

IL SISTEMA DI PREVISIONE DEL DISAGIO BIOCLIMATICO IN EMILIA-ROMAGNA

Verifica funzionamento servizio – Estate 2005



Struttura Tematica di Epidemiologia Ambientale
Servizio Idrometeorologico

IL SISTEMA DI PREVISIONE DEL DISAGIO BIOCLIMATICO IN EMILIA-ROMAGNA

Verifica funzionamento servizio – Estate 2005

A cura di:

Pirretti Giovanna

Scotto Fabiana

Selvini Andrea

Zauli Sajani Stefano

SOMMARIO

PREMESSA	4
1. L'EFFETTO DEL DISAGIO BIOCLIMATICO SULLA MORTALITA' E LA DEFINIZIONE DELLE SOGLIE	6
1.1 Approccio metodologico	6
1.2 Risultati	12
1.3 Analisi della mortalita' attribuibile	18
1.4 Discussione e conclusioni	20
2. IMPOSTAZIONE DEL SERVIZIO	22
3. VERIFICA FUNZIONAMENTO SERVIZIO	26
2.1 Situazione meteorologica estate 2005	26
2.2 Verifica della qualità delle previsioni	28
4. IL GRADIMENTO DEL SERVIZIO	41
5. PROSPETTIVE DI SVILUPPO	43

PREMESSA

Gli effetti sanitari associati a condizioni opprimenti di caldo-umido costituiscono un importante problema di salute pubblica. Eventi estremi come quello verificatosi durante l'estate 2003 nell'Europa centrale e meridionale possono dar luogo a vere e proprie situazioni di emergenza per i sistemi di sanità pubblica. A causa inoltre delle previsioni più largamente accreditate sui cambiamenti climatici e sull'intensità e frequenza delle ondate di calore, il problema degli effetti sanitari del disagio bioclimatico pare destinato ad assumere nelle prossime decenni un'importanza sempre maggiore.

Gli studi condotti fino ad oggi hanno evidenziato come gli effetti cardiovascolari e respiratori siano preminenti e come molti decessi interessino persone con pre-esistenti patologie, come il diabete, l'infarto al miocardio, problemi respiratori e di salute mentale. A livello individuale, oltre che fattori legati allo stato di salute, anche altri fattori demografici (età, sesso, razza, stato socio-economico), e comportamentali (fare uso di alcolici o psicofarmaci, vivere da soli, usare apparecchiature per il condizionamento dell'aria) possono influenzare il rischio legato al disagio bioclimatico. Questi fattori individuali, insieme a fattori genetici e di acclimatazione, sono responsabili delle forti eterogeneità negli effetti riscontrate nei principali studi multi-centrici e rendono di grande importanza l'attivazione di studi locali. Le persone che vivono alle medie latitudini ed in particolare in aree con clima di tipo continentale sono più vulnerabili; esposte a rischio ancora maggiore sono le persone che vivono all'interno degli ambiti urbani, per ragioni di tipo sia sociale che meteorologico (le aree urbane sono interessate dal fenomeno chiamato "isola di calore").

L'entità del rischio sanitario legato alle ondate di calore evidenzia l'importanza di allestire, soprattutto in un'area fortemente urbanizzata e con caratteristiche climatiche come quella emiliano-romagnola, sistemi di allerta e di prevenzione bioclimatica. In quest'ottica ARPA Emilia-Romagna ha attivato fin dall'estate 2004 un servizio sperimentale di previsione del disagio bioclimatico. Il servizio, nato dalla volontà della Direzione Generale Sanità e Politiche Sociali della Regione e di ARPA Emilia-Romagna, è stato realizzato in collaborazione tra la Struttura Tematica di Epidemiologia Ambientale, il Servizio Idrometeorologico, l'Area Comunicazione e il Sistema

Informativo di ARPA. Di concerto e con il supporto della Regione Emilia-Romagna (delibera regionale n. PRC/05/40031) è stato definito un piano di sviluppo in termini organizzativi, scientifici e comunicativi del sistema avviato nel corso dell'estate 2004. Il piano, di durata triennale (da maggio 2005 ad aprile 2008), ha come obiettivo principale l'allestimento e lo sviluppo operativo e contenutistico di un sito web di previsione del disagio bioclimatico che possa utilmente inserirsi nei piani e nelle strategie di prevenzione sanitaria degli enti competenti.

Questo report vuole sintetizzare i risultati delle attività finora condotte e fare un primo parziale bilancio del funzionamento del sistema nell'estate 2005. Il primo capitolo ripercorre i risultati di uno studio condotto a Bologna per valutare l'effetto sulla mortalità del disagio bioclimatico. I risultati di tale studio hanno costituito la base per la definizione delle soglie del sistema di allerta. Il secondo capitolo illustra l'impostazione adottata per il sistema di previsione e di comunicazione nell'estate 2005, mentre il terzo capitolo ne traccia un primo bilancio nell'ambito della sua efficacia predittiva. Il quarto capitolo analizza poi il gradimento del servizio fornito, valutato in termini di accessi al sito. Il quinto capitolo traccia infine una sintetica descrizione delle linee di sviluppo del sistema.

1. LA DEFINIZIONE DELLE SOGLIE E L'IMPATTO DEL DISAGIO BIOCLIMATICO SULLA MORTALITÀ'

Questo capitolo intende presentare in forma sintetica i risultati di un'indagine epidemiologica condotta a Bologna sull'effetto del disagio bioclimatico sulla mortalità. Lo scopo dello studio è stato duplice. Da un lato si è voluto indagare quali fossero le soglie da utilizzare nel sistema di allerta bioclimatica. Dall'altra si è voluto dare una prima valutazione dell'impatto sulla mortalità di questo fattore di rischio a diverse scale temporali (giornaliera, mensile, estiva) avendo come obiettivo una prima valutazione di del contributo del cosiddetto effetto "harvesting" agli incrementi di mortalità che si riscontrano in occasione di ondate di calore. Tale questione riveste un'importanza non secondaria, anche in funzione degli investimenti nell'allestimento di un sistema di allerta bioclimatica e nel complesso dei possibili interventi di prevenzione.

1.1 Approccio metodologico

Lo studio ha analizzato gli effetti del disagio bioclimatico estivo sulla mortalità nel periodo 1989-2003. L'area indagata è l'area urbana di Bologna: si è scelto di comprendere in questa definizione i tre comuni di Bologna, Casalecchio e S.Lazzaro, in quanto contrassegnati da una pressoché unica edificazione che rende l'area in buona approssimazione uniforme da un punto di vista bioclimatico. I dati sanitari analizzati sono i dati di mortalità dei residenti nell'area di studio, ivi deceduti. Si è scelto di considerare solo i decessi avvenuti nell'area di studio per poter associare con ragionevole accuratezza ad ogni decesso una determinata condizione bioclimatica. A questo proposito, si tenga però presente che la mortalità estiva fuori dall'area considerata è più alta nei mesi estivi e in particolare in agosto, dove raggiunge circa il 20% del totale. E' quindi probabile che la scelta di considerare solo i deceduti nell'area porti ad una sottostima degli effetti del disagio bioclimatico sulla mortalità, in quanto la mortalità fuori dall'area è più elevata nei mesi caratterizzati dalla frequenza più elevata di onde di calore.

Le cause di morte considerate in questa prima analisi sono:

- Mortalità totale;
- Mortalità per cause naturali (ICDIX 1-799);
- Mortalità per cause cardiovascolari (ICDIX 390-459);

- Mortalità per cause respiratorie (ICDIX 460-519);

L'effetto del disagio bioclimatico sulla mortalità è stato analizzato utilizzando regressioni di Poisson a diverse scale temporali: giornaliera, mensile, estiva. La scelta della triplice finestra temporale ha avuto lo scopo di verificare l'entità degli effetti a brevissimo termine e la persistenza o il riassorbimento di tali effetti su archi temporali più lunghi.

Da una analisi preliminare è risultato che la mortalità si mantiene costante fino ad un valore soglia dell'indice di Thom (approssimativamente 24), oltre il quale cresce in modo lineare (in scala log-lineare). Alla scala mensile ed estiva, coerentemente con questo approccio, si è utilizzato come parametro bioclimatico un valore integrale dei superamenti della soglia 24 nella finestra temporale considerata.

Il periodo di riferimento per l'analisi è 15 Maggio-31 Agosto. Gli ultimi 15 giorni di Maggio sono stati inseriti nell'analisi in quanto in alcuni anni si sono verificate condizioni di disagio bioclimatico. Le analisi mensili sono state fatte solo per il periodo Giugno-Agosto. Non si è considerato Maggio in quanto si sarebbero fatte analisi riferite solo a metà mese e quindi poco confrontabili con le altre. Per le analisi sulle intere estati si è considerato anche il periodo allargato 15 Maggio-30 Settembre. L'inserimento del mese di settembre ha avuto lo scopo di rilevare un eventuale deficit di mortalità successivo al periodo in cui normalmente si verificano gli episodi di disagio. Si è ritenuto di non considerare i mesi successivi a settembre in quanto nel periodo autunnale e invernale si manifestano fattori di rischio diversi che potrebbero confondere in modo sostanziale l'analisi.

L'analisi per classi di età è stata condotta per le classi 0-64, 65-74, 75-84 e >85, scelte secondo criteri di numerosità delle classi e di coerenza con i metodi e i risultati di buona parte degli studi epidemiologici sul disagio bioclimatico.

Si è scelto di analizzare gli effetti a breve termine associando il dato bioclimatico al dato di mortalità del giorno stesso. Il lag 0, oltre ad essere il più semplice, si è infatti dimostrato nella maggior parte degli studi l'approccio migliore o quantomeno non peggiore degli altri possibili approcci.

L'area di studio comprende, al 2003, una popolazione di circa 420000 persone. Di queste, circa l'85% risiede nel Comune di Bologna, l'8% nel Comune di Casalecchio e il 7% nel Comune di S.Lazzaro. I dati demografici sono stati raccolti ed analizzati per classi quinquennali, aggregando per i soggetti con età superiore a 95 anni.

Sintetizzando l'andamento temporale del quadro demografico, è possibile dire che, nel periodo analizzato, la struttura demografica della popolazione ha subito una sensibile trasformazione, con un limitato decremento del numero complessivo dei residenti e un progressivo aumento del numero assoluto degli appartenenti alle classi di età più elevate e della loro percentuale rispetto al totale della popolazione. Si evidenzia in particolare come il numero assoluto dei > 85 anni, che la letteratura identifica come i soggetti più esposti all'effetto delle onde di calore, sia quasi raddoppiato, sia in termini assoluti che in percentuale rispetto al totale della popolazione.

L'evoluzione della struttura per età della popolazione ha reso necessaria una standardizzazione dei dati di mortalità. Si è effettuata una standardizzazione diretta per classi quinquennali e per sesso, prendendo a riferimento la struttura per età della popolazione dell'area considerata nel 2003. Il popolamento delle varie classi per ogni anno è stato ottenuto come media del dato al 31/12 dell'anno considerato e del dato al 31/12 dell'anno precedente. E' evidente come la procedura di standardizzazione aumenti la mortalità attribuita ad ogni anno, progressivamente più evidente all'allontanarsi retrospettivamente dal 2003. Dall'analisi degli andamenti dei dati di mortalità risultanti dalla standardizzazione è poi emersa la presenza di un trend decrescente, significativo per la mortalità totale, naturale e cardiovascolare. Tale trend non è associabile ad un trend nel fattore di rischio considerato (disagio bioclimatico) ed è stato attribuito all'evoluzione delle condizioni socio-economiche e dell'assistenza sanitaria. Si è quindi ritenuto opportuno depurare l'andamento della mortalità di questo trend. Nelle analisi per fasce d'età, si è operata una detrendizzazione specifica per ogni fascia d'età. In conclusione, si sono ricavati i parametri per la detrendizzazione per ogni sesso, aggregazione di causa di morte, e macrofascia di età. I parametri per la detrendizzazione ricavati rispetto agli andamenti della mortalità estiva aggregata sono stati poi utilizzati anche per la detrendizzazione dei dati mensili e giornalieri.

La definizione dei livelli di disagio bioclimatico è avvenuta tramite l'utilizzo dell'indice di Thom, un indice largamente utilizzato in letteratura per condizioni di caldo-umido. Tale indice è una funzione abbastanza complessa della temperatura e dell'umidità relativa, con la prima che, come risulta dalla Figura 1.1.1, riveste un ruolo prioritario: fissata la temperatura, l'incremento di umidità relativa necessario per aumentare l'indice di Thom di due unità è molto maggiore dell'incremento di temperatura necessario per produrre il

medesimo incremento dell'indice bioclimatico. Il grado di disagio bioclimatico giornaliero è stato definito in termini di valori medi dell'indice di Thom e della temperatura media. Si è scelto di utilizzare il valore medio in quanto legato sia alle condizioni diurne più sfavorevoli sia a quelle notturne, importanti per un eventuale recupero fisico. Le analisi sono state fatte sia rispetto al numero dei superamenti che all'entità dei superamenti stessi. Nel caso delle elaborazioni estive o mensili si è calcolato quindi sia il numero dei giorni caratterizzati da livelli di disagio bioclimatico oltre alcuni possibili valori soglia, sia la somma delle entità di tali superamenti (talvolta indicato nel testo come integrale dei superamenti).

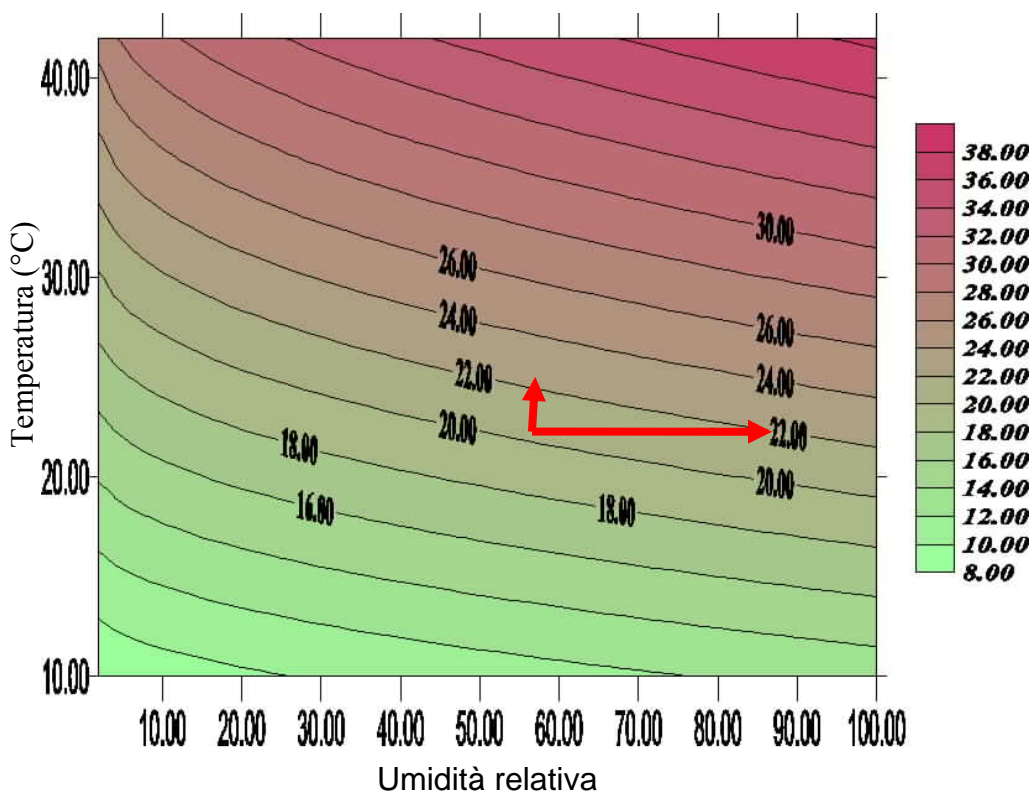


Figura 1.1.1 - Isolinee dell'indice di Thom in funzione dei valori di temperatura e dell'umidità relativa

I dati di temperatura ed umidità utilizzati per ricavare i valori dell'indice sono stati derivati dalla stazione meteorologica "Borgo Panigale", sita nella periferia di Bologna in prossimità dell'aeroporto. Non sono stati utilizzati, se non per una correzione finale, i dati della stazione "8 Agosto", sita in pieno centro storico e probabilmente più rappresentativa del disagio bioclimatico urbano, in quanto tale stazione è stata attivata nel 2001 (e tra l'altro recentemente riposizionata). La numerosità dei dati di Borgo Panigale per l'intero periodo è risultata del 91% per quanto riguarda i dati di

temperatura e del 74% per quanto riguarda i dati di umidità. Per riempire i dati mancanti si è scelto di utilizzare una procedura basata sulla stima delle funzioni di regressione calcolate rispetto alle centraline meteo attive più vicine e meglio correlate. La tabella 1.1.1 evidenzia i livelli di correlazione di 4 delle centraline candidate e la lunghezza della loro serie storica. Nonostante i livelli di correlazione non si differenzino in modo sostanziale e la scelta non risulti quindi univoca, si è scelto di utilizzare come stazioni di riferimento per l'integrazione dei dati mancanti, "Settefonti" per gli anni 1989-1993 e "Sala Bolognese" per gli anni 1994-2003.

Nome stazione	Lunghezza serie storica	Corr estiva temperatura con Borgo Panigale (R)	Corr estiva umidità con Borgo Panigale (R)
Sala Bolognese	1994-2003	0,98	0,80
Settefonti	1989-2003	0,94	0,85
Finale Emilia	1989-2003	0,94	0,79
Castelfranco	1992-2003	0,95	0,72

Tabella 1.1.1 – Stazioni potenzialmente utilizzabili per il riempimento dei dati mancanti della stazione di Borgo Panigale

Ultimo passaggio nella definizione bioclimatica dell'area è stato la correzione dei dati della stazione "Borgo Panigale" con i dati della già citata stazione "8 Agosto". La tabella sottostante riporta gli indici di determinazione lineare e le funzioni di regressione ricavate tra le stazioni "Borgo Panigale" e "8 Agosto". Dalla tabella 1.1.2 si evince come nella stazione "Borgo Panigale" la temperatura sia in genere leggermente più bassa e l'umidità leggermente più elevata. L'effetto complessivo in termini di correzione dei valori dell'indice bioclimatico è un incremento molto limitato (a riprova della maggior importanza della temperatura nella definizione dell'indice di Thom).

R ² temperatura	Funzione temperatura	R ² umidità	Funzione umidità
0,96	$y = 0,99 * \text{Borgo} + 0,82$	0,79	$y = 0,97 * \text{Borgo} - 6,36$

Tabella 1.1.2 – Analisi della relazione tra la temperatura e l'umidità rilevate dalla stazione Borgo Panigale e 8 Agosto

L'andamento delle variabili meteo nel periodo considerato ha visto una tendenza all'aumento del disagio bioclimatico, sia in termini di valori medi estivi, sia in termini di numero di episodi acuti (numero di giorni oltre le soglie di disagio). La tabella 1.1.3 riporta i valori dell'analisi del trend condotta con una regressione lineare. Tale analisi ha evidenziato un andamento crescente delle variabili temperatura e indice di Thom e un andamento viceversa decrescente dell'umidità relativa. Occorre dire che l'umidità relativa è legata alla temperatura con una relazione di proporzionalità inversa. Occorrerebbe quindi, per una analisi relativa al contenuto di umidità, una indagine condotta anche in termini di contenuto di umidità assoluta. La significatività di tali trend è raggiunta solo rispetto ai valori medi estivi di temperatura ed umidità relativa.

	R ²	B	p-value
Temperatura media estiva	0,31	0,11	0,03
Umidità relativa media estiva	0,35	-0,55	0,02
Indice di Thom medio estivo	0,18	0,05	0,11
Numero giorni Thom > 23	0,08	0,84	0,31
Numero giorni Thom > 24	0,03	0,44	0,52
Numero giorni Temp > 26	0,18	1,40	0,11
Numero giorni Temp > 27	0,14	1,13	0,16

Tabella 1.1.3 – Parametri delle regressioni lineari derivate per l'identificazione dei trend

1.2 Risultati

Le analisi condotte hanno evidenziato un generale aumento della mortalità media giornaliera in corrispondenza a valori elevati dell'indice bioclimatico. Le figure 1.1.1-1.1.3 riportano l'intervallo di variabilità della media della mortalità (errore standard) in corrispondenza di ogni valore dell'indice. Tale errore standard risulta di solito, grazie alla lunghezza della serie storica utilizzata e quindi alla numerosità del campione, abbastanza contenuto.

Le funzioni "dose-risposta" sono risultate di forma simile per tutte le aggregazioni di patologie considerate e per entrambi gli indici bioclimatici. Tali funzioni sono caratterizzate da un andamento approssimativamente costante fino ad un valore soglia, quando la funzione comincia a evidenziare una crescita in buona approssimazione lineare. Gli andamenti delle funzioni dose-risposta sembrano quindi suggerire l'esistenza di valori soglia di disagio bioclimatico, anche se l'identificazione di dette soglie non è univoca. I valori plausibili per soglie sono 23 o 24. Aggregando con una media pesata i dati di mortalità di maschi e femmine per le classi sotto alla soglia identificata e per le due classi con i valori più elevati si può stimare pari a circa il 30% l'incremento di mortalità totale, naturale e cardiovascolare e a circa l'80% l'incremento di mortalità respiratoria in corrispondenza alle condizioni bioclimatiche più sfavorevoli.

La tabella 1.2.1 mostra l'incremento percentuale di mortalità associato ad un incremento unitario dell'indice di Thom alla scala giornaliera, mensile ed estiva. Le percentuali riportate nella tabella possono essere interpretate come l'incremento di mortalità rispetto alla mortalità di baseline associato ad un unico giorno caratterizzato da un incremento unitario dell'indice di Thom oltre la soglia e misurato a scala giornaliera, mensile ed estiva (le percentuali mensili ed estive sono state "normalizzate" a quella giornaliera).

L'incremento percentuale ottenuta a scala estiva è risultato il più elevato, seguito da quello mensile e da quello giornaliero. In particolare, l'incremento di rischio ottenuto a scala estiva rispetto alla mortalità totale è circa due volte maggiore di quello ottenuto a scala giornaliera; rispetto alla mortalità respiratoria, il rapporto tra gli incrementi ottenuti alle due scale temporali è di circa 3.

La tabella 1.2.2 mostra i risultati delle regressioni di Poisson in termini di pseudo-R².

I coefficienti pseudo-R² più alti sono stati ottenuti per la mortalità totale e naturale e diventano più elevati aumentando la finestra temporale delle analisi (La Figura 2 mostra gli scatter plot alle tre scale temporali per la mortalità totale vs l'indice bioclimatico).

		M+F	M	F
Tutte le cause	Giorno	13* (9 17)	13* (7 20)	12* (7 18)
	Mese	15* (10 21)	13* (5 20)	23* (16 31)
	Estate	27* (18 36)	25* (12 39)	29* (16 41)
Naturali	Giorno	12* (8 16)	12* (6 19)	12* (6 17)
	Mese	15* (10 20)	12* (4 20)	23* (16 30)
	Estate	25* (16 35)	22* (8 36)	28* (15 41)
Cardiovascolari	Giorno	15* (8 23)	17* (6 30)	14* (5 23)
	Mese	18* (9 27)	6 (-8 20)	31* (20 43)
	Estate	27* (11 43)	4 (-20 29)	44* (23 65)
Respiratorie	Giorno	27* (13 43)	21* (1 45)	32* (12 54)
	Mese	50* (32 68)	35* (10 60)	72* (48 97)
	Estate	78* (46 111)	94* (49 139)	61* (14 108)

*P<0.05

Tabella 1.2.1 – Incrementi percentuali ed intervalli di confidenza (al 95%) degli incrementi di mortalità giornaliera per scala temporale, causa di morte e sesso dovuti ad un incremento unitario dell'indice di Thom oltre la soglia.

Per valutare l'esistenza di una specificità nell'effetto delle eccezionali ondate di calore del 1998 e 2003, si sono ricalcolati i coefficienti di rischio escludendo i dati di questi due anni. I risultati dell'analisi non hanno subito sostanziali modifiche: prendendo a riferimento la mortalità totale, il rischio è diventato pari al 13% (8, 18) a scala giornaliera, al 12% (6, 18) a scala mensile ed al 21% (9, 33) a scala estiva.

	Giorno	Mese	Estate
Tutte le cause	0.08	0.21	0.51
Naturali	0.07	0.20	0.50
Cardiovascolari	0.04	0.11	0.25
Respiratorie	0.02	0.23	0.43

Tabella 1.2.2 – Pseudo-R² delle regressioni di Poisson tra la mortalità e l'indice di Thom (valore integrale oltre la soglia) per scala temporale e causa di morte.

Le associazioni tra il disagio bioclimatico e la mortalità nel periodo allargato Maggio-Settembre sono risultate molto simili alle associazioni ottenute considerando il periodo

Maggio-Agosto: 0.45, 0.46, 0.37 e 0.39 rispettivamente per la mortalità totale, naturale, cardiovascolare e respiratoria. Settembre non si è quindi rivelato un mese caratterizzato da una mortalità inferiore alla norma in corrispondenza ad estati con elevati incrementi di mortalità associati alle ondate di calore.

Gli incrementi di rischio ottenuti per la mortalità respiratoria sono risultati i più elevati a tutte le scale temporali. I rischi per gli uomini non differiscono sostanzialmente da quelli ottenuti per le donne. La differenza maggiore, seppur comunque non significativa, è stata trovata per la mortalità cardiovascolare alle scale mensile ed estiva.

Si è analizzata anche l'associazione tra mortalità e disagio rispetto ad alcune macrofasce d'età. Si è riscontrata una associazione positiva tra disagio bioclimatico e mortalità totale e naturale in tutte le macrofasce, anche se gli incrementi di rischio sono risultati significativi solo per gli ultra-75enni (Tabella 1.2.3). Alla scala giornaliera, gli incrementi di rischio degli ultra-75enni sono risultati, per la mortalità naturale, pari a circa 5 volte quelli ottenuti per gli individui di età inferiore ai 65 anni. I rischi aumentano in modo analogo con l'età alla scala mensile, mentre alla scala estiva sono state trovate solo piccole differenze tra le diverse macro-fasce d'età.

		Tutte le cause			Naturali		
		Giorno	Mese	Estate	Giorno	Mese	Estate
0-64	M+F	5 (-7 18)	5 (-11 21)	26 (-2 54)	3 (-9 16)	4 (-13 21)	22 (-7 51)
	M	5 (-10 22)	-3 (-24 17)	9 (-26 45)	4 (-11 22)	-4 (-25 17)	-1 (-38 36)
	F	4 (-14 26)	18 (-8 44)	54* (8 100)	1 (-17 23)	17 (-10 44)	60* (13 108)
65-74	M+F	6 (-3 17)	2 (-11 15)	19 (-5 42)	6 (-4 17)	2 (-11 16)	19 (-5 43)
	M	6 (-7 20)	2 (-16 19)	24 (-6 55)	6 (-7 20)	2 (-15 20)	26 (-5 57)
	F	7 (-7 24)	2 (-19 23)	10 (-26 47)	7 (-8 23)	2 (-19 23)	9 (-29 46)
>75	M+F	16* (11 21)	21* (15 28)	29* (18 40)	15* (10 20)	22* (15 28)	27* (16 38)
	M	18* (10 27)	17* (7 27)	29* (12 46)	18* (10 26)	17* (7 27)	26* (9 43)
	F	14* (8 21)	24* (16 32)	29* (14 43)	14* (8 20)	25* (17 33)	28* (13 43)

*P<0.05

Tabella 1.2.3 – Incrementi percentuali ed intervalli di confidenza (al 95%) degli incrementi di mortalità giornaliera per scala temporale, causa di morte, sesso e fascia d'età dovuti ad un incremento unitario dell'indice di Thom (valore integrale oltre la soglia) oltre la soglia.

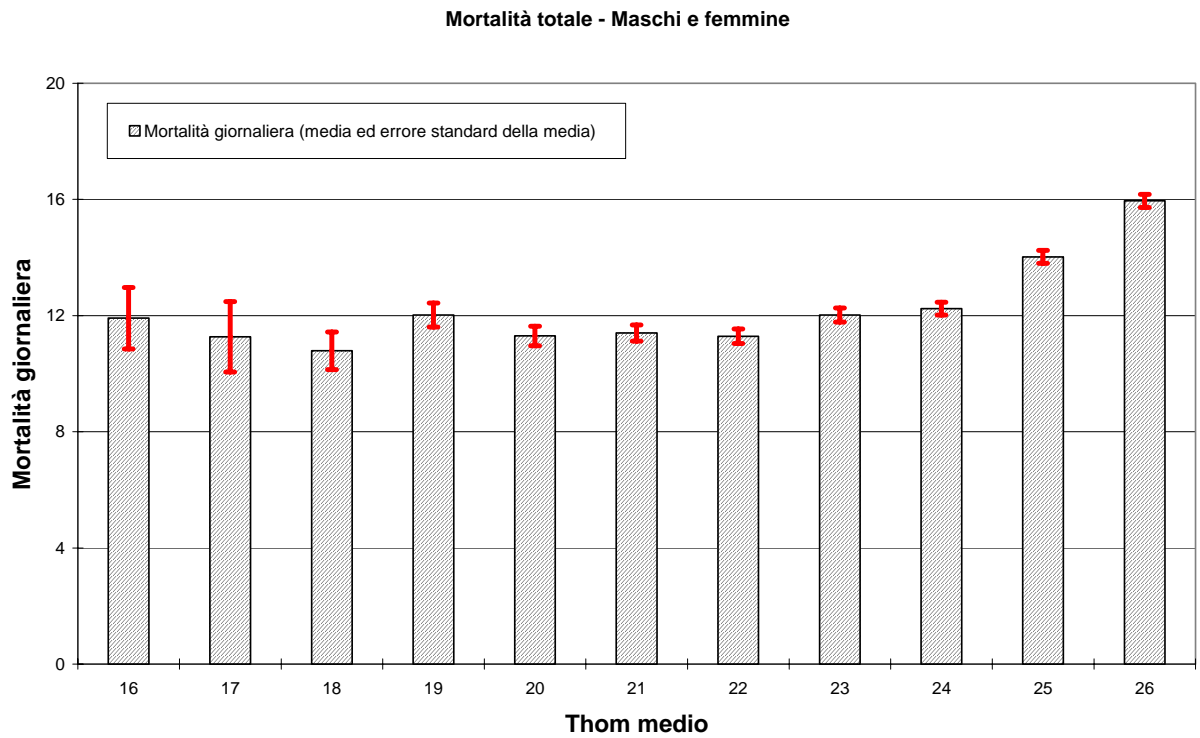


Figura 1.2.1 – Frequenza e mortalità giornaliera totale (media e errore standard) in corrispondenza ad ogni valore dell'indice di Thom

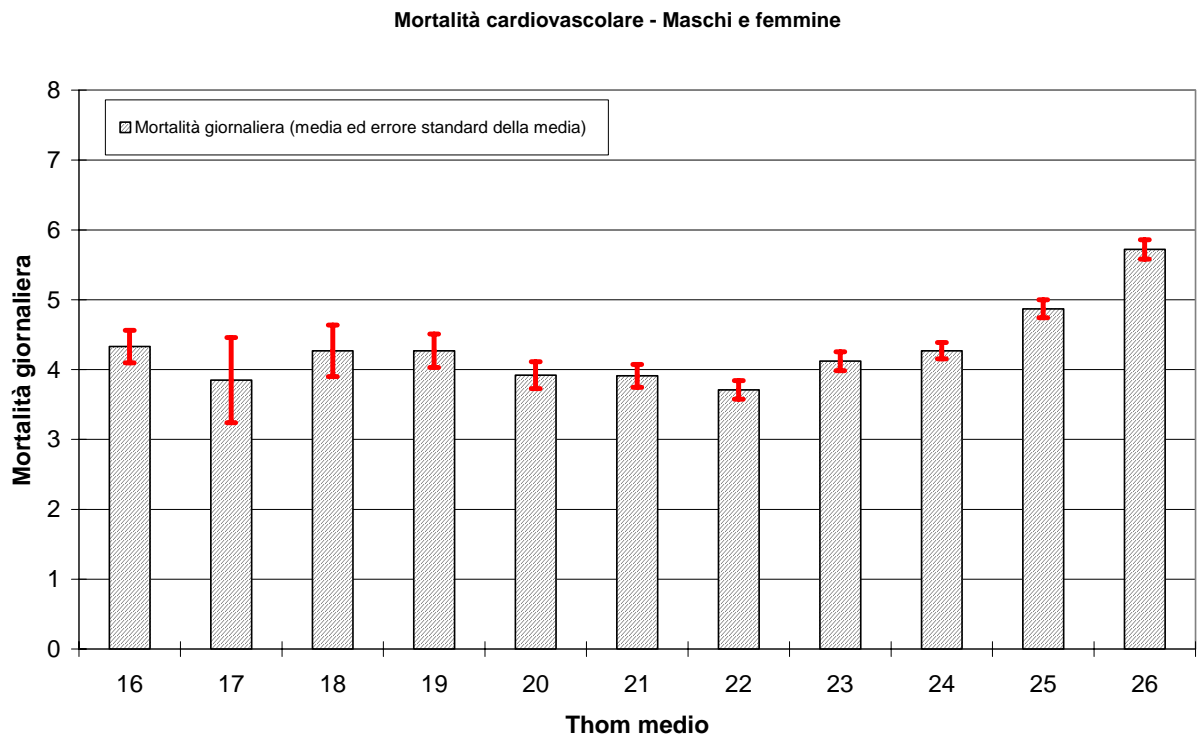


Figura 1.2.2– Frequenza e mortalità giornaliera totale (media e errore standard) in corrispondenza ad ogni valore dell'indice di Thom

Mortalità respiratoria - Maschi e femmine

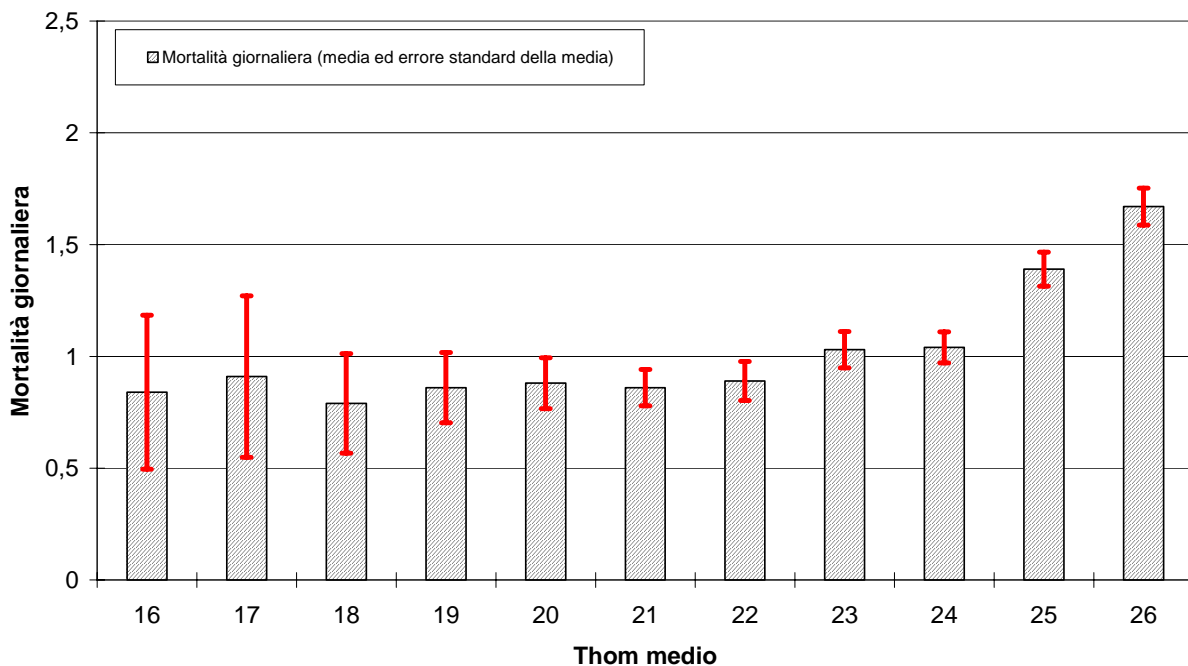


Figura 1.2.3 – Frequenza e mortalità giornaliera totale (media e errore standard) in corrispondenza ad ogni valore dell'indice di Thom

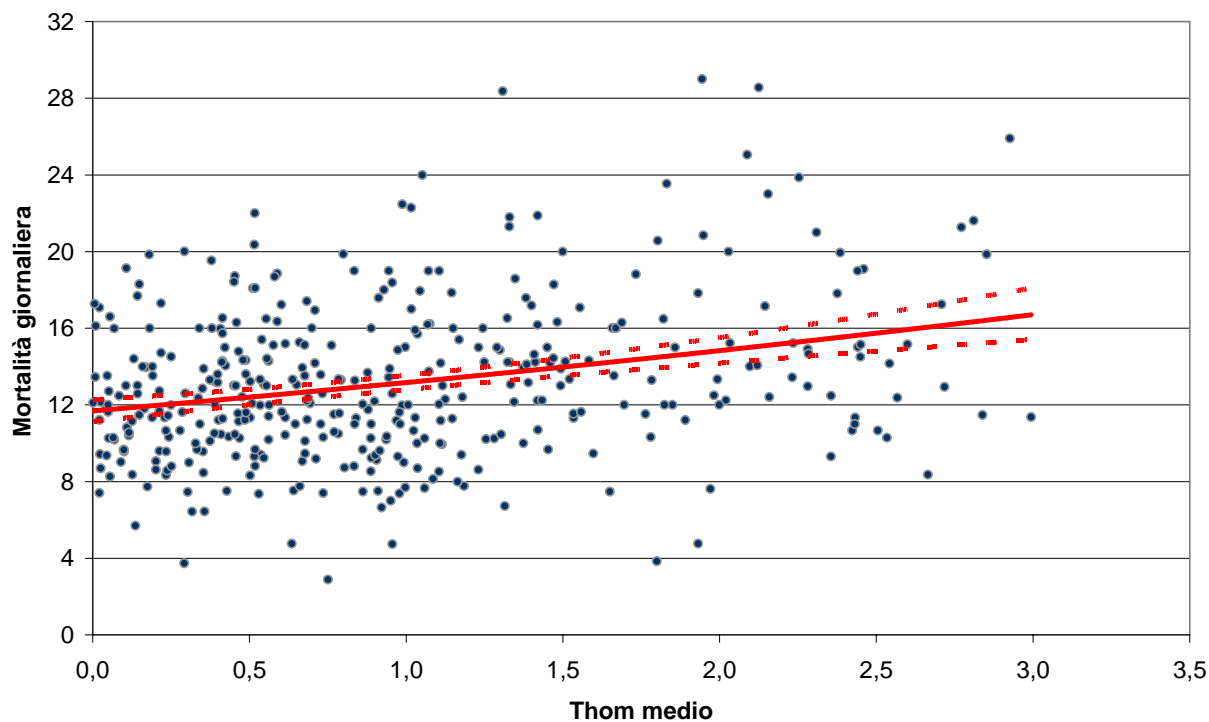


Figura 1.2.4 – Frequenza e mortalità giornaliera naturale (media e errore standard) in corrispondenza ad ogni valore dell'indice di Thom

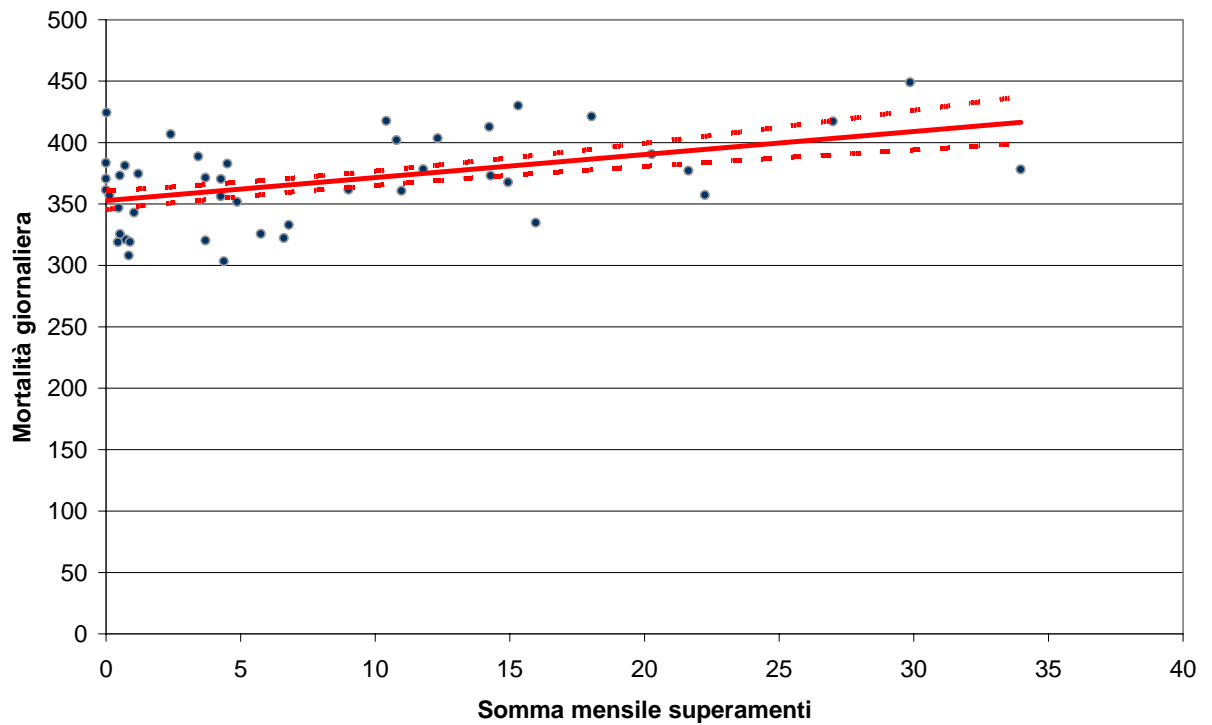


Figura 1.2.5 – Frequenza e mortalità giornaliera cardiovascolare (media e errore standard) in corrispondenza ad ogni valore dell'indice di Thom

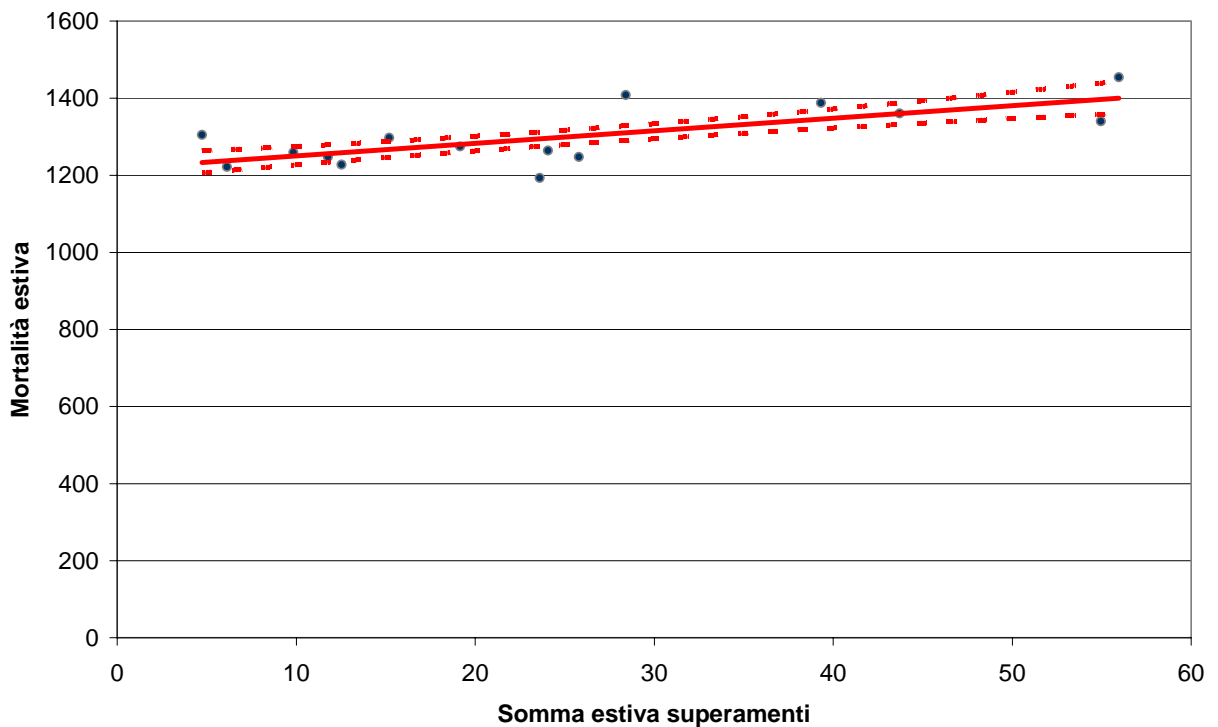


Figura 1.2.6 – Frequenza e mortalità giornaliera respiratoria (media e errore standard) in corrispondenza ad ogni valore dell'indice di Thom

1.3 Analisi della mortalità attribuibile

Le analisi di stima della mortalità attribuibile sono affette da notevoli incertezze e per diversi ordini di motivi. Innanzitutto il concetto di attribuibile andrebbe probabilmente mutato in “interessata” essendo le indagini spesso volte all’identificazioni dei decessi in qualche modo influenzati da un determinato fattore di rischio e quindi non “attribuibili” a quel fattore di rischio in senso strettamente causale. Un altro aspetto degno di nota è che tali stime sono generalmente stime di tipo statistico e quindi valide soltanto in un insieme ripetuto di eventi. Inoltre, le forti interconnessioni, sia rispetto agli effetti sanitari che alle dinamiche fisico-chimiche, che spesso esistono tra i fattori di rischio ambientale rendono l’errore associato a tali stime ancora più marcato e spesso non facilmente quantificabile. Ciò premesso, in questo paragrafo si sono voluti utilizzare strumenti semplici per effettuare alcune prime valutazioni sulla mortalità attribuibile a breve e a medio termine al disagio bioclimatico, rimandando stime più precise all’utilizzo di strumenti più sofisticati.

La mortalità attribuibile è stata stimata basandosi sui risultati dell’indagine preliminare che ha evidenziato l’esistenza di un valore soglia dell’indice di Thom medio giornaliero prima del quale la mortalità è in buona approssimazione costante e oltre il quale cresce in modo approssimativamente lineare (in scala semi-logaritmica). Consistentemente con questo approccio, si è stimata la mortalità attribuibile (M) utilizzando i risultati della analisi di regressione tramite la seguente formula

$$M = \sum_i ((Y^*|X_i) - Y_b)$$

dove gli X_i sono i valori dell’indice di Thom integrato sui superamenti della soglia 24, $(Y^*|X_i)$ sono i valori di mortalità stimati in corrispondenza al valore dell’indice di Thom tramite le funzioni di regressione alle diverse scale temporali, Y_b è il valore di baseline della mortalità (assunta essere uguale all’intercetta delle funzioni di regressione). L’operatore somma si applica per le analisi a scala giornaliera a tutte le giornate caratterizzate da valori dell’indice di Thom oltre la soglia 24 e a tutti i mesi e le estati con un indice integrale positivo per le analisi a scala mensile o estiva. Si è inoltre assegnato a tale stima un intervallo di confidenza usando le incertezze associate alle

funzioni di regressione. La formula utilizzata per la stima del limite inferiore dell'intervallo di confidenza è stata

$$LCL_N = \sum_i ((LCL_{Y^*|X_i}) - Y_b)$$

e simmetricamente per quello superiore.

I risultati della stima della mortalità attribuibile al disagio bioclimatico sono mostrati nella tabella 1.3.1. Considerando la scala estiva, i valori ottenuti per la mortalità totale, naturale e cardiovascolare sono pari a circa il 6% dei corrispondenti totali del periodo; la percentuale sale a circa il 17% per la mortalità respiratoria.

	Giorno	Mese	Estate
Tutte le cause	572 (385 768)	688 (351 1034)	1184 (813 1562)
Naturali	522 (338 713)	638 (308 977)	1061 (698 1432)
Cardiovascolari	235 (126 352)	279 (82 484)	415 (198 640)
Respiratorie	101 (47 163)	183 (88 286)	270 (166 381)

Tabella 1.3.1 – Mortalità attribuibile al disagio bioclimatico (tra parentesi l'intervallo di confidenza al 95%) nel periodo 1989-2003 disaggregata per cause di morte.

1.4 Discussione e conclusioni

Lo studio ha evidenziato una forte influenza del disagio bioclimatico sulla mortalità sia nel breve che nel medio periodo.

Incrementi di rischio elevati sono stati trovati nelle analisi a lag 0. Condizioni bioclimatiche critiche, anche se non eccezionali, come quelle caratterizzate da un indice di Thom pari a 26, sono state associate ad incrementi della mortalità totale pari a circa il 30%. L'effetto più forte è stato trovato per la mortalità respiratoria e gli ultra-75enni. I risultati sono qualitativamente coerenti con quelli trovati in altri studi, anche se un confronto quantitativo è difficile a causa del frequente utilizzo in letteratura di parametri bioclimatici differenti (la semplice temperatura, la Temperatura Apparente, l'Humidex, etc.) e di differenti indicatori giornalieri del disagio (valore medio dell'indice, massimo o minimo).

Un effetto sulla mortalità addirittura maggiore rispetto a quello evidenziato a breve termine è stato trovato nel medio termine (scala mensile ed estiva). I rischi aumentano infatti alle scale temporali maggiori. Questo può essere spiegato sia da un effetto di cumulativo del rischio da disagio bioclimatico nei 2-3 giorni seguenti ai picchi, sia dall'effetto della persistenza che può aumentare l'effetto del disagio bioclimatico sulla mortalità. Gli studi sugli effetti del disagio bioclimatico a medio termine sono pochi e abbastanza contraddittori nei risultati, anche se la maggior parte di essi ha evidenziato periodi di mortalità sotto la media nei giorni e nelle settimane successivi agli incrementi di mortalità legati alle ondate di calore (fenomeno spesso indicato come "harvesting effect"). Questo studio non ha voluto indagare in modo specifico l'andamento della mortalità nei giorni successivi alle ondate di calore. Tuttavia, i nostri risultati mostrano che, alla scala mensile ed estiva, un eventuale decremento della mortalità nei giorni successivi alle ondate di calore è comunque inferiore all'incremento di mortalità associabile nel complesso alle ondate di calore stesse (sommando quindi gli effetti immediati, cumulativi o ritardati). Sia i coefficienti di rischio, sia gli Pseudo-R² delle regressioni mostrano infatti un incremento nel passare dalla scala giornaliera a quelle mensile ed estiva. L'analisi del periodo Maggio-Settembre ha rappresentato in tal senso un ulteriore controllo del fatto che l'associazione tra disagio bioclimatico e mortalità non è legata esclusivamente o principalmente all'effetto harvesting.

Lo studio presenta alcuni limiti. Non sono stati per esempio inclusi nell'analisi, a causa della mancanza di dati per una parte considerevole dell'arco temporale considerato nello studio, altri importanti fattori di rischio ambientale quali il PM₁₀ e l'ozono. Occorre tuttavia tenere presente che gli incrementi di rischio attribuiti a tali inquinanti dal principale studio italiano sugli effetti a breve termine dell'inquinamento atmosferico (MISA) e dalle altre principali meta-analisi condotte a livello internazionale, sono risultati notevolmente inferiori rispetto a quelli ottenuti in questo studio nella valutazione degli effetti del disagio bioclimatico. Difficilmente quindi il macroscopico effetto sulla mortalità delle ondate di calore evidenziato in questo studio può essere imputabile a variabili non inserite nell'analisi.

Il macroscopico effetto del disagio bioclimatico sulla mortalità riscontrato anche nel medio termine ne evidenzia l'importanza come fattore di rischio ambientale e suggerisce l'opportunità dell'allestimento di adeguati sistemi di allerta. Occorre tenere però presente che la variabilità della mortalità giornaliera è molto elevata, soprattutto in città di dimensioni pari o inferiori a quelle di Bologna dove la componente "random" delle fluttuazioni è dominante. Il nostro studio ha infatti evidenziato che se il disagio bioclimatico spiega circa il 51% della variabilità interannuale della mortalità totale estiva, e circa il 23% della mortalità totale mensile, esso spiega solo circa l'8% di quella giornaliera. La mortalità è quindi una variabile difficilmente predicibile e questo deve essere attentamente valutato nella predisposizione di un sistema di allerta bioclimatica e delle sue componenti di comunicazione e di assistenza alla popolazione.

Dal punto di vista dell'allestimento del sistema di allerta bioclimatica, lo studio ha permesso di dare un fondamento scientifico alla definizione delle soglie. Il limite in tale ambito risulta dato dal fatto che le soglie sono state abbinate ad incrementi di mortalità mentre un approccio più soddisfacente alla definizione delle classi di disagio dovrebbe comprendere anche una analisi oggettiva delle condizioni bioclimatiche che inducono patologie non letali o anche solo una generica condizione di disagio.

2. IMPOSTAZIONE DEL SERVIZIO

Il sistema di previsione del disagio bioclimatico estivo è stato attivo dal 15 Giugno al 30 Settembre. Le previsioni sono state pubblicate su un sito tematico appositamente attivato all'indirizzo www.arpa.emr.it/disagio. Le previsioni sono state effettuate 6 giorni su 7 (la previsione non è stata effettuata nella giornata di domenica) ed hanno riguardato l'intero territorio regionale. Nel sito era possibile trovare una visione d'insieme a scala regionale del disagio previsto. (la figura 2.1 mostra le mappe regionali di disagio pubblicate il 27 Luglio). Il territorio regionale è stato suddiviso in tre settori per ogni provincia (area pianeggiante, sotto i 250 m, collinare e montana – ove presenti), per un totale di 23 aree. Dalla home page del sito era possibile accedere a bollettini provinciali, composti da una parte grafica ed una testuale (Figura 2.2). Per l'area urbana di Bologna, per la quale esisteva una previsione effettuata della Protezione Civile, ARPA si è astenuta dall'effettuare previsioni. All'interno del proprio sito ARPA ha inserito un link al sito della Protezione Civile corredato da una pagina di spiegazione delle importanti differenze esistenti tra le due previsioni sia nell'elaborazione che negli scopi comunicativi.

Le condizioni bioclimatiche sono state definite sulla base dell'indice di Thom e classificate in quattro livelli: non disagio (indice inferiore a 24), debole disagio (indice pari a 24), disagio (indice pari a 25) e forte disagio (indice pari a 26). Rispetto al 2004 è stata quindi aggiunta la soglia di debole disagio, venendo incontro alle esigenze espresse da un gruppo di un centinaio di operatori socio-sanitari di Modena che nel 2004 avevano risposto ad un questionario sul gradimento di un servizio sperimentale di invio di un bollettino bioclimatico per posta elettronica.

La previsione è stata effettuata in modo automatico e poi validata soggettivamente da un previsore che ha apportato le modifiche del caso. Nel sito erano riportate le previsioni per il giorno stesso, il giorno successivo e quello ancora seguente. E' stata allestita anche una pagina ad accesso riservato ai soli utenti autorizzati (Dipartimenti di Prevenzione), con le previsioni fino al quinto giorno successivo a quello di emissione. Si è ritenuto opportuno mantenere questa parte ad accesso ristretto in quanto le previsioni a più di 72 ore sono affette da un margine di errore più elevato, e vanno quindi valutate con prudenza; esse possono però risultare utili agli operatori che devono organizzare l'attività di prevenzione con un certo anticipo.

E' stata inoltre inserita una pagina con le elaborazioni grafiche dei dati storici relativi al disagio bioclimatico nelle estati 2001, 2002, 2003, 2004 ed una ricca area di documentazione relativa a documenti prodotti da istituti pubblici o di ricerca relativi al disagio bioclimatico e ai suoi effetti sanitari. Sono state infine pubblicate pagine con i principali numeri utili specificatamente approntati per fronteggiare il rischio calore, una descrizione degli effetti sanitari delle ondate di calore, dei soggetti a rischio ed i consigli per fronteggiare le situazioni di disagio.

AGENZIA REGIONALE PREVENZIONE E AMBIENTE DELL'EMILIA-ROMAGNA

arpa
InfoAmbiente

arpa web

Cerca in Tutte

rischio calore

Emissione di mercoledì 27 luglio
Previsione per oggi, mercoledì 27 luglio

Previsione per domani, giovedì 28 luglio

Previsione per dopodomani, venerdì 29 luglio

Legenda

NO DISAGIO	DEBOLE DISAGIO	DISAGIO	FORTE DISAGIO
------------	----------------	---------	---------------

primapagina

Riprende il servizio di previsione relativo al disagio bioclimatico in Emilia-Romagna
(15/6/2005) Anche per l'estate 2005 Arpa Emilia-Romagna fornisce un servizio di previsione per il disagio bioclimatico. **Continua**

ERMES

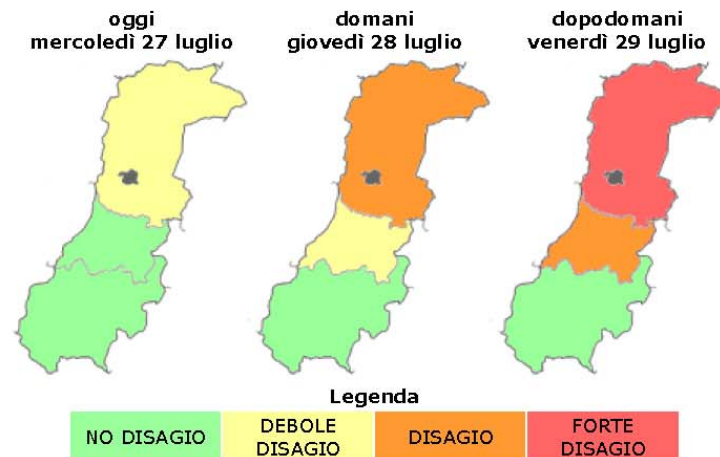
a cura di: Area Comunicazione e accesso
e-mail: urpdg@sc.arpa.emr.it
ultimo aggiornamento: 21/6/2005

ERMESAMBIENTE

Figura 2.1 – Home page del sito di previsione del disagio bioclimatico (27 Luglio)

Previsione del disagio bioclimatico nel territorio provinciale di Modena

Emissione di mercoledì 27 luglio



Pianura

Per la giornata di oggi è previsto un debole disagio bioclimatico. L'indice di Thom medio sarà pari a **24**; ieri è stato osservato un valore di **24**.

Per domani è previsto un incremento dell'indice di Thom medio che sarà pari a **25**. Si verificheranno quindi condizioni bioclimatiche di disagio che peggioreranno nella giornata di dopodomani, per la quale è previsto un forte disagio.

Collina

Non sono previste per la giornata di oggi condizioni di disagio bioclimatico. L'indice di Thom medio sarà pari a **23**; ieri è stato osservato un valore di **23**.

Per domani è previsto un incremento dell'indice di Thom medio che salirà fino a **24**, con conseguenti condizioni bioclimatiche di debole disagio. Per la giornata di dopodomani è previsto un ulteriore peggioramento con l'instaurarsi di condizioni di disagio.

Montagna

Non sono previste per la giornata di oggi condizioni di disagio bioclimatico. L'indice di Thom medio sarà pari a **22**; ieri è stato osservato un valore di **21**.

Anche per le giornate di domani e dopodomani non sono previste condizioni di disagio.

Definizione aree

Pianura:

Comuni di: Bastiglia, Bomporto, Campogalliano, Camposanto, Carpi, Castelfranco Emilia, Castelnuovo Rangone, Cavezzo, Concordia sulla Secchia, Finale Emilia, Formigine, Medolla, Mirandola, Modena, Nonantola, Novi di Modena, Ravarino, San Cesario sul Panaro, San Felice sul Panaro, San Possidonio, San Prospero, Soliera, Spilamberto

Collina:

Comuni di: Castelvetro di Modena, Fiorano Modenese, Guiglia, Maranello, Marano sul Panaro, Prignano sulla Secchia, Sassuolo, Savignano sul Panaro, Serramazzoni, Vignola

Montagna:

Comuni di: Fanano, Fiumalbo, Frassinoro, Lama Mocogno, Montecreto, Montefiorino, Montese, Palagano, Pavullo nel Frignano, Pievpelago, Polinago, Riolunato, Sestola, Zocca

Figura 2.2 – Bollettino provinciale di Modena (27 Luglio)

3. VERIFICA FUNZIONAMENTO SERVIZIO

2.1 Situazione meteorologica estate 2005

Giugno

Il mese di giugno in Emilia-Romagna ha presentato condizioni di tempo in prevalenza stabile con precipitazioni scarse. Le temperature si sono tenute sensibilmente superiori alla media nei valori minimi, particolarmente sul settore occidentale della regione. Per quanto riguarda le temperature massime nella terza decade del mese hanno riportato valori che hanno superato i 35 gradi, portandosi al disopra dei valori massimi del clima di riferimento su molte località. Una prima ondata di calore si è registrata tra il 26- 29 giugno in varie aree di pianura.

Luglio

Il mese di luglio è stato caratterizzato da un'estrema variabilità nelle prime due decadi. Si sono avute frequenti precipitazioni. L'ultima decade del mese ha visto lo stabilirsi di un campo anticiclonico con prevalenza di bel tempo. Le temperature si sono tenute mediamente al disotto della norma dal 5 al 15, a causa della frequente irruzione di aria fredda dai Balcani, che ha apportato sensibili benefici, interrompendo l'afa estiva. Nel corso dell'ultima decade le temperature sono progressivamente aumentate presentando temperature elevate associate ad una ondata di calore negli ultimi tre giorni del mese.

Le temperature hanno presentato valori massimi superiori alla media stagionale, a causa delle elevate temperature dell'ultima decade che hanno obliterato i valori medio bassi delle due decadi precedenti, mentre le minime hanno seguito un andamento più variegato.

Agosto

Il mese di agosto in Emilia Romagna è stato freddo e piovoso. Le frequenti situazioni di tempo instabile hanno fatto sì che le temperature si siano tenute al di sotto della media climatologica del periodo.

Settembre

Dopo un inizio mese caratterizzato da bel tempo, discrete condizioni di visibilità e temperature superiori alla media stagionale le condizioni meteorologiche sono sensibilmente peggiorate dal giorno 7 al seguito di un'irruzione di aria fredda che ha causato una brusca diminuzione nelle temperature ed ha determinato precipitazioni a carattere temporalesco. Dal 13 al 16 il tempo si è stabilizzato, le temperature si sono

riportate al disopra della norma ed il cielo è stato sereno in pianura, mentre le cime alte dell'Appennino si sono trovate all'interno di addensamenti di nubi basse.

Mediamente le temperature si sono mantenute lievemente superiori o prossime al clima.

In sintesi si può affermare che nell'estate 2005 si sono avute solo due situazioni di caldo afoso, una a fine giugno ed una a fine luglio, il mese di agosto particolarmente freddo e piovoso non ha presentato situazioni di onde calore, e nel mese di settembre, pur essendo presenti elevati valori di temperature nelle ore diurne, questi sono stati bilanciati da un buon recupero nelle ore notturne caratterizzate da valori relativamente bassi dell'indice di Thom.

2.2 Verifica della qualità delle previsioni

Nella verifica del modello previsionale si sono tenuti in considerazione i 9 settori di pianura ed 7 settori collinari, escludendo la collina di Ravenna, per la carenza dei dati osservati di riscontro, e le aree della parte montana dove non si sono avuti superamenti della soglia di attenzione.

Nelle aree collinari si sono avuti superamenti solo della soglia 23. Anche in pianura si sono verificati pochi casi di superamento delle soglie di attenzione e di allerta, nel complesso una trentina di casi sulle 9 aree di pianura, e 12 casi di superamento per la soglia di 25.

A titolo di esempio, in figura 3.1 sono riportati gli andamenti del valore osservato dell'indice di Thom medio giornaliero e di quello previsto alle varie scadenze sull'area di pianura di Modena per l'estate 2005 (D rappresenta la previsione effettuata nella mattinata del giorno stesso dell'osservazione; D-1 la previsione effettuata il giorno prima dell'osservazione e D-2, D-3, D-4, D-5 le previsioni effettuate nei giorni precedenti fino alla previsione effettuata con 5 giorni di anticipo).

Sono evidenti i periodi in cui l'Indice di Thom ha presentato i valori maggiori: tra il 26 ed il 29 giugno e poi tra il 26 e 30 luglio. Si può notare che c'è stato un solo giorno (il 29 giugno) con valore osservato dell'Indice di Thom medio giornaliero pari a 26; 5 giorni con valore pari a 25 e circa 10 giorni con valore uguale a 24. Nel complesso si sono verificati circa 16 giorni di disagio nell'intera estate.

Per meglio individuare e quantificare l'entità dell'errore occorso alle varie scadenze della previsione si può far riferimento alla figura 3.2, in cui sono graficati per ogni giorno il valore osservato dell'Indice di Thom medio giornaliero e le previsioni nei due periodi in cui si sono verificate le ondate di calore.

In generale, l'errore si è mantenuto intorno ad una unità Thom ed è stato pari a zero in più scadenze; in un solo caso e alle scadenza più lontane (D-5 e D-4 per il 25 giugno) il sistema ha sottostimato di 3 unità Thom il valore effettivamente osservato.

Si nota anche il netto miglioramento della qualità della previsione nella seconda onda di calore.

Le considerazioni fatte per la pianura di Modena si possono in generale estendere anche alle altre aree di pianura; nel paragrafo seguente sono riportati in forma più rigorosa e in termini di parametri di rilevanza statistica (BIAS, MAE e RMSE) i risultati espressi qui in forma più intuitiva.

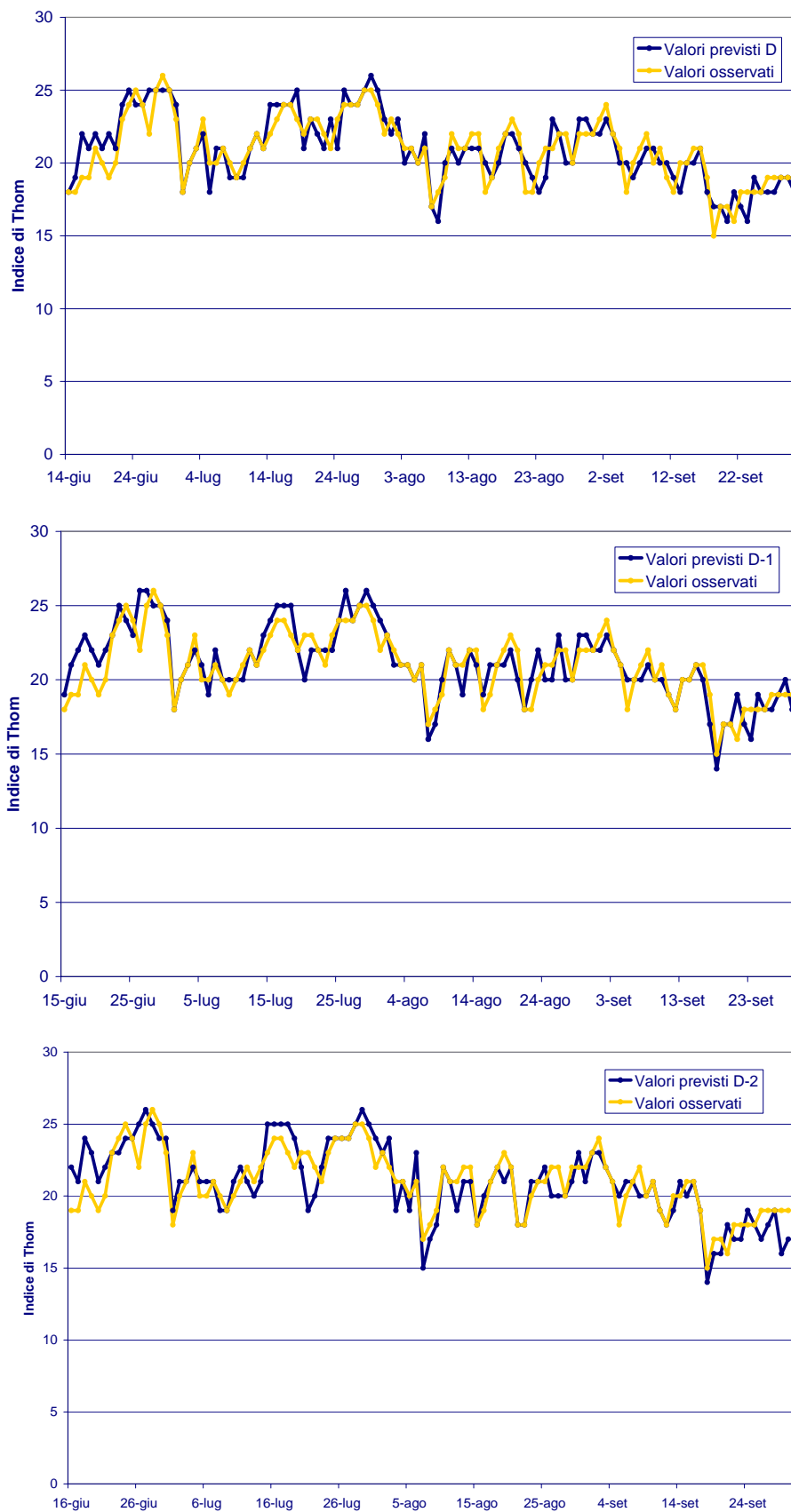


Figura 3.1 - Pianura di Modena andamento Indice di Thom medio giornaliero osservato e previsto alle varie scadenze.

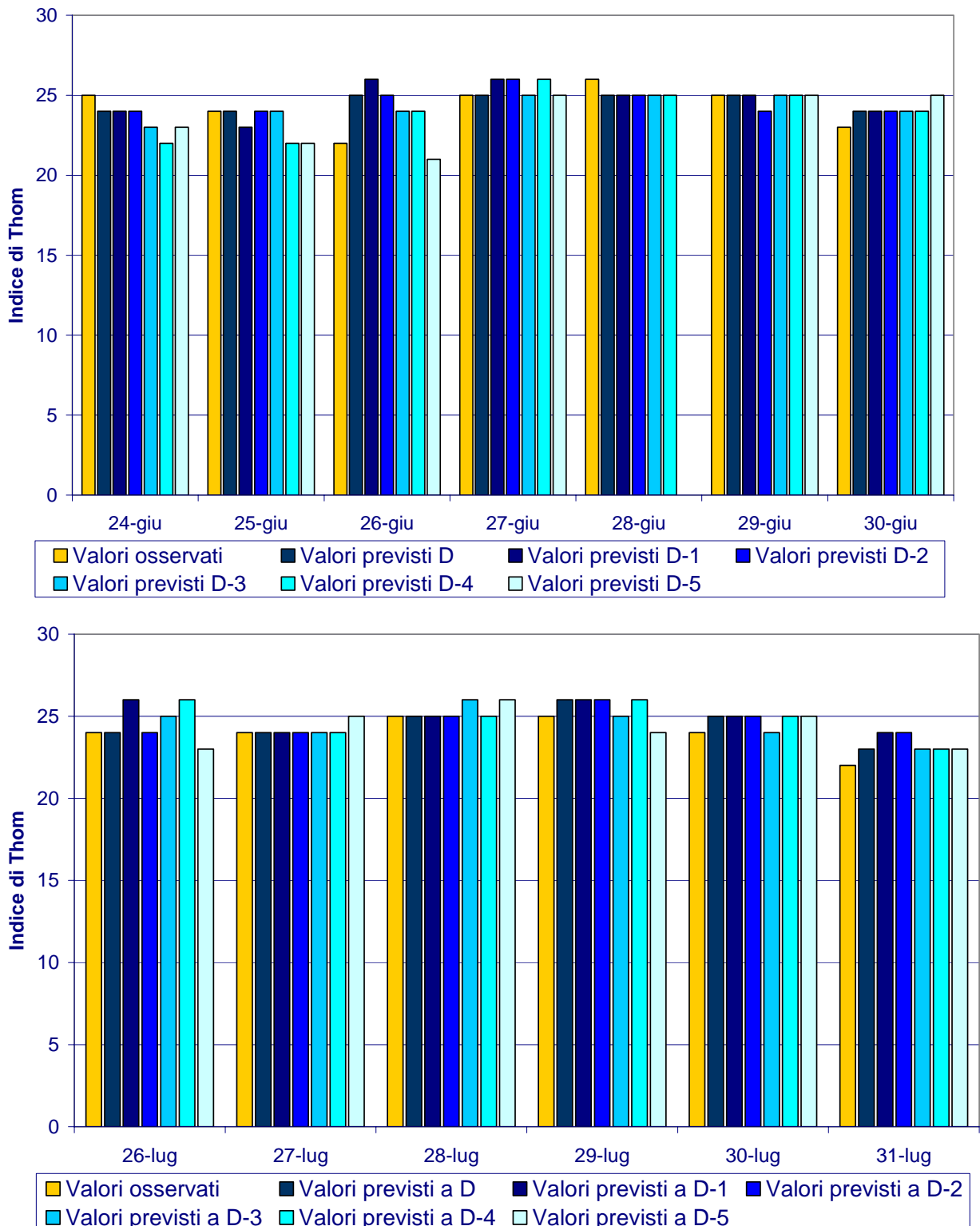


Figura 3.2 – Valori dell'indice di Thom osservati e previsti alle diverse scadenze temporali, nella pianura di Modena, durante le due ondate di calore dell'estate 2005.

Gli errori di previsione sono stati valutati utilizzando tre diversi parametri, che si basano sugli scarti fra valore osservato e previsto dell'indice di Thom.

Il BIAS (mean error o errore medio) viene definito come media aritmetica degli scarti tra i valori osservati e previsti:

$$BIAS = \frac{1}{N} \sum (Vp_i - Vo_i)$$

Dal momento che scarti positivi e scarti negativi si compensano, in assenza di una tendenza sistematica a sovrastimare o a sottostimare il valore previsto il BIAS dovrebbe essere pari a 0. Il BIAS è quindi un indicatore di un eventuale distorsione nelle stime: un BIAS positivo indica una prevalenza di scarti positivi tra valore previsto e osservato e quindi una tendenza ad una sovrastima nelle previsioni; viceversa, un BIAS negativo indica una tendenza alla sottostima nelle previsioni. E' comunque auspicabile che il BIAS sia, in valore assoluto, il più basso possibile.

Il MAE (mean absolute error) viene invece definito come la media dei valori assoluti degli scarti tra valore previsto e osservato:

$$MAE = \frac{1}{N} \sum_i |Vp_i - Vo_i|$$

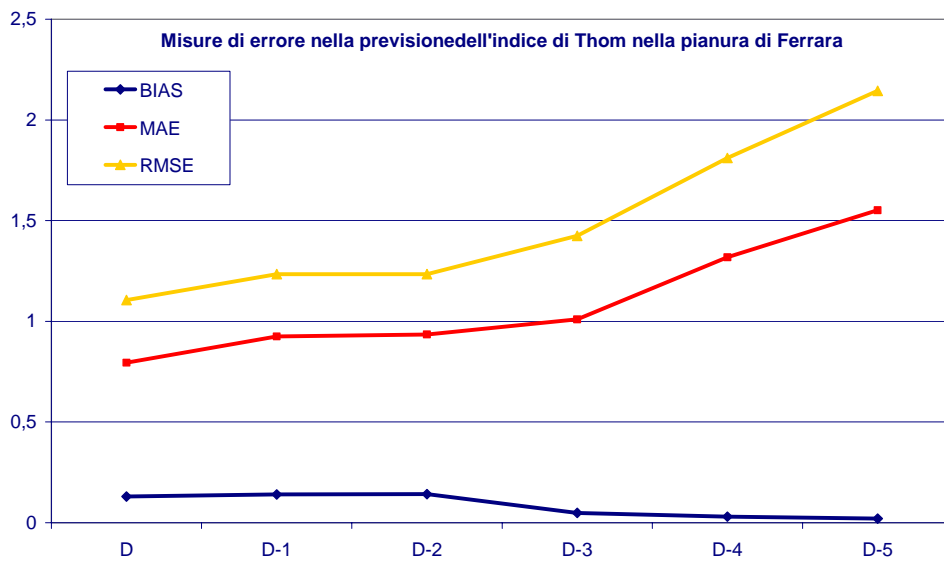
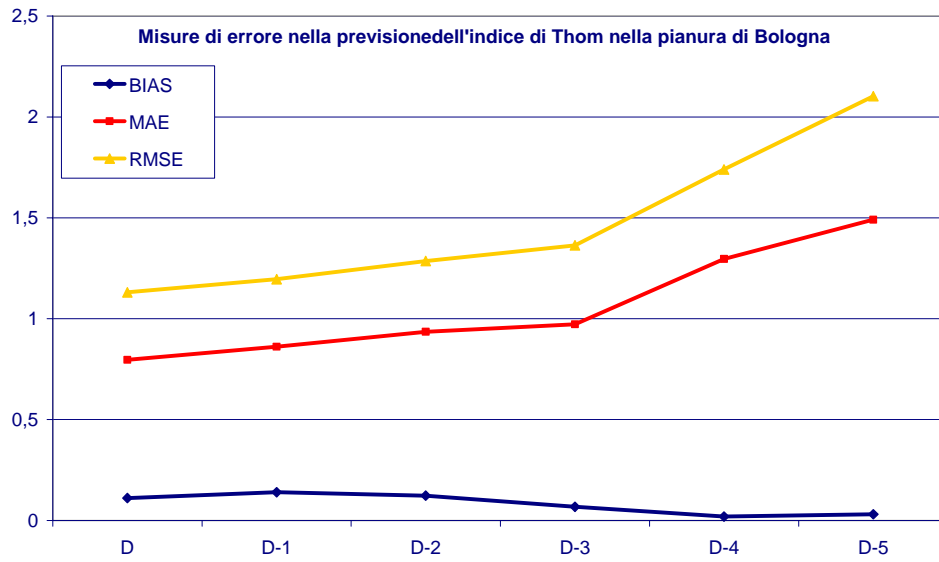
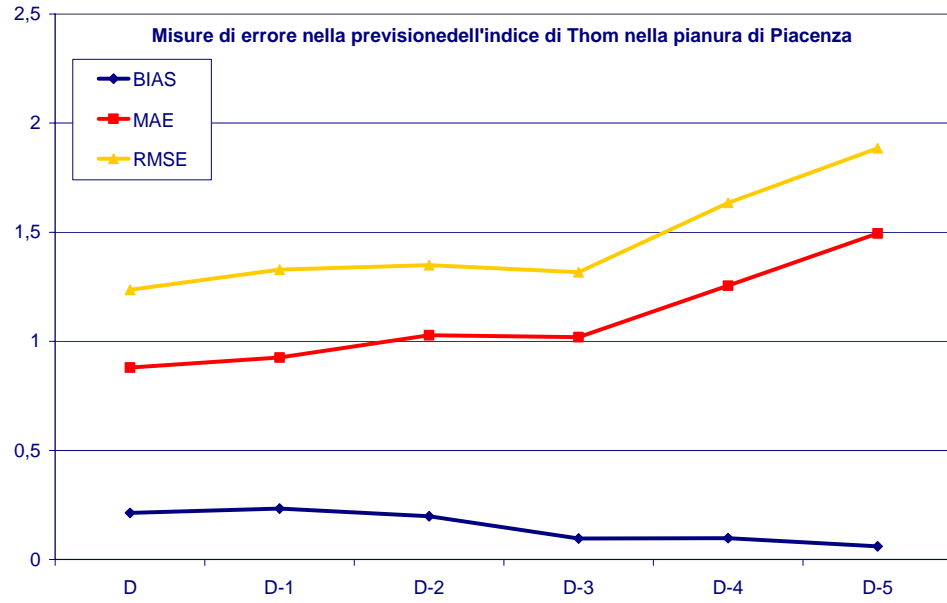
Utilizzando il valore assoluto, gli scarti positivi e negativi non si compensano, per cui il valore assunto dal MAE esprime la grandezza media degli errori ed è quindi un indicatore dell'accuratezza delle stime.

Infine viene utilizzato l'RMSE (root mean square error), definito come la radice quadrata della media dei quadrati degli scarti:

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_i (Vp_i - Vo_i)^2}$$

L'RMSE è un altro indicatore dell'accuratezza delle stime, che, basandosi sui quadrati degli scarti, rispetto al MAE amplifica isolati valori previsti che abbiano presentato forti scostamenti rispetto a quelli osservati.

In figura 3.3 sono rappresentati BIAS, MAE e RMSE associati alla previsione dell'indice di Thom per 4 aree di pianura e 2 di collina, a titolo rappresentativo del territorio regionale.



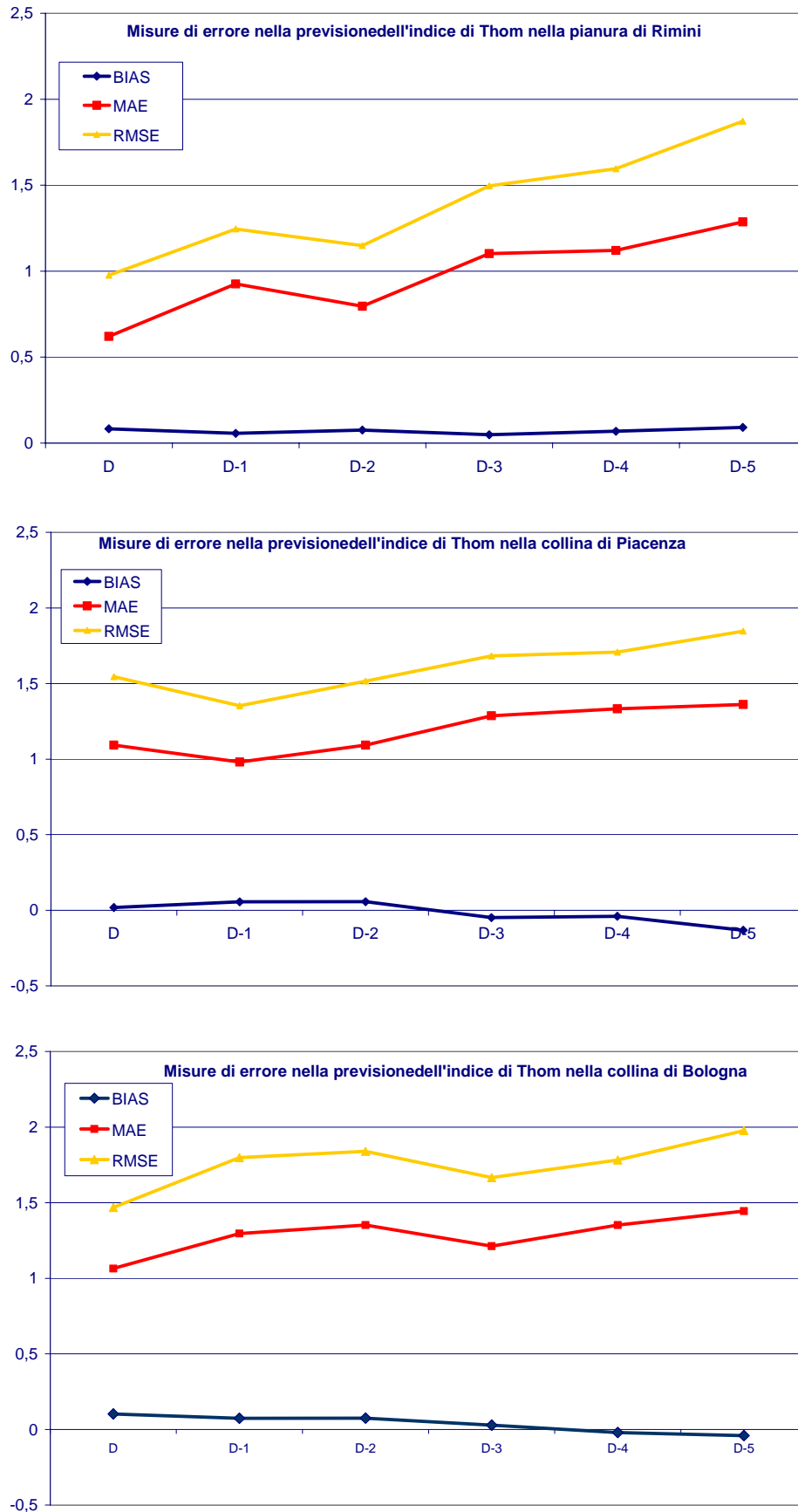


Figura 3.3 - Andamenti degli errori associati alle previsioni dell'indice di Thom per l'estate 2005 sulle aree di pianura di Piacenza, Bologna, Ferrara e Rimini e sulle collinari di collina di Piacenza e Bologna

Come prevedibile, l'accuratezza delle stime decresce all'aumentare dell'anticipo con cui viene fornita la previsione. Un aumento dell'entità degli errori piuttosto marcato si osserva spesso in corrispondenza delle previsioni D-4 e D-5. Questo conferma l'opportunità di non divulgare tali previsioni sul sito pubblico.

Si osserva che per le zone di pianura le previsioni generalmente sono un po' più accurate ma presentano una distorsione maggiore (e sempre positiva). Il BIAS è mediamente pari a circa 0,15 per le zone di pianura, evidenziando una sovrastima nella previsione di circa 0,15 unità, mentre nelle zone collinari il BIAS è pari all'incirca a 0,5. Tale distorsione è dovuta al fatto che nelle pianure, che sono state le aree più a rischio di disagio bioclimatico, si è adottato un approccio prudenziale.

Per la previsione fino a D-3, l'errore presenta un valore medio in termini assoluti (MAE) di circa un'unità Thom. Esso quindi è dello stesso ordine dell'intervallo che separa le soglie dell'indice, e questo determina una difficoltà del metodo a discriminare tra due intervalli contigui, pur testimoniando una buona qualità del sistema, poiché tale errore costituisce un errore relativo pari a circa il 4%, rispetto a soglie prossime a 25.

Di seguito vengono riportate le tavole di contingenza che mostrano la percentuale degli eventi di non disagio correttamente previsti, di disagio correttamente previsti, di disagio previsto ma non verificatosi, e di disagio verificatosi ma non previsto. La tabelle 3.1-3.3 si riferiscono a tutte le zone di pianura della regione e considerano situazione di disagio viene considerata ogni situazione con un indice di Thom superiore a 24. Sono riportate le tre tavole di contingenza per le previsioni D, D-1 e D-2.

La frazione di eventi "DISAGIO" correttamente previsti rispetto al numero totale di volte in cui l'evento "DISAGIO" si è verificato viene definito come Probability Of Detection (POD). Il valore ottimale di tale indicatore è ovviamente pari a 1, ma un valore pari ad 1 si potrebbe ottenere semplicemente prevedendo tutti i giorni disagio. Un approccio molto prudenziale nelle previsioni tende quindi a produrre dei valori di POD molto elevati, per cui questo indicatore va letto insieme ad un altro indicatore noto come FAR (False Alarm Ratio), che è definito come la frazione di eventi previsti "DISAGIO" ma non verificatisi, rispetto al numero totale di eventi "DISAGIO" previsti. Ne consegue che il valore auspicabile per questo indicatore è 0.

La qualità delle previsioni risulterà quindi buona se ad un POD alto sono associati valori di FAR bassi.

Nella figura 3.5 si riportano gli indici POD e FAR calcolati su tutte le zone di pianura della regione, sempre considerando come situazione di ogni situazione con un indice di Thom superiore o uguale a 24.

Osservato \ Previsto	Disagio	Non disagio
Disagio	11,3%	1,4%
Non Disagio	5,9%	81,3%
<i>Tabella 3.1 - Tavola di contingenza per la previsione D (Thom\geq24)</i>		

Osservato \ Previsto	Disagio	Non disagio
Disagio	10,6%	2,3%
Non Disagio	5,8%	81,4%
<i>Tabella 3.2 - Tavola di contingenza per la previsione D-1 (Thom\geq24)</i>		

Osservato \ Previsto	Disagio	Non disagio
Disagio	11,6%	1,3%
Non Disagio	8,7%	78,3%
<i>Tabella 3.3 - Tavola di contingenza per la previsione D-2 (Thom\geq24)</i>		

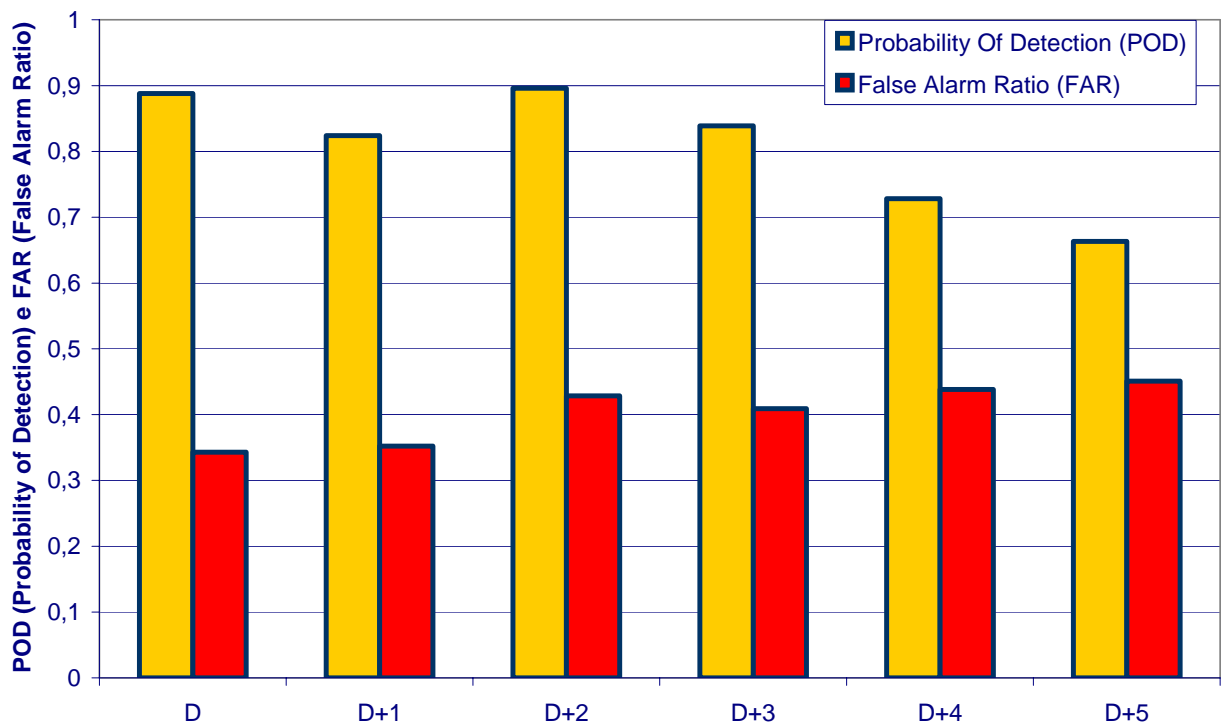


Figura 3.6 – Indici POD e FAR calcolati per tutte le zone di pianura, considerando come situazione di disagio ogni situazione con un indice di Thom superiore o uguale a 24

Si osserva un indice POD molto soddisfacente superiore a 0,8 sino alla previsione D3; anche queste analisi confermano un netto calo della qualità nelle previsioni D-4 e D-5. L'indice FAR risulta invece un po' meno soddisfacente, in quanto è sempre superiore a 0,5. Questo è dovuto al fatto che, come si è detto, si è ritenuto preferibile adottare un approccio prudentiale, dando luogo a qualche previsione di disagio in più, piuttosto che rischiare di non prevedere situazioni di disagio.

Analogamente, si è voluto valutare la qualità delle previsioni tenendo conto della soglia di disagio pari a 25 (queste elaborazioni non si sono invece effettuate per la soglia 26, considerato il numero troppo esiguo di eventi di disagio superiore o uguale a tale soglia). Si sono quindi considerati tutte le situazioni di disagio caratterizzate da un indice di Thom superiore o uguale a 25, rispetto a tutte le situazioni caratterizzate da un indice inferiore.

Nelle tabelle 3.4-3.6 si riportano le relative tavole di contingenza e in figura 3.5 il grafico degli indici POD e FAR.

Osservato \ Previsto	Disagio	Non disagio
Disagio	4,9%	1,4%
Non Disagio	3,5%	90,2%

Tabella 3.4 - Tavola di contingenza per la previsione D (Thom \geq 25)

Osservato \ Previsto	Disagio	Non disagio
Disagio	4,6%	1,7%
Non Disagio	4,7%	88,9%

Tabella 3.5 - Tavola di contingenza per la previsione D-1 (Thom \geq 25)

Osservato \ Previsto	Disagio	Non disagio
Disagio	3,7%	2,8%
Non Disagio	4,2%	89,3%

Tabella 3.6 - Tavola di contingenza per la previsione D-2 (Thom \geq 25)

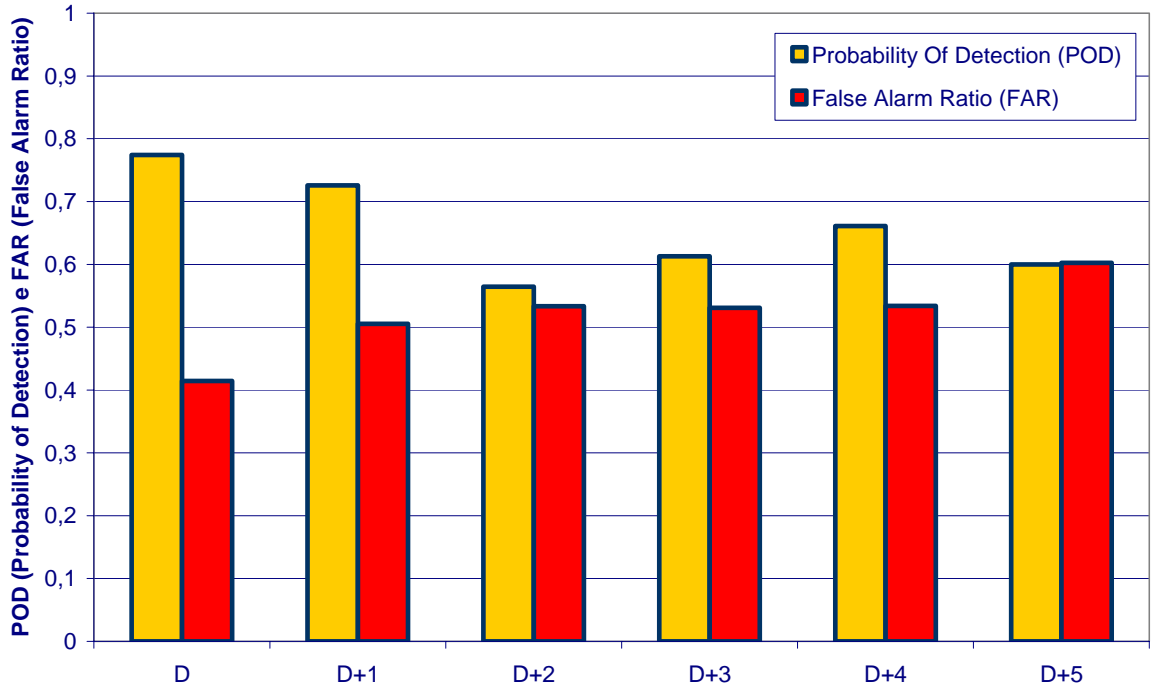


Figura 3.5 - Indici POD e FAR calcolati per tutte le zone di pianura, considerando come situazione di disagio ogni situazione con un indice di Thom superiore o uguale a 25

Più problematica è stata l'identificazione della soglia esatta di disagio. In figura 3.6 riportiamo le tabelle il grafico degli indici POD e FAR per l'identificazione del livello definito di "disagio", in corrispondenza, ad esempio, dell'indice di Thom pari a 25.

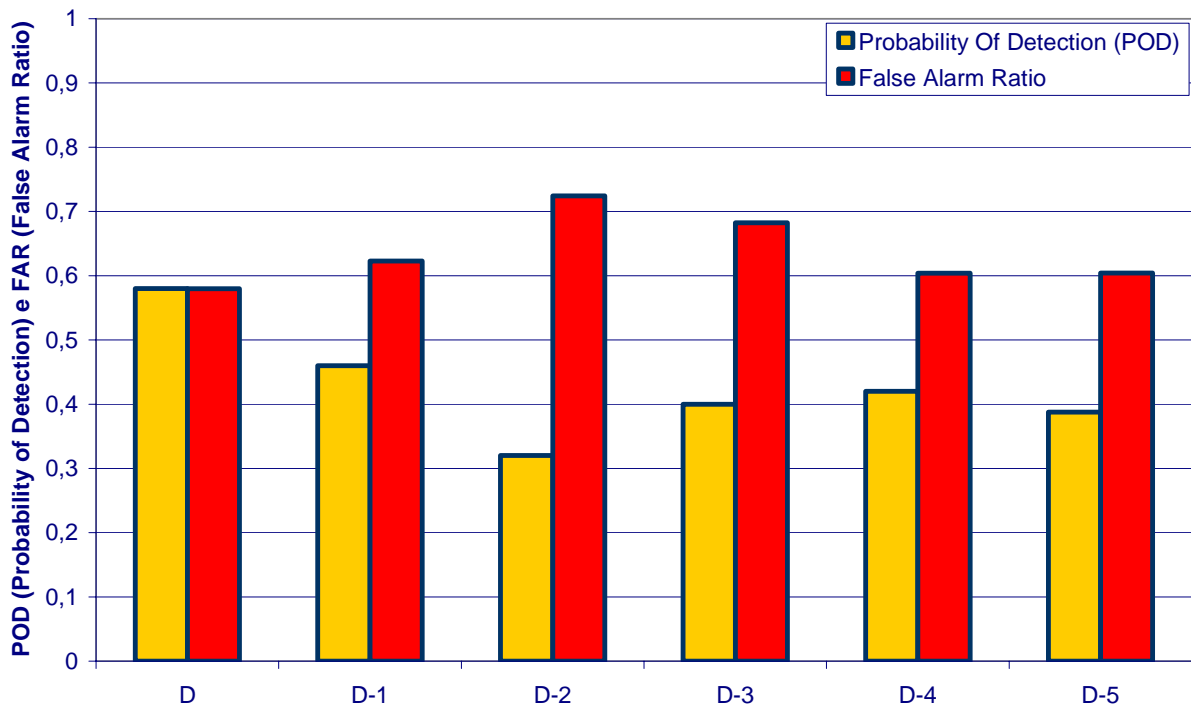


Figura 3.5 - Indici POD e FAR calcolati per tutte le zone di pianura, per tutte le situazioni con un indice di Thom pari a 25.

In questo caso bisogna però tenere presente che a un basso indice POD non corrisponde un elevato numero di “mancate previsioni” di disagio: infatti la maggior parte delle volte che l’indice 25 non è stato previsto, è stato perché era stato previsto un indice superiore (pari a 26) e non perché non fosse stata prevista una condizione di disagio. Una valutazione in questi termini risulta pertanto un po’ penalizzante rispetto all’utilità del sistema.

A causa, inoltre, della ridotta numerosità dei giorni in cui si sono verificate queste condizioni bioclimatiche (mediamente 5 per ogni area di pianura e 1 per le aree di collina), le statistiche elaborate su questi dati non possono essere considerate come indicative, in generale, della funzionalità del sistema.

4. IL GRADIMENTO DEL SERVIZIO

Il gradimento del servizio è stato valutato in termini di accessi al sito web. Tale approccio di valutazione comporta una sottostima della reale fruizione del sistema, in quanto molti utenti “professionali” del sito provvedevano ad inoltrare le previsioni – quotidianamente o solo nel solo caso di previsto disagio – a gruppi di utenti “a valle” che utilizzavano le previsioni per prendere decisioni operative (medici di base, case protette, etc.). E’ il caso ad esempio della USL di Bologna, che nel caso di situazioni di forte disagio emanava una allerta bioclimatica tramite comunicati a organi di stampa e TV. Un altro esempio di questo utilizzo “a valle” delle informazioni” è il sistema predisposto da alcuni distretti della USL di Bologna coordinati dalla dott.ssa Francia che diffondevano il bollettino elaborato da ARPA sia ai medici di medicina generale attivi nel territorio che agli operatori socio-assistenziali.

Ciò premesso, il numero totale di accessi al sito nel corso del 2005 è stato pari a 71926. La figura 4.1 mostra l'andamento mensile di tali accessi, mettendone in evidenza la stagionalità. I due terzi circa di tali accessi si sono infatti registrati, come era lecito attendersi, durante i mesi estivi (giugno-settembre). In particolare, nei mesi di Giugno e Luglio si sono avuti all'incirca 40000 accessi (in media, circa 750 accessi al giorno). Un numero di accessi inferiore si è invece avuto nel mese di Agosto. Ciò è probabilmente dovuto sia al fatto che Agosto è stato caratterizzato da temperature nettamente inferiori alla media del periodo con frequenti precipitazioni, sia al decremento della popolazione presente in Emilia-Romagna in tale mese. Questo andamento pare comunque indicare un maggior accesso al sito in presenza di condizioni di disagio bioclimatico. Interessante è anche il fatto che più di un terzo degli accessi sono stati invece effettuati in periodi in cui le previsioni non erano attive, ovvero prima della seconda metà di giugno e dopo settembre. Questo indica un certo interesse anche per le numerose pagine “fisse” del sito contenenti informazioni sanitarie, documentazione scientifica, numeri utili attivati e andamenti bioclimatici degli anni passati.

L'elevato numero di contatti registrati nel corso dell'estate 2005 non può essere imputabile ai soli accessi degli operatori del settore della prevenzione a cui il sito era stato segnalato all'inizio della stagione estiva (USL, servizi sociali del comune, case protette, ecc.).

Un parametro significativo nella valutazione del considerevole numero di visite al sito è la visibilità nei motori di ricerca. Facendo una ricerca mediante il motore di ricerca Google (di gran lunga il più utilizzato), il sito allestito da ARPA ER sul disagio bioclimatico estivo compare come primo sito digitando sia “disagio bioclimatico” che “previsioni calore”, mentre compare in seconda pagina digitando genericamente “calore”.

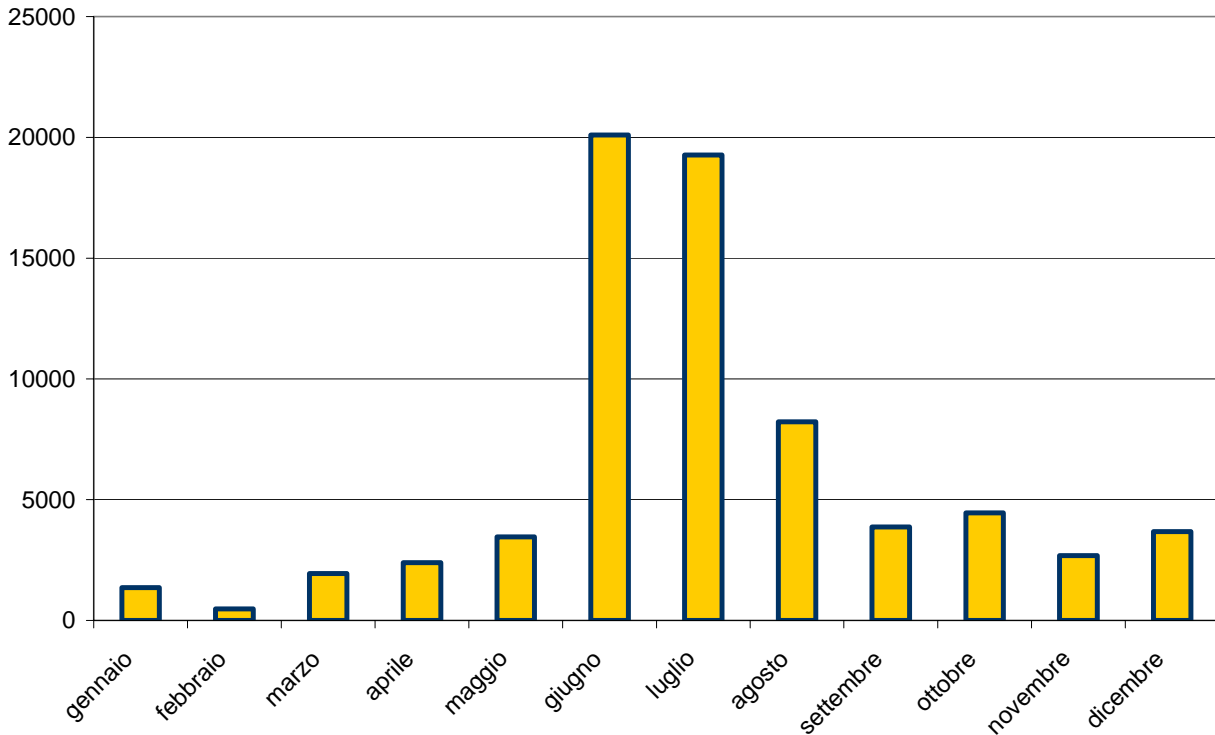


Figura 4.1 - Accessi al sito nel 2006 – andamento mensile

5. CONCLUSIONI E PROSPETTIVE DI SVILUPPO

La verifica del funzionamento del sistema di previsione del disagio bioclimatico allestito da ARPA ER per l'estate 2005 ha evidenziato una buona qualità del servizio, sia in termini di funzionamento del sistema previsionale, sia in termini di fruizione del servizio da parte degli utenti.

Le previsioni sono state in grado di identificare le condizioni bioclimatiche dei giorni successivi, con un errore medio di circa un'unità dell'indice bioclimatico fino al terzo giorno di anticipo; i casi di mancata previsione dei giorni di disagio sono stati molto ridotti (inferiori al 20% sino al terzo giorno di anticipo) e non si sono mai verificate interruzioni del servizio, per nessuna delle aree interessate. Più difficoltosa si è riscontrata essere la previsione dell'esatto livello di disagio.

Gli accessi al sito hanno mostrato una consistente fruizione dello stesso da parte degli utenti, e l'elevato numero di accessi indica che l'interesse verso le previsioni non può essere stato solo da parte degli operatori socio-sanitari. La persistenza di accessi anche nei mesi non interessati dal disagio bioclimatico estivo evidenzia un interesse verso la problematica non limitato al periodo di operatività della prevenzione, e indica un apprezzamento delle informazioni sanitarie e del materiale di documentazione disponibile.

Le attività di sviluppo del sistema previste per i prossimi anni sono molteplici ed illustrate nel dettaglio nel progetto allegato alla delibera regionale in cui è stato assegnato ad ARPA l'incarico dell'allestimento del sistema di allerta bioclimatica.

Qui di seguito vengono sinteticamente presentate le principali linee di sviluppo.

Innanzitutto, si ritiene prioritaria l'elaborazione di una previsione specifica per gli ambiti urbani, interessati dalla particolare situazione meteorologica nota in letteratura come "isola di calore". L'installazione di centraline all'interno degli ambiti urbani dei capoluoghi di provincia, attuata da ARPA Emilia-Romagna nel 2004, permetterà la caratterizzazione meteorologica ed una previsione specifica per queste aree, nelle quali risiede quasi il 40% della popolazione dell'Emilia-Romagna e che presentano mediamente un rischio più elevato rispetto alle aree rurali. Un altro sviluppo previsto è l'estensione della previsione a tutti i giorni della settimana (incluso quindi anche la domenica) e la comparazione degli indici bioclimatici più utilizzati in letteratura per

valutare l'importanza e gli eventuali benefici attesi dall'adozione di un indice bioclimatico diverso da quello finora utilizzato da ARPA ER (indice di Thom).

Da un punto di vista più tecnico verranno perfezionate le procedure di post-processamento dei dati meteo previsti tramite filtri di Kalman ed utilizzato per le previsioni di temperatura ed umidità un modello meteorologico ad alta definizione spaziale.

Un settore di sviluppo importante del sistema sarà incentrato sull'approfondimento degli aspetti epidemiologici del disagio bioclimatico. Rimangono infatti oggetto di ricerca diversi aspetti relativi all'impatto del disagio bioclimatico quali l'effetto della persistenza del disagio per più giorni consecutivi, di temperature minime elevate che non permettono un recupero notturno, degli sbalzi di condizione bioclimatica, della precocità dell'ondata di calore nel periodo estivo e di possibili confondenti ambientali (ozono, polveri fini, pollini). Una particolare attenzione verrà dedicata all'analisi della mortalità anticipata ("harvesting") che rappresenta un passaggio obbligato nell'ottica di una corretta valutazione del problema degli effetti del disagio bioclimatico in termini di sanità pubblica. Tali approfondimenti verranno effettuati sia in termini di monitoraggio della letteratura sull'argomento, sia in termini di eventuali studi condotti a livello locale di concerto con gli enti responsabili della prevenzione sanitaria. E' a questo proposito già stato avviato uno studio sulle chiamate al 118, sia nell'ottica di una definizione scientifica di una scala del disagio bioclimatico che non prenda in considerazione solo gli effetti letali, sia per valutare un importante indicatore di pressione sul servizio sanitario. Nell'ambito del supporto all'assistenza ed alla prevenzione sanitaria una specifica attenzione verrà poi dedicata alla quantificazione precisa della popolazione presente nelle diverse aree nel corso della stagione estiva. Uno studio preliminare è già stato condotto e ha evidenziato l'utilità dell'utilizzo degli accessi TV come indicatore della popolazione presente. Sono già in corso contatti con AUDITEL e RAI per valutare la fornitura quotidiana dei dati utili per tale stima.

Per valutare in modo approfondito il gradimento del servizio e indirizzarne l'evoluzione, verrà poi coinvolto un gruppo di utenti che si impegnino ad esprimere, al termine di ogni estate, un giudizio sul servizio reso con particolare attenzione ad alcune specifiche problematiche (ad es. la scelta delle soglie, chiarezza e completezza delle informazioni, etc...). Di concerto con la Regione, si valuterà in termini di opportunità e di possibilità la

diffusione delle previsioni attraverso più canali di comunicazione (stampa, TV, pannelli). Verrà comunque data la possibilità di iscriversi ad una mailing list per ricevere il bollettino tramite posta elettronica.

Particolare attenzione verrà infine dedicata alla collaborazione con gli enti responsabili della prevenzione degli effetti delle ondate di calore (USL e Amministrazioni Locali), per concordare modalità e tempi della comunicazione delle previsioni elaborate da ARPA.