



I Z S
INŽENIRSKA ZBORNIKA SLOVENIJE

SPREMINJAMO
GRADBENO
KULTURO

Vplivi in rešitve upoštevanja spremenjenih obtežb zaradi podnebnih sprememb pri zagotavljanju mehanske odpornosti in stabilnost konstrukcij objektov

Dr. Peter Kante, univ. dipl. inž. grad.



REPUBLIKA SLOVENIJA
MINISTRSTVO ZA OKOLJE,
PODNEBJE IN ENERGIJO

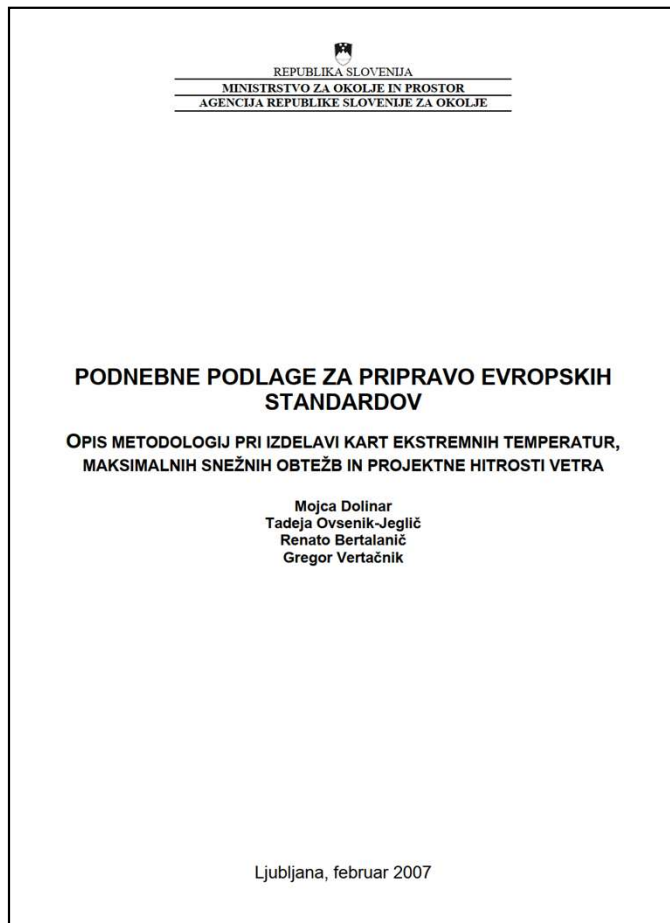


Vsebina predavanja

- Določanje obtežb zaradi vremenskih vplivov po trenutno veljavnih Evrokodih (sneg, veter, temperatura)
- Upoštevanje podnebnih sprememb pri določanju spremenjenih obtežb s pomočjo „***Elaboratov vplivov na okolje***“ za večje infrastrukturne projekte v Sloveniji
- **Nova generacija Evrokodov** z nacionalnimi dodatki
- Predlog **systemskega reševanja** upoštevanja spremenjenih obtežb zaradi podnebnih sprememb

Določanje obtežb po trenutno veljavnih Evrokodih

- Podnebne podlage ARSO iz leta 2007

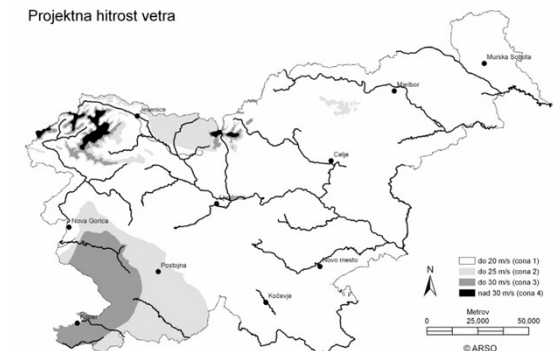


obstoječe karte vplivov

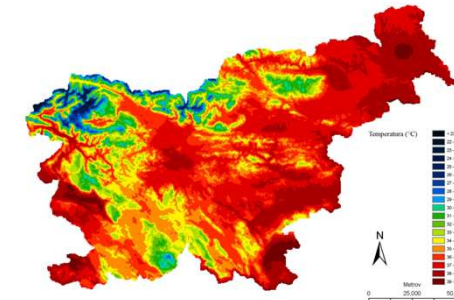
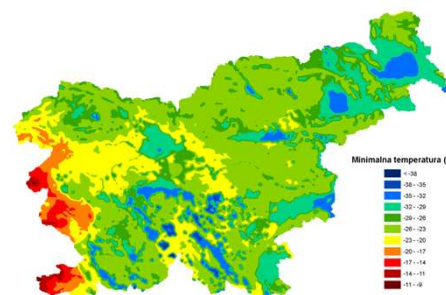
vpliv snega



vpliv vetra



vpliv sprememb temperature



Določanje obtežb po trenutno veljavnih Evrokodih

- **Sneg** s_k [kN/m²]: karakteristična obtežba snega na tleh na nadmorski višini 0 m s povratno dobo 50 let v odvisnosti od nadmorske višine in območja

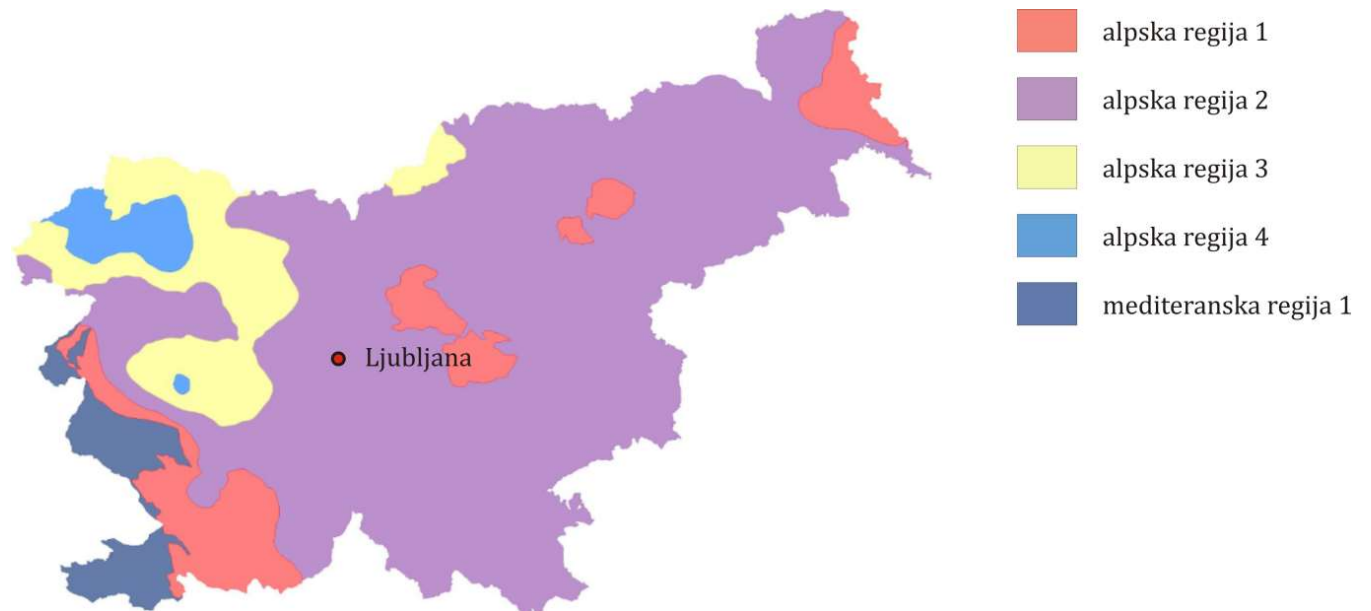
$$A1 \quad s_k = 0,651 \left[1 + \left(\frac{A}{728} \right)^2 \right]$$

$$A2 \quad s_k = 1,293 \left[1 + \left(\frac{A}{728} \right)^2 \right]$$

$$A3 \quad s_k = 1,935 \left[1 + \left(\frac{A}{728} \right)^2 \right]$$

$$A4 \quad s_k = 2,577 \left[1 + \left(\frac{A}{728} \right)^2 \right]$$

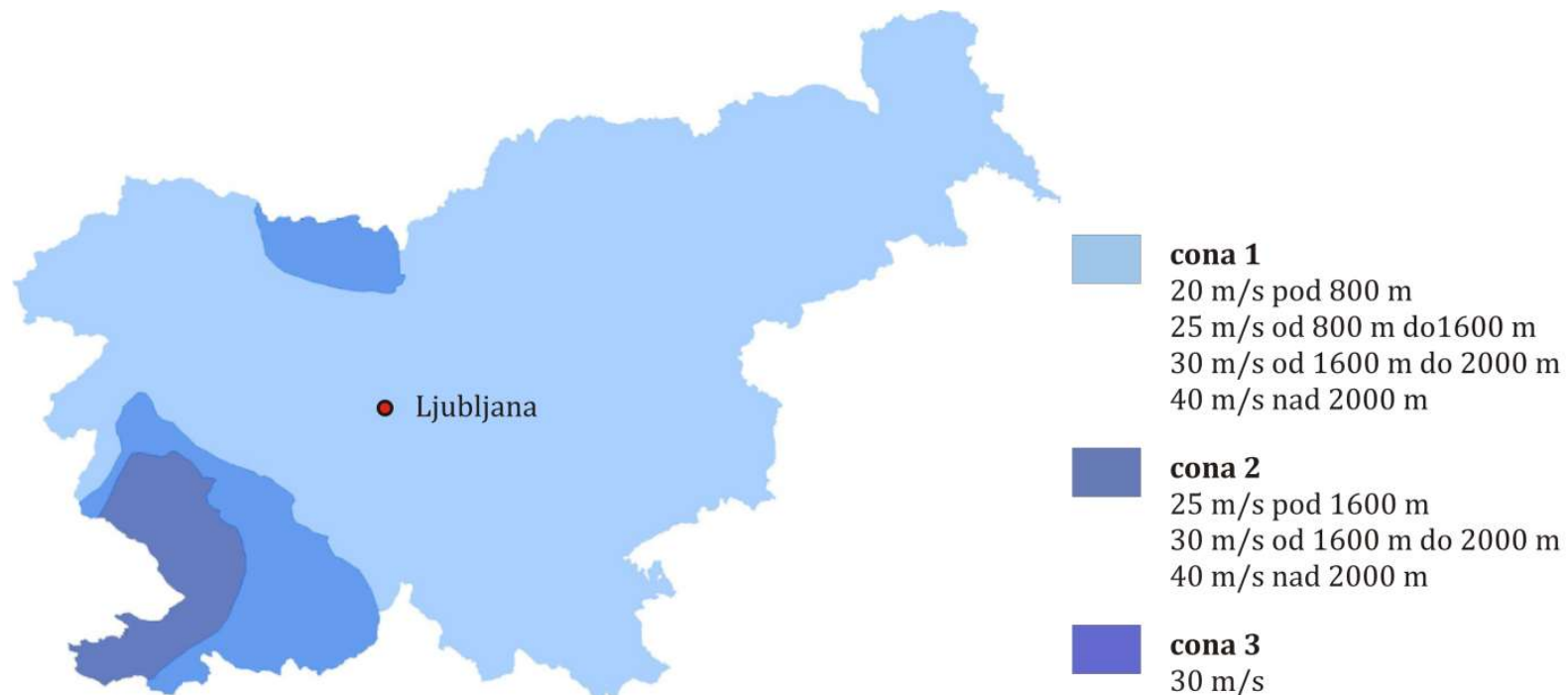
$$M1 \quad s_k = 0,289 \left[1 + \left(\frac{A}{452} \right)^2 \right]$$



Določanje obtežb po trenutno veljavnih Evrokodih

- Veter $v_{b,0}$ [m/s]: projektna hitrost vetra

10-minutna povprečna hitrost vetra s povratno dobo 50 let na višini 10m nad površino nad ravnim odprtim terenom z nizkim rastjem, dovolj daleč od vetrnih ovir, neodvisna od smeri in letne dobe.

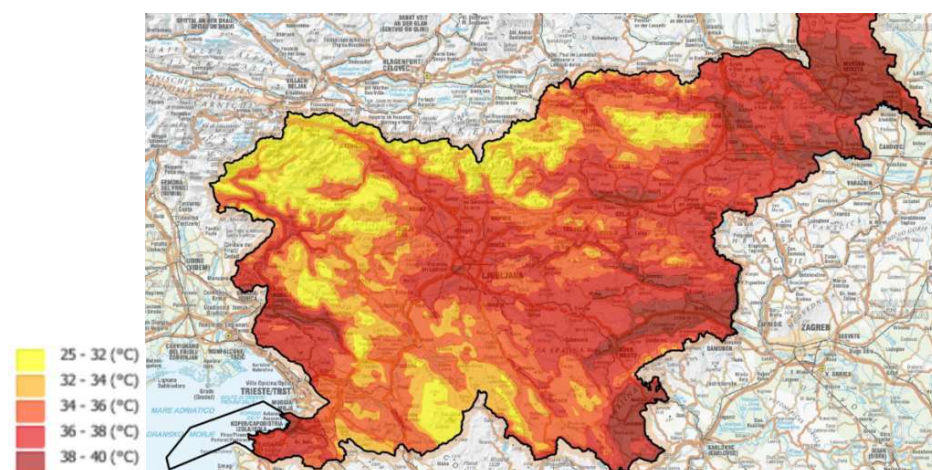
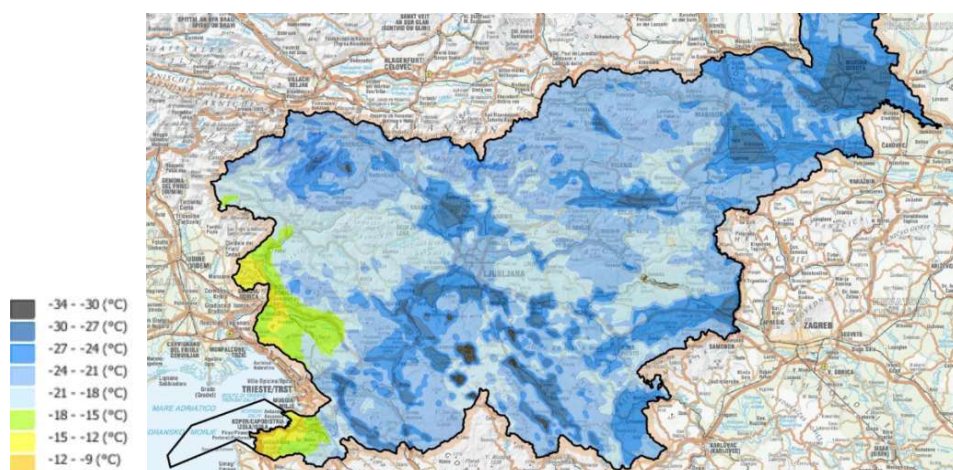


Določanje obtežb po trenutno veljavnih Evrokodih

- Sprememba temperature

Najvišja in najnižja temperatura:

»karti najvišje in najnižje dnevne temperature zraka« s povratno dobo 50 let, ki je podana v nacionalnem dodatku **SIST EN 1991-1-5: 2004/A101:2009**.

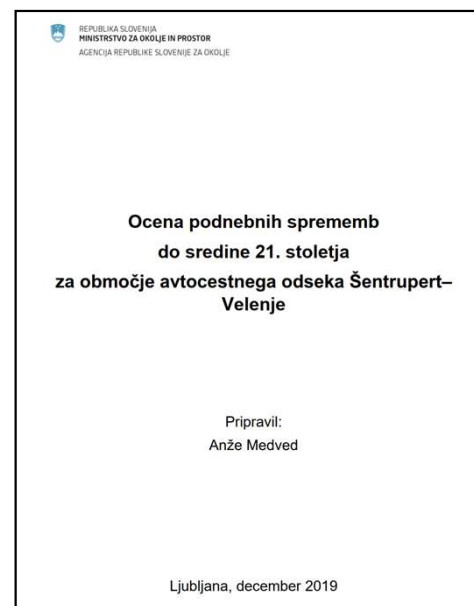
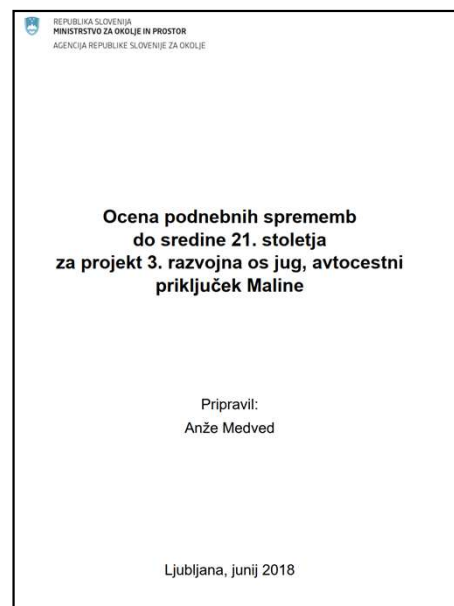


„Projektni pristop“ upoštevanja podnebnih sprememb

- Izdelava „***Elaboratov vplivov na okolje***“ v okviru posameznega projekta:
 - **Analiza povečanja** posameznih vplivov glede na scenarije podnebnih sprememb
 - **Navodila projektantom** glede povečanja posameznih parametrov vpliva, ki jih moramo upoštevati pri zagotavljanju mehanske odpornosti in stabilnosti konstrukcij objektov

„Projektni pristop“ upoštevanja podnebnih sprememb

- Poznamo primere „***Elaboratov vplivov na okolje***“ za različne infrastrukturne projekte na podlagi ocen ARSO, kot na primer za:
 - 3. razvojno os jug, AC priključek Maline (2018)
 - 3. razvojna os Velenje-Šentrupert (2019)
 - ...



„Projektni pristop“ upoštevanja podnebnih sprememb

- V običajni vsakodnevni praksi (*razen v primeru večjih infrastrukturnih projektov*) projektanti gradbenih konstrukcij nimamo ustreznih vhodnih podatkov oz. eksplicitnih navodil, kakšno povečanje **pri obtežbah zaradi vremenskih pojavov** naj upoštevamo zaradi podnebnih sprememb.
- Trenutno projektiramo po veljavni zakonodaji / standardih z obstoječimi kartami s parametri, ki so bili določeni na podlagi statistike do leta 2007.

Nova generacija Evrokodov z nacionalnimi dodatki

- Nova generacija Evrokodov je v zaključni fazi sprejemanja na evropski ravni (**do marca 2026** bodo na voljo končni teksti).
- **Do septembra 2026** bo potrebno izdelati nacionalne dodatke z določitvijo nacionalnih parametrov.
- Najkasneje **do marca 2027** pa bo potrebno sprejeti in izdelati slovenske prevode novih standardov na podlagi nove generacije Evrokodov (od SIST EN 1990 do SIST EN 1999).

Nova generacija Evrokodov z nacionalnimi dodatki

- **VPLIV SNEGA**

s_k [kN/m²]: **karakteristična obtežba snega** na tleh na nadmorski višini 0 m s povratno dobo 50 let v odvisnosti od nadmorske višine in območja

characteristic value of snow load on the ground

s_k
snow load on the ground at the relevant site, based on an annual probability of exceedance of 0,02, excluding exceptional snow loads

Nova generacija Evrokodov z nacionalnimi dodatki

• VPLIV SNEGA

Upoštevanje podnebnih sprememb za vpliv snega po novem osnutku predstandara prEN 1991-1-3 dodatek A (Annex A)

A.5 Climate change effect

(1) When developing ground snow load maps, an account of possible positive or negative trends in confined ensembles of annual extremes or peaks over a specific threshold should be taken. The evaluation of possible climate change effects should consider this randomness. Climate change scenarios may be used to obtain information on the basic shape of trends which should be considered in the analysis.

(2) Climate change effects may be considered in the elaboration of ground snow load maps by means of change factor maps which are derived from the analysis of future climate projections. Factors of change at the time window t are derived comparing characteristic values obtained from the ensemble of climate projections at the investigated time window t and those at the time window corresponding to the observation period ($t = 1$) as

$$FC(t) = \frac{s_{k,CM}(t)}{s_{k,CM}(t=1)} \quad (A.1)$$

Factors of change in the future time windows may be used to evaluate trends for ground snow load maps derived from historical measurements:

$$s_k(t) = FC(t) \cdot s_k \quad (A.2)$$

Maximum values in the investigated time windows may be used to update ground snow load maps considering potential climate change effects:

$$s'_k(t) = \max_{1 \leq t \leq \bar{t}} s_k(t) \quad (A.3)$$

NOTE Uncertainties related to climate change projections can also affect the calibration of the value of partial factor γ_Q ; see prEN 1990:2022, Annex C.

(3) Snow maps should be regularly updated preferably every 20 years.

Nova generacija Evrokodov z nacionalnimi dodatki

- **VPLIV SPREMEMBE TEMPERATURE**

$T_{\max}$ / $T_{\min}$: karakteristična maks. in min. temperatura v senci za posamezno lokacijo s povratno dobo 50 let

maximum shade air temperature

$T_{\max}$

value of maximum shade air temperature with an annual probability of exceedance of 0,02 (equivalent to a mean return period of 50 years), based on the maximum hourly values recorded

minimum shade air temperature

$T_{\min}$

value of minimum shade air temperature with an annual probability of exceedance of 0,02 (equivalent to a mean return period of 50 years), based on the minimum hourly values recorded

8.1.3.2 Shade air temperature

(1) Characteristic values of minimum and maximum shade air temperatures for the site location shall be obtained.

NOTE Information on minimum and maximum shade air temperatures (e.g. maps of isotherms or tabulated values) can be found in the National Annex.

Nova generacija Evrokodov z nacionalnimi dodatki

• VPLIV VETRA

$v_{b,0}$: projektna hitrost vetra; 10-minutna povprečna hitrost vetra s povratno dobo 50 let na višini 10m nad površino nad ravnim odprtim terenom z nizkim rastjem, dovolj daleč od vetrnih ovir, neodvisna od smeri in letne dobe.

6.2 Basic values

(1) The basic wind velocity should be calculated from the fundamental value of the basic wind velocity $v_{b,0}$, defined as the characteristic 10-minute mean wind velocity with an annual probability of being exceeded of 0,02, irrespective of wind direction and time of year, at a height of 10 m above ground level in flat open country terrain with large windward fetch of low vegetation such as grass and isolated obstacles with separations of at least 20 obstacle heights.

NOTE The fundamental value of the basic wind velocity can be set in the National Annex.

(2)P The basic wind velocity, v_b , should be calculated from Formula (6.1).

$$v_b = c_{\text{prob}} \cdot c_{\text{dir}} \cdot c_{\text{season}} \cdot c_{\text{alt}} \cdot v_{b,0} \quad (6.1)$$

where

$v_{b,0}$ is the fundamental value of the basic wind velocity;

c_{alt} is the altitude factor;

c_{dir} is the directional factor;

c_{season} is the seasonal factor;

c_{prob} is the probability factor

Nova generacija Evrokodov z nacionalnimi dodatki

• VPLIV ŽLEDU

$i_{b,0}$: **karakteristična vrednost osnovne obtežbe žleda** na podlagi debeline ledenega ovoja ali mase žledu na višini 10m nad ravnim odprtim terenom s povratno dobo 50 let neodvisna od smeri vetra in orientacije objekta.

6.1 Basic values

(1) The basic ice load i_b is the basis for specification of the ice load on a structure and shall be determined from the fundamental basic ice load (defining the icing climate).

(2) The fundamental values of the basic ice loads $i_{b,0}$ should be defined.

NOTE The fundamental values of the basic ice loads $i_{b,0}$ to be used in a country can be found in the National Annex.

(3) The fundamental values of the basic ice loads $i_{b,0}$ should be specified as a glaze (G) thickness or as a rime (R) mass.

NOTE 1 The choice between glaze thickness and rime mass is given in the National Annex.

NOTE 2 The typical properties of the different icing types are indicated in Table C.1.

Nova generacija Evrokodov z nacionalnimi dodatki

• VPLIV ŽLEDU

(4) The fundamental values of the basic ice loads $i_{b,0}$ should be provided either as characteristic values (i.e. characteristic glaze ice thickness or characteristic values of rime ice mass) directly or classified using the definition of icing classes.

NOTE The choice of providing the fundamental basic ice loads either as characteristic values or as icing classes is given in the National Annex.

(5) The basic ice load i_b shall be calculated from Formula (6.1).

$$i_b = c_{dir} \cdot c_{object} \cdot c_{orient} \cdot c_{season} \cdot c_h \cdot i_{b,0} \quad (6.1)$$

where

c_{dir} is the directional factor, see NOTE 1;

c_{object} is the object factor (e.g. fixed or rotating objects), see NOTE 2;

c_{orient} is the orientation factor (e.g. vertical or horizontal), see NOTE 3;

c_{season} is the seasonal factor, see NOTE 4;

c_h is the height factor ($c_h = c_h^R$ for rime mass and $c_h = c_h^G$ for glaze thickness), see 6.5;

$i_{b,0}$ is the fundamental value of the basic ice load, see 6.1 to 6.4.

„Sistemske pristop“ upoštevavanja podnebnih sprememb

- **Nove karte** (v okviru novih Evrokodov) s parametri zunanjih vplivov za
 - **sneg**
 - **veter**
 - **sprememba temperature**
 - **žled**
- **Dodatna sistemska navodila** o povečanju posameznih parametrov vpliva glede na zahtevnost in pomembnost posameznih tipov objektov (za stavbe in infrastrukturne objekte), bi se lahko „vgradila“ v nove Nacionalne dodatke Evrokodov ali sprejela ločeno.

„Sistemiški pristop“ upoštevanja podnebnih sprememb

- PI s področja gradbeništva pri svojem vsakodnevnem projektantskem delu potrebujemo tudi ustrezne vremenske podatke (karte ali tabele) o:
 - padavinskih vodah (nalivi)
 - nivoju podzemne vode
 - globini prodiranja mraza v temeljna tla
 - temperaturi tal po globini
 - jakosti sončnega obsevanja

Zaključki s predlogi rešitev

- Ustrezna ministrstva s svojimi službami morajo **urgentno** pristopiti:
 - k izdelavi **novih podlog z aktualnimi podnebnimi podatki** vključno z navodili glede upoštevanja podnebnih sprememb za vse objekte,
 - k pripravi **Nacionalnih dodatkov novih Evrokodov**,
 - k pripravi **slovenskih prevodov novih Evrokodov**.

Zaključki s predlogi rešitev

- **Nove karte z nacionalnimi parametri zunanjih vplivov** in definicijo spreminjanja posameznih parametrov zaradi podnebnih sprememb glede na pomembnost in življenjsko dobo posameznega objekta bodo sistemsko reševali problematiko za vse objekte (stavbe in inženirski objekti).
- Nova karte se bodo morale tudi v bodoče zaradi podnebnih sprememb v bodoče spreminjati na 20 let (zahteva Evrokoda).
- **Za prehodno obdobje** do izdelave novih kart ter izdelave nacionalnih dodatkov za nove Evrokode predlagamo, da ustrezne državne službe določijo in sprejmejo enostavna navodila s faktorji povečanja obtežb, ki jih bomo projektanti pri vsakodnevnem delu lahko upoštevali v statičnih izračunih.



I Z S
INŽENIRSKA ZBORNIKA SLOVENIJE

SPREMINJAMO
GRADBENO
KULTURO

Najlepša hvala!



REPUBLIKA SLOVENIJA
MINISTRSTVO ZA OKOLJE,
PODNEBJE IN ENERGIJO

