

# GRADBENI VESTNIK

## 4-5-6

STANOVANJSKO POSLOVNI OBJEKT SPB-1  
I. FAZA DOMŽALE





# GRADBENI VESTNIK

GLASILO ZVEZE DRUŠTEV GRADBENIH INŽENIRJEV IN TEHNIKOV SLOVENIJE  
ŠT. 4-5-6 ● LETNIK 37 ● 1988 ● YU ISSN 0017-2774

## VSEBINA-CONTENTS

<b>Članki, študije, razprave</b> <b>Articles, studies,</b> <b>proceedings</b>	<b>Jožica Glažar:</b> <b>GOSPODARSKI POLOŽAJ GRADBENIŠTVA IN IGM SLOVENIJE V PRE-</b> <b>TEKLEM IN TEKOČEM SREDNJEROČNEM OBDOBJU . . . . .</b> 58 <b>ECONOMIC SITUATION OF CIVIL — ENGINEERING AND BUILDING MA-</b> <b>TERIALS INDUSTRY IN THE PAST AND CURRENT MEDIUM-TERM PERIOD</b> <b>IN SLOVENIA</b>
	<b>Mirko Pšunder:</b> <b>OSNOVE PROJEKTNEGA VODENJA GRADITVE OBJEKTOV . . . . .</b> 61 <b>FUNDAMENTALES OF PROJECT MANAGAMENT IN PLANNING AND</b> <b>EXECUTION</b>
	<b>Marija Marinko:</b> <b>METODOLOGIJA ZA OBRAČUN RAZLIKE V CENI GRADBENIH STORITEV</b> 66 <b>THE METHOD FOR ACCOUNT OF PRICE DIFFERENCE FOR BUILDING</b> <b>WORKS IN THE CASE OF INFLATION</b>
	<b>Maja Mikluš, Štefan Faith:</b> <b>ANALIZA IZBOČENJA PRAVOKOTNIH PLOŠČ, OSNO TLAČENIH V OBEH</b> <b>SMEREH . . . . .</b> 68
	<b>Boris Lutar:</b> <b>TOGOSTNA IN TORZIJSKA SREDIŠČA STAVB . . . . .</b> 73 <b>CENTRES OF RIGIDITY AND TWIST IN BUILDINGS</b>
	<b>Branko Benedik, Irena Uršič:</b> <b>PRIBLIŽNA DOLOČITEV NIHAJNE DOBE KONSTRUKCIJE . . . . .</b> 78
	<b>Drago Beton:</b> <b>DIAGRAMI g—f ZA OPAŽNE SISTEME AB PLOŠČ . . . . .</b> 80 <b>DIAGRAMS FOR DESIGN OF PLATFORMS FOR REINFORCED CONCRETE</b> <b>FLOOR-SLABS</b>
	<b>Stojan Kravanja, Štefan Faith, Janez Raztresen, Branko Zelenko,</b> <b>Branko Benedik:</b> <b>VISOKOTLAČNI CEVOVOD, JEKLENA OBLOGA IN RAZDELILNIK ZA HI-</b> <b>DROELEKTRARNO CHIEW LARN NA TAJSKEM . . . . .</b> 86
	<b>Lojze Cepuš . . . . .</b> 91
	<b>Iz naših kolektivov</b> <b>From our Enterprises</b>
<b>Poročila</b> <b>Proceedings</b>	<b>Edo Rodošek:</b> <b>DOLOČANJE OPTIMALNEGA ZAPOREDJA RAZVOJNIH UKREPOV V TEH-</b> <b>NOLOŠKIH SISTEMIH ZGRADB . . . . .</b> 97
<b>Poročila Fakultete za</b> <b>arhitekturo,</b> <b>gradbeništvo in</b> <b>geodezijo</b> <b>Proceedings of the</b> <b>Department of Civil</b> <b>Engineering University</b> <b>E. Kardelj, Ljubljana</b>	<b>Matjaž Zupan:</b> <b>KAKO PROJEKTIRAMO IN IZVAJAMO TOPLOTNE IZOLACIJE . . . . .</b> 105
<b>Informacije zavoda</b> <b>za raziskavo materiala</b> <b>in konstrukcij</b> <b>Ljubljana</b> <b>Proceedings of the</b> <b>Institute for materials</b> <b>and structures research</b> <b>Ljubljana</b>	

**Glavni in odgovorni urednik: FRANC ČAČOVIČ**

**Tehnični urednik: DANE TUDJINA — Lektor: IRENA PUHAR**

**Uredniški odbor: SERGEJ BUBNOV, VLADIMIR ČADEŽ, VOJTEH WŁODYGA, STANE PAVLIN,**  
**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. Tek. račun pri SDK Ljubljana 50101-678-47602. Tiska Tiskarna Tone Tomšič v Ljubljani. Revija izhaja mesečno. Letna naročnina, skupaj s članarino znaša 6000 din, za študente in upokoјence 3000 din, za podjetja, zavode in ustanove 48.000 din, za inozemske naročnike 50 US dolarjev. Revija izhaja ob finančni pomoči Raziskovalne skupnosti Slovenije, Splošnega združenja gradbeništva in IGM Slovenije, Zveze vodnih skupnosti Slovenije, Zavoda za raziskavo materiala in konstrukcij Ljubljana in Fakultete za arhitekturo, gradbeništvo in geodezijo Univerze Edvarda Kardelja v Ljubljani.

## Gospodarski položaj gradbeništva in IGM Slovenije v preteklem in tekočem srednjeročnem obdobju

UDK 624:330(497.12)

JOŽICA GLAŽAR

ECONOMIC SITUATION OF CIVIL-ENGINEERING AND BUILDING MATERIALS' INDUSTRY IN THE PAST AND CURRENT MEDIUM-TERM PERIOD IN SLOVENIA

### Summary

Until 1980 the development of the civil-engineering was quite extensive since the demands concerning civil-engineering works were bigger than the actual capacities. However, the stabilization measures after 1980 affected the reduction of investments and demand for civil-engineering works. The civil-engineering organizations of associated labour were obliged to conform to market-demands, thus provoking positive influences on searching of internal reserves and negative reflections in trying to find an employment of existing capacities at any price. Formerly, the adapting of civil-engineering to the market-demands was above all elemental. Therefore we can legitimately fear that the capable part of civil-engineering, that could fulfill the demands for civil-engineering works after the period of crisis, would not persist.

### Povzetek

Gradbeništvo se je razvijalo do l. 1980 dokaj ekstenzivno, ker so bile večje potrebe po gradbenih storitvah kot pa dejanske kapacitete. Stabilizacijski ukrepi po l. 1980 so vplivali na zmanjševanje investicijske sposobnosti gospodarstva, kar je vplivalo na zmanjševanje investicij in povpraševanje po gradbenih storitvah. OZD gradbeništva so se bile primorane prilagajati tržnim potrebam, kar je pozitivno vplivalo na iskanje notranjih rezerv, negativno pa se je odrazilo pri iskanju zaposlitve za obstoječe kapacitete za vsako ceno. Prilagajanje gradbeništva potrebam tržišča je v preteklosti potekalo predvsem stihijsko. Tako obstaja upravičena bojazen, da se ne bo ohranil sposobnejši del gradbeništva, ki bo zmožen pokriti potrebe po gradbenih storitvah, ko bodo krizni časi mimo.

### 1. UVOD

Organizacije združenega dela, ki opravljajo dejavnost gradbeništva v širšem pomenu besede, so razvrščene v naslednje dejavnosti in poddejavnosti:

- visoke in nizke gradnje, vključno s hidrogradnjami,
- gradbene instalacije,
- zaključna in obrtniška dela,
- vodno gospodarstvo,
- industrija gradbenega materiala s proizvodnjami kamna, peska, apna, opečnih izdelkov, cementa, azbestnocementnih izdelkov, betonskih polizdelkov in bitumenskih izdelkov,
- projektiva in sorodne dejavnosti (vse vrste projektiranja, kartiranje zemljišč in inženiring).

Do l. 1979 so bile tovrstne organizacije prostovoljno včlanjene v Biroju gradbeništva, ki je opravljal za članice razne naloge z namenom, da se izboljšajo rezultati poslovanja v posameznih OZD in celotni dejavnosti.

Konec l. 1978 pa je bil sprejet zakon o združevanju OZD v splošna združenja in gospodarske zbornice. Na podlagi tega zakona so bila ustanovljena v l. 1979 splošna združenja in medobčinske zbornice,

ki naj bi združevale OZD po dejavnostih in regijah. Ker pa je gradbeništvo že imelo institucijo, ki je povezovala to dejavnost, so se članice Biroja gradbeništva odločile, da se ta institucija preobrazi v Splošno združenje gradbeništva in industrije gradbenega materiala. Tako je novoustanovljeno združenje nadaljevalo delo bivšega Biroja gradbeništva in prevzelo nove naloge, ki jih je določil zakon.

### 2. ORGANIZIRANOST

V SZ gradbeništva in IGM Slovenije je vključenih 220 temeljnih organizacij, ki so organizirane v 55 sestavljenih delovnih organizacijah. Poleg tega pa je 123 enovitih delovnih organizacij, ki so organizirane brez temeljnih organizacij. 22 delovnih organizacij je le delno vključeno v to združenje — z eno ali več temeljnimi organizacijami.

Na podlagi teh podatkov lahko ugotovimo, da je organiziranost gradbeništva zelo razgibana tako po organizacijski strani kakor tudi glede na lokacijo, saj so organizacije porazdeljene po vseh slovenskih občinah.

Velikost posameznih delovnih organizacij glede na število zaposlenih je zelo različna, obstaja vrsta organizacij, ki zaposlujejo manj kot 50 delavcev (projektiva, zaključna in obrtna dela), le dve delovni organizaciji pa zaposlujeta več kot 5000 delavcev, kar je razvidno iz naslednjega pregleda:

Avtor:

Jožica Glazar, dipl. oec., samostojni svetovalec v SZG IGM Slovenije

**Razredi**

Število zaposlenih	Število DO
do 50 delavcev	38
51—100	43
101—250	58
251—500	28
501—1000	12
1001—2500	14
2501—5000	5
nad 5000	2

**3. ZAPOSLENI**

Podatki o zaposlenih po posameznih dejavnostih se stalno spreminjajo, in to delno zaradi dejanskega spreminjanja števila zaposlenih kakor tudi zaradi raznih sistemskih sprememb.

V starem izobraževalnem sistemu (pred uvedbo usmerjenega izobraževanja) so bili učenci v gospodarstvu evidentirani kot zaposleni, saj so se hkrati usposabljali za bodoče poklice v šolah in organizacijah združenega dela. Z uvedbo usmerjenega izobraževanja pa je bil ukinjen status učencev v gospodarstvu, s čimer se je zmanjšalo število zaposlenih, ker ni bilo več tekočega priliva teh učencev.

Znano je, da je gradbeništvo kontinuirano skrbelo za usposabljanje učencev v gospodarstvu za razne poklice in je bil delež teh v skupaj zaposlenih vedno precej visok, na primer l. 1980 nad 6 %.

Upošteva je gospodarsko krizo in stabilizacijske ukrepe se je zmanjševala investicijska dejavnost, kar je tudi vplivalo na zmanjševanje zaposlenosti v gradbeništvu. L. 1980 je bilo v gradbeništvu zaposlenih okoli 97.000 delavcev (skupaj z vajenci), v naslednjih letih pa se je zaposlenost postopno zmanjševala. L. 1984 je bilo zaposlenih še približno 86.000 delavcev, konec l. 1987 pa okoli 80.000 delavcev.

Delež zaposlenih po dejavnostih — poddejavnostih je bil l. 1987 naslednji:

Dejavnost oziroma poddejavnost	%
— visoke in nizke gradnje	55,4
— gradbene instalacije	7,5
— zaključna in obrtna dela	8,4
— vodno gospodarstvo	1,7
— industrija gradbenega materiala	9,6
— projektiranje in sorodne dejavnosti	7,1
— ostale negradbene dejavnosti	10,3
Skupaj	100

**4. GOSPODARSKI POLOŽAJ GRADBENIŠTVA V PRIMERJAVI S CELOTNIM GOSPODARSTVOM**

Gradbeništvo je dejavnost, ki posredno vpliva na rast ostalih dejavnosti gospodarstva. Zmanjševanje investicijske sposobnosti gospodarstva pomeni najprej zmanjševanje obsega gradbene dejavnosti,

z določenim časovnim zamikom pa tudi zmanjševanje obsega dejavnosti v ostalih panogah.

V letih 1978 in 1979 je bil dosežen vrh konjunktуре v gradbeništvu; po tem letu pa se je začel zmanjševati obseg gradbenih del, kar je seveda negativno vplivalo tudi na rezultate poslovanja. Sprejeta je bila vrsta stabilizacijskih ukrepov, ki so negativno vplivali na investicijsko sposobnost gospodarstva. V konjunkturnih letih so bili doseženi ugodni finančni rezultati in osebni dohodki v teh letih so bili v gradbeništvu rahlo nad povprečjem v gospodarstvu. Gradbeni delavci so izpostavljeni pri svojem delu vremenskim okoliščinam, kar pri večini drugih dejavnosti ni tako izrazito. Zato bi bilo normalno, da imajo tudi višje osebne dohodke. Vendar se je po l. 1980 razkorak med povprečnim OD gradbeništva v primerjavi z gospodarstvom povečal. V zadnjih dveh letih so bili doseženi pozitivni trendi, vendar pa so bili OD v gradbeništvu še vedno pod povprečjem v gospodarstvu.

V letih 1981—1984 so bili doseženi v gradbeništvu manj ugodni indeksi rasti v primerjavi s celotnim gospodarstvom, kar je razvidno iz naslednje preglednice:

**Pregled doseženih indeksov rasti v preteklem in tekočem srednjeročnem obdobju**

Leto	Dejavnost	Celotni prihodek	Dohodek	Povprečni mesečni neto OD
1981	gospod.	138	133	131
	gradb.	132	127	130
1982	gospod.	129	130	126
	gradb.	113	116	123
1983	gospod.	147	143	128
	gradb.	126	121	124
1984	gospod.	164	166	122
	gradb.	157	148	146
1985	gospod.	182	158	196
	gradb.	187	177	198
1986	gospod.	193	219	222
	gradb.	210	237	231
1987	gospod.	207	207	220
	gradb.	213	215	218

Delež gradbeništva v celotnem gospodarstvu je po l. 1980 po vseh kazalnikih začel padati. Tako je bil l. 1980 delež zaposlenih v gradbeništvu v primerjavi s celotnim gospodarstvom še 13 %, l. 1987 le še 11 %, delež družbenega bruto proizvoda pa je padel od 12 % na 8 %.

**5. DOSEŽENI POSLOVNI REZULTATI V L. 1987**

V lanskem letu so bili v povprečju doseženi še kar zadovoljivi poslovni rezultati. V 14 delovnih organizacijah so posamezne temeljne organizacije sklenile leto z izgubo, ki je znašala skupaj 6,695.593 tisoč dinarjev, kar predstavlja za 300 % večje izgube v primerjavi z l. 1986. Akumulacija se je nominalno povečala za 68 %, stopnja akumulacija

**Pregled nekaterih kazalnikov poslovanja, ugotovljenih po zaključnih računih za l. 1987**

Zap. št.	Dejavnost	Doh. na del.		Mesečni neto OD na del.		Stopnja ak.	
		000 din	ind.	din	ind.	%	ind.
1.	visoke gradnje	6.483	217	233.263	216	5,4	128
2.	nizke gradnje	6.872	203	248.032	216	4,4	69
3.	gradbena instalacija	8.731	202	204.792	220	9,6	74
4.	zaključna in obrtna dela	6.906	196	248.403	211	7,4	51
5.	vodno gospodarstvo	10.392	210	293.469	220	17,8	339
6.	IGM	7.932	235	250.563	224	3,4	101
7.	projektiranje in sorodna dejavnost	10.901	225	347.958	222	5,1	100
8.	ostale negradbene dejavnosti	6.876	209	240.453	219	3,0	69
9.	Povprečno	7.293	214	252.469	218	5,3	95

**Pregled pomembnejših podatkov, ugotovljenih po zaključnih računih za l. 1987**

Zap. št.	Dejavnost	Celot. prih.		Dohodek		Akumulacija	
		mio din	indeks	mio din	indeks	mio din	indeks
1.	visoke gradnje	804.887	217	223.309	217	15.909	227
2.	nizke gradnje	180.745	202	65.386	208	4.124	118
3.	gradbena instalacija	136.866	203	52.082	199	5.964	134
4.	zaključna in obrtniška dela	110.482	209	45.853	200	3.135	100
5.	vodno gospodarstvo	28.047	224	13.988	215	2.929	202
6.	IGM	216.103	205	60.663	239	4.256	204
7.	projektiranje in sorodna dejavnost	234.868	239	61.188	235	6.167	184
8.	ostale negradbene dejavnosti	161.913	200	56.316	208	3.196	141
9.	Skupaj	1.873.911	213	578.785	215	45.681	168

tivnosti (dosežena akumulacija v primerjavi s povprečno porabljenimi sredstvi) pa se je zmanjšala od 5,6 na 5,3. Povprečni mesečni neto osebni dohodki so bili izplačani v višini 252.469 din, kar predstavlja 118 % povečanje v primerjavi z l. 1986.

**6. SKLEP**

V OZD gradbeništva vlada velika zaskrbljenost, saj imajo za letošnje leto kapacitete zelo slabo

zasedene, še slabši obeti pa so za naprej. Projektantske organizacije imajo že dalj časa malo dela, kar pomeni, da ne bo novih projektov. Zato je bila na združenju sprejeta pobuda, da se izdela študija, na temelju katere naj bi OZD kakor tudi celotna dejavnost dobili vsaj neke globalne usmeritve za prihodnje leto in naslednje srednjeročno obdobje. Študija bo izdelana s pomočjo strokovne institucije in s sodelovanjem strokovnjakov iz OZD in bo predvidoma končana do konca leta.

## Osnove projektnega vodenja graditve objektov

UDK 658.2:338.2:519.8

MIRKO PŠUNDER

### Povzetek

Upravljanje in vodenje projektov, s skupnim angleškim izrazom »project management«, je organizacijska znanost, ki se ukvarja s problemi projektov. Upravljanje predstavlja odločanje o bistvenih zadevah projektov, ki zadevajo namenske cilje projektov, vodenje projektov pa predstavlja razreševanje organizacijskih vprašanj za uspešno izvajanje projektov in doseganje objektivnih ciljev projekta.

Temeljno načelo projektnega vodenja nasploh in projektnega vodenja graditve objektov je v tem, da se za čas trajanja projekta odredi centralna odgovornost za projekt, ki se na ustrezen način institucionalizira in organizira v obliki projektne organiziranosti.

Za uspešnost upravljanja in vodenja projektov je nujna izpostavitve ustreznega informacijskega sistema ter uporaba instrumentarija — tj. raznovrstnih tehnik in pripomočkov, ki nam omogočajo izvajanje nalog.

### 1. OPREDELITEV POJMA GRADITVE OBJEKTA

Zakon o graditvi objektov opredeljuje z besedo »graditev« investicijski proces, ki obsega predhodna dela, izdelavo investicijskega programa, izdelavo tehnične dokumentacije, pripravljala dela za gradnjo objektov in gradnjo objektov.

V terminologiji t. i. projekt-managementa (projektnega vodenja) pa predstavljajo investicijski procesi projekte.

Po svoji definiciji predstavljajo projekti enkratno ciljno usmerjene procese poteka določenih del — aktivnosti. Z vsako od teh aktivnosti želimo doseči neki rezultat (cilj aktivnosti), logična zavezanost aktivnosti pa omogoča s pomočjo teh rezultatov izvedbo ciljev projekta.

Logična povezanost aktivnosti tvori strukturo aktivnosti, logična povezanost ciljev (rezultatov) teh aktivnosti pa strukturo ciljev projekta.

Lahko trdimo, da predstavljajo investicijski projekti enkratno usmerjene investicijske procese poteka določenih aktivnosti, določenih faz investicijskih procesov, logična povezanost teh faz investicijskih procesov pa omogoča s pomočjo rezultatov posameznih faz izvedbo ciljev investicijskega projekta.

Avtor:

dr. Mirko Pšunder, izr. prof., Tehniška fakulteta — VTO Gradbeništvo Maribor, Smetanova 17

### FUNDAMENTALES OF PROJECT MANAGEMENT IN PLANNING AND EXECUTION

#### Summary

Management and control of projects, briefly project management, belongs among organizational sciences dealing with the problems of projects. Management includes decisions upon fundamental project questions concerned with the aims of the entire project, while project control means the solving of organizational problems which is necessary for successful execution of construction works.

The basic principle of project management in general and management of execution of construction works is to define a central responsibility that becomes institutionalized within the form of the project organization.

Efficient project management requires a corresponding information system as well as various tools — techniques to enable the execution of tasks.

Cilje graditve objektov (tj. investicijskih procesov) narekujejo vedno potrebe, zaradi katerih je do graditve objektov prišlo. Pri negospodarskih objektih ali objektih družbenega standarda izhajajo te potrebe iz okolja (potreba po gradnji šole, vrtca, bolnišnice itd.), pri gospodarskih objektih ali objektih kapitalne izgradnje pa izhajajo te potrebe:

- iz tržišča, ki narekuje vedno znova nove proizvode in tehnologije,
- iz zahtev po boljši kakovosti proizvodov in
- zaradi prisotnosti novih materialov in opreme.

Te potrebe pa lahko v gospodarskih delovnih organizacijah sprožijo:

- zgolj inovacijske procese, pri katerih je končni cilj v razvoju in lansiranju novega proizvoda ali osvojitvi nove tehnologije za proizvodnjo ali
- investicijske procese (graditve objektov), ki zahtevajo poleg razvoja in lansiranja novih proizvodov in (ali) tehnologij še izgradnjo novih objektov.

### 2. FAZNOST GRADITVE OBJEKTOV

Iz teorije projektnega vodenja je poznano, da predstavljajo glavne faze projektov v splošnem:

- faza koncipiranja projekta,
- faza definiranja projekta in
- faza realizacije projekta.

Pri investicijskih projektih, torej pri graditvi objektov, pa nastopajo specifičnosti, ki zahtevajo poleg naštetih glavnih faz še fazo priprav na

realizacijo projekta. Tako predstavljajo glavne faze teh projektov:

- faza koncipiranja projekta ali faza koncepcije,
- faza definiranja projekta ali faza konstrukcije,
- faza priprav na realizacijo ali faza priprav za izvedbo in
- faza realizacije ali faza izvedbe projekta.

Vsaka od teh glavnih faz graditve objekta ima seveda večje ali manjše število podfaz (aktivnosti), pač odvisno od želene natančnosti razčlenjevanja projekta.

Upoštevajoč našo zakonodajo (predvsem zakon o graditvi objektov) lahko glavne faze investicijskega procesa razčlenimo, kot sledi:

- fazo koncipiranja v aktivnosti predhodnih del za investicijo, investicijski program in idejnih načrtov ter tehnoloških procesov,
- fazo konstruiranja v aktivnosti projektov za pridobitev gradbenega dovoljenja, projektov za razpis in projektov za izvedbo,
- fazo priprav za izvedbo v aktivnosti pridobitve gradbenega dovoljenja, oddaje objektov v izvajanje in izvedbe pripravljanih del in
- fazo izvedbe v aktivnosti gradnje objektov, primopredaje zgrajenih objektov in poizkusnega obratovanja.

Grafično nam takšno razčlenitev graditve objekta prikazuje skica 1.

FAZA	AKTIVNOSTI	CAS TRAJANJA
KONCIPIRANJE	predhodna dela	
	investicijski program	
	idejni projekti	
KONSTRUIRANJE	projekti PGD	
	projekti za razpis	
	projekti PZI	
PRIPRAVA	gradbeno dovoljenje	
	oddaja objekta v izvedbo	
	prapravljalna dela	
	gradnja	
IZVEDBA	primopredaja	
	poskusno obratovanje	

Skica 1. Glavne faze in aktivnosti graditve objekta

### 3. ORGANIZACIJSKA IZVAJANJA GRADITVE OBJEKTOV

#### 3.1. Možnosti organiziranja izvajanja graditve objektov

Graditev objekta kot projekt se od svojega začetka razčlenjuje prek faz koncipiranja, konstruiranja, priprav na izvedbo in same izvedbe objekta. Kot smo že spoznali, sodelujejo v vseh teh fazah oziroma so vanje vključeni:

- investitor kot glavni sistem projekta in
- izvajalci kot sistemi izvajanja posameznih aktivnosti ali celotnih faz projekta ter po potrebi,
- inženiring organizacije kot sistemi skrbništva, ki vodijo izvajanje projekta, če investitor za te naloge ni usposobljen.

Običajno so investitorji usposobljeni samostojno ali v sodelovanju s projektivnimi ali svetovalnimi organizacijami izdelati le dokumentacijo, ki jo narekuje prva faza investicijskega procesa tj. faza koncipiranja, ki vključuje:

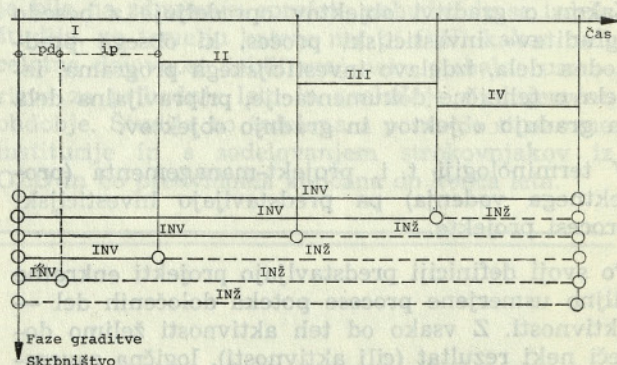
- izdelavo elaborata pripravljanih del,
- izdelavo investicijskega programa in
- idejne projekte.

V tem primeru imenujejo investitorji vodjo projekta ali skrbnika projekta (ang.: project managerja), ki vodi izdelavo dokumentacije te faze.

Vodstvo projekta vseh ostalih faz pa prepustijo investitorji inženiring organizaciji, ki je za to usposobljena in imenuje vodjo ali skrbnika projekta.

Če pa imajo investitorji v delovnem razmerju tudi strokovnjake, ki lahko prevzamejo vodenje projekta v fazah izdelave tehnične dokumentacije, priprave za izvedbo in same izvedbe, lahko brez vključevanja inženiring organizacij prevzamejo celotno vodenje projekta. Takšni primeri so prisotni v večjih delovnih organizacijah, kjer imajo službe ali celo sektorje za investicije.

V praksi pa lahko nastopi še več drugih načinov organiziranja izvajanja projektov, pač v odvisnosti od tega, kdo in s pričetkom katere aktivnosti prevzema skrbništvo — vodenje projekta (glej skico 2).



Legenda:

- I — faza koncepcije
- II — faza konstrukcije
- III — faza priprave
- IV — faza izvedbe
- pd — aktivnost pripravljanih del
- ip — aktivnost investicijskega programa
- INV — skrbništvo investitorja
- INŽ — skrbništvo inženiring organizacije

Skica 2. Organizacijske možnosti prevzema skrbništva — projektnega vodenja graditve objektov

Ne glede na to, s pričetkom katere aktivnosti prevzame skrbništvo inženiring organizacija, ostaja upravljanje projekta naloga investitorja oziroma njegovega poslovnega organa. To pa pomeni, da ostajajo pomembne odločitvi vsebinske narave, ki so vezane z namenskimi cilji projekta (morebitne

spremembe glede na vrsto proizvodnje, obseg proizvodnje, tehnologijo, tehnično dokumentacijo, financiranje itd.) »v rokah« investitorja.

### 3.2. Projektna organiziranost

Pri investitorjih predstavljajo projekti graditve objektov enkratne projekte, za katere je poleg ciljne usmerjenosti značilen še omejen čas trajanja. Za uspešno upravljanje in vodenje takšnih projektov se je v praksi uveljavila nestalna projektna organiziranost kot najuspešnejša organizacijska oblika.

Značilnost takšne nestalne projektne organiziranosti investitorjev je v tem, da se za čas trajanja projekta oblikujejo projektni timi v naslednjem sestavu:

- upravljalški projektni tim, v katerem so poslovodni (vodilni) delavci, ki lahko glede na svoja pooblastila sprejemajo pomembne vsebinske odločitve, ki zadevajo namenske cilje projekta. Ta tim vodi običajno direktor organizacije investitorja ali njegov najbližji sodelavec (pomočnik, tehnični direktor, direktor sektorja investicij itd.),

- vodstveni projektni tim, v katerem so delavci z nalogami vodenja (organiziranja) izvajanja projekta, ki ga vodi vodja tima kot vodja projekta ali kot skrbnik projekta. Naloga tega tima je razreševati organizacijska vprašanja za uspešno izvajanje in doseg objektivnih ciljev projekta (kontrola rokov, ekonomičnosti, kvantitete itd.),

- izvajalski projektni tim (ali timi) za izvajanje konkretnih aktivnosti, ki jih investitor lahko samostojno izvrši. V ta tim oziroma time so vključeni strokovnjaki, ki lahko izdelajo npr. elaborat pripravljalnih del za graditev objekta, investicijski program, tehnično dokumentacijo itd.

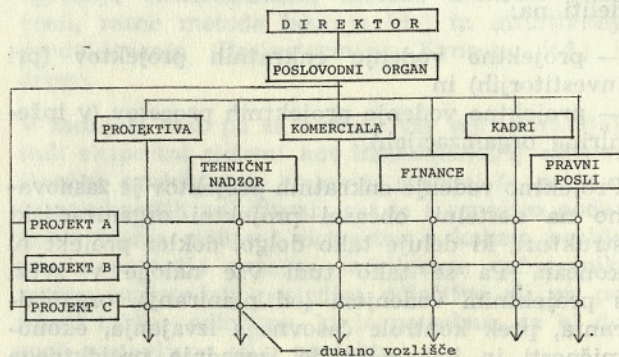
Za upravljalški in vodstveni projektni tim je značilno to, da delujeta za čas trajanja celotnega projekta, za izvajalske projektne time pa to, da delujejo le za čas izvršitve aktivnosti, za katero so formirani.

Pomembna je predvsem vloga izvajalskega projektnega tima in vloga vodje projekta. Ta mora izpolnjevati najprej izobrazbene pogoje, ki jih za opravljanje njegovih nalog zahteva zakon o graditvi objektov (ustrezen strokovnjak s petimi leti delovnih izkušenj in opravljenim strokovnim izpitom), poleg tega pa mora imeti izrazite organizacijske in avtoritativne sposobnosti, sposobnost hitrega spoznavanja bistva problemov, celovit način mišljenja, sistematičen način dela, dobro mora poznati zakone in predpise s področja graditve objektov in instrumente projektnega vodenja (mrežno planiranje, prognostične metode, operacijske raziskave, vrednostno analizo itd.).

V inženiring organizacijah pa predstavlja izvajanje projektov graditve objektov bistvo njihove dejavnosti. Hkrati izvajajo večje število projektov v različnih fazah graditve.

Za lažje in uspešno vodenje takšnih projektov se je v praksi uveljavila stalna projektna organiziranost, imenovana tudi matrična projektna organiziranost, kot najuspešnejša organizacijska oblika.

Skica 3 nam shematično prikazuje tipično stalno projektno organiziranost inženiring organizacij.



Skica 3. Organizacijska shema stalne projektne organizacijske strukture

Tovrstna projektna organiziranost pa ni idealna. V njej se nemalokrat postavljajo dualne odvisnosti med klasično funkcijsko organizacijsko strukturo in projektno organizacijsko strukturo, saj nastopajo funkcijske organizacijske enote kot izvajalske za določene aktivnosti projekta in so glede na izvajanje del odgovorne na eni strani svojim vodstvom (direktorjem sektorjev), na drugi strani pa vodjem projektov, ki so zadolženi za uspešno izvajanje projektov.

## 4. UPRAVLJANJE IN VODENJE GRADITVE OBJEKTOV

### 4.1. Temeljna načela upravljanja in vodenja projektov

Upravljanje in vodenje projektov, s skupnim angleškim izrazom »projekt management«, je problem in umetnost, kako izvesti projekt s sodelovanjem ljudi v neki organizaciji v dogovorjenem času, z določenimi proizvodnimi sredstvi ter želenim učinkom.<sup>1</sup>

Pri tako zastavljeni opredelitvi upravljanja in vodenja projektov, ki se sicer v literaturi in praksi tolmači na različne načine, predstavlja upravljanje projektov nadgradnjo vodenja. Upravljanje projektov predstavlja odločanje o bistvenih zadevah projektov, ki zadevajo namenske cilje projektov. Vodenje projektov ali projektno vodenje pa predstavlja razreševanje organizacijskih vprašanj za uspešno izvajanje projektov in doseg objektivnih ciljev projekta.

Temeljno načelo projektnega vodenja nasploh in projektnega vodenja graditve objektov je v tem,

<sup>1</sup> Onton Hauc: Projekti v organizacijah združenega dela, CGP Delo, Ljubljana 1982, stran 172.



da se za čas trajanja projekta odredi centralna odgovornost za projekt, ki se na ustrezen način institucionalizira v obliki nestalne projektne organiziranosti investitorja ali stalne projektne organiziranosti inženiring organizacije, če ta prevzame odgovornost za projekt s svojimi vodji — skrbniki projektov. Zato je primerno projektno vodenje deliti na:

- projektno vodenje enkratnih projektov (pri investitorjih) in
- projektno vodenje projektov procesov (v inženiring organizacijah).

Projektno vodenje enkratnih projektov je zasnovano na nestalni, občasni projektne organizacijski strukturi, ki deluje tako dolgo, dokler projekt ni končan. Pa se tako tudi vse naloge v zvezi s projektom vodenjem (od planiranja, organiziranja, prek kontrole časovnega izvajanja, ekonomičnosti in kakovosti do izgradnje projektne informacijskega sistema) štejejo kot enkratne in vezane na konkreten projekt.

Projektno vodenje projektov procesov je zasnovano na stalni projektne organizacijski strukturi, ustrezno vgrajeni v obstoječo organizacijsko strukturo organizacije (projekta), in pa na stalnih nalogah projektne vodenja. Glede na to se tudi projektne informacijske sisteme ne izgrajuje samo za konkretne enkratne projekte, temveč je pogosto del celovitega informacijskega sistema organizacije oziroma se z njim tesno povezuje.

#### 4.2. Informacijski sistem projektnega vodenja

Za uspešnost upravljanja in vodenja projektov je nujna izpostavitve ustreznega informacijskega sistema. Namen izpostavitve informacijskega sistema je v tem, da zagotovi informacijske potrebe v času izvajanja projekta:

- za upravljanje in po potrebi tudi za vodenje investitorju (glavnemu sistemu projekta),
- za vodenje inženiring organizacij (sistemu skrbništva projekta) in
- za izvajanje izvajalskih organizacij (sistemom izvajanja aktivnosti projekta).

Za uspešnost projektnega vodenja, tj. za uspešnost izvajanja aktivnosti projekta, je potreben informacijski sistem za horizontalno in vertikalno informiranost.

Horizontalna informiranost poteka med izvajalci aktivnosti, vertikalna informiranost pa med izvajalci aktivnosti in skrbništvom projekta.

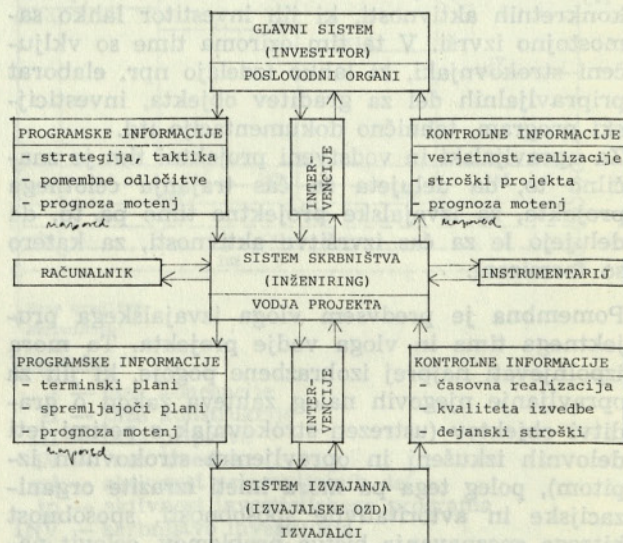
Horizontalna informiranost poteka v skladu s strukturo aktivnosti projekta, ki je določena s terminskim planom izvedbe projekta (v gantogramski ali v eni od mrežnih tehnik). Predstavlja vhodne in izhodne informacije posameznih aktivnosti ali natančnejše vhodne programske in strukturne informacije ter izhodne kontrolne in strukturne informacije aktivnosti.

Programske informacije vsebujejo podatke s terminskega plana, in sicer o projektu, aktivnosti, časovni rezervi, predhodni in naslednji aktivnosti, o kapacitetah, o stroških itd., strukturne informacije pa podatke iz tehnične dokumentacije o dimenzijah, potrebnem materialu, kakovosti itd.

Organiziranje ustreznega pretoka informacij je ena od nalog skrbništva projekta. Pretok informacij pa se lahko organizira progresivno, če izvajalec predhodne aktivnosti obvesti izvajalca naslednje aktivnosti o izhodnih parametrih predhodne aktivnosti; retrogradno, če si izvajalec naslednje aktivnosti sam priskrbi podatke o parametrih predhodne aktivnosti in posredno, če se podatki predhodne aktivnosti posredujejo izvajalcu naslednje aktivnosti prek vodje projekta (sistema skrbništva).

Ne glede na razstavljeno organizacijo pretoka informacij pa mora biti vodja projekta pravočasno in tekoče informiran o kontrolnih informacijah vsaj pomembnejših (kritičnih) aktivnosti, da bi lahko ustrezno ukrepal in dosegel zastavljene cilje celotnega projekta.

Vertikalna informiranost pa poteka v skladu s projektne organizacijsko strukturo »od zgoraj navzdol«, tj. od glavnega sistema (investitorja) prek sistema skrbništva (inženiring organizacije), do sistemov izvajanja (izvajalskih organizacij) in obratno. Tu gre za pretok informacij, ki so pomembne za organe upravljanja in vodenja vseh treh sistemov, kot to prikazuje skica 4.



Skica 4. Vertikalni informacijski sistem projektnega vodenja

#### 4.3. Instrumentarij projektnega vodenja

Prvi pogoj uspešnega vodenja projektov je ustreznost projektne organiziranosti sistema skrbništva projekta (pri investitorju ali inženiring organizaciji), ustrezen informacijski sistem in uporaba instrumentarija — tj. raznovrstnih tehnik in pripo-

močkov, ki nam omogočajo izvajanje nalog projektnega vodenja.

S tehnikami in pripomočki, ki nam omogočajo izvajanje nalog projektnega vodenja, morajo biti dobro seznanjeni in jih seveda uporabljati predvsem vodje projektov, posamezni strokovnjaki v vodstvenih projektnih timih in z določenimi tehnikami in pripomočki tudi drugi, ki se vključujejo v dela projektnih timov.

Izbira instrumentarija za projektno vodenje je odvisna od več dejavnikov: od vrste, velikosti in kompleksnosti projekta, znanja delavcev in od faze projekta, kateri bo instrumentarij rabil.

Najpomembnejša tehnika, ki nam omogoča izvajanje nalog projektnega vodenja, je vsekakor operativno planiranje. Na izbiro imamo gantogramsko tehniko operativnega planiranja projektov in več mrežnih tehnik. Vsekakor so z uporabo računalnikov danes najprimernejše mrežne tehnike, s pomočjo katerih lahko določamo kritične aktivnosti, rezervne čase nekritičnih aktivnosti, medsebojno odvisnost med aktivnostmi itd.

Najpomembnejši pripomoček, ki nam omogoča izvajanje nalog projektnega vodenja, pa je računalnik. Uporaba osebnih računalnikov ima danes prednost pred uporabo velikih računalniških sistemov. Uporabljamo jih predvsem za potrebe planiranja in spremljanja projektov in za potrebe celovitega informacijskega sistema.

Od drugih tehnik, ki se pri projektnem vodenju pogosto uporabljajo, naštejemo še: prognostične metode (predvsem trendno-ekstrapolacijska metoda in metoda Delphi), metode operacijskih raziskav, simulacijske metode, ABC analiza, vrednostna analiza, razne parametrične metode ocenjevanja ekonomičnosti, metoda kontrole kakovosti, razne metode iskanja idej in intuitivnega predvidevanja (Brainstorming, Synectic itd.) in drugo.

V zadnjem času pa se v svetu vse več uporabljajo tudi ekspertni sistemi kot instrumentarij oziroma tehnike projektnega vodenja, posebej še pri najpomembnejših odločitvah, saj je z množico podatkov oziroma mišljenj ekspertov o kakem problemu s pomočjo umetne inteligence računalnika možno napovedati posledice odločitve ali pa poiskati takšno odločitev, ki je potrebna, da bi dosegli zastavljene cilje projekta.

#### Strokovna literatura

1. Brandenberger Jürg: Projekt-management im Bauwesen, Baufachverlag AB, Zürich, 1985.
2. Borrie Donald: Professional construction management, McGraw-Hil, New York, 1982/83.
3. Hauc Anton: Projekti v organizacijah združenega dela, ČGP Delo, Ljubljana 1982.
4. Pšunder Mirko: Gradbeno poslovanje, TF — VTO Gradbeništvo, Marbor 1986.
5. Rösel Wolfgang: Baumanagement, Springer-Verlag, Berlin—New York—Tokyo, 1987.

## Metodologija za obračun razlike v ceni gradbenih storitev

UDK 338.585

MARIJA MARINKO

### Povzetek

Glede na visoko stopnjo inflacije je nemogoče ob ponudbi točno določiti končno prodajno ceno proizvoda — objekta. Vsled tega je sestavni del pogodbe metodologija, ki opredeljuje način zasledovanja spremembe cene od priprave ponudbe do realizacije objekta. V tem sestavku so podane osnovne značilnosti metodologije, ki se največ uporablja v SRS.

Eno izmed pomembnih področij dela, s katerim se ukvarja SZGIGM Slovenije, je mesečno izračunavanje gibanja cen za različne vrste gradbenih, obrtniških in montažno-instalacijskih del.

Začetki dela na tem področju segajo v leto 1972, v naslednjih letih, vse do danes, pa se je ta sistem obdelave podatkov spreminjal, dograjeval, tako kot je to zahteval razvoj tehnologije v gradbeništvo.

V nadaljevanju bomo prikazali nekaj osnovnih značilnosti te metodologije, ki je v sedanjem gospodarskem položaju pridobila svojo uporabnost.

Če se ozremo v preteklost, lahko ugotovimo, da smo v operativi vedno zaračunavali razliko med ponudbeno in dejansko ceno določenega materiala oziroma storitve.

Pri tem obračunavanju je nemalokrat prihajalo do nepotrebnih sporov, nesporazumov in nezaupanja med investitorji in izvajalci del. Bistven vzrok za problematičnost uveljavljanja razlike v ceni, tako za investitorja kot izvajalca del, je bila v tem, da ni obstajala nobena splošna veljavna metodologija za uveljavljanje razlike v ceni, ki bi z zadostno natančnostjo in obenem enostavnostjo omogočila tako uveljavljanje kot priznavanje razlike v ceni pri vseh vrstah gradbenih, zaključnih ter montažno-instalacijskih delih.

Zaradi pomanjkanja te metodologije tudi zbiranje podatkov o gibanju cen in stroškov ni bilo organizirano enotno in je bilo popolnoma neprilagojeno potrebam za uveljavljanje razlik v cenah gradbenih storitev. Z željo, da bi se olajšalo delo tako investitorjem kot izvajalcem, je bila izdelana metodologija za obračun razlike v ceni gradbenih

### THE METHOD FOR ACCOUNT OF PRICE DIFFERENCE FOR BUILDING WORKS IN THE CASE OF INFLATION

#### Summary

In the case of high inflation it is impossible for contractor to foresee the definite price in the offer for building works.

For that reason the contract contains the method, how the price will change with progress of inflation (progress of works). The article gives brief insight in the price change method.

storitev. Z uporabo te metodologije je prihranjeno investitorju in izvajalcu težko in dolgotrajno dokazovanje cen, ki pa je na ta način dovolj natančno.

Izdelana je bila tudi metodologija, ki predpisuje enoten način zbiranja cen.

Metodologija je prirejena razmeram in pogojem, ki veljajo za gradbena dela. Po njej se obračunajo razlike v ceni za vsa gradbena dela, pa tudi storitve, ki so v zvezi z gradbenimi deli.

Pomembnost metodologije je tudi v tem, da omogoča redno in stalno spremljanje gibanja cen po elementih strukture cen kot tudi cene v celoti. Za izračun indeksov nam rabijo podatki o cenah materialov, transportov in strojev ter osebnih dohodkov, ki jih po posebni anketi v sredini obračunskega obdobja zbiramo po organizacijah združenega dela iz vse Slovenije, in sicer pri:

- proizvajalnih organizacijah, industriji gradbenega materiala in lastni industriji,
- večjih trgovskih organizacijah,
- gradbenih delovnih organizacijah,
- delovnih organizacijah za zaključna dela,
- delovnih organizacijah za montažno-instalacijska dela.

Vpliv posameznih organizacij združenega dela na izračun indeksov za podražitev materiala delimo na približno tri enake dele (proizvajalne delovne organizacije, trgovske organizacije in gradbene delovne organizacije).

#### Elementi za ugotovitev indeksa:

- |                      |      |
|----------------------|------|
| — materialni stroški | — M  |
| — prevozni stroški   | — P  |
| — stroški strojev    | — S  |
| — osebni dohodek     | — OD |

#### Materialni stroški — »M«

vsebujejo vgrajeni material, pomožni material ter

vse ostale materialne stroške pripravljanih in zaključnih del.

#### Prevozni stroški — »P«

vsebujejo zunanje Transporte s kamioni vsega materiala. Sem sodijo tudi notranji transporti, če se opravljajo s kamioni.

#### Stroški osnovnih sredstev — »S«

vsebujejo urne najemnine osnovnih sredstev.

#### Osebnih dohodki — »OD«

vsebujejo neposredne osebne dohodke za izdelavo, režijo, pripravljala dela ter predpisane prispevke iz OD.

Ti elementi nastopajo v posameznih vrstah del zelo različno. Zato metodologija določa skupine — vrste del, kjer so ti odnosi med seboj približno enaki. Enaki odnosi elementov v posameznih skupinah so določeni na podlagi več analiz posameznih objektov oziroma vrst del, karakterističnih za posamezne skupine.

Tako je vsakemu uporabniku na razpolago podatek o gibanju posameznega elementa in storitve kot celote.

Že uvodoma smo poudarili, da so pred izdajo teh indeksov vsi udeleženci v investicijski igradnji uporabljali zamotan klasičen obračun razlike v ceni na podlagi faktur, kajti v gradbeništvu je paleta proizvodov, ki se uporabljajo in katerih cene se spreminjajo, prevelika, da bi vse te spremembe cen lahko prenesel le gradbeni delavec. Pri tem velja poudariti, da je zmotno mišljenje, da si z uporabo te metodologije izvajalci stroškovno zidajo cene. Gre le za povprečno povračilo povečanih stroškov, ki so nastali pri proizvodnji.

Omenimo naj še, da z metodologijo zajemamo neko povprečno gibanje cen, nikakor pa ni mogoče zajeti vseh podražitev.

Izračun indeksov temelji na naslednji splošni formuli:

$$I = \frac{Mk}{Mo} a + \frac{Pk}{Po} b + \frac{Sk}{So} c + \frac{ODk}{ODO} d,$$

Mk, Pk, Sk, ODK... so indeksi, M, P, S, OD posameznih elementov, v določenem četrtletju.

Mo, Po, So, ODo... so indeksi M, P, S, OD posameznih elementov, ki so vzeti kot osnova.

a, b, c, d... 80 % udeležbe posameznih elementov v posameznih skupinah oziroma vrsti del, ki so

fiksni in predhodno določeni na podlagi analiz posameznih objektov, značilnih za posamezne skupine oziroma vrste del.

Indeks materiala »M« je ugotovljen za določene skupine oziroma vrste del na podlagi reprezentativne skupine materialov, ob upoštevanju medsebojnih vrednostnih odnosov udeležbe, ki se v izračunu indeksa upošteva kot ponder. Indeks materiala je v preglednici končnega indeksa vedno podan kot sestavni del, in ga je možno posebej zasedovati oziroma primerjati.

S strukturo ponderiranih materialov nikakor ni možno zajeti vseh materialov, ki pri določeni vrsti del nastopajo, temveč je potrebno privzeti dejstvo, da so gibanja cen ostalih materialov proporcionalna in bistveno ne vplivajo na spremembo materialnih stroškov.

Enaka ugotovitev velja tudi za indeks gibanja cen strojnih storitev.

Indeks gibanja cen prevoznih storitev in osebnega dohodka je za vse izračune upoštevan v enaki višini.

Glede same uporabe indeksov naj poudarimo, da velja obračun razlike v ceni vedno v skladu s pogodbenimi določili oziroma če ni drugače določeno, je ta obračun za obdobje od priprave ponudbe do pogodbeno določenega roka za končanje objekta. Zaradi izredno visoke stopnje inflacije izračunavamo indekse mesečno. Podatke za izračun indeksov zajemamo v sredini meseca, pri čemer pa izračunani indeksi veljajo za konec meseca.

Pri konkretni uporabi mesečnih indeksov le-te linearno interpoliramo na dneve.

Uporaba indeksov je zelo enostavna, pa vendar pri tem večkrat naletimo na številne nepravilnosti, ki jih na splošnem združenju poizkušamo rešiti na objektivni način, v skladu s pogodbenimi določili in z izhodišči, na katerih je osnovana metodologija.

Uporabnost indeksov je večnamenska, in sicer za:

— obračun razlike v ceni gradbenih, obrtnih in montažno-instalacijskih delih med investitorjem in izvajalcem,

— revalorizacijo ocenjenih vrednosti že zgrajenih objektov,

— ekstrapolacijo predvidenih sprememb cen pri investicijskih programih,

— revalorizacijo stanovanjskih kreditov.

Verjetno bi lahko našli še kaj.

## Analiza izbočenja pravokotnih plošč, osno tlačeni v obeh smereh

UDK 624.044:531.2

MAJA MIKLUŠ, ŠTEFAN FAITH

### Povzetek

Prikazana je metoda za določevanje mejnih stanj stabilnosti pri izbočenju pravokotnih obojestransko tlačeni plošč z začetno ukrivljenostjo z uporabo trigonometrijskih vrst. Analizirali smo kvadratne plošče za različne odnose  $N_y/N_x$ , upoštevajoč prerazporeditev napetosti. S primerjavo različnih standardov in drugih načinov določevanja kritičnih napetosti se kažejo večji odstopi z vrednostmi iz JUS in EUROCODE3, kar kaže potrebo po spremembi enačbe za kombinirane napetosti.

### 1. UVOD

Stabilnost pri izbočenju pravokotnih plošč, osno tlačeni v obeh smereh, lahko določimo s pomočjo različnih standardov in na podlagi teoretičnih in eksperimentalnih raziskav.

Prikazan je način reševanja zgornjega problema s trigonometričnimi vrstami po teoriji I. in II. rda, upoštevajoč tudi prerazporeditev napetosti na tlačeni stranicih. Rezultati so primerjani z vrednostmi po JUS U.E 7.121, EUROCODE 3, TGL 13503, DASt Ri 012, ISO TC/167 SC 1 in s teoretičnimi raziskavami drugih avtorjev: Timošenko (1), Dubas in drugi (2), Narayanan (3), Voljmir (4).

Pri analizi po teoriji II. reda upoštevamo začetno deformacijo velikosti od 1/200 do 1/500. Pri enakomerno porazdeljeni zvezni obtežbi po robu plošče predstavlja pogoj za mejno nosilnost tlačene plošče tvorba plastičnega členka v sredini plošče. V primeru prerazporeditve napetosti postavimo pogoj za mejno stanje tako, da nastane plastična linija po sredini plošče. Predpostavimo, da je material idealno elasto-plastičen. Zaradi obširnosti računskega dela smo obravnavali le kvadratne plošče. Ostale primere dimenzij plošč in obremenitev bomo raziskali v nadaljnjih delih.

### 2. PRAVOKOTNE PLOŠČE Z ZAČETNO UKRIVLJENOSTJO, TLAČENE V OBEH SMEREH

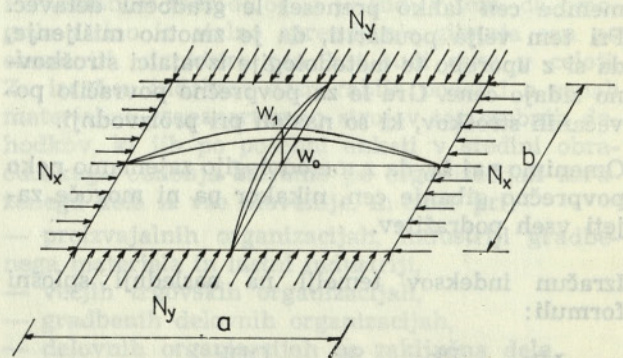
Diferencialna enačba uklona pravokotne plošče z začetno ukrivljenostjo, tlačene v obeh smereh, se glasi

### Summary

In the paper the limit stability state design of thin rectangular uniformly axially compressed plates with initial curvature is shown. Double trigonometric series are used for calculation. Square plates with disposed loading along two and all sides were calculated for different values of ratio  $N_y/N_x$ . The comparison between some standards and other ways of calculating the critical instability stresses shows greater differences for JUS and EUROCODE3, what demands modification of equation for combined stresses in previous named standards.

$$\frac{\partial^4 w_1}{\partial x^4} + 2 \frac{\partial^4 w_1}{\partial x^2 \partial y^2} + \frac{\partial^4 w_1}{\partial y^4} = \frac{1}{D} \left[ N_x \frac{\partial^2 (w_0 + w_1)}{\partial x^2} + N_y \frac{\partial^2 (w_0 + w_1)}{\partial y^2} \right] \quad (1)$$

V zgornji enačbi je  $w_0$  začetna deformacija plošče,  $w_1$  pa upogib zaradi zunanje osne obremenitve  $N_x$  in  $N_y$  (sl. 1).



Slika 1. Deformacija pravokotne plošče zaradi osnega pritiska v obeh smereh

Začetno deformacijo plošče prikažemo s pomočjo trigonometrijskih funkcij

$$w_0 = a_{11} \sin \frac{\pi x}{a} \sin \frac{\pi y}{b} \quad (2)$$

ki zadovoljujejo mejne pogoje. Deformacija, ki nastane zaradi tlačnih sil v plošči, pa je

$$w_1 = b_{11} \sin \frac{\pi x}{a} \sin \frac{\pi y}{b} \quad (3)$$

#### Avtorja:

Maja Mikluš-Moran, dipl. inž. gradb., asistent, Maribor  
Prof. dr. Štefan Faith, dipl. inž. gradb., znanstveni svetovalec, Maribor

Z odvajanjem gornjih funkcij in vstavljanjem v diferencialno enačbo upogiba pravokotne plošče ter z uvedbo odnosa  $N_y/N_x = \kappa$  dobimo naslednjo rešitev za deformacijo izbočene plošče, tlačene v obeh smereh

$$b_{11} = \frac{N_x a_{11} \left(1 + \kappa \frac{a^2}{b^2}\right)}{\frac{\pi^2 D}{a^2} \left(1 + \frac{a^2}{b^2}\right) - N_x \left(1 + \kappa \frac{a^2}{b^2}\right)} \quad (4)$$

Skupna deformacija plošče znaša

$$w = w_0 + w_1 = a_{11} \left[ 1 + \frac{N_x \left(1 + \kappa \frac{a^2}{b^2}\right)}{\frac{\pi^2 D}{a^2} \left(1 + \frac{a^2}{b^2}\right) - N_x \left(1 + \kappa \frac{a^2}{b^2}\right)} \right] \cdot \sin \frac{\pi x}{a} \sin \frac{\pi y}{b} \quad (5)$$

Z uvedbo novih oznak

$$\alpha_x = \frac{N_x}{\frac{D \pi^2}{a^2} \left(1 + \frac{a^2}{b^2}\right)} \quad \text{in} \quad \alpha_y = \frac{\kappa N_x \frac{a^2}{b^2}}{\frac{D \pi^2}{a^2} \left(1 + \frac{a^2}{b^2}\right)}$$

dobi enačba (5) naslednjo obliko

$$w = \frac{a_{11}}{1 - \alpha_x - \alpha_y} \sin \frac{\pi x}{a} \sin \frac{\pi y}{b} \quad (6)$$

Kritične vrednosti pritiskov  $N_x$  in  $N_y$  dobimo iz pogoja, da je deformacija zelo velika, tj.

$$1 - \alpha_x - \alpha_y = 0$$

oziroma

$$\frac{N_x}{\frac{D \pi^2}{a^2} \left(1 + \frac{a^2}{b^2}\right)} + \frac{\kappa N_x \frac{a^2}{b^2}}{\frac{D \pi^2}{a^2} \left(1 + \frac{a^2}{b^2}\right)} = 1 \quad (7)$$

Iz zgornje enačbe je

$$N_{xcr} = \frac{D \pi^2 \left(1 + \frac{a^2}{b^2}\right)^2}{a^2 \left(1 + \kappa \frac{a^2}{b^2}\right)} = \frac{D \pi^2 \left(\frac{b}{a} + \frac{a}{b}\right)^2}{b^2 \left(1 + \kappa \frac{a^2}{b^2}\right)} \quad (8)$$

Minimalna vrednost izraza je

$$\left(\frac{b}{a} + \frac{a}{b}\right)^2 = 4$$

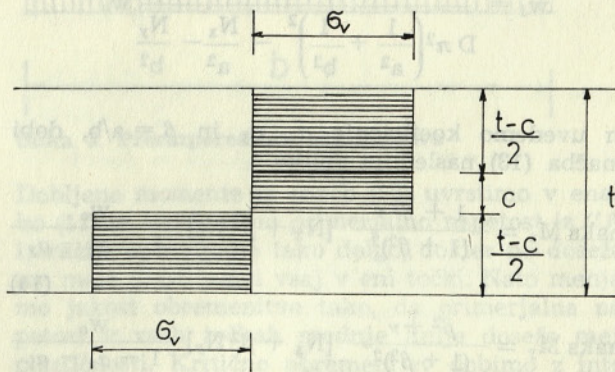
ker se za  $a/b \geq \sqrt{2}$  plošča izvija v dveh polvalih, za  $a/b \geq \sqrt{6}$  pa v treh polvalih, itd. Tako je

$$N_{xcr} = \frac{4 D \pi^2}{b^2} \frac{1}{\left(1 + \kappa \frac{a^2}{b^2}\right)} \quad (9)$$

Za odnos  $1.4 < a/b \leq 2.0$  nastane nestabilnost zaradi vpliva izbočenja in uklona, za  $a/b > 2.0$  pa je odločilno izbočenje plošče. Odnos  $a/b$  omejimo na maksimalno vrednost 1.4 oziroma minimalno 0.707, pri čemer nastane nestabilnost samo zaradi izbočenja.

Iz enačbe (9) dobimo zgornjo mejo, to je točko bifurkacije ravnotežja.

Kadar računamo z deformacijami, ki so posledica osnih pritiskov, in s plastifikacijo prereza v sredini plošče z napetostmi zaradi momenta in osne sile na meji plastičnosti, dobimo naslednje enačbe za tvorbo plastičnega členka.



Slika 2. Razporeditev napetosti v plastičnem členku

$$c \sigma_x = N_x \quad \frac{t^2 - c^2}{4} \sigma_x = M_x$$

$$M_x = \frac{t^2 - \left(\frac{N_x}{\sigma_x}\right)^2}{4} \sigma_x \quad (10)$$

V zgornji enačbi je  $t$  — debelina plošče,  $N_x$  — osna sila v plošči in  $\sigma_x$  napetost v plošči. Iz enačbe (10) je

$$\sigma_x = \frac{2 M_x}{t^2} + \sqrt{\left(\frac{2 M_x}{t^2}\right)^2 + \frac{N_x^2}{t^2}} \quad (11)$$

Enačba velja tudi za smer  $y$ .

Za izbrane sile  $N_x$  in  $N_y$  izračunamo momente iz naslednjih enačb

$$\begin{aligned} M_x &= -D \left( \frac{\partial^2 w_1}{\partial x^2} + \nu \frac{\partial^2 w_1}{\partial y^2} \right) \\ M_y &= -D \left( \frac{\partial^2 w_1}{\partial y^2} + \nu \frac{\partial^2 w_1}{\partial x^2} \right) \end{aligned} \quad (12)$$

Maksimalne vrednosti upogibnih momentov v sredini plošče dobimo z vstavljanjem odvajanega izraza

$$\text{za } w_1 = b_{11} \sin \frac{m \pi x}{a} \sin \frac{n \pi y}{b} \text{ v enačbo (12)}$$

pri  $x = a/2$  in  $y = b/2$ .

$$\begin{aligned} \text{maks } M_x &= \frac{D \pi^2}{a^2} \left[ 1 + \nu \left( \frac{a}{b} \right)^2 \right] w_1 \\ \text{maks } M_y &= \frac{D \pi^2}{b^2} \left[ 1 + \nu \left( \frac{b}{a} \right)^2 \right] w_1 \end{aligned} \quad (13)$$

Ko uvrstimo za

$$w_1 = \frac{N_x + \frac{N_y}{\beta}}{D \pi^2 \left( \frac{1}{a^2} + \frac{1}{b^2} \right) - \frac{N_x}{a^2} - \frac{N_y}{b^2}} w_0$$

in uvedemo koeficiente  $\alpha_x$ ,  $\alpha_y$  in  $\beta = a/b$ , dobi enačba (13) naslednjo obliko

$$\text{maks } M_x = \frac{1 + \beta^2 \nu}{(1 + \beta^2)^2} [N_x + \beta^2 N_y] \frac{w_0}{1 - \alpha_x - \alpha_y} \quad (14)$$

$$\text{maks } M_y = \frac{\beta^2 + \nu}{(1 + \beta^2)^2} [N_x + \beta^2 N_y] \frac{w_0}{1 - \alpha_x - \alpha_y}$$

Kot prej, veljajo enačbe za  $\beta \leq 1,4$ .

Za kvadratno ploščo je  $\beta = 1$  in

$$\text{maks } M_x = \text{maks } M_y = \frac{1 + \nu}{4} (N_x + N_y)$$

$$\frac{w_0}{1 - \alpha_x - \alpha_y} \quad (15)$$

Izbrane vrednosti  $N_x$  in  $N_y$  uvrstimo v enačbo (15), potem v enačbo (11) in na koncu v enačbo za primerjalno napetost.

$$\sigma_u = \sqrt{\sigma_x^2 + \sigma_y^2 - \sigma_x \sigma_y} \quad (16)$$

Kadar je primerjalna napetost  $\sigma_u$  manjša ali večja od  $\sigma_v$ , opravimo iteracijo, dokler ni  $\sigma_u = \sigma_v$ .

### 3. DOLOČEVANJE KRITIČNE OBREMENTITVE Z DIFERENČNO METODO

Pri določevanju kritične obremenitve z diferenčno metodo izhajamo iz diferencialne enačbe upogiba pravokotne plošče z začetno ukrivljenostjo (1), pri čemer deformacijo prikažemo z

$$w_0 = \sum_{m=1}^m \sum_{n=1}^n a_{mn} \sin \frac{m \pi x}{a} \sin \frac{n \pi y}{b} \quad (17)$$

in deformacijo zaradi osne obremenitve z

$$w_1 = \sum_{m=1}^m \sum_{n=1}^n b_{mn} \sin \frac{m \pi x}{a} \sin \frac{n \pi y}{b} \quad (18)$$

kar zapišemo v matrični obliki

$$\{ w_0 \} = [A] \{ a \} \quad (19)$$

$$\{ w_1 \} = [A] \{ b \}$$

Z odvajanjem izrazov (17) in (18) in z vstavljanjem v levi del enačbe (1) dobimo

$$\begin{aligned} \frac{\partial^4 w}{\partial x^4} + 2 \frac{\partial^4 w}{\partial x^2 \partial y^2} + \frac{\partial^4 w}{\partial y^4} = \\ = \sum_{m=1}^m \sum_{n=1}^n b_{mn} \left( \frac{m^4 \pi^4}{a^4} + 2 \frac{m^2 n^2 \pi^4}{a^2 b^2} + \frac{n^4 \pi^4}{b^4} \right) \cdot \end{aligned} \quad (20)$$

$$\sin \frac{m \pi x}{a} \sin \frac{n \pi y}{b} =$$

$$\sum_{m=1}^m \sum_{n=1}^n b_{mn} \left( \frac{m^2 \pi^2}{a^2} + \frac{n^2 \pi^2}{b^2} \right)^2 \sin \frac{m \pi x}{a} \sin \frac{n \pi y}{b}$$

Odvajamo tudi desni del enačbe (1)

$$\begin{aligned} N_x \frac{\partial^2 (w_0 + w_1)}{\partial x^2} = -N_x \left( \sum_{m=1}^m \sum_{n=1}^n a_{mn} \frac{m^2 \pi^2}{a^2} \cdot \right. \\ \left. \sin \frac{m \pi x}{a} \sin \frac{n \pi y}{b} + \sum_{m=1}^m \sum_{n=1}^n b_{mn} \frac{m^2 \pi^2}{a^2} \cdot \right. \\ \left. \sin \frac{m \pi x}{a} \sin \frac{n \pi y}{b} \right) \end{aligned} \quad (21)$$

$$\begin{aligned} N_y \frac{\partial^2 (w_0 + w_1)}{\partial y^2} = -N_y \left( \sum_{m=1}^m \sum_{n=1}^n a_{mn} \frac{n^2 \pi^2}{b^2} \sin \frac{m \pi x}{a} \cdot \right. \\ \left. \sin \frac{n \pi y}{b} + \sum_{m=1}^m \sum_{n=1}^n b_{mn} \frac{n^2 \pi^2}{b^2} \sin \frac{m \pi x}{a} \sin \frac{n \pi y}{b} \right) \end{aligned}$$

Z uvedbo oznak

$$K_{mn} = \left( \frac{m^2 \pi^2}{a^2} + \frac{n^2 \pi^2}{b^2} \right)^2 \sin \frac{m \pi x}{a} \sin \frac{n \pi y}{b}$$

$$c_{mn} = \frac{m^2 \pi^2}{a^2} \sin \frac{m \pi x}{a} \sin \frac{n \pi y}{b} \quad (22)$$

$$d_{mn} = \frac{n^2 \pi^2}{b^2} \sin \frac{m \pi x}{a} \sin \frac{n \pi y}{b}$$

in za pritiske  $-N_x$  in  $-N_y$  dobi enačba (1) naslednjo matrično obliko

$$D [K] \{ b \} = [C] [N_x] \{ a \} + [C] [N_x] \{ b \} + [D] [N_y] \{ a \} + [D] [N_y] \{ b \} \quad (23)$$

Iz enačbe (23) določimo koeficiente  $b_{mn}$

$$\{ b \} = [F]^{-1} [G] \{ a \} \quad (24)$$

pri čemer je

$$[F] = D [K] - [C] [N_x] - [D] [N_y] \quad (25)$$

$$\text{in } [G] = [C] [N_x] + [D] [N_y]$$

S koeficienti  $b_{mn}$  določimo pomike  $w_1$  in momenta  $M_x$  n  $M_y$  iz enačbe (12)

$$\frac{\partial^2 w_1}{\partial x^2} = b_{mn} \frac{m^2 \pi^2}{a^2} \sin \frac{m \pi x}{a} \sin \frac{n \pi y}{b} = b_{mn} c_{mn} \quad (26)$$

$$\frac{\partial^2 w_1}{\partial y^2} = b_{mn} \frac{n^2 \pi^2}{b^2} \sin \frac{m \pi x}{a} \sin \frac{n \pi y}{b} = b_{mn} d_{mn}$$

Tako je iz enačbe (12)

$$\{ M_x \} = D [(C) + \nu (D)] \{ b \} \quad (27)$$

$$\{ M_y \} = D [(D) + \nu (C)] \{ b \}$$

Maksimalne vrednosti za momente dobimo za koeficiente  $c_{mn}$  in  $d_{mn}$  na sredini plošče, tj.  $x = a/2$  in  $y = b/2$ .

$$\text{maks } M_x = D \left( (c) \frac{a}{2} \frac{b}{2} + \nu (d) \frac{a}{2} \frac{b}{2} \right) \{ b \} \quad (28)$$

$$\text{maks } M_y = D \left( (d) \frac{a}{2} \frac{b}{2} + \nu (c) \frac{a}{2} \frac{b}{2} \right) \{ b \}$$

Za izbrane vrednosti  $N_x$  in  $N_y$  dobimo momente iz enačb (28), ki jih vstavimo v enačbi (11) in (16). Kritične vrednosti obremenitev  $N_x$  in  $N_y$  dobimo z iteracijo, dokler ni primerjalna napetost na sredini plošče enaka meji plastičnosti.

#### 4. DOLOČEVANJE KRITIČNE OBREMNITVE S PRERAZPREDITVIJO NAPETOSTI

Kritično obremenitev oziroma mejno nosilnost pri izbočenju pravokotnih plošč, osno tlačnih v obeh

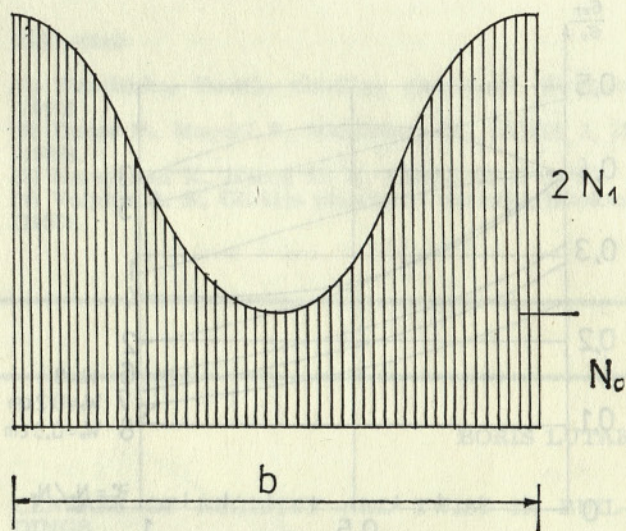
smereh, upoštevajoč prerazporeditev napetosti po dolžini in širini plošče, določimo iz prej zapisanih enačb (26) in (28). S prerazporeditvijo sil vzdolž roba plošče

$$N_x = N_{x0} + N_{1x} \left( 1 + \cos \frac{2 \pi y}{b} \right) \quad (29)$$

$$N_y = N_{0y} + N_{1y} \left( 1 + \cos \frac{2 \pi x}{a} \right)$$

določimo deformacijo plošče.

Prerazporeditev obremenitve po enačbah (29) je prikazana na sl. 3.



Slika 3. Prerazporeditev obremenitve

Dobljene momente iz enačb (28) uvrstimo v enačbo (11) in izračunamo primerjalno napetost iz (16). Iteracije opravljamo tako dolgo, dokler ne dosežemo meje plastičnosti vsaj v eni točki. Nato menjamo jakost obremenitve tako, da primerjalna napetost v vseh točkah srednje linije doseže mejo plastičnosti. Kritično obremenitev dobimo z integriranjem po Simpsonovi formuli.

#### 5. PRIMERI

Obravnavane so kvadratne plošče velikosti  $a = b = 100$  cm, debeline  $t = 0,5$  cm; 1,0 in 2,0 cm. Analizirani so vplivi osne obremenitve v eni ali obeh smereh. Po teoriji drugega reda menjamo začetno deformacijo od  $a/500$  do  $a/200$ . Rezultati so prikazani na diagramih.

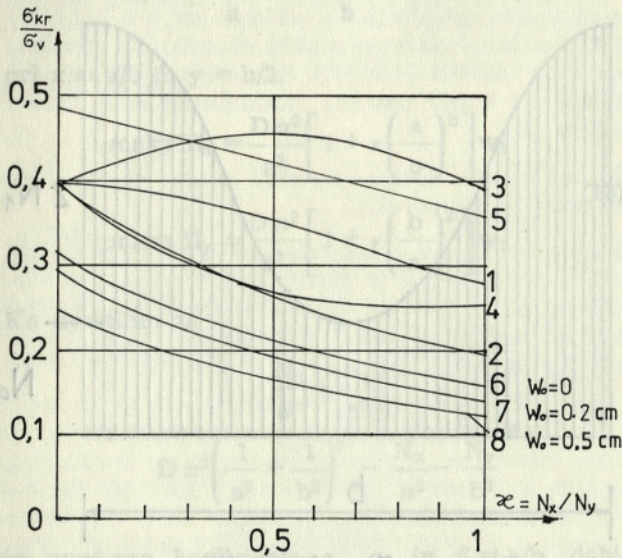
Za ploščo velikosti  $100 \times 100$  cm, debeline 1,0 cm in enosmerno obremenjene je  $\nu = 0$  določimo kritično obremenitev po enačbi (9)

$$N_{cr} = \frac{4 D \pi^2}{b^2} \frac{1}{\left( 1 + \nu \frac{a^2}{b^2} \right)^2} =$$



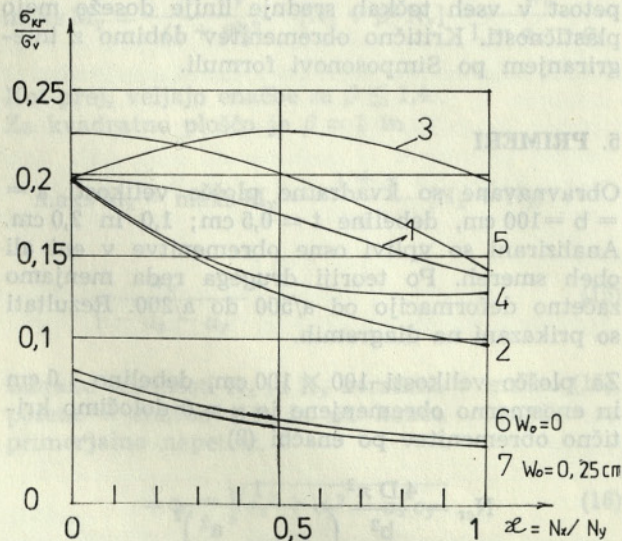
$$= \frac{4 \times 1923 \times \pi^2}{100^2} = 7,59 \text{ KN/cm}^2$$

Za ploščo, osno obremenjeno v obeh smereh, določimo kritično obremenitev za vrednosti  $\kappa = N_y/N_x$  od 0 do 1 po enačbah (9) in po teoriji II. reda brez in s prerazporeditvijo napetosti. Dobljene rezultate primerjamo z vrednostmi po JUS U.E7.121, DASt Ri012, EUROCODE3, TGL 13503, ISO TC 167/SC1 in z enačbo iz članka Dubas in drugi 2 ter prikažemo za ploščo  $a = b = 100$  cm in debeline 1,0 cm, na sl. 4. Za računanje s prerazporeditvijo napetosti je začetna deformacija 1/200.



Slika 4. Diagram kritične obremenitve za ploščo

$a/b = 1$  in  $t = 1,0$  cm  
 1. Dubas; 2. ISO; 3. JUS-EUROCODE; 4. TGL;  
 5. Prerazporeditev napetosti; 6.  $w_0 = 0$ ;  
 7.  $w_0 = 0,2$  cm; 8.  $w_0 = 0,5$  cm

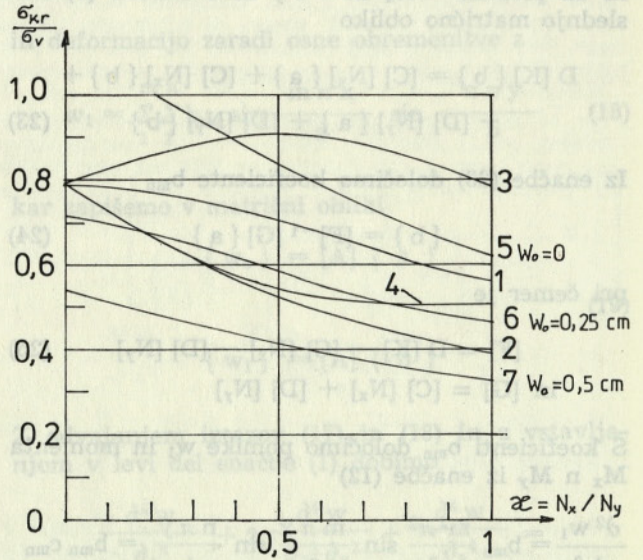


Slika 5. Diagram kritične obremenitve za ploščo

Za ploščo  $a = b = 100$  cm in debeline 0,5 cm so prikazane primerjave na sl. 5. Za izračun s prerazporeditvijo napetosti je začetna deformacija 1/400.

$a = b = 100$  cm in  $t = 0,5$  cm  
 1. Dubas; 2. ISO; 3. JUS-EUROCODE; 4. TGL;  
 5. Prerazporeditev napetosti; 6.  $w_0 = 0$ ; 7.  $w_0 = 0,5$  cm

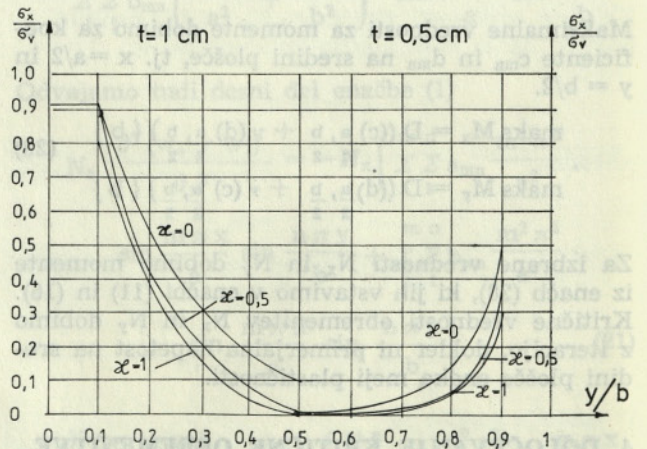
Za ploščo enakih dimenzij ter debeline 2,0 cm so rezultati primerjave prikazani na sl. 6. Tega primera nismo obravnavali s prerazporeditvijo napetosti.



Slika 6. Diagram kritične obremenitve za ploščo

$a = b = 100$  cm in  $t = 0,5$  cm  
 1. Dubas; 2. ISO; 3. JUS-EUROCODE; 4. TGL;  
 5.  $w_0 = 0$ ; 6.  $w_0 = 0,25$  cm; 7.  $w_0 = 0,5$  cm

Na sl. 7 je prikazana razporeditev napetosti za ploščo  $a = b = 100$  cm, dveh debelin,  $t = 1,0$  cm in  $t = 0,5$  cm, pri začetni deformaciji  $w_0 = 0,5$  cm oziroma  $w_0 = 0,25$  cm za odnose  $\kappa = N_y/N_x : 0,0, 0,5$  in  $1,0$ .



Slika 7. Diagram razporeditve napetosti v plošči za mejno nosilnost pri različnih odnosih obremenitve  $\kappa = N_y/N_x$ .

Levo:  $t = 1,0$  cm; desno:  $t = 0,5$  cm

## 6. SKLEP

Obravnavali smo mejna stanja izbočenja kvadratnih plošč, osno tlačeni v obeh smereh s silama  $N_x$  in  $N_y$ , vitkosti  $b/t = 50, 100$  in  $200$  iz jekla ČN 24. Omejili smo se na analizo kvadratnih plošč, saj zahteva obravnavanje vseh dimenzij in obremenitev veliko računskega dela. Plošče so razdeljene v  $10 \times 10$  polj, tako da pri tvorbi matrik upoštevamo 81 točk. Pri določevanju mejne obremenitve s prerazporeditvijo napetosti so upoštevane napetosti na robu enake tistim v prvi vrsti ob robu. Mejno stanje nosilnosti določimo iz polne plastifikacije prereza srednje linije plošče. Analizirali smo plošče debeline  $0,5$  in  $1,0$  cm za odnose  $N_y/N_x = 1,0, 0,5$  in  $0,0$ . Na sl. 5 in sl. 6 je prikazana primerjava rezultatov z vrednostmi kombiniranih kritičnih napetosti po drugih metodah. Plošče debeline  $2,0$  cm nismo obravnavali s prerazporeditvijo napetosti. Iz diagrama je razvidno, da se vrednosti kritičnih napetosti po JUS in EUROCODE3 za  $\kappa > 0,3$  razlikujejo za  $10\%$  do  $25\%$  od vrednosti, dobljenih s prej navedeno analizo, z vrednostmi po Dubasu pa do  $39\%$ .

Zaradi boljše pojasnitve problema bomo nadaljevali s teoretičnimi raziskavami drugih odnosov stranic, lokalnih pritiskov in z natančnejšim določevanjem napetosti po robu plošče s prerazporeditvijo napetosti.

S primerjavo rezultatov raziskave mejnih stanj po prikazani metodi s kritičnimi vrednostmi po Dubasu, ISO, TGL, DASt Ri012 ugotovimo, da se z večanjem odnosa  $N_y/N_x$  manjšajo kritične vrednosti napetosti pri izbočenju, medtem ko so v JUS in v EUROCODE3 za  $\kappa = 0,5$  večje kritične napetosti, za  $\kappa = 1,0$  pa so enake kot za  $\kappa = 0,0$ , iz česar sledi potreba po spremembi enačbe za kombinirane napetosti v naših predpisih.

## Literatura

- (1) Timošenko, Teorija elastične stabilnosti, Beograd (1952).
- (2) Dubas P., Maquoi R., Massonnet Ch., IABSE 3, 15 (1985).
- (3) Narayanan R., Horne M. R., IABSE 36—I (1976).
- (4) Voljmir A. S., Gibkije plastinki i oboločki, Moskva (1956).

## Togostna in torzijska središča stavb

UDK 699.841:624.042

BORIS LUTAR

### Povzetek

Podan je izračun togostnih in torzijskih središč horizontalno obremenjenih stavb. Lega središč je v splošnem odvisna od obtežbe in se po višini stavbe spreminja. Obravnavani so posebni primeri, ko središča niso odvisna od obtežbe in ko leže na vertikalni osi.

### CENTRES OF RIGIDITY AND TWIST IN BUILDINGS

#### Summary

The calculation of rigidity and twist centres of multi-story buildings is presented. The locations of centres is in general dependent on lateral load and varies with height. Two special cases are discussed: the case when the centres are not dependent on the lateral loads, and the case when they are located on the same vertical axis.

## 1. UVOD

Pojma togostno in torzijsko središče sta pogosto napačno interpretirana v analizi konstrukcij in literaturi. Ob obeh je moči zaslediti še pojma strižno središče in center rotacije, ki je pogosto privzet tudi kot togostno središče. V pravilniku o tehničnih normativih za graditev objektov visoke gradnje na potresnih območjih zasledimo v 34. členu, ki predpisuje izračun torzijskih momentov v nadstropjih konstrukcije, pojem togostno središče etaže (1). V pravilniku ni opredeljen in je mogoče sklepati, da je določitev togostnih središč enosta-

ven postopek. V teoriji tenkostenskih nosilcev poznamo težiščno os in os strižnih središč. Za nosilce konstantnih prerezov sta vzporedni, v splošnem ne sovpadata in nista odvisni od obtežbe nosilca.

Togostna in torzijska središča objektov v splošnem ne leže na vertikalnih oseh. Njihova lega je odvisna od obtežbe. Določitev koordinat etažnih togostnih in torzijskih središč je zahteven in zamuden postopek in brez uporabe računalnika težko izvedljiv.

Pri določitvi koordinat središč bomo upoštevali običajne predpostavke v preračunih stavb, obremenjenih s horizontalno obtežbo, kot so veljavnost teorije elastičnosti, majhni pomiki in neskončna togost etažnih plošč v njihovih ravninah. Enačbo

Avtor:  
mag. Boris Lutar, dipl. gr. inž., Univerza v Mariboru,  
Tehniška fakulteta VTO Gradbeništvo

konstrukcije, ki ustreza privzetim predpostavkam, lahko zapišemo;

$$\{F_x\} = [K_{xx}]\{U_x\} + [K_{xy}]\{U_y\} + [K_{xz}]\{U_z\} \quad (1a)$$

$$\{F_y\} = [K_{yx}]\{U_x\} + [K_{yy}]\{U_y\} + [K_{yz}]\{U_z\} \quad (1b)$$

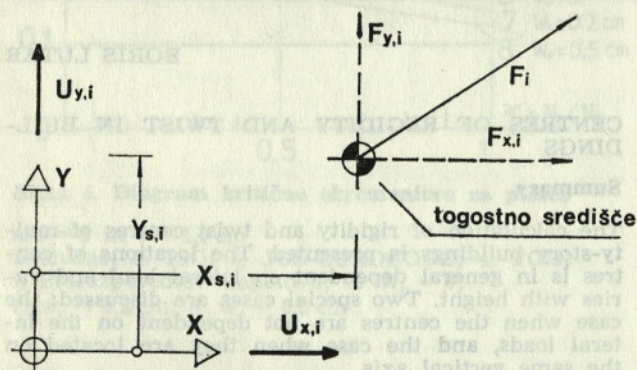
$$\{F_z\} = [K_{zx}]\{U_x\} + [K_{zy}]\{U_y\} + [K_{zz}]\{U_z\} \quad (1c)$$

V enačbah smo z  $\{U_x\}$  in  $\{U_y\}$  označili vektorja bistvenih pomikov v smereh (X) in (Y) osi konstrukcije, z  $\{U_z\}$  pa vektor zasukov. Vektorja  $\{F_x\}$  in  $\{F_y\}$  sta vektorja etažnih horizontalnih sil v smereh (X) in (Y) osi konstrukcije, vektor  $\{F_z\}$  je vektor etažnih torzijskih momentov konstrukcije.

## 2. IZRAČUN KOORDINAT TOGOSTNIH SREDIŠČ

Togostna središča so prijemališča rezultant horizontalnih etažnih sil konstrukcije, ki je obremenjena v etažah samo s silami, pri čemer se etažne ravnine premaknejo samo translatorno.

Na sliki 1 prikazujemo etažo konstrukcije, obremenjeno v togostnem središču s silo, koordinati togostnega središča in etažna pomika konstrukcije v smereh osi (X) in (Y).



Slika 1

V skladu z opredelitvijo pojma togostnega središča velja:

$$\{U_z\} = \{0\} \quad (2)$$

$$\{F_z\} = -[F_x]\{Y_s\} + [F_y]\{X_s\} = -[Y_s]\{F_x\} + [X_s]\{F_y\} \quad (3)$$

Z  $[F_x]$ ,  $[F_y]$ ,  $[X_s]$  in  $[Y_s]$  smo označili diagonalne kvadratne matrike, katerih členi so enaki členom vektorjev  $\{F_x\}$ ,  $\{F_y\}$ ,  $\{X_s\}$  in  $\{Y_s\}$ . Vektorja  $\{X_s\}$  in  $\{Y_s\}$  sta vektorja etažnih abscis in ordinat togostnih središč. Po vstavitvi izrazov (2) in (3) v enačbe (1), izračunu vektorjev  $\{U_x\}$  in  $\{U_y\}$  iz enačb (1a) in (1b), vstavitvi dobljenih izrazov v enačbo (1c) in njeni ureditvi preide ta v obliko:

$$[D]\{F_x\} + [C]\{F_y\} = -[F_x]\{Y_s\} + [F_y]\{X_s\} \quad (4a)$$

$$[D]\{F_x\} + [C]\{F_y\} = -[Y_s]\{F_x\} + [X_s]\{F_y\} \quad (4b)$$

$$[A] = [K_{xx}] - [K_{xy}][K_{yy}]^{-1}[K_{yx}] \quad (5a)$$

$$[B] = [K_{yy}] - [K_{yx}][K_{xx}]^{-1}[K_{xy}] \quad (5b)$$

$$[C] = [K_{zy}][B]^{-1} - [K_{zx}][A]^{-1}[K_{xy}][K_{yy}]^{-1} \quad (5c)$$

$$[D] = [K_{zx}][A]^{-1} - [K_{zy}][B]^{-1}[K_{yx}][K_{xx}]^{-1} \quad (5d)$$

Vektorja  $\{F_x\}$  in  $\{F_y\}$  sta v splošnem linearno neodvisna. Iz enačb (4a) oziroma (4b) dobimo izraza za izračun koordinat togostnih središč.

$$\begin{aligned} [D]\{F_x\} &= -[F_x]\{Y_s\} \\ [C]\{F_y\} &= [F_y]\{X_s\} \end{aligned} \quad (6a)$$

$$\begin{aligned} [D]\{F_x\} &= -[Y_s]\{F_x\} \\ [C]\{F_y\} &= [X_s]\{F_y\} \end{aligned} \quad (6b)$$

Koordinate togostnih središč so odvisne od obtežbe, središča pa v splošnem ne leže na vertikalni osi. V primeru, ko velja

$$[F_x]^{-1}[F_x] = [I] \quad (7)$$

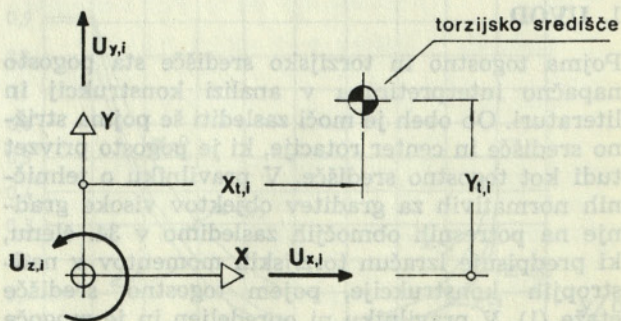
lahko enačbi (6a) zapišemo

$$\begin{aligned} \{X_s\} &= [F_y]^{-1}[C][F_y] \\ \{Y_s\} &= -[F_x]^{-1}[D][F_x] \end{aligned} \quad (8)$$

## 3. IZRAČUN KOORDINAT TORZIJSKIH SREDIŠČ

Torzijska središča so točke, ki se pri obremenitvi konstrukcije samo z etažnimi torzijskimi momenti translatorno ne premaknejo.

Na sliki 2 prikazujemo premike etaže v smeri koordinatnih osi konstrukcije in koordinati torzijskega središča.



Slika 2

V skladu z opredelitvijo pojma torzijskega središča in privzetimi teoretičnimi izhodišči velja:

$$\{F_x\} = \{0\} \quad (9 \text{ a})$$

$$\{F_y\} = \{0\} \quad (9 \text{ b})$$

$$\{U_x\} = [U_z] \{X_t\} \quad (9 \text{ c})$$

$$\{U_y\} = - [U_z] \{Y_t\} \quad (9 \text{ d})$$

V izrazih (9) smo z  $[U_z]$  označili kvadratno diagonalno matriko, katere členi so enaki členom vektorja  $U_z$ . Z vektorjema  $X_t$  in  $Y_t$  pa vektorja abscis in ordinat etažnih torzijskih središč. Po vstavitvi izrazov (9) v enačbi (1 a) in (1 b) dobimo za vektorja pomikov izraza

$$\{U_x\} = - [A]^{-1} [E] \{U_z\} \quad (10)$$

$$\{U_y\} = - [B]^{-1} [F] \{U_z\} \quad (11)$$

$$[E] = [K_{xz}] - [K_{xy}] [K_{yy}]^{-1} [K_{yz}] \quad (12 \text{ a})$$

$$[F] = [K_{yz}] - [K_{yx}] [K_{xx}]^{-1} [K_{xz}] \quad (12 \text{ b})$$

Ker velja tudi

$$[D]^T = [A]^{-1} [E] \quad (13)$$

$$[C]^T = [B]^{-1} [F]$$

lahko enačbi (10) in (11) zapišemo

$$\{U_x\} = - [D]^T \{U_z\} \quad (10 \text{ a})$$

$$\{U_y\} = - [C]^T \{U_z\} \quad (11 \text{ b})$$

Ko vstavimo za vektorja pomikov v enačbi (9 c) in (9 d) izraza (10 a) in (11 a), dobimo enačbi za izračun koordinat torzijskih središč.

$$[D]^T \{U_z\} = - [U_z] \{Y_t\} \quad (14)$$

$$[C]^T \{U_z\} = [U_z] \{X_t\}$$

Koordinate etažnih torzijskih središč so odvisne od torzijskih zasukov, s tem pa posredno od torzijskih momentov oziroma obtežbe. Če vstavimo izraza (10 a) in (11 a) v enačbo (1 c), lahko iz nje izrazimo vektor torzijskih zasukov konstrukcije.

$$\{U_z\} = [G]^{-1} \{F_z\} \quad (15)$$

$$[G] = [K_{zz}] - [K_{zx}] [D]^T - [K_{zy}] [C]^T \quad (16)$$

V primeru, ko velja

$$[U_z]^{-1} [U_z] = [I] \quad (17)$$

lahko enačbi za določitev koordinat torzijskih središč zapišemo

$$\{X_t\} = [U_z]^{-1} [C] \{U_z\} \quad (18)$$

$$\{Y_t\} = - [U_z]^{-1} [D] \{U_z\}$$

#### 4. POSEBNI PRIMERI

Pokazali smo, da so koordinate togostnih in torzijskih središč odvisne od obtežbe, da v splošnem ne leže na vertikalnih oseh in da so v etažnih ravninah različne točke. Togostna in torzijska središča se ujemajo samo v primeru, če sta matriki  $[C]$  in  $[D]$  diagonalni. Če lahko taki matriki izrazimo z enotsko matriko, leže središča na vertikalni osi.

Obravnavali bomo konstrukcijo, sestavljeno iz togostno proporcionalnih ravninskih okvirov ali konzol. Primerjalno togostno matriko označimo s  $[K_p]$ , faktorje proporcionalnosti pa s  $(P_i)$ . Število togostno proporcionalnih elementov bodi  $(m)$ . Računski model konstrukcije ustreza prevdo-tridimenzionalnemu modelu, ki ga uporablja program EAVEK (3). Zato privzamemo iz (3) izraze za izračun podmatrik togostne matrike konstrukcije. Element (okvir, konzolo), naklonski kot njegove osi in koordinati strižnega središča elementa prikazujemo na sliki 3.

$$[K_{xx}] = [K_p] \cdot G_1 \quad (19 \text{ a})$$

$$[K_{xy}] = [K_p] \cdot G_2 \quad (19 \text{ b})$$

$$[K_{xz}] = [K_p] \cdot G_3 \quad (19 \text{ c})$$

$$[K_{yy}] = [K_p] \cdot G_4 \quad (19 \text{ d})$$

$$[K_{yz}] = [K_p] \cdot G_5 \quad (19 \text{ e})$$

$$[K_{zz}] = [K_p] \cdot G_6 \quad (19 \text{ f})$$

$$G_1 = \sum_m C_i^2 \cdot P_i \quad (20 \text{ a})$$

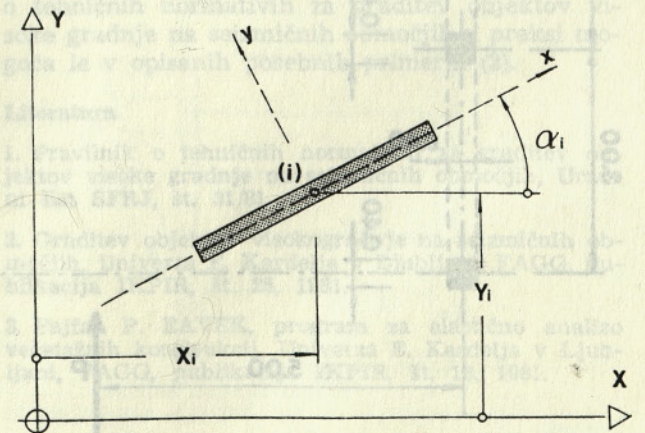
$$G_2 = \sum_m C_i \cdot S_i \cdot P_i \quad (20 \text{ b})$$

$$G_3 = \sum_m (X_i \cdot S_i \cdot C_i - Y_i \cdot C_i^2) \cdot P_i \quad (20 \text{ c})$$

$$G_4 = \sum_m S_i^2 \cdot P_i \quad (20 \text{ d})$$

$$G_5 = \sum_m (X_i \cdot S_i^2 - Y_i \cdot C_i \cdot S_i) \cdot P_i \quad (20 \text{ e})$$

$$G_6 = \sum_m (Y_i^2 \cdot C_i^2 + X_i^2 \cdot S_i^2 - 2 \cdot X_i \cdot Y_i \cdot S_i \cdot C_i) \cdot P_i$$



Slika 3

$$\begin{aligned} \cdot P_i & \quad (20 f) \\ S_i = \sin(\alpha_i) & \quad (20 g) \\ C_i = \cos(\alpha_i) & \quad (20 h) \end{aligned}$$

Izrazi matrik, potrebnih za izračun togostnih in torzijskih središč, se glase:

$$[A] = \frac{G_1 \cdot G_4 - G_2}{G_4} [Kp] \quad (21)$$

$$[B] = \frac{G_1 \cdot G_4 - G_2}{G_1} [Kp] \quad (22)$$

$$[C] = \frac{G_1 \cdot G_5 - G_2 \cdot G_3}{G_1 \cdot G_4 - G_2} [I] \quad (23)$$

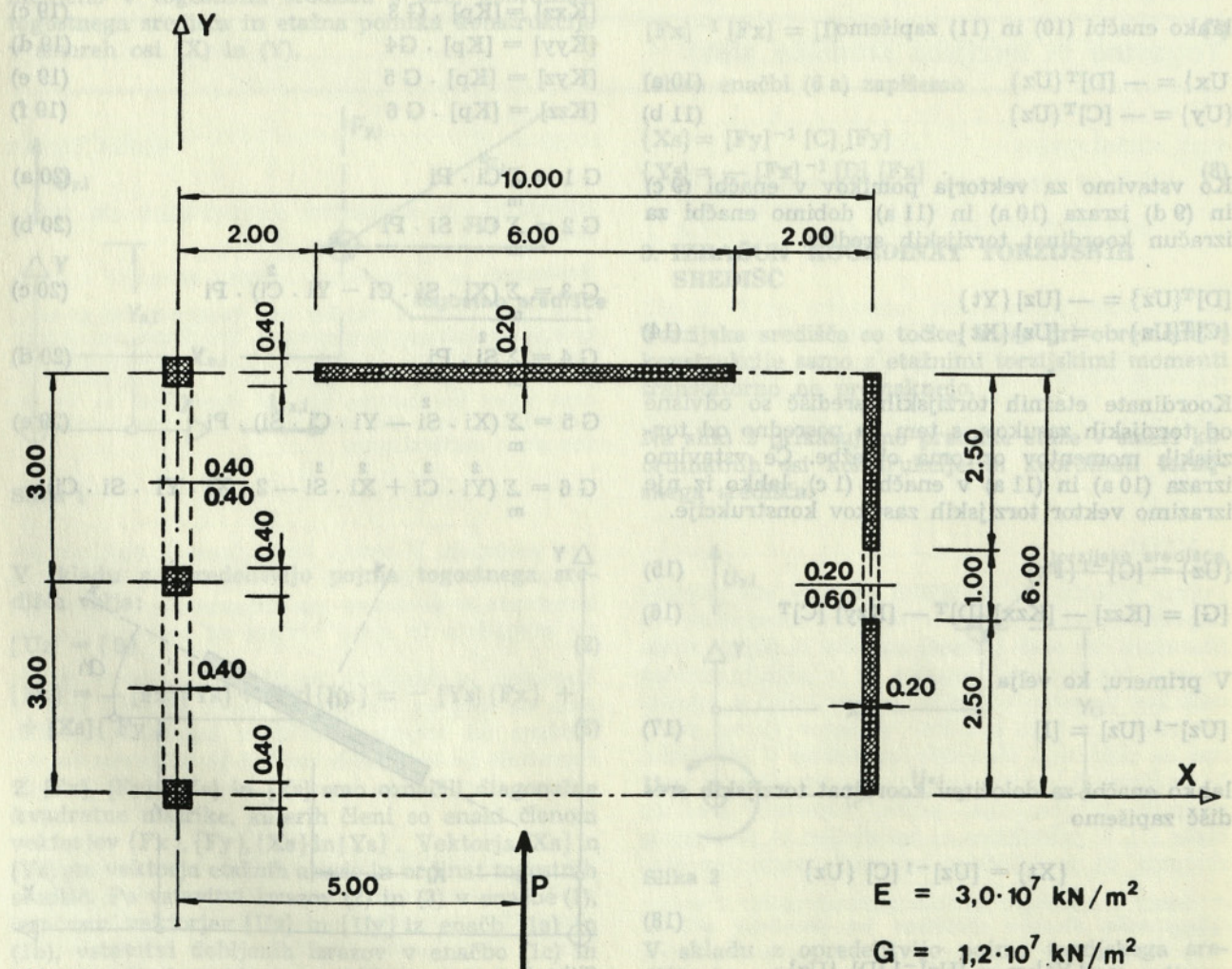
$$[D] = \frac{G_3 \cdot G_4 - G_2 \cdot G_5}{G_1 \cdot G_4 - G_2} [I] \quad (24)$$

Iz matrik in enačb za izračun koordinat togostnih in torzijskih središč vidimo, da so neodvisna od obtežbe, da se ujemajo in leže na vertikalni osi. Izračun je še enostavnejši, ko so osi elementov vzporedne z (X) in (Y) osjo konstrukcije.

## 5. PRIMER

Za idealizirano šestetažno konstrukcijo, katere tloris je podan na sliki 4, prikazujemo lego togostnih središč za dva obtežna primeri. Etažna višina je 3,00 m, konstrukcija pa je obremenjena v obeh obtežnih primerih s silami (P), ki delujejo v smeri koordinatne osi (Y) na prikazani oddaljenosti od koordinatnega izhodišča. Sestavljena je iz ravninskega okvira, konzole in stene z odprtini. Obremenitve v obeh obtežnih primerih prevzemata le ravninski okvir in stena z odprtini. Konzola je neobremenjena, ker se v smeri svoje osi ne deformira. Uporabljene enote so (kN, m, rad).

Izračunane premike v smeri koordinatnih osi in abscise togostnih središč (Xs) podajamo po obtežnih primerih v razpredelnicah, spreminjanje abscis togostnih središč pa prikazujemo tudi grafično na sliki 5. V razpredelnicah smo z (Xsp) označili lego togostnih središč, ki jo izračunamo iz momentnega ravnotežnega pogoja rezultante zunanje obtežbe v etaži ter izračunanih etažnih prečnih sil stebrov in sten. Zaradi dejstva, da horizontalne sile, ki delujejo v etažnem togostnem



Slika 4

središču, ne povzročajo torzijskega zasuka, se pri znani porazdelitvi horizontalne obtežbe na nosilne elemente v praksi uporablja za določitev koordinat togostnih središč momentni ravnotežni pogoj.

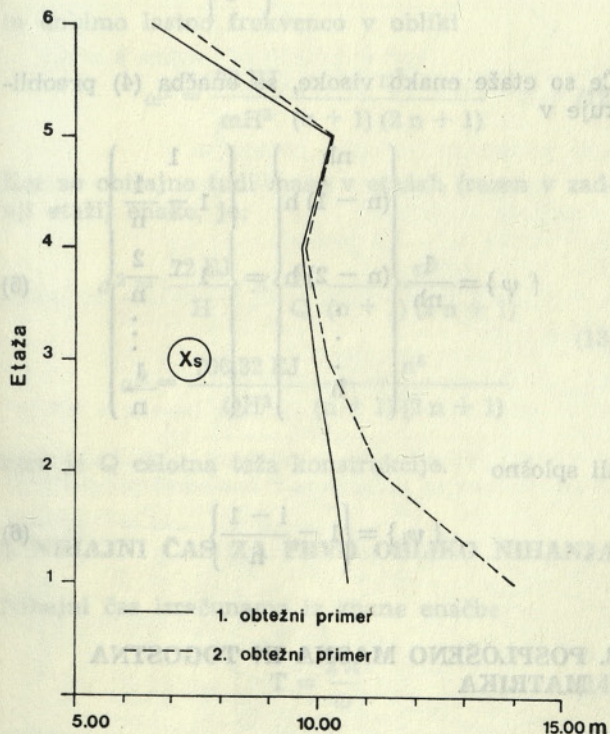
Razpredelnica in slika 5 prikazujejo odvisnost togostnih središč od obtežbe in spreminjanje lege po višini stavbe. Izračun obscis togostnih središč iz momentnega ravnotežnega pogoja ob znani po-

**Obtežni primer 2:**

Etaža	P	U <sub>x</sub>	U <sub>y</sub>	U <sub>z</sub>	X <sub>s</sub>	X <sub>sp</sub>
1	100,00	— 0,00354	0,00622	— 0,00133	10,32254	5,00
2	100,00	— 0,00800	0,01424	— 0,00059	10,62015	5,00
3	100,00	— 0,01174	0,02114	— 0,00196	9,93953	5,00
4	100,00	— 0,01458	0,02658	— 0,00243	9,67044	5,00
5	100,00	— 0,01650	0,03048	— 0,00275	10,28598	5,00
6	100,00	— 0,01755	0,03286	— 0,00292	6,58987	5,00

**Obtežni primer 1:**

Etaža	P	U <sub>x</sub>	U <sub>y</sub>	U <sub>z</sub>	X <sub>s</sub>	X <sub>sp</sub>
1	100,00	— 0,02177	0,02256	— 0,00213	14,03148	5,00
2	200,00	— 0,03060	0,05476	— 0,00510	11,24015	5,00
3	300,00	— 0,04723	0,08559	— 0,00787	10,19385	5,00
4	400,00	— 0,06121	0,11226	— 0,01020	9,72351	5,00
5	500,00	— 0,07155	0,13285	— 0,01192	10,29668	5,00
6	600,00	— 0,07752	0,14599	— 0,01292	7,16547	5,00



Slika 5

razdelitvi sil na elemente je napačen. Obtežba, ki deluje v tako izračunanih togostnih središčih, povzroča v splošnem tudi torzijske zasuke.

**6. SKLEP**

Določitev koordinat togostnih in torzijskih središč stavb je v splošnem zahteven postopek, ki ga brez uporabe ustreznih programskih orodij težko izvedemo. Ker je lega središč odvisna od obtežbe, moramo za vsak obtežni primer postopek ponoviti. Napačna določitev togostnih središč stavb je vzrok napačno izračunanih obremenitev elementov. Zato je uporaba izraza v 34. členu pravilnika o tehničnih normativih za graditev objektov visoke gradnje na seizmičnih območjih v praksi mogoča le v opisanih posebnih primerih (2).

**Literatura**

1. Pravilnik o tehničnih normativih za graditev objektov visoke gradnje na seizmičnih območjih, Uradni list SFRJ, št. 31/81.
2. Graditev objektov visokogradnje na seizmičnih območjih. Univerza E. Kardelja v Ljubljani, FAGG, publikacija IKPIR, št. 25, 1981.
3. Fajfar P. EAVEK, program za elastično analizo večetažnih konstrukcij, Univerza E. Kardelja v Ljubljani, FAGG, publikacija IKPIR, št. 13, 1981.

# Približna določitev nihajne dobe konstrukcije

UDK 624.044:531.3

BRANKO BEDENIK, IRENA URŠIČ

## Povzetek

Na podlagi Rayleighove metode za določitev lastnih frekvenc in nihajnih oblik je ob predpostavki linearne interpolacije izveden izraz za enostavno določitev nihajne dobe zgradbe s koncentriranimi masami v etažnih nivojih glede na poljubno število etaž in celotno težo zgradbe.

## Summary

The circular natural frequency  $\omega$  and the period  $T$  is determined from the linear deformational shape interpolation, based on the Rayleigh-Ritz method. An assumption of concentrated masses in storey levels is taken into account in the final equation but a more general case can be calculated from other equations.

## 1. UVOD

Lastne frekvence konstrukcije lahko na dovolj enostaven način izračunamo z uporabo Rayleighove metode. Pri tej metodi računamo s posplošeno maso

$$m^* = \{ \psi \}^T [M] \{ \psi \} \quad (1)$$

in s posplošeno togostjo

$$k^* = \{ \psi \}^T [K] \{ \psi \} \quad (2)$$

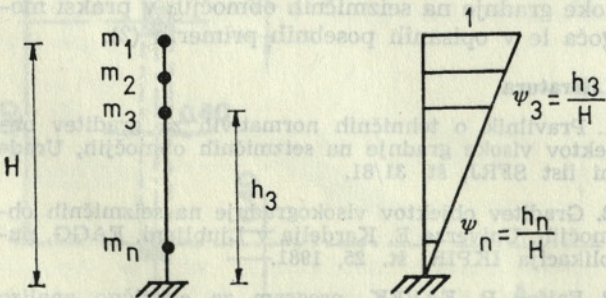
kjer je  $\{ \psi \}$  vektor predpostavljenih pomikov konstrukcije (upogibnica) in sta  $[M]$  in  $[K]$  masna ter togostna matrika konstrukcije. Lastno frekvenco konstrukcije izračunamo z izrazom

$$\omega^2 = \frac{k^*}{m^*} \quad (3)$$

iz katerega dobimo nihajni čas.

## 2. DEFORMACIJSKA LINIJA

Natančnost frekvence, ki jih izračunamo s to metodo, je odvisna od predpostavljene deformacijske linije. Boljšo deformacijsko linijo predpostavimo, natančnejša bo izračunana frekvenca.



Slika 1. Deformacijska linija

Avtorja:  
Irena Uršič, dipl. inž. gradb., stažist raziskovalec, TF Maribor VTO Gradbeništvo

Predpostavimo linearno deformacijsko linijo, ki pri koncentriranih masah daje dovolj dobre rezultate.

Vektor deformacijske linije je

$$\{ \psi \} = \frac{1}{H} \begin{Bmatrix} h_1 \\ h_2 \\ h_3 \\ \vdots \\ h_n \end{Bmatrix} \quad (4)$$

Če so etaže enako visoke, se enačba (4) preoblikuje v

$$\{ \psi \} = \frac{1}{nh} \begin{Bmatrix} nh \\ (n-1)h \\ (n-2)h \\ \vdots \\ h \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} 1 \\ 1 - \frac{1}{n} \\ 1 - \frac{2}{n} \\ \vdots \\ \frac{1}{n} \end{Bmatrix} \quad (5)$$

ali splošno

$$\{ \psi_i \} = \left\{ 1 - \frac{i-1}{n} \right\} \quad (6)$$

## 3. POSPLOŠENO MASNA IN TOGOSTNA MATRIKA

Glede na znan vektor  $\psi$  lahko iz vrednotimo izraze (1) in (2) in dobimo:

$$m^* = \sum_{i=1}^n m_i \left( 1 - \frac{i-1}{n} \right)^2 \quad (7)$$

$$k^* = \frac{\sum J_i}{n^2} \frac{12 E}{h^3} \quad (8)$$

S primernimi matematičnimi sredstvi lahko enačbo (7) preoblikujemo in dobimo

$$m^* = \sum_{i=1}^n m_i \frac{(n+1)(2n+1)}{6n} \quad (9)$$

kjer so  $m_i$  mase v posameznih etažah in je  $n$  število etaž.

#### 4. DOLOČITEV LASTNE FREKVENCE

Lastno frekvenco iz vrednotimo iz enačbe (3):

$$\omega^2 = \frac{k^*}{m^*} = \frac{72 E \sum J_i}{m \times h^3} \frac{1}{n(n+1)(2n+1)} \quad (10)$$

Če so vsi vztrajnostni momenti enaki, dobimo

$$\omega^2 = \frac{72 E J}{m h^3} \frac{1}{(n+1)(2n+1)} \quad (11)$$

Nadalje predpostavimo, da so vse etažne višine enake

$$H = nh$$

in dobimo lastno frekvenco v obliki

$$\omega^2 = \frac{72 E J}{m H^3} \frac{n^3}{(n+1)(2n+1)} \quad (12)$$

Ker so običajno tudi mase v etažah (razen v zadnji etaži) enake, je:

$$\omega^2 = \frac{72 E J}{H} \times \frac{g}{Q} \frac{n^4}{(n+1)(2n+1)} \quad (13)$$

$$\omega^2 = \frac{706,32 E J}{Q H^3} \frac{n^4}{(n+1)(2n+1)}$$

kjer je  $Q$  celotna teža konstrukcije.

#### 5. NIHAJNI ČAS ZA PRVO OBLIKO NIHANJA

Nihajni čas izračunamo iz znane enačbe

$$T = \frac{2\pi}{\omega} \quad (14)$$

Z vstavljanjem enačbe (13) v enačbo (14) dobimo:

$$T = \frac{0,2364}{n^2} \sqrt{\frac{H^3 Q}{E J} (n+1)(2n+1)} \quad (15)$$

Oznake pomenijo:

$Q$  = celotna masa objekta (kg)

$H$  = višina objekta (m)

$E$  = modul elastičnosti (N/m<sup>2</sup>)

$J$  = vztrajnostni moment v obravnavani smeri (m<sup>4</sup>)

$n$  = število etaž

Včasih je primerno, da celotno višino objekta  $H$  izrazimo z etažno višino  $h$ , nihajni čas je sedaj

$$T = 0,2364 \sqrt{\frac{(n+1)(2n+1)}{n}} \sqrt{\frac{Qh^3}{EJ}} \quad (16)$$

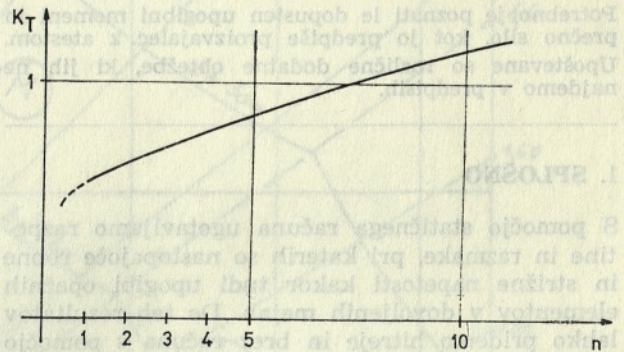
ali tudi z uvedbo funkcije  $K_T$

$$K_T = 0,2364 \sqrt{\frac{(n+1)(2n+1)}{n}} \quad (17)$$

dobimo končni izraz za nihajni čas

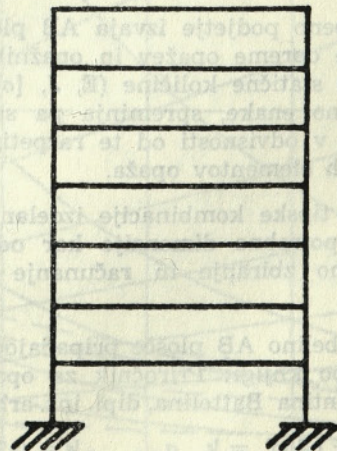
$$T = K_T \sqrt{\frac{Qh}{EJ}} \quad (18)$$

Enačbo (17) upodobimo v grafu, iz katerega lahko hitro prečitamo vrednost glede na število etaž.



Slika 2. Odvisnost enačbe (17) od števila etaž

#### 6. PRIMER



Izračunajmo nihajni čas za 7-etažni okvir etažne višine 2,70 m, masa objekta je 700 t, stebri so dimenzij  $b/d = 0,3 \times 0,5$  m iz betona MB 30.



Togost EJ znaša

$$EJ = 32 \times 10^9 \times \frac{0,3 \times 0,5^3}{12} \times 2 = 2 \times 10^8 \text{ Nm}^2$$

Nihajni čas je

$$T = 0,2364 \sqrt{\frac{(7+1)(14+1)}{7}} \sqrt{\frac{700 \times 10^3 \times 2,7^3}{10^8}}$$

$$= 0,987 \times 0,362 = 0,256 \text{ sec.}$$

7. SKLEP

Iz vrednotene enačbe za izračun nihajnega časa za konstrukcije s koncentriranimi masami v etažnih nivojih dajejo približne rezultate, ki pa so lahko zaradi svoje enostavnosti pripomoček konstrukterju pri snovanju konstrukcije.

Literatura:

[1] P. Fajfar: Dinamika gradbenih konstrukcij. Ljubljana, 1977.  
 [2] S. Warburton: The Dynamical Behaviour of Structures Pergamon Press, 1976.

Diagrami g-f za opažne sisteme AB plošč

UDK 624.04:694.3

DRAGO BETON

Povzetek

Predstavljeni diagrami nudijo operativcem in projektantom opažev potrebne podatke o razponu in razmaku različnih tipskih nosilcev kakor tudi upogibek kot funkcijo dbeline plošč in vrste opaža. Potrebno je poznati le dopusten upogibni moment in prečno silo, kot jo predpiše proizvajalec z atestom. Upoštevane so različne dodatne obtežbe, ki jih ne najdemo v predpisih.

1. SPLOŠNO

S pomočjo statičnega računa ugotavljamo razpetine in razmake, pri katerih so nastopajoče robne in strižne napetosti kakor tudi upogibi opažnih elementov v dovoljenih mejah. Do teh rezultatov lahko pridemo hitreje in brez računa s pomočjo izdeanih diagramov, potrebni dokaz pa se ahko izvede naknadno z ustreznimi formulami, ki so zbrane v dodatku.

Vsako gradbeno podjetje izvaja AB plošče s pomočjo tipske opreme opažev in opažnih nosilcev, za katere so statične količine (E, J, [σ], [τ], [M] in [Q]) vedno enake, spreminja pa se debelina AB plošč in v odvisnosti od te razpetine in razmaki nosilnih elementov opaža.

Iz takih, za tipske kombinacije izdelanih diagramov lahko potrebne dimenzije kar odčitamo in si prihranimo zbiranje in računanje potrebnih količin.

Za vsako debelino AB plošče pripadajoča obtežba je izbrana po knjigi: Priročnik za opaže I. del, avtorja Valentina Battelina, dipl. inž. arh., str. 154.

$$q = g + p' + p'' \quad p' = k \cdot g \quad k = 0,7 - 1,0$$

Summary

The graphs presented in this paper offer essential data for builders and scaffold designerson beam and support spans, giving deflections as a function of slab thickness and supporting beams type. It is necessary to know only allowable bending moment and shear force, as stated by the producer of the beam. Different additional loads are evaluated in Tables which are not given in present building codes.

$$p'' = 1,5 \text{ kN/m}^2 \quad \text{volim } k = 0,7$$

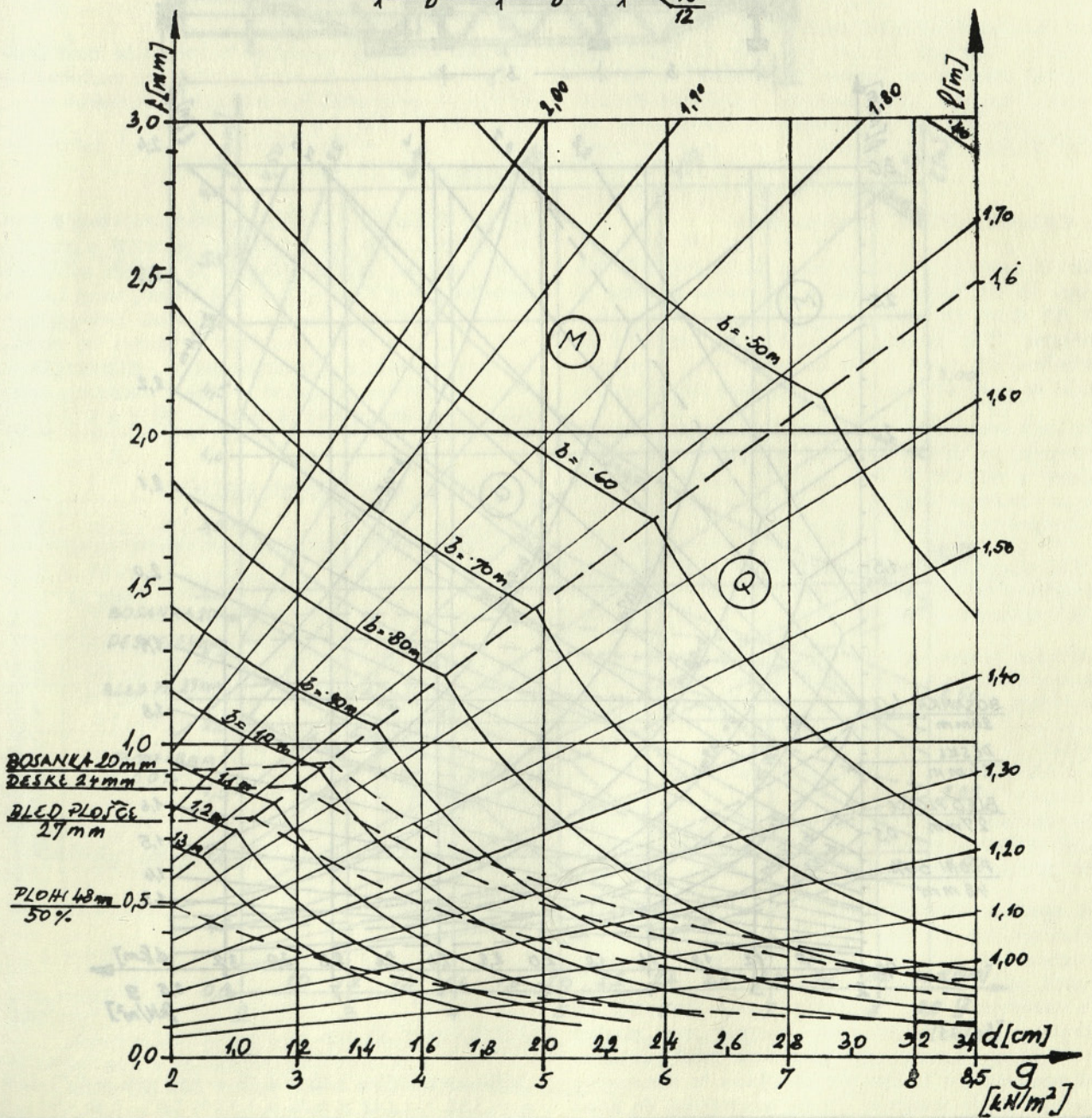
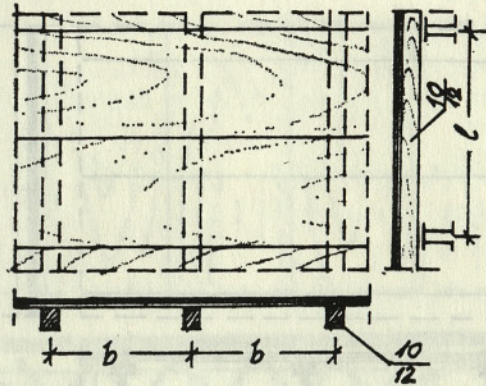
$$q = d_{(m)} \times 25 \times 1,7 + 1,5 \text{ kN/m}^2,$$

- kjer posamezne označbe pomenijo:
- q — celotna obtežba, odločilna za račun robnih in strižnih napetosti
- g — lastna teža AB plošče
- p' — vpliv vibracij
- k — vibracijski koeficient, ki je odvisen od lastne teže g
- p'' — koristna obtežba
- d<sub>(m)</sub> — debelina AB plošče v m
- 25 — prostorninska teža svežega betona v kN/m<sup>3</sup>.

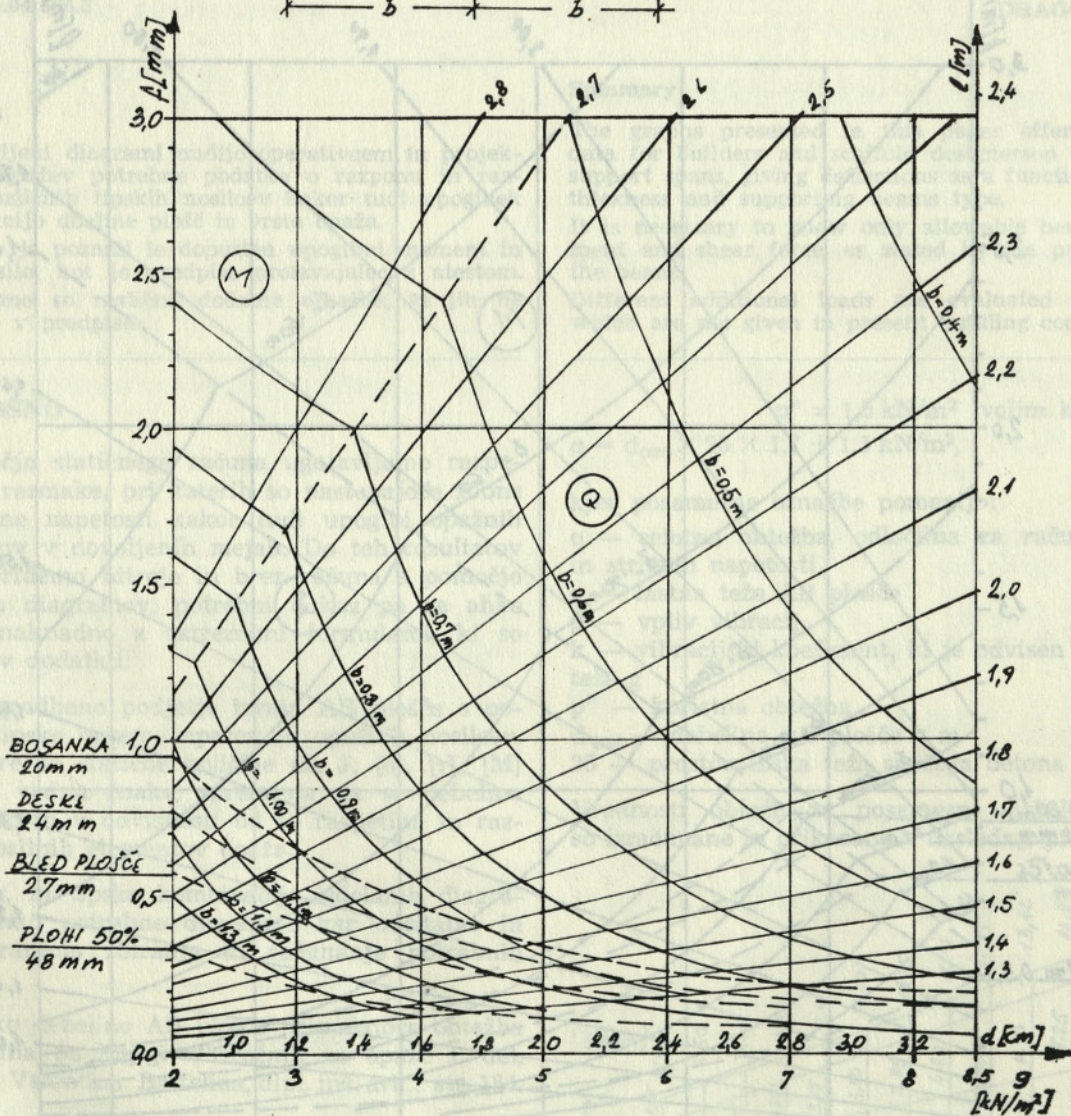
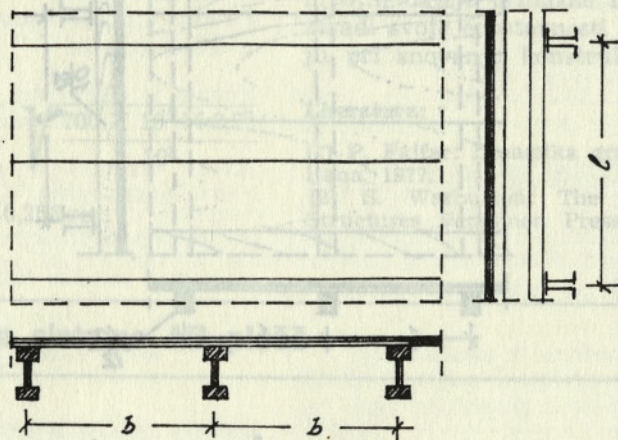
Vrednosti obtežb za posamezne debeline plošč so izračunane in prikazane v naslednji preglednici:

	1,20	1,25	1,30	1,35	1,40	1,45	1,50	1,55	1,60	1,65	1,70	1,75	1,80	1,85	1,90	1,95	2,00
g [kN/m <sup>2</sup> ]	3,00	3,20	3,40	3,60	3,80	4,00	4,20	4,40	4,60	4,80	5,00	5,20	5,40	5,60	5,80	6,00	6,20
p' [kN/m <sup>2</sup> ]	2,10	2,24	2,38	2,52	2,66	2,80	2,94	3,08	3,22	3,36	3,50	3,64	3,78	3,92	4,06	4,20	4,34
p'' [kN/m <sup>2</sup> ]	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50
q [kN/m <sup>2</sup> ]	6,60	7,15	7,70	8,25	8,80	9,35	9,90	10,45	11,00	11,55	12,10	12,65	13,20	13,75	14,30	14,85	15,40
d <sub>(m)</sub>	0,10	0,12	0,14	0,16	0,18	0,20	0,22	0,24	0,26	0,28	0,30	0,32	0,34	0,36	0,38	0,40	0,42

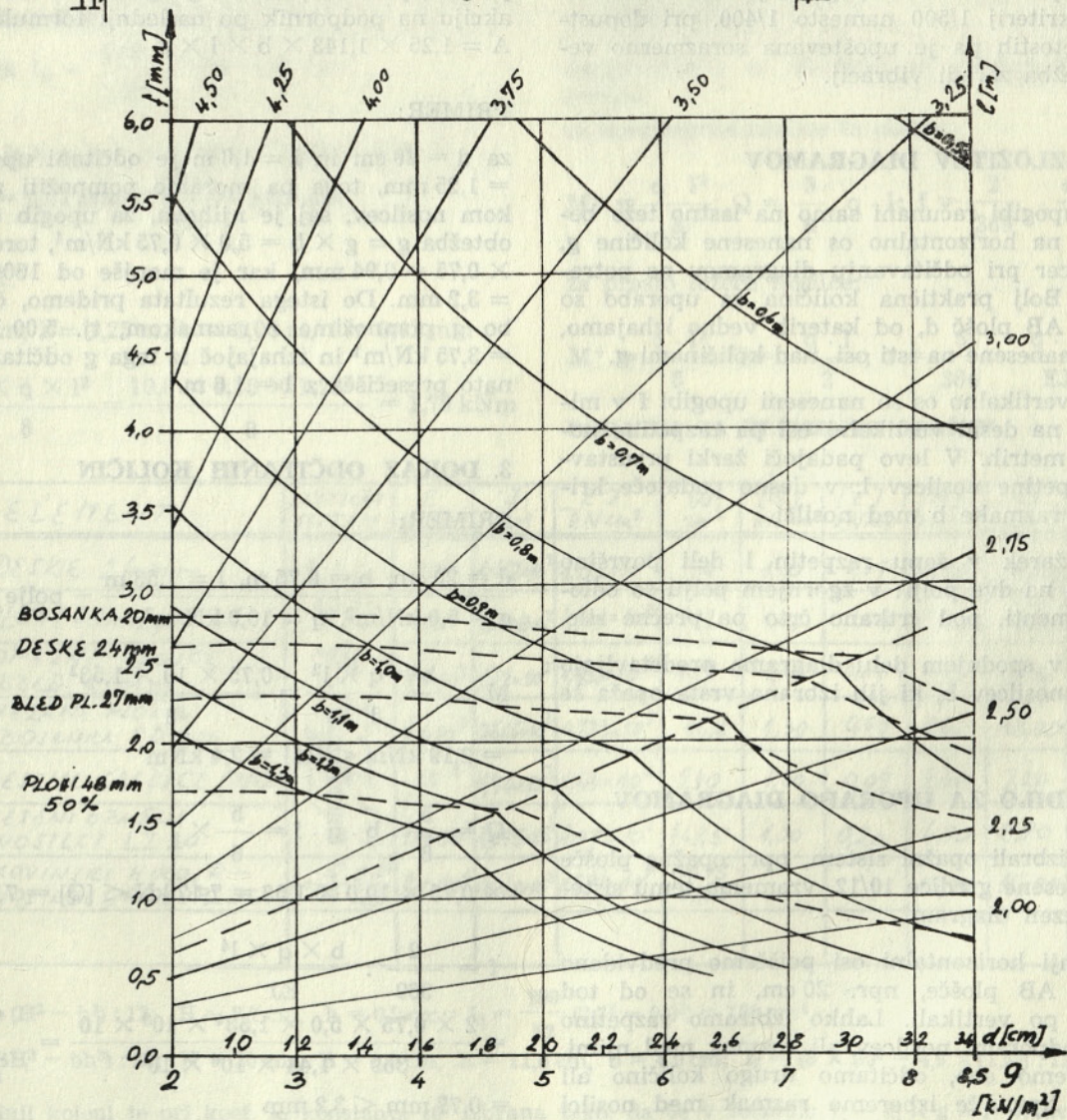
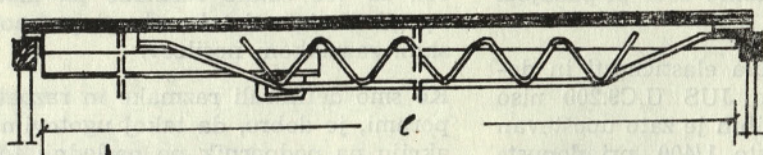
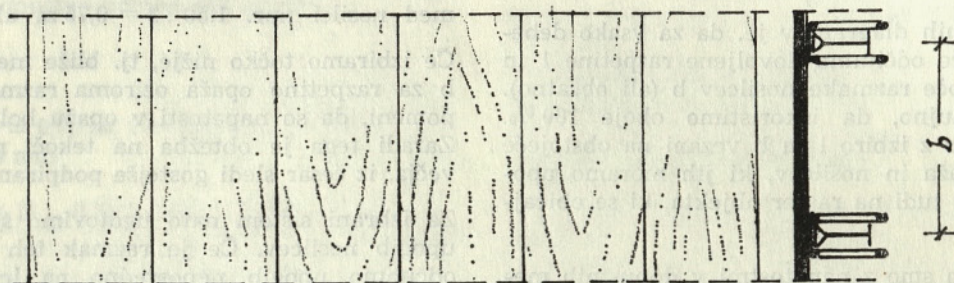
g-f DIAGRAM ZA LESENE GREVICE 10/12



g-f DIAGRAM ZA LESENE OPAŽNE NOSILCE LI 20



g-f DIAGRAM ZA KOVINSKE (R) HIKO NOSILCE GROSUPLJE



Dokaz, da smo z napetostmi v dovoljenih mejah, lahko hitreje izpeljemo, če imamo na razpolago podatka maksimalni dopustni moment  $[M]$  in maksimalno dopustno prečno silo  $[Q]$ .

Smisel izdelanih diagramov je, da za vsako debelino AB plošče odčitamo dovoljene razpetine  $l$  in tem pripadajoče razmake nosilcev  $b$  (ali obratno). Seveda ni nujno, da izkoristimo oboje 100%. Praktično smo z izbiro  $l$  in  $b$  vezani na obstoječe dimenzije opaža in nosilcev, ki jih moramo upoštevati, kakor tudi na raster objekta, ki se običajno ponavlja.

Poleg tega, da smo z napetostmi v dopustnih mejah, lahko iz diagrama odčitamo tudi pripadajoči upogib.

Redukcijski koeficienti modula elastičnosti in dopustnih napetosti za les po JUS U.C9.200 niso posebej upoštevani. Pri upogibih je zato upoštevan ostrejši kriterij  $1/500$  namesto  $1/400$ , pri dopustnih napetostih pa je upoštevana sorazmerno velika obtežba zaradi vibracij.

## 2. OBRAZLOŽITEV DIAGRAMOV

Ker so upogibi računani samo na lastno težo betona, so na horizontalno os nanese količina  $g$ , ki jih sicer pri odčitavanju diagramov ne potrebujemo. Bolj praktična količina za uporabo so debeline AB plošč  $d$ , od katerih vedno izhajamo, in ki so nanese na isti osi, nad količinami  $g$ .

Na levo vertikalno os so nanese upogibi  $f$  v milimetrih, na desni vertikalni osi pa razpetine nosilcev v metrih. V levo padajoči žarki predstavljajo razpetine nosilcev  $l$ , v desno padajoče krivulje pa razmake  $b$  med nosilci.

Črtkani žarek v šopu razpetin  $l$  deli površino diagrama na dve polji: v zgornjem polju so odločilni momenti, pod črtkano črto pa prečne sile.

Krivulje v spodnjem delu diagrama predstavljajo razmake nosilcev  $b$ , ki jih izbrana vrsta opaža še dovoljuje.

## 3. NAVODILO ZA UPORABO DIAGRAMOV

Ko smo izbrali opažni sistem, npr. opažne plošče Bled in lesene gredice 10/12, vzamemo temu sistemu ustrezen diagram.

Na spodnji horizontalni osi poiščemo predvideno debelino AB plošče, npr. 20 cm, in se od tod dvigamo po vertikali. Lahko izbiramo razpetino  $l$  med podporami nosilcev ali razmak med njimi. Če izberemo eno, odčitamo drugo količino ali obratno. Npr.: če izberemo razmak med nosilci  $b = 0,75$  m, ustreza temu razpetina med podporami nosilcev  $l = 1,53$  m. Če osvojimo te dimenzije, pomeni, da je nosilnost gredic izkoriščena do kon-

ca. Iz praktičnih razlogov, če imamo na razpolago 4,00-metrski les, bomo izbrali  $4,00 : 3 = 1,33$ -metrski razmak podpor, pri 3,0-metrskih gredicah pa  $3,00 : 2 = 1,50$  m. Temu  $l$  (1,50 m) ustreza razmak med nosilci npr.  $1,50 : 2 = 0,75$  m ali pa manjši.

Če izbiramo točko nižje, tj. bliže mejni vrednosti  $b$  za razpetino opaža oziroma razmaka nosilcev, pomeni, da so napetosti v opažu bolj izkoriščene. Zaradi tega je obtežba na tekoči meter nosilca večja, iz česar sledi gostejše podpiranje le-teh.

Za izbrani sistem nato ugotovimo še pripadajoči upogib nosilcev. Če je razmak teh 1,0 m, lahko odčitamo upogib neposredno na levi vertikalni osi, za vse ostale razmake pa moramo odčitati upogib korigirati tako, da ga pomnožimo z dejanskim razmakom nosilcev.

Ko smo definirali razmake in razpetine med podporami, je dobro, da takoj ugotovimo maksimalno akcijo na podpornik po naslednji formuli:

$$A = 1,25 \times 1,143 \times b \times l \times g$$

PRIMER:

za  $d = 20$  cm in  $l = 1,6$  m je odčitani upogib  $f = 1,25$  mm, tega pa moramo pomnožiti z razmakom nosilcev, saj je njihova, za upogib odločilna obtežba  $g = g \times b = 5,0 \times 0,75$  kN/m<sup>2</sup>, torej  $1,25 \times 0,75 = 0,94$  mm, kar je manjše od  $1600 : 500 = 3,2$  mm. Do istega rezultata pridemo, če obtežbo  $g$  pomnožimo z razmakom, tj.  $5,00 \times 0,75 = 3,75$  kN/m<sup>2</sup> in izhajajoč iz tega  $g$  odčitamo ordinato presečišča z  $l = 1,6$  m.

## 3. DOKAZ ODČITANIH KOLIČIN

PRIMER:

$$\frac{d = 20 \text{ cm, } b = 0,75 \text{ m, } l = 1,53 \text{ m}}{g = 5,0 \text{ kN/m}^2, q = 10,0 \text{ kN/m}^2} \text{ — polje } Q$$

$$M = \frac{b \times q \times l^2}{8} = \frac{0,75 \times 10 \times 1,53^2}{8} = 2,19 \text{ kNm} < [M] = 2,4 \text{ kNm}$$

$$Q = \frac{5}{8} \cdot b \cdot q \cdot l = \frac{5}{8} \times 0,75 \times 10,0 \times 1,53 = 7,17 \text{ kN} < [Q] = 7,20 \text{ kN}$$

$$f = \frac{2}{369} \cdot \frac{b \times q \times l^4}{EJ} = \frac{2 \times 0,75 \times 5,0 \times 1,53^4 \times 10^8 \times 10}{369 \times 1,44 \times 10^6 \times 10^2} = 0,77 \text{ mm} < 3,2 \text{ mm}$$

$$\text{Odčitana količina } 1,05 \times 0,75 = 0,78 \text{ mm} = 0,77 \text{ mm}$$

$$A = 1,25 \times 1,143 \times 0,75 \times 1,53 \times 5,0 = 8,20 \text{ kN/}$$

podpornik, kar mora biti vedno manjše od nosilnosti podpornika pri pripadajoči višini podpiranja.

Ta primer predstavlja skoraj 100 % izkoristek nosilnosti, tj. dopustne prečne sile gredic.

**PRIMER:**

$$d = 20 \text{ cm}, b = 0,75 \text{ m}, l = 1,33 \text{ m}, f = 0,59 \times 0,75 = 0,44 \text{ mm}$$

$$M = \frac{b \times q \times l^2}{8} = \frac{0,75 \times 10,0 \times 1,33^2}{8} = 1,67 \text{ kNm}$$

$$\text{izkoristek } I_M = \frac{1,67}{2,40} \times 100 = 70 \%$$

$$Q = \frac{5}{8} \times b \times q \times l = \frac{5}{8} \times 0,75 \times 10,0 \times 1,33 = 6,25 \text{ kN}$$

$$\text{izkoristek } I_Q = \frac{6,25}{7,20} \times 100 = 87 \%$$

$$f = k \times b \times q \times l^4 = 0,03764 \times 0,75 \times 5,00 \times 1,33^4 = 0,44 \text{ mm} < \frac{1333}{500} = 2,66 \text{ mm}$$

**PRIMER:**

$$d = 18 \text{ cm}, l = 1,25 \text{ m}, b = 1,00 \text{ m}, f = 0,42 \text{ mm}$$

$$M = \frac{b \times q \times l^2}{8} = \frac{10,0 \times 9,15 \times 1,25^2}{8} = 1,79 \text{ kNm}$$

$$I_M = \frac{1,79}{2,40} \times 100 = 74,5 \%$$

$$Q = \frac{5}{8} \times b \times q \times l = \frac{5}{8} \times 1,00 \times 9,15 \times 1,25 = 7,15 \text{ kN} < [Q] = 7,20 \text{ kN}$$

$$I_Q = 99,3 \%$$

Kontrola opažnih plošč Bled

$$M = \frac{q \cdot b^2}{8} = \frac{9,15 \times 1,0^2}{8} = 1,14 \text{ kNm} < [M] = 1,17 \text{ kNm}$$

$$I_B = \frac{1,14}{1,17} \times 100 = 97,5 \%$$

**5. DODATEK**

Razpredelnice so izdelane na podlagi naslednjih formul:

za kontinuirne nosilce in plošče:

$$M^- = \frac{q \cdot l^2}{8}; Q = \frac{5}{8} \cdot q \cdot l; f = \frac{2}{369} \cdot \frac{q \cdot l^4}{EJ};$$

za prosto ležeče nosilce:

$$M^+ = \frac{q \cdot l^2}{8}; Q = \frac{q \cdot l}{2}; f = \frac{5}{384} \cdot \frac{q \cdot l^4}{EJ}.$$

**PODATKI ZA ELEMENTE OPAŽEV**

PER. ŠTEV.	ELEMENT	STATIČNI SISTEM	E kN/cm <sup>2</sup>	J <sub>3</sub> cm <sup>4</sup>	EJ kN/cm <sup>2</sup>	W cm <sup>3</sup>	[σ] kN/cm <sup>2</sup>	[τ] kN/cm <sup>2</sup>	[M] kNm	[Q] kN	k <sub>f</sub> = $\frac{2}{369} \frac{10^7}{EJ}$
1	DESKE 24 mm		10 <sup>3</sup>	1,152 × 10 <sup>3</sup>	1,152 × 10 <sup>5</sup>	96	1,00	0,09	0,96	14,40	0,47049
2	PLOHI 48 mm, 50%		10 <sup>3</sup>	4,608 × 10 <sup>3</sup>	4,608 × 10 <sup>5</sup>	192	1,00	0,09	1,92	14,40	0,11762
3	OPAŽNE PLOŠČE BLED 27 mm		1,1 × 10 <sup>3</sup>	1,58 × 10 <sup>3</sup>	1,738 × 10 <sup>5</sup>	117	1,00	0,09	1,17	16,20	0,31186
4	VEZANE PLOŠČE BOSANKA 20 mm		1,1 × 10 <sup>3</sup>	0,666 × 10 <sup>3</sup>	0,733 × 10 <sup>5</sup>	66,6	1,30	0,09	0,86	12,00	0,73943
5	LESENE GREĐICE 10/12		10 <sup>3</sup>	1,44 × 10 <sup>3</sup>	1,44 × 10 <sup>6</sup>	240	1,00	0,09	2,40	7,20	0,037639
6	LESENI OPAŽNI NOSILCI LI 20		1,06 × 10 <sup>3</sup>	4,695 × 10 <sup>3</sup>	4,977 × 10 <sup>6</sup>	469,5	1,00	0,20	4,70	8,70	0,01089
7	KOVINSKI HIKO, 2-NOSILCI GROSUPLJE		$\frac{5}{384} \frac{q \cdot l^4}{EJ}$	2,1 × 10 <sup>4</sup>	0,942 × 10 <sup>3</sup>	1,978 × 10 <sup>7</sup>	109,75 87,53			10,00	15,00
8											

$$- I_3 = b(H^3 - h^3) : 12; H = 2,7 \text{ cm}, h = 0,9 \text{ cm}; I_3 = \frac{100}{12} (2,7^3 - 0,9^3) = 158 \text{ cm}^4$$

$$- I_6 = (BH^3 - bh^3) : 12; H = 20 \text{ cm}, B = 8,0 \text{ cm}, h = 11,6 \text{ cm}, b = 4,9 \text{ cm}; I_6 = (8 \times 20^3 - 4,9 \times 11,6^3) : 12 = 4.695 \text{ cm}^4$$

- V zadnji koloni je pri koef. k<sub>f</sub> konstanta 10<sup>7</sup> izbrana tako, da če v formulo f<sub>i</sub> = k<sub>f</sub> × g × l<sup>4</sup> vstavimo g v kN/m<sup>2</sup> in l v m, dobimo povese V mm.

- Količine E<sub>11</sub>, [M] in [Q] pod 6 vzete iz DN 4-6/84 ZRMK.

- Podatke za T. 7 sporočili iz Grosuplja telefonsko.

## Visokotlačni cevovod, jeklena obloga in razdelilnik za hidroelektrarno Chiew Larn na Tajskem

UDK 627.84

STOJAN KRAVANJA,  
ŠTEFAN FAITH, JANEZ RAZTRESEN,  
BRANKO ZELENKO, BRANKO BENEDIK

### Povzetek

V članku je predstavljen objekt visokotlačni cevovod, jeklena obloga in razdelilnik, ki ga je Metalna Maribor izdelala, dobavila in zmontirala za hidroelektrarno Chiew Larn na Tajskem.

Poleg opisa in osnovnih tehničnih podatkov posameznih konstrukcij objekta so prikazane specialne zahteve investitorja, metodologija izračuna in dimenzioniranja naštetih konstrukcij, problematika izdlave, montaže in kontrole izvedbe kakor tudi tlačnega preizkusa, tehničnega pregleda in preizkusnega pogona objekta.

### 1. UVOD

Leta 1984 je Metalna Maribor v ostri mednarodni konkurenci dobila naročilo za dobavo in montažo hidroopreme za hidroelektrarno Chiew Larn na Tajskem.

Elektrarna Chiew Larn leži približno v sredini Malajskega polotoka okoli 700 km južneje od Bangkoka.

Visokotlačni cevovod, jeklena obloga in razdelilnik s projektnim nazivom:

#### CHIEW LARN MULTIPURPOSE PROJECT HYDRAULIC EQUIPMENT

#### PENSTOCK, STEEL LINING AND DISTRIBUTOR

so bistveni sestavni del hidroopreme za prej omenjeno elektrarno. Naročnik je bilo tajsko državno podjetje EGAT (Electricity generating Authority of Thailand). Osnovni projekt za to elektrarno je napravilo italijansko podjetje ELC (Electroconsult) iz Milana (1).

Sodelavci Metalnina strokovnega tima, sestavljenega iz izvoznega in prodajno-projektnega inženiranga za hidromehansko opremo, smo morali naročniku dokazati, da lahko vso potrebno opremo sprojektiramo, izdelamo in zmontiramo v predpisanim času 2 let in 6 mesecev. Pri izdelavi ponudbe smo med drugim tudi uporabili reference o

#### Avtorji:

Stojan Kravanja, dipl. inž. gradb., Metalna Maribor, TOZD TIO, PPI-HO in Tehniška fakulteta Maribor, VTO-G

Prof. dr. Stefan Faith, dipl. inž. gradb., Geološki zavod Maribor

Branko Zelenko, dipl. inž. stroj., Metalna Maribor, TOZD TIO, PPI-HO

Janez Raztresen, dipl. inž. gradb., Metalna Maribor, TOZD TIO, PPI-HO

Doc. dr. Branko Bedenik, dipl. inž. gradb., Tehniška fakulteta Maribor, VTO-G.

### Summary

The paper presents multipurpose hydraulic equipment project consisting of the penstock, steel lining and the distributor made and erected by Metalna Maribor for the Thailand Chiew Larn hydro power station.

A basic description and technical data of the individual structures are given together with the special requirements in the investment. Described are design, analysis, build up and erection problems as well as the quality control. Some details are given on consulting inspection, pressure test, and on trial operation of the structure.

objektu podobnih dimenzij Haditha Dam v Iraku, katerega cevovod premera 11,3 m smo takrat izvajali v končni fazi izgradnje.

Pogodbo za dobavo hidroopreme za elektrarno Chiew Larn smo podpisali 1. marca 1984.

### 2. OPIS OBJEKTA

Objekt je, po vrstnem redu, glede na smer vodnega toka, globalno sestavljen iz uvodne prehodne obloge, tlačnega cevovoda, razdelilnika, navzdolnje prehodne obloge in obloge talnega izpusta (slika 1). Skupna dolžina objekta znaša 405,75 m, skupna teža pa 3657 t.

#### 2.1. Uzvodna prehodna obloga

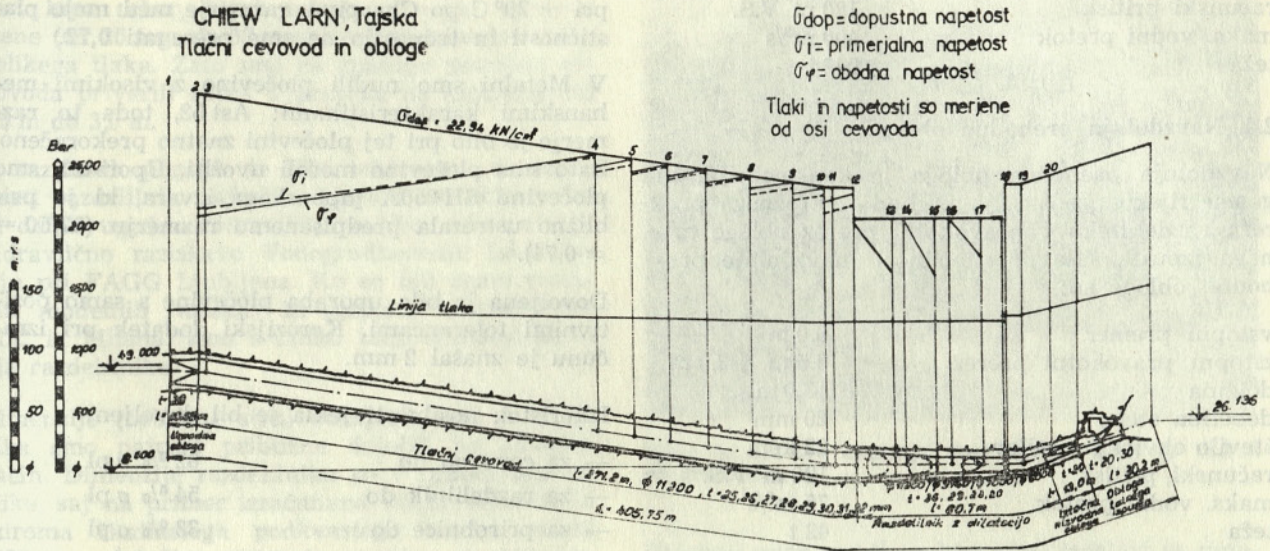
Uzvodna prehodna obloga je konstrukcija, ki ima glede funkcije nosilnosti ter vodnega pretoka enako vlogo kot tlačni cevovod, hkrati pa geometrijsko pomeni prehod iz pravokotnega prereza obloge ob vodni akumulaciji v krožni prerez tlačnega cevovoda. Glavne karakteristike uzvodne prehodne obloge so:

vstopni pravokotni prerez	11,2 m × 10,0 m
izstopni premer	11,2 m
dolžina	10,65 m
debelina stene	20 mm
število okvirnih nosilcev	21 kom
računski pritisk	50 m V.S.
maks. vodni pretok	400 m <sup>3</sup> /s
teža	105 t

#### 2.2. Tlačni cevovod

Največji in istočasno najtežji del objekta predstavlja tlačni cevovod, ki je namenjen za transport vode iz vodne akumulacije do turbin (slika

CHIEW LARN, Tajska  
Tlačni cevovod in obloge



Slika 1. Visokotlačni cevovod, jeklena obloga in razdelilnik z diagramom napetosti

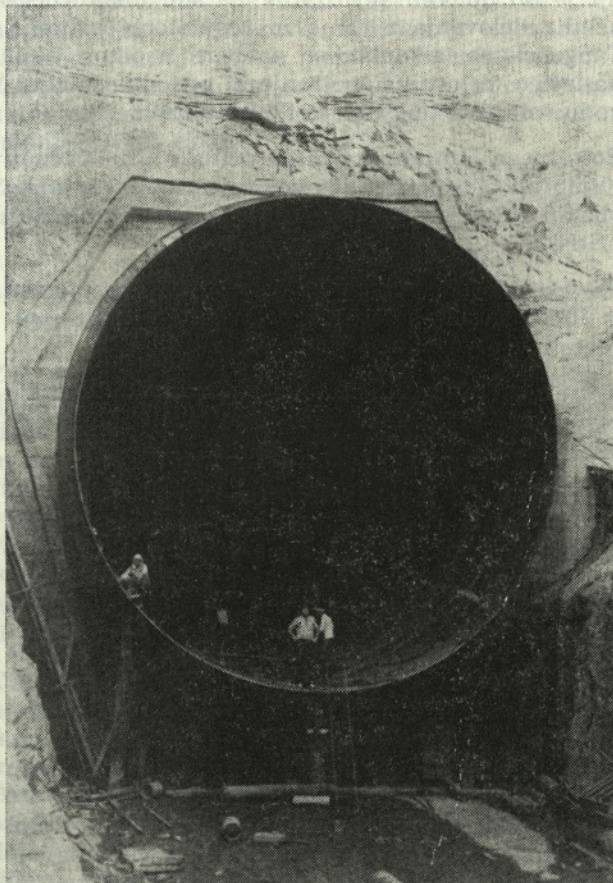
2). Glede na način izvedbe je ta cevovod betonirani, samonosilni, visokotlačni cevovod brez dilatacij. Z notranjim premerom 11,2 m, pretokom 400 m<sup>3</sup>/s in obtežbo 120 m vodnega stolpca (V.S.) se uvršča med največje tlačne cevovode na svetu. Glavne značilnosti tlačnega cevovoda so:

notranji premer	11,2 m
dolžina	271,2 m
debelina stene	25—32 mm
računski pritisk	50—120 m V. S.
maks. vodni pretok	400 m <sup>3</sup> /s
teža	2500 t

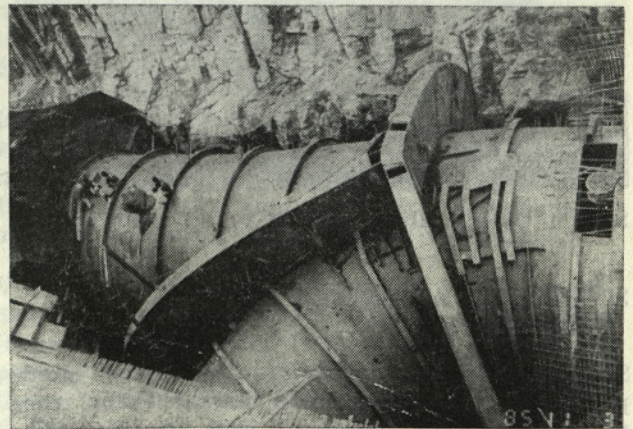
2.3. Razdelilnik ali distributor

Razdelilnik ali distributor je konstrukcija, ki razdeli tlačni cevovod na 3 odtupe in 1 talni izpust (slika 3). Vsak odtup vodi do ene od treh turbin. Na izstopnem delu razdelilnika je vgrajena dilatacijska cev premera 6,0 m in širine 1,0 m, ki mora omogočiti posedanje razdelilnika do 50 mm in morebitni vzdolžni pomik do 80 mm. Glede na velikost premera je to eden od največjih razdelilnikov na svetu. Glavne značilnosti razdelilnika so:

vstopni premer razdelilnika	11,2 m
izstopni premer razdelilnika	6,0 m
premer odcepnih cevi	4,2 m
dolžina razdelilnika	80,7 m
debelina stene	20—36 mm
število odcefov	3 kom



Slika 2. Tlačni cevovod premera 11,2 m



Slika 3. Vstopni del razdelilnika v fazi montaže



računski pritisk	120 m V.S.
maks. vodni pretok	400 m <sup>3</sup> /s
teža	942 t

#### 2.4. Navzdolnja prehodna obloga

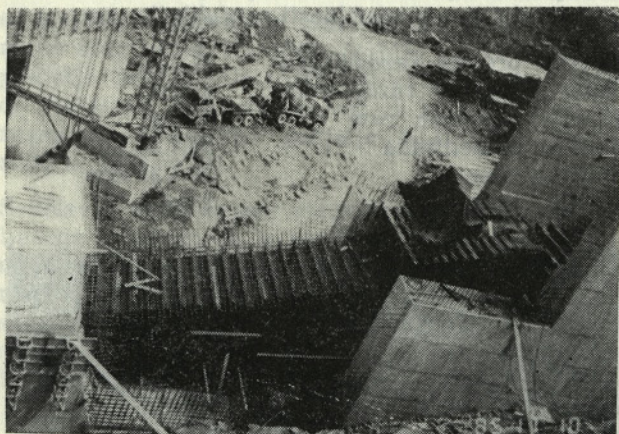
Navzdolnja prehodna obloga je konstrukcija, ki geometrijsko predstavlja prehod iz krožnega prereza razdelilnika v pravokotni prerez obloge talnega izpusta. Glavne značilnosti navzdolnje prehodne obloge so:

vstopni premer	6,0 m
zstopni pravokotni prerez	3,5 m × 3,0 m
dolžina	13,0 m
debelina stene	20 mm
število okvirnih nosilcev	22 kom
računski pritisk	120 m V.S.
maks. vodni pretok	75 m <sup>3</sup> /s
teža	42 t

#### 2.5. Obloga talnega izpusta

Obloga na skrajno navzdolnjem delu objekta opravlja funkcijo talnega izpusta (slika 4). Na izstopnem delu obloge je montirana zapornica zaklopka (angl. flap gate), ki zapre talni izpust pri pomanjkanju vode. Glavne karakteristike obloge talnega izpusta so:

prerez	3,5 m × 3,0 m
dolžina	30,2 m
debelina stene	20 mm
število okvirnih nosilcev	55 kom
računski pritisk	118 m V.S.
maks. vodni pretok	75 m <sup>3</sup> /s
teža	86 t



Slika 4. Obloga talnega izpusta v fazi montaže

### 3. SPECIFIČNE ZAHTEVE PRI PROJEKTIRANJU

Svetovalec je za dimenzioniranje cevovoda predpisal ostre zahteve (1): jeklo mora biti fino zrna-to, normalizirano, odporno proti staranju, žilavost se zahteva v staranem stanju min. 60 Nm/cm<sup>2</sup>

pri + 20<sup>0</sup> C po Charpiyu, razmerje med mejo plastičnosti in trdnostjo ne sme presegati 0,72.

V Metalni smo nudili pločevino z visokimi mehanskimi karakteristikami: Ast52, toda to razmerje je bilo pri tej pločevini znatno prekoračeno. Zato smo pločevino morali uvoziti. Uporabili smo pločevino SHT50A japonskega izvora, ki je približno ustrezala predpisanemu razmerju (37/50 = 0,74).

Dovoljena je bila uporaba pločevine s samo pozitivnimi tolerancami. Korozijski dodatek pri izračunu je znašal 2 mm.

Izkoristek nosilnosti jekla je bil dovoljen:

— za cevovod do	62 % $\sigma_{pl}$
— za razdelilnik do	54 % $\sigma_{pl}$
— za prirobnice do	33 % $\sigma_{pl}$

Čeprav sta cevovod in razdelilnik zabetonirana po celi dolžini (razen dilatacije) in sta situirana v solidni hribini, v statičnem izračunu sodelovanja betona in hribine nismo upoštevali zaradi investitorjeve zahteve po večjem faktorju varnosti.

Notranji računski pritisk je znašal od 50 m do 120 m V.S. Izračunali smo ga kot kombinacijo hidrostatičnega in hidrodinamičnega pritiska. Slednji je bil določen 40 m. V.S. Zaradi dinamičnega učinka delovanja turbine in regulatorja pritiska. Tangencialne ali obodne natezne napetosti kot posledico delovanja notranjega pritiska v cevovodu smo izračunali po kotlovski enačbi (2).

Potresnega hidrodinamičnega pritiska pri izračunu nismo upoštevali, ker je svetovalec sodil, da lahko obodni beton prevzame dodatni potresni prirastek pritiska.

Predpisana je bila temperaturna sprememba  $\pm 10^0$  C, zaradi katere se pojavljajo vzdolžne napetosti v cevovodu.

Notranji vodni pritisk tudi povzroča kontrakcijo cevovoda, pri čemer smo upoštevali Poissonov koeficient  $\mu = 0,3$ .

Zaradi zunanjih ojačitvenih reber, ki so privarjene na obod, da povečajo tlačno stabilnost cevovoda, se pojavljajo v steni cevovoda sekundarne upogibne napetosti (3), ki smo jih v izračunu prav tako upoštevali.

Predpisan je bil zunanji hidrostatični pritisk na popolnoma prazno cev (vakuum). Za dimenzioniranje na zunanji tlak pa je bil odločilen obtežni primer predpisanega injekcijskega pritiska 5 barov, upoštevajoč špranjo med cevjo in betonom 0,45 promile polmera cevi v obratovanju ter 2,0 promili polmera cevi pri injektiranju. Kontrolni izračun za stabilno odpornost cevi, obremenjene z zunanjim tlakom, smo opravili po Amstutzu (4) z upoštevanjem faktorja varnosti 2. Sama gola

cev, brez reber, kljub relativno veliki debelini stene (od 25 mm do 32 mm) ne more prevzeti tako velikega tlaka. Zato smo na zunanjo površino cevovoda privarili rebra T preseka na razmakih od 1,5 m do 3,0 m.

V razpisnih pogojih je bilo zahtevano, da mora imeti razdelilnik najboljšo hidravlično obliko. Da bi dobili ugodno hidravlično obliko, smo naročili hidravlično raziskavo Vodogradbenemu laboratoriju pri FAGG Ljubljana. Ko so bili znani rezultati modelnih raziskav in sprejeti od naročnika ELC iz Milana, smo s lahko lotili dimenzioniranja razdelilnika.

Dimenzije (debeline sten) odcepnih cevi razdelilnika smo najprej približno določili na klasičen način. Dimenzije razdelilnika so v resnici izredno vlike, saj na primer izračunana višina bifurkacije oziroma škatlastega podkvastega nosilca znaša 4250 mm, debelina notranje pasnice pa 150 mm.

Dokončni izračun razdelilnika je bil izdelan po metodi končnih elementov, ki ga je izvedel TRC Metalne v Ljubljani (5).

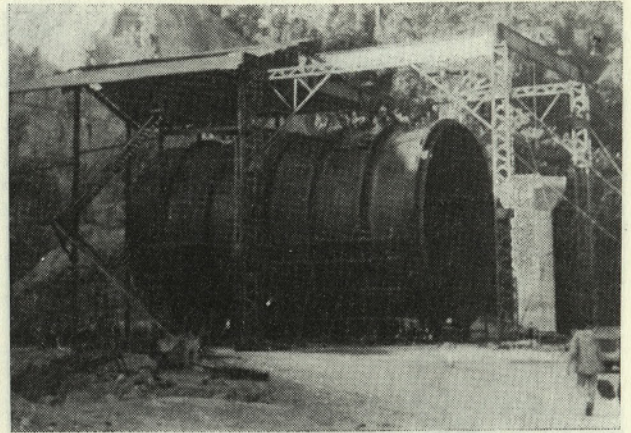
Prehodno oblogo in oblogo smo izračunali tako, da smo osnovne napetosti okvirnih nosilcev izkazovali v mejah elastičnosti in dopustnih napetosti, v steni pa smo dopustili formiranje membranskih, tudi še dopustnih, nateznih napetosti (6), kar pa hkrati nujno privede do formiranja plastičnih členov v območju stikov stene z okvirnimi nosilci. Z uporabo te metode, po kateri smo dovolili lokalno prekoračitev meje elastičnosti, smo bistveno zmanjšali težo obloge.

Zanimivo je, da je svetovalec predvidel priključek talnega izpusta na razdelilnik.

#### 4. IZDELAVA, MONTAŽA IN PREGLED OBJEKTA

Zaradi izrednih dimenzij objekta in velike oddaljenosti gradbišča oziroma mesta montaže od matične tovarne se je izvršila izdelava polutk (lupin) in osnovna sestava v montažne kose kar na prostem, neposredno na gradbišču (slika 5). Delovni proces je potekal od plamenskega razreda pločevin, uvijanja pločevin v polutke, sestavljanja kosov v cev premera od 11,2 m do 6,0 m, montaže ojačilnih stabiliziranih reber, izvajanja zvarnih spojev in kontrole zvarov.

Tako pripravljene montažne kose (ca. 90 t) smo po tirnicah s pomočjo vitla spustili v tunel premera 14 m, kjer smo jih na licu mesta namestili in centriralni. Zatem smo začeli betonirati cevovod. Betoniranje se je moralo izvajati po natančno predpisanem projektnem postopku, po slojih. Tedaj namreč obstaja nevarnost večjih vzgonskih sil in dodatne deformacije lupine, saj so sile pri tako veliki prostornini cevi ogromne.



Slika 5. Sestava cevnega montažnega kosa  $\phi$  11,2 m na gradbišču

Posebno ostre so bile zahteve pri izdelavi in montaži cevovoda glede izvedbe toleranc: lokalno izbočenje oziroma vbočenje, stopničavost ob zvarih, nadvišanje in zabrušenost zvarov, ravnost montažnega kosa ter ovalnost. Slednja znaša za cev premera 11,2 m 65 mm od teoretične krožnice, kar predstavlja razliko med maks. in min. premerom (merjeno pravokotno drug na drugega) 224 mm. To smo dosegli s posebnimi napenjalnimi zvezdami.

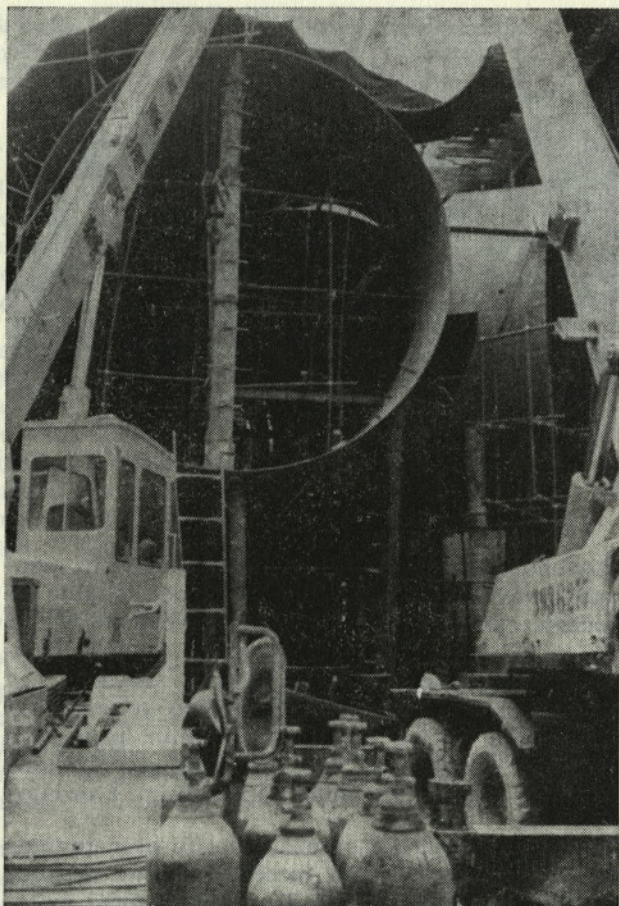
Izredno zahtevnost montažnih del je predstavljala sestava treh montažnih razcepnih kosov oziroma razdelilnika (slika 6) na licu mesta, brez prehodne sestave v delavnici. Razred pločevine in upogibanje v polutke stožcev smo opravili v Jugoslaviji, nakar smo jih z ladjo transportirali na gradbišče Chiew Larn.

Velika natančnost je bila potrebna tudi pri montaži dilatacije razdelilnika. Poleg opravljanja svoje funkcije mora dilatacija neprepustno tesniti, kar pa je v največji meri odvisno od kakovostne montaže in pravilne tehnologije varjenja sestavnih delov.

Sledila je montaža uzvodne prehodne obloge premera 11,2 m  $\times$  10,0 m /  $\phi$  11,2 m, navzdolnje prehodne obloge premera  $\phi$  6,0 m / 3,5 m  $\times$  3,0 m in obloge talnega izpusta premera 3,5 m  $\times$  3,0 m s pripadajočimi zapornicami.

Izvršena je bila 100 % radiografska kontrola vseh vzdolžnih zvarov, nadalje 100 % ultrazvočna kontrola vzdolž vseh obodnih zvarov in dodatno še 10 % radiografska kontrola vseh delavniških in obodnih zvarov, ki so bili izdelani v tunelu.

V razpisnem elaboratu investitorja je bil predviden tlačni preizkus razdelilnika. Na naš predlog je ta preizkus odpadel, zategadelj pa se je precej povečal obseg kontrole zvarov. Izvedli pa smo tlačni preizkus vseh 3 konusnih cevi  $\phi$  6,0 m /  $\phi$  4,2 m izpred predturbinskih zasunov. Pritisk tlačnega preizkusa je bil za 30 % večji od obrato-



Slika 6. Montaža razdelilnika

valnega. Te cevi so v obratovanju nezabetonirane in je razumljivo, da smo jim posvetili večje kontrolo.

### 5. SKLEP

Po tehničnem pregledu, ki smo ga opravili 30. aprila 1986 skupaj z investitorjem, smo dovolili napolniti objekt z vodo. Pri pregledu cevovoda nismo opazili nobene večje napake.

Po drugem zaščitnem barvanju cevovoda in po opravljenih manjših dodatnih popravilih smo spustili agregate v preizkusni pogon. Preizkusni pogon in tehnični prevzem objekta smo izvršili 5. decembra 1986.

Metalna Maribor in njeni strokovnjaki že dalj časa dokazujemo, da smo sposobni izvesti tudi najzahtevnejše svetovne objekte v jeklogradnjah. Hidrooprema za hidroelektrarno Chiew Larn na Tajskem je eden od biserov Metalnine zakladnice v izgradnji tovrstnih objektov.

### Literatura

- (1) Chiew Larn Multipurpose Project, Tender Documents EGAT-CL-T3, Hydraulic Equipment, Volume II, February 1983. ELC — Electroconsult, Milano, Italia. SEATEC — Bangkok, Thailand.
- (2) Bier P. J., Welded Steel Penstocks, Design and Construction, United States Department of the Interior, Bureau of Reclamation, Denver, Colorado, 1967.
- (3) Mang F., Berechnung und Konstruktion ringversteifter Druckrohrleitungen, Springer Verlag, Berlin, 1966.
- (4) C. E. C. T. Comite Europeen de la Chaudronnerie et de la Tolerie, European Commite for Boilermaking and Kindred Steel Sructures. Recommendations for the design, manufacture and erection of steel penstocks of welded construction for hydro electric installations, prepared by the "Penstock Section" Edition, 1979.
- (5) Kramar J., Računalniško podprto snovanje razdelilnih delov tlačnih cevovodov, Strokovni bilten št. 2, Metalna, 1985, 31—35 str.
- (6) Eslinger M., Zur Berechnung von Flachblechfahrbahntafeln, Die Bautechnik, Heft 10, 1948, 222—224 s.

## SGP PRIMORJE, AJDOVŠČINA

### Hidroelektrarna Zadlaščica

Delavci SGP Primorje gradijo prvo hidroelektrarno na območju Tolminskega narodnega parka. Elektrarno sestavljajo zajetje, tri kilometre dolg tlačni cevovod in strojnica. Zajetje z vtokom v cevovodje je na samem izviru Zadlaščice na nadmorski višini 780 metrov. Pokrito je z betonsko ploščo, tako da je dostop do izvira onemogočen. Vodo bodo razen za elektrarno uporabljali še za Tolminski vodovod, vendar potem, ko bo pritekla skozi turbini. Premer cevovoda je na začetku 1000 mm, na koncu pa se zmanjša na 800 mm. Cevovod je delno prekrit z zemljo, delno pa je viden, na betonskih podstavkih. Prvih štiristo metrov cevovoda je speljanih skozi predor. Ta elektrarna bo imela največji padec v Sloveniji, saj je strojnica 440 metrov nižje od zajetja. V strojnici bosta dve Peltonovi turbini z močjo 4 MW in letno proizvodnjo 35 GWh električne energije. Načrtujejo, da bo objekt dokončan do konca junija leta 1988.

### Gradnja skladišča soje v Neverkah

Lani so delavci gradbene enote iz Nove Gorice začeli graditi skladišče soje v Neverkah. Investitor je PK Pivka. Hala v velikosti  $45 \times 15$  m je monolitna armiranobetonska konstrukcija. Prvotno je bila sprojektirana kot enoetažni objekt. Ker bo objekt zgrajen skraj v celoti na nasipu, bi morali izkopati temelje v globino 4–6 m, po betonaži temeljev in temeljnih zidov pa ponovno zasuti izkop med temelji in za njimi. Zato so investitorju predlagali, da se objekt podkleti. Predlog je investitor sprejel in tako so z minimalnimi stroški pridobili nove površine v kletni etaži. Pri opaževanju kletnih sten višine 5,4 m uporabljajo kovinske visokostenske opaže, tako da stene opažujejo in betonirajo v 15-metrskih odsekih po celotni višini. Enako bodo izvajali tudi pritlične stene višine 7 m. Rok za dokončanje objekta je 90 dni.

### Novi stanovanjski blok v Ilirski Bistrici

Stanovanjska gradnja v Ilirski Bistrici se je v letošnjem letu z območja ob osnovni šoli ob poti v Zabiče preselila na novo lokacijo, in sicer na predel med Gubčevo cesto in vojašnico, kjer je prostora za tri nize stanovanjskih objektov. Novo stanovanjsko naselje je torej oblikovano v treh nizih, razvrščenih pravokotno na Gubčevo cesto. Vsak niz je sestavljen iz dvostransko orientiranih stanovanj, ki se navezujejo na skupna stopnišča. Objekti so projektirani in grajeni v štirih fazah; skupaj 38 stanovanj z  $2.071,38 \text{ m}^2$ . Projektirani so za gradnjo z ountainord opaži. Osnovni raster je 3 m. Tuneli so nastavljeni tako, da je možno enostavno postavljati opažev; raster se ob prvem stopnišču obrne tako, da je zaradi togosti oziroma  $1,5\%$  predpisanih prečnih sten možna izvedba glavne prečne stene debeline 20 cm. Ostale predelne stene in zaporne stene so zidane z NF v debelini 25 cm oziroma iz porolita in dvojnega zidaka debeline 8 in 12 cm. Ker je po geološkem poročilu nosilni teren na globini 1,20–2,20 m, so nize višinsko zamikali, da so dosegli čimmanjšo globino temeljev. Toplotna izolacija zunanjih sten je dosežena z oblaganjem s stiroporom, ker pa se investitor ni strinjal z DEMIT sistemom, je izolacija predvidena v sendvičih iz dvojnega zidaka oziroma je del fasade obložen s silikatno opeko. Obdelava stanovanj je klasična, kot to predvidevajo stanovanjski standardi.

Vir: SGP Primorje Ajdovščina

## SGP GORICA, NOVA GORICA

### Postopno uvajanje nove tehnologije

Delovna organizacija SGP Gorica je v skoraj dvajsetletni tradiciji izdelave konstrukcij iz armiranega in prednapetega betona postala nosilec razvoja na tem področju. To seveda ni slučajno, ampak med drugim tudi posledica odmaknjenosti od tržišča. Ker je delovna organizacija s prostorskega vidika na robu države, je prisiljena iskati konstrukcije, ki so konkurenčne po celi Jugoslaviji kljub večjim transportnim razdaljam. Sedanja kriza v gradbeništvu terja pospešitev razvoja in uvedbo novih produktivnejših tehnologij in prefabrikatov, ki so vsestransko uporabni in konkurenčni na tržišču.

Proizvodnja ekstrudiranih votlih prednapetih plošč je v Jugoslaviji neznana. Poznana pa je tehnologija izdelave votlih plošč s pomočjo cevi. Za ekstrudirano tehnologijo je značilno, da stroj — ekstrudor — s pomočjo posebnih polžev ustvarja okrogle ali segmentne odprtine in pušča za seboj na podnici betonsko ploščo brez kalupa.

S posebno žago je mogoče ploščo razrezati na poljubne dolžine in oblike, potem ko je beton otrdel — ponavadi naslednjega dne. Proizvodnja betona in njegov transport sta vodena računalniško. Prav tako je z ekstrudorjem in z žago. Pri izdelavi plošč je potreben stroj za čiščenje podnic in za napenjanje kablov. Naprave za dvigovanje in transport izdelkov so avtomatizirane. Avtomatizirana so tudi samonakladalna stojala v deponiji.

Tehnologija je torej zasnovana na uporabi visoko produktivne opreme, tako da je za proizvodnjo potrebna minimalna delovna sila. S tem je dosežena tudi precejšnja humanizacija dela.

Votle plošče je mogoče uporabiti za stropove ali za fasade pri različnih objektih:

- individualnih hišah,
- večetažnih stanovanjskih objektih,
- poslovnih in javnih objektih,
- industrijskih objektih s poljubnimi razponi in obtežbami.

Če so uporabljene za fasade, imajo plošče toplotno izolacijo, lahko pa so tudi brez nje. Končna obdelava plošč je različna. Prve plošče so že zagledale beli dan.

Vir: SGP Nova Gorica

## SGP KONSTRUKTOR, MARIBOR

### Novi silosi v uporabi

Delavci Konstruktorja so lani zgradili za Intes iz Maribora žitne silose kapacitete 9500 ton. Silosi so povezani z obstoječimi starimi silosi s spojnim mostom dolžine 97 metrov na višini 49 metrov. Pri izgradnji objekta so vse spremljajoče težave uspešno premagali skupaj z Metalno iz Maribora, ki je bila glavni izvajalec tehnološke opreme in jklenega spojnega mostu, tako da so kompleten objekt predali investitorju v uporabo mesec dni pred rokom, za kar so prejeli od investitorja upravičeno priznanje.

Sedaj gradijo za istega investitorja v tovarni Intes nadzidavo skladišča testenin, ki jo bo investitor uporabljal za skladiščenje svojih proizvodov. Sedaj jih skladišči v starih skladiščnih prostorih, ki so predvideni za rušenje. Na njihovi lokaciji so predvideni novi žitni silosi kapacitete 11.500 ton. Nove silose bodo pričeli graditi marca letos.

### Izgradnja nove hladilnice v Slovenski Bistrici

Po dolgotrajnih pripravah in težavah, ki jih je imel investitor TIMA tozđ KK Slovenska Bistrica z oblikovanjem finančne konstrukcije, so pričeli graditi nove slovenskobistriške hladilnice.

Objekt bo grajen v dveh fazah. Vseboval bo prostor za skladiščenje in predelavo mesa, ločeno po vrstah in kakovosti ter vse potrebne spremljajoče prostore, ki jih narekuje tehnološki proces.

Osnovna nosilna konstrukcija bo iz klasičnega armiranega betona in opeke. Izrazito specifiko dajejo objektu posebni pogoji glede toplotne izolacije in upoštevanja sanitarno-higienskih zahtev.

Predračunska vrednost I. faze je tristo milijonov dinarjev.

### Začetek gradnje vodohrana v Oplotnici

Delavci tozđ Granit gradijo v bližini starega vodohrama nov 400-kubični dvocelični armiranobetonski rezervoar. Premer vsake celice bo 8,3 m, višina pa 4,50 m. Med obema celicama bo prostor za dezinfekcijo vode s plinskim klorom. Objekt bo v celoti pod zemljo. Zaradi zahtevne lokacije (na strmem hribu in v gozdu); bo najprej potrebno zgraditi dostopno cesto.

Pri izvajanju del bodo uporabljali opaževanje po sistemu SAM in vse potrebne ukrepe za vodotesnost in protikorozijsko zaščito vgrajenih materialov.

Predračunska vrednost del, ki jih morajo opraviti v petih mesecih, znaša okrog 170 milijonov.

Vir: **Konstruktor Maribor**

### GIPOSS LJUBLJANA

### Gradnja HC v Lomu pod Storžičem

Gradnja malih hidroelektrarn je dobila svoje mesto tudi pri nas. Sprejeto je priporočilo pod geslom »Zgradimo 100 malih hidroelektrarn«. Gradnja takšnih objektov je zahtevna. Gradnja HC Lom pod Storžičem je zaupana delavcem tozđ Gradbenega operativa Tržič. Tako so pričeli z gradnjo, ki naj bi trajala do konca septembra. Kot vedno pri takšnih gradnjah, je bilo potrebno najprej zgraditi dostopno cesto do lokacije objekta na Lomščici. Po izgradnji dostopne ceste so pričeli graditi akumulacijsko jezero za približno 70.000 kubičnih metrov vode. Tlačni cevovod v dolžini 860 m je iz jeklenih cevi  $\phi$  110, dovodni kanal je dolg 280 m in je iz betonskih cevi  $\phi$  140. Višinska razlika med akumulacijskim jezerom in strojnico je 110 metrov. Moč hidroelektrarne bo 2 megawata.

### Skupen nastop, kakovostna gradnja, konkurenčni roki

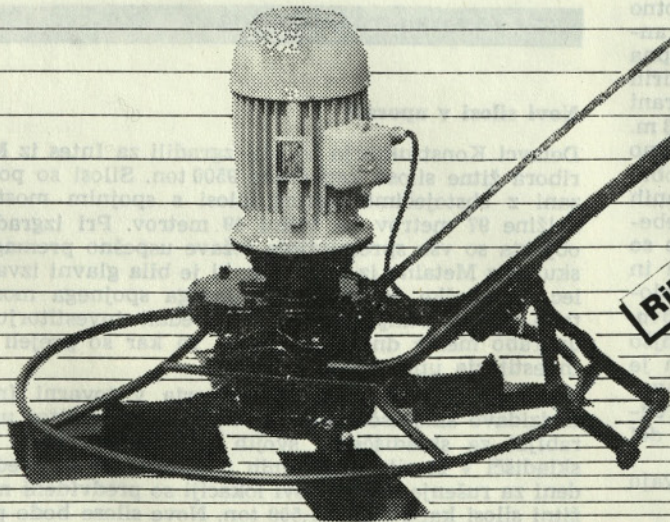
Skupaj zmoremo več in bolje, so dejali v Gipossu, ko so analizirali stanje v gradbeništvu v letošnjem letu. Podatki o povečanju obsega skupnih poslov so zadovoljivi. Dela so bila pridobljena praktično za vse združene delovne organizacije. Približali so se 10 odstotkom pridobitve skupnih poslov na domačem trgu. Tako pridobljena dela na osmih investicijskih projektih bodo izvajali v obsegu 11,3% Gradbinec, 32,5% Ingrad, 37,0% Pionir, 6,9% Instalacija in 12,3% Gradbeni finalist. Zanimiv je tudi podatek o izvajanju



**RIKO**

ribniška kovinska industrija n.s.o.o.

61310 ribnica, lepovčce 23  
SLOVENIJA-JUGOSLAVIJA  
telefon: 10611 h.c. 861 611, 861 146, 861 147



**Rikov gladilec - za zaključna gradbena dela**

- delovni premer gladenja 80 cm
- moč elektromotorja 2,2 KW
- reduktorski prenos obratov
- možnost spreminjanja nagiba gladilk med obratovanjem
- cena 1293800 din

Ljubljanskih gradbenih temeljnih organizacij, saj na primer pri Gradbinčevi TO izvajanje teh projektov predstavlja kar 62% letne realizacije, Ingradove TO 18,2% ter Pionirjeve 28,1%.

Tujina je še nadalje zapisana z velikimi črkami v programu skupnega sodelovanja. Aktivnosti, ki jih vodijo, bi morale obroditi sadove in jih v letu 1988 ponovno odpeljati na gradbišče v tujino.

#### Nov objekt na Kriški planini

Vsako gradbišče, pa naj bo še tako majhno, je po svoje zanimivo in zahtevno. Tako so delavci Gradbinca Kranj lani na Kriški planini na nadmorski višini 1475 m pričeli graditi gostišče Kriška planina za Alpetour — RTC Krvavec.

Kljub slabemu vremenu je zgradba v roku in kakovostno zgrajena. V novem objektu je 160 ležišč ter restavracija s 60 sedeži. Zgrajena je tudi kontejnerska čistilna naprava. S tem popolnoma klasično zgrajenim objektom je RTC Krvavec še bolj utrdil sloves najbolj priljubljenega smučišča.

Vir: **Giposs Ljubljana**

#### GIP VEGRAD, TITOVO VELENJE

#### Sestavljeni nosilci — nov tehnološki dosežek Vegrada

V Vegradu tozđ Vemont so ustvarili nov tehnološki dosežek na področju proizvodnje strešnih nosilcev velikih razponov.

Nosilec izdelujejo v dveh delih (polovičkah) na stezi obrata Vemont, v obstoječih kalupih za proizvodnjo »A« nosilcev.

Ko je zagotovljena potrebna trdnost betona, se deli dolžine 15 m transportirajo na gradbišče, kjer poteka nadaljnji tehnološki postopek sestavljanja nosilca. Stiki se očistijo, premažejo z epoksidnim lepilom zahtevne kakovosti in zlepijo. Ko doseže stik potrebno nosilnost (trdnost), se začne postopek naknadnega napenjanja nosilca z jeklenimi kabli. Po končanem postopku se nosilec dvigne na konstrukcijo. Nov tehnološki postopek naknadno prednapetih sestavljenih nosilcev omogoča hitrejšo proizvodnjo nosilcev, večjo izkoriščenost kalupa ter lažji in cenejši transport.

Vir: **Vegrad Velenje**

#### PODJETJE ZA UREJANJE VODA NIVO, CELJE

#### Gradbena operativa tozđ VNG — uspešna

Uspešnost dela gradbene operative tozđ VNG potrjujejo konkretni rezultati. Tako so v lanskem letu izgradili:

- 12,9 km kanalizacije, profila 400—1200 mm,
- regulirali 5,6 km vodotokov,
- meliorirali 400 ha zemljišč.
- zgradili 10 km plinovodov,

Poleg navedenega so opravili nekaj zunanjih ureditev, izvedli sanacije plazov in sodelovali pri realizaciji lastne investicije za proizvodnjo avtomatskih filtrskih stiskalnic.

Razen kanalizacije, ki jo gradijo iz cevi lastne proizvodnje, so dobavili ali pa montirali raznim naročnikom še 21.100 m armiranobetonskih cevi z ustreznimi montažnimi jaški in loki. Posebna enota s sedežem

v Ljubljani že nekaj let vzdržuje skoraj celotno omrežje slovenskega plinovoda.

Gradnja plinovodov je nadaljevanje tradicije iz preteklih let. Poleg rednega vzdrževanja slovenskega plinovoda izvajajo še investicijska dela pri gradnji plinovodnega omrežja. Zgradili so plinovod v Žalcu, Preboldu, Vevčah in Tekstilindusu. Trenutno izvajajo plinovod ob pregradi Vogršček na Goriškem. Gre za odsek magistralnega plinovoda v dolžini 900 m, ki ga izvajajo v težkih okoliščinah (strmine) in bo rabil kot vzporedni pas poškodovanega plinovoda ob pregradi. Treba je omeniti še:

- melioracijo Ostrožno v Celju,
  - melioracijo Ilova gora na Dolenjskem,
  - melioracijo Mavčiče in Sorško polje na Gorenjskem ter melioracije na Šmihelskem polju pri Postojni.
- Vir: **Nivo Celje**

#### GRADIS LJUBLJANA

#### HE Vrhovo — pričetek gradnje

Gradnja prve v verigi sedmih hidroelektrarn na Savi — HE Vrhovo dobro napreduje.

Glavnina gradbenih del HE Vrhovo bo jez s strojnico in petimi pretočnimi polji. V strojnici bodo tri turbine s skupno močjo 34,2 MW. Za elektrarno bo nastalo jezero, ki bo obsegalo 1,5 kvadratnega kilometra, v katerem bo 1,36 milijona kubičnih metrov vode.

Predračunska vrednost HE Vrhovo je po cenah iz junija 1987 nekaj več kot 50 milijard dinarjev, kar pomeni 1,48 milijarde dinarjev za megavatt moči. Rok izgradnje je 37 mesecev.

#### Končana montaža nadvoza na mariborski hitri cesti

Delavci Gradisovega tozda GE Nizke gradnje hitijo z deli pri gradnji tretje etape hitre ceste skozi Maribor. Priključne ceste morajo biti gotove do 1. julija letos, objekti na hitri cesti pa do srede prihodnjega leta.

Zadnje nosilce pri prvem nadvozu so položili 15. januarja. To je nadvoz čez Šentiljsko cesto, železnico in bodočo hitro cesto pri skladišču delovne organizacije Cevovod. Ima sedem polj, dolg pa je 144 metrov. Po končani montaži so pričeli z izdelavo zgornje tlačne plošče, tako da bo lahko čezenj stekel promet že pred 1. julijem.

Še zanimivost: dele nosilcev so morali zlepi in prednapeti že v obratu Nizkih gradenj v Pobrežju ter jih cele voziti do gradbišča, saj tam za to opravilo ni dovolj prostora.

#### Izobraževalni center za jedrsko tehnologijo

Na gradbišču tozđ Gradbena operativa Ljubljana v Podgorici so v novembru 1987 začeli graditi objekt v tlorisni zmeri 17 × 80 metrov. V kleti bo: zaklonišče, strojnica, skladišče in računalniški prostor, v pritličju pa: kuhinja, jedilnica, kabineti in predavalnice. Uradno ime objekta je Izobraževalni center za jedrsko tehnologijo. Delo je bilo opravljeno v roku.

Vir: **Gradis Ljubljana**

#### SCT LJUBLJANA

#### Za Saturnus gradijo nov proizvodni in poslovni objekt

Ob Letališki cesti v Ljubljani opravljajo strojniki pripravljalna dela za gradnjo novega proizvodnega ob-

jekta ter poslovne stavbe za potrebe investitorja. Na klasično zabetonirane temelje bo postavljena montažna konstrukcija proizvodne hale. Neposredno ob njej bo klasično zgrajena še trietažna poslovna stavba. Tu bodo nove prostore dobili projektanti in konstruktorji. Na gradbišču bo potrebno opraviti okoli 4.500 kubičnih metrov izkopov.

Rok izgradnje je 30. julij letos. Vrednost dela znaša 3,3 milijarde din.

#### Novi priključek obalne ceste v Luciji

Delavci SCT že urejajo okolico zgrajene ceste, dolge nekaj nad 400 metrov, ki so jo za promet usposobili konec starega leta. Ta predstavlja priključek obalne ceste, ki pelje iz Portoroža na magistralno cesto Koper—Pulj. Gradnja sodi v sklop novega zazidalnega območja stanovanjske soseske v Luciji. Z zemeljskimi deli, odrivanjem in zasipavanjem območja so escetejevcji začeli prvega oktobra lani. Hkrati so vgrajevali tudi vodovodno, elektro in PTT omrežje. Na utrjeni nasip so vgradili 8 centimetrov bitumenskega drobirja, ter za 4 centimetre eruptivnega asfaltnega betona iz tovarne asfalta v Kaldaniji.

Dela so ocenjena na 30 starih milijard dinarjev. Nadaljujejo s pripravljalnimi deli za gradnjo kilometer dolge ceste nad Izolo pri Belvederu, ki bo povezovala obalno cesto s staro.

#### Dolenjska avtocesta po terminskem planu

Gradnja dolenjske ceste poteka po zastavljenem terminskem planu. Okoli 70 odstotkov 7,5 kilometra dolgega cestnega odseka je že v gradnji. Njeni graditelji v tem času opravljajo največja dela pri odseku Polica v dolžini 2,5 kilometra. Tu opravljajo izkope do globine 20 metrov. V tem predelu je nepričakovano veliko kotanj. Iz njih najprej odstranjujejo plast nanosa debeline do dveh metrov, da pridejo do temeljnih tal, nakar bodo zgradili nasipe. Približno 15 kotanj bodo morali očistiti, sedem so jih stroji že odprli. Dela na dolenjski cesti potekajo tudi ob višnjegorskem pokopališču. Tu so začeli s pripravljalnimi deli za plato novega pokopališča. Odstranjujejo nenosilne površine tal, ki jih bodo zamenjali z nosilnimi. Enaka dela po-

tekajo še na barjanskih tleh, kjer kopljejo drenažne jarke do trdih tal, kar pomeni do globine 7 metrov, ponekod pa tudi več. Vzoredno z gradnjo cestne trase poteka gradnja podvozov in mostov ter regulacija Velikega potoka in Višnjice, ki ju bodo tlakovali. Gradijo tudi delavsko naselje v Višnji gori.

#### Zahtevna zidava na barjanskih tleh

V neposredni bližini nove trase južne ljubljanske obvoznice delavci SCT gradijo za investitorja proizvodni in distribucijski center Kemija — SOZD Polikem. Tu so graditelji uredili, zabetonirali in sezidali deponije kislín, lugov in topil. Zabetonirali so ploščad rezervoarja za vodo, ki meri 800 kubičnih metrov, ob njem pa sezidali objekt za požarno varnost (vodna cisterna bo rabila investitorju za hlajenje rezervoarjev topil in lugov). Nadalje so zabetonirali ploščadi za kontejnerje in hidrantno omrežje s pitno vodo in toplotno postajo. Vsi objekti so pilotirani. Nadaljujejo z izgradnjo industrijskega tira v dolžini enega kilometra. Spe-ljan bo od železnške proge Ljubljana—Karlovac do skladiščnih in proizvodnih objektov tega kompleksa. V prvi gradbeni fazi, rok zanjo poteče maja 1988. leta, morajo zabetonirati in sezidati še nevtralizacijski bazen ter lovilc olj in maščob. Velja omeniti, da morajo zaposleni na tem gradbišču nenehno črpati vodo, ki jim zaliva objekte. Zato dan in noč delujeta dve črpalki, vsaka zmogljivosti pretoka tisoč litrov vode v minuti.

#### Soseska Zupančičeva jama

V največji ljubljanski stanovanjski soseski Zupančičeva jama poteka kljub neugodnemu vremenu gradnja nemoteno. Tu strojniki že dva meseca izkopavajo gradbeno jamo za 2. kare stanovanjske soseske BS 2/1, v katerem bodo sezidali 300 stanovanj, garaž in poslovnih prostorov. Izkopji so opravljeni do najnižje globine 8,60 metra. Delavci že pripravljajo tamponski sloj za betoniranje podložnih betonov temeljev objektov. Priprave tečejo tudi v obratu IBK v Črnučah.

Vir: SCT Ljubljana

Cepuš Lojze

## Poročilo o rednem občnem zboru Društva gradbenih inženirjev in tehnikov Maribor

»Samo odločen prehod v inovacijsko miselnost bo gradbeništvu prinesel učinkovitejše gospodarjenje in boljšo kakovost.« Tako je bilo soglasno sprejeto stališče delegatov na rednem občnem zboru Društva gradbenih inženirjev in tehnikov Maribor dne 26. maja letos.

Na občnem zboru je bilo poleg gornje povedanih še mnogo koristnih misli, ki bodo v prihodnje smernice mariborskim gradbenikom za nadaljnje delo v sedanjih težavnih gospodarskih razmerah. Občni zbor, ki je bil v domu IT v Vetrinjski ulici v Mariboru, je bil po mnenju udeležencev zelo uspešen, razprave in poročila pa kakovostna in obetavna za nadaljnje delo društva, njegovih članov in mariborskega gradbeništva v celoti.

Občni zbor pa je potekal takole: po običajnih formalnostih in izvolitvi organov občnega zbora, ki ga je vodil dipl. inž. Peter Kovačič kot predsednik delovnega predsedstva, je prebrala poročilo o delu društva v razdobju od maja 1986 do maja 1988 dosedanja predsednica, dipl. inž. Milena Skorobrijin.

Ker je bilo njeno poročilo ocenjeno kot kakovostno, realno in kritično, bom v nadaljevanju poskušal iz njega izluščiti temeljne misli kot oceno dosedanjenega dela društva in napotilo za delo v prihodnje.

Društvo šteje 811 članov. Ti delajo v šolstvu — srednjem in visokem —, v projektivi, operativi, nadzoru, industriji, inženiringih, v upravi in drugod. Z društvom jih povezujejo poverjeniki, praviloma člani upravnega odbora društva in njegovih delovnih teles. Po delovnem

načrtu, ki je bil sprejet na zadnjem občnem zboru, je delo društva potekalo v naslednjih smereh:

- strokovna predavanja o novostih v gradbeništvu,
- strokovni seminarji o tekočih strokovnih in pravnih predpisih s področja gradbeništvu,
- ogledi pomembnejših gradbišč v Mariboru in okoli ter strokovne ekskurzije v Sloveniji in zunaj nje,
- okrogle mize o pomembnejših strokovnih in družbenih vprašanjih,
- strokovni stiki in sodelovanje s sorodnimi strokovnimi društvi v Sloveniji in v drugih republikah,
- sodelovanje pri Gradbenem vestniku in letna izdaja mariborske številke,
- sodelovanje pri izdelavi geotehničnega katastra Maribora,
- sodelovanje pri sprejemanju in razlagi gradbene zakonodaje in predpisov,
- priprave za ustanovitev sekcije upokojenih gradbenikov,
- družabno srečanje gradbenikov s plesom in priprave za gradbeniški piknik,
- organizacija II. jugoslovanskega posvetovanja o sanaciji zgradb z mednarodno udeležbo predavateljev.

Od omenjenih nalog so nekatere enkratne, druge dolgoročne, časovno pa je najzahtevnejša organizacija jugoslovanskega posvetovanja o sanaciji zgradb, ki naj bi bilo vsaki dve leti v Mariboru, za kar so se odločili udeleženci prvega in drugega posvetovanja. Zaradi dolgotrajnih priprav za tako posvetovanje bodo naslednja posvetovanja organizirana vsako tretje leto. Tretje tovrstno posvetovanje je načrtovano za september 1989.

Med pomembnejša predavanja z aktualno problematiko štejejo naslednja:

- o najnovejših izsledkih gradbene tehnike z 10. svetovnega kongresa za prednapeti beton, ki je bil v New Delhiju, je predaval prof. Vukašin Ačanski,
- potres v Mehiki je komentiral dr. Miha Tomažević iz ZRMK,
- o sanacijah zgradb je predavalo 64 domačih in tujih strokovnjakov,
- o operativnem planiranju v gradbeništvu so predavali dr. Mirko Pšunder, dipl. inž., Daniel Rebolj in dipl. inž. Borut Verhovčak,
- o napakah v visokih gradnjah je predaval prof. Ivan Jecelj 140 udeležencem,
- v sodelovanju z ZDGIT Slovenije, ZRMK Ljubljana, DGIT Ljubljana in Društvom konstrukterjev Slovenije je bil organiziran seminar o Pravilniku o tehničnih normativih za beton in armirani beton, ki se ga je udeležilo 300 gradbenih strokovnjakov, trajal pa je dva dni,
- okrogle mize na temo kataster komunalnih vodov se je udeležilo 30 strokovnjakov, med drugim je bil na njej predstavljen sistem računalniške obdelave podjetja Mettemeieriz ZRN,
- gradbeni inšpektor Branko Rosina je predaval o zakonu o graditvi objektov in o spremljajočih predpisih,
- zadnje predavanje v letu 1987 je bilo predavanje iz požarne varnosti v gradbeništvu, medtem ko obsega plan za leto 1988 naslednje teme:
  - seminarje o vodenju projektov v gradbeništvu,
  - projektiranje cest s pomočjo računalnika,
  - ekologija v gradbeništvu,
  - hidrotehnične melioracije,
  - gradbena mehanizacija,
  - aktualne teme iz temeljenja,
  - gradbena fizika starih in novih zgradb,
  - splošne teme za delovodje in
  - inovacije v gradbeništvu.

Med večje naloge društva štejejo priprave za III. posvetovanje o sanaciji zgradb, ki bo septembra prihodnje leto.

Da ne bi bilo poročilo o občnem zboru preobširno, omenjam od številnih strokovnih ogledov in ekskurzij, o katerih je poročala predsednica, le letošnjo štirdnevno ekskurzijo na ogled gradnje mostov na reki Drini, za katero se je prijavilo nad 50 gradbenih strokovnjakov.

Svoje poročilo je predsednica sklenila z nalogami, ki čakajo društvo v tekočem obdobju. Le-te so na kratko naslednje: problematika izobraževanja kadrov, zaposlovanje in opredelitev strokovnih profilov na srednjih, višjih in visokih šolah, sodelovanje s strokovnimi šolami, ukrepi za ponovno oživitve zanimanja za gradbene poklice, sicer bo dosedanje upadanje zanimanja imelo v bodočnosti za posledico osiromašenje kadrovskega potenciala v vseh sferah, kjer so le-ti potrebni, intenzivno sodelovanje z delovnimi organizacijami, ki so podpisnice SAS o dopolnilnem izobraževanju svojih strokovnjakov. Poudarjena je povezava prakse z znanostjo, ne le po izobraževalni smeri, temveč tudi v znanstveno-razvojnem delu, ki naj v prihodnje zagotovi gradbeništvu mesto, ki mu pripada. Tesno sodelovanje z univerzo, znanstvenimi institucijami in lastnim znanjem naj omogoči razvoj gradbeništvu v Mariboru.

Po blagajniškem poročilu, ki ga je prebrala Slavica Vetrin in po poročilu nadzornega odbora, ki ga je podal Branko Rosina, se je razvila bogata razprava, iz katere bi povzel na kratko najpomembnejše. Prvi je govoril Branko Rosina o položaju gradbenega tehnika, ki je po zakonu o gradnji objektov nedorečen. Obžaluje tudi dejstvo, da v organih Zveze GIT Jugoslavije ni niti enega tehnika, čeprav so tehniki dejansko v večini. Društvo kot pomemben člen v SZDL ima na pomembne odločitve na strokovnem področju premalo vpliva. Janez Ajster je predlagal resnejši pristop k inovacijam, ki naj neinovativno družbo spremene v inovativno in bogatejšo, na račun razumnejšega dela. Peter Kovačič je predlagal razširitev izobraževalnega programa s predavanji o inovativni dejavnosti. Franc Hajdinjak je poudaril povežavo inovacij z večjo kakovostjo gradbenih storitev in večjo moralno pri licitacijah. Njegovim razmišljanjem se je pridružila še vrsta razpravljalcev.

Od gostov na občnem zboru je pozdravil delegate predsednik mariborske Zveze IT Krsto Banovič ter društvu čestital k uspešnemu delu, o katerem gre dober glas daleč po domovini. Predstavniki SZDL Maks Bele je povedal spodbudne misli o bodočem sodelovanju strokovnjakov pri reševanju strokovnih problemov v družbi.

Na predlog nadzornega odbora je bil dosedanji upravni odbor soglasno razrešen, enako nadzorni odbor, na predlog kandidacijske komisije pa je bilo izvoljenih 13 članov upravnega odbora in 6 članov in namestnikov nadzornega odbora.

Program občnega zbora je popestrilo predvajanje filma o obnovi starega mestnega predela Lenta ter tovariško srečanje udeležencev občnega zbora.

**Adolf Derganc**  
vgt, dipl. ek.





# RAZVOJNI CENTER CELJE

**63000 CELJE, Ulica XIV. divizije 14**

p. p. 141, telefon 28 611 in 27 05, telex 33663 YU RCC

**RAZVOJNI CENTER CELJE** je delovna organizacija za opravljanje celovitih projektov in posamičnih razvojno-uporabnih nalog.

**V RAZVOJNI CENTER** se združuje 5 temeljnih organizacij združenega dela:

- Planiranje,
- Inženiringi,
- Projektiva,
- Informacijsko-računalniški center,
- Inštitut za raziskave in razvojno inženirstvo ter
- Delovna skupnost skupnih del.

**Usposobljene so za prostorsko in urbanistično planiranje, graditeljski in proizvodno-tehnološki inženiring, projektiranje, celoviti informacijski inženiring ter izvajanje razvojno-raziskovalnih nalog.**



UNIVERZA EDVARDA KARDELJA V LJUBLJANI

FAKULTETA ZA ARHITEKTURO, GRADBENIŠTVO IN GEODEZIJO

61001 Ljubljana, Jamova 2, p. p. 579

# POROČILA

# 6

GV XXXVII 4-5-6

## Določanje optimalnega zaporedja razvojnih ukrepov v tehnoloških sistemih zgradb

UDK 69.01:65

PROF. DR. EDO RODOŠEK

### Povzetek

Članek prikazuje enostavno in hitro metodo določanja optimalnega zaporedja razvojnih ukrepov na tehnološkem sistemu v visoki gradnji. S pomočjo analize časov različnih tehnologij na mrežnem planu elementov objekta se lahko bolje izrabi delovna in finančna sredstva. Analizirajo se tako direktni kot tudi režijski stroški dela za različne tehnološke postopke.

### Summary

The paper is presenting one easy method to get, in short time, the clear image about economical stepwise development work on the technological system. The time analysis procedures on the activity oriented network structure give management the ability to achieve a more economic use of resources. The cost analysis procedures calculate the total resource cost for activities as well as direct cost for each activity and for various technological procedures.

## 1. OPREDELITEV PROBLEMA

Osnovni motiv razvojnega dela je prizadevanje, da se delo, ki je nujno za dosego kakega cilja, čim boljše opravi. Boljše opraviti pa pomeni doseči cilj s kar najnižjimi potroški časa, materiala, energije in denarja, seveda ob predpisani kakovosti izdelka. Tako pojmovan razvoj je trajnega pomena, saj dnevno doživljamo, da zastarevajo dosežani delovni postopki, da postajajo delovna sredstva neustrezna in da se tudi naše znanje izkaže kot nepopolno. Zato je oblikovanje dela tako, da bo čim učinkovitejše, trajna naloga, ki jo je možno reševati le s pomočjo metodološkega pristopa. Ker se metodološko oblikovanje dela razlikuje glede na delovno področje, se tu zavestno omejujemo na zgradbe z več etažami in z načelno konstantno etažno višino, torej predvsem na stanovanjske, poslovne, turistične in podobne zgradbe različnih namenov in različnih tehnologij.

## 2. POVEZANOST RAZVOJA TEHNOLOGIJE IN RAZVOJA PROJEKTIRANJA

Dokazano je, da je oblikovanje dela najučinkovitejše v zgodnjih fazah zasnove in koncipiranja, nekaj manj v fazi projektiranja in priprave dela, medtem ko lahko v fazi izvedbe preizkušnje kake nove variante prinese celo negativne učinke. Oblikovanje načina gradnje oziroma oblikovanje tehnološkega sistema je sorazmerno zanemarjeno področje glede na velike potencialne učinke, ki jih vsebuje.

V tej fazi se posredno ali neposredno odloča o večini bistvenih dejavnikov proizvodnje: materialu, konstrukciji, lupini zgradbe, izvedbeni mehanizaciji ter opremi. Tudi v okviru že vpeljanega tehnološkega sistema srečujemo pogosto še odprta vprašanja glede naslednjih odločitev:

- katere lastne ali kooperantske dejavnosti moramo najprej racionalizirati, da bi dosegli najboljše končni učinek,
- koliko je vredno forsirati gradnjo, da bi bili skupni stroški kar najmanjši,

**Avtor:**  
Prof. dr. Edo Rodošek, dipl. inž. gr., FAGG, VTOZD  
gradb. Ljubljana, Jamova 2

— ali so predvideni oziroma izvedeni ukrepi s prihranki pokrili lastne stroške,

— kako zagotoviti pravilno zaporedje in pravilno dinamiko permanentnih razvojnih izboljšav oziroma inovativnih posegov v tehnološki sistem.

Tehnološki sistem izvedbe konstrukcije močno vpliva na arhitektonske projektne rešitve, obenem pa pogosto pogojuje tudi tehnologije instalacijskih in končnih del na zgradbi. Zato je treba na podlagi analitičnih preverb razmejevati dejanske omejitve tehnološkega sistema konstrukcije od kakovosti projektantskega pristopa. To pomeni, da moramo sistemsko organizirati povezanost OBLIKOVANJA DELOVNIH POSTOPKOV (tehnologije) in OBLIKOVANJA OBJEKTA (arhitekture). Kot optimalno tehnologijo bi morali torej šteti tisto, ki uspešno vključuje vse komponente in vidike v najširšem družbenem in ne le v proizvodnem smislu. Tehnologija in kakovost bivanja v zgradbi torej ne moreta biti antagonistično ločena pojma, ampak moramo za vsako vrednoto, ki jo uporabnik zahteva, poskušati oblikovati ustrezni tehnološki postopek. Razvoj tehnološkega sistema mora torej že načeloma ustrezno preverjati kakovost in tej kakovosti pripadajoče stroške gradnje. V pojmu kakovosti pa mora kot eden primarnih elementov nastopati pahljača možnosti, ki jih tehnološki sistem stvarno nudi arhitektonskemu oblikovanju zgradbe.

### 3. STRUKTURNI GRAF IZDELAVE ELEMENTOV ZGRADBE KOT PODLAGA ZAPOREDJA RAZVOJNIH UKREPOV

Razvojno delo na tehnoloških sistemih je zadnjih nekaj desetletij usmerjeno predvsem v smeri industrializacije postopkov, kar pomeni — poenostavljeno rečeno — premik od unikatno zasnovanih, obrtno organiziranih in servisno izvedenih gradbenih storitev k serijski industrijski proizvodnji. Pri slednji je — vsaj v razvitejših deželah — opazen odmik od nekdanje toge uniformiranosti objektov v velikih serijah identičnih proizvodov in približevanje ideji o računalniško podprtih fleksibilnih sistemih montaže modularnih sklopov finalizacije v primarni konstrukcijski sistem zgradbe.

Ne glede na stopnjo razvitosti pa se pojavljajo naslednji kriterijski sklopi ustreznosti tehnološkega sistema:

- stopnja standardiziranosti in obseg kataloško opredeljenih komponent,
- stopnja produktivnosti dela in čas gradnje objekta,
- stopnja prefabriciranosti oziroma montažnosti objekta,
- stopnja racionalnosti porabe glavnega materiala,
- stopnja investicijske in eksploatacijske racionalnosti zgradbe.

Prvi trije kriterijski sklopi so v posredni ali neposredni zvezi s funkcijo časa, saj je pri programirani kakovosti in dogovorjeni ceni za investitorja najpomembnejše, KDAJ bo dobil zgrajen objekt v uporabo. Zato je trajanje del ena od središčnih problemskih področij razvoja gradbene tehnologije nasploh.

Dosedanja prizadevanja optimizacije časa izvedbe so temeljila praviloma na KONSTANTNI TEHNOLOGIJI gradnje, v okviru katere so se na mrežnem planu dejavnosti iteracijsko forsirale vsakokratne, relativno najcenejše kritične dejavnosti do tiste stopnje, dokler niso dodatni direktni stroški forsiranja presegle režijske prihranke. Ta način ima več pomanjkljivosti, in sicer:

- ni preverjena možnost drugačne tehnologije,
- vsako forsiranje del spreminja osnovne relacije med kapacitetami znotraj proizvodne verige, tako da lahko pride do neizkoriščenja vodilne kapacitete,
- kritična pot lahko poteka tudi prek stranskih, nebitvenih dejavnosti.

V nasprotju z opisanimi načini je v tem prispevku izrabljena ideja o SPREMENLJIVI TEHNOLOGIJI, pri čemer je možna zamenjava enega tehnološkega postopka z drugim, ne da bi se s tem spremenila funkcionalna vrednost zadevnega elementa ali dela objekta. Kot konstantna se torej ne obravnava več vrsta del, ampak STRUKTURNI ELEMENT ZGRADBE. Mrežni graf prikazuje torej funkcionalno nujno zaporedje izvedbe elementov zgradbe, ki jih je možno izdelati s pomočjo različnih (alternativnih) tehnoloških postopkov. Temelj takega mrežnega grafa je v bistvu program investitorja, s čimer je tak graf lahko sestavni del projektne naloge za določeno namembnost oziroma tip zgradbe. Gledano s stališča proizvajalca bo moral ta razviti toliko (tipskih) strukturnih grafov, kolikor tipov zgradb bo imel v proizvodnem programu. V interesu proizvajalca je, da za vsak tip zgradbe, predstavljen s strukturnim mrežnim grafom, razvije optimalno tehnologijo izdelave in vgrajevanja posameznih elementov zgradbe.

Metoda je v nadaljevanju iteracijska, pri čemer običajno za ničelno (etalonsko, reperno, osnovno) stopnjo predpostavimo kar najenostavnejšo oziroma najcenejšo tehnologijo, za naslednje iteracijske optimizacije pa uvajamo postopoma sodobnejše, hitrejše, vendar praviloma dražje tehnologije. Zadevne podražitve so v bistvu povečanje direktnih stroškov gradnje in so upravičene le tedaj, če z njihovo uvedbo obenem ustrezno veliko prihranimo pri skupnih režijskih stroških gradnje in drugih stroških (npr.: premije investitorja, hitrejše obračanje kapitala, nižje obresti, hitrejše sproščanje kapacitet za naslednja dela in pod.). Za uporabo metode je potrebno poleg poznavanja realnih normativov poznati tudi realne stroške

dela po raznih tehnologijah in realne stroške reži- je za razne trajanje gradnje.

**4. ILUSTRATIVNI PRIMER UPORABE METODE**

Prikazani primer nima namena posploševati na- čina dela po prikazani metodologiji, ampak ga je treba vzeti le kot enega od možnih načinov apli- kacije metode. Za osnovo je vzeta gradbena na- loga gradnje niza stanovanjskih blokov etažnosti P + 4 s po tremi stanovanji na stopnišče v etaži. Upoštevani so le na tej lokaciji možni tehnološki postopki gradbenih izvajalcev in kooperantov. Ja- kost kapacitet in normativi porabe časa so popreč- ja iz ponudb potencialnih izvajalcev. Indeksi di- rektnih stroškov »C<sub>d</sub>« predstavljajo relativne last- ne stroške, povečane za poprečno akumulacijo iz- vajalca.

Našteti podatki so razvrščeni v preglednici 1, in sicer so vse vrednosti reducirane na 1 m<sup>2</sup> neto površine zgradbe. Na tej podlagi so možni nasled- nji koraki aplikacije obravnavane metode:

a) izrišemo ničelno stopnjo v obliki strukturnega mrežnega grafa, vstavimo čase za primerno (naj- cenejšo) tehnologijo in izračunamo kritično pot (glej GRAF — stopnja »0«)

b) za vsak element zgradbe poiščemo tisti tehnološki postopek, ki ima najmanjše razmerje med dodatnimi direktnimi stroški ( $\Delta C_d$ ) in prihranje- nega normativnega časa ( $-\Delta N$ )

c) oblikujemo preglednico 2, kjer razvrstimo ele- mente zgradbe v zaporedju naraščajočega raz- merja  $\left(\frac{\Delta C_d}{\Delta d}\right)$ , pri čemer ( $\Delta d$ ) pomeni razliko med

normalnim (prvotnim) in krajšim časom trajanja tehnološkega procesa za ta element pri nespreme- njenih kapacitetah (glej preglednico 2)

d) iteracijsko skrajšujemo mrežni graf s tem, da najprej skrajšamo tiste kritične dejavnosti, ki ima- jo najmanjšo vrednost razmerja  $\left(\frac{\Delta C}{\Delta d}\right)$  (glej GRAF

— stopnje »1« do »5«)

e) z upoštevanjem zmanjševanja režijskih stroškov (C<sub>r</sub>) za 50 denarnih enot dnevno in drugih pri- hrankov ( $\Delta C_p$ ) za 200 denarnih enot dnevno izra- čunamo rentabilno stopnjo industrializacije teh- nološkega sistema za dani primer:

Stopnja industrializacije	C <sub>d</sub>	C <sub>r</sub>	$\Delta C_p$	C <sub>tot</sub> = C <sub>d</sub> + C <sub>r</sub> - $\Delta C_p$
0	32.450	9.500	0	41.950
1	33.450	9.200	1.200	41.450
2	35.950	8.500	4.000	40.450
3	39.450	7.900	6.400	40.950
4	46.950	7.000	10.000	43.950
5	55.050	6.100	13.600	47.550

Optimalna stopnja industrializacije je »2«, torej nam je v podanih razmerah vredno zamenjati pri predelnih stenah porolit z gipsom, pri elektriki uporabiti tipske etažne vertikale, instalacije pa prefabricirati v delavnici in jih montažno zapirati.

**5. DOLOČANJE PREDNOSTI RAZVOJNIH NALOG NA TEHNOLOŠKEM SISTEMU**

Od konkretnih razmerij med vrstami stroškov »C<sub>d</sub>«, »C<sub>r</sub>« in » $\Delta C_p$ « je odvisno, kateri od teore- tično možnih parametrov bo odločil za določa- nje optimalnega zaporedja razvojnih ukrepov ozi- roma višanja stopnje industrializacije v tehno- loških sistemih gradnje.

Načelno in praktično so možni naslednji primeri:

A. Prednost v razvojnem pogledu naj dobijo tisti tehnološki postopki, ki omogočajo največje pri- hranke pri skupnih stroških gradnje, torej:

$$[\Sigma C_{tot}] \dots \min$$

To niso nujno obenem tisti postopki, ki imajo naj- manjše lastne podražitve pri formiranju del, torej postopki z  $[+\Delta C_d] \dots \min$ , saj so ti lahko tudi nekritični in s tem neodločujoči, o čemer odloča vsakokratno le mrežni graf.

B. Prednost v razvojnem pogledu naj dobijo tisti tehnološki postopki, ki omogočajo največji pri- hranek pri skupnem trajanju gradnje. Ta odloči- tev je utemeljena tedaj, kadar ne poznamo za- nesljivih stroškovnih razmerij, obenem pa nam je primarno čimprej prevzeti kako naslednje delo. Veljal naj bi torej cilj:

$$[T] \dots \min$$

Spet velja, da tega cilja ni treba obvezno doseči le z izključno kombinacijo vseh tehnološko naj- krajših postopkov, torej postopkov s  $[-\Delta T_i] \dots \max$ , kajti vsiljevanje subkritičnih in nekritičnih dejavnosti ni smotno.

C. Prednost v razvojnem pogledu naj dobijo pred- vsem tisti tehnološki postopki, ki jih izvaja za- devni prevzemnik del (ne pa ostali prevzemniki), in to predvsem takrat, kadar je to pogojeno s po- godbo o gradnji. V tem primeru so za zadevnega prevzemnika del zanimiva le lastna dela, kar pri- vede seveda le do delnega, ne pa do kompleksnega optimuma v okviru tehnologije.

D. Prednost v razvojnem pogledu naj dobijo pred- vsem tisti tehnološki postopki, ki predstavljajo stalen poslovni riziko glede kritičnosti materiala, kakovosti, referenc glede izvajanja, ali zahtev gradbene inšpekcije.

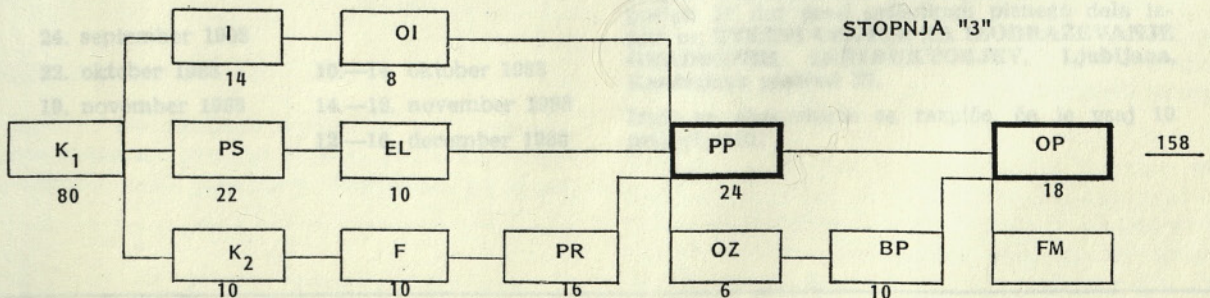
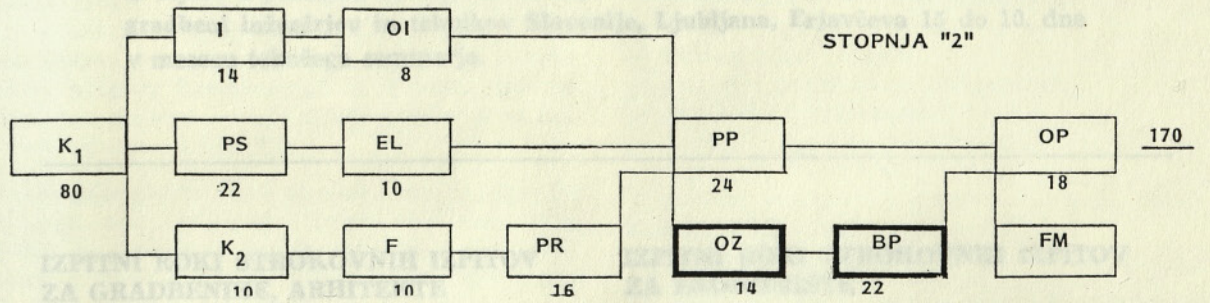
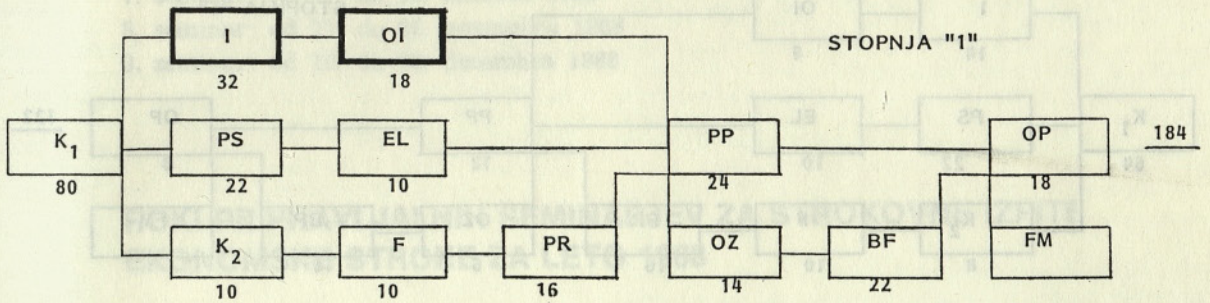
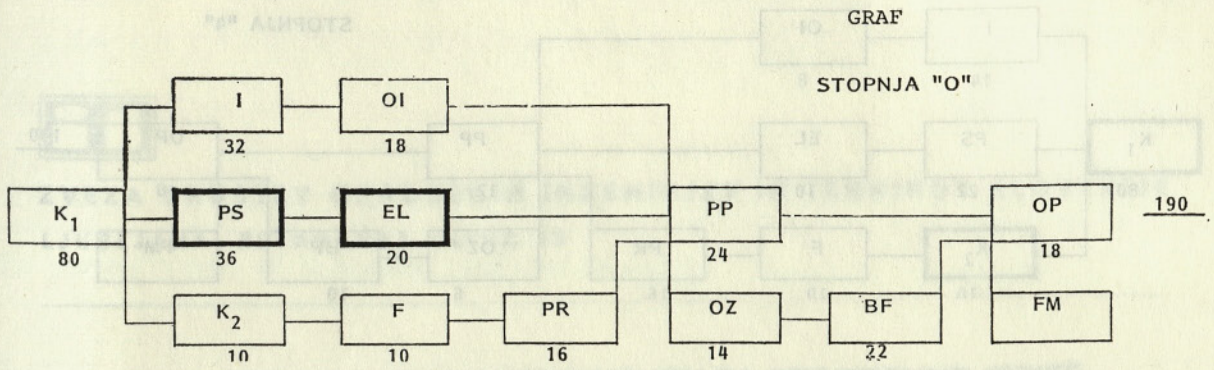
Zadnji primer izhaja iz okvira opisane metodolo- gije in predstavlja tako nov izziv za nadaljnje raziskave na tem področju.

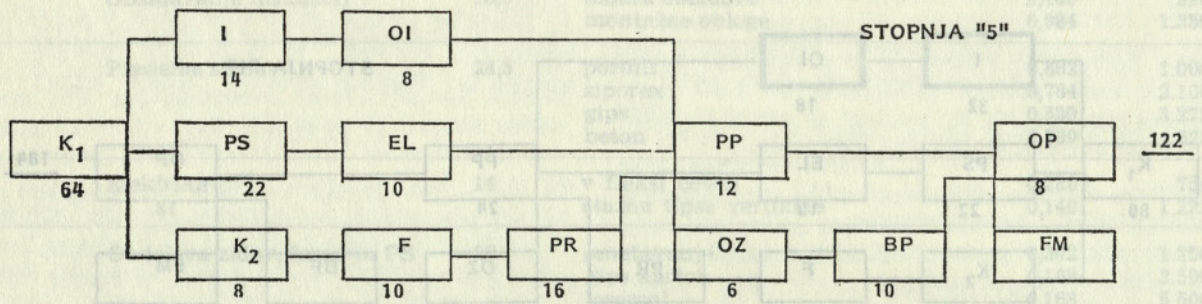
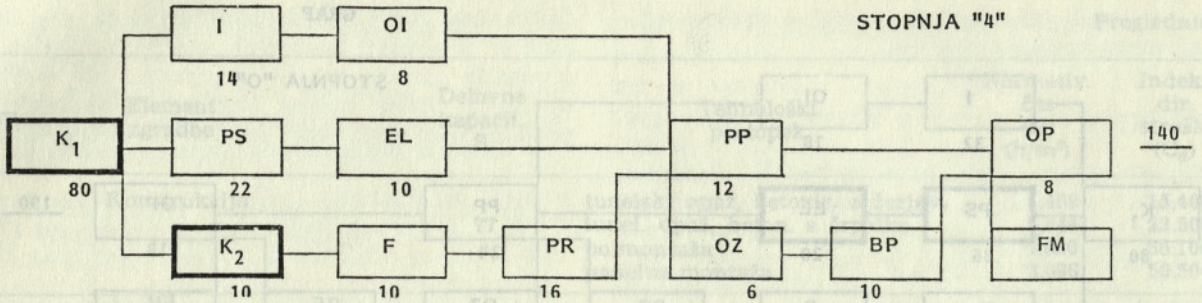
Preglednica 1

Šifra	Element zgradbe	Delovne kapacit. S	Tehnološki postopek	Normativ. čas (N) (h/m <sup>2</sup> )	Indeks dir. strošk. (C <sub>d</sub> )
K	Konstrukcija	77	tunelski opaž, betonir. z žerjav.	6,468	15.400
			tunel. opaž, beton. s črpalko	5,544	23.500
			polmontaža	4,620	36.100
			panelna montaža	3,696	50.500
F	Fasada	35	zidana montaža	0,350 0,140	9.000 10.500
OK	Okna	14	suhomontažne	0,224	750
I	Instalacije	17,5	klasične prefabricirane	0,560 0,245	1.560 3.000
IO	Obzidavanje instalacij	10,5	mokre obzidave montažne obloge	0,189 0,084	290 1.350
PS	Predelne stene	24,5	porolit	0,882	1.000
			siporex	0,784	2.100
			gips	0,539	3.275
			beton	0,539	1.525
EI	Elektrika	14	v fleksi ceveh etažne tipse vertikale	0,280 0,140	750 1.225
OZ	Obdelava zidov, fasad in PS	28	ometavanje	0,392	1.250
			gips karton	0,168	3.500
			lesomal	0,168	5.500
BP	Barvanje, pleskanje	21	disperzija	0,462	550
			tapete	0,210	2.500
			sinkolit	0,420	3.500
PP	Podne podlage	28	cementni estrih	0,672	1.500
			gipsni estrih	0,560	4.425
			asfaltni estrih	0,448	7.750
			florbit	0,336	6.000
OP	Obloge podov	28	klasični parket	0,376	3.850
			lamelni parket	0,168	6.850
			tekstilni pod	0,168	11.000
FM	Fina montaža	7	suha montaža	0,028	600

Preglednica 2

Stopnja industrializacije	Element zgradbe	N <sub>nor</sub>	N <sub>fors</sub>	d <sub>nor</sub>	d <sub>fors</sub>	Δ d	C <sup>d</sup> <sub>nor</sub>	C <sup>d</sup> <sub>for</sub>	C <sup>d</sup> $\frac{\Delta C^d}{\Delta d}$	T	— Δ T Σ	[— Δ T]
1	PS predelne stene	0,882	0,539	36	22	14	1.000	1.525	525	37	184	6
	El. elektrika	0,280	0,140	20	10	10	750	1.225	475	47		
2	I instalacije	0,560	0,245	32	14	18	1.560	3.000	1.440	80	106	14
	IO obzidavanje instalacij	0,189	0,084	18	8	10	290	1.350	1.060	170		
3	OZ obdelave zidov	0,392	0,168	14	6	8	1.950	3.500	1.550	193	162	158
	BP barvanje, pleskanje	0,462	0,210	22	10	23	550	2.500	1.950	12		
4	PP podne podlage	0,672	0,336	24	12	12	1.500	6.000	4.500	375	300	140
	OP obloge podov	0,378	0,168	18	8	10	3.850	6.850	3.000	18		
5	K konstrukcija	6,468	5,544	90	72	18	15.400	23.500	8.100	450	122	18







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

## **ROKI PRIPRAVLJALNIH SEMINARJEV ZA STROKOVNE IZPITE V GRADBENIŠTVU ZA LETO 1988**

- 6. seminar: od 19. do 23. septembra 1988
- 7. seminar: od 17. do 21. oktobra 1988
- 8. seminar: od 21. do 25. novembra 1988
- 9. seminar: od 19. do 23. decembra 1988

## **ROKI PRIPRAVLJALNIH SEMINARJEV ZA STROKOVNE IZPITE EKONOMSKE STROKE ZA LETO 1988**

- 2. seminar: od 12. do 14. decembra 1988

Prijave, z natančnimi podatki udeležencev (ime-priimek, strokovnost, naslov) in izjavo o plačniku stroškov seminarja v obliki dopisa, prejema **Zveza društev gradbeni inženirjev in tehnikov Slovenije, Ljubljana, Erjavčeva 15** do 10. dne v mesecu tekočega seminarja.

### **IZPITNI ROKI STROKOVNIH IZPITOV ZA GRADBENIKE, ARHITEKTE IN GEODETE V LETU 1988**

#### **PISNI**

- 24. september 1988
- 22. oktober 1988
- 19. november 1988

#### **USTNI**

- 10.—14. oktober 1988
- 14.—18. november 1988
- 12.—16. december 1988

### **IZPITNI ROKI STROKOVNIH IZPITOV ZA EKONOMISTE**

24.—28. oktober 1988

Prijave (izpolnjene obrazce s prilogami) je treba poslati 20 dni pred pričetkom pisnega dela izpita na **ZVEZNI CENTER ZA IZOBRAŽEVANJE GRADBENIH INŠTRUKTORJEV, Ljubljana, Kardeljeva ploščad 27.**

Izpit za ekonomiste se razpiše, če je vsaj 10 prijavljenih!



## Kako projektiramo in izvajamo toplotne izolacije

UDK 699.86

MATJAŽ ZUPAN

### Povzetek

Analiza toplotnih izolacij več sto objektov z različnimi metodami, predvsem pa s termografijo, je pokazala zelo slabo stanje toplotnih izolacij pri nas. Napake se pojavijo v fazi projektiranja in v fazi izvedbe. Transmisijske toplotne izgube bi lahko bistveno zmanjšali s primerno toplotno izolacijo in tako preprečili oziroma vsaj omilili vrsto nezaželenih posledic.

### 1. UVOD

Energija, ki jo porabimo za ogrevanje bivalnih in delovnih prostorov, znaša pri nas 25 do 30 % primarne energije. Vsa ta ogromna količina energije se izgubi delno pri pretvorbi v toploto in pri njenem transportu, delno skozi obodne elemente objektov (stene, streho, tla, okna, vrata) in delno zaradi prezračevanja prostorov. Koliko deležev pride na posamezne vrste izgub, je odvisno od vrste objekta, njegove konstrukcije in namena ter od ogrevalnega sistema; pri različnih primerih se deleži namreč zelo razlikujejo.

Transmisijske izgube skozi obodne elemente zgradb omejujejo naši predpisi. Tako standard JUS U.J5.600 predpisuje največje dovoljene vrednosti toplotne prehodnosti ( $k$ -vrednost) za različne vrste obodnih elementov, standard JUS U.J5.510 pa metode računanja teh izgub. Oba predpisa sta v fazi novelacije in bosta prinesla bistvene spremembe. Določene bodo največje dovoljene specifične izgube toplotne energije, pri izračunih pa bo treba upoštevati vse toplotne mostove.

### 2. METODE KONTROLE

Investitorji, inšpekcijske službe in tudi izvajalci pogosto zahtevajo pregled objekta glede zadovoljevanja zahtev naših predpisov. Ti pregledi pa so po-

### Summary

The analysis of thermal insulation on few hundred objects by different methods and especially by thermography has pointed out very bad state of thermal insulations. The irregularities occur in the phase of design and equally in the phase of the executing. The transmission heat losses could be essentially reduced through the proper thermal insulations and thus many unpleasant consequences of huge energy consumption could be avoided or at least reduced.

gosto potrebni zaradi neprimernih bivalnih okoliščin (mraz, kondenzat, plesen). V takem primeru je treba ugotoviti vzrok za te nepravilnosti in določiti način odpravljanja teh vzrokov.

Pri pregledu stanja objektov lahko uporabljamo naslednje metode:

- pregled projektne dokumentacije,
- vizualni ogled objektov,
- termografski pregled,
- merjenje površinskih temperatur,
- preiskave z endoskopi,
- merjenje toplotne prehodnosti,
- odpiranje konstrukcij,
- odvzem vzorcev za meritve dimenzij, vlage in toplotne prehodnosti v laboratorijih,
- merjenje zračne prepustnosti.

Pri pregledih večinoma uporabimo kombinacijo več naštetih metod, izbira pa je odvisna od problema samega.

Pri preiskavah se je zelo dobro obnesla metoda daljinskega merjenja površinskih temperatur — termografija. S posebno napravo merimo energijo oddanega infrardečega sevanja z valovno dolžino 3 do 5  $\mu\text{m}$  in to pretvarjamo v vidno sliko na ekranu. Na tej sliki so toplejši deli merjenih površin svetli, hladnejši pa temni.

Tako lahko primerjamo med seboj toplotne prehodnosti različnih delov objekta. Pri temperaturni razliki med ogrevanim prostorom in hladno zunanostjo se pojavi toplotni tok skozi obodni element. Ta tok je sorazmeren s toplotno prehodnostjo. Več-

ja toplotna prevodnost povzroči torej pri enaki zunanji toplotni prestopnosti višjo površinsko temperaturo na fasadi. Na termografskem posnetku so zato jasno vidni tisti deli, ki imajo povečano toplotno prehodnost (toplotni mostovi).

Za nedvoumno interpretacijo morajo biti pri snemanju izpolnjeni naslednji pogoji:

1. Zunanje temperature morajo biti vsaj en dan pred preiskavo pod  $5^{\circ}\text{C}$ .
2. Objekt mora biti ogrevan na  $20^{\circ}\text{C}$  v enakem času (torej  $T > 15\text{K}$ ).
3. V približno zadnjih 10 urah fasada ne sme biti osončena (snemanje zgodaj zjutraj ali v oblačnem vremenu).
4. Vremenske razmere morajo biti stanovitne, brez padavin, vetra ali megle.

### 3. STANJE

V zadnjih treh letih smo s to metodo preiskali več kot 200 objektov širom po Sloveniji in tudi v drugih republikah. Pogosto smo jo kombinirali z drugimi metodami. Analizirali smo vse, od majhnih atrijskih hiš do blokov z več 100 stanovanji in tudi številne poslovne ter proizvodne objekte, šole, vrtnice itd.

Pri teh analizah smo prišli do osupljivih ugotovitev, poglavitna pa je ta, da toplotne izolacije niso

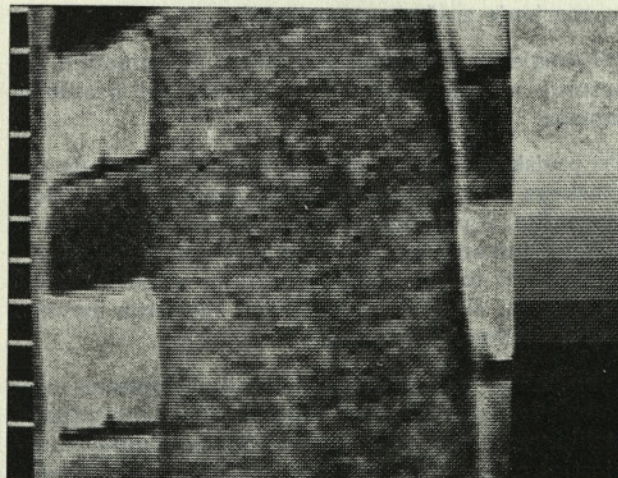
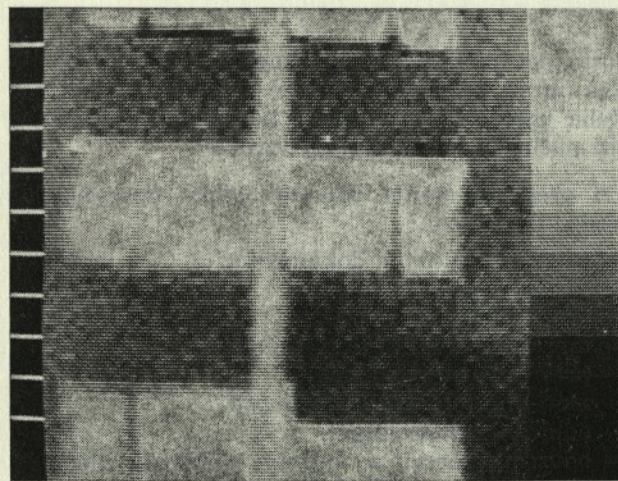
izvedene tako, kot naj bi bile in da so transmisijske toplotne izgube objektov bistveno večje, kot naj bi bilo smiselno.

Najprej naj omenimo vse objekte, ki so bili delani v času, ko predpisi niso zahtevali toplotne izolacije. Ko bo pri teh objektih potrebna obnova fasade, bo treba nujno dodati tudi toplotno izolacijo in tako izboljšati stanje.

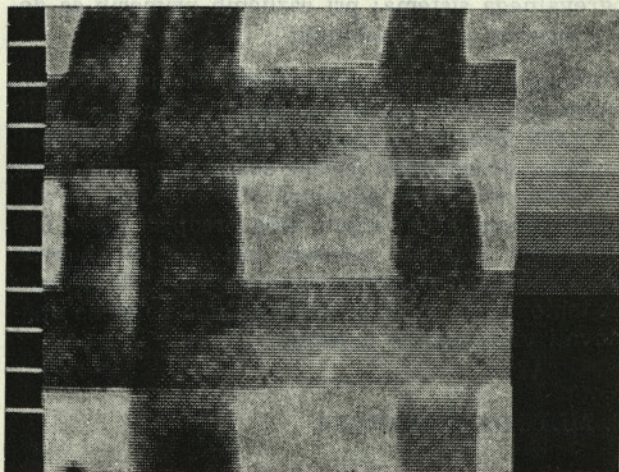
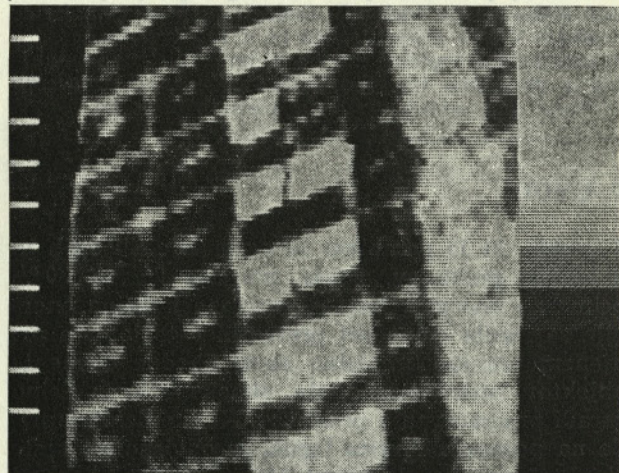
Pri objektih, ki že imajo toplotno izolacijo, pa pride do napak v fazah projektiranja, izvedbe in tudi uporabe.

Pogostejše napake, ki so nastale v fazi projektiranja, so:

- a) neizolirani neogrevani deli objektov (kleti, podstrešja, stopnišča, jaški za dvigala);
- b) neizolirane betonske stene in zidni venci, ki predirajo toplotno izolacijo (medetažne plošče, balkonske stene in plošče itd.) — slika 1;
- c) slabše izolirani parapeti;
- d) toplotni mostovi v prefabriciranih fasadnih elementih (sidra, mozniki, pritrdišča na betonski skelet, robovi) — slika 2.



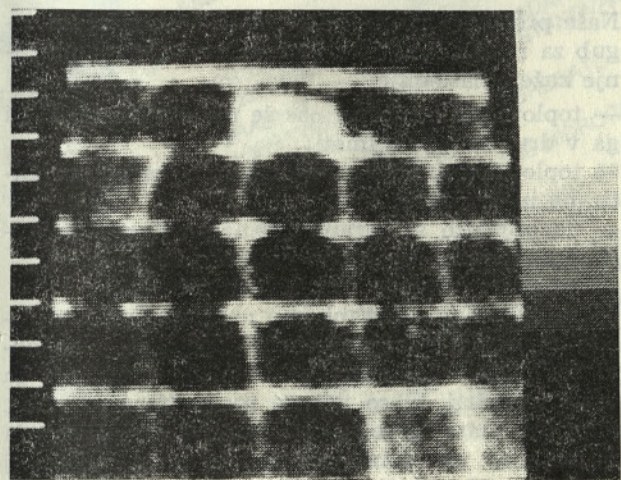
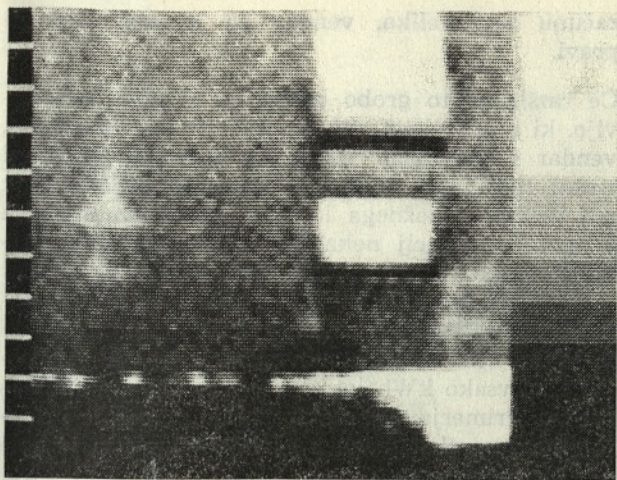
Slika 1



Slika 2

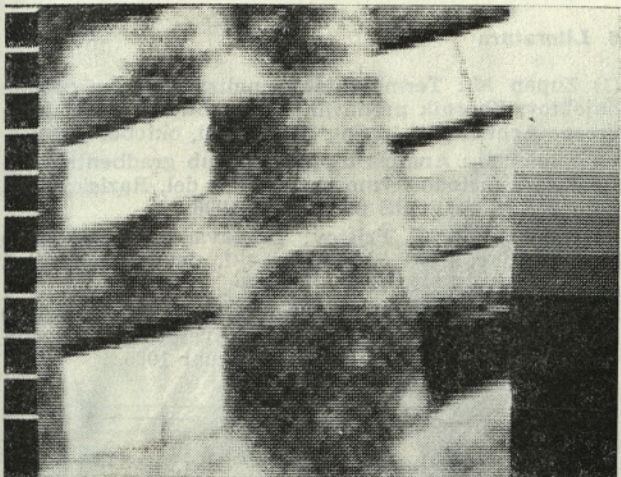
V fazi izdelave pride do naslednjih napak:

- a) toplotnoizolativnega materiala sploh ni ali ga je zelo malo, prav tako pa je slaba tudi izvedba — slika 3;



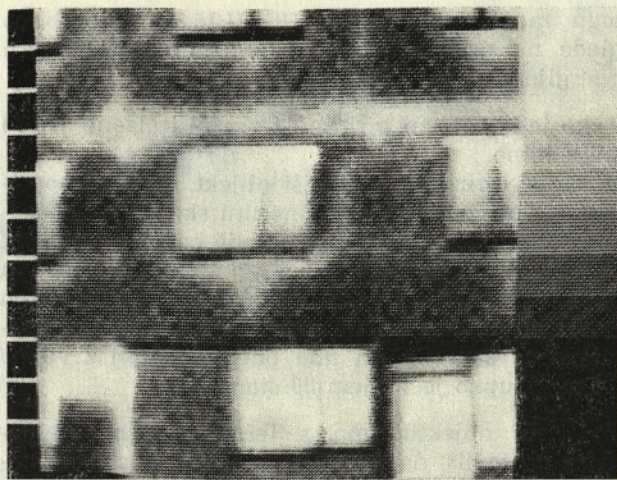
Slika 3

b) slaba izvedba toplotnoizolativne obloge (predimenzionirana sidra, manjkajoči kosi izolacijskega materiala) — sliki 4 in 5.



Slika 4

Za napake pri izdelavi so krivi pomanjkljiv nadzor, nevednost in malomarnost izvajalcev, za napake pri projektiranju pa slabo poznavanje problematike, pomanjkanje želja po izboljšavah neprimerljivih detajlov in pogosto celo zavestna izbira sistemov s toplotnimi mostovi.



Slika 5

#### 4. REZULTATI MERITEV IN IZRAČUNOV

Številne objekte smo vzporedno preiskali z več metodami, tako da smo dobili tudi nekatere številne podatke o toplotnih izgubah.

Z merjenjem površinskih in prostorskih temperatur smo skušali oceniti povprečno toplotno prehodnost objektov (1), poleg tega pa smo z merilniki toplotnega toka merili tudi toplotne prehodnosti.

Na podlagi dejanskih toplotnih prehodnosti in znane geometrije objekta smo lahko izračunali toplotne izgube objektov (2). Prikažimo tak izračun za tri tipične objekte. Pri vseh treh obravnavamo le izgube zaradi prehoda toplote skozi obodne dele; ventilacijske izgube in izgube pri pretvorbi v toplotno energijo niso upoštevane. Prav tako ne obravnavamo niti dobitkov notranjih virov (prebivalci, električni stroji itd.) niti sončne energije.

Izgube energije izračunamo kot vsoto produktov toplotne prehodnosti ( $k_i$ ), površine ( $S_i$ ) in temperaturnega primanjkljaja ( $\Delta T \cdot t$ ) za  $n$  obodnih površin objekta

$$Q = \sum_{i=1}^n k_i S_i \cdot (\Delta T \cdot t) \quad (1)$$

a) Prvi primer je tipična gradnja pred približno 20 leti. Objekt ima tri nadstropja s po tremi stanovanji. Tloris je  $12,5 \text{ m} \times 12,5 \text{ m}$ , višina pa  $8,4 \text{ m}$ . Narejen je iz polne opeke debeline  $38 \text{ cm}$ , na tleh in na stropu pa je  $2 \text{ cm}$  izolacije. Objekt je bil narejen po tedanjih predpisih, vendar ga ne bomo podrobneje opisovali.

Izračun potrebne toplotne energije za nadomestitev transmissijskih izgub za Ljubljano, kjer je temperaturni primanjkljaj  $3230 \text{ st. dan}$  (3), pove, da so izgube v eni kurilni sezoni  $72.800 \text{ kWh}$ . Če bi objekt izolirali po sedaj veljavnih predpisih, bi bile izgube  $40.700 \text{ kWh}$ .

Pri tem izračunu pa nismo upoštevali povečanih toplotnih izgub pri betonskih nosilnih stenah in medetažnih ploščah. Če te izračunamo po pred-

logu za novi standard JUS U.J5.510, pridobimo glede na neizolirano hišo še dodatnih 5200 kWh energije.

Tako je izračunan prihranek zaradi izolacije 37.300 kWh letno.

b) Drugi primer je novejši objekt, narejen po sistemu outinord (betonski nosilni skelet) z montažnimi fasadnimi elementi (sendvič beton — stiropor — beton). Tu je v stenah 6 cm izolacije, v stropu 10 cm in na tleh 8 cm. Objekt ima obliko dveh kvadrov ( $20 \times 13$  m in  $14 \times 13$  m), ki sta premaknjena za 2 m. Objekt ima pet nadstropij z višino 14 m. Skupno je v njem 30 stanovanj.

Pri tem objektu smo s termografskim pregledom ugotovili, da je toplotna prehodnost sten zaradi številnih toplotnih mostov kar za okrog 60 odstotkov večja, kot pa bi bila brez njih. Tako so izgube toplote v ogrevalni sezoni za Ljubljano 160.700 kWh, če pa bi bila toplotna izolacija dobro izvedena, bi bile 123.500 kWh. Kar 37.200 kWh energije se letno izgubi zaradi toplotnih mostov!

c) Tretji primer obravnava enodružinsko hišo tlorisa  $12,6 \times 10,1$  m, višine 6 m, brez kleti, vendar s podstrešjem. Zid je narejen iz modularne opeke debeline 30 cm. Tla in strop imajo 2 cm izolacije. Okna pri vseh objektih imajo  $k = 2,6 \text{ W/m}^2 \text{ K}$  (vezana okna).

Ta objekt smo najprej izolirali po standardu JUS U.J5.600 (stena:  $k = 0,8$  namesto  $1,4 \text{ W/m}^2 \text{ K}$ ; streha:  $k = 0,55$  namesto  $1,2 \text{ W/m}^2 \text{ K}$ ; tla:  $k = 0,65$  namesto  $1,15 \text{ W/m}^2 \text{ K}$ ), nato pa še z ekonomsko upravičeno debelino izolacije (4), in sicer  $k = 0,4 \text{ W/m}^2 \text{ K}$  za steno,  $k = 0,3 \text{ W/m}^2 \text{ K}$  za streho in  $k = 0,45 \text{ W/m}^2 \text{ K}$  za tla.

Transmisijske izgube so v prvem primeru 52 tisoč 400 kWh, v drugem 31.400 kWh in v tretjem primeru le 19.900 kWh. Optimalno izolirana hiša porabi torej za 32.500 kWh manj energije kot neizolirana.

## 5. SKLEP

Na podlagi prejšnjih računov skušajmo še približno izračunati, kakšni bi bili prihranki za celotno Ljubljano oziroma SR Slovenijo, če bi bili objekti izolirani tako, kot navajajo primeri. Samo za Ljubljano pomeni taka izolacija prihranek 200 milijonov kWh, za Slovenijo pa približno 1400 milijonov kWh, kar pa je že toliko, kot je pol letne proizvodnje JE Krško! Seveda je lahko napaka pri tem

računu zelo velika, vendar pa je red velikosti pravi.

Če razširimo to grobo oceno na celotno Jugoslavijo, ki ima 10-krat več prebivalcev kot Slovenija, vendar v povprečju bolj milo klimo, a po drugi strani tudi manj toplotno izoliranih objektov, je red velikosti možnega letnega prihranka energije z uporabo izolacij nekako 10 milijard kWh. Približno toliko bi proizvedli dve jedrski elektrarni tipa Krško, katerih cena je okoli 10 milijard dolarjev; tako dobimo zanimiv rezultat, in sicer, da bi lahko naša družba subvencionirala vse investitorje za vsako kWh letnega prihranka z enim dolarjem. Primerjava z elektrarno je seveda le informativna, saj elektrarna proizvaja »delo«, ki je bolj »žlahtno« od toplote.

Naše preiskave z različnimi metodami, izračuni izgub za različne objekte in tudi prejšnje razmišljanje kažejo naslednje:

- toplotne izolacije pri nas še nimajo mesta, ki bi ga v družbi morale imeti;
- toplotne izolacije so pogosto neprimerno projektirane in izvedene;
- na objektih se zaradi teh nepravilnosti pojavljajo kondenzat, plesen in prenizke temperature;
- stroški ogrevanja so bistveno previsoki;
- za ogrevanje uporabljamo ogromne količine fosilnih goriv, kar izredno onesnažuje okolje; te snovi so hkrati tudi surovina kemične industrije in vrste industrij, ki so vezane nanjo (farmaceutvska, plastične mase, guma itd.). Brez njih si življenje ne moremo več zamišljati, vendar bodo čez nekaj desetletij ostala brez surovin;
- zelo smo odvisni od uvoza energijskih virov.

Toplotne izolacije so torej pomemben del pri projektiranju in izvajanju objektov, žal pa so pogosto obravnavane kot zadeva stranskega pomena.

## 6. Literatura

- (1) Zupan M.: Termografska analiza toplotne zaščite objektov, Zbornik predavanj II. jugoslovanskega kongresa »Arhitektura in energija«, Bled, oktober 1986.
- (2) Zupan M.: Analiza toplotnih izgub gradbenih konstrukcij z metodo termografije — I. del, Raziskovalna naloga RSS — PORS 06, ZRMK 1986.
- (3) Ramšak M., J. Pristov: Izdelava karte gradbeno klimatskih con SR Slovenije — I. del, Raziskovalna naloga RSS, ZRMK 1980.
- (4) Zupan M.: Vplivi na optimalno toplotno zaščito objektov, Zbornik referatov, 4. posvetovanje o racionalni rabi energije, Ljubljana, februar 1986.



ŽELEZNIŠKO GOSPODARSTVO

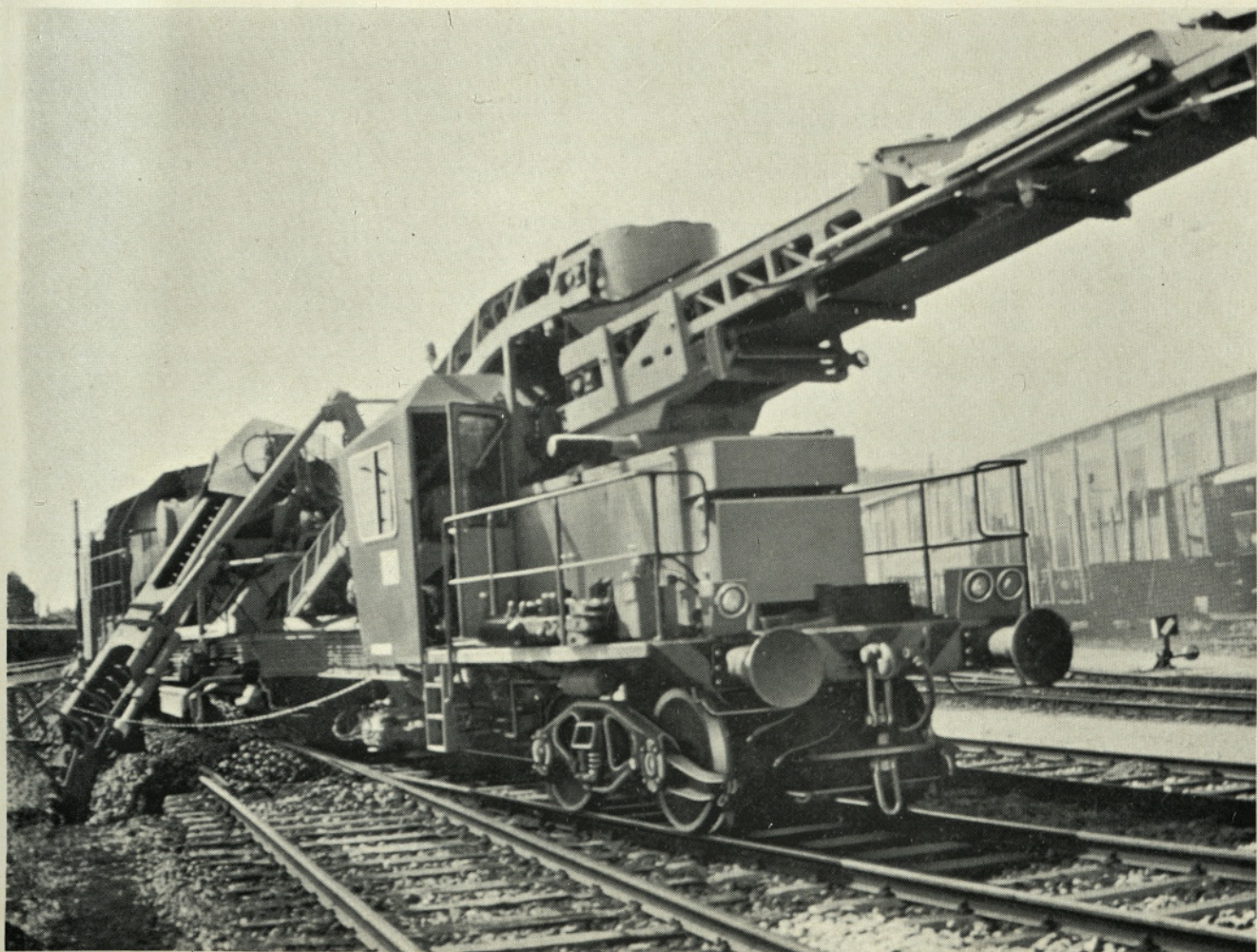
**ŽELEZNIŠKO GRADBENO PODJETJE**

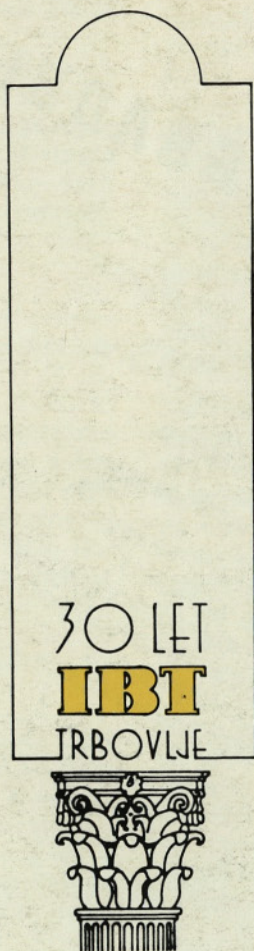
LJUBLJANA, OB ZELENJI JAMI 2

TELEFON: 313 044 – DIREKTOR: 320 874

D. O. O.

- OPRAVLJANJE VSEH GRADBENIH DEL S PODROČJA NIZKOGRAĐENJ IN NJIHOVO VZDRŽEVANJE
- GRADNJA, REKONSTRUKCIJA, ADAPTACIJA IN POPRAVILO GOSPODARSKIH, STANOVANJSKIH IN DRUGIH STAVB
- PRIDOBIVANJE KAMNITIH AGREGATOV IN GRADNJA IN VZDRŽEVANJE HIDROGRADBENIH OBJEKTOV
- OPRAVLJANJE TRANSPORTNIH STORITEV
- IZVEDBA IN VZDRŽEVANJE INSTALACIJ
- ZAKLJUČNA IN OBRтна DELA V GRADBENIŠTVU
- OPRAVLJANJE STORITEV Z GRADBENIMI STROJI
- IZDELAVA TEHNIČNE DOKUMENTACIJE
- OPRAVLJANJE STORITEV V MEHANIČNI DELAVNICI





## DEJAVNOSTI

SVETOVALNI INŽENIRING  
INVESTITORSKI INŽENIRING  
PROSTORSKO PLANIRANJE  
ARHITEKTURA  
GRADBENA KONSTRUKTIVA  
NIZKE GRADNJE  
STROJNE INSTALACIJE  
STROJNIŠTVO IN TEHNOLOGIJA  
EKONOMSKO SVETOVANJE  
RAČUNALNIŠTVO

IBT TRBOVLJE N. SOL. O. TOZD PROJEKTIVA, GIMNAZIJSKA C. 16  
61420 TRBOVLJE  
TEL.: 0601 22 422  
TELEX: YU IBT 35127