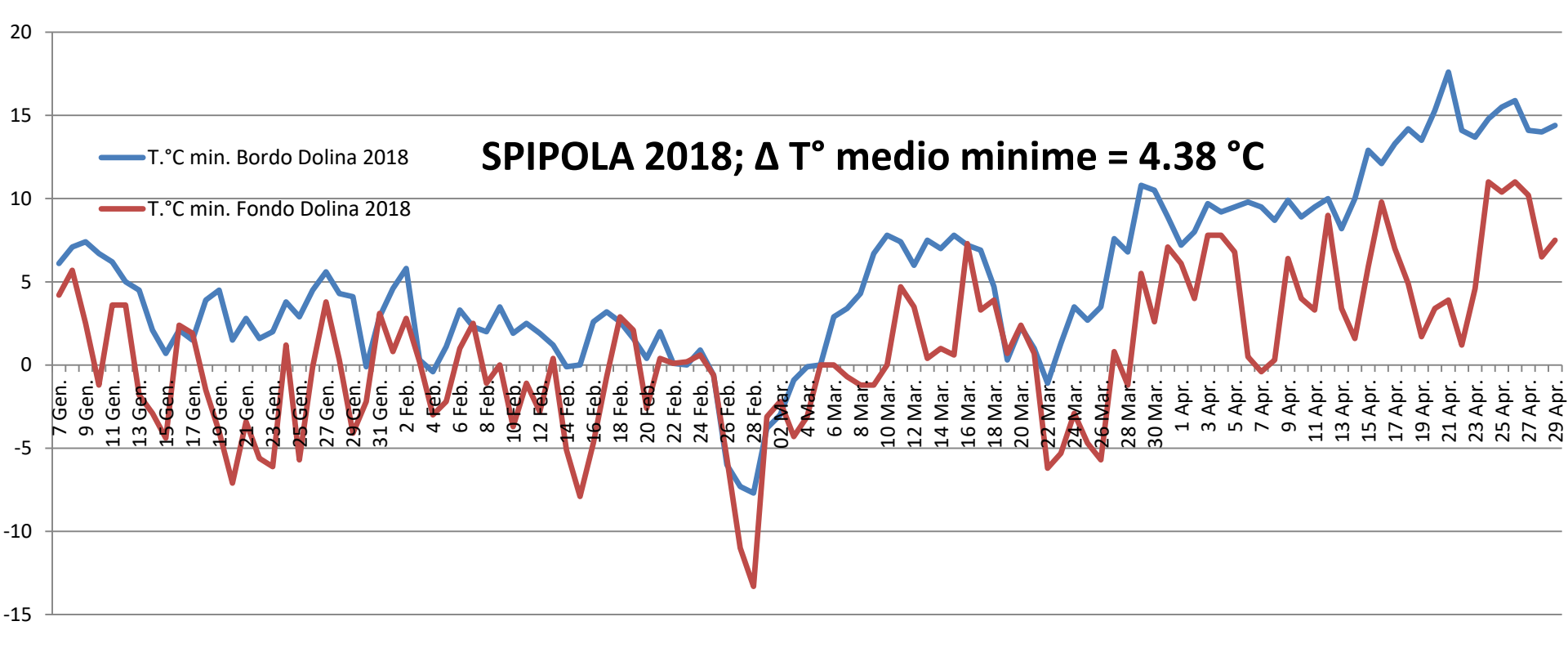
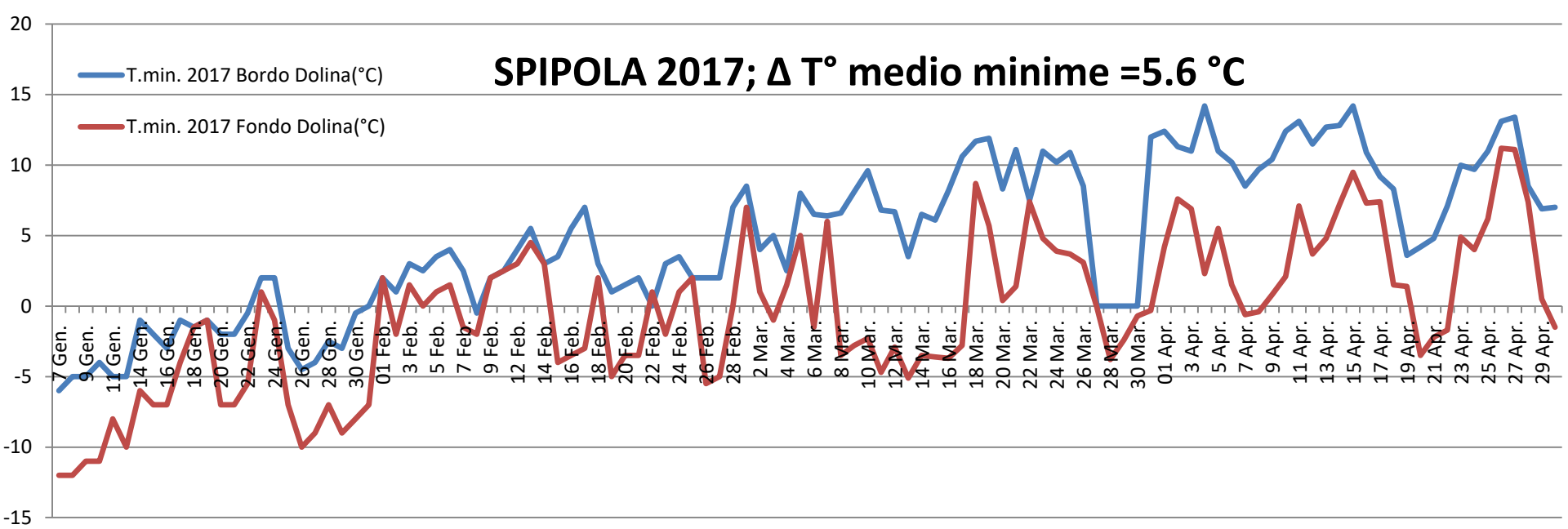
**In rosso scuro i dati del fondo dolina**

Periodo dell'anno:

**09 Marzo-28 Aprile 2018**



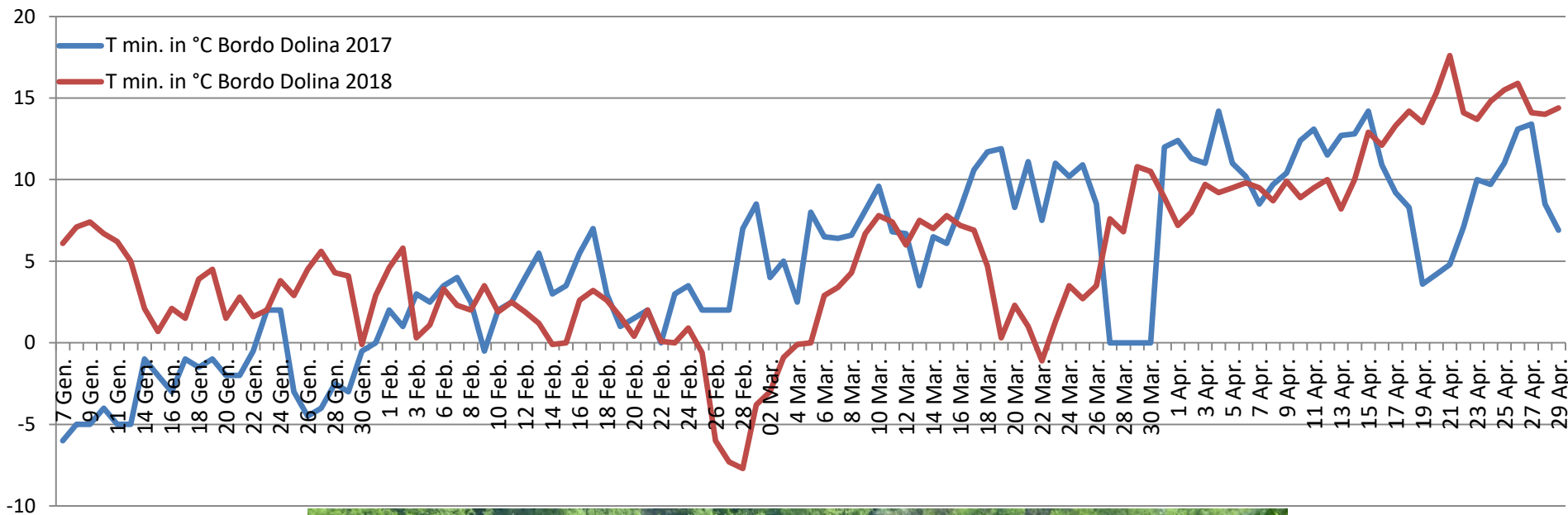




# SPIPOLA , andamento T(°C) minima sul bordo; *cfr.* 2017-2018

Media T min Bordo 2017: 4.80°C

Media T min Bordo 2018: 5.26°C ( $\Delta T$  Bordo 2017-'18 = +0.46)





## L'analisi dei dati raccolti alla Dolina della Spipola nel corso del 2017 e nei primi mesi del 2018 consentono tre osservazioni generali importanti:

- A. la **differenza massima tra le temperature registrate sul bordo rispetto al fondo della dolina ( $\Delta T$ ) è stata di  $15.3^{\circ}\text{C}$**  (30 Marzo 2017); questo valore è vicinissimo a quello misurato da Polli S. (1961) nelle doline del Carso triestino. Al contrario nelle doline di alta quota si sono registrati, in singole giornate,  $\Delta T$  molto più elevati anche superiori a  $30^{\circ}\text{C}$  (Renon 2011).
- B. **Il  $\Delta T$  medio generale per tutte le misurazioni nel 2017 è di  $5.3^{\circ}\text{C}$** ; questo valore è più del doppio rispetto a quello misurato da Polli S. (1961) nelle doline del Carso triestino, le più simili alla Spipola tra quelle monitorate nell'Italia Nord-Orientale.
- C. Il confronto tra l'andamento termico bordo-fondo della dolina è diverso durante l'Inverno (e l'inizio della Primavera) rispetto a quello osservato da fine Maggio a tutto Settembre; **durante l'inverno e l'inizio della primavera le temperature massime del fondo dolina sono simili a quelle del bordo**. Al contrario **dalla seconda metà di Maggio fino alla fine di Settembre anche le temperature massime giornaliere del fondo sono nettamente inferiori a quelle del bordo**, soprattutto in occasione di ondate di calore. Questo comportamento della Spipola la differenzia nettamente dalle altre cavità carsiche sin qui studiate.

**Gli studi sulla Vegetazione sul Fondo delle Doline (su Gesso) nella Regione Emilia-Romagna sono molto scarsi; per il Fondo della la Dolina della Spipola vi sono solo due rilievi fitosociologici effettuati nell'ambito della compilazione della Carta della Vegetazione del Parco dei Gessi Bolognesi (Corbetta F. & Corticelli S. 1996).**

Sul fondo delle Doline Friulane è stata indentificata un'Associazione (*Asaro-carpinetum betuli*) che non è stata ancora riconosciuta sul fondo delle Doline su Gesso.

Esiste poi una Flora del P.co dei Gessi (Marconi G. & Centurione N., 2002.



RILIEVO 1, NOME SPECIE	COPERTURA
Aegopodium podagraria	5
Robinia pseudoacacia	4
<i>Corylus avellana</i>	3
Crataegus monogyna	3
Euonymus europaeus	3
Cornus sanguinea	2
Sambucus nigra	2
Arum italicum	1
Ulmus minor	1
Helleborus odorus	1
Pulmonaria apennina	1
<i>Isopyrum thalictroides</i>	+
Geum urbanum	+
Hedera helix	+
Primula vulgaris	+

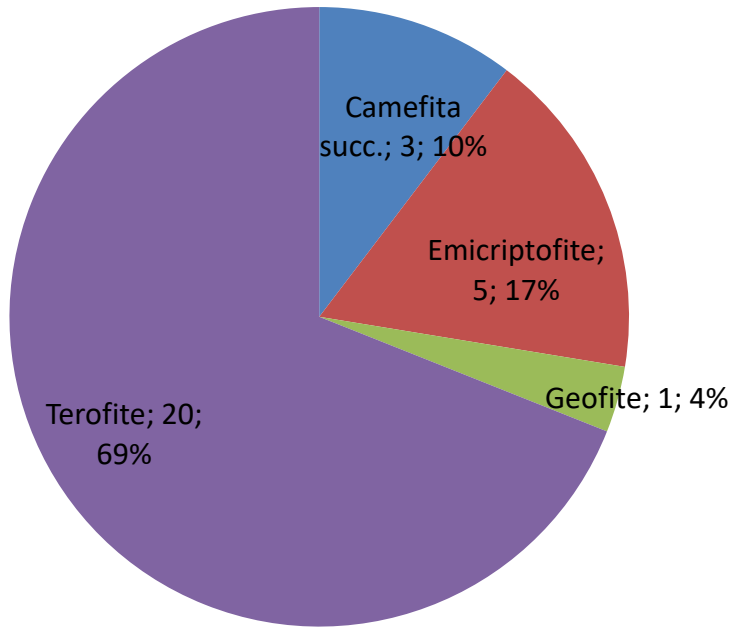
RILIEVO 2, NOME SPECIE	COPERTURA
Aegopodium podagraria	5
Robinia pseudoacacia	4
Ulmus minor	2
Crataegus monogyna	2
Acer campestre	2
Sambucus nigra	2
Arum italicum	1
<i>Corylus avellana</i>	1
Euonymus europaeus	1
Viola alba	1
Cornus sanguinea	1
Pulmonaria apennina	1
Dactylis glomerata	+
Tamus communis	+
Urtica dioica	+
Anemone nemorosa	+
Primula vulgaris	+
Eupatorium cannabinum	+



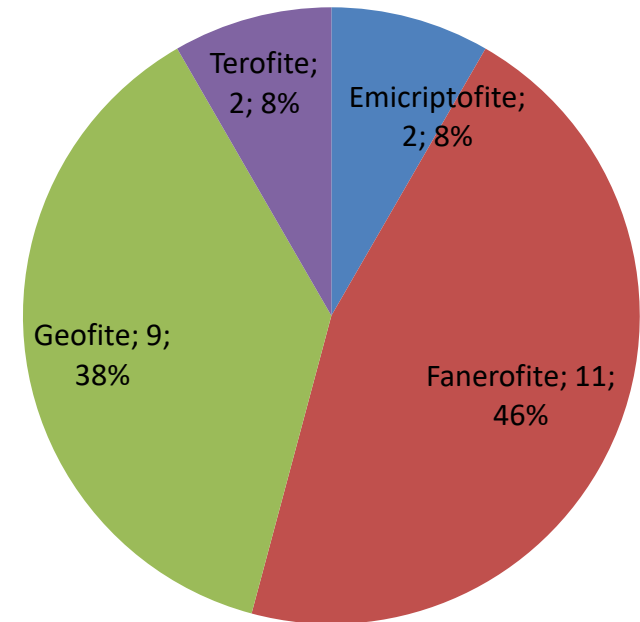
Da ottobre 2017  
ad Aprile 2018  
sono stati  
effettuati diversi  
transetti per  
caratterizzare la  
vegetazione del  
Bordo e del  
Fondo Dolina

NOME	Bordo 28 ottobre 2017	Bordo 18 Aprile 2017	Bordo 26 Aprile 2017	Fondo ottobre 2017	Fondo 18 Aprile 2017	Fondo 26 Aprile 2017
<i>Acer campestre</i>				5su40M;		2su20M;
<i>Aegopodium podagraria</i>				11su20F; 16su40M	18su20F; 19su20M;	16su20F; 16su20M;
<i>Alitaria petiolata</i>					2su20F;	
<i>Anemone nemorosa</i>					9su20M;	
<i>Anemone ranunculoides</i>					8su20M;	2su20F; 11su20M;
<i>Arum italicum</i>					2su20F; 1su20M;	6su20F; 2su20M;
<i>Avena sterilis</i>		2su20F;	5su20M; 3su20F;			
<i>Brachypodium rupestre</i>	1su20F					
<i>Bromus madritensis</i>			4su20M; 3su20F;			
<i>Bromus sterilis</i>	1su20F					
<i>Calamintha nepeta</i>	1su40M		1su20F;			
<i>Calendula arvensis</i>		2su20F;	1su20F;			
<i>Catapodium rigidum</i>		2su20F;	1su20;			
<i>Cerastium brachypetalum</i>		7su20F;	8su20M; 15su20F;			
<i>Cornus mas</i>						4su20F;
<i>Cornus sanguinea</i>					1su20F;	
<i>Corylus avellana</i>				17su20F e 30su40M	11su20F; 20su20M;	3su20F;
<i>Crataegus monogyna</i>				11su20F	8su20F;	19su20F;
<i>Cyclamen hederifolium</i>				1su20F;	2su20F;	1su20F;
<i>Cynodon dactylon</i>		1su20M;	1su20M;			
<i>Eranthis hyemalis</i>					6su20M;	3su20M;
<i>Erodium cicutarium</i>	2su20F	10su20F;	2su20F;			
<i>Erodium cicutarium</i>	2su20F; 1su40F	3su20F; 1su20M	5su20F;			
<i>Erodium malacoides</i>	1su40M	5su20F;	1su20M; 1su20F;			
<i>Erophyla verna</i>		5su20F;	2su20F;			
<i>Euonymus europaeus</i>				6su40M;	3su20F; 12su20M;	
<i>Euphorbia helioscopia</i>			1su20F;			
<i>Geranium rotundifolium</i>		1su20F;	1su20M;			
<i>Hedera helix</i>				3su40M;		
<i>Isopyrum thalictroides</i>					18su20F;	16su20F;
<i>Malva sylvestris</i>	1su40M		1su20M;			
<i>Medicago minima</i>		9su20F; 1su20M;	5su20F;			
<i>Mercurialis perennis</i>				1su20F;		
<i>Papaver rhoeas</i>			3su20F;			
<i>Petrarhagia prolifera</i>			2su20M; 2su20F;			
<i>Poa bulbosa</i>		2su20F;				
<i>Portulaca oleracea</i>	1su20F;					
<i>Primula vulgaris</i>						1su20M;
<i>Ranunculus ficaria</i>					19su20M;	12su20M;
<i>Robinia pseudoacacia</i>				31su40M	4su20F; 18su20M;	11su20F;
<i>Saxifraga tridactylites</i>		9su20F; 7su20M;	4su20F;			
<i>Sambucus nigra</i>				1su20F; 17su40M	1su20F;	7su20F;
<i>Sedum acre</i>		1su20F;	1su20F;			
<i>Sedum album</i>		9su20F; 1su20M;	8su20M; 3su20F;			
<i>Sedum hispanicum</i>	3su20F					
<i>Sedum sexangulare</i>			1su20F;			
<i>Silene vulgaris</i>	1su20F		2su20M; 5su20F;			
<i>Sonchus oleraceus</i>	1su20F					
<i>Stellaria media</i>				1su20F; 1su40M;	4su20F; 5su20M;	8su20F; 5su20M;
<i>Trifolium campestre</i>	2su40M		8su20M; 2su20F;			
<i>Ulmus minor</i>				10su40M;		
<i>Veronica hederifolia</i>						3su20M;

Bordo Dolina



Fondo Dolina



**La Spipola: Spettri delle forme biologiche delle specie vegetali nel Bordo Dolina (a sinistra) e nel Fondo Dolina (a destra).**

**Sul Bordo Dolina dominano le Terofite (piante annuali)** che trascorrono l'estate (caldissima e secca) sottoforma di seme, proprio come nei deserti!

**Sul Fondo Dolina** la situazione è completamente diversa: qui **dominano le Fanerofite (Alberi e arbusti) e le Geofite**, piante perenni provviste di bulbi e rizomi sotterranei che consentono la fioritura e la riproduzione in modo rapidissimo, subito dopo il disgelo sfruttando la luce che arriva al suolo perché gli alberi non hanno ancora messo le foglie.



# Struttura della Vegetazione sul Bordo Dolina

<b>NOME</b>	<b>Frequenza</b>	<b>Forma biologica Bordo</b>
<i>Cerastium brachypetalum</i>	0.575	Terofite
<i>Saxifraga tridactylites</i>	0.4	Terofite
<i>Sedum album</i>	0.275	Camefita succ.
<i>Erodium ciconium</i>	0.25	Terofite
<i>Medicago minima</i>	0.25	Terofite
<i>Trifolium campestre</i>	0.25	Terofite
<i>Avena sterilis</i>	0.2	Terofite
<i>Bromus madritensis</i>	0.175	Terofite
<i>Silene vulgaris</i>	0.175	Emicriptofite
<i>Erophyla verna</i>	0.125	Terofite
<i>Erodium cicutarium</i>	0.1	Terofite
<i>Petrorhagia prolifera</i>	0.1	Terofite
<i>Papaver rhoeas</i>	0.075	Terofite
<i>Sedum hispanicum</i>	0.075	Terofite
<i>Calendula arvensis</i>	0.05	Terofite
<i>Catapodium rigidum</i>	0.05	Terofite
<i>Erodium malacoides</i>	0.05	Terofite
<i>Poa bulbosa</i>	0.05	Emicriptofite
<i>Brachypodium rupestre</i>	0.025	Emicriptofite
<i>Bromus sterilis</i>	0.025	Terofite
<i>Calamintha nepeta</i>	0.025	Emicriptofite
<i>Cynodon dactylon</i>	0.025	Geofite
<i>Euphorbia helioscopia</i>	0.025	Terofite
<i>Geranium rotundifolium</i>	0.025	Terofite
<i>Malva sylvestris</i>	0.025	Emicriptofite
<i>Portulaca oleracea</i>	0.025	Terofite
<i>Sedum acre</i>	0.025	Camefita succ.
<i>Sedum sexangulare</i>	0.025	Camefita succ.
<i>Sonchus oleraceus</i>	0.025	Terofite



*Un esempio di  
pianta delle rupi,  
sul bordo Dolina:  
Sedum album*





Un esempio di pianta delle rupi, sul  
bordo Dolina: *Saxifraga tridactylites*



# Struttura della Vegetazione sul Fondo Dolina

NOME	Frequenza Fondo	Forma biologica Fondo
<i>Aegopodium podagraria</i>	0.925	Geofite
<i>Corylus avellana</i>	0.775	Faneroite
<i>Robinia pseudoacacia</i>	0.55	Faneroite
<i>Crataegus monogyna</i>	0.475	Faneroite
<i>Ranunculus ficaria</i>	0.475	Geofite
<i>Isopyrum thalictroides</i>	0.45	Geofite
<i>Euonymus europaeus</i>	0.375	Faneroite
<i>Anemone ranunculoides</i>	0.325	Geofite
<i>Stellaria media</i>	0.325	Terofite
<i>Sambucus nigra</i>	0.3	Faneroite
<i>Anemone nemorosa</i>	0.225	Geofite
<i>Arum italicum</i>	0.2	Geofite
<i>Ulmus minor</i>	0.16	Faneroite
<i>Eranthis hyemalis</i>	0.15	Geofite
<i>Cornus mas</i>	0.1	Faneroite
<i>Veronica hederifolia</i>	0.075	Terofite
<i>Acer campestre</i>	0.05	Faneroite
<i>Aliaria petiolata</i>	0.05	Emicriptofite
<i>Cyclamen hederifolium</i>	0.05	Geofite
<i>Hedera helix</i>	0.05	Faneroite
<i>Cornus sanguinea</i>	0.025	Faneroite
<i>Mercurialis perennis</i>	0.025	Geofite
<i>Primula vulgaris</i>	0.025	Emicriptofite



Un esempio di pianta molto frequente sul Fondo della Dolina della Spipola: *Aegopodium podagraria*





Un esempio di pianta frequente sul Fondo della Dolina della Spipola ma rarissima in tutta la Regione Emilia-Romagna:  
*Isopyrum thalictroides* L.



13:52 20/MAR/2017



*Corylus avellana*  
(Nocciolo), un  
esempio di  
pianta molto  
frequente sul  
Fondo  
Dolina





26 Aprile 2017: il fondo della Dolina della Spipola; *Cystopteris fragilis*,  
piccola Felce microterma rarissima a quote collinari.  
*Cystopteris fragilis* può crescere fino a 3000m e resistere fino a -30:°C







*Cystopteris fragilis:*

Sui Gessi Bolognesi è presente alla dolina della Spipola e nella Valle chiusa di Acquafredda; forse estinta sulla Vena del Gesso Romagnola (RA)



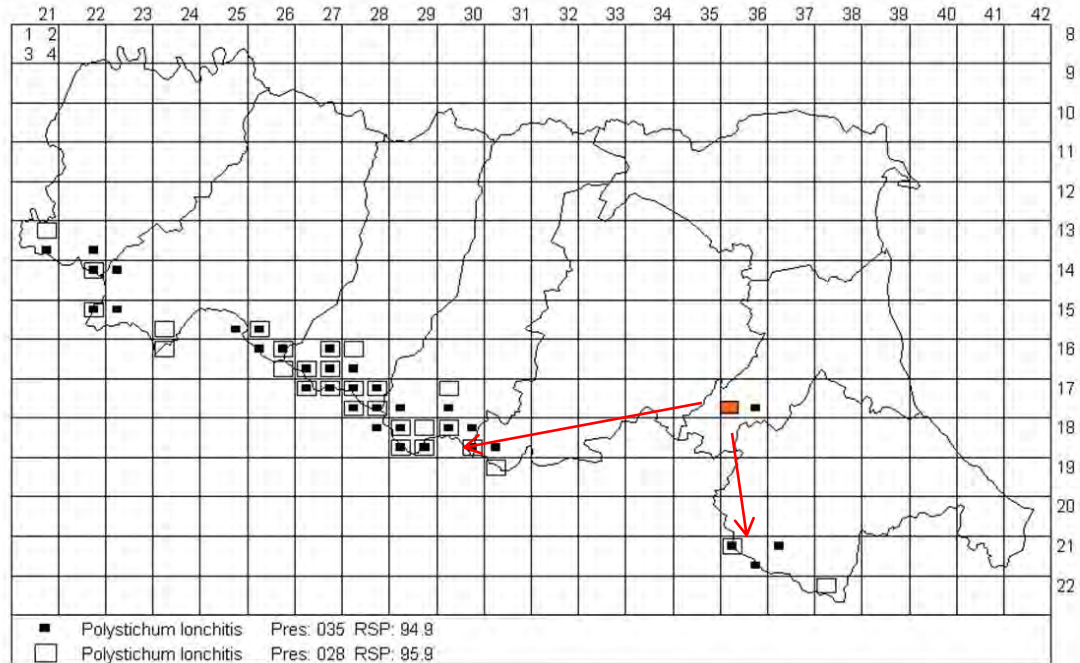
Il particolare clima presente sul fondo di Doline e inghiottitoi consente presenze floristiche assolutamente eccezionali; un esempio:

*Polystichum lonchitis*





Le stazioni di *P. lonchitis* nella vena del Gesso Romagnola distano poco meno di 100km dalle stazioni del Corno alle Scale e circa 60km dalle Foreste casentinesi



#### COROLOGIA:

Circumboreale

#### DISTRIBUZIONE IN EMILIA-ROMAGNA:

La pianta è presente nella fascia suprasilvatica del crinale appenninico dal Bolognese al Piacentino; nel Reggiano la pianta presenta la massima diffusione e i popolamenti più consistenti; molto rara in Romagna con pochissime stazioni nelle foreste Casentinesi recentemente scoperte; molto localizzata, in provincia di Ravenna (Gessi faentini). Attualmente la pianta occupa 35 quadranti (ne occupava 33 nel 2000).

#### HABITAT:

Specie nettamente microterma; cresce oltre il limite degli alberi nei macereti a clasti medio-grandi; spesso la si trova sul fondo di doline o avvallamenti dove permane a lungo la neve; più raramente abbiamo osservato la pianta in faggete fredde con massi sparsi. I dati di campagna si riferiscono per lo più a stazioni localizzate tra i 1600 e i 1900 m; molto raramente la pianta si trova al di sotto dei 1600 m (per esempio nelle Foreste Casentinesi e nelle stazioni "anomale" del Ravennate).



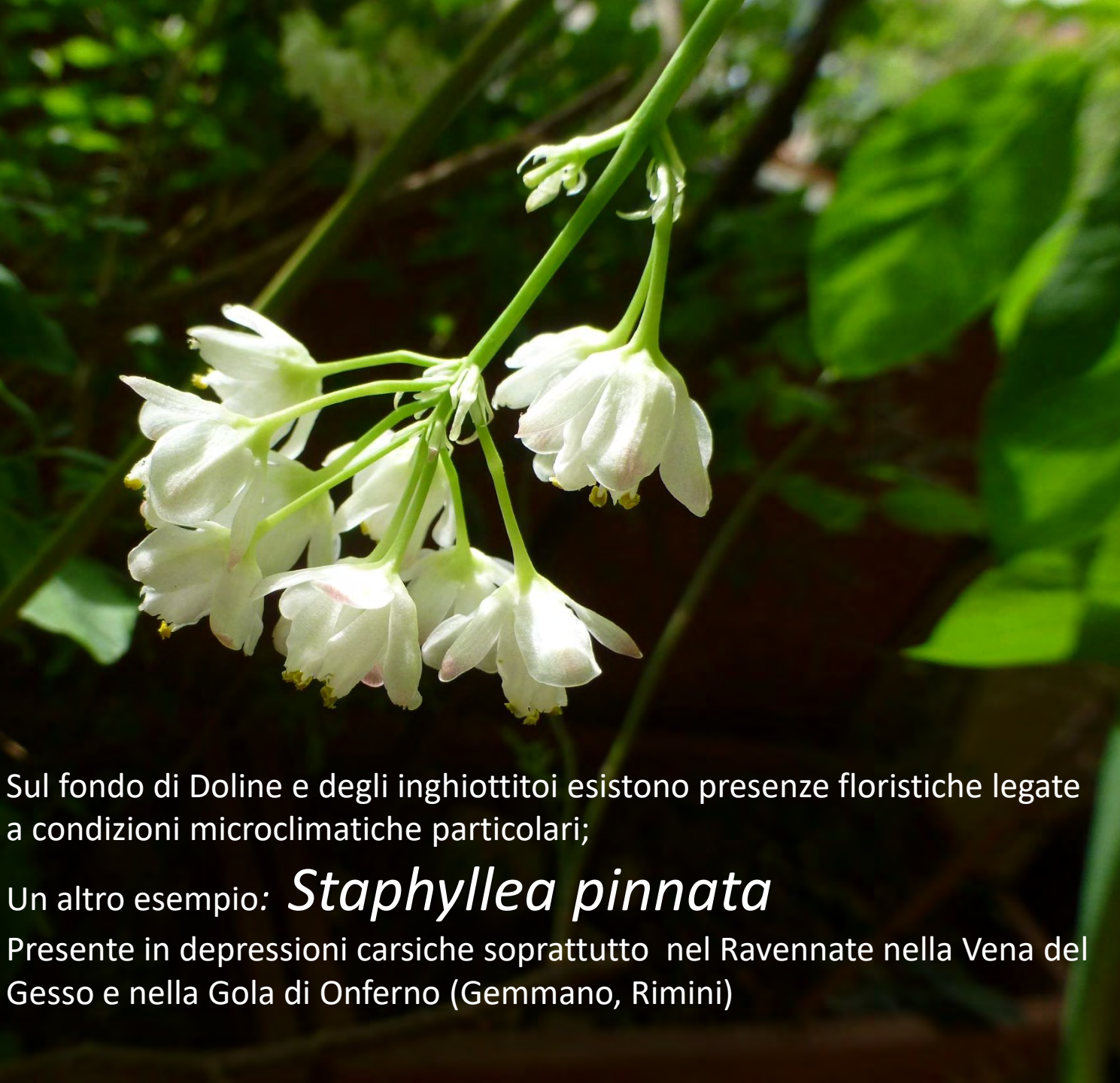




***Polystichum aculeatum***

A bassa quota è presente in depressioni carsiche nel Reggiano (qui non raro), nel Bolognese (rarissimo, una stazione distrutta recentemente), Ravennate (raro)

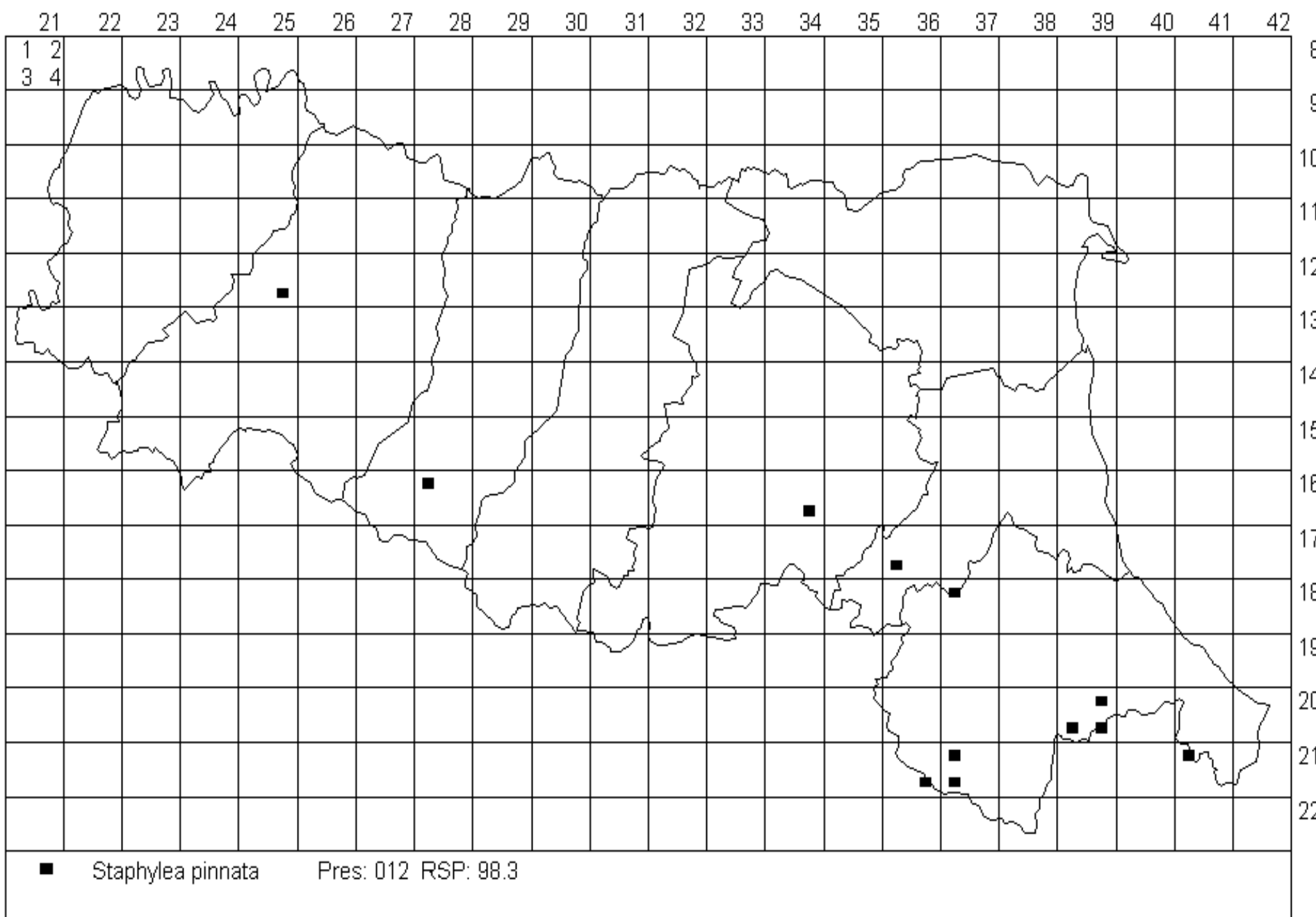




Sul fondo di Doline e degli inghiottiti esistono presenze floristiche legate a condizioni microclimatiche particolari;

Un altro esempio: *Staphyllea pinnata*

Presente in depressioni carsiche soprattutto nel Ravennate nella Vena del Gesso e nella Gola di Onferno (Gemmano, Rimini)







**Il Fondo delle depressioni carsiche costituisce un ambiente di straordinario interesse conservazionistico, spesso mal conosciuto e di conseguenza non gestito in modo adeguato;**

**1352 20/MAR/2017**



**La Flora e la Vegetazione delle Doline e altre depressioni carsiche sono minacciate da:**

- 1) cambiamento del Clima
- 2) calpestio
- 3) effettuazioni di lavori che impattano direttamente la Flora
- 4) effettuazione di lavori nel periodo sbagliato





Il WWF Bologna, in collaborazione con l'Ente Parco della Vena del Gesso Romagnola, con la Federazione Speleologica Regionale e con l'Università della Tuscia, è impegnato in un progetto per la Conservazione della Biodiversità vegetale che riguarda in particolare le Pteridofite (Felci), piante localizzate spesso all'imboccatura di Grotte, sul fondo di doline, inghiottitoi e in strette gole di origine carsica.







Il Panda ringrazia per  
l'attenzione.

Le Doline ringraziano  
per il rispetto

WWF Bologna



8:46 25/GEN/2017