



La temperatura come fattore di rischio per la salute¹

Giovanni Lombardo. Istat, lombardo@istat.it

Gianluigi Salvucci. Istat, salvucci@istat.it

Juri Corradi. Istat, jucorradi@istat.it

Marco Ciccacci. Istat, ciccacci@istat.it

Codice campo modificato

Parole chiave: Temperatura; Umidità relativa; Popolazione.

ABSTRACT

A prescindere dalle cause della trasformazione climatica in atto, è assolutamente certo che il clima causi ripercussioni sullo stato di salute delle popolazioni. In particolare si presenta come fattore in grado di determinare incrementi significativi del rischio di malesseri che possono andare dai problemi muscolari alla disidratazione ai colpi di calore, a cui è sottoposta la popolazione legato a diverse malattie e conseguentemente alle cause di morte. Già alcune regioni stanno provvedendo a monitorare il clima a livello locale per individuare misure di prevenzione e scenari concreti d'intervento.

Utilizzando i dati geografici riguardanti la tendenza climatica, resi disponibili dall'Ispra, ai quali è stato necessario sovrapporre le caratteristiche demografiche della popolazione, classificata in maniera da far emergere la porzione più vulnerabile agli eventi estremi della temperatura.

Con il presente lavoro si intende fornire una visione d'insieme dell'evoluzione climatica nazionale ma soprattutto un utile strumento in grado di individuare le aree con la maggior concentrazione di popolazione vulnerabile ai rischi connessi alle variazioni climatiche.

1. Nozioni generali

La penisola italiana è posizionata tra i 36° e i 47° di latitudine N e tra i 6° e i 19° di longitudine E. La sua collocazione, in piena zona temperata, favorisce notevolmente il perdurare di un clima mitigato anche grazie all'azione del bacino del Mediterraneo che rallenta il manifestarsi dei cambiamenti climatici. Scendendo nel dettaglio le catene montuose delle Alpi e degli Appennini sono interessate da forti escursioni termiche, sia annuali, che giornaliere. Le temperature medie più basse si registrano nell'Italia settentrionale, perché è costituita da aree montane e da pianure, non favorite da un mare esteso. Anche la zona della pianura Padana è contraddistinta da un clima continentale con forte escursione termica annuale, dovuta anche all'abbondanza delle acque circolanti in superficie (laghi, fiumi e canali) che generano fenomeni di evapotraspirazione, pari a circa 20 °C. La costa si caratterizza per un clima, caldo in estate e mite in inverno, con escursioni termiche annue molto modeste. Si registra comunque una lieve differenziazione tra i due versanti dell'Appennino legata alla diversa profondità del mare Adriatico e Tirreno. Il primo, lungo e poco profondo, apporta un beneficio tutto sommato limitato, infatti il suo influsso mitigatore è nettamente meno rilevante rispetto quello esercitato dal più ampio e profondo Mar Tirreno sul versante occidentale della penisola italiana.

Il presente studio si propone di verificare se il clima caldo e umido, presente in alcuni periodi dell'anno in Italia, rappresenti un fenomeno esteso in grado di interessare porzioni del territorio nazionale più o meno ampie e conseguentemente quale percentuale della popolazione sia sottoposta al rischio derivante da un fattore combinato di alte temperature e umidità.

¹ Frutto di un lavoro comune sono da attribuire a M. Ciccacci il § 1, a Juri Corradi il § 2, a G. Salvucci il § 3 e a G. Lombardo il § 4. Le conclusioni sono frutto del lavoro congiunto di G. Salvucci e G. Lombardo.





2. Gli effetti della temperatura

Il corpo umano ha una temperatura interna di circa 37° C. Indipendentemente dalla condizione climatica, tale temperatura deve rimanere costante per garantire il benessere e le normali funzioni dell'organismo. Quando si registra una temperatura troppo elevata, si possono verificare una serie di malesseri che possono andare da crampi e disidratazione, dovuti a un'eccessiva sudorazione anche in assenza di un'attività fisica in grado di giustificarne la presenza, ed eccessivi abbassamenti della pressione arteriosa nei casi di anziani e cardiopatici ma anche di molte persone sane. Il cuore aumenta il suo ritmo e la sua frequenza e lavora quindi a livelli molto più intensi rispetto a una situazione normale. Il malessere più ricorrente è il colpo di calore cioè un aumento anomalo della temperatura corporea che può raggiungere anche i 46 gradi centigradi. Si manifesta con mal di testa, blocco della sudorazione, nausea, confusione mentale, respiro affannoso, crampi e vertigini. In casi gravi si può anche verificare un blocco della circolazione sanguigna.

Nell'ambito della meteorologia e in alcune discipline affini alla medicina è definita la cosiddetta temperatura percepita, ossia l'entità della sensazione di "caldo" o di "freddo" che viene avvertita, dovuta non solo alla temperatura effettiva, ma anche ad altre condizioni ambientali. Ad esempio l'umidità dell'aria può aumentare la sensazione di caldo, mentre il vento può aumentare la sensazione di freddo. La ragione per cui l'umidità dell'aria può aumentare il disagio correlato alla sensazione di caldo è che un contenuto maggiore di vapore acqueo nell'aria rende meno agevole l'evaporazione di acqua contenuta nel sudore, processo fondamentale per il corpo umano per liberare il calore in eccesso. Quando c'è afa, cioè un valore alto dell'umidità relativa, il corpo umano soffre maggiormente il caldo perché la temperatura percepita è superiore a quella reale misurata dal termometro.

3. Una misura della temperatura percepita

Tra i diversi indici utilizzati per stimare il disagio associato alle condizioni atmosferiche calde e umide, tra i quali quelli proposti in letteratura, ad esempio da Thom. E. C. (1959) e da Steadman (1979, 1984) in questo lavoro viene proposto l'indice HUMIDEX, sviluppato in Canada nel 1965 e successivamente definito nel lavoro di Masterson & Richardson, 1979. Tale indice², uno dei più utilizzati del settore, cerca di rappresentare la gradazione termica effettivamente percepita dal corpo umano combinando temperatura e umidità dell'aria, pur non basandosi su un modello fisico a giustificazione della formulazione dell'indice, questo consente un approccio - sia pur semplicistico - al problema della valutazione soggettiva della sensazione di caldo afoso.

L'indice Humidex (H) è così formulato:

$$\text{Humidex} = T_{\text{air}} + 0.5555 \left[6.11 e^{5417.7530 \left(\frac{1}{273.16} - \frac{1}{T_{\text{dew}}} \right)} - 10 \right]$$

$$H = T + 5/9 * (e-10) \text{ oppure } H = T + 0,5555 * (e-10)$$

dove T è la temperatura dell'aria (in °C), ed "e" è la pressione di vapore dell'aria (hPa) osservata, per esempio tramite la misura con uno psicrometro. Poiché quest'ultima grandezza non è facile da reperire, la si può calcolare a partire dall'umidità relativa:

$$e = (6,112 * 10^{(7,5 * T / (237,7 + T))}) * UR / 100$$

con T = temperatura dell'aria (°C) e UR = umidità relativa dell'aria (%).

H non ha un'unità di misura propria, ma corrisponde a un numero puro, pertanto lo si può abitualmente associare alla stessa unità della temperatura (°C) anche se si tratta di un indice e non di una grandezza fisica. Utilizzando la tabella sottostante è possibile ottenere rapidamente, dai dati misurati di temperatura e umidità relativa, il valore di temperatura che il corpo umano percepisce. Con riferimento a tale indice si riporta di seguito la tabella riguardante i possibili effetti sul corpo umano dell'azione combinata della temperatura e dell'umidità relativa.

² <https://en.wikipedia.org/wiki/Humidex>





Indice Humidex della temperatura apparente																
T (° C)	Umidità relativa (%)															
	25%	30%	35%	40%	45%	50%	55%	60%	65%	70%	75%	80%	85%	90%	95%	100%
42°	48°	50°	52°	55°	57°	59°	62°	64°	66°	68°	71°	73°	75°	77°	80°	82°
41°	46°	48°	51°	53°	55°	57°	59°	61°	64°	66°	68°	70°	72°	74°	76°	79°
40°	45°	47°	49°	51°	53°	55°	57°	59°	61°	63°	65°	67°	69°	71°	73°	75°
39°	43°	45°	47°	49°	51°	53°	55°	57°	59°	61°	63°	65°	66°	68°	70°	72°
38°	42°	44°	45°	47°	49°	51°	53°	55°	56°	58°	60°	62°	64°	66°	67°	69°
37°	40°	42°	44°	45°	47°	49°	51°	52°	54°	56°	58°	59°	61°	63°	65°	66°
36°	39°	40°	42°	44°	45°	47°	49°	50°	52°	54°	55°	57°	59°	60°	62°	63°
35°	37°	39°	40°	42°	44°	45°	47°	48°	50°	51°	53°	54°	56°	58°	59°	61°
34°	36°	37°	39°	40°	42°	43°	45°	46°	48°	49°	51°	52°	54°	55°	57°	58°
33°	34°	36°	37°	39°	40°	41°	43°	44°	46°	47°	48°	50°	51°	53°	54°	55°
32°	33°	34°	36°	37°	38°	40°	41°	42°	44°	45°	46°	48°	49°	50°	52°	53°
31°	32°	33°	34°	35°	37°	38°	39°	40°	42°	43°	44°	45°	47°	48°	49°	50°
30°	30°	32°	33°	34°	35°	36°	37°	39°	40°	41°	42°	43°	45°	46°	47°	48°
29°	29°	30°	31°	32°	33°	35°	36°	37°	38°	39°	40°	41°	42°	43°	45°	46°
28°	28°	29°	30°	31°	32°	33°	34°	35°	36°	37°	38°	39°	40°	41°	42°	43°
27°	27°	27°	28°	29°	30°	31°	32°	33°	34°	35°	36°	37°	38°	39°	40°	41°
26°	26°	26°	27°	28°	29°	30°	31°	32°	33°	34°	34°	35°	36°	37°	38°	39°
25°	25°	25°	26°	27°	27°	28°	29°	30°	31°	32°	33°	34°	34°	35°	36°	37°
24°	24°	24°	24°	25°	26°	27°	28°	28°	29°	30°	31°	32°	33°	33°	34°	35°
23°	23°	23°	23°	24°	25°	25°	26°	27°	28°	28°	29°	30°	31°	32°	32°	33°
22°	22°	22°	22°	23°	24°	25°	25°	26°	27°	27°	28°	29°	30°	30°	30°	31°
T (° C)	25%	30%	35%	40%	45%	50%	55%	60%	65%	70%	75%	80%	85%	90%	95%	100%

Umidità relativa (%)	
Al di sopra di 54°	Colpo di calore imminente (pericolo di morte).
Da 46° a 53°	Grave pericolo. Sospendere le attività fisiche.
Da 40° a 45°	Sensazione di malessere generalizzato. Pericolo. Evitare gli sforzi.
Da 35° a 39°	Malessere ben percepito. Prudenza. Limitare le attività fisiche gravose.
Da 30° a 34°	Sensazione di malessere più o meno significativa.
Al di sotto di 29°	Poche persone, percepiscono disagio.

Tabella 13. Quantificazione dell'indice Humidex e ripartizione in fasce di pericolosità

4. Metodologia di analisi e costruzione del geodatabase di riferimento

Il presente studio propone due diverse chiavi di lettura del fenomeno, infatti analizzando la distribuzione delle superfici si comprende la variazione "climatica" intercorrente nel breve periodo, mentre focalizzando l'attenzione sulla popolazione sottoposta ai rischi derivanti dall'esposizione a valori critici dell'indice oggetto di studio se ne percepisce la percentuale esposta a tali pericoli. Grazie ai dati pubblicati dall'Istituto Ispra⁴, nell'ambito del progetto SCIA (Sistema nazionale per la raccolta elaborazione dei dati climatici d'interesse ambientale) è stato possibile avere a disposizione un quadro completo riguardante la quantificazione delle temperature massime e dell'umidità relative afferenti alle annualità censuarie. L'utilizzo di un software ArcGis ha permesso di poter sovrapporre gli strati inerenti all'indice Humidex con quelli vettoriali inerenti ai comuni italiani per effettuare un'analisi molto precisa riguardante il territorio e la relativa popolazione appartenente a ogni fascia dell'indicatore come mostrata nella precedente tabella.

Sono stati rilevati alcuni problemi nell'utilizzo degli strumenti raster legati, come è noto, alle difficoltà di confrontare un dato raster e un vettoriale contraddistinti da due risoluzioni di partenza piuttosto diverse e costringendo gli autori all'adozione della risoluzione più bassa. Per il confronto con la popolazione è stato utilizzato lo strato delle sezioni di censimento che ha una risoluzione estremamente più elevata degli strati della SCIA. L'attribuzione dei valori dei raster al database "poligonale" induceva un errore consistente facendo scomparire un numero elevato di poligoni.

³ <http://www.anagen.net/corpo-umano-caldo.htm>

⁴ http://www.scia.isprambiente.it/home_new.asp





Inoltre la diversa risoluzione dei dati ha posto un ulteriore problema di dati mancanti in corrispondenza di alcuni comuni costieri che è stato superato soltanto grazie all'imputazione dei dati delle celle limitrofe.

La scelta delle annualità censuarie (1991, 2001, 2011) ha permesso un'allocazione territoriale della popolazione certamente molto precisa. Riproponendo le scale di valori e le corrispondenti colorazioni mostrate nelle figure 1,2 e 3 sono state ottenute le seguenti tematizzazioni:

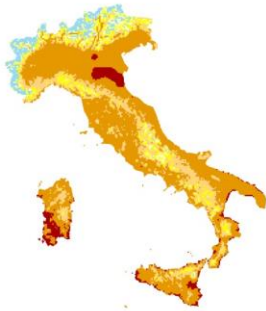


Figura 1. Temperature massime (Anno 1991)

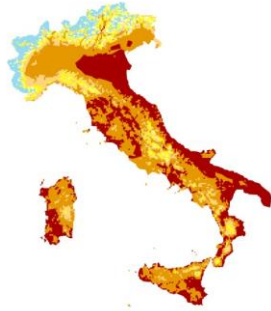


Figura 2. Temperature massime (Anno 2001)

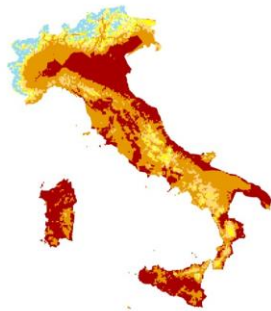


Figura 3. Temperature massime (Anno 2011)





Le tre figure mostrano oltre ad un riscaldamento nazionale progressivo, che segue l'andamento mondiale, anche una situazione che evidenzia come ampie porzioni della popolazione italiana siano potenzialmente sottoposte ai pericoli derivanti dall'esposizione prolungata a un elevato prodotto dell'alta temperatura e dell'umidità. Andando a quantificare le cifre di questo disagio climatico ci si è resi conto che un'elevata percentuale di popolazione è esposta ai potenziali rischi derivanti da tale fenomeno.

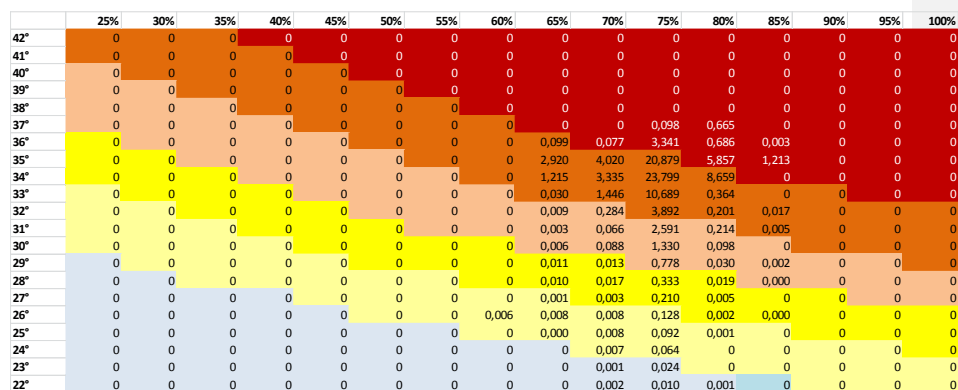


Figura 4. Distribuzione delle percentuali di popolazione nelle varie fasce (Anno 1991)

La ripartizione della popolazione nell'anno 1991 per le varie fasce dell'indicatore Humidex è il seguente:

	POP	%	
	27.991	0,048523	Poche persone percepiscono disagio
	186.217	0,322814	Sensazione di malessere più o meno significativa
	359.505	0,623215	Malessere ben percepito. Limitare le attività fisiche gravose
	3.171.663	5,498193	Sensazione di malessere generalizzato. Pericolo. Evitare gli sforzi
	47.052.792	81,56772	Grave pericolo. Sospendere le attività fisiche
	6.887.388	11,93954	Colpo di calore imminente (pericolo di morte)

Figura 5. Popolazione e relativa percentuale relativa a ogni fascia di valori di Humidex (Anno 1991)

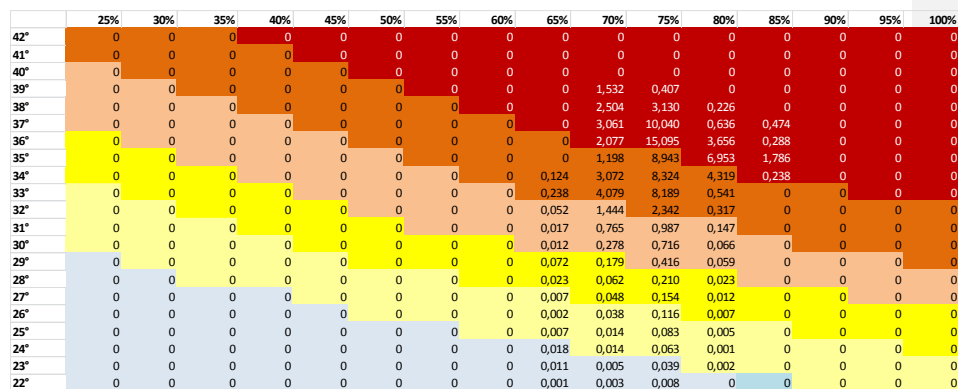


Figura 6. Distribuzione delle percentuali di popolazione nelle varie fasce (Anno 2001)





La ripartizione della popolazione nell'anno 2001 per le varie fasce dell'indicatore Humidex è il seguente:

	POP	%	
	62.024	0,108819	Poche persone percepiscono disagio
	200.672	0,352074	Sensazione di malessere più o meno significativa
	450.473	0,790343	Malessere ben percepito. Limitare le attività fisiche gravose
	2.826.810	4,959564	Sensazione di malessere generalizzato. Pericolo. Evitare gli sforzi
	23.759.652	41,68568	Grave pericolo. Sospendere le attività fisiche
	29.697.521	52,10352	Colpo di calore imminente (pericolo di morte)

Figura 7. Popolazione e relativa percentuale relativa a ogni fascia di valori di Humidex (Anno 2001)

	25%	30%	35%	40%	45%	50%	55%	60%	65%	70%	75%	80%	85%	90%	95%	100%
42°	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
41°	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,000	0	0	0	0	0
40°	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,000	0,101	0	0	0	0	0
39°	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,070	0,554	0	0	0	0	0
38°	0	0	0	0	0	0	0	0	0,051	7,660	4,489	0,033	0	0	0	0
37°	0	0	0	0	0	0	0	0	0,057	17,527	8,873	0,003	0	0	0	0
36°	0	0	0	0	0	0	0	0	0,043	13,503	10,248	0,000	0	0	0	0
35°	0	0	0	0	0	0	0	0	0,157	9,936	10,059	0,000	0	0	0	0
34°	0	0	0	0	0	0	0	0	0,016	4,118	3,994	0	0	0	0	0
33°	0	0	0	0	0	0	0	0	0,042	2,313	1,529	0,000	0	0	0	0
32°	0	0	0	0	0	0	0	0	0,004	1,074	0,613	0	0	0	0	0
31°	0	0	0	0	0	0	0	0	0,012	0,637	0,560	0	0	0	0	0
30°	0	0	0	0	0	0	0	0	0,064	0,373	0,219	0	0	0	0	0
29°	0	0	0	0	0	0	0	0	0,018	0,254	0,101	0,000	0	0	0	0
28°	0	0	0	0	0	0	0	0	0,001	0,161	0,044	0	0	0	0	0
27°	0	0	0	0	0	0	0	0	0,001	0,110	0,033	0	0	0	0	0
26°	0	0	0	0	0	0	0	0	0,004	0,104	0,034	0	0	0	0	0
25°	0	0	0	0	0	0	0	0	0,006	0,090	0,012	0	0	0	0	0
24°	0	0	0	0	0	0	0	0	0,001	0,046	0,001	0	0	0	0	0
23°	0	0	0	0	0	0	0	0	0,001	0,020	0,001	0	0	0	0	0
22°	0	0	0	0	0	0	0	0	0,000	0,010	0,001	0	0	0	0	0

Figura 8. Distribuzione delle percentuali di popolazione nelle varie fasce (Anno 2011)

La ripartizione della popolazione nell'anno 2011 per le varie fasce dell'indicatore Humidex è il seguente:

	POP	%	
	26.884	0,045241	Poche persone percepiscono disagio
	177.574	0,298827	Sensazione di malessere più o meno significativa
	368.897	0,620791	Malessere ben percepito. Limitare le attività fisiche gravose
	1.808.971	3,04419	Sensazione di malessere generalizzato. Pericolo. Evitare gli sforzi
	19.503.157	32,82049	Grave pericolo. Sospendere le attività fisiche
	37.538.245	63,17046	Colpo di calore imminente (pericolo di morte)

Figura 9. Popolazione e relativa percentuale relativa a ogni fascia di valori di Humidex (Anno 2011)

5. Conclusioni

La scelta temporale delle annualità censuarie ha permesso di collegare le temperature massime rilevate con dati, afferenti alla popolazione, estremamente dettagliati. Allo scopo di offrire una misura della vulnerabilità si è proceduto al calcolo delle percentuali regionali di individui, della classe di età "65 e oltre", che sono sottoposti alla percezione dei valori più elevati dell'indice Humidex.

Tabella 2. Percentuale di "over 64" residenti nelle zone sottoposte ai valori più alti dell'indice – Anno 1991/2001/2011





Regione	%	Regione	%	Regione	%
Sardegna	45,93	Puglia	92,42	Sardegna	93,74
Emilia-Romagna	26,66	Marche	79,86	Emilia-Romagna	90,06
Sicilia	25,93	Emilia-Romagna	79,02	Marche	87,48
Calabria	16,15	Umbria	65,99	Veneto	77,37
Puglia	9,53	Abruzzo	62,97	Umbria	69,93
Veneto	4,81	Toscana	62,44	Lazio	64,48
Basilicata	1,90	Sardegna	59,35	Sicilia	63,37
Lombardia	0,57	Sicilia	56,24	Puglia	63,10
Lazio	0,06	Calabria	51,31	Toscana	61,86

Anche la scelta significativa di questa classe di età fa emergere come il fenomeno del riscaldamento progressivo globale manifesti naturalmente i propri effetti anche in Italia colpendo le fasce più vulnerabili. L'innalzamento delle temperature sia nel contesto italiano che in quello mondiale ha una sostanziosa storiografia che ha permesso un'ottima base di partenza per effettuare questo studio. Poter coinvolgere la popolazione per spiegarne in cifre quale sia la sua vulnerabilità al fenomeno, ha rappresentato la discriminante che si è voluta ottenere. I dati proposti rappresentano una tappa di passaggio verso lo studio riguardante il coinvolgimento delle altre classi di età e l'eventuale incidenza delle temperature, al pari degli elementi geomorfologici terrestri, nei fenomeni di urbanizzazione. Allo scopo di garantire la comparabilità si è deciso di utilizzare lo standard tabellare con cui tale indicatore è stato rappresentato precedentemente nella sua storicità.

Riferimenti

Masterton, J.M., and F. A. Richardson, 1979: Humidex, A Method of Quantifying Human Discomfort Due to Excessive Heat and Humidity, CLI 1-79, Environment Canada, Atmospheric Environment Service, Downsview, Ontario, 45 pp.

Thom. E. C. (1959): The discomfort index. *Weatherwise*, 12, 57-60

Steadman, R. G., 1979a: The assessment of sultriness: Part I: A temperature-humidity index based on human physiology and clothing science. *J. Appl. Meteor.*, 18, 861-873.

Steadman, R. G., 1979b: The assessment of sultriness: Part II: Effect of wind, extra radiation, and barometric pressure on apparent temperature. *J. Appl. Meteor.*, 18, 874-884.

Steadman, R. G., 1984: A universal scale of apparent temperature. *J. Climate Appl. Meteor.*, 23, 1674-1687.

<http://www.istat.it/it/strumenti/territorio-e-cartografia>

http://www.salute.gov.it/portale/temi/p2_6.jsp?lingua=italiano&id=420&area=emergenzaCaldo&menu=vuoto

Servizio Meteorologico Canadese www.weatheroffice.pyr.ec.gc.ca/ne.htm

http://www.scia.isprambiente.it/home_new.asp

