

# Karta karakterističnog opterećenja snijegom

**Melita Perčec Tadić**

[melita.percec.tadic@cirus.dhz.hr](mailto:melita.percec.tadic@cirus.dhz.hr)

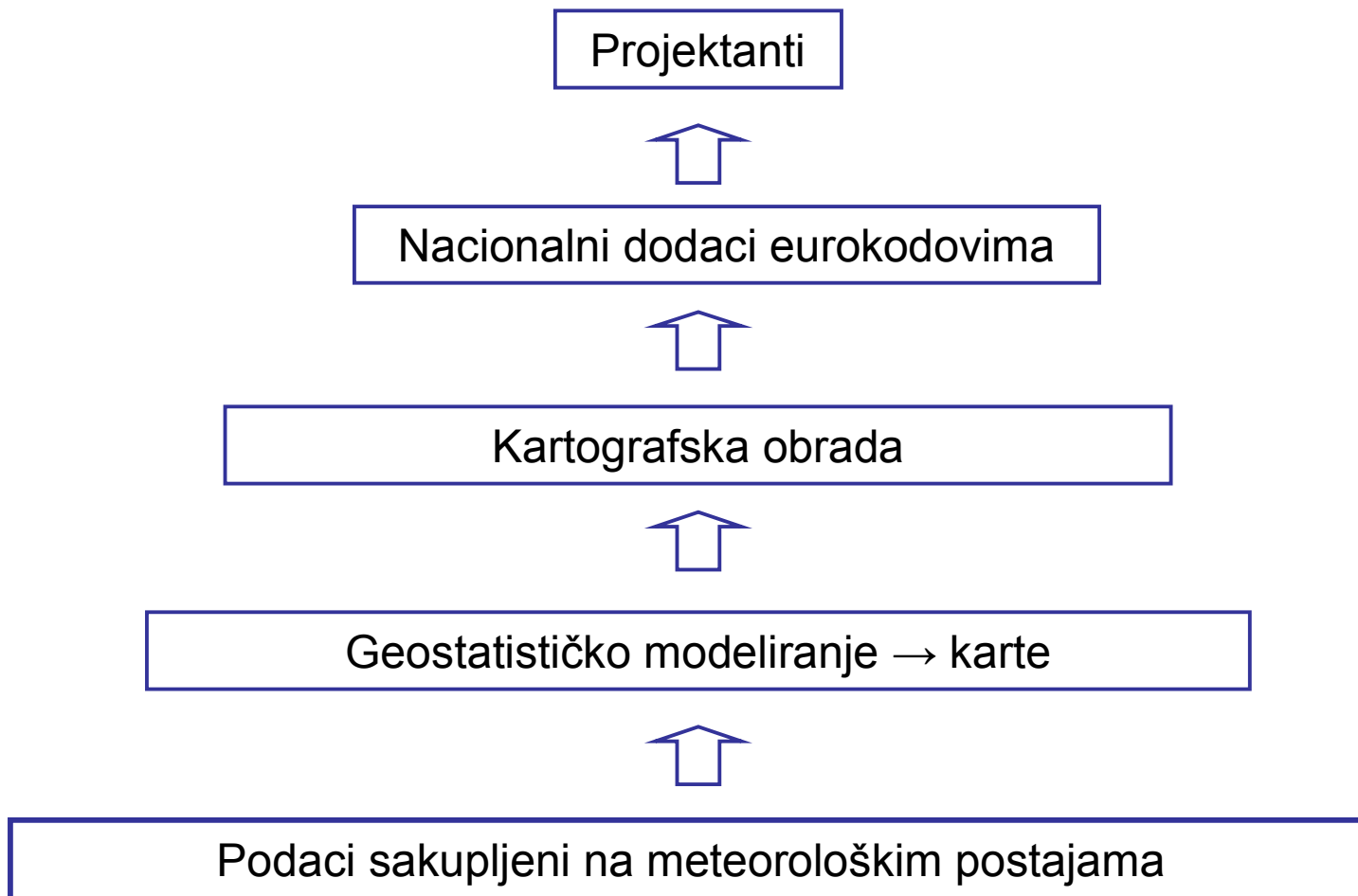
Suradnice:

Ksenija Zaninović

Marjana Gajić-Čapka

Renata Sokol Jurković





- nHRN EN 1991-1-3 hr pp  
Eurokod 1: Djelovanja na konstrukcije —Dio 1-3: Opća djelovanja —  
Opterećenja snijegom  
(EN 1991-1-3:2003+AC:2009)  
Eurocode 1: Actions on structures —Part 1-3: General actions —Snow loads  
(EN 1991-1-3:2003+AC:2009)
- Opterećenje snijegom u eurokodovima definirano je na dva načina:  
  
Kartom klimatskih snježnih zona s relacijama ili tablicama koje u pojedinoj zoni definiraju porast karakterističnog opterećenja s visinom  
Primjer: Alpsko područje  
Kartom karakterističnog opterećenja snijegom  
Primjer: Norveška
- U hrvatskom nacionalnom dodatku nalazi se karta klimatskih snježnih zona koju su članovi TO 548 HZN-a izradili na temelju karte karakterističnog opterećenja snijegom DHMZ-a
- Karta karakterističnog opterećenja je detaljnije predstavljena u ovoj prezentaciji

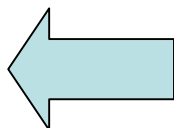
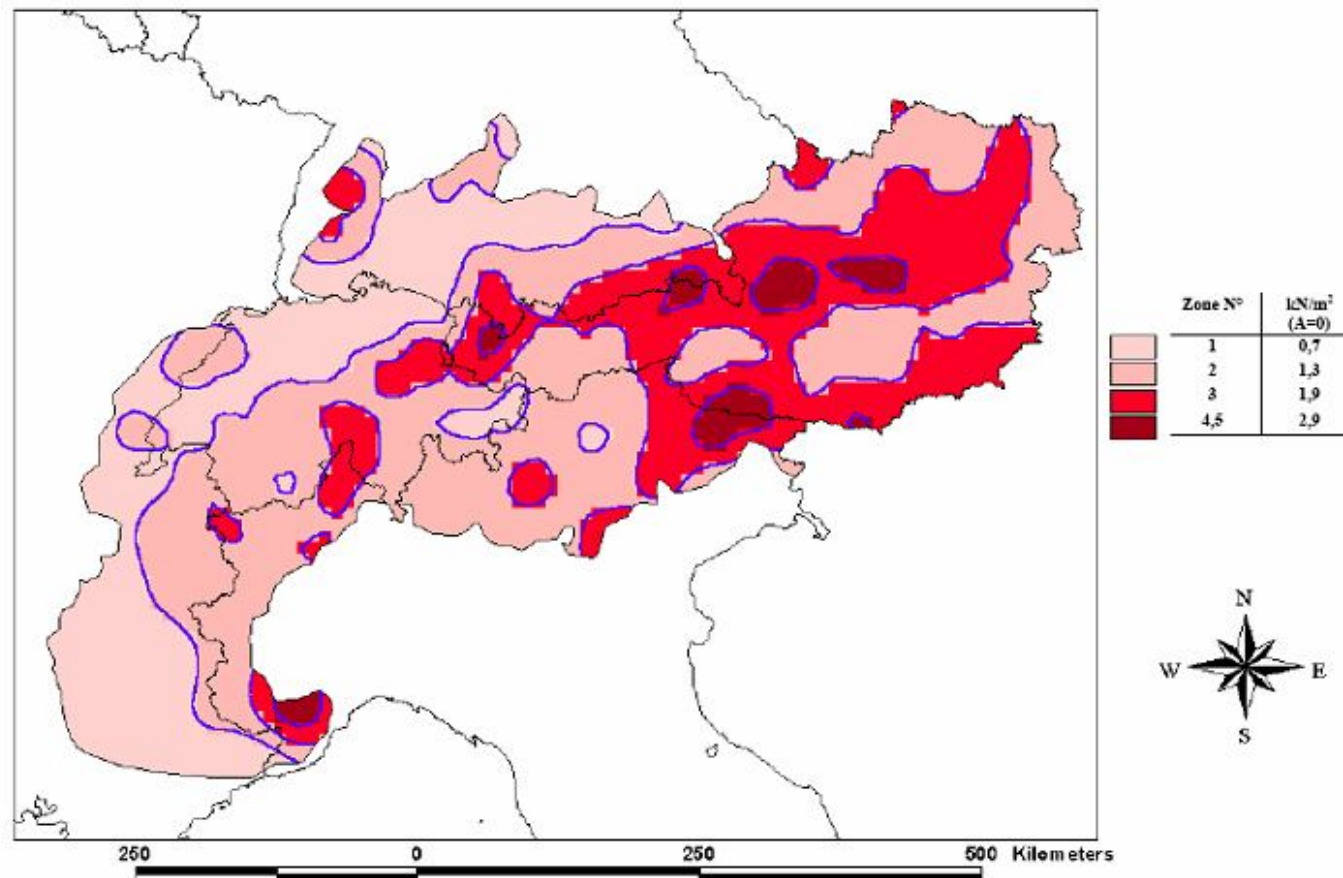
$$s_k = (0.642 * Z + 0.009) * \left( 1 + \left( \frac{A}{728} \right)^2 \right)$$

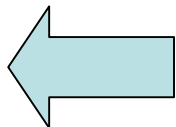
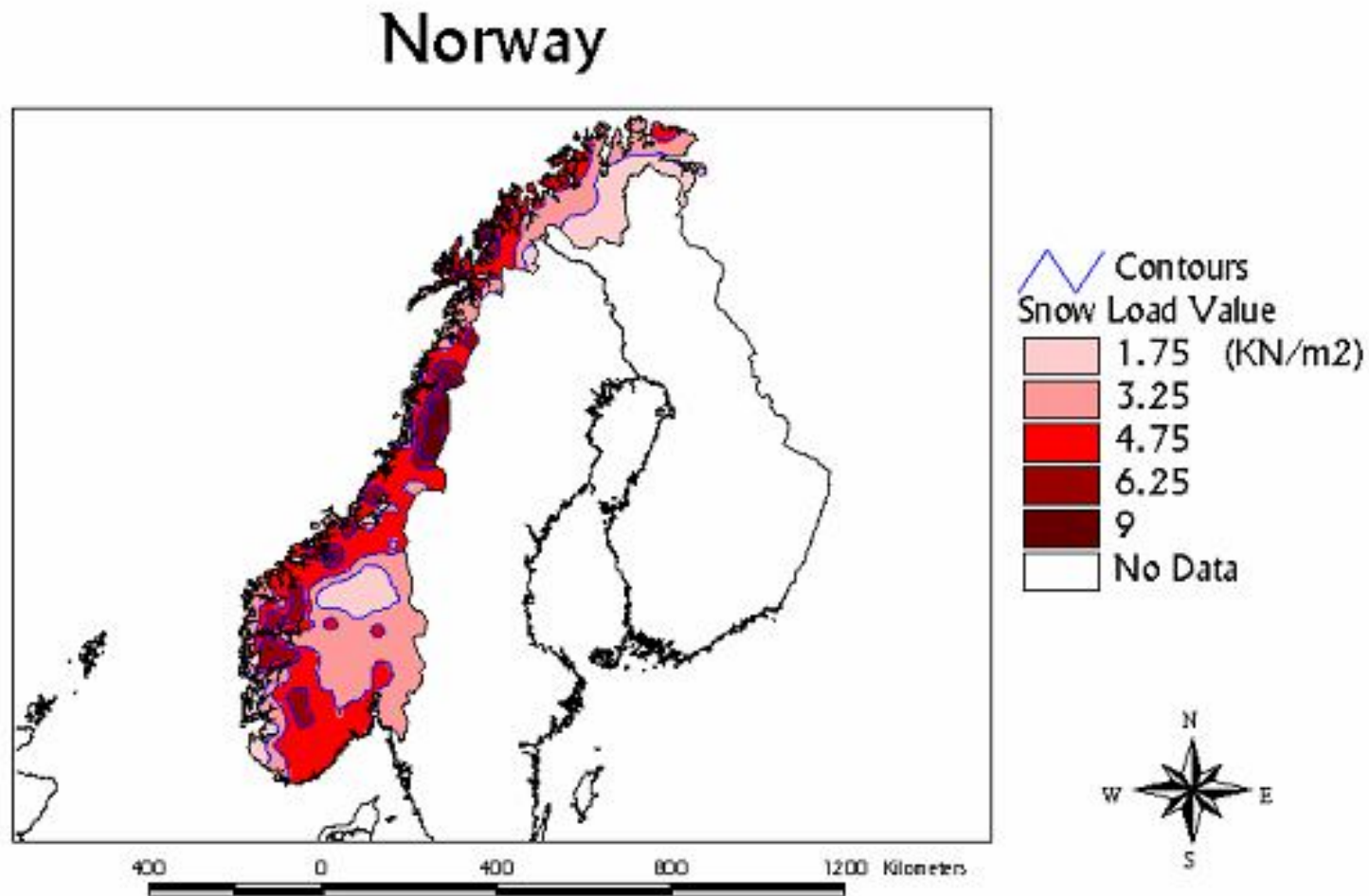
$s_k$  opterećenje snijegom

Z broj zone

A nadmorska visina

Državni hidrometeorološki zavod, Grič 3, Zagreb, <http://meteo.hr>





- Opterećenje snijegom je težina snijega na površini od 1 m<sup>2</sup>
- Zajedno s maksimalnom i minimalnom temperaturom zraka i opterećenjem vjetrom, važna je komponenta djelovanja na građevinske konstrukcije
- Opterećenje snijegom je često najveće opterećenje koje mora podnijeti krov neke građevine



Šator klizališta  
Rijeka, 17.12.2010.  
Visina snijega 14 cm

[www.novilist.hr](http://www.novilist.hr)



Biokovo, Sveti Jure  
13.2.2010.  
Visina snijega: 1-2 m

[www.24sata.hr](http://www.24sata.hr)



Zavižan  
Totalizator

Photo: A. Vukušić

- Stoga je pažljiva procjena ovog opterećenja važna zbog barem dva razloga:
  - kako bi se izbjegle štete (materijalne i ljudske) koje mogu nastati zbog rušenja konstrukcija uslijed podcijenjenog opterećenja
  - kako bi se izbjegli nepotrebni troškovi gradnje uslijed precijenjenog opterećenja

- Opterećenje snijegom: težina [N] snježnog pokrivača na površini od 1m<sup>2</sup>.

$$\begin{aligned}
 s_k [N / m^2] &= m_s g / A [kgms^{-2} / m^2 = N / m^2] \\
 &= \rho_s h_s A g / A \\
 &= \rho_s h_s g \\
 &= Q \rho_w g [m \times kgm^{-3} \times ms^{-2} = N / m^2]
 \end{aligned}$$

Uobičajeno je gustoću snijega mjeriti u [g/cm<sup>3</sup>] a visinu snijega u cm.

Pretvoriti u SI jedinice [kg/m<sup>3</sup>] i [m]

Uobičajeno se opterećenje snijegom izražava u kN/m<sup>2</sup> (~100kg/m<sup>2</sup>).

- Sadržaj vode u snijegu, Q: visina stupca vode od topljenja stupca snijega visine h<sub>s</sub>:

$$Q [mm] = \frac{10 h_s \rho_s}{\rho_w},$$

h<sub>s</sub>[cm] visina snijega

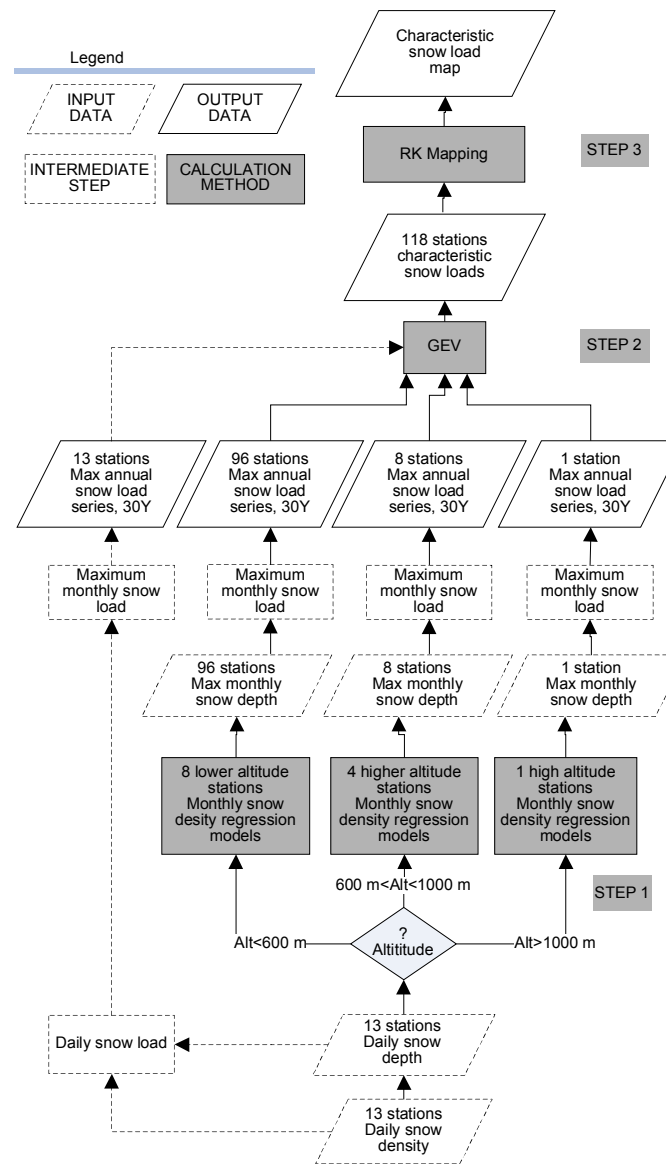
ρ<sub>s</sub>[g/cm<sup>3</sup>] gustoća snijega

ρ<sub>w</sub>[g/cm<sup>3</sup>] gustoća vode

g= 9.8 m/s<sup>2</sup>

Dijagram toka za proračun karakterističnog opterećenja snijegom na postajama i kartiranje.

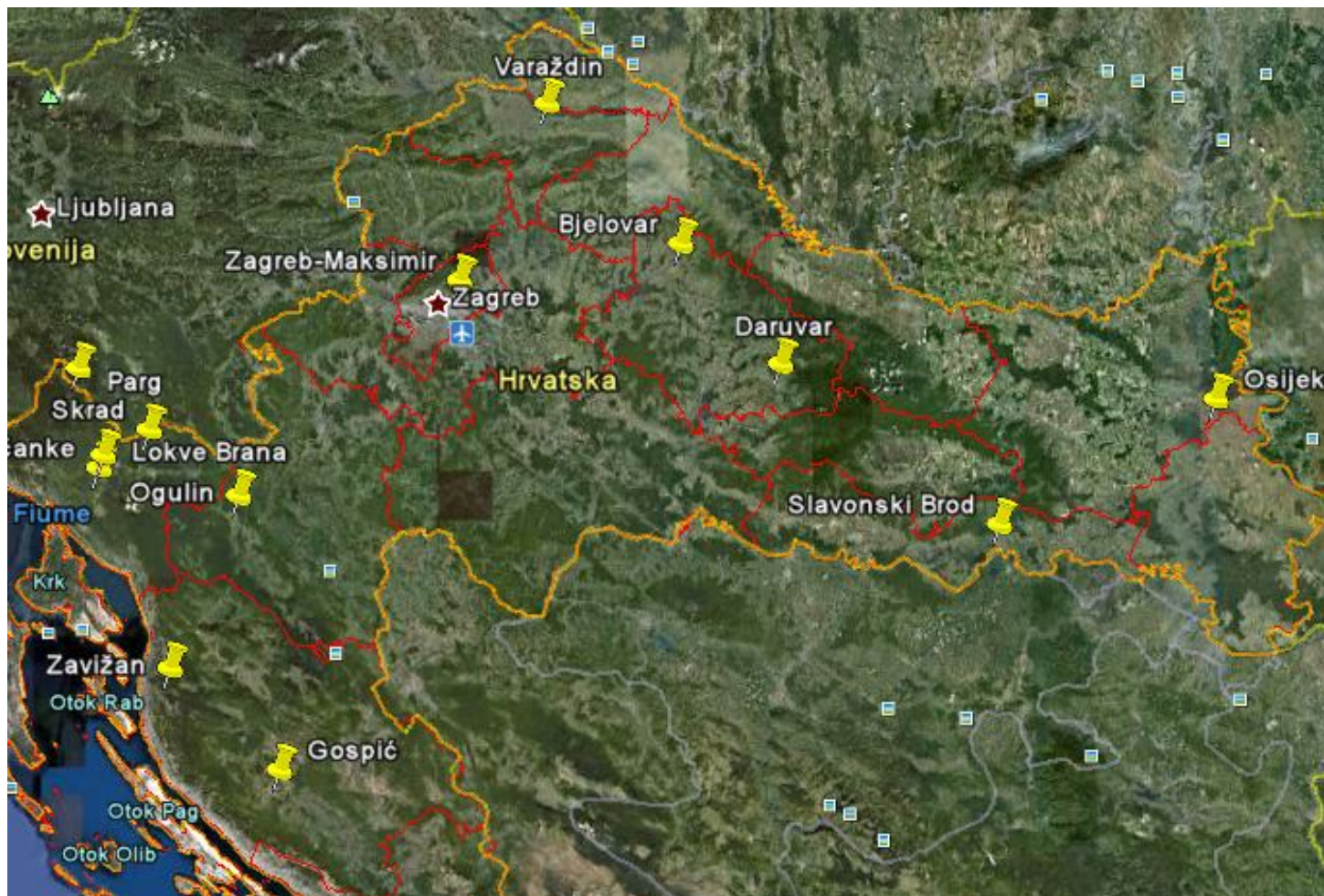
Čita se od dna prema vrhu.





- Mjeri se samo na 13 postaja što je nedovoljno za kartiranje.

Državni hidrometeorološki zavod, Grič 3, Zagreb, <http://meteo.hr>



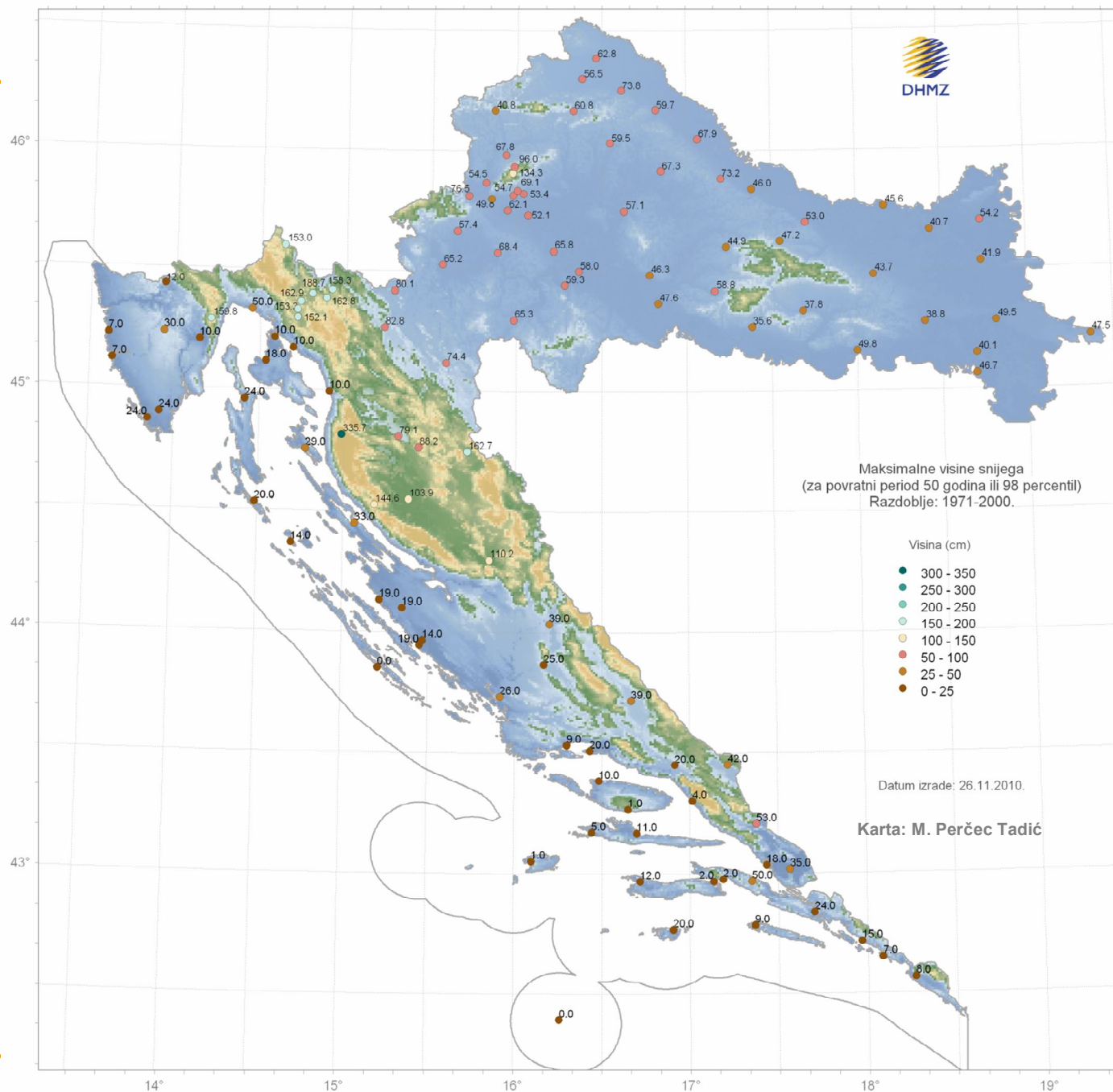


## Visina snijega

- Mjerenja na 118 postaja

Državni hidrometeorološki zavod, Grič 3, Zagreb, <http://meteo.hr>

- DEM > 1000 m
- 2161 km<sup>2</sup>
- 3.8 %



- Modeli za procjenu gustoće snijega na postajama koje mjere samo visinu snijega
- Metoda: linearna regresija na osnovu dnevnih mjerenja gustoća i visina na 13 postaja
- Tri modela za:
  - niske postaje (0-600 m)
  - brdske postaje (600-1000 m)
  - planinske postaje (>1000 m)
- Modeli po mjesecima
- Pomoću definiranih regresijskih modela, proračunavaju se mjesečna opterećenja za maksimalne mjesečne visine snijega za 105 postaja
- Iz mjesečnih opterećenja proračunavaju se maksimalna godišnja opterećenja za razdoblje 1971-2000. za sve postaje.
- Ovi nizovi maksimalnih godišnjih opterećenja ulaz su za proračun maksimalnog opterećenja snijegom za povratno razdoblje 50 godina.

Referenca: Jonas, Marty, Magnuson: Estimating the snow water equivalent from snow depth measurements in the Swiss Alps. *Jou. Hydrol.* 378 (2009)

## Niske

Varaždin, Zagreb-Maksimir,  
Gospić, Ogulin, Bjelovar,  
Osijek, Daruvar, Slavonski  
Brod

## Brdске

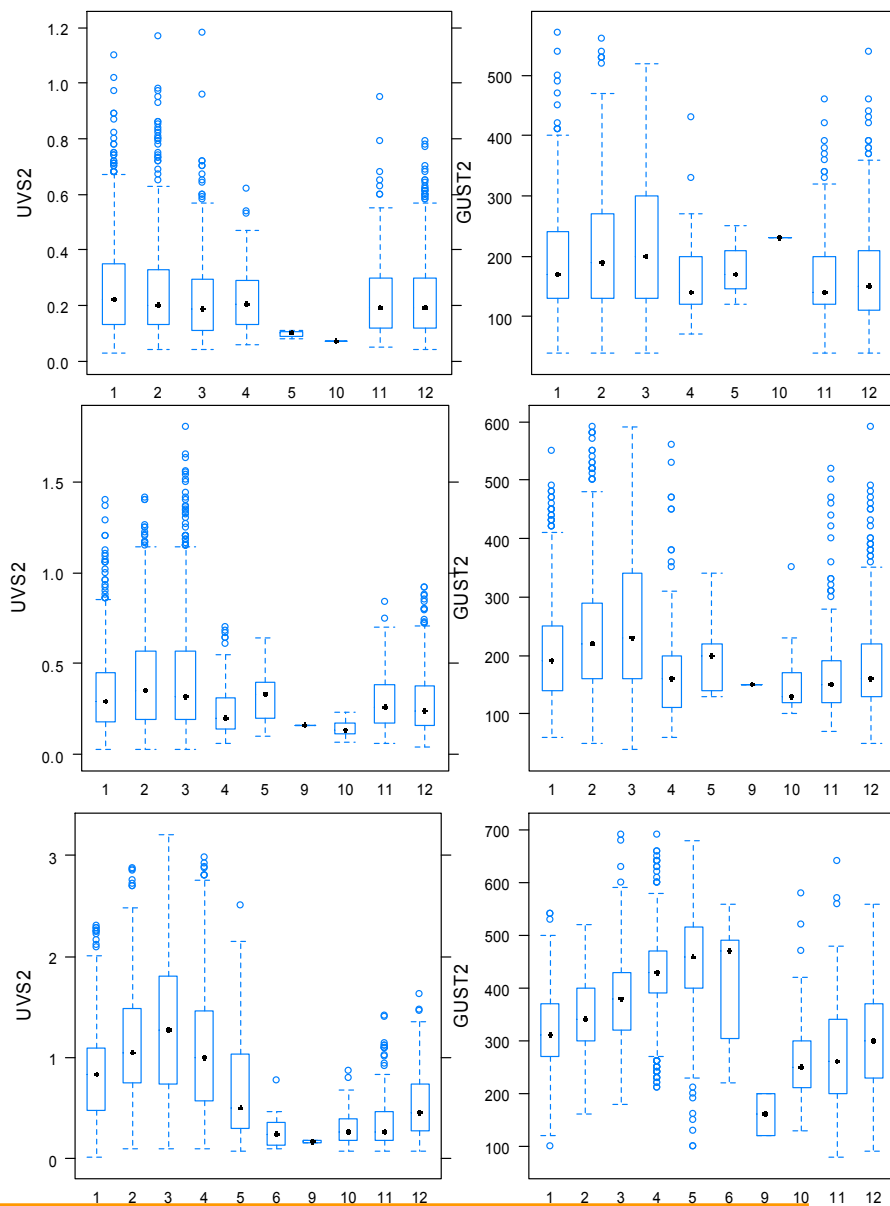
Vrelo Ličanke, Lokve,  
Parg, Skrad

## Planinska

Zavižan

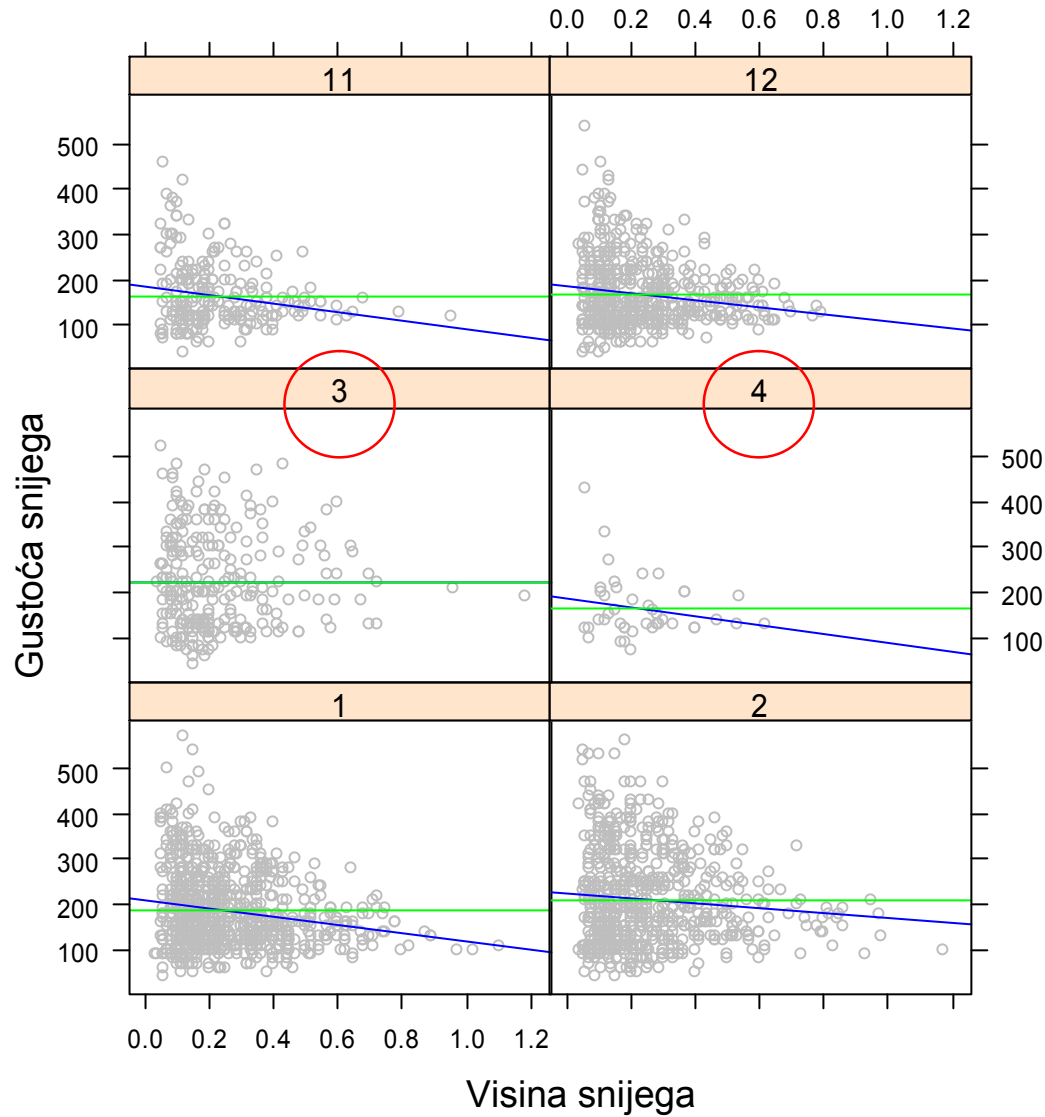
UVS2-visina snijega [m]

GUST2-gustoća snijega [kgm<sup>-3</sup>]



Kartografija i eurokodovi

Zagreb, 14. studenoga 2012.



Srednjak gustoće

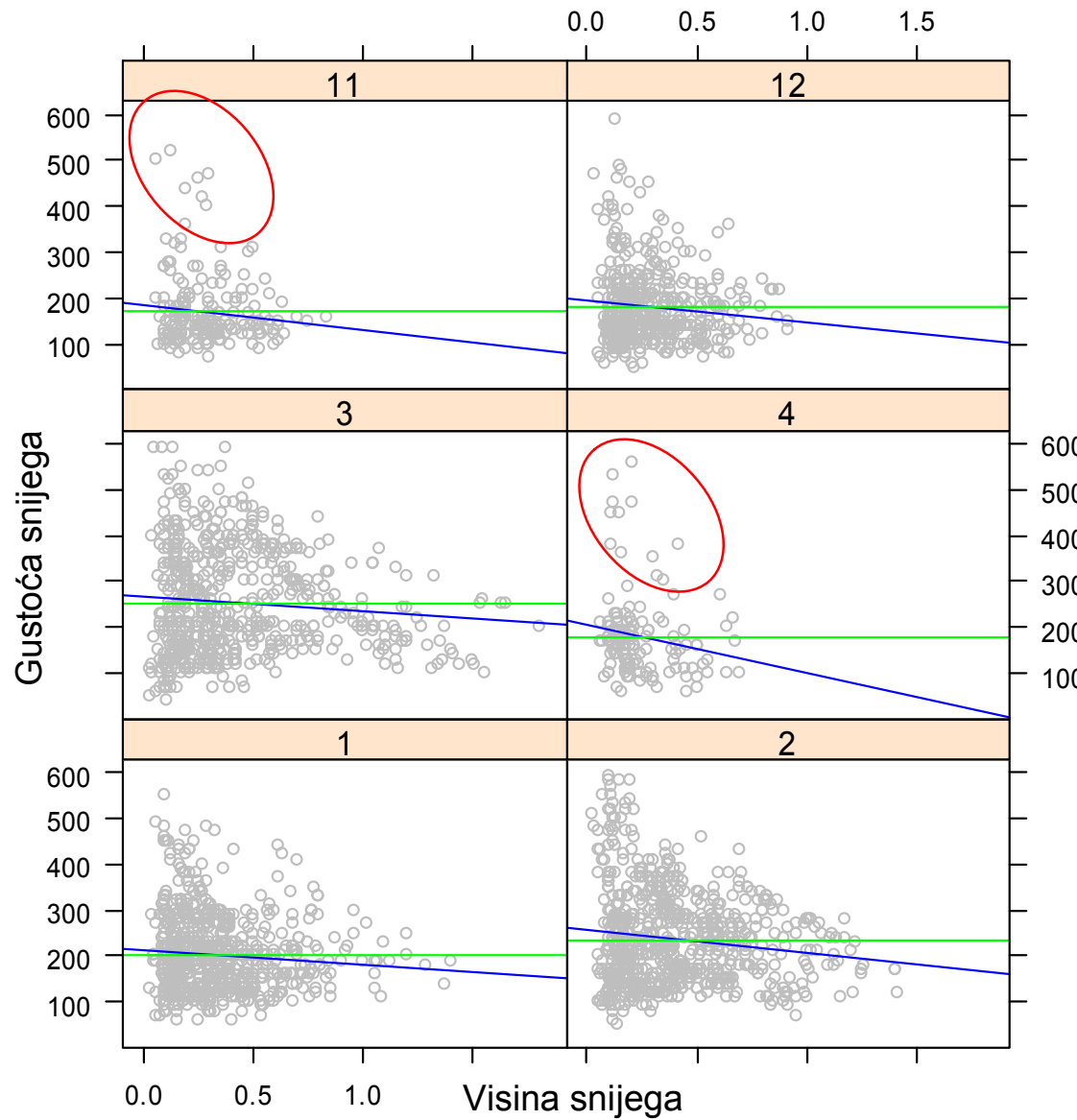
Pravac regresije

Pravci regresije sa  
signifikantnim koeficijentima  
osim za

travanj i ožujak (uzima se  
srednja gustoća)

# Brdske postaje, ovisnost gustoće snijega o visini snijega

Državni hidrometeorološki zavod, Grič 3, Zagreb, <http://meteo.hr>

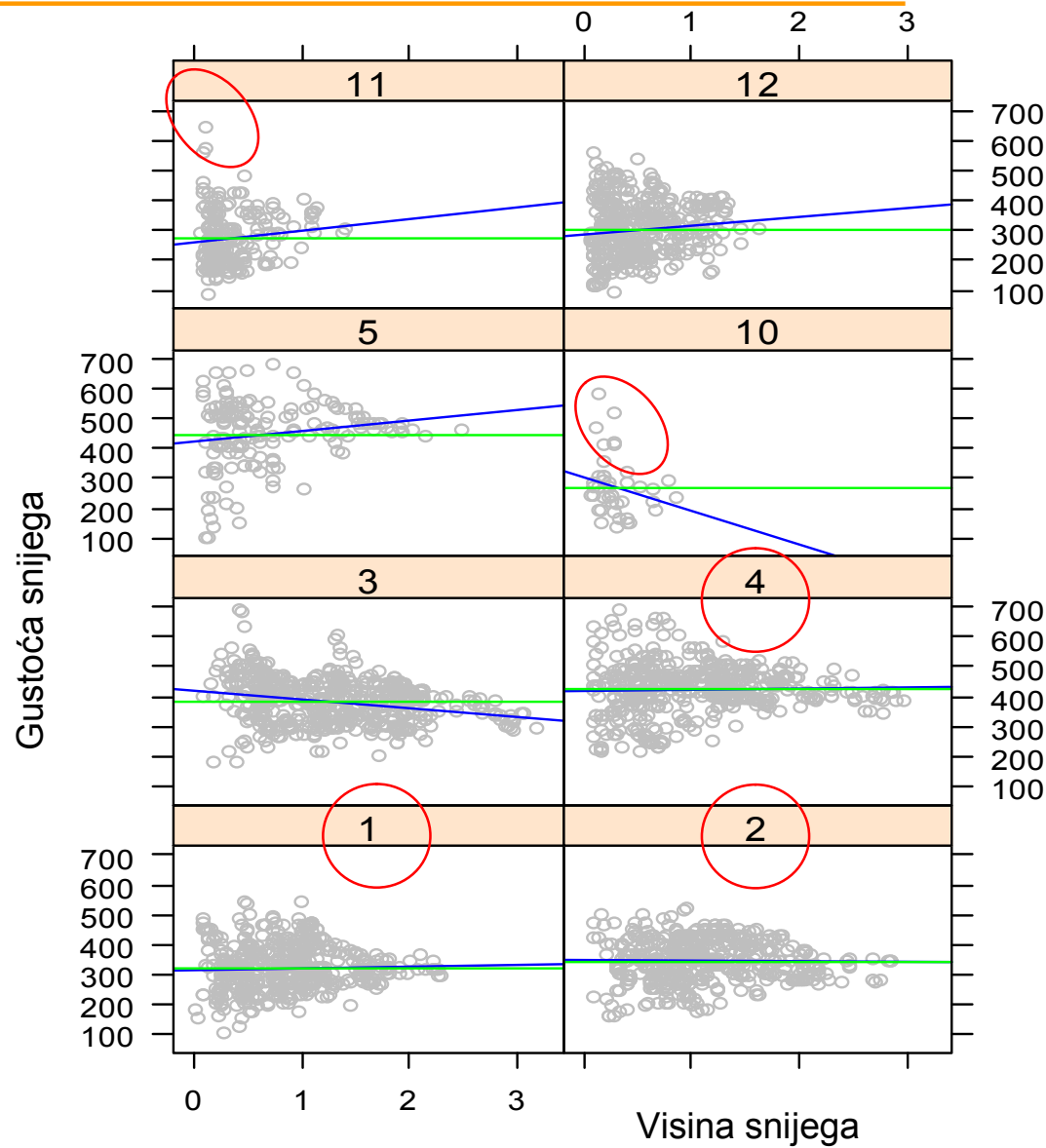


Srednjak gustoće

Pravac regresije

Pravci regresije sa  
signifikantnim koeficijentima  
za prosinac, siječanj, veljaču i  
ožujak

Slabija korelacija za studeni i  
travanj



Srednjak gustoće

Pravac regresije

Pravci regresije sa  
signifikantnim koeficijentima  
za prosinac, ožujak i svibanj

Slabija korelacija za listopad i  
studeni

Srednjak za siječanj, veljaču  
i travanj

- ME i RMSE za proračun maksimalnih godišnjih opterećenja na osnovu procijenjenih gustoća snijega regresijskim modelom

Državni hidrometeorološki zavod, Grič 3, Zagreb, <http://meteo.hr>

st_id	postaja	visina	broj godina	ME	RMSE	oprema*
st_gl165	Slavonski Brod	88	25	0.0	0.15	SV
st_gl100	Osijek	98	18	-0.1	0.24	SV
st_gl205	Zagreb Maksimir	123	26	0.0	0.15	SV
st_gl10	Bjelovar	141	20	-0.1	0.25	SV
st_gl15	Daruvar	161	24	-0.1	0.21	SV
st_gl185	Varaždin	167	26	-0.1	0.16	SV
st_gl90	Ogulin	327	29	-0.1	0.23	SV
st_gl35	Gospić	564	29	0.0	0.29	SV
st_kl1280	Skrad	675	21	-0.2	0.33	HV
st_kl1615	Vrelo Ličanke	750	18	0.0	0.53	SV
st_kl830	Lokve	774	28	0.1	0.45	SV
st_gl115	Parg	863	29	-0.3	0.46	SV
st_gl215	Zavižan	1594	29	-0.4	0.78	HV

\*Oprema za mjerenje gustoće snijega

- SV snjegomjerna vaga
- HV Hellmannova vasilica



Fotografije iz: Pandžić K. (ur.) 2008: Naputak za opažanja i mjerenja na glavnim meteorološkim postajama. DHMZ



- Iz maksimalnih mjesečnih opterećenja snijegom dobivaju se nizovi maksimalnih godišnjih opterećenja
- Prema zahtjevu (Final Report 1), iz proračuna se isključuju izuzetna opterećenja ako je rezultat GEV analize dao vrijednost koeficijenta  $k > 1.5$

- Koeficijent  $k$

$$s_m = k \cdot s_k$$

$s_m$  najveće zabilježeno opterećenje snijegom,

$s_k$  karakteristično opterećenje s isključenim najvećim opterećenjem

$k > 1.5 \rightarrow s_m$  je izuzetno opterećenje

- Maksimalna godišnja opterećenja su ulazne vrijednosti za GEV analizu
- GEV analiza daje vrijednost opterećenja snijegom koja može biti premašena u prosjeku jednom u 50 godina.
- Ove vrijednosti nazivaju se **karakterističnim opterećenjem snijegom** i prikazane su na sljedećoj karti.

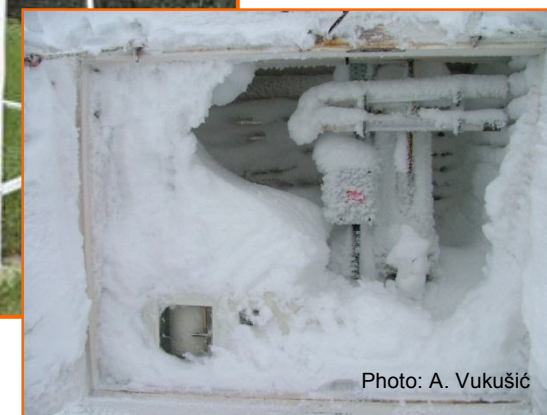
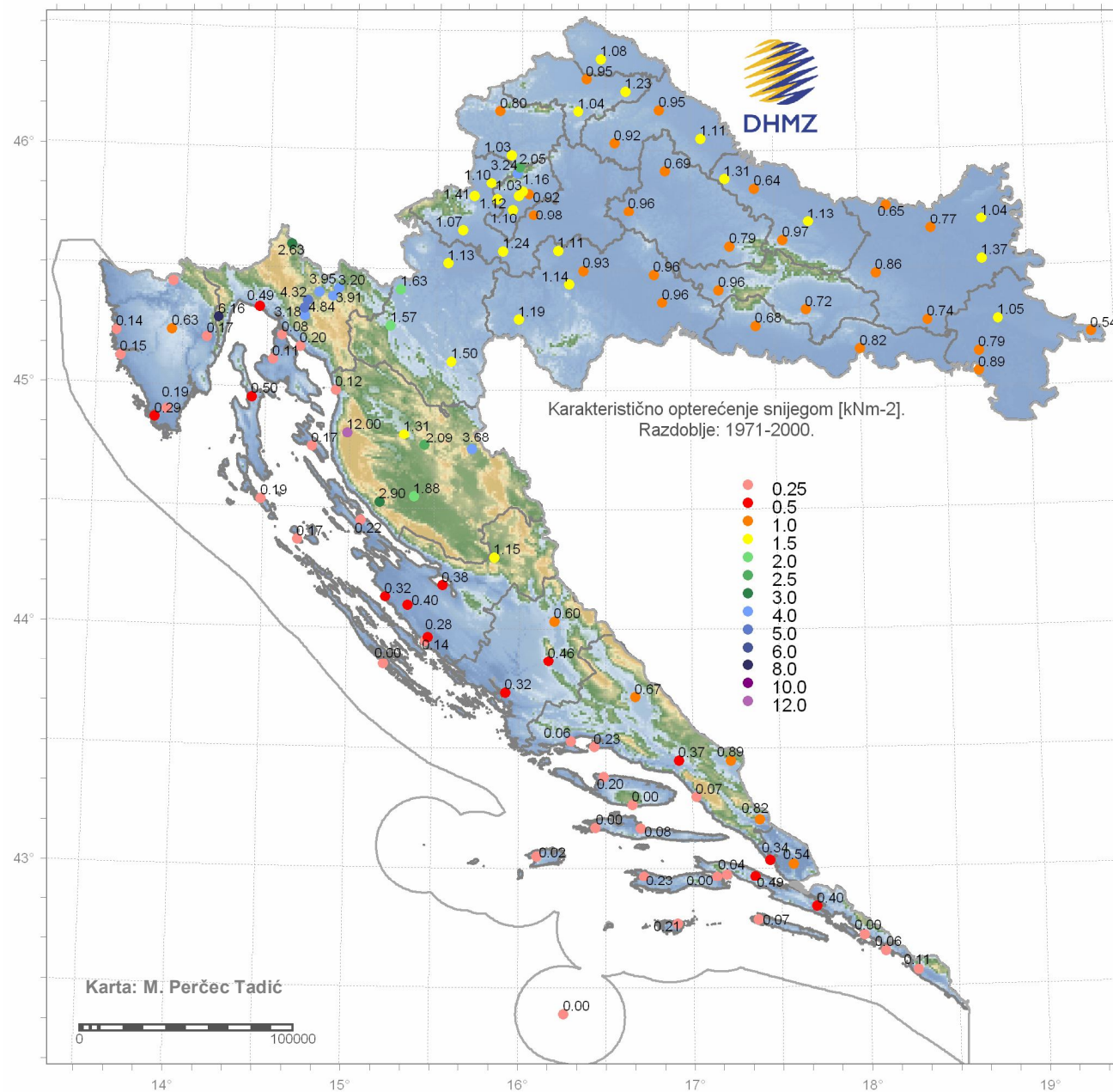
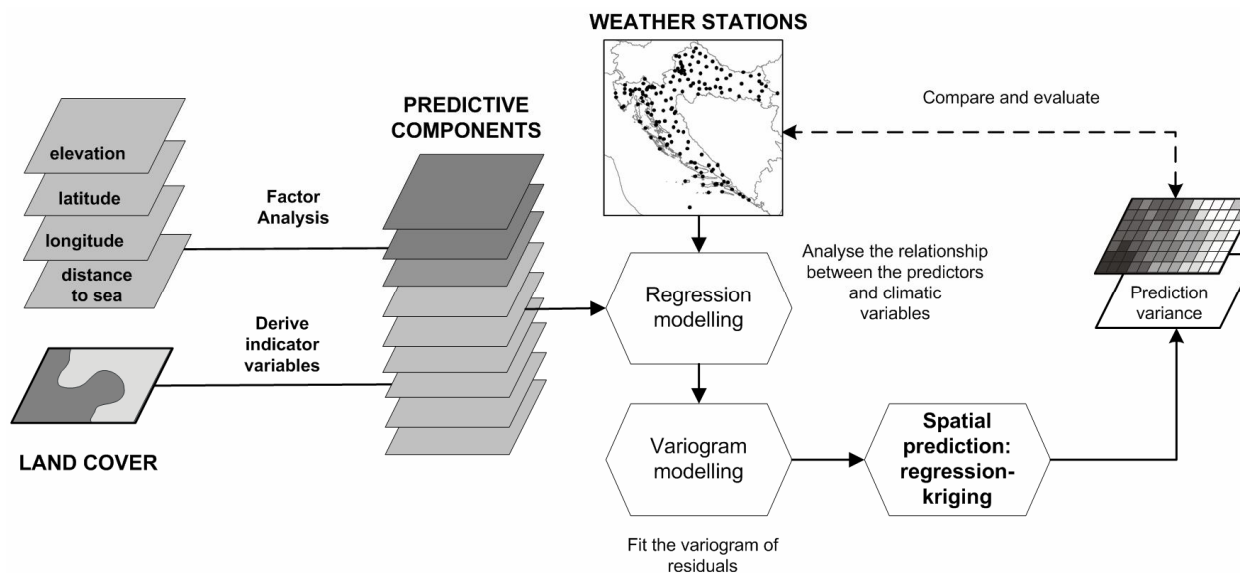


Photo: A. Vukušić

Može biti stvarno izuzetno! Unutar termometrijskog zaklona na Zavižanu.

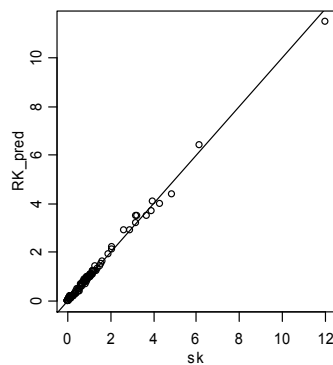
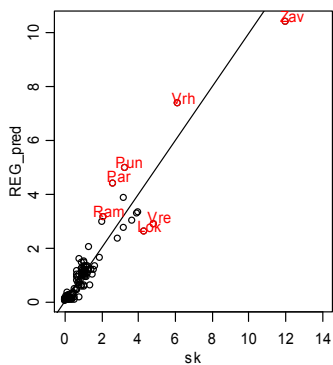
Fotografija iz Zaninović, Gajić-Čapka, Perčec Tadić i sur. (2008) [Klimatski atlas Hrvatske 1961-1990., 1971-2000.](#)



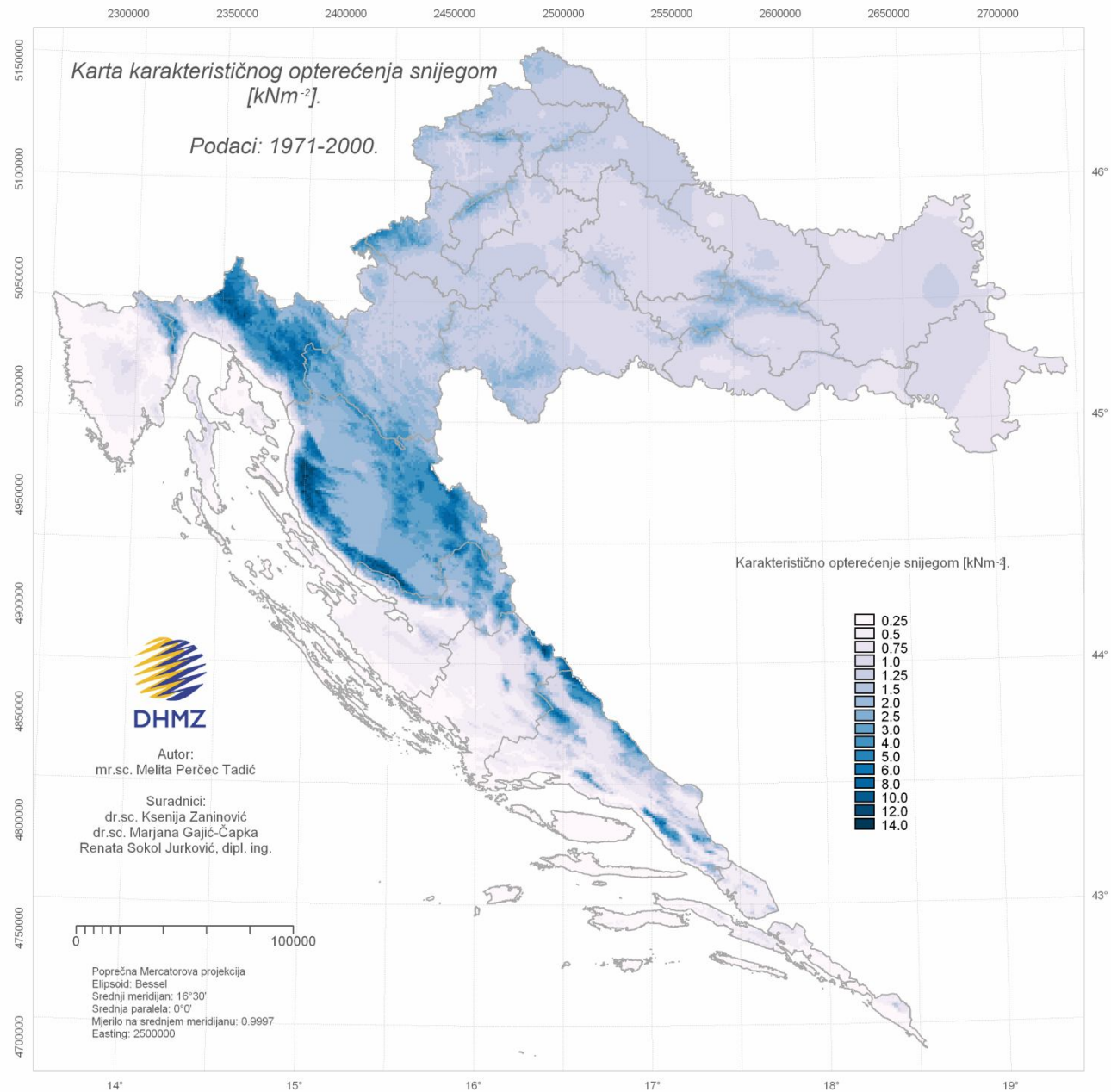


Programski okvir za kartiranje klimatskih varijabli. Prema: M. Perčec Tadić 2010: [Gridded Croatian climatology for 1961-1990](#). Theor Appl Climatol. 102:87-103

- Regresijom je objašnjeno 75% varijabilnosti u podacima
- Najutjecajniji prediktori: otežana udaljenost od mora i nadmorska visina



Usporedba izmjerenih (x-os) i procijenjenih  $s_k$  (y-os) regresijom (lijevo) i regresijskom krigingom (desno).



- Jonas T, Marty C, Magnusson J (2009) Estimating the snow water equivalent from snow depth measurements in the Swiss Alps. *Jou. Hydrol.* 378. 161–167
- Luna M J, Morata A, Chazarra A and Almarza A (2003) Mapping Of Snow Loads On The Ground In Spain. *Geographical Information Systems and Remote Sensing: Environmental Applications. (Proceedings of the International Symposium held at Volos, Grece, 7-9 November 2003)*
- Scientific support activity in the field of structural stability of civil engineering works, Snow loads, Final report I. Commission of the European Communities, DGIII-D3. Contract n° 500269. December 16th 1996.
- Sturm M, Taras B, Liston GE, Derksen C, Jonas T, Lea J (2010) Estimating Snow Water Equivalent Using Snow Depth Data and Climate Classes. *Jou. Hydrol.* 11. 1380–1394



© [diavolissima2](#)

Pogled kroz ulazna vrata kuće  
motritelja na meteorološkoj  
postaji na Zavižanu (h=1594 m  
n.m.).

Iznutra!