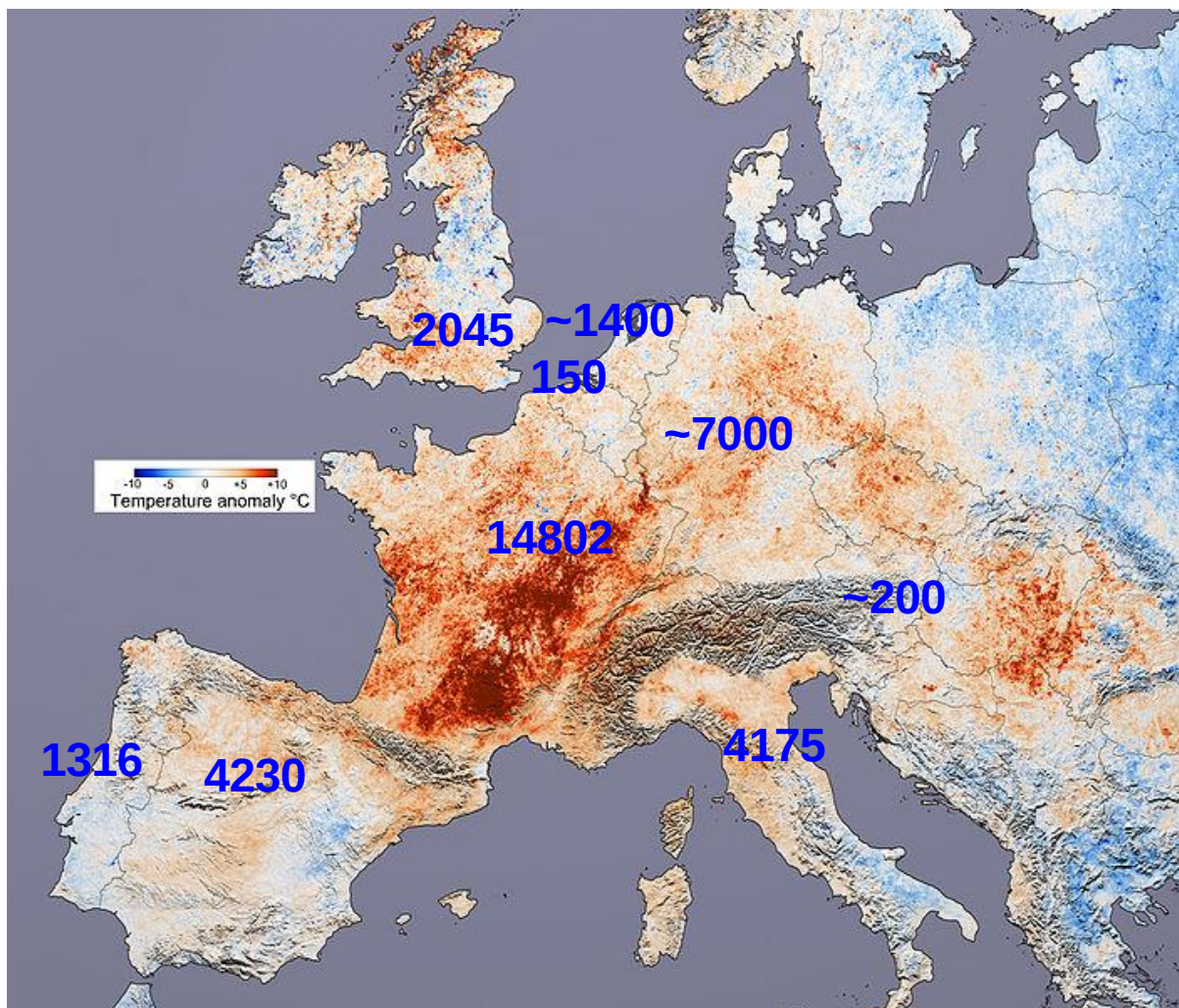


UTJECAJ TOPLINSKIH PRILIKA NA SMRTNOST U HRVATSKOJ U UVJETIMA KLIMATSKIH PROMJENA

Ksenija Zaninović
Državni hidrometeorološki zavod, Zagreb
zaninovic@cirus.dhz.hr

L. Srnec, R. Sokol Jurković

Toplinski val u kolovozu 2003. godine u Europi



Motivacija

- Identifikacija meteoroloških uvjeta za razvoj i uspostavljanje nacionalnog sustava upozoravanja na toplinske prilike opasna za zdravlje (**H**eat **H**ealth **W**arning **S**ystem HHWS).
- Implementacija javnozdravstvenih akcija za ublažavanje posljedica i zaštitu stanovništva.

Cilj

- Određivanje kriterija za pojavu smrtnosti uzrokovane toplinskim uvjetima u različitim klimatskim područjima Hrvatske
- Klimatološka analiza toplinskih valova (učestalost, intenzitet i trajanje) kako bi se ustanovila ranjivost stanovništva.
- Promjene smrtnosti u promatranom razdoblju.
- Procjena promjene smrtnosti na temelju projiciranih toplinskih uvjeta u budućnosti.

Podaci

Podaci o smrtnosti: dnevni broj smrtnih slučajeva i popis stanovništva (Državni zavod za statistiku) 1983-2008

Meteorološki podaci: odabrati parametre koji se redovito prognoziraju

Klimatska raznolikost: Osijek, Zagreb, Rijeka, Split

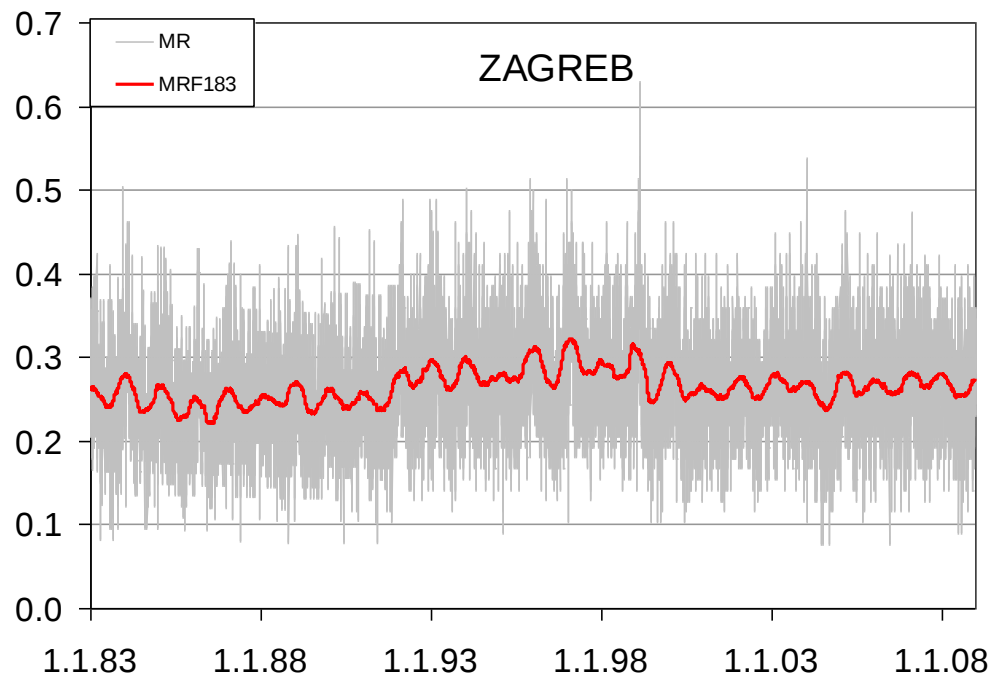
Smrtnost

Smrtnost uzrokovana toplinom - smrtni slučajevi do kojih ne bi došlo da nije bilo toplinskog stresa (McMichael et al., 1996).

Procjena očekivane smrtnosti – 183 dnevni dvostrani Gausov filter



Odstupanje
smrtnosti
MRdev (%)



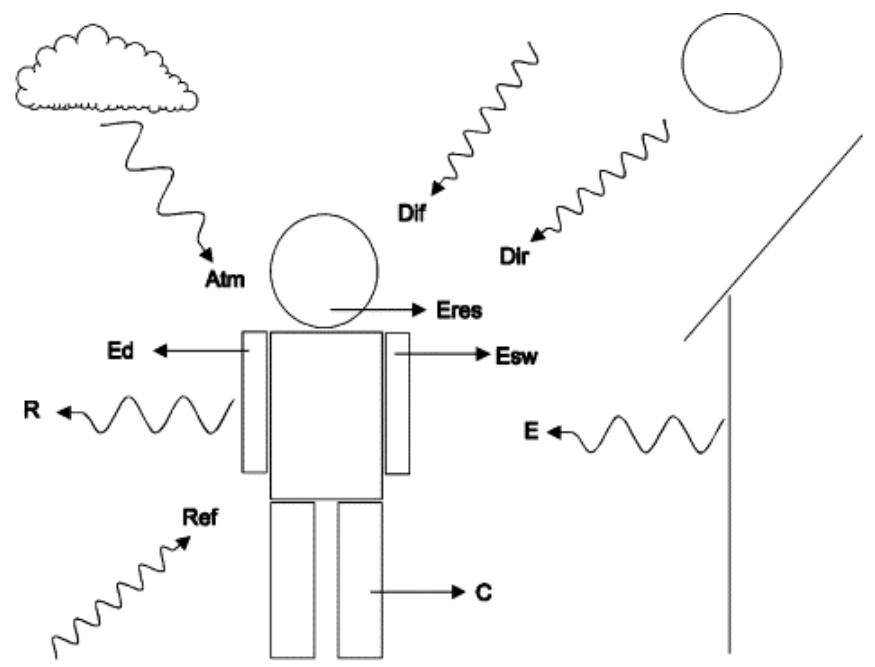
Toplinsko stanje okoline

Temperatura (srednja, maksimalna, minimalna)

Biometeorološki indeksi izvedeni iz jednadžbe toplinske ravnoteže između tijela i okoline a uključuju meteorološke i nemeteorološke parametre

Meteorološki parametri:
temperatura, strujanje,
vlažnost zraka i zračenje

Nemeteorološki parametri:
odjeća, metabolizam,
aktivnost, spol, dob,
zdravstveno stanje....



Fiziološka ekvivalentna temperatura PET

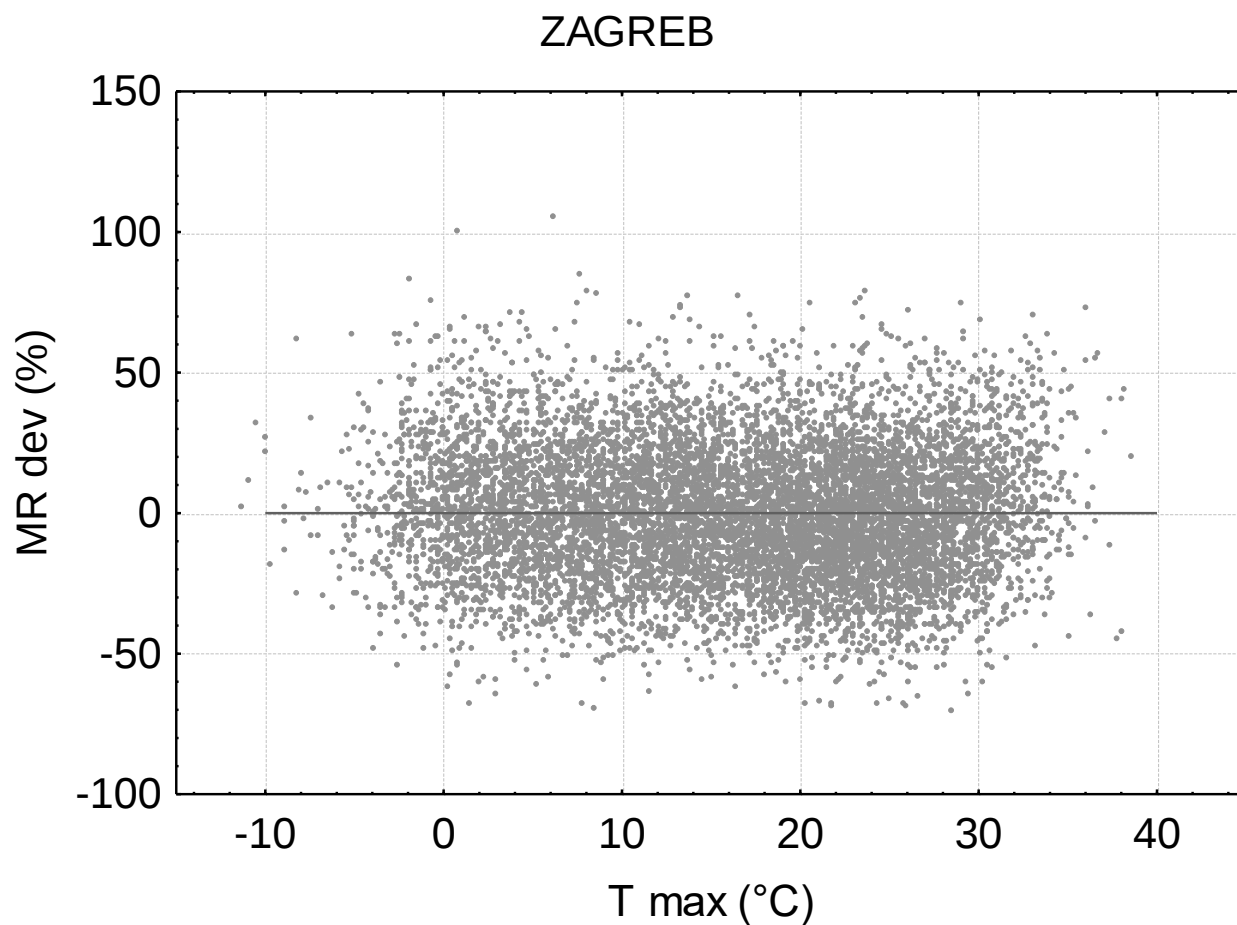
Temperatura pri kojoj bi se čovjek koji sjedi u zatvorenoj prostoriji osjećao jednako kao u stvarnim uvjetima

$I_{clo} = 0.9$ (lagano odijelo), $W = 80W$ (sjedenje), $T_{mrt} = T$
 $v = 0.1$ m/s, $e = 12$ hPa (RH=50%, $t=20^{\circ}C$)

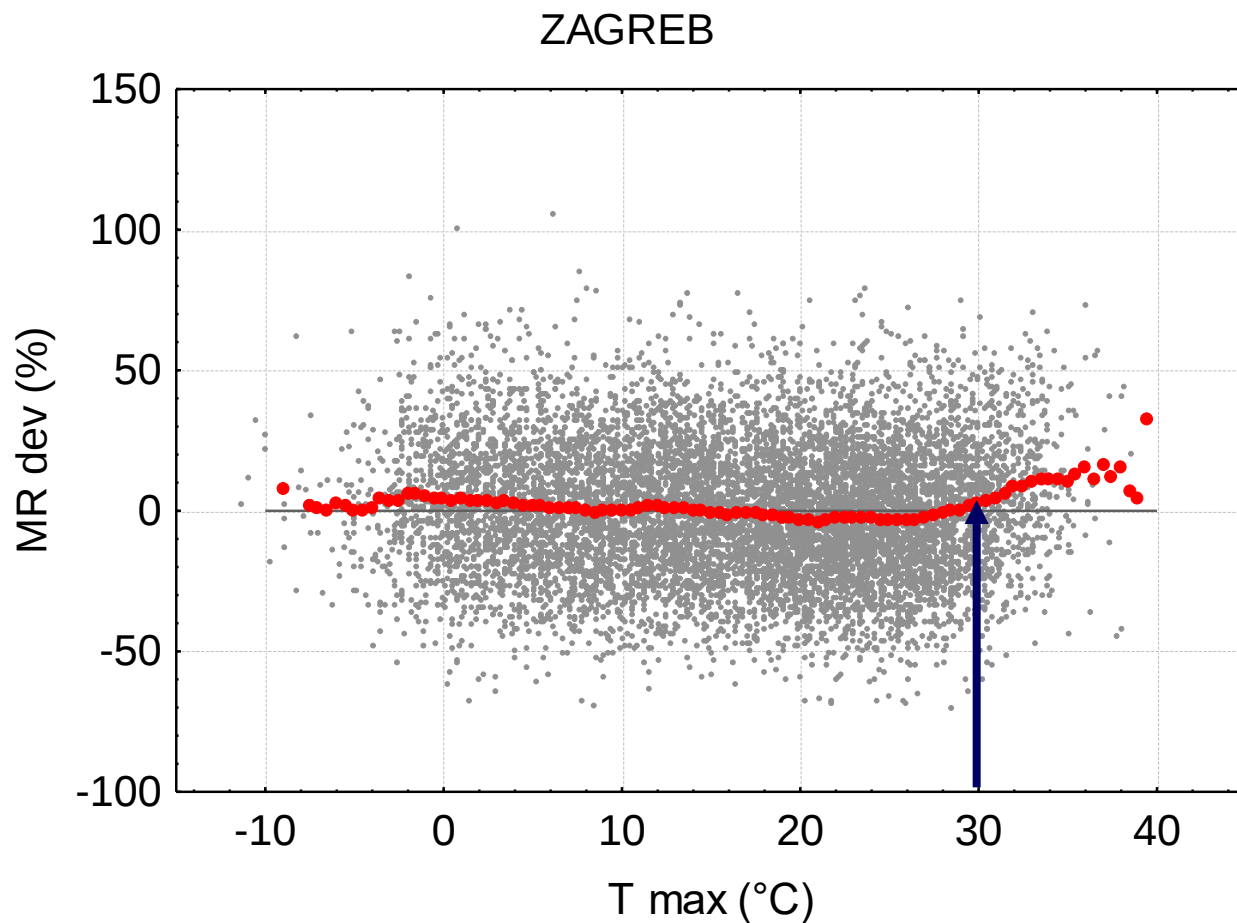
PET ($^{\circ}C$)	Toplinski osjet	Stupanj fiziološkog stresa
< 4	vrlo hladno	nema toplinskog stresa
4–8	hladno	
8–13	svježe	
13–18	ugodno svježe	
18–23	ugodno	
23–29	ugodno toplo	umjereni toplinski stres
29–35	toplo	
35–41	vruće	
> 41	vrlo vruće	ekstremni toplinski stres

Određivanje praga za povećanu smrtnost – **heat cut point**

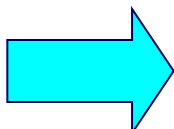
Dijagram raspršenja temperature i MR dev



Temperaturni prag (heat cut point HCP) - srednjak prve klase
Srednjak MR dev za sukcesivne klase temperature širine 3°C s
 temperature širine 3°C u kojoj je MR dev signifikantno veće s
 porastom od 0.5°C
 ($p=0.05$) od srednjeg MR dev čitavog niza

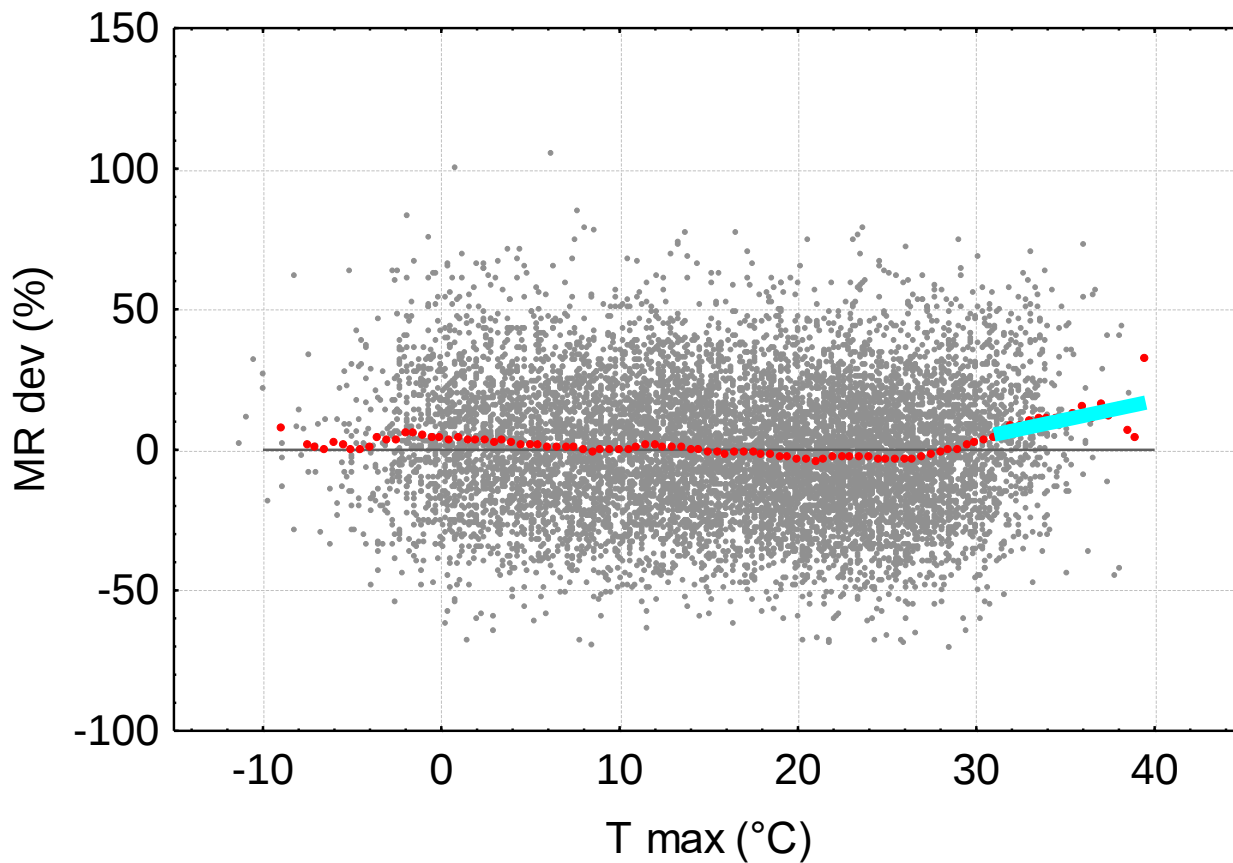


Pravac regresije MRdev – temperatura



Povećanje smrtnosti MRdev / 1°C

ZAGREB



Temperature iznad kojih se
smrtnost značajno povećava (HCP)

	PET	T _{max}	T _{min}
Osijek	38.0	33.0	17.0
Zagreb	37.0	30.0	17.0
Rijeka	36.5	30.5	21.5
Split	36.0	31.5	24.0

Percentile HCP

	PET	T _{max}	T _{min}
Osijek	95	98	94
Zagreb	97	94	94
Rijeka	94	93	96
Split	92	93	94

Povećanje MR dev za promjenu temperature od 1°C

	PET	T _{max}	T _{min}
Osijek	2.3	5.0	0.3
Zagreb	1.7	1.3	2.0
Rijeka	1.9	1.4	7.3
Split	2.7	5.4	5.4

Određivanje kriterija za rizik od toplinskih valova

- temperaturni prag (heat cut point HCP) iznad kojega raste smrtnost – 94 percentila → omogućuje da se odrede pragovi temperature za druga područja
- 22 dana godišnje → uglavnom od lipnja do kolovoza
→ svaka < 3-4 dana

umjereni rizik – smrtnost 5% viša od prosječne

veliki rizik – smrtnost 7.5% viša od prosječne

vrlo veliki rizik – smrtnost 10% viša od prosječne

Pravac regresije između MRdev i temperature → povećanje smrtnosti $\text{MRdev} / 1^{\circ}\text{C}$ → određivanje temperatura za povećanje smrtnosti od 5%, 7.5% i 10%

umjereni rizik – temperatura 96.5 percentile

veliki rizik – temperatura 98.5 percentile

vrlo veliki rizik – temperatura 99.5 percentile

Maximum temperature				
Incr. MR dev (%)		5	7.5	10
Osijek	33.0	35.2	36.7	38.8
Zagreb	30.0	33.7	35.1	37.1
Rijeka	30.5	32.7	33.9	35.5
Split	31.5	33.9	35.1	36.7

Minimum temperature				
Incr. MR dev (%)		5	7.5	10
Osijek	17.0	20.1	21.2	22.9
Zagreb	17.0	20.2	21.3	22.9
Rijeka	21.5	22.7	23.7	25.1
Split	24.0	25.8	26.8	28.2

	Temperature threshold (HCP)
	moderate risk
	high risk
	very high risk

Maksimalna temperatura			
Osijek	35.2	36.7	38.8
Zagreb	33.7	35.1	37.1
Karlovac	34.5	35.9	38.0
Gospić	32.1	33.4	35.4
Rijeka	32.7	33.9	35.5
Knin	35.5	36.9	39.0
Split	33.9	35.1	36.7
Dubrovnik	32.3	33.2	34.7

Minimalna temperatura			
Osijek	20.1	21.2	22.9
Zagreb	20.2	21.3	22.9
Karlovac	20.0	21.1	22.7
Gospić	17.0	18.0	19.6
Rijeka	22.7	23.7	25.1
Knin	20.5	21.6	23.1
Split	25.8	26.8	28.2
Dubrovnik	25.4	26.3	27.6

	umjereni rizik
	visoki rizik
	vrlo visoki rizik

Upozorenje na toplinske valove koji mogu djelovati na zdravlje

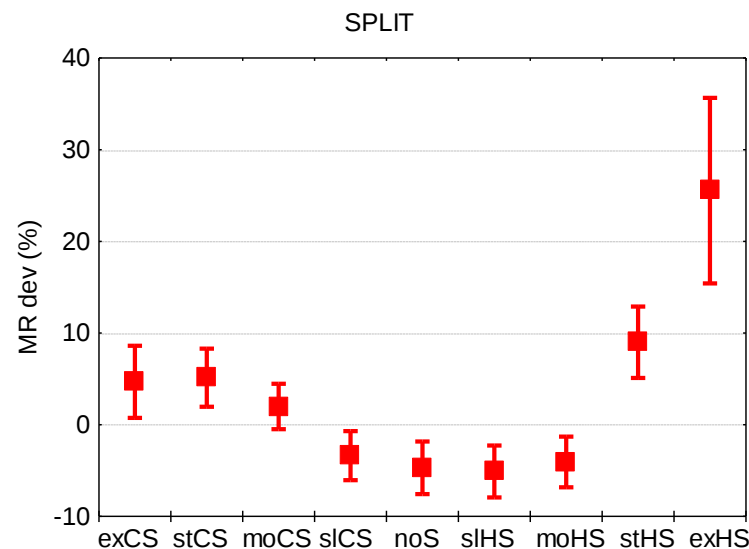
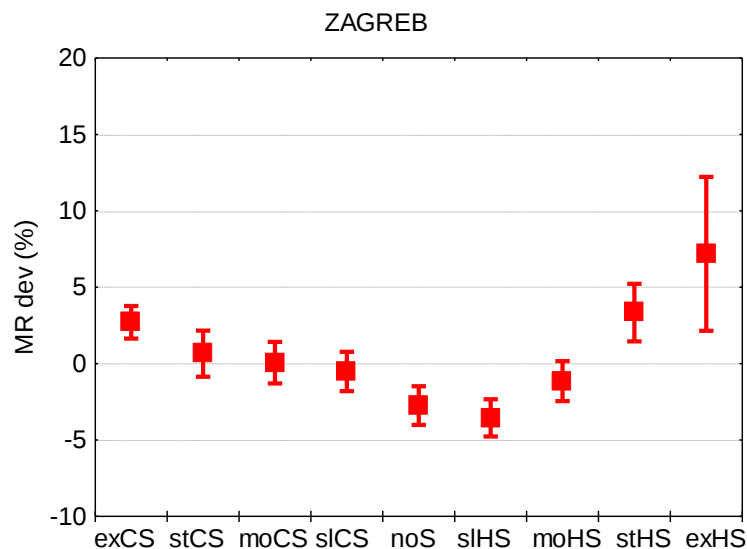
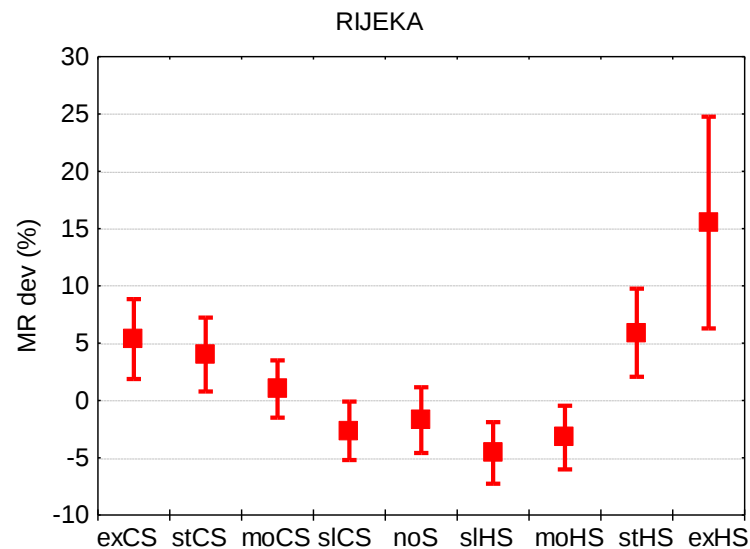
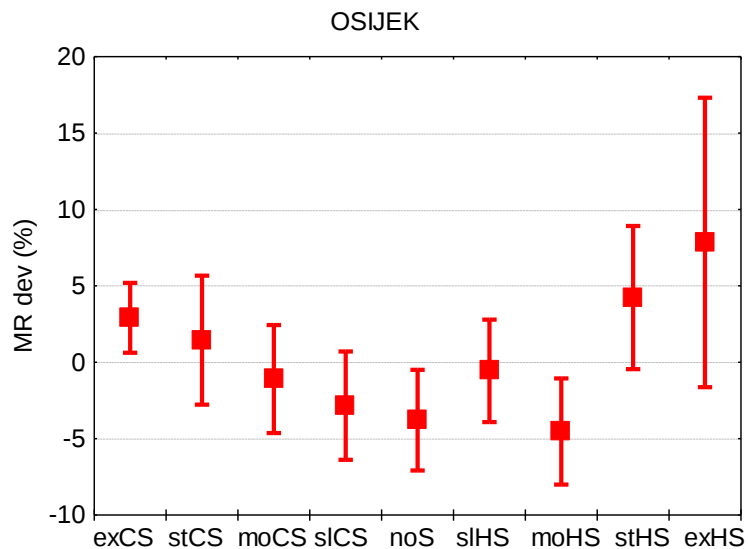
	Utorak, 10. 06. 2014.	Srijeda, 11. 06. 2014.	Četvrtak, 12. 06. 2014.	Petak, 13. 06. 2014.
Osijek	Green	Green	Yellow	Green
Zagreb	Green	Yellow	Yellow	Green
Karlovac	Green	Green	Green	Green
Gospić	Green	Green	Green	Green
Knin	Green	Yellow	Yellow	Green
Rijeka	Yellow	Yellow	Orange	Green
Split	Green	Green	Green	Green
Dubrovnik	Green	Green	Green	Green

Legenda

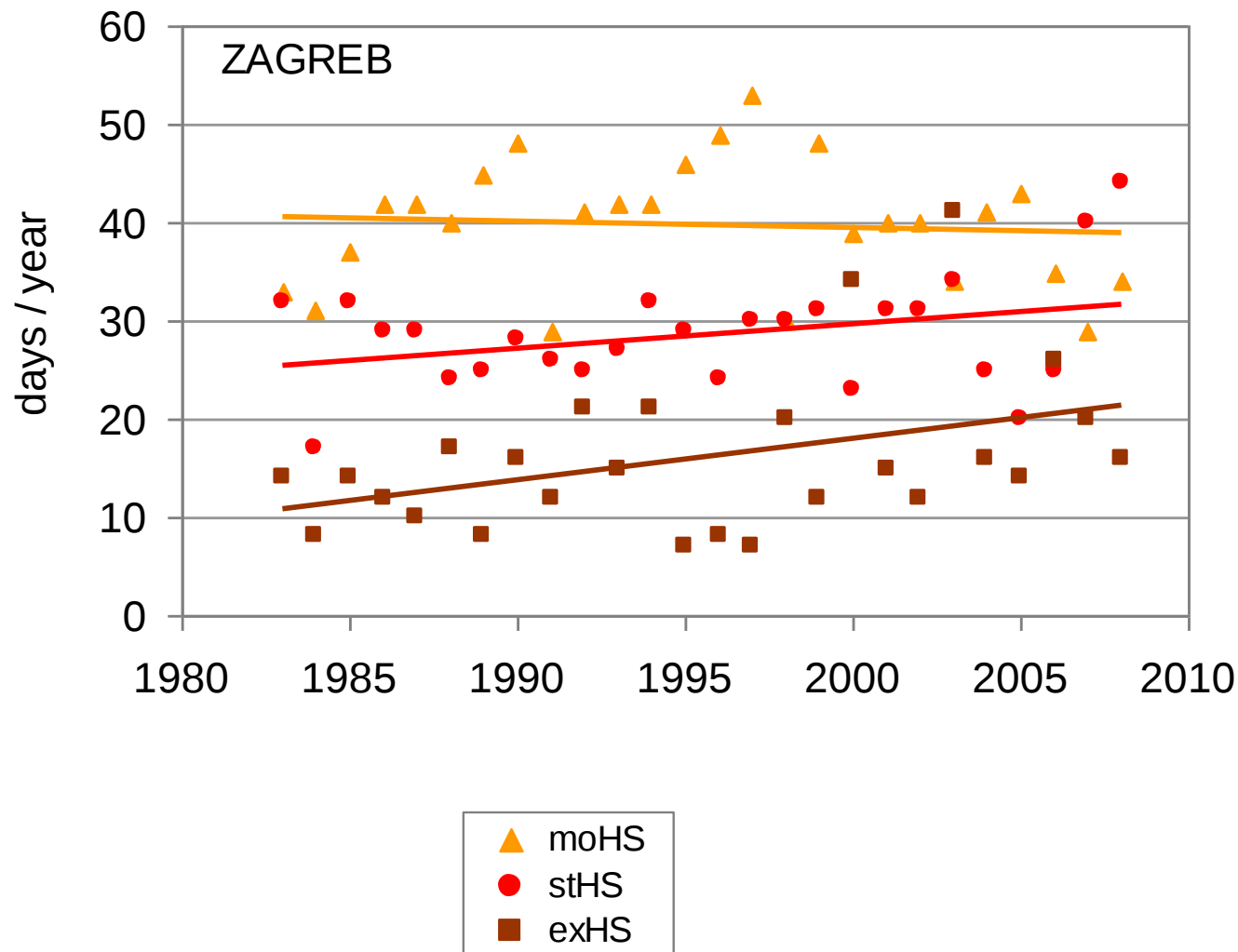
- Nema opasnosti
- Umjerena opasnost
- Velika opasnost
- Vrlo velika opasnost



Smrtnost po stupnjevima toplinskog stresa – PET 14h



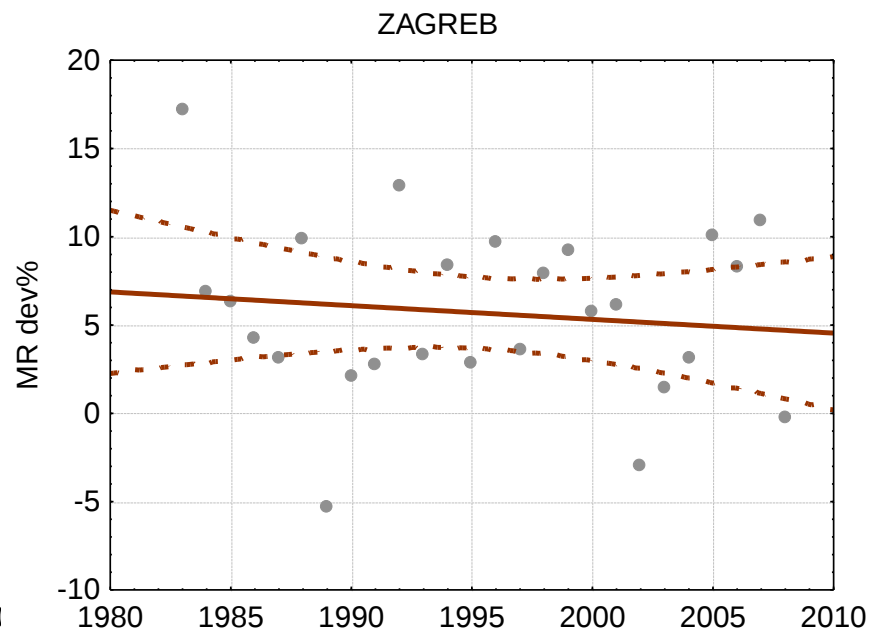
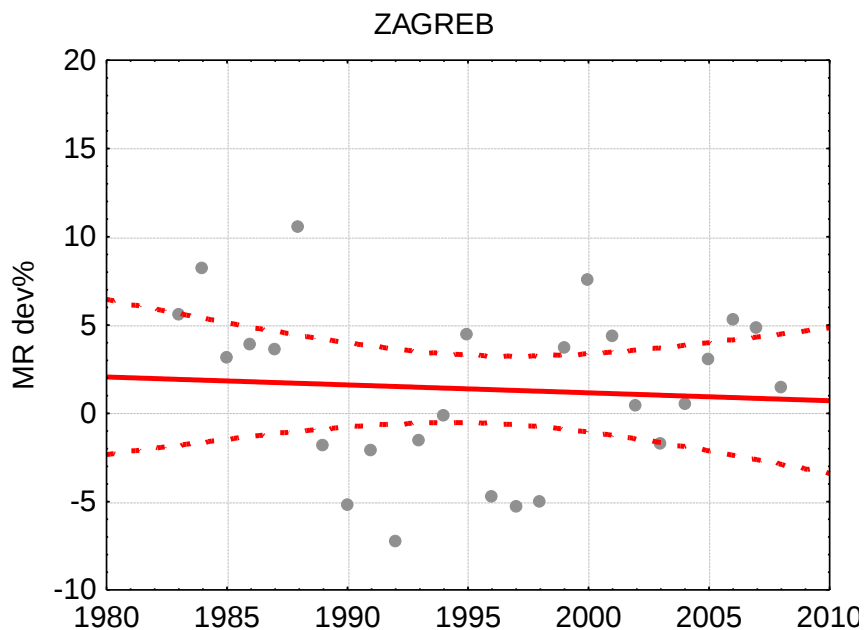
Trendovi broja dana s različitim vrstama klimatskog stresa (PET at 2 p.m.)



Trendovi smrtnosti (1983-2008)

jaki toplinski stres

ekstremni toplinski stres



Modeliranje klimatskih promjena

RegCM3 (ICTP, Trieste) je forsiran pomoću globalnog cirkulacijskog modela ECHAM5-MPIOM

Horizontalna rezolucija 35 km

Prilagodba za 3 razdoblja

P0: 1961-1990

P1: 2011-2040

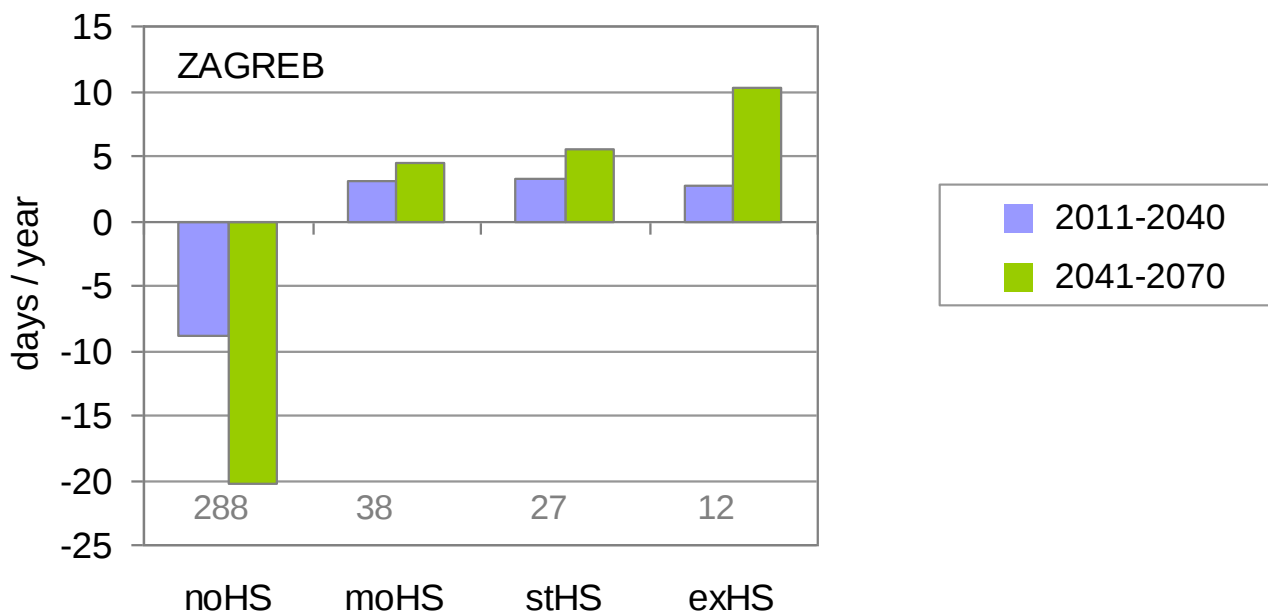
P2: 2041-2070



Scenarij emisije: IPCC SRES A2

Scenarij klimatskih promjena

Promjene broja dana s jakim i ekstremnim toplinskim stresom za 2011-2040 i 2041-2070 u odnosu na 1961-1990



jaki toplinski stres

3.2

5.5

ekstremni toplinski stres

2.6

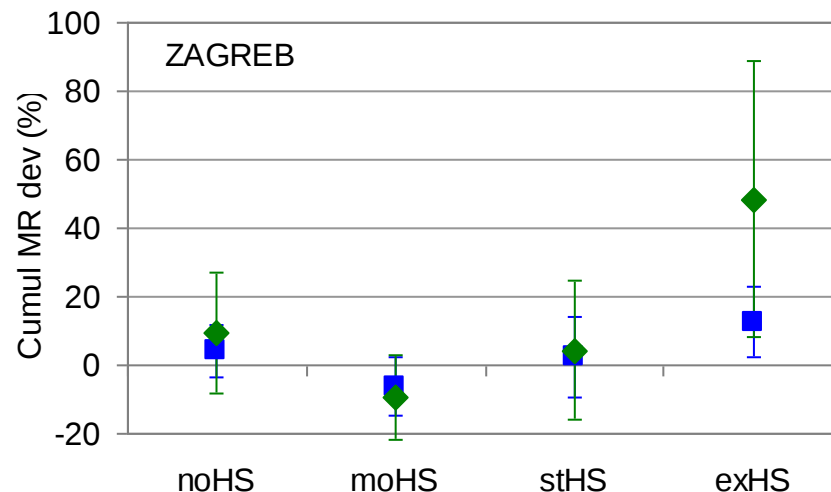
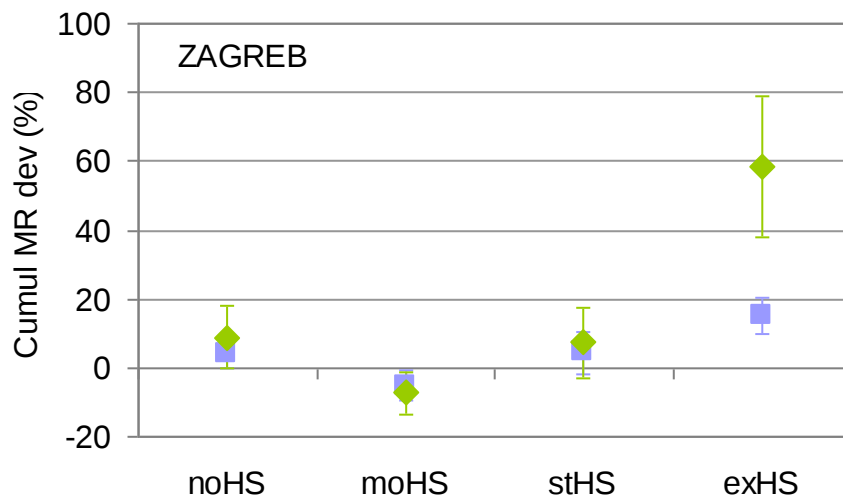
10.3

Promjena smrtnosti

Hvala na pažnji

Bez dugotrajne prilagodbe
MR dev 1983-2008

S dugotrajnom prilagodbom
MR dev 2008



4.3

7.5

jaki toplinski stres

2.5

4.4

14.9

58.3

ekstremni toplinski stres

12.4

48.3

2011-2040

2041-2070

Strategija prilagodbe klimatskim promjenama
Radionica br 9/10: ZDRAVSTVO, Zagreb, 8.2.2017.