



Università degli Studi di Ferrara

DIPARTIMENTO DI FISICA E SCIENZE DELLA TERRA
Polo Scientifico Tecnologico, edifici Blocco B – Blocco C
Via Saragat, 1 – I - 44122 Ferrara

STUDIO DEL CAMBIAMENTO CLIMATICO ED ANALISI ALLA SCALA LOCALE NELL'IMMEDIATO RECENTE NEL TERRITORIO DI SAN BENEDETTO DEL TRONTO

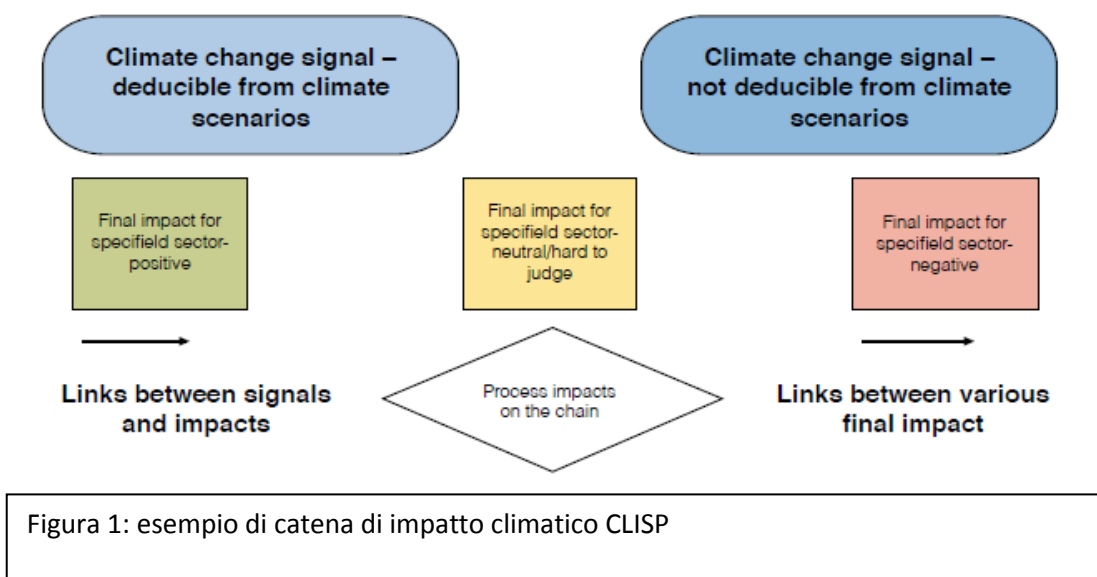
Prof. Geologo Massimiliano FAZZINI

Docente di Rischio Climatico Geologia Applicata

Introduzione - Il cambiamento climatico che l'intero globo terrestre sta vivendo si identifica con l'insieme di segnali fisico-atmosferici identificabili con evidenti scostamenti dei parametri meteorologici rispetto alle medie climatiche relative al un lasso di tempo almeno trentennale ed attualmente identificato come il periodo di riferimento 1971-2000 (CLINO). Senza presentare i consueti "dati" relativi all'aumento generalizzato delle temperature piuttosto che dell'irregolarità delle piogge a livello di macro o microscala, occorre evidenziare un punto focale nella gestione del sistema uomo-ambiente in relazione a tali vicende climatiche:

"I cambiamenti climatici e i suoi impatti influenzano fortemente l'uso del suolo e il suo sviluppo infrastrutturale e urbanistico. Nel Libro Verde "Adattamento ai cambiamenti climatici in Europa – opzioni per un'azione dell'Unione Europea", la Commissione Europea evidenzia il potenziale della pianificazione territoriale per definire le misure di adattamento idonee per applicarle agli impatti dei cambiamenti climatici ed enfatizza il suo "ruolo chiave per aumentare la consapevolezza presso il pubblico, i responsabili decisionali e i professionisti oltre che per innescare un approccio più pragmatico a tutti i livelli".

Sulla base delle caratteristiche medie del territorio analizzato, si possono costruire le cosiddette "catene di impatti climatici". Esse sono relazioni causa-effetto di ordine generale, che descrivono come, in linea di principio, ci si aspetta che i cambiamenti climatici generino impatti sui settori considerati. Le catene di impatti indicano le più importanti concatenazioni di relazioni causa- effetto che conducono a potenziali impatti che possono complessivamente risultare positivi e negativi.



Come tutti sappiamo, nel nostro territorio comunale, caratterizzato dal fenomeno del *Built up area*, gli esiti meteo climatologici del processo di cambiamento climatico, possono avere ripercussioni anche significativi su:

- *Emergenze allagamenti*
- *pianificazione del territorio sl*
- *salute*
- *turismo*
- *gestione delle risorse idriche*
- *produzione e richiesta di energia*

“Così si riassumono diritti e doveri dell’uomo per cercare di pianificare in particolare l’uso del suolo” *sl* – problema a mio avviso prioritario: In tale ottica, uno studio delle caratteristiche climatologiche medie e delle sue tendenze parametriche recenti di un territorio avente peraltro numerose peculiarità che lo rendono privilegiato a livello climatologico – è condizione necessaria per approntare un progetto ambientale nuovo, moderno ed avente alla base un possibile taglio ecosostenibile.

EVOLUZIONE DEL PROGETTO

Occorre innanzitutto ricordare che, per definire il clima medio di una località occorrono secondo le direttive WMO-OMM (1987) almeno trenta anni di dati omogenei e senza lacune di dati particolarmente estese nel tempo.

Il monitoraggio meteorico nel nostro territorio inizia dai primi anni '40 e, sino alla metà degli anni '80, i dati derivavano da rilievi effettuati meccanicamente in località Ragnola - appena a valle della SS 16 - dal pluviometro registratore di competenza e proprietà dell'istituto idrografico - comparto di Bologna; dal 1969, a tale segnale si affianca quello del "Civico osservatorio meteorologico L. Gabrielli", situato a circa 3 chilometri a nord del pluviometro di Ragnola. In questo sito venivano raccolti, tra i numerosi dati a disposizione, anche quelli termo-igrometrici. La strumentazione del civico osservatorio è stata successivamente spostata (1993) presso l'IPSIA - dove ancora oggi monitora i parametri meteo climatologici.

I risultati di questo primo studio sono stati presentati in occasioni plurime presso il comune di San Benedetto del Tronto e soprattutto al 3th *international georgraphy simposium* che si è svolto ad Antalya - Kemer nel giugno 2013.

Da questo studio risulta evidente una disomogeneità per il segnale termometrico che risente notevolmente del cambiamento di posizione dello strumento effettuato nel 1993. In base a tale evidenza, non potendo dunque disporre di una serie termometrica trentennale, occorre "fare di necessità virtù" e tentare di paragonare tra loro serie termometriche magari molto più brevi ma che risultino essere omogenee relativamente allo standard WMO.

Se si concentra l'analisi meteo climatica alla scala locale su una scala temporale triennale (dal 2011 al 2014) potranno evidenziarsi le diversificazioni climatiche tipiche dei numerosi ambienti fisici ed urbani presenti nel pur ristretta superficie comunale ed in un suo altrettanto limitato intorno, per una superficie stimata di circa 35 kmq

Verranno dunque calcolate le seguenti grandezze:

- Medie dei valori mensili massimi medi e minimi delle temperature dell'aria; evidenziazione degli estremi mensili.
- Medie dei valori delle precipitazioni totali
- Calcolo dei giorni tropicali (con temperatura massima > 30°C) delle notti tropicali (con Temperatura minima >20°C) e dei giorni di gelo (con temperatura minima < 0°C),
- Calcolo degli indici di disagio bioclimatologico NSSI (*new summer simmer index*) ed HI (Heat Index)

Lo studio riguarderà le seguenti stazioni meteorologiche di misura -

A – civico osservatorio meteorologico situato presso l'Istituto professionale IPSIA (dati giornalieri sino al settembre 2012) affiancata dalla stazione meteo delle protezione civile regionale, collocata lateralmente a quella civica ed aventi dati con passo orario.

B – stazione meteorologica ISPRA, situata presso il molo sud

C – stazione meteorologica della protezione civile regionale situata presso il ponte sul fiume Tesino SS 16 adriatica

D – stazione non ufficiale ma standard WMO situata in Via Murri e facente parte della rete “meteorivierapicena”

E- stazione meteorologica situata presso il quartiere Sentina e facente parte della rete “meteorivierapicena”

F – stazione meteorologica situata presso il Kursaal – lungomare di Grottammare e facente parte della rete “meteorivierapicena”

PREMESSA

L'analisi dei parametri meteorologici necessari per comprendere e quantificare le eventuali differenze alla scala microclimatica è stata effettuata su dati giornalieri ed ove disponibili orari per il periodo 2011-2014, relativamente alle seguenti stazioni di rilevamento meteorologico standard WMO che presentano per l'intero periodo dati omogenei e complessivamente privi di lacune di rilevamento particolarmente estesi nel tempo.

A – civico osservatorio meteorologico situato presso l'Istituto professionale IPSIA (dati giornalieri sino al settembre 2012) affiancata dalla stazione meteo delle protezione civile regionale , collocata lateralmente a quella civica ed aventi dati con passo orario.

B – stazione meteorologica ISPRA, situata presso il molo sud

C – stazione meteorologica della protezione civile regionale situata presso il ponte sul fiume Tesino sulla SS 16 adriatica

D – stazione non ufficiale ma standard WMO situata in Via Murri e facente parte della rete “meteorivierapicena”

E – stazione meteorologica situata presso il Kursal – lungomare di Grottammare e facente parte della rete “meteorivierapicena”

La stazione meteorologica situata presso il quartiere Sentina e facente parte della rete “meteorivierapicena” non è stata giudicata idonea per la scarsa qualità del dato e la mancanza di estensione temporale della serie.

Le stazioni analizzate rappresentano comunque in maniera assolutamente esaustiva la distribuzione microclimatica presente nell’agglomerato urbano.

Per tutte le stazioni meteorologiche oggetto dello studio sono stati calcolati i valori minimi medie massimi mensili ed annuali delle temperature, il numero di giorni tropicali (con $T_{max} > 30^{\circ}C$), di notti tropicali (con $T_{min} > 20^{\circ}C$) e di giorni di gelo (con $t_{min} < 0^{\circ}C$).

Per le stazioni IPSIA ed ISPRA sono stati calcolati anche gli indici bio-climatici NSSI (*new summer simmer index*) ed HI (Heat Index) ritenuti più esaustivi, a livello di comprensione delle condizioni bioclimatiche rispetto al THI - Thermo Hydrometric Index) rispetto relativi al periodo maggio-ottobre, al fine di evidenziare differenze sostanziali tra i diversi macro ambienti (suburbano e litoraneo) della città.



Figura1: ubicazione delle stazioni meteorologiche analizzate

STAZIONE	LAT N	LONG E	QUOTA M.
IPSIA	42°55'56.09"	13°53'22.91"	8
ISPRA PORTO	42°57'18.53"	13°53'21.53"	1
METEORIVIERAPICENA	42°57'18.48"	13°52'28.84"	19
PONTE TESINO	42°58'38.88"	13°52'13.21"	5
KURSAAL	42°59'29.53"	13°52'16.72"	2

Tabella1: caratteri geografici della stazioni oggetto dello studio

1 - QUADRO TERMO-PLUVIOMETRICO MEDIO

Per tracciare un quadro generale delle caratteristiche termometriche del territorio comunale è stata analizzata in dettaglio la serie storica completa della stazione meteorologica IPSIA (Civico Osservatorio meteorologico e Protezione civile regionale) attiva dal 1993 (Tab.1e 2 Figg. 1-5)

mese	TMIN	TMAX	TMED	PREC MM
G	4,6	10,5	7,6	34,2
F	4,5	11,1	7,8	41,2
M	7,2	14,3	10,7	48,6
A	10,0	17,1	13,5	41,3
M	14,8	22,1	18,4	29,1
G	18,6	26,3	22,4	35,5
L	20,9	28,6	24,8	33,1
A	21,3	28,5	24,9	29,0
S	17,2	24,6	20,9	62,1
O	13,8	20,3	17,0	52,1
N	9,2	15,6	12,4	57,9
D	5,9	11,9	8,9	70,7
MEDIA	12,2	19,2	15,7	543,2

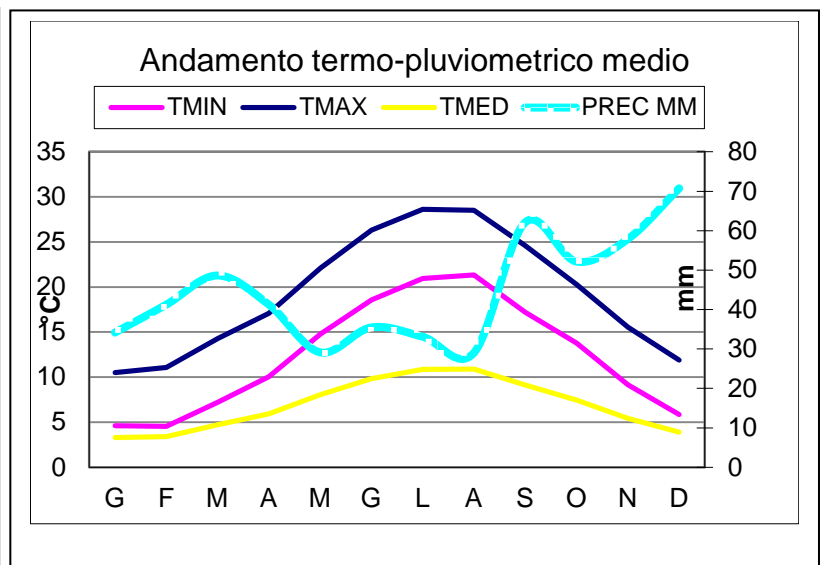


Fig.2: andamento pluvio-termico della città

Il regime termometrico medio cittadino è tipico di un'area avente caratteristiche climatiche temperate di transizione tra il submediterraneo ed il subtropicale, con una TMA di circa 15,7°C ed escursioni termiche annue appena superiori ai 17°C, mentre l'escursione termica media diurna supera di poco i 7°C. Di fatto, il mese più freddo - gennaio presenta medie mensili di circa 7,5°C mentre luglio - mese più caldo - annovera medie di circa 24,8°C

Analizzando più in dettaglio il quadro termico (tab. 2), si nota lo scarsissimo numero di giorni con gelate - vale a dire con temperature minime Tmin < 0°C e mediamente pari a poco più di 3 giorni-annui mentre risultano essere praticamente inesistenti sono i giorni di ghiaccio

- con temperatura massima <0. In tal senso, relativamente alla stazione IPSIA, si è verificato un solo caso nel recente, freddissimo 6 febbraio 2012 ed un altro caso si verificò nel lontano gennaio 1985, quando il civico osservatorio meteorologico era ubicato presso la Scuola Media Statale Gabrielli.

Il clima pluviometrico medio è notoriamente modesto, evidenziando una media annuale precipitativa appena superiore ai 550 millimetri (550 l/mq), distribuiti in poco più di 80 giorni. Le variazioni inter annuali sono spesso notevoli, essendosi registrati valori annui tipicamente steppici di appena 325 mm e massimi di 807 mm.

ANNO	ID	GTR	NTR	TMIN	TMAX	TMED	PREC MM	GP
1993	3	14	121	13,0	17,1	15,0	325	73
1994	0	11	126	14,6	18,4	16,5	433	79
1995	0	13	68	11,6	18,1	14,9	572	97
1996	5	15	64	12,2	17,8	15,0	706	104
1997	0	11	78	12,5	18,8	15,7	581	80
1998	2	31	90	12,4	18,8	15,6	644	79
1999	3	22	56	11,6	19,1	15,4	588	81
2000	3	26	65	12,2	20,1	16,2	398	61
2001	1	27	64	12,3	19,7	16,0	550	83
2002	6	25	59	11,7	19,6	15,6	533	72
2003	2	70	103	12,5	19,8	16,2	451	76
2004	4	33	59	11,7	19,6	15,6	722	95
2005	7	31	57	11,3	18,9	15,1	688	106
2006	2	39	50	11,6	19,8	15,7	463	68
2007	1	33	73	12,1	20,0	16,1	411	82
2008	3	45	77	11,9	19,7	15,8	491	77
2009	5	35	74	12,2	19,7	16,0	501	87
2010	6	25	60	11,6	19,0	15,3	514	85
2011	1	28	61	12,0	20,0	16,0	486	69
2012	11	48	73	12,1	19,5	15,8	807	86
2013	6	15	31	11,8	19,3	15,6	667	81
2014	0	6	14	12,6	19,9	16,3	786	93
AVERAGE	3,2	27,4	69,2	12,2	19,2	15,7	559,9	82,5
MAX	11	70	126	15	20	16	807	106
MIN	0	6	14	11	17	15	325	61

Tabella2 – Caratteristiche pluvio termiche annue del periodo 1993-2014. Legenda: ID: giorni di gerlo (con Tmin<0); GTR: giorni tropicali (con Tmax>30°C); NTR: notti tropicali (con Tmin>20°C);GP: giorni con precipitazione > 1mm

Il regime pluviometrico medio (fig. 2) non è ben definito, presentando un massimo precipitativo nei mesi autunnali, un secondo massimo all’inizio della primavera e due minimi in inverno e nel cuore dell’estate senza che essa sia comunque siccitosa. Tale

caratterizzazione pluviometrica fa parte dei regimi sublitoranei adriatici pur con qualche impronta continentale (Fazzini, 2007).

Considerando il trend del clima termico più che ventennale disponibile (fig. 3), si nota come il segnale sia in aumento con un **incremento medio di circa 0,4°C per decade, dunque di circa 0,8°C nell'ultimo ventennio**. Tuttavia il segnale relativo ai valori massimi ed a quelli minimi è in contrasto: ad un deciso aumento dei valori massimi (di circa 1,5°C nei vent'anni si contrappone un calo dei valori minimi - di circa 0,4°C nei vent'anni). Da questo quadro si intuisce indirettamente che ci possano essere variazioni anche significative nel numero dei giorni e delle notti molto calde.

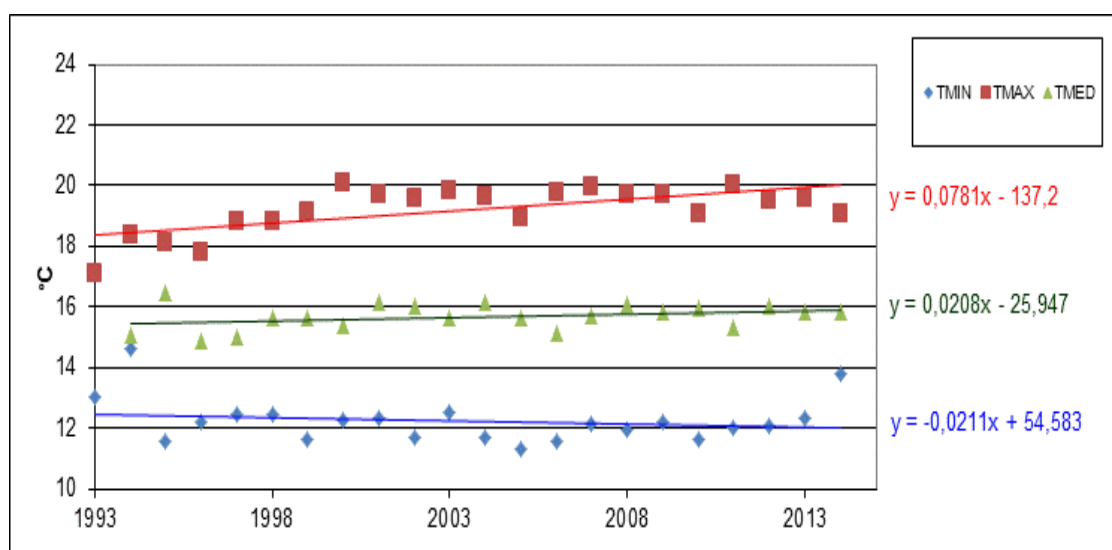


Figura 3: trend relativo al clima termico cittadino (stazione IPSIA - Protezione CIVILE)

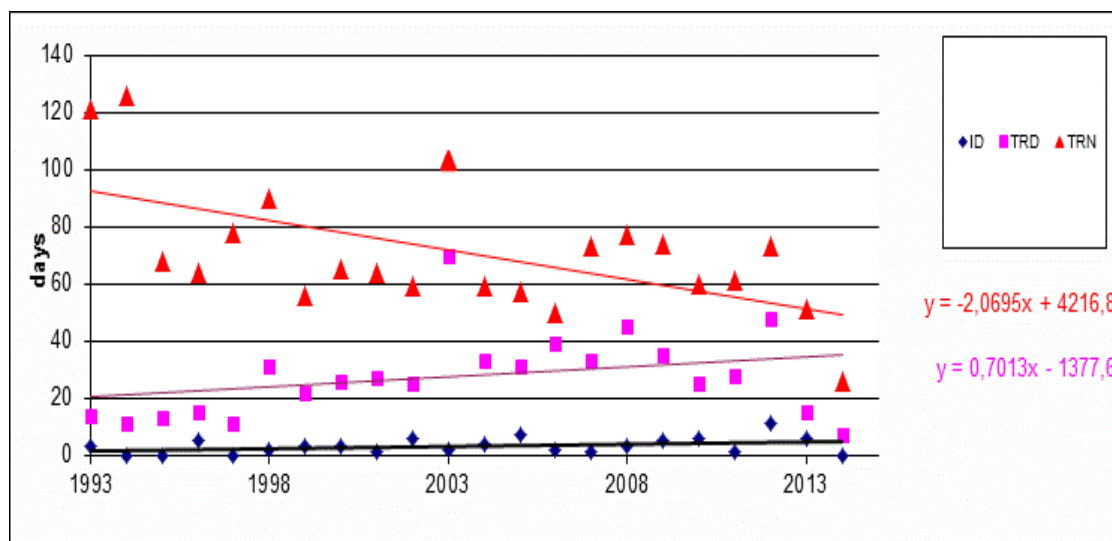


Figura 4: trend relativo alle caratteristiche termometriche (stazione IPSIA - Protezione CIVILE) – ID: giorni di gelo (con T min<0); TRD: giorni tropicali (con T max>30°C); TRN: notti tropicali (con T min>20°C)

Esaminando la figura 4, si nota come, in sintonia con il segnale termometrico, il numero di giorni tropicali tende ad aumentare sensibilmente - in media di circa 0,7 unità all'anno - nonostante il ridotto numero degli eventi nelle ultime due stagioni estive piuttosto fresche - mentre quello delle notti tropicali scende rapidamente - nell'ordine di oltre 2 giorni /anno - pur con le ovvie variazioni stagionali. Mediamente si riscontrano circa **27 giorni molto caldi e quasi 70 notti calde ogni anno**. Nel caso dei giorni tropicali, la situazione si osserva più frequentemente tra le seconda decade di luglio e la prima decade di agosto e solo raramente interessa i mesi di giugno e settembre mentre le notti tropicali possono essere estese anche ai due mesi prima citati seppur in numero piuttosto limitato.

Il numero dei giorni di gelo non è analizzabile visto la sporadicità degli eventi - spesso del tutto assenti in alcune stagioni come nell'inverno 2013-2014. Tuttavia questo parametro è quello sicuramente più influenzato alla scala locale dalla posizione della stazioni di rilevamento, nell'isola di calore cittadina piuttosto che laddove la paleo falesia è più vicina alla costa o allo sbocco delle valli più o meno estese che caratterizzano il territorio comunale.

Per ciò che riguarda il **trend meteorico, si nota un evidente marcato incremento del parametro - quantificabile in oltre 6 mm/anno** - soprattutto in virtù delle abbondanti precipitazioni verificatesi negli ultimi tre anni solari ed idrologici; si può inoltre notare un segnale periodico avente frequenza dell'ordine dei 7-9 anni.

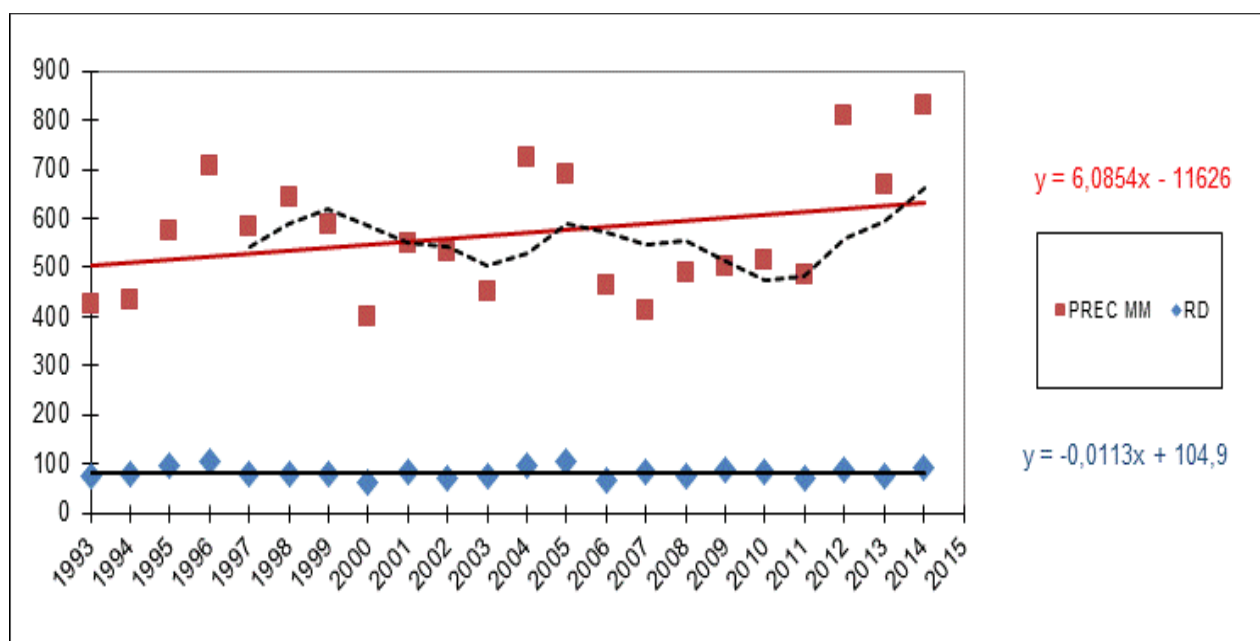


Figura 5: trend relativo alle precipitazioni ed ai giorni con fenomeni meteorici > 1mm (RD)

Il numero di giorni totali con precipitazioni non mostra alcun trend significativo; ne deriva un incremento dell'intensità media delle precipitazioni per ogni evento che non deve però essere preso come identità nei confronti degli eventi estremi che sembrerebbero essere sempre più frequenti anche sul territorio comunale e che sono stati trattati nella prima parte della ricerca.

2 ANALISI MICROCLIMATICA RECENTE

2.1 Quadro termometrico medio

È opinione comune di chi conosce il nostro territorio che molti siano i microclimi che lo caratterizzano; in generale risulta evidente soprattutto a livello di percezione che le temperature minime si registrino, in ogni stagione dell'anno, laddove si ha un forte indice di ruralità o allo sbocco delle valli più o meno ampie che caratterizzano il territorio comunale. Solamente in occasione di avvezioni di aria fredda provenienti dal primo e quarto quadrante le aree che registrano temperature più basse risultano essere quelle poste a quote maggiori. Viceversa, le temperature massime si hanno in presenza di un elevato indice di urbanizzazione ed in generale nelle aree sposte maggiormente a solatio.

Dall'analisi delle temperature medie annue delle cinque stazioni analizzate (tab.3) si nota immediatamente come vi siano delle differenze molto marcate sia nei valori medi ed estremi, sia soprattutto nelle escursioni termiche annue e di conseguenza giornaliere.

Stazione	Tmin	Tmax	Tmed	Esc
ISPRA Porto	13,7	18,0	15,9	4,3
Ponte Tesino	11,6	19,6	15,6	8,1
IPSIA	11,1	19,6	15,3	8,6
Via Murri	13,4	19,8	16,6	6,4
Kursaal Grottammare	13,3	18,8	16,0	5,5
media	12,6	19,2	15,9	6,6

Tabella 3: caratteristiche termometriche medie delle cinque stazioni analizzate relativamente al periodo 2011-2014.

Le temperature medie annue (Tmed) oscillano tra 15,3°C e 16,6°C; quelle minime tra 11,1 e 13,4°C e quelle massime tra 18 e 19,8°C. Le elevate temperature medie rilevate in via Murri – superiori di quasi 1,5°C a quelle della stazione IPSIA sono giustificabili con la forte urbanizzazione che caratterizza l'area; in verità, nell'area centrale è probabile che i valori

medi siano lievemente più elevati. Per ciò che concerne le temperature medie e minime è la stazione IPSIA a presentare i valori più bassi; relativamente alle temperature massime è la stazione ISPRA Porto ad annoverare valori decisamente più bassi delle altre.

Ciò si spiega con la ruralità dell'ambiente circostante della stazione IPSIA e con la forte "marittimità" che contraddistingue le stazioni ISPRA e Kursaal che di fatto presentano anche temperature medie minime molto elevate. Da ciò derivano anche le eccezionali differenze tra escursioni termiche – di oltre 4°C (tab. 3 e fig. 6)- tipiche di un clima decisamente marittimo immediatamente a ridosso del mare e evidenzianti caratteri semi-continentali non solo per la stazione IPSIA ma anche per quella di Ponte Tesino situata allo sbocco dell'omonima valle.

Il carattere di ruralità e di fondovalle sembrerebbero dunque prevalere sulla marittimità, comunque elevata di queste due stazioni poste solamente a poche centinaia di metri dal mare.

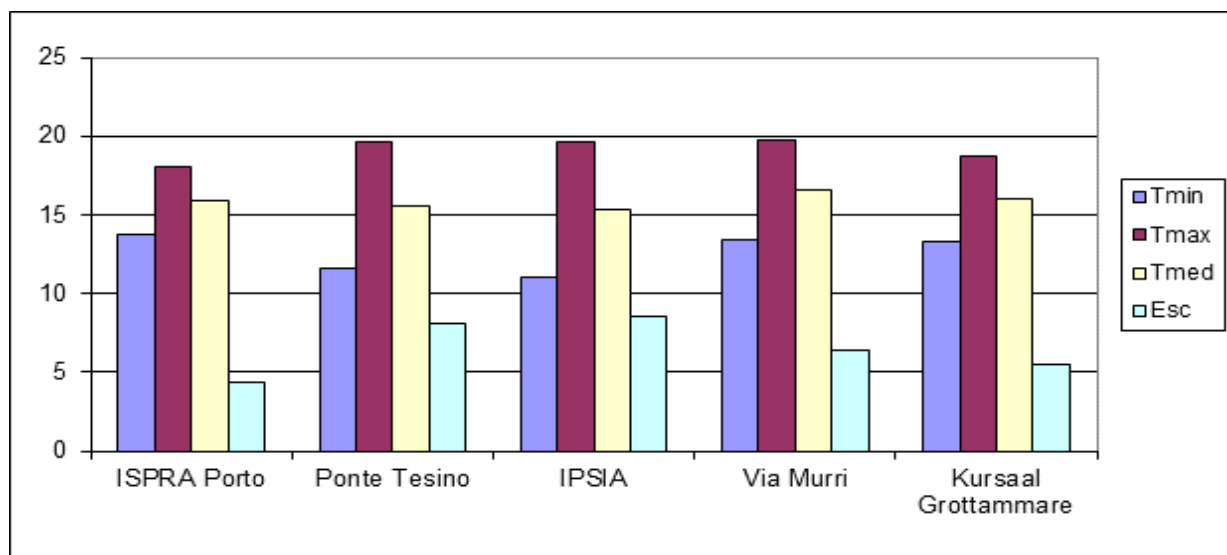


Figura 6: aspetto grafico delle caratteristiche termometriche medie annue per le singole stazioni come riportate in tabella 3

Stazione	Via Murri		
mese	Tm	Tmax	Tmed
G	5,6	11,4	8,5
F	5,4	11,4	8,4
M	8,4	14,8	11,6
A	11,7	18,2	14,9
M	14,5	21,3	17,9
G	19,3	26,1	22,7
L	21,5	28,5	25,0
A	22,1	29,0	25,5
S	18,6	25,5	22,0
O	15,0	20,9	18,0
N	11,4	16,9	14,1
D	7,1	13,4	10,2
MED	13,4	19,8	16,6

Stazione	Kursaal		
mese	Tm	Tmax	Tmed
G	5,5	10,1	7,8
F	5,5	10,3	7,9
M	8,2	13,7	10,9
A	11,6	17,2	14,4
M	14,6	20,5	17,6
G	19,3	25,2	22,2
L	21,5	27,7	24,6
A	22,0	28,0	25,0
S	18,4	24,8	21,6
O	14,9	19,6	17,2
N	11,3	16,0	13,6
D	7,0	12,3	9,6
MED	13,3	18,8	16,0

Stazione	ISPRA porto		
mese	Tm	Tmax	Tmed
G	5,8	10,3	8,0
F	5,7	10,0	7,9
M	8,6	12,7	10,6
A	12,0	16,1	14,0
M	15,1	19,0	17,1
G	20,0	24,1	22,1
L	22,2	26,7	24,4
A	22,1	27,0	24,6
S	18,8	23,9	21,3
O	15,2	19,7	17,5
N	11,4	15,3	13,3
D	7,5	11,6	9,5
MED	13,7	18,0	15,9

Stazione	P.te Tesino		
mese	Tm	Tmax	Tmed
G	3,7	10,7	7,2
F	4,0	10,8	7,4
M	6,7	14,8	10,7
A	9,9	17,9	13,9
M	12,8	21,3	17,0
G	17,4	26,4	21,9
L	19,7	28,7	24,2
A	19,9	29,2	24,5
S	16,7	25,6	21,2
O	13,2	20,6	16,9
N	9,8	16,7	13,2
D	5,1	12,8	8,9
MED	11,6	19,6	15,6

Stazione
IPSA

MESI	Tm	Tmed	Tmax
G	2,8	6,8	10,8
F	3,3	7,1	10,8
M	5,7	10,1	14,5
A	9,3	13,6	17,9
M	12,5	16,8	21,1
G	16,9	21,5	26,0
L	19,4	24,1	28,7
A	19,5	24,4	29,3
S	16,5	21,1	25,8
O	13,0	16,9	20,8
N	9,5	13,2	16,9
D*	4,2	8,6	13,0
MEDIA	11,1	19,6	15,3

Tabella 4: riepilogo termometrico mensile delle stazioni oggetto dello studio

Particolare importanza ricopre la quantificazione del numero dei giorni e delle notti tropicali, quanto mai esaustivo delle eventuali condizioni di disagio biometeorologico per la popolazione.

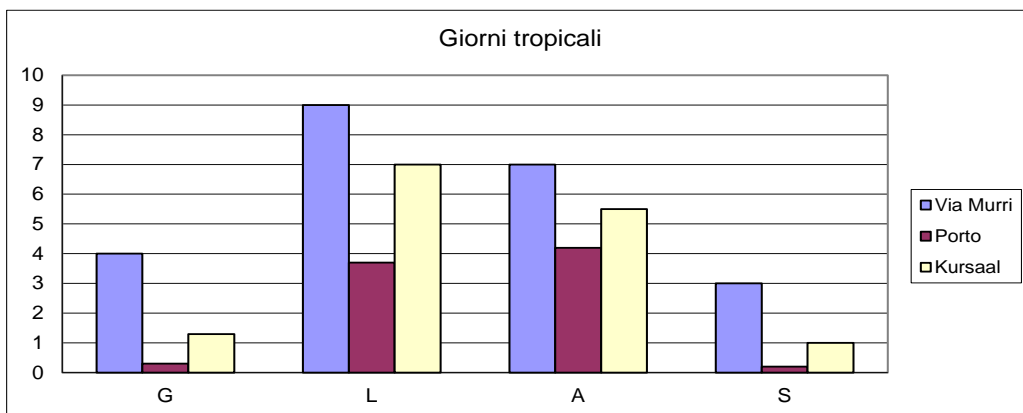


Figura 7 a: numero medio di giorni con Tmax>30°C

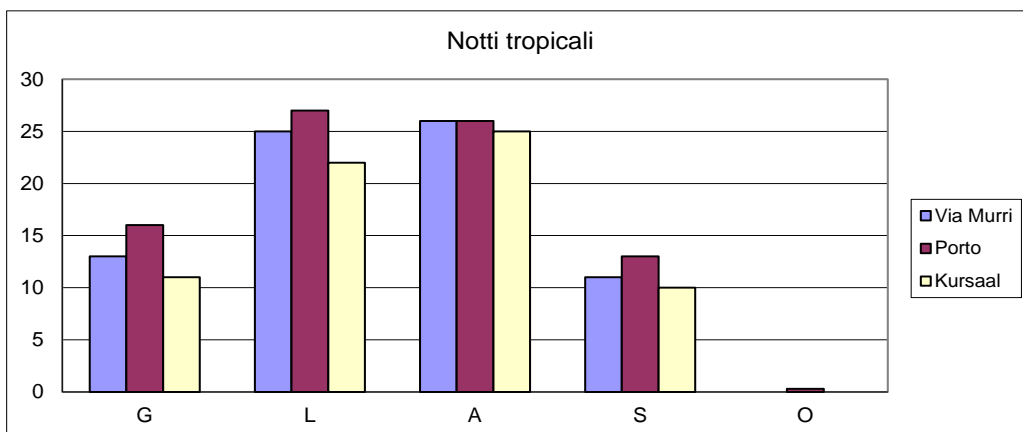


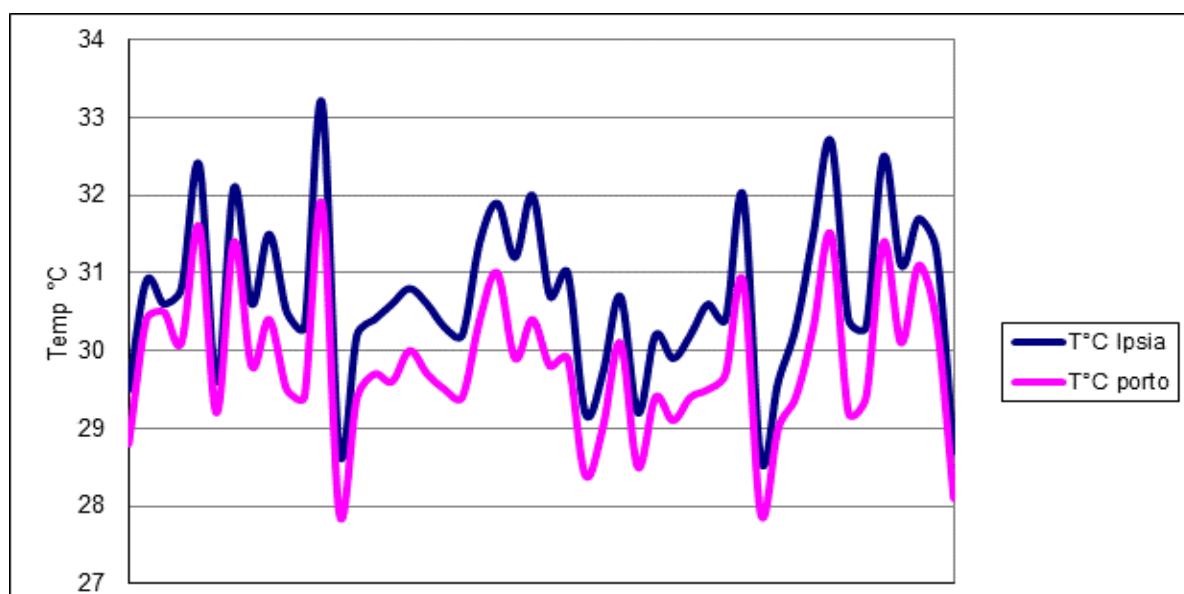
Figura 7 b: numero medio di notti con Tmin>20°C

Nelle figure 7 a e b viene riportata la media mensile dei due parametri riferita ai quattro anni analizzati. Risulta evidente la notevole eterogeneità del segnale relativo ai giorni caldi nella aree più interne ed urbanizzate della città mentre per ciò che riguarda le notti tropicali le differenze sono meno evidenti benché il segnale sia diametralmente opposto, con l'area costiera ss più calda rispetto a quelle più "interne". In entrambi i casi, risulta evidente il deciso effetto termoregolatore del mare.

2.3 INDICI BIOCLIMATOLOGICI DI DISAGIO ESTIVO

Il calcolo dei valori di disagio bioclimatologico è stato concentrato sulle due stazioni ufficiali WMO situate nel territorio comunale _IPSIA e ISPRA porto. Sono stati calcolati a cadenza oraria i valori dei due indici climatici NSSI (New Summer Simmer Index) e HI (Heat Index); i risultati dell'analisi sono stati riportati in grafici giornalieri riepilogativi derivanti dalla media dei valori calcolati per le due stazioni oggetto dello studio che evidenziano per ciascuno dei due indici le soglie di disagio lieve o moderato.

Evidenza comune per entrambi gli indici sta nel ristretto numero di casistiche evidenzianti situazioni di disagio; oltretutto gli eventuali superamenti delle soglie di allerta sono comuni ad entrambe le misure e per tutte e due le stazioni analizzate. Dunque operativamente parlando, non esistono differenze di disagio tra l'area suburbana, più calda ma più "secca" e quella litoranea, meno calda ma più umida (fig. 8 a e b)



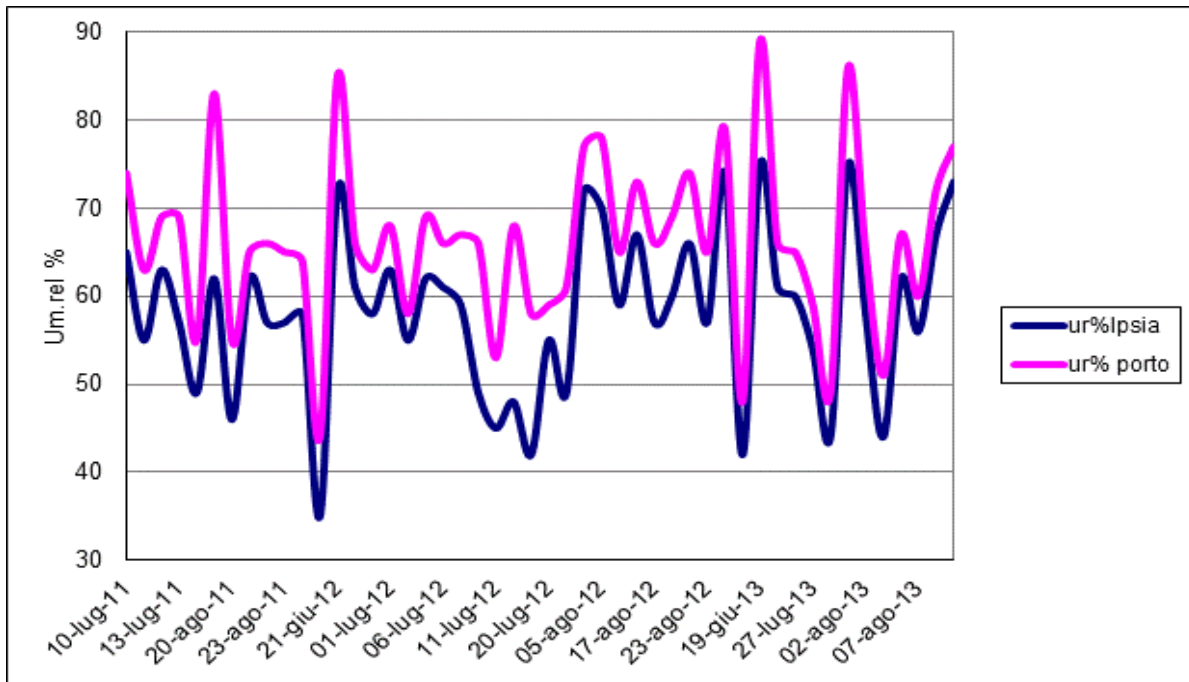


Figura 8 a): temperature e b) umidità relativa riferite ai differenti casi di giornale con disagio bioclimatologico

A conferma dell'eccellente clima che contraddistingue la città, si osserva che nelle ultime 4 stagioni estive - di cui eccezionalmente calda quella 2012 - **si sono verificati, per entrambi gli indici, un totale di 48 giorni - di cui 25 nel 2012 e 13 nel 2011 - con disagio mediamente lieve solo occasionalmente moderato, mai elevato**; risulta altresì evidente che tali avverse condizioni si estendano mediamente in fasi estese per 3-5 giorni e solo occasionalmente si verificano giorni di disagio isolati. Il contesto termico è compreso tra 27,7°C e 34,4°C mentre i tassi di umidità risultano variare molto più sensibilmente tra 34 e 89%. La mediana corrisponde ad un clima termo-igrometrico di 30,6°C e 58% per il NSSI e 29,6°C e 66% per l'HI.

2.3.1 Indice NSSI

Questo indice appare come quello attualmente più usato nel campo della ricerca e nei territori anglosassoni, tant'è che le temperature utilizzate sono in °F; si calcola utilizzando l'equazione di seguito riportata convertendo successivamente i risultati in °C; nella tabella sottostante sono riportate le varie classi climatiche con la corrispondenza biomedica ed il corrispondente livello.

Dalla disamina della fig.9 in relazione alla tab. 5 si nota che solamente in cinque delle 48 giornate di disagio, esso è identificabile come moderato. Il massimo valore calcolato è stato di 41,8°C il 29 luglio 2013.

$$INDICE\ NSSI = 1.98 * (Ta - (0.55 - 0.0055 * (UR)) * (Ta - 58)) - 56.8.$$

Con Ta: temperatura dell'aria (°F); UR: umidità relativa (%).

INF °C	SUP °C	CLASSI	BIOMEDICA	LIVELLI
21,1	25	LEGGERMENTE FRESCO	Condizioni confort per tutti	Livello 1
25	28,3	CONFORT	Condizioni confort per quasi tutti	Livello 2
28,3	32,8	LEGGERMENTE CALDO	Debole aumento disagio	Livello 3
32,8	37,8	CALDO	Disagio in aumento	Livello 4
37,8	44,4	CALDO MODERATO	Disagio crescente	Livello 5
44,4	51,7	MOLTO CALDO	Disagio elevato	Livello 6
51,7	65,6	CALDO ESTREMO	Disagio estremo	Livello 7

Tabella 5: valori soglia di ciascuna classe di disagio

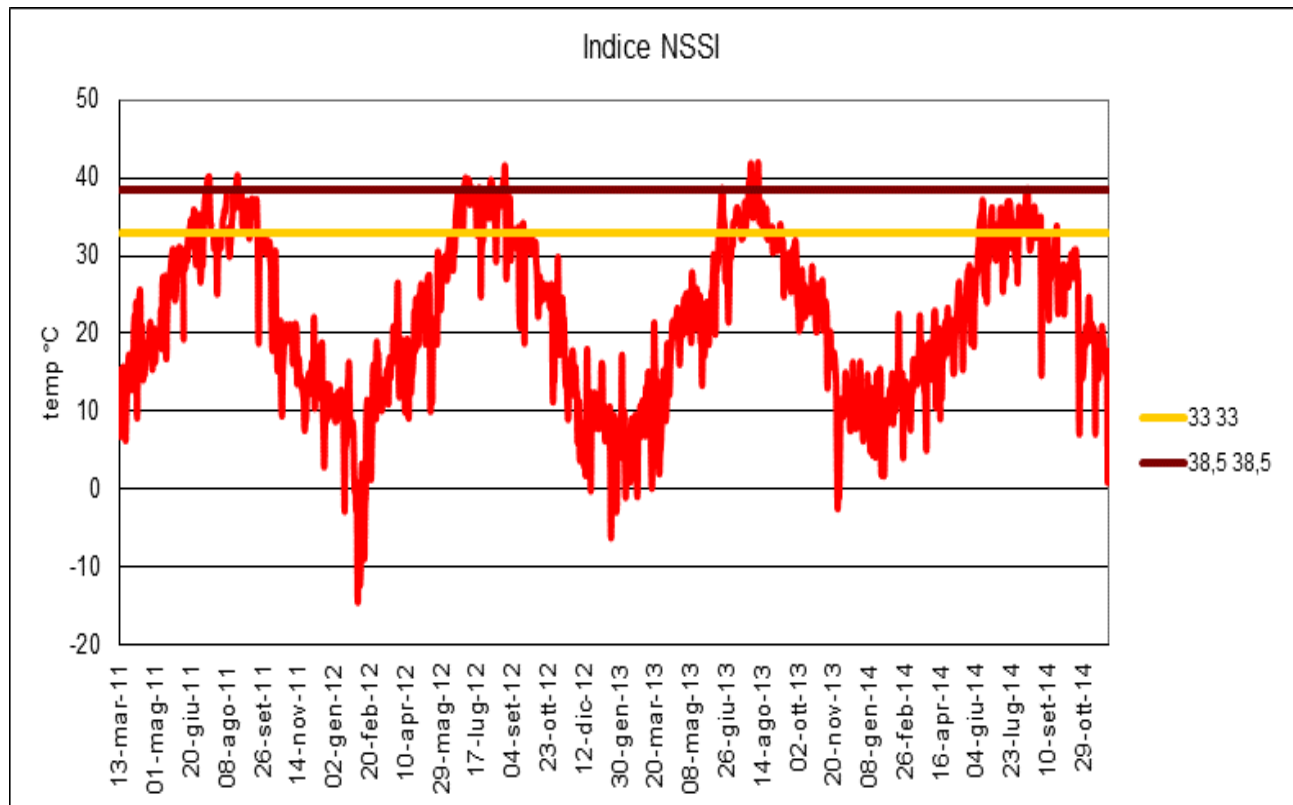


Figura 9: valori giornalieri medi dell'indice NSSI (°C); evidenziate le soglie inferiori dei livelli 4 e 5

2.3.2. L'indice di calore o heat index

L'heat index è un indice molto utilizzato nelle strutture della protezione civile nazionale ed internazionale; esso è così formulato:

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

$$H = T + 0,5555 * (e-10)$$

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

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

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

Dalla disamina della fig.11 in relazione alla tab. 6 si nota che solamente in sette delle 48 giornate di disagio, esso è identificabile come moderato – livello 2. Il massimo valore calcolato è stato di 39,3°C il 10 agosto 2012.

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

Figura 10: valore dell'heat index calcolato secondo temperatura (asse y) e umidità relativa (asse x)

CATEGORIA INDICE DI CALORE (HI)

Possibili disturbi da calore per persone che rientrano nelle categorie ad elevato rischio

Cautela con $27^{\circ}\text{C} \leq \text{HI} < 34^{\circ}\text{C}$ – livello 1

Possibile stanchezza in seguito a prolungata esposizione al sole e/o attività fisica. Estrema cautela con $34^{\circ}\text{C} \leq \text{HI} < 40^{\circ}\text{C}$ – livello 2

Possibile colpo di sole, crampi da calore con prolungata esposizione e/o attività fisica. Pericolo con $40^{\circ}\text{C} \leq \text{HI} < 54^{\circ}\text{C}$ – livello 3

Elevata probabilità di colpo di calore o colpo di sole in seguito a continua esposizione. Elevato pericolo $\text{HI} \geq 54^{\circ}\text{C}$ – livello 4

Tabella 6: valori soglia di ciascuna classe di disagio

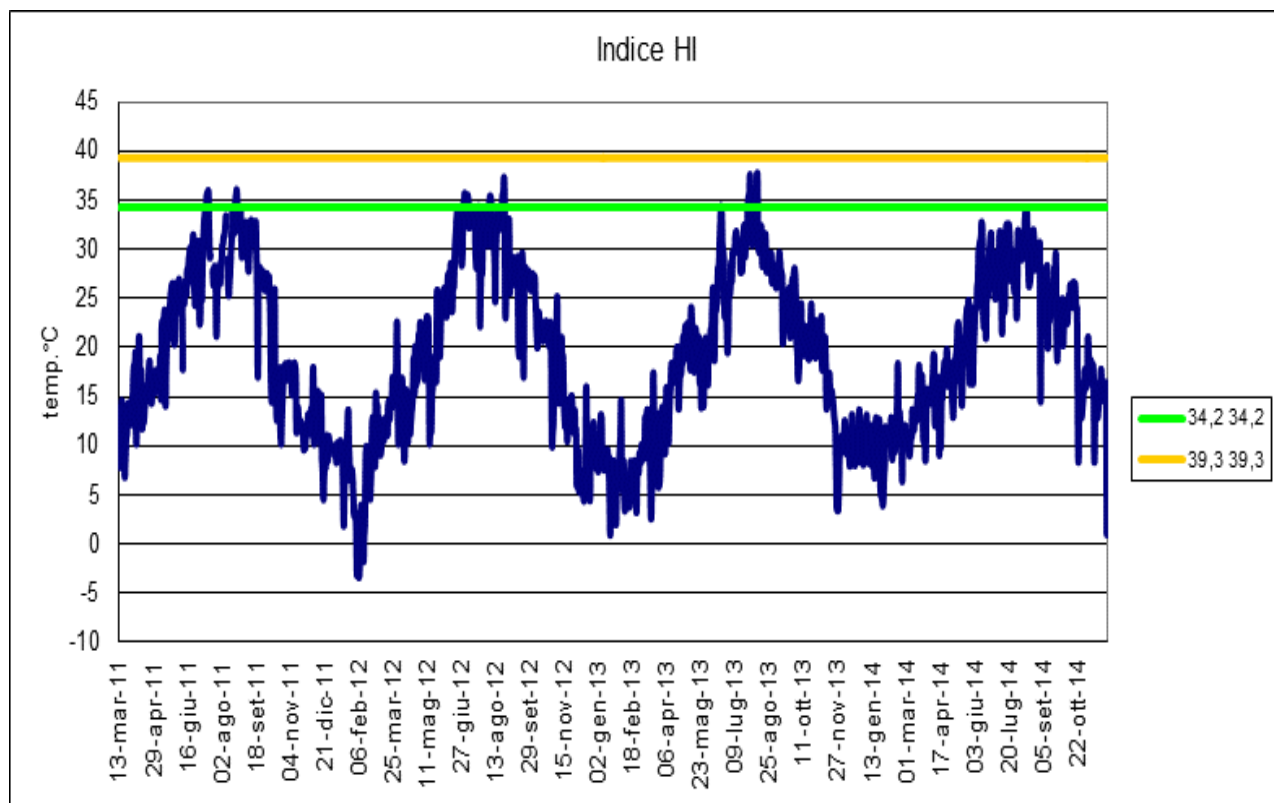


Figura 11: valori medi giornalieri di Hi (°C) – in evidenza le soglie inferiori dei livelli 2 e 3

La situazione sinottica che può maggiormente o quasi esclusivamente apportare una fase di disagio biometeorologico è evidenziata in figura 12. Evidente l'espansione verso nord dell'anticiclone africano in quota (aree a colorazione rossa o ciclaminio) che apporta aria molto calda ed umida, subsidente, a "scaldare" ulteriormente quella già presente da giorni e

“stagnante” al suolo perché non rimescolata a causa delle condizioni di pressione alta e livellata (linee chiuse in bianco) con venti molto deboli o assenti.

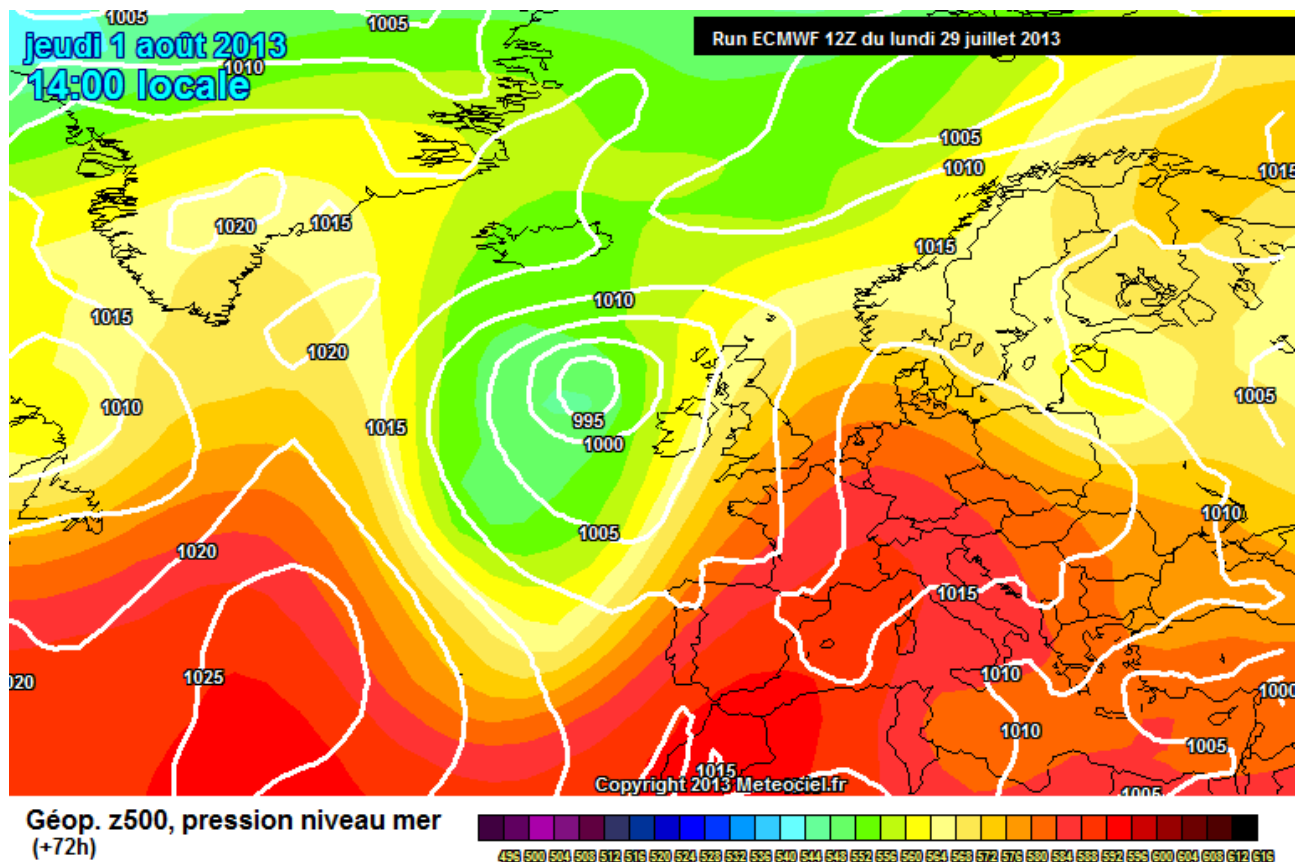


Figura 12: geopotenziale a 500 hPa (aree colorate) e carta della pressione al suolo (linee chiuse bianche relative alle ore 14 del 1 agosto 2013)

CONCLUSIONI

Il territorio fisico sambenedettese presenta caratteri climatologici non comuni un notevole grado di marittimità e scarsa frequenza di eventi termici e pluviometrici estremi; tuttavia, al suo interno si possono riconoscere sensibili variazioni del quadro termico derivanti dalla complessità morfologica.

A livello generale, nell'ultimo ventennio il *global warming* ha interessato significativamente anche la città, specialmente nei valori termici diurni, determinando nel trimestre estivo una crescita significativa del numero di giorni caldi. Il segnale delle temperature notturne, in lieve decremento nei mesi estivi porta invece ad una conseguente calo delle notti calde.

A livello microclimatico, le pur notevoli evidenze nella distribuzione delle temperature non apportano però variazioni significative nel numero di giorni di disagio biometeorologico, in quanto a temperature più elevate corrispondono generalmente tassi di umidità relativa minori e viceversa.

La situazioni con effettivo, seppur lieve o al più moderato disagio ambientale, sono poco comuni e spesso caratterizzano fasi meteorologiche estese temporalmente per 3-4 giorni.

Esse derivano dalla presenza di cunei o “campane” anticicloniche di matrice africana in quota, abbinate a condizioni di pressione livellate al suolo. Esse non determinano quadri termo-igrometrici tali da causare vere “ondate di caldo”, tali da provocare problematiche significative alla popolazione se non in caso di soggetti cagionevoli di salute.

F.to Prof. Geol. Massimiliano FAZZINI