

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

LJUBLJANA,  
DECEMBER 1990

LETNIK XXXIX,  
STR.: 273-312

# GRADBENI VESTNIK 12



PIONIR – GRADBENO  
INDUSTRIJSKO PODJETJE IZ  
NOVEGA MESTA, SLOVI KOT  
NAJVEČJI GRADITELJ  
TURISTIČNIH OBJEKTOV  
V JUGOSLAVIJI, BOGATE  
REFERENCE PA IMA TUDI  
V TUJINI.

PO USPEŠNO ZGRAJENIH  
HOTELIH NA POLJSKEM  
V PRETEKLH LETIH (HOTEL  
VERA V VARŠAVI IN  
KASPROWY V ZAKOPANIH)  
JE V LETOŠNJEM LETU  
PIONIR V SODELOVANJU  
Z IMOSOM REKONSTRUIRAL  
HOTEL GRAND V KRAKOWU  
(NA SLIKI).

TRENTNO PA PIONIR  
GRADI NOV HOTELSKI  
KOMPLEKS KRAK, TUDI  
V KRAKOWU.



# GRADBENI VESTNIK

GLASILO ZVEZE DRUŠTEV GRADBENIH INŽENIRJEV IN TEHNIKOV SLOVENIJE

## LETNIK XXXIX–1990

- Revijo izdaja: **ZVEZA DRUŠTEV GRADBENIH INŽENIRJEV IN TEHNIKOV SLOVENIJE V LJUBLJANI**
- 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, ANDREJ KOMEL, BRANKA ZATLER-ZUPANČIČ, JOŽE ŠČAVNIČAR, dr. MIRAN SAJE**
- Tisk: **TISKARNA TONE TOMŠIČ V LJUBLJANI**

LJUBLJANA, 1990

## KAZALO ZA LETNIK XXXIX, 1990

<b>ČLANKI, ŠTUDIJE, RAZPRAVE</b> ARTICLES, STUDIES, PROCEEDINGS	BERLOT Bojan: HE in vodovod Zadlašica .....	139
	Hydroelectric power plant and water supply Zadlašica	
	BUBNOV Sergej: Nekaj naukov zadnjih potresov .....	154
	Some lessons from the recent earthquakes	
	BATTELINO Darinka, FAŠALEK Marko: Možnosti uporabe metode »JET GROUTING« v gradbeništvu .....	159
	Possible applications of »JET GROUTING« in the construction industry	
	BRILLY Mitja:	



Model podtalnice Ljubljanskega polja .....	247
Groundwater model of Ljubljana aquifer	
BOŠTJANČIČ Jože:	
Preiskava različnih sten na mobilnem solarnem preiskusnem objektu .....	290
DOBRILA Peter, JEŽOVNIK Miran:	
Enoosna – upogibna obremenitev armiranobetonskih prerezov (velika ekscentriteta) .....	23
Uniaxial – bending with axial force for rectangular beams	
DAMJANIĆ F. B.:	
Metoda končnih elementov kot sodobno orodje za reševanje inženirskih nalog ...	219
Use of finite element method as a modern tool for analysis of engineering problems	
DUHOVNIK Janez:	
Računalniško projektiranje in gradnja armiranobetonskih konstrukcij .....	231
Computer aided design and construction of reinforced concrete structures	
FAJFAR Peter, FISCHINGER Matej:	
Potresnovarno projektiranje objektov visoke gradnje (raziskovalno in razvojno delo v IKPIRu) .....	210
Earthquake resistant design of buildings (research and development in IKPIR)	
HUMAR Gorazd:	
Osimske ceste – naše okno proti zahodu .....	94
Osimo's motorways – our window to the west	
KRAVANJA Viktor:	
Dodatek iz nove generacije kemičnih dodatkov betonu tovarne TKK Srpenica ....	136
Chemical additives for concrete the new product's generation from factory TKK Srpenica	
KLADNIK Rudi, KRAINER Aleš, OREL Boris, ŠIJANEC-ZAVRL Marjana:	
Dinamična analiza toplotnega odziva grajenega okolja .....	241
Dynamic analysis of thermal response of built environment	
LUTAR Boris	
Računanje stenastih konstrukcij z metodo nadomestnih okvirov .....	7
Analysis of shear wall buildings by the frame method	
LUTAR Boris:	
Program ELAST za analizo horizontalno obremenjenih stavb .....	14
A computer program ELAST for lateral loaded multistory structures	
LAPAJNE Svetko:	
Pritiski v silosih – izkušnja .....	274
Pressions on silos – experience	
MAJES Bojan, ŠUKLJE Lujo:	
Pregled raziskav vpliva lezenja na konsolidacijo zemljin .....	205
Review of investigations concerning creep effects on consolidation of soils	
PIPENBAHER Marjan:	
Analiza reoloških vplivov pri prostokonzolni segmentni gradnji .....	18
Analysis of the rheological influence on segment method erected bridges	
PŠUNDER Mirko, REBOLJ Danijel:	
Računalniško podprto planiranje in spremljanje projektov v gradbeništvu .....	27
Computer aided project planning and evaluation in civil engineering and construction	
PAHOR Kazimir:	
Avtomatizacija in računalništvo v tovarnah betona .....	110
Automatisation and computer aided design in batching plants	
PODEŠVA Zlatko:	
Opečni montažni sistem PMS-Gorica (prikaz razvoja in dosežkov) .....	120
Masonry-prefabricated system PMS-Gorica (description of Development and Achievements)	
PODEŠVA Zlatko:	
Tovarna ABK: rast in razvoj montažnih betonskih konstrukcij .....	127
Factory of building components ABK – Development of prefabricated concrete structures	
REBOLJ Danijel:	
Enoten podatkovni model objektov v visokogradnji za različne računalniško podprte faze projektiranja .....	31
A uniform data model of superstructures for various computer aided structural design phases	



REFLAK Janez:	
EUROPA-92 in graditeljstvo .....	65
EUROPA-92 and building construction	
RIJAVEC-PEČANAC Tonica, PODEŠVA Zlatko:	
Prednapete votle plošče v tehnologiji, ekstrudiranega betona .....	124
Prestressed hollow core slabs in technology of extruded concrete	
REJEC Milan, BUŽINEL Igor:	
Pomorski program GIP STAVBENIK .....	132
Martime equipment GIP STAVBENIK	
RAJAR Rudi:	
Razvoj matematičnega modeliranja tokov s prosto gladino .....	226
Development of mathematical models of free-surface flow	
RAKAR Albin:	
Pomen in vloga zemljišča pri procesu urbanizacije .....	252
Meaning and role of the building grounds in the process	
REBEC Andrej:	
Požarna odpornost armiranobetonskih konstrukcij (stebrov) .....	283
Fire resistance of reinforced-concrete structures (columns)	
STANIČ Ciril:	
Slovenija in tranzitne avtoceste med zahodno in severno Evropo, Jugoslavijo, Balkanom in Azijo .....	180
SAJE Miran:	
Primeri iz mehanike konstrukcij .....	216
Examples from structural mechanics	
SAJE Franc, ROGAČ Rajko:	
Nekateri prispevki katedre za masivne in lesene konstrukcije k razvoju stroke ....	236
Some contributions to the Development of civil engineering by division of concrete and wooden structures	
ŠUBIC Lojze:	
Cestni promet in okolje .....	99
Road traffic and the environment	
ŠUBIC Lojze:	
Zmanjšanje vplivov cestnega prometa na okolje .....	167
Reducing of road traffic environmental impacts	
ŠIBENIK Tomislav, SEVER Drago:	
Umirjanje prometa v urbanih področjih .....	176
TRAUNER Ludvik:	
30 let VTO gradbeništvo .....	2
30 years of the department of civil and structural engineering	
TRAUNER Ludvik, ŠKRABL Stane, SKRBIŠ Milica, JELER Miran:	
Uporaba prostorske stabilnostne analize .....	4
An applicability of the space stability analysis	
TOMAŽEVIČ Miha:	
Kaj nas je naučil potres v San Franciscu 17. 10. 1989 .....	54
The lessons of San Francisco earthquake of october 17, 1989	
VRATUŠA Srečko:	
Primer probabilistične ocene zanesljivosti armiranobetonske konstrukcije .....	69
An example of probabilistic evaluation of reliability of reinforced concrete structures	
VIDMAR Metod, JEŽ Mira:	
Standardizacija detajlov v stanovanjski gradnji .....	115
Standardization of details in housing construction	
VERLIČ Peter:	
Vpliv remonta zgornjega ustroja prog na potekanju železniškega prometa .....	276
The impact of track renewal on railway traffic	
ZEMLJIČ Vlasto:	
Študij gradbeništva skozi 70 let .....	198

**POROČILA,  
OBVESTILA  
REPORTS,  
INFORMATIONS**

BUBNOV Sergej:	
Deveti kongres evropskega združenja za potresno inženirstvo v Moskvi .....	298



CEPUŠ Lojze: Iz delovnih kolektivov .....	37
CEPUŠ Lojze: Iz delovnih kolektivov .....	76
CEPUŠ Lojze: Iz delovnih kolektivov .....	293
DEMŠAR Božo: Še enkrat geodetske osnove za projektiranje cest .....	34
DUHOVNIK Janez: 12. zborovanje gradbenih konstruktorjev Slovenije .....	300
JUVANC Alojz: Geodetske osnove za projektiranje cest .....	75
KRISTOVIČ Breda: Prenova zgradbe GAMBRINUS .....	183
PIRC Milojka: Izdelava in uporaba toplotnoizolacijskega kalcij-silikatnega materiala APLAM® ..	142
RAJAR Rudi: Jubilej: prof. dr. JANKO BLEIWEIS .....	74
STANIČ Ciril: Jubilej: dipl. gradb. inž. MAKS MEGUŠAR .....	148
SRPČIČ Jelena: In memoriam: ANTON POLENŠEK .....	184
TKK: Proizvodni program za gradbeništvo .....	144
VIDMAR Silvan: Jubilej: akademik prof. dr. LUJO ŠUKLJE .....	258

**POROČILA  
FAKULTETE ZA  
ARHITEKTURO,  
GRADBENIŠTVO  
IN GEODEZIJO  
PROCEEDINGS OF  
THE DEPARTMENT  
OF CIVIL  
ENGINEERING  
UNIVERSITY  
E. KARDELJ,  
LJUBLJANA**

SAJE France: Kompozitna pramena za prednapenjanje betonskih konstrukcij .....	41
Composite bars for prestressing of concrete structures	
DUHOVNIK Janez, LJUBIČ Vladislav, KNIFIC Tone, ŽLAJPAH Dejan: AR-CAD programski sistem za projektiranje armature .....	303
AR-CAD system for the computer-aided reinforcement design	
LJUBIČ Vlado: Geometrijsko modeliranje stavb .....	184
The geometrical modelling of the buildings	
ŠUBIČ Maruška: Primer uporabe analize družbenih stroškov in družbenih koristi, dopolnjene z dvonivojskim dinamičnim programom, na relaciji stanovanjska gradnja – kmetijska zemljišča .....	79
An example of application of cost benefit analysis, incorporated into two level dynamic model in relation to housing and agricultural land	

**INFORMACIJE  
ZAVODA ZA  
RAZISKAVO  
MATERIALA IN  
KONSTRUKCIJ V  
LJUBLJANI  
PROCEEDINGS OF  
THE INSTITUTE  
FOR MATERIAL  
AND STRUCTURES  
RESEARCH  
LJUBLJANA**

BRINŠEK Rudi, BELINGAR Branko: Načrtovani avtomatizirani način tehničnega opazovanja jezov v Sloveniji .....	193
The planned automatic monitoring of dams in Slovenia	
BATTELINO Darinka: 10 let podpornih konstrukcij iz armirane zemljine v Sloveniji .....	261
10 years experience in reinforced earth walls in Slovenia	
BOŠTJANČIČ Jože: Termografska preiskava testne stene .....	310
KOS Jože, ŠUŠTERŠIČ Janez: Podvodna sanacija poškodb na armiranobetonskem ladijskem doku .....	149
Subaquatic repair of damage to a reinforced-concrete floating dock	
ZUPAN Matjaž, ŽARGI Peter: Izboljšanje toplotne izolativnosti sendvič fasadnih elementov .....	49
Improving the thermal insulation of prefabricated sandwich-constructon wall panels	
ŠUŠTERŠIČ Jakob, CEKLIN Franci, URBANČIČ Stanislav: Uporaba mikroarmiranih betonov za izdelavo konstrukcijskih elementov .....	85
Use of fibre reinforced concrete for structural members	





# GRADBENI VESTNIK

GLASILO ZVEZE DRUŠTEV GRADBENIH INŽENIRJEV IN TEHNIKOV SLOVENIJE  
ŠT. 12 • LETNIK 39 • 1990 • YU ISSN 0017-2774

## VSEBINA - CONTENTS

Članki, študije, razprave Articles studies, proceedings	Svetko Lapajne PRITISKI V SILOSIH – IZKUŠNJA . . . . .	274
	PRESSIONS ON SILOS – EXPERIENCE Peter Verlič: VPLIV REMONTA ZGORNJEGA USTROJA PROG NA POTEKANJU ŽELEZNIŠKEGA PROMETA . . . . .	276
	THE IMPACT OF TRACK RENEWAL ON RAILWAY TRAFFIC Andrej Rebec: POŽARNA ODPORNOST ARMIRANOBETONSKIH KONSTRUKCIJ (STEBROV) . . . . .	283
	FIRE RESISTANCE OF REINFORCED-CONCRETE STRUCTURES (COLUMNS) Boštjančič Jože: PREISKAVA RAZLIČNIH STEN NA MOBILNEM SOLARNEM PREISKUSNEM OBJEKTU . . . . .	290
	TESTS OF DIFFERENT WALL ELEMENTS IN THE MOBILE SOLAR-TESTING MODULE Poročila, obvestila Reports, informations	
	Lojze Cepuš: IZ DELOVNIH KOLEKTIVOV . . . . .	293
	Sergej Bubnov: DEVETI KONGRES EVROPSKEGA ZDRUŽENJA ZA POTRESNO INŽENIRSTVO V MOSKVI . . . . .	298
	Janez Duhovnik: 12. ZBOROVANJE GRADBENIH KONSTRUKTORJEV SLOVENIJE . . . . .	300
Poročila Fakultete za arhitekturo, gradbeništvo in geodezijo Proceedings of the Department of Civil Engineering University E. Kardelj, Ljubljana	Janez Duhovnik, Vladislav Ljubič, Tone Knific, Dejan Žlajpah: AR-CAD PROGRAMSKI SISTEM ZA PROJEKTIRANJE ARMATURE . . . . .	303
	AR-CAD SYSTEM FOR THE COMPUTER-AIDED REINFORCEMENT DESIGN Informacije Zavoda za raziskavo materiala in konstrukcij Ljubljana Proceedings of the Institute for materials and structure research Ljubljana	
	Jože Boštjančič: TERMOGRAFSKA PREISKAVA TESTNE STENE . . . . .	310
	THERMOGRAPHIC INVESTIGATION OF TEST WALL PROPERTIES	

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, Andrej KOMEL, Branka ZATLER-ZUPANČIČ, 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 150,00 din. Za študente in upokojene velja polovična cena. Naročnina za gospodarske naročnike za I. polletje 1990 znaša 1.000,00 din, za inozemske naročnike 80 US \$. Revija izhaja ob finančni pomoči RK za raziskovalno dejavnost in tehnologijo, Splošnega združenja gradbeništva in IGM Slovenije, Republiške vodne uprave, Zavoda za raziskavo materiala in konstrukcij Ljubljana in Fakultete za arhitekturo, gradbeništvo in geodezijo Univerze Edvarda Kardelja v Ljubljani.



Inv. št. 18569

## PRITISKI V SILOSIH – IZKUŠNJA

UDK 624.024:624.953

SVETKO LAPAJNE

### POVZETEK

Avtorju članka je bila naročena ekspertiza o razpokanem silosu. Prikazani so rezultati njegovih poskusov s pšenico in koruzo glede njihovih mehanskih lastnosti. Tolmačenje posebnosti: stožec je izkazal večji naklon  $\varnothing$  kot ravno pobočje. Okrogle silosne celice so v redu. Polnitev vmesnih celic ni bila statično preverjena. Zaradi pomanjkanja tonamenske armature je bila dovoljena višina polnitve vmesnih celic zmanjšana na 25–30 odstotkov.

### PRESSIONS ON SILOS – EXPERIENCE

### SUMMARY

The author of this article was charged with the examination of a cracked silo. The results of his tests on wheat and corn concerning their mechanical qualities are cited. The interpretation of the peculiarity: the cone has showed a greater declivity  $\varnothing$  than the straight slope. The round silocells are in order. The filling of the intercells was not statically checked. Because of the deficiency of the reinforcing for this purpose the allowed fillingheight of intercells was reduced to 25–30 percent.

V letu 1985 me je zagrebško sodišče pozvalo kot eksperta v zadevi pokanja žitnega silosa v hrvaškem Zágorju. Pri študiju sem se najprej lotil ljubiteljske preveritve predpostavk kota notranjega trenja žita in trenja žita ob površino. Podjetje »Žito« v Ljubljani mi je v svojih prostorih dalo na voljo nekaj pšenice in nekaj koruze, sam pa sem prinesel staro risalno desko in primitivne mere dolžin. Rezultati opazovanja:

Naravni nasipni kot $\varnothing$	ravnega pobočja	stožca
za pšenico $\varnothing$	23,5°	26,0°
za koruzo $\varnothing$	22,5°	25,0°
Kot trenja na leseni, skobljani, obrabljeni deski $\mu$		
	zdrsniitev	ustavitev drsenja
za pšenico $\mu$	18,5°	17,5°
za koruzo $\mu$	17,5°	16,5°

Avtor:  
Ing. Svetko Lapajne  
Bogišičeva ul. 1, Ljubljana (YU)

Splošne ugotovitve so bile, kot sledi:

1. Kot notranjega trenja  $\varnothing$  je po naših starih predpisih in po navedbah literature optimistično ocenjevan, minimalno trenje je manjše.
2. Privzetje tornega kota med steno in žitom  $\mu$  kot 3/4 kota notranjega trenja  $\varnothing$  ustreza.
3. Izmerjeni kot naklona nasipnega stožca  $\varnothing$  je za okrog 10 % večji kot naklon ravnega pobočja. Meritve na stožcih nam torej nudijo prenizke vrednosti trenja.

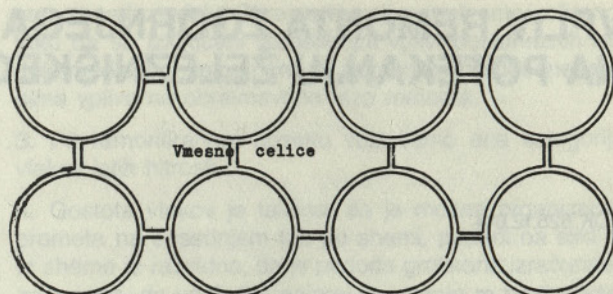
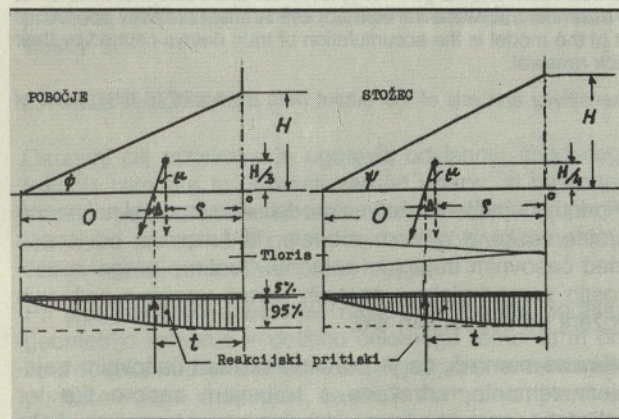
Od meritev v letu 1985 me je dražil problem pod 3, to je, v čem je vzrok večje strmine pobočja stožca in manjše ravnega pobočja. Videti je, da se mi je odprlo po računski poti: vzrok je v geometrijski obliki, razliki med trikotno prizmo pobočja in trikotno piramido pri izseku stožca. Pojasnilo:

Velikost vodoravnih pritiskov v nasipu je odvisna (vsaj v primeru meritev) le od trenja na podlagi. Torni kot  $\mu$  namreč določa odklon rezultante od navpičnice. Razdelilna črta reakcijskih pritiskov podlage mora biti zvezna tako po liniji kot po njenem odvodu, ordinata v peti pa naj bi bila velikosti 0. Kombinacija 5 % enakomerne reakcije in 95 % parabolične je dala rezultate, ki se dobro ujemajo z meritvami. Torni kot  $\mu$  po meritvi 18°:



Oblika izseka	Pobočje prizma	Stožec piramida
oddaljenost vertikalne rezultante od točke $O$	0,3333	$0,5000 \times 0$
oddaljenost težišča reakcij od točke $O$	0,3813	$0,5400 \times 0$
razlika oddaljenosti $\Delta$	0,0480	$0,0400 \times 0$
Razmerje $\Delta/tg\ 18^\circ$ je enako	$H/3$	$H/4$
Ker je $H/0$ enak $tg\ \varnothing$ , dobimo $tg\ \varnothing$	0,4432	0,4924
in kot notranjega trenja $\varnothing$	$23,9^\circ$	$26,2^\circ$
Račun z največjim možnim trenjem		
$\mu$ , enakim $\varnothing$ in razdelilno krivuljo reakcijskih pritiskov tal po paraboli četrte stopnje $y=p_0(1-\xi^4)$ izkazuje veliko večje notranje trenje:		
oddaljenost težišča reakcij $t$	5/12	$4/7 \times 0$
razlika oddaljenosti $\Delta$	1/12	$1/14 \times 0$
razmerje $\Delta/tg\ \varnothing$ je enako	$H/3$	$H/4$
Ker je $H/0$ enak $tg\ \varnothing$ , znaša $tg\ \varnothing$	3/12	4/14
in kot notranjega trenja $\varnothing$	$26,57^\circ$	$28,43^\circ$

Izmerjeni kot trenja  $\varnothing$  je torej v največji meri odvisen od pogojev trenja na podlagi za sipno pobočje ali stožec.



TLORIS SILOSNIH CELIC

Ekspertiza o varnosti razpokanega silosa je nudila naslednje ugotovitve: Večina razpok je imela svoj izvor v krčenju in velikih temperaturnih razlikah med zunanjo in notranjo površino sten: zunaj zimski mraz s košavo (burjo), znotraj toplo žito. Tudi na delovnih stikih so se odpirale rege. V izvršilnih načrtih je bilo ugotovljeno pretirano varčevanje razdelilne armature. Vse te razpoke pa ne vplivajo na varnost proti rušenju. Večji problem je bil v dejstvu, da je bila v projektu predvidena tudi uporaba treh vmesnih celic, s čimer bi se kapaciteta celotnega objekta povečala za približno 20 odstotkov. Primer obtežbe vmesnih celic pri praznih glavnih okroglih celicah ni bil statično obdelan. Točen statični račun bi zahteval lupinsko tretiranje zunanjih okroglih celic ter njih povezavo na vrhu in pri dnu z nateznimi vezmi. Ker teh armaturnih ojačenj ni bilo, so si bili strokovnjaki edini, da se sme dovoliti polnjenje vmesnih celic le od 25–30 odstotkov polne vsebine. S to potezo je bila kapaciteta silosa reducirana za okrog 13% glede na originalni projekt. Res pa je, da bi bil po prvotni zamisli pravilno armiran silos z vezmi tudi kakih 13 odstotkov dražji zaradi bistveno močnejšega armiranja lupin in dodatnih vezi. Tako se neka učinkovita škoda ni dala ugotoviti, maratonski sodni proces pa se je končal miro-ljubno.

Ta članek dopolnjuje članek istega avtorja pod istim naslovom: Pritiski v silosih, objavljen v Gradbenem vestniku I. 1979, št. 3. Prvi članek je izšel tudi v francoščini v švicarski reviji Ingénieurs et architectes suisses leta 1980 v št. 17 in v srbohrvaščini v Našem gradjevarstvu I. 1989 v št. 6. Prvi članek vsebuje tudi seznam literature.



# VPLIV REMONTA ZGORNJEGA USTROJA PROG NA POTEKANJU ŽELEZNIŠKEGA PROMETA

UDK 625.12.014

PETER VERLIČ

## POVZETEK

V pričujočem članku podajamo model za kvantifikacijo vplivov remonta zgornjega ustroja prog glede na potekanje železniškega prometa.

Z omenjenim modelom lahko na podlagi potrebnih vhodnih podatkov, kot so geometrija remonta ter gradbenotehnični in prometni podatki, identificiramo bistveni element remonta, ki vpliva na potekanje prometa – zamude vlakov. Kumulativa zamud vlakov zaradi vpeljave počasne vožnje pri remontu je glavni izhodni rezultat modela.

Model omogoča tudi analizo občutljivosti izhodnih rezultatov glede na spremembo vhodnih parametrov.

## THE IMPACT OF TRACK RENEWAL ON RAILWAY TRAFFIC

## SUMMARY

The paper presents a model for the quantification of track renewal impacts on railway operations.

Based upon the necessary input data, i.e.: track renewal geometry, technical and traffic characteristics, the model can be used to identify the essential track renewal element which affects railway operations – train delays. The main output result of the model is the accumulation of train delays caused by their slow running at the occasion of a track renewal.

Besides, the model enables also a sensitivity analysis of the output data in regard to alterations of input parameters.

## 1. UVOD

Remont zgornjega ustroja pomeni večje vzdrževalno delo na odseku železniške proge, kjer je potrebno obnoviti, pogosto pa celo izboljšati, celoten zgornji ustroj. V sam remont so lahko zajete tudi manjše korekcije nivelete in horizontalnih elementov trase.

Problematika remontov je obširna in kompleksna in jo je zato potrebno obravnavati z več vidikov. Analiza remonta nam pokaže spekter različnih dejavnikov, ki vplivajo na potekanje prometa ter povzročajo določene posledice, med njimi predvsem zamude vlakov.

Glavni problem pri remontu predstavlja dejstvo, da se dela najpogosteje izvajajo pod stalnim prometom vlakov. Primerna pot k reševanju te problematike se kaže v razvoju takih metod, ki bi vse te vplive zajele ter omogočale izračunavanje posledic vseh vrst remontov pri različnih pogojih dela in različnih prometnih razmerah ter predstavljale teoretično bazo za morebiten računalniški način razreševanja problema.

V pričujočem članku želimo predstaviti samo del nakazane problematike z opisom modela, ki formulira odvisnosti med časovnim trajanjem remonta dvotirne proge in velikostjo zamud vlakov, nastalih zaradi vpeljave počasnih voženj na sosednjem tiru.

Menimo namreč, da je prav zveza med časovnim trajanjem remonta, odražena s trajanjem zapore tira ter velikostjo zamud vlakov, ključnega pomena za širše razumevanje celotne problematike.

### 1. TIPIČEN REMONT

Remonti, ki se izvajajo na določenem odseku proge, imajo specifične značilnosti. Za vsak remont posebej je potrebno napraviti projektno dokumentacijo, kjer se za konkretne primere te značilnosti upoštevajo.

Kljub razlikam, ki so odvisne od primera do primera, imajo remontni nekatere skupne značilnosti, ki so dovolj značilne za vse remonte. Zato lahko govorimo o tipičnem remontu.

Tipičen remont obsega vse tiste tipične faze dela, ki se morajo opraviti pri vseh remontih ter imajo skupne značilnosti ne glede na odsek, kjer se izvajajo.

Omenjena dela lahko razdelimo na sedem osnovnih faz,

Avtor:  
Peter Verlič, dip. inž.



in sicer:

1. polaganje tira,
2. sejanje gromozne grede,
3. prva regulacija tira,
4. druga regulacija tira,
5. varjenje tira,
6. sproščanje tira,
7. tretja regulacija tira.

Posamezne faze se izvajajo v času popolne zapore remontiranega tira ob upoštevanju normativov za posamezno fazo dela in ob upoštevanju konkretnih omejitev. Faze si sledijo v opisanem vrstnem redu zaporedno, kar pomeni, da je končanje predhodne faze pogoj za pričetek naslednje. Na tej podlagi je tudi izdelan časovni plan napredovanja del. Tak plan pa nam ničesar ne pove o potekanju prometa v času izvajanja teh del.

Popolna zapore proge zaradi remonta pomeni pri enotirni progi popolno prekinitev prometa, pri dvotirni progi pa se promet preusmeri na sosednji tir, kjer se uvede počasna vožnja. Dolžina odseka, kjer se uvede, neposredno vpliva na zamude vlakov in je odvisna od vrste del, ki se opravljajo na tem odseku. To so predvsem dela, ki zahtevajo veliko angažiranost delovne sile in strojev, zaradi česar mora biti zagotovljena varnost pri delu. Pri remontih so to polaganje tira in sejanje gramozne grede.

Vrsta del pogojuje dolžino odseka vpeljane počasne vožnje na sosednjem tiru, hitrosti vlakov in organizacijo prometa, vse to pa na koncu vpliva na velikost zamud vlakov.

**2. CILJI RAZISKAVE**

Osnovni cilj raziskave je ugotoviti odvisnost časovnega trajanja remonta in velikosti zamud vlakov, ki nastanejo zaradi vpeljave počasnih voženj na sosednjem tiru. Pri tem smo se usmerili na model za ugotavljanje zamud vlakov zaradi remonta dvotirne proge.

Pri izpeljavi smo upoštevali naslednje vhodne podatke: geometrijo remonta – dolžino celotnega remonta in dolžino odseka vpeljane počasne vožnje; gradbeno-tehnične podatke – fazo vrste dela, časovne normative, planirane časovne zapore tira; prometne podatke – vhodni tok vlakov glede na organizacijo prometa, dopustne in omejene hitrosti, odvisno od kategorije vlaka.

Izhodni rezultat modela je kumulativa zamud vseh vlakov zaradi vpeljave počasne vožnje.

**3. OPIS STRUKTURE MODELA**

**3.1. Predpostavke modela**

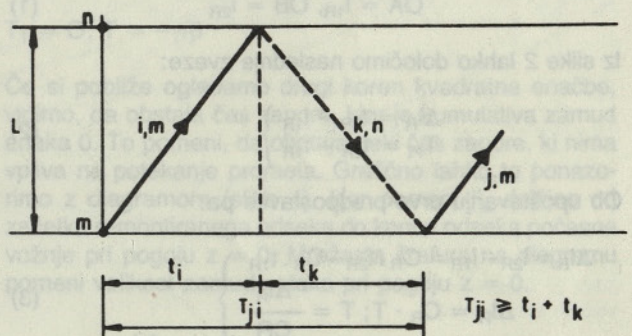
Struktura modela je zasnovana ob naslednjih osnovnih predpostavkah:

1. Predpostavljen je linearen potek napredovanja del. Glede na dosedanje normativno planiranje je taka predpostavka realna.
2. Pri napredovanju del je upoštevano napredovanje

samo ene faze dela. Obravnavana je popolnoma izolirano, tako da so izključeni medsebojni vplivi posameznih faz dela med seboj; to pomeni, da zakasnitev predhodne faze nima vpliva na obravnavano fazo remonta,

3. Po remontiranem odseku vozi samo ena kategorija vlakov istih hitrosti.

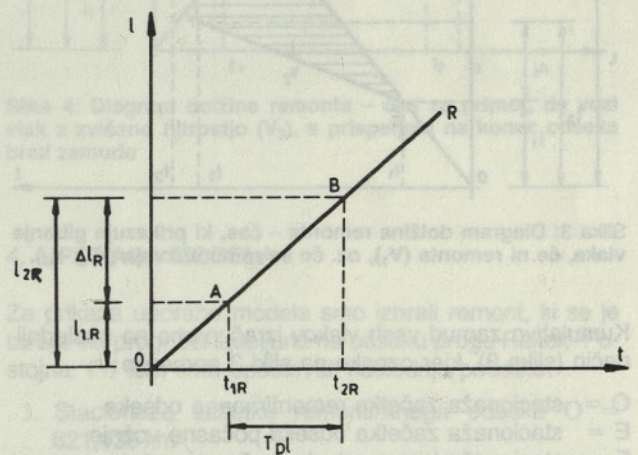
4. Gostota vlakov je takšna, da je možna organizacija prometa na sosednjem tiru po shemi, podani na sliki 1. Iz sheme je razvidno, da je perioda grafikona izračunana za primer, da vozi vlak najprej iz postaje m proti postaji n, šele nato pa lahko vozi vlak v obratni smeri. S tem je medsebojni vpliv vlakov izključen.



Slika 1: Shema organizacije prometa na sosednjem tiru

5. V sistemu odprave vlakov se vlaki pojavljajo natančno na mestu in v trenutku, kot to predvidevajo prometni dispečerji (natančno po grafikonu voznega reda).

**3.2. Osnovna struktura modela**



Slika 2: Graf napredovanje remonta – čas

Ob upoštevanju gornjih predpostavk lahko narišemo grafikon, ki kaže hitrost napredovanja posamezne faze remonta (slika 2), kjer pomeni:

O = stacionaža začetka remontiranega odseka



$t$  = tekoči čas (abscisa)  
 $l$  = tekoča dolžina (ordinata)  
 $R$  = izbrana faza remonta  
 $A, B$  = začetna in končna stacionaža faze  $R$   
 $l_{1R}$  = dolžina od začetka remontiranega odseka do začetka faze  $R$   
 $l_{2R}$  = dolžina od začetka remontiranega odseka do konca faze  $R$   
 $\Delta l_R$  = dolžina opravljene faze  $R$   
 $T_{PL}$  = čas zapore  
 $t_{1R}, t_{2R}$  = začetni in končni čas faze  $R$

Dolžini  $l_{1R}$  in  $l_{2R}$  lahko izračunamo iz razlike stacionaž:

$$\overline{OA} = l_{1R}, \overline{OB} = l_{2R} \quad (1)$$

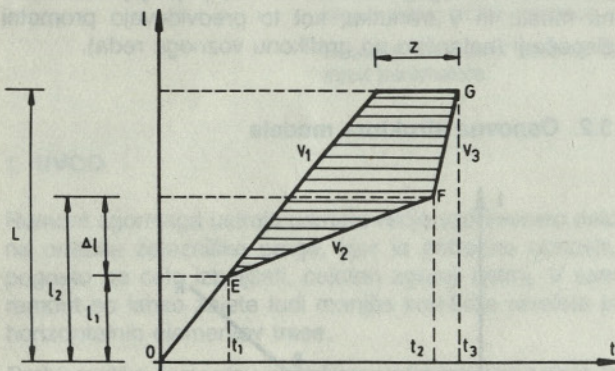
Iz slike 2 lahko določimo naslednje zveze:

$$\left. \begin{aligned} \Delta l_R &= l_{2R} - l_{1R} \\ T_{PI} &= t_{2R} - t_{1R} \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

Ob upoštevanju prve predpostavke pa:

$$\left. \begin{aligned} \Delta l_R &= l_{2R} - l_{1R} = C_R \cdot t_{2R} - C_R \cdot t_{1R} \\ \Delta l_R &= C_R \cdot T; T = \frac{\Delta l_R}{C_R} \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

kjer pomeni  $C_R$  planirano hitrost napredovanja faze remonta  $R$  (normativ, določen na osnovi tehnologije dela).



Slika 3: Diagram dolžina remonta – čas, ki prikazuje gibanje vlaka, če ni remonta ( $V_1$ ), oz. če se remont izvaja ( $V_2, V_3$ ).

Kumulativno zamud vseh vlakov izračunamo na naslednji način (slika 3), kjer oznake na sliki 3 pomenijo:

$O$  = stacionaža začetka remontiranega odseka  
 $E$  = stacionaža začetka odseka počasne vožnje  
 $F$  = stacionaža konca odseka počasne vožnje  
 $G$  = stacionaža konca remontiranega odseka  
 $L$  = dolžina remontiranega odseka  
 $\Delta l$  = dolžina odseka počasne vožnje  
 $l_2$  = dolžina od začetka remontiranega odseka od konca odseka vpeljave počasne vožnje  
 $l_1$  = dolžina od začetka remontiranega odseka do začetka vpeljave počasne vožnje

$V_1$  = hitrost vlaka po voznom redu  
 $V_2$  = hitrost vlaka na odseku, kjer je vpeljana počasna vožnja  
 $V_3$  = hitrost vlaka do konca remontiranega odseka  
 $Z$  = zamuda enega vlaka na koncu odseka

Šrafirana površina na diagramu pomeni zamudo vlaka zaradi vpeljave počasne vožnje.

Dolžina  $l_1, l_2$  in  $L$  dobimo iz razlike stacionaž:

$$\overline{OG} = L; \overline{OF} = l_2; \overline{OE} = l_1 \quad (4)$$

Hitrost  $V_1$  je hitrost vlaka po voznom redu. Hitrost  $V_2$  je hitrost vlaka na odseku, kjer je vpeljana počasna vožnja in je predpisana v Pravilniku 314 JŽ. Hitrost  $V_3$  pa je hitrost vlaka od konca odseka počasne vožnje do konca remontiranega odseka. Lahko je enaka hitrosti  $V_1$ , lahko pa je tudi višja, vendar ne več, kot je to predpisano z voznim redom.

Zaradi tega veljajo naslednji odnosi med hitrostmi:

$$V_1 > V_2; V_2 < V_3; V_2 \leq V_3$$

Zamudo enega vlaka izračunamo tako, da postavimo:

$$\left. \begin{aligned} t_L &= \frac{L}{V_1} \\ t_2 &= t_1 + \frac{l_2 - l_1}{V_2} \\ t_1 &= \frac{l_1}{V_1} \\ t_3 &= t_2 + \frac{L - l_2}{V_3} \end{aligned} \right\} \quad (5)$$

kjer je  $t_L$  čas, v katerem vlak prepelje odsek s hitrostjo po voznom redu za primer, da ni omejitve hitrosti;  $t_1$  čas, v katerem vlak pripelje od začetka remontiranega odseka do začetka, kjer je uvedena počasna vožnja;  $t_2$  čas  $t_1 +$  čas, v katerem vlak pripelje s počasno hitrostjo do konca odseka, kjer se opravlja faza remonta;  $t_3$  čas, v katerem vlak pripelje do konca remontiranega odseka ob upoštevanju hitrosti  $V_3$ .

Dobimo:

$$\left. \begin{aligned} z &= t_3 - t_L = \left( t_2 + \frac{L - l_2}{V_3} \right) - \frac{L}{V_1} \\ z &= l_2 \left( \frac{1}{V_2} - \frac{1}{V_3} \right) - l_1 \left( \frac{1}{V_2} - \frac{1}{V_1} \right) - L \left( \frac{1}{V_1} - \frac{1}{V_3} \right) \end{aligned} \right\} \quad (6)$$

Kumulativno zamud vseh vlakov izračunamo ob upoštevanju predpostavke 4:

$$K_z = \lambda \cdot T \cdot z \quad (7)$$

kjer pomeni  $K_z$  kumulativno zamud vseh vlakov v h,  $\lambda$  vhodni tok vlakov v vlakih/h in  $z$  zamudo enega vlaka v h.

Če upoštevamo enačbi (6) in (7), dobimo izraz za  $K_z$ , zapisan na naslednji način:

$$K_z = \lambda \cdot T \left[ l_2 \left( \frac{1}{V_2} - \frac{1}{V_3} \right) - l_1 \left( \frac{1}{V_2} - \frac{1}{V_1} \right) - L \left( \frac{1}{V_1} - \frac{1}{V_3} \right) \right] \quad (8)$$



Vstavimo še

$$T = \frac{\Delta l_r}{C_r}$$

in dobimo končni izraz za kumulativo zamud vseh vlakov:

$$K_z = \lambda \cdot \frac{\Delta l_r}{C_r} \left[ l_2 \left( \frac{1}{V_2} - \frac{1}{V_3} \right) - l_1 \left( \frac{1}{V_2} - \frac{1}{V_1} \right) - L \left( \frac{1}{V_1} - \frac{1}{V_3} \right) \right] \quad (9)$$

Pri izračunu po gornji enačbi moramo upoštevati še pogoj:

$$\Delta l_r \leq \Delta l \leq \Delta l_{\max} \quad (10)$$

kjer pomeni  $\Delta l_{\max}$  največjo dopustno dolžino vpeljave počasne vožnje po Pravilniku 314 JŽ.

Iz pogoja (10) sledi, da bo kumulativa zamud manjša, če velja:

$$\Delta l_r = \Delta l \quad (11)$$

kar pomeni, da se dolžina opravljene faze remonta ujema z dolžino odseka vpeljane počasne vožnje.

Ker pa se v operativni praksi zahteva, da se fiksira čas trajanja zapore T, lahko zapišemo izraz (9) v drugi obliki:

$$K_z = \lambda \cdot T \cdot C_r \left[ t_2 \left( \frac{1}{V_2} - \frac{1}{V_3} \right) - t_1 \left( \frac{1}{V_2} - \frac{1}{V_1} \right) - T \left( \frac{1}{V_1} - \frac{1}{V_3} \right) \right] \quad (12)$$

kjer je

$$T = C_r \cdot L; t_1 = C_r \cdot l_1; t_2 = C_r \cdot l_2; T = t_2 - t_1; \Delta l_r = \Delta l$$

V nadaljevanju pa nas zanima, kako se s podaljševanjem časa zapore T spreminja kumulativa zamud vseh vlakov. Izhajamo zopet iz enačbe (8) z upoštevanjem  $T = t_2 - t_1$

$$K_z = \lambda (t_2 - t_1) \left[ C_r \cdot t_2 \left( \frac{1}{V_2} - \frac{1}{V_3} \right) - C_r \cdot t_1 \left( \frac{1}{V_2} - \frac{1}{V_1} \right) - C_r \cdot T \left( \frac{1}{V_1} - \frac{1}{V_3} \right) \right] \quad (13)$$

Postavimo:

$$p = \left( \frac{1}{V_2} - \frac{1}{V_3} \right); u = \left( \frac{1}{V_2} - \frac{1}{V_1} \right); s = T \left( \frac{1}{V_1} - \frac{1}{V_3} \right);$$

$$t_2 = T + t_1$$

Na osnovi enačbe (13) sledi iz gornjih izrazov:

$$K_z = \lambda \cdot C_r \cdot T (T \cdot p + t_1 \cdot p - t_1 \cdot u - s) \quad (14)$$

Postavimo:

$$\alpha = t_1 \cdot p - t_1 \cdot u - s$$

Dobimo:

$$K_z = \lambda \cdot C_r \cdot p \cdot T^2 + \lambda \cdot C_r \cdot \alpha T$$

Če postavimo:

$$\beta = \lambda \cdot C_r \cdot p; \gamma = \lambda \cdot C_r \cdot \alpha$$

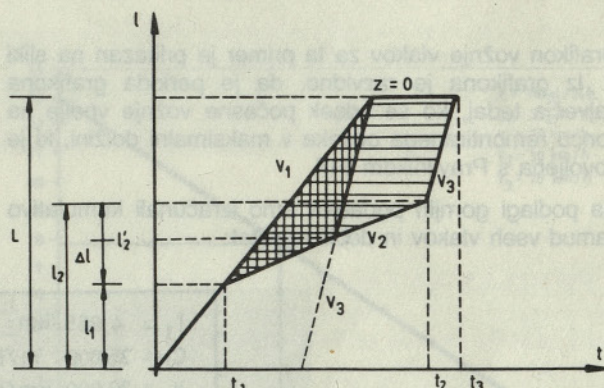
dobimo kvadratno enačbo:

$$K_z = \beta \cdot T^2 + \gamma \cdot T \quad (15)$$

Kvadratna enačba ima svoje korene pri:

$$T_1 = 0; T = -\gamma/\beta$$

Če si поблиže ogledamo drugi koren kvadratne enačbe, vidimo, da obstaja čas zapore, kjer je kumulativa zamud enaka 0. To pomeni, da obstaja neki čas zapore, ki nima vpliva na potekanje prometa. Grafično lahko to ponazorimo z diagramom (slika 4), kjer pomeni  $l'_2$  dolžino od začetka remontiranega odseka do konca odseka počasne vožnje pri pogoju  $z = 0$ . Mrežasta šrafura na diagramu pomeni velikost zamude vlaka pri pogoju  $z = 0$ .



Slika 4: Diagram dolžina remonta – čas za primer, da vozi vlak z zvišano hitrostjo ( $V_3$ ), s prispetjem na konec odseka brez zamude

#### 4. UPORABA MODELA

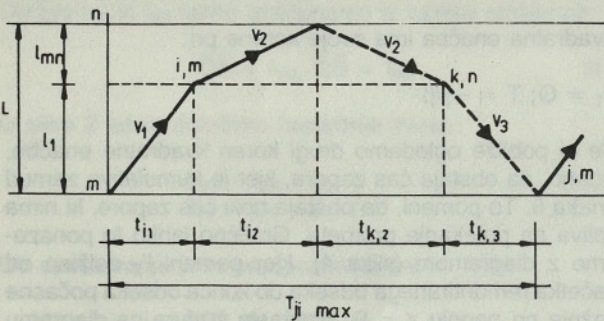
Za prikaza uporabe modela smo izbrali remont, ki se je izvajal na progi ŽG Ljubljana na odseku proge Rakek–Postojna. Pri tem smo upoštevali naslednje podatke:

1. Stacionaža začetka remontiranega odseka O = 621,435 km
2. Stacionaža konca remontiranega odseka G = 631,560 km
3. Faza dela R = polaganje tira
4. Planirana hitrost napredovanja del  $C_r = 35$  m/h
5. Stacionaža začetka faze R A = 627,218 km
6. Planiran čas zapore T = 7 h
7. Kategorija vlaka: poslovni motorni vlak
8. Hitrost po voznom redu  $V_1 = 70$  km/h



9. Počasna hitrost  $V_2 = 30 \text{ km/h}$
10. Maksimalna dopustna hitrost  $V_3 = 75 \text{ km/h}$
11. Stacionaža začetka odseka počasne vožnje  $E = 626,300 \text{ km}$
12. Stacionaža konca odseka počasne vožnje  $F = 627,800 \text{ km}$
13. Vhodni tok vlakov  $\lambda = 2,5 \text{ vlaka/h}$

To je mejni vhodni tok vlakov, izračunan na podlagi četrte predpostavke. Upoštevana je maksimalna perioda grafikona ob vpeljavi počasne vožnje na sosednjem tiru.



Slika 5: Grafikon vožnje vlakov za primer uvedene počasne vožnje pri remontu

Grafikon vožnje vlakov za ta primer je prikazan na sliki 5. Iz grafikona je razvidno, da je perioda grafikona največja tedaj, ko se odsek počasne vožnje vpelje na koncu remontiranega odseka v maksimalni dolžini, ki je dovoljena s Pravilnikom 314.

Na podlagi gornjih podatkov smo izračunali kumulativno zamud vseh vlakov in dobili rezultat:

$$\Delta l = 1500 \text{ m} \quad \Delta l_R = 245 \text{ m} \quad K_z = 1680 \text{ sek}$$

Pravo sliko pa dobimo z analizo občutljivosti izhodnih rezultatov ob variiranju vhodnih parametrov. Zanima nas, kako vpliva na rezultat izenačenje odseka vpeljave počasne vožnje z dolžino remonta, ki ga je možno opraviti v času zapore. Za naš primer dobimo:

$$\Delta l = 245 \text{ m} \quad \Delta l_R = 245 \text{ m} \quad K_z = 44 \text{ sek}$$

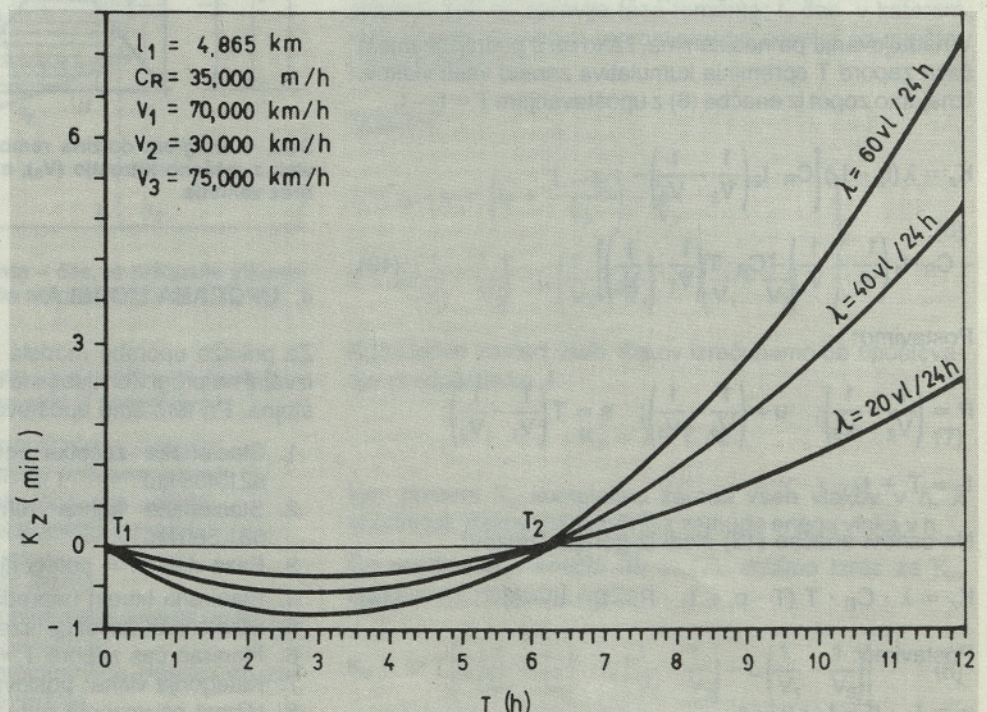
Vidimo, da se kumulativna zamud močno zmanjša. To pomeni, da je potrebno ugotoviti dolžino remonta, ki ga je možno opraviti v času zapore, ter jo izenačiti z odsekom vpeljane počasne vožnje.

Ker je s stališča zamud torej tak način bolj upravičen, je za naš primer izračunano več primerjav, ki ta pogoj vedno upoštevajo. S spreminjanjem enega izmed faktorjev v osnovni enačbi za izračun kumulativne zamud smo pokazali njegov vpliv na kumulativno zamud ob pogoju, da se ostali faktorji ne spreminjajo.

Analizo odvisnosti spreminjanja kumulativne zamud vseh vlakov s časom zapore pri treh različnih vrednostih vhodnega toka vlakov (slika 6) nam pokaže, da kumulativna zamud narašča s časom zapore in z naraščanjem vhodnega toka vlakov. Krivulje na nomogramu, ki kažejo to odvisnost, so kvadratne parabole, kar pomeni, da kumulativna zamud narašča s kvadratom časa zapore  $T$ . Iz slike 6 so razvidne tudi naslednje odvisnosti:

- a) če  $T_1 < T$  tedaj  $K_z < 0$
- b) če  $T = T_2$  tedaj  $K_z = 0$
- c) če  $T > T_2$  tedaj  $K_z > 0$

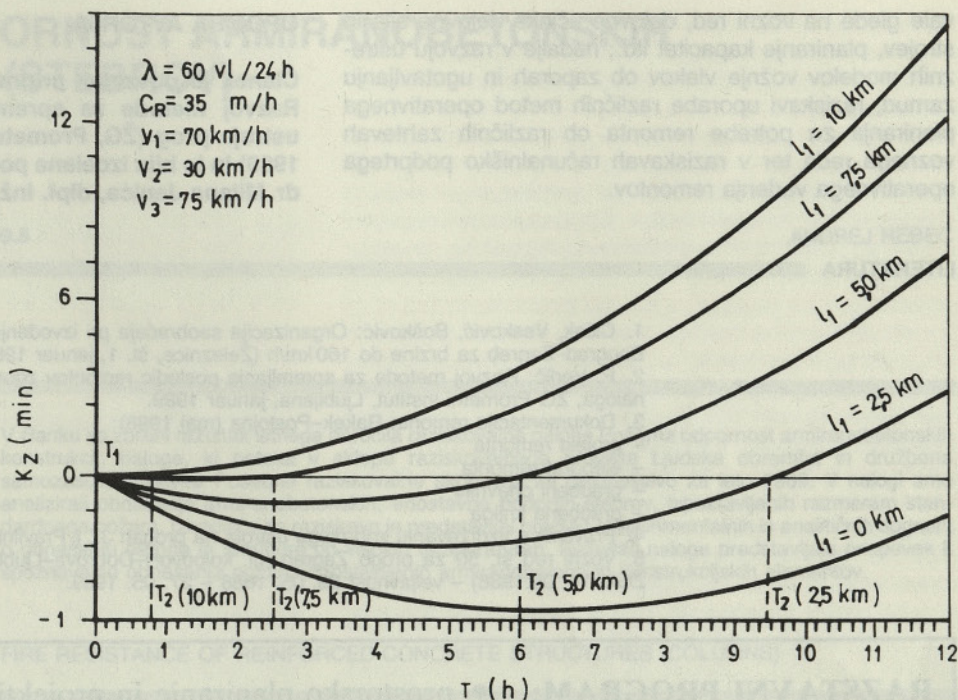
V prvem primeru to pomeni, da bi imeli vlaki predčasne



Slika 6: Odvisnost kumulativne zamud  $K_z$  in časa zapore  $T$  pri spremenljivem vhodnem toku vlakov  $\lambda$



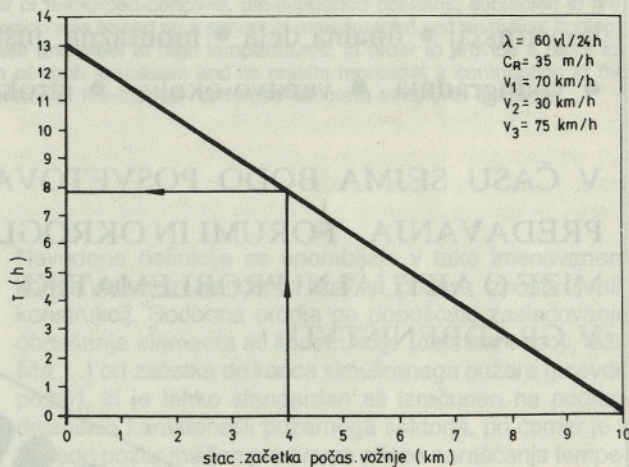
Slika 7: Odvisnost kumulativne zamude vseh vlakov  $K_z$  in dolžine zapore  $T$ , če se lega začetka odseka počasne vožnje spreminja



prihode na konec remontiranega odseka (»negativne zamude«), v drugem primeru vlaki sploh nimajo zamud in pripeljejo na konec odseka natančno po voznem redu – problem postane s stališča prometa indiferenten, v tretjem primeru pa imajo vlaki zamude zaradi vpeljave počasnih voženj. Glede na primer b lahko sklepamo, da obstaja neko časovno trajanje zapore, v katerem se lahko opravlja remont, ne da bi to vplivalo na zamude vlakov. Ta čas je odvisen od lege začetka odseka počasne vožnje glede na začetek remontiranega odseka. Za naš primer smo izbrali štiri različne vrednosti razdalj od začetka remontiranega odseka do začetka vpeljave počasne vožnje pri konstantnem vhodnem toku vlakov in dobili rezultat, ki je prikazan na sliki 7. Iz slike je razvidno, da kumulativna zamud vlakov narašča s približevanjem začetka odseka počasne vožnje koncu remontiranega odseka. Če je npr. začetek vpeljave počasne vožnje na razdalji 5 km od začetka remonta proge, potem je, kot je to razvidno iz slike 7, kumulativna zamud vseh vlakov pri času zapore 6 ur enaka 0. Pri razdalji 7,5 km od začetka remonta pa pri istem času zapore znaša kumulativna zamud 2,2 minute. Kumulativna zamud pa bi bila pri teh pogojih enaka 0 pri času zapore 2,5 h. Za dane pogoje lahko za vsako lego začetka odseka počasne vožnje izračunamo dolžino zapore  $T$ , da velja  $K_z = 0$ . Če je npr. začetek odseka počasne vožnje 4 km od začetka remontiranega odseka, bo za pogoje na sliki 8 veljala dolžina zapore približno 8 ur, da bo izpolnjen pogoj  $K_z = 0$ .

5. ZAKLJUČEK

Problematika remontov odpira vrsto strokovno organizacijskih, prometnih ter tehnično-tehnoloških vprašanj. V



Slika 8: Odvisnost lege začetka počasne vožnje in dolžine zapore tira

članku smo poskušali uokviriti temeljne interakcije in vplive remonta na potekanje prometa prek matematičnih relacij in odvisnosti. Analiza rezultatov modela nam pokaže, da je mogoče zmanjšati zamude vlakov zaradi del pri remontu s primernim operativnim vodenjem značilnih parametrov remonta, kot sta geometrija remonta in čas zapore.

Z omenjenim modelom pa želimo spodbuditi k nadaljnjim raziskavam s tega področja v več smereh: določiti optimalnih dolžin trajanj zapor z vidika potekanja prometa in z vidika organizacije gradbenih del pri remontu: sheme organizacije remonta glede na posamezne časovne inter-



vale glede na vozni red, delovne učinke delovne sile in strojev, planiranje kapacitet itd.; nadalje v razvoju ustreznih modelov vožnje vlakov ob zaporah in ugotavljanju zamud, raziskavi uporabe različnih metod operativnega planiranja za potrebe remonta ob različnih zahtevah voznega reda ter v raziskavah računalniško podprtega operativnega vodenja remontov.

#### OPOMBA AVTORJA

Članek je povzetek pripravniške naloge z naslovom **Razvoj metode za spremljanje posledic zgornjega ustroja prog (ŽG, Prometni institut Ljubljana, januar 1989)** in je bila izdelana pod strokovnim mentorstvom dr. Milana Janiča, dipl. inž.

#### LITERATURA

1. Čičak, Vesković, Bošković: Organizacija saobraćaja pri izvođenju radova osposobljavanja pruge Beograd-Zagreb za brzine do 160 km/h (Železnice, št. 1, januar 1987, str. 38 do 44).
2. P. Verlič: Razvoj metode za spremljanje posledic remontov zgornjega ustroja prog, Pripravniška naloga, ŽG Prometni institut, Ljubljana, januar 1989.
3. Dokumentacija remonta Rakek-Postojna (maj 1988):
  - projekt remonta
  - eleborat remonta
  - gradbeni dnevniki
  - gradbena knjiga
4. Pravilnik o vzdrževanju zgornjega ustroja na progah JŽ (Pravilnik 314, Beograd 1970).
5. Vozni red št. 50 za progno Zagreb (gl. kolodvor)-Dobrova-Ljubljana-Opčine-(Villa Opicina), JŽ ŽGL, 14. 05.1988) - veljavnost 29. 05. 1988 - 27. 05. 1989.

**RAZSTAVNI PROGRAM:** • prostorsko planiranje in projektiranje • gradbeni materiali • gradbena mehanizacija, oprema orodja • visoka gradnja - izgradnja konstrukcij • finalna dela • montažna instalacijska dela • nizka gradnja • vodogradnja • varstvo okolja • strokovna literatura

V ČASU SEJMA BODO POSVETOVANJA,  
 PREDAVANJA, FORUMI IN OKROGLE  
 MIZE O AKTUALNI PROBLEMATIKI  
 V GRADBENIŠTVU

**GRADBENI SEJEM**

6. JUGOSLOVANSKI SEJEM GRADBENIŠTVA IN GRADEBNIH MATERIALOV  
 Z MEDNARODNO UDELEŽBO  
**GORNJA RADGONA**  
**1. - 5. 4. 1991**



Informacije in prijave:

GR Ljubljana PE POMURSKI SEJEM

69250 Gornja Radgona telefon: 069 74-761, 74-000

telefaks: 069 74-488

**NAJVEČJI SPECIALIZIRANI SEJEM GRADBENIŠTVA  
 V JUGOSLAVIJI**



# POŽARNA ODPORNOST ARMIRANOBETONSKIH KONSTRUKCIJ (STEBROV)

UDK [624.012.45+624.075.2]:699.8

ANDREJ REBEC

## POVZETEK

V članku so zbrani rezultati letnega poročila raziskovalne naloge Požarna odpornost armiranobetonskih konstrukcij, naloge, ki poteka v sklopu raziskovalnega projekta Ljudska obramba in družbena samozaščita v okviru Posebne raziskovalne skupnosti za graditeljstvo za leto 1989. V nalogi smo analizirali obnašanje armiranobetonskih, enostavno podprtih stebrov, izpostavljenih razmeram standardnega požara. Izhodišče za raziskavo je predstavljal pregled eksperimentalnih in analitičnih dognanj o obnašanju betona in armature pri visokih temperaturah. Rezultati naloge predstavljajo prispevek k spoznavanju obnašanja požaru izpostavljenih armiranobetonskih konstrukcijskih elementov.

## FIRE RESISTANCE OF REINFORCED-CONCRETE STRUCTURES (COLUMNS)

## SUMMARY

With the research project programme task »Fire Resistance of Reinforced-Concrete structures (Columns)« for 1989, the behaviour of reinforced-concrete, pin-supported columns, subjected to fire, has been investigated. The investigation was based on a survey of experimental and analytical findings concerning the behaviour of concrete and steel at high temperatures, in order to provide a basis for the adequate fire-protection design of such structures and its results represent a contribution to the general understanding of the behaviour of fire-loaded reinforced-concrete structural elements.

## 1. UVOD

Sposobnost nosilne konstrukcije, da ohrani nosilnost med požarom in po njem, je eno ključnih vprašanj projektiranja požarno varnih objektov visokih gradenj. Z vprašanjem požarne varnosti je tesno povezana tako zaščita človeških življenj kot škoda, nastala na objektu in v njegovi okolici. Požarno inženirstvo je izrazito interdisciplinarno področje, zato zahteva sodelovanje strokovnjakov iz različnih področij.

Vpliv požara na nosilni element ali konstrukcijo merimo s požarno odpornostjo, ki po definiciji predstavlja čas, ko nosilni element, izpostavljen razmeram standardnega požara, še nosi računsko obtežbo. Požarna odpornost predstavlja torej mejno nosilnost konstrukcije. Povedano velja za linijske elemente, medtem ko je požarna odpornost ploskovnih konstrukcij glede na to, da imajo poleg nosilne funkcije tudi pregradno, razširjena še s kriterijema izolativnosti in preboja plamenov skozi obravnavani element.

Navedene definicije se uporabljajo v tako imenovanem konservativnem konceptu analize požaru izpostavljenih konstrukcij. Sodobna orodja pa dopuščajo zasledovanje obnašanja elementa ali konstrukcije (definirani spoji, ležišča . . .) od začetka do konca simuliranega požara (psevdo požar), ki je lahko standarden ali izračunan na podlagi dejanskih karakteristik požarnega sektorja, pri čemer je z besedo požar mišljen predvsem odnos naraščanja temperatur v odvisnosti od časa (bistven za gradbenega konstrukterja).

V nalogi so omenjeni načini projektiranja nosilnih konstrukcij glede na način določanja (simuliranja) razmer v požaru (odnos naraščanja temperatur v odvisnosti od časa) in glede na metodo določanja »požarne odpornosti«, to je stanja nosilnosti izbranega nosilnega elementa!

Požar predstavlja le specifičen »obtežni primer« konstrukcije, zato mora biti kontrola nosilnosti izvršena ob upoštevanju vseh drugih odločujočih kombinacij obtežb. Izpostavljenost konstrukcije požaru je ponazorjena s kompleksno interakcijo med kemičnimi, toplotnimi in mehanskimi procesi. v primeru »nosilnostnih« analiz je ta izpostavljenost definirana s spreminjanjem temperaturnega polja konstrukcije in radiacije plamenov. Načine projektiranja požarno varnih objektov lahko zelo grobo razdelimo

Avtor:  
Andrej Rebec, dipl. inž.,  
raziskovalni sodelavec na ZRMK



na konservativne in racionalne. Pri konservativnem načinu gre za požarno odpornost, opredeljeno kot mejno nosilnostjo konstrukcije, izpostavljene razmeram standardnega požara. Zahteve za doseganje »predpisane« požarne odpornosti (regulativa) so v veliki meri določene na podlagi izkušenj in so definirane z namembnostjo, etažnostjo in površino objekta. Tem zahtevam po požarni odpornosti nosilnih elementov morajo ustrezati vgrajeni nosilni elementi, katerih požarna odpornost se dokazuje eksperimentalno ali analitično. Pri racionalnem načinu projektiranja pa so pogoji toplotna izpostavljenost in drugi pogoji, določeni na podlagi dejanskih karakteristik požarnega sektorja: vrste, količine, razporeditve in »poroznosti« vsega gorljivega materiala v požarnem sektorju, geometrije požarnega sektorja, geometrije odprtih v povezavi z geometrijo prostora, kar rezultira v ventilacijskih učinkih požarnega sektorja in termičnim lastnostih oboda požarnega sektorja. S temi karakteristikami izračunan temperaturno-časovni odnos v požarnem sektorju predstavlja toplotno obtežbo nosilne konstrukcije, ki v najneugodnejši kombinaciji statične in dinamične obtežbe tvori odločilni obtežni vektor konstrukcije. Dokaz za nosilnost posameznih nosilnih elementov ali sklopov je lahko podan neposredno z analizo nosilnosti ali pa z vpeljavo parametra ekvivalentnega trajanja požara, ki prevede dejanski požar v standardnega, s čimer je mogoče izvršiti dokaz nosilnosti uporabljenih elementov na že opisani način.

Namen raziskovalne naloge je obravnavanje vplivov požara na nosilne armiranobetonske elemente. Naloga je bila načrtovana kot petletni projekt, pri čemer naj bi v posameznih letnih poročilih obravnavali obnašanje različnih vrst nosilnih elementov (v preteklih letih smo izdelali letna poročila o vplivu požara na enostavno podprte grede, plošče in stene z navodili za dimenzioniranje za definirane požarno odpornostne razrede). V letošnji nalogi so poleg izdelanih navodil za dimenzioniranje požarne odpornosti a.b. stebrov prikazani rezultati analiz odziva z metodo, ki omogočajo t. i. racionalen pristop projektiranja k požaru izpostavljenih elementov zgradb, ki sicer presega okvir naloge, je pa temeljnega pomena za razumevanje filozofije projektiranja varnih požaru izpostavljenih konstrukcij.

Stebri predstavljajo podporno konstrukcijo objektov visokih gradenj. Ker je očitno, da »funkcionirajo« kot vitalni deli zgradb, jim je potrebno posvetiti ustrezno pozornost pri načrtovanju stabilnosti konstrukcij, izpostavljenih požaru.

Skelet naloge je predstavljal tako kot za v prejšnjih letih obdelane nosilne elemente zahodnonemški standard DIN 4102, četrti del (navodila temeljijo na serijah eksperimentalnih rezultatov), primerjalno pa so prikazani rezultati analitične metode določanja požarne odpornosti stebrov z metodo končnih elementov, ki omogoča kompleksno analizo odziva požaru izpostavljenih konstrukcij, saj je mogoče v katerem koli času trajanja psevdopožara definirati stanje konstrukcije (pomiki, notranje sile), s čimer postane znana zgodovina obnašanja obravnavanega elementa ali konstrukcije.

Obnašanje požaru izpostavljenih a.b. stebrov je še dokaj neraziskano področje (tudi v razvitem svetu), zato so eksperimentalni rezultati (ki rabijo kot verifikacija analitični metodi določanja temperatur z metodo končnih diferenc) zanimivi za primerjavo z analitičnim določanjem požarne odpornosti po DIN 4102. Metoda, ki jo predlagajo avtorji iz National Research Council of Canada, Division of Building Research je še posebej zanimiva zaradi izrednega ujemanja analitičnih in eksperimentalnih rezultatov. Požarna odpornost stebrov je v omenjeni študiji obravnavana kot funkcija naslednjih parametrov:

- nivoja obtežbe,
- dimenzij prečnega prereza stebra,
- eksploatacijske vloge stebra,
- vrste agregata kot komponente betona,
- vpliva predimenzioniranja,
- ekscentričnosti obtežbe in
- dolžine stebra (način porušitve).

Direktna primerjava parametrov, ki definirajo požarne odpornosti nosilnih stebrov med DIN 4102 in rezultati študije Fire Resistance of Reinforced Concrete Columns, je ob upoštevanju domačih gradiv in raziskavah v požarnem laboratoriju omogočila izdelavo navodil in priporočil za dimenzioniranje požarno odpornih a.b. stebrov.

## 2. KONCEPT NALOGE

Raziskovalna naloga Požarna odpornost armiranobetonskih konstrukcij je bila zasnovana z namenom, da bi opozorila na potrebnost projektiranja nosilnih a.b. konstrukcij tudi na obtežni primer požara in da bi izdelali navodila za dimenzioniranje »požarno odpornih« a.b. konstrukcij.

Požar določa stanje, v katerem konstrukcija izgublja nosilnost predvsem zaradi padanja trdnosti materiala. Zasledovanje obnašanja konstrukcije je dokaj komplicirano, saj je v analizi potrebno upoštevati elasto-plastično stanje materiala, predpostavke o elastični analizi niso mogoče, saj je material pod vplivom npr. standardnega požara sorazmerno hitro podvržen nastajanju con plastificiranja v kritičnih prerezih.

Sodoben racionalen način projektiranja požarno varno zasnovanih konstrukcij mora temeljiti na konceptu akcija ( obtežba) – sistem (konstrukcija) – odziv. Osnovna zahteva takega pristopa je, da je za dano obtežbo in vrsto konstrukcije mogoče analitično določiti pripadajoč odziv. Ustreznost izbrane konstrukcije se ugotavlja na podlagi odziva konstrukcije. Analitično določanje odziva konstrukcije, izpostavljene požaru, obtežene s predpisano računsko obtežbo, lahko smiselno razdelimo v tri dele:

- definiranje temperatur dimnih plinov požara,
- določitev temperaturnega polja po kritičnih prerezih elementov izpostavljene konstrukcije in
- določitev odziva konstrukcije (pomiki in notranje statične količine).

Načini določanja požarne odpornosti a.b. elementov so ali laboratorijsko ugotavljanje s standardnimi požarnimi testi, z navodili, ki temeljijo na velikih serijah preiskav, ali



pa z analitičnimi metodami, verificiranimi z eksperimentalnimi rezultati. Požarna odpornost je glede na način določanja izražena:

- s časom, ki je potreben, da pride do porušitve vzorca,
- s kritičnimi temperaturami na določenih kritičnih mestih konstrukcije ali
- s stopnjo »predimenzioniranja«.

Očitno je, da standardni požarni testi ne morejo dati zanesljivih rezultatov požarne odpornosti konstrukcij, ker je praktično nemogoče v laboratoriju simulirati dejanske razmere požara in delovne pogoje vpetosti konstrukcijskih elementov. Pri določanju požarne odpornosti, ki temelji na konceptu mejnega stanja nosilnosti, je mogoče stopnjo nosilnosti elementa v požaru ponazoriti z mejnim stanjem temperatur po elementu. Vendar tak način ni zanesljiv, ker model ne dopušča možnosti porušitve zaradi trenutnega padca trdnosti ali togosti (npr. eksplozijsko odpadanje betona). Iz povedanega lahko sklepamo, da tako požarni testi kot določanje požarne odpornosti na podlagi mejnega stanja temperatur ne vodijo k zanesljivemu in ekonomsko upravičenemu projektiranju a.b. konstrukcij. Učinkovita metoda določanja požarne odpornosti, ki temelji na konceptu akcija – sistem – odziv je metoda končnih elementov. Metoda omogoča določanje »zgodovine« odziva a.b. elementov ali konstrukcij. Deformacije, napetosti in odpadanje betona ter s tem povezana redukcija togosti in trdnosti a.b. elementov so določene v posameznih časovnih intervalih trajanja požara. Varnost tako projektiranih konstrukcij lahko posredno izrazimo s porušitvijo, ki je definirana z nastopom nenormalnih deformacij ali s padcem trdnosti elementa.

### 3. ANALIZA OBNAŠANJA POŽARU IZPOSTAVLJENIH A.B. KONSTRUKCIJ

V nadaljevanju so prikazani način in rezultati analize z eno od omenjenih metod t. i. racionalnega načina projektiranja požarno varnih konstrukcij, ki daje kvalitetne rezultate v smislu poznavanja zgodovine obnašanja konstrukcije v času trajanja simuliranega psevdo požara.

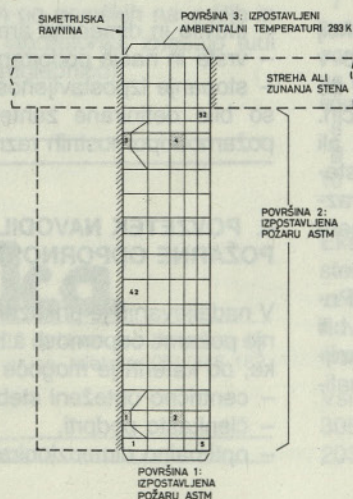
Projektiranje, ki omogoča celovito analizo odziva konstrukcijskih elementov in konstrukcij, izpostavljenih požaru

in računski obtežbi v smislu projektiranja po principu akcija – sistem – odziv, je metoda končnih elementov (MKE). T.i. racionalen način projektiranja požarno varnih konstrukcij, ki se v svetu vse bolj uveljavlja in nadomešča konservativne načine (empirične metode), omogoča analizo vpliva požara na konstrukcijo glede na dejanske požarne karakteristike objekta in nosilnostne karakteristike nosilne konstrukcije. Poleg določitve temperaturno-časovne odvisnosti dimnih plinov v požarnem sektorju (standardni ali realen požar) je pomembna faza projektiranja definiranje temperaturnega polja po prerezu nosilnih elementov (kritični prerezi). Poznavanje temperaturne zgodovine onemogoča analizo deformacijskega stanja in stanja notranjih statičnih količin. Z MKE transformiramo obravnavani del kontinuuma v končno število elementov. Konstrukcija je tako razdeljena v elemente, časovno odvisne spremenljivke pa so aproksimirane v obliki polinomov z vrednostmi temperatur na predpisanih robovih (vozliščih) elementov. Vozliščne temperature funkcionirajo kot generalizirane koordinate sistema in zagotavljajo zahtevano kontinuiteto temperatur v izbrani konstrukciji.

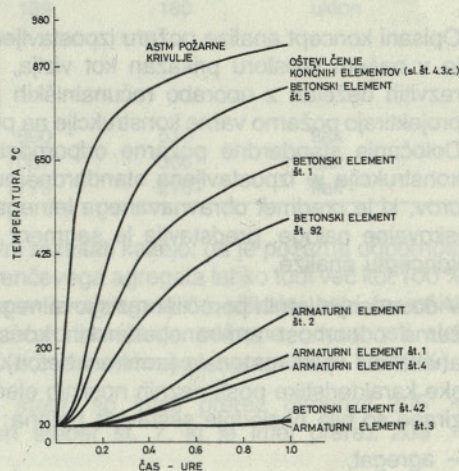
Rezultat analize z variacijskim principom so Eulerjeve enačbe v Lagrangeovi obliki, sistem diferencialnih enačb prvega reda, v katerih nastopajo vozliščne temperature. Dobljeni sistem enačb se transformira v sistem linearnih algebrskih enačb, ki ga rešujemo neodvisno v vsakem časovnem intervalu. Naslednji korak analize predstavlja določitev nosilnostnega odziva konstrukcije. Analiza nosilnosti konstrukcije z MKE omogoča postavitev modelov, s katerimi lahko s poljubno natančnostjo simuliramo obnašanje konstrukcije glede na naslednje parametre:

- geometrijo konstrukcije,
- mejne pogoje,
- vrsto obtežbe in
- lastnosti materialov konstrukcije.

Nelinearnosti materialnih parametrov je mogoče modelirati enostavno, pri čemer vodi analiza linearnih problemov v reševanje sistema linearnih enačb s simetričnimi pasovnimi pozitivno definitnimi matrikami, analiza nelinearnih problemov pa običajno k reševanju s tehniko »step by step«. V naslednji sliki je prikazan rezultat analize temperaturne zgodovine prečnega prereza nosilnega elementa.

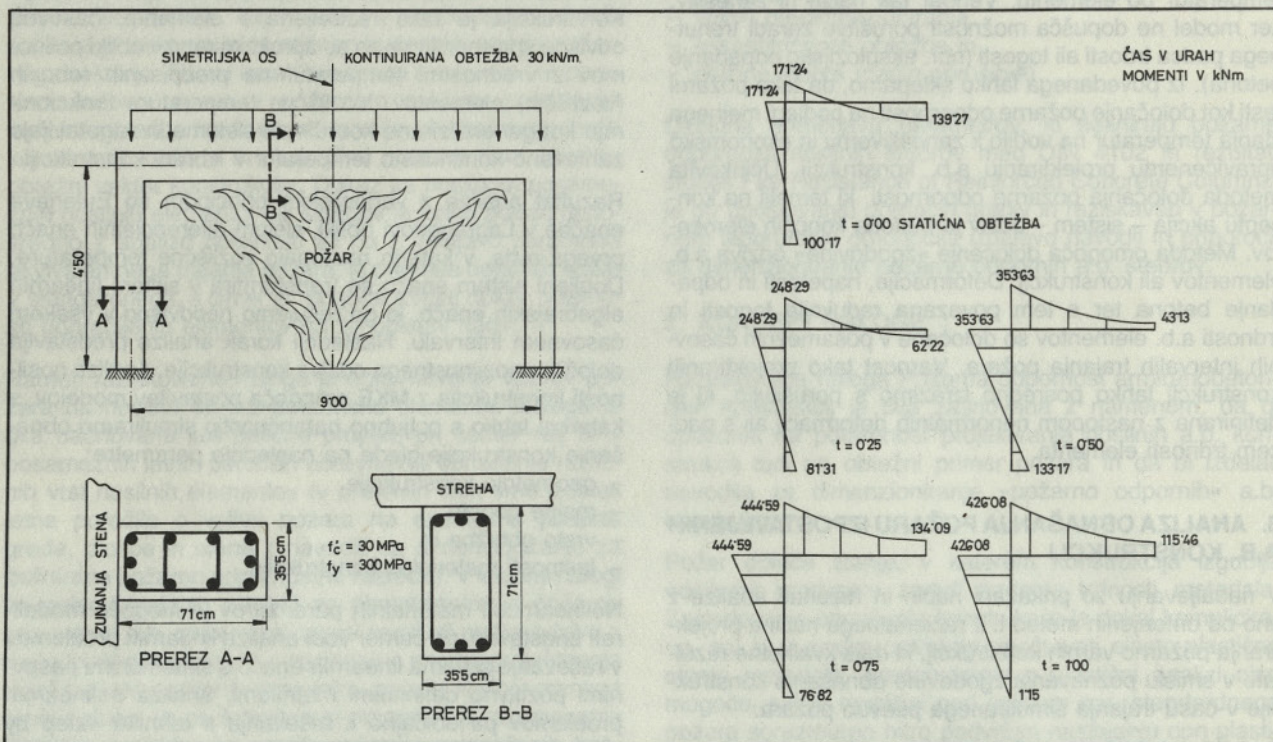


Sl. 3.a Temperaturna zgodovina prečnega prereza nosilnega elementa





Določanje odziva a.b. konstrukcij, izpostavljenih požaru, predstavlja nelinearen problem, v katerem so časovno odvisne tako trdnost in togost konstrukcije kakor tudi notranje sile – odvisno od reakcij na podporah, ki se spreminjajo zaradi vrste podpiranja, krčenja, lezenja in degradacijskih procesov (razpokanje prereza in eksplozijsko odpadanje betona). Požarni odziv konstrukcije je torej celovit pojav, zato rešujemo obnašanje konstrukcije, povezano s časovno odvisnim toplotnim gradientom, ločeno za vsak izbrani časovni interval. Reševanje takega problema zahteva neposredno računanje »togosti« po postopku »step by step«. V naslednji sliki je prikazan rezultat analize odziva z MKE konstrukcije, obtežene z računsko obtežbo in izpostavljene standardnemu požaru.



Sl. 3.3 Rezultat analize z MKE v obliki zgodovine upogibnih momentov

Opisani koncept analize požaru izpostavljenih konstrukcij je v našem prostoru prikazan kot vizija, medtem ko v razvitih deželah z uporabo računalniških programov že projektirajo požarno varne konstrukcije na prikazani način. Določanje standardne požarne odpornosti (element ali konstrukcija je izpostavljena standardnemu požaru) stebrov, ki je predmet obravnavanega letnega poročila raziskovalne naloge, predstavlja le segment v omenjenem konceptu analize.

V dosedanjih letnih poročilih raziskovalnega projekta Požarna odpornost armiranobetonskih konstrukcij so bili analizirani vplivi materiala (armirani beton) in konstrukcijske karakteristike posameznih nosilnih elementov. Analizirane so bile naslednje sestavine betona:

– agregat,

– cement in  
– vodocementni faktor.

Ugotovljeno je bilo, da ima vrsta agregata lahko velik vpliv na požarno odpornost a.b. nosilnih elementov.

Podobno je bilo analizirano jeklo. Ugotovljeno je bilo, da je za požarno odpornost odločilna kritična temperatura jekla, ki je pri jeklu za prednapete konstrukcije bistveno nižja od »normalnih« jekel. V odvisnosti od naslednjih parametrov (in že naštetih parametrov odvisnih od materiala), s katerim so definirane konstrukcijske lastnosti posameznih vrst nosilnih elementov:

– geometrija elementov,  
– debelina zaščitnih plasti betona,

– število in dimenzija armaturnih palic,  
– vrsta in način podpiranja in  
– stopanje izpostavljenosti požaru  
so bile definirane zahteve za doseganje posameznih požarnoodpornostnih razredov.

#### 4. POVZETEK NAVODIL ZA DIMENZIONIRANJE POŽARNE ODPORNOSTI STEBROV

V nadaljevanju je prikazana preglednica za dimenzioniranje požarne odpornosti a.b. stebrov in našete predpostavke, ob katerih je mogoče dimenzioniranje:

– centrično obteženi stebri,  
– členkasto podprti,  
– optimalno dimenzionirani,



- vlažnost betona znaša ca. 5 vol.%,
- agregat na apnenčevi bazi,
- armatura s kritično temperaturo 500 °C in
- neometani stebri.

Preglednica št. 4.1

konstrukcijska skica	požarnoodpornostni razred				
	30	60	90	120	180
večstransko izpostavljeni stebri					
manjša dimenzija prečnega prereza stebra d (mm) ...	150	200	240	300	400
osni odmik glavne armature od roba prereza u (mm) ...	16	27	40,5	49,5	63
alternativno manjša dimenzija prečnega prereza stebra d (mm) ...	150	240	300	400	500
osni odmik glavne armature od roba prereza u (mm) ...	16	22,5	31,5	40,5	54
enostansko izpostavljeni stebri					
manjša dimenzija prečnega prereza stebra d (mm) ...	100	120	140	160	200
osni odmik glavne armature od roba prereza u (mm) ...	16	22,5	31,5	40,5	54

## 5. PRIMERJAVA ANALITIČNIH IN EKSPERIMENTALNIH REZULTATOV

Iz povzetka teoretičnih in eksperimentalnih zaključkov raziskovalnega projekta, izdelanega na National Research Council of Canada Division of Building Research lahko sklepamo, da je problematika določanja požarne odpornosti a.b. stebrov sorazmerno zapletena, še posebej so nejasni kemični in fizikalni procesi, ki potekajo med požarom v stebrih iz apnenčevega agregata. Razlike v požarnih odpornostih, določenih po nemških navodilih in tistih, izvedenih v kanadskem laboratoriju, znašajo tudi do ca. 400 % (glej naslednjo preglednico).

Preglednica št. 5.a.

Primerjava požarnih odpornosti, določenih po nemškem standardu DIN 4102 in rezultati kanadsko-ameriških raziskav

geometrijske karakteristike stebra	požarne odpornosti določene po nemških navodilih (min.)	požarne odpornosti določene v kanadskih laboratorijih (min.)
agregat na silikatni bazi 305 × 305 mm	med 90 in 120	210
agregat na apnenčevi bazi 305 × 305 mm	120	480

Kanadsko-ameriške raziskave požarne odpornosti a.b. stebrov kažejo, da je požarna odpornost lahko bistveno odvisna še od naslednjih parametrov:

- stopnje izkoriščenosti prereza,
- ekscentričnosti vnesene sile,
- uklonske dolžine.

V naslednji preglednici so zbrani rezultati raziskav požarne odpornosti kot funkcije nivoja obtežbe in načina porušitve, izvedenih v kanadskih laboratorijih.

Preglednica št. 5.b.

številka vzorca	obtežba (kN)	trajanje raziskave (min.)	način porušitve
betonski agregat na silikatni bazi			
1	0	240	ni porušitve
2	1333	187	tlak
3	800	218	tlak
4	711	220	tlak
5	1067	208	tlak
6	1778	146	tlak
7	169	180	uklon
betonski agregat na bazi apnenca			
8	800	510	tlak
9	1067	366	tlak
10	1778	216	tlak

Eksperimentalni rezultati kažejo, da je požarna odpornost stebrov iz apnenčevega agregata lahko tudi več kot 100 % večja od stebrov iz agregata na silikatni bazi (nemška navodila dopuščajo povišanje požarne odpornosti elementov, če so ti iz apnenčevega agregata, le za 10 %).

Vsi preiskani stebri so imeli prerez dimenzij 305 × 305 mm, razen steber št. 7, ki je imel prerez 203 × 203 mm.

# izolirka

industrija izolacijskih materialov, 61110 Ljubljana, ob železnici 18  
telefon: 061/443-096, teleks: 31585 yu izo, telefaks: 061/445-182



Optimalno dimenzioniran stebel lahko prenese centrično vneseno silo ca. 900 kN (nemška navodila so izdelana za optimalno dimenzionirane stebre).

Primerjava temperatur mernih mest kanadsko-ameriških raziskav in rezultati meritev temperaturnega gradienta v betonskih prerezih preizkušancev v našem laboratoriju kažejo, da se temperature razlikujejo za ca. 50–100 % po trajanju prvih 60 minut standardnega požara, za ca. 25–50 % v območju trajanja požara od 60 do 100 minut in za ca. 20–30 % za trajanje požara od 100 do 150 minut. Opazna je razlika med mernimi mesti na višini 60 cm pod vrhom in med merilnimi mesti 100 cm pod vrhom stebrov. Potrebno je opozoriti, da iz poteka temperatur ni mogoče direktno sklepati o požarni odpornosti stebrov zaradi različnosti betonskega agregata (kanadski preizkušanci so bili izdelani na bazi silicijevega agregata, preizkušanci v našem laboratoriju pa iz betona na bazi apnenčevega agregata). Ne glede na različnost agregata pa lahko sklepamo, da nižje temperature v prerezih stebrov iz apnenčevega agregata zanesljivo prispevajo k večji požarni odpornosti teh stebrov.

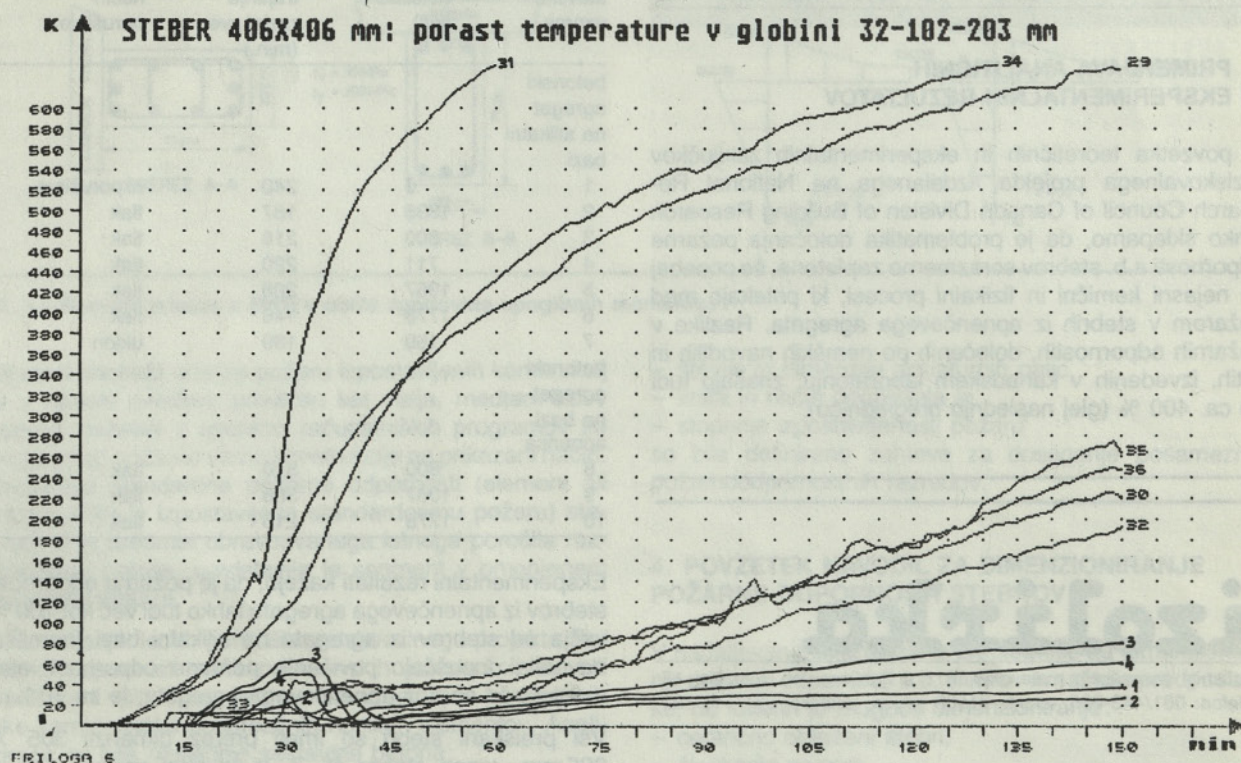
Zmogljivosti našega laboratorija za požarne raziskave so omejene, tako do smo lahko izvedli meritve časovno odvisne temperaturne distribucije posameznih (kritičnih) prečnih prerezov neobteženih stebrov in od tod sklepali na podobnost rezultatov (nemška navodila in rezultati kanadsko-ameriškega projekta), kar pa ne daje zaradi kompleksnosti problema (duktilnost betonskega stebra iz

različnih agregatnih baz) rezultatov, s katerimi bi z zanesljivostjo lahko modificirali nemška navodila. Rezultati naših eksperimentalnih meritev dajejo le omejen vpogled v problematiko dimenzioniranja požarne odpornosti a.b. stebrov.

## 6. SKLEP

V članku so prikazani rezultati analize obnašanja požaru izpostavljenih enostavno podprtih a.b. stebrov. Poudariti je potrebno »enostavno podprtih« elementov, ker se z različnimi mejnimi pogoji na podporah lahko bistveno spreminja požarna odpornost obravnavanega elementa, sklopa elementov ali konstrukcije v globalnem smislu. Požarna odpornost enostavno podprtih a.b. elementov, določena s standardnimi požarnimi testi ali analitično, kot je prikazano v točki št. 3 (eksperimentalno verificirane metode), tako rabi projektantu le kot koristen napotek pri projektiranju konkretne »požarno odporne« nosilne konstrukcije.

Projektiranje zapletenih konstrukcij, s čimer je mišljeno določanje pogojev požara (za analiziranje odziva požaru izpostavljenih konstrukcij privzamemo kot najodločilnejši vpliv »toplotni« vpliv, ki se kaže v obliki naraščanja temperatur v požaru) in določanje odziva konstrukcije, kjer je potrebno upoštevati teorijo drugega reda z geometrijsko in materialno nelinearnostjo, je očitno dokaj zahtevno, zato zahteva uporabo računalniških programov.



Sl. 5.a. Prikaz izmerjene časovno-temperaturne distribucije posameznih prerezov požaru izpostavljenih a.b. stebrov



Prikazani rezultati eksperimentalnih in analitičnih raziskav določanja požarne odpornosti a.b. stebrov, izvršenih na National Research Council of Canada Division of Building Research in primerjava teh z rezultati dimenzioniranja po navodilih nemškega standarda DIN 4102, kažejo na zapletenost situacije na področju določanja požarne odpornosti (rezultati med seboj se bistveno razlikujejo).

Te razlike so zelo velike, vendar je treba upoštevati dejstvo, da so kemično-fizikalni procesi, ki potekajo med požarom v a.b. elementih, ki so izdelani na bazi apnenčevega agregata, v večji meri neznani, tako da so sklepanja o požarni odpornosti možna le na podlagi eksperimentalnih zaključkov z neobičajno velikimi varnostnimi faktorji.

Požarna odpornost, mišljena kot kriterij nosilnosti, temelji v smislu nemških predpisov na zahtevi, da mora biti natezna armatura požaru izpostavljenih a.b. elementov prekrita z določeno minimalno debelino zaščitnega sloja betona, kar uvršča element v ustrezen požarnoodpornostni razred. V določenem trajanju standardnega požara je natezna armatura zaščitena pred dvigom temperature nad njeno kritično vrednost, to je do takrat, ko je trdnost armature zmanjšana na raven računskih napetosti v »hladnem« elementu, ki je obtežen z računsko statično obtežbo.

Rezultati raziskav kažejo, da je problem požarne odporno-

sti zelo kompleksen in da je le-ta odločilno odvisna še od vrste drugih faktorjev: od kvalitete osnovnih materialov armiranega betona (agregat), stanja mejnih pogojev, vrste, stopnje in načina vnosa obtežbe pa do kemično fizikalnih reakcij (še posebej v betonih na bazi apnenčevih agregatov).

Privzete nemškega načina določanja požarne odpornosti po DIN 4102 predstavlja torej kompromis, pri čemer so dobljeni rezultati na varni strani.

Na tem mestu je potrebno poudariti, da so rezultati omenjenega kanadsko-ameriškega projekta do neke mere presenetljivi. Požarna odpornost, določena v kanadskih laboratorijih, presega vrednosti požarnih odpornosti, določenih z nemškimi navodili, za ca. 100% za a.b. elemente, izdelane iz betona na silikatni bazi in za ca. 400% za a.b. elemente, izdelane iz agregatov na apnenčevi bazi. Po zaključkih kanadske študije gre izjemne razlike pripisati predvsem razlikam v agregatu, tako da prispevajo k večji duktilnosti a.b. vzorcev predvsem kemično-fizikalni procesi, sproženi v elementih pri povišanih temperaturah. Rezultati kanadsko-ameriške študije ne morejo biti neposredno primerljivi z nemškimi navodili (temeljijo na serijah raziskav požaru izpostavljenih elementov) za dimenzioniranje požarne odpornosti, saj ne moremo govoriti o »seriji« raziskav, katere rezultati bi lahko predstavljali navodila.

## LITERATURA

1. DIN 4102, četrti del.
2. U. Schneider, Behaviour of Concrete at High Temperatures.
3. O. Pettersson, Structural Fire Behaviour-Development Trends.
4. T. T. Lie and D. E. Allen, Calculation of the Fire Resistance of Reinforced Concrete Columns.
5. T. T. Lie, T. D. Lin, D. E. Allen and M. S. Abrams, Fire Resistance of Reinforced Concrete Columns.
6. D. E. Allen and T. T. Lie, Further Studies of the Fire Resistance of Reinforced Concrete Columns.
7. T. T. Lie and T. Z. Harmathy, A Numerical Procedure of Calculate the Temperature of Reinforced Steel Columns Exposed to Fire.
8. K. Kordina und C. Meyer-Ottens, Beton Brandschutz Handbuch.
9. R. Iding, B. Bresler and Z. Nizamuddin, FIRES-T3, A Computer Program of the Fire Response of Structures-Termal.
10. R. Iding, B. Bresler and Z. Nizamuddin, FIRES-RCII, A Computer Program for the Fire Response of Structures-Reinforced Concrete Frames.
11. G. M. Dusingberre, Heat Transfer Calculations by Finite Diferences.
12. M. Becker and B. Bresler, Reinforced Concrete Frames in Fire Environments, Journal of the Structural Division, january 1971.
13. Y. Anderberg and E. Forsen, Fire Resistance of Concrete Structures, Nordic Concrete Research Committee 1982.
14. E. Magnusson and S. Thelandersson, Temperature Time Curves of Complete Process of Fire Development, Division of Structural Mechanics and Concrete Construction, Lund Institute of Technology, Stockholm 1970.
15. A. Rebec in M. Hajduković, Požarna odpornost armiranobetonskih konstrukcij (letna poročila raziskovalne naloge).



# PREISKAVA RAZLIČNIH STEN NA MOBILNEM SOLARNEM PRESKUSNEM OBJEKTU

UDK 624.073.8:699.86

JOŽE BOŠTJANČIČ

## POVZETEK

V Sloveniji, ki ima pestre klimatske razmere, uporabljamo pri gradnji zgradb različne sisteme obodnih sten. Z eksperimentalnimi preiskavami želimo ugotoviti, kakšne sestave sten so najprimernejše za gradnjo objektov na posameznih klimatskih področjih. Kot podlogo za to delo smo izdelali mobilni solarni preskusni objekt. V njem sta dva prostora: eden z merilno opremo in drugi s štirimi modelnimi celicami, ki omogočajo istočasno preiskavo štirih preskusnih sten. Preskusni objekt je mogoče prevažati, kar pomeni, da je mogoče preiskave opraviti na poljubni lokaciji (na izbranem področju) in pri poljubni orientaciji preskusnih sten.

## TESTS OF DIFFERENT WALL ELEMENTS IN THE MOBILE SOLAR – TESTING MODULE

## SUMMARY

Different systems of circumferential walls are used for the construction of buildings in Slovenia, a country with considerable differences in climatic conditions. To find out what kind of wall structure is the most suitable for the construction on a given climatic area, new experimental methods have been introduced. Mobile solar test object has been constructed as a basis for the experimental work. There are two rooms in it: the first one with a measuring equipment and the second one with four scaled-down cells, which make it possible to perform simultaneous investigations in four test walls. The test object can be trucked, which means, that the investigations can be performed on any location (on a chosen climatic area) at any orientation of test walls.

Slovenija, kjer živimo in delamo, je majhna dežela, v kateri so klimatske razmere izredno razgibane. Na površini 20.200 km<sup>2</sup> imamo tako različne klime, kot so sredozemska, panonska in alpska.

Podobno kot v drugih deželah se tudi nam zastavlja vprašanje, kakšne zgradbe graditi na različnih klimatskih pogojih, da bodo izpolnjevale vse zahteve glede bivalnih oziroma delovnih razmer in da bodo obenem optimalno reševale odnos med energetsko varčnostjo in gradbeno ceno. Glede na navedeno se pojavlja detajlnejše, vendar izredno pomembno vprašanje, kakšne stene uporabiti pri gradnji zgradb na različnih klimatskih področjih. Čeprav je ekonomski dejavnik pri odgovoru na to vprašanje zelo pomemben, nas predvsem zanima povezava med sestavo stene ter njeno toplotno izolativnostjo in sposobnostjo za pasivno izkoriščanje energije sončnega sevanja.

Sestave sten zgradb, ki smo jih gradili v preteklosti in jih gradimo sedaj, so rezultat tradicije in uporabe domačih in tujih izkušenj. V kakšni meri ta gradnja ustreza dejanskim klimatskim pogojem, pa do sedaj nismo sistematično raziskali. V okviru raziskovalnega dela, ki ga opravljamo na področju toplotne zaščite zgradb, smo se zato odločili, da bomo zgradili solarni preskusni objekt, ki nam bo v pomoč pri iskanju odgovorov na navedena vprašanja.

Pri snovanju smo si za cilj postavili, da naj preskusni objekt omogoči:

- preiskavo testne stene kot sestavnega dela izbranega dela zgradbe,
- istočasno preiskavo večjega števila preskusnih sten,
- preiskavo preskusnih sten na različnih lokacijah (na različnih klimatskih pogojih),
- preiskavo preskusnih sten z različno orientacijo glede na smeri neba in
- dolgotrajno preiskavo z avtomatskim zbiranjem in obdelavo izmerjenih vrednosti.

Razumljivo je, da je bilo pri snovanju potrebno upoštevati tudi obseg razpoložljivih sredstev, ki je bil (kot običajno) mlajši od zelenega.

Avtor:  
mag. Jože BOŠTJANČIČ, dipl. inž.  
Inštitut za raziskavo materiala in konstrukcij, Ljubljana,  
Đimičeva 12



Cilj, opisan v 1. alineji, smo uresničili tako, da smo za objekt modeliranja izbrali prostor v armiranobetonski zgradbi z debelino notranjih sten, stropa in tla  $d = 15$  cm. Nadalje smo se odločili, da bomo modelirali prostor, ki ima prizmatično obliko z dimenzijami  $200 \times 240 \times 240$  cm in pri katerem bo ena stena predstavljala zunanjo steno (testno steno). Izbrali smo prostor, ki je v sredini ene od vmesnih etaž, oziroma so temperature v prostorih, ki ga obkrožajo (levo, desno, spodaj, zgoraj in zadaj), enake. To istočasno pomeni, da skozi notranje stene, strop in tla toplota ne prehaja in da je v vsakem prostoru izkoriščena le ena polovica toplotne akumulativnosti notranjih pregradnih elementov.

Navedeni prostor je mogoče nadomestiti s prostorom (imenovali ga bomo prototipna celica), ki ima enake notranje dimenzije, njegovi notranji pregradni elementi pa so polovico tanjši ( $d = 7,5$  cm), pri čemer pa je manjkajoči del nadomeščen z zunanje strani s toplotno izolacijo, ki ima neskončno velik toplotni upor ( $d_i/\lambda_i = \infty$ ). Tudi v tem primeru ne prihaja skozi notranje stene strop in tla do izmenjave toplote in so zato temperaturne razmere enake kot v prostoru, ki smo ga izbrali za obravnavo.

Cilje, navedene v 1., 2., 3. in 4. alineji, smo realizirali tako, da smo solarni preskusni objekt zasnovali v mobilni obliki s štirimi preskusnimi celicami, modeliranimi v merilu 1:2 (merilo modeliranja  $\alpha = 2$ ).

Med različnimi možnostmi za modeliranje smo se odločili za poenostavljeno varianto, pri kateri je model izdelan iz enakega materiala kot prototip. Toplotne karakteristike prototipnega in modelnega materiala so torej enake. Odnosi med prototipnim in modelnim prostorom, ki veljajo v tem primeru, so podani v tabeli 1.

Tabela 1. Koeficienti modelne podrobnosti

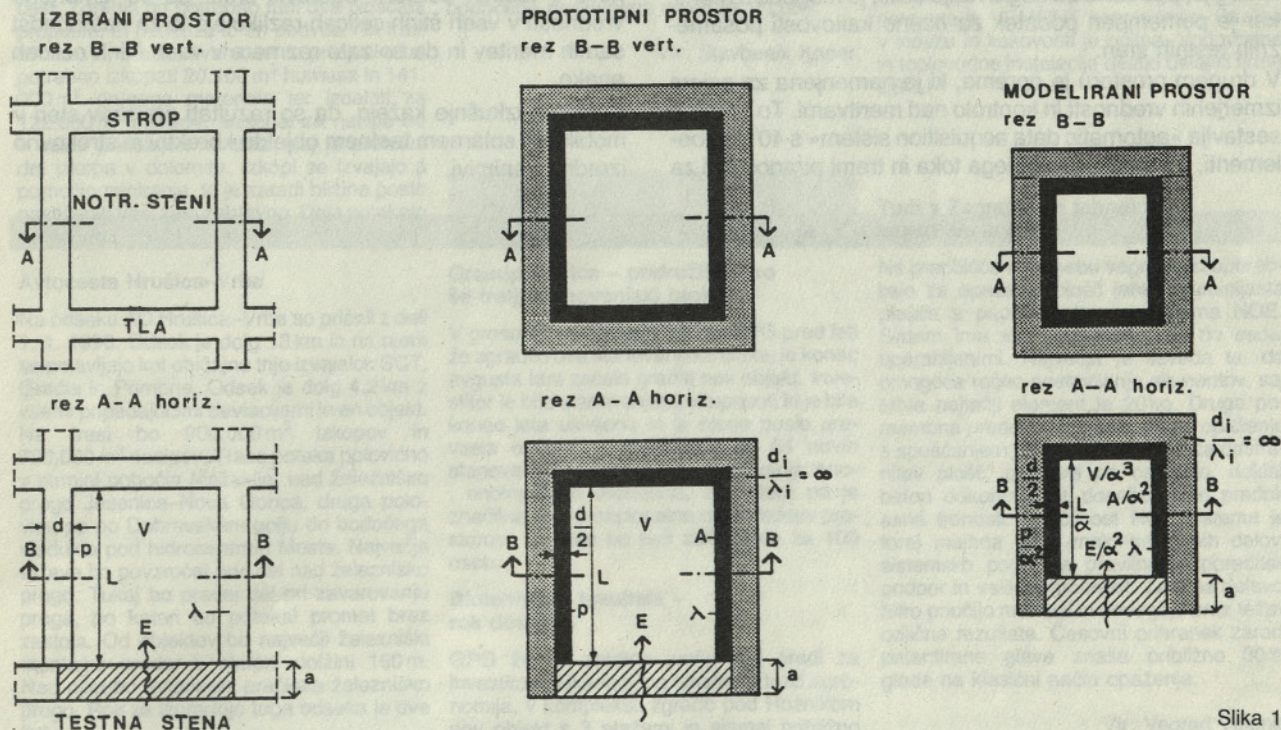
Fizikalni parameter:	Prototip:	Model:
dolžina	L	$L/\alpha$
debelina	d	d
površina	p	$p/\alpha^2$
prostornina	V	$V/\alpha^3$
temperatura	t	t
topl. energija	E	$E/\alpha^2$
topl. akumulacija	A	$A/\alpha^2$
topl. prevodnost	$\lambda$	$\lambda$

Grafični prikaz prehoda iz prototipne na modelno celico je razviden na sliki 1.

Navedene korelacije zaradi poenostavitve ne ustrezajo povsem teoretično izpeljanim modelnim zakonitostim, saj je prostornina zraka v modelni celici  $\alpha$ -krat premajna, pa tudi priključek modelne preskusne stene na celico ni povsem enak. Z računalniškimi analizami (uporabili smo programa DEROB in KAMRA) smo potrdili naše predvidevanje, da imajo odstopanja od popolnega modeliranja zanemarljiv vpliv na rezultate preiskav.

Na navedenih osnovah smo zasnovali mobilni solarni preskusni objekt. Njegova zasnova je vidna na sliki 2.

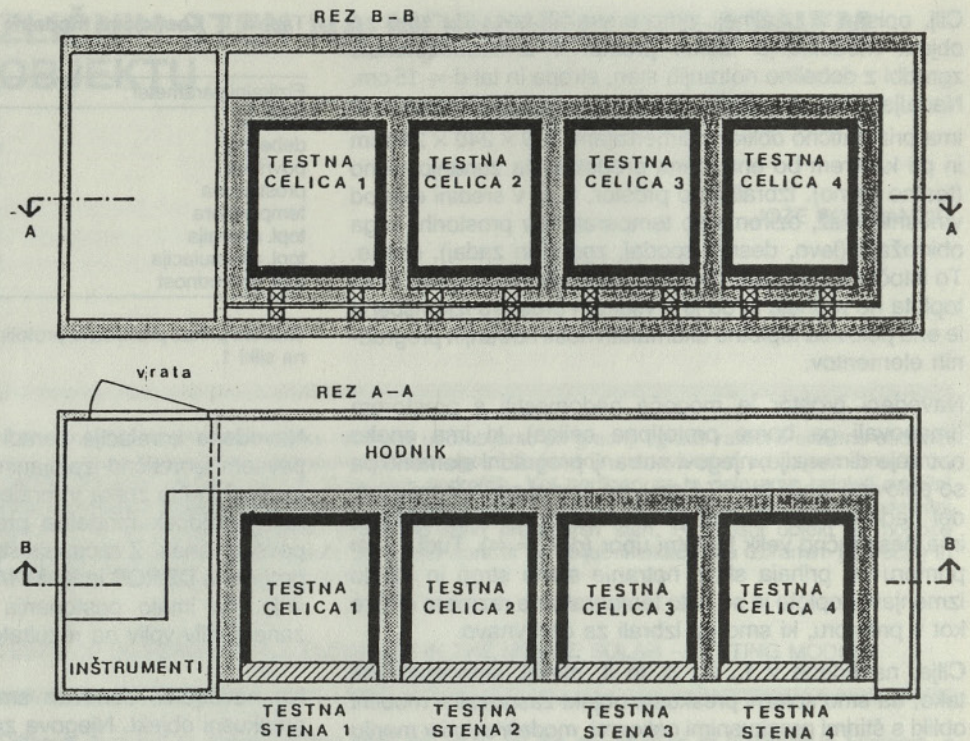
Osnova testnega objekta je mobilno bloko z dimenzijami  $7,2 \times 2,4 \times 2,2$  m. V njem sta dva prostora: v prvem so štiri armiranobetonske modelne celice, v drugem pa je merilna oprema. Prvi prostor testnega objekta nima ene stranice. Le-ta je nadomeščena s štirimi testnimi stenami, ki s sprednje strani zapirajo testne celice. Te so med seboj in proti okolici izolirane z 20 cm debelo plastjo



Slika 1



Sl. 2. Načrt mobilnega solarnega poskusnega objekta



steklene volne. Zrak v prostorih s tesnimi celicami je mogoče dogrevati na temperaturo, ki je približno enaka tisti v testnih celicah. S tem je prehajanje toplote med celicami in zrakom v tesnem objektu zanemarljivo. V vsako celico je vgrajen grelec za dogrevanje zraka na poljubno temperaturo (npr. na sobno temperaturo 20°C). Energijo, potrebno za dogrevanje celic, je mogoče izmeriti, kar je pomemben podatek za oceno kakovosti posameznih testnih sten.

V drugem prostoru je oprema, ki je namenjena za zajem izmerjenih vrednosti in kontrolo nad meritvami. To opremo sestavlja »automatic data acquisition sistem« s 40 termoelementi, 11 merilci toplotnega toka in tremi piranometri za

merjenje globalnega in difuznega sončnega sevanja ter za merjenje sončnega sevanja na vertikalno ploskev.

Preden smo začeli s konkretnimi raziskavami, smo mobilni solarni poskusni objekt testirali. Pred vse štiri celice smo vgradili enake armiranobetonske stene in v daljšem časovnem obdobju zasledovali temperature in toplotne tokove v testnih celicah. Ugotovili smo, da se izmerjene vrednosti v vseh štirih celicah razlikujejo le za natančnost samih meritev in da so zato razmere v vseh štirih celicah enake.

Dveletne izkušnje kažejo, da so rezultati preiskav sten v mobilnem solarnem testnem objektu korektni in strokovno izredno zanimivi.



## IZ DELOVNIH KOLEKTIVOV

### SGP Primorje

#### SGP Primorje na Dolenjski avtocesti

V drugi polovici januarja so pričeli z deli pri nadaljevanju transjugoslovanske avtoceste Karavanke–Gavgelija na delu odseka Malence–Šmarje SAP. Dolžina dela terase, katero morajo zgraditi v dobrem letu in pol, je sorazmerno kratka, meri le 1200 m in poteka od bodočega predora pod Malim vrhom do že obstoječe avtoceste, zgrajene leta 1989. Cesta bo štiripasovna z odstavnicama pasovoma. Od priključka Šmarje proti Grosuplju poteka trasa ob obstoječi magistralni cesti, ki jo bo potrebno rekonstruirati v polovico širine avtoceste. Poleg glavne trase avtoceste bodo morali zgraditi tudi priključek Šmarje, ki sestoji iz dveh funkcionalno ločenih delov. Prvi je priključek obstoječe magistralne ceste na avtocesto, drugi pa priključitev naselja Šmarje na magistralno cesto v smeri proti Ljubljani. V sklopu priključka je predvidena tudi rekonstrukcija dela regionalne ceste Škofljica–Grosuplje in zunajnivojski povezavi Razdrtega z Malim Vrhom in Šmarja s Farovskim hribom. Poleg priključka Šmarje bodo predstavili še več cest. Zgraditi bo potrebno tudi dva ploščata propusta, tri nadvoze in en podvoz. Na trasi avtoceste, prestavitvah cest in priključku bo potrebno izkopati 20.100 m<sup>3</sup> humusa in 141.000 m<sup>3</sup> drugega materiala ter izdelati za 122.000 m<sup>3</sup> nasipov. Material za nasipe bo v celoti pridobljen na trasi, saj je pretežni del izkopa v dolomitu. Izkopi se izvajajo s pomočjo miniranja, ki je zaradi bližine gosto naseljenih vasi zelo zahtevno. Dela potekajo na načrtu.

#### Avtocesta Hrušica–Vrba

Na odseku AC Hrušica–Vrba so pričeli z deli 1. 1. 1990. Odsek je dolg 13 km in na njem se pojavljajo kot običajno trije izvajalci: SCT, Gradis in Primorje. Odsek je dolg 4,2 km z vsemi pripadajočimi deviacijami in en objekt. Na trasi bo 900.000 m<sup>3</sup> izkopov in 700.000 m<sup>3</sup> nasipov. Trasa poteka polovično v strmini pobočja Mežaklje, nad železniško progo Jesenice–Nova Gorica, druga polovica pa po Dobravskem polju do bodočega viadukta pod hidrocentralo Moste. Največje težave bo povzročal prvi del nad železniško progo. Tukaj bo precej del pri zavarovanju proge, po kateri bo potekal promet brez zastoja. Od objektov bo največji železniški montažni predor v skupni dolžini 160 m. Nad njim bo avtocesta prečkala železniško progo. Rok za izgradnjo tega odseka je dve leti.

### Stavbenik, Koper

#### Pred začetkom gradnje poslovnega centra v Portorožu

Delavci Stavbenika bodo v kratkem pričeli z gradnjo trgovsko-poslovnega centra v Luciji pri Portorožu po sistemu gradnje za trg. V sklopu tega objekta bo tudi nova avtobusna postaja, ki bo tako zmanjšala avtobusni promet v bližnjem turističnem središču. Projekte za arhitektonsko izredno razgiban ter z gradbenega vidika zelo zahteven objekt so naredili v poslovni enoti Projektiva (avtor je dipl. inž. arh. Zdenko Nemeč pod vodstvom dipl. inž. arh. Marka Zornade). Trgovsko-poslovni center bo sestavljen iz treh nizov in garažne hiše. Niz A obsega blagovno hišo, lokale ter poslovne prostore v izmeri okoli 4270 kvadratnih metrov, niz B lokale, poslovne prostore ter restavracijo v izmeri 3370 kvadratnih metrov, v nizu C pa bodo zgradili lokale in poslovne prostore v izmeri okoli 2300 kvadratnih metrov. Skupna površina torej ni majhna – skorajda deset tisoč kvadratnih metrov – in če k temu prištejemo še okoli 6800 kvadratnih metrov garažne hiše (250 parkirnih mest), nam ti podatki zgovorno ponazarjajo razsežnost bodočega poslovnega središča v Luciji.

Vir: Stavbenik Koper

### GP Grosuplje

#### Grosupeljščica – pridružil se bo še tretji stanovanjski blok

V grosupeljski soseski, kjer je GPG pred leti že zgradilo dva stanovanjska bloka, je konec avgusta lani začelo graditi nov objekt. Investitor je bila stanovanjska skupnost, ki je bila konec leta ukinjena in je njene posle prevzela občina. V 4 lamelah bo 64 novih stanovanj. To bodo manjša stanovanja: eno-, enoinpol- in dvosobna, za katera pa je značilna zelo funkcionalna razporeditev prostorov. V bloku bo tudi zaklonišče za 100 oseb.

#### Biotehnična fakulteta – rok dosežen

GPG že od sredine junija lani gradi za investitorja Biotehnično fakulteto, tozdr agromija, v kompleksu zgradb pod Rožnikom nov objekt s 3 etažami in skupaj približno

2400 m<sup>2</sup> površine. Skelet je armiranobetonski, sicer pa je gradnja klasična. Zgradba je namenjena za pisarne, kabinete in predavalnice Fakultete za agronomijo in živilsko tehnologijo. To je eden od poslov, sklenjenih po načelu staro za novo. GPG je vzelo v račun stare prostore biotehnične fakultete na Krekovem trgu, nekaj pa bo investitor moral še doplačati.

Vir: GP Grosuplje

### Vegrad, Velenje

#### Vegradovci na tujem – tokrat gradbišče Plauen

Mesto Plauen je približno tako veliko kot Maribor, saj ima okrog 100.000 prebivalcev. Leži v trikotniku med Zahodno Nemčijo in Češkoslovaško. Od obeh mej je oddaljeno približno 20 km. Tu gradijo tovarno zaves z upravno zgradbo. Oba objekta imata skupaj 15.000 m<sup>2</sup> površine. Proizvodna hala je narejena iz montažne konstrukcije, ki je bila narejena v DDR. Upravna zgradba pa je narejena iz VEMONT konstrukcije. Razlika v videzu in kakovosti je očitna. Vodovodne in toplovodne instalacije delajo delavci firme ESO.

#### Tudi v Zagrebu po tehnologiji lahkih alu opažev

Na gradbišču v Zagrebu vegradovci uporabljajo za opaženja plošč lahke aluminijaste plošče s padnimi glavami sistema NOE. Sistem ima več prednosti pred do sedaj uporabljanimi. Največja je seveda ta, da omogoča ročno postavljanje elementov, saj tehta najtežji element le 20 kg. Druga pomembna prednost je v tem, da po opaženju s spuščanjem padnih glav omogoča odstranitev plošč, podpore pa ostanejo, dokler beton dokončno ne doseže svoje predpisane trdnosti. Značilnost NOE sistema je torej majhna teža, malo sestavnih delov, sistemsko pogojena pravilna razporeditev podpor in velika priročnost. Zato se delavci hitro priučijo montaži in dosegajo brez težav odlične rezultate. Časovni prihranek zaradi patentirane glave znaša približno 30% glede na klasični način opaženja.

Vir: Vegrad Velenje



# TOPLINA DOMA – RADOST ŽIVLJENJA



Naselje v bližini Züricha, ki ga je Inles opremil z »INOM« izdelki

Inles je tovarna stavbnega pohištva s tradicijo. Je eden največjih proizvajalcev oken in vrat v Jugoslaviji. Osnovni Inlesov proizvodni program predstavljajo okna, balkonska vrata in fiksne stene pod oznako »INOM«, ki so predmet naše predstavitve.

To so lesena okna, balkonska vrata in fiksne stene, ki se proizvajajo po najsoodnejšem računalniško vodenem tehnološkem postopku, kar omogoča neomejeno svobodo projektantskega izbora oblike in dimenzije.

Velikost, način odpiranja in oblika oken po izbiri v sestavah daje poljubne želene kombinacije, ki prav tako nimajo omejitev. Osnovna oblika je lahko krog, trikotnik ali kvadrat, iz njih je možno izpeljati glede na zahtevo naročnika npr. zašiljeno, zaobljeno, polkrožno okno...

V kombinacijah dobimo lahko vogalno okno, »bay window«, »bow window«... tipi oken, ki jih doslej v industrijski izdelavi pri nas nismo poznali. To so okna, ki jih »izberemo« po naročilu, pri tem pa nam računalniško vodena proizvodnja omogoča, da se odločimo lahko tako za velikoserijsko naročilo ali le za eno okno (cene in roki po dogovoru).

Dimenzije oken od najmanjšega enokrilnega pa do večkrilnih sestavljenih imajo velik razpon. Najmanjše 42 cm se povečuje lahko v rastru 1 cm do poljubne velikosti:

Nekaj lastnosti »INOM« sistema:

- lazurna obdelava v naravni barvi jelke ali smreke.
- dvojna pripira,
- toplotna prehodnost:  $k = 2,4 \text{ W/m K}$ ,
- zvočna prepustnost: 25 dB.



Ker so okna lesena, zadovoljujejo najzahtevnejše evropske standarde protihrupne zaščite in se zato plasirajo na zahodno-evropskem trgu že nekaj let, v Nemčiji, Švici in Franciji (lanskoletni izvoz preko 20.000 oken).

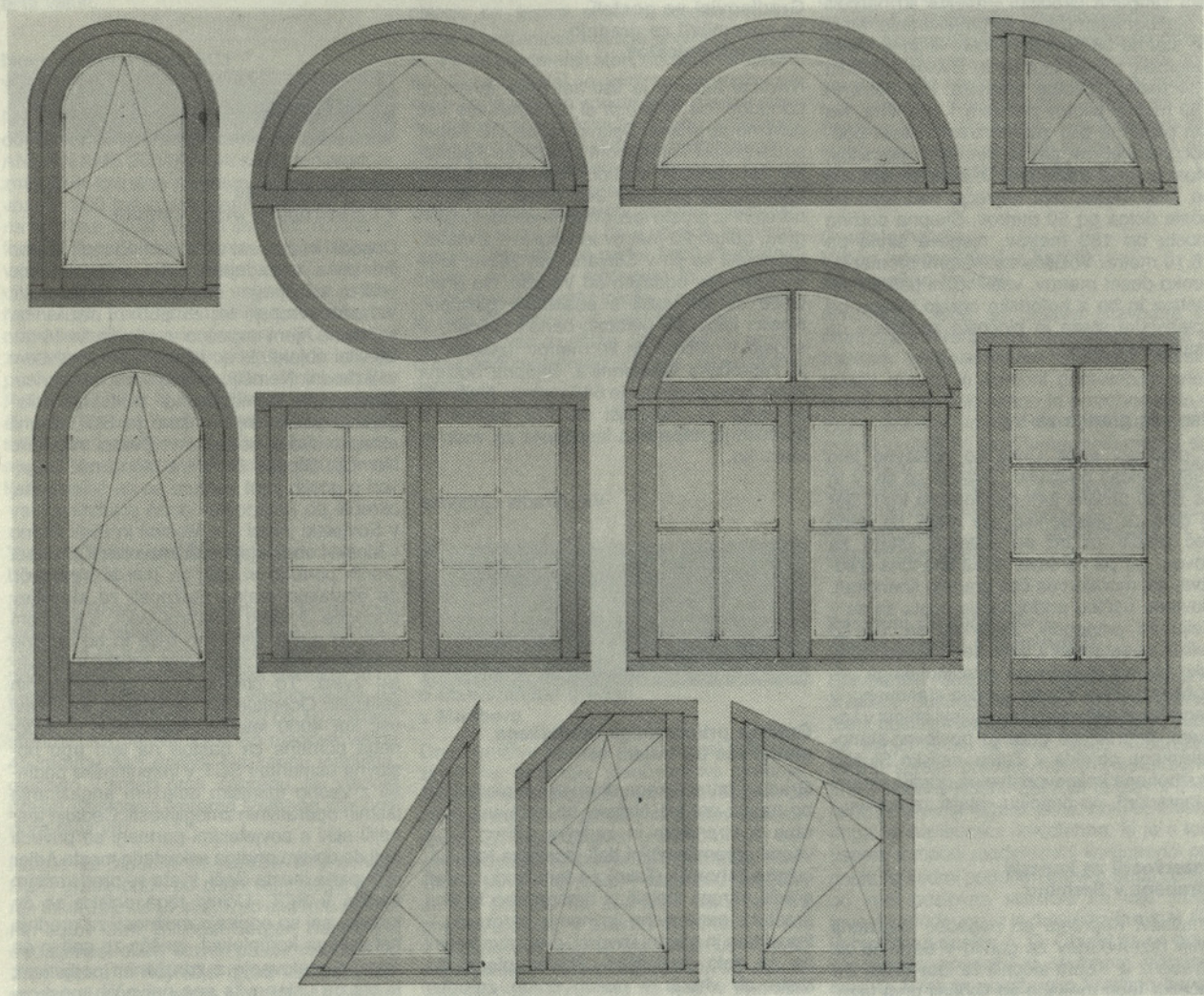
### OKNA PO POSEBNIH NAROČILIH

Okna, balkonska vrata in zastekljene fiksne stene, lesene okrasne mreže (šprose) – vgrajene in montažne letve za

spajanje več oken ter oken in balkonskih vrat v nizu ali pod kotom:

- za novogradnjo ali za obstoječe stavbe
- za zamenjavo starih – dotrajanih oken
- za restavracijo hiš pod spomeniškim varstvom
- za zahtevnejše arhitektonske projekte in posege

INLES VAM PONUJA IZDELKE RAZNIH OBLIK, DIMENZIJ IN ZAHTEV, ki so predmet posebnih dogovorov in pogodb.



#### Industrija stavbnega pohištva

61310 Ribnica, Partizanska 3

telefon: (061) 861-411

telegram: Inles-Ribnica

telex: 31-262 inles YU

telefax: (061) 861-603

#### NAŠA PRODAJNA SKLADIŠČA:

61310 Ribnica, Kolodvorska 22, tel. (061) 861-212

25260 Apatin, Sončanska bb., tel. (025) 772-041

22330 Nova Pazova, Lenjinova 103, tel. (022) 331-155

35230 Čuprija, Cara Lazara 92, tel. (035) 461-409

51213 Jurdani-Opatija, tel. (051) 741-330

18000 Niš, Mramorska bb., tel. (018) 65-335

55000 Slavovski Brod, Matošičeva bb., tel. (055) 231-026 in 241-510

55300 Slavenska Požega, Beogradska bb., tel. (055) 72-845, 73-323

56000 Vinkovci, Moše Pijade 101, tel. (056) 11-367

14220 Lazarevac, Janka Stajčića 50, tel. (011) 8123-217, 123-710

88000 Mostar, Bišće polje bb., tel. (088) 33-660, 33-662

#### NAŠA PREDSTAVNIŠTVA:

51213 Jurdani-Opatija, tel. (051) 741-330

71000 Sarajevo, Lenjinova 7b, tel. (071) 30-874



## Gradis, Ljubljana

### Za občinski praznik Novega mesta tudi nov most čez Krko

Gradnja mostu čez Krko v Novem mestu je bila zaupana Gradisu. Projekte so naredili v mariborskem Biroju za projektiranje. Most bo stal na 38 benotto pilotih, ki jih je uvrtil Geološki zavod Ljubljana. Bilo je uvrtilih 134 metrov pilotov premera 1,5 metra in 199 metrov pilotov premera 1,25 metra. Na teh pilotih je bilo zabetoniranih deset podpor, pet stebrov, pet pa stenskih opornikov. Most bo imel devet polj, in sicer sedem polj po 12,5 metra, dva največja nad Krko pa bosta dolga po 50 metrov. Skupna dolžina mostu bo 183 metrov, njegova širina pa 18,10 metra. Vozišče za motorni promet bo široko deset metrov, vsak vozni pas po pet metrov in bo z betonsko ograjo ločeno od kolesarske steze in pločnika za pešce na vsaki strani mostu.

### Vse več gradijo za trg

V gradbeni enoti Celje so poslovno leto 1989 končali pozitivno. Odločili so se, v to pa so jih prisilile tudi razmere na trgu, kjer je dela za gradbenike vse manj, da bodo več gradili za trg po sistemu »stara za novo«, kar pa zahteva velika finančna sredstva, saj morajo ves čas gradnjo financirati. Novemu načinu pridobivanja posla so se v Celju že prilagodili. Zavedajo se, da bo velikih investitorjev z dosti denarja vse manj, tako bo tudi klasičnega investitorskega odnosa vse manj. Za trg gradijo stanovanja v Zagrebu, poslovno-stanovanjski objekt v Laškem, pripravljajo gradnjo poslovno-stanovanjskega objekta v Žalcu, celjsko Službo družbenega knjigovodstva pa gradijo skupaj z Ingradom, po principu »stara za novo«.

### Rezervoarji za koprski Istrabenz v Serminu

Gradisovi Koprčani so pogodbo o gradnji petih rezervoarjev za gorivo v Serminu za Istrabenz iz Koprca sklenili že leta 1988. Do začetka tega meseca so končali prvo fazo, to je tri od skupno petih rezervoarjev, ki jih gradijo po sistemu »ključ v roke«. Ves kompleks naj bi bil dokončan do letošnjega polletja.

Glede na lokacijo in na teren ob robu hriba ter njegovo nosilnost so morali uporabiti kar tri načine temeljenja. Za dva manjša rezervoarja s premerom po 30 metrov in s po sedem tisoč kubikov prostornine so vgradili okrog 7.000 metrov peščenih kolov; dva večja rezervoarja, s premerom po 40 metrov in s prostornino po trinajst tisoč kubičnih metrov so podprli z benotto piloti premera enega metra; za peti rezervoar, ki ima prav tako premer 40 metrov in bo šlo vanj trinajst tisoč ton derivatov, so za podporo zabili do 12 metrov globoko Gradisove PAB kole. Na

temelje je prišel »prstan« s ploščo, nad katero so potem monterji postavili nadgradnjo. Okrog rezervoarjev je bilo treba narediti lovilne bazene, vmesne prekate, temelje za cevovode, črpališča, meteorno kanalizacijo, cestne prepuste in okrog 700 metrov požarne ceste. Precejšnja postavka je bila tudi ograja okrog kompleksa.

### Gradisovci so postali že specialisti za gradnjo navtičnih objektov

Navtični turizem je tisti del naše turistične ponudbe, od katerega si obetamo vse več deviznega priliva. Delavci tozda GE Koper so za puljski Tehnomont zgradili že 8 pomolov za marino v Verudi. Pomoli, ob katere bodo lahko privezali 340 plovil, so fiksni, narejeni iz prosto ležečih armiranobetonskih gred, dolgih 20 metrov in visokih 1,2 metra. Izdelovali so jih v Štunjanskem zalivu, ki je 6 kilometrov oddaljen od Verude. Na gradbišče so jih vozili s posebnim plovilom. Nosilci ležijo na uvrtilih benotto pilotih, ki segajo v globino do 20 metrov. Izvajala jih je zagrebška Geotehnika. Skupna dolžina vseh devet pomolov je 640 metrov. Najkrajši so dolgi 41, najdaljši pa 123 metrov. V pomolih je napeljana instalacija za vodo in elektriko.

Vir: Gradis Ljubljana

## SGP Gorica

### Gradnja primorskega dramskega gledališča bo trajala več let

Gradnja primorskega dramskega gledališča bo trajala pet let. Najprej bo zgrajena dvorana s stranskim in zadnjim odrom ter z vsemi spremljajočimi deli (scenska tehnika, odrska tehnika). Takoj za tem bodo začeli graditi okrogli stolpič, v katerem bo tretjina prostora namenjena javnemu programu – trgovinam in mestni kavarni, drugi dve tretjini pa za delo gledališča. Stavba gledališča raste ob vhodu v mesto poleg zgradbe občinske skupščine. Pročelje s stebriščem, kjer bo glavni vhod, je obrnjeno proti travniku pred stavbo občinske skupščine. Skozi glavni vhod bo tudi dostop do dvorane, ki bo imela v parterju 270 sedežev, poleg njih pa še 100 sedežev na balkonu. Ob glavnem odru je predviden še levi stranski oder. Odprtino (vrata) v steni bo mogoče odpreti, da bo oder lahko namenjen tudi za zunanji amfiteater. V kleti je dvonamensko zaklonišče za 250 oseb. V miru bo uporabno kot skladišče rekvizitov. V kleti sta tudi klimatska in toplotna postaja. Za pritličje in prvo nadstropje okroglega stolpiča bodo z javnim razpisom skušali dobiti soinvestitorja. V sredini stolpiča pa je prostor, ki ga bo mogoče uporabljati za druge kulturne prireditve. Drugo nadstropje bo namanjeno za garde-

robo in druge potrebne prostore za gledališko delo, v tretjem bo prostor za gledališke priprave, v četrtem pa uprava. Skupno bo zgrajenih 10.420 kvadratnih metrov bruto etažne površine. Če bo vse potekalo po načrtih, bodo objekt skupaj z zunanjo ureditvijo končali do leta 1993.

Vir: SGP Gorica, Nova Gorica

## SCT Ljubljana

### SCT se vključuje v perestrojko – Joint Venture

Dogodki in procesi v Vzhodni Evropi, ki smo jim priča v zadnjem času, napovedujejo veliko oživiljanje naložbene dejavnosti. Vzhodnoevropski trg za SCT ni neznanka, saj se na njem uspešno uveljavlja že 15 let. Številni objekti, ki so bili zgrajeni predvsem v Vzhodni Nemčiji, so zgledna referenca. Spremembe tržnih razmer zahtevajo prilaganje poslovanja in tako je SCT sklenil okrepiti svoje podjetje v Zvezni republiki Nemčiji, Giposs GmbH v Münchnu. Dogovori o poslih joint venture so se še posebej okrepili po ustanovitvi obeh predstavništev v Sovjetski zvezi – v Moskvi in Rigi. Samo v Moskvi obdelujejo predstavniki SCT deset resnih ponudb in vsaj za dve je moč reči, da obstajajo realne možnosti za sklenitev pogodbe. Projekt letališča Soči, o katerem smo že pisali, uspešno teče in bo odlična odskočna deska za gradnjo letališč v Sovjetski zvezi. To območje je trg neizmernih velikosti. Ocenjuje se, da imajo v tej državi več kot 4000 letališč. Nedvomno je ključnega pomena za nastop na tem trgu poslovna usmeritev SCT v inženirsko podjetje, ki z vedno manjšim deležem angažiranja lastnih operativnih zmogljivosti. Čedalje tesnejši stiki s sovjetskimi partnerji so privedli tudi do obiska prvega sekretarja mesta Adler in župana mesta Soči, ki sta se pred kratkim mudila v SCT. Učinki tega obiska se že kažejo, saj se odpirajo možnosti za gradnjo hotelskega kompleksa, igrišča za golf in še česa. Sodelovanje z združenim podjetjem, ki sta ga ustanovila ena največjih moskovskih gradbenih organizacij, s 35 tisoč zaposlenimi in mehanizacijo, vredno več kot 370 milijonov rubljev, ter ugledna ameriška firma, ki se ukvarja z naložbami v hotelske in poslovne komplekse, z lisiškim oddajanjem objektov in stanovanj, je za začetek omogočilo ponudbo za projekt v središču Moskve. Tu naj bi SCT sodeloval pri gradnji poslovnih objektov v ulici Južinski 11, 13 in 15 v ožjem središču Moskve. Pravzaprav je bila najprej načrtovana samo notranja rekonstrukcija stavb, ki tam že stoje, s tem da bi njihov skelet ostal nespremenjen. Toda strokovnjaki tehničnega sektorja SCT so obdelali različico, ki predvideva rušenje celotnih starih objektov, potem pa gradnjo novih z enako značilno moskovsko arhitekturo in skupno površino 7.558 kvadratnih metrov.



S tem bodo pridobili dodatne prostore za garaže pod celotnim kompleksom petih poslovnih objektov. Poleg rušenja starih in zaščite sosednjih objektov so v ponudbi SCT vsa gradbena, obrtniška in instalacijska dela. Gradnja tega objekta je pomembna za SCT, saj bo to prvo delo te vrste v Moskvi v njenem ožjem središču, kar je predvsem ugodno iz marketinško-propagandnega vidika. Opravljeno delo bo plačano v konvertibilni valuti.

#### Nova asfaltna baza SCT v Kaldaniji

Nedavno je v kamnolomu Kaldanija začela obratovati nova asfaltna baza. Asfaltna baza ANMAN AME 200/300-5/6 sodi med srednje zmogljive tovrstne naprave. Njena zmogljivost je 200 ton pripravljene asfaltne zmesi na uro. Ima devet glavnih sklopov: doziranje frakcij, transportne trakove, sušilni boben, vroči elevator, sito, silose frakcij, tehtalni del, mešalni del in dvizni vagonček z asfaltnimi silosti. Pomemben del je tudi sistem za odpraševanje, tako imenovani »SCT filter«, zasnovan in izdelan v podjetju. S tem je poskrbljeno še za učinkovito varstvo okolja. Poleg podatkov o zmogljivosti baze zapišimo še, da ima možnost uskladiščenja 135 ton vroče asfaltne mase, ki je lahko shranjena 24 ur, ne da bi karkoli izgubila na kakovosti.

#### Viadukt Reber pri Škofljici bo dolg 610 m

Viadukt Reber pri Škofljici, ki je na trasi avtoceste Malence–Šmarje SAP izjemno zahteven in tudi pomemben objekt, dobiva prve temelje. Skupna dolžina viadukta, ki bo sestavljen iz dveh ločenih vozniških pasov, bo znašala 610 metrov, imel pa bo 15 nosilnih stebrov. Na najvišji točki bo njegova višina 45 metrov nad dolino. Na koncu viadukta, gledano v smeri proti Zagrebu, bo viadukt prešel v vstopno oziroma izstopno cev predora Mali vrh.

Načrte za viadukt so naredili strokovnjaki SCT, gradili bodo po znani tehnologiji gradnje takih objektov v svetu, po sistemu pomičnih odrov firme Bilfinger/Berger. Najmanjša oddaljenost obeh vozniških pasov viadukta bo 1,94 metra in največja (pred vstopom oziroma izstopom predora Mali vrh) 10,50 metra. Viadukt bo v celoti speljan nad dolino, pod njim bo šla tudi obstoječa železniška proga Ljubljana–Novo mesto.

#### Ljubljana bo kmalu dobila novo sodobno strelišče

Ob Dolenjski cesti nastaja novo sodobno športno strelišče. V glavni gradbeni fazi je sedaj tako rekoč ves objekt, pri čemer načrte velikokrat spreminjajo, kar zahteva od graditeljev veliko tehničnega znanja in domiselnosti. V novem objektu bo tudi ohranjen del starega objekta, ki bo primerno restavriran, še posebej pa so se posvetili obnovi kamnite obloge na fasadi starega objekta, ki bo sedaj v notranjosti novega glavnega objekta. Veliko predelanih sten, dodatnih stopnišč itd. Glavni skelet je armiranobetonski, na njem pa je jeklena konstrukcija glavne strehe, ki bo v celoti pokrita z bakreno pločevino; njena površina bo 3.000 kvadratnih metrov. Poleg izrazito namenskih prostorov, kot so strelske hiše za streljanje z vsemi vrstami pištol in pušk, garderob, kopalnic, skladišč orožja in streliva itd., bo v objektu še restavracija. Investitor bo oddal 1100 kvadratnih metrov prostorov, trgovcem in drugim, ki bodo imeli v objektu lokale. Osrednji objekt je dolg 92 metrov, v najširšem delu pa 35 metrov in ima tri etaže. Strelišče bo popolnoma avtomatizirano in tudi stoodstotno varno.

Vir: SCT Ljubljana

#### SGP Stavbar, Maribor

#### V Stavbarju razmišljajo o stanovanjski gradnji v Mariboru

Gradbeništvu se letos ne obeta nič dobrega, zlasti na področju stanovanjske gradnje. Značilnost za letošnje prvo trimesečje je, da je sklepanje novih gradbenih poslov upočasnjeno. Za stanovanjsko gradnjo ni bilo takšne investicijske aktivnosti in kreditov, kakršno je povpraševanje. V Mariboru opažajo, da se položaj na področju stanovanjske gradnje slabša. V zadnjih štirih letih bi naj v Mariboru v okviru družbeno usmerjene stanovanjske zidave zgradili 3.700 stanovanj ali povprečno 740 na leto, v združni gradnji pa 950 stanovanj. Danes so mariborski plan dosegli le 58-odstotno in zgradili samo 2.157 stanovanj. Zaskrbljenost grad-

bincev je povsem jasna ob omembi, da so v letu od 1976 do 1980 zgradili 4.110 stanovanj ali po 822 na leto. V novem srednjeročnem obdobju ostajajo gradbinci v Mariboru trdno na tleh. Stanovanja bi seveda gradili še naprej, vendar po počasnem tempu gradnje vsaj 400 novih stanovanj na leto. Ohraniti bi morali sedanji sistem solidarnosti, dobiti več denarja od prodanih stanovanj v družbeni lasti, več bančnih kreditov, davčna politika pa bi morala biti ustrežnejša. Če bodo rešili omenjene probleme, potem bo gradnja potekala realno po omejenem programu del. Dokončno naj bi dogradili projekt Maribor jug in gradili bi naprej tam, kjer so v Mariboru že: v Novi vasi, na Studencih in v Radvanju. Gradbeništvu se lahko premakne s sedanje točke le tako, da oživimo investicijsko politiko.

#### Gradnjo hotela Hilton international v Turčiji so uspešno končali

Novembra 1988 so delavci Stavbarja iz Maribora in kranjskega Gradbinca pričeli graditi objekt, ki pomeni pomembno referenco za vse bolj iskano in potrebno delo v tujini. Gradnjo hotela Hilton international s površino okoli 20 tisoč kvadratnih metrov so že končali. Vrednost gradbenih del je bila ocenjena na približno 12 milijonov dolarjev, najpomembnejše je vsekakor to, da so gradnjo zaključili v okviru predvidevanj in v zadovoljstvo vseh.

#### Poslovni center Buda »Buda center« v Budimpešti

Stavbarjevi delavci so nedavno skoraj v središču Budimpešte pričeli graditi mednarodni poslovni center BUDA CENTER, ki bo na svojih okoli 12 tisoč bruto kvadratnih metrih sprejel predstavništva mednarodnih firm v letošnji jeseni. Stavbar je glavni izvajalec pri gradnji tega objekta, nosilec inženjeringa je mariborska Jeklotehna, ki je s tem uspela v močni mednarodni konkurenci pogoditi že sedmi podoben objekt. Buda center bo imel poslovne prostore za tuje firme. Investitor in financer je dunajska firma ALAG Immobilien Leasing A. G. Objekt pa se gradi na temelju pogodbe o skupnem vlaganju med to firmo in madžarsko kreditno banko iz Budimpešte.

Lojze Cepuš



## DEVETI KONGRES EVROPSKEGA ZDRUŽENJA ZA POTRESNO INŽENIRSTVO V MOSKVI

Evropsko združenje za potresno inženirstvo (EAEE) je bilo ustanovljeno 1964. leta v Skopju. Ustanovili so ga člani Konsultativnega odbora ZN za obnovo skopja N. N. Ambraseys (U. K.) S. Bubnov (YU) in S. V. Medvedev (SU). Ves postopek formiranja in organiziranja tega združenja je izpeljalo Jugoslovansko društvo za potresno inženirstvo s sedežem v Ljubljani. V letih 1964 do 1982 je bil tudi sedež EAEE v Ljubljani. Četudi je bilo to edino mednarodno združenje, včlanjeno v UNESCO v Sloveniji, so ga naša oblast in pristojne inštitucije v vseh teh 18 letih delovanja EAEE pri nas praktično ignorirale. Morda je bilo to zato, ker ni bilo včlanjeno v SZDL.

ZA 6. kongres EAEE v Dubrovniku 1978 I. je del sredstev prispevala RS Hrvaške, večji del stroškov pa je bil pokrit iz kotizacije. Po skromnem začetku v ožjem krogu 1964. leta je to združenje postopoma zraslo v veliko mednarodno strokovno organizacijo. Zaradi nezainteresiranosti naše oblasti za obstoj in poslovanje EAEE v Sloveniji, ni bilo na generalni skupščini EAEE, ki jo sestavljajo zastopniki 25 evropskih držav članic, v Atenah 1982. leta nikogar, ki bi zagovarjal ohranitev sedeža v Jugoslaviji, ko so se za sedež potegovala številne druge države. Takrat je sedež odšel v Bolgarijo. Na 8. kongresu EAEE 1986. leta v Lizboni nam ga je uspelo ponovno pridobiti za Jugoslavijo, toda tokrat v Zagrebu, kjer je tudi sedaj.

Pomen EAEE v svetu je razviden ne samo iz števila udeležencev in števila referatov na kongresih EAEE, temveč tudi iz števila prijav za organizacijo prihodnjega kongresa. Na kongresu v Lizboni je bilo več kot 700 udeležencev in več kot 450 referatov. Za naslednji kongres so se prijave Jugoslavija, Italija in Sovjetska zveza. Generalna skupščina EAEE je za naslednjega prireditelja določila Sovjetsko zvezo. Tako je bil 9. kongres EAEE od 11. do 16. septembra v Moskvi. Na zasedanju generalne skupščine EAEE v Moskvi, na kateri so sodelovali zastopniki 23 držav, so glasovali o petih kandidatih: Franciji (Nica), Angliji (London), Italiji (Taormina), Avstriji (Dunaj) in Islandiji (Rejkjavik). Glasovanje je bilo na izločanje. V končnem izidu je zmagala Avstrija (Dunaj) pred Islandijo (Rejkjavik) z 12 glasovi proti 11. Tako bo naslednji kongres EAEE 1994 I. na Dunaju. Za 9. kongres v Moskvi je bilo prijavljenih in sprejetih 542 referatov. 43 referatov je bilo jugoslovanskih, od tega 12 slovenskih. Več kot polovica referatov je bila ruskih.

Referati so bili razporejeni v naslednja poglavja:

1. Seizmična nevarnost in riziko; izdelava protipotresnih predpisov in standardov (52 referatov).
2. Projektiranje potresno varnih zgradb; dimenzioniranje konstrukcij in oblikovanje detajlov; sistemi posebne seizmične zaščite in seizmične izolacije (67 referatov).
3. Potresno gibanje tal; temelji in temeljenje; interakcije tal in konstrukcije; modeli delovanja seizmičnih sil (78 referatov).
4. Eksperimentalne metode raziskave konstrukcij; seizmometrična opazovanja obnašanja konstrukcij in tal pri potresih (56 referatov).
5. Odziv konstrukcij na potres; določanje matematičnih modelov za analizo konstrukcij na podlagi eksperimentalnih podatkov in seizometričnih informacij (152 referatov).
6. Inženirska analiza poškodb konstrukcij zaradi močnih potresov; Ojačevanje in obnova konstrukcij po potresu (39 referatov).
7. Cenene stanovanjske hiše v seizmičnih območjih; kmetijske zgradbe (3 referati).
8. Zanesljivost komunalnih naprav in transportnih sistemov pri potresu (59 referatov).
9. Napoved obnašanja zgradb pri potresu; zmanjševanje seizmične nevarnosti v naseljenih območjih; socialni in ekonomski vidiki potresnega inženirstva (45 referatov).

Kot običajno, je bilo na teh kongresih največ referatov v 5. poglavju, to je o odzivu konstrukcij in sicer na temo analize nelinearnega odziva (26 referatov). To kaže, da se nelinearna analiza vedno bolj uveljavlja v potresnem inženirstvu. To je tudi razumljivo, saj na ta način najbolj realno ocenimo vpliv potresa na nosilno konstrukcijo. K temu lahko dodamo še referate na temo primerjave nelinearne in linearne metode (17 referatov) in referate o specifičnem odzivu konstrukcij (18 referatov).

V 3. poglavju o gibanju tal zaradi potresa je bilo največ referatov o interakciji tal in konstrukcije (16 referatov), kar kaže, da se strokovnjaki v svetu zavedajo pomena tega pojava, ki lahko sproži resonanco. Resonanca nihanja tal in konstrukcije velikokrat povzroči velike poškodbe in rušenje konstrukcij.



Vedno bolj se uveljavlja ideja o konstruktivnem izoliranju zgradb pred vplivom potresa. V številnih referatih (20) so bili prikazani načini rešitve tega problema, npr. s pomočjo različnih amortizerjev, gumijastih ležišč in podobno. Pri tem je treba omeniti, da je bilo prvič v svetu uporabljeno izoliranje stavb pred potresom v Ljubljani 1933. leta, pri gradnji Nebotičnika (projekt inž. Stanko Dimnik). V celoti je kongres pokazal, da se potresno inženirstvo še naprej razvija, zlasti na področju projektiranja visokih stavb.

Tako kot na prejšnjih kongresih je bilo tudi na tem namenjeno le malo pozornosti potresni varnosti majhnih kmečkih in vaških hiš, v katerih je ob vsakem večjem potresu največ žrtev, zlasti v nerazvitih območjih, kjer je kakovost materiala in gradnje slaba. Res je, da je to kompleksen problem, ki ne zadeva le gradbeno stroko, temveč tudi gospodarsko, finančno in družbeno problematiko, ki jo je možno reševati le ob upoštevanju vseh relevantnih dejavnikov. Vseeno pa lahko tudi gradbena stroka bistveno prispeva k rešitvi tega problema in sicer s ponudbo gradnje cenenih, potresnovarnih hiš ter metode za ojačevanje obstoječih. Na kongresu so bili podani le 3 referati s tega področja.

Poseben problem varstva pred potresom je preventivna zaščita. Kako zagotoviti gradbeno-tehnične, gospodarske, finančne in pravne pogoje za ojačevanje tistih pomembnejših stavb v seizmičnih območjih, katerih potresna odpornost je glede na seizmičnost območja nezadostna.

V Sloveniji smo že 1978. leta sprejeli zakon o seizmološki službi, v katerem smo izvršitev te naloge zaupali Seizmološkemu zavodu Slovenije, ki je bil ustanovljen kot republiška ustanova, financirana iz proračuna republike. Žal realizacija te naloge pri nas ni stekla tako, kot bi morala.

Ta zakon je bil v času sprejemanja pri nas edinstven na svetu. O vsebini in določbah tega zakona sem poročal že na 6. kongresu EAEE 1978 I. v Dubrovniku in tudi pozneje na nekaterih kongresih in seminarjih EAEE. Nekateri države so potem zahtevale kopijo našega zakona in kmalu so se pojavili podobni predpisi in zakoni v nekaterih državah (ZDA, Bolgarija).

Na kongresu v Moskvi se je pokazalo, da so v SZ v tej zadevi odšli veliko dlje kot mi, čeprav je bila zamisel naša. Najbolje je obrodilo seme, ki smo ga posejali, na Kamčatki v SZ. Polotok Kamčatka, ki je večji kot Jugoslavija, je del ruske federacije. To je dokaj aktivno potresno območje. Gradbena uprava v Petropavlovsku Kamčatskem je izdelala metodologijo za določanje seizmične odpornosti obstoječih stavb, upoštevajoč vse faktorje, ki vplivajo na to odpornost: zasnova nosilne konstrukcije, vrsta in kakovost nosilnih materialov, geomehanske karakteristike nosilnih tal, starost stavbe in seveda tudi seizmičnost območja, v katerem je stavba. Za vsakega izmed teh faktorjev je določena lestvica kriterijev nevarnosti, izražena v točkah. Seštevek vseh točk pokaže stopnjo ogroženosti stavbe. Na ta način so na Kamčatki analizirali več kot 3.000 zgradb in se že lotili sanacije in ojačevanja najbolj ogroženih. Zanimovo je, da pri sanaciji teh stavb sodeluje s svojo opremo in strokovnjaki IMS (Institut za ispitivanje materiala Srbije) iz Beograda.

Upam, da bo primer Kamčatke, ki nas je na tem področju daleč prehitela, spodbuda, da se končno tudi v Sloveniji lotimo izvajanja določil našega lastnega zakona, ki je postavil temelje takšne akcije pri nas.

Podpisani je imel referat z naslovom Vloga države pri zmanjševanju posledic potresa v Jugoslaviji. Podan je bil v okviru 9. poglavja pod šifro TR2-07, dne 13. 9. 1990.

Kongresa se je udeležilo okrog 600 udeležencev. Seznama udeležencev kot je sicer običajno na kongresih, organizatorji tokrat niso predložili. Veliko avtorjev na kongres ni prišlo, zaradi česar je precej referatov odpadlo. Vsi referati so bili objavljeni v materialih, ki so jih udeleženci dobili pred koncem kongresa. Na splošno je bil kongres tehnično dokaj slabo opremljen. Referate se predvajali v štirih dvoranah, od katerih ena ni imela zatemnitve, tako da je bilo prikazovanje diapozitivov nemogoče. V začetku kongresa nobena dvorana ni imela grafoskopov. Potem so na zahtevo avtorjev prinesli en grafoskop, ki so ga postavili v glavni dvorani. Pri urejanju raznih tekočih vprašanj se je pokazalo pomanjkljivo znanje angleškega jezika pri organizatorjih, katerih pomožni kader se je sicer trudil, da bi pomagal udeležencem. Kongres je bil v novozgrajenem Domu turistov, na koncu Leninskega prospekta, daleč od centra mesta. Prevoz od hotelov do mesta kongresa je trajal zelo dolgo, ponekod več kot eno uro, kar je povzročalo velike zamude udeležencev. Zaradi odsotnosti avtorjev so nekatere seje v celoti odpadle.

Življenjske razmere v Moskvi so zelo slabe zaradi vsesplošnega pomanjkanja vsega, kar tudi ni bilo v prid uspešnejšemu poteku tega kongresa.

Sergej Bubnov



## 12. ZBOROVANJE GRADBENIH KONSTRUKTORJEV SLOVENIJE

Društvo gradbenih konstruktorjev Ljubljana in Društvo za potresno inženirstvo Ljubljana sta organizatorja vsakoletnih strokovnih srečanj gradbenih konstruktorjev Slovenije. Na 12. zborovanju 20. in 21. septembra 1990 na Bledu se je zbralo skoraj dvesto udeležencev. Na začetku je zborovalce najprej pozdravil republiški sekretar za industrijo in gradbeništvo I. Rejc. Udeleženci so bili počaščeni že s tem, da se je njihove prireditve udeležil tako visok funkcionar, še bolj pa, ko je v nagovoru pokazal, da pozna pomembnost vloge gradbenih konstruktorjev pri razvoju sodobne družbe. Zborovanje sta pozdravila tudi radovljški župan V. Černe, ki je kot strojni konstruktor pohvalil dejavnost obeh društev za uveljavljanje stroke in predsednik izvršnega odbora Zveze društev gradbenih konstruktorjev Jugoslavije Ž. Perišić.

Kot gostje so se letošnjega zbora udeležili člani predsedstva zveze društev gradbenih konstruktorjev Jugoslavije, ki so ob tej priložnosti izbrali najboljši jugoslovanski konstruktorski dosežek v letu 1989. Za nagrado so konkurirali trije predlogi: konstrukcija cerkve Sv. Save v Beogradu (predlog srbskega društva), konstrukcija kockastega žitnega silosa (predlog vojvodinskega društva) in konstrukcija hidroelektrarne Višegrad (predlog bosansko-hercegovega društva). Nagrada je bila podeljena podjetju Trudbenik iz Beograda za projekt in izvedbo konstrukcije cerkve Sv. Save.

Med udeleženci, ki delujejo kot učitelji in raziskovalci, projektanti in graditelji, nadzorniki gradenj ter inšpektorji, so bili tudi letos gostje staroste slovenskih gradbenih konstruktorjev F. Adamič, S. Bubnov, F. Čačovič, V. Čadež, S. Lapajne in S. Turk. Njihove izkušnje, ki jih v razgovorih in diskusijah na zborovanjih posredujejo mlajšim, so dragocen prispevek naši stroki.

Na zborovanju je bilo podanih 32 poročil (zbornik jih vsebuje 37), na ogled je bilo 6 posterjev, štirje ponudniki pa so prikazali svoje nove proizvode. Na več panojih so bile s fotografijami in načrti predstavljene tudi konstrukcije, ki so kandidirale za nagrado zveze društev gradbenih konstruktorjev Jugoslavije.

### Referati so bili razdeljeni v sedem skupin.

Tako kot je že običajno, so v prvi skupini prispevki tujih avtorjev, ki jih organizatorji povabijo na zborovanje, in prispevki s splošnejšo tematiko. Med njimi so bili letos predvsem prispevki o konstruktorskih dosežkih, ki so jih republiška društva predlagala za jugoslovansko nagrado. Letošnji gost iz tujine je bil našim gradbenikom dobro znani lastnik podjetja TDV za razvoj programske opreme za gradbeništvo iz Gradca in uspešen konstruktor H. Pircher. Ob sodelovanju V. Samec je prikazal projektiranje in gradnjo jeklene strehe na štadionu v Pratru na Dunaju.

Konstrukcija je bila nagrajena z nagrado Evropskega komiteja za jeklene konstrukcije. V. Marisavljevič, D. Arbajter, M. Marjanović, M. Matović, in D. Kocić so prikazali projektiranje in gradnjo konstrukcije cerkve Sv. Save v Beogradu, B. Budić, M. Lazarovski, M. Jovanović, S. Brčić, R. Stojadinović in O. Pal projekt in izvedbo kockastega silosa, zastopnik projektantov in graditeljev hidroelektrarne Višegrad projekt in gradnjo tega objekta, B. Kidrič in M. Pipenbaher pa projekt in gradnjo bazenov v zdravilišču Atomske toplice.

Nedvomno so mostovi, katerim je bila namenjena druga skupina prispevkov, najbolj atraktivne gradbene konstrukcije. Oživiljena graditev cest v Sloveniji nudi lepe možnosti za uveljavitev projektantov in drugih sodelujočih pri gradnji teh konstrukcij. Priznati moramo, da svojo nalogo uspešno opravljajo. M. Pipenbaher in V. Ačanski sta prikazala projektiranje in gradnjo škatlaste prekladne konstrukcije viaduktov na Šentilju, V. Celcer, M. Pipenbaher in V. Markelj projektiranje in gradnjo viaduktov na avtocesti Hrušica-Vrba, V. Markelj in P. Gabrijelčič (edini arhitekt med avtorji) pa projekt in gradnjo ločnega mostu čez Pišnico v Kranjski Gori. Kako potresno varno projektirati mostove, so na primeru viadukta Reber pokazali M. Fischinger, P. Fajfar in L. Bevc. J. Žnidarič in S. Terčelj sta v svojem prispevku obravnavala metode ocenjevanja varnosti prekladne konstrukcije obstoječih mostov.

Ker je pri nas beton najpogosteje uporabljan material za gradnjo konstrukcij, je bilo v skupini za betonske konstrukcije največ prispevkov. F. Saje je prikazal stanje in smeri razvoja teorije in prakse betonskih konstrukcij v svetu in pri nas. J. Lopatič in V. Bokan sta poročala o preskusih natezne trdnosti betona, ki so bile opravljene na preskuševalnem stroju Instron v laboratoriju konstrukcijske in prometne smeri na FAGG. Dva prispevka sta obravnavala betonske konstrukcije z upoštevanjem njihovega nelinearnega obnašanja: M. Stanek, F. B. Damjanić in M. Malenšek so opisali statično analizo betonskega usedalnika za čiščenje odpadne vode s programom BET50, J. Banovec in T. Habič pa sta prikazala nelinearno analizo armiranobetonskih sten z računalniškim programom NONFRAN. M. Oman je opisal račun napetosti in deformacij v prednapetih betonskih konstrukcijah, pri katerem je upoštevano tudi sodelovanje mehke armature. Dva prispevka sta obravnavala vplive zidanih polnil v armiranobetonskih okvirih: J. Reflak je poročal o analitičnih raziskavah statičnega in dinamičnega obnašanja večetažnih okvirov, R. Žarnič pa o predpisih na tem področju in o eksperimentalnih preiskavah, opravljenih na ZRMK. O steklocementu, novem materialu za betonske konstrukcije, je poročal S. Koritnik, o analizi strehe iz takega materiala s programom SHELIN pa sta poročala B. Brank in F. B. Damjanić. F.



Cafnik je prikazal uporabo montažnih elementov pri sanaciji, adaptaciji in ojačitvi armiranobetonskih konstrukcij, A. Žnidarič in T. Velechovsky pa sta opisala metodo za oceno homogenosti BENOTO pilotov z nizkofrekvenčnim vibratorjem. Poleg navedenih je v zborniku objavljen še prispevek R. Rogača o računu prednapetih betonskih linijskih elementih s kabli, nepovezanimi z betonskim prerezom.

V skupini za jeklene, lesene in kamnite konstrukcije je poročal F. Kržič o nastajajočih predpisih za obtežbo z vetrom, ki bodo objavljeni predvidoma konec letošnjega leta. S. Kravanja, B. S. Bedenik, I. Uršič in M. Križanič so opisali projektiranje zaklopne zapornice na jezu Bou Hanifia v Alžiru, J. Srpčič je prikazala eksperimentalno preskušanje lepljenih lesenih strešnih nosilcev za nadstrešnice pri mejnem prehodu pred tunelom pod Karavankami, M. Tomažević, P. Weiss, T. Velechovsky in V. Apih pa so poročali o možnostih ojačevanja kamnitega zidovja z injektiranjem. V zborniku je objavljen še prispevek J. Vojvodič-Gvardjančič o tlačnih posodah in cevovodih, izdelanih iz drobnozrnatih mikrolegiranih jekel, ki jih proizvaja Železarna Jesenice.

O vplivu požara na konstrukcije je poročal A. Rebec, ki je prikazal stanje na področju evropskih predpisov. V zborniku sta še dva prispevka: E. Židan piše o novem materialu VERPAS za zaščito pred požarom, S. Renčelj pa materialu VERBIS za toplotno izolacijo.

O računalniškem projektiranju konstrukcij je poročalo 6 avtorjev. J. Duhovnik je predstavil zasnovo okolja za računalniško integrirano projektiranje gradbenih konstrukcij, D. Tomšič, V. Marolt in J. Duhovnik nove možnosti računalniškega programa MONCAD za projektiranje montažnih konstrukcij, B. S. Bedenik in S. Kravanja program MORJE za analizo in armiranje plošč, P. Marović, S. Šimunović in F. B. Damjanji program TULISA za elasto-visko-plastično analizo podzemnih objektov skupaj z obdajajočo zemljino, P. Gašperič in P. Fajfar program IDARC za neelastično statično in dinamično analizo ter analizo poškodovanosti stavb, S. Vratuša pa je poročal o slučajnih spremenljivkah in funkcijah v metodi končnih elementov. Prispevek B. Lutarja o upoštevanju elastične vpetosti stavb v programu ELAST je objavljen v zborniku.

V skupini Raziskovalno delo v letu 1989 je M. Pregl poročal o opravljenih nalogah na področju konstrukcij v gradbeništvu, S. Turk pa o nalogah na področju plastenih mas za konstrukcije. O dejavnosti Evropskega komiteja za beton je poročal J. Žnidarič. Poročilo je bilo podano samo ustno.

Posterjev je bilo letos manj kot običajno. Vsebina posterjev se je tokrat nanašala na mostove in pristaniške konstrukcije. L. Gradnik je prikazal projekt in gradnjo viadukta Reber, M. Vedlin montažne podvoze in propuste tunelske oblike, J. Cimperšek in I. Grdina pa račun napetosti v glavi stebra viadukta Moste. Trije posterji prikazujejo uporabo računalnika pri konstruiranju armature v betonskih in prednapetih konstrukcijah. V vseh treh primerih so bili vsi uporabljeni programi v celoti izdelani pri nas. I. Turk je prikazal uporabo pravil za armiranje pri

prekladni škatlasti konstrukciji viadukta Reber, A. Brčar program za konstruiranje kabelskih linij in risanje kabelskih načrtov, M. Pregl pa uporabo pravil pri obalnih konstrukcijah.

Konstruktorjem so svoje proizvode ponujali: Sava Kranj neoprenska ležišča najrazličnejših velikosti in tipov, Standard Ljubljana materiale za zaščito pred požarom in toplotno izolacijo, B. S. Bedenik s TF Maribor program za analizo in armiranje plošč ter Inštitut za konstrukcije, potresno inženirstvo in računalništvo na FAGG v Ljubljani programsko opremo za projektiranje konstrukcij.

Pregled prispevkov kaže, da se naši konstruktorji ukvarjajo s podobnimi problemi kot v tujini. Tako kot že nekaj let nazaj pa tudi letos ni ustrezno zastopano področje gradbene fizike, ki ga v svetu povsod štejejo kot enega pomembnejših delov konstruktorstva, zelo skromno pa so obravnavani tudi novi materiali. Ločevanje te problematike od preučevanja čistega mehanskega odziva konstrukcij žal ne ustreza dejanskim razmeram, v katerih stoje konstrukcije. Zato bi bilo koristno, če bi organizatorji v bodoče spodbujali pripravo poročil tudi na teh področjih.

Zbornik, ki sta ga uredila M. Fischinger in F. Saje ima skupaj 289 strani. Pozna se, da organizatorji vsako leto ob pripravi zborovanja posebej spodbujajo inženirje iz prakse, naj poročajo o svojem delu, saj število njihovih prispevkov stalno narašča. Še vedno pa je večina avtorjev iz raziskovalnih organizacij in univerz. Avtorji iz podjetij so pripravili 16 prispevkov, avtorji iz raziskovalnih organizacij 6 in avtorji z univerz 21 (FAGG Ljubljana 16, TF Maribor 4, GI FGZ Split 1). Posebej se mi zdi pomembno dejstvo, da so pri 11 prispevkih sodelovali novi raziskovalci, ki so na univerzah in raziskovalnih organizacijah vključeni v akcijo 2000 novih raziskovalcev Republiškega sekretariata za raziskovalno dejavnost in tehnologijo. Pri prispevkih z več avtorji sem upošteval pripadnost prvega avtorja. Iz vsebine prispevkov z univerz in raziskovalnih organizacij je razvidno, da jih je večina nastala ob uporabi opreme, ki je bila nabavljena v okviru akcij nekdanje Raziskovalne skupnosti Slovenije, kar je še en dokaz za smotrnost teh akcij ter potrdilo, da je oprema prišla v prave roke. Vsebina prispevkov pa nam ponovno potrjuje tudi tesno povezanost univerz in raziskovalnih organizacij s podjetji, ki učinkovito uporabljajo raziskovalne dosežke na obravnavanem področju, marsikje pa jih tudi uspešno razvijajo naprej. Značilna za večino prispevkov s področja projektiranja pa je intenzivna uporaba računalnikov v skoraj vseh fazah dela. Računalniki tako postajajo najboljše pomočniki gradbenih konstruktorjev.

V diskusijah je bilo poleg ožjih strokovnih problemov obravnavanih tudi več takih, ki so pomembni in zanimivi za širšo strokovno javnost. Mednje gotovo sodi ugotovitev navzočih, da je delo konstruktorjev glede na njihovo odgovornost premalo cenjeno. Zato je mlade in sposobne strokovnjake težko pridobiti za to delo. Neposredno s tem je povezana zahteva za ponovno uvedbo obvezne neodvisne revizije projektov, ki bi predvsem zmanjšala možnost napak v projektih, obenem pa bi se ob njej izkušnje in znanje starejših prenašale na mlajše. Predlagano je bilo



tudi, da revizije ne bi mogel opravljati vsak, ki izpolnjuje pogoje za projektanta, ampak le tisti, ki bi izpolnjevali dodatne, zahtevnejše pogoje. Prof. V. Ačanski je kot zgled za vestnega investitorja omenil Republiško upravo za ceste Slovenije, ki vse projekte revidira tudi sedaj, ko je revizija predpisana le znotraj projektantskega podjetja, ki izdela projekt. Ko so bili navzoči seznanjeni z različnimi rešitvami, ki jih sedaj uporabljajo v Evropi, so se dogovorili, naj izvršni odbor društva to vprašanje preuči in se dejavno vključi v sprejemanje novega zakona o graditvi objektov.

Ker se zlasti na področju projektiranja in inženiringa pojavljajo nova manjša podjetja, bi bila za razvoj konku-

rence zelo koristna uvedba natečajev za projektiranje pomembnejših inženirskih konstrukcij, kot so mostovi, rezervoarji, antenski stolpi ipd.

Splošen vtis na zborovanju je bil, da se gradbeni konstruktorji zavedajo zahtevnosti dela, ki ga morajo opraviti pri graditvi konstrukcij inženirskih objektov in stavb in da uspešno sledijo razvoju stroke v svetu na tistih področjih, ki so pri nas najbolj aktualna. Bolj pa bi si morali prizadevati za to, da bi jim družba pa tudi gradbena stroka priznali mesto, ki ga imajo gradbeni konstruktorji v razvitem svetu.

**Dr. Janez Duhovnik**



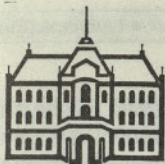
ZVEZA DRUŠTEV GRADBENIH INŽENIRJEV IN TEHNIKOV SLOVENIJE  
Ljubljana, Erjavčeva 15; tel. 061/221 587

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

1. seminar od 21.–25. januarja 1991
2. seminar od 18.–22. februarja 1991
3. seminar od 18.–22. marca 1991
4. seminar od 15.–19. aprila 1991
5. seminar od 20.–24. maja 1991
6. seminar od 16.–20. septembra 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.





GV XXXIX 12

## POROČILA 18

**AR\_CAD PROGRAMSKI SISTEM ZA PROJEKTIRANJE ARMATURE**

UDK 624.012,45:519.681

JANEZ DUHOVNIK, VLADISLAV LJUBIČ, TONE KNIFIC, DEJAN ŽLAJPAH

**POVZETEK**

V članku je opisan programski sistem AR\_CAD za projektiranje armature v betonskih konstrukcijah. Predstavljen je proces projektiranja armature in faze projektiranja v programskem sistemu AR\_CAD. Opisanih je nekaj primerov uporabe programskega sistema. Predlagan je način uvajanja računalniškega projektiranja armature v delo projektantov.

## AR\_CAD SYSTEM FOR THE COMPUTER-AIDED REINFORCEMENT DESIGN

**SUMMARY**

The paper presents the CAD software AR\_CAD for computer-aided reinforcement design. The phases of AR\_CAD are presented. Some possibilities of using the AR\_CAD system are illustrated on several examples. The way how to transfer AR\_CAD in praxis is proposed.

**1. UVOD**

Na Fakulteti za arhitekturo, gradbeništvo in geodezijo, Inštitutu za konstrukcije, potresno inženirstvo in računalništvo razvijamo programsko opremo za računalniško projektiranje armature (RPA) od leta 1979 dalje. Sprva so bile možnosti za praktično uporabo razvite programske opreme zelo omejene, ker je bila grafična strojna oprema za večino birojev predraga. Z množičnim uvajanjem mikro-računalnikov pa so se razmere bistveno spremenile. RPA je že začelo uvajati nekaj največjih projektantskih in gradbenih podjetij. Pokazalo se je, da so prišli najdlje tisti, ki so načrtno vlagali v dopolnilno šolanje kadrov in se vključevali v akcijo 2000 mladih raziskovalcev Raziskovalne skupnosti Slovenije. Pri teh poteka tudi lasten razvoj in dopolnjevanje sistema RPA.

Proces projektiranja armature lahko razdelimo na tri dele: konstruiranje armature, risanje armaturnih načrtov in sestavljanje seznama armature. Armaturni načrti vsebujejo vse informacije, ki jih potrebujemo pri razporejanju armaturnih elementov (palic, mrež, kablov) v delavnici ali na gradbišču; na seznamu armature pa so vse informacije za izdelavo armaturnih elementov v železokrivnici.

Kadar delamo peš, je neposreden rezultat konstruiranja skica ali že kar armaturni načrt. Konstrukter riše skico ali armaturni načrt na podlagi prostorskega modela armature, ki si ga je zgradil v svoji zavesti. Pri tem upošteva rezultate, ki jih je dobil pri dimenzioniranju konstrukcije. V uporabi je več nestandardiziranih načinov risanja, kar včasih povzroča nesporazume med izdelovalci in uporabniki načrtov. Če želi konstrukter neko podrobnost natančneje prikazati, nariše dodatne prereze in detajle v večjem merilu. Ko sestavlja seznam armature, išče posamezne podatke o armaturnih elementih v armaturnih načrtih in jih vnaša v seznam. Seznam je mogoče izdelati šele, ko je armaturni načrt narisani v celoti. Obseg dela konstrukterja je približno sorazmeren površini porisanega papirja

**Avtorji:**

Janez Duhovnik, Vladislav Ljubič, Tone Knific,  
Dejan Žlajpah







izračunati obremenitve konstrukcije in potrebno armaturo, kar lahko opravimo z razpoložljivimi programi. Rezultat programskega sistema so armaturni načrti s seznamami armature in podatki, pripravljeni za prenos v sistem za računalniško vodeno pripravo in izdelavo armature.

AR\_CAD je sestavljen iz niza programov in povezav med njimi (Slika 1). Sistem lahko sestavimo iz različnih programov glede na to, kakšne naloge želimo z njim opravljati. Najpomembnejše naloge v sistemu opravljajo naslednji programi:

- avtomatično konstruiranje armature - KONA VT,
- konstruiranje armature s pomočjo pravil - KONSPP,
- interaktivno konstruiranje armature - GA,
- priprava armaturnega načrta - PC\_RAR,
- izdelava armaturnega načrta - PC\_RIS,
- izdelava seznama armature - SEZNAM,
- prenos načrta v AUTOCAD - RISACAD,
- prenos geometrije betona in armature v AUTOCAD - RAR DXF.

### 2.1. Avtomatično konstruiranje armature - KONA VT

Kadar se oblika betona in način armiranja ponavljata, je smotrno izdelati programe, s katerimi lahko armaturo konstruiramo avtomatično (2, 3).

Na IKPIR smo razvili programe za konstruiranje armature elementov montažnih konstrukcij (T-nosilec, TT-plošča, dvokapnica, steber in čašasti temelj) ter programe za konstruiranje elementov okvirnih konstrukcij (kontinuirni nosilci in stebri). Na PC je mogoče uporabljati dva: KONOS za konstruiranje armature kontinuirnih nosilcev in KOTEM za konstruiranje armature čašastih temeljev. Pri avtomatičnem konstruiranju armature je vse potrebno znanje vgrajeno v program. Zato je potrebno za vsak tip elementa napisati poseben program. Vhodni podatki so dimenzije betona in prerez armature na določenih mestih elementa. Programi izračunajo potrebno število armaturnih palic in njihov raspored v prostoru, pri čemer upoštevajo jugoslovanske predpise za armiranobetonske konstrukcije. Rezultat avtomatičnega konstruiranja armature je zapis prostorskega modela geometrije betona in armature na datoteko v RAR-formatu.

### 2.2. Konstruiranje armature s pomočjo pravil - KONSPP

Kmalu se je izkazalo, da je pisanje posebnih programov za take tipe elementov, ki jih ne uporabljamo zelo pogosto, preveč zamudno. Zato je bil razvit poseben program za konstruiranje armature s pomočjo prej napisanih pravil (4). Pri tem ima konstrukter možnost, da vgradi v pravila svoje znanje in želje ter upošteva katerekoli tehnične predpise. Pravila predstavljajo parametričen zapis armature in geometrije betona. Pravilo prilagodimo konkretnemu primeru s podajanjem vrednosti posameznih parametrov. KONSPP je sestavljen iz dela za pisanje in popravljane pravil (PP) in dela, ki ta pravila izvaja (RAKME). Podatki so parametrični zapis geometrije betona in armature (Slika 2) ter vrednosti parametrov za konkretni primer (Slika 3), rezultat pa je zapis geometrije in armature na datoteko v RAR-formatu. To datoteko narišemo s programom PC\_RIS (Slika 4).

```
//PARAMETRI
3
'DELM' 'DOLZINA ELEMENTA /m/
'SL ' 'SIRINA LEVO OD VRAT /m/
'SVRT' 'SIRINA VRAT /m/
5
1. SKUPINA PALIC
SKUPINA PALIC NA DESNI STRANI
SKUPINA PALIC NA DESNI STRANI VRAT
PALICE ZGORAJ
PALICE SPODAJ
//PARAMETRI
5
'DOST' 'DOLZINA OSTANKA ELEMENTA
0.15
'VELM' 'VISINA ELEMENTA
2.56
'VOST' 'VISINA OSTANKA (PREKLADA)
VELM-VVRT
//KONTROLNE IZJAVE
1
DOLZINA ELEMENTA JE PREVELIKA ( >7.20 )
7.20-DELM
//GEOMETRIJA
/TOCKE
```

Slika 2. Del zapisa pravil

```
'SCT ' 30
3
'DELM' 'DOLZINA ELEMENTA /m/
6.13
'SL ' 'SIRINA LEVO OD VRAT /m/
.58
// STEVILO SKUPIN S PREMERI PALIC
5
1. SKUPINA PALIC
9*8
SKUPINA PALIC NA DESNI STRANI
6*8
SKUPINA PALIC NA DESNI STRANI VRAT
8*8
PALICE ZGORAJ
3*8 1*12
PALICE SPODAJ
5*8
```

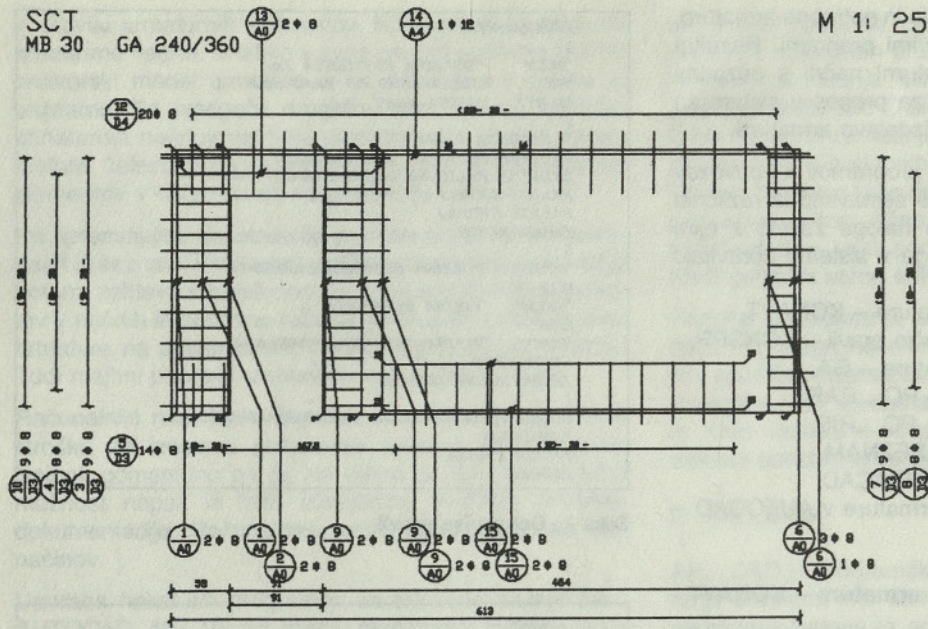
Slike 3. Datoteka z vrednostmi parametrov za pravila

### 2.3. Interaktivno konstruiranje armature - GA

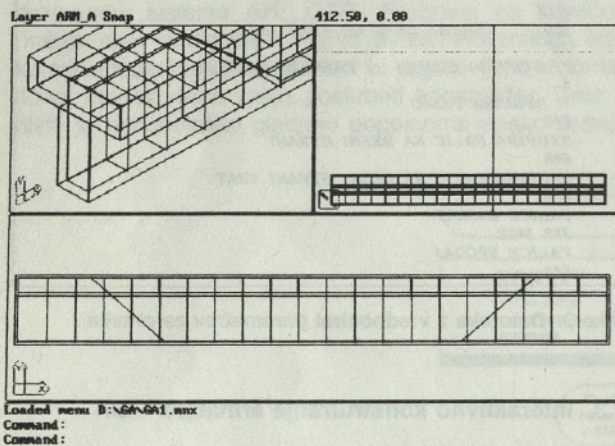
Program GA je bil sprva napisan v Fortranu, zadnja verzija pa je razvita v okolju AUTOCAD (6, 7, 8). S programom GA konstruiramo poljubno razporejeno armaturo v poljubno oblikovani betonski konstrukciji.

Armaturo v neki konstrukciji lahko v celoti konstruiramo s programom GA ali pa dopolnjujemo in spreminjamo armaturo, ki smo jo pred tem konstruirali z drugimi programi. Za povezavo z njimi rabi vmesnik RAR\_DXF, ki predela RAR-format v Autocadov DXF-format. Obratnega vmesnika med AUTOCADom in RAR-formatom ni. Konstruiranje poteka v enem ali treh oknih (Slika 5). V vsakem oknu je drug pogled na armirani element, kar omogoča prostorsko kontrolo rasporeda armature. Uporabniški vmesnik je narejen s padajočimi meniji in ikonami (Slika 6). Ikone nam učinkovito prikažejo tip oblike, način postavljanja armature, tipe kljuk in tipe nizov, v katere združujemo enake palice. Konstrukter mora sam izbrati vrsto armaturnega elementa in določiti njegov položaj v konstrukciji. Ker pri tem uporablja predvsem miško, poteka delo zelo hitro. Če je enakih armaturnih elementov več, lahko njihove položaje avtomatično generiramo z določanjem nizov. Podobno kot pri konstruiranju s pravili lahko tudi tu upoštevamo katerekoli tehnične predpise.



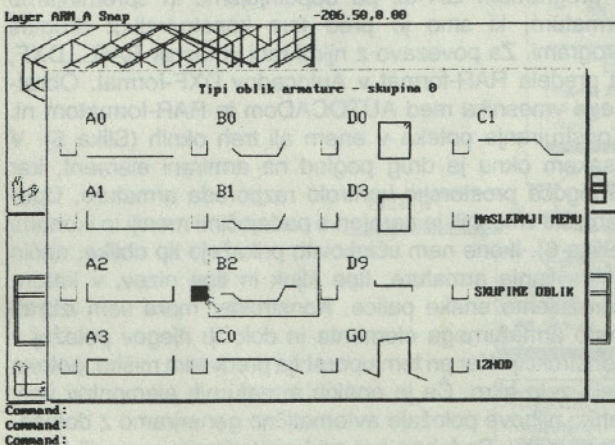


Slika 4. Končni rezultat konstruiranja s pravili



Slika 5. Interaktivno konstruiranje armature

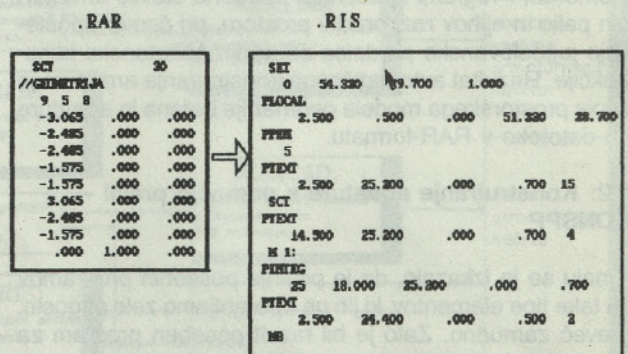
Program GA omogoča tudi pripravo in izdelavo armaturnega načrta in poskrbi za zapis podatkov o armaturi v INP-formatu za izdelavo seznama armature.



Slika 6. Izbira s pomočjo ikonskih menijev

#### 2.4. Priprava armaturnega načrta – PC\_RAR

Da dobimo ustrezen armaturni načrt, moramo 3D RAR zapis armature in geometrije predelati v 2D grafične primitive (entitete), zapisane v RIS-formatu (Slika 7). Vse navedeno opravi program PC\_RAR avtomatično. Kaj naj vsebuje načrt, pa definiramo med izvajanjem programa. Določimo poglede, prereze in detajle ter merila. Označevanje armature poteka avtomatično. PC\_RAR izdelava tudi datoteko z zapisom armature v INP-formatu. To omogoča, da dobimo natančen seznam armature, še preden so narisani armaturni načrti.



Slika 7. Predelava 3D zapisa v zapis grafičnih entitet

#### 2.5. Izvelava armaturnega načrta – PC\_RIS

Priprava in izdelava načrta sta ločeni zato, ker sta programa za ti dve nalogi dela prednanega programa z velikega računalnika. Le tako smo lahko prilagodili program uporabi na PC. PC\_RIS je program, ki izriše RIS-datoteko na zaslon, tiskalnik ali risalnik. Običajno pa načrt še grafično dopolnjujemo. To počnemo v grafičnem urejevalniku AUTOCAD, v katerega prenesemo podatke



s programom RISACAD, ki nam omogoča predelavo RIS-datoteke v Autocadove ukaze (SCR-datoteka).

### 2.6. Izdelava seznama armature – SEZNAM

Tipizirani zapis armature je shranjen na datotekah v INP-formatu. Običajno predstavlja ena datoteka en armarobetonski element. SEZNAM izdelata seznam armature za element in za celotno konstrukcijo, ki jo je potrebno opisati. Opis konstrukcije izdelamo interaktivno in vsebuje seznam elementov, njihovo število v konstrukciji ter podatek o kompliciranosti armature. Ta se vedno nanaša na vso armaturo v nekem elementu. Rezultat izpišemo na tiskalnik v obliki tekstualne preglednice, če pa izdelamo RIS-datoteko, lahko seznam narišemo kot preglednico armature z vrisanimi oblikami palic. Preglednico izrišemo s programom PC\_RIS ali prenesemo s programom RISACAD v AUTOCAD.

modela betona in armature v grafične entitete v ravnini načrta. Izbiramo lahko poglede, prereze in detajle v poljubnih merilih. Rezultat programa sta datoteki .RIS in .INP. Prva je namenjena risanju, druga pa izdelavi seznama armature.

Seznam armature izdelata programa ARKIZE in ARKIZK. Prvi izdelata seznam armature za element, drugi pa za celo konstrukcijo. Seznam lahko dobimo v obliki teksta na tiskalniku ali v obliki preglednice na risalniku. Preglednica se zapiše na datoteko element Q .RIS.

Armaturni načrt izriše program PC\_RIS. Rišemo lahko na tiskalnik ali na risalnik.

Predstavljena pot je najhitrejša, vendar tu ni mogoče poseganje konstrukterja v konstruiranje armature niti v izdelavo armaturnega načrta. V primeru, da je to nujno, je potreben prenos 3D ali 2D podatkov v program AUTO-

GA 240/360		MASE ARMATURNIH PALIC					
	OLADKA ARMATURA GA 240/360	REBRATA ARMATURA RA 400/500-1		REBRATA ARMATURA RA 400/500-2		Skupno: 79.5 kg	Do FI 12: 79.5 kg Nad FI 12: .0
		profil kg	profil kg	profil kg	profil kg		
	OLADKA ARMATURA GA 240/360	REBRATA ARMATURA RA 400/500-1		REBRATA ARMATURA RA 400/500-2		Skupno: .0	Do FI 12: .0 kg Nad FI 12: .0 kg
		profil kg	profil kg	profil kg	profil kg		
	OLADKA ARMATURA GA 240/360	REBRATA ARMATURA RA 400/500-1		REBRATA ARMATURA RA 400/500-2		Skupno: 79.5 kg	Do FI 12: 79.5 kg Nad FI 12: .0 kg
		profil kg	profil kg	profil kg	profil kg		

ARMATURNE PALICE

POZ	FI	KOM	TIP	DOL CM	JEKLO	A/G CM	B/H CM	C/I CM	D/J CM	E/K CM	F/L CM	X L	K D
1	8	4	A0	252	GA 240/360	252						0	0
2	8	2	A0	252	RA 400/500-2	252						0	0
3	8	9	D3	170	RA 400/500-2	12	67	12	67	12		0	0
4	8	8	D3	140	RA 400/500-2	12	52	12	52	12		0	0
5	8	14	D3	141	RA 400/500-2	7	60	7	60	7		0	0
6	8	4	A0	252	GA 240/360	252						0	0
7	8	9	D3	126	RA 400/500-2	12	45	12	45	12		0	0
8	8	8	D3	90	RA 400/500-2	12	27	12	27	12		0	0
9	8	6	A0	252	GA 240/360	252						0	0

Slika 8. Seznam armature kot preglednica ali izpis

### 3. NEKAJ MOŽNIH NAČINOV UPORABE SISTEMA AR\_CAD

#### 3.1. Neprekinjeni nosilec

Nosilec moramo najprej statično analizirati in dimenzionirati. Ko so znani vsi geometrijski podatki o betonu in potrebni prerezi vzdolžne in prečne armature, začnemo konstruirati armaturo. Program KONOS (del KONAVT) uporabi zgoraj navedene podatke, določi geometrijo in izbere armaturne palice. Armaturo konstruira po principih, vgrajenih v program, popolnoma avtomatično. Rezultat konstruiranja je prostorski model betona in armature, zapisan na datoteko .RAR. To datoteko lahko popravljamo z običajnim urejevalnikom besedil, vendar zahteva to opravilo nekoliko več znanja in natančnosti ter poznavanje oblike zapisa armature na datoteki.

V naslednji fazi izbiramo, kaj naj se na armaturnem načrtu nariše. Program PC\_RAR predela zapis prostorskega

CAD in dokončanje konstruiranja in/ali izdelave armaturnega načrta. Za to nam rabita programa RISACAD in RAR\_DXF. Prvi predela .RIS datoteko v grafične primitive programa AUTOCAD, drugi pa predela .RAR datoteko v ustrezno 3D obliko v programu AUTOCAD. Prenos je pri programu RAR\_DXF hitrejši, saj poteka prek binarnih .DXF datotek, pa tudi informacij je manj kot na datoteki .RIS.

#### 3.2. Montažni elementi

Pri montažnih elementih, ki se večkrat pojavljajo, uporabimo program KONSPP. Z njim napišemo pravilo, s katerim določimo splošen razpored armature. Pravila so parametrično zapisana geometrija betona in armatura elementa. Z izbiro vrednosti parametrov nam program KONSPP izdelata datoteko .RAR. Postopek od tod naprej je enak kot pri neprekinjenem nosilcu.



### 3.3. Splošne konstrukcije

Geometrijo betona opišemo s programom za geometrijsko modeliranje (npr. GeoModel) in jo prenesemo v 3D obliki v program AUTOCAD. Nato uporabimo program za konstruiranje armature GA. Konstruiranje poteka tako, da najprej izberemo na konstrukciji prerez, v katerem želimo postaviti armaturni element. Po izbiri se najprej izračunajo podatki o prerezu, nato pa se prerez nariše. Vanj nato postavimo armaturni element. Armaturne elemente lahko kopiramo, postavimo v niz, brišemo ali spreminjamo delne dolžine. GA nam izdelava datoteko .INP, ki rabi izdelavi seznama armature. GA nam rabi tudi za spreminjanje armature, konstruirane na avtomatični način ali s pomočjo pravil.

## 4. UVAJANJE RAČUNALNIŠKEGA PROJEKTIRANJA ARMATURE

Prehod iz običajnega na RPA otežujejo kadrovske, organizacijske in denarne ovire. Med temi se še najbolj zavedamo zadnje, saj je vsem jasno, da je potrebno pri spremembi tehnologije nekaj investirati. Kot vedno pa zahteva nova tehnologija tudi nova znanja in nove organizacijske prijeme.

### 4.1. Šolanje kadrov

Za uporabo računalnikov potrebujejo konstrukterji trajnejša znanja in znanja, ki z razvojem strojne in programske opreme hitro zastarajo. Trajna znanja, ki obsegajo osnove digitalne tehnike, zgradbo in delovanje računalnikov, terminalov, spominskih enot, grafičnih naprav in osnove programiranja so pridobili mlajši inženirji že na fakulteti. Za tiste, ki v šoli še niso pridobili tega znanja, je po naših izkušnjah potreben dvodnevni uvajalni tečaj v delo na osebnih računalnikih, ki ga po 14 dneh dopolnimo z enodnevnim tečajem. V teh treh dneh se poslušalci seznanijo z osnovnimi pojmi računalništva, zgradbo osebnega računalnika, operacijskim sistemom MS-DOS in preprostim urejevalnikom besedil.

Za učinkovito delo pri RPA je potrebno še dopolnilno izobraževanje, ki obsega spoznavanje CAD tehnik in posameznih programov sistema AR\_\_CAD. Za uporabo programa KONSPP je npr. potreben petdnevni seminar.

### 4.2. Predlog uvajanja RPA

Na podlagi izkušenj predlagamo, naj uvajanje RPA poteka v treh fazah:

I. Seznanitev konstrukterjev z osnovami RPA in s predlogom standarda za oblikovanje armature in risanje armaturnih načrtov.

V tej fazi se projektanti seznanijo z razlogi za uvedbo RPA in z novim načinom risanja armature in katalogom tipiziranih oblik armaturnih elementov. Standardizacija in tipizacija sta namreč prvi pogoj za RPA.

II. Uvajanje standarda v redno delo

Uvajanje se izvaja po naslednjem vrstnem redu.

a) Preučitev odziva naročnikov projekta in operative na

uvajanje standarda.

b) Ročno risanje načrtov z uporabo standarda.

c) Izdelava seznamov armature s programom SEZNAM.

d) Popis delov konstrukcij, ki se večkrat ponavljajo in bi bilo zanje smiselno izdelati pravila za armiranje.

e) obisk DO, ki že uporablja AR\_\_CAD.

Za uvedbo te faze je potrebna enostavna strojna oprema: osebni računalnik AT z mono ali barvnim zaslonom in miška ter tiskalnik, od programske opreme pa program SEZNAM, program za pretvorbo grafičnih entitet v vhodno datoteko za program AUTOCAD in program PC\_\_RIS za risanje tabele armature. Projektanti se seznanijo z osnovami RPA in uporabo standarda (3-urno predavanje) ter se naučijo uporabljati programsko opremo (enodnevni tečaj).

III. Računalniško projektiranje armature

Ta faza se od primera do primera razlikuje glede na naloge, ki jih izvaja podjetje. Ena izmed možnosti je npr.:

a) seznanitev s programskim sistemom AR\_\_CAD,

b) osnovni tečaj AUTOCAD-A,

c) tečaj KONSPP,

d) pisanje ali nakup pravil,

e) izdelava detajlov in risb v AUTOCAD-u,

f) uporaba pravil.

Oprema, ki jo pri tem potrebujemo, je zahtevnejša. Poleg AT računalnika potrebujemo tudi risalnik vsaj A1 formata. Izbiramo lahko med programi za samostojno konstruiranje armature: KONAVT, KONSPP in PCRAR. Tečaj uporabe programov traja teden dni.

IV. Geometrijsko modeliranje in interaktivno konstruiranje armature

V primeru, da ima podjetje opravka s splošnimi oblikami konstrukcij, je smiselna uporaba naslednjih programov:

a) program Geomodel,

b) program GA.

Pri tem potrebujemo enako opremo kot za III. fazo. Računalnik naj ima vsaj 4 MB RAM spomina. Tečaj za uporabo obeh programov traja tri dni.

## 5. SKLEP

V preteklih desetih letih smo si na FAGG-IKPIR nabrali veliko izkušenj pri računalniškem projektiranju armature. Rezultat obsežnih raziskav je programski sistem AR\_\_CAD, ki se stalno dopolnjuje in razvija. V praksi se uporablja že nekaj let. Omogoča uporabo računalnika pri projektiranju armature za najrazličnejše vrste konstrukcij. Uporabnik lahko izbere take kombinacije programov, ki so primerne njegovim zahtevam. Kombinacije lahko karsneje izpopolnjuje z novimi programi in vmesniki.

## 6. ZAHVALA

Opisani programi so nastajali na podlagi raziskav v razisko-



valnem projektu Projektiranje in izdelava armature v letih 1980 – 1985, od leta 1986 dalje pa v okviru raziskovalnega projekta Računalnik v gradbenem inženirstvu. Ves čas so raziskave sofinancirali Raziskovalna skupnost Slovenije, Posebna raziskovalna skupnost za graditeljstvo, večina

pomembnejših slovenskih gradbenih in projektantskih podjetij ter drugi kupci programske opreme IKPIR. Hvala vsem, ki so nas pri našem delu podpirali. Posebej pa se zahvaljujemo tistim, ki so se skupaj z nami prizadevali za uvajanje računalniškega projektiranja armature v prakso.

LITERATURA

1. J. Duhovnik, V. Ljubič, M. Šajn, D. Žlajpah, B. Brank, Priročnik za programski sistem AR\_CAD – osnovni del, IKPIR, Ljubljana 1988.
2. J. Duhovnik, I. Kovačič, V. Ljubič, A. Vitek, Računalniško projektiranje armature, Publikacija IKPIR št. 26, Ljubljana 1983.
3. J. Duhovnik, V. Ljubič, A. Vitek, D. Žlajpah, Računalniško projektiranje (CAD) gradbenih konstrukcij, Publikacija IKPIR št. 27, Ljubljana 1984.
4. D. Žlajpah, Program KONSPP, priročnik za uporabo, IKPIR, Ljubljana, 1989.
5. V. Ljubič, Studija uvajanja RPA, Invest biro Koper, IKPIR, Ljubljana, 1989.
6. I. Turk, Diplomsko delo, FAGG, Ljubljana 1989.
7. V. Ljubič, D. Žlajpah, T. Knific, I. Turk, Konstruiranje armature s pomočjo programa AUTOCAD, 11. Zborovanje gradbenih konstrukterjev Slovenije, Zbornik, Bled, 1989.
8. V. Ljubič, I. Turk, AUTOCAD in programski jezik AUTOLISP, Interno poročilo KUPO-IKPIR 1/9, Ljubljana, 1989.



## TERMOGRAFSKA PREISKAVA TESTNE STENE

UDK 536.51:699.86

JOŽE BOŠTJANČIČ

### POVZETEK

Termografija omogoča določitev površinskih temperatur obodne površine zgradbe in s tem posredno tudi oceno njene toplotne izolativnosti. Na poskusnem zidu smo raziskovali različne možnosti za termografsko določitev toplotne prehodnosti in natančnost, ki jo je mogoče doseči pri kontroliranih laboratorijskih pogojih. Sistematično so bili obravnavani številni vplivi, ki zmanjšujejo natančnost, analizirane so bile možnosti za njihovo eliminacijo in ocenjena je bila natančnost, ki jo je mogoče doseči.

### THERMOGRAPHIC INVESTIGATION OF TEST WALL PROPERTIES

### SUMMARY

The thermography makes possible the measurements of the surface temperatures on the external parts of buildings and thus the estimation of its thermal insulation. On a test wall different possibilities for the thermographical determination of thermal conductivity at the defined laboratory conditions were discussed. Different effect of the accuracy and the possibilities for its diminution were examined systematically. The accuracy that can be achieved at optimal conditions was estimated.

### UVOD

Termografija je odlična metoda za kvalitativno detekcijo nepravilnosti v toplotni izolaciji zgradb. S pravilno interpretacijo termogramov je mogoče pridobiti tako pomembne informacije, kot so podatki o nepravilnostih pri projektiranju in izvedbi toplotne izolacije, toplotnih mostovih, zračni prepustnosti na kontaktnih obodnih elementih itd. Termografija že samo s tem pomeni izredno koristen pripomoček za vse, ki sodelujejo v procesu gradnje (projektant, izvajalec, proizvajalec gradbenih materialov oz. elementov, strokovno nadzorstvo, inšpektor itd.). Ima tudi pomemben preventivni učinek, saj se projektanti in izvajalci že v fazi načrtovanja oz. izvajanja zavedajo, da bo mogoče na problematičnem objektu tudi po dograditvi ugotoviti pravi vzrok za težave in njihovega povzročitelja.

S termografijo določamo površinske temperature, zato se logično postavlja vprašanje, ali je z njo mogoče s primernimi ukrepi z zadostno natančnostjo ugotavljati tudi toplotno prehodnost obodnih površin zgradb. To bi bilo namreč velikega pomena za natančno oceno dosežene kvalitete toplotne izolativnosti in natančno oceno toplotnih izgub.

Glede na navedeno smo se odločili za raziskave, ki bi nam razjasnile ta problem. Raziskave smo opravili na

poskusnem zidu, na katerem smo imeli možnost pri točno definiranih pogojih meriti s klasičnimi metodami in s termografijo in pridobljene rezultate medsebojno primerjati. Zid smo zasnovali tako, da smo ga lahko izkoristili še za nekatere druge raziskave.

### IZDELAVA POSKUSNEGA ZIDU

Poskusni zid smo zgradili v kletnem laboratoriju ZRMK, v katerem so temperaturni pogoji dokaj konstantni. Lociran je bil tako, da je celoten prostor razdelil na dva dela: na manjši prostor, ogrevan na konstantno temperaturo 43 °C (imenovali smo ga notranji prostor) in večji prostor s konstantno temperaturo laboratorija 21 °C (imenovali smo ga zunanji prostor). Detajlna zasnova je razvidna iz skice. En del zidu je bil sezidan iz blokov celičnega betona v debelini 25 cm, drugi del pa iz modularnih opečnih blokov v debelini 19 cm. Zid iz blokov iz celičnega betona smo tlorisno izoblikovali v obliki črke Z. S tem smo dobili prostorsko obliko zidu, kar nam je omogočilo študij vpliva prostorske oblike zidu na razporeditev površinskih temperatur. Konkretno nas je zanimala razporeditev površinskih temperatur na področju loma dveh ravnin (zunanji kot in zunanji vogal). V zid smo vgradili večje število drugih materialov, ki predstavljajo ali tipične stenske elemente ali pa stenske konstruktivne elemente, ki se pogosto nahajajo v stenah. Sestava stenskih elementov (oštevilčenje je prikazano na skici) je naslednja:

Avtor:

Mag. Jože Boštjančič, dipl. inž.

Zavod za raziskavo materiala in konstrukcij  
Ljubljana, Dimičeva 12



V zid smo vgradili tudi dve armirano betonski vezi. Prvo smo vgradili v zid iz celičnega betona na mestu, kjer ima

sestava 1	celični beton,	d = 25 cm
	k = 0,80 W/m <sup>2</sup> K	
sestava 2	omet,	d = 3 cm
	modularni blok,	d = 19 cm
	omet,	d = 3 cm
	k = 1,81 W/m <sup>2</sup> K	
sestava 3	beton,	d = 25 cm
	k = 2,60 W/m <sup>2</sup> K	
sestava 4	polna opeka,	d = 25 cm
	k = 1,79 W/m <sup>2</sup> K	
sestava 5	knin gips,	d = 0,9 cm
	kamena volna,	d = 23 cm
	knin gips,	d = 0,9 cm
	k = 0,17 W/m <sup>2</sup> K	
sestava 6	Al pločevina	
	poliuretanska pena,	d = 5 cm
	k = 0,47 W/m <sup>2</sup> K	
sestava 7	omet,	d = 3 cm
	modularni blok,	d = 19 cm
	omet,	d = 3 cm
	stiropor,	d = 3 cm
	k = 0,78 W/m <sup>2</sup> K	
sestava 8	omet,	d = 3 cm
	modularni blok,	d = 19 cm
	omet,	d = 3 cm
	stiropor,	d = 7 cm
	k = 0,44 W/m <sup>2</sup> K	

v tlorisu obliko črke Z. Na tem mestu smo izdelali tudi armirano betonsko konzolno ploščo debeline 15 cm. Drugo zidno vez smo vgradili približno na polovici zidu iz opeke. Nadalje smo vgradili v zid še tri različno velike preklade iz betona, dva valja iz betona, eno trikotno prizmo iz betona in dve jekleni palici.

V nadaljevanju smo zid prevlekli na zunanji (hladnejši) strani s tankim slojem izravnalne mase bele barve tako, da so bili vsi vgrajeni materiali s te strani prekriti oz. nevidni.

Na delu zidu, ki je bil zato predviden, smo izoblikovali 6 kvadratnih ploskev. Na dveh od teh smo nalepili Al folijo. Prva je bila gladka (reflektor – oznaka 9), druga pa ohrapavljena (difuzni reflektor – oznaka 10). Ostale štiri ploskve smo obarvali na naslednji način:

- barva z oznako 11: rdeče – rjava (temeljna za kovine)
- barva z oznako 12: črna (izvor: železov oksid)
- barva z oznako 13: oker (fasadna barva)
- barva z oznako 14: bela (izvor: titanov oksid).

Na opisani način izdelan poskusni zid je imel pri že definirani temperaturni razliki  $\Delta t = 22$  K (stacionarno stanje) na svoji zunanji površini zelo razgibane temperaturne razmere. S tem smo dobili predvidene pogoje za kvalitetno izvedbo predvidenih preiskav.

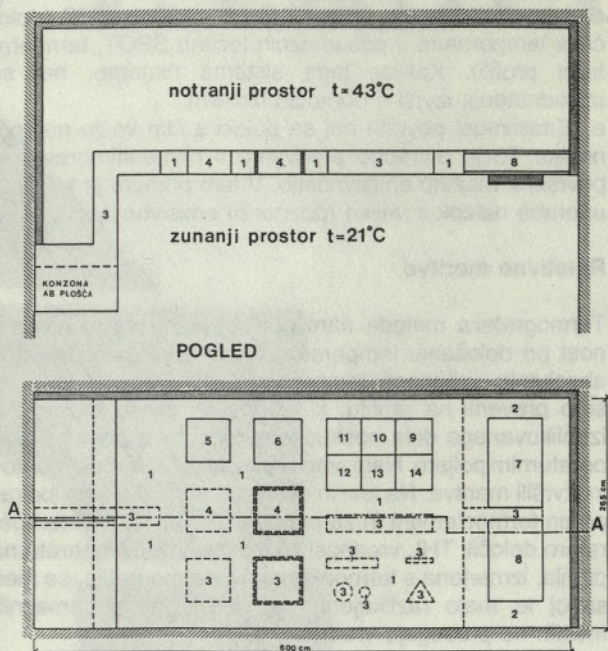
## PREISKAVA NATANČNOSTI TERMOGRAFSKIH MERITEV POVRŠINSKIH TEMPERATUR

### Absolutne meritve

Meritve površinskih temperatur smo izvršili na dva načina: s termoelementi in termografijo. Na najinteresantnejša

## POSKUSNI ZID

### REZ A-A



mesta zidu smo namestili 29 termoelementov, v njegovo okolico pa smo razmestili še 13 termoelementov za merjenje temperatur zraka.

Termografske meritve smo izvršili s termovizijsko kamero AGA THV 782 SW in pripadajočim priborom. V termografsko snemanje smo vključili tudi dve referenčni ploskvi: črno ploskev (imitacija črnega telesa) in difuzni reflektor. Obe sta se nahajali na temperaturi zraka zunanjega prostora in sta bili pokazalnik za temperaturo zraka in temperaturo okolice.

Meritve površinskih temperatur smo opravili pri stacionarnem temperaturnem stanju in temperaturni razliki zunaj – znotraj 23 K s termoelementi in termografijo. Določitev temperatur na podlagi barv termogramov smo izvršili na podlagi različnih vrednosti THL (temperaturni nivo termografske kamere) in emisivnosti. Temperature smo opredelili ali na podlagi ocene deleža barv na mestu posameznega termoelementa ali pa z uvedbo izoterm, ki nudijo natančnejše vrednosti. S primerjavo rezultatov na 26 merilnih mestih smo ugotovili srednje odstopanje med obema vrstama meritev v iznosu  $\pm 0,24$  K. To velja le za površine z veliko emisivnostjo ( $\epsilon = 0,9$ ), na površinah z majhno emisivnostjo ( $\epsilon = 0,2$ ) pa je natančnost precej manjša. Ta problem je mogoče bistveno zmanjšati z uporabo dodatne opreme AGA THERMOVISION, to je procesnega sistema DIPS.

Analiza je pokazala:

1. Termografija nam nudi približno enako natančnost površinskih temperatur kot termoelementi. Pogoji, da to dosežemo, so naslednji:

- a. Meritve naj se opravijo v ugodnih vremenskih pogojih in s čim krajše razdalje. Med snemanjem naj bo izključen vpliv neposrednega sončnega sevanja in točkovnega sevanja iz okolice.
- b. V meritve naj se vključi referenčni površini: črno telo in difuzni reflektor.



c. Vrednost nastavitve kamere THL (THERMAL LEVEL) naj se odčitava že v fazi meritev s sistemom DIPS (THE DIGITAL IMAGE PROCESSING SYSTEM).

d. Izvrednotenje naj se izvrši preko sistema DIPS (določitev temperature v posameznih točkah SPOT, temperaturni profili). Kolkor tega sistema nimamo, naj se izvrednotenje izvrši s pomočjo izoterm.

e. Emisivnost površin naj se določi s čim večjo natančnostjo. To je potrebno predvsem v primerih obravnave površin z majhno emisivnostjo. V tem primeru je koristna uporaba nalepk z veliko (poznano) emisivnostjo.

### Relativne meritve

Termografska metoda nam nudi bistveno večjo natančnost pri določanju temperaturnih razlik kot pri določanju absolutnih vrednosti temperature. To ugodno lastnost smo preverili na profilu, ki je potekal preko prostorsko izoblikovanega dela poskusnega zidu z razgibanim temperaturnim poljem. Nanj smo namestili 21 termoelementov in izvršili meritve. Na levi in desni strani profila smo locirali po en termoelement in za pripadajočo površinsko temperaturo določili THL vrednost termogramov. Temperaturna profila, izmerjena s termoelementi in termografijo, se med seboj le malo razlikujeta, saj razlike na posameznih mestih ne presegajo vrednosti 0,2K.

Preiskava je pokazala:

2. Natančnost termografsko določenih razlik površinskih temperatur je visoka. Prehod na absolutne vrednosti površinskih temperatur naj se izvrši tako, da se v fazi meritev izmeri temperaturo na nekaj karakterističnih mestih s termoelementi in nato termografsko določene vrednosti ustrezno prilagodi.

### PREISKAVA NATANČNOSTI TERMOGRAFSKIH MERITEV TOPLOTNEGA UPORA OZ. TOPLOTNE PREHODNOSTI

Za vse sestavne dele poskusnega zidu smo določili toplotni upor oz. toplotno prehodnost na tri načine: računsko s podatki za materiale z normalno vlago, računsko s podatki za suhe materiale in eksperimentalno z merilci toplotnega toka. Pri tem smo ugotovili, da rezultati prvega načina odstopajo od rezultatov drugega in tretjega načina, ki se med seboj dobro ujemajo. S temi vrednostmi smo primerjali vrednosti, katere smo izračunali iz podatkov za temperaturo na obeh straneh poskusnega zidu in termografskih podatkov za površinske temperature. Analiza je pokazala, da termografsko določene vrednosti za toplotni upor oz. za toplotno prehodnost ne dosegajo zadovoljive natančnosti kljub temu, da smo imeli pri preiskavi idealno stacionarno stanje. Razlike so bile posebno velike na mestih, kjer so bili v zid vgrajeni elementi z majhno toplotno prehodnostjo, saj so dosegale celo vrednost 100 %. Glede na navedeno smo izdelali naslednje zaključke:

3. Termografska določitev toplotnega upora oz. toplotne prehodnosti na splošno ne daje zadovoljive natančnosti. Problema sta dva: majhna razlika med zunanjo površinsko

temperaturo in temperaturo zunanjega zraka ter nestacionarno temperaturno stanje obodnih površin zgradb. Rezultate, ki so uporabni za oceno toplotnih izgub, dobimo le pri izpolnitvi naslednjih pogojev:

a. Snemanje naj se izvede pri čim večji temperaturni razliki notranjega in zunanjega zraka. Ta razlika naj se povečuje v odvisnosti od naraščanja toplotnega upora obravnavanega elementa.

b. V termografske meritve naj se vključi referenčna površina s poznanim toplotnim tokom, ki se vgradi v ravnino obravnavanega elementa in omogoča določitev zunanje toplotne prestopnosti.

c. V času snemanja naj bo potek temperatur čim bližji stacionarnemu stanju. Glede na navedeno naj se upošteva navodila standarda ISO 6781-1983. Priporočamo, da se snema pri čim večji temperaturni razliki, kot jo navaja navedeni standard.

4. Boljšo možnost od neposredne metode nam nudi relativna metoda za določanje toplotnega upora in toplotne prehodnosti. Pri tej metodi izmerimo na enem mestu preiskovanega elementa toplotno prehodnost s klasičnimi sredstvi, nato pa za ostala mesta izračunamo toplotne prehodnosti na podlagi podatka o zunanji temperaturi in termografsko določenih zunanjih površinskih temperatur. V tem primeru ni potrebno poznati toplotne prestopnosti, kar pomeni veliko tehnično poenostavitev. Meritev je potrebno opraviti pri naslednjih pogojih:

a) Celotna površina preiskovalnega obodnega elementa je izpostavljena enakim zunanjim in notranjim temperaturnim obremenitvam.

b) Temperaturna zakasnitev na vseh delih preiskovanega elementa je približno enaka.

### OSTALE PREISKAVE, OPRAVLJENE NA POSKUSNEM ZIDU

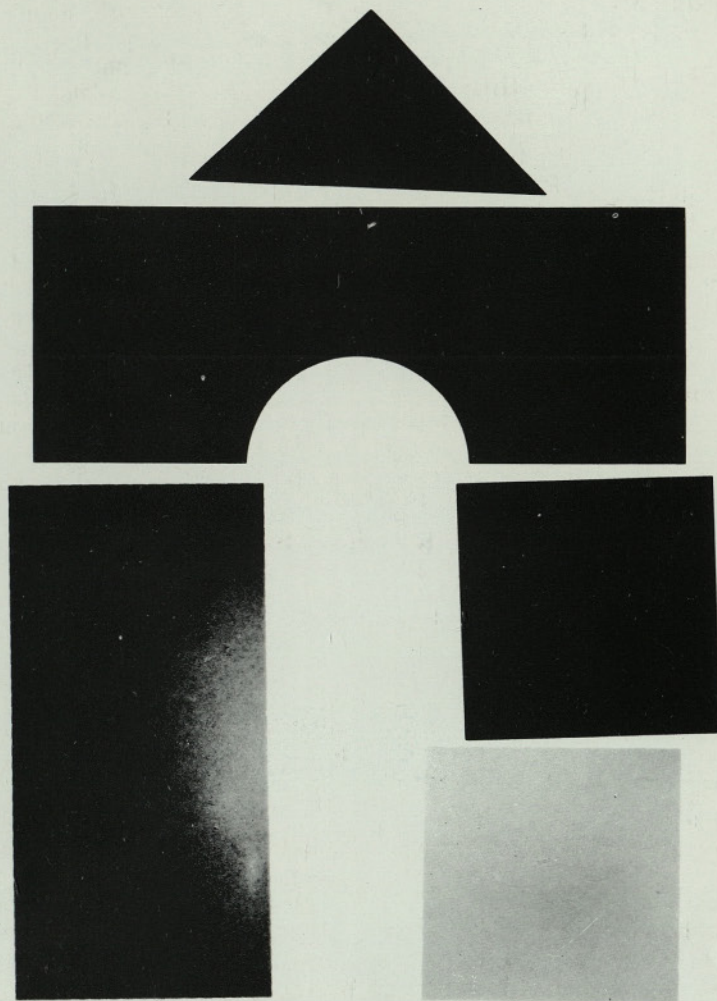
Študirali smo vpliv toplotne prehodnosti v zid vgrajenega elementa z ravnimi konturami na ukrivljenost kontur njegove termografske slike. Izsledki teh preiskav omogočajo natančnejšo interpretacijo termogramov. Nadalje smo raziskovali vpliv točkovnega toplotnega izvora na termografski posnetek in možnosti za njegovo eliminacijo. S postopnim ogrevanjem in ohlajanjem notranjega prostora smo v zidu dosegli kontrolirano nestacionarno temperaturno stanje in analizirali termografsko pridobljene podatke pri teh pogojih. Z navedenimi raziskavami bomo še nadaljevali.

### ZAKLJUČKI

Rezultati kažejo, da je mogoče termografijo standardizirati le kot metodo za detekcijo nepravilnosti v toplotni izolativnosti zgradb. Predlagamo, da za ta namen privzamemo standard ISO 6781 z leta 1983. Menimo, da je mogoče termografijo uporabljati tudi za določanje kvalitete toplotne izolativnosti zgradb. Te možnosti pa zaenkrat ne kaže standardizirati, saj zahteva izpolnitev številnih zahtevnih pogojev v fazi snemanja in izvrednotenja, kar lahko opravijo le visoko usposobljeni in specializirani kadri, ki so zaenkrat deficitarni.



# NA POTI V EVROPO



## Sejemske izkušnje na: Sejem BAU

Ste arhitekt, podjetnik, gradbenik, gradbeni izvajalec, trgovec? Ali načrtujete privatno gradnjo, želite preurediti kuhinjo ali kopalnico, hočete dobiti predstavo o modernem gradbeniškem poklicu? Vse potrebne informacije boste dobili na BAU 1991 od več kot 1300 razstavljalcev iz 24 držav.

Na svetovno znanem razstavišču v Münchnu dobite ves teden informacije, izkustva in povezave po ugodnih cenah.

»BAU v Münchnu« največji evropski gradbeniški sejem v letu 1991.



**9. mednarodni sejem gradbenih materialov, gradbenih sistemov, gradbenih novitet**  
**München, 16.–22. januar 1991**



**SREČNO**

**1991**

**ZVEZA DRUŠTEV GRADBENIH INŽENIRJEV IN TEHNIKOV SLOVENIJE**