

**VALUTAZIONE DELL'IMPATTO DELLE ONDATE DI CALORE SULLA MORTALITÀ E  
RISULTATI DELLA SPERIMENTAZIONE DEL SISTEMA DI ALLARME  
PER L'ESTATE 2003.**

*a cura di:*

**Accetta G<sup>1</sup>, Agostini D<sup>7</sup>, Autelitano M<sup>2</sup>, Bisanti L<sup>2</sup>, Bovo S<sup>4</sup>, Cadum E<sup>3</sup>, Costa G<sup>5</sup>, de'  
Donato F<sup>1</sup>, Demaria M<sup>3</sup>, Fano V<sup>1</sup>, Ivaldi C<sup>3</sup>, Michelozzi P<sup>1</sup>, Pelosini R<sup>4</sup>, Perucci C<sup>1</sup>,  
Russo A<sup>2</sup>, Tebaldi G<sup>6</sup>, Valentini M<sup>6</sup>.**

*1 Dipartimento di Epidemiologia, ASL/RM E, Roma*

*2 Servizio di Epidemiologia ASL Città di Milano*

*3 Area di Epidemiologia Ambientale ARPA Piemonte*

*4 Settore Meteoidrografico e Reti di Monitoraggio ARPA Piemonte*

*5. Dip.to Igiene e Microbiologia, Facoltà di Medicina, Università di Torino*

*6. Agenzia Regionale per la Protezione dell'Ambiente della Lombardia*

*7. ASL Città di Bologna*

## **1. Introduzione**

Le previsioni sui cambiamenti climatici globali indicano che le condizioni meteorologiche saranno caratterizzate da fluttuazioni delle temperature sempre più ampie con aumento del numero e dell'intensità degli eventi più estremi, quindi si verificheranno inverni sempre più rigidi ed estati caratterizzate da temperature sempre più elevate. Secondo l'Organizzazione Mondiale della Sanità, gli effetti delle variazioni del clima sulla salute, in particolare quelli dovuti al progressivo riscaldamento del pianeta, sono da considerare tra i più rilevanti problemi sanitari che dovranno essere affrontati nei prossimi decenni. I primi dati relativi all'estate 2003 sembrano confermare queste previsioni e dimostrano che la maggior parte dei paesi europei sono impreparati ad affrontare emergenze di questo tipo.

Le evidenze epidemiologiche prodotte fino ad oggi sulla relazione clima/salute mostrano un'associazione significativa tra temperatura e mortalità giornaliera sia durante la stagione calda che durante la stagione fredda, con un tipico andamento ad "u" della relazione mortalità/temperatura ed un valore minimo di mortalità tra i 15-25°C a seconda delle latitudini. Tuttavia molti degli aspetti che riguardano la relazione tra condizioni climatiche ed effetti sulla salute rimangono ancora da chiarire. Debbono, in particolare, essere più analiticamente valutati sia gli effetti sulla salute dei cambiamenti climatici di lungo periodo, che quelli delle variazioni di breve periodo, come quelle giornaliere. Le evidenze epidemiologiche disponibili supportano l'ipotesi che gli effetti sulla salute delle variazioni climatiche, soprattutto di quelle di breve periodo come quelle giornaliere, siano fortemente eterogenee in relazione a fattori ambientali (come l'inquinamento dell'aria), biologici (es. possibili fenomeni di "adattamento"), demografici, strutturali (caratteristiche ed efficacia dei servizi sociali e sanitari), e sociali, con riferimento soprattutto a quelli socio-economici.

La definizione di interventi efficaci per la prevenzione della mortalità e della morbilità legati alle variazioni climatiche rappresentano oggi una priorità di sanità pubblica. E' quindi necessaria un'azione concertata tra servizi ambientali, meteorologici, sociali e di sanità pubblica al fine di definire programmi efficaci per prevenire e ridurre effetti sulla salute, in particolare sulla mortalità di condizioni climatiche dannose. Per questo obiettivo "sistemi di allarme", in grado di prevedere, a livello locale, gli effetti sulla salute di variazioni climatiche di breve periodo, possono essere efficaci nella pianificazione e nella gestione di interventi di prevenzione e di riduzione del danno.

Nel marzo 2003, il Dipartimento Nazionale della Protezione Civile, in collaborazione con strutture di ricerca epidemiologica, ha attivato un sistema di allarme per la prevenzione degli effetti delle ondate di calore estive in alcune grandi città italiane. Il progetto ha come obiettivo la realizzazione di sistemi HHWWS (Heat/Health Watch/Warning Systems) nelle principali città italiane per le quali siano disponibili dati sanitari (serie storiche della mortalità giornaliera) e dati meteorologici validi. Per la prevenzione degli effetti del caldo sulla mortalità nelle diverse città, sono stati definiti gli interventi di prevenzione e di riduzione del danno in collaborazione con le regioni, i comuni, le ASL e le Strutture di Protezione Civile locali.

L'attivazione di questo progetto nazionale, che comprende il monitoraggio rapido delle variazioni giornaliere di mortalità nelle aree interessate, rappresenta un'importante innovazione, che consentirà di disporre di un sistema di sorveglianza nazionale sulla mortalità associata alle ondate di calore e fornirà elementi importanti per la valutazione dell'efficacia di interventi di prevenzione per la riduzione dell'impatto del clima sulla mortalità durante i periodi estivi. A Roma il sistema è già stato sperimentato per 2 anni ed attivato nel 2002 in collaborazione con il Comune di Roma, mentre per le città di Milano, Torino e Bologna i sistemi HHWW sono stati attivati in fase sperimentale nell'estate 2003.

Nella prima parte del rapporto viene presentata una stima dell'impatto dell'ondata di calore durante l'estate 2003 nelle diverse città, utilizzando un approccio di analisi di serie temporali. Nella seconda parte viene presentata un'analisi preliminare dei risultati della sperimentazione dei sistemi di allarme HHWWS (Heat/Health Watch/Warning System) nelle quattro città.

## **2. VALUTAZIONE DELL'IMPATTO SULLA SALUTE DELL'ONDATE DI CALORE NELLE CITTÀ ITALIANE NELL'ESTATE 2003.**

L'impatto sulla salute delle cosiddette "ondate di calore" viene di seguito valutato in termini di mortalità giornaliera. Questo approccio può essere considerato un valido indicatore degli effetti acuti sulla salute delle variazioni climatiche di breve periodo durante l'estate. Occorre tuttavia premettere che questo metodo non valuta gli effetti cronici delle variazioni climatiche, di breve e di lungo periodo, nonché i danni sulla salute non misurabili in termini di mortalità, in particolare per le popolazioni infantili. Deve essere quindi considerata una stima conservativa dei reali effetti sulla salute dei fenomeni meteorologici in studio

### **2.1. Roma**

E' stata stimata la mortalità giornaliera degli individui residenti e deceduti a Roma per cause naturali (esclusione delle cause violente). I dati relativi alla mortalità per l'estate 2003 sono basati sulle schede di morte ISTAT ottenute dall'Ufficio di Statistica del Comune di Roma, complete fino a metà agosto. Per quantificare l'eccesso di mortalità giornaliera, relativa all'estate 2003, la mortalità è stata confrontata con quella del periodo 1995-2002, calcolando la differenza tra i morti giornalieri osservati ed il corrispondente valore della media smussata (smoothing average) calcolata per il periodo 1995-2002.

La Tabella (2.1) mostra come a Roma nell'estate 2003 siano state registrate temperature più elevate rispetto agli otto anni precedenti. Per la temperatura media giornaliera è stato registrato un incremento medio di 3°C rispetto ai periodi estivi 1995-2002. La temperatura apparente massima ( $T_{appmax}$ , definita come funzione della temperatura dell'aria e del punto di rugiada) viene qui utilizzata come indicatore sintetico dell'esposizione. Durante l'estate 2003, ha una media di 35.2°C rispetto ai 31.1°C del periodo di riferimento. Nel 74% dei giorni dell'estate 2003 la  $T_{appmax}$  è stata superiore a 33.1°C (90° percentile della distribuzione dei valori osservati del periodo 1995-2002) e nel 58% dei giorni i valori giornalieri hanno superato i 35.1°C (95°percentile).

Sono stati definiti giorni con "ondata di calore", quelli in cui la  $T_{appmax}$  ha superato il 90° percentile (periodo 1995-2002) ed ha uno scarto di 2°C o più rispetto al giorno precedente. I dati dell'estate 2003 mostrano che si sono verificate due lunghe ondate di calore nei periodi 9 giugno-2 luglio e 10-30 luglio. La prima ondata di calore ha registrato una  $T_{appmax}$

media di 36.1°C ed un picco massimo il 26 giugno di 40.3°C. Durante la seconda ondata di calore, la  $T_{appmax}$  media è stata di 36.4°C e sono stati osservati due picchi superiori ai 40°C, il 24 ed il 27 luglio rispettivamente.

La mortalità totale dell'estate 2003 è stata la più alta mai osservata nelle ultime otto estati, con una stima di 708 morti in eccesso per tutte le età. La Figura (1) descrive come i picchi di mortalità si siano verificati in concomitanza con temperature estreme ed episodi di ondate di calore. Il primo episodio di ondata di calore (9 giugno-2 luglio) è stato associato ad un forte incremento di mortalità (354 morti in più rispetto alla mortalità media totale attesa) con un picco di 87 decessi il 14 giugno ed un secondo picco di 85 decessi il 26 giugno. E' interessante notare come i picchi di mortalità, verificatisi durante la prima ondata di calore, corrispondano ai picchi della  $T_{appmax}$  (37.9°C e 40.3°C). Durante la seconda ondata di calore (10-30 luglio) i decessi totali in eccesso stimati sono stati 285. Il progressivo incremento della temperatura si è riflesso in un aumento della mortalità giornaliera osservata da una 56 decessi all'inizio del periodo fino ad un massimo di 85 eventi. Un primo picco della temperatura si è verificato il 24 luglio ( $T_{appmax}= 41.1°C$ ) e il picco di mortalità (85 morti) è stato osservato con un ritardo di un giorno; un secondo picco di temperatura ( $T_{appmax}= 40.6°C$ ), registrato il 27 luglio, coincide con un picco di mortalità giornaliera pari ad 82 decessi. Durante il resto dell'estate si sono verificati altri picchi di mortalità, in particolare tra il 5 ed il 10 agosto.

Durante il mese di agosto, nonostante il perdurare di condizioni avverse, con picchi della  $T_{appmax}$  di 40°C e 41.1°C registrati il 10 e 11 agosto, i valori di mortalità giornaliera sono progressivamente diminuiti.

L'analisi per sesso ed età (tabella 2.2) mostra che l'eccesso di mortalità è stato stimato solo nella popolazione anziana (65 anni e più) ed aumenta drammaticamente all'aumentare dell'età: 23 morti in eccesso si sono verificati nella classe di età 65-74 (+2.5%), 254 nella classe 75-84 (+20.4%), e 461 (+40.2%) nella classe 85+. Si è osservato un eccesso più elevato tra le donne (+24.4% vs. 10.4% negli uomini), probabilmente dovuto alla maggiore prevalenza di donne nella popolazione anziana (60%). Si stima un effetto maggiore nella mortalità extra-ospedaliera (+22.6%) rispetto alla mortalità intra-ospedaliera (+6.4%); questa osservazione è da interpretare con cautela, non essendo ancora disponibili le stime specifiche di letalità delle persone degenti durante il periodo di osservazione. E' stata effettuata un'analisi per livello socioeconomico

utilizzando un indicatore di area già validato ed utilizzato in precedenti studi, calcolato sulla base della sezione di censimento di residenza. I risultati evidenziano una forte associazione della mortalità con il basso livello socioeconomico (incremento di mortalità pari a 5.9% nel livello alto, 2.7% nel livello medio-alto, 12.7% nel livello medio-basso e 17.8% nel livello basso).

**Tab. 2.1 - Temperatura osservata a Roma nell'estate 2003. Confronto con l'andamento medio del 1995-2002.**

	<b>Estate 2003</b>	<b>Estate 1995-2002</b>
<b>Temperatura °C</b>		
Media	27.0	24.0
Minima	22.8	18.7
Massima	31.8	28.7
Massima apparente	35.2	31.1
<b>N° di Giorni</b>		
Temp. max apparente > 33.1 °C †	56 (74%)	26 (35%)
Temp. max apparente > 35.1 °C ‡	44 (58%)	13 (17%)

\* Periodo di riferimento Estati 2000-2002

† 90-esimo percentile annuale

‡ 95-esimo percentile annuale

**Tab. 2.2 – Mortalità totale e in eccesso osservata a Roma nell'estate 2003 per classi di età, genere, mortalità intra/extra ospedaliera e livello socioeconomico.**

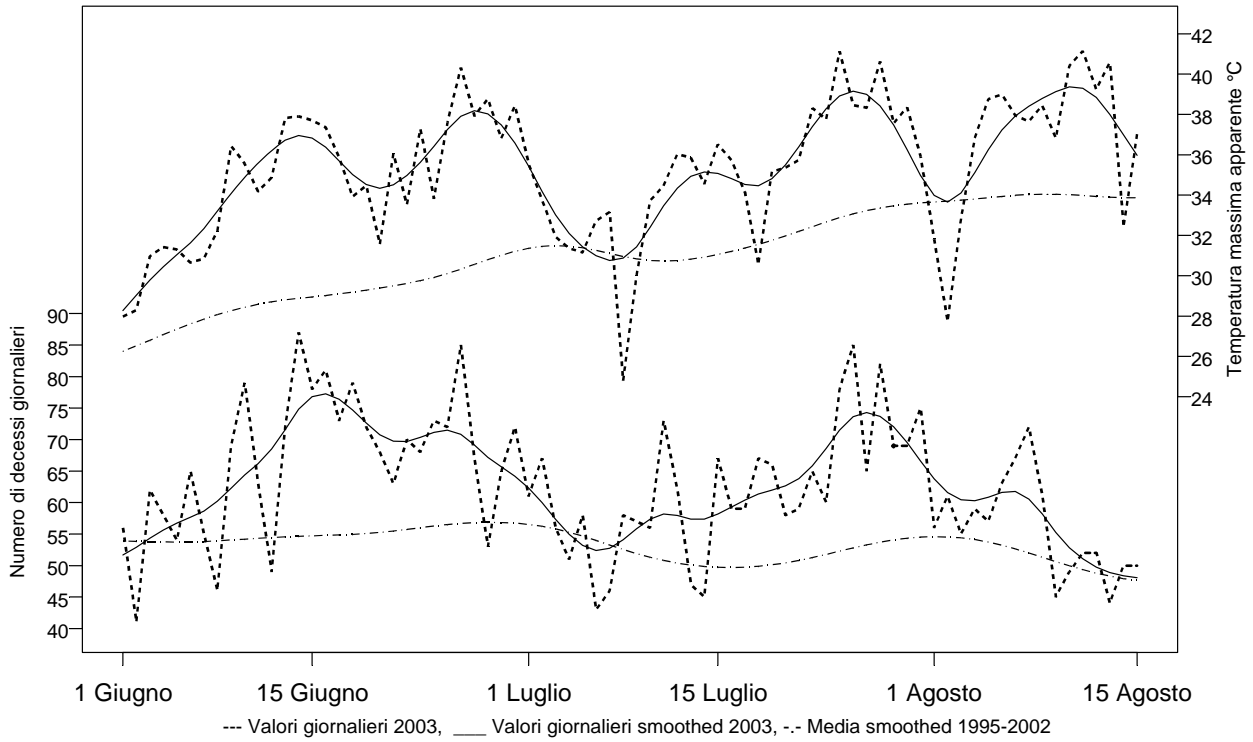
	Decessi osservati		Decessi attesi		Decessi in eccesso	Variazione *		
	Media		Media			%	95% IC	
	Totale	giornaliera	Totale	giornaliera				
<b>Età †</b>	4751	62.5	4043	53.2	708	17.5	14.2	20.8
<b>0-64</b>	703	9.3	733	9.7	-30	-4.1	-11.2	2.9
<b>65-74</b>	938	12.3	915	12.0	23	2.5	-4.0	9.1
<b>75-84</b>	1503	19.8	1249	16.4	254	20.4	14.3	26.4
<b>85+</b>	1607	21.1	1146	15.1	461	40.2	33.3	47.0
<b>Sesso †</b>								
<b>Uomini</b>	2210	29.1	2001	26.3	209	10.4	5.8	15.0
<b>Donne</b>	2541	33.4	2042	26.9	499	24.4	19.6	29.3
<b>Luogo del decesso ‡</b>								
<b>Intra</b>	2223	36.4	2088	34.2	135	6.4	2.0	10.9
<b>Extra</b>	1170	19.2	954	15.6	216	22.6	15.6	29.7
<b>Livello Socioeconomico ‡</b>								
<b>Alto</b>	824	13.5	778	12.8	46	5.9	-1.3	13.2
<b>Medio alto</b>	1227	20.1	1195	19.6	32	2.7	-3.1	8.4
<b>Medio basso</b>	1144	18.8	1016	16.6	128	12.7	6.1	19.2
<b>Basso</b>	789	12.9	670	11.0	119	17.8	9.5	26.0

\* % variazione = 100 x Decessi in Eccesso/ Decessi Attesi

† Periodo di studio 1 Giugno – 15 Agosto

‡ Periodo di studio 1 Giugno – 31 Luglio

Fig. 1 - Mortalita' totale (cause naturali) e temperatura massima apparente.  
Roma, 1 Giugno - 15 Agosto 2003.





## **2.2. Bologna**

Per una valutazione dell'impatto delle ondate di calore verificatasi a Bologna la mortalità giornaliera dell'estate 2003 (periodo 1 giugno - 31 agosto) è stata confrontata con quella dei periodi estivi 1996-2001, calcolata come la differenza tra i morti giornalieri osservati ed il corrispondente valore della media smussata (smoothing average) relativa al periodo 1996-2001. Non è stato possibile escludere i decessi per cause violente.

Nell'estate 2003 la temperatura media giornaliera ha registrato un incremento medio di 6°C rispetto ai periodi estivi 1996-1999, mentre la temperatura apparente massima ( $T_{appmax}$ , definita come funzione della temperatura dell'aria e del punto di rugiada) ha una media di 33.0°C rispetto ai 31.5°C del periodo di riferimento. Nel 41% dei giorni dell'estate 2003 la  $T_{appmax}$  è stata superiore a 33.4°C (90° percentile della distribuzione dei valori osservati del periodo 1996-1999).

Sono stati definiti giorni con "ondata di calore", quelli in cui la  $T_{appmax}$  ha superato il 90° percentile (periodo 1996-1999) ed ha uno scarto di 2°C o più rispetto al giorno precedente i periodi dal 11-25 Giugno e tra il 4-15 Agosto. La prima ondata di calore ha registrato una  $T_{appmax}$  media di 33.7°C, mentre durante la seconda ondata di calore, la  $T_{appmax}$  media è stata di 36.1°C.

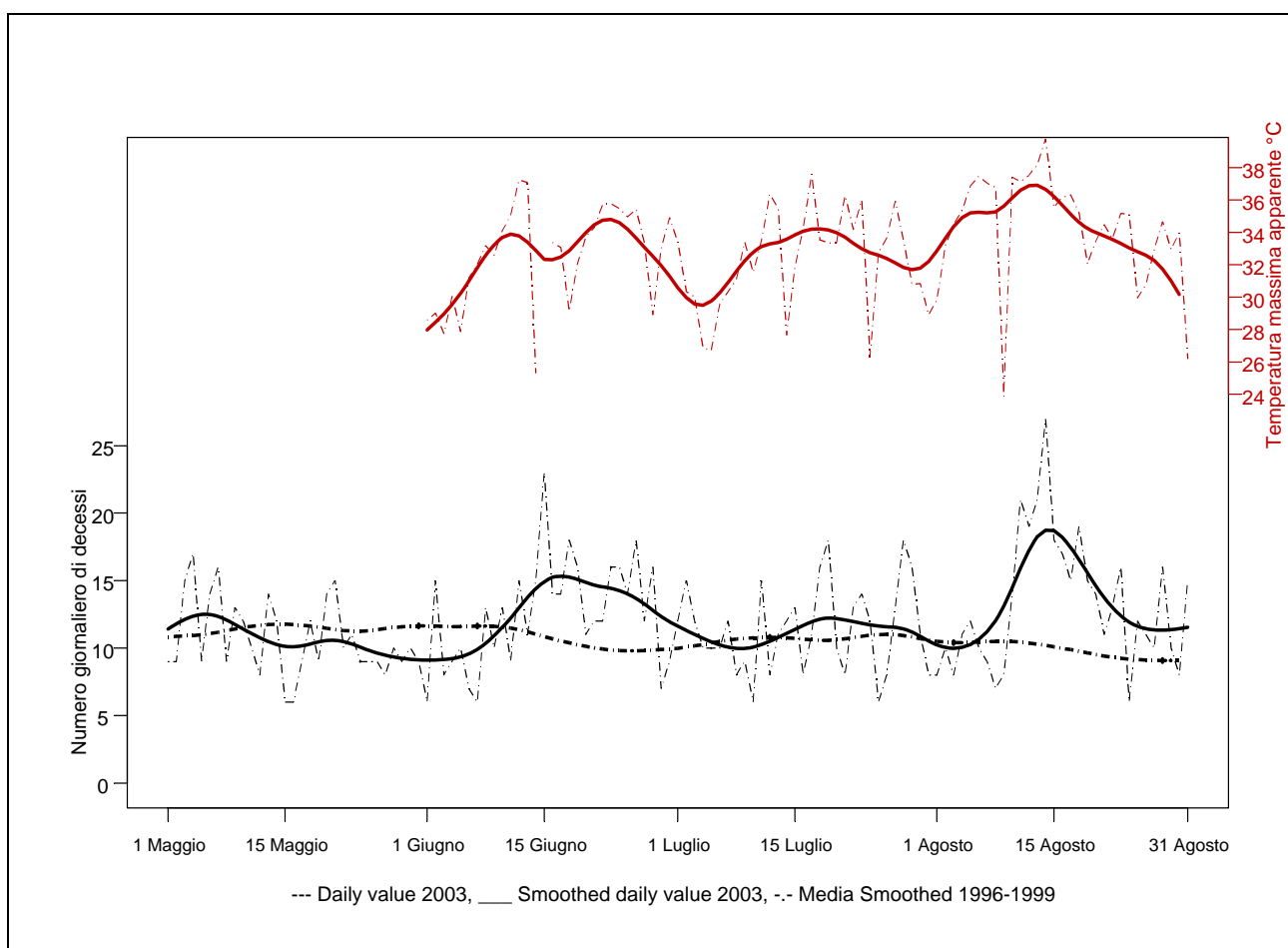
La Figura (2) mostra l'andamento della mortalità durante l'estate 2003. Gli incrementi di mortalità si sono verificati in concomitanza con gli episodi di ondate di calore (i picchi di mortalità e  $T_{appmax}$  coincidono con un ritardo massimo di un giorno). L'impatto maggiore sulla mortalità si è verificato durante il secondo periodo di ondata di calore, dove si è osservato un eccesso di mortalità più marcato (10-23 Agosto) con un picco il 14 Agosto. L'eccesso di mortalità per il periodo estivo (1 giugno - 31 agosto) è di 179 decessi (Tabella 2.3). L'analisi per sesso ed età mostra come l'eccesso stimato di mortalità sia soprattutto nella popolazione molto anziana (75 anni e più) ed aumenti all'aumentare dell'età: 56 morti in eccesso 75-84 (+17.6%), e 138 (+42.5%) nella classe 85+.

**Tabella 2.3. Mortalità totale e in eccesso osservata a Bologna nell'estate 2003 per età e sesso, confrontata con i periodi estivi 1996-2001.**

Condizioni	Mortalità osservata		Mortalità attesa		Eccesso		Variazione		
	Totale	Media	Totale	Media	Totale	Media	%	95% IC	
<b>ALL AGES</b>	1139	12.38	960	10.43	179	1.96	18.7	11.8	25.6
<b>0-64</b>	107	1.16	123	1.34	-16	-0.22	-13.3	-29.7	3.1
<b>65-74</b>	135	1.47	193	2.10	-58	-0.76	-30.1	-41.9	-18.3
<b>75-84</b>	376	4.09	320	3.47	56	0.60	17.6	5.7	29.5
<b>85+</b>	461	5.01	323	3.52	138	1.68	42.5	29.5	55.5
<b>GENDER</b>									
<b>Male</b>	544	5.91	451	4.90	93	1.04	20.7	10.6	30.9
<b>Female</b>	595	6.47	509	5.54	86	0.92	16.8	7.5	26.2

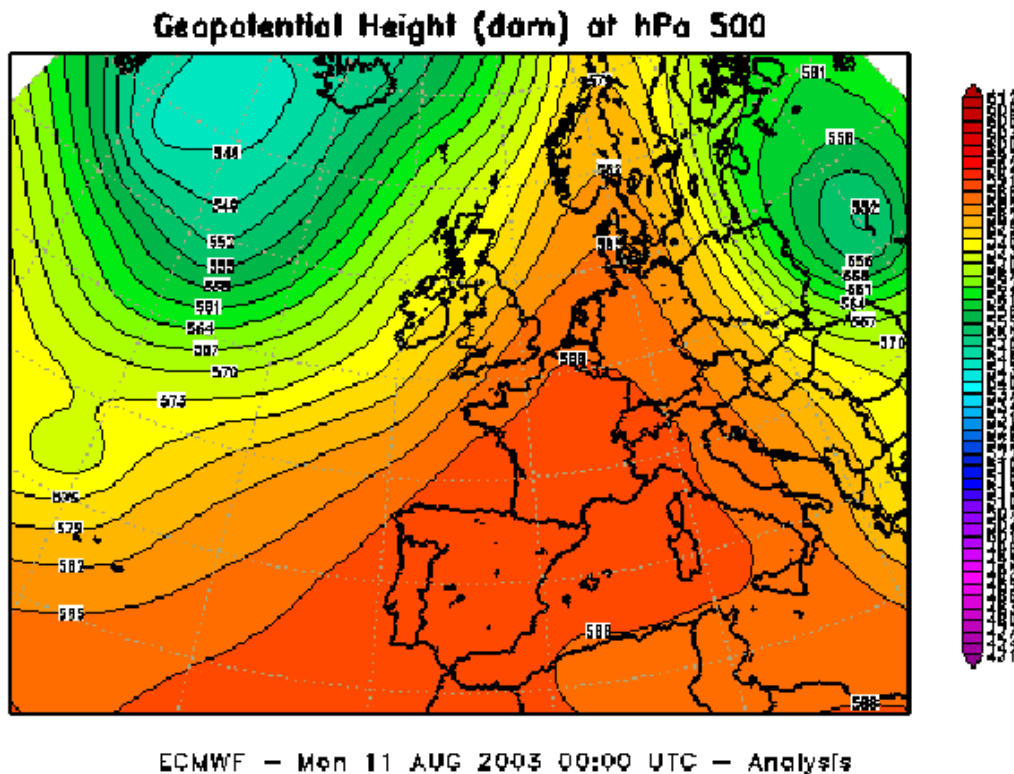
(1) % variazione = 100 x Eccesso / Atteso

**Figura 2: Mortalità totale (cause naturali) e temperatura massima apparente Bologna, 1 Maggio - 31 Agosto.**



### 2.3. Torino

A Torino, come in altre grandi città europee, si sono verificate condizioni climatiche caratterizzate da temperature ed umidità elevate, straordinarie per intensità e durata, risultate associate ad un aumento della mortalità giornaliera. Sul Piemonte l'influenza dell'anticiclone nordafricano è stata percepita in modo praticamente continuo nell'estate del 2003, con temporanee interruzioni determinate da irruzioni di aria fredda in quota che determinavano brevi fenomeni temporaleschi ed un calo delle temperature per un periodo non superiore ai due giorni. La massima estensione areale raggiunta dalla struttura anticiclonica, verificatasi nella prima decade di agosto, è rappresentata nella figura seguente.



Nei primi dieci giorni di agosto sono stati raggiunti i più alti valori di temperatura massima sulla città di Torino, sul Piemonte e su diverse località italiane ed europee. In particolare a Giugno e nei primi 15 giorni di Agosto; la temperatura massima a Torino è stata superiore a 30°C per ben 66 giorni su 76, superiore a 35°C per 19 giorni, con un picco di 40.5°C il giorno 11 Agosto. Sono state registrate ripetutamente condizioni critiche per quanto riguarda il benessere climatico delle persone umane: si sono registrati 20 giorni con

situazione di “pericolo” per il disagio fisico umano, 54 con condizioni di “estrema cautela” e solo 2 in situazione di “cautela”.

Per stimare l'effetto del fenomeno climatico registrato, nella seconda metà di agosto è stata compiuta dall'Area di Epidemiologia e dal Servizio Meteoidrografico dell'ARPA insieme all'Università di Torino, un'analisi preliminare descrittiva basata sui dati di mortalità giornaliera per tutte le cause nel periodo 1 giugno - 15 agosto 2003 e su un confronto con valori attesi.

Per quello che riguarda gli aspetti meteorologici, si sono utilizzati i dati relativi a temperatura (minima, media, massima giornaliera) e umidità relativa (minima, media, massima giornaliera). Per la valutazione dell'effetto del clima sul benessere umano, si è utilizzato l'indice HUMIDEX (1, 2), (allegato1) che rappresenta un indice di temperatura percepita dal corpo umano combinando temperatura e umidità dell'aria. Questo indice fornisce una indicazione facilmente comprensibile rispetto al problema della valutazione soggettiva della sensazione di caldo afoso, essendo espressa in gradi °C equivalenti.

Per la mortalità sono stati utilizzati i dati di mortalità generale (senza indicazione della causa di morte) forniti dal Servizio cimiteriale del Comune di Torino relativi al periodo 01/06/2003-15/08/2003. La mortalità totale registrata dal servizio cimiteriale del Comune di Torino nel periodo in analisi è stata confrontata sia con i dati corrispettivi (mortalità totale della popolazione residente deceduta a Torino) del 2002 sia con i dati del periodo relativo agli anni 1980-2002. La scelta di utilizzare per il confronto i dati degli anni 1980-2002 deriva da due tipi di considerazioni:

a) l'estate 2002 dal punto di vista climatico è stata, nei mesi di luglio e agosto, un'estate “fresca”, caratterizzata da temperature inferiori alle medie abituali e da piogge superiori alla media stagionale

b) la disponibilità di una serie storica più lunga permette di ottenere stime più stabili dal punto di vista statistico per il calcolo dei decessi “attesi”.

La stima dei decessi attesi è stata prodotta con un modello di regressione su base giornaliera, che tiene conto dell'andamento dei 23 anni precedenti e implicitamente dei cambiamenti demografici della popolazione.

I dati di mortalità osservata sono da considerare ancora preliminari e provvisori, in attesa della disponibilità dei dati definitivi e completi registrati presso l'anagrafe comunale e comprensivi dell'indicazione della causa di morte ed estesi al 31/08/2003, in quanto le elevate temperature osservate nella prima quindicina di agosto sono continuate anche nei giorni successivi e sarà necessario estendere il periodo di osservazione fino alla fine del mese di agosto.

La mortalità totale nel periodo in analisi ha registrato un eccesso di 592 morti rispetto all'atteso stimato con il modello di regressione (con trend temporale) utilizzato, che tiene conto dell'andamento di un periodo di osservazione sufficientemente lungo. In tabella 2.4 è riportato l'andamento della mortalità osservata ed attesa a Torino nel periodo 01/06/2003-15/08/2003 per periodi quindicinali e per fascia di età e sesso. Rispetto all'estate 2002 la differenza sul totale è stata di 502 decessi con un incremento del 33% (24% tra gli uomini e 42% tra le donne). L'entità numerica dell'eccesso rilevato rappresenta il valore più elevato mai raggiunto a Torino negli ultimi 20 anni e testimonia che si è stati in presenza di un evento eccezionale per durata, intensità dell'effetto e conseguenze sulla popolazione. La mortalità in eccesso risulta quasi totalmente a carico delle classi di età anziane e molto anziane. Queste da sole rappresentano rispettivamente il 93% e il 88% del totale

La mortalità è stata anche differenziale per sesso, colpendo di più in termini assoluti il sesso femminile rispetto al sesso maschile. La differenza tuttavia è correlata ad una maggiore numerosità della popolazione anziana di sesso femminile rispetto a quello maschile e può essere spiegata dalla più elevata età media della popolazione femminile. Ad una prima valutazione dell'andamento dei dati, si rileva una latenza dell'effetto delle condizioni climatiche stimabile nell'ordine di 1-2 giorni dal picco di calore osservato. L'analisi completa valuterà anche questo aspetto con maggiore dettaglio. Le figure 3-5 riportano l'andamento della mortalità totale e per fascia di età in relazione all'indice HUMIDEX nel periodo considerato. Per un confronto va tenuto presente che la media giornaliera complessiva dei decessi attesi nel periodo era di circa 19 casi /die.

L'impatto di questo fenomeno climatico nel periodo 01 giugno-15 agosto ha determinato a Torino un eccesso di circa 600 morti, stima che potrà essere modificata quando sarà considerata la seconda quindicina di agosto.

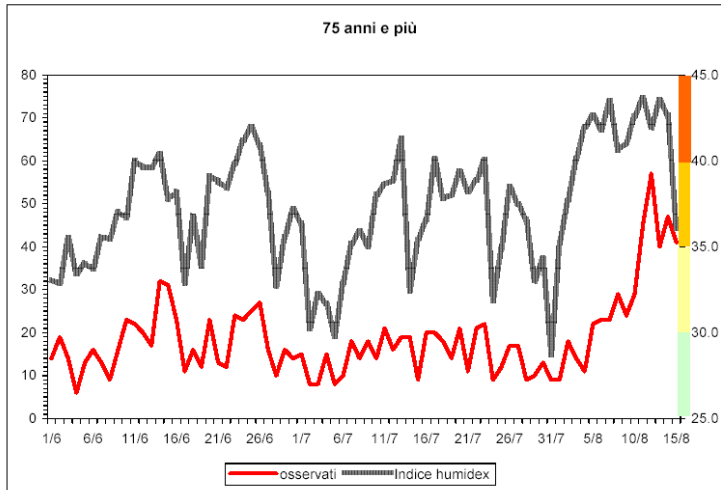
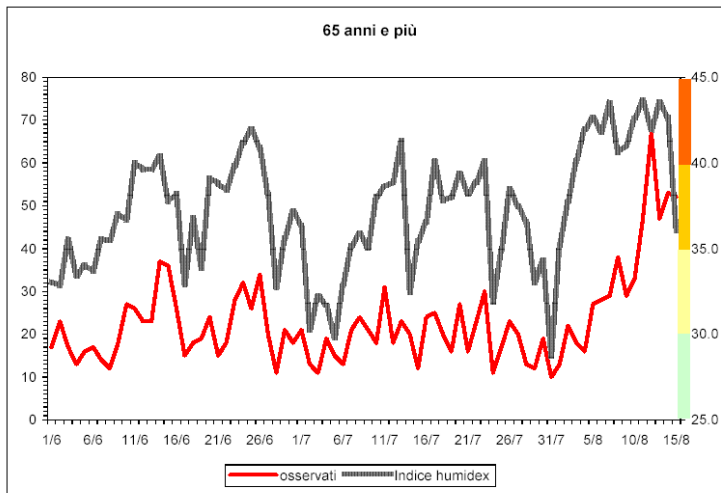
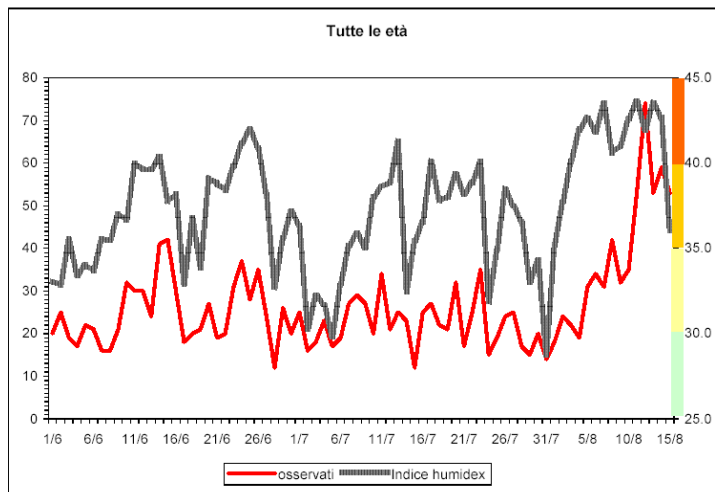
**TABELLA 2.4 Mortalità totale (tutte le cause) osservata a Torino nel periodo 01/06/2003-15/08/2003. Confronto decessi osservati ed attesi per fascia di età, sesso e periodi quindicinali di calendario**

	Decessi osservati		Decessi attesi		Variazione			
	Totale	Media giornaliera	Totale	Media giornaliera	Differenza dei totali	Differenza %	Intervallo di confidenza (95%) della differenza %	
<b>età</b>								
0-85+	2013	26.5	1421	18.7	592	41.6	38.3	45.1
0-64	264	3.5	222	2.9	43	19.5	14.1	26.2
65-74	332	4.4	303	4.0	29	9.6	6.4	13.7
75-84	648	8.5	430	5.7	218	50.7	44.2	57.9
85+	769	10.1	466	6.1	303	64.9	57.8	72.6
<b>sesso</b>								
Uomini	921	12.1	717	9.4	204	28.5	24.8	32.7
Donne	1092	14.4	705	9.3	387	55.0	49.6	60.7
<b>periodo</b>								
01/6-15/6	376	25.1	274	18.3	102	37.1	30.2	45.0
16/6-30/6	368	24.5	308	20.5	60	19.4	14.8	25.0
01/7-15/7	336	22.4	279	18.6	57	20.3	15.3	26.3
16/7-31/7	353	22.1	291	18.2	62	21.5	16.5	27.5
01/8-15/8	580	38.7	269	17.9	311	115.8	103.3	129.4

*Nota: i decessi attesi 2003 sono stati stimati mediante analisi di regressione lineare sui dati di mortalità osservata nel periodo 1980-2002.*

*La differenza percentuale è calcolata come rapporto X 100 tra decessi osservati ed attesi.*

**Figure 3-5 Andamento della mortalità totale e per fascia di età in relazione all'indice HUMIDEX nel periodo 01/06/2003-15/08/2003.**



## **2.4. Milano**

I dati di mortalità si riferiscono ai deceduti residenti e morti a Milano e derivano dal Registro Nominativo delle Cause di Morte di Milano, le informazioni meteorologiche sono state curate dalla Agenzia Regionale per la Protezione dell'Ambiente della Lombardia.

Le caratteristiche meteorologiche del Giugno del 2003 sono state improntate al caldo poiché la temperatura media mensile, la più alta dal 1763, con una media di 26.7 °C, è stata superiore di ben 4.8 °C alla media stagionale di 21.9 °C, mentre le temperature massime hanno localmente superato i 36 °C. Dal punto di vista sinottico, l'alta pressione ha interessato con promontori di origine africana quasi tutto il mese, dando luogo ad un prolungato periodo di caldo afoso, superiore di quasi 3 °C a quello, considerato anomalo, dello scorso anno. Nella prima decade, impulsi di aria fredda atlantica hanno dato luogo a precipitazioni irregolari, a carattere di rovescio temporalesco, caratterizzati da forti venti orientali, mentre il giorno 28 infiltrazioni di aria fredda nord atlantica hanno posto fine, con violenti rovesci di pioggia ed intense manifestazioni temporalesche, alla lunga ondata di caldo tropicale. Anche il mese di Luglio è stato molto caldo, con una temperatura media mensile (26.1 °C) superiore alla media stagionale di 1.6 °C, mentre le temperature massime hanno localmente sfiorato i 36 °C. Dal punto di vista sinottico, l'alta pressione ha interessato con promontori di origine africana quasi tutto il mese, dando luogo ad un prolungato periodo di caldo afoso. All'inizio della prima decade un impulso di aria fredda atlantica ha dato luogo a precipitazioni irregolari, a carattere di rovescio temporalesco, preceduto, nei due giorni precedenti, da forti venti di libeccio, mentre il giorno 27 infiltrazioni di aria fredda nord atlantica hanno provocato brevi ma violenti rovesci di pioggia, accompagnata da impetuose raffiche di vento e da intense manifestazioni temporalesche, mentre solo le piogge del giorno 31 hanno posto un effimera parentesi a questa lunga ondata di caldo tropicale.

Nel mese di Agosto 2003, la temperatura media mensile è stata di ben 4.5 °C superiore alla media stagionale, mentre le temperature massime hanno localmente superato i 39 °C, registrando il massimo assoluto dal 1838. Dal punto di vista



sinottico, l'alta pressione ha interessato con promontori di origine africana quasi tutto il mese, dando luogo ad un prolungato periodo di caldo africano.

La Figura 1 mostra l'andamento dei valori massimi dell'indice HUMIDEX (allegato 1) rilevati a Milano nel periodo compreso tra il 1/6/2003 e il 31/8/2003, confrontati con la media dei valori massimi giornalieri dello stesso indice calcolato sulla serie storica 1995-2002. Come si può osservare vi è stato un significativo e persistente aumento dell'indice rispetto alla media degli 8 anni precedenti, facendo registrare un episodio che per persistenza non ha precedenti. All'interno del periodo, sono inoltre ben evidenti due episodi (nella seconda metà di giugno ed attorno alla prima decade di agosto) che per intensità e durata si manifestano nettamente al di sopra della media – già alta – di tutta l'estate 2003.

Il presente rapporto analizza l'andamento della mortalità riferita al periodo giugno-agosto 2003. L'analisi della mortalità dell'estate 2003 è stata effettuata sui residenti a Milano deceduti a Milano (INRES) senza escludere alcuna causa di decesso. Il numero di decessi attesi è stato calcolato confrontando il numero di decessi registrati a Milano fra il 1/6 e il 31/8 nel periodo 1995-2002.

La Figura 6 mostra l'andamento della mortalità giornaliera a Milano nel periodo 1 giugno – 31 agosto 2003. In tale periodo a Milano si sono verificati 2968 decessi. L'andamento del numero di decessi giornalieri evidenzia due picchi di mortalità, il primo a giugno (nei giorni fra l'9 e il 20) e il secondo ad agosto (nei giorni fra il 5 e il 18). Nel restante periodo la mortalità ha presentato oscillazioni giornaliere intorno al valore medio.

La Tabella 2.5 riporta i risultati relativi al confronto con la mortalità osservata nel periodo 1995-2002. L'eccesso totale, rispetto alla media di tale periodo secondo tale approccio, è di 560 decessi. Durante il primo periodo di giugno (9-20 giugno) si sono verificati 487 decessi. Sono 346 gli attesi utilizzando la media dei decessi verificatisi nel periodo 1995-2002: questo porta a quantificare in 141 decessi l'eccesso verificatosi durante il picco di mortalità del mese di giugno. Durante il secondo picco verificatosi nel mese di agosto (5-18 agosto) si sono verificati 709 decessi. La media di decessi osservati nello stesso periodo negli anni 1995-2002 è

stata di 329 decessi. In base a tali risultati l'eccesso di mortalità del secondo picco può essere quantificato intorno ai 380 decessi.

Utilizzando come periodo di riferimento il quadriennio 1995-2002, l'analisi differenziata per classe di età mostra come la classe di età in cui si è osservato l'incremento maggiore di mortalità è stata quella 75-84 (43%) seguita dalla classe 85 e più (40%). Il sesso femminile presenta un incremento medio rispetto al quadriennio precedente del 33% mentre quello maschile del 12%.

L'eccezionale situazione climatologica che si è verificata a Milano ha portato ad un incremento della mortalità totale di 598 pari al 23,2% (valori medi di circa 2400 decessi relativi al periodo 1/6-31/8 degli anni 1995-2002 ai 2968 decessi osservati nello stesso periodo del 2003). Tale incremento ha riguardato in particolare modo le donne e le classi di età più anziane. Le analisi qui presentate sono da considerarsi non conclusive e una migliore interpretazione di quanto occorso nell'estate 2003 necessita dell'estensione del periodo di analisi con l'inclusione dei mesi di maggio e di settembre 2003. L'inclusione del mese di maggio (sia in termini di descrizione climatologica che di andamento della mortalità) permetterebbe di analizzare più approfonditamente il picco registrato all'inizio di giugno, mentre l'analisi della mortalità registrata nel mese di settembre potrebbe permettere di comprenderne l'andamento dopo il picco evidenziato fra il 5 e il 18 agosto.

Sono in corso analisi più approfondite al fine di: 1) caratterizzare in maniera più dettagliata in termini socio-demografici i soggetti deceduti nel corso dell'estate 2003 e confrontarla con i decessi occorsi negli anni 1995-2002; 2) identificare situazioni di comorbidità, desunta dagli archivi delle dimissioni ospedaliere, associata con i decessi occorsi nel 2003. Tali analisi permetteranno di evidenziare particolari gruppi di popolazione in cui, a causa delle avverse condizioni meteorologiche, si è avuto un incremento della mortalità rispetto agli anni precedenti. Per tali gruppi, identificabili mediante l'utilizzo delle anagrafi di riferimento e dei flussi sanitari correnti disponibili presso le ASL, sarà possibile predisporre protocolli di intervento mirati, idonei a ridurre la mortalità.

**Tabella 2.5 – Distribuzione dei decessi nel periodo giugno-agosto relativamente agli anni 1995-2003 per classi di età e per sesso. La tabella mostra le differenze di decessi assolute e percentuali tra il periodo 2003 e il valore medio stimato sul periodo 1995-2002**

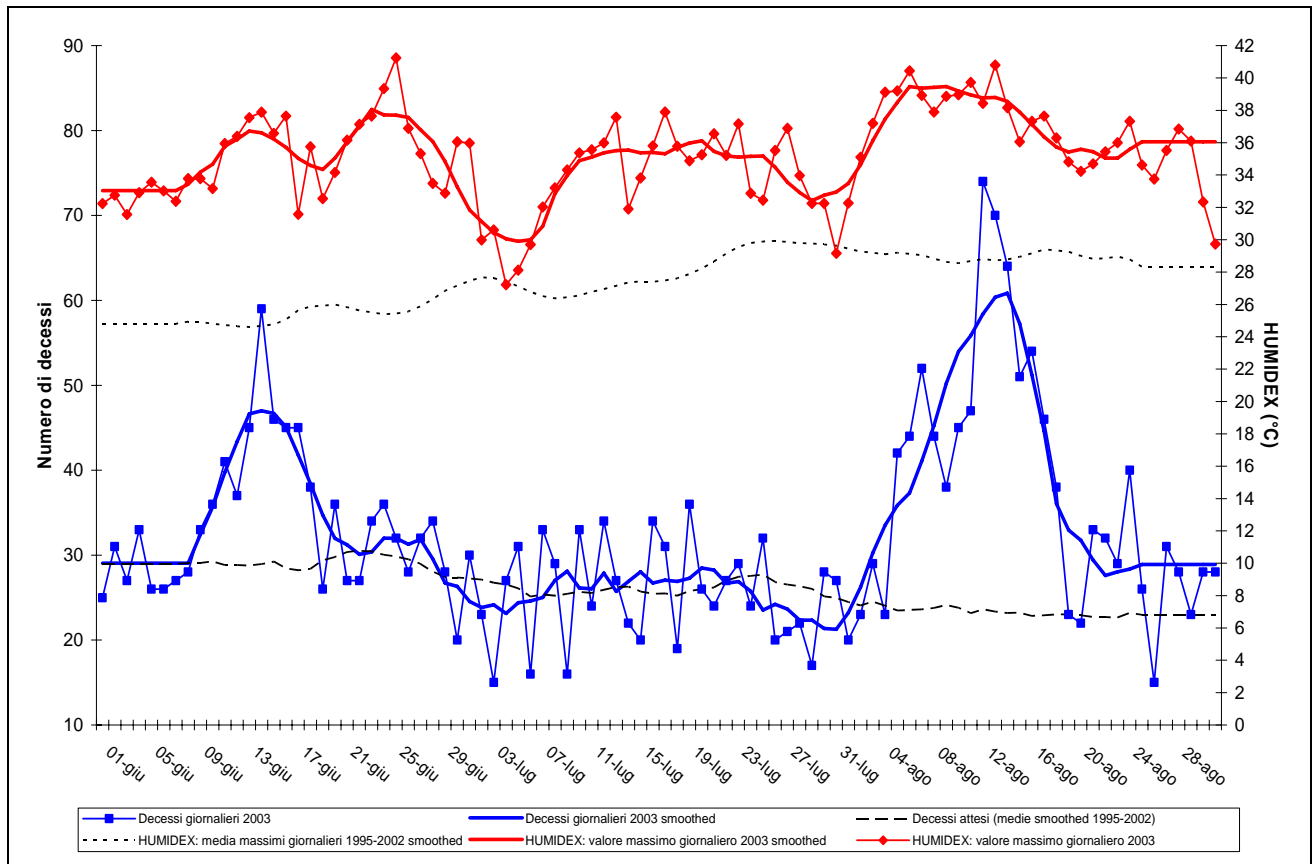
	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	Media (*) 1995-2002	Differenza (\$) 2003-media	Differenze (#) percentuali
<b>Classe di età</b>												
<65	495	438	404	401	379	384	394	359	372	406,8	-34,8	-8,5%
65-74	576	563	504	500	467	464	481	469	480	503,0	-23,0	-4,6%
75-84	709	712	660	757	711	665	758	750	1020	715,3	304,8	+42,6%
85+	619	719	716	824	802	789	935	864	1096	783,5	312,5	+39,9%
<b>Sesso</b>												
Maschi	1223	1185	1126	1162	1148	1063	1186	1169	1299	1157,8	141,3	+12,2%
Femmine	1176	1247	1158	1320	1211	1239	1382	1273	1669	1250,8	418,3	+33,4%
<b>Totale</b>	<b>2399</b>	<b>2432</b>	<b>2284</b>	<b>2482</b>	<b>2359</b>	<b>2302</b>	<b>2568</b>	<b>2442</b>	<b>2968</b>	<b>2408,5</b>	<b>559,5</b>	<b>+23,2%</b>

\* Media dei decessi per classe di età e totali relativi al periodo giugno-agosto 1995-2002

\$ Differenze assoluta, per classe di età e totale, tra i decessi occorsi nel periodo giugno-agosto 2003 e la media (\*)

# Differenza percentuale, per classe di età e totale, stimata come il rapporto tra la differenza (\$) e la media (\*)

**Figura 6 – Andamento della mortalità giornaliera per tutte le cause e dell'indice HUMIDEX nel periodo giugno-agosto 2003**



### 3. SISTEMI HHWW PER LE CITTÀ' DI ROMA, MILANO, TORINO E BOLOGNA.

#### **3.1 Materiali e Metodi per la costruzione del sistema HHWW**

I sistemi sviluppati nell'ambito del progetto sono sistemi città specifici che, sulla base dei dati storici della mortalità giornaliera e delle condizioni meteorologiche osservate, identificano le condizioni atmosferiche alle quali è associato un incremento della mortalità. Attraverso un approccio "sinottico", che consente di riassumere le caratteristiche meteorologiche, vengono identificate le principali "masse d'aria" del periodo estivo. L'approccio sinottico classifica ogni giorno in base a sette variabili: *temperatura dell'aria*, *temperatura al punto di rugiada*, *visibilità*, *nuvolosità*, *pressione atmosferica*, *velocità e direzione del vento*.

Per ogni città sono state identificate otto diverse masse d'aria: "Clima Secco Freddo", "Clima Secco Caldo Moderato", "Clima Secco molto Caldo", "Clima Umido freddo", "Clima Umido molto Caldo", "Clima molto Umido e molto Caldo", "Clima di Transizione". Tra queste sono state identificate le masse d'aria a rischio associate ad una mortalità significativamente più elevata. Infine, sulla base delle previsioni meteorologiche, attraverso un algoritmo, tali sistemi sono in grado di prevedere il verificarsi di masse d'aria a rischio per la salute e quindi di produrre allarmi con un anticipo di tre giorni.

Il modello è in grado di fornire previsioni degli effetti sulla salute "graduate" (in base alla persistenza di condizioni meteorologiche "a rischio") i livelli sono:

- Livello di attenzione se sono previste masse d'aria a rischio a 72 ore
- Livello di allarme se sono previste masse d'aria a rischio ed un eccesso di mortalità per le successive 48 ore;
- Livello di emergenza se le condizioni di rischio permangono per più di 2 giorni consecutivi

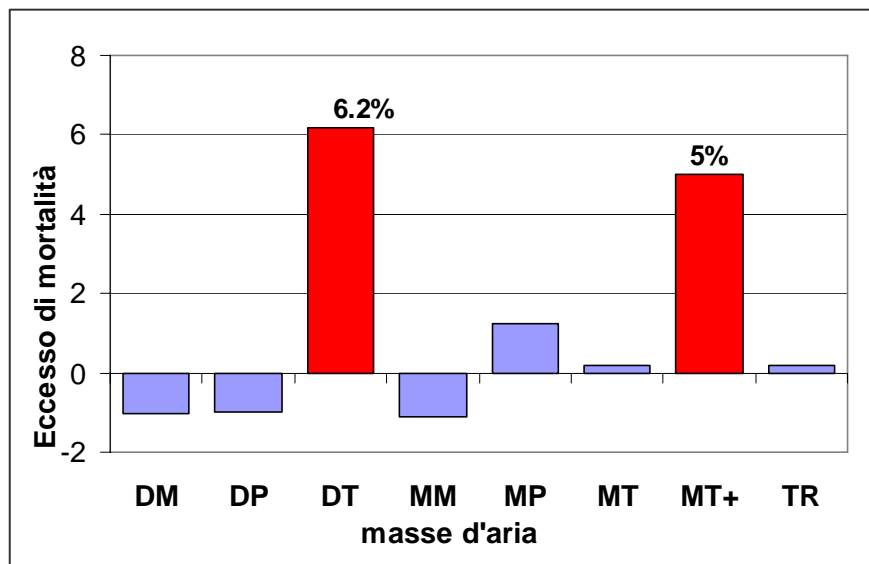
E' possibile quindi prevedere interventi differenziati in relazione alla gravità della situazione prevista.

### 3.2 Definizione delle masse d'aria a rischio in ciascuna città.

Durante l'estate 2003 per la sperimentazione i risultati sono stati gestiti centralmente, utilizzando le previsioni meteorologiche fornite dall'Aeronautica Militare. Vengono riportati i risultati dell'analisi retrospettiva dell'andamento della mortalità associata alle masse d'aria per l'individuazione delle masse d'aria a cui è associato un significativo incremento della mortalità.

A Roma due masse d'aria sono state associate ad una mortalità giornaliera elevata: il "Clima Secco molto Caldo" (DT), caratterizzato da tempo sereno e venti da sudovest, temperature medie massime di 33°C, temperature medie notturne di 21°C; e il "Clima molto Umido e molto Caldo" (MT+) caratterizzato da parziale copertura nuvolosa, venti da sudovest, temperature massime di 31°C, temperature notturne di 22°C e alta umidità relativa (figura 3.1). Tali masse d'aria sono state associate ad un incremento medio della mortalità giornaliera pari a +6.2 ed a +5 rispettivamente.

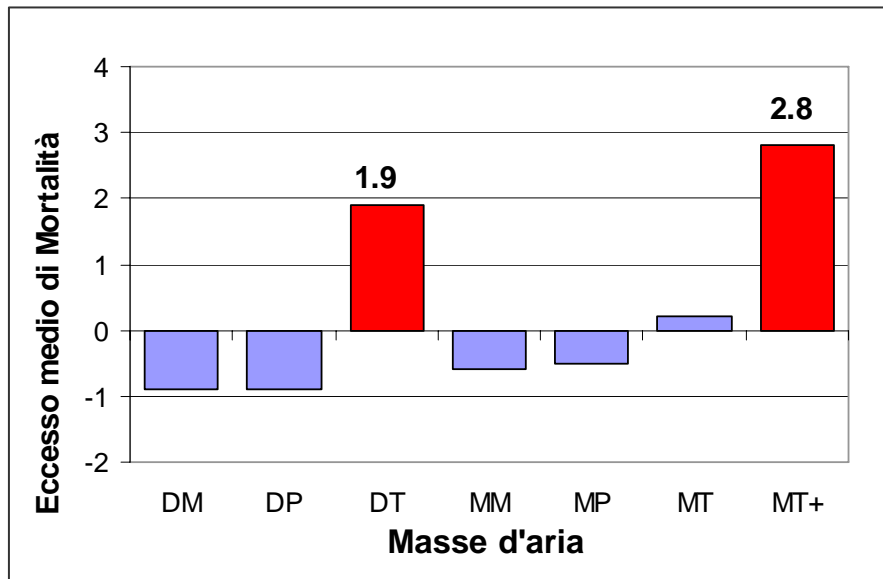
**Figura 3.1: Eccesso di Mortalità per massa d'aria a Roma, per il periodo 1987-96.**



A Milano due masse d'aria sono state associate ad una mortalità giornaliera elevata: il "Clima Secco molto Caldo" (DT), caratterizzato da tempo sereno, con una temperatura media massima di 27.3°C, temperature medie notturne di 18.1°C; ed il "Clima molto Umido e molto Caldo" (MT+) caratterizzato da parziale copertura nuvolosa, una temperatura media massima di 30.1°C, temperature medie notturne di 21.9°C ed elevata

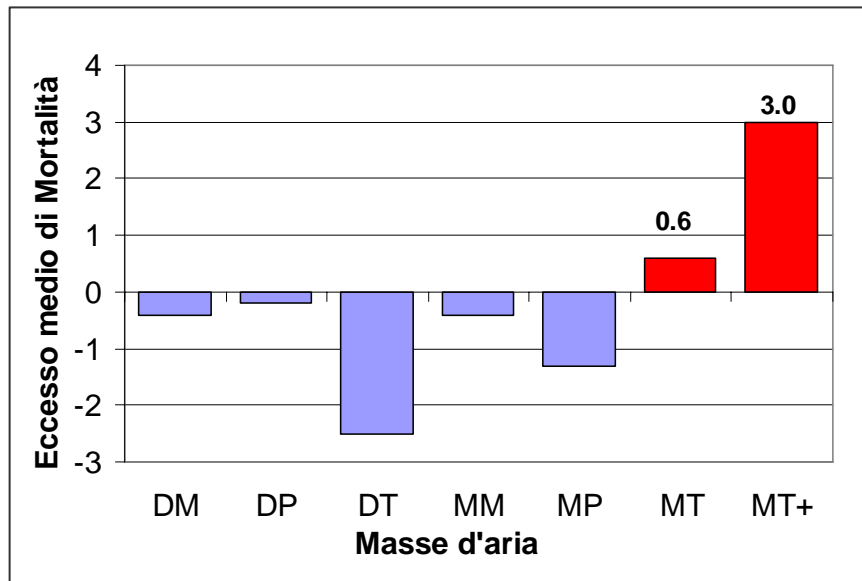
umidità relativa (figura 3.2). Tali masse d'aria sono associate ad un incremento medio della mortalità giornaliera pari a +1.9 e +2.8 rispettivamente.

**Figura 3.2: Eccesso di Mortalità per massa d'aria a Milano, per il periodo 1990-1999.**



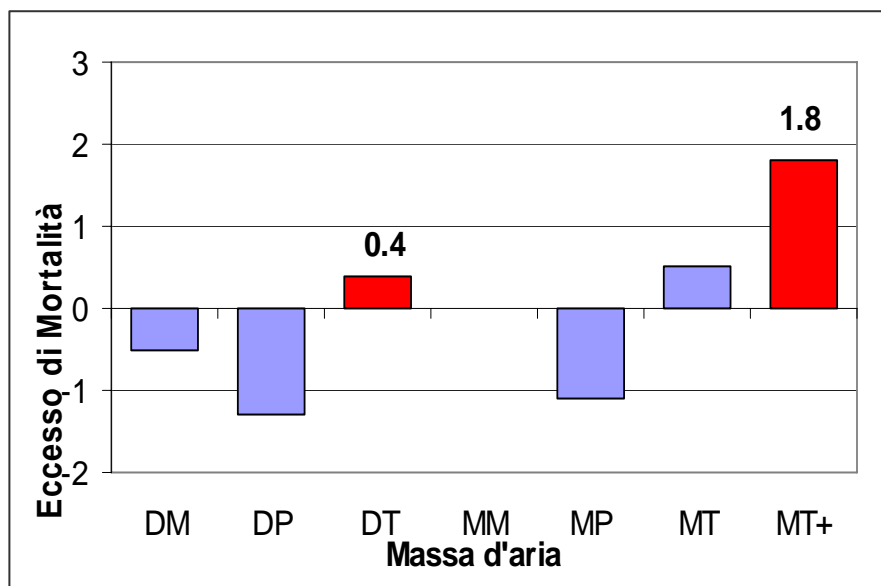
Due masse d'aria sono state associate ad una mortalità giornaliera elevata a Torino: il "Clima Umido molto Caldo" (MT), caratterizzato da tempo sereno, una temperatura media massima di 26.4°C, temperatura media notturna di 19.3°C, e moderata umidità relativa; il "Clima molto Umido e molto Caldo" (MT+) è caratterizzato da parziale copertura nuvolosa, una temperatura media massima di 28.7°C, temperatura media notturna di 21.1°C ed elevata umidità relativa (figura 3.3). Tali masse d'aria sono associate ad un incremento medio della mortalità giornaliera pari a +0.6 e +3.0 rispettivamente. Interessante notare che solo a Torino la massa d'aria MT è associata a condizioni meteorologiche dannose per la salute.

**Figura 3.3: Eccesso di Mortalità per massa d'aria a Torino, per il periodo 1991-1999.**



A Bologna due masse d'aria sono state associate ad una mortalità giornaliera elevata: il "Clima Secco molto Caldo" (DT), caratterizzato da tempo sereno, una temperatura media massima di 30.0°C, temperatura media alle 06:00 di 20.2°C; il "Clima molto Umido e molto Caldo" (MT+) è caratterizzato da parziale copertura nuvolosa, una temperatura media massima di 31.1°C, temperatura media alle 06:00 di 23.1°C ed elevata umidità relativa (figura 3.4). Tali masse d'aria sono risultate associate ad un incremento medio della mortalità giornaliera pari a +0.4 e +1.8 rispettivamente.

**Figura 3.4: Eccesso di Mortalità per massa d'aria a Bologna, per il periodo 1996-99.**





### **3.3 Risultati della sperimentazione dei sistemi HHWW nell'estate 2003**

#### **Roma**

La figura 3.5 mostra l'andamento della temperatura massima apparente (linea in alto), degli eccessi di mortalità osservata (linea continua) e degli eccessi di mortalità previsti dal modello (linea tratteggiata) per le classi d'età sopra ai 65 anni. Si evidenzia come il modello sia stato in grado di prevedere la maggior parte degli incrementi di mortalità osservati seppur con una leggera sottostima. In due casi il modello non ha segnalato allarmi (bande verticali) ed eccessi di mortalità (linea tratteggiata) in giorni in cui si sono invece verificati importanti incrementi di mortalità: dal 17 al 20 giugno e dal 24 al 26 luglio. Si tratta di giorni caratterizzati da una massa d'aria (MT, Clima umido molto caldo) generalmente non associata ad incrementi di mortalità nella città di Roma, ma che nel corso dell'estate 2003 è stata invece caratterizzata da temperature al di sopra di quelle osservate negli anni precedenti, determinando l'incremento di rischio osservato.

Nella tabella 3.1 vengono sintetizzati i risultati degli allarmi segnalati dal sistema HHWW durante l'estate 2003. Durante il periodo 1°giugno–15 Agosto 2003 il sistema HHWWS ha segnalato un allarme per un totale di 18 giorni (24%), e condizioni di emergenza (più di due giorni consecutivi di allarme) per 19 giorni (25%), per un totale di 37 su 75 giorni. Il confronto con le estati precedenti (periodo 2000-2002) evidenzia l'eccezionalità delle condizioni meteorologiche osservate nel 2003; nelle 3 estati precedenti erano stati segnalati in media 9 giorni di allarme (11%) e 7 giorni di emergenza (10%). Nel periodo sono stati previsti un totale di 467 decessi in eccesso, che variano da un minimo di 1 ad un massimo di 26 morti in eccesso al giorno. Dal confronto tra le previsioni del sistema e gli eccessi di mortalità osservati nello stesso periodo, si evidenzia quindi una sottostima dell'eccesso reale, attribuibile, almeno in parte, alle eccezionali condizioni meteorologiche verificatesi durante l'estate 2003. Tali condizioni sono state caratterizzate da temperature molto superiori alle medie degli anni precedenti, l'avvento di ondate di calore nei primi giorni dell'estate (fin dall'inizio di maggio sono state registrate temperature più elevate rispetto agli ultimi 8 anni) ed un perdurare delle condizioni di stress da calore. La concomitanza di questi fattori ha determinato l'elevato incremento di mortalità osservato durante l'estate 2003.

### **Torino**

Per una valutazione dell'impatto delle ondate di calore verificatesi a Torino la mortalità giornaliera dell'estate 2003 (periodo 1 giugno - 15 agosto) è stata confrontata la media dei decessi attesi, stimato mediante una regressione lineare della mortalità giornaliera sul periodo di riferimento 1980-2002. L'eccesso è calcolato come la differenza tra i morti giornalieri osservati ed il corrispondente valore degli attesi.

La figura 3.6 mostra l'andamento della temperatura massima apparente (linea in alto), degli eccessi di mortalità osservata per la fascia d'età sopra i 65 anni (linea in basso) e gli allarmi previsti dal sistema HHWW (bande verticali). Per l'estate 2003 il sistema HHWW ha previsto 10 giorni (13%) di allarmi, con un massimo di 3 giorni di allarme consecutivi, e solo un giorno di emergenza. I due picchi nella temperatura apparente massima all'inizio dell'estate (14 e 25 giugno) sono stati seguiti da un picco di mortalità con un giorno di latenza, rispettivamente il 15 ed il 26 giugno. L'incremento costante delle temperature ad agosto ha determinato un drammatico aumento dei decessi, con un picco di 53 morti in eccesso il 12 agosto.

Il sistema HHWW di Torino ha sottostimato i picchi di mortalità osservati: durante i maggiori picchi di temperatura apparente, il sistema HHWW pur prevedendo un allarme, ha sottostimato i decessi osservati. Ciò indica la necessità di rivedere in futuro i parametri del modello. Da una prima analisi dei risultati la sottostima del modello sembra comunque attribuibile a problemi di validità delle previsioni meteorologiche più che ad un problema di definizione delle masse d'aria.

### **Bologna**

La figura 3.7 mostra l'andamento della temperatura massima apparente (linea in alto), degli eccessi di mortalità osservata (linea in basso) e degli allarmi previsti dal sistema (linee verticali). Per l'estate 2003 (1 giugno-15 agosto) il sistema ha previsto 16 giorni (21%) di allarmi e 2 giorni (3%) di emergenza con un massimo di 4 giorni di allarme consecutivi. Gli eccessi di mortalità si sono verificati in concomitanza con i picchi di temperatura. Durante i maggiori incrementi di temperatura, ed in particolare, durante la principale ondata di calore (6-14 agosto) il picco di mortalità prevista dal modello coincide con il picco di mortalità osservata, con un eccesso di 14 decessi. Il primo incremento della

temperatura ha determinato un aumento significativo della mortalità con diversi giorni di latenza, quando le temperature erano già diminuite.

Il sistema di allarme della città di Bologna è stato in grado di identificare i principali incrementi di mortalità osservata. I risultati della sperimentazione durante l'estate 2003 saranno utilizzati per apportare miglioramenti al modello di previsione. Inoltre verrà fatta una verifica della validità delle previsioni meteorologiche utilizzate.

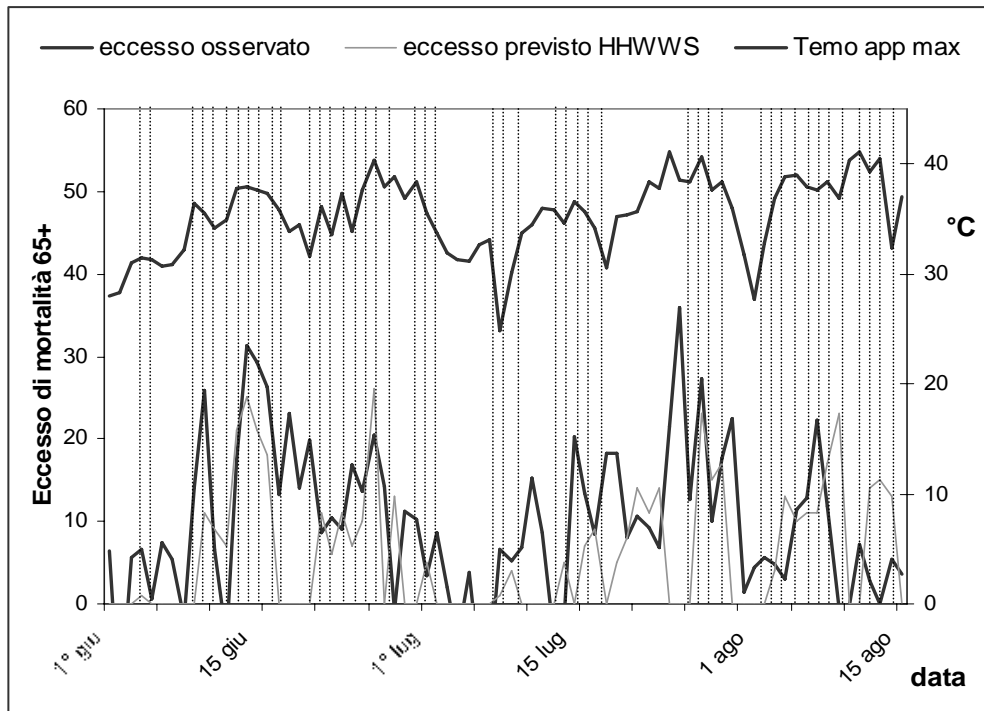
### **Milano**

La figura 3.8 mostra l'andamento della temperatura massima apparente (linea in alto), degli eccessi di mortalità totale osservata (linea in basso) e degli allarmi previsti dal sistema HHWW (linee verticali). Per l'estate 2003 il sistema ha previsto 17 giorni (22%) di allarmi e 10 giorni (13%) di emergenza con un massimo di 6 giorni di allarme consecutivi. Gli eccessi di mortalità si sono verificati in concomitanza con i picchi di temperatura apparente più evidenti. Durante la prima ondata di calore a metà giugno e la seconda, più estrema, ad agosto, il sistema ha previsto masse d'aria a rischio riportando però come il modello per la città di Torino, una sottostima dell'eccesso di mortalità osservato. Durante l'ondata di calore di agosto il picco dell'eccesso di mortalità ha una latenza di 5 giorni rispetto al picco nella temperatura apparente massima, evidenziando un fenomeno diverso rispetto a quanto osservato a Roma dove la latenza tra aumento di temperatura ed incremento di mortalità è di uno o due giorni.

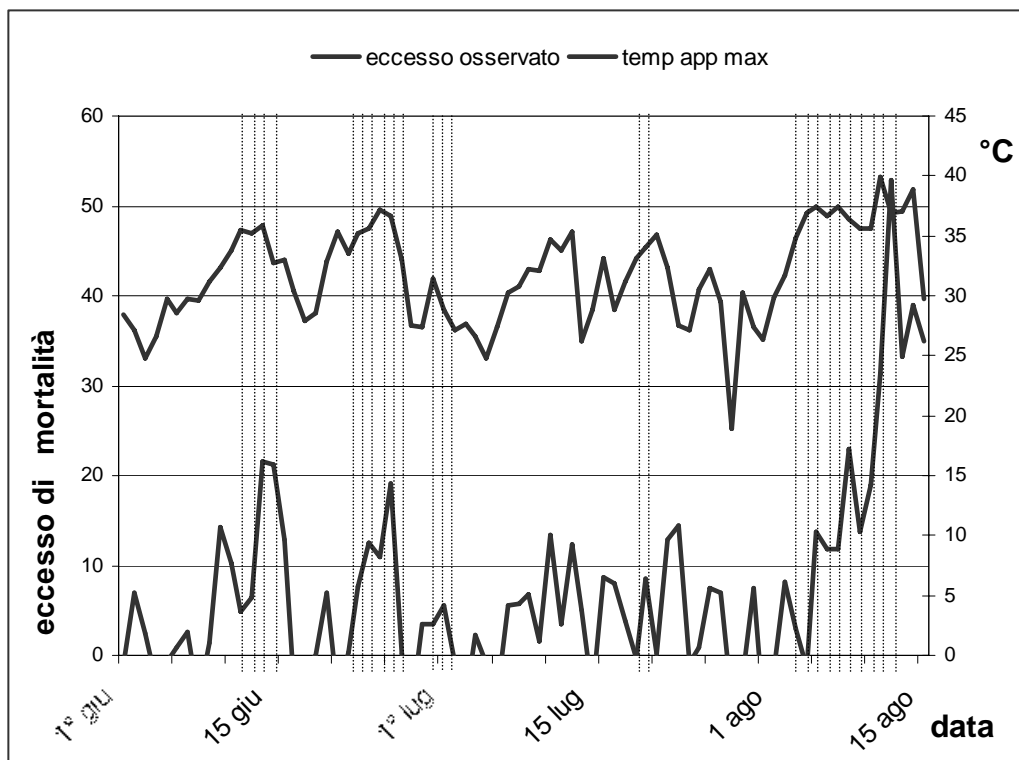
**Tabella 3.1 - Risultati del sistema HHWW nell'estate 2003. Allarmi, emergenze e numero massimo di giorni consecutivi di allarme.**

	Roma	Milano	Torino	Bologna
N° Allarmi	18 (24%)	17 (22%)	10 (13%)	16 (21%)
N° Emergenze	19(25%)	10 (13%)	1(1%)	2 (3%)
N° Nessun allarme	39 (52%)	48 (64%)	66 (86%)	58 (76%)
N° giorni consecutivi	23	6	3	4

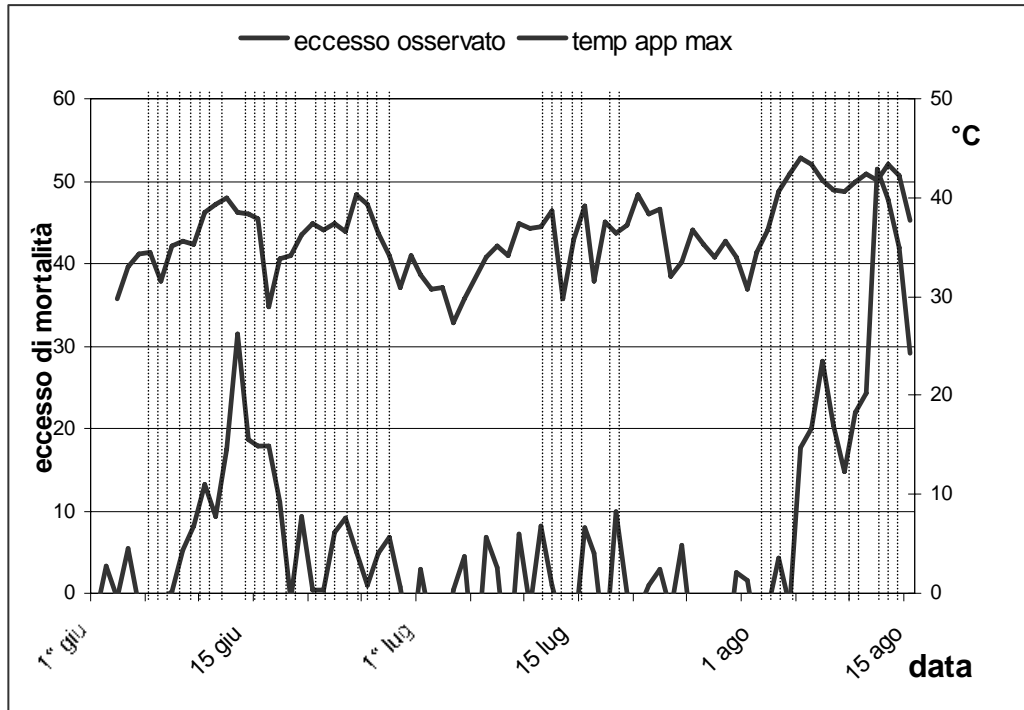
**Figura 3.5: Andamento della mortalità osservata e prevista dal sistema HHWW (65 anni e più) e della temperatura apparente massima, per il periodo estivo 1 Giugno- 15 Agosto a Roma. Allarmi previsti dal sistema HHWW.**



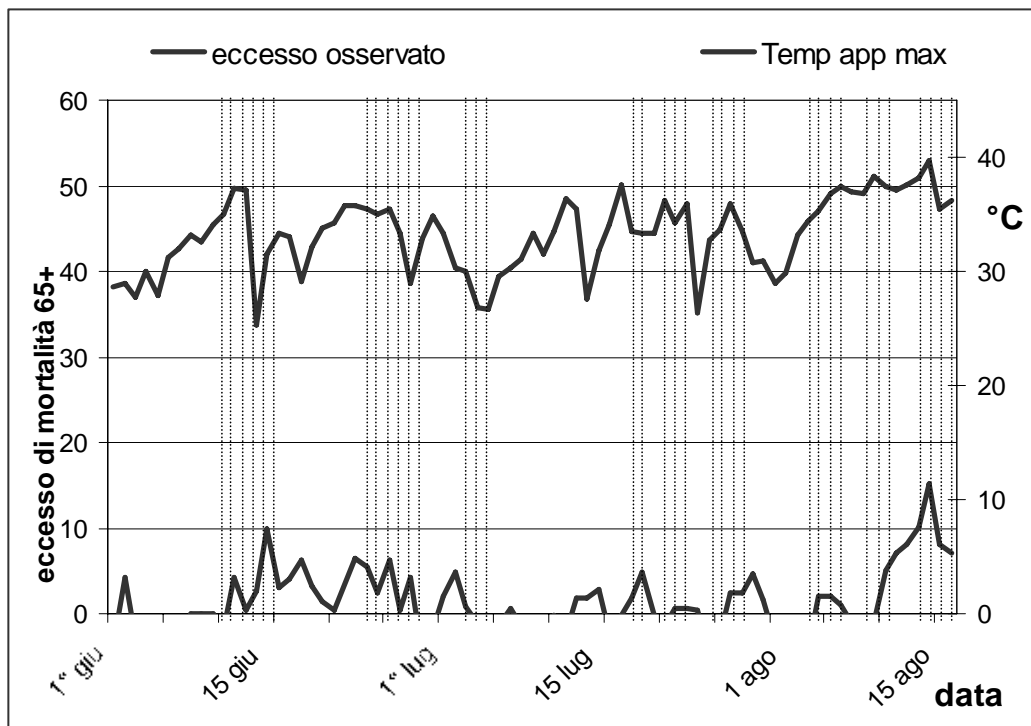
**Figura 3.6: Andamento della mortalità osservata (65 anni e più) e della temperatura apparente massima, per il periodo estivo 1 Giugno- 15 Agosto aTorino. Allarmi previsti dal sistema HHWW**



**Figura 3.7: Andamento della mortalità totale osservata(65 anni e più) e della temperatura apparente massima, per il periodo estivo 1 Giugno- 31 Agosto a Milano. Allarmi previsti dal sistema HHWW.**



**Figura 3.8: Andamento della mortalità totale osservata (65 anni e più) e della temperatura apparente massima per il periodo estivo 1 Giugno- 15 Agosto a Bologna. Allarmi previsti dal sistema HHWW.**





#### **4. Conclusioni**

L'estate 2003 è stata caratterizzata da condizioni meteorologiche eccezionali che hanno avuto un forte impatto sulla salute della popolazione, soprattutto nelle aree del nord dove temperature così elevate per periodi così prolungati raramente sono state osservate. L'elevato incremento di mortalità registrato durante l'estate 2003 nelle città è attribuibile infatti alle elevate temperatura percepite ed al perdurare delle condizioni di stress da calore.

Per le città che partecipano a questo progetto la disponibilità di dati analitici ha consentito un'accurata valutazione dell'impatto sulla mortalità dell'ondata di calore durante l'estate 2003 e una valutazione dei risultati dei sistemi di allarme attivati in via sperimentale nel periodo giugno-settembre 2003.

L'Istituto Superiore della Sanità ha effettuato una prima stima dell'incremento di mortalità osservato in Italia nei 21 comuni capoluogo di regione confrontando le osservazioni del 2003 con quelle dell'anno 2002. Secondo questa stima tra il 16 luglio ed il 15 agosto i morti in eccesso oltre i 65 anni di età sono stati 4175, con un incremento della mortalità pari al 14%. I risultati dell'analisi da noi effettuata evidenziano notevoli differenze rispetto a tali risultati e indicano la necessità di un approfondimento del fenomeno in studio. Inoltre vengono di seguito evidenziati importanti aspetti metodologici di cui occorre tener conto per produrre una stima non distorta dell'impatto delle ondate di calore sulla mortalità.

L'analisi di serie temporali è considerato l'unico approccio valido per l'analisi dell'impatto delle variazioni climatiche sulla mortalità poiché consente di tener conto delle variazioni di breve periodo (analisi dell'andamento giornaliero) e di ottenere una stima non distorta dell'effetto osservato. L'andamento della mortalità giornaliera e dei picchi di mortalità mostrano una evidente variabilità temporale fortemente associata all'andamento della temperatura. Ogni valutazione basata su intervalli di tempo lunghi (mesi, o frazioni) e su valori medi di periodo dei parametri meteorologici, produce stime distorte. Inoltre il principale problema metodologico quando si analizza solo una specifica finestra temporale è la stima del valore di riferimento.

Riguardo a quest'ultimo punto è da sottolineare come nella stima dell'impatto sulla mortalità dell'ondata di calore nell'estate 2003 la scelta del periodo di riferimento per il calcolo degli attesi sia cruciale. In generale, il periodo di riferimento scelto deve essere sufficientemente lungo per essere rappresentativo della variabilità dell'esposizione e dell'effetto osservato, disponendo inoltre di una sufficiente potenza statistica. In particolare il confronto con l'anno 2002 utilizzato dall'ISS risulta distorto poiché in tale anno si è verificata una forte ondata di calore nel mese di giugno con un incremento della mortalità osservata superiore a quella degli otto anni precedenti; tale approccio può aver determinato quindi una sostanziale sottostima del fenomeno reale.

Il primo rapporto dell'ISS mette inoltre in relazione le stime di mortalità in eccesso con valori medi di periodo dei parametri meteorologici; occorre ribadire che gli effetti acuti sulla salute delle ondate di calore dipendono fortemente dalle dinamiche temporali di breve periodo (giorno) delle condizioni meteorologiche. Periodi prolungati di temperature medie elevate con valori giornalieri costanti, possono determinare effetti diversi da quelli provocati in periodi con valori medi inferiori ma picchi giornalieri molto elevati. Diverso approccio, certamente assai più complesso, deve essere utilizzato necessariamente per la valutazione degli effetti cronici delle variazioni climatiche di lungo periodo.

Confronti con valori attesi da dati retrospettivi vanno comunque interpretati con cautela, soprattutto per le aree nelle quali gli effetti delle ondate di calore si verificano da molti anni; in questi casi il confronto rischia di non evidenziare fenomeni di popolazione reali ed intensi, ma esistenti da molto tempo. Viceversa il confronto per aree geografiche per le quali le ondate di calore rappresentano un fenomeno relativamente recente rischia di sovrastimare gli effetti.

Durante i mesi estivi si verificano importanti fenomeni di migrazione temporanea dalle aree metropolitane con conseguente forte variazione della popolazione presente (denominatori). Le stime di mortalità osservata e degli eccessi calcolati, debbono essere quindi interpretate con estrema cautela in relazione ai fenomeni di variazione temporale della popolazione residente. I fenomeni ed i flussi di migrazione temporanea estiva possono determinare importanti variazioni dei denominatori della popolazione a rischio (serbatoio dei suscettibili). Tali variazioni dei denominatori possono produrre eterogeneità temporali di breve periodo durante i mesi estivi, di lungo periodo (negli anni) ed eterogeneità geografiche.



Variazioni della popolazione esposta possono essere inoltre dipendenti dall'età, dal genere e dal livello socio economico. Ad esempio alcuni eccessi stimati nel 2003 nei gruppi di popolazione di livello socioeconomico più basso e negli anziani possono essere determinati da un aumento temporale della popolazione svantaggiata che in estate non lascia la città. Tali differenze potrebbero spiegare differenze dell'effetto osservato nelle varie città.

Fattori demografici, sociali, urbanistici, di inquinamento atmosferico e di organizzazione dei servizi sociali e sanitari rappresentano importanti modificatori d'effetto dell'impatto delle ondate di calore sulla salute, di cui occorre tener conto in particolare nella comparazione dell'effetto tra diverse città.

Dovranno essere effettuate ulteriori analisi per l'approfondimento della latenza tra esposizione e effetto osservato (lag effect), e per la stima dell'effetto cumulato legato alla durata dell'esposizione ed alla durata degli intervalli liberi da esposizione. L'analisi della mortalità per causa consentirà inoltre di comprendere meglio i meccanismi biologici che sono alla base dell'effetto delle ondate di calore sulla mortalità. Gli studi epidemiologici hanno evidenziato che il caldo determina un incremento della mortalità per cause respiratorie e cardiovascolari, ma anche per una serie di cause che possono non essere direttamente associate alle variazioni di temperatura. E' stato suggerito infatti che le ondate di calore possano far precipitare le condizioni di salute di soggetti con patologie croniche di varia natura determinandone il decesso.

Infine questa analisi preliminare non ha consentito di valutare possibili effetti di "harvesting", cioè di valutare se picchi di mortalità osservata siano seguiti da periodi di riduzione della mortalità. Tali fenomeni di harvesting potrebbero essere molto rilevanti soprattutto per i gruppi di popolazione maggiormente suscettibili.

I risultati delle stime di impatto degli effetti osservati durante l'estate 2003 ed alcuni dati relativi alla popolazione maggiormente colpita dal fenomeno rappresentano un elemento fondamentale per la definizione di programmi e di interventi di prevenzione. E' soprattutto importante sottolineare come gli effetti sulla salute delle ondate di calore siano eterogenei, per caratteristiche ed intensità, tra le diverse città, ed abbiano forti variazioni temporali

giornaliere in rapporto alle condizioni meteorologiche. Questo fenomeno richiede una notevole modulazione temporale degli interventi sociali e sanitari efficaci disponibili, rendendo potenzialmente efficienti sistemi HHWW. I dati dell'estate 2003 evidenziano la necessità di potenziare le attività di riduzione del danno, in particolare ampliando il numero delle persone coinvolte, mirando gli interventi alla popolazione ad alto rischio: in tutte le città considerate la mortalità in eccesso riguarda la popolazione anziana (75-84 anni) e molto anziana (85+) e in particolare le donne che sono più rappresentate in queste classi di età. Inoltre i risultati di Roma evidenziano un effetto maggiore tra i residenti nelle aree più deprivate della città.

La definizione di interventi efficaci per la prevenzione della mortalità e della morbilità associati alle variazioni climatiche rappresentano una priorità di sanità pubblica. I cambiamenti climatici richiederanno programmi organici, in particolare per le popolazioni delle grandi città, in grado di prevenire gli effetti sulla salute di particolari condizioni ambientali.

In nessun caso i dati osservazionali 2003 possono essere utilizzati per inferire eterogeneità di efficacia degli interventi sociali e sanitari tra diverse aree metropolitane. Per i prossimi anni sarebbe estremamente importante avviare un programma di valutazione e di monitoraggio degli interventi di prevenzione e di riduzione del danno.

I risultati della sperimentazione dei sistemi HHWW nelle diverse città hanno evidenziato come, seppur con i limiti evidenti, tale sistemi siano efficaci nel prevedere con alcuni giorni di anticipo il verificarsi di condizioni (masse d'aria) a rischio per la salute. Grazie ad una fase di sperimentazione precedente (estati 2000-2002), il modello applicato a Roma risulta più accurato sia nell'identificare i giorni di allarme che nella stima degli eccessi di mortalità. Questo è principalmente attribuibile al sistema di correzione elaborato per le previsioni meteorologiche che rispecchiano in maniera più realistica le condizioni climatiche dell'area urbana. Le correzioni meteorologiche eseguite sulle previsioni, hanno incrementato l'accuratezza della classificazione delle masse d'aria contribuendo ad identificare i giorni ad alto rischio.

Per le città nelle quali il sistema è stato attivato per il primo anno, l'accuratezza del modello è sicuramente minore e sarà necessario apportare modifiche ai modelli e

correzioni alle previsioni meteorologiche per disporre di una più efficiente classificazione delle masse d'aria e delle condizioni climatiche a rischio.

E' da rilevare tuttavia che le eccezionali condizioni meteorologiche registrate nell'estate 2003, caratterizzate da temperature al di sopra delle medie storiche, sono in parte responsabili dei difetti dei sistemi di allarme. Tali condizioni hanno eccezionali fatto sì che masse d'aria precedentemente classificate come non a rischio si siano rivelate invece dannose per la salute perché caratterizzate da temperature molto più elevate. L'inclusione del 2003 nell'analisi della relazione masse d'aria/mortalità consentirà una migliore definizione delle condizioni a rischio.

Lo sviluppo futuro del progetto sarà indirizzato alla revisione dei modelli HHWW; rivalutando le masse d'aria a rischio e modificandone i parametri attraverso lo sviluppo di algoritmi di previsione dell'eccesso di mortalità in grado di caratterizzare più accuratamente anche gli eventi estremi. Una valutazione dettagliata verrà svolta sui dati meteorologiche previsti dell'estate 2003 in modo tale da ottenere un sistema di correzione efficiente, che produca previsioni più accurate.

Per il secondo anno il progetto, per le città partecipanti alla fase 2003, il sistema di allarme potrà essere decentrato e gestito autonomamente da ogni centro. In collaborazione con gli enti locali, le ASL e le Strutture di Protezione Civile, verranno definiti gli interventi di prevenzione e le linee guida indirizzate ai soggetti a rischio. I sistemi di allarme HHWW in futuro verranno estesi ad altre città rappresentative di condizioni meteorologiche e socio-economiche diverse. Nel caso di città non situate vicino ad un aeroporto, verrà valutata la possibilità di utilizzare dati di previsione da fonti diverse e la sperimentazioni di modelli in grado di produrre previsioni città specifiche utilizzando dati meteorologici prodotti dalle stazioni circostanti.

Il sistema di allarme HHWW rappresenta un importante strumento per la prevenzione se integrato con efficaci interventi rivolti alla popolazione a rischio. Gli effetti sulla salute dell'ondate di calore possono essere previste con anticipo; ciò consente di pianificare interventi di prevenzione per ridurre gli effetti sulla salute nella popolazione esposta. I dati relativi all'estate 2003 evidenziano tuttavia la necessità di potenziare le attività di riduzione del danno, in particolare ampliando il numero dei soggetti coinvolti e mirando gli interventi alla popolazione ad alto rischio.

## Bibliografia

1. Albertoni F, Arcà M, Borgia P, Perucci CA, Tasco C. Heat-related mortality Latium Region summer 1983, *MMWR*, 1984; 33(37):518-521.
2. Kalkstein, LS, P.F. Jamason, JS, Greene, Libby J, and Robinson L, The Philadelphia Hot Weather-Health Watch/Warning System: Development and Application, Summer 1995. *Bulletin of the American Meteorological Society*. 1996; 77:1519-1528.
3. Kalkstein LS, Nichols MC, Barthel CD and Greene JS. A New Spatial Synoptic Classification: Application to Air Mass Analysis. *International Journal of Climatology*, 1996; 16:983-1004.
4. Sheridan SC. The Re-development of a Weather Type Classification Scheme for North America. *International Journal of Climatology*, 2002; 22:51-68.
5. Kalkstein LS, and Valimont KM. An Evaluation of summer discomfort in the United States using a relative climatological index, *Bulletin of the American Meteorological Society* 1986; 67(7): 842-48 .
6. Braga AL, Zanobetti A, Schwartz; J, The time course of weather-related deaths, *Epidemiology* 2001; 12:662-667.
7. Servizio Meteorologico Canadese: [www.weatheroffice.pyr.ec.gc.ca/ne.htm](http://www.weatheroffice.pyr.ec.gc.ca/ne.htm)
8. Masterson, 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.
9. Costa G., Colombo S., Zanetti R., D'Ambrosio R., Rosso S., Ponti A., Segnan N. Stato di salute della popolazione a Torino. Cause di morte nei residenti, anno 1982, USL 1/23, Torino 1984
10. Michelozzi P, Fano V, Forastiere F, Barca A, Kalkstein LS, Perucci CA. Weather conditions and elderly mortality in Rome during summer. *Bulletin of the World Meteorological Organization* 2000; 49(4):348-355.

**Allegato 1**

**Temperatura massima apparente** =  $-2.653 + (0.994T_a) + (0.0153T_d)^2$

T=temperatura dell'aria

T=temperatura al punto di rugiada

**Humidex (H)** =  $T + 5/9 * [(6,112 * 10^{(7,5 * T / (237,7 + T))} * UR / 100) - 10]$ ;

dove

T=temperatura dell'aria

UR=umidità relativa dell'aria

La scala di valori dell'indice di calore (HUMIDEX) e il relativo grado di disagio sono riportati nella seguente tabella:

al di sotto di 29	Poche persone percepiscono disagio.
da 30 a 34	Sensazione di malessere più o meno significativa.
da 35 a 39	Sensazione di malessere abbastanza intensa. Prudenza. Limitare alcune attività fisiche gravose.
da 40 a 45	Sensazione di malessere generalizzato. Pericolo. Evitare gli sforzi.
da 46 a 53	Grave pericolo. Sospendere le attività fisiche.
al di sopra di 54	Colpo di calore imminente (pericolo di morte)