

Cambiamenti climatici in Sardegna: l'indagine sulla fenologia della vite e gli scenari futuri

Giovanni Nieddu
Dipartimento di Agraria
Università degli Studi di Sassari

Paolo Capece
Dipartimento Meteorologico
Arpa Sardegna

Le nuove sfide dei cambiamenti climatici nella viticoltura e nell'enologia.
7 febbraio 2019 Oristano

fenologia

/fe·no·lo·gì·a/

sostantivo femminile

Parte della biologia che studia i rapporti tra fattori climatici e manifestazioni stagionali di alcuni fenomeni della vita vegetale e animale, di notevole importanza per l'agricoltura, per gli allevamenti e per la medicina.

La fenologia come scienza

Il termine *fenologia* deriva dal greco *phainein* che significa *rendere visibile, manifestarsi*. La fenologia è dunque la *scienza delle manifestazioni*. Si tratta di fenomeni che si ripresentano periodicamente nella crescita e nello sviluppo degli esseri viventi. Oggetto delle osservazioni fenologiche sono soprattutto le piante, perché gli animali, per la loro mobilità, sono più difficili da studiare.

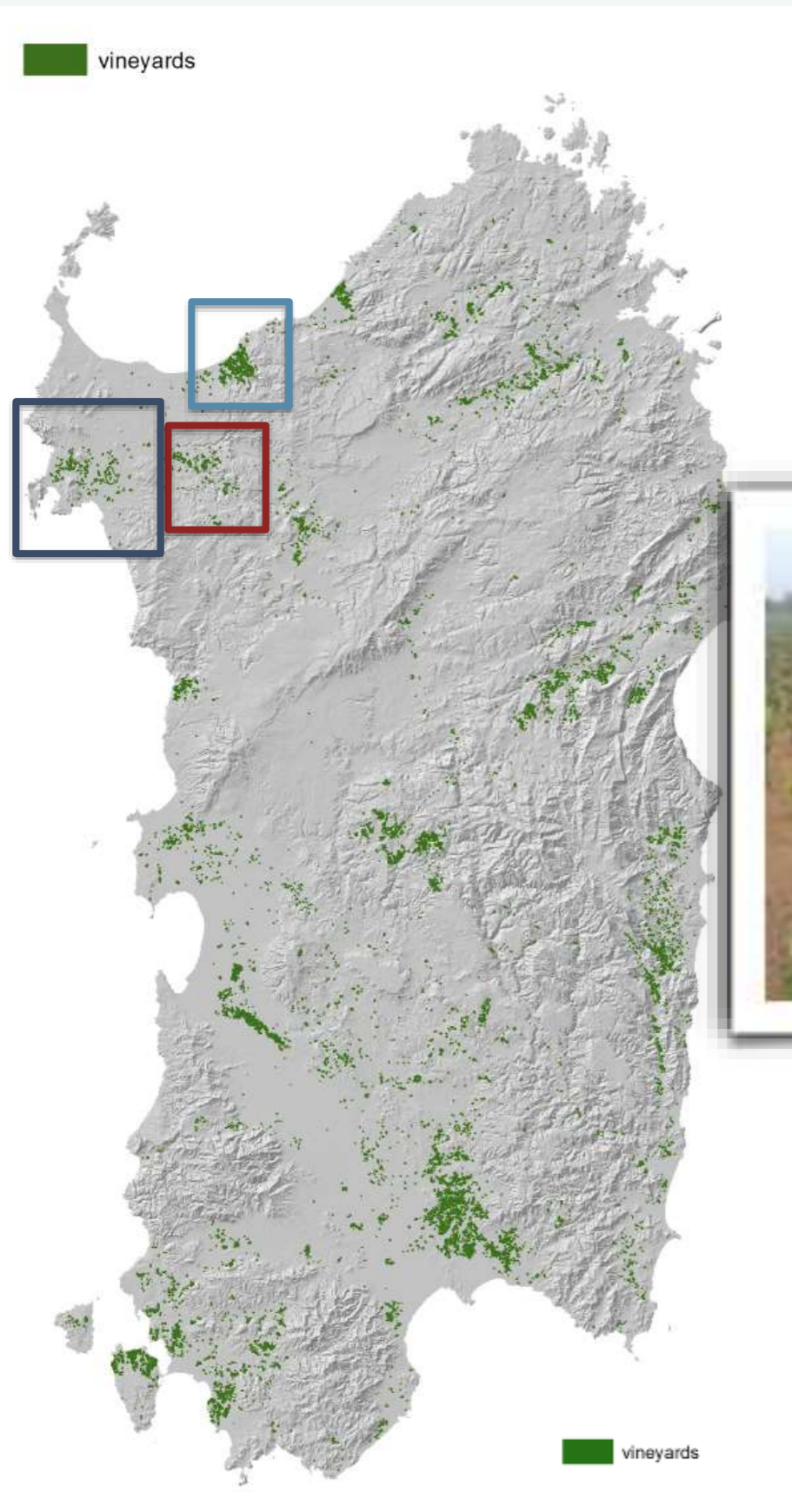
Le fasi fenologiche più conosciute per la vite sono il germogliamento, la fioritura, l'invasatura, la maturazione.

fenologia Parte dell'ecologia che studia i rapporti tra i fattori climatici (temperatura, umidità, fotoperiodo) e la manifestazione stagionale di alcuni fenomeni della vita vegetale, quali la germogliazione delle gemme, la fioritura, la maturazione dei frutti, la caduta delle foglie e simili. Le osservazioni fenologiche vengono fatte per vari anni di seguito in una medesima località su individui determinati di una specie (*fenoide*) o anche sul complesso degli individui in una cenosi (*sinfenologia* />sinfenologia). I dati raccolti in diverse stazioni fenologiche vengono poi confrontati fra di loro. In molti paesi d'Europa e negli Stati Uniti esistono reti fenologiche, che collegano fra di loro le diverse stazioni. Spesso contemporaneamente alla *f.* che riguarda le piante (*fitofenologia*) si studia anche la *f.* di alcuni animali (*zoofenologia*), come l'epoca della comparsa di certi uccelli o insetti. La *f.* permette di constatare la dipendenza del periodico susseguirsi delle manifestazioni vitali, ossia del mutamento stagionale, nell'aspetto della vegetazione dalle condizioni ambientali; perciò la *f.* può apportare dati integrativi nello studio dei vari climi, nonché dei cambiamenti climatici. La conoscenza dei dati fenologici è importante anche per l'agricoltura, per l'allevamento di specie animali domestiche (erbe dei pascoli, epoca di fioritura per le api) e anche per la medicina (epoca di emissione dei pollini che determinano la pollinosi).

La moderna fenologia si basa su standard stabiliti dall'Organizzazione mondiale meteorologica, il WMO (quaderno 1494) che considera questa branca dell'ecologia utile per :

- monitorare gli effetti del clima sulle piante;
- comprendere la relazione fra fase fenologica e fitopatogeni, al fine di ridurre l'uso di pesticidi e la loro dispersione in atmosfera;
- prevedere l'emissione dei pollini allergenici;
- rispondere alle richieste di valutazione e quantificazione dell'entità dei danni dovuti alle condizioni metereologiche;
- **biomonitorare il cambiamento climatico**

Il caso studio della Sardegna



Alghero Nurra

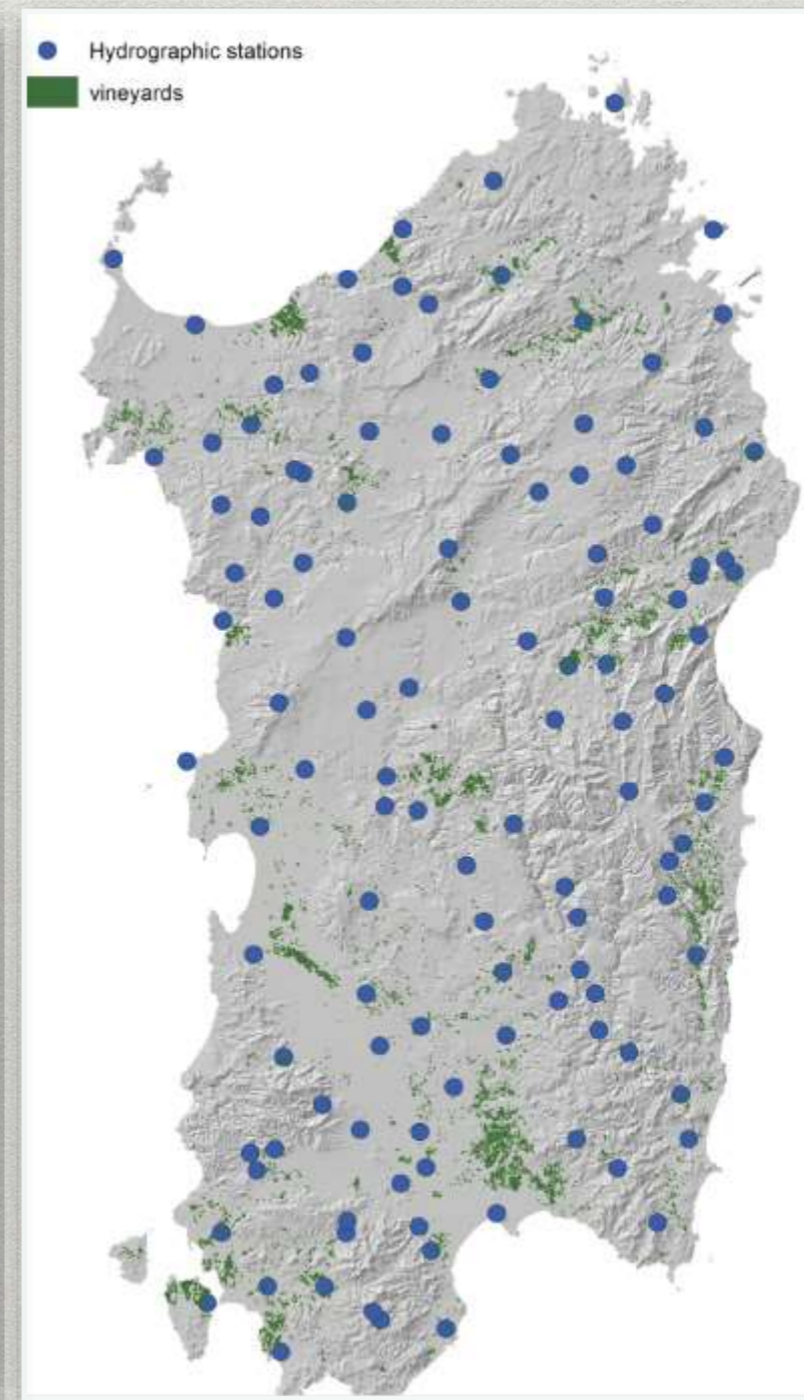
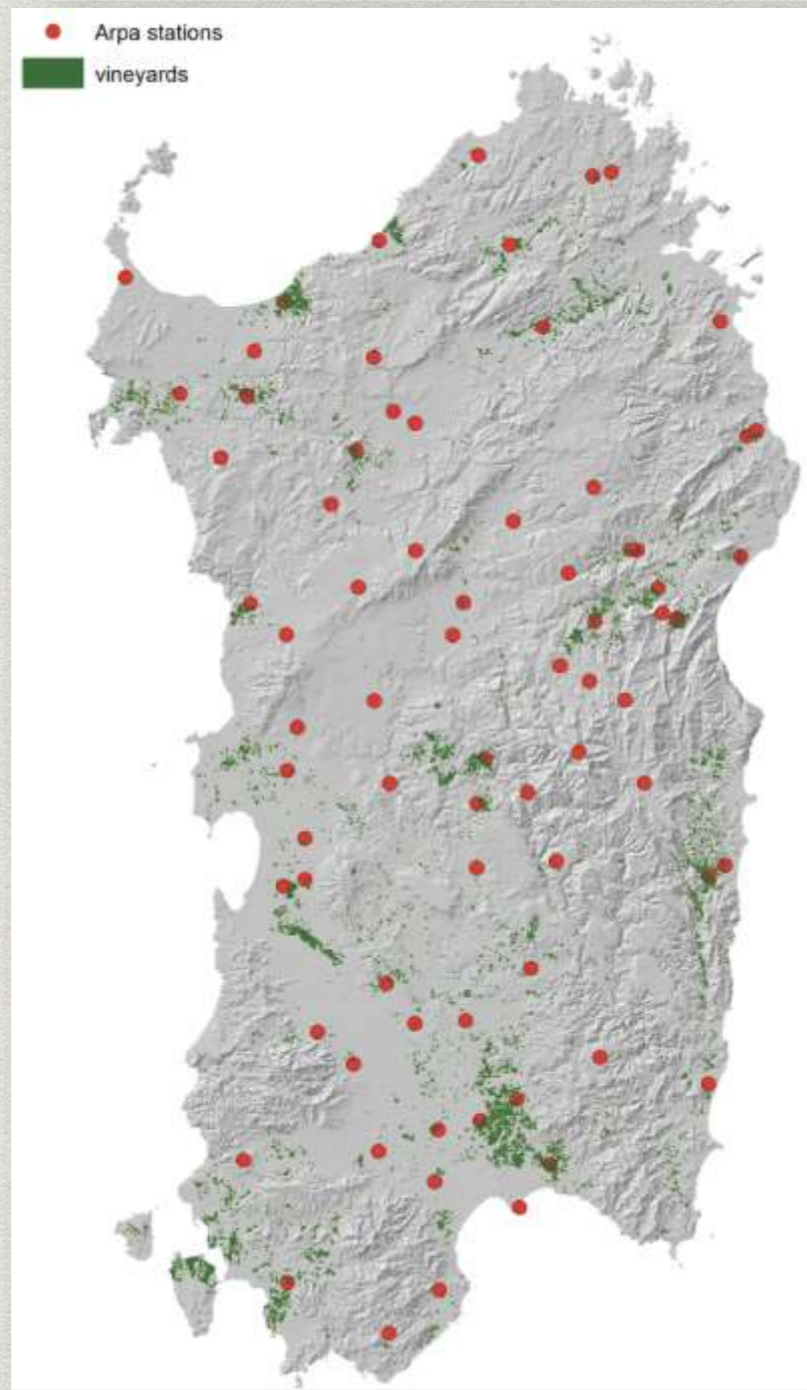


Sassari Nurra



Sorso Sennori
Romangia





Stazione di dati SAR -
ARPAS 1994 -2015

Istituto Idrografico
Regionale, dal 1922

Dataset fenologico di Sella & Mosca: dal 2001 al 2015 serie disponibili per Cannonau, Nasco, Torbato e Vermentino.

Durante il 2015 il dataset ha compreso anche ulteriori dati, dal 1992 al 2016, per Cannonau e Cabernet sauvignon.

Sella & Mosca website



The only project in the whole world to valorise an ancient native grape variety: Torbato, Vitis Iberica

This ancient grape variety was taken from its Aegean home to the coasts of the Iberian Peninsula by the Phoenicians. It was subsequently introduced to Sardinia while the island was under Catalan rule. Today it is grown exclusively on Sella&Mosca's Alghero estate, on limestone-rich soils derived from ancient marine sediment, which gives the grapes particularly firm structure and a slightly aromatic component. **Torbato can be considered the symbol of Sella&Mosca's commitment in the area and its abilities in the fields of research and experimentation.**



Mediterranean flavour in four wines: shared origins with a unique personality

Torbato grapes, vinified in Sardinia only by Sella&Mosca, form the basis for four wines with shared origins, but each with its own distinct personality:

Torbato – light and fresh, the ideal companion for an informal aperitif or light Mediterranean dishes.

Terre Bianche – fruity and confident, a natural accompaniment to seafood.

Terre Bianche Cuvée 161 – the estate's top Torbato, full bodied and flavoursome, structured and complex. Unbeatable with Sardinia's fantastic shellfish.

Torbato Brut – a sparkling wine naturally fermented using the cuve close method; the sparkling version of Torbato, perfect as an aperitif.

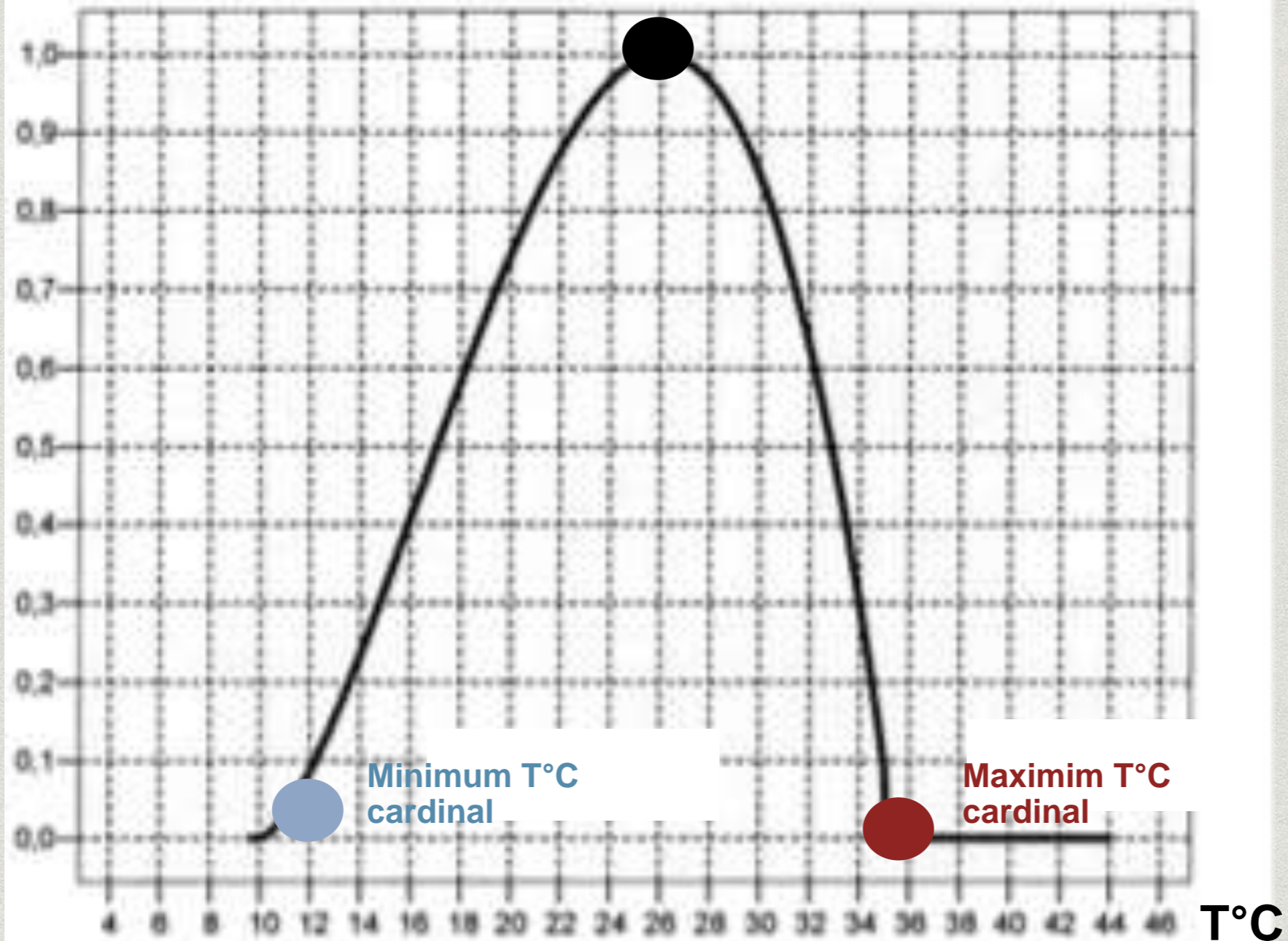
Normal Heat Hours: Ore normali di caldo

Le esigenze termiche della vite condizionano lo sviluppo della pianta. Un importante indicatore di tale tempo termico è rappresentato dalle Ore Normali di Caldo.

$$NHH = (2 (Th - T_{cmin}) \alpha) (TOPT - T_{cmin}) \alpha - (Th - T_{cmin}) 2\alpha / (TOPT - T_{cmin}) 2\alpha$$

NHH

100%

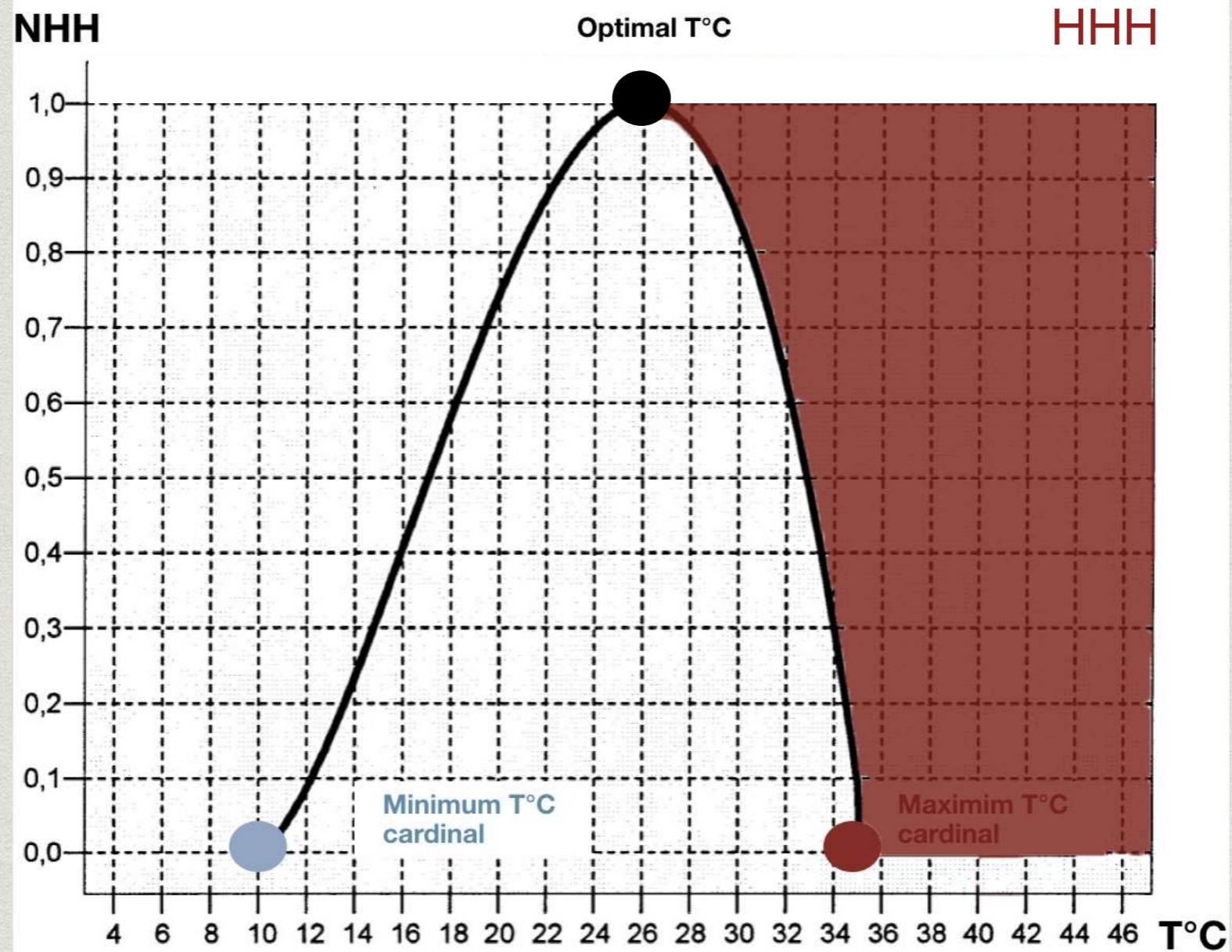


Curva tipo degli eccessi termici

The High Heat Hours

$T^{\circ}\text{C hourly} > T^{\circ}\text{C opt}$

$$\text{HHH} = 1 - \text{NHH}$$



Il lavoro di analisi sul data set idrografico

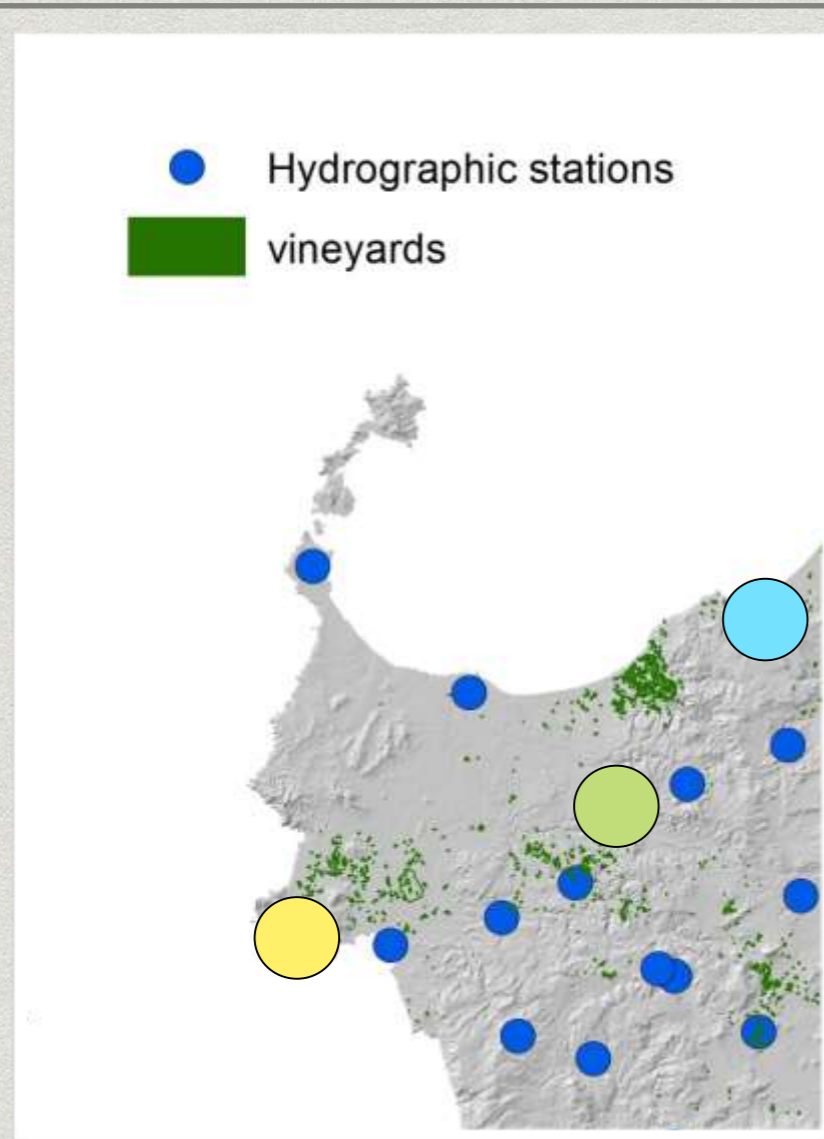
L'analisi dell'intero dataset meteo è complessa e richiede una valutazione dei seguenti aspetti inerenti le stazioni di rilievo:

la continuità nella trasmissione dei dati;




la manutenzione ordinaria e straordinaria delle stazioni meccaniche (sostituzione di sensori, pezzi di ricambio);

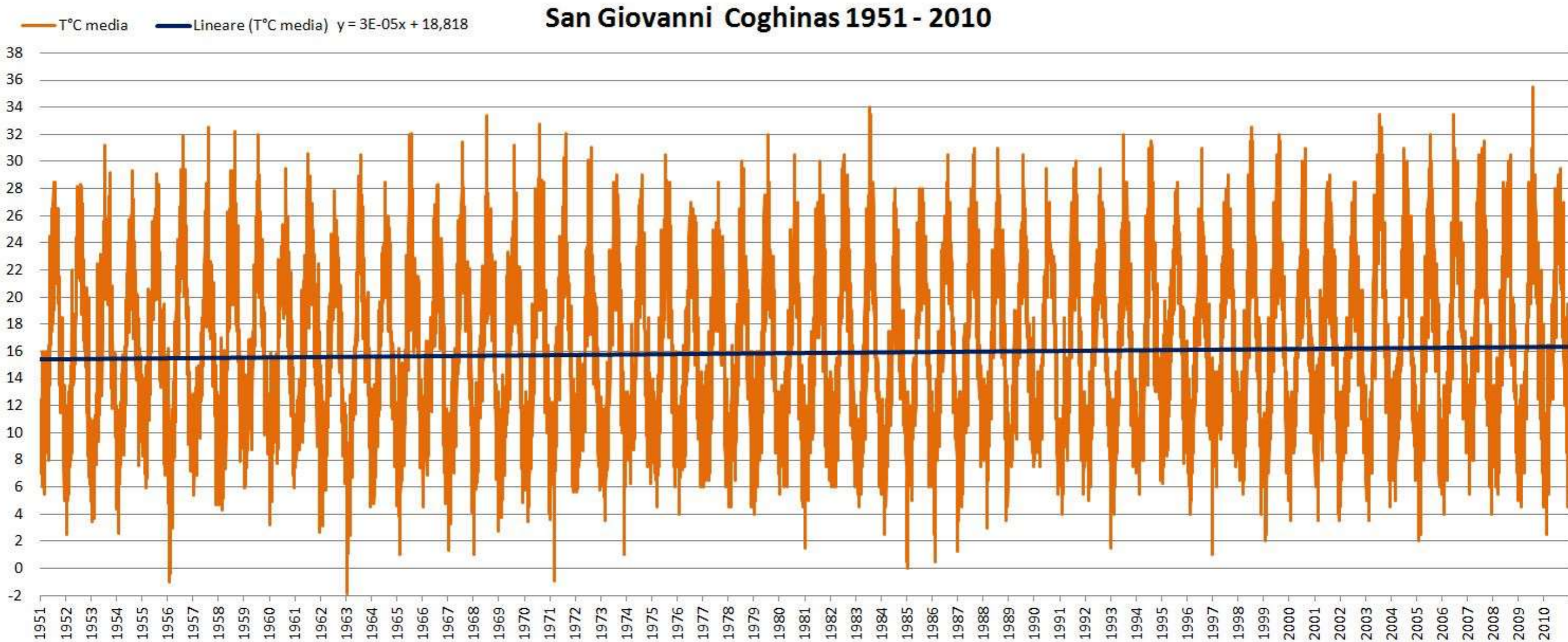
la continuità nell'alternanza dei tecnici che vanno ad acquisire i dati dalle stazioni nel corso dei decenni;

qualsiasi tipo di modifica del paesaggio circostante la stazione meteo (ad esempio, edifici di palazzi che potrebbero in qualche modo influenzare le misure).



Di tutte le stazioni gestite dall'Istituto Idrografico, le tre che garantiscono una migliore qualità del dato risultano:

-  **St. Giovanni Coghinas, per Sorso e Sennori - Romangia**
-  **Ottava, (1958-2013), per Sassari-Nurra**
-  **Capocaccia, per Alghero-Nurra.**



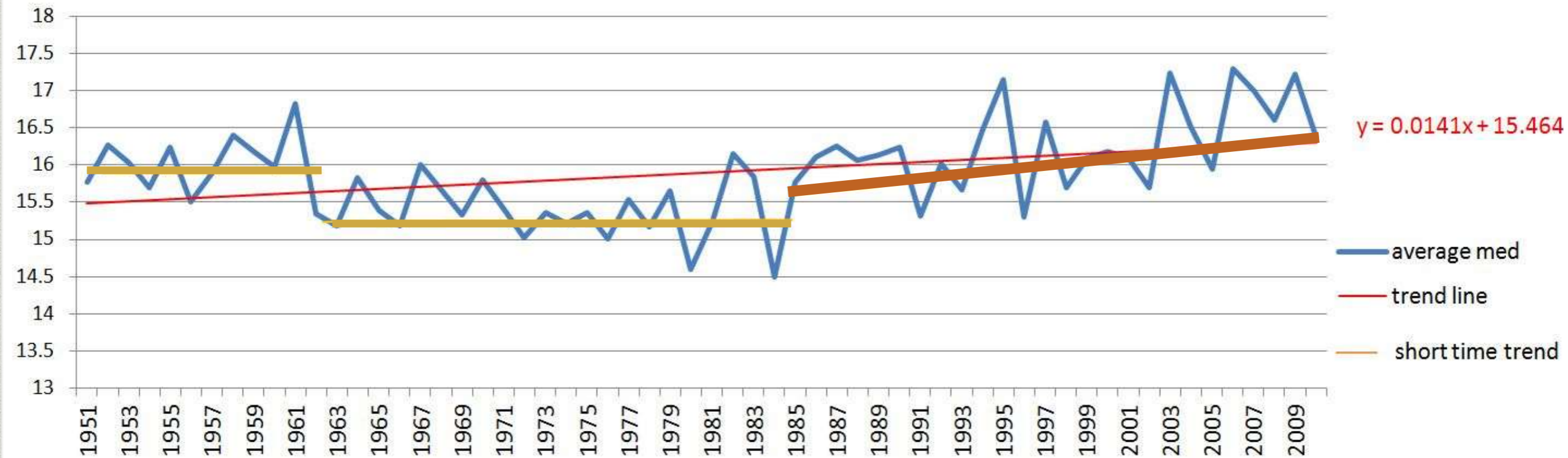
Il trend di incremento termico della temperatura media è evidente dal 1951-2010.

Il trend di incremento delle temperature massime e minime è di circa 2°C.

Considerazioni sul data set idrografico

Si ringrazia il Dott. Alessandro Delitala di Arpa Sardegna

Temperature trend 1951-2010 S. G. Coghinas

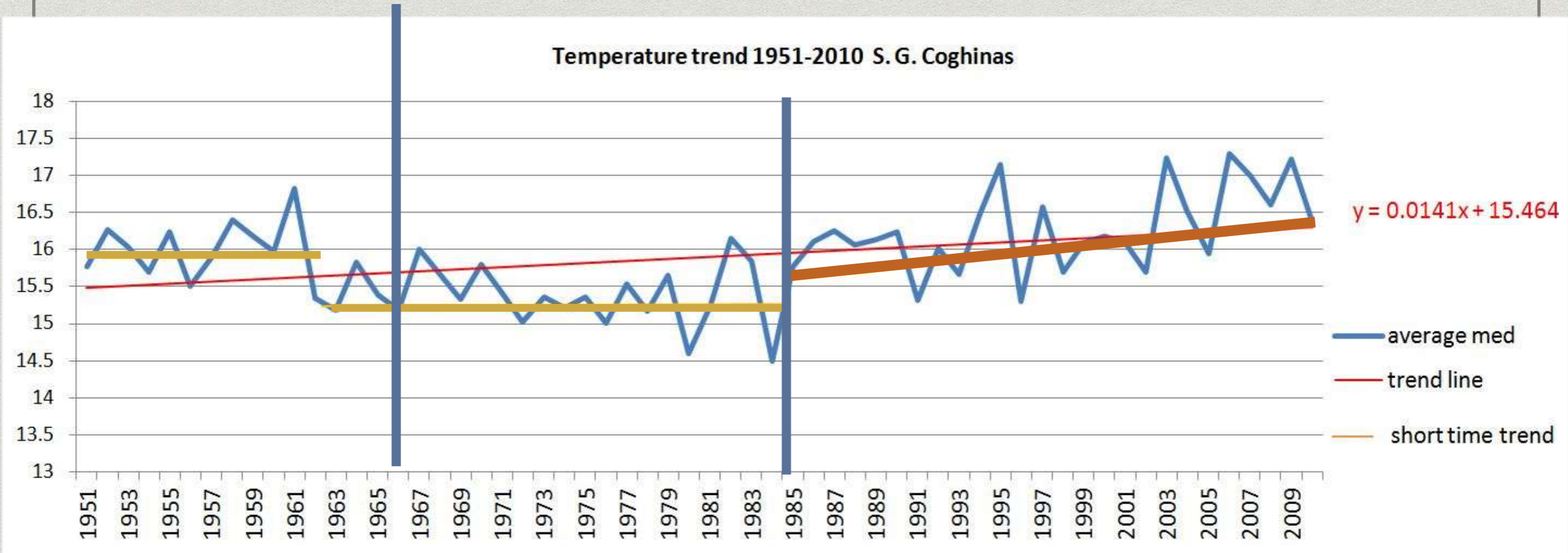


Il dato giornaliero è affetto dalla variabilità tipica stagionale.

Per minimizzare questa componente è meglio considerare il dato medio annuale.

Considerazioni sul data set idrografico

L'anno più probabile del Breakpoint (linea verticale tratteggiata nel mezzo della grafica) risulta il 1987 ; in seguito a questo evento, le temperature medie nell'area italiana son variate da 12,9 ° C a 14,0 ° C (linea blu), mentre la media dell'intero periodo 1973 -2016 è risulta pari 13,6 ° C.



Il dataset fenologico dell'azienda Sella & Mosca riguarda il periodo 2001 - 2013 e le cultivar Cannonau, Nasco, Torbato e Vermentino, coltivate su oltre 140 Ha.

Position	Grape variety	Hectares	Number of plants
SOUTH	Cannonau	137.888	> 55000
SOUTH	Cannonau	2.3515	> 8000
WEST	Nasco	2.6021	> 6000
WEST	Sauvignon	0.6754	> 1700
NORTH	Torbato	5.4639	> 19000
	Vermentino	3.5195	> 14000

BBCH legenda:

10 sviluppo foglie

65 piena fioritura

81 invaiatura

89 maturazione

CULTIVARS	BBCH			
	10	65	81	89
Cannonau	April, 5 th	May, 24 rd	July 26 th	September 23 rd
Nasco	April, 8 th	May, 24 th	July 19 th	September 15 th
Torbato Freedman's test (for any deviation from a uniform incidence): V(N) = 0.923 P < 0.01	April, 10 th	May, 28 th	August 5 th	October 2 nd
Vermentino	April, 1 st	May, 16 th	July 26 th	September 23 rd

Tra le varietà disponibili, abbiamo scelto di elaborare principalmente i dati della cv Torbato perché gli obiettivi enologici sono rimasti costanti nel corso degli anni. Ciò significa che il criterio di raccolta delle uve, basato su un prefissato contenuto in zuccheri e acidità, non è cambiato nel tempo.

Mean grape annual cycle in cv Torbato and relatives NHH

	Torbato															
	10	% data	NHH 22	NHH 26	65	% data	NHH 22	NHH 26	81	% data	NHH 22	NHH 26	89	% data	NHH 22	NHH 26
2001	8-Apr	75%	91	710	31-May	100%	174	1346	30-Jul	100%	120	2279	24-Sep	89%	176	3045
2002	16-Apr	80%	89	642	31-May	98%	165	1192	2-Aug	91%	165	2242	26-Sep	89%	166	3179
2004	10-Apr	76%	66	447	8-Jun	91%	167	1198	15-Aug	91%	136	2156	11-Oct	91%	178	3139
2006	5-Apr	58%	75	416	23-May	88%	139	932	2-Aug	91%	198	1781	28-Sep	90%	190	2759
2007	7-Apr	81%	87	616	22-May	65%	111	130791%	2-Aug	91%	152	2174	16-Oct	88%	144	3193
2008	10-Apr	81%	104	618	30-May	100%	168	1200	7-Aug	89%	103	2193	29-Sep	91%	147	2929
2009	12-Apr	82%	96	546	28-May	99%	112	1074	3-Aug	91%	125	2023	5-Oct	91%	184	2903
2010	15-Apr	34%	44	479	31-May	98%	179	935	6-Aug	81%	158	2019	8-Oct	91%	180	3014
2011	12-Apr	77%	113	487	28-May	100%	172	1178	3-Aug	91%	165	2361	4-Oct	88%	155	3192
2012	1-Apr	87%	80	489	28-May	97%	141	1175	3-Aug	89%	132	1952	2-Oct	91%	184	2848

L'analisi di tale data set evidenzia che:

Torbato, Cannonau e Vermentino mostrano una soglia termica di temperatura minima pari a 10 ° C.

Cabernet sauvignon e Chardonnay si adattano meglio con 8 ° C.

1			c_MIN	C_MAX	Topt			
2			7	35	22			
3								
4						fvn(T)	NHH	BBCH C Sauvignov - Veg
1617	OLMEDO	09/03/2006 05:00	11.5		0.432	367.515		7.8
1618	OLMEDO	09/03/2006 06:00	11.2		0.403	367.918		7.8
1619	OLMEDO	09/03/2006 07:00	0		0.000	367.918		7.8
1620	OLMEDO	09/03/2006 08:00	0		0.000	367.918		7.8
1621	OLMEDO	09/03/2006 09:00	0		0.000	367.918		7.8
1622	OLMEDO	09/03/2006 10:00	0		0.000	367.918		7.8
1623	OLMEDO	09/03/2006 11:00	0		0.000	367.918		7.8
1624	OLMEDO	09/03/2006 12:00	16.1		0.805	368.723		7.8
1625	OLMEDO	09/03/2006 13:00	16.2		0.812	369.535		7.8
1626	OLMEDO	09/03/2006 14:00	16		0.799	370.334		7.9
1627	OLMEDO	09/03/2006 15:00	16.2		0.812	371.145		7.9
1628	OLMEDO	09/03/2006 16:00	15.2		0.745	371.890		8.0
1629	OLMEDO	09/03/2006 17:00	13.9		0.646	372.536		8.0
1630	OLMEDO	09/03/2006 18:00	12		0.479	373.015		8.0
1631	OLMEDO	09/03/2006 19:00	10.9		0.373	373.388		8.0
1632	OLMEDO	09/03/2006 20:00	11.3		0.412	373.801		8.0
1633	OLMEDO	09/03/2006 21:00	11.9		0.470	374.270		8.1
1634	OLMEDO	09/03/2006 22:00	11.8		0.460	374.731		8.1
1635	OLMEDO	09/03/2006 23:00	11.3		0.412	375.143		8.1
1636	OLMEDO	09/03/2006 23:59	11.6		0.441	375.584		8.1
1637	OLMEDO	10/03/2006 01:00	12.2		0.498	376.082		8.2
1638	OLMEDO	10/03/2006 02:00	12.7		0.543	376.625		8.2
1639	OLMEDO	10/03/2006 03:00	12.3		0.507	377.132		8.2
1640	OLMEDO	10/03/2006 04:00	11.9		0.470	377.601		8.2
1641	OLMEDO	10/03/2006 05:00	12		0.479	378.080		8.2
1642	OLMEDO	10/03/2006 06:00	11.6		0.441	378.522		8.3
1643	OLMEDO	10/03/2006 07:00	9.9		0.273	378.795		8.3
1644	OLMEDO	10/03/2006 08:00	10.5		0.334	379.128		8.3
1645	OLMEDO	10/03/2006 09:00	12		0.479	379.608		8.3

I dati fenologici per le cultivar Torbato e Cannonau mostrano una forte relazione tra NHH e fasi fenologiche ed evidenziano una temperatura ottimale di 22 ° C e per le fasi primaverili e 26 ° C per le fasi estive.

La variabilità interannuale è pari a 3 settimane di variabilità fenologica (+-10 gg).

variety	Grape bunching stage															
	'00	'01	'02	'03	'04	'05	'06	'07	'08	'09	'10	'11	'12	'13	'14	'15
Cannonau			29/7	23/7	6/8	27/7	31/7	21/7	29/7	27/7	2/8	30/7	25/7	12/8	25/7	23/7
Cannonau		26/7	25/7	22/7	6/8	28/7	22/7	26/7	28/7	29/7	8/8	25/7	28/7	12/8	26/7	24/7
Nasco	12/7	17/7	19/7	16/7	30/7	25/7	20/7	19/7	30/7	19/7	22/7	16/7	20/7	29/7	20/7	18/7
Sauvignon	19/7	23/7	24/7	18/7	31/7	24/7	18/7	19/7	22/7	22/7	29/7	18/7	17/7	30/7	23/7	19/7
Torbato		30/7	2/8	29/7	15/8	5/8	2/8	2/8	7/8	3/8	6/8	3/8	3/8	16/8	1/8	1/8
Vermentino									26/7	26/7	30/7	26/7	28/7	4/8	24/7	20/7

date in the average of the surveys
 late date
 early date

Le NHH sono state calcolate sulla base delle seguenti soglie:

Febbraio-aprile

Minimum critical temperature 10 ° C.
Maximum critical temperature 35 ° C.
Optimum temperature 22 ° C
called shortly **NHH 10, 22, 35.**

Minimum critical temperature 10 ° C.
Maximum critical temperature 35 ° C.
Optimum temperature 26 ° C.
called shortly **NHH 10, 26, 35.**

Maggio ottobre

Febbraio-aprile

Minimum critical temperature 8 ° C.
Maximum critical temperature 35 ° C.
Optimum temperature 22 ° C.
called shortly **NHH 8, 22, 35.**

Minimum critical temperature 8 ° C.
Maximum critical temperature 35 ° C.
Optimum temperature 26 ° C.
called shortly **NHH 8, 26, 35.**

Maggio ottobre

intero anno

Minimum critical temperature 8 ° C.
Maximum critical temperature 35 ° C.
Optimum temperature 24 ° C.
called shortly **NHH 8, 24, 35.**

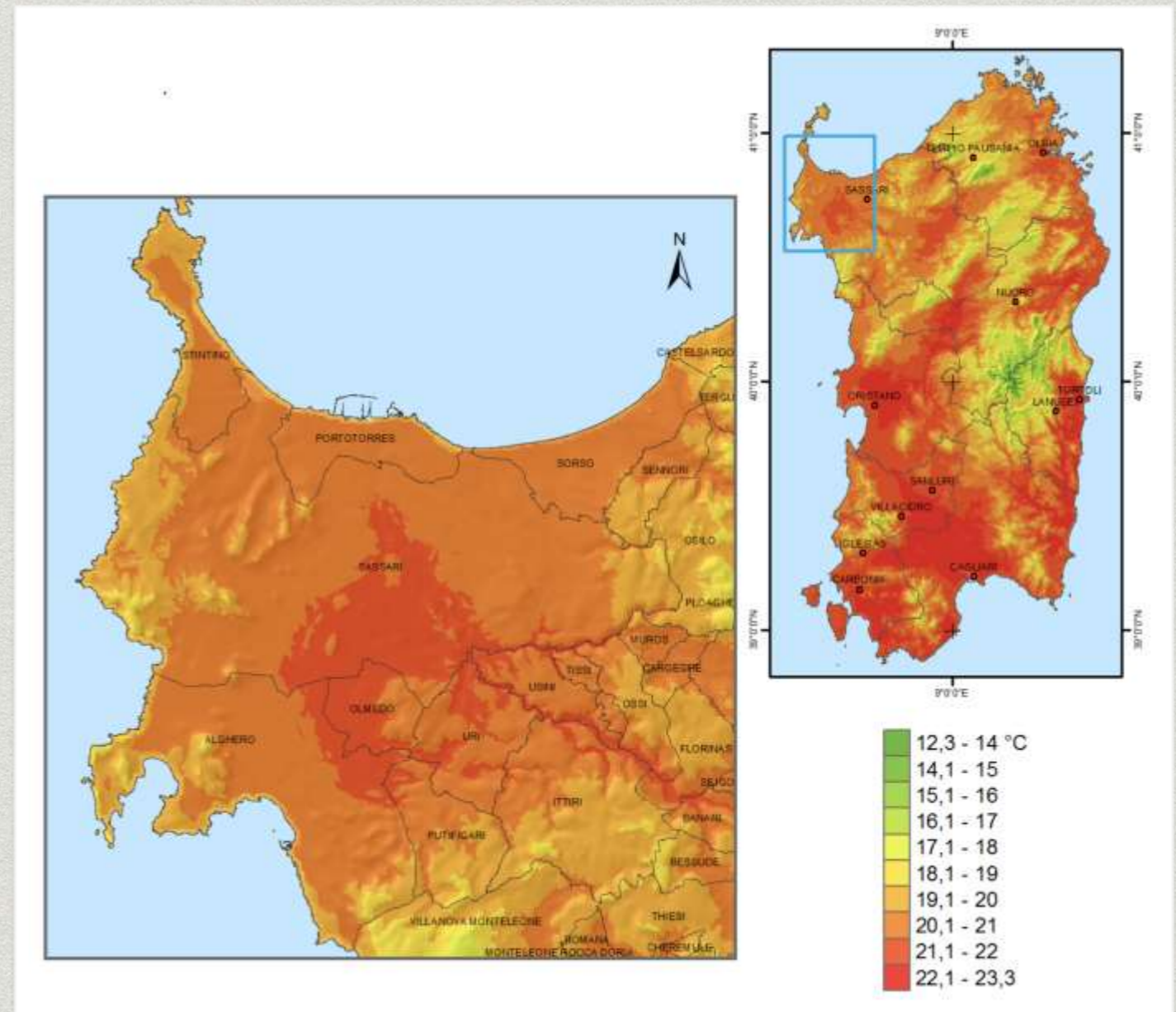
Minimum critical temperature 10 ° C.
Maximum critical temperature 35 ° C.
Optimum temperature 24 ° C.
called shortly **NHH 10, 24, 35.**

intero anno

Si ringrazia il Dott. Michele Fiori di Arpas

Temperatura massima annuale media

La temperatura massima annuale media mostra valori tra 19 e 20 ° C nelle aree costiere della Nurra, mentre nelle zone interne si è verificato un loro aumento fino a 23 ° C per effetto della continentalità (aumento progressivo correlato alla distanza dal mare e che varia con l'esposizione e la distanza dal fondovalle).

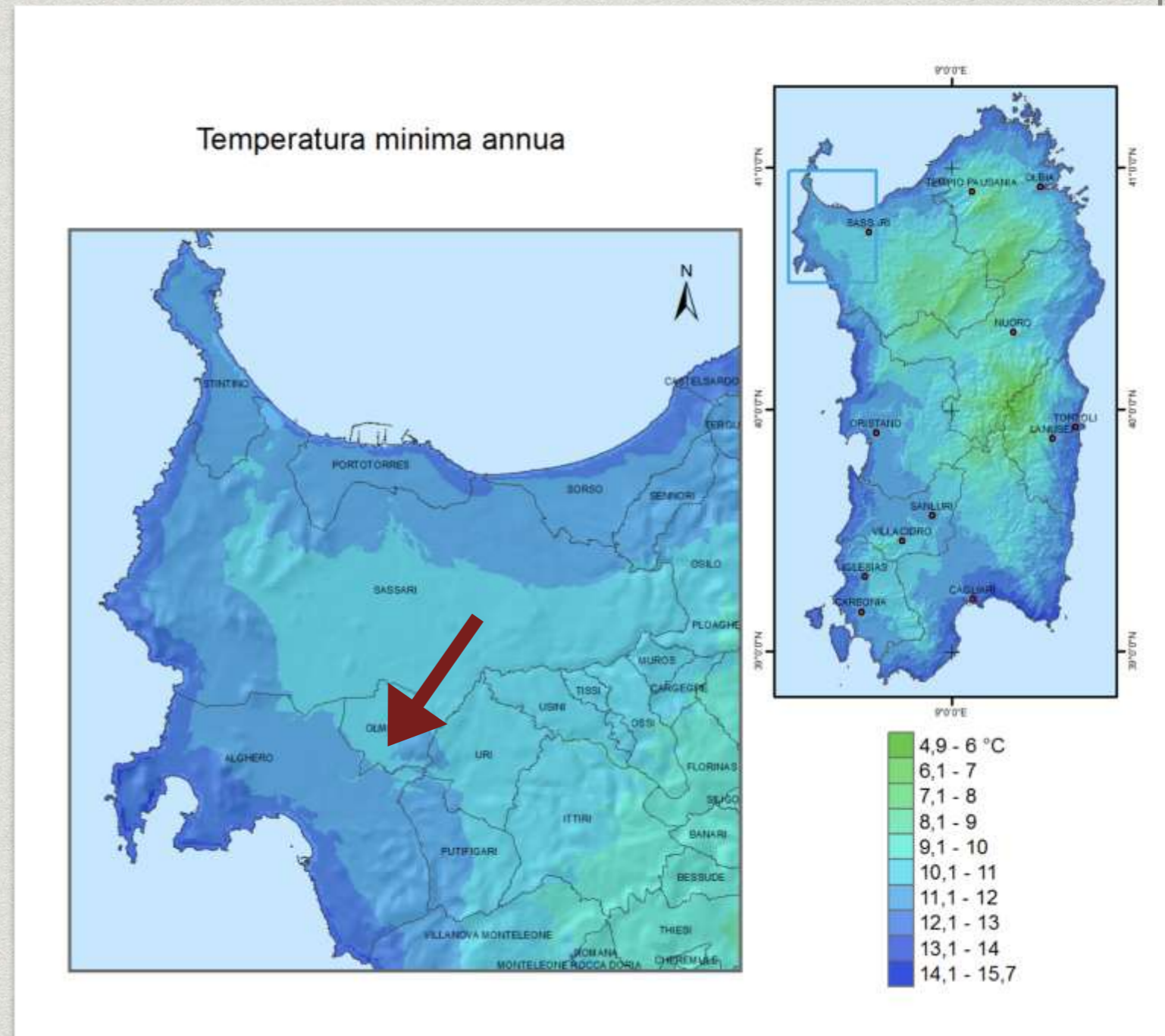


Temperatura media annuale minima

La temperatura media annuale minima raggiunge un valore di 14-15 ° C nelle zone costiere; mentre progredisce verso l'interno, il suo valore si riduce significativamente fino a 10 ° C.

Rispetto alle temperature massime mostra una tendenza inversa.

Anche le temperature mattutine diminuiscono significativamente con l'aumentare dell'altitudine e in base all'esposizione.





**STOP CLIMATE CHANGE
BEFORE IT CHANGES YOU.**



for a living planet®

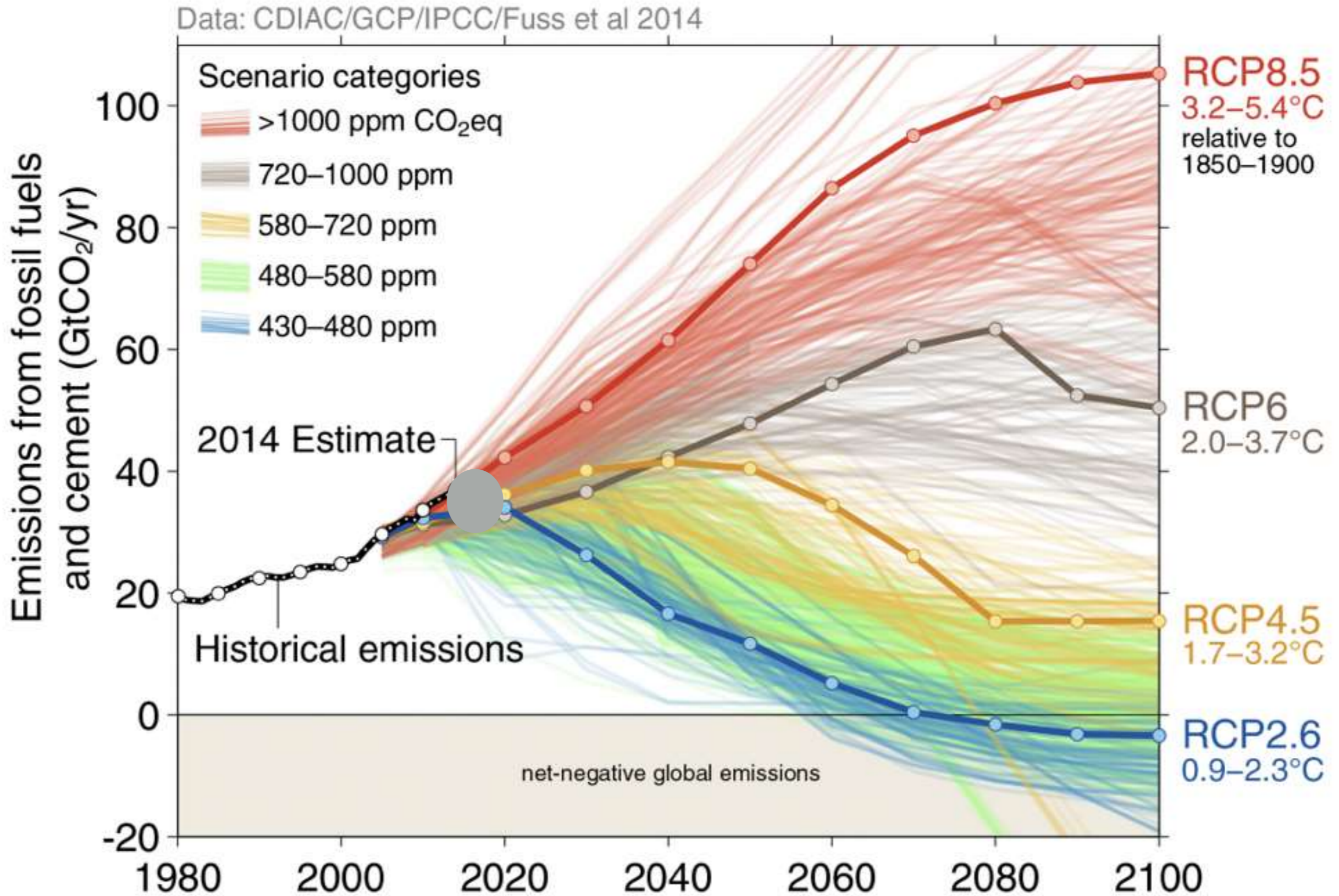


THEY'RE NOT FISH YOU KNOW.

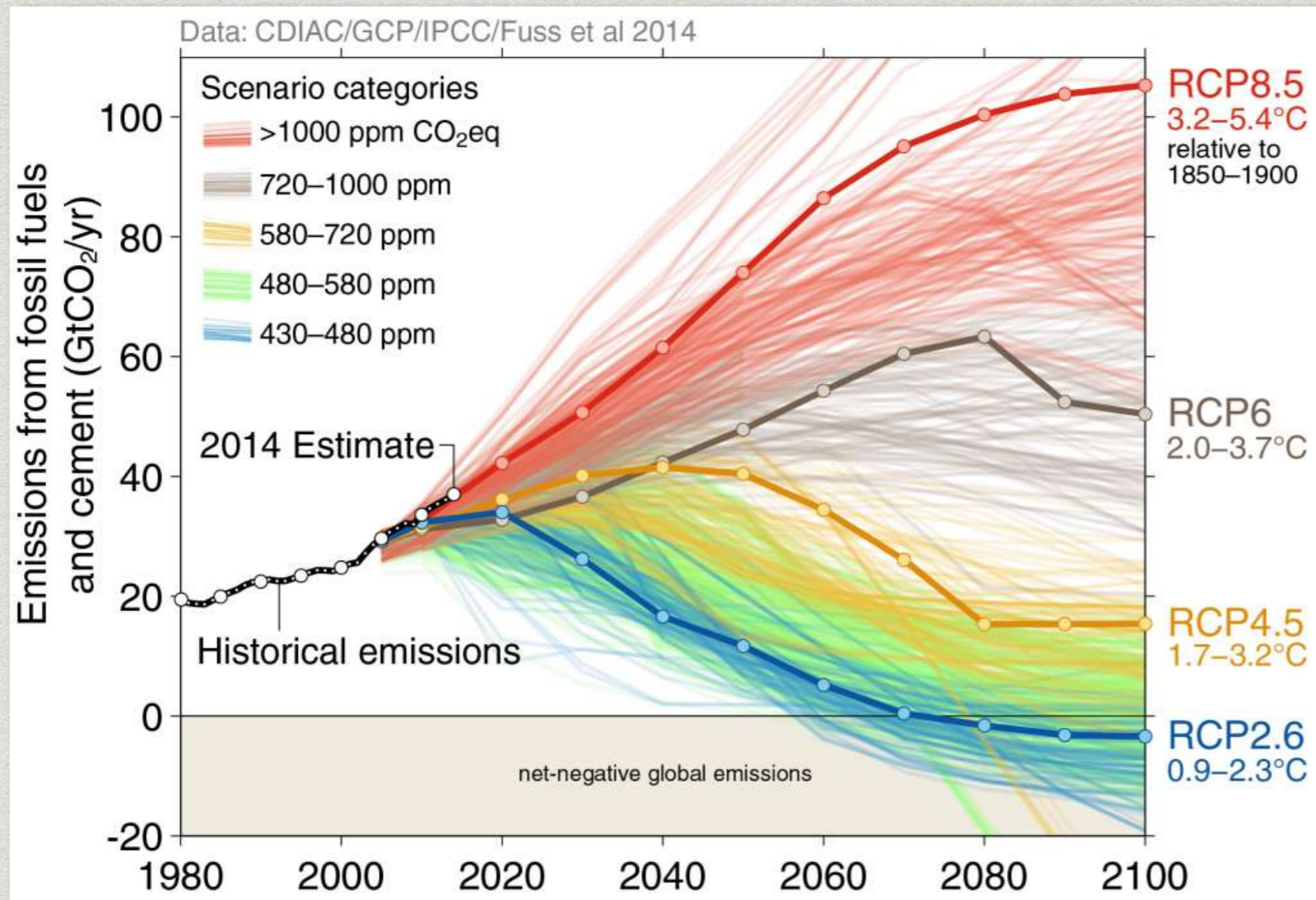
Arctic land animal's homes are melting at an alarming rate.

www.worldwildlife.org/climatechange

Emissioni globali 1980 -2100



Emissioni globali 1980 -2100



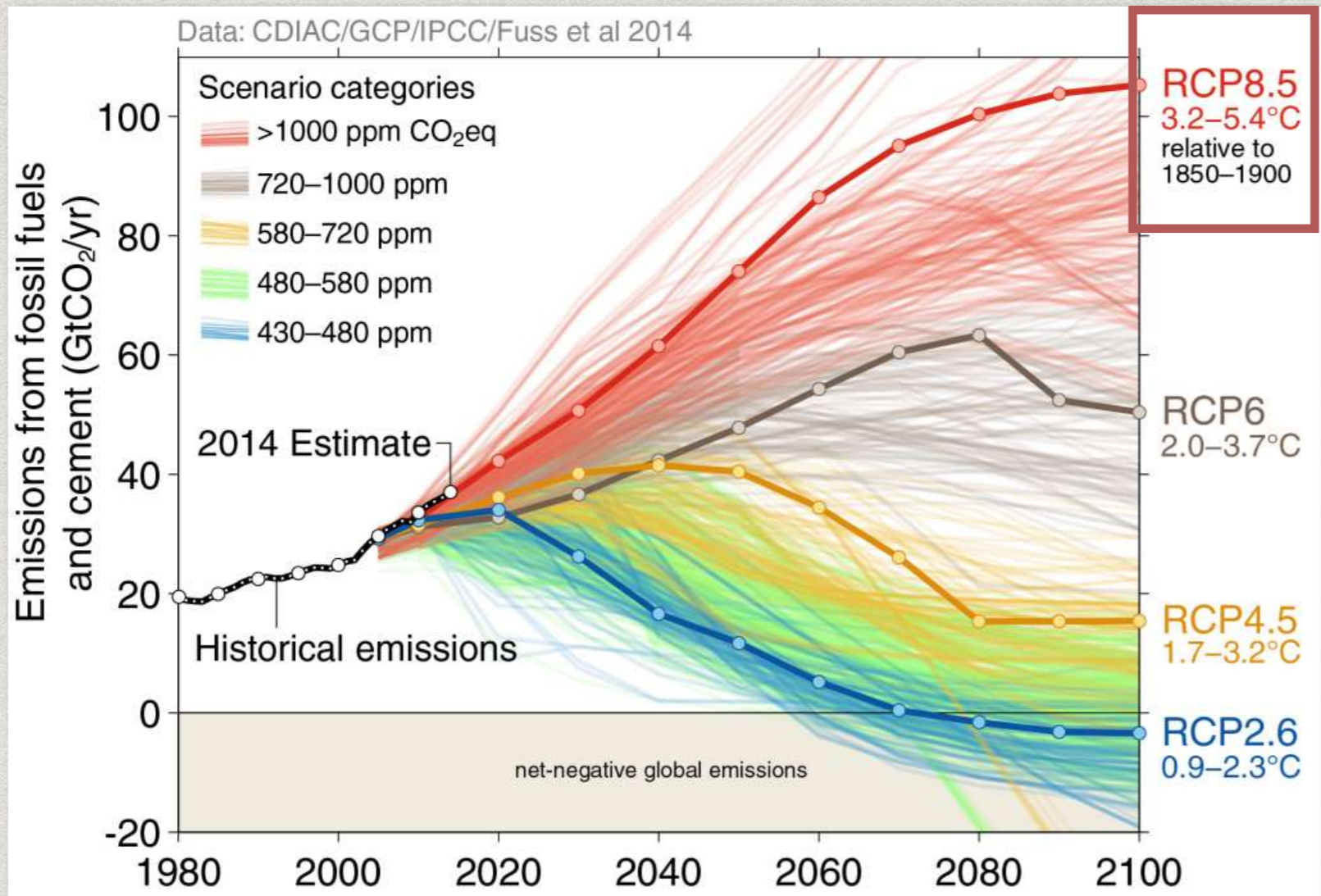
Hadley Center model, UK

month	HE	
	average max	average min
january	2.28	2.179
february	2.3	2.977
march	2.19	2.07
april	2.35	2.86
may	2.77	2.52
june	3.445	3.19
july	3.939	3.51
august	4.368	3.875
september	4.05	3.815
october	3	3.079

The GISS Atmosphere-Ocean Model

month	GS	
	average max	average min
january	1.909	1.97
february	1.6	1.619
march	1.96	1.94
april	1.8	1.77
may	1.78	1.79
june	2.03	2.06
july	1.822	1.758
august	1.601	1.6
september	1.697	1.6
october	1.6	1.603

Si ringraziano la Dott.ssa Simona Canu e il Dott. Andrea Motroni di Arpas

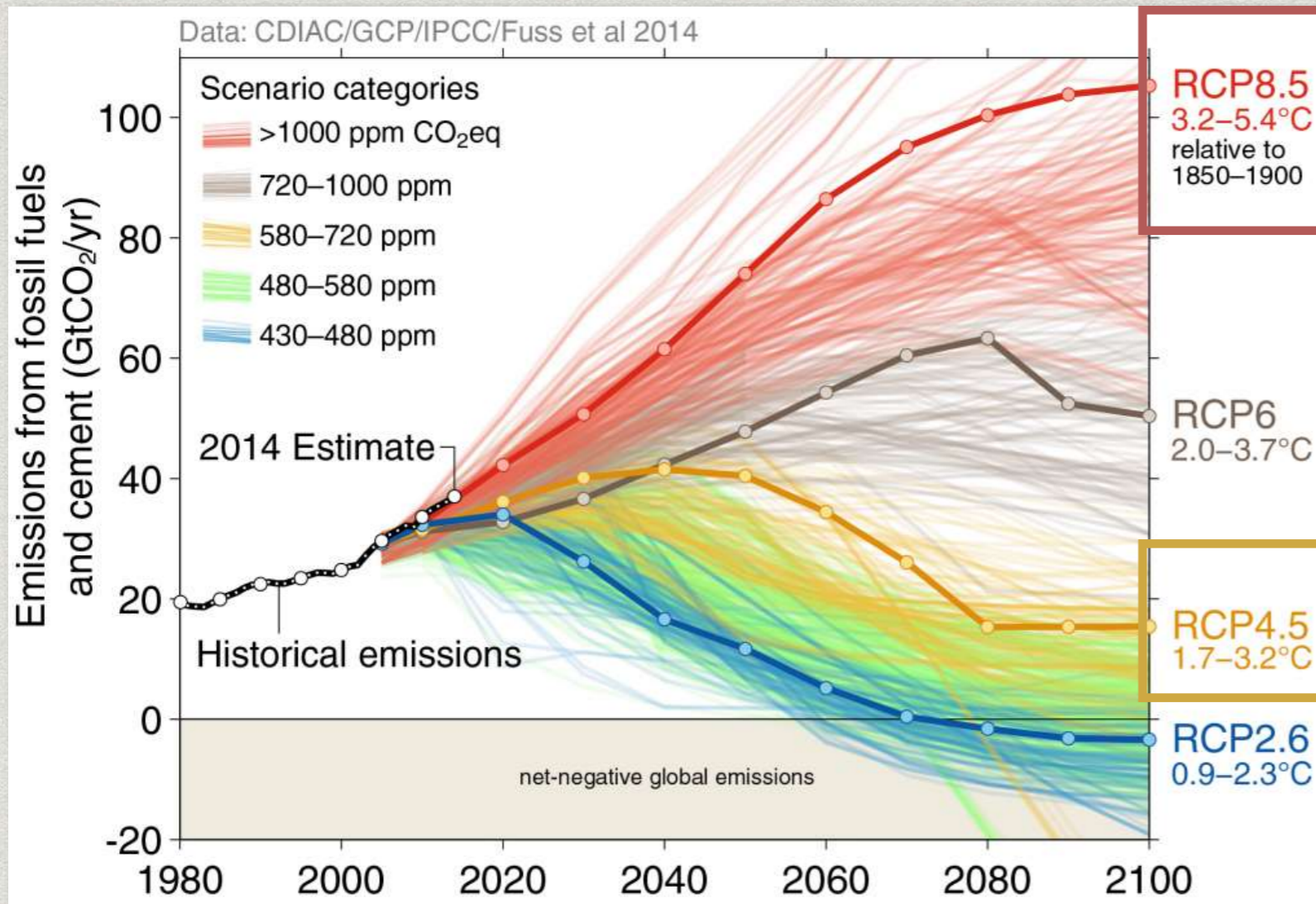


Hadley Center model, UK

month	HE	
	average max	average min
january	2.28	2.179
february	2.3	2.977
march	2.19	2.07
april	2.35	2.86
may	2.77	2.52
june	3.445	3.19
july	3.939	3.51
august	4.368	3.875
september	4.05	3.815
october	3	3.079

The GISS Atmosphere-Ocean Model

month	GS	
	average max	average min
january	1.909	1.97
february	1.6	1.619
march	1.96	1.94
april	1.8	1.77
may	1.78	1.79
june	2.03	2.06
july	1.822	1.758
august	1.601	1.6
september	1.697	1.6
october	1.6	1.603



Hadley Center model, UK

month	HE	
	average max	average min
january	2.28	2.179
february	2.3	2.977
march	2.19	2.07
april	2.35	2.86
may	2.77	2.52
june	3.445	3.19
july	3.939	3.51
august	4.368	3.875
september	4.05	3.815
october	3	3.079

The GISS Atmosphere-Ocean Model

month	GS	
	average max	average min
january	1.909	1.97
february	1.6	1.619
march	1.96	1.94
april	1.8	1.77
may	1.78	1.79
june	2.03	2.06
july	1.822	1.758
august	1.601	1.6
september	1.697	1.6
october	1.6	1.603

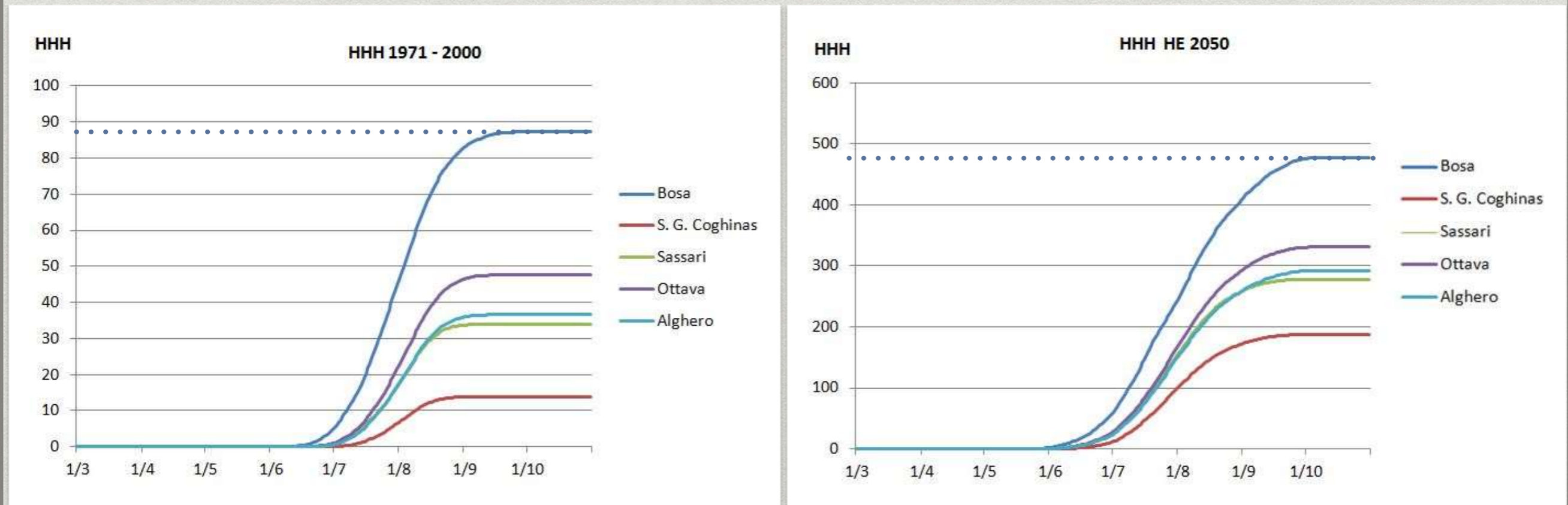
Le uscite dei modelli di circolazione generale a una risoluzione di 0,5 ° sono state acquisite dal database di World Clim, è stato eseguito un downscaling a 30" e i modelli sono stati calibrati.

Il periodo di riferimento per il downscaling statistico è 2050 (media di 2041-2060) alla scala più grande di 30" (risoluzione). La differenza tra il valore medio dello scenario per la Sardegna e la temperatura climatica media di quel mese per la climatologia 1971-2000 è stata calcolata sul valore medio della Sardegna per evitare errori dovuti a differenti risoluzioni iniziali per oltre 126 mappe di simulazioni.

Models GS, HE

NHH 8,22,35	for the months of January, February and March
NHH 10,22,35	for the months of January, February and March
NHH 8,26,35	for the months from January to October
NHH 10,26,35	for the months from January to October
NHH 8, 24,35	for the months from January to October
NHH 10,24,35	for the months from January to October
NHH 8,22,35	for the months of January, February and March
NHH 10,22,35	for the months of January, February and March

Analogamente a quanto fatto per la climatologia 1971-2000, gli HHH sono stati calcolati per le diverse soglie termiche per i modelli GS e HE:



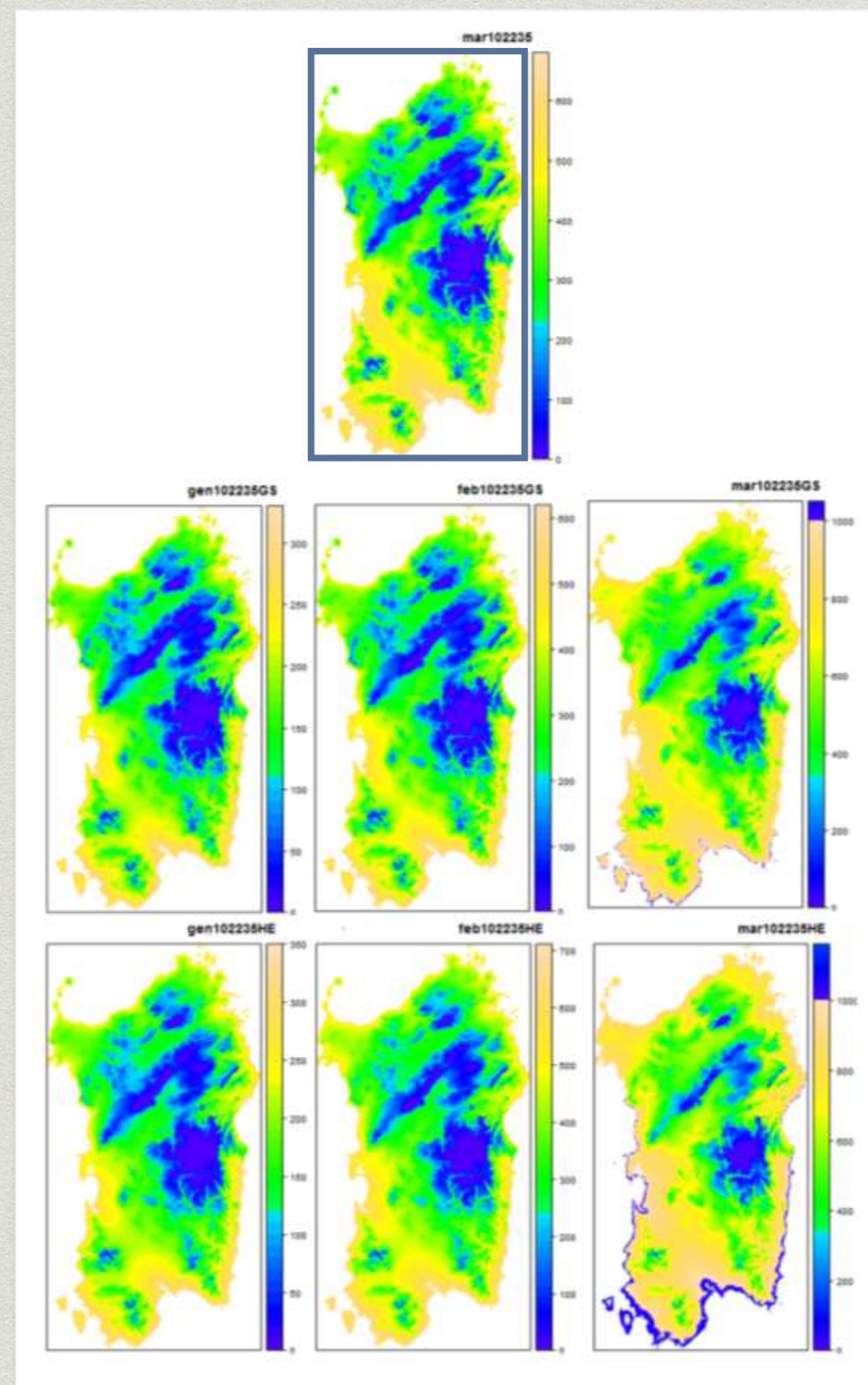
Tali scenari prevedono al 2050 valori di eccessi termici e di condizioni di stress per la vite pari a 5 volte rispetto ad oggi.

10, 22, 35, Torbato

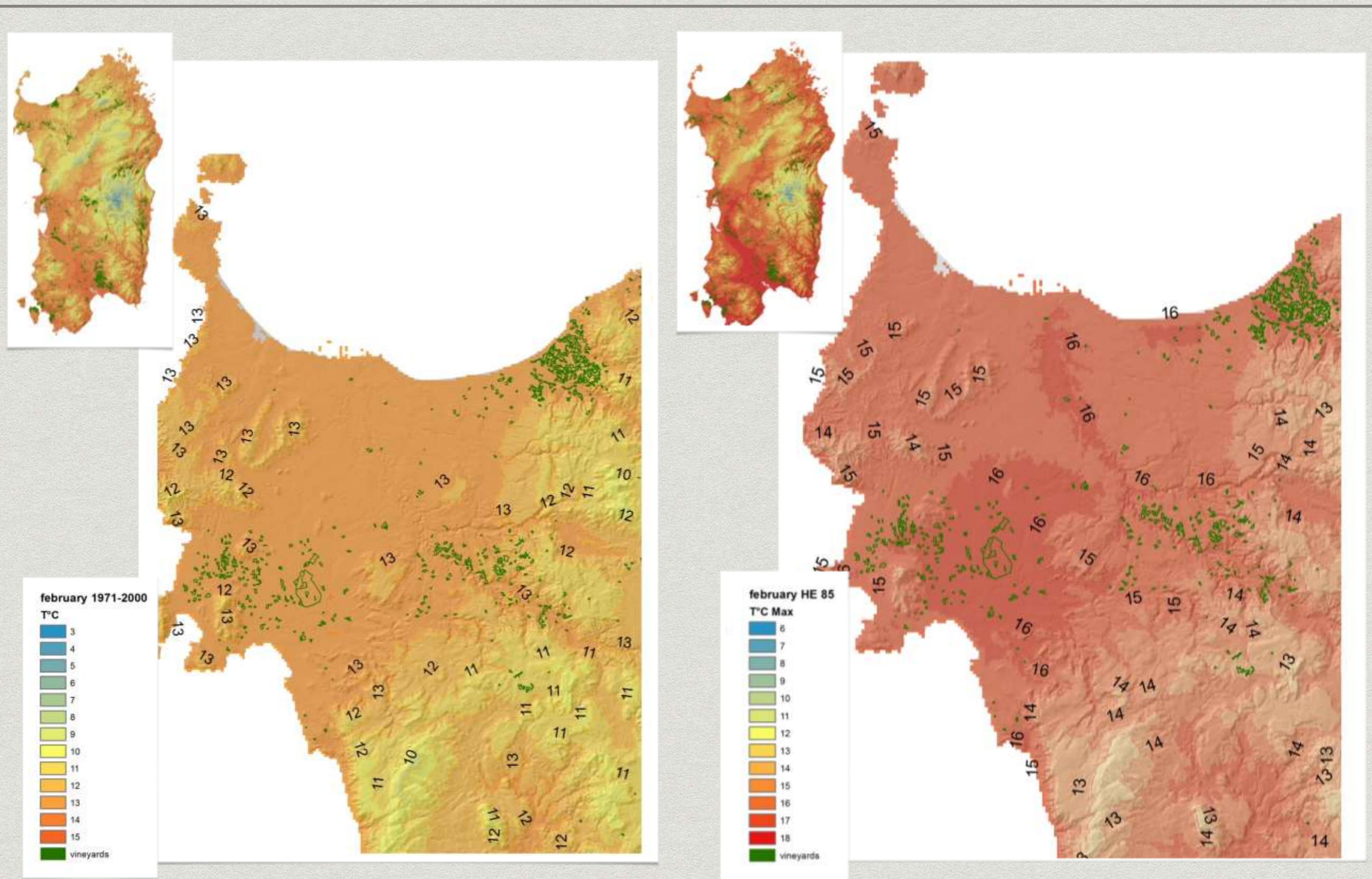
C'è oltre un mese di anticipo fenologico.

	Feb	Mar
1971-2000		566 270
GS	706 304	1187 592
HE	710 460	1300 666

Max value of the month
 Average value



Con le minime di febbraio a 9°C la vite si potrebbe comportare come una specie sempreverde il 2050






Comparazione fra febbraio 1971-2000 e febbraio 2050 HE




A questi “cambiamenti climatici dobbiamo aggiungere sempre la variabilità interannuale.

Considerazioni su **BBCH 65**, piena fioritura

NHH 10 26 35 Torbato

	April	May
1971-2000		865 545 181
GS	458 10th of april 3 weeks	1300 890 295
HE	914 528 73 month	1481 1000 359




 **Max value of the month**
 **Average value**
 **Minimum value on hill**




 **Max value of the month**
 **Average value**
 **Minimum value on hill**

Considerazioni sulla vendemmia **BBCH 89**

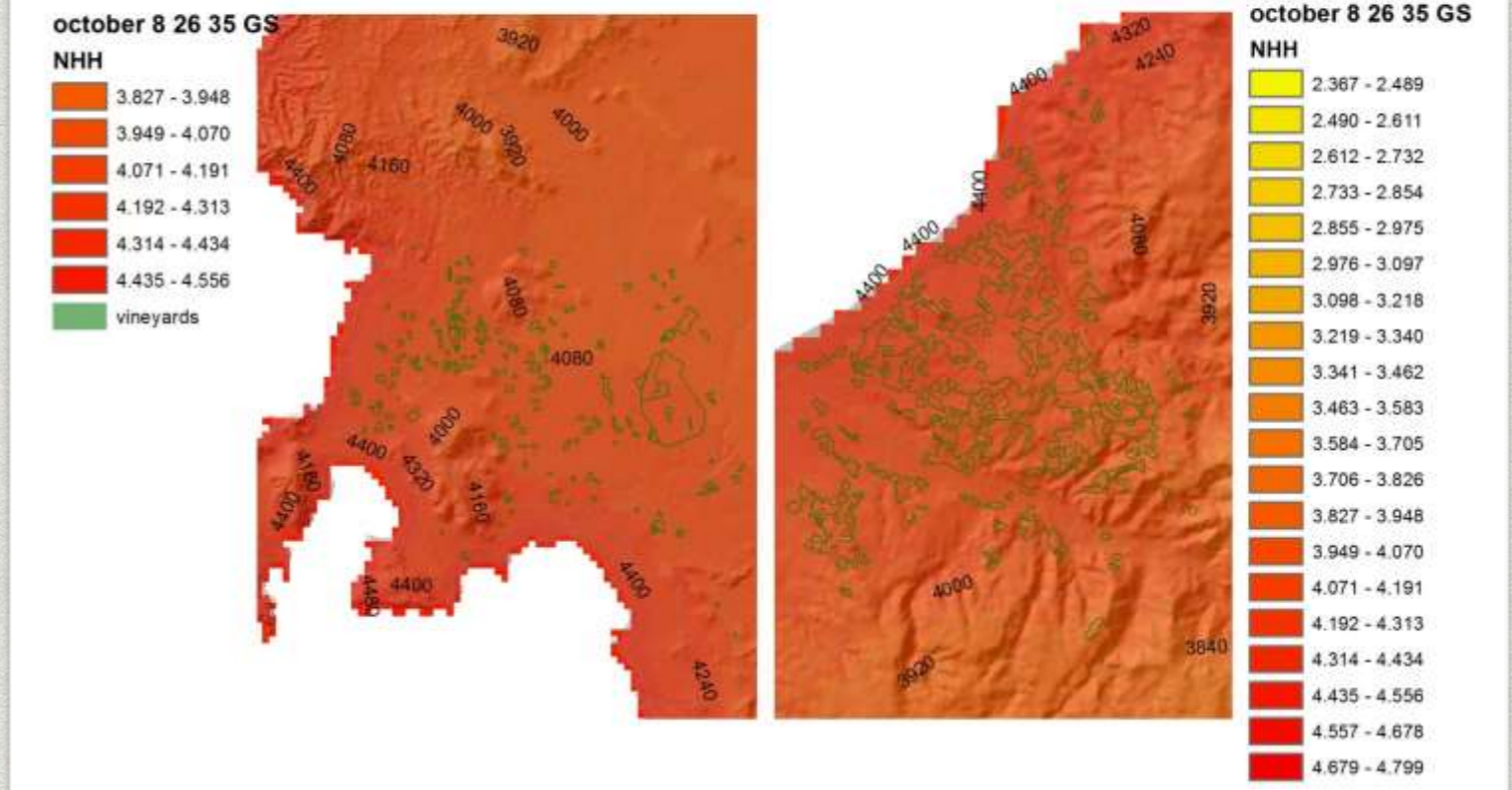
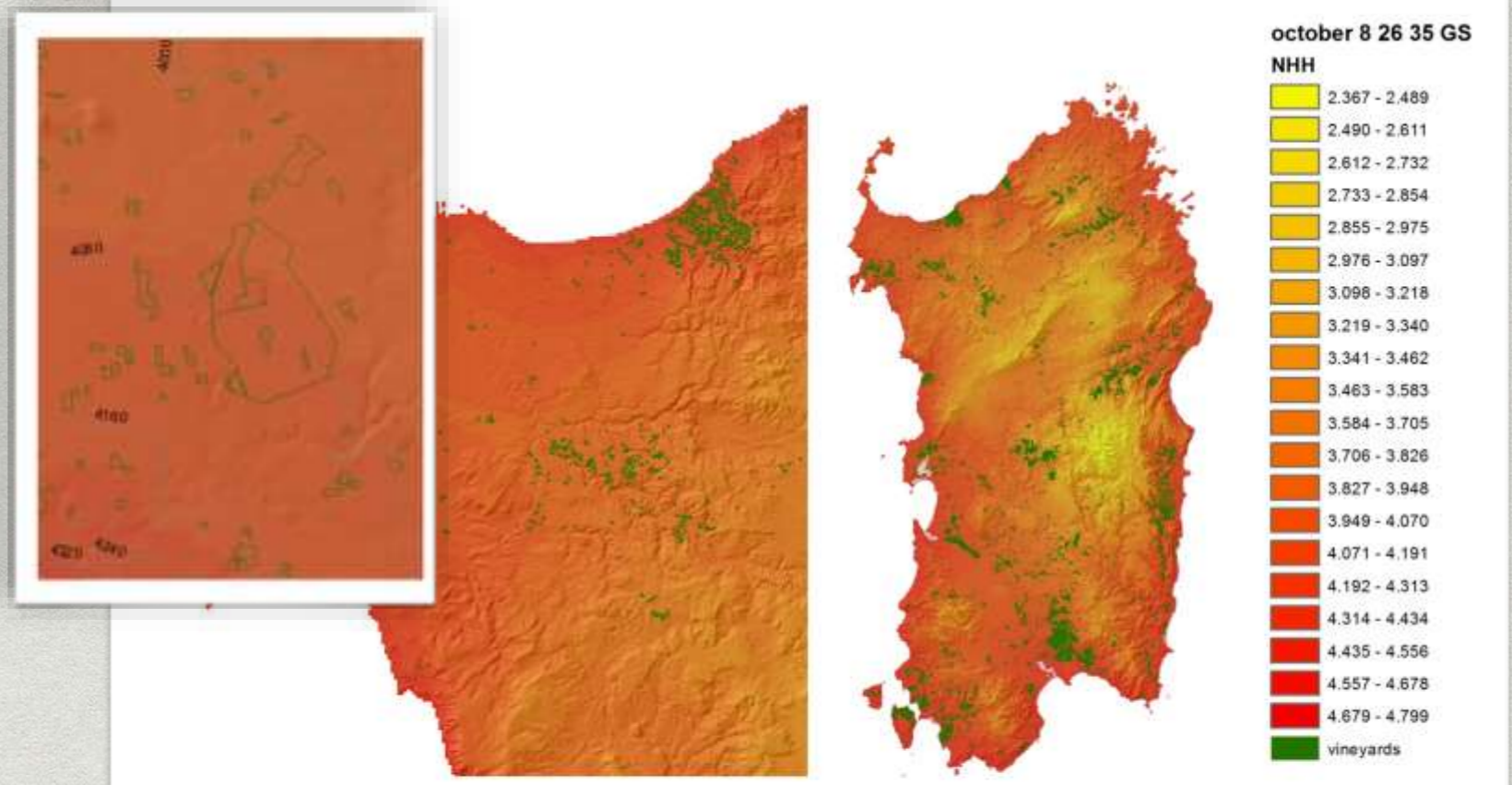
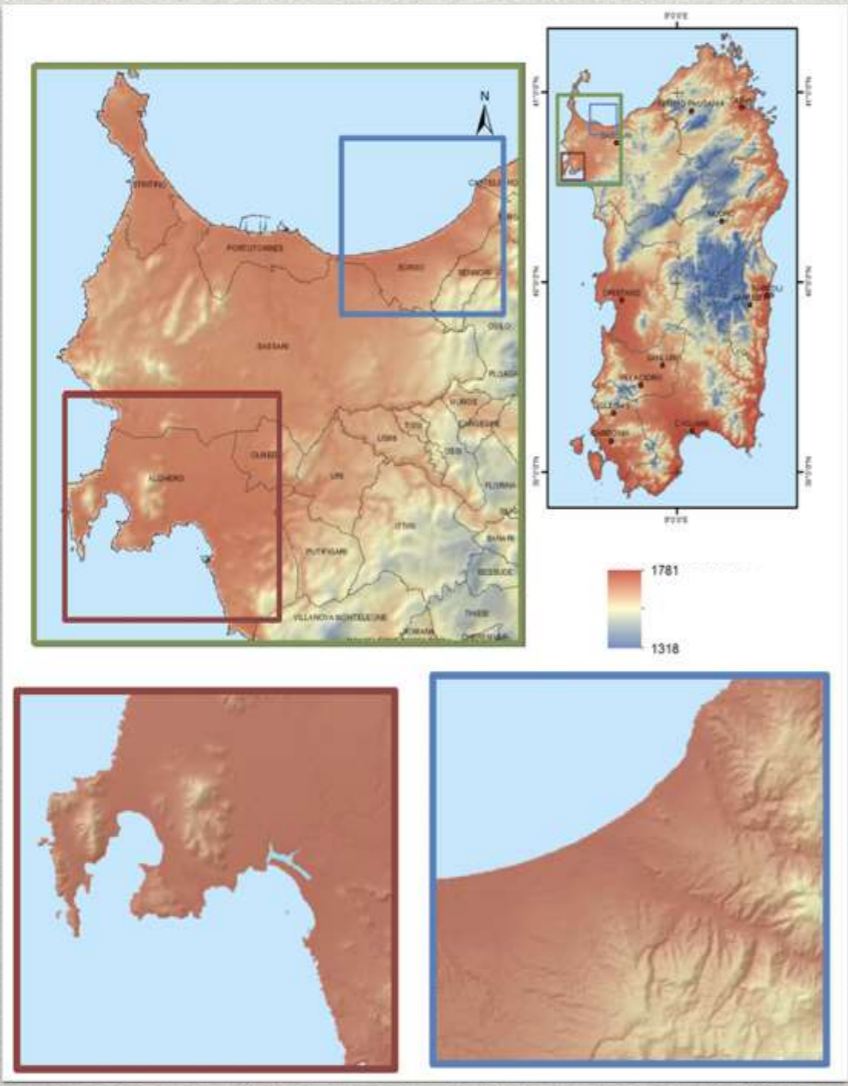
NHH 10 26 35 Torbato

	August	September
1971-2000		<p>3348</p> <p>2715</p>
GS	<p>3999</p> <p>3232</p>	
HE	<p>3996,90</p> <p>3299</p>	

 **Max value of the month**
 **Average value**
 **Minimum value on hill**

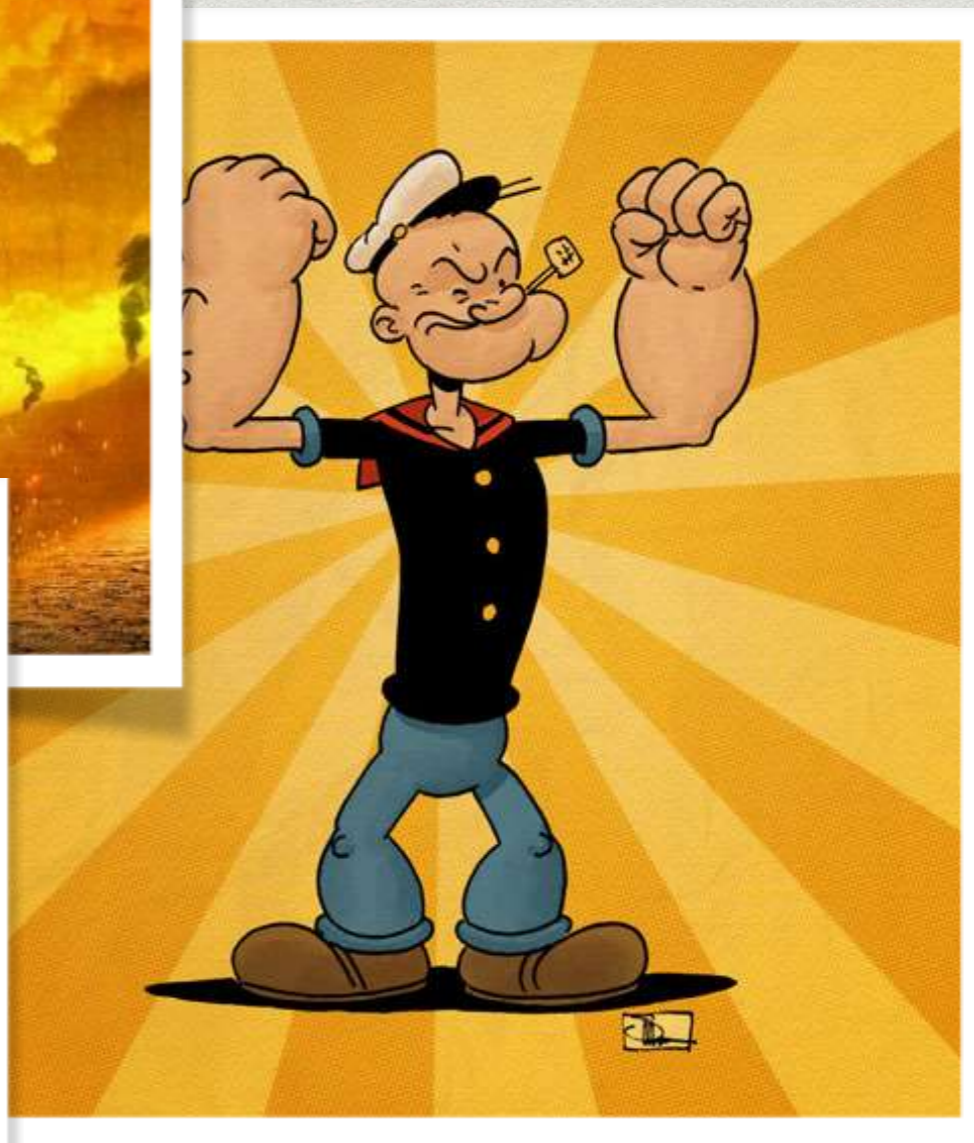
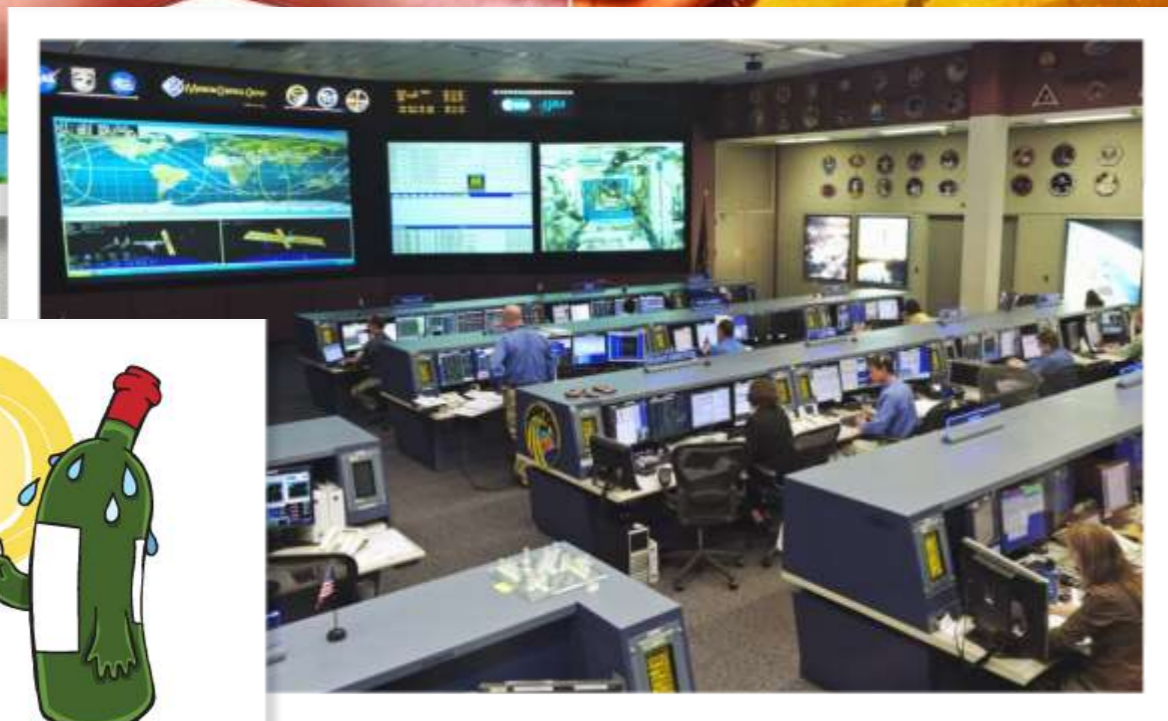
 **Max value of the month**
 **Average value**
 **Minimum value on hill**

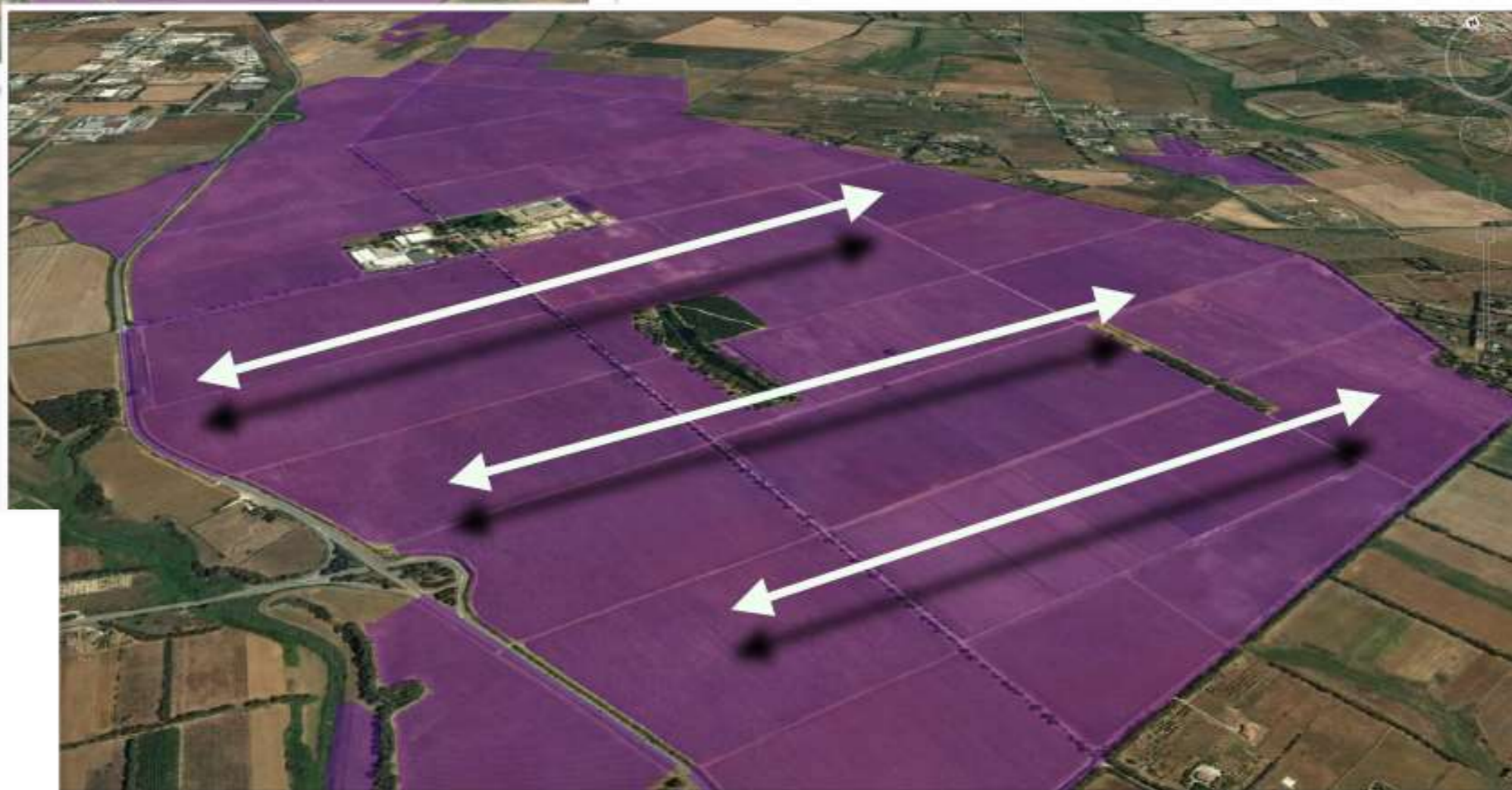
Alte temperature significa minori escursioni termiche e minore sintesi delle componenti polifenoliche ed aromatiche il 2050



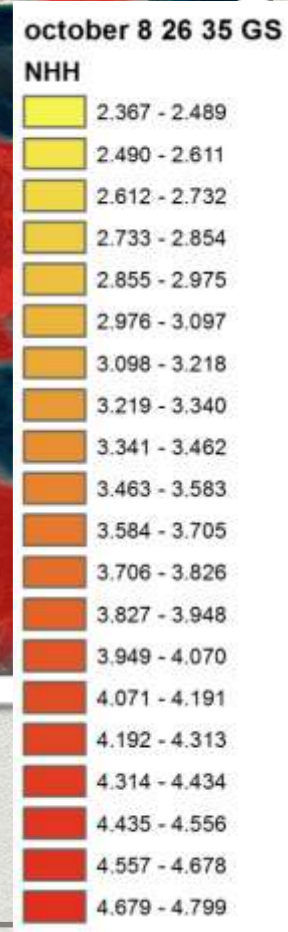
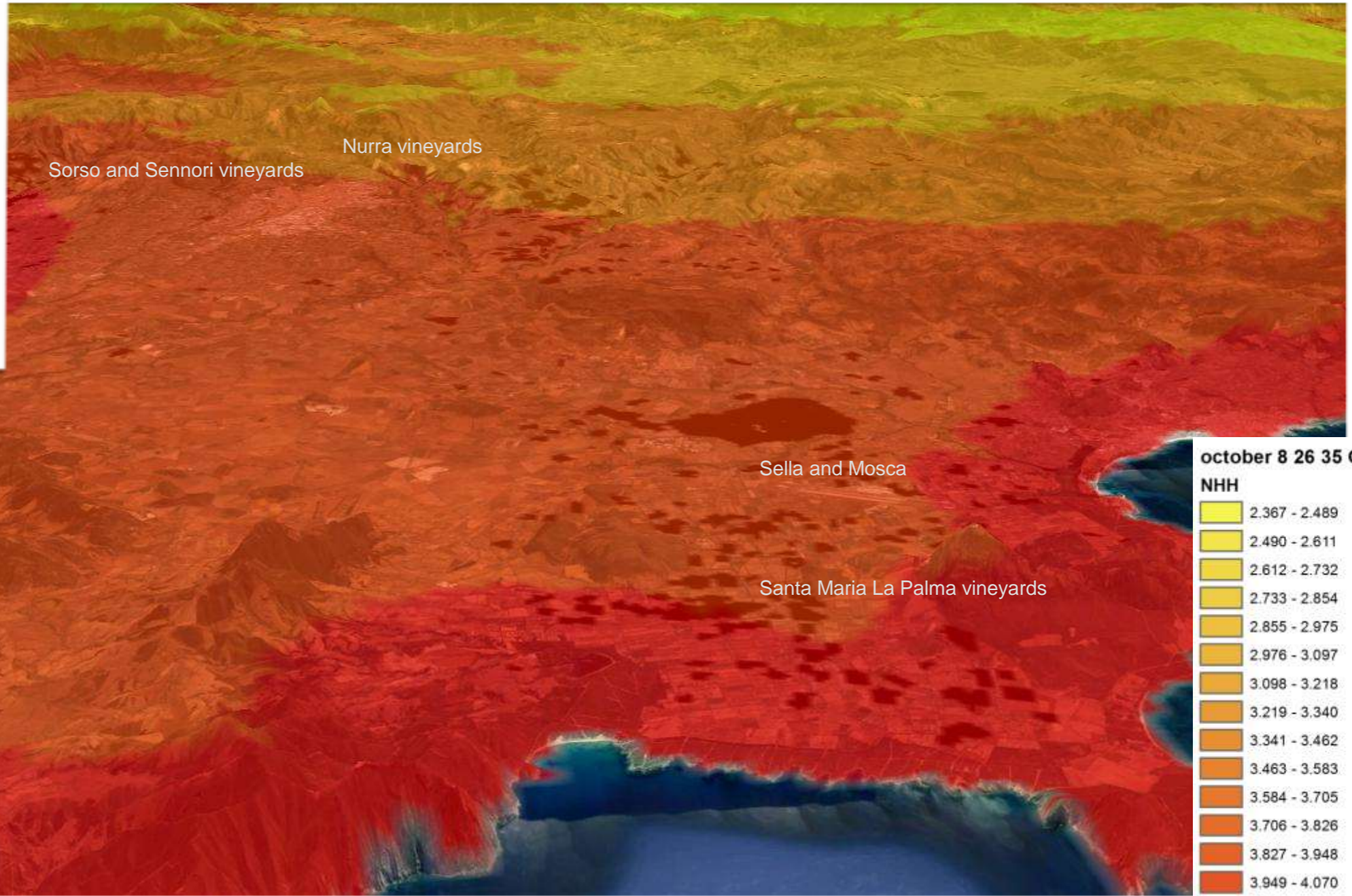
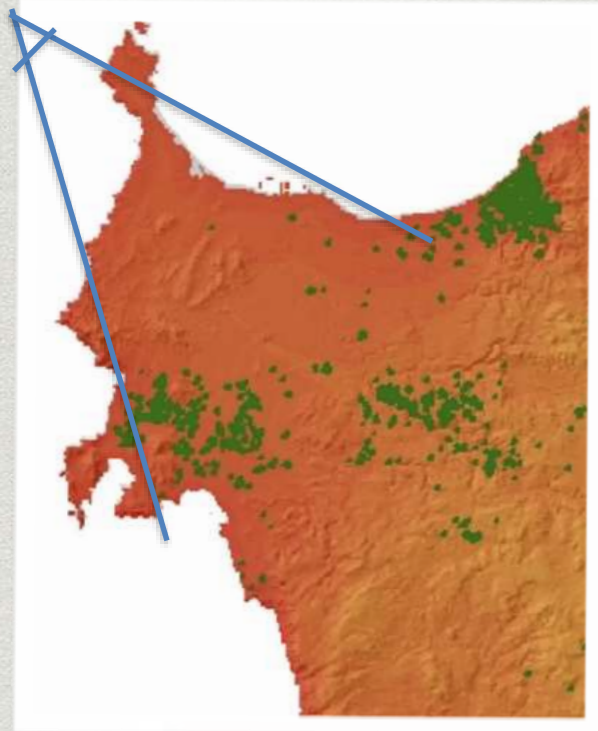
Ottobre 8 26 35

la sfida dei viticoltori





Possibile migrazione dei vigneti dalle aree costiere verso l'interno.



Giovanni Nieddu
Dipartimento di Agraria
Università degli Studi di Sassari

Thank
you

Paolo Capece
Dipartimento Meteorologico
Arpa Sardegna

pcapece@arpa.sardegna.it



Si ringraziano:
il Dott. Michele Fiori, la dott.ssa Simona Canu, il Dott. Andrea Motroni,
il Dott. Piero Cau e il Dott. Alessandro Delitala di Arpa Sardegna