



I Z S
INŽENIRSKA ZBORNIČA SLOVENIJE

**SPREMINJAMO
GRADBENO
KULTURO**

Priprava podnebnih podlag za EUROCODE: snežne in vetrne obtežbe

**mag. Mojca Dolinar
ARSO**

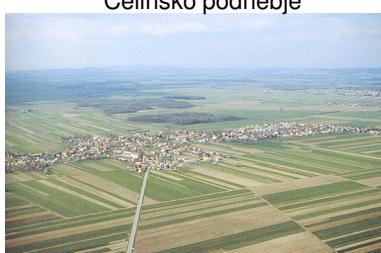
Podnebje v Sloveniji

**SPREMINJAMO
GRADBENO
KULTURO** **I Z S**
INŽENIRSKA ZBORNIČA SLOVENIJE

Alpsko in subalpsko podnebje



Celinsko podnebje



Submediteransko podnebje



Zahteve standarda za snežne obtežbe

SPREMINJAMO
GRADBENO
KULTURO



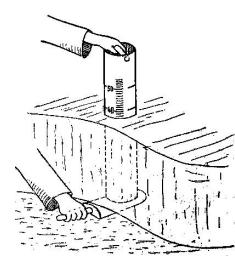
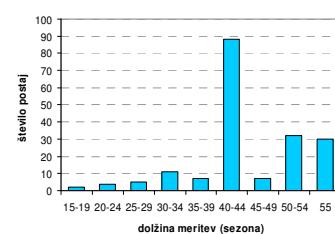
- Snežne obtežbe s povratno dobo 50 let za celotno območje Slovenije
- območja (cone) enotnega porasta snežne obtežbe (s 50-letno povratno dobo) z višino po standardu EN 1991-1-3
- evropska klasifikacija regij (alpska regija, mediteranska regija)

Meritve snežne odeje

SPREMINJAMO
GRADBENO
KULTURO



- snežna obtežba: teža snega na enoto površine (kN/m^2)
- vodnatost snežne odeje: vodni ekvivalent, višina staljene vode v snežni odeji (mm)
- meritve višine snežne odeje ob 7. uri zjutraj na opazovalnih meteoroloških postajah (185), vsakih pet dni na nekaterih postajah meritve vodnatosti snežne odeje (46)
- Reprezentativnost merilnega mesta!



Izračun snežne obtežbe na meritnih postajah

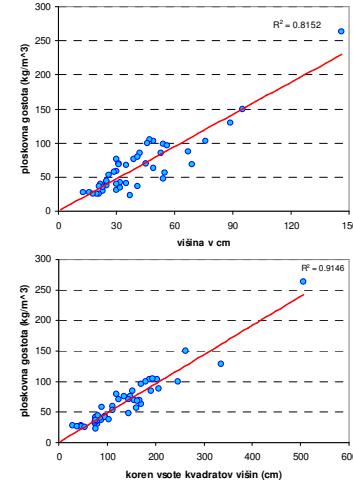
SPREMINJAMO
GRADBENO
KULTURO



- najpogosteji model je empirično določena gostota snega pri maksimalni višini:
 - enostaven izračun
 - ne upošteva preobrazbe snežne odeje, podnebnih značilnosti, sesedanja snega
 - možnost velike napake pri posameznih sezona
- preverili smo odvisnost maksimalne snežne obtežbe (mase) od različnih spremenljivk
- najprimernejša pojasnjevalna spremenljivka je koren vsote kvadratov dnevnih višin skupnega snega (korelacija ~0,95), zajet vpliv kopiranja novozapadlega snega in stiskanja zaradi teže

$$K = \sqrt{\sum_d h_d^2}$$

K – koren vsote kvadratov dnevnih višin snega v eni sezoni
 h_d – dnevna višina snega



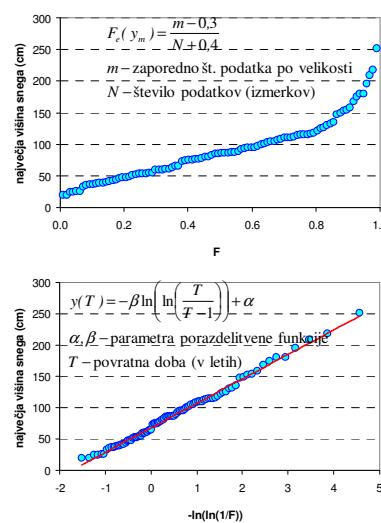
Odvisnost ocenjene maksimalne snežne obtežbe oz. ploskovne gostote od višine snega (zgoraj) in korena vsote kvadratov višin snega (spodaj)

Izračun povratnih dob snežne obtežbe na meritnih postajah

SPREMINJAMO
GRADBENO
KULTURO



- vhodni podatki: sezonske vrednosti največeje snežne obtežbe (višine snega) na meteoroloških postajah
- razvrstitev podatkov po velikosti
- prireditev vrednosti empirične porazdelitvene funkcije F_e (Čegodajeva formula)
- parametra α in β sta regresijska koeficiente na grafu z abscisno osjo $-\ln(\ln(1/F))$
- točnost izračuna je odvisna od števila meritev in položaja na grafu (velika netočnost daleč stran od meritev)
- Prirejena Gumbelova metoda



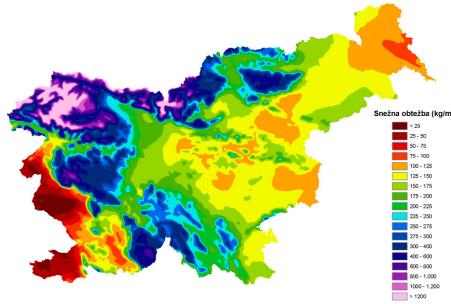
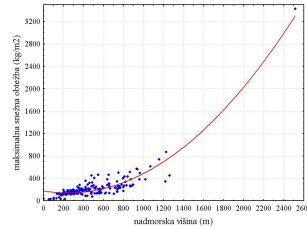
Porazdelitev izmerjenih največjih sezonskih višin snega v Kranjski Gori (96 sezoni).

Prostorska porazdelitev snežne obtežbe

SPREMINJAMO
GRADBENO
KULTURO



- približno kvadratno naraščanje z višino, upoštevan vpliv preobrazbe (snežna območja)
- kartiranje maksimalne snežne obtežbe s povratno dobo 50 let:
 - determinističen del modela: $f(x,y,z,x2,y2,z2,xy)$, pojasni 93 % prostorske variabilnosti
 - ostanki interpolirani s splošnim krigingom (korelacija med izmerjenimi in modelsko izračunanimi vrednostmi je 0,98 pri vplivnem radiju 60 km)
 - Reprezentativnos vrednosti na karti: povprečje na 1 km^2



Opredelitev snežnih območij po EUROPUDU

SPREMINJAMO
GRADBENO
KULTURO



- območja (cone) enotnega porasta snežne obtežbe (s 50-letno povratno dobo) z višino po standardu EN 1991-1-3
- evropska klasifikacija regij (alpska regija, mediteranska regija)
- izračun indeksa cone (necelo število) za vsako postajo na podlagi enačb
- kartiranje z univerzalnim krigingom, razmejitev con Z (0,5/1,5/2,5/3,5)

$$s = k \left[1 + \left(\frac{A}{A_{reg}} \right)^2 \right]$$

s – karakteristič snežna obtežba (kN/m^2)

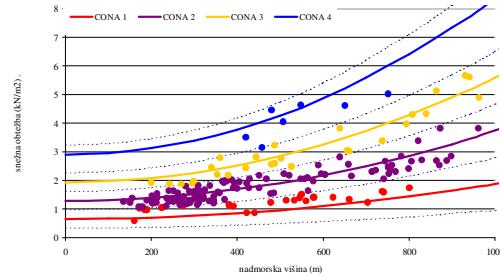
k – koeficient, odvisen od cone in regije

A – nadmorska višina (m)

A_{reg} – parameter, odvisen od regije

$$k(\text{alpska reg.}) = \left(0,33 + (Z - 0,5) \frac{3,54 - 0,33}{5} \right)$$

$$k(\text{mediter. reg.}) = \left(0,04 + (Z - 0,5) \frac{2,53 - 0,04}{5} \right)$$



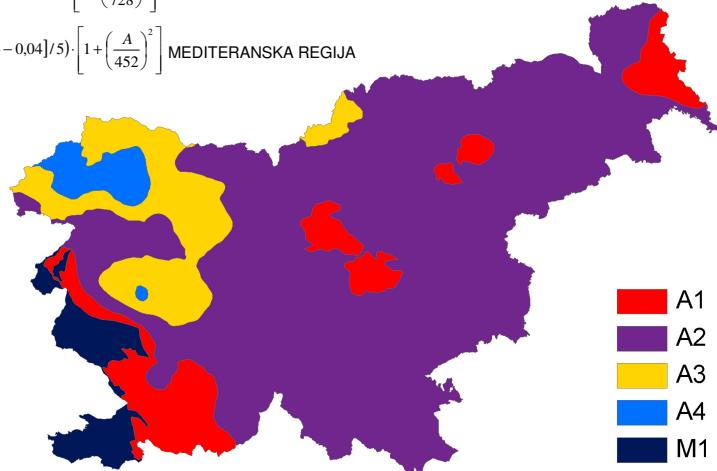
Končni rezultat: 4 alpske in 1 mediteranska cona

SPREMINJAMO
GRADBENO
KULTURO



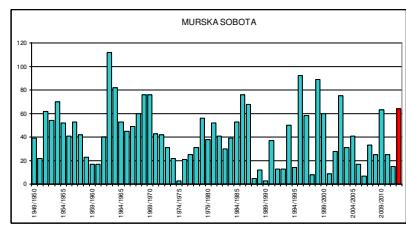
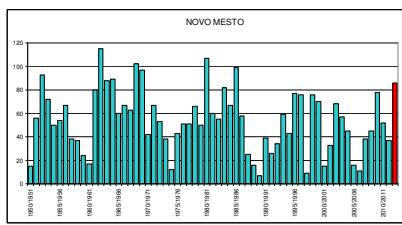
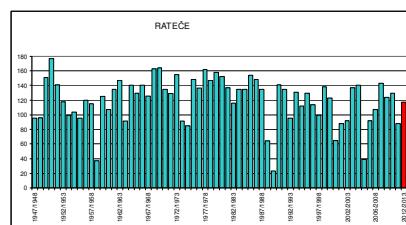
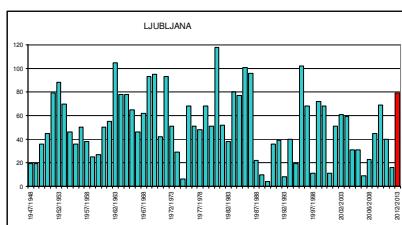
$$s = (0,33 + (Z - 0,5) * [3,54 - 0,33]/5) \cdot \left[1 + \left(\frac{A}{728} \right)^2 \right] \text{ ALPSKA REGIJA}$$

$$s = (0,04 + (Z - 0,5) * [2,53 - 0,04]/5) \cdot \left[1 + \left(\frac{A}{452} \right)^2 \right] \text{ MEDITERANSKA REGIJA}$$



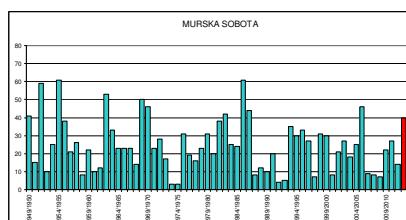
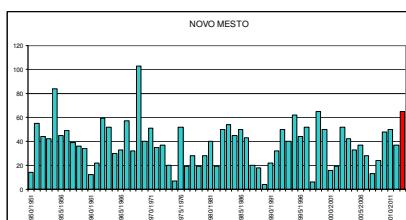
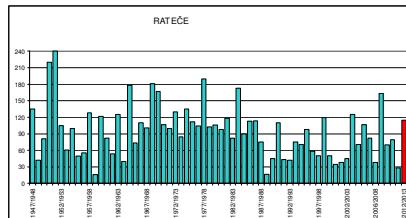
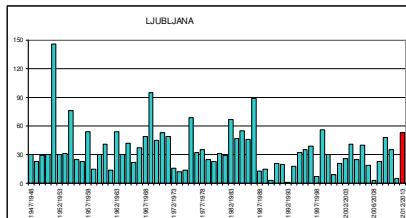
Trajanje snežne odeje

SPREMINJAMO
GRADBENO
KULTURO



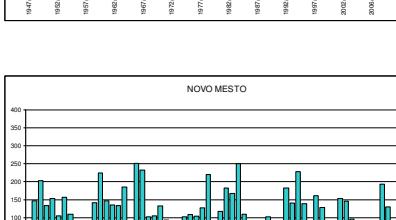
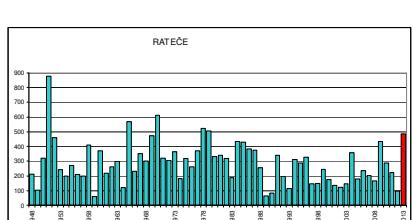
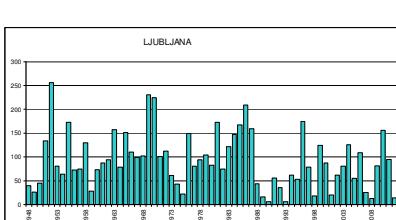
Maksimalna višina snežne odeje v sezoni

SPREMINJAMO
GRADBENO
KULTURO



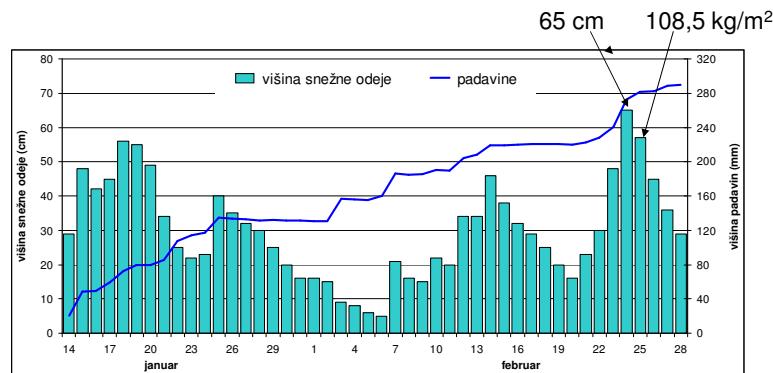
Vsota novozapadlega snega v sezoni

SPREMINJAMO
GRADBENO
KULTURO



Najslabši scenarij snežne obtežbe v sezoni 2012/2013

SPREMINJAMO
GRADBENO
KULTURO
I Z S
INSTITUT ZA SLOVENIJO



Sezona 2012/2013

Skupna višina
snežne odeje

65 cm (12 let)

Rekord postaje

103 cm (1968/69)

Povratna doba 50 let

89 cm

Vse padavine v
snežni odeji

Snežna obtežba

108,5 kg/m² (18 let)

147,0 kg/m²

136,0 kg/m²

290,0 kg/m²

Zahteve standarda za vetrne obtežbe

SPREMINJAMO
GRADBENO
KULTURO
I Z S
INSTITUT ZA SLOVENIJO

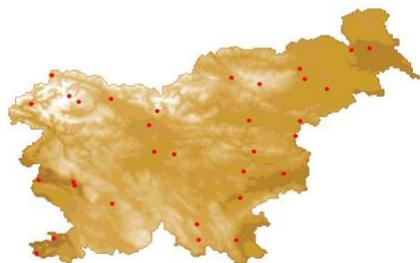
- vetrne obtežbe s povratno dobo 50 let za celotno območje Slovenije
- območja (cone) enotnega porasta vetrne obtežbe s 50-letno povratno dobo)

Projektna hitrost (angl. the fundamental value of the basic wind velocity $v_{b,0}$): 10-minutna povprečna hitrost vetra s povratno dobo 50 let na višini 10 m nad površino nad ravnim odprtим terenom z nizkim rastjem, dovolj daleč od vetrnih ovir, neodvisna od smeri in letne dobe.

Meritve hitrosti vetra

SPREMINJAMO
GRADBENO
KULTURO IZS
IZS INSTITUT ZA ŠTUDIJ, ZANJOVANJE IN SISTEMATIČNO RAZVILJAVANJE

- Merilno mesto: odprta lega, travnata, gladka podlaga
- Meritve do leta 1990: klimatološki termini (7, 14, 21. uri)
- Opazovanje učinkov vetra (Boufortova skala)
- Zvezno merjenje hitrosti in smeri vetra (1990)
- Naraščanje hitrosti vetra z višino



Hitrost vetra: značilnosti v Sloveniji

SPREMINJAMO
GRADBENO
KULTURO IZS
IZS INSTITUT ZA ŠTUDIJ, ZANJOVANJE IN SISTEMATIČNO RAZVILJAVANJE



Ekstremi:

- burja
- Karavanški fen
- neurja



Ekstremni sunki vetra:

- Kredarica 178 km/h
- Bovec 178 km/h
- Ajdovščina 170 km/h
- Podčetrtek 180 km/h

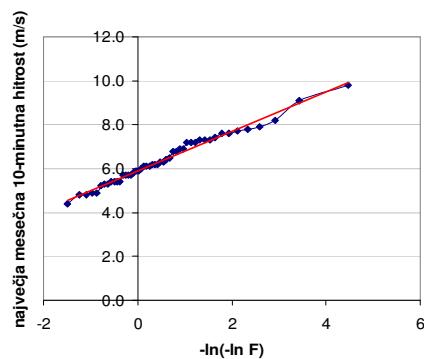
REPREZENTATIVNOST!

Projektna hitrost vetra

SPREMINJAMO
GRADBENO
KULTURO IZS
INSTITUT ZA STROKOVNO SLOVAKOVO

- Izbor meritev (kontrola podatkov)
- Popravki meritev zaradi vplivov okolice in višine meritev
- Analiza ekstremnih vrednosti
- Ocena napake: 0,5 – 4,6 m/s
- Prostorska (subjektivna) analiza

Porazdelitev ekstremov:
Gumbelova ali Weibullova porazdelitev



Projektna hitrost vetra

SPREMINJAMO
GRADBENO
KULTURO IZS
INSTITUT ZA STROKOVNO SLOVAKOVO

Cona 1: projektna hitrost 20 m/s do nadmorske višine 800 m, 25 m/s za nadmorsko višino med 800 in 1600 m, 30 m/s za nadmorsko višino med 1600 in 2000 m ter nad 30 m/s (npr. 40 m/s) za nadmorsko višino nad 2000 m.

Cona 2: projektna hitrost 25 m/s. Zaobjema območje fena pod Kamniško-Savinjskimi Alpami in območje Trnovskega gozda ter Notranjske. Za nadmorske višine med 1600 m in 2000 m velja vrednost projektno hitrosti 30 m/s, nad 2000 m pa nad 30 m/s (npr. 40 m/s)

Cona 3: projektna hitrost 30 m/s. Zaobjema Primorje, Kras in del Vipavske doline.

