

UDK-UDC 05:625;  
YU ISSN 0017-2774

LJUBLJANA,  
JULIJ-AVGUST  
1991

LETNIK XXXX,  
STR. 161-208

# GRADBENI VESTNIK 7-8



Nosilci viadukta 6-5 Hrušica-Vrba

Glavni in odgovorni urednik:

Franc ČAČOVIČ

Lektor:

Alenka RAIČ

Tehnični urednik:

Dane TUDJINA

Uredniški odbor:

Sergej BUBNOV, Vladimir ČADEŽ,  
Vojteh VLODYGA, Stane PAVLIN,  
Gorazd HUMAR, Ivan JECELJ,  
Branka ZATLER-ZUPANČIČ,  
Andrej KOMEL,  
Jože ŠČAVNIČAR, dr. Miran SAJE

Revija izdaja Zveza društev gradbenih inženirjev in tehnikov Slovenije, Ljubljana, Erjavčeva 15, telefon: 221-587. Žiro račun pri SDK Ljubljana 50101-678-47602. Tiska Tiskarna Tone Tomšič v Ljubljani. Revija izhaja mesečno. Celotna naročnina, skupaj s članarino za člane društev znaša 250,00 SLT. Za študente in upokoјence velja polovična cena. Naročnina za gospodarske naročnike znaša 1500,00 SLT, za inozemske naročnike 100 US\$. Revija izhaja ob finančni pomoči RK za raziskovalno dejavnost in tehnologijo, Republiške vodne uprave, Zavoda za raziskavo materiala in konstrukcij Ljubljana, Fakultete za arhitekturo, gradbeništvo in geodezijo Univerze v Ljubljani in Centralne tehniške knjižnice Ljubljana.

## ERRATA – OPRAVIČILO

Pri tisku revije Gradbeni vestnik, št. 3-4-5-6/91, ki jo izdaja Zveza društev gradbenih inženirjev in tehnikov Slovenije je prišlo pri tisku do neljubih napak. Namesto objavljenega je:

- pravilni naslov Poročila FAGG št. 20: »POTRESNOVARNO PROJEKTIRANJE MOSTOV«
- pravilni naslov Informacije ZRMK št. 298: »PARAMETRI, KI VPLIVAJO NA NOTRANJOST FASADNIH SISTEMOV«
- ime jubilanta Branko, pravilno torej Prof. dr. Branko Žnideršič – osemdesetletnik

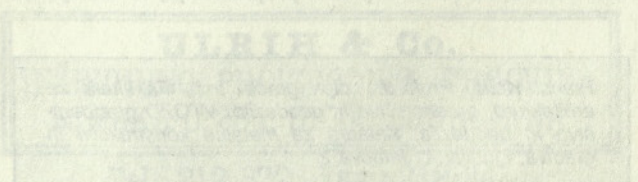
Za napake se v imenu kolektiva tiskarne Tone Tomšič najiskrenejše opravičujemo uredniškemu odboru, tehničnemu uredniku, glavnemu in odgovornemu uredniku gospodu Francu Čačoviču, predvsem pa prizadetim avtorjem ter jubilantu prof. dr. Branku Žnideršiču in cenjenim bralcem Gradbenega vestnika.

# GRADBENI VESTNIK

GLASILO ZVEZE DRUŠTEV GRADBENIH INŽENIRJEV IN TEHNIKOV SLOVENIJE  
ŠT. 7-8 • LETNIK 40 • 1991 • YU ISSN 0017-2774

## VSEBINA- CONTENTS

Članki, študije, razprave Articles studies, proceedings	Franci Kržič: ZA BOLJŠE RAZUMEVANJE NOVIH JUGOSLOVANSKIH STANDARDOV ZA OBTEŽBO Z VETROM ..... 162 FOR BETTER UNDERSTANDING OF THE NEW YUGOSLAV STANDARDS OF WIND LOADING	162
	Vera Apih: RAZVOJ POSTOPKA ZA OSUŠEVANJE VLAŽNIH ZIDOV ZGRADB V BENETKAH ..... 175 DEVELOPMENT OF PROCEDURE FOR DRYING UP DAMP WALLS OF BUILDINGS OF VENICE	175
	Ludvik Trauner, Bojan Žlender: PROCESNO VODENA EDOMETRSKA PREISKAVA ..... 180 PROCESING GUIDE OEDOMETER TEST	180
	Marijan Ivanc: RAZDALJE MED STANOVANJSKIMI CONAMI IN PROIZVODNIMI OBRATI V ZAZIDALNIH NAČRTIH ..... 185 THE DISTANCES BETWEEN RESIDENTIAL ZONES AND PRODUCTION PLANTS	185
Jubilej	Svetko Lapajne: INŽ. VLADIMIR ČADEŽ – OSEMDESETLETNIK ..... 189	189
Informacije Univerze v Ljubljani – Centralne tehniške knjižnice	Mira Vovk Avšič: PODATKOVNE ZBIRKE S PODROČJA GRADITELJSTVA, DOSTOPNE NA DOMAČEM HOST SISTEMU RCU-LJUB- LJANA ..... 190	190
Poročila Fakultete za arhitekturo, gradbeništvo in geodezijo Proceedings of the Department of Civil Engineering University E. Kardelj, Ljubljana	Silvan Vidmar, Gregor Pušlar, Martin Vrabec: VPLIV NIVOJA V AKUMULACIJI NA STABILNOST VODNE BREŽINE NASUTIH PREGRAD ..... 197 THE INFLUENCE OF THE LEVEL LIQUID WASTE MATERIALS ON THE STABILITY OF THE UPSTREAM SLOPES OF THE EARTH DAMS	197
Informacije Zavoda za raziskavo materiala in konstrukcij Ljubljana Proceedings of the Institute for materials and structure research Ljubljana	Jelka Lebar: KONVEKCIJSKE TOPLLOTNE IZGUBE STANOVANJSKIH ZGRADB ..... 203 VENTILATION THERMAL LOSSES OF RESIDENTIAL BUILDINGS	203



# ZA BOLJŠE RAZUMEVANJE NOVIH JUGOSLOVANSKIH STANDARDOV ZA OBTEŽBO Z VETROM

UDK: 624.042:006.86 (497.1) JUS

FRANCI KRŽIČ

## POVZETEK

Novi jugoslovanski standardi za obtežbe z vetrom na gradbene konstrukcije, ki naj bi izšli v kratkem, temeljijo na povsem drugačnih osnovah kot obstoječi pravilniki. Temelj novih standardov predstavljajo statistična analiza hitrosti in obremenitev z vetrom, upoštevajoč lokalne pogoje in dinamične lastnosti obravnavane konstrukcije. Pri tem se srečujemo z vrsto novih pojmov in definicij, ki so povprečnemu gradbenemu inženirju pretežno neznani. Pričujoči članek skuša le-te pojasniti, istočasno pa komentirati vso tisto vsebino, ki je ključna za pravilno in uspešno uporabo standardov v praksi.

FOR BETTER UNDERSTANDING OF THE NEW YUGOSLAV STANDARDS OF WIND LOADING

## SUMMARY

New Yugoslav standards for wind loading on building structures to be issued in short are based on completely different foundations than the existing ones. The basis of new standards involves the statistic analysis of speed and loading by wind, taking into account the local conditions and dynamic properties of a given structure. There appear a set of new conceptions and definitions that are rather unknown to an average structure engineer. This paper tries to explain them and, at the same time, makes a comment on the content which is essential for correct and successful use of standards in practice.

## 1. UVOD

Leta 1987 je pri Evropski konvenciji za jeklene konstrukcije (ECCS) izšla druga izdaja priporočil za računanje učinkov vetra na konstrukcije (Recommendations for Calculating the Effects of Wind on Constructions). Priporočila so bila izdelana iz naslednjih razlogov:

- potrebe po harmonizaciji obstoječih nacionalnih predpisov in eventualni pripravi podlage za sestavo skupnega evropskega pravilnika;
- potrebe po enostavnejših računskih metodah za večino primerov relativno togih zgradb in konstrukcij;
- potrebe po zagotovitvi varnih računskih metod pri vedno pogostejšem projektiranju vitkih in prožnih konstrukcij, ki so posebno občutljive za menjajoče vplive vetra in ki vsekakor potrebujejo primerno dinamično analizo;
- potrebe po primerni skladnosti med določanjem računске vetrne obtežbe in pravili projektiranja, ki slonijo na

metodi obtežnih koeficientov po probabilističnem konceptu;

- želje, da bi se z izsledki najnovejših teoretičnih in eksperimentalnih raziskav s tega področja seznanilo čim večje število uporabnikov;
- želje po dokončni odpravi sedanjih problemov in učinkov predimenzioniranja, ki se ob upoštevanju vetrne obtežbe splošno pojavljajo pri projektiranju lahkih jeklenih konstrukcij in okvirov.

S temi priporočili so dane popolnoma nove osnove za izračunavanje obtežb vetra na različne vrste gradbenih konstrukcij. Dosedanje določevanje obtežb z vetrom je predpostavljalo upogibno in torzijsko toge elemente in konstrukcije, pri katerih je bila velikost obtežbe z vetrom prek enačbe:

$$w = q \cdot C \cdot A$$

odvisna le od osnovne obtežbe z vetrom  $q$ , koeficienta oblike  $C$  in površine  $A$ . Pri tem v osnovni obtežbi  $q$  niso zajeti specifični lokalni pogoji glede hitrosti vetra in terena, na katerem stoji obravnavani objekt.

Po priporočilih ECCS in iz njih izvedenih novih nacionalnih predpisih (tudi novih jugoslovanskih), pa je odvisna obtežba z vetrom na konstrukcijo od:

Franci Kržič, Prof. dr., dipl. gradb. inž., Fakulteta za arhitekturo, gradbeništvo in geodezijo, VTOZD gradbeništvo in geodezija, Katedra za metalne konstrukcije in gradiva, Ljubljana, Jamova 2

- fizikalnih lastnosti zraka: gostote, ki se spreminja z nadmorsko višino kraja in kinematične vizkoznosti;
- narave vetra: smeri in hitrosti, ki je funkcija osnovne hitrosti in turbulentnosti zraka;
- terena okoli objekta: topografije in hrapavosti terena kot funkcije konstante hrapavosti in višine;
- lastnosti konstrukcije: materiala (modula elastičnosti materiala in koeficienta dušenja nihanja), togosti konstrukcije (frekvence nihanja) in oblike konstrukcije (koeficienta sile odnosno oblike, Reynoldsovega in Strouhalovega števila), kar vse je zajeto v splošni enačbi za obtežbo z vetrom, ki se glasi:

$$w = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot (V_{m,50,10} \cdot K_t \cdot K_T)^2 \cdot 10^{-3} \cdot S_z^2 \cdot K_z^2 \cdot G_z \cdot C \cdot A$$

kjer pomeni:

$\rho$	... gostota zraka
$V_{m,50,10}$	... osnovna hitrost vetra
$K_t$	... faktor časovnega intervala povprečne osnovne hitrosti vetra
$K_T$	... faktor povratne periode osnovne hitrosti vetra
$S_z$	... faktor topografije terena
$K_z$	... faktor izpostavljenosti
$G_z$	... dinamični koeficient
$C$	... koeficient sile ali pritiska
$A$	... efektivna površina

V tej enačbi je zajeta tako statistična obdelava dolgoletnih merjenj hitrosti vetra kot tudi dinamična analiza konstrukcije, ki je pri določeni vitkosti lahko izpostavljena vplivu Von Karmanovih vrtincev, ki povzročajo prečna, torzijska ali kombinirana nihanja. Iz tega sledi, da morajo imeti uporabniki novih predpisov za obtežbe z vetrom v določeni meri tudi znanje iz omenjenih področij.

V priporočilih ECCS so zajete praktično vse vrste gradbenih konstrukcij visoke in nizke gradnje normalnih izmer in izvedb. Le za konstrukcije posebnih izmer (npr. vitki viseči mostovi ali mostovi s poševnimi vrvmi velikih razpetin) in oblik so potrebne specialne raziskave učinkov vetra, največkrat v vetrovnih tunelih. Obravnavani so tudi vplivi ponavljajoče se obtežbe vetra na utrujanje materiala konstrukcij, aeroelastična nestabilnost (divergenčna nestabilnost pri čisti torziji, flutterska nestabilnost pri čistem upogibu, čisti torziji in kombinaciji čiste torzije in prečnega upogiba), in vplivi nihanja na uporabnost konstrukcij oziroma udobnost.

Na temelju priporočil ECCS so bili v letu 1989 izdelani novi jugoslovanski standardi z naslovom: Osnove proračuna gradjevinjskih konstrukcija, Opterečenje vetrom, 1989. V štirih standardih je vsebina razdeljena takole:

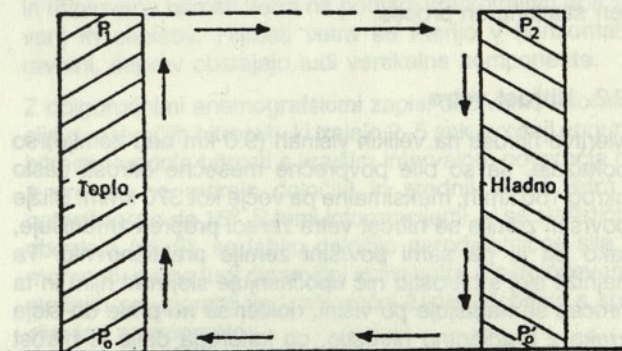
- JUS.U.C7.110... Osnovni principi i osrednjeni aerodinamički pritisak vetra
- JUS.U.C7.111... Dinamički koeficjent i aerodinamički pritisak vetra
- JUS.U.C7.112... Opterečenje vetrom zgrada
- JUS.U.C7.113... Opterečenje vetrom ostalih gradjevinjskih konstrukcija

Standardi so enotni za vse vrste materialov. Pričakujemo, da bodo navedeni standardi izšli v končni obliki v najkrajšem času. Ker se v priporočilih ECCS in novih JUS standardih za veter srečujemo z doslej malo znanimi pojmi in definicijami, bodo v naslednjem razloženi nekateri najpomembnejši in podan krajši komentar k najpomembnejšim odredbam standardov.

## 2. OSNOVNI POJMI O VETRU

### 2.1. Nastanek vetra

Veter je gibanje zraka, ki ga povzročijo toplotni tokovi v območju troposfere, tj. v prvih 16 km nad površino zemlje. V tropskih predelih se nad zemljo zadržuje topla, v polarnih pa hladen zrak. Ker je pritisk v stebrih hladnega zraka manjši od pritiska v stebrih s toplim zrakom, nastane v velikih višinah tok zraka iz področja višjega k področjem nižjega pritiska. Ker mora obstajati kontinuiteta mase zraka, pride do kroženja po sliki 1. Kroženje zraka poteka torej na manjših višinah v osnovi od polarnih k tropskim področjem. Seveda vplivajo na tok zračnih mas razni dodatni dejavniki, predvsem kroženje zemlje, ki povzroča gibanje v smeri zahod – vzhod. To privede do znatno bolj kompleksnega kroženja (sl. 2), pa se tako smer kot moč vetra od severnega pola prek ekvatorja do južnega pola večkrat menja.

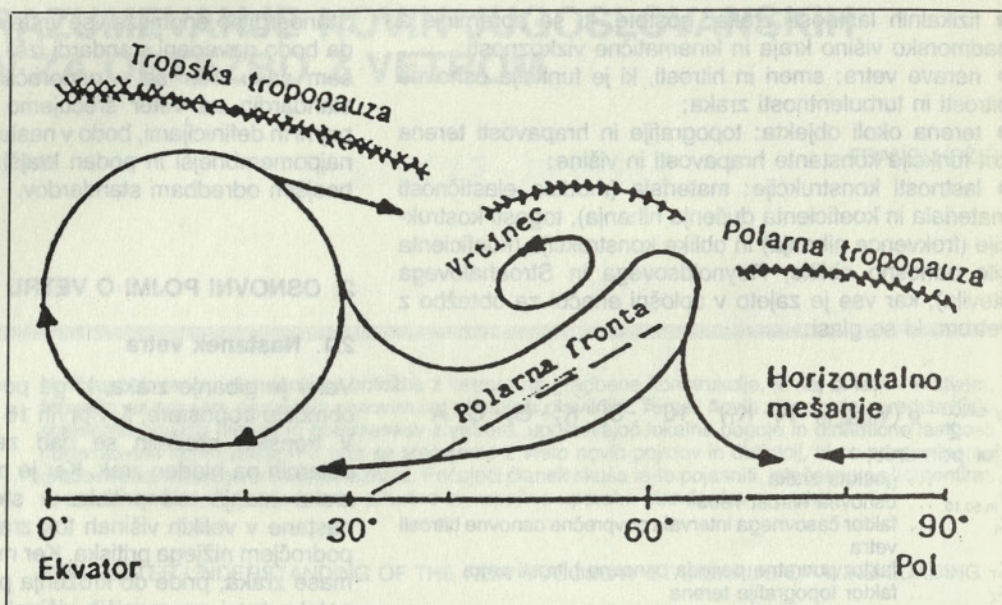


Slika 1. Idealizirano gibanje atmosfere

**ULRIH & Co.**  
INŽENIRING, PROIZVODNJA, TRGOVINA  
RIMSKA C. 25a, 61000 LJUBLJANA

Tel.: 212 872 Fax.: 212 841

Slika 2. Srednje kroženje zraka pozimi

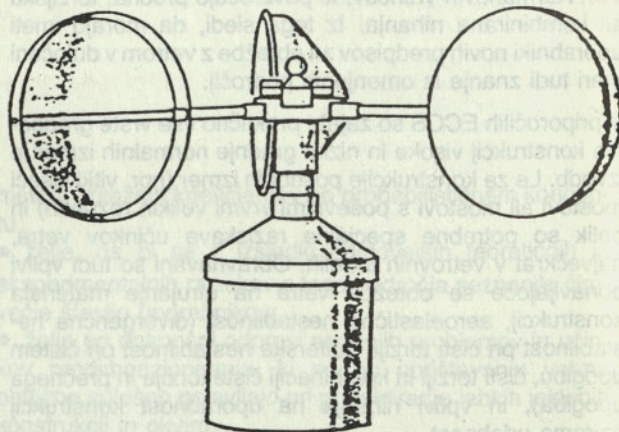


Na gibanje zračnih mas ima predvsem v bližini zemlje velik vpliv konfiguracija zemlje (visoke planine, morje, itd.). Ustrezno našim predpisom se šteje veter v meteorološkem smislu kot horizontalno ali približno horizontalno gibanje zraka, v smislu mehanike fluida kot zračno turbulentno strujanje, v smislu obtežbe kot dinamična obtežba slučajnega karakterja in v matematičnem smislu kot slučajen stacionaren proces.

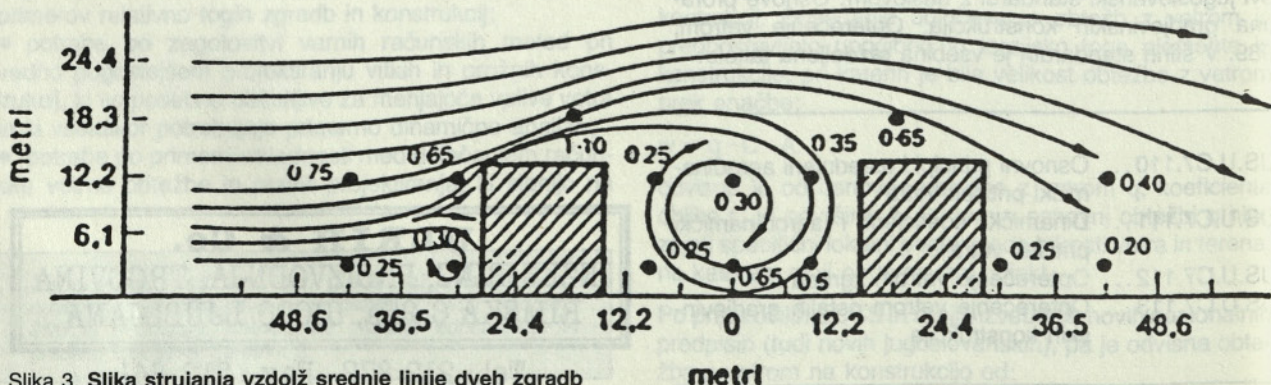
## 2.2. Hitrost vetra

Meritve hitrosti na velikih višinah (9.0 km nad zemljo) so pokazale, da so bile povprečne mesečne hitrosti često okrog 150 km/h, maksimalne pa večje kot 370 km/h. Bližje površini zemlje se hitrost vetra zaradi preprek zmanjšuje, tako da je na sami površini zemlje praktično nič. Ta najnižji sloj s hitrostjo nič upočasnjuje sloj nad njim in ta proces se nadaljuje po višini, dokler se ne pride do sloja zraka z gradientno hitrostjo, od katerega dalje je hitrost stalna. Kadar zračni tok naleti na ostro prepreko (drevo, zgradba, planina, itd.), se v toku formirajo vrtinci (sl. 3), ki se transportirajo na velike razdalje in ko se superponi-

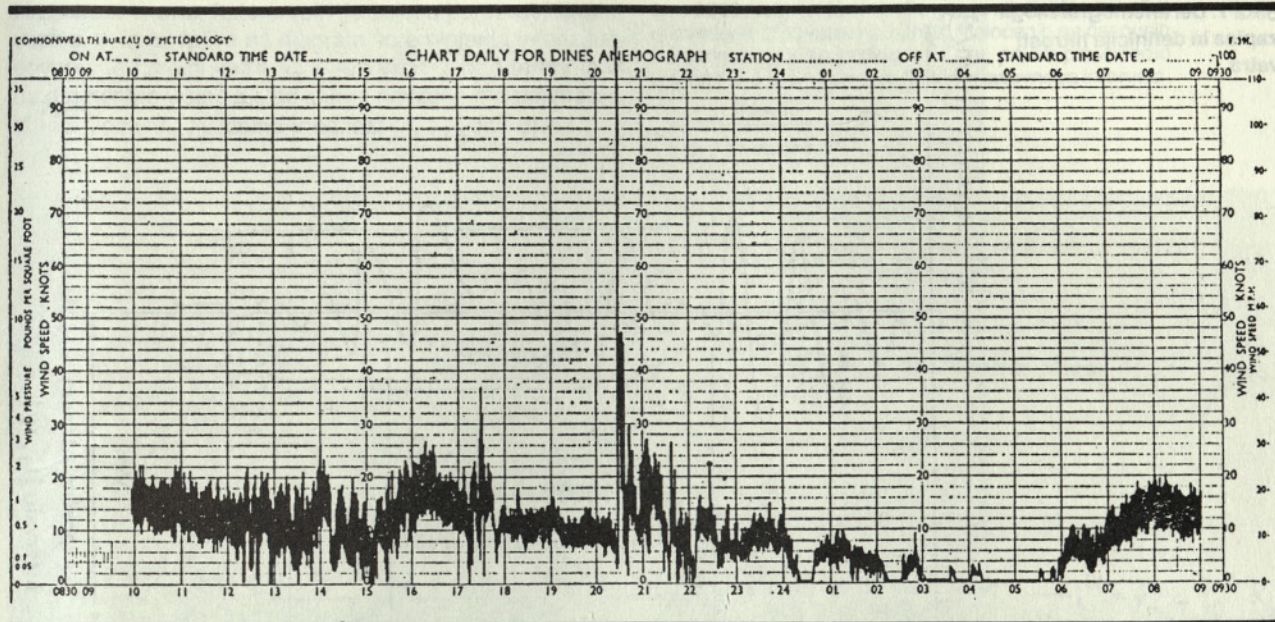
rajo z osrednjim tokom zraka, pride do spremenljivih, fluktuirajočih vetrov in hitrosti. Gibanje zraka postane turbulentno. Hitrosti vetra se merijo z napravami, imenovanimi anemometri, ki grafično beležijo spremembo hitrosti s časom (sl. 4).



slika 4. Tip anemometra s tremi polkrogliami



Slika 3. Slika strujanja vzdolž srednje linije dveh zgradb



Slika 5. Anemografski zapis hitrosti vetra

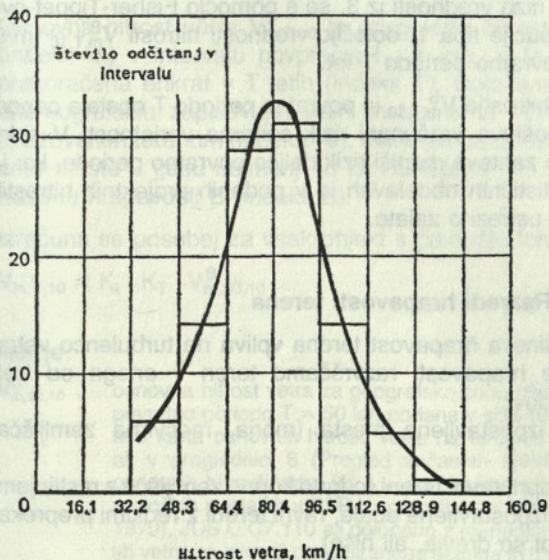
Za pripravo podatkov o vetru so primerni predvsem anemometri, ki dajejo kontinuirani anemografski zapis (sl. 5).

Ko doseže v svojem osciliranju hitrost vetra svoj maksimum, imenujemo to hitrost trenutni turbulentni udar, minimum pa turbulentno umirjanje. Kvantitativno so variacije vetra v kratkem časovnem obdobju (npr. 1 ure)

popolnoma slučajne okoli srednje hitrosti za tisti čas. Slučajna slika je ista za vse čase in vsa mesta merjenja pri istih pogojih. To dejstvo omogoča, da se v probabilističnem smislu lahko predvidijo bodoče maksimalne, srednje in minimalne hitrosti vetra na podlagi kratkotrajnih opazovanj in zapisov. Hitrosti vetra se merijo v horizontalni ravnini, čeprav obstajajo tudi vertikalne komponente.

Z dolgoročnimi anemografskimi zapisi dobivamo informacije o: največjih hitrostih, ki trajajo 2–5 sek, srednji enurni hitrosti (srednje hitrosti s krajšim intervalom povprečja od 1 ure se ne morejo določiti) in srednji smeri vetra z natančnostjo do 15°. S temi informacijami, ki se statistično obdelajo (sl. 6), se lahko določijo aerodinamične sile in momenti, ne pa tudi dinamični vplivi vetra. Za določevanje slednjih se uporabljajo kratkoročni zapisi, dobljeni s specialnimi anemometri.

Interval hitrosti vetra km/h	16,1–32,0	32,2–48,3	48,3–64,4	64,4–80,4	80,4–96,5	96,5–112,6	112,6–128,7	128,7–144,8	144,8–160,9
število odčitanj v intervalu	0	6	14	29	31	14	5	1	0

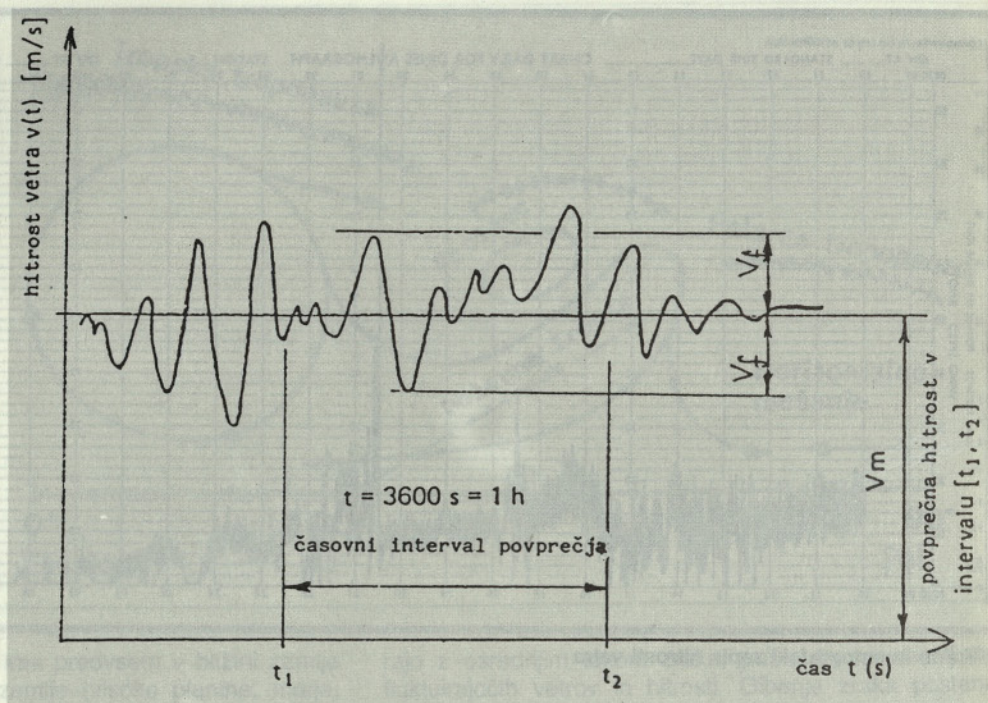


Slika 6. Tipična razdelitev verjetnosti hitrosti vetra

**ULRIH & Co.**  
 INŽENIRING, PROIZVODNJA, TRGOVINA  
 RIMSKA C. 25a, 61000 LJUBLJANA

Tel.: 212 872 Fax.: 212 841

Slika 7. Del anemografskega zapisa in definicija hitrosti vetra



### 2.3. Povprečna hitrost vetra

Če na kontinuirnem anemografskem zapisu, razdeljenem na enake intervale (sl. 5), določimo za vsak interval srednjo vrednost hitrosti, bo to povprečna vrednost hitrosti za ta interval  $V_m$  (srbohrvatsko: osrednjena brzina):

$$V_m = \frac{1}{t} \int_{t_1}^{t_2} V(t) \cdot dt$$

kjer je:

$t$  ... dolžina intervala med  $t_1$  in  $t_2$  (interval povprečja)

$V(t)$  ... hitrost vetra kot funkcija časa  $t$ ,

tako da je vrednost hitrosti v določenem trenutku

$$V = V_m + V_f$$

kjer je

$V_f$  ... fluktuirajoči del hitrosti vetra (sl. 7).

Po naših predpisih se vzame za interval povprečja  $t = 1$  ura = 3600 sek. Hitrost vetra v katerikoli točki v prostoru in v kateremkoli trenutku časa je podana s splošno formulo:

$$V(z,t) = V_m(z) + V_f(z,t) \quad [\text{m/s}]$$

kjer je:

$V_m(z)$  ... povprečna hitrost vetra v opazovani točki v prostoru na višini  $z$  nad terenom v intervalu povprečja  $t$  in z določeno verjetnostjo pojava – povratno periodo – enkrat v  $T$  letih

$V_f(z,t)$  ... fluktuirajoči del hitrosti vetra, določen s statističnimi analizami značilnih strujanj v atmosferi.

S povratno periodo  $T$  (v letih) je definiran časovni interval  $T$  let, v katerem bo povprečna hitrost vetra  $V_{m,T,z}$  dosežena enkrat. Največkrat jo izenačujemo s predvideno življenjsko dobo projektirane konstrukcije.

Povprečna hitrost vetra  $V_m$  je določena na naslednji način:

1. zberejo se zapisi najmanj 15-letnega snemanja;
2. z analizo ekstrema se določijo letni maksimumi povprečnih hitrosti vetra, določenih za intervale  $t = 1$  ura, za vsako leto snemanja;
3. kolikor je potrebno, se vrednosti iz 2. korigirajo in prevedejo na vrednosti, ki ustrezajo ravnemu terenu (razred hrapavosti B) in na referenčno višino  $z = 10 \text{ m}$ ;
4. iz niza vrednosti iz 3. se s pomočjo Fisher-Tippet-ove distribucije tipa 1, določijo vrednosti hitrosti  $V_{m,T,10}^B$  [m/s] za povratno periodo  $T$  let.

Med hitrostjo  $V_{m,T,10}^B$  in povratno periodo  $T$  obstaja odnos, ki upošteva vračunanani rizik oziroma verjetnost. V splošnem zahteva manjši rizik daljšo povratno periodo, kar je v statističnih obdelavah in v podanih projektnih hitrostih vetra ustrezno zajeto.

### 2.4. Razredi hrapavosti terena

Površinska hrapavost terena vpliva na turbulenco vetra. Glede hrapavosti razvrščamo teren v enega od treh razredov:

A – izpostavljena mesta (morja, močvirna zemljišča, puščave)

B – odprti ravni tereni (odprto kopno zemljišče z rastlinjem, manj izpostavljene obale, ravni tereni z redkimi preprekami, kot so drevje, ali hiše)

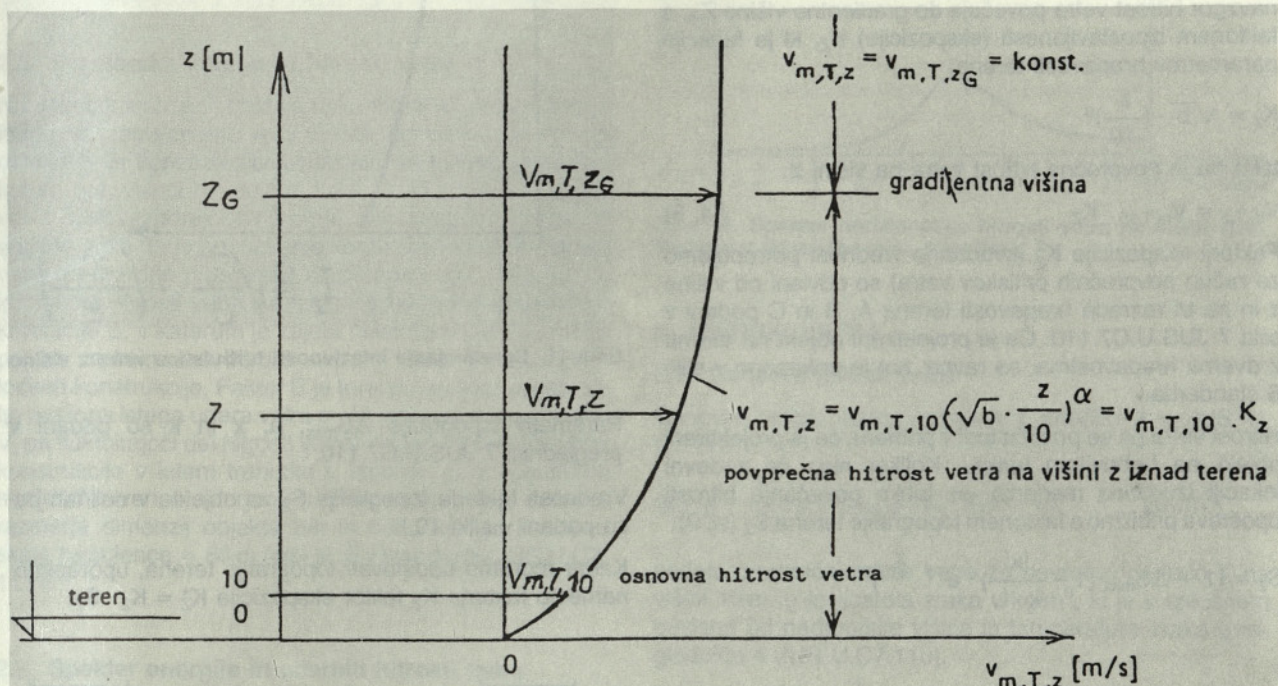
C – dobro pogozdeno kopno zemljišče, urbana področja, industrijske cone, mesta



Hrapavost terena, katere vpliv je zajet s parametri hrapavosti  $a$ ,  $b$ , in  $\alpha$ , vpliva na diagram spreminjanja intenzitete povprečne hitrosti vetra  $V_{m,T,z}$  po višini  $z$  nad terenom in na gradientno višino  $Z_G$ , od katere navzgor ima povprečna hitrost vetra  $V_{m,T,z}$  stalno vrednost  $V_{m,T,Z_G}$  (sl. 8).

= 3600 sek, je  $K_t = 1$ . Če pa je statistična analiza izvedena iz povprečnih hitrosti, določenih na časovnih intervalih  $t_a$ , ki so različni od 1 ure, potem prevedemo  $t_a$  na  $t = 1$  ura s pomočjo faktorja časovnega intervala

$$K_t = \frac{V_{m,t_a,10}}{V_{m,3600,10}}$$



Slika 8. Diagram spremembe intenzitete povprečne hitrosti vetra po višini  $z$  nad terenom

Vrednosti navedenih parametrov in gradientne višine so podane v preglednici 5 standarda JUS U.C7.110.

### 2.5. Osnovna hitrosti vetra

Osnovna hitrost vetra  $V_{m,T,10}^B$  je povprečna hitrost vetra (indeks  $m$ ) v intervalu povprečja  $t = 1$  ura, ki je lahko prekoračena enkrat v  $T$  letih (indeks  $T$ ). Določena je iz anemografskih zapisov pri višini instrumenta 10 m nad opazovanim terenom (indeks 10), merjenih na izpostavljenem mestu v času najmanj 15 let na terenu, ki ustreza razredu hrapavosti B (indeks B).

Izračuna se posebej za vsak objekt s pomočjo formule:

$$V_{m,T,10} = K_t \cdot K_T \cdot V_{m,50,10}^B \quad [m/s]$$

kjer je:

$V_{m,50,10}^B$  ... osnovna hitrost vetra za geografsko cono objekta za povratno periodo  $T = 50$  let, podana v sliki 10 (začetna karta osnovnih hitrosti vetra na teritoriju SFRJ) ali v preglednici 8 (Pregled začasnih in približnih osnovnih hitrosti vetra  $V_{m,50,10}^B$  po posameznih meteoroloških postajah v SFRJ, ugotovljene v letih 1951–1970), JUS.U.C7.110 ali določena z merjenjem hitrosti vetra na lokaciji projektiranega objekta in izvedeno statistično analizo,

$K_t$  ... faktor časovnega intervala povprečja. Če je  $t = 1$  ura

ki se za posamezne razrede hrapavosti terena (pri čemer mora biti  $3 \leq t_a \leq 3600$  sek) izražena iz formul 10 a do 10 c:

– obale ob velikih vodnih površinah, razred hrapavosti A:

$$K_t^A = 1,4665 \cdot t_a^{-0,0491}$$

– odprti tereni, razred hrapavosti B:

$$K_t^B = 1,6509 \cdot t_a^{-0,0645}$$

– urbana območja, razred hrapavosti C:

$$K_t^C = 2,0448 \cdot t_a^{-0,0935}$$

ali pa se odčita iz slike 4 v JUS U.C7.110,

$K_T$  ... faktor povratne periode. Če je povratna perioda projektiranega objekta  $T = 50$  let, je  $K_T = 1$ . Če pa je povratna perioda, različna od 50 let, to zajamemo s faktorjem

$$K_T = \frac{V_{m,T,z}}{V_{m,50,z}}, \text{ podanim z enačbo 11 b:}$$

$$K_T = \frac{1}{1,507} \left\{ 1 - 0,13 \ln \left[ - \ln \left( 1 - \frac{1}{T} \right) \right] \right\}$$

ali iz diagrama na sliki 5 JUS U.C7.110.

Povratna perioda  $T$  je za različne vrste objektov in konstrukcij podana v preglednici 6 JUS U.C7.110 ali

določena v specialnih predpisih za posamezne vrste konstrukcij.

### 2.6. Spreminjanje hitrosti vetra z višino

Od površine zemlje, kjer je hitrost vetra enaka nič, se prek osnovne hitrosti vetra, podane za višino 10 m  $V_{m,T,10}$ , navzgor hitrost vetra povečuje do gradientne višine  $Z_G$ , s faktorjem izpostavljenosti (ekspozicije)  $K_Z$ , ki je funkcija parametrov hrapavosti terena:

$$K_Z = \sqrt{b} \cdot \left(\frac{z}{10}\right)^a$$

tako da je povprečna hitrost vetra na višini z:

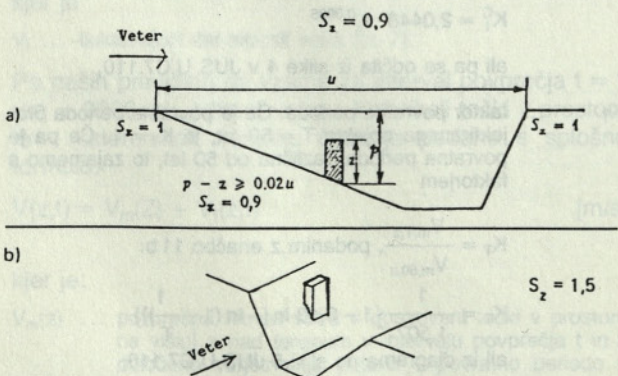
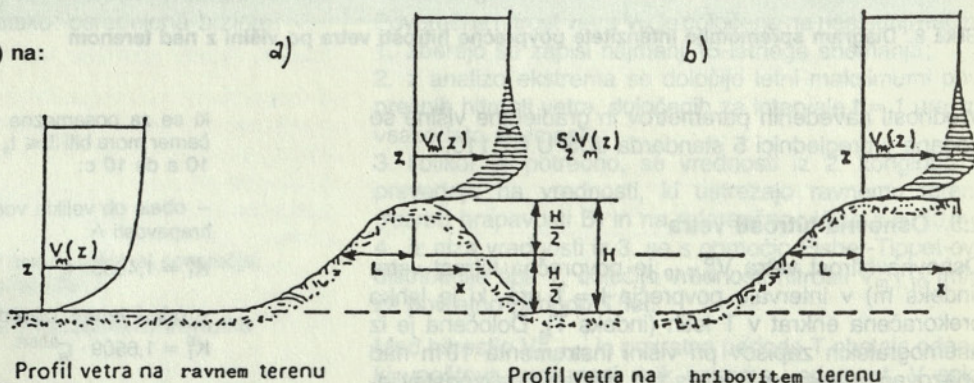
$$V_{m,T,z} = V_{m,T,10} \cdot K_Z \quad (\text{sl. 8})$$

Faktorji ekspozicije  $K_Z^2$  (kvadratno vrednost potrebujemo za račun povprečnih pritiskov vetra) so odvisni od višine z in za tri razrede hrapavosti terena A, B in C podani v sliki 7 JUS U.C7.110. Če je projektirani objekt na terenu z dvema hrapavostma, se ravna, kot je prikazano v sliki 6 standarda.

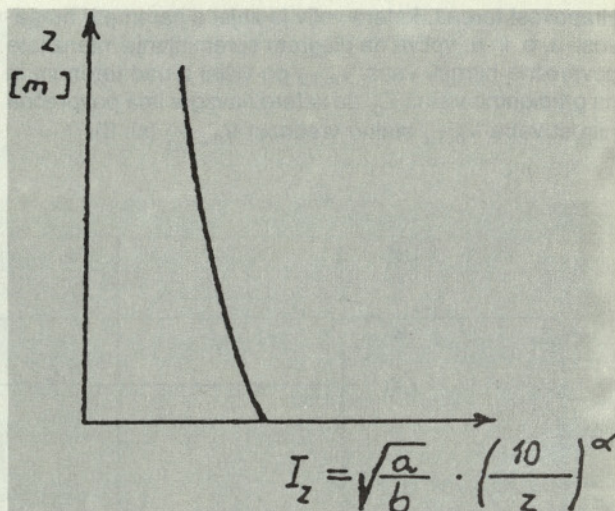
Hitrost vetra pa se poveča tudi v primeru, če je projektirani objekt na hribovitem terenu. Kolikor niso na zadevni lokaciji izvedena merjenja, se lahko povečanje hitrosti upošteva približno s faktorjem topografije terena  $S_Z$  (sl. 9):

$$S_Z = \left[1 + \Delta S_{\max} \left(1 - \frac{|x|}{k \cdot L}\right) \cdot e^{-a \cdot \frac{z}{L}}\right]^2$$

Slika 9. Diagrami vetra  $V_m(z)$  na:  
a) hribu ali bregu in  
b) poševnini



Slika 10. Faktor topografije terena  $S_Z$  pri delovanju vetra:  
a) pravokotno na os doline b) vzporedno z osjo doline



Slika 11. Spreminjanje intenzivnosti turbulence vetra z višino

Parametri topografije  $\Delta S_{\max}$ , a, x in k so podani v preglednici 7 JUS.U.C7.110.

Vrednosti faktorja topografije  $S_Z$  za objekte v dolinah pa so podani v sliki 10.

Kadar moramo upoštevati topografijo terena, uporabimo namesto faktorja  $K_Z$  faktor ekspozicije  $K_Z^2 = K_Z \cdot S_Z$ .

### 2.7. Intenzivnost turbulence vetra

Intenzivnost turbulence vetra I je parameter, ki se uporablja za račun dinamičnih koeficientov. Teoretično je intenzivnost turbulence vetra podana kot razmerje standardne deviacije  $\sigma_{Vf}$  hitrosti vetra  $V_{f(z,t)}$  in povprečne hitrosti  $V_m(z)$  v neki točki prostora na višini z nad terenom

$$I = \frac{\sigma_{Vf}}{V_m}$$

Očitno je turbulenca odvisna od hrapavosti terena, zato je v standardu JUS U.C7.110 intenzivnost turbulence vetra podana s formulo:

$$I = \sqrt{\frac{a}{b}} \cdot \left(\frac{10}{z}\right)^\alpha$$

kjer so a, b, in  $\alpha$  parametri hrapavosti terena.

Vrednosti intenzivnosti I so v odvisnosti od višine z in razreda hrapavosti A, B in C izračunane v preglednici slike 7 JUS U.C7.110. V večjih višinah, kjer je vpliv raznih ovir na turbulenco zraka manjši, je manjša tudi intenzivnost (sl. 11).

### 2.8. Prostorska korelacija hitrosti vetra

Na večini konstrukcij obstaja neka točka ali območje, kjer imajo sile vetra znatno večji učinek, kot pa če delujejo na ostalih delih konstrukcije. Obstajajo pa tudi konstrukcije, kot so npr. viseči mostovi in kabli, ki so občutljivi za sile vetra, ki so razporejene na pretežnem delu vzdolž njihove dolžine, tako da je poznavanje korelacije trenutnih hitrosti vetra za različne prostorske razporede nujno. Prostorska korelacija hitrosti vetra se izraža s faktorjem prostorske korelacije B, v katerem je zajeta neistočasnost hkratnega pojava maksimalne hitrosti vetra v vseh izpostavljenih točkah konstrukcije. Faktor B je torej povezan z verjetnostjo nastopa istega udara vetra  $g \cdot V_t$  (g je udarni koeficient,  $V_t$  pa fluktuirajoči del hitrosti vetra) v dveh točkah površine konstrukcije v istem trenutku t. Izpeljan je iz spektralne analize/frekvence, merjene v dveh točkah in je funkcija razmerja dimenzij objekta b/h in h/2L, kjer je L makro skala turbulence = 60 m (glej sl. 3 v standardu JUS U.C7.111!)

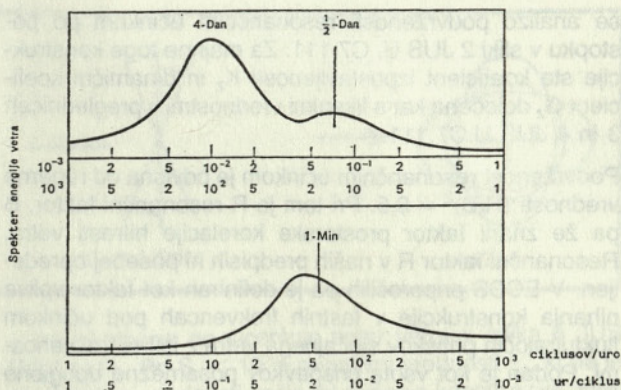
### 2.9. Spekter energije in udarnih hitrosti vetra

Statistična narava strujanja vetra kaže na to, da se lahko kinetična energija vetra

$$\frac{\rho \cdot V^2}{2},$$

kjer je  $\rho$  gostota zraka, V pa hitrost vetra, analizira s Fourierovimi vrstami. Empirične raziskave so pokazale, da se lahko za določeno lokacijo določi ne samo spekter, temveč da se lahko spekter tudi generira za različne pogoje, ki so podani s srednjo enourno hitrostjo vetra na višini z, s srednjo enourno hitrostjo vetra na višini 10 m in s parametrom hrapavosti terena. Vrednost spektralne energije je srednja kvadratna vrednost za vsako frekvenco hitrosti, zasnovano na energiji spremembe amplitude s časom. Primer spektra, ki prikazuje spremembo energije vetra pri različnih frekvencah, je prikazan na sliki 12.

Iz spektralne energije se določa srednja kvadratska vrednost odziva konstrukcije pri frekvenci n [Hz], iz tega srednjega odziva pa maksimalni odziv. Kolikor so lastne frekvence konstrukcije blizu frekvencam udarnih hitrosti vetra, lahko pride do resonančnega vzbujanja nihanja konstrukcije kot posledica slučajnih fluktuacij hitrosti vetra. Za določevanje vzbujanja se uporabljajo spektri udarnih hitrosti vetra. Udarne hitrosti vetra se merijo s specialnimi, posebno občutljivimi anemometri v periodah do 2 sekund. Razmerje med trenutno (2 sek) hitrostjo udara vetra in srednjo enourno hitrostjo imenujemo udarni koeficient, ki je v našem predpisu JUS U.C7.111 označen z g.



Slika 12. Spekter horizontalne hitrosti vetra na višini 10 m. Merjeno v Brookehavenu, New York

## 3. PRITISKI VETRA

### 3.1. Osnovni pritisk vetra

Osnovni pritisk vetra, definiran z enačbo 3 v JUS U.C7.110:

$$q_{m,t,10} = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot (V_{m,50,10} \cdot K_t \cdot K_T)^2 \cdot 10^{-3} \quad [\text{kN/m}^2]$$

podaja povprečni pritisk vetra za povratno periodo T na višini 10 m.  $\rho$  je gostota zraka v  $\text{kg/m}^3$ , ki je v splošnem odvisna od nadmorske višine in temperature zraka (preglednica 4 JUS U.C7.110).

### 3.2. Srednji aerodinamični pritisk vetra

Srednji aerodinamični pritisk vetra je za povprečno hitrost vetra  $V_{m,T,z}$  s povratno periodo T [let] v točki na višini z [m] nad terenom, podan z enačbo 2 v JUS U.C7.110

$$q_{m,T,z} = q_{m,T,10} \cdot S_z^2 \cdot K_z^2 \quad [\text{kN/m}^2]$$

### 3.3 Aerodinamični pritisk vetra in dinamični koeficient

Če srednji aerodinamični pritisk vetra  $q_{m,T,z}$  pomnožimo z dinamičnim koeficientom  $G_z$ , dobimo aerodinamični pritisk vetra

$$q_{g,T,z} = q_{m,T,z} \cdot G_z \quad [\text{kN/m}^2]$$

kjer predstavlja indeks g udarni koeficient (pogl. 2.9). Dinamični koeficient  $G_z$  je funkcija togosti konstrukcije. Odklone od odziva na delovanje vetra delimo konstrukcije na toge in vitke, pri čemer lahko razumemo s konstrukcijo: element obloge zgradbe, konstrukcijski del, glavni nosilni konstrukcijski sistem ali statični sistem objekta v celoti. Za objekte v celoti in obloge je razdelitev med toge in vitke konstrukcije izvedena na poenostavljen način, podan v sliki 1 JUS U.C7.111. Pri tem je potrebno za konstrukcije in obloge, ki se po tej razdelitvi uvrstijo med vitke, izvesti

še analizo podvrženosti resonančnim učinkom po postopku v sliki 2 JUS U. C7.111. Za majhne toge konstrukcije sta koeficient izpostavljenosti  $K_z$  in dinamični koeficient  $G_z$  določena kar s fiksnimi vrednostmi v preglednicah 3 in 4 JUS U.C7.111.

Podvrženost resonančnim učinkom je odvisna od reperne vrednosti  $(R/B)^2 = 0,5$ . Pri tem je  $R$  resonančni faktor,  $B$  pa že znani faktor prostorske korelacije hitrosti vetra. Resonančni faktor  $R$  v naših predpisih ni posebej opredeljen. V ECCS priporočilih pa je definiran kot faktor vpliva nihanja konstrukcije v lastnih frekvencah pod učinkom fluktuirajočih pritiskov slučajnega vetra z istimi frekvenca-mi. Podan je kot vsota prispevkov posamezne upogibne oblike nihanja. Za večino primerov je pomembna le prva nihajna oblika, v posebnih primerih pa je potrebno upoštevati še vsaj drugo obliko.

Kvadrat razmerja med resonančnim faktorjem  $R$  in faktorjem prostorske korelacije hitrosti vetra  $B$  je podan z izrazoma:

$$\left(\frac{R}{B}\right)^2 = \frac{\pi}{4} \cdot S \cdot \frac{Q^{\frac{4}{3}}}{\xi} \quad \text{če je } \frac{b}{h} > 0,25$$

$$\left(\frac{R}{B}\right)^2 = \frac{\pi}{4} \cdot S' \cdot \frac{Q^{\frac{5}{6}}}{\xi} \quad \text{če je } \frac{b}{h} > 0,25.$$

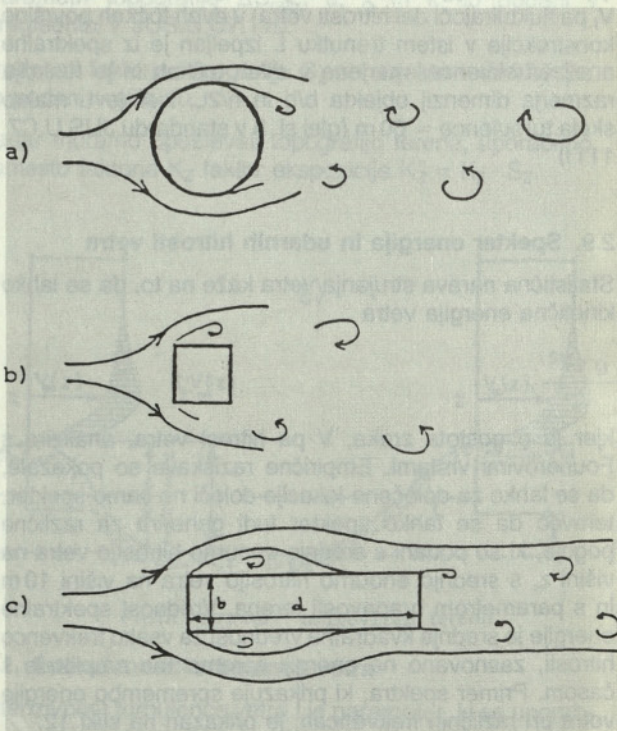
Z  $b/h > 0,25$  so označene toge konstrukcije, pri katerih je potrebno upoštevati faktor spektralne energije  $S$ . Za vitke konstrukcije z  $b/h < 0,25$  pa se upošteva faktor spektralne energije  $S'$ . Faktorja  $S$  in  $S'$  sta podobno kot faktor prostorske korelacije  $B$  odvisna od razmerja  $b/h$  in razmerja  $h/2L$ , kjer je  $L$  makroskala turbulence = 60 m. Faktorja odčitamo iz diagramov slike 3 v JUS U.C7.111.  $Q$  predstavlja reducirano hitrost, ki jo izračunamo iz enačbe 4 ali 5, podane v sliki 2 JUS U.C7.111,  $\xi$  pa je relativno dušenje nihanja konstrukcije, za katero so vrednosti za razne vrste konstrukcij in materiale podane v preglednicah 1 in 2 JUS U.C7.111.

Če je  $(R/B)^2 \geq 0,5$ , je konstrukcija podvržena resonančnemu učinku in spada torej med vitke konstrukcije. Če pa je  $(R/B)^2 \leq 0,5$ , spada konstrukcija med velike toge konstrukcije in ni podvržena resonančnim učinkom. Za velike toge konstrukcije se dinamični koeficient  $G_z$  določa po postopku v sl. 4 JUS U.C7.111, v katerem je udarni koeficient  $g$  določen tabelarično kot fiksna vrednost. Za vitke konstrukcije pa se dinamični koeficient  $G_z$  določa po postopku v sl. 5 JUS U.C7.111. Pri tem vplivata na velikost dinamičnega koeficienta tako vrednost  $(R/B)^2$  kot tudi udarni koeficient  $g$ . Slednji pa je funkcija frekvence 1 tona nedušenega nihanja obravnavanega elementa oziroma konstrukcije. Za nekatere enostavnejše statične sisteme in primere, ki v praksi često nastopajo, so podatki za izračun frekvenc lastnega nedušenega nihanja podani v prilogi k standardu JUS U.C7.111.

#### 4. UČINKI DELOVANJA VETRA NA VITKE KONSTRUKCIJE

Še do nedavnega so bili vsi vplivi vetra na konstrukcije tretirani kot statične sile in upogibi. Šele katastrofa mostu Tacoma Narrows 1940 je spodbudila preiskave dinamičnih vplivov vetra na konstrukcije. Posledično se je razvila tudi tehnika modelnega preizkušanja v struji vetra. Razvoj računalnikov in ustrezne programske opreme je odpravil težave, kot so npr. analize frekvenc lastnega nihanja in nihajnih oblik za konstrukcije raznih sistemov in izvedbe. Tako se danes od inženirja-projektanta zahteva praktično le znanje o naravi osnovnega vzbujanja z vetrom in parametrov konstrukcije.

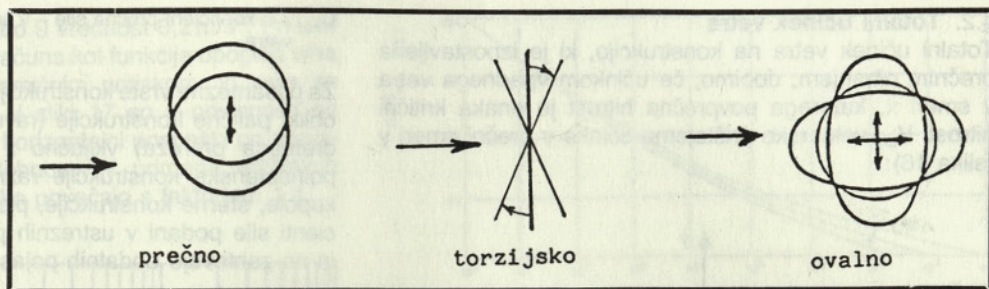
Zračni tok ustvarja na površinah konstrukcije majhne vrtince, ki nastajajo zaradi viskoznosti med različnimi zračnimi plastmi. Ti vrtinci naraščajo na mestih, kjer se zračni tok odleplja od konstrukcije. Prvi jih je obravnaval Von Karman, ki je tudi ugotovil, da se na posameznih straneh konstrukcije vrtinci izmenično odlepljajo in naraščajo s tokom (slika 13).



Slika 13. Von Karmanovi vrtinci

Izmenično nastajanje vrtincev povzroči tudi izmenično obremenitev stranskih sten konstrukcije s pritiski vetra. Ti, čeprav majhni pritiski so lahko zadostni, da vsilijo nihanje konstrukcije takrat, ko sovpada frekvenca njihovega nastajanja s frekvenco lastnega nihanja konstrukcije (resonanca). Nihanja, ki so lahko prečna, torzijska ali v primeru tankostenskih cilindričnih konstrukcij tudi ovalna, nastanejo tudi v primeru mnogokratnika osnovne frekvence prečnega ali ovalnega nihanja.

Slika 14. Prečno, torzijsko in ovalno nihanje



Ker je frekvenca pojavljanja vrtincev v tesni zvezi s hitrostjo zračnega toka, se lahko pojavi resonanca na konstrukciji v presledkih pri eni ali več kritičnih hitrostih. Pojav, ki mu pravimo sinhronizacija frekvenc, pa nastopi takrat, ko so prečna nihanja tako velika, da vplivajo na frekvenco nastajanja vrtincev. V določenih primerih lahko postanejo vitke konstrukcije tudi aerodinamično nestabilne. Navedeni učinki se v novem standardu izražajo z ustreznimi hitrostnimi pritiski – kvazistatičnimi pritiski vetra.

4.1. Reynoldsovo, Strouhalovo in Scrutonovo število

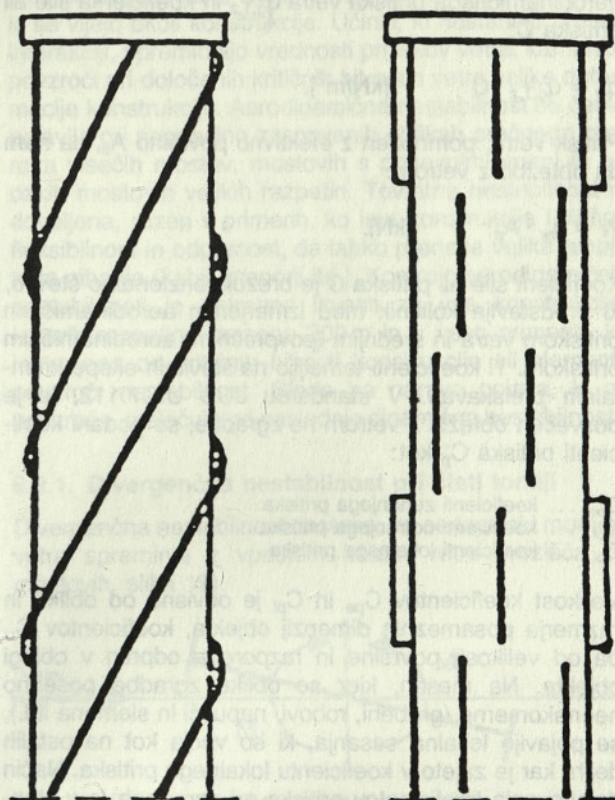
Ali bodo nastopili spredaj navedeni učinki, je odvisno od lastnosti same konstrukcije, predvsem od njene togosti, ki se izraža s frekvenco  $n_r$  [Hz] lastnega nedušene nihanja (v tonu  $r = 1, 2 \dots$ ), od Reynoldsovega števila  $R_e$  prečnega prereza konstrukcije, od Strouhalovega števila  $S_t$ , Scrutonovega števila  $S_c$  in od povprečne hitrosti vetra  $V_{m,T,z}$  [m/s].

Oblika zračnih tokov, ki se ovijajo okoli togega telesa, je rezultat ravnotežja med vztrajnostnimi silami, ki jih povzročajo gibanje zraka in viskozni silami med posameznimi plastmi zraka. Reynoldsovo število podaja razmerje med temi silami. Pri majhni hitrosti vetra in majhnih dimenzijah konstrukcije prevladajo viskozne sile in zračni tok ostane v paralelnih plasteh. Pri visokih hitrostih pa prevladajo vztrajnostne sile, ki povzročajo turbulenco.

Vrednost Reynoldsovega števila izračunamo s pomočjo enačbe 15, vrednost Strouhalovega števila dobimo za razne oblike prečnega prereza iz preglednice 5, vrednosti Scrutonovega števila pa iz enačbe 18 v JUS U.C7.111.

Nihanje zaradi Von Karmanovih vrtincev nastane pri kritični hitrosti vetra  $V_{cr}$  [m/s], to je tisti povprečni hitrosti, pri kateri postaneta frekvenca nihanja konstrukcije  $n_r$  [Hz] in frekvenca odlepljanja (ločitve od konstrukcije) vrtincev enaki. Ta kritična hitrost je odvisna od Strouhalovega števila in je podana z enačbo 17 v JUS U.C7.111. Če je  $V_{cr} > V_{m,T,h} \cdot \sqrt{\gamma}$ , kjer je  $\gamma$  koeficient varnosti, potem učinkov na konstrukcijo zaradi odlepljanja vrtincev ni. V nasprotnem primeru pa je potrebna nadaljnja analiza, pri kateri ugotovljamo vrednost Scrutonovega števila in vrednost aerodinamičnega dušenja  $\xi_a$  (glej potek analize v sliki JUS U.C7.111). Če je  $S_c > 10$  ali  $\xi_a < \xi$  (relativnega dušenja konstrukcije) in so amplitude pomikov posameznih točk konstrukcije zmerne velikosti, se ustrezna ekvivalentna kvazistatična obtežba izraža in izračunava kot vztrajnostna sila ali kot hitrostni pritisk bočnega vetra  $W$ ,

– pravokotnega na siceršnjo smer vetra  $x$  (slika 6 JUS U.C7.111). Pri  $S_c < 10$  in negativni vrednosti  $\xi_a$ , ki pa je po absolutni vrednosti večja od dušenja konstrukcije, torej  $|\xi_a| > \xi$ , lahko pričakujemo velike amplitude prečnega nihanja konstrukcije (v smeri  $y$ ), ki so nedopustne. V tem primeru je potrebno s posebnimi merami prečno nihanje zmanjšati na sprejemljivo velikost. Prečno nihanje vertikalnih konstrukcij lahko bistveno zmanjšamo s povečanjem dušenja  $\xi$ , s spremembo oblike prereza konstrukcije ali drugimi ukrepi. Eden od takih ukrepov je npr. namestitvev Scrutonove spirale ali reber pod različnimi koti (slika 15).

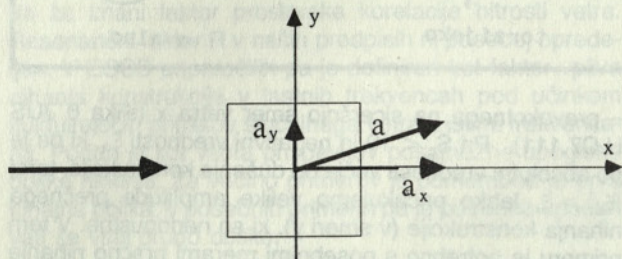


Slika 15. Scrutonova spirala in rebra

Kadar so posamezne, med seboj enake vertikalne konstrukcije oziroma elementi postavljeni v nizu, se učinki Von Karmanovih vrtincev, ki nastanejo za prvo konstrukcijo pri delovanju vetra vzporedno z nizom, progresivno povečujejo. Povečanje je odvisno od medsebojnega razmaka med konstrukcijami  $a$  (glej sl. 9 in 10 v JUS U.C7.111).

#### 4.2. Totalni učinek vetra

Totalni učinek vetra na konstrukcijo, ki je izpostavljena prečnim nihanjem, dobimo, če učinkom vpadnega vetra v smeri  $x$ , katerega povprečna hitrost je enaka kritični hitrosti  $V_{cr}$ , vektorsko prištejemo učinke v prečni smeri  $y$  (slika 16):



Slika 16: Vektorsko seštevanje učinkov vetra

#### 5. OBTEŽBA Z VETROM

Pritisk vetra na enoto površine je podan s produktom aerodinamičnega pritiska vetra  $q_{g,T,z}$  in koeficienta sile ali pritiska  $C$ :

$$q_w = q_{g,T,z} \cdot C \quad [\text{kN/m}^2].$$

Pritisk vetra, pomnožen z efektivno površino  $A_s$ , pa nam da obtežbo z vetrom:

$$W = q_w \cdot A_s \quad [\text{kN}].$$

Koeficient sile ali pritiska  $C$  je brezdimenzionalno število, ki predstavlja količnik med izmerjenim aerodinamičnim pritiskom vetra in srednjim (povprečnim) aerodinamičnim pritiskom. Ti koeficienti temeljijo na številnih eksperimentalnih preiskavah. V standardu JUS U.C7.112, ki je posvečen obtežbi z vetrom na zgradbe, so podani koeficienti pritiska  $C_p$  kot:

$C_{pe}$  ... koeficienti zunanega pritiska  
 $C_{pi}$  ... koeficienti notranjega pritiska  
 $C_{pl}$  ... koeficienti lokalnega pritiska.

Velikost koeficientov  $C_{pe}$  in  $C_{pi}$  je odvisna od oblike in razmerja posameznih dimenzij objekta, koeficientov  $C_{pl}$  pa od velikosti površine in razporeda odprtih v oblogi objekta. Na mestih, kjer so oblike zgradbe posebno neenakomerne (grebeni, robovi, napušči in slemena itd.), se pojavijo lokalna sesanja, ki so večja kot na ostalih delih, kar je zajeto v koeficientu lokalnega pritiska. Način določevanja koeficientov pritiska pri zgradbah je v standardu JUS U.C7.112 jasno in natančno podan in dodatna pojasnila niso potrebna.

V standardu JUS U.C7.113, ki obravnava ostale gradbene konstrukcije, pa je koeficient  $C$  opredeljen kot koeficient sile ali odpora, ki se izraža kot:

$C_w$  ... koeficient sile  
 $C_N$  ... koeficient vzdolžne sile – v smeri delovanja vetra

$C_T$  ... koeficient prečne sile – v smeri pravokotno na delovanje vetra.

Za posamezne vrste konstrukcij: posamezne palice raznih oblik, palične konstrukcije (ravninske, trikotnega ali kvadratnega prereza) vključno z vozliščnimi pločevinami, polnostenske konstrukcije raznih oblik, krožne cilindre, kupole, sferne konstrukcije, plošče in mostove, so koeficienti sile podani v ustreznih preglednicah in diagramih in ne zahtevajo dodatnih pojasnil.

Efektivna površina  $A_s$  [ $\text{m}^2$ ] predstavlja projekcijo vetru izpostavljene površine konstrukcije na vertikalno ravnino, ki je normalna na (horizontalno) smer delovanja vetra.

Za račun totalnih učinkov vetra v splošnem upoštevamo, kot smo videli, kvazistatični pritisk vetra, katerega učinki so enaki učinkom ekstremnega dinamičnega pritiska dejanskega vetra, oziroma v primeru posebno dolgih konstrukcij, učinkom komplementarnih tangencialnih sil, ki nastanejo zaradi trenja zraka ob steno konstrukcije. Na splošno izvedemo račun za najbolj neugodno smer delovanja vetra:

- pri vertikalnih konstrukcijah (zgradbe, stolpi itd.) upoštevamo dve smeri, ki ustrežata najbolj neugodni smeri vetra, ko piha pravokotno na vertikalne simetrijske ravnine konstrukcije,
- v primeru cilindričnih ali valjastih konstrukcij (dimniki, drogovi, stebri itd.) upoštevamo katerokoli najbolj neugodno smer delovanja vetra,
- pri horizontalnih konstrukcijah (mostovi, horizontalne cevi itd.) upoštevamo smer horizontalnega upogiba v najbolj neugodni smeri.

Ker so totalni učinki vetra sorazmerni s površino projekcije na ravnino, ki je normalna na smer vetra, lahko razdelimo (pri natančnejšem računu) površino po višini na več elementov in učinke na konstrukcijo obravnavamo kot vsoto učinkov na posamezne elemente.

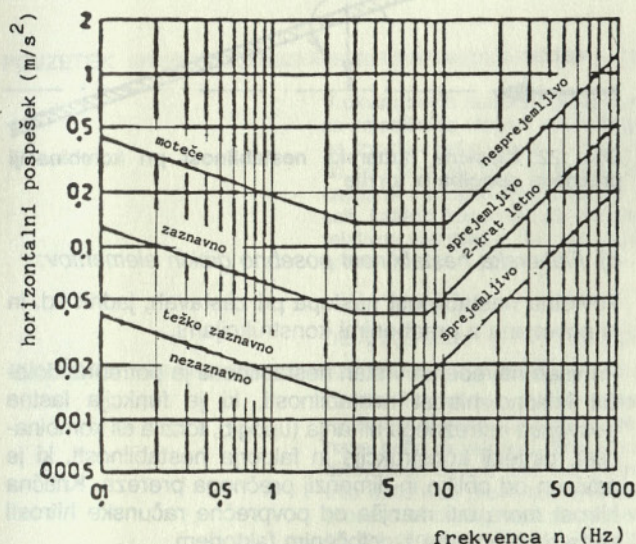
#### 6. OSTALI PROBLEMI, POVEZANI Z DELOVANJEM VETRA

V novih jugoslovanskih standardih učinki vetra niso zajeti v celoti. Tako ni zajeto npr. torzijsko in ovalno nihanje konstrukcij (slika 14), nihanja vrvi daljnovidov, visečih mostov in mostov s poševnimi vrvmi, prečna nihanja horizontalnih konstrukcij (vitkih mostov in drugih konstrukcij), delovanje vetra na zastave, vpliv ponavljajoče se obtežbe z vetrom na utrujanje materiala, vpliv nihanja na uporabnost oziroma udobnost, aerodinamična nestabilnost in še kaj. Navedeni problemi so natančneje obravnavani v priporočilih ECCS in literaturi, navedeni na koncu članka. Za boljše razumevanje teh problemov bodo v naslednjem pojasnjeni še nekateri pojmi.

##### 6.1. Vpliv nihanja na uporabnost in udobnost

Po standardu JUS U.C7.111, ki upošteva le upogibne deformacije, je udobnost uporabnika objekta ogrožena, če presega vrednost največjega pospeška konstrukcije

na vrhu, določena z enačbo 9 vrednost  $0,2 \text{ m/s}^2$ . Pri tem se maksimalni pospešek računa kot funkcija upogiba vrha konstrukcije pod aerodinamičnim pritiskom, ki velja za povratno periodo 10 let. V sliki 17 so v odvisnosti od frekvence nihanja podani horizontalni pospeški pri upogibu, ki določajo mejo udobnosti. V primeru vertikalnih nihanj se te vrednosti lahko povečajo s faktorjem 1,4.



Slika 17. Horizontalni upogibni pospeški kot meje udobnosti

Pri torzijskem nihanju pa mora biti kotna hitrost [rad/sek] manjša od  $0,001 \text{ rad/sek}$ . To mejno vrednost lahko doseže le enkrat letno.

### 6.2. Vpliv ponavljajočih se obtežb vetra na utrujanje materiala

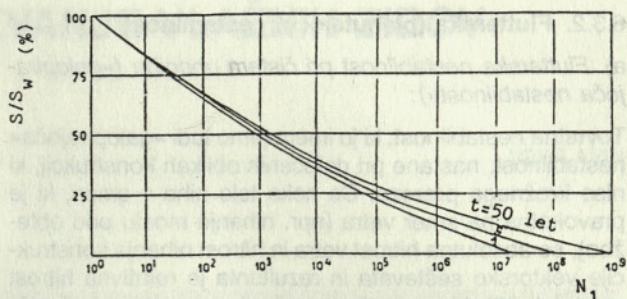
Kot nam je znano, je trajna trdnost pri utrujanju odvisna od načina izvedbe konstrukcije (stopnje zarezne učinka), od napetostne razlike  $\Delta\sigma = |\sigma_{\max} - \sigma_{\min}|$  in od efektivnega števila napetostnih sprememb v življenjski dobi konstrukcije. Kot je pri vsaki dinamični obtežbi gradbene konstrukcije maksimalna napetost v določeni točki dosežena le v določenem številu ciklov, tudi pri obtežbi z vetrom amplitude nihanja in s tem tudi učinki: moment, prečna sila, napetosti itd., niso konstantni. Določena velikost učinka  $S$  nastopi le  $N_s$ -krat. V sliki 18 so podani diagrami iz ECCS priporočila, iz katerih lahko odčitamo število ponovitev (ciklov)  $N_1$ , ko je v življenjski dobi konstrukcije  $T$  (let) dosežena ali presežena vrednost učinka  $S$ , izraženega v odstotkih od celotnega (maksimalnega) učinka  $S_w$ .

Efektivno število ponovitev  $N$  pa je odvisno še od frekvence lastnega nihanja  $n_1$ :

$$\text{za } n_1 \geq 0,5 \text{ Hz je } N = N_1$$

$$\text{za } n_1 < 0,5 \text{ Hz je } N = \frac{0,5 \cdot N_1}{n_1}$$

Podobno se določa tudi število  $N$  pri prečnem nihanju



Slika 18. Število ponovitev  $N_1$ , v katerih je vrednost učinka vetra  $S$  dosegla ali presežla v povratni periodi  $t$  vrednost celotnega (maksimalnega) učinka  $S_w$

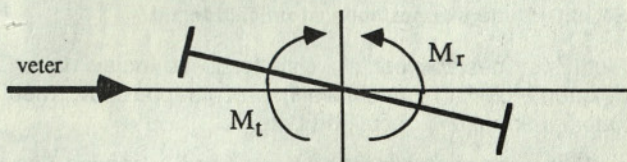
vitkih konstrukcij, ki so podvržene temu pojavu.

### 6.3. Aerodinamična nestabilnost

Prečna nihanja vitkih vertikalnih in horizontalnih konstrukcij so posledica izmeničnega odlepljanja vrtincev na obeh stranskih stenah. Aerodinamične nestabilnosti pa nastanejo kot posledica interakcije vplivov elastičnih lastnosti prožnih konstrukcij s šibkim dušenjem in zračnimi tokovi, ki se vijejo okoli konstrukcije. Učinki, ki nastanejo pri taki interakciji, spreminjajo vrednosti pritiskov vetra, kar lahko povzroči pri določenih kritičnih hitrostih vetra velike deformacije konstrukcije. Aerodinamična nestabilnost se čisto pojavlja pri nepravilno zasnovanih oblikah prečnega prereza visečih mostov, mostovih s poševnimi vrvmi in pri ozkih mostovih velikih razpetin. Tovrstna nestabilnost ni dovoljena, razen v primerih, ko ima konstrukcija tolikšno fleksibilnost in odpornost, da lahko prenese velike amplitude nihanja (kabli, praporji itd.). Kontrolo aerodinamičnih nestabilnosti je potrebno izvesti za vse konstrukcije, katerih razpetina presega  $200 \text{ m}$  in v vseh primerih, ko lahko ena od kritičnih hitrosti konstrukcije ali elementa povzroči nestabilnost. Glede na naravo pojava, ki ga povzroča, razločujemo naslednje dinamične nestabilnosti:

#### 6.3.1. Divergenčna nestabilnost pri čisti torziji

Divergenčna nestabilnost nastane, ko se torzijski moment vetra spreminja z vpadnim kotom vetra (vozišča pri mostovih, slika 19).



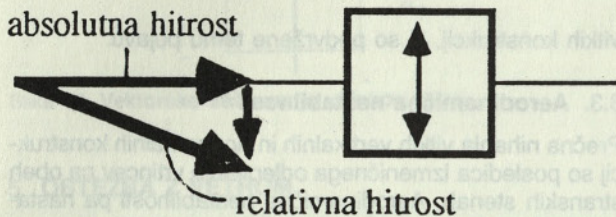
Slika 19. Divergenčna nestabilnost pri torziji

Pri določeni hitrosti vetra lahko postane torzijski moment  $M_t$ , ki deluje na deformirano konstrukcijo večji, kot je odpornostni moment pri torziji  $M_r$ , zaradi učinka te deformacije. V tem primeru lahko pride do porušitve konstrukcije. V praksi velja, da je konstrukcija divergenčno stabilna, če je stabilna glede na ostale aerodinamične nestabilnosti.

### 6.3.2. Flutter ska (plahutajoča) nestabilnost

#### a) Flutter ska nestabilnost pri čistem upogibu (»galopirajoča nestabilnost«):

Tovrstna nestabilnost, ki jo imenujemo tudi »galopirajoča« nestabilnost, nastane pri določenih oblikah konstrukcij, ki niso krožnega prereza. Če neko telo niha v smeri, ki je pravokotna na smer vetra (npr. nihanje mostu pod obtežbo), se absolutna hitrost vetra in hitrost nihanja konstrukcije vektorsko seštevata in rezultanta je relativna hitrost vetra (sl. 20), ki povzroča povečanje sile v smeri nihanja telesa. Ta sila doseže svoj maksimum pri maksimalni hitrosti telesa.

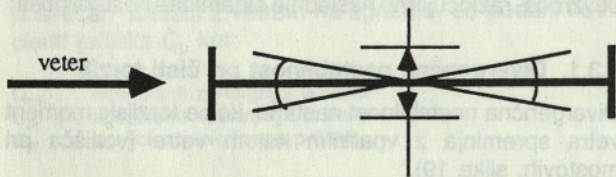


Slika 20. Galopirajoča nestabilnost pri čistem upogibu

Zaradi tega se začetno nihanje telesa povečuje. Tovrstne nestabilnosti nastanejo predvsem pri kablji, ki nimajo krožne oblike (npr. zaledeneli kabli), stolpih in pri zelo gibkih mostovih.

#### b) Flutter ska nestabilnost pri čisti torziji:

Prečna nihanja pri čisti torziji (sl. 21) povzročajo okoli konstrukcije periodične spremembe zračnega toka. Pri zadostni hitrosti vetra lahko periodične spremembe pritiska povečajo torzijska nihanja, kar nadalje vpliva na povečanje pritiskov in tako naprej, dokler ne dosežejo neke maksimalne vrednosti ali povzročijo porušitev konstrukcije.



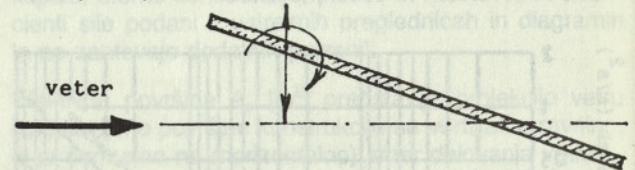
Slika 21. Flutter ska nestabilnost pri čisti torziji

Flutter ska nestabilnost pri čisti torziji se pojavi le pri nekaterih oblikah podolgovatih prečnih prereзов, med katerimi so najbolj občutljivi H prerezi.

#### c) Flutter ska nestabilnost pri kombinaciji prečnega upogiba in torzije (»klasični flutter«):

Kadar je lastna frekvenca nihanja gibke konstrukcije pri

torziji blizu lastni frekvenci nihanja pri prečnem upogibu, silita obe nihanji v skupno nihanje pri neki vmesni lastni frekvenci. To povzroča motnje v zračnem toku, spremembo pritiskov in povečanje nihanja do maksimalne vrednosti ali porušitve konstrukcije. Središče rotacije se pri tem močno premakne proti robu na stran delovanja vetra (sl. 22).



Slika 22. Klasična flutter ska nestabilnost pri kombinaciji prečnega upogiba iz torzije

#### d) Flutter ska nestabilnost posebno gibkih elementov:

Tovrstna nestabilnost nastopa pri zastavah, jadrih itd. in ni povezana z gradbenimi konstrukcijami.

Pri vseh navedenih vrstah nestabilnosti je potrebno določiti kritično hitrost nestabilnosti, ki je funkcija lastne frekvence ustreznega nihanja (upogib, torzija ali kombinacija), dimezij konstrukcije in faktorja nestabilnosti, ki je odvisen od oblike in dimezij prečnega prereza. Kritična hitrost mora biti manjša od povprečne računске hitrosti vetra, pomnožene z določenim faktorjem.

## 7. SKLEP

Iz vsega povedanega je bralcu najbrž jasno, da bo pravilna in uspešna praktična uporaba novih standardov za obtežbo z vetrom možna le, če bodo uporabniki obnovili znanje iz tistega dela dinamike gradbenih konstrukcij, ki se nanaša na določevanje frekvence in oblik lastnega nihanja raznih statičnih sistemov gradbenih konstrukcij. Poleg tega bo potrebno pri projektiranju novih zgradb mnogo bolj kot doslej poznati tudi lokalne razmere na lokaciji projektiranega objekta, tako glede smeri vetra, kot vpliva obstoječih ali kasnejših sosednjih zgradb na novi objekt itd. V primeru bolj zahtevnih objektov (npr. stolpi sidrani z vrvmi, gibki mostovi itd.) pa bo potrebno vzeti v roke dodatno ustrezno literaturo. Ker pričakujemo ob začetku uporabe novih standardov večje težave, je Katedra za metalne konstrukcije pri FAGG v Ljubljani pripravljena organizirati poseben seminar, če bi obstajal s strani potencialnih uporabnikov ustrezen interes.

### Opomba:

Ker je bil članek napisan pred izidom dokončne verzije standardov, obstaja možnost, da se številka navedenega poglavja, slike ali preglednice iz predloga standardov ne bo skladala s tistimi v končni izdaji.

## LITERATURA

1. P. Sachs, Uticaj vetra na konstrukcije, IRO »Gradjevska knjiga«, Beograd, 1986
2. Recommendations for Calculating the Effects of Wind on Constructions, Second Edition, ECCS, Technical Committee 12, Wind, 1987
3. JUS,U.C7.110 do 113
4. A.G. Davenport, Contributions to the Reliability of Structures under Wind Loading



# RAZVOJ POSTOPKA ZA OSUŠEVANJE VLAŽNIH ZIDOV ZGRADB V BENETKAH

UDK 699.82.059.25:620-197

VERA APIH

## POVZETEK

V okviru naših raziskav postopkov in materialov za sanacijo vlažnih objektov smo zasnovali postopek za zmanjšanje vlage v zidovih zgradb v Benetkah. Razvili smo potrebne materiale in opremo, poskus pa izvedli v palači Zorzi. Z meritvami porazdelitve vlage v zidovih pred sanacijo in v obdobju dveh let po njej smo potrdili, da s tem postopkom preprečimo vstop vode v votlikaste zidove in zmanjšamo kapilarni transport vlage, zaradi česar se zidovi po sanaciji sušijo. Sušenje ovirajo higroskopičnost soli, katerih koncentracija na površini zidov se s sušenjem povečuje, klima Benetk (stalna visoka relativna vlažnost zraka) ter nedokončanost objekta (okna brez zasteklitve, nenaseljeni in neogrevani prostori).

## DEVELOPMENT OF PROCEDURE FOR DRYING UP DAMP WALLS OF BUILDINGS OF VENICE

## SUMMARY

On the field of research in materials and procedures for restoration of damp walls, a procedure for reduction of moisture in the walls of Venetian buildings has been conceived. Materials and equipment have been developed. The procedure was applied in the Palazzo Zorzi. Measurements of moisture distribution before and two years after restoration have confirmed that the penetration of sea water into walls was prevented and its capillary transport reduced, resulting in drying out of the walls. The process of drying was slowed down by the hygroscopic salts which concentrated on walls surface, by the climate in Venice (constant high relative air humidity) and the unfinished other restoration works in Palazzo – windows remained unglazed, rooms unheated and uninhabited).



Slika 1. Benetke izven turističnih poti

Avtor:  
Mag. Vera Apih, dipl. inž. kemije  
Vodja laboratorija za polimere  
Zavod za raziskavo materiala in konstrukcij Ljubljana  
Inštitut za gradbeno fiziko, konstrukcije in sanacije  
61000 Ljubljana, Dimičeva 12

Ves svet občuduje lepoto Benetk, čudovite palače ob kanalih, bogate cerkve in galerije. Za lepimi pročelji pa so vlažni zidovi in odpadajoči ometi, hiše, neprimerne za bivanje.

Poglavitni vzrok za tako stanje je vlaga v zidovih. Razviti postopek za izboljšanje tega stanja je izziv za vse, ki se

ukvarjajo s problemi vlage v zidovih ter s postopki za izsuševanje zidov in obnovo vlažnih hiš (1).

Tako lahko vidimo med sprehodom po Benetkah izvedene praktično vse znane postopke. Pri tem se v glavnem uporablja mehanski postopek, tj. prerezovanje zidov in vlaganje različnih hidroizolacijskih slojev, od poliestrskih laminatov in polimernih folij do svinčenih barier. Ugotovljeno je, da je edino svinčena pločevina, obojestransko zaščitena z gumeno folijo, dovolj odporna v agresivnem okolju onesnaženih Benetk. Sam postopek vgrajevanja horizontalnih hidroizolacij je grob poseg v zidove, cena izvedbe je visoka, videz in struktura zidov pa spremenjena. Zato stalno iščejo nove možnosti, postopke, ki bi bili tako učinkoviti, kakor je vgrajevanje horizontalne hidroizolacije po mehanskem postopku, pri tem pa bi bili cenejši in manj destruktivni.

V teh prizadevanjih smo bili povabljeni, da naše raziskave na področju sanacij vlažnih zidov (2) apliciramo tudi v Benetkah (3).

Zavedali smo se, da postopkov, ki so se pokazali kot uspešni pri sanacijah vlažnih zidov na celinskem območju, ne moremo enostavno prenesti na zidove beneških zgradb, temveč je treba na podlagi raziskav realnega objekta v Benetkah razviti nov oziroma modificiran postopek.

Po dogovoru s predstavniki Commune di Venezia smo za poskusni objekt vzeli palačo Zorzi (slika 2), ki stoji ob kanalu Rio di S. Severo. Palača je nastala v 14. stoletju z nadzidavo in združevanjem prvotnih manjših objektov. V naslednjih stoletjih je bila velikokrat prezidana, menjala je lastnike in bila leta 1969 končno opuščena. V zadnjem desetletju je last Commune di Venezia, ki je v letu 1985 pričela prenovo.

Nekateri zidovi v pritličju so ponovno zgrajeni, v drugih je vložena svinčena bariera. Trije zidovi pa so bili na voljo za naše poskuse.

## 2. RAZISKAVE VZROKOV IN OBSEGA NAVLAŽEVANJA ZIDOV

Mnogo velikih palač v Benetkah je nastalo tako, da so prvotne manjše objekte združili v palačo, in sicer na ta način, da so jih obdali z novim zidom, ki je tudi nosilec novega nadstropja. Za naslednje nadstopje so zgradili dodaten zid. Tako v pritličju pogosto naletimo na debele opečene zidove, sestavljene iz treh med seboj nepovezanih zidov. Slaba povezava opek v zidovih in votla mesta ovirajo kapilarni prenos vlage po zidovih. Ob poplavih pa morje neovirano vstopa v zidove, ki se tako še dodatno namočijo.

Pri vseh teh zidavah graditelji niso nikoli zavrgli starega materiala. Zato so lahko v istem zidu opeke, ki so ne le iz različnih opekarn, temveč tudi iz različnih stoletij. Razlikujejo se po osnovni surovini, načinu gnetenja gline, oblikovanja opek, sušenja in žganja. Posledica so različna gostota, poroznost, vodovpojnost in delež soli. Tako smo



Slika 2. Palača Zorzi

npr. izmerili pri dveh opekah, ležečih v zidu druga ob drugi na isti višini, vlažnost 18,1 % in 26,0 %. Da bi dobili pravo sliko o porazdelitvi vlage v zidovih pred sanacijo in po njej, smo vsakokrat odvzeli veliko število vzorcev. S sušenjem pri  $T = 105^{\circ}\text{C}$  smo ugotovili delež vlage. Iz izmerjenih vrednosti smo izračunali povprečno navlaženost posameznih plasti zidov višine 0,5 m in jih prikazali kot »profile vlažnosti« (diagrama 1 in 2).

Izmerjena vlaga v zidovih je deloma posledica kapilarnega dviga, deloma poplav in deloma kondenzacije vlage na površini zidov. Ta nastopi zaradi vremenskih razmer ( $T_{\text{zidu}} < T_{\text{zraka}}$ ), stalne visoke atmosferske vlage in zaradi higroskopičnosti soli, ki so se nakopičile v zidovih. Delež vlage, ki je posledica higroskopičnosti soli, smo merili na odvzetih vzorcih tako, da smo vzorce, osušene pri določeni celotni vlage, izpostavili v vlažni komori (rel. vlaga 86%) 10 dni. Tako kakor navlaženost tudi higroskopičnost enako ležečih opek lahko variira za okrog 10 %. Zato smo rezultate meritev na enak način organizirali v povprečno higroskopičnost posameznih plasti in izdelali »profile higroskopičnosti«.

Na podlagi uvodne študije načina zidave zgradb v Benetkah, analize zidov palače Zorzi, klimatskih razmer v Benetkah ter opisanih meritev smo sklepali, da so vzroki

za navlaževanje zidov v pritličju zgradb v Benetkah naslednji (2):

1. Opečni zidovi so postavljeni na temelje brez vgrajene hidroizolacije. Spodnje vrste opek stoje neposredno v morski vodi ali pa na nasipnem materialu, ki je nasičeno namočen z morsko vodo. Zaradi potencialne razlike med suhim in mokrim gradivom, obstaja v zidu stalni kapilarni transport vlage iz temeljev navzgor.

2. Nivo morja stalno niha. Po dobljenih podatkih se morska gladina v povprečju 10-krat letno dvigne za 0,7 m nad običajni nivo, vsaka 3 leta za 1,5 m in vsakih 5 let za 1,8 m. Ob »visoki vodi« se zidovi do te višine povsem prepovijo z vodo. Kapilarni dvig se poviša glede na povišani izhodiščni nivo.

3. Zaradi stalnega transporta slane vode iz temeljev navzgor in izhlapevanja vode na površini se v gradivu nabirajo soli, predvsem kloridi, nitrati in sulfati natrija, kalcija in magnezija, ki so močno higroskopični.

4. Atmosferska vlaga v kletnih prostorih je velika, ker so tla iz premočene zbite zemlje, zidovi pa vlažni. Zidovi so locirani v notranjosti palače, okna niso zastekljena. Temperatura zidov je pogosto pod temperaturo rosišča zraka. Zato se zidovi pogosto navlažujejo tudi zaradi kapilarne in površinske kondenzacije vodnih hlapov v gradivu.

### 3. PRINCIP SANACIJE

Zidovi se bodo osušili, če bomo preprečili ali vsaj zmanjšali vse vzroke navlaževanja, torej:

- ovirali stalen kapilarni dvig vlage iz terena po zidu navzgor;
- preprečili vstop vode v zid ob poplavi. Ker so zidovi zidani večslojno, so v notranjosti praznine, delno zapolnjene z okruški opeke in malte. Ob povišanju morske gladine se voda kot v vezni posodi dviguje tudi po notranjosti zidu. Ta postaja na ta način stalni rezervoar vlage;
- odstranili soli iz zidov. Za zdaj takega postopka, ki ne bi bil preveč dolgotrajen in drag, ne poznamo;
- ovirali površinsko in kapilarno kondenzacijo ter globlje navlaževanje zaradi kondenzata na površini zidov in higroskopičnosti prisotnih soli.

### 4. POSTOPEK SANACIJE

Da bi dosegli zastavljene učinke, smo za dani primer (palačo Zorzi) zasnovali naslednji sanacijski postopek:

1. S hidrofobno injekcijsko maso injektiramo spodnji del zidu do kote, kjer je po predpisih mesta Benetke predvidena vgradnja prvega hidroizolacijskega sloja. S tem zapolnimo vse praznine v zidu, od velikih do najfinejših razpok v opeki, malti in na stikih. Hidrofobni zgoščeni material bo ovira kapilarnemu transportu vode in soli. Ob »visoki vodi« bo zid izpostavljen učinku morja le od zunaj, morje ne bo več vstopalo v praznine v zidu. Zgoščeni sloj

v zidu tudi omogoča izvedbo naslednje faze sanacije, tj. penetracije, ker preprečuje izgube penetracijskega sredstva skozi velike praznine v zidu.

2. Obstoječe gradivo v zidu hidrofobiramo na predpisani kot zgornjega hidroizolacijskega sloja tako, da ga penetriramo s hidrofobno raztopino. Kapilarni transport po vertikali (po zidu navzgor) in po horizontali v zid (ob poplavi) bo zmanjšan.

3. Staro malto v regah, kjer je običajno največja koncentracija soli, odstranimo in nadomestimo z novo hidrofobno malto. S tem zmanjšamo količino soli v zidu, zmanjšamo transport vlage v zidu in vstop vode ob poplavi.

4. Za zmanjševanje higroskopičnega in kondenzatnega navlaževanja ter oviranja vstopa vode v zidove ob poplavah smo poleg fugiranja predvideli ometavanje zidov s hidrofobnimi ometi.

5. Urediti bi bilo treba sistem zračenja ter talno izolacijo proti prodiranju vode iz tal, vendar to presega okvir (oziroma dane možnosti) poskusne sanacije zidov.

### 5. MATERIAL IN OPREMA ZA SANACIJO

Za poskusno izvedbo tako zamišljene sanacije smo morali najprej izdelati potrebne materiale. Lastnosti, ki jih morajo imeti ti materiali, določa po eni strani sanacijski postopek, kakor smo si ga zamislili, po drugi strani pa spomeniško varstvo. Tako smo potrebovali tako injekcijsko maso, ki bo dobro injektibilna (čim tanjši injekcijski nastavki, dobro prodiranje v razpoke), pri tem pa vsebovala čim manj vode in bo že med strjevanjem ovirala transport soli. Njena barva mora biti podobna barvi opeke, prav tako pa naj bodo njene trdnosti enake trdnostim povprečnega beneškega zidaka (1). Na podlagi naših prejšnjih raziskav (2, 3) smo za hidrofobiranje uporabili tekoči dodatek FOBIN ali pa praškasti VLAGIN; iz hidravličnega veziva, naravnega pucolana in finega mineralnega polnila smo izdelali injekcijsko maso z naslednjimi lastnostmi:

tlačna trdnost:	16,5 N/mm <sup>2</sup>
upogibna trdnost:	3,1 N/mm <sup>2</sup>
kapilarni srk po 24 urah:	manjši od hitrosti sušenja
kapilarni dvig v strjeni masi	< 3 mm
Hidrofobni omet z lastnostmi:	
tlačna trdnost:	9,4 N/mm <sup>2</sup>
upogibna trdnost:	2,6 N/mm <sup>2</sup>
kapilarni dvig:	< 3 mm
prepustnost pare:	$\mu = 26$
relativna difuzijska upornost	
vodni pari:	$r = 0,61 \text{ m}$
kapilarna vodovpojnost:	$A = 0,06 \text{ kg/m}^2 \text{ h}^{0,5}$

je bil izdelan kot apneno-cementna malta z agregatom 0–4 mm. Kot dodatek za hidrofobnost smo uporabili praškasti dodatek VLAGOM (2). Pri pripravi malte se ta fino porazdeli, v strjeni malti pa zaradi velike površinske napetosti ovira transport vode po kapilarah. Izmenjava vlage med zidom in atmosfero lahko poteka le še kot

difuzija skozi omet. Ob neugodnih vremenskih razmerah (hladni zidovi, temperatura in vlaga zraka visoki) bo manj navlaževanja zidov zaradi nastanka kondenzata po površinah zidov in manj higroskopičnega navzemanja vlage. Ob poplavi hidrofobne malte v regah in hidrofobni omet ovirajo dodatni transport vlage v soli.

Formulirali smo še fugirno maso s finejšim agregatom ter opečno obarvano reparturno maso. Z njo smo popravili poškodbe opek na mestih, kjer smo odvzemali vzorce za meritve vlage ter zapolnili odprtine za injektiranje in penetracijo.

Izdelati smo morali tudi posebno penetracijsko napravo. Običajna infuzijska naprava, ki jo uporabljamo pri uvajanju kemične bariere v opečnih zidovih po Sloveniji, ni bila primerna zaradi specifičnosti beneških zidov. Nova naprava dovaja penetracijsko sredstvo kontinuirano in enakomerno. Hitrost vbrzgvavanja lahko prilagodimo vpojni sposobnosti heterogenih zidov. Za infuzijske nastavke pa zadoščajo minimalne vrtime s premerom 15 mm.

**6. IZVEDBA IN REZULTATI SANACIJE**

Zaradi organizacijskih težav smo sanirali v vremensko neugodnem obdobju september–december 1987. Ti meseci so obdobja pogostega deževja, megle in visoke plime.

En mesec po prvi fazi sanacije (injektiranju s hidrofobno maso) so kontrolne meritve profilov vlažnosti pokazale pričakovani rezultat. Navlaženost spodnjega dela zidov do višine 0,5 m je bila manjša kot pred injektiranjem, čeprav je bil oktober deževen, plime pa visoke.

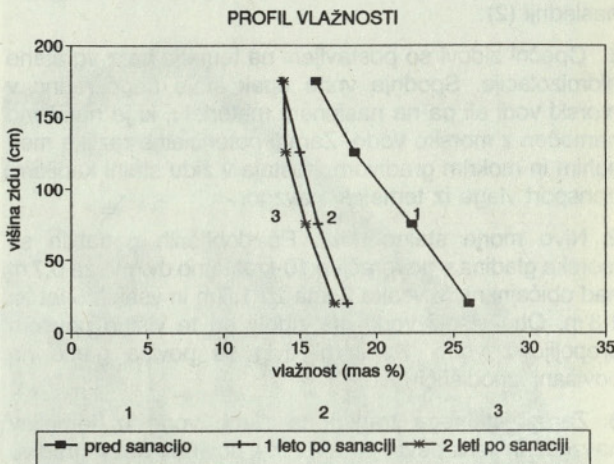
V oktobru smo izvedli drugo fazo sanacije (penetracijo). Pri delu nas je ovirala visoka plima, med katero je morje izviralo izpod zidov. Ob najvišji plimi je bila voda v prostorih visoka od 10 do 20 cm.

V tej fazi se uvedejo v zidove velike količine vode, ki je nosilno topilo aktivnega hidrofobirnega sredstva. Navlaženost zidov v območju 50–150 cm od tal se zato poveča. Kljub temu je bila povprečna navlaženost zidov, ki smo jo izmerili decembra, nekoliko manjša kot pred sanacijo.

Zaradi že omenjenih organizacijskih težav smo zadnjo fazo – nanos hidrofobnih ometov izvedli že v decembru (samo dva meseca po penetraciji zidov).

Ko potečejo kemične reakcije, začne učinkovati injekcijsko-penetracijska bariera v zidu. S tem sta ovirana vstop vode v zidove in kapilarni prenos iz mokrih delov zidov v bolj suhe. Posledica je, da se zidovi začnejo sušiti. Ta proces je počasen, še zlasti v neugodnih razmerah Benetk. Potek sušenja je prikazan z diagramom 1 kot sprememba porazdelitve vlage v dveh letih po sanaciji. V povprečju so se zidovi v prvem letu osušili za 24 %, v dveh letih pa za 25 %. Pri tem je zmanjšanje vlage večje v spodnjem delu zidov in manjše v zgornjem delu – glej preglednico 1.

**DIAGRAM 1**

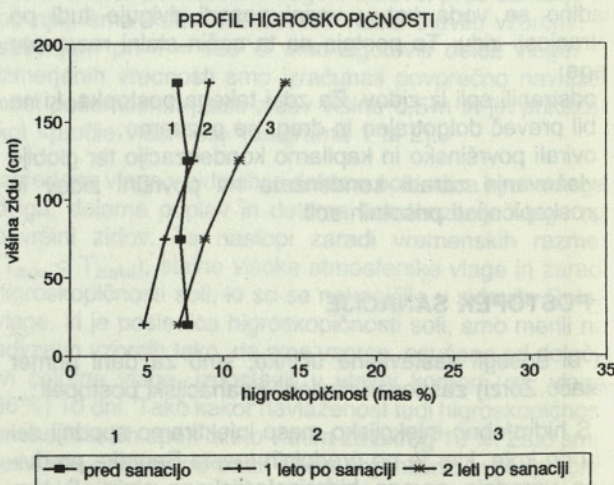


**Preglednica 1**

Pas zidu	Zmanjšanje povprečne navlaženosti zidov v dveh letih po sanaciji	
	absolutno (%)	procentualno (%)
0– 50 cm	8,7	33,5
50–100 cm	6,9	30,7
100–150 cm	4,5	24,0
150–200 cm	2,1	13,0

Vzrok za tak potek sušenja zidov, ki je ravno obraten, kakor ga opazujemo sicer pri saniranih objektih na celinskem območju, je razviden iz diagrama 2. Zaradi izhlapevanja vode se namreč na površini zidov povečuje koncentracija soli in s tem higroskopičnost materiala (opek, nasičenih s soljo), kar povečuje navlaženost zidov.

**DIAGRAM 2**



Pričakujemo lahko, da se bo sčasoma v zidu ustalila ravnotežna navlaženost približno 14 mas %, ki bo odvisna predvsem od vlage zraka in temperaturnih razlik med hladnimi zidovi kleti ter zunanjim zrakom.

Zadnja faza sanacije (preprečevanje navlaževanja zidov s hidrofbnim ometom) je bila izvedena na enem od testnih zidov dva meseca po penetraciji, ko se zidovi po sanaciji še niso osušili. Nizke temperature v decembru so ovirale pravilno strjevanje ometov. Pri spomladanskem pregledu smo opazovali močno kristalizacijo soli na saniranih zidovih. Na zidu, ometanem s hidrofbnim ometom, da je kondenzatna vlaga curkoma tekla po površini ometa. Pri nadaljnjem sušenju je hidrofbni omet odpadel zaradi podometne kristalizacije soli kot posledice sušenja zidov.

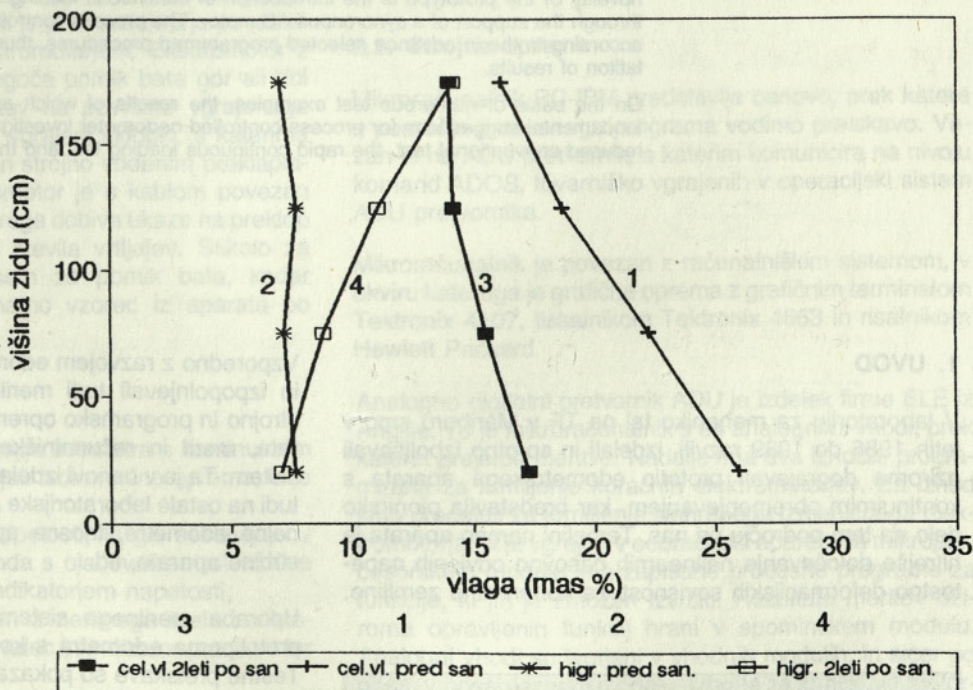
Poskusi, ki smo jih v tem času izvajali v laboratoriju, kažejo, da bi bili rezultati lahko bistveno boljši, če bi bili pogoji med ometavanjem primernejši. Predvsem ne bi smeli ometavati prej kakor eno leto po sanaciji. Ometavati pa bi morali v več fazah z vmesnim sušenjem posameznih plasti.

Sanacijo bi bilo treba dopolniti z izdelavo tal, ki so sedaj zbita zemlja, skozi katero ob plimi izvira morje. Z ogrevanjem in zračenjem bi bilo treba zagotoviti ugodnejše pogoje v prostorih. Tako bi pospešili sušenje zidov in ovirali navlaževanje zaradi kondenzacije vlage na stalno hladnih zidovih palače.

## 7. OCENA USPEŠNOSTI

Rezultat sanacije je prikazan z diagramom 3 kot porazdelitev celotne vlage (krivulja 1 – pred sanacijo, krivulja 3 – dve leti po sanaciji) in higroskopične vlage (krivulja 2 – pred sanacijo, krivulja 4 – dve leti po sanaciji) po višini zidov.

DIAGRAM 3



## LITERATURA

1. I Mattone di Venezia 1982.
2. V. Apih, J. Kos: Sanacija vlažnih zidov, raziskave 1984–89.
3. V. Apih: Progetto di risanamento dei muri sottoposti all' umidità negli edifici di Venezia, 1987–90.

Ocenjujemo, da uvedena injekcijsko-penetracijska bariera uspešno učinkuje: količina vode v zidu, ki je posledica kapilarnega vleka, visoke plime in poplav (pred sanacijo jo predstavlja površina med krivuljama 1 in 2 – diagram 3), se je po poskusni sanaciji močno zmanjšala (na površino med krivuljama 3 in 4). V zgornjih predelih zidu (150 cm) je njegova navlaženost določena s higroskopičnostjo soli, ki so v zidovih. V spodnjem delu se zidovi še počasi sušijo. Poleg soli v gradivu ovirajo sušenje tudi velika atmosferska vlaga in nizke temperature zidov, kar ima za posledico kondenzacijo vodnih hlapov na površini zidov. Teh učinkov s hidrofbnimi ometi ne moremo zadovoljivo preprečiti. Potrebni bi bili drugi posegi, s katerimi bi predvsem odstanili soli iz zidov. S pravilno porazdelitvijo ogrevanja in zračenja prostorov pa bi lahko pospešili izhlapevanje vode in preprečevali kondenzacijo vlage.

## SKLEP

Z injekcijsko-penetracijskim postopkom, razvitim za sanacijo vlažnih zidov v Benetkah (3), je mogoče uspešno zmanjšati količino tiste vlage v zidovih, ki je posledica neposrednega učinka morja (neizolirani temelji – klima, poplave). Mejo osušenosti zidov definirajo higroskopične soli v zidovih in kondenzacija vlage na površini zidov, do katere pride zaradi pogosto zelo velikih razlik med temperaturo zidov in zraka.

# PROCESNO VODENA EDOMETRSKA PREISKAVA

UDK 624.131.37

LUDVIK TRAUNER, BOJAN ŽLENDER

## POVZETEK

Prispevek podaja izvirne postopke za izvajanje nekonvencionalnih procesno vodenih edometerskih preiskav stisljivosti koherentnih zemljin. Edometerski aparat, merilna oprema, računalniška strojna in programska oprema tvorijo celoto, imenovano merilni sistem.

Merilni sistem je testiran na prototipu edometra s kontinuirnim obremenjevanjem. Osnovna novost prototipa je vpeljava kontinuirnega obremenjevanja vzorca zemljine, kar dosežemo s pomočjo sinhronnega izmeničnega elektro motorja. Procesno vodene preiskave tečejo avtomatsko po vnaprej izbranih in programiranih postopkih, kjer je možna takojšnja interpretacija rezultatov.

Na podlagi številnih testnih primerov in izpopolnjene teoretične podlage so razviti trije predlogi za procesno vodene edometerske preiskave: reducirani konvencionalni test, hitri test s kontinuirnim obremenjevanjem in test s simuliranjem napetostne zgodovine.

## PROCESSING GUIDE OEDOMETER TEST

## SUMMARY

In this thesis, the theoretical and numerical procedures supporting the performance of process controlled oedometric investigation of compressibility of coherent soils are discussed. The oedometer apparatus, the measuring equipment, and the computer hardware and software represent the measuring system.

The measuring system has been tested through a prototype continuous loading oedometer. The basic novelty of the prototype is the introduction of continuous loading of the sample, which is achieved through the support of a synchronous AC motor. The process controlled investigation run automatically according to the in advance selected programmed procedures, thus enabling an immediate interpretation of results.

On the basis of numerous test examples, the results of which are presented in the thesis, three fundamental suggestions for process controlled oedometer investigations have been worked out: the reduced conventional test, the rapid continuous loading test and the stress history simulation test.

## 1. UVOD

V laboratoriju za mehaniko tal na TF v Mariboru smo v letih 1986 do 1989 razvili, izdelali in sprotno izboljševali oziroma dograjevali prototip edometerskega aparata s kontinuirnim obremenjevanjem, kar predstavlja pionirsko delo na tem področju pri nas. Temeljni namen aparata je hitrejšo določevanje nelinearnih časovno odvisnih napetostno deformacijskih sovisnosti za koherentne zemljine.

Vzporedno z razvojem edometerskega aparata smo razvili in izpopolnjevali tudi merilno opremo ter računalniško strojno in programsko opremo. Tako tvorjeno celoto aparata, meril in računalniške opreme imenujemo merilni sistem. Ta je v osnovi izdelan tako, da omogoča razširitev tudi na ostale laboratorijske aparature, kot npr. konvencionalne edometre, triosne aparate, direktne in rotacijske strižne aparate, itd.

Uporaba merilnega sistema je bila testirana hkrati s prototipoma edometra s kontinuirnim obremenjevanjem. Testne preiskave so pokazale na precejšnje prednosti, ki jih nudijo procesno vodene preiskave. Te so predvsem v popolni avtomatiziranosti dela, ki že med preiskavo omogoča določeno interpretacijo rezultatov. Prav tako je bistveno skrajšan čas preiskave. Nadalje nam poljubno izbrane poti obremenjevanja vzorca, deformacij vzorca ali

Avtorja:  
Prof. Dr. Ludvik Trauner, Tehniška fakulteta Univerze v Mariboru  
Asis. Mag. Bojan Žlender, Tehniška fakulteta Univerze v Mariboru

pornih tlakov v vzorcu omogočajo širok spekter preiskav in s tem dober vpogled v fizikalne lastnosti zemljin.

Izvedene so bile številne konvencionalne in nekonvencionalne testne preiskave s prototipno aparaturo, ki odpirajo nove poglede na obnašanje in teorijo konsolidacije zemljin.

V prispevku podajamo tri različne postopke novih edometriških preiskav, ki bistveno skrajšajo čas preiskave: reducirani konvencionalen test, hitri test s kontinuirnim obremenjevanjem in test s simuliranjem napetostne zgodovine.

## 2. OPREMA

Procesno vodene preiskave stisljivosti so bile testirane s prototipom edometra s kontinuirnim obremenjevanjem.

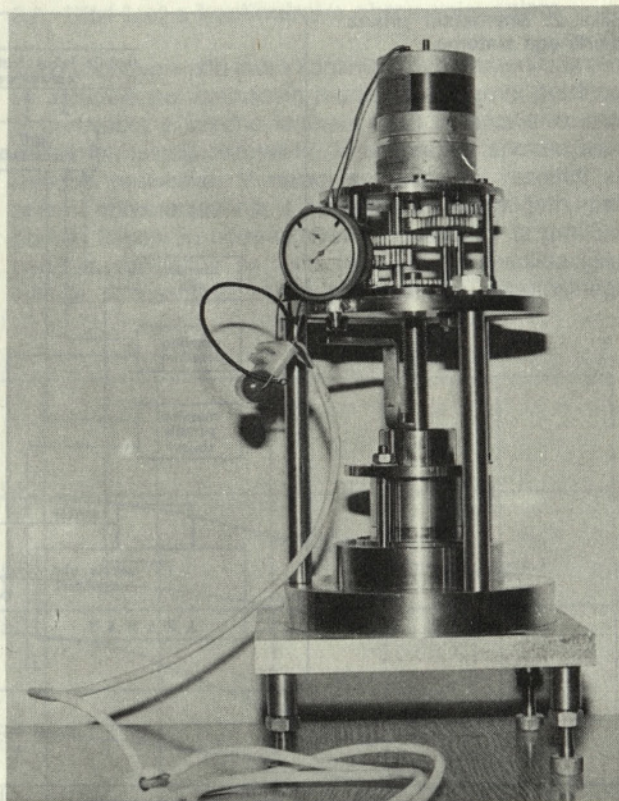
### 2.1. Prototip edometra

Sestoji iz trinožne nosilne konstrukcije, v katero se vgradi cilindrični jekleni oklep premera 50 mm in višine 20 mm. Na podložni ploskvi vzorca je porozni kamen premera 30 mm, skozi katerega lahko izteka voda iz vzorca v iztočno (kapilarno) cev. Porozni kamen s filtrskim papirjem, pritrjenim na vzorec, preprečuje izpiranje finih zrn iz vzorca. Na kapilarno cev lahko pritrdimo merilec pornih tlakov ter zunanjo kapilarno cev, s pomočjo katere po potrebi dosegamo popolno začetno zasičenost vzorca, ustvarjamo osnovni porni tlak v vzorcu ipd. Enako je s poroznim kamnom zaščitena gornja ploskev vzorca, kjer je omogočeno prosto iztekanje porne vode. Na gornjo ploskev vzorca pritiska bat, ki je prek reduktorja povezan s sinhronim izmeničnim elektromotorjem. Elektromotor z rotacijo prek reduktorja omogoča pomik bata gor ali dol in tako povzroča obremenitev na površino vgrajenega vzorca. Na elektromotor sta vgrajeni sklopki, s katerima lahko izbiramo med ročnim in strojno vodenim preklapljanjem elektromotorja. Elektromotor je s kablom povezan na ADU pretvornik, prek katerega dobiva ukaze na preklop oziroma pogon določenega števila vrtljajev. Stikalo za ročno vodenje rabi predvsem za pomik bata, kadar vgrajujemo oziroma izvzemamo vzorec iz aparata po končani preiskavi.

### 2.2. Merilna oprema

Vzporedno z razvojem prototipa edometra s kontinuirnim obremenjevanjem smo razvijali tudi merilno opremo, ki jo tvorijo:

- merilec obremenitvene napetosti, ki ga sestavljajo v aparat vgrajena merilna sonda s ojačevalcem električne napetosti, kalibratorjem in indikatorjem napetosti;
- merilec pomikov, sestavljen iz merilnega tipala z mikrometrom, vezanega na ojačevalec in indikator pomikov ter časa;
- merilec pornih tlakov, sestavljen iz merilne sonde, vezane na ojačevalec z indikatorjem pornih tlakov;
- merilec bočnih napetosti, ki ga sestavljajo merilni lističi na oklepju vzorca, vezani na ojačevalec električne napetosti s kalibratorjem in indikatorjem napetosti.



Slika 1: Prototip edometra s kontinuirnim obremenjevanjem

### 2.3. Strojna oprema

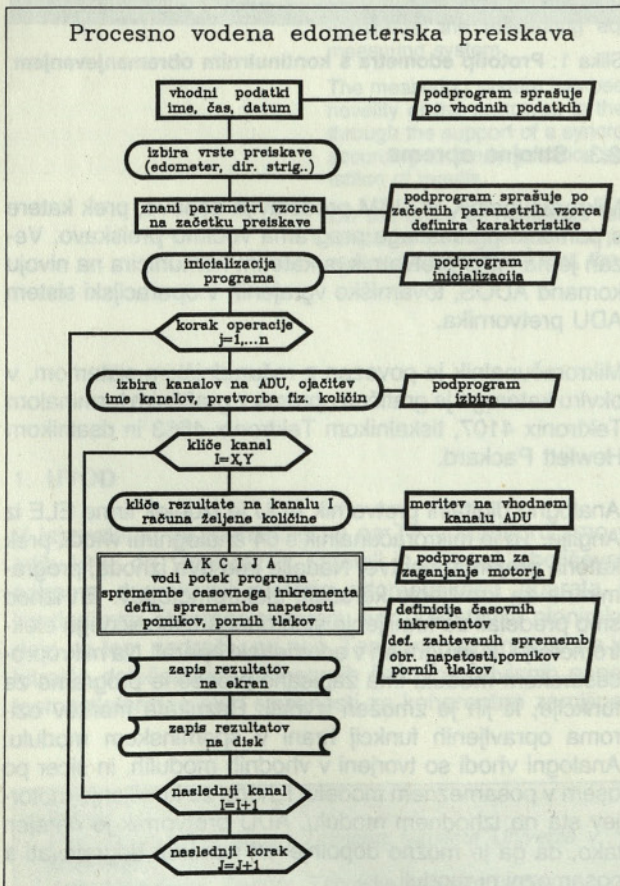
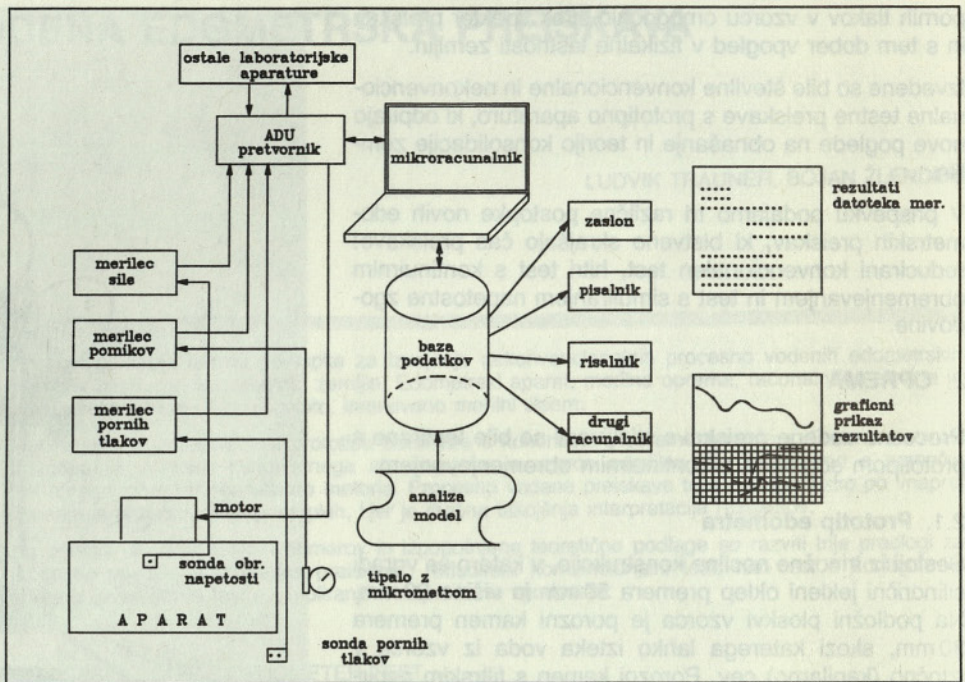
Mikroračunalnik PC-IBM predstavlja osnovo, prek katere s pomočjo procesnega programa vodimo preiskavo. Vezan je na ADU pretvornik, s katerim komunicira na nivoju komand ADOS, tovarniško vgrajenih v operacijski sistem ADU pretvornika.

Mikroračunalnik je povezan z računalniškim sistemom, v okviru katerega je grafična oprema z grafičnim terminalom Tektronix 4107, tiskalnikom Tektronix 4663 in risalnikom Hewlett Packard.

Analogno digitalni pretvornik ADU je izdelek firme ELE iz Anglije. To je mikroračunalnik s 64 analognimi vhodi, prek katerih prejema meritve. Nadalje ima dva izhoda, programirana za krmiljenje koračnih elektromotorjev. En izhod smo predelali za krmiljenje sinhronnega izmeničnega elektromotorja, ki je vgrajen v edometriški aparat. Na mikroprocesorskem modulu ima zapisane procesne programe za funkcije, ki jih je zmožen izvršiti. Rezultate meritev oziroma opravljenih funkcij hrani v spominskem modulu. Analogni vhodi so tvorjeni v vhodnih moduli, in sicer po osem v posameznem modulu. Izhoda za krmiljenje motorjev sta na izhodnem modulu. ADU pretvornik je narejen tako, da ga je možno dopolnjevati oziroma dograjevati s posameznimi moduli.

Merilni sistem je shematsko prikazan na sliki 2.

Slika 2: Shematski prikaz merilnega sistema



Slika 3: Diagram osnovnega procesnega programa

### 2.4. Programska oprema

Programsko opremo tvorijo:

- osnovni procesni program, zapisan na glavnem mikroracunalsniku. Program je namenjen za komuniciranje z ADU pretvornikom, prek katerega mikroracunalsnik daje krmilne ukaze in prejema želene meritve;
- procesni programi ADU pretvornika, ki so že tovarniško vgrajeni v pretvornik;
- programi za grafični prikaz rezultatov meritev, ki so uporabni za Tektronix grafično opremo. Program je uporaben za časovni prikaz spreminjanja merjenih spremenljivk: obremenitvenih napetosti, pornih tlakov, pomikov, količnikov por in njihovih hitrosti, ter po želji še ostalih spremenljivk.

Diagram osnovnega procesnega programa je podan na sliki 3.

### 3. EKSPERIMENTALNE ANALIZE

Opravili smo serijo različnih testnih procesno vodenih preiskav, od katerih podajamo ilustrativen prikaz treh tipičnih preiskav, ki smo jih razvili v Laboratoriju za mehaniko tal na TF v Mariboru.

#### 3.1. Reducirani konvencionalni test

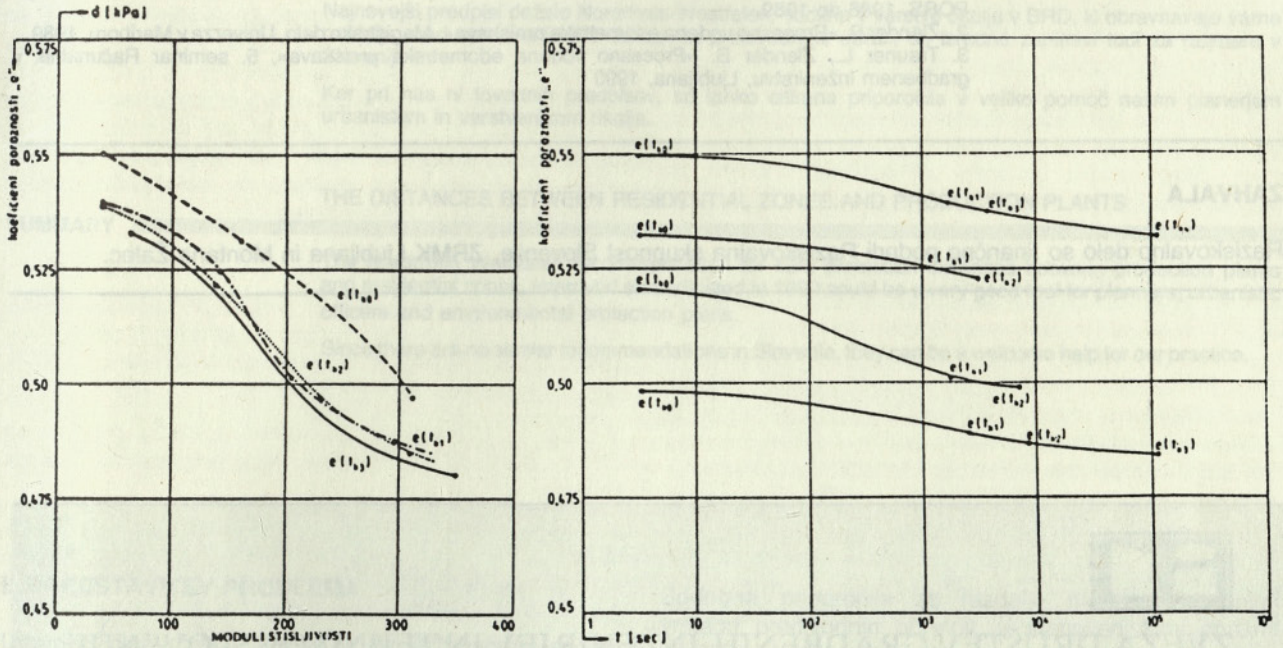
Test izhaja iz predpostavke, da ima porni tlak po obremenitvi tipično časovno krivuljo, iz katere lahko razberemo (ob meji med primarno in sekundarno konsolidacijo) dva karakteristična časa. Prvi je, ko naraščajoči porni tlak doseže ekstremno vrednost, in drugi, ko nato upadajoči



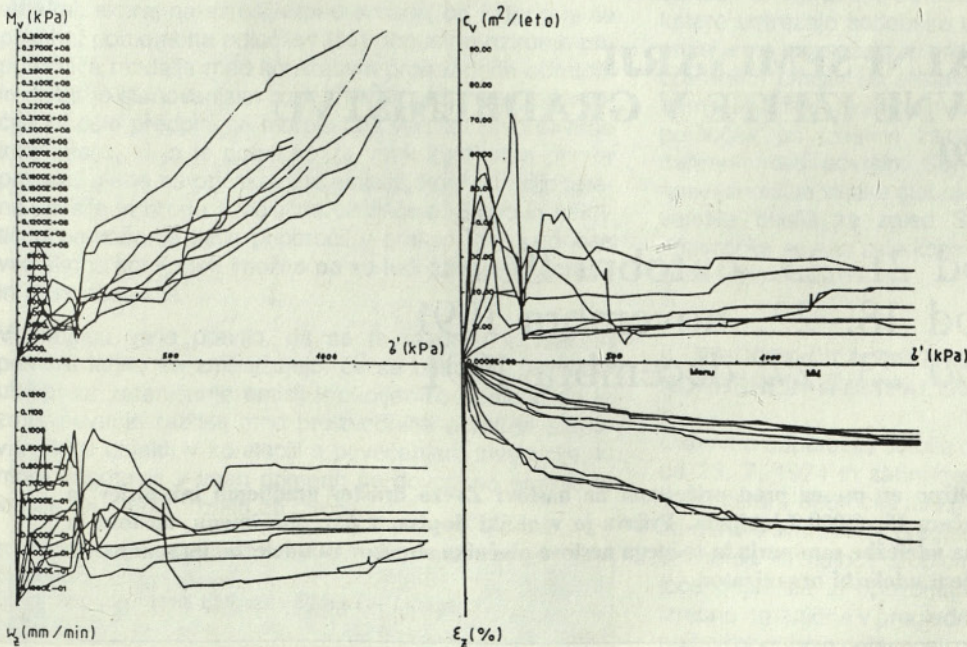
tlak doseže ekstremno hitrost upadanja. Za vsak karakterističen čas lahko izrazimo napetostno deformacijski odnos, izražen z deformacijo kot funkcijo efektivnih napetosti. Za vsak čas je funkcija zvezna. Ob poznavanju sekundarne konsolidacije pri osnovnem in najvišjem obremenitvenem stanju izrazimo deformacijsko napetostno funkcijo z dvema točkama, ostale točke lahko predpostavimo iz poznavanja funkcij za prejšnje karakteristične čase. Uporabnost testa je potrjena z vzporedno izvršenimi konvencionalnimi in reduciranimi konvencionalnimi testi z identičnimi zemljinami.

### 3.2. Hitri test s kontinuirnim obremenjevanjem

Tako imenovani hitri test s kontinuirnim obremenjevanjem se zgleduje po Janbujevih predlogih. Njegova prednost je predvsem v izredno kratkem času preiskave in enostavni formulaciji rezultatov, ki so podani sprotno med izvedbo preiskave. V nalogi so prikazani rezultati za primer obremenjevanja s konstantnim razmerjem med pornim tlakom in obremenitveno napetostjo. Iz grafično podanih rezultatov so lepo razvidne rekonsolidacijske krivulje, ki nastopijo zaradi predhodnega napetostnega



Slika 4. Napetost deformacijske sovisnosti za reducirani konv. test



Slika 5. Prikaz sprememb modulov stisljivosti, koeficienta stisljivosti, deformacij in hitrosti deformacij

stanja zemljine v naravi.

### 3.3. Test s simuliranjem napetostne zgodovine

Test upošteva stanje zemljine v naravi pred končanim obremenjevanjem (gradnjo), med njim in po njem. Iz predpostavljenega vpliva debeline zemljinskega sloja na čas konsolidacije lahko za znano slojevitost tal in časovni potek obremenjevanja (gradnje) določimo primerjalne

čase za edometriški ali triosni aparat. Tako imamo pri laboratorijski preiskavi tri reducirana obdobja: prvo obdobje zajema preteklost, ko pustimo vzorec konsolidirati pri obremenitvi, kot je bila v naravi; drugo obdobje obravnava obremenjevanje, ko skušamo čimbolje simulirati potek gradnje; v tretjem obdobju se vzorec dokončno konsolidira ob novem napetostnem stanju. Tako dobimo napetostno deformacijski odnos, ki dokaj ustreza stanju v naravi.

## LITERATURA

1. Trauner L. s sod. »Edometer s kontinuirnim obremenjevanjem« 1. do 4. del, Raziskovalna naloga PORS, 1986 do 1989.
2. Žlender B. »Procesno vodena edometerska preiskava«. Magistrsko delo, Univerza v Mariboru, 1989
3. Trauner L., Žlender B. »Procesno vodena edometerska preiskava«, 5. seminar Računalnik v gradbenem inženirstvu, Ljubljana, 1990

## ZAHVALA

Raziskovalno delo so finančno podprli Raziskovalna skupnost Slovenije, ZRMK Ljubljana in Montana Žalec.



ZVEZA DRUŠTEV GRADBENIH INŽENIRJEV IN TEHNIKOV SLOVENIJE  
Ljubljana, Erjavčeva 15; tel. 061/221 587

## PRIPRAVLJALNI SEMINARJI ZA STROKOVNE IZPITE V GRADBENIŠTVU ZA LETO 1991

7. seminar od 21.–25. oktobra 1991
8. seminar od 18.–22. novembra 1991
9. seminar od 23.–27. decembra 1991

Prijaviti se je treba približno en mesec pred pričetkom na naslov: Zveza društev gradbenih inženirjev in tehnikov Slovenije, Erjavčeva 15, 61000 Ljubljana. Prijava je v obliki dopisa, z navedbo imena, naslova in poklica kandidata, datuma udeležbe seminarja in točnega naslova plačnika stroškov za udeležbo na seminarju. Račun izstavi po ugotovljeni udeležbi organizator.

# RAZDALJE MED STANOVANJSKIMI CONAMI IN PROIZVODNIMI OBRATI V ZAZIDALNIH NAČRTIH

UDK: 624.03:711.64

MARIJAN IVANC

## POVZETEK

Najnovejši predpisi dežele Nordrhein-Westfalen, vodilne v varstvo okolja v BRD, ki obravnavajo varne razdalje med stanovanjskimi conami in proizvodnimi obrati, so izredno zanimivi tudi za razmere v Sloveniji.

Ker pri nas ni tovrstnih predpisov, so lahko citirana priporočila v veliko pomoč našim planerjem urbanistom in varstvenikom okolja.

## THE DISTANCES BETWEEN RESIDENTIAL ZONES AND PRODUCTION PLANTS

## SUMMARY

The Nordrhein Westfalen recommendation for safe protection distances between production plants and residential zones, improved and adjusted in 1990 could be a very good tool for planners, urbanistic officers and environmental protection plans.

Since there are no similar recommendations in Slovenia, they can be a welcome help for our practice.

## I. PREDSTAVITEV PROBLEMA

Urbanisti, planerji zazidalnih in prostorskih načrtov, soglasodajalci k lokacijam, inšpektorji, upravni organi in investitorji najrazličnejših proizvodnih obratov so največkrat pred velikimi, skoraj nerazrešljivimi dilemami, od katerih je še posebej pomembna odločitev (še) dopustne oziroma priporočljive razdalje med konkretnim proizvodnim obratom in najbližjo stanovanjsko cono. Različni sezname, priporočila ali celo predpisi ne morejo dati več kot prvo okvirno informacijo, ki jo je potrebno za vsak konkreten primer preveriti glede na pričakovane emisije, konfiguracijo terena, imisije in druge specifične okoliščine. Slepo in nekritično prenašanje takih priporočil v prakso lahko prinese več škode kot koristi, možne pa so tudi zavestne zlorabe in posploševanja.

V principu velja pravilo, da se te razdalje v vsakem primeru lahko še zmanjšujejo, če se ustrezno povečajo ukrepi za zmanjšanje emisij v okolje. To pomeni, da je zmanjševanje razdalj med proizvodnimi obrati in stanovanjskimi objekti v korelaciji s povečanjem investicije, ki mora zagotoviti v vseh primerih še dovoljene emisije in imisije pri enakih rizikih za okolje.

Sodobna priporočila za razdalje med posameznimi vrstami proizvodnih obratov in stanovanjskimi conami slonijo na predpostavkah, da pri normalni konfiguraciji terena (ravnina neporaščena z gozdom) in opremljenosti obratov z napravami za kontrolo in zmanjševanje emisij, katere ustrezajo sodobnim tehničnim rešitvam, imisije in emisije ne presežejo s predpisi dopustnih vrednosti. V opisanem smislu so sestavljena tudi priporočila zvezne nemške dežele Nordrhein-Westfalen, namenjena kot pripomoček pri izdelavi zazidalnih načrtov in planiranju namembnosti površin. Ker je ta dežela zaradi goste naseljenosti in visoke stopnje industrializacije lahko glede varstva okolja za zgled Sloveniji, so tudi ta njihova priporočila za nas zelo koristna informacija in napotek za konkretno analizo.

## II. PRIPOROČILA ZVEZNE NEMŠKE DEŽELE NORDRHEIN-WESTFALEN

Osnovna priporočila so bila objavljena pod št. III.B.1-8804 od 25. 7. 1974 in zadnjikrat novelirana: konec 1989. in 1990. leta. Priporočila lahko razdelimo na seznam razdalj za glavne primere (v preglednici 1 je prikazan izveček iz seznama za najbolj problematične primere) in spremljajoča pojasnila in opozorila. Proizvodno dejavnost, ki ni izrecno omenjena v preglednici 1, lahko uvrstimo v rubriko najbolj podobnih dejavnosti glede na pričakovane emisije.

Avtor:  
dr. Marijan Ivanc, dipl. inž., SMELT – Ljubljana

## Pojasnila in opozorila

1. Priporočila št. III.B.1-8804 vsebujejo temeljne napotke za sestavo zazidalnih načrtov in upoštevanje imisijskega zakona ter pomoč soglasodajalcem, inšpektorjem in prostorskim načrtovalcem.

2. Za poenotenje stališč državnih inšpekcijskih organov pri opredeljevanju zazidalnih načrtov je potrebno upoštevati naslednja pojasnila in opozorila:

2.1. Emisije prahu, plinov, smradu in hrupa morajo biti v vsakem konkretnem primeru v mejah, ki pri dani razdalji do zaščitene cone ne presežejo dopustnih imisij v skladu z zakonodajo. Če to ni možno doseči z razpoložljivimi napravami oziroma tehničnimi rešitvami, je potrebno razdaljo ustrezno povečati. Zato je obvezna kontrola pooblaščenih državnih institucij, ki zazidalne načrte preverja še glede na imisijsko zakonodajo in upošteva vrsto zaščitene cone: stanovanjska področja ali mešana področja in manjša naselja. Razdalje iz preglednice 1 se naj uporabljajo pod pogoji 2.2. in 2.3.

Inšpekcijski organi in nosilci javnih interesov imajo pravico sprožiti preverbe in kontrole, občine pa imajo pravico in odgovornost za opredeljevanje zazidalnih načrtov, ki morajo skozi predpisane procedure potrditev in soglasij. Pri presoji skladnosti z imisijsko zakonodajo ni naloga inšpekcije usklajevanje, temveč kontrola na podlagi zahtev in dokumentov. Nosilec planiranja lahko v danih primerih tudi zavrne pripombe inšpekcije, če je iz dokumentacije razvidno, da so izpolnjene zahteve v okviru zakona o graditvi objektov. Iz formulacije nemškega zaščitnega imisijskega zakona »kolikor je možno« namreč izhaja, da izpolnitev imisijskih zahtev nima absolutne veljave pred ostalimi javnimi zahtevami v okviru zakona o graditvi objektov.

## 2.2. Uporaba seznama priporočenih razdalj (preglednica 1)

### 2.2.1. Splošne osnove

Pri uporabi priporočenih razdalj ne smejo nastopiti v zadevnih zaščitnih conah večje obremenitve okolja, če

so uporabljene proizvodne tehnologije v skladu s sodobnim stanjem tehnike in znanosti. Priporočene razdalje so izdelane z upoštevanjem predpisov TA Luft, TA Schutz gegen Lärm, VDI-Richtlinien, DIN-Normen, inozemskih predpisov o razdaljah ter z upoštevanjem praktičnih izkušenj inšpekcij v deželi NW.

Glede hrupa so upoštevane imisijske vrednosti: 35 dB(A) za maks. nočno vrednost pri kontinuiranem obratovanju, 50 dB(A) za maks. dnevno vrednost pri dnevnem obratovanju.

Če je pri izbiri razdalje odločujoč hrup, potem so lahko razdalje tudi manjše od priporočenih po seznamu, kolikor se nameravajo zaščititi splošne stanovanjske cone, toda z upoštevanjem ukrepov pod 2.224 in zakonom o širjenju zvoka. V preglednici 1 niso navedeni obrati, ki so dovoljeni v stanovanjskih conah in za katere ni predpisana varnostna razdalja. Če je v stanovanjski coni že lociran manjši obrat kot je naveden v Tabeli 1, je potrebno za novi večji obrat izbrati zaščitno razdaljo po individualni presoji oziroma preveri in ne iz Tabele 1.

### 2.2.2. Posebni primeri

2.2.2.1. Splošne osnove 2.2.1. veljajo pri načrtovanju stanovanjske cone ob obstoječem proizvodnem obratu in v obratnem slučaju, ko ob stanovanjski coni želimo postaviti proizvodni obrat.

2.2.2.2. Površine v radiusu izbrane zaščitne razdalje se lahko uporabijo za namene, kjer je potrebna zaščita manjša.

2.2.3. Zaščitna razdalja je definirana kot najkrajša razdalja v vertikalni projekciji med obratom oz. mikrolokacijo emisijskega vira (na primer dimnik) in stanovanjskim naseljem. Razlika razdalje do 5 % je dopustna.

2.2.2.4. Z zvezdico (\*) označeni obrati v Tabeli 1 imajo lahko zaščitno razdaljo do 1/3 manjšo kot je priporočena, če je varovana cona splošno stanovanjsko področje. Primerjaj 2.2.1.

2.2.2.5. Razdalje iz Tabele 1 veljajo za ravnino. Pri drugačni konfiguraciji terena, na primer v dolinah, je potrebna individualna prevera. Primerjaj 2.3113 in 2.3121.

Preglednica 1: Izvleček iz liste 1990 priporočenih razdalj med proizvodnimi obrati in stanovanjskimi naselji. Stanje 1990 – TVAB/28. Lfg. IX. 1990 (No der 4. B/m SchV – št. v nemškem 4. zveznem imisijskem zakonu)

Razred	Razdalja v m	Tekoča št.	No der 4. B/m SchV	Vrsta proizvodnega obrata
I.	1500	1	1.1 (1)	Termoelektrarne s kurišči na trdna, tekoča in plinasta goriva moči nad 900 MW.
		2	1.1 (1)	Naprave za suho destilacijo ali rafinacijo (koksarne in proizvodnja katrana–tera).
		6	4.4 (1)	Naprave za destilacijo in rafinacijo ali drugo nadaljnjo predelavo nafte in naftnih proizvodov v rafinerijah mineralnih olj, starih olj, maziv; v petrokemičnih obratih in obratih za pridobivanje parafina.
		18	6.3. (1)	Naprave za proizvodnjo vezanih plošč, panel plošč in folij iz lesnih vlaken.
		19	7.12 (1)	Kafilerije in zbirališča odpadkov/ostankov živalskega izvora in naprave za njihovo uničevanje ali odlaganje, grobišča.
		20	7.15 (1)	Sušilne grede in naprave za živalske iztrebke.
III.	700	23	1.1 (1)	Termoelektrarne in toplarne s kurišči na trdna, tekoča ali plinasta goriva za: a) Termoelektrarne moči 150–900 MW b) Toplarne nad 300 MW
		36	8.1 (1)	Naprave za delni ali popolni sežig tekočih ali trdnih snovi.
		37	8.6 (1)	Naprave za kemično pripravo cianide vsebujočih koncentratov, nitritov, nitratov ali kislin, če je s tem omogočena uporaba ali odstranitev odpadnih snovi.
		38	–	Naprave za pripravo tekočih žlinder (npr. žlindra iz visokih peči).

IV.	500	40	1.1 (1)	Toplarne in termoelektrarne s kurišči na trdna, tekoča in plinasta goriva za: a) Termoelektrarne moči 100–300 MW b) Toplarne nad 100 MW
		45	2.8 (1)	Obrati za proizvodnjo stekla, tudi iz črepinj, proizvodnjo steklenih vlaken (ne za medicinske ali telekomunikacijske namene). Topilnice mineralnih snovi.
		46	2.11 (1)	Kovačnice, kovanje s kladivi in utopi.
		51	3.11 (1)	Drobnilci starega železa z rotorskimi mlini moči motorja od 100 kW naprej.
		52	3.14 (1+2)	Proizvodnja maziv – olj in masti in maziv za obdelavo – izdelavo kovin.
		57	4.5 (1)	Naprave za pripravo organskih topil z destilacijo, kapacitete nad 1 t/h.
		59	4.8 (1)	Naprave za proizvodnjo celuloze iz lesa, slame ali podobnih vlaken.
		67	6.1 (1)	Vzreja perutnine ali svinj, več kot: a) 51.000 nesnic b) 102.000 piščancev c) 102.000 broilerjev d) 1900 mladičev svinj e) 640 svinj
		68	7.1 (1)	Klavnice s tedensko kapaciteto (minimum): a) 500 kg žive teže perutnine b) 4000 kg žive teže ostalih živali
		IV.	500	70
71	7.6 (2)			Čiščenje in odstranjevanje sluzi na živalskih želodcih in črevah.
72	7.7 (2)			Priprava in predelava telečjih želodcev.
73	7.9 (1)			Proizvodnja gnojiv in krmil ali tehnične masti iz stranskih produktov klavnic (kosti, dlak, perja, rogov, parkljev, krvi).
74	7.11 (1)			Zbiralnice in skladišča neobdelanih kosti z izjemo kosti lastne proizvodnje v: – mesnicah s predelavo mesa do 4000 kg – klavnicah s proizvodnjo manjša kot pod točko 69
75	7.21 (1)			Mlini za živila in krmila s proizvodnjo 500 t/dan ali več
76	7.23 (1)			Ekstrakcija rastlinskih masti in olj z vložkom nad 1 t.
78	8.3 (1)			Naprave za reciklažo posameznih delov trdnih snovi s sežigom.
79	9.11 (2)			Odpрте in nepopolno zaprte naprave za prekladanje ali nakladanje/razkladanje razsutih tovorov, ki bi se v suhem stanju prašili pri iztresanju iz vozil ali kontejnerjev, ali pri uporabi nakladalca, bagr, »graferja«, sesalca ali podobne naprave. Omejitev ne velja za količine pod 200 t/dan in za nakladanje/razkladanje izkopov zemlje ali kamenja (jalovine) pri rudarjenju.
80	–			Deponije za komunalne in/ali posebne odpadke.
V.	300	83	1.5 (1+2)	Obratovanje plinskih turbin za pogon strojev ali generatorjev.
		85	1.13 (1)	Proizvodnja generatorskega ali vodnega plina
			1.15 (1)	iz trdnih goriv ali mestnega ali daljinskega plina s cepljenjem ogljikovodikov.
		87	2.2 (2)	Naprave za drobljenje, mletje ali klasiranje naravnih ali umetnih kamenin, vključno žlindre in lomljenca, z izjemo klasirnic peska in kremenčevega peska.
		89	2.6 (1)	Pridobivanje, predelava in obdelava azbesta.
		108	4.8 (2)	Priprava organskih topil z destilacijo kapacitete manj kot 0,5 t/h.
		109	4.9 (1+2)	Topilnice naravnih ali umetnih smol do 1 t/d.
		115	6.2 (1+2)	Obrati z enim ali več strojev za proizvodnjo papirja, kartona, ravne lepenke ali valovite lepenke.
		116	7.1 (1)	Vzreja perutnine ali svinj: a) 14.000–51.000 nesnic b) 28.000–102.000 piščancev c) 28.000–102.000 broilerjev d) 525–1900 mladičev svinj e) 175–640 svinj
		118	7.8 (1)	Proizvodnja želatine, kožnega kleja ali kostnega kleja.
		119	7.10 (1)	Skladiščenje ali priprava neobdelanih dlak. Izjema je volna in dlake iz lastne proizvodnje v obratih manjše zmogljivosti kot v točki 6.9.
		120	7.13 (2)	Sušenje, nasoljevanje, skladiščenje in odstranjevanje dlak živalskih kož in kožuhov.
		121	7.14 (2)	Predelava – strojenje živalskih kož in kožuhov, vključno usnjarne.
127	8.4 (1+2)	Priprava odpadkov, naprave za reciklažo gospodinjskih odpadkov, sortirnice, itd. – če je kapaciteta večja kot 1 t/h.		
128	8.5 (1)	Kompostarne – samostojni večji obrati.		
129	9.10 (1)	Prekladalnice odpadkov kapacitete nad 100 t/d, z izjemo prekladalnice zemlje ali kamenja pri rudarjenju.		
135	–	Čistilne naprave odpadk.		
128	–	Deponije zemlje in izkopov, gradbenih odpadkov.		
142	–	Obrati s stiskalnicami.		
146	–	Zbiralnice starega železa.		
147	–	Parkirišča in garaže vozil za cestno službo ter komunalno – javno higieno.		
148	–	Špedicije vseh vrst ter prepakirnice v kontejnerje – večje tovore.		
157	7.1 (1)	Vzreja perutnine ali svinj: a) 3200–14.000 nesnic b) 6400–28.000 piščancev c) 6400–28.000 broilerjev d) 102–525 mladičev svinj e) 40–175 svinj		
VII.	100	187	–	Naprave za kompostiranje.
		188	–	Naprave za trgani tekstil industrijsko vato in čistilne krpe.
		193	–	Gradbišča.
		194	–	Čuvanje vozil.
		195	–	Servisi vozil.
		196	–	Obnavljanje pnevmatik, če je poraba kavčuka pod 50 kg/h.

2.2.3. Ne uporabljaj razdalj iz Tabele 1 pri že obstoječih imisijskih obremenitvah, ker je važna kumulativa.

Kolikor je v tangiranem prostoru že prisotno onesnaževanje, je potrebno določiti razdalje z ozirom na kumulativno stanje z dodatnim virom onesnaževanja. Kumulativna imisija mora biti v predpisanih mejah.

2.3. Razdalje iz Tabele 1 uporabiti pri načrtovanju prostora in zazidalnih načrtov v naslednjih fazah (Preglednica 1).

### 2.31. Zazidalni načrt

#### 2.311

Dislociranje industrijskih in obrtniških con

##### 2.3111

Kadar za bodoče dislocirane industrijske in obrtniške cone ni še znana njihova vsebina, je potrebno poleg varnostne razdalje navesti tudi dejavnosti, ki so izvzete. Zaradi enostavnosti se lahko navedejo ustrezne številke iz preglednice 1 z opombo »in podobne dejavnosti«. Če razvoj tehnologije in naprav za varstvo okolja v kasnejšem času omogoči znižanje imisij do dopustnih vrednosti, je možno izvzeto dejavnost z ustrezno obrazložitvijo vnesti v predvideno cono.

##### 2.3112

Kadar je vsebina bodoče cone že poznana, je potrebno uporabiti razdalje iz preglednice 1 in natančno porazdeliti dejavnosti v mejah cone po principih iz 2.3111.

##### 2.3113

Kadar so za bodočo cono že znani obrati po velikosti in vrsti tehnologije in če so v okolici že obstoječe stanovanjske cone, je treba razporediti obrate v coni glede na razdalje iz preglednice 1. Če teh razdalj ni možno v celoti ali deloma doseči, je potrebno izvršiti natančne analize na podlagi konfiguracije terena, katastra emisij, itd. ter pridobiti mnenja pooblaščenih specialistov za imisije. Inšpekcije lahko zahtevajo še dodatne ekspertize. Ekspertize in mnenja morajo upoštevati zahteve iz točke 2.312 2.3121

Dislociranje stanovanjskih con.

Kadar se locira stanovanjska cona poleg obstoječih obratov, ki se ne bodo več širili in če so razdalje iz preglednice 1 krajše za več kot 5%, je potrebno z natančno analizo imisij določiti oziroma predlagati dodatne zaščitne ukrepe na stavbah. Pri analizi je treba predvidevati najneugodnejši pomen emisij. Razlikujemo dva primera:

a) Če je emisija večja, kod dopuščajo predpisi po imisijskem zakonu, ne bomo stanja izboljševali s pasivnimi zaščitnimi ukrepi na stavbah, temveč z zmanjševanjem emisije.

b) Če je emisija ugodnejša kot dopuščata zakon, potem zboljšamo stanje imisij s pasivnimi zaščitnimi ukrepi na stavbah oziroma zadevnem delu stanovanjske cone.

##### 2.3122

Kadar so stanovanjske cone locirane poleg obstoječe industrijske cone, ki še ni v celoti zgrajena, je potrebno uporabiti razdalje iz preglednice 1 s predpostavko, da bodo zgrajeni v industrijski coni po načrtu predvideni obrati. Če načrt ni precizen, je treba upoštevati najneugodnejši primer (2.3111).

#### 2.313

Preverjanje strokovnih mnenj in ekspertiz

V primerih 2.3113 in 2.3121 lahko pooblašcene inšpekcije zahtevajo od nosilca planiranja strokovna mnenja in ekspertize. Na pobudo nosilca planiranja morajo inšpekcije opredeliti zahteve. Če je izdelana ekspertiza oziroma strokovno mnenje preverjeno in potrjeno od pooblašcene deželne ustanove za imisijsko zaščito in varstvo okolja, potem se mora inšpekcija s tem zadovoljiti oziroma mora za ev. zahtevane ukrepe pasivne zaščite nosilec planiranja predložiti še pravne ukrepe za njihovo realizacijo. Inšpekcija mora v poročilu navesti, za kateri primer gre po točki 2.3121.

### 2.32 Načrt namembnosti površin

Ker se zazidalni načrti izdelujejo na podlagi predhodnih prostorskih planov z opredeljenimi načrti namembnosti površin, veljajo navodila iz točke 2.31 smiselno tudi za izdelavo načrtov namembnosti površin. Inšpekcije lahko v predhodnih soglasjih že naprej opozorijo na omejitve v kasnejših postopkih.

### 3.

Vloga inšpekcij v postopku izdaje gradbenega dovoljenja je opredeljena v točki 4. Dodatna pojasnila so naslednja.

V postopku izdaje gradbenega dovoljenja za obrat industrije in obrti morajo ustrezne inšpekcije pregledati odobrene gradbene načrte glede na varstvo pri delu in vplive na okolje, še posebej na stanovanjske cone.

Če predloženi načrti ne opredeljujejo natančno pričakovane emisije, inšpekcija odloča na podlagi izkušenj za podobne primere. Tedaj je preglednica 1 pripomoček. Če je možna razdalja v konkretnem primeru manjša, ni umestno takojšnje odklonilno stališče. Potrebna je še individualna presoja na podlagi analiz in ekspertiz.

Kolikor pa se lahko že iz dokumentacije sklepa, da bodo imisije na varovanem področju presežene oziroma da to ne more biti zanesljivo izključeno, potem lahko inšpekcija zahteva dodatne pasivne varovalne ukrepe (na primer povišanje protihrupnih prepek, protihrupno izvedbo oken in vrat ter ustrezno orientacijo streh in stavbe, itd.) Če se pokaže, da tudi taki ukrepi, ki jih omogoča sodobna tehnologija, ne bi bili zadostni, morajo inšpekcije vse zadržke specificirati. Na primer prepoved dela v nočni izmeni in podobno. Take zadržke in pripombe mora inšpekcija posredovati organu za izdajo gradbenega dovoljenja.

### 4.

Pri postopkih za soglasja v skladu z imisijskim zaščitnim zakonom ali pri razdelavi planskih postopkov v okviru zakona za odstranjevanje odpadkov in razdelavi podobnih planov ni smotno uporabljati zaščitne razdalje iz preglednice 1, kot je to predvideno za načrtovanje con za industrijske obrate. V teh primerih je potrebno vsak posamezen primer analizirati in pridobiti strokovna mnenja in ekspertize, da bi bili imisijski vplivi na okolico čim manjši. Razdalje iz preglednice 1 so le groba informacija.



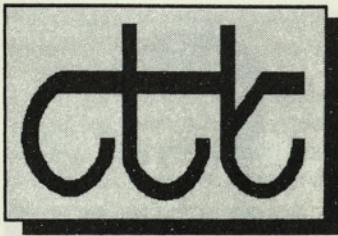
## DIPL. INŽ. VLADIMIR ČADEŽ – OSEMDESETLETNIK

*Naš kolega, inž. Vladimir Čadež, se je rodil v Ljubljani dne 11. junija 1911. leta. V njegovem rodu je kar 6 sorodnikov, ki so po poklicu fiziki, med njimi tudi njegov oče. Dar za abstraktni študij ga je usmeril v inženirsko stroko gradbeništva. Univerzitetno diplomo je dobil leta 1936, pooblaščenje za samostojno odgovorno inženirsko delo pa leta 1940 z izpitom v Beogradu. Njegove zaposlitve so bile, kot sledi. Pred zadnjo vojno je bil v službi projektive in operative podjetja Inž. Dukič in drug. V tej dobi je zasnoval, preštudiral in izvedel kompletno obnovo cementarne v Trbovljah; pri tem je posebnost baterija petih visokih cementnih silosov. Nadaljnje delo je bila obnova in ojačitev starega mostu čez Ljubljanico v papirnici Vevče. Operativne izkušnje je pridobil pri grajenju železniške proge Št. Janž–Sevnica. Med vojno si je pridobil kot asistent našega uglednega profesorja – konstruktorja dr. M. Kasala izkušnje v konstruktivni praksi. Med letoma 1945 in 1947 je opravljal dolžnost delegata Ministrstva za industrijo pri prevzemanju dveh podjetij: sedanjega Uniorja v Zrečah in sedanjega Gorenja v Muti. Po letu 1947 vse do leta 1953 je okušal vso težo operativnih nalog na gradbišču Litostroja v Ljubljani in na grajenju termoelektrarne Šoštanj v okolju podjetja Gradis. Po letu 1953 se je posvetil upravnim vodilnim funkcijam, do leta 1959 pri okraju Ljubljana, nato do leta 1969 pri republiškem sekretariatu za industrijo. Od leta 1969 do leta 1980 je vodil poslovno enoto treh največjih gradbenih podjetij pri nas: Gradisa (Lj.), Primorja (Ajd.) in SCT (Lj.) pod nazivom GAST za koordiniranje grajenja avtomobilskih cest. Svoj življenjski trud je posvetil upravnotehničnim vprašanjem gradbene stroke in pripadajoči pragmatiki. V tem smislu beleži prek 35 člankov v Gradbenem vestniku in nič manj v raznih drugih listih in revijah.*

*Poleg službenega dela je bil jubilar zelo aktiven v raznih udejstvovanjih: Organiziral je pripravo domačih predpisov za potresno varno grajenje v letu 1961, še pred skopskim potresom. Sodeloval je v uredniških odborih našega Gradbenega vestnika in beograjskega Našega gradjevinarstva. Po potresu v Skopju je sodeloval pri nudenju slovenske pomoči pri gradnji novega naselja Vlaje in obnovi zgradb občine Idadije. V letih 1967 do 1974 je bil najprej predsednik, nato pa podpredsednik Društva gradbenih inženirjev in tehnikov Slovenije. Po upokojitvi leta 1980 se je posvetil pripravi prispevkov za Enciklopedijo Slovenije v gradbeni stroki. To delo je zahtevalo široko razgledanost in poznavanje zgodovine gradbeništva, in to na področju visokih in industrijskih gradenj, vodnih in prometnih zgradb, gradbenih konstrukcij v raznih gradivih in operativnih postopkov.*

*Za svoj trud je bil kolega Vladimir Čadež počaščen s častnim članstvom v Zvezi IT Slovenije. Hrani tudi tri odlikovanja za zaslužno delo domovini ter več posameznih priznanj. S široko razgledanostjo, preudarnostjo v upravnih odločitvah in nadvse prijetnim nastopom si je pridobil v inženirskih krogih splošne simpatije. Ob letošnjem jubileju mu vsi želimo še naprej dobro zdravje in pobudo v delu.*

Prof. ing. Svetko Lapajne



## PODATKOVNE ZBIRKE S PODROČJA GRADITELJSTVA, DOSTOPNE NA DOMAČEM HOST SISTEMU RCU – LJUBLJANA

UDK 002:659.2

MIRA VOVK AVŠIČ

### POVZETEK

Podani so opisi podatkovnih zbirk s področja graditeljstva, njihova struktura, dostopnost in ažurnost. Opisan je informacijski servis ARCONIS.

### SUMMARY

The paper shows the overview of architectural and construction data bases their structures, availability and frequency of update.

The information service ARCONIS is discussed.

### A. PODATKI O PODATKOVNIH ZBIRKAH

**Baze podatkov, ki jih naš center tvori oziroma nabavlja in procesira (vsebina, število, struktura, frekvenca ažuriranja, ažurnost, letni prirast)**

#### DOMAČE BAZE:

Naziv baze	Letni prirast	Hrani CTK
SAIDC-GR	1.000	11.000
REGISTER DO SR SLOVENIJE	-	4.000

### 1. SAIDC-GR – BIBLIOGRAFSKA BAZA

Tematsko področje: gradbeništvo, arhitektura, urbanizem, prostorsko planiranje.

Vrsta dokumentov: monografske publikacije, knjige, disertacije, reporti, serijske publikacije (članki, referati), standardi in gradbeni predpisi.

Glede na geografsko področje:

Gradivo je s področja SFRJ; baza vključuje tudi tisto gradivo iz tujine, ki ga hranijo knjižnice sodelujočih v zbirki.

Viri informacij:

Glede na relevantnost baze SAIDC-GR, potrebe uporabnikov ter optimalne pokritosti področij zajema baza vire informacij področja arhitekture in gradbeništva.

Količina obveznih strukturnih elementov baze je glede na

*Avtor:*  
Mira Vovk Avšič, dipl. ing. gr.  
Centralna tehniška knjižnica Univerze v Ljubljani  
Tomšičeva 7, 61000 Ljubljana



minimalni format naslednja:

- evidenčna št.
- značnica
- avtor
- naslov
- prevedeni naslov
- vir (letnik, leto, št. zvezka, št. strani, kraj, založba)
- hrani (sigla knjižnice)
- tip dokumenta
- deskriptorji (v slovenščini največ do 10).

Ta format je usklajen z minimalnimi pogoji usklajenosti z mednarodnimi bazami podatkov.

Število zapisov: 11.000

Frekvenca ažuriranja: 100/mesec

Letni prirast: 1000/leto

Dosegljivost:

Baza je dosegljiva na sistemu SIC-gr v CTK(LIBRA3), RRC – Ljubljana, RCU – Ljubljana.

Glede na izpostavljanje enotnega racionalnega operativnega sistema analitično sintetične obdelave dokumentov je baza zgrajena v skladu z mednarodnim formatom CCF (Commun. Communication Format), ki ga priporoča UNESCO glede na možnost vnosa relevantnih podatkov v mednarodno bazo ICONDA, ki je zgrajena v tem formatu. Za vključevanje v bazo ICONDA se deskriptorji prevajajo v angleščino.

## 2. REGISTER PODJETIJ REPUBLIKE SLOVENIJE S PODROČJA GRADBENIŠTVA – FAKTOGRAFSKA BAZA

Baza obsega seznam gradbenih podjetij s področja gradbeništva in pokriva geografsko področje Slovenije. Zunaj tega sega le v primeru, če je slovensko podjetje v neki drugi republiki.

V vsakem zapisu je navedena:

- matična številka
- naziv organizacije
- občina
- naselje
- ulica
- hišna številka
- šifra dejavnosti, povzeta po ROS Zavoda SR Slovenije za statistiko,
- vrsta organizacijske oblike
- število zaposlenih.

Faktografsko bazo Register podjetij je možno preiskovati po vseh navedenih poljih.

Število zapisov: 4000

Frekvenca ažuriranja: 0

Letni prirast: 0

Dosegljivost:

Baza je online dosegljiva na RCU – Ljubljana.

TUJE BAZE PODATKOV:

Naziv baze	Letni prirast enot	Hrani CTK	Enot
RSWB	30.000		330.800
ICONDA			
Od 1989 dalje	20.000		250.000
COMPENDEX (samo za gradbeništvo)	16.000		288.000
MONUDOC			
Od decembra 1989 dalje	4.000		6.500
DIALEX			
slovar			30.000

## 1. RSWB – BIBLIOGRAFSKA BAZA

### RAUMORDNUNG STAEDTEBAU WOHNUNGSWESEN BAUWESEN

#### Urejanje prostora, gradnja mest, stanovanjske vede

Glede na tematsko področje, vrsto dokumentov in geografsko področje:

Zbirka je specializirana za področje graditeljstva, zajema podatke 1000 svetovnih revij. CTK hrani 330.800 podatkov od leta 1978 dalje. Letni dotok je 30.000 podatkov.

Glede na relevantnost baze RSWB, potrebe uporabnikov, optimalne pokritosti področij zajema baza vire informacij naslednjih področij:

- tipi gradenj
- izvedba gradenj
- zgradbe
- standardizacija v gradbeništvu
- načrtovanje gradenj
- namembnost gradenj
- gradbeni materiali
- gradbeni elementi
- gradbena industrija
- gradbena fizika
- proizvodnja
- gradbena mehanizacija
- metode grajenja
- prostor
- zakonodaja.

Obvezna struktura elementov obsega razširjeni format, ki je usklajen z mednarodnimi standardi, za kar skrbi proizvajalec IRB Stuttgart. Bazo procesiramo na domačem računalniškem sistemu, s tem da je izpis podan v naslednji obliki:

- 1 – Identifikacijska številka
- 2 – Tip dokumenta (knjiga, članek...)
- 3 – Avtor knjige, članka referata itd.
- 4 – Naslov knjige ali članka v originalnem jeziku
- 5 – Naslove revije, v kateri je članek objavljen, volumen, letnik, oznaka strani. Pri knjigah je na tem mestu založba, kraj in leto izdaje
- 6 – Ključne besede
- 7 – Kratka vsebina dokumenta

Število zapisov: 330.800

Frekvenca ažuriranja: mesečno

Letni prirast: 30.000/leto

Dosegljivost:

Baza je ON-LINE dosegljiva vsem uporabnikom na računalniku RRC – Ljubljana. Dogovarjamo se še za prenos na RCU – Maribor, tako da bo dosegljiva večjemu številu uporabnikov po celi Jugoslaviji. Bazo pa smo glede na finančno situacijo za naslednje leto odpovedali, ker se podatki iz RSWB prenašajo v angleščini v ICONDO.

## 2. ICONDA – BIBLIOGRAFSKA BAZA INTERNATIONAL CONSTRUCTION DATABASE

Glede na tematsko področje, vrsto dokumenta in geografsko področje je ICONDA razdeljena na tri dele:

- I. ICONDA LIT obsega podatke literature s področja konstrukcij gradbeništva, arhitekture in urbanizma,
- II. ICONDA RES obsega podatke o raziskovalnih projektih, ki so v teku,
- III. ICONDA BR je še v načrtu in bo obsegala standarde in gradbeno regulativo.

Baza ICONDA nastaja na podlagi mednarodnega sodelovanja. Podatke prispevajo gradbeni informacijski centri iz 14 držav sveta (Evrope, Amerike, Afrike, Azije, Avstralije).

Glede na relevantnost baze ICONDA, glede potreb uporabnikov ter optimalne pokritosti zajema baza naslednja področja:

- gradbena konstrukcija
- visoke gradnje
- arhitektura
- urbanizem

Za obdelavo podatkov v bazi ICONDA se uporablja format CCF-Common Communication Format (Unesco Paris 1989), ki je delno modificiran v ICF (Iconda Communication Format). Koordinacija in strukturiranje se izvaja glede na državo, jezik, vrsto gradiva itd. Pomembno je, da posamezni centri lahko naprej razvijajo svoje nacionalne baze. Struktura izpisa je naslednja:

- AN – tekoča številka
- TI – naslov
- AU – avtor
- SO – vir
- OS – drugi vir (referenca)
- AV – nahajališče
- CV – država
- DT – tip dokumenta
- LA – jezik

V bazi ICONDA aktivno sodeluje SIC za graditeljstvo s prispevki domačih strokovnih revij, in sicer:

- Ceste i mostovi
- Čovjek i prostor
- Drvna industrija
- Gradbeni vestnik
- Les
- Gradjevinar
- Tehnika
- Arhitektov bilten
- Sinteza

Število zapisov: 250.000  
Frekvenca ažuriranja: mesečno

Letni prirast: 20.000/leto

Dostopnost:

Baza je procesirana na RCU – Ljubljana. Poizvedovanje je ONLINE s pomočjo sistema TRIP. Uporabniki jo lahko samostojno uporabljajo prek svojih sistemov, s tem da so vključeni in aktivno sodelujejo v SIC-GR.

## 3. COMPENDEX – BIBLIOGRAFSKA BAZA COMPUTERIZED ENGINEERING INDEX

### Tematsko in geografsko področje ter vrsta dokumentov

Zbirko izdeluje Engineering Information Inc., New York, ZDA. COMPENDEX je računalniško čitljiva oblika Engineering INDEX-a. Zbirka pokriva vsa področja tehnike in naravoslovnih ved. Podatke zajema iz 3000 strokovnih revij, konferenc in reportov iz 50 držav v 15 jezikih. Letni dotok je 100.000 dokumentov z izvlečki v angleškem jeziku. CTK naroča zbirke od leta 1973 dalje in sedaj obsega prek 1.000.000 podatkov.

Glede na relevantnost baze COMPENDEX, glede potreb uporabnikov ter optimalne pokritosti področij zajema baza naslednja področja:

Tematika področja:

Elektrotehnika	
Elektronika	24 %
Gradbeništvo	17 %
Rudarstvo	
Metalurgija	16 %
Strojništvo	
Nuklearna tehnologija	15 %
Fizika	
Matematika, Merilstvo	15 %
Kemija, Agronomija	
Živilska tehnologija	13 %

Obvezna struktura dokumentov baze obsega razširjeni format, ki je usklajen z mednarodnimi standardi, za kar skrbi proizvajalec baze.

Število zapisov: 1.950.000

Frekvenca ažuriranja: mesečno

Letni prirast: 100.000/leto

Dosegljivost:

Baza je procesirana na RCU – Ljubljana. Dosegljiva je tudi študentom in profesorjem ONLINE za študijske namene. Oblika izpisa je v več formatih, s tem da polni format vsebuje tudi popolni izvleček. S pomočjo TRIP-a, ki omogoča iskanje po prostem tekstu, nam je omogočeno kakovostno iskanje po tej in tudi drugih bazah.

## 4. MONUDOC – FAKTOGRAFSKA BAZA MONUMENTAL DOCUMENTATION

Tematsko področje:

Faktografski podatki s področja varstva spomenikov in starih spomeniških objektov s posebnim poudarkom na vplivu ekologije.

**Vrsta dokumentov:**

Gre za kratke opise poškodb na zgradbah, način restavriranja, vplive okolja, rezultate raziskav, produktov, postopkov, skratka znanje ekspertov na tem področju.

**Geografsko področje:**

Baza MONUDOC pokriva predvsem evropsko področje, delno pa tudi svetovno področje.

**Viri informacij:**

V vsakem zapisu je naveden vir, na primer dokumentacija Zavoda za varstvo spomenikov ali na primer objava v strokovnem časopisu. Pomembno je predvsem, da vsak zapis odobri in pregleda ekspert ali avtor, preden se vključi v bazo MONUDOC, s čimer je zagotovljena kakovost.

Število zapisov: 6500

Frekvenca ažuriranja: mesečno

Letni prirast: 4000/leto

**Dostopnost:**

Faktografsko bazo MONUDOC je možno preiskovati po principu free search na TRIP-u – RCU – Ljubljana.

Z Zavodom SR Slovenije za varstvo naravne in kulturne dediščine smo se dogovorili za sodelovanje v bazi MONUDOC, tako da bomo dostavljali rezultate in izkušnje z restavracijo objektov iz Slovenije in jih posredovali tvorcem baze.

Prek specializiranega sistema za graditeljstvo in prostorsko planiranje bomo razširili to sodelovanje na vse področje Jugoslavije.

**5. DIALEX – SLOVAR**

Dvojezični angleško-nemški, nemško-angleški slovar za področje graditeljstva.

30.000 strokovnih izrazov

14.000 splošnih izrazov

**Dosegljivost:**

Uporabniki ga lahko dobijo na disketah za PC, možnost ONLINE dosega na RCU – Ljubljana.

**B. ARCONIS****ARCHITECTURAL CONSTRUCTION INFORMATION SERVICE**

To je informacijski sistem, ki ga tvorimo skupaj z IRB – Informacijski center RAUM und BAU der Fraunhofer Gesellschaft Stuttgart, ZRN in je plod dolgoletnega uspešnega sodelovanja, ki se kaže tudi pri drugih skupnih

projektih (ICONDA). Tematska področja, na katerih deluje ARCONIS:

- analiza tržišča
- analiza specializirane literature
- imena in naslovi ekspertov
- obdelava referenc
- kopije publikacij
- poročila
- analiza raziskovalnih rezultatov
- posredovanje specialne literature
- imena in naslovi proizvajalcev in prodajalcev

ARCONIS daje informacije za vsa področja arhitekture, gradbeništva, gradbene industrije, prostorskega planiranja, urbanizma in daje uporabniku faktografske podatke. Rešuje tako vprašanja tržišča kot standardov, patentov, pravnih in tehniških predpisov, gradbene industrije. Prvenstveni cilj je prihodnji skupni evropski trg.

Sodelovanje pri ARCONIS-u pomeni vključevanje v skupni evropski trg. Raziskovalec bo smiselno tako tudi izbiral strokovne informacije in naročal primarno literaturo. Pomembne informacije iz preteklega obdobja so pristopne v monografijah, nove v znanstvenih revijah, najnovjše pa seveda z direktnimi stiki in povezavami med znanstveniki. To je bil eden izmed razlogov, da se je SIC-GR pri planiranju novih aktivnosti med drugim vključil tudi v projekt ARCONIS – The Architecture and Construction Information Service.

Glavni namen informacijskega sistema ARCONIS je dajati živo znanje na enem mestu, tako uporabnik dobi ob odgovorih na svoja vprašanja predvsem tudi podatke o ekspertih, institucijah in raziskovalnih skupinah, ki delajo na podobnem problemu. ARCONIS daje končne informacije, ki jih uporabnik lahko takoj uporabi pri svojem problemu, to se pravi, da gre tukaj za živo znanje in s tem za neposredne stike z eksperti na sorodnih področjih.

ARCONIS lahko uporablja vsakdo, namenjen pa je predvsem manjšim podjetjem, ki nimajo lastnih močnih marketinških služb, seveda pa so uporabniki ARCONIS-a tudi večja podjetja in institucije, javne ustanove, politiki, raziskovalci, podjetniki, profesorji in študentje. Vloga SIC-a v tem projektu ARCONIS bo v preskrbi informacij za tuje uporabnike iz našega okolja in obratno dobava informacij iz ARCONIS-a za domače uporabnike. Ta projekt je v intenzivnem razvoju in zelo dobro je, da smo se vanj vključili pravočasno, saj imamo možnost enakovrednega nastopa in izražanja svojih potreb.

**LITERATURA**

1. Vovk Avšič, M.: Poročilo za leto 1990 – Specializirani informacijski center za graditeljstvo, Ljubljana, dec. 1990.

UNIVERZA V LJUBLJANI  
PROMETNOTEHNIŠKI INŠTITUT FAGG

# TEHNIČNI NORMATIVI ZA PROJEKTIRANJE IN OPREMO MESTNIH PROMETNIH POVRŠIN

NOVA IZDAJA

## VSEBINA

1. Uvod
2. Prometno planiranje
3. Sistematika mestne cestne mreže
4. Kapacitete mestnih prometnih površin
5. Projektni elementi mestnih cest
6. Projektni elementi križišč
7. Umirjanje prometa v naseljih
8. Mirujoči promet
9. Kolesarski promet
10. Površine za pešce
11. Tehnični elementi za prometne površine telesno prizadetih in nemočnih oseb
12. Horizontalna signalizacija
13. Vertikalna signalizacija
14. Svetlobna signalizacija
15. Razsvetljava
16. Zgornji ustroj
17. Zaščita okolja

LJUBLJANA 1991

REPUBLIKA SLOVENIJA  
MESTO LJUBLJANA



Na pobudo Skupščine Mesta Ljubljane je FAGG - PTI leta 1979 izdelal "TEHNIČNE NORMATIVE ZA PROJEKTIRANJE IN OPREMO MESTNIH PROMETNIH POVRŠIN".

Interes, potrebe, nove tehnologije, novi pristopi in nova področja so spodbudila pripravo prenovljene izdaje normativov, ki je dopolnjena s celo vrsto novih področij projektiranja mestnih prometnih površin.

Normativi izidejo v mesecu septembru 1991 v dveh knjigah na skupaj preko 1000 straneh. Cena v prednaročilu je 16,900 Din ( dinarska protivrednost 1300 DEM ).

Knjigi lahko naročite pri

FAGG - PTI, 61000 Ljubljana, Jamova 2,  
tel. : (061) 268-867, fax : (061) 272 - 692 .

## NAROČILNICA

Nepreklicno naročamo "TEHNIČNE NORMATIVE ZA PROJEKTIRANJE IN OPREMO MESTNIH PROMETNIH POVRŠIN".

Cena izvoda ( dinarska protivrednost 1300 DEM ) : 16,900 din

Število izvodov : .....

Podjetje ali ustanova : .....

Naslov : .....

Poštna številka : ..... Kraj : .....

Telefon : ..... Fax : .....

Obvezujemo se, da bomo knjigo plačali v 15 dneh po prejemu računa.

M.P.

Podpis :

UNIVERZA V LJUBLJANI  
PROMETNOTEHNIŠKI INŠTITUT FAGG

# TEHNIČNI NORMATIVI ZA PROJEKTIRANJE IN OPREMO MESTNIH PROMETNIH POVRŠIN

NOVA IZDAJA

## VSEBINA

1. Uvod
2. Prometno planiranje
3. Sistematika mestne cestne mreže
4. Kapacitete mestnih prometnih površin
5. Projektni elementi mestnih cest
6. Projektni elementi križišč
7. Umirjanje prometa v naseljih
8. Mirujoči promet
9. Kolesarski promet
10. Površine za pešce
11. Tehnični elementi za prometne površine telesno prizadetih in nemočnih oseb
12. Horizontalna signalizacija
13. Vertikalna signalizacija
14. Svetlobna signalizacija
15. Razsvetljava
16. Zgornji ustroj
17. Zaščita okolja

LJUBLJANA 1991

REPUBLIKA SLOVENIJA  
MESTO LJUBLJANA



GV XXXX • 7-8

# POROČILA 21

## VPLIV NIVOJA V AKUMULACIJI NA STABILNOST VODNE BREŽINE NASUTIH PREGRAD

UDK 627.81.034

SILVAN VIDMAR, GREGOR PUŠLAR, MARTIN VRABEC

### POVZETEK

V članku je obravnavan vpliv nivoja in prostorninske teže tekočih deponentov, akumuliranih za nasutimi zemeljskimi pregradami, na stabilnost vodnega pobočja pregrade. Če je pregrada zgrajena do končne kote, preden se začne akumulacijski bazen polniti, nastopijo najmanjši količniki varnosti proti zdrsni tvii vodnega pobočja pri določenem nivoju akumulacije, ki ga je potrebno od primera do primera posebej določiti.

S fazno gradnjo pregrade ob sproti zapolnitvi akumulacijskega bazena do nivoja, ki je višji od kritičnega, ustrežajočega višini pregrade v naslednji fazi, je možno doseči potrebne količnike varnosti ob strmejših nagibih vodnega pobočja.

THE INFLUENCE OF THE LEVEL OF LIQUID WASTE MATERIALS ON THE STABILITY OF THE UPSTREAM SLOPES OF THE EARTH DAMS

### SUMMARY

This paper deals with the influence of the level and unit weight of liquid waste materials stored behind earth dams on the stability of the upstream slopes of the dams. If the dam is constructed to the designed height before the beginning of the filling of the reservoir, the lowest safety factors against slope failure occur at a certain level of the accumulated waste material which has to be determined separately in each case.

If the construction of the dam is divided into vertical phases and the level of the stored waste material rises simultaneously to a level higher than the critical level corresponding to the height of the dam in the next phase, it is possible to achieve the necessary safety factors with steeper upstream slopes.

### UVOD

Nasute pregrade za akumuliranje vode kakor tudi za akumuliranje raznih odpadnih suspenzij so sestavljene iz nosilnega in vodotesnega dela. Nosilni deli ob zračnih in

vodnih pobočjih pregrad se običajno gradijo iz prepustnih zemljin velike strižne trdnosti oziroma iz kamnometov, vodotesni del pa iz vezljivih malopropustnih zemljin. Te zemljine imajo običajno manjšo strižno trdnost. Pri določitvi naklona in oblike vodnega pobočja pregrad s pomočjo stabilnostnih analiz se upošteva preplavitev propustnega vodnega nosilnega dela do trenutnega nivoja akumulacije. Pri pregradah za akumuliranje vode za energetske izkoriščanje kakor tudi za namakanje predstavlja najneugodnejši obtežni primer znižanje nivoja vode v akumulaciji z istočasnim polnim ali delnim zastojem porne vode v nosilnem vodnem delu pregrade kakor tudi v vodotesnem delu. V zemljinah se tedaj pojavita vzgon in pronicni tlak z

#### Avtorji:

Silvan Vidmar, univ. prof.

Gregor Pušlar, dipl. gradb. inž.

Martin Vrabc, dipl. gradb. inž.

Fakulteta za arhitekturo, gradbeništvo in geodezijo,  
VTOZD gradbeništvo in geodezija, katedra za mehaniko  
tal z laboratorijem.

neugodnim vplivom na stabilnost. Obseg znižanja kakor tudi hitrost upadanja nivoja akumulacije sta zato osnovni podatek za projektanta zemeljske pregrade.

Pri pregradah za akumuliranje raznih odpadnih suspenzij, pri katerih se mineralni delci ne usedajo na dno akumulacijskih bazenov, ampak ostanejo tekoče ali židke, pa je nivo akumulirane suspenzije stalno v porastu. Zemljine v pregradi so do nivoja suspenzije v akumulaciji preplavljene s suspenzijo – kolikor se ta lahko penetra v pore – oziroma z vodo, ki se izceja iz akumulirane suspenzije. Na zemljino torej deluje vzgon brez neugodnih pronicnih tlakov. Sama akumulirana suspenzija zaradi teže sicer ugodno deluje na stabilnost, vendar pa v določenih primerih prevladujejo neugodne vzgonske sile. Tako se lahko zgodi, da ne nastane najneugodnejši obtežnostni primer ob koncu izgradnje pregrade s praznim akumulacijskim prostorom, ampak pri nekem povsem določenem nivoju akumulirane suspenzije. Isto velja seveda tudi za stalne vodne akumulacije, pri katerih bi ostal po napolnitvi nivo vode nespremenjen.

Če predstavlja strižno odpornost zemljin pregrade samo strižni kot, če torej kohezije ne upoštevamo, bi bil seveda količnik varnosti proti zdrsnitvi vodnega pobočja pregrade pri praznem bazenu praktično enak količniku varnosti pri z vodo napolnjenem bazenu oziroma povsem enak pri zaplnitvi bazena z vodo prav do nivoja krone pregrade. Količniki varnosti pa bi bili pri vseh vmesnih nivojih akumulacije manjši in bi dosegli minimalno vrednost pri nekem določenem nivoju akumulacije, ki je odvisen od oblike prečnega profila pregrade, od strižnih karakteristik zemljin ter od geoloških in hidroloških pogojev v temeljnih tleh pregrade.

Pri akumuliranih suspenzijah so količniki varnosti pri polnem bazenu večji od količnikov varnosti pri praznem bazenu, vendar pa so lahko pri kritičnih nivojih akumuliranih suspenzij količniki varnosti manjši kot pri praznem bazenu. Vpliv nivoja akumuliranih suspenzij ali vode na količnik varnosti je tolikšen, da je v določenih primerih smotno – kolikor preostali pogoji to dopuščajo – izvajati gradnjo zemeljskih pregrad v posameznih fazah s sprotimi delnimi polnitvami akumulacij. Višino izgradnje v posamezni fazi ter nivo akumulacije glede na doseženi nivo trenutnega vrha pregrade je v tem primeru potrebno določiti tako, da se gradnja vsake naslednje faze pregrade izvaja pri nivojih akumulacije, ki so višji od kritičnih. S tem pa je možno izoblikovati vodno pobočje pregrade bolj ekonomično, kar se izkaže v bolj strmih nagibih oziroma manjši prostornini pregrade od tistih, ki bi jih zahtevala hitra gradnja.

V tem prispevku je podan primer določitve potrebnih naklonov na podlagi geotehničnih analiz glede na stabilnost vodnega pobočja za pregrado na dobroosilnih temeljnih tleh za hitro gradnjo ter za gradnjo v fazah ob sproti polnitvi akumulacije.

## HITRA GRADNJA PREGRADE

Na sliki 1 je prikazan prečni prerez vodne strani neke pregrade, zgrajene na valoviti površini temeljnih tal s

povprečno relativno koto 13,00 v dnu bazena in pod vodnim delom pregrade, sestavljenih iz težkognetnih normalno konsolidiranih srednjeplastičnih glin s strižnim kotom  $\varphi = 23^\circ$  in kohezijo  $c = 0$ . V osi pregrade se relativna kota temeljnih tal dvigne na 22,50, vrhnji sloj tal pa sestavljajo nizkoplastične meljaste glin s strižnim kotom  $\varphi = 28^\circ$  in kohezijo  $c = 0$ .

Nosilni del pregrade je zgrajen iz prodno peščene zemljine, za katero smo suponirali strižni kot  $\varphi = 36^\circ$ . Širina krone in naklon vodne površine sta razvidna iz slike 1. Suponirali smo enakomeren naklon  $29^\circ$ , tako da znaša površinska varnost  $F = \text{tg } 36^\circ / \text{tg } 29^\circ = 1,30$ . Vodotesni del pregrade predstavlja jedro iz komprimiranih glin s strižnim kotom  $\varphi = 23,27^\circ$  in s kohezijo  $c = 20 \text{ kN/m}^2$ . Jedro je pod relativno koto 25,00 vertikalno in vkopano v meljaste glin, v zgornjem delu pa je poševno. Glede na popisani prečni prerez je možno pričakovati porušitev vodnega dela pregrade po drsnih ploskvah, ki bi potekale po zemljinah z manjšimi strižnimi trdnostmi, to je po glinastem jedru in po temeljnih tleh neposredno pod stikom s prodno peščenim delom nasipa. Stabilnostne analize so bile izvedene z večjim številom predpostavljanih potencialnih drsnih ploskev v obliki krožnih lokov in poljubnih oblik. Računsko so bili določeni za vsako drsino količniki varnosti z uporabo programa Bishop za krožne drsne ploskve kakor tudi za poligonalne drsne ploskve poljubnih oblik. Upoštevane so bile tudi v zgornjem delu ravne drsne ploskve, ki potekajo po obeh stikih glinastega jedra. Na teh stikih je bila upoštevana strižna trdnost  $\varphi = 23^\circ$  in kohezija  $c = 0$  zaradi redukcije vpliva komprimacije. Zaradi enostavnosti smo upoštevali za vse vrste zemljin enake prostorninske teže, in sicer  $\gamma = 20,0 \text{ kN/m}^3$  za zemljine nad nivojem vode oziroma suspenzije v akumulaciji in  $\gamma' = 20,5 \text{ kN/m}^3$  za polno saturirane zemljine z vodo pod nivojem akumulacije. V pregradnem telesu smo vse do drsnih ploskev upoštevali vodoravni nivo vode in pri tem zanemarili upad nivoja v samem jedru zaradi drenažnih sistemov v zračni strani pregrade. Najmanjši varnostni količnik je izkazala drsina, ki v zgornjem delu poteka po notranjem stiku jedra, v srednjem delu preseka vertikalni del jedra, v spodnjem delu pa poteka po temeljnih tleh. Drsina je prikazana na sliki 1.

Zaradi preglednejšega prikaza vpliva nivoja akumulacije na količnike varnosti smo izbrali naklon poševnega dela jedra tako, da je količnik varnosti pri praznem bazenu  $F \approx 1,00$ .

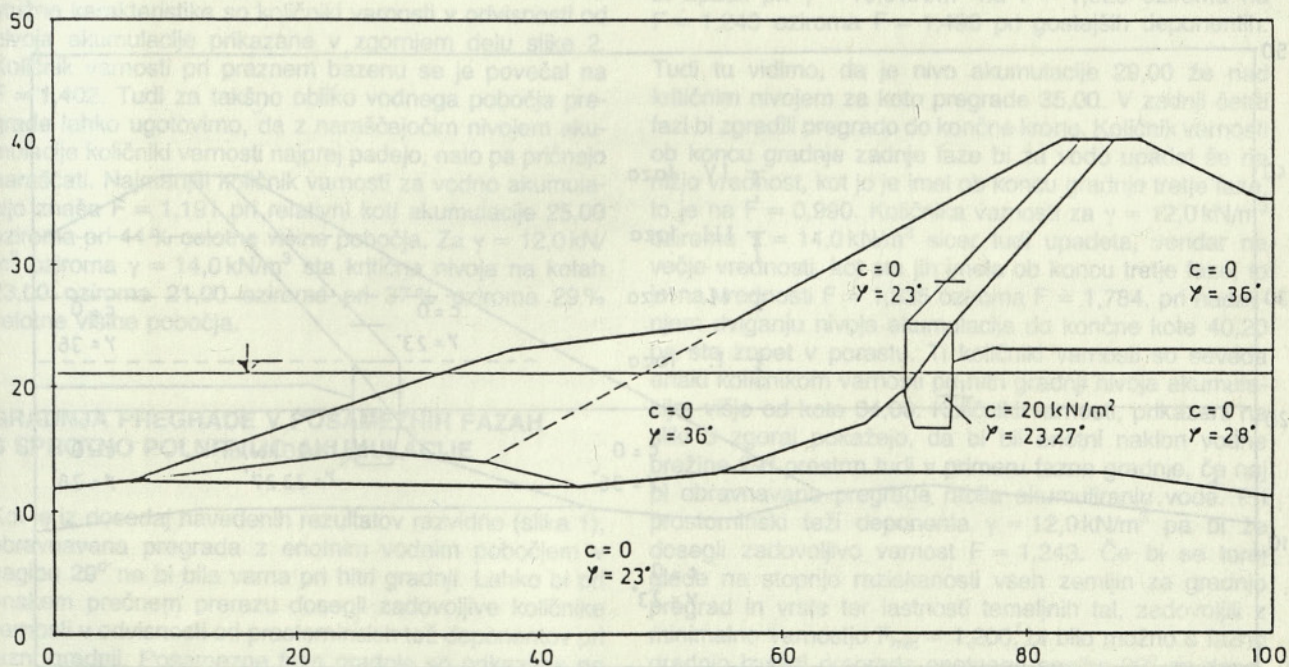
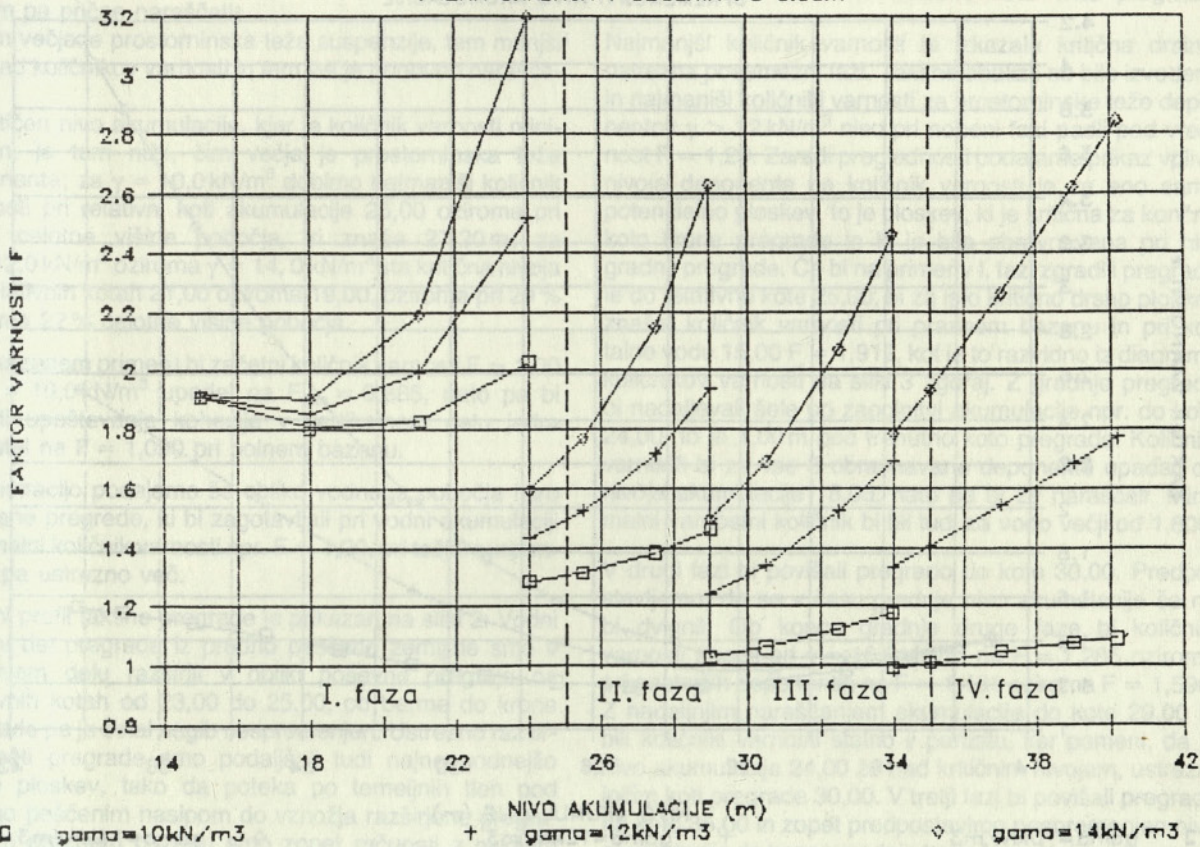
V zgornjem delu slike 1 so prikazani količniki varnosti v odvisnosti od relativnega nivoja akumulacije za 3 vrednosti prostorninskih tež deponentov, in sicer:  $\gamma = 10,0 \text{ kN/m}^3$  (voda),  $\gamma = 12,0 \text{ kN/m}^3$  in  $\gamma = 14,0 \text{ kN/m}^3$ . Pri stabilnostnih analizah smo suponirali, da se pore v pregradnem nasipu zaplnijo z vodo, medtem ko se mineralna zrna suspenzij zaustavijo na površini vodne brežine. Najnižji upoštevani nivo akumulacije je na koti 15,00 in predstavlja pri praznem bazenu nivo talne vode, ki bi se v območju pregrade lahko formiral po njeni izgradnji. Končni nivo akumulacije je na koti krone, to je 40,20.

Iz diagramov količnikov varnosti je razvidno naslednje:



# FAKTOR VARNOSTI

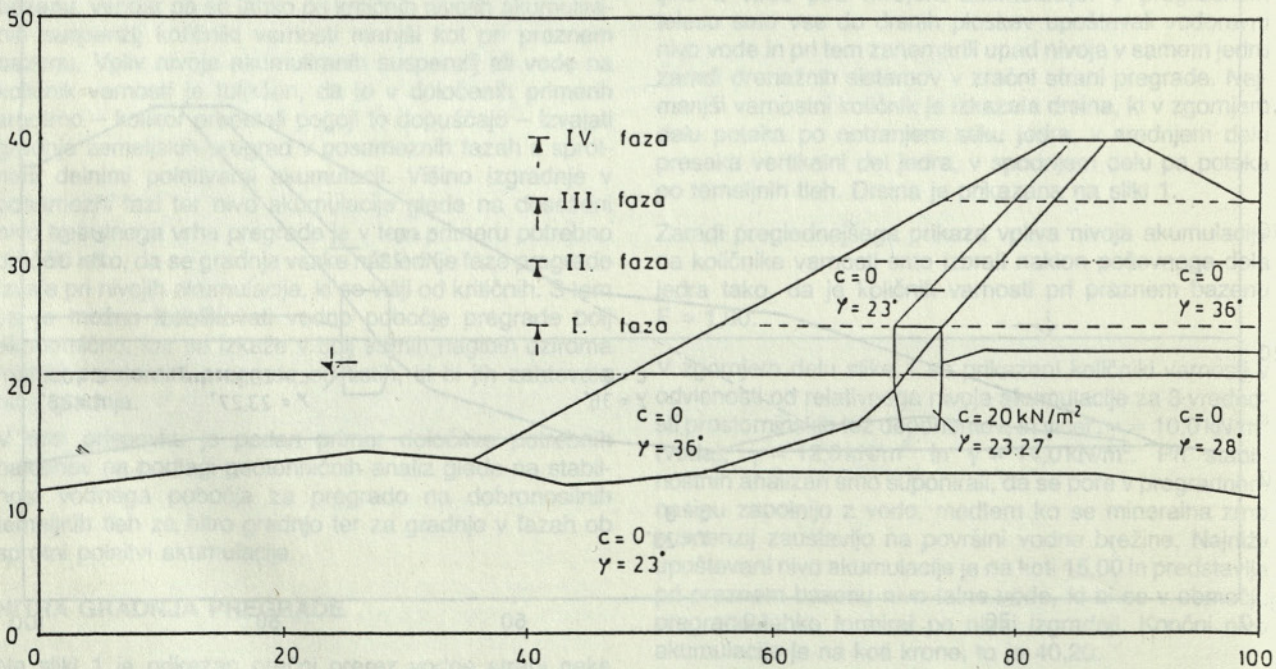
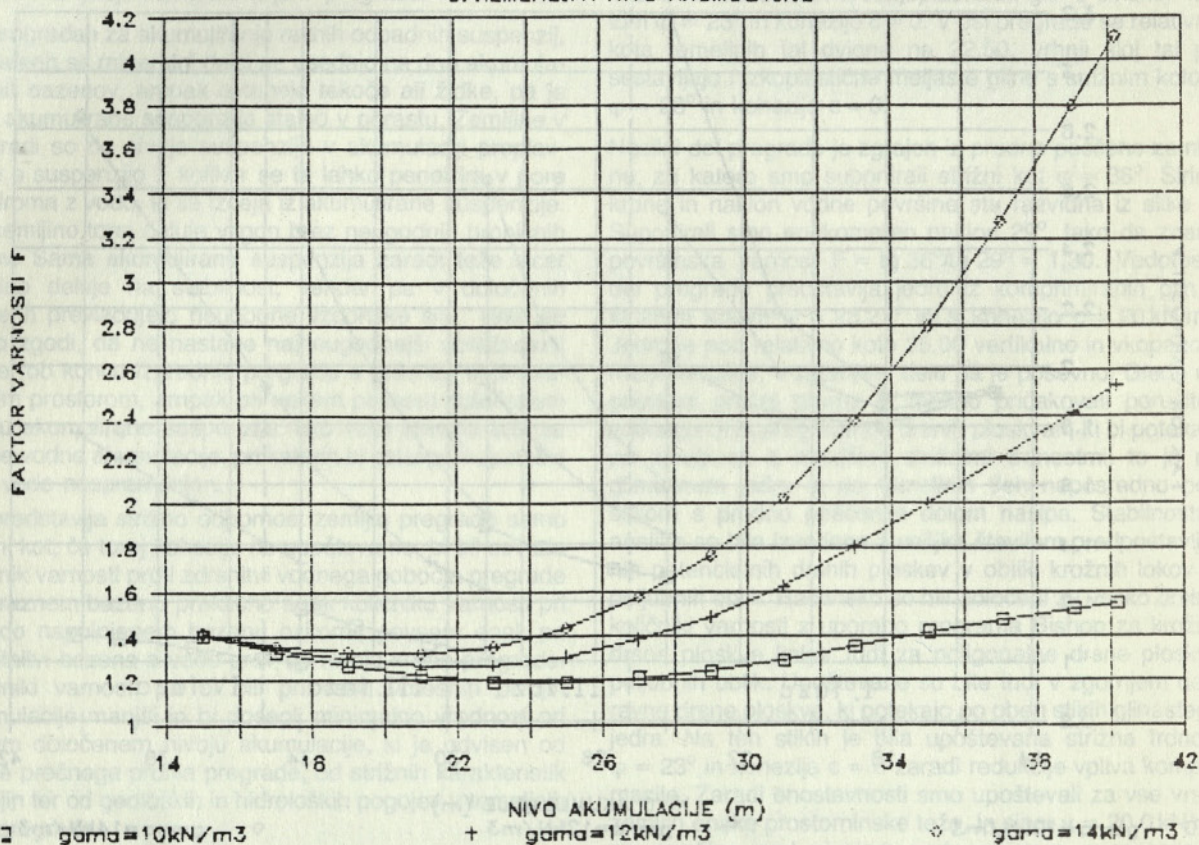
FAZNA GRADNJA V ODSEKIH PO 5.00m



Slika 1. Pregrada z enotnim nagibom – hitra gradnja

# FAKTOR VARNOSTI

SPREMENLJIVI NIVO AKUMULACIJE



Slika 2. Pregrada z ojačenim vznožjem – hitra gradnja

– za vse 3 prostorninske teže deponentov količnik varnosti z naraščajočim nivojem akumulacije najprej upade, potem pa prične naraščati;

– čim večja je prostorninska teža suspenzije, tem manjši je upad količnikov varnosti in tem večje ponovno naraščanje;

– kritičen nivo akumulacije, kjer je količnik varnosti minimalen, je tem nižji, čim večja je prostorninska teža deponenta; za  $\gamma = 10,0 \text{ kN/m}^3$  dobimo najmanjši količnik varnosti pri relativni koti akumulacije 25,00 oziroma pri 44 % celotne višine pobočja, ki znaša 27,20 m; za  $\gamma = 12,0 \text{ kN/m}^3$  oziroma  $\gamma = 14,0 \text{ kN/m}^3$  sta kritična nivoja na relativnih kotih 21,00 oziroma 19,00, oziroma pri 29 % oziroma 22 % celotne višine pobočja.

V prikazanem primeru bi začetni količnik varnosti  $F \approx 1,00$  pri  $\gamma = 10,0 \text{ kN/m}^3$  upadel na  $F_{\min} = 0,885$ , nato pa bi zaradi upoštevanja kohezije v vertikalnem delu jedra narastel na  $F = 1,090$  pri polnem bazenu.

Za ilustracijo podajamo še obliko vodnega pobočja hitro zgrajene pregrede, ki bi zagotavljali pri vodni akumulaciji minimalni količnik varnosti npr.  $F \approx 1,20$ , pri težjih suspenzijah pa ustrezno več.

Prečni profil takšne pregrede je prikazan na sliki 2. Vodni nosilni del pregrede iz prodno peščene zemljine smo v spodnjem delu razširili v obliki poševne pregraje na relativnih kotih od 23,00 do 25,00, od berme do krone pregrede pa je ostal nagib nespremenjen. Ustrezno razširjeni pti pregrede smo podaljšali tudi najneugodnejšo drsno ploskev, tako da poteka po temeljnih tleh pod prodno peščenim nasipom do vznožja razširjene pregrede. Pri praznem bazenu smo zopet računali z nivojem talne vode v območju pregrede na koti 15,00. Za enake strižne karakteristike so količniki varnosti v odvisnosti od nivoja akumulacije prikazane v zgornjem delu slike 2. Količnik varnosti pri praznem bazenu se je povečal na  $F = 1,402$ . Tudi za takšno obliko vodnega pobočja pregrede lahko ugotovimo, da z naraščajočim nivojem akumulacije količniki varnosti najprej padejo, nato pa pričnejo naraščati. Najmanjši količnik varnosti za vodno akumulacijo znaša  $F = 1,191$  pri relativni koti akumulacije 25,00 oziroma pri 44 % celotne višine pobočja. Za  $\gamma = 12,0 \text{ kN/m}^3$  oziroma  $\gamma = 14,0 \text{ kN/m}^3$  sta kritična nivoja na kotih 23,00 oziroma 21,00 oziroma pri 37 % oziroma 29 % celotne višine pobočja.

## GRADNJA PREGRADE V POSAMEZNIH FAZAH S SPROTNO POLNITVIJO AKUMULACIJE

Kot je iz dosedaj navedenih rezultatov razvidno (slika 1), obravnavana pregrada z enotnim vodnim pobočjem v nagibu  $29^\circ$  ne bi bila varna pri hitri gradnji. Lahko bi pri enakem prečnem prerezu dosegli zadovoljive količnike varnosti v odvisnosti od prostorninskih tež deponentov pri fazni gradnji. Posamezne faze gradnje so prikazane na sliki 3. Za vsako doseženo vmesno koto vrha pregrede, ustrezajočo posameznim fazam, bi bilo potrebno izvesti analize stabilnosti s suponiranjem večjega števila poten-

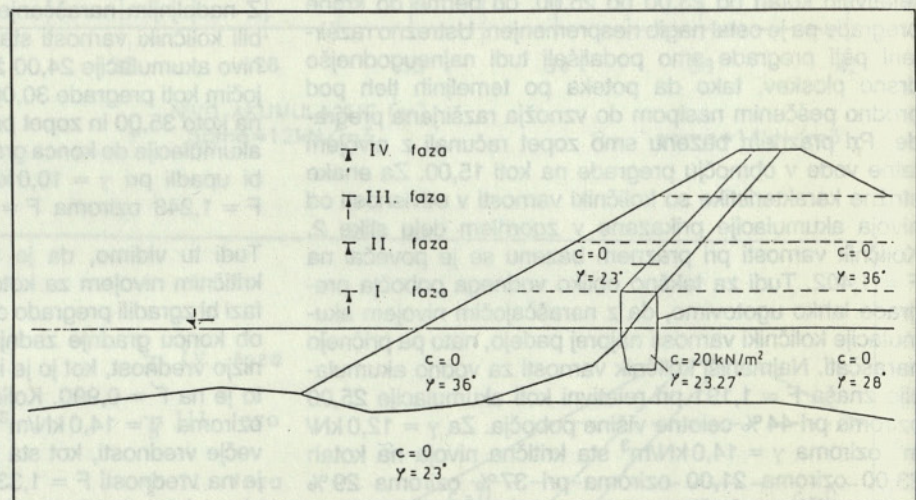
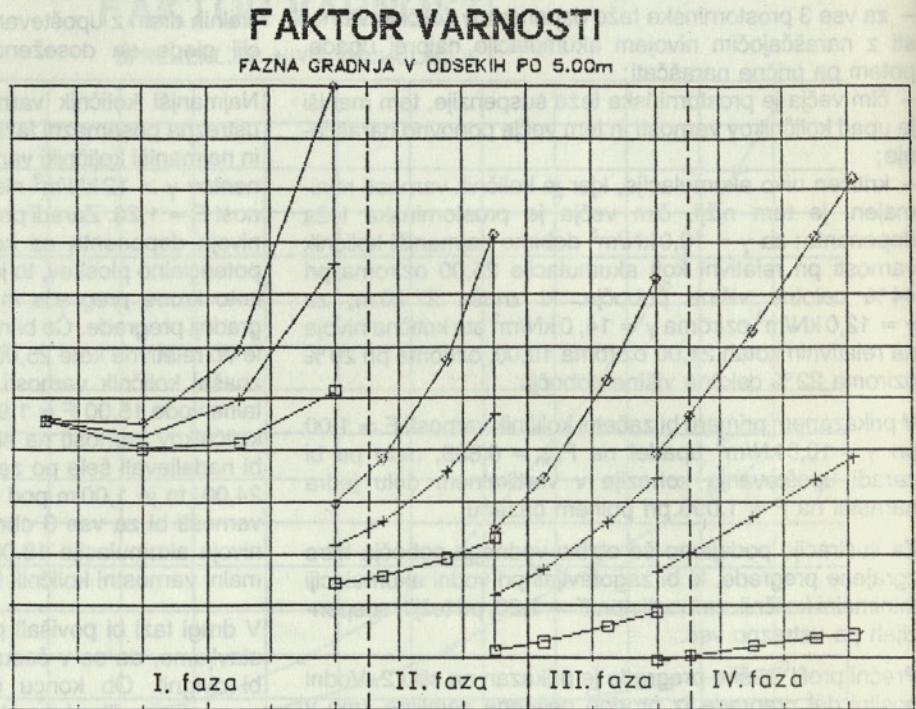
cialnih drsin z upoštevanjem kritičnega nivoja v akumulaciji glede na doseženo vmesno koto vrha pregrede.

Najmanjši količnik varnosti bi izkazala kritična drsina, ustrežna posamezni fazi. Takšne analize so bile izvedene in najmanjši količniki varnosti za prostorninske teže deponentov  $\gamma > 12 \text{ kN/m}^3$  niso pri nobeni fazi padli pod vrednost  $F = 1,20$ . Zaradi preglednosti podajamo prikaz vpliva nivoja deponenta na količnik varnosti le za eno samo potencialno ploskev, to je ploskev, ki je kritična za končno koto krone pregrede in ki je bila obravnavana pri hitri gradnji pregrede. Če bi na primer v I. fazi zgradili pregrado le do relativne kote 25,00, bi za isto kritično drsno ploskev znašal količnik varnosti pri praznem bazenu in pri koti talne vode 15,00  $F = 1,912$ , kot je to razvidno iz diagrama količnikov varnosti na sliki 3 zgoraj. Z gradnjo pregrede bi nadaljevali šele po zapolnitvi akumulacije npr. do kote 24,00, to je 1,00 m pod trenutno koto pregrede. Količniki varnosti bi za vse 3 obravnavane deponente upadali do nivoja akumulacije 18,00, nato pa bi že naraščali. Minimalni varnostni količnik bi bil tudi za vodo večji od 1,800.

V drugi fazi bi povišali pregrado do kote 30,00. Predpostavljamo, da se v času gradnje nivo akumulacije še ne bi dvignil. Ob koncu gradnje druge faze bi količniki varnosti upadli pri  $\gamma = 10,0 \text{ kN/m}^3$  na  $F = 1,285$  oziroma pri gostejših deponentih na  $F = 1,431$  oziroma  $F = 1,596$ . Z nadaljnjim naraščanjem akumulacije do kote 29,00 bi bili količniki varnosti stalno v porastu, kar pomeni, da je nivo akumulacije 24,00 že nad kritičnim nivojem, ustrežajočim koti pregrede 30,00. V tretji fazi bi povišali pregrado na koto 35,00 in zopet predpostavimo nespremenjen nivo akumulacije do konca gradnje tretje faze. Količniki varnosti bi upadli pri  $\gamma = 10,0 \text{ kN/m}^3$  na  $F = 1,029$  oziroma na  $F = 1,243$  oziroma  $F = 1,496$  pri gostejših deponentih.

Tudi tu vidimo, da je nivo akumulacije 29,00 že nad kritičnim nivojem za koto pregrede 35,00. V zadnji četrti fazi bi zgradili pregrado do končne krone. Količnik varnosti ob koncu gradnje zadnje faze bi za vodo upadel še na nižjo vrednost, kot jo je imel ob koncu gradnje tretje faze, to je na  $F = 0,990$ . Količnika varnosti za  $\gamma = 12,0 \text{ kN/m}^3$  oziroma  $\gamma = 14,0 \text{ kN/m}^3$  sicer tudi upadeta, vendar na večje vrednosti, kot sta jih imela ob koncu tretje faze, to je na vrednosti  $F = 1,335$  oziroma  $F = 1,784$ , pri nadaljnjem dviganju nivoja akumulacije do končne kote 40,20 pa sta zopet v porastu. Ti količniki varnosti so seveda enaki količnikom varnosti pri hitri gradnji nivoja akumulacije, višje od kote 34,00. Količniki varnosti, prikazani na sliki 3 zgoraj pokažejo, da bi bil enotni naklon vodne brežine  $29^\circ$  prestrm tudi v primeru fazne gradnje, če naj bi obravnavana pregrada rabila akumuliranju vode. Pri prostorninski teži deponenta  $\gamma = 12,0 \text{ kN/m}^3$  pa bi že dosegli zadovoljivo varnost  $F = 1,243$ . Če bi se torej glede na stopnjo raziskanosti vseh zemljin za gradnjo pregrad in vrste ter lastnosti temeljnih tal, zadovoljili z minimalno varnostjo  $F_{\min} = 1,200$ , bi bilo možno s fazno gradnjo izvesti pregrado enotnega nagiba  $29^\circ$  za deponente s prostorninsko težo  $\gamma > 12,0 \text{ kN/m}^3$ , medtem ko bi bila pregrada z enakim nagibom v primeru hitre gradnje nestabilna.

Slika 3. Pregrada z enotnim nagibom – fazna gradnja

**SKLEPI**

– Pri dimenzioniranju vodnih strani nasutih zemeljskih pregrad za zadrževanje tekočih deponentov, katerih nivo v akumulacijskem bazenu monotono narašča brez vmesnih upadanj do končnega nivoja, je potrebno upoštevati prostorninsko težo deponentov in spremenljivi nivo, ker imata ta dva parametra bistven vpliv na varnost proti zdrsni delu pregrade po potencialnih porušnicah.

– V večini primerov količnik varnosti proti zdrsni delu ni najmanjši takrat, ko je pregrada že zgrajena do končne kote, akumulacijski bazen pa je še prazen. Najmanjši

količnik varnosti se pojavi pri določenem nivoju akumulacije, ki ga je potrebno za vsako pregrado posebej določiti. Kritični nivo vodne akumulacije je običajno v intervalu od 1/3 do 1/2 celotne višine akumulacije. Pri deponentih z večjimi prostorninskimi težami je kritični nivo nižji kot pri vodni akumulaciji.

– Upad količnika varnosti od vrednosti pri praznem bazenu do minimalne vrednosti je tem manjši, čim večja je prostorninska teža deponenta.

– Z gradnjo pregrad v posameznih fazah in sprotno polnitvijo bazena je možno doseči zadovoljive količnike varnosti pri nagibih vodnega pobočja, ki so bolj strmi od nagibov in ustrezajo hitri gradnji pregrade do končne višine pri praznem bazenu.

## KONVEKCIJSKE TOPLOTNE IZGUBE STANOVANJSKIH ZGRADB

UDK 699.86:728.1

JELKA LEBAR

### POVZETEK

Konvekcijske toplotne izgube stanovanjskih objektov zaradi kontrolirane in nekontrolirane izmenjave zraka so teoretično obdelane za različne tipe zgradb. Podan je delež teh izgub v celotnih toplotnih izgubah različno oblikovanih objektov v odvisnosti od izmenjave zraka v objektih.

Eden od poglavitih vzrokov nekontroliranih konvekcijskih toplotnih izgub je netesnost stavbnega pohištva. Na podlagi rezultatov dolgoletnih meritev zračne prepustnosti oken v laboratoriju in na objektih je podana usmeritev kakovosti tesnjenja stavbnega pohištva in tesnosti njegove vgraditve v zadnjih desetih letih.

### VENTILATION THERMAL LOSSES OF RESIDENTIAL BUILDINGS

### SUMMARY

For different types of buildings ventilation thermal losses due to controlled and uncontrolled air exchange in residential buildings are discussed. The share of ventilation losses in the total energy losses of: objects of different shape and thermal insulation is given in the correlation of air exchange intensity.

One of the major sources of uncontrolled ventilation losses is the inadequate tightness of construction furniture. On the basis of yearlong air tightness measurements of windows in laboratory and on the objects the trend of quality of air tightness for the last ten years is presented.

### 1. UVOD

Spoznanje o kritičnem pomanjkanju vseh vrst primarnih virov energije je med drugim pripeljalo tudi do iskanja poti za čim bolj premišljeno porabo energije. Glede na to, da predstavlja delež energije za ogrevanje skoraj četrtino

celotne porabe energije, je bilo treba tudi na tem področju ukrepati glede načrtnejše porabe.

Premišljena poraba toplotne ali kakršne koli druge oblike energije pa ne pomeni zmanjšanja njene porabe za vsako ceno na račun zaviranja splošnega razvoja ali znižanja bivalnega standarda. Treba jo je uporabljati tako, da z manjšo količino energije dosežemo enak ali celo večji učinek.

S stališča gradbene fizike nas zanimajo predvsem načini

Avtor:  
Jelka Lebar, dipl. inž. fiz.,  
višji raziskovalni sodelavec

zmanjšanja porabe konvencionalnih oblik energije, ki jo porabimo za ogrevanje, ne da bi se pri tem poslabšala klima v prostoru. Ena od možnosti za doseg tega cilja je zmanjšanje porabe toplotne energije v objektih.

Dejavniki, ki vplivajo na skupno porabo energije za ogrevanje (hlajenje – klimatizacijo) kakega objekta, so:

- okolje (sončno sevanje, zunanje temperature, veter),
- konstrukcijska zasnova objekta in njegova orientacija (arhitektonska zasnova, toplotna prehodnost in akumulativnost obodnih konstrukcij, delež prosojnih elementov in njihova energijska prepustnost, tesnost obodnih površin – izmenjava zraka),
- uporaba objekta (želena klima v objektu, način ogrevanja, vrsta ogrevanja, regulacija).

Dejavniki konstrukcijske zasnove objekta so zajeti v specifičnih toplotnih izgubah objekta (toplotne izgube, preračunane na prostornino objekta). Te izgube delimo na:

- transmisijske toplotne izgube zaradi prehoda toplote skozi obodne konstrukcije,
- konvekcijske toplotne izgube zaradi izmenjave zraka v objektu.

Delež transmisijskih toplotnih izgub se v celotnih toplotnih izgubah z vedno boljšo toplotno izolacijo obodnih površin zgradbe manjša, medtem ko se delež konvekcijskih toplotnih izgub veča. Konvekcijske toplotne izgube so premo sorazmerne intenzivnosti izmenjave zraka v zgradbi.

Izmenjava zraka je potrebna tako iz higienskih kakor tudi gradbeno-fizikalnih osnov. Glede na namen in način uporabe kakega prostora mora biti le-ta ustrezno prezračevan, da so zagotovljeni zdravi pogoji bivanja. Preprečiti je treba kopičenje zdravju škodljivih snovi in zagotoviti zadostno količino svežega zraka.

Glavni kriterij za kakovost zraka je delež  $\text{CO}_2$ . Na podlagi številnih raziskav so ugotovili, da je povprečna vrednost števila izmenjav zraka na uro v bivalnih prostorih, ki zagotavlja higienski minimum,  $n = 0,8 \text{ h}^{-1}$ . Drugi pomemben kriterij, ki vpliva na intenzivnost prezračevanja tako iz higienskih kakor tudi gradbeno-fizikalnih osnov, je relativna vlažnost zraka. Posledica prevelike relativne vlažnosti zraka je rosenje na površinah obodnih konstrukcij. Če rosenje ni le občasen, kratkotrajen pojav, lahko pride do poškodb na mestih kondenziranja (plesni, propadanja tapet, notranjih ometov) in do trajnega poslabšanja klime v prostoru.

## 2. NAČINI PREZRAČEVANJA

Izmenjavo zraka v zgradbi lahko dosežemo z naravnim ali s prisilnim prezračevanjem. Pri naravnem prezračevanju izkoriščamo fizikalne pojave: razliko tlakov, termični vzgon in delovanje vetra. Pri tem se zrak izmenjuje skozi okna, prezračevalne elemente ali ventilacijske kanale. Za prisilno prezračevanje prostorov uporabljamo mehanske naprave – ventilatorje. Iz prostorov izrabljeni zrak odsesavamo ali pa vanje vpihavamo svežega.

Intenzivnost prezračevanja skozi okna z odpiranjem okenskih kril je zelo različna, odvisna pa je od kota odpiranja krila (gl. spodaj):

Položaj okenskega krila	Število izmenjav zraka ( $\text{h}^{-1}$ )
Okna in vrata zaprta	0–0,5
Okna priprto	0,8– 4
Okno odprto do polovice	5– 10
Okno popolnoma odprto	9– 15
Odprti dve nasproti ležeči si okni (prepih)	40

Glede na intenzivnost izmenjave zraka pri odprtem oknu oziroma delno odprtih oknih lahko v prvem primeru govorimo o udarnem prezračevanju, v drugem pa o kontinuiranem prezračevanju.

Primernejše kontinuirano prezračevanje kakor z odpiranjem oken dosežemo z vgraditvijo prezračevalnih elementov. Ti omogočajo stalno, količinsko nastavljivo izmenjavo zraka pri zaprtem oknu. Narejeni morajo biti tako, da ne pride do zamakanja z meteorno vodo, z vgrajenimi dušilniki zvoka morajo preprečiti previsok nivo komunalnega hrupa v prostoru, na njihovi notranji površini se ne sme pojavljati kondenzat in ne smejo bistveno vplivati na zmanjšanje toplotne izolativnosti elementa, v katerega so vgrajeni. Lahko se sestavni del okna ali pa so vgrajeni v gradbeno konstrukcijo.

Prezračevanje prostorov skozi ventilacijske kanale je lahko naravno ali pa prisilno. Na ta način se predvsem prezračujejo centralno nameščeni prostori brez oken ali pa prostori, kjer je treba zagotoviti večjo izmenjavo zraka. Pri zelo tesnih okenskih pripirah je pri tem načinu prezračevanja treba zagotoviti stalen dotok svežega zraka skozi prezračevalne elemente.

Vse opisane načine prezračevanja lahko kontroliramo in prilagajamo trenutnim zahtevam. Govorimo o kontrolirani izmenjavi zraka.

Zavedati pa se moramo, da obstaja tudi nekontrolirana permanentna izmenjava zraka skozi netesne stike na obodu zgradbe. Intenzivnost te izmenjave je odvisna od velikosti špranj, lege in višine zgradbe in od velikosti ter porazdelitve posameznih prostorov v zgradbi. Odvisna je tudi od temperaturne razlike med notranjim in zunanjim zrakom ter od delovanja vetra na zgradbo.

Kritična mesta na obodu zgradbe:

- okenske pripire (stik med okvirom krila in okvirom okna),
- stik med okvirom okna in zidno odprtino,
- stiki škatle za rolo z odprtino v zidu,
- stiki montažnih fasadnih elementov,
- lahke prezračevane strehe.

Dopustna je le določena netesnost okenskih pripir, saj le-teh ne smemo obravnavati samo s stališča varčevanja z energijo. V primerih, ko ni drugih možnosti za prezračevanje, je minimalna izmenjava zraka skozi pripire nujno potrebna. Zato v nekaterih državah že uvajajo tudi spodnjo mejo dopustne zračne prepustnosti, ki še zagotavlja minimalno izmenjavo zraka.

Specifična zračna prepustnost okenskih pripir na nevgrajenih oknih je v zadnjih letih dosegla vrednost  $0,5\text{--}0,7 \text{ m}^3/\text{h}$  na dolžinski meter pripire pri razliki tlakov 10 Pa. Zavedati se moramo, da se ta vrednost z leti močno spreminja (povečuje) zaradi propadanja tesnil (staranje, atmosferski vplivi), delovanja okenske konstrukcije zaradi temperaturnih razlik, obremenitev pri odpiranju in zapiranju okna ter delovanja vetra.

Ostali stiki na obodnih konstrukcijah zgradb naj bi bili

popolnoma tesni. Vendar pa v praksi pogosto naletimo na netesnost zaradi napačnega načrtovanja teh stikov ali pa zaradi malomarne izvedbe.

Nekaj vzrokov netesnosti:

- manjkajoče tesnilo ali napačno izveden stik okno – stena,
- manjkajoče tesnilo pod okensko polico,
- nezatesnjena rolo omarica,
- slabo položena parna zapora pri prezračevanih konstrukcijah.

### 3. PREDPISI

Naši predpisi, ki urejajo področje prezračevanja in tesnost objektov, so dokaj neuskkljeni in pomanjkljivi. Po izidu standarda JUS U.J5.600 – Tehnične zahteve za projektiranje in gradnjo stavb je bil ukinjen. Pravilnik o tehničnih ukrepih in pogojih za prezračevanje stanovanjskih hiš – Uradni list SFRJ, št. 35/7. Bil je v očitnem neskladju s predpisi, ki omejujejo energijske izgube zaradi naravnega ali umetnega prezračevanja. Ostala pa je praznina, saj ni predpisa, ki bi urejal izvedbo prezračevanja in postavljajl kriterije za izmenjavo zraka v posameznih bivalnih oziroma delovnih prostorih.

Tesnost okenskih pripir obravnavata standarda JUS D.ES.013 – Način preiskave zračne tesnosti in JUS D.ES.193 – Zahteve glede zračne prepustnosti in vodotesnosti. S tem standardom so predpisane največje vrednosti prepustnosti zraka v odvisnosti od razlike tlakov. Glede na stopnjo zračne tesnosti so okna razdeljena v štiri kakovostne razrede. Na žalost pa je v gradbenih projektih le redko zahtevana določena kakovost oken, ki bi bila odvisna od višine in izpostavljenosti zgradbe.

Kriterij za tesnost stikov med zasteklitvenimi elementi in steno postavlja že omenjeni standard JUS U.J5.600. Ta zahteva, da zračna prepustnost prostora ali skupine prostorov, merjena po metodi, ki jo predpisuje standard JUS U.J5.100 – Zračna prepustnost stanovanj, ni večja kot dve izmenjavi zraka na uro pri podtlaku 50 Pa. Tudi tu naletimo na neujemanje. Prvi standard govori samo o tesnosti stikov okno – stena, medtem ko pri predpisanem načinu zajemajo meritve vse netesnosti obodnih konstrukcij, ki omejujejo prostor.

### 4. MERITVE

#### 4.1. Laboratorijske meritve tesnosti okenskih pripir

Zavod za raziskavo materiala in konstrukcij že vrsto let z meritvami spremlja zračno tesnost oken in balkonskih vrat. Prve meritve so bile opravljene v letih 1960–62.

Preiskanih je bilo 23 tipskih oken različnih proizvajalcev. Vrednosti specifične zračne prepustnosti, izmerjene pri razliki tlakov 10 Pa, so bile velike:  $9,5 \pm 1,5 \text{ m}^3/\text{hm}'$ .

Po izidu Pravilnika o tehničnih ukrepih in pogojih za dovrševalna dela v stavbarstvu leta 1970 se je pričelo s stalnimi preiskavami. Pravilnik je postavil kriterije za zgornjo dopustno mejo zračne tesnosti:

- $3,0 \text{ m}^3/\text{hm}'$  pri 10 Pa za enojno zastekljene elemente,
- $2,5 \text{ m}^3/\text{hm}'$  pri 10 Pa za ostale elemente.

Do leta 1977 je bilo preiskanih 780 elementov stavbnega pohištva devetnajstih proizvajalcev. Rezultati kažejo na bistveno izboljšanje kakovosti tesnjenja.

V letu 1977 je izšel standard JUS D.E8.193, ki razvršča okna oziroma balkonska vrata glede na doseženo zračno prepustnost in vodotesnost v štiri kakovostne razrede. Zgornja dovoljena meja zračne prepustnosti je bila pri razliki tlakov 10 Pa znižana za  $2 \text{ m}^3/\text{hm}'$ .

Proizvajalci so bili postavljeni pred dejstvo, da morajo sproti kontrolirati kakovost svojih proizvodov. Odstotek oken brez tesnil v pripirah se je z leti hitro manjšal. Od leta 1981 ni bilo v preiskavi nobenega okna brez tesnil. Letno je bilo preiskanih okrog 200 elementov. Opazno je bilo izboljšanje zračne tesnosti, kar kaže na boljše konstrukcijske rešitve in preciznejšo izdelavo.

Obdobje	Zračna prepustnost ( $\text{m}^3/\text{hm}'$ pri 10 Pa)	
	okna	balkonska vrata
1960–1962	9,5	
1970–1977	1,2	1,9
1977–1985	0,7	0,9
1985–1989	0,6	0,7

#### 4.2. Meritve zračne tesnosti prostorov na zgradbah

Prve meritve na zgradbah so bile opravljene leta 1977, da bi dobili vpogled v dejansko zračno tesnost vgrajenega stavbnega pohištva.

Rezultati meritev so bili interpretirani tako, da smo pri podtlaku 10 Pa izmerjeni pretok zraka preračunali na dolžinski meter pripire okna... Rezultati so bili porazni. V meritve je bilo zajetih 55 oken in 14 balkonskih vrat.

Povprečna izmerjena zračna prepustnost pri razliki tlakov 10 Pa je bila  $5,1 \text{ m}^3/\text{hm}'$ , največja pa  $8,2 \text{ m}^3/\text{hm}'$ .

Take netesnosti povzročajo velike konvekcijske izgube toplote. Konvekcijske izgube zgradb so bile najprej omejene z zahtevo po tesnosti vgraditvenih stikov med stavbnim pohištvom in gradbeno konstrukcijo. Po letu 1984 pa je zahtevana zračna tesnost celotnega prostora oziroma skupine prostorov. Navedeni so samo rezultati prvih meritev. Poznejše meritve v prostorih, v katerih je bila izmerjena prevelika netesnost in so se izvajale po sanaciji, ki je bila praviloma uspešna, niso merilo za presojo kakovosti.

Leto	Št. mer.	Zračna prepustnost ( $\text{m}^3/\text{hm}'$ pri 10 Pa)	
		povprečna	največja
1981	188	3,6	8,2
1982	115	3,5	6,2
1983	89	3,1	4,9
1984	98	2,8	3,7

Opazna je izrazito pozitivna usmeritev v kakovosti tesnjenja vgraditvenih reg.

V letu 1985 smo prešli na ugotavljanje števila izmenjav zraka. Rezultati meritev kažejo, da izvajalci lahko s kakovostnim tesnjenjem stikov brez težav dosežajo zahtevano tesnost. Izmerjene vrednosti so se prvo leto gibale med  $1,3 \text{ h}^{-1}$  in  $2,2 \text{ h}^{-1}$ , sedaj pa so okoli  $1 \text{ h}^{-1}$ . V primerih, da je intenzivnost izmenjave večja od  $2 \text{ h}^{-1}$ , je kriva površnost izvajalcev.

#### 5. ANALIZA KONVEKCIJSKIH TOPLOTNIH IZGUB

Količina dovedene toplote je odvisna od toplotne prehodnosti obodnih konstrukcij, izmenjave zraka in temperaturnih razlik.

$$\Phi = \Phi_T + \Phi_V = K_{OB} \cdot A_{OB} \cdot (t_i - t_e) + V \cdot c_p \cdot \rho \cdot (t_i - t_e) \quad (W),$$

kjer pomenijo:

- $k_{OB}$  – srednjo toplotno prehodnost obodnih konstrukcij ( $W/m^2K$ ),
- $A_{OB}$  – površino stavbe ( $m^2$ ),
- $c_p$  – specifično toplotno zrak (1005  $Ws/kgK$ ),
- $\rho$  – prostorninsko maso zraka ( $1,3 kg/m^3$ ),
- $V$  – prostorninski tok izmenjanega zraka ( $m^3$ ),
- $t_i - t_e$  – razliko temperatur notranjega in zunanjega zraka (K).

V primeru netesnosti okenskih pripir so konvekcijske toplotne izgube enake:

$$\Phi_v = (a \cdot l) \cdot p^{2/3} \cdot c_p \cdot \rho \cdot (t_i - t_e) \text{ (W)},$$

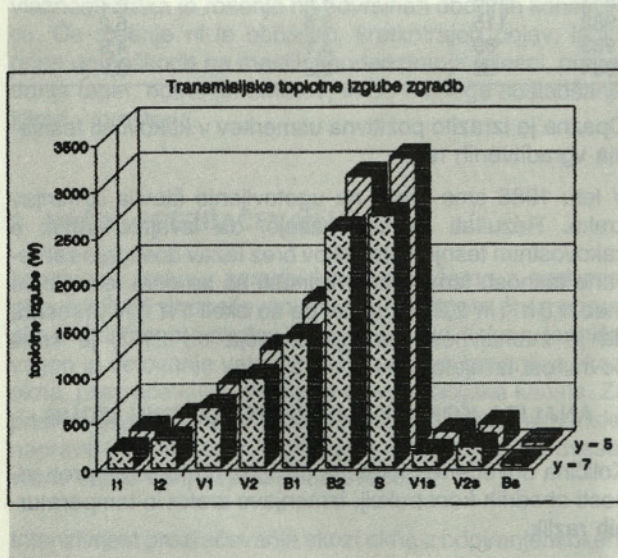
kjer pomenita:

- $a$  – zračno prepustnost pripir ( $m^3/hm'$  pri 10 Pa),
- $l$  – skupno dolžino pripir.

Analiza toplotnih izgub je narejena za različne tipe stanovanjskih hiš oziroma stanovanjskih enot:

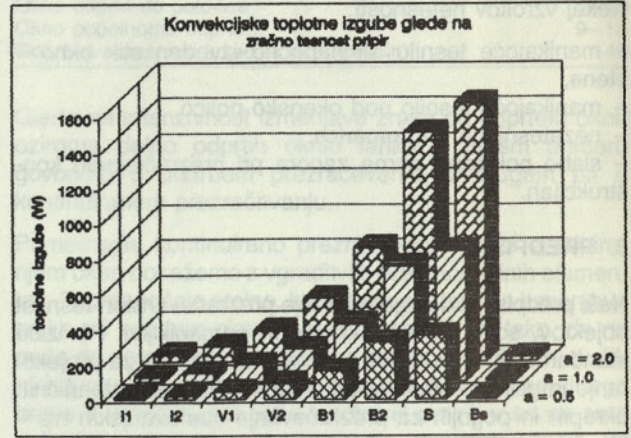
$I_1$	Individualna hiša – enoetažna	10 m × 10 m
$I_2$	Individualna hiša – dvoetažna	10 m × 10 m
$V_1$	Vrstna hiša – enoetažna	10 m × 40 m
$V_2$	Vrstna hiša – dvoetažna	10 m × 40 m
$B_1$	Blok – 5 etaž	12 m × 24 m
$B_2$	Blok – 5 etaž	12 m × 48 m
$S$	Stolpnica – 10 etaž	18 m × 18 m
$V_{1s}$	Srednja stanovanjska enota v $V_1$	10 m × 10 m
$V_{2s}$	Srednja stanovanjska enota v $V_2$	10 m × 10 m
$B_s$	Srednja stanovanjska enota v B	5 m × 12 m

Pri vseh objektih je bila upoštevana etažna višina 2,5 m. Računali smo s površino oken, ki ustreza 1/7 ( $y = 7$ ) in 1/5 ( $y = 5$ ) tlorisne površine. Povprečno vrednost razmerja dolžine okenske pripire in površine okna smo določili na podlagi baze podatkov, dobljene z meritvami zračne prepustnosti stavbnega pohištva. Vse analize transmisijskih in konvekcijskih toplotnih izgub so narejene za temperaturno razliko 1K. Da bi določili delež konvekcijskih toplotnih izgub v celotnih toplotnih izgubah zgradb, smo izračunali tudi transmisijske toplotne izgube za obravnane objekte. Transmisijske toplotne izgube smo računali z dopustnimi toplotnimi prehodnostmi obodnih konstrukcij (JUS U.J5.600). Vsi izračuni so narejeni za dvojno zastežitve.

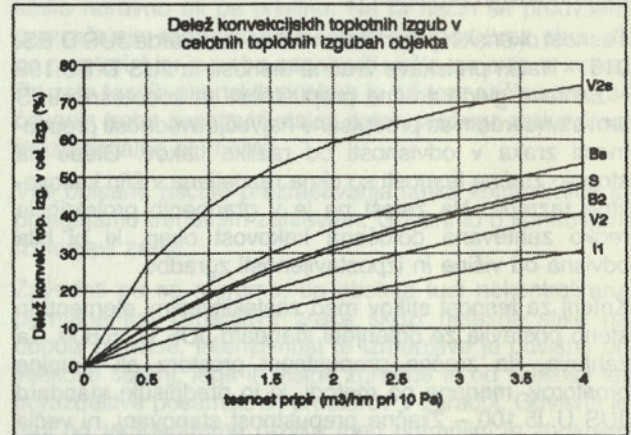


Konvekcijske toplotne izgube glede na zračno tesnost pripir

Konvekcijske toplotne izgube smo računali za posamezne tipe zgradb, pri čemer pa smo spreminjali zračno tesnost pripir



Delež konvekcijskih toplotnih izgub v celotnih toplotnih izgubah objekta glede na tesnost pripir in velikost oken pri dvojni zastežitvi



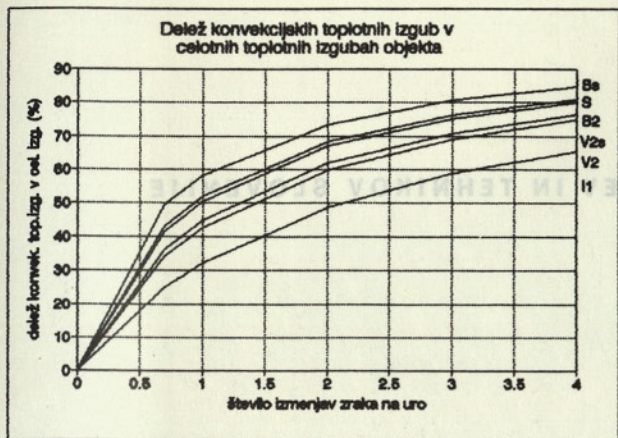
Na diagramu so podani deleži konvekcijskih toplotnih izgub v celotnih toplotnih izgubah zgradbe zaradi izmenjave zraka skozi okenske pripire v odvisnosti od specifične zračne prepustnosti pripir za okno velikosti  $y = 5$ .

Konvekcijske toplotne izgube glede na število izmenjav zraka v zgradbi





Delež konvekcijskih toplotnih izgub v celotnih toplotnih izgubah objekta glede na število izmenjav zraka



Na diagramu so podani deleži konvekcijskih toplotnih izgub v celotnih toplotnih izgubah zgradb zaradi izmenjave zraka v objektu (prezračevanje) v odvisnosti od števila izmenjav na uro.

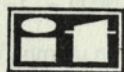
## 6. SKLEP

Iz rezultatov izračunov je razvidno, kako velik je delež konvekcijskih toplotnih izgub. Ker niti iz higienskih niti iz gradbenofizikalnih razlogov izmenjave zraka ne smemo zmanjšati pod določeno mejo, je treba poskrbeti za preprečitev ali pa vsaj zmanjšanje toplotne izgube zaradi nekontrolirane izmenjave zraka skozi netesnosti obodnih konstrukcij. S pravilnimi konstrukcijskimi rešitvami stikovanja obodnih elementov in z natančno izvedbo vgrajevanja lahko precej vplivamo na zmanjšanje toplotnih izgub.

Št.	mesec	semestr	izpit	izpit
I.	Januar	20 - 24 januar	14. december 1991	13 - 17 januar
II.	Februar	17 - 21 februar	28. januar	10 - 14 februar
III.	Marec	16 - 20 marec	22. februar	8 - 13 marec
IV.	April	13 - 17 april	21. marec	6 - 10 april
V.	Maj	18 - 22 maj	28. april	11 - 18 maj
VI.	Junij		23. maj	8 - 12 junij
VII.	Oktober	19 - 23 oktober	17. oktober	2 - 6 november
VIII.	November	16 - 20 november	21. november	7 - 11 december
IX.	December	14 - 18 december		

A. Pripravljani seminar organizira ZVEZA DRUŠTEV GRADBENIH INŽENIRJEV IN TEHNIKOV SLOVENIJE, Ljubljana, Evarčeva 18. (tel.: 061/251-587). Prijavo v obliki dopisa, skupaj z dokazilom o plačilu pošlje pisarnik strokovnega seminarja. (Štito račun: 60101-678-47602)

B. Izpiti organizira ZAVOD ZA RAZISKAVO MATERIALA IN KONSTRUKCIJO LJUBLJANA, Ljubljana, Dimičeva 12. Informacije dobite pri ing. Grosju preko telefona št. 061/342-671, od 10. do 12. ure.



**ZVEZA DRUŠTEV GRADBENIH INŽENIRJEV IN TEHNIKOV SLOVENIJE**  
**LJUBLJANA, ERJAVČEVA ULICA 15**

## **STROKOVNI IZPITI ZA GRADBENIŠTVO IN ARHITEKTURO TER PRIPRAVLJALNI SEMINARJI ZA LETO 1992**

Rok	Mesec	A. seminar	B. izpit	
			pisni	ustni
I.	Januar	20.–24. januar	14. december 1991	13.–17. januar
II.	Februar	17.–21. februar	25. januar	10.–14. februar
III.	Marec	16.–20. marec	22. februar	9.–13. marec
IV.	April	13.–17. april	21. marec	6.–10. april
V.	Maj	18.–22. maj	25. april	11.–15. maj
VI.	Junij		23. maj	8.–12. junij
	September	21.–25. september		
VII.	Oktober	19.–23. oktober	17. oktober	2.–6. november
VIII.	November	16.–20. november	21. november	7.–11. december
IX.	December	14.–18. december		

**A.** Pripravljalni seminar organizira **ZVEZA DRUŠTEV GRADBENIH INŽENIRJEV IN TEHNIKOV SLOVENIJE**, Ljubljana, Erjavčeva 15, (tel.: 061/221-587). Prijavo v obliki dopisa, skupaj z dokazilom o plačilu, pošlje plačnik stroškov seminarja. (Žiro račun: 50101-678-47602)

**B.** Izpit organizira **ZAVOD ZA RAZISKAVO MATERIALA IN KONSTRUKCIJ LJUBLJANA**, Ljubljana, Dimičeva 12. Informacije dobite pri ing. Grošlju preko telefona št.: 061/342-671, od 10. do 12. ure.

**ULRIH & Co.**  
INŽENIRING, PROIZVODNJA, TRGOVINA  
RIMSKA C. 25a, 61000 LJUBLJANA

Tel.: 212 872 Fax.: 212 841

RESTAVRATORSTVO V CELOTI  
PROJEKTIRANJE, IZDELAVA IN  
TRŽENJE UMETNIŠKIH PREDMETOV  
GRADBENIŠTVO, URBANISTIČNI  
PROJEKTI  
PROJEKTI FILMSKE, GLEDALIŠKE IN  
KONGRESNE DEJAVNOSTI  
ORGANIZACIJA KONCERTOV,  
RAZSTAV  
INFORMACIJSKI INŽENIRING