

UDK-UDC 05:624; YU ISSN 0017-2774
LJUBLJANA, MAREC 1985, LETNIK XXXIV, STR. 49—72

GRADBENI VESTNIK

3


PROJEKT HIDROINŽENIRING
VODARNA – FILTRNA POSTAJA JARŠKI BROD – LJUBLJANA, KAPACITETA 240 l/sek





KOROSTOP

antikorozijski dodatek betonu in cementni malti.

SOZD **KEMA**  MARIBOR
TOVARNA DUŠIKA RUŠE n.sol.o.

TOZD PROIZVODNJA KREMENČEVEGA
PESKA n.sol.o. PUCONCI

TELEFONI: (069) 72-520, 72-521; TELEGRAM: SEPARACIJA PUCONCI

Društvo za ceste Ljubljana
SOZD združena cestna podjetja
Slovenije
Skupnost za ceste Slovenije

organizirajo

POSVETOVANJE
O SODOBNIH DOSEŽKIH
NA PODROČJU PROJEKTIRANJA,
GRADNJE IN VZDRŽEVANJA
BETONSKIH VOZIŠČNIH
KONSTRUKCIJ

V Portorožu, 9. in 10. oktobra 1985



GRADBENI VESTNIK

GLASILO ZVEZE DRUŠTEV GRADBENIH INŽENIRJEV IN TEHNIKOV SLOVENIJE
Št. 3 • LETNIK 34 • 1985 • YU ISSN 0017-2774

VSEBINA-CONTENTS

Clanki, študije, razprave Articles, studies, proceedings	Stefan Faith: PRIPOROČILA ZA SIDRANJE V ZEMLJINAH IN HRIBINAH . 51
	Danijel Mejak: RAZISKAVE UTRUJANJA CEMENTNIH STABILIZACIJ 58
Jubilej	INŽ. SVETKO LAPAJNE — 50 LET USTVARJALNEGA DELA V GRADBENISTVU 64
Iz naših kolektivov From our enterprises	OZD GIP GRADIS, Ljubljana 65 GIP VEGRAD, Titovo Velenje 65 SGP GROSUPLJE, Grosuplje 66 SGP PIONIR, Novo mesto 66 SGP GORICA, Nova Gorica 67 SGP PRIMORJE, Ajdovščina 67 SGP KONSTRUKTOR, Maribor 68 GIP INGRAD, Celje 68
Informacije Zavoda za raziskavo materiala in konstrukcij Ljubljana Proceedings of the Institute for material and structures research Ljubljana	TERMOGRAFIJA V GRADBENISTVU 69 Matjaž Zupan

Glavni in odgovorni urednik: SERGEJ BUBNOV

Lektor: ALENKA RAIČ

Tehnični urednik: DUŠAN LAJOVIČ

Uredniški odbor: NEGOVAN BOŽIČ, VLADIMIR CADEŽ, JOŽE ERZEN, IVAN JECELJ, ANDREJ KOMEL, STANE PAVLIN, FRANC ČAČOVIČ, BRANKA ZATLER-ZUPANČIČ

Revija izdaja Zveza društev gradbenih inženirjev in tehnikov Slovenije, Ljubljana, Erjavčeva 15, telefon 221 537. Tek. račun pri SDK Ljubljana 50101-678-47602. Tiska tiskarna Tone Tomšič v Ljubljani. Revija izhaja mesečno. Letna naročnina skupaj s članarino znaša 300 din, za študente 90 din, za podjetja, zavode in ustanove 2000 din. Revija izhaja ob finančni podpori Raziskovalne skupnosti Slovenije, Splošnega združenja gradbeništva in IGM Slovenije in Zavoda za raziskavo materiala in konstrukcij Ljubljana.

GRADBIENI VEŠTNIK



IZDAJE ZVEZE DRUŠTV GRADBIENIH INŽENJEREV IN TEHNIKOV SLOVENIJE
LJUBLJANA, LETA 1985, 34. LETNICA, 15. ŠTEVILKA, 15. 11. 1985

PODJETJE



IZDAVAJELNIK: DRUŠTVO INŽENJEROV
ZVEZE DRUŠTV GRADBIENIH INŽENJEREV IN TEHNIKOV SLOVENIJE
LJUBLJANA, BEOGRADSKA CESTA 14, 1000 L.

Glavni urednik: ...
Urednik: ...
Društvo inženjerov ...

IZDAVAJELNIK: DRUŠTVO INŽENJEROV
ZVEZE DRUŠTV GRADBIENIH INŽENJEREV IN TEHNIKOV SLOVENIJE
LJUBLJANA, BEOGRADSKA CESTA 14, 1000 L.

IZDAVAJELNIK: DRUŠTVO INŽENJEROV
ZVEZE DRUŠTV GRADBIENIH INŽENJEREV IN TEHNIKOV SLOVENIJE
LJUBLJANA, BEOGRADSKA CESTA 14, 1000 L.

IZDAVAJELNIK: DRUŠTVO INŽENJEROV
ZVEZE DRUŠTV GRADBIENIH INŽENJEREV IN TEHNIKOV SLOVENIJE
LJUBLJANA, BEOGRADSKA CESTA 14, 1000 L.



podjetje za urejanje voda

63001 celje
škvarčeva 4, p. p. 144

n. sol. o.

IZDAVAJELNIK: DRUŠTVO INŽENJEROV
ZVEZE DRUŠTV GRADBIENIH INŽENJEREV IN TEHNIKOV SLOVENIJE
LJUBLJANA, BEOGRADSKA CESTA 14, 1000 L.

Priporočila za sidranje v zemljinah in hribinah

STEFAN FAITH

1. Uvod

Pomanjkanje ustrezne regulative pri nas za področje sidranja v zemljinah in hribinah, kakor tudi njena aktualnost, nalaga čim hitrejšo reševanje tega problema. Kot eden najnovejših in najsodobnejših predpisov za to področje je SIA 191/1977, ki je primeren za urejanje te vrzeli pri nas.

Predpis vsebuje naslednja bistvena poglavja:

- definicije,
- planiranje,
- izračun in dimenzioniranje,
- material,
- izvedba.

V prevodu so na koncu še prikazani obrazci za izdelavo poročil, ki so nujni pri projektiranju, izvedbi in nadzoru sidranja. Posamezna poglavja bodo obrazložena posebej in na koncu prikazana uporaba na računskem primeru.

2. Definicije

V definicijah so podani nazivi posameznih delov sidra in sidranja (slika 1).

- način pritrditve v vrtini (sidra z razpiranjem, s ploščo, injekcijska sidra itd.),
- način delovanja (sidra s prosto dolžino ali brez nje),
- način obremenitve natege.

prednapeta sidra $0,5 < \frac{V_o}{V_u} \leq 0,75$

napeta sidra $0,25 < \frac{V_o}{V_u} \leq 0,5$

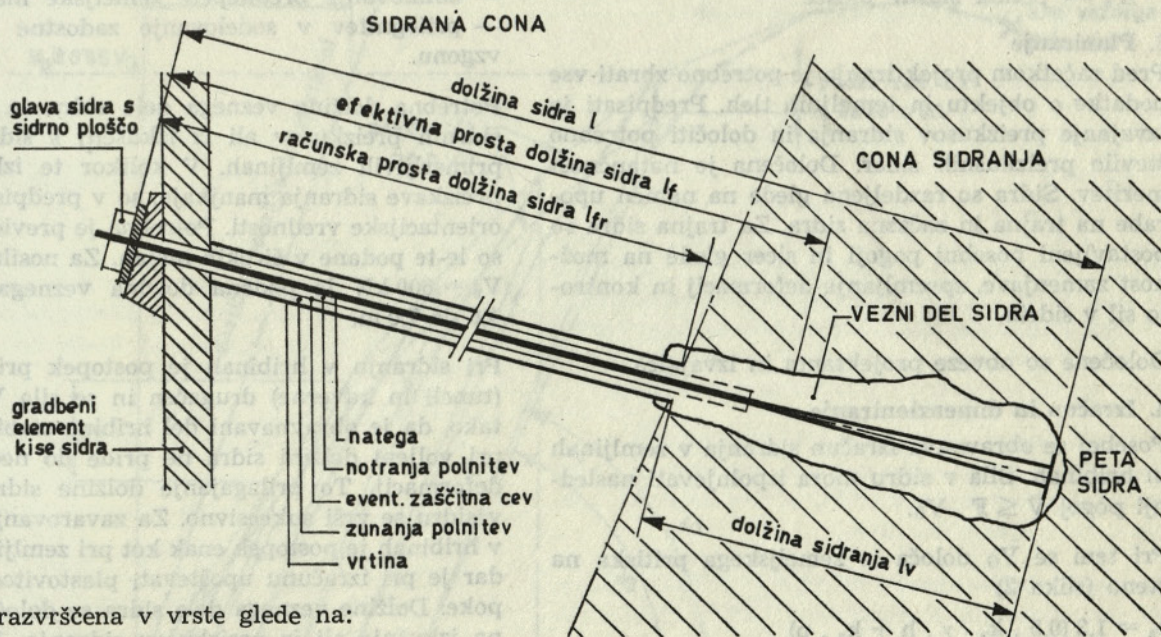
nenapeta sidra $0 \leq \frac{V_o}{V_u} \leq 0,25$

Vrste sider so določene glede na stopnjo ogroženosti in na dolžino časa uporabe (trajna in začasna sidra). Njihova je razvrstitev izvršena v poglavju o izračunu in dimenzioniranju.

Za označevanje sil v sidrih so uporabljene naslednje označbe:

V — sila v sidru

$$V_u \begin{cases} \leq V_z & \text{— nosilna sidra, manjša od obeh} \\ \leq V_v & \text{vrednosti} \end{cases}$$



Slika 1. Principielna skica in označbe

Sidra so razvrščena v vrste glede na:

- vrsto cone sidranja (zemljina, hribina),
- uporabo (trajna sidra, začasna sidra, kontrolna sidra),

Avtor:
 Dr. Stefan Faith, dipl. inž. gradb., redni profesor VTS,
 Geološki zavod Ljubljana, 62000 Maribor, Krekova 20

$V_z = F_e \cdot \beta_z$ — porušna sila natege (nominalna vrednost)

V_v — mejna sila veznega dela sidra

V_p — sila pri nateznem in napenjalnem preiskusu

$V_G = F_e \cdot \sigma_G$ — računski uporabljeni sila

V_o — sila napenjanja v času $t = 0$

$V_s = F_e \cdot \sigma_{2,0}$ — sila pri napetosti v nategi na meji plastičnosti

V_A — začetna sila pri nateznem in napenjalnem preiskusu

F_e — površina preseza natege

Odnosi med navedenimi silami v sidru so določeni v poglavju o izračunu in dimenzioniranju.

Varnost se določi glede na sile v sidru:

$$S = \frac{V_u}{V_G}$$

$$F = \frac{\text{strižna trdnost}}{\text{strižna napetost}}$$

Zelo pomembno je določanje deformacij v zavisnosti od sil v sidru in sicer je:

ΔL_e — elastična deformacija

ΔL_{bL} — trajna deformacija

ΔL_r — računski elastična deformacija sidra s

$$\text{silo } V_p \quad \Delta L_r = \frac{V_p \cdot L_{lr}}{E_e \cdot F_e}$$

ΔL — pomik glave sidra napram fiksni točki

ΔL_k — pomik bata

Δ_s — pomik sidrne plošče

3. Planiranje

Pred začetkom projektiranja je potrebno zbrati vse podatke o objektu in temeljnih tleh. Predpisati je izvajanje preizkusov sidranja in določiti potrebno število preizkusnih sider. Določena je natančnost meritev. Sidra so razdeljena glede na namen uporabe na trajna in začasna sidra. Za trajna sidra so postavljeni posebni pogoji in sicer glede na možnost zamenjave, spremljanje deformacij in kontrola sil v sidrih.

Določene so obveze projektanta in izvajalca.

4. Izračun in dimenzioniranje

Posebej se obravnava izračun sidranja v zemljinah in hribinah. Sila v sidru mora izpolnjevati naslednji pogoj $\bar{V} \leq F \cdot V_G$.

Pri tem se V_G določa iz zemeljskega pritiska na steno (slika 2)

$$e_a = 1,3 (0,5 \cdot k_a \cdot \gamma \cdot h + k_a \cdot p)$$

kjer je:

γ — koeficient aktivnega zemeljskega pritiska

k_a — prostorninska teža ($\rho \cdot q$)

p — enakomerno porazdeljena obtežba in hidrostatičnega pritiska

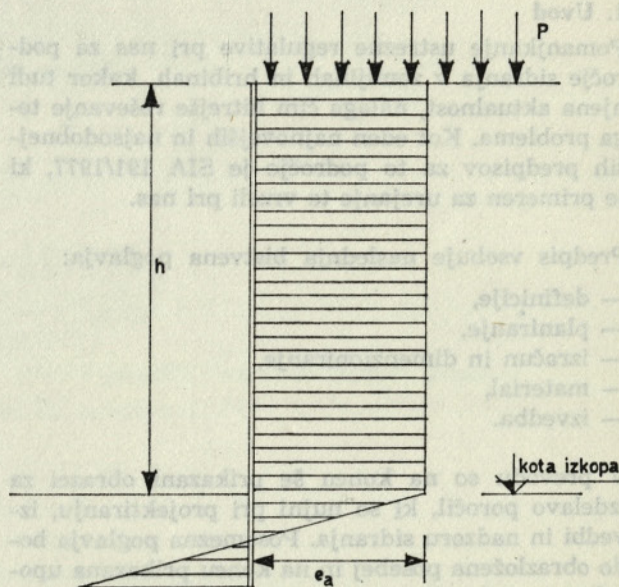
$$e_w = h_1 \cdot \gamma_w$$

Sile v sidrih morajo zadostiti naslednjim pogojem:

$$V \leq V_s$$

$$V \leq V_v$$

$$V \leq F \cdot V_G$$



Slika 2. Zemeljski pritisk pri enkratnem ali večkratnem sidranju stene

Potrebna prosta dolžina sidra se določa glede na:

- povečanje varnosti proti zdrsu,
- oblikovanje prednapete zemeljske mase,
- pritegnitev v sodelovanje zadostne mase pri vzgonu.

Potrebna dolžina veznega dela sidra se določa iz sidrskih preizkusov ali iz izkušenj s sidranjem v primerljivih zemljinah. V kolikor te izkušnje in preizkave sidranja manjkajo, so v predpisu podane orientacijske vrednosti. Potrebna je previdnost, ker so le-te podane v širokih mejah. Za nosilnost sidra $V_u = 600$ kN je podana dolžina veznega dela od 4,0 do 7,0 m.

Pri sidranju v hribinah je postopek pri votlinah (tuneli in kaverne) drugačen in se sila V_G določa tako, da je obravnavani del hribine stabilen in da pri voljeni dolžini sidra ne pride do nedopustnih deformacij. To prilagajanje dolžine sidra in sile v sidru se vrši sukcesivno. Za zavarovanje pobočij v hribinah je postopek enak kot pri zemljinah, vendar je pri izračunu upoštevati plastovitost in razpoke. Dolžine veznega dela sidra se določajo glede na izkušnje ali iz preizkusov sidranja. V kolikor te manjkajo predvideva predpis orientacijske dolžine od 4,0 do 7,0 m za sile od 1200 do 4000 kN.

Varnosti so razdeljene glede na nosilnost sidra in na varnost proti zdrsu, ter razvrščene v razrede zavisne od ogroženosti objekta in okolice, ter časovne uporabe sider (trajna ali začasna sidra).

Potrebne varnosti glede na nosilnost sidra

$$S = \frac{V_u}{V_G} \text{ so podane v preglednici 1.}$$

Preglednica 1

STOPNJA OGRUŽENOSTI	ZAČASNA SIDRA		TRAJNA SIDRA	
	Razred sidra	S	Razred sidra	S
Sidra, čigar porušitev ne bi imela večjih posledic in ne bi ogrožala javno varnost in red	1	1,3	4	1,6
Sidra, čigar porušitev bi imela večje posledice, toda ne bi ogrožala javno varnost in red	2	1,5	5	1,8
Sidra, čigar porušitev bi imela težke posledice in bi ogrožala javno varnost in red	3	1,8	6	2,0

Preglednica 2

STOPNJA OGRUŽENOSTI	ZAČASNA SIDRA		TRAJNA SIDRA	
	Razred sidra	F	Razred sidra	F
Sidra, čigar porušitev ne bi imela večjih posledic in ne bi ogrožala javno varnost in red	1	1,2	4	1,4
Sidra, čigar porušitev bi imela večje posledice, toda ne bi ogrožala javno varnost in red	2	1,3	5	1,4
Sidra, čigar porušitev bi imela težke posledice in bi ogrožala javno varnost in red	3	1,4	6	1,5

Za varnost proti drsenju $V = \frac{\text{strižna napetost}}{\text{strižna trdnost}}$ je prikazana v preglednici 2.

Posebej je upoštevati še naslednje pogoje:

Začasna sidra

$$V_P \leq 0,95 V_S$$

$$V_P \geq 1,15 V_G$$

$$V_G \leq \frac{1}{S} V_u$$

$$V_0 \leq 0,75 V_u$$

Trajna sidra

$$V_P \leq 0,95 V_S$$

$$V_P \geq 1,4 V_G$$

$$V_G \leq \frac{1}{S} V_u$$

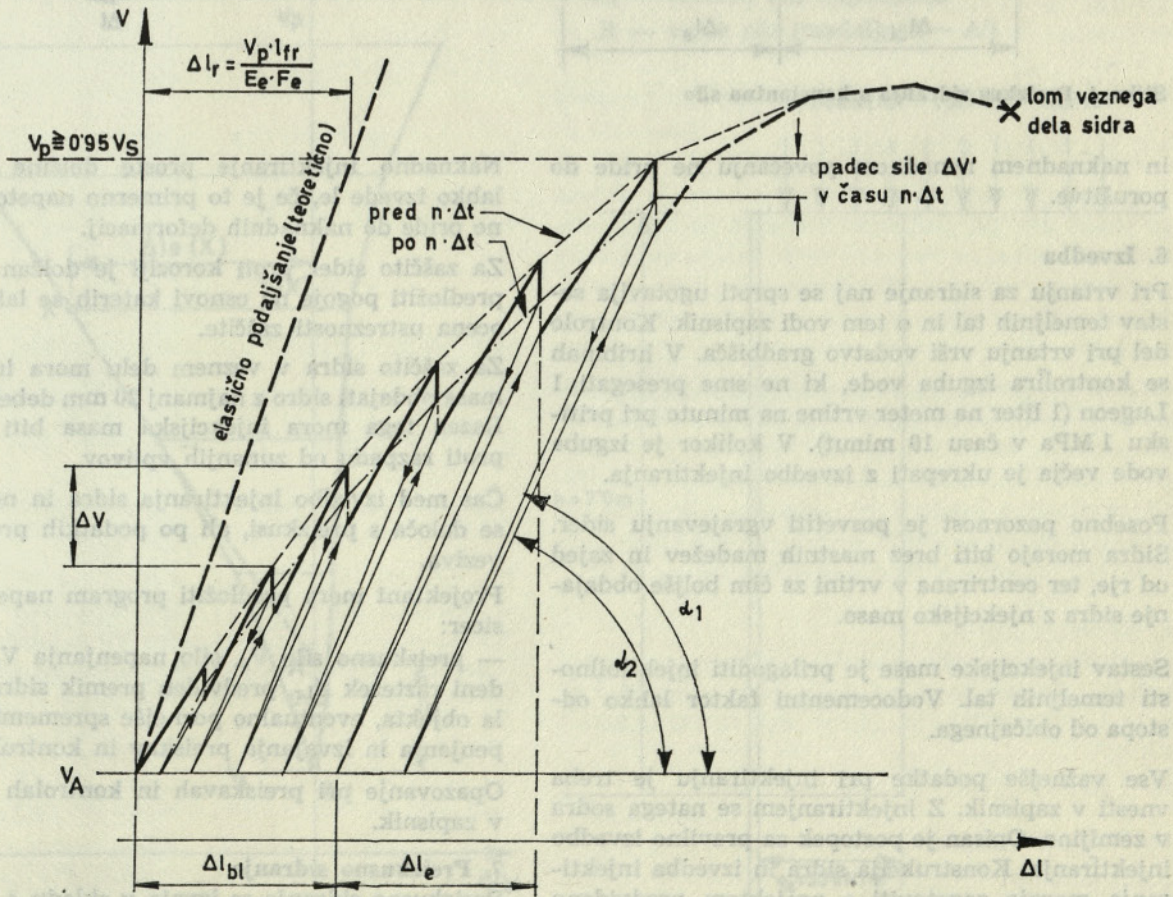
$$V_0 \leq 0,75 V_u$$

5. Material

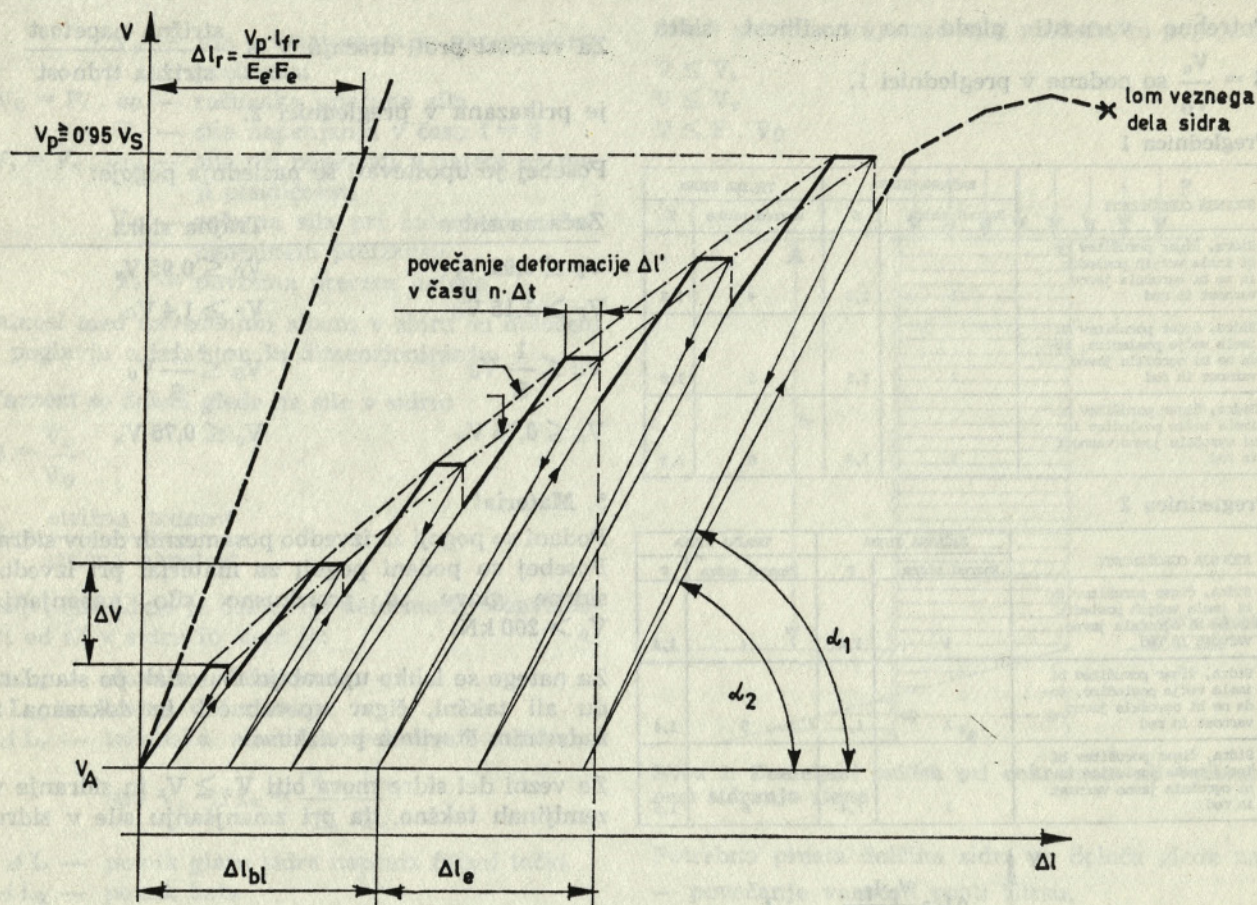
Podani so pogoji za izvedbo posameznih delov sidra. Posebej so podani pogoji za material pri izvedbi sidrne glave za preizkusno silo napenjanja $V_P > 200 \text{ kN}$.

Za natego se lahko uporabijo materiali po standardu ali takšni, čigar uporabnost je dokazana z zadostnim številom preizkusov.

Za vezni del sidra mora biti $V_v \geq V_z$ in sidranje v zemljinah takšno, da pri zmanjšanju sile v sidru



Slika 3. Preizkus sidranja s konstantno deformacijo



Slika 4. Preizkus sidranja s konstantno silo

in naknadnem nenadnem povečanju ne pride do porušitve.

6. Izvedba

Pri vrtnanju za sidranje naj se sproti ugotavlja sestav temeljnih tal in o tem vodi zapisnik. Kontrolo del pri vrtnanju vrši vodstvo gradbišča. V hribinah se kontrolira izguba vode, ki ne sme presegati 1 Lugeon (1 liter na meter vrtine na minuto pri pritisku 1 MPa v času 10 minut). V kolikor je izguba vode večja je ukrepati z izvedbo injektiranja.

Posebno pozornost je posvetiti vgrajevanju sider. Sidra morajo biti brez mastnih madežev in zajed od rje, ter centrirana v vrtini za čim boljše obdajanje sidra z njekcijsko maso.

Sestav injekcijske mase je prilagoditi injektibilnosti temeljnih tal. Vodocementni faktor lahko odstopa od običajnega.

Vse važnejše podatke pri injektiranju je treba vnesti v zapisnik. Z injektiranjem se natega sodra v zemljino. Opisan je postopek za pravilno izvedbo injektiranja. Konstrukcija sidra in izvedba injektiranja morajo zagotoviti s projektom predvideno prosto dolžino sidra in dolžino veznega dela sidra.

Naknadno injektiranje proste dolžine sidra se lahko izvede le, če je to primerno napeto tako, da ne pride do naknadnih deformacij.

Za zaščito sider proti koroziji je dolžan izvajalec predložiti pogoje na osnovi katerih se lahko izvrši ocena ustreznosti zaščite.

Za zaščito sidra v veznem delu mora injekcijska masa obdajati sidro z najmanj 20 mm debelo plastjo. Razen tega mora injekcijska masa biti obstojna proti razpadu od zunanjih vplivov.

Čas med izvedbo injektiranja sidra in napenjanja se določa s preizkusi, ali po podatkih proizvajalca veziva.

Projektant mora predložiti program napenjanja in sicer:

— preizkusno silo V_p , silo napenjanja V_0 , predvideni raztezek Δl_r , predviden premik sidranega dela objekta, eventualno poznejše spremembe sil napenjanja in izvajanja preiskav in kontrol.

Opazovanje pri preiskavah in kontrolah je vnesti v zapisnik.

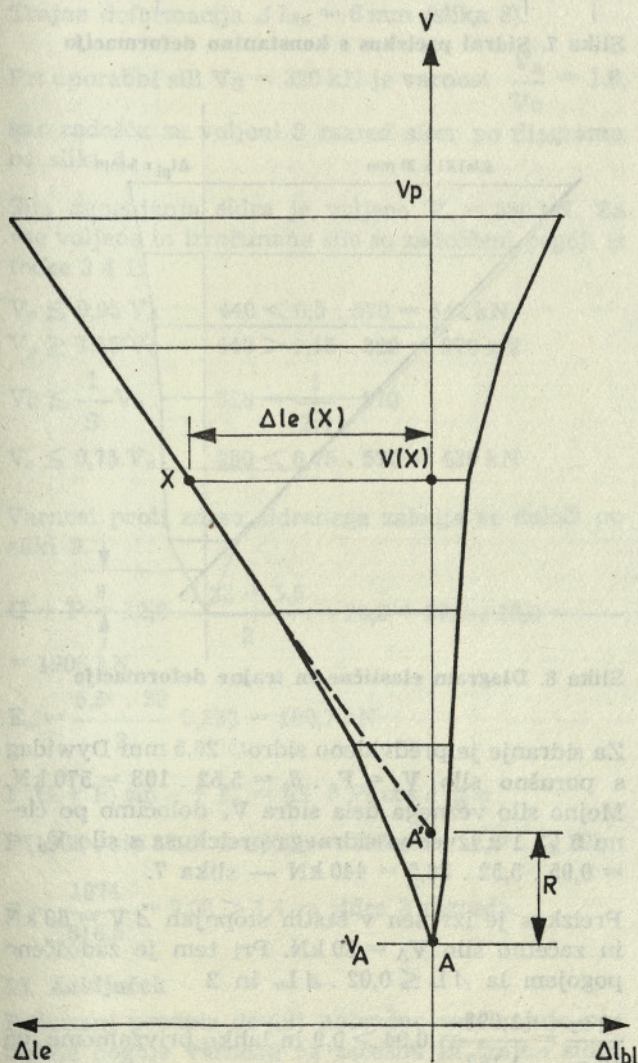
7. Preizkusno sidranje

Preizkusno sidranje se izvaja v skladu s prikazom na sliki 3 in 4. Projektant določi začetno silo na-

penjanja V_A , ki je 0,1 do 0,2 od V_p (končna sila napenjanja pri preizkusu). Področje med V_A in V_p se razdeli v 6 do 10 stopenj. Za merjenje deformacij $\Delta L = \Delta L_e + \Delta L_{bl}$ se določi fiksna točka. Določene so tudi potrebne natančnosti meritev. Pri izvedbi preizkusa sidranja je treba upoštevati določene čakalne čase, ki dependirajo od sestave tal.

Pri hribinah in nekoherentnih tleh je čakalni čas najmanj 5 minut, pri lahko koherentnih tleh in prekonsolidiranih glinah najmanj 15 minut in pri glinah in glinastih meljih v normalnem konsolidiranem stanju več ur ali dni.

Na sliki 3 je prikazan diagram sil in deformacij pri preizkusu sidranja, ko držimo konstantne deformacije. Na sliki 4 je prikazan diagram sil in deformacij, ko držimo konstantno silo. Na obeh diagramih vršimo obremenitev in merjenje deformacij po vnaprej določenih stopnjah s tem, da se pri vsaki stopnji vrši razbremenitev na V_A . Maksimalna sila pri preizkusu sidranja znaša $V_p \leq 0,95 V_s$.



Slika 5. Diagram elastičnih in trajnih deformacij

Teoretično elastično deformacijo določimo iz izraza:

$$\Delta L_r = \frac{V_p \cdot L_{tr}}{E_e \cdot F_e}$$

V vsaki stopnji lahko določimo trajno (ΔL_{bl}) in elastično deformacijo (ΔL_e). Za sidra z $V_p > 200$ kN morajo za določanje mejne sile V_v biti izpolnjena dva pogoja. Prvi pogoj je, da v čakalnem času n. t povečanje deformacije na sme presegati 1—2% ΔL_r oz. zmanjšanje sile ne sme znašati več kot 1—2% V_p . Čakalni čas prilagajamo pogojem v tabeli.

Pri drugem pogoju mora biti $\frac{\text{tg } \alpha_2}{\text{tg } \alpha_1} \geq 0,9$, tj. na-

klon obremenilne in razbremenilne premice oz. modulov elastičnosti. Dejanska prosta dolžina sidra L_t se določa iz slike 5 po enačbi:

$$L_t = \frac{L_e(X) \cdot F_e}{V(X) - V_A - R} \cdot E_e$$

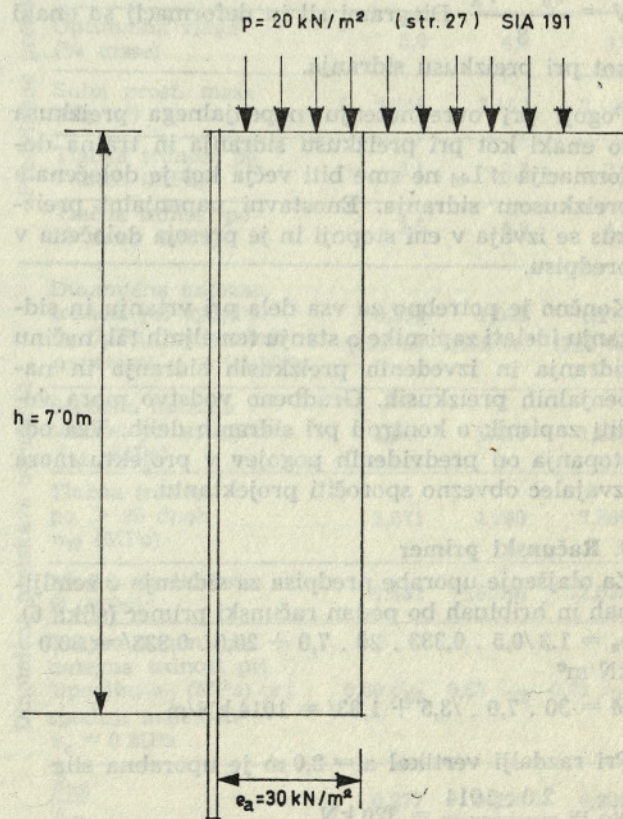
kjer je F_e prečni prerez natege

$L_e(X)$ — modul elastičnosti natege

E_e — elastična deformacija natege pri sili $V(X)$

V_A — začetna sila napenjanja

R — torzna sila (razdalja A — A')



Slika 6. Sidrna stena za računski primer

Prosta dejanska dolžina sidra mora izpolnjevati naslednji pogoj:

$$l_f \geq 0,9 l_{fr}$$

$$l_f \geq l_{fr} + \kappa l_v$$

kjer je $\kappa = 0,5$ za sidra z veznim delom in $\kappa = 1,1$ za sidra s peto.

Trajna deformacija ΔL_{bl} se določa po sl. 5 in njeno velikost fiksirajo skupaj projektant in izvajalec na osnovi preizkusa sidranja in se to vnese v zapisnik.

Pri probni sili $V_p \leq 200$ kN se pogoji poenostavijo.

$\frac{tg a_1}{tg a_2} \geq 0,8$ in trajna deformacija ne sme biti večja od 18 mm oziroma 3 mm.

O preizkusu sidranja je treba voditi zapisnik. Projektant lahko predpiše tudi dolgo trajajoče preizkuse sidranja s katerimi se določa obnašanje sider v daljšem obdobju.

8. Napenjalni preizkus

Napenjalni preizkus služi za presojo sidrskih del. Podlaga zanj so prej izvedeni preizkusi sidranja. Število napenjalnih preizkusov se določa glede na velikost sile napenjanja (V_p večje ali manjše od 200 kN) in od razreda sidra. Napenjalni preizkus se izvaja v treh približno enakih stopnjah in sicer:

$$V = \frac{V_p - V_A}{3}. \text{ Diagrami sil in deformacij so enaki}$$

kot pri preizkusu sidranja.

Pogoji pri ovrednotenju napenjalnega preizkusa so enaki kot pri preizkusu sidranja in trajna deformacija ΔL_{bl} ne sme biti večja kot je določena s preizkusom sidranja. Enostavni napenjalni preizkus se izvaja v eni stopnji in je presoja določena v predpisu.

Končno je potrebno za vsa dela pri vrtanju in sidranju izdelati zapisnike o stanju temeljnih tal, načinu sidranja in izvedenih preizkusih sidranja in napenjalnih preizkusih. Gradbeno vodstvo mora voditi zapisnik o kontroli pri sidranih delih. Vsa odstopanja od predvidenih pogojev v projektu mora izvajalec obvezno sporočiti projektantu.

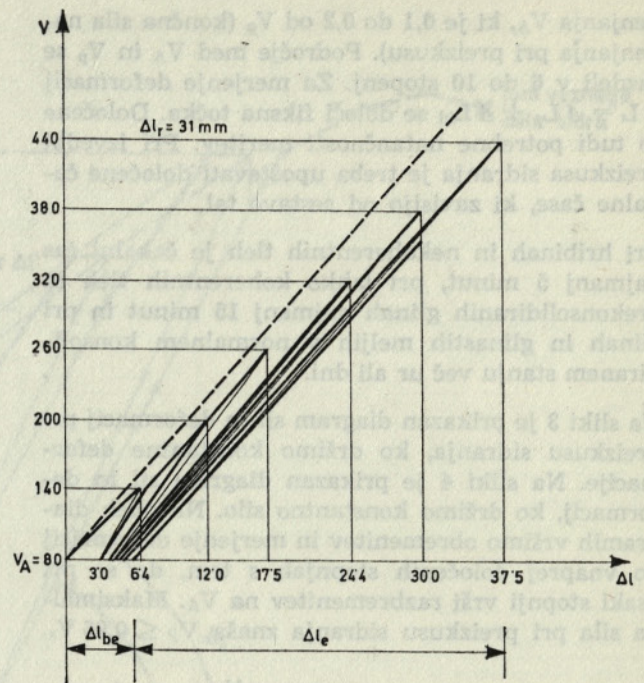
9. Računski primer

Za olajšanje uporabe predpisa za sidranje v zemljinah in hribinah bo podan računski primer (slika 6). $e_a = 1,3/0,5 \cdot 0,333 \cdot 20 \cdot 7,0 + 20,0 \cdot 0,333/ = 30,0$ kN/m^e

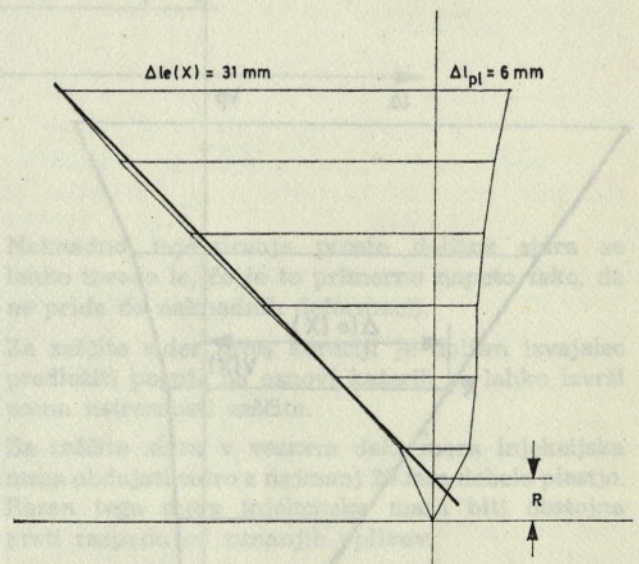
$$M = 30 \cdot 7,0 \cdot /3,5 + 1,33/ = 1014 \text{ kN/m}$$

Pri razdalji vertikal $a = 2,0$ m je uporabna sila

$$V_G = \frac{2,0 \cdot 1014}{6,33} = 320 \text{ kN}$$



Slika 7. Sidrni preizkus s konstantno deformacijo

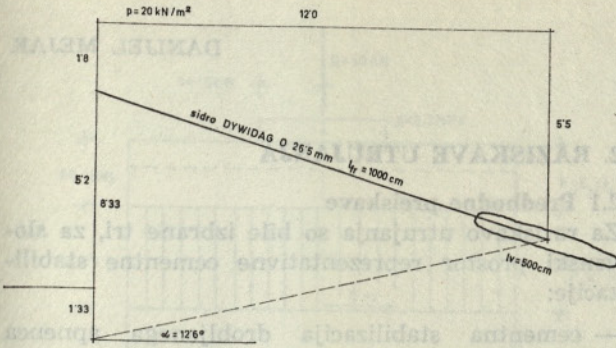


Slika 8. Diagram elastične in trajne deformacije

Za sidranje je predvideno sidro $\phi 26,5$ mm Dywidag s porušno silo $V_z = F_e \cdot \beta_z = 5,52 \cdot 103 = 570$ kN. Mejno silo veznega dela sidra V_v določimo po členu 5.73.1 z izvedbo sidrnega preizkusa s silo $V_p = 0,95 \cdot 5,52 \cdot 38,5 = 440$ kN — slika 7.

Preizkus je izvršen v šestih stopnjah $\Delta V = 60$ kN in začetno silo $V_A = 80$ kN. Pri tem je zadoščeno pogojem $\Delta L \leq 0,02 \cdot \Delta L_r$ in 2

$\frac{tg a_2}{tg a_1} = \frac{1,098}{1,167} = 0,94 > 0,9$ in lahko privzamemo, da je mejna sila veznega dela sidra $V_v > V_z$.



Slika 9. Skica za določanje varnosti proti zdrsru

Iz diagrama na sliki 8 povzamemo, da je efektivna prosta dolžina sidra:

$$L_{fr} = \frac{\Delta L_e(X) \cdot F_e}{V(X) - V_A - R} \cdot E_e = \frac{3,10 \cdot 5,52}{440 - 80} = 35$$

$$\cdot 21,000 = 1105,7 \text{ cm,}$$

kar je večje od $0,9 \cdot L_{fr} = 0,9 \cdot 1000,0 = 900 \text{ cm}$ in manjše od $L_{fr} + \kappa L_v = 900 + 0,5 \cdot 500 = 1150 \text{ cm}$. Trajna deformacija $\Delta L_{bl} = 6 \text{ mm}$ (slika 8).

Pri uporabni sili $V_G = 320 \text{ kN}$ je varnost $\frac{V_u}{V_G} = 1,8$,

kar zadošča za voljeni 3 razred sicer po diagramu na sliki 5.

Sila napenjanja sidra je voljena $V_o = 380 \text{ kN}$. Za vse voljene in izračunane sile so zadoščeni pogoji iz točke 3 4 1:

$$V_p \leq 0,95 V_A \quad 440 < 0,5 \cdot 570 = 542 \text{ kN}$$

$$V_p \geq 1,15 V_G \quad 440 > 1,15 \cdot 320 = 370 \text{ kN}$$

$$V_G \leq \frac{1}{S} V_u \quad 320 = \frac{1}{1,8} \cdot 570$$

$$V_o \leq 0,75 V_u \quad 380 < 0,75 \cdot 570 = 430 \text{ kN}$$

Varnost proti zdrsru sidranega zaledja se določi po sliki 9.

$$G + P = 12,0 \frac{1,33 + 5,5}{2} \cdot 20,0 + 20,0 \cdot 12,0 = 1906 \text{ kN}$$

$$E_a = \frac{5,5^2 \cdot 20}{2} \cdot 0,333 = 100,7 \text{ kN}$$

$$F(G + P) \sin \alpha + E_a = (G + P) \cos \alpha \cdot \text{tg } \varphi$$

$$F(1906 \cdot \sin 12,6^\circ + 100,7) = 106 \cos 12,6^\circ \cdot \text{tg } 30^\circ$$

$$F = \frac{1074}{516,5} = 2,08 > 1,4 \text{ za sidra 3 razreda.}$$

10. Zaključek

Prikazani predpis dovolj natančno razčlenjuje potrebne pogoje varnosti za začasna in trajna sidra razvrščajoč jih v razrede, ter predpisuje potrebne

preiskave za določanje nosilnosti sider in veznega dela. Računske dolžine veznega dela sidra je treba preveriti s preiskusi sidranja. Prevod naj bi pomagal pri reševanju problemov sidranja, ter poenotil stališča pri določanju varnosti.

Preglednica 1. Osnovne karakteristike preiskanih cementnih stabilizacij

	Kamniti agregati		
	drobljeni apnenec 0/32	savski prodec 0/32	dravski prodec 0/45
Doza cementa	3,0 % mase	4,0 % mase	3,0 % mase
Stand. Proctor	suha prost. masa 2,048 Mg/m ³	2,151 Mg/m ³	2,190 Mg/m ³
	optimalna vlažnost 5,0 % mase	4,0 % mase	4,8 % mase
Tlačna trdnost	7 dni 2,1 MPa	2,3 MPa	2,3 MPa
	28 dni 3,5 MPa	4,8 MPa	4,5 MPa

Preglednica 2. Primerjava rezultatov

	Drobljeni apnenec 0/32	Savski prodec 0/32	Dravski prodec 0/45
	Predvidene preiskave		
Doza cementa MSS z 10 p 350 Salodur Anhovo (% mase)	3,0	4,0	3,0
Optimalna vlaga (% mase)	5,0	4,0	4,8
Suha prost. masa (Mg/m ³)	2,048	2,152	2,190
Tlačna trdnost po 7 dneh (MPa)	2,1	2,3	2,3
Tlačna trdnost po 28 dneh (MPa)	3,5	4,8	4,5
Dinamična natezna trdnost pri upogibu σ_o (MPa) pri spodnji napetosti $\sigma_u = 0,1 \text{ MPa}$	0,956 (100 %)	1,030 (108 %)	1,170 (122 %)
Statična natezna trdnost pri upogibu β_{BZ} (MPa)	1,543	1,477	1,620
Tlačna trdnost po > 90 dneh σ_W (MPa)	5,571	4,990	7,880
Modul elastičnosti E (MPa)	17.532	16.216	22.538
Trajna dinamična natezna trdnost pri upogibu σ_D (MPa) pri spodnji napetosti $\sigma_u = 0 \text{ MPa}$	0,60 β_{BZ}	0,68 β_{BZ}	0,71 β_{BZ}
$\frac{\beta_{BZ}}{\beta_W}$	0,277	0,296	0,206

Raziskave utrujanja cementnih stabilizacij

DANIJEL MEJAK

1. UVOD

Na Zavodu za raziskavo materiala in konstrukcij TOZD Inštitut za ceste Ljubljana je bila v letih 1981—1984 opravljena raziskovalna naloga »Odpornost proti utrujanju s cementom stabiliziranih nosilnih plasti voziščnih konstrukcij«, ki jo je so-financirala Področna raziskovalna skupnost za graditeljstvo.

Namen raziskovalne naloge je bil:

- uvesti metodo preiskave utrujanja cementnih stabilizacij z obstoječo opremo na ZRMK,
- testiranje rezultatov uporabljene metode preiskave glede možnosti klasificiranja cementnih stabilizacij na odpornost proti utrujanju,
- ugotoviti, ali je dimenzioniranje voziščnih konstrukcij, z upoštevanjem rezultatov preiskav utrujanja, bolj selektivno, od pri nas običajne empirične metode dimenzioniranja po JUS U.C4.012.

Avtor:

Danijel MEJAK, dipl. inž., Zavod za raziskavo materiala in konstrukcij Ljubljana, 61000 Ljubljana, Dimičeva 12

2. RAZISKAVE UTRUJANJA

2.1 Predhodne preiskave

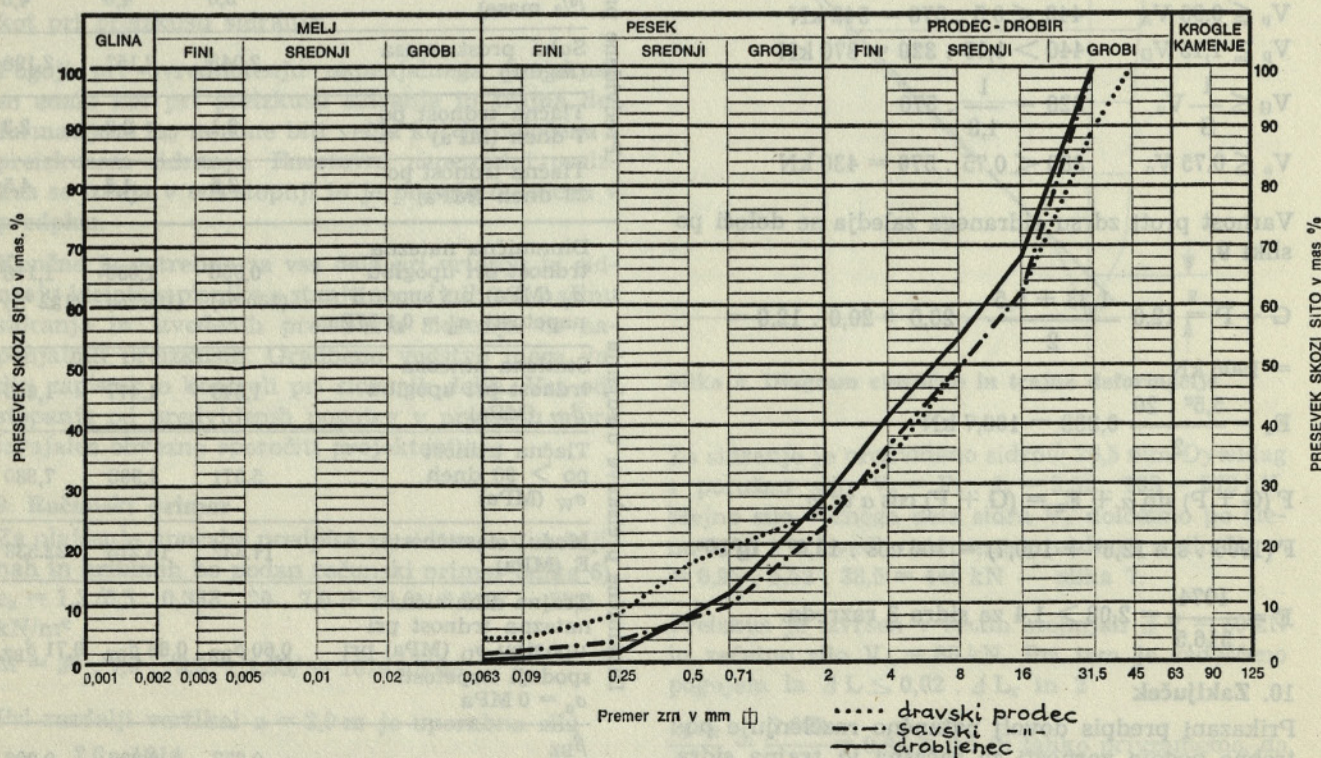
Za raziskavo utrujanja so bile izbrane tri, za slovenski prostor reprezentativne cementne stabilizacije:

- cementna stabilizacija drobljenega apnenca 0/32 mm,
- cementna stabilizacija savskega prodca 0/32 mm,
- cementna stabilizacija dravskega prodca 0/45 mm.

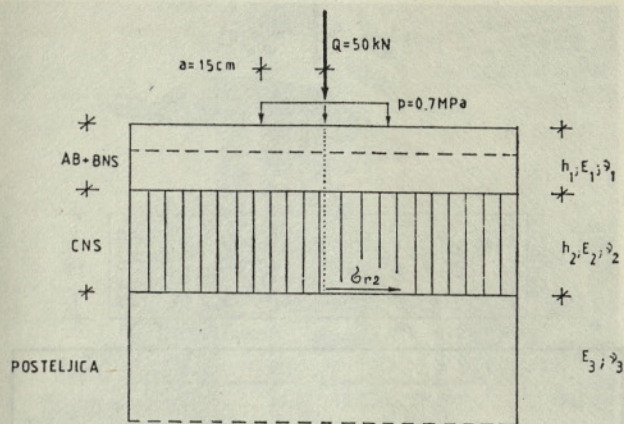
Program predhodnih preiskav je obsegal analize zrnivosti kamnitih agregatov (slika 1) in laboratorijske sestave stabilizacijskih mešanic, katerih osnovne karakteristike so podane v preglednici 1. Za vezivo je bila uporabljena vrsta cementa PC 350 iz cementarne Anhovo.

2.2 Dinamične preiskave

Meročajna napetost, odločilna za vzdržljivost voziščnih konstrukcij, ki imajo s cementom stabilizirano nosilno plast (kratica po JUS U.E9.024:CNS), je upogibno — natezna napetost σ_{r2} na spodnjem robu CNS (slika 2). Pri teoretičnem dimenzioniranju voziščnih konstrukcij se računsko določi upo-



Slika 1. Krivulje zrnivosti kamnitih agregatov preiskanih cementnih stabilizacij



Slika 2. Merodajna robna upogibno-natezna napetost

gibno-natezna napetost σ_{r2} , ki je inducirana z nominalno kolesno obremenitvijo $Q = 50 \text{ kN}$. Osnova izračunov napetosti je elastična teorija večslojnega elastično-izotropnega polprostora.

Za voziščne konstrukcije s težko in zelo težko prometno obremenitvijo mora biti nastopajoča upogibno-natezna napetost σ_{r2} na spodnjem robu CNS enaka trajni dinamični upogibno-natezni trdnosti cementne stabilizacije — σ_D . Trajna dinamična trdnost pa je tista velikost napetosti, pri kateri, ob neomejenem številu njene ponovitve, ne pride do utrujenostnega loma materiala. Pri določevanju trajne dinamične trdnosti v laboratorijih se običajno vzame število repetitivnih obremenitev $N = 2 \times 10^6$, pri čemer se šteje, v kolikor pri nave-

Raziskovalna serija	Prizme 20/20/80					
	1	2	3	4	5	6
1						
2	β_{BZ}		dinamična trdnost σ_0 (pulzator)			
3						
4	E		E			

Slika 4. Shema raziskovalnega programa

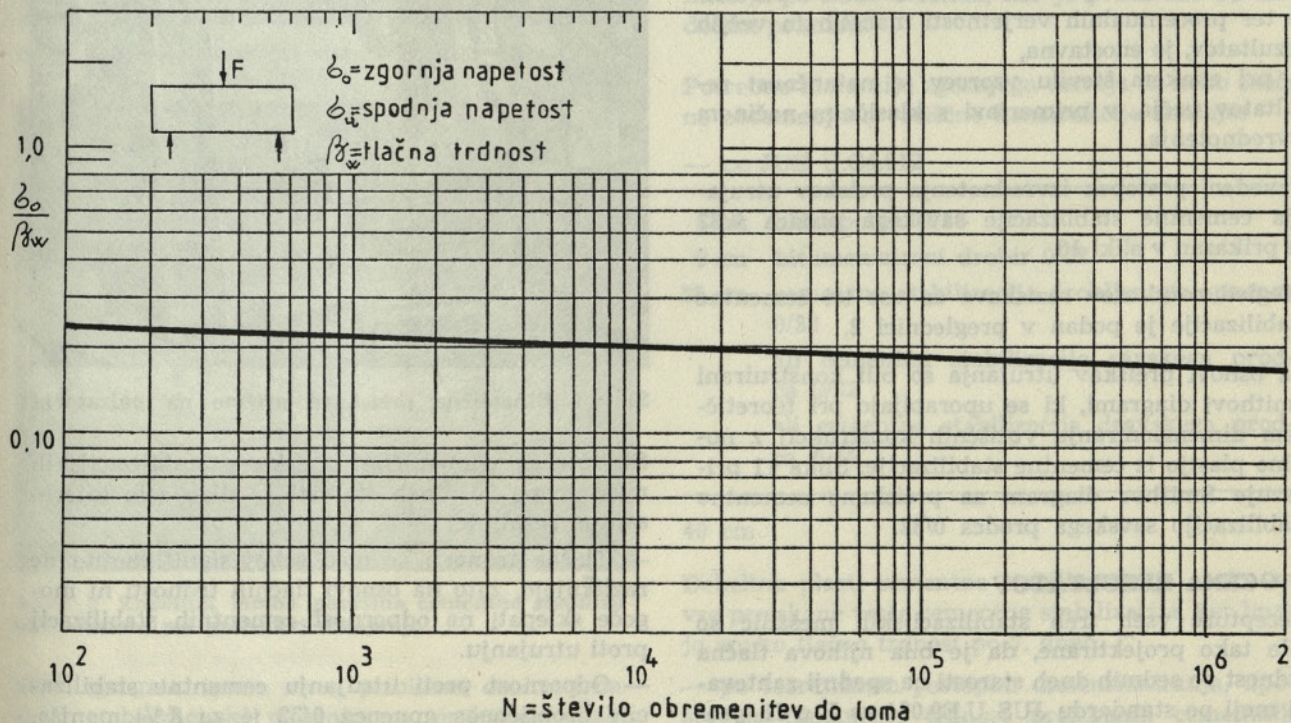
denem številu ne pride do loma, da material vzdrži neomejeno število repetitivnih te obremenitve. Dinamična trdnost, v odvisnosti od števila repetitivnih napetosti, se prikazuje z Wöhlerjevo krivuljo utrujanja, ki je shematsko podana v sliki 3.

2.2.1 Opis metode preiskave utrujanja cementnih stabilizacij

Od vsake stabilizacijske mešanice je bilo izdelanih po 24 prizem dimenzij $20 \times 20 \times 80 \text{ cm}$. Shema raziskovalnega programa prikazuje slika 4. Za raziskavo so bile predvidene 4 serije po 6 prizem. Od vsake serije je bila na dveh prizmah izvedena statična kratkotrajna preiskava na upogib, s katero sta bili določeni naslednji karakteristiki:

- statična natezna trdnost pri upogibu — β_{BZ} ,
- modul elastičnosti — E (s pomočjo elektronskih meritev raztezka in napetosti; $\sigma - \epsilon$ diagram).

Ostale štiri prizme so bile preiskane na dinamično trdnost pri upogibu — σ_0 , pri najmanjši spodnji napetosti — $\sigma_u = 0,1 \text{ MPa}$. Prizme, ki so po pulzira-



Slika 3. Wöhlerjeva krivulja utrujanja

nju do števila obremenitev $N = 2 \times 10^6$ ostale cele, so bile preiskane še s statičnim preizkusom na upogib in določena vrednost za β_{BZ} in E . Iz delov porušenih prizem pa so bile izdelane kocke dimenzij $20 \times 20 \times 20$ cm ter na njih določena tlačna trdnost — β_w .

Za dinamične preiskave je bil uporabljen nizkofrekvenčni pulzator, model AMSLER. Pulziranje prizem na upogib se je izvajalo z linijsko silo na sredini prizme, preko valjčka, ploščatega železa in filca. Razmak med valjastima podporoma je znašal 65 cm. Gornja napetost — σ_o je bila med preiskavo varirana po razredih širine 0,05 MPa, medtem ko je bila spodnja napetost — σ_u konstantna in je znašala 0,01 MPa. Uporabljena frekvenca pulziranja je znašala $8 \frac{1}{3}$ Hz (500 nihajev v minuti). Pulzator se

je pri lomu gredi s pomočjo releja avtomatsko izključil. Shema pulziranja na upogib je podana v sliki 5. Fotografije na slikah 6, 7, 8 in 9 pa prikazujejo detajle statičnih in dinamičnih preiskav cementne stabilizacije.

Gredi so bile podvržene preiskavam po najmanj 90 dneh starosti, proti izgubi vlage pa so bile zaščitene s PVC folijo.

Za izrednotenje rezultatov dinamičnih preiskav je bila uporabljena numerično-grafična metoda »modificirani stopničasti postopek (2), ki ima napram klasični metodi izrednotenja naslednje prednosti:

- upoštevajo se porušeni in celi vzorci,
- določitev srednje vrednosti, standardne deviacije ter procentualnih verjetnosti manjših in večjih rezultatov, je enostavna,
- pri enakem številu vzorcev je natančnost rezultatov večja, v primerjavi s klasičnim načinom izrednotenja.

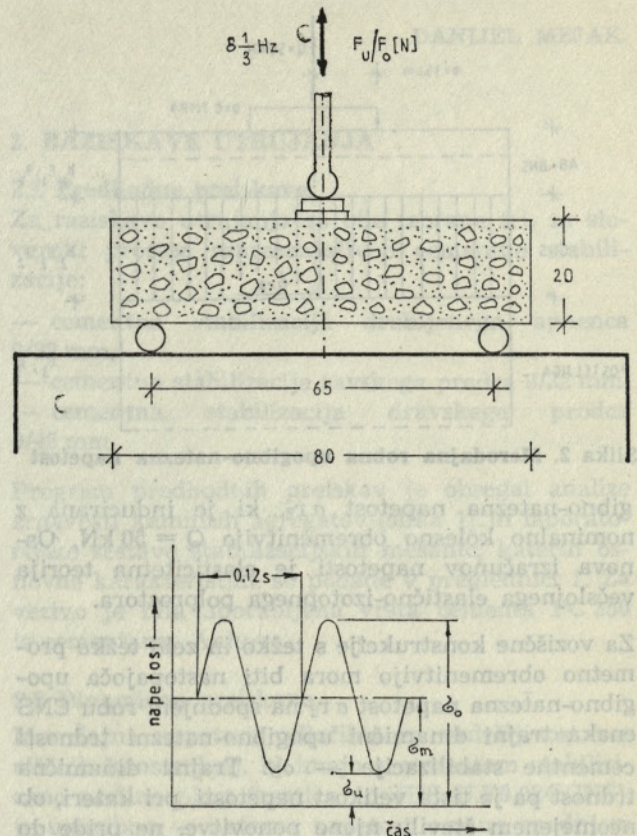
Navedeni postopek izrednotenja preiskav utrujanja cementne stabilizacije savskega prodca 0/32 je prikazan v sliki 10.

Pregled rezultatov raziskave za vse tri cementne stabilizacije je podan v preglednici 2.

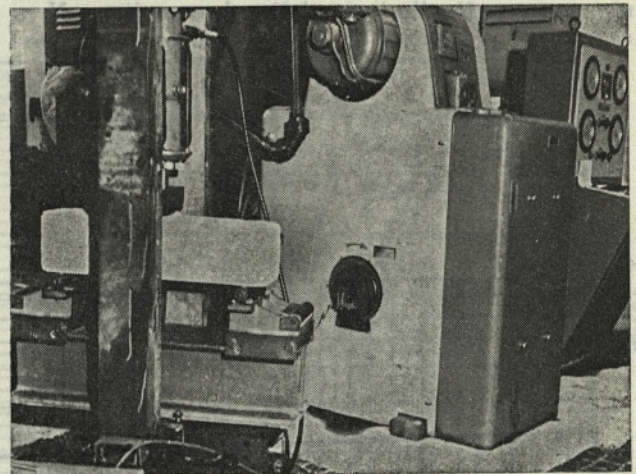
Na osnovi preiskav utrujanja so bili konstruirani Smithovi diagrami, ki se uporabljajo pri teoretičnem dimenzioniranju voziških konstrukcij z nosilno plastjo iz cementne stabilizacije. Slika 11 prikazuje Smithov diagram za preiskano cementno stabilizacijo savskega prodca 0/32.

3. OCENA REZULTATOV

Recepture vseh treh stabilizacijskih mešanic so bile tako projektirane, da je bila njihova tlačna trdnost po sedmih dneh starosti na spodnji zahtevani meji po standardu JUS U.E9.024 za I. n II. prometni razred (2 MPa).



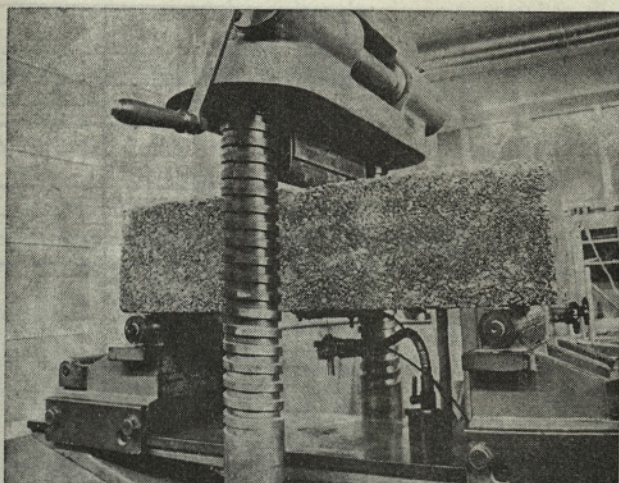
Slika 5. Shema pulziranja na upogib



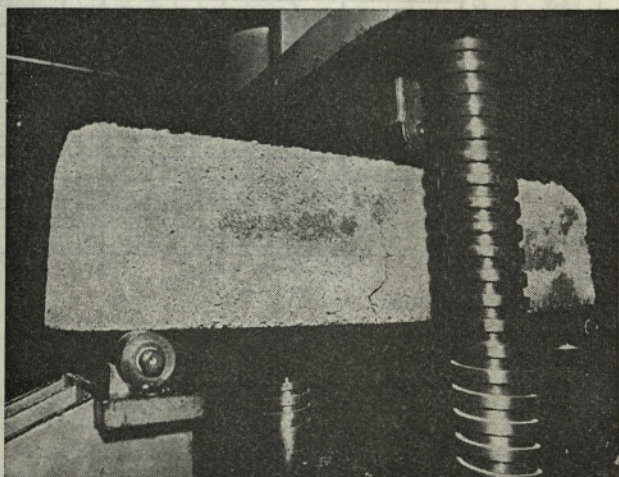
Slika 6. Dinamična preiskava prizme na pulzatorju

Statične in dinamične preiskave stabilizacijskih mešanic po 90. dneh starosti so dale zelo zanimive rezultate:

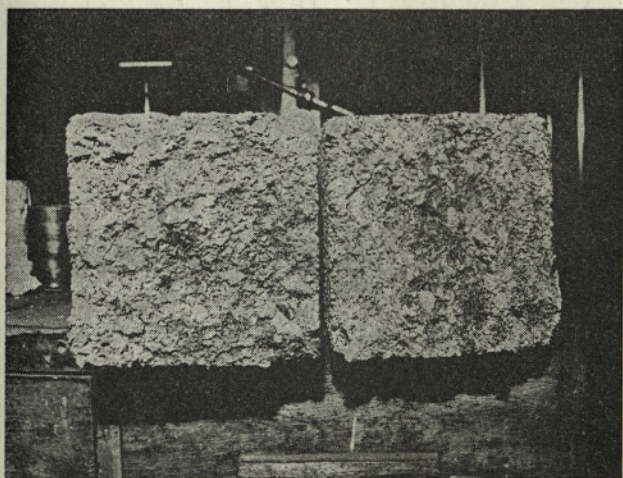
- Tlačne trdnosti se med seboj signifikantno ne razlikujejo, zato na osnovi tlačnih trdnosti ni mogoče sklepati na odpornost cementnih stabilizacij proti utrujanju.
- Odpornost proti utrujanju cementne stabilizacije drobljenega apnenca 0/32 je za 8% manjša, kot pri cementni stabilizaciji savskega prodca 0/32.



Slika 7. Statična preiskava prizme na upogib



Slika 8. Lom prizme pri statični preiskavi na upogib



Slika 9. Značilna lomna površina cementne stabilizacije, nastala pri preiskavi utrujanja

Oba agregata imata sicer približno enako zrnovitost, stabilizacijski mešanici pa praktično enake tlačni trdnosti po 7. dneh, statični nateznej trdnosti

po 90 dneh in modula elastičnosti. Ugotovitev je toliko bolj presenetljiva, ker se je do nedavna štelo, da ima cementna stabilizacija drobljenega kamnatega agregata boljše karakteristike od cementne stabilizacije prodca. Naše rezultate pa potrjujejo tudi rezultati opravljenih raziskav utrujanja dveh cementnih stabilizacij na Tehnični univerzi v Münchnu (3).

— Najboljši rezultat glede odpornosti proti utrujanju je bil ugotovljen pri cementni stabilizaciji dravskega prodca 0/45, katere trajna dinamična upogibno-natezna trdnost je večja za 22 % od cementne stabilizacije drobljenega apnenca 0/32 in 14 % od cementne stabilizacije savskega prodca 0/32. Prav tako sta pri tej cementni stabilizaciji signifikantno večja: modul elastičnosti (E) in tlačna trdnost po več kot 90 dneh starosti (β_w). Statična natezna trdnost pri upogibu pa ne izkazuje signifikantnih razlik v primerjavi s cementnima stabilizacijama savskega prodca in drobljenega apnenca. Predpostavljamo, da na boljše karakteristike kvalitete cementne stabilizacije dravskega prodca 0/45 vpliva njegova ugodnejša zrnovitost, z boljšo zapoljenostjo votlin mineralnega skeleta.

4. VPLIV UPOŠTEVANJA UTRUJANJA CEMENTNE STABILIZACIJE NA DIMENZIJE VOZIŠČNE KONSTRUKCIJE

Teoretično dimenzioniranje voziščnih konstrukcij je ob upoštevanju rezultatov preiskav utrujanja cementnih stabilizacij znatno bolj selektivno od pri nas običajnega empiričnega postopka dimenzioniranja po JUS. U.04.012, kar je prikazano na sledečem primeru.

Potrebne dimenzije zgornjega ustroja za neko močno obremenjeno voziščno konstrukcijo znašajo:

— po JUS U.C4.012

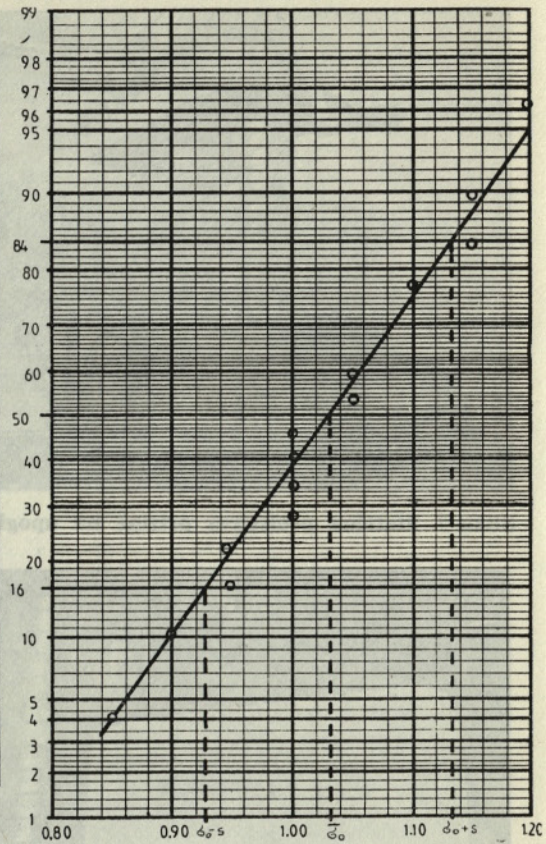
- 6 cm asfaltbeton 0/16
- 9 cm bitumenizirani drobir 0/32
- 25 cm cementna stabilizacija drobljenega apnenca 0/32
 - ali cementna stabilizacija savskega prodca 0/32
 - ali cementna stabilizacija dravskega prodca 0/45.

40 cm

Debelina plasti cementne stabilizacije je enaka za vse preiskane vrste cementne stabilizacije, ker imajo enako tlačno trdnost po 7. dneh.

— po teoretičnem postopku dimenzioniranja, upoštevaje dinamično trdnost preiskanih cementnih stabilizacij:

σ_0 MPa	ŠTEVILKA PRIZME																				ŠT. n_j	σ_0 MPa	H_j %
	3	4	5	6	9	10	11	12	15	16	17	18	21	22	23	24							
1.20																					1	1.20	96.99
																					2	1.15	89.95
																					3	1.10	77.66
																					2	1.05	59.22
																					4	1.00	46.93
																					2	1.00	40.78
																					1	1.00	34.64
																					1	0.95	28.49
																					1	0.95	22.34
																					1	0.90	16.20
																					1	0.90	10.05
																					16	0.85	3.91
N_{10m}	10^3	14×10^3	5.2×10^3	2.0×10^3	7.7×10^3	10^3	8.0×10^3	2.0×10^3	1.7×10^3	6×10^3	1.6×10^3										16		



Slika 10. Modificirani stopničasti postopek izrednotenja preiskave utrujanja

- a)
 - 6 cm asfaltbeton 0/16
 - 9 cm bitumenizirani drobir 0/32
 - 23 cm cementna stabilizacija drobljenega apnenca 0/32

- 38 cm
- b)
 - 6 cm asfaltbeton 0/16
 - 9 cm bitumenizirani drobir 0/32
 - 22 cm cementna stabilizacija savskega prodca 0/32

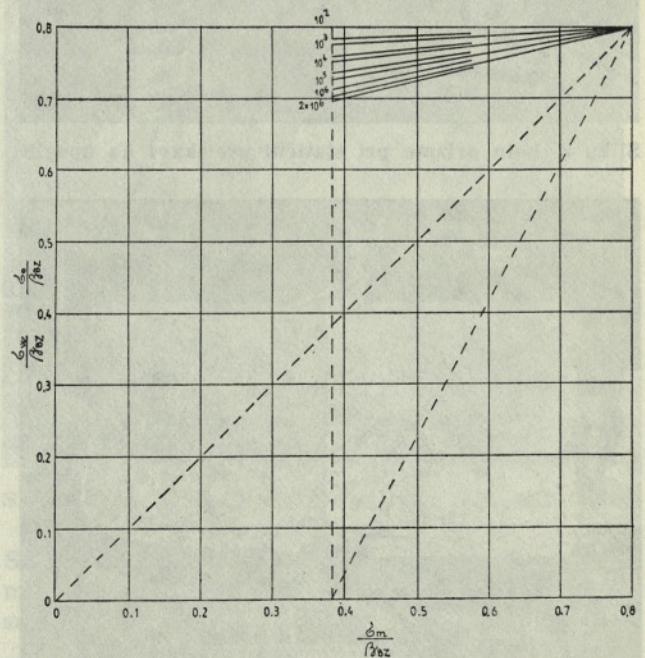
- 37 cm
- c)
 - 6 cm asfaltbeton 0/16
 - 9 cm bitumenizirani drobir 0/32
 - 21 cm cementna stabilizacija dravskega prodca 0/45

- 36 cm

Debeline plasti cementne stabilizacije so različne, v odvisnosti od njihove dinamične trdnosti.

5. Zaključek

Rezultati preiskav utrujanja izkazujejo significantne razlike v kvaliteti cementnih stabilizacij. Testi-



Slika 11. Smithov diagram za cementno stabilizacijo savskega prodca 0/32

ranje uvedene metode preiskave je pokazalo, da je metoda reproducibilna, z natančnostjo $\pm 4\%$ pri 95% verjetnosti, kar povsem odgovarja namenu uporabe.

JUBILEJ

Inž. Svetko Lapajne — 50 let ustvarjalnega dela v gradbeništvu

V tem letu mineva 50 let, odkar je na ljubljanski univerzi 1933. leta diplomiral za gradbenega inženirja Svetko Lapajne, eden izmed najbolj plodovitih avtorjev strokovnih člankov Gradbenega vestnika. Gradbeni vestnik je objavil njegovo biografijo ob šestdesetletnici v št. 11 leta 1971 in še enkrat se ga je kratko spomnil ob njegovih sedemdesetletnici v št. 6—7 leta 1981. Sedaj je prav, da našemu zvestemu sodelavcu posvetimo nekaj vrstic tudi ob tem jubileju njegovega polstoletnega aktivnega in predanega dela v gradbeništvu, ne samo v Sloveniji, temveč tudi drugod v SFRJ in inozemstvu.



Inž. Svetko Lapajne je peljal svojo življenjsko pot skozi številne čeri gradbene dejavnosti, ki jih srečujemo na poti od zasnove in projektiranja gradbenih objektov, operativnega izvajanja in do predavanja na univerzi. Na katedro statike konstrukcij na ljubljanski univerzi je stopil šele, ko je imel za seboj že obsežno gradbeniško operativno prakso. Kot mlad inženir se je najprej podal »na teren« na delo v gradbeni operativi in projektivi v gradbenih podjetjih v Sloveniji in v Jugoslaviji. Tam si je pridobil izostreni čut ne samo za statiko konstrukcije, temveč tudi za racionalnost in ekonomičnost konstrukcij. Ta čut odgovornosti projektanta za čimbolj racionalno porabo materiala in stroškov pri sleherni konstrukciji je ohranil skozi vseh 50 let svojega inženirskega dela. To je redka lastnost projektantov v našem času. To ni samo strokovna temveč tudi etična zadeva čuta odgovornosti, ki ga pri nas povsod tako zelo pogrešamo. Zato ni presenetljivo, če se je inž. Svetko Lapajne strokovnega pristopa, kot sam pravi, najbolje počutil v Svidici, kamor je obdobje odhajal pomagat pri projektiranju in gradnji raznih objektov, predvsem za nizke gradnje. Tam vprašanju ekonomičnosti odmerjajo veliko več pozornosti kot pri nas in znajo ceniti ustvarjalno misel v tej smeri.

S tem občutkom za racionalnost in ekonomičnost je inž. Lapajne projektiral in nadzoroval izvedbo številnih lepilnih mostov v Sloveniji, pa tudi drugih konstrukcij na področju visokogradnje in hidrogradnje. Pri tem je vedno sledil strokovnemu in znanstvenemu razvoju v svetu in hitro prenašal najnovejše dosežke na področju gradbeništvu v našo prakso in v naše šole. Njegova Crossova metoda, ki je izšla že leta 1949, je takoj postala nepogrešljiv pripomoček na delovni mizi slehernega projektanta-statika, ne samo v Sloveniji temveč širom po Jugoslaviji. Ravno tako pozneje Csonkova metoda (Gradbeni vestnik 1963) in druga izvirna strokovna dognanja, ki jih je največkrat objavljala v Gradbenem vestniku. Koristila so številnim našim projektantom in študentom pri njihovem izobraže-

vanju in delu. Pri tem je vedno skrbel, da bi porabnikom ponudil čimbolj uporabne podatke (tabele) za reševanje številnih problemov statično nedoločeni sistemov, kot so to na primer: dimenzioniranje armiranobetonskih rezervoarjev, preračun nosilcev na elastični podlagi, račun uklona, dimenzioniranje ojačenega betona (strig, odklonjeno armiranje, razpoke). Njegova študija o varnosti konstrukcij, objavljena v Gradbenem vestniku leta 1951, je bila uporabljena tudi v zveznem merilu pri izdelavi predpisov za dimenzioniranje gradbenih konstrukcij. Pomemben je bil njegov doprinos pri izdelavi naših prvih zveznih PTP predpisov in tudi slovenskih predpisov za gradnjo v seizmičnih območjih. Njegov prispevek je bil najbolj obsežen na področju železobetona. Sodeloval pa je tudi z Inštitutom za varilno tehniko. Uspešno je reševal tudi marsikateri problem jeklenih in lesenih konstrukcij.

Kot odgovorni projektant-statik in konstrukter ima zaslugo za vrsto novih konstrukcij v naši ožji domovini. Prvi je konstruiral rudniške, izvozne stolpe, prvi preračunaval turbinske stebre rečnih hidroelektrarn. V mostnih zgradbah je prvi uvedel mostove z dvema glavnima nosilcema brez vseh prečnikov, ploščaste mostove na vitkih stenah, gobasto ploščne mostove tudi z zamaknjenimi stebri. Zelo gospodarne rešitve predstavljajo njegovi lomljenolupinski obrežni oporniki mostov. Njegova modela supervotlaka in potresnika v opeki sta še danes iskana. Dobro poznavanje geometrije mu je omogočilo bistvene gospodarnostne poteze pri konstrukcijah, za pritiske v silosih je on odkril teoretski izvor nadpritisov (Gradbeni vestnik 1979). V naštetih primerih je on prvi odkril nedoslednosti in negospodarnosti v konstrukcijah, bodisi v projektih, bodisi v izvedbi.

Do raznih strokovnih in družbenih problemov je imel inž. Lapajne vedno svoja lastna, nekonformistična stališča. Njegova brezkompromisnost in neizprosna kritika napak tako v stroki, kot v okolju, mu je povzročila tudi marsikatero težavo na njegovi življenjski poti. Vsi očitno niso znali ceniti njegove premočrnosti in doslednosti. Vendar pravilno sodbo o slehernem izmed nas prinese le čas. 50 let ustvarjalnega družbeno koristnega dela na področju gradbeništvu je najbrž dovolj zato, da lahko rečemo, da je njegov prispevek k razvoju našega gradbeništvu in naše povojne izgradnje bil velik in pomemben. Pravijo: Kdor ustvari in nauči, mu gre vse priznanje!

Svoje ustvarjalne moči je nabiral in se rekreiral v naših gorah. Med gorniki je znan kot planinec in neutrudni turni smučar. Se ga srečamo na smučinah, če ne v gorah, pa pozimi na Rožniku. V Planinskem vestniku je objavil nekaj člankov o vzponih v naših in švicarskih gorah.

Inž. Svetko Lapajne je veliko ustvaril in je vse življenje svoje izkušnje posredoval svojim kolegom in svojim študentom, z dobrim namenom, naučiti. Zato smo mu hvaležni tisti, ki smo z njim sodelovali in mu ob tem jubileju želimo, da bi dolgo ostal tako svež in čil, poln idej in želje učiti in pomagati, kot smo ga vselej poznali in kakršen je tudi še sedaj.

Inž. Sergej Bubnov

IZ NAŠIH KOLEKTIVOV

OZD GIP GRADIS LJUBLJANA

Gradis v Kuwaitu — podpisana nova pogodba

Gradnja prvih 35 manjših objektov v Kuwaitu je zaključena. Prvo pogodbo je Gradis podpisal junija lani in to s Al-Mansoor & Al-Abdaly Trading and Contracting Company. S to družbo Gradis sodeluje nekako dve leti. Rok je bil zelo kratek in je tekel, še predno smo zasadili »pionirsko lopato« v tem emiratu.

V tem mesecu je bila podpisana pogodba za nov projekt v vrednosti, nekaj nad šest milijonov dolarjev. S podpisom te pogodbe je dosežena kontinuiteta dela.

Začetek del je takoj, rok za dovršitev pa 18 mesecev. In kakšna dela so to? Gre za pripravo zemljišč in infrastrukturo za stanovanjsko sosesko in firmo West Fintös Housing Projects and Infrastructure works.

Ovira pri gradnji SNG v Mariboru

Delavci mariborske gradbene enote so pri izkopu za klet pri obnovi Slovenskega narodnega gledališča v Mariboru naleteli na oviro iz armiranega betona. To je del zaklonišča, ki je bilo zgrajeno med drugo svetovno vojno pod gledališčem in sosednjem Slomškovem trgu. Bunker je bil pod prostorom dvorane malega odra in je služil kot zatočišče visokih nacističnih veljakov v času bombnih napadov. Precej dela o imeli delavci tozda GE Maribor preden so ga »razbili« saj je bila trdnost betona nadpovprečno velika.

II. etapa izgradnje naselja S-31 na Pobrežju

Do avgusta prihodnjega leta naj bi delavci tozda GE Maribor zgradili na Pobrežju 266 novih stanovanj.

Stanovanjski blok GR-6, ki je v tem času v gradnji bo vseljiv že konec leta, njegova investicijska vrednost pa je bila na začetku gradnje 322.734.000 dinarjev. Investitor je Samoupravna stanovanjska skupnost občin Maribor po pooblastilu mariborskega Staninvesta.

Zataknilo pa se je pri pridobivanju gradbenega dovoljenja za gradnjo sedem nadstropnega stolpiča GR-8, ki so ga pričeli graditi 1. marca. Ta bo imel 78 stanovanj, gradnjo pa naj bi končali junija prihodnje leto. Zanimiv je podatek, da so zaradi velikega porasta cen gradbenega materiala na 16. seji odbora za gradnjo stanovanj v Mariboru določili novo investicijsko vrednost objekta in znaša sedaj 527.091.000 dinarjev oziroma kvadratni meter stanovanjske površine velja sedaj 117.778 din.

V letu dni naj bi končali tudi gradnjo objekta GR-7, ki bi ga naj pričeli graditi v letošnjem juniju. V njem bo 85 stanovanj in bo po zunanosti podoben objektu GR-6 v katerem pa bo 18 stanovanj več. Oba objekta so projektirali v Projektivnem biroju Gradisa, stolpič pa je delo projektantov mariborskega Projekta.

Montažna hala GH-5

Investicija za katero so se odločili v tozdu Lesno industrijski obrat Skofja Loka — montažno halo v izmeri 30 krat 30 metrov, ki že stoji na nekdanjem odprtem skladišču žaganega lesa — je vredno okrog 29 milijonov dinarjev. To je prva Gradisova hala z razponom 30 metrov, elemente zanjo pa so že v januarju in februarju izdelali v OGP, saj je bil rok dobave in montaže 15. marec.

Gradisova montažna hala GH-5 po sistemu VELO je zaradi mnogih prednosti in hitre ter enostavne montaže primerna za proizvodne namene, skladišča, telovadnice, paviljone, trgovske hiše in podobno, v zadnjem času pa se za njo vse pogosteje zanimajo predstavniki lesno industrijskih organizacij in obratov.

Dom, ki se ponaša z doslej najvišjim standardom samskega bivanja

V mesecu aprilu je oživel nov Gradisov dom samskih stanovanj. Načrt je izdelal projektant prof. dr. Niko Seliškar s FAGG, dela pa prevzel tozde GE Ljubljana-okolica. Tloris je 53 krat 16,2 metra, po etažah pa si sledijo klet, pritličje in 4 nadstropja.

V objektu je skupno 5150 kvadratnih metrov uporabnih površin, od teh je namenjeno za stanovanja 2442, kar 2708 pa prostora skupne rabe. Zemljišče je Gradisovo.

Ravenčani pozimi delajo na morju

Večletno dobro sodelovanje in izvajanje investicijskih del za TAM Maribor, je omogočil tozdu GE Ravne na Koroškem pridobiti nadaljnja dela za tega investitorja. Tokrat so se preselili več kot 300 kilometrov južno in sicer v mesto Omišalj na otoku Krku, kjer ima TAM svoj počitniški dom.

Adaptirali so dve vili, v katerih bodo sedaj samo prenočitvene kapacitete ter na novo zgraditi kuhinjo z restavracijo in zaklonišče. Do turistične sezone bo opravljena tudi zunanja ureditev okrog počitniškega doma, urejena pa bo tudi plaža.

Predračunska vrednost vseh del za počitniški dom TAM v Omišlju na Krku se giblje od 100 do 120 milijonov dinarjev.

Sklenjen dodatek k osnovni pogodbi

Delo v Kamengradu, ki ga je tozde GE Ravne na Koroškem pridobil prek Rudisa, opravlja pa ga skupaj s tozdom Strojno prometni obrat iz Ljubljane, se bo nadaljevalo tudi v letošnjem letu.

Nedavno je bil podpisan aneks k osnovni pogodbi v višini med 60 do 70 milijoni dinarjev.

Strojniki z mehanizacijo bodo do letošnjega julija odkopali okrog 180 tisoč kubičnih metrov jalovine in okrog 60 tisoč ton premoga.

Vir: Gradis Ljubljana

GIP VEGRAD VELENJE

Rezultati so zadovoljivi

Poslovanje Vegrada v letu 1984 lahko ocenjujemo kot zadovoljivo. Rezultati so seveda realno slabši, kot so jih dosegli prejšnja leta, kar pa je seveda razumljivo ob krizi, v kateri se nahaja naše gospodarstvo, predvsem pa gradbeništvo. Soočajo se še vedno z znižanjem obsega del za gradbeništvo, kar se odraža pri pridobivanju del zaradi nelojalne konkurence med gradbinci, pritiskov in izkoriščanja investitorjev z roki, niskimi cenami in pogoji kreditiranja. Zaradi tega in vsakodnevnih podražitev cen materialov in energije, ki jih pri investitorju lahko le delno uveljavijo, pada

akumulativnost in reprodukcijska sposobnost, problematični pa so seveda tudi osebni dohodki, ki so nižji kot v ostalem gospodarstvu.

Ponudbe na domačem trgu

V času od 1. 1. 1984 do 31. 12. 1984 je bilo izdelanih 393 ponudb v skupni vrednosti ca. 165.019.243.037,00 din. Od 1. 1. do 31. 12. 1984 je bilo torej sklenjenih 255 pogodb in aneksov v skupni vrednosti 4.801.363.887,40 din, leto prej pa 151 pogodb in aneksov v vrednosti 1.817.168.201,99 din. Za leto 1984 ugotavljamo, da je bila realizacija sklenjenih pogodb v primerjavi z danimi ponudbami 65% glede na vrednost sklenjenih pogodb pa je bila uspešnost le 3%, kar kaže na razdrobljenost del, ki so bila v primerjavi z vrednostjo ponudb, po vrednosti zelo majhna.

Vir: Vegrad Velenje

SGP GROSUPLJE

Triglavsko restavracija

Januarja letos je bil uspešno opravljen tehnični pregled objekta Triglavsko restavracija v Ljubljani, ki ga je tozdg SG S-1 gradil za investitorja Gostinsko podjetje Ljubljana.

Sedaj, ko se lepi objekt že stiska med stare hiše centra Ljubljane, se vrnimo na sam začetek. Utesnjenost gradbišča je bil prvi in eden največjih problemov, s katerimi so se srečali gradbeniki že kar na samem začetku del. Najprej je bilo treba porušiti staro restavracijo. Februarja 1984 pa so pričeli z izkopom gradbene jame. Tu pa so se začele težave. Ugotovili so namreč, da je prav na tem mestu speljan električni vod, zato so morali prestaviti električni kabel, preden so lahko nadaljevali z izkopom. Za zaščito 5 m globoke jame so bili potrebni tudi visoki finančni stroški. Med samo gradnjo so se na gradbišču spopadli s težavami zaradi utesnjenosti delovišča. Beton je bilo mogoče voziti le z manjšimi avtomešalci, za betonsko črpalko pa ni bilo prostora na gradbišču.

Objekt je delno montažne konstrukcije »SGP Gorica« (stebri so dolgi 11 m, ponve pa 8 m). Dovoz elementov na gradbišče je popolnoma zaprl pot nanj, tako da je bilo v času raztovarjanja delo na gradbišču okrnjeno.

Tako je na lokaciji stare Triglavsko restavracije zrasel nov modern trietažni objekt, za katerega so projekte izdelali v Emona projektu v Ljubljani. V kletnem delu so zaklonišča, energetska del, skladišča, hladilnice in garderobe, toda za obiskovalce bo vsekakor zanimivejše pritličje: kuhinj, samopostrežna in klasična restavracija ter snack bar, medtem ko ostaja nadstropje neobdelano, vendar predvideno za hotel B kategorije.

Prizidek k reaktorju in skladišče jedrskih odpadkov

V Podgorici pri Ljubljani (Šentjakob) za investitorja Institut Jožef Stefan gradijo prizidek k reaktorju in skladišče jedrskih odpadkov.

Reaktor v Podgorici služi predvsem študijskim namenom, delno pa tudi obsevanju izotopov za potrebe naše industrije. V prizidku, dimenzije 12 × 15 m, (klet, pritličje in nadstropje) bodo poslovni prostori, laboratorij in dvonamensko zaklonišče. Skladišče v izmerah 10 × 25 m, je v principu betonska zasuta klet, med katero je 1 m debela zemeljska plast. Skladišče jedrskih odpadkov bo služilo za shranjevanje zaščit-

nih sredstev in raznih pripomočkov, ki jih uporablja naša medicina, imajo pa izredno majhno količino sevanja. Po določenem času, ko se sevanje izniči, te pripomočke (razne pincete, klešče ipd.), vrnejo uporabnikom.

Rok dograditve skladišča je po terminskem planu v maju letos, vendar bo podaljšan zaradi zimskih razmer. Prizidek naj bi predali investitorju v oktobru 1985. Pogodba je sklenjena »na gradbeno knjigo«, to je po ugotovljenih količinah in cenah, določenih v pogodbi.

Nadzidava šole tiska in papirja

Objekt so začeli graditi v mesecu avgustu 1984. Investitor gradnje je Šolski center tiska in papirja.

Po programu bo v nadzidavi 5 matičnih učilnic, 1 risalnica, večnamenski prostor za sestanke, predavanja in seminarje, 2 kabine in 2 prostora za arhiv ter sanitarne prostore, ločene za učence in pedagoške delavce. Predračunska vrednost za omenjena dela znaša okoli 23 milijonov din.

Objekt so dvignili za eno etažo — svetle višine 3,10 m, nad tem pa postavili obstoječo strešno konstrukcijo in kritino. Tako predelne kot obodne stene so betonske, debeline 15 cm, nad njimi je armiranobetonska plošča, debeline 10 cm.

Naknadno so pričeli tudi z gradnjo prizidka telovadnice in učnih delavnic.

Predračunska vrednost prizidka bo okoli 24 milijonov din, rok za izvedbo pa je 6 mesecev.

Vir: SGP Grosuplje

SGP PIONIR, NOVO MESTO

Most prek Krke v Dragi

Na kraju sedanjega dotrajanega mostu čez Krko v Dragi bo investitor Cestno podjetje Novo mesto gradil nov most.

SGP Pionir se vključuje v gradnjo tega mostu kot izvajalec del pa tudi kot projektant in izvajalec glavnih vzdolžnih montažnih prednapetih nosilcev, ki jih bo v svojih obratih izdelal tozdg Togrel. Projektant celotne konstrukcije mostu je DPB.

Most je dolžine 104,80 m, med osema krajnjih opornikov je 85,60 m, med opornikoma pa so trije vmesni podporni stebri, ki vzdolžno nosilno konstrukcijo mostu dele na štiri polja: dolžine 2 × 21,10 m in 2 × 21,70 metra. Širina mostu je 7,40 m, od tega širina vozišča 5,50 m, dva pločnika po 50 cm, robna pasova pa 20 cm in ograja.

TOZD Mehanizacija, Kovinarstvo, Instalacije

Sektor mehanizacija predstavlja pomemben člen v reprodukcijski verigi DO SGP Pionir. V proizvodni proces sektorja je trenutno vključenih 350 delavcev, ki delajo na področju gradbene mehanizacije, prevozov in vzdrževanja.

Gradbena mehanizacija kot osnova delovanja sektorja ima v svoji sestavi težko gradbeno mehanizacijo s 97 enotami, žerjave s 40 enotami, srednjo gradbeno mehanizacijo in tunelske ter velikostenske opaže z možnostjo opaženja približno 2500 m². Prevozne usluge nudi sektor v obliki tovarnega prometa, dvigal, avto-

betonskih črpalk in avtobusnega prometa V svoji sestavi ima 79 enot. Vzdrževanje kot posebna enota v sektorju opravlja vzdrževalna in servisna dela na gradbeni mehanizaciji, prevoznih sredstvih in drobnih mehanizaciji. V svoji sestavi ima tudi obrat elektro vzdrževanja, ki opravlja usluge za potrebe gradbišč.

Nova tehnologija v Keramiki

TOZD Keramika in zaključna dela zaključujejo veliko naložbo, s katero bodo posodobili proizvodnjo keramičnih pečnic. Dosedanji ročni način izdelave namreč ni rentabilen, zato je bila posodobitev več kot nujna. V novi proizvodni hali je postavljena sodobna električna peč, stiskalnica in sušilnica. Naložba je veljala 70 milijonov dinarjev, denar zanjo pa sta prispevala Pionir in Kovinotehna iz Celja.

Keramika sedaj izdelava 70 tisoč enot pečnic letno, z novo opremo in novo tehnologijo pa se bo kapaciteta povečala za več kot trikrat, saj računajo, da bodo z enakim številom zaposlenih izdelali 220 tisoč pečnic letno oziroma kar 800 kosov dnevno. Nova tehnologija, predvsem električna peč, zahteva tudi štiriizmensko delo, saj traja sušenje 20 ur. Zato se bodo morali tudi kadrovske okrepiti.

Montažna stanovanjska gradnja sistem 50

Koncepcija razvoja delovne organizacije, ki temelji na obvladovanju čim širšega tržišča doma in v tujini, ter specifične zahteve in potrebe prilaganja na posamezna tržišča so privedle do potreb po novih tehnologijah gradnje.

Na področju stanovanjske gradnje manjših objektov nižje etažnosti v družbeni in privatni lastnini so osvojili tehnologijo popolnoma montažne gradnje pod imenom SISTEM 50.

SISTEM 50 temelji na minimalni stanovanjski enoti, ki ima na voljo vse nujno potrebno s možnostjo rasti in nadgradnje. Struktura sistema je odprta za notranje in zunanje dopolnitve in spremembe.

Površina enote osnovnega prostora je okoli 50 m². S povečanjem tega prostora z dodatno enoto okoli 12,5 m², ki jo je mogoče dodati na katerikoli strani, ustvarimo namenski enoti z različno površino in različna stanovanjska prostora. Več namenskih celot lahko postavljamo in razvijamo po vodoravnici ali navpičnici okrog skupnega stopnišnega prostora. Tako ustvarimo celote, ki lahko imajo poševne ali vodoravne strešne ravni. V enoti je edina omejitev sanitarno jedro, okrog katerega oblikujemo prostore s sanitarnimi priključki. Preostale prostore lahko urejamo glede na zahteve uporabnika.

S sistemom montažno-demontažnih pregrad projektant lahko predvidi spreminjanje prostorov med uporabo. Sistem omogoča gradnjo stanovanjskih enot višine do štirih etaž. Predvidena etažna višina je 2,80 m. Možnost povišanja prve spodnje etaže (pritličja) omogoča vključevanje spremljajočih dejavnosti kot so gostinska, trgovska in obrtna.

Vir: Pionir Novo mesto

SGP GORICA, NOVA GORICA

Montaža kalupov na gradbišču Arzew v Alžiriji zaključena

Vrednost opravljenih del je bila 39.000.000,00 din. Na videz majhna vsota, vendar za 30-članski kolektiv kovinskega obrata, velik zalogaj. Dela so obsegala izde-

lavo tehnologije, delavniških načrtov ter samo izdelavo in montažo naslednjih kalupov:

- 19 vibracijskih miz s kompletnimi stranicami za vlivanje 200 tipov enoslojnih in trislojnih fasad s hidravliko za dviganje miz in vibracijsko tehniko;
- 17 kalupov zelo zahtevnih kaminiranih dimnikov in ventilacij;
- 6 stopnišnih kalupov;
- vrsto raznih kalupov betonske galanterije.

Pogodbeni rok za izdelavo in dostavo kalupov v Luko Kopër je bil 60 dni.

Montažo so opravljali od 16. 12. 1984 do 20. 1. 1985 v zelo težkih delovnih pogojih, saj je bilo obilo deževnih in vetrovnih dni, oprema pa je nameščena na prostem.

Znanje — delo — napredek

Občinska raziskovalna skupnost v Novi Gorici že več let prireja razstavo z naslovom »Znanje — delo — napredek«. Namen razstave je prikazati inventivno dejavnost, ki se odvija na našem območju vse od vrtcev in šol do organizacij združenega dela.

Novogoriška raziskovalna skupnost je precej aktivna, saj deluje na več področjih:

- s sofinanciranjem razvojnih nalog v delovni organizaciji spodbuja razvojno delo v združenem delu;
- sofinancira občinske programe, za katere so zainteresirani vsi občani;
- spodbuja množično inventivno dejavnost s podeljevanjem letnih nagrad za inovacije;
- organizira razstavo, posvete in podobne akcije;
- z mentorstvom spodbuja inventivno dejavnost pri mladini.

Letos je bila razstava organizirana v Lesnem šolskem centru in predstavlja kvaliteten premik v pristopu k selekciji ustvarjalnih dosežkov.

SGP Gorica se je predstavila z risbami in fotografijami na nekaj panojih in s profotipom sanitarne kabine, ki je bil zaradi svojih dimenzij razstavljen ob vhodu v šolski center.

Vir: SGP Gorica

SGP PRIMORJE A JDOVSCINA

Cementa bo dovolj

Vse kaže, da cement ne bo več spadal med izdelke, ki so najbolj iskani na tržišču. Bolj kot rast proizvodnje cementa je vzrok v upadanju naložb. V letu 1985 bodo vse jugoslovanske cementarne izdelale 10,6 milijona ton cementa, porabili pa ga bomo 8,8 milijona ton.

Cilji se odmikajo

Že nekaj let se tempo gradnje cest zmanjšuje. Po prvotnih načrtih bi morala biti povezava Vrtojbe in Fernetičev z Razdrtim že zdavnaj končana. Osiromašeno je že vzdrževanje cest, novogradnje pa so omejene na najnujnejše objekte. Predlog Republiške skupnosti za ceste za leto 1985 predvideva gradnjo naslednjih objektov sistema avtocest:

- začetek gradnje predora Karavanke—Hrušica, celotna dolžina 7874 m, na jugoslovanski strani 3450 m, vrednost 18.041 milijonov din — rok dokončanja leta 1990;

— začetek gradnje cestnega odseka Vič—Dolenjska cesta, dolžina 7700 m, stroški 6900 milijonov din, rok dokončanja 1987;

— začetek gradnje cestnega odseka Šmarje Sap—Višnja gora, dolžina 11.300 m, vrednost 3558,9 milijonov din, rok dokončanja 1987. leta;

— Maribor, III. etapa, dolžina 4780 m, vrednost 3221,6 milijona din, rok dokončanja 1987. leta;

— obalna cesta, priključek Ruda—P. Dobrava, dolžina 5100 m, vrednost 1193,4 milijona din, rok dokončanja 1987. leta.

Načrt izgradnje avtomobilskih cest je izdelan za obdobje do leta 2000. Začetek gradnje odseka Selo—Vrtojba je predviden za leto 1988, odseka Vipava—Selo za 1997 leto in odseka Razdrto—Vipava za 1999. leto. Gradnja slednje in ne izboljšanja. Cestni odsek Razdrto—Podnanos je najslabši del magistralne ceste med Gibraltarjem in Vladivostokom.

Vir: Primorje Ajdovščina

SQP KONSTRUKTOR, MARIBOR

Ob delu DGIT Maribor

V delovni organizaciji Konstruktor je toliko gradbenih tehnikov, inženirjev in diplomiranih inženirjev ter ostalega tehničnega kadra, da namenja Glasilo delu Društva gradbenih inženirjev in tehnikov (DGIT) v Mariboru ustrezno pozornost.

Strnimo v kratkem smeri lanskoletne društvene dejavnosti:

1. strokovne ekškurzije,
2. seminarji,
3. posvetovanja in
4. predavanja, razprave, okrogle mize in druge oblike strokovne dejavnosti.

Razen strokovnih ekškurzij, ki trajajo praviloma več dni, so bili organizirani krajši ogledi posameznih gradbenih zanimivosti v Mariboru in okolici.

V preteklem letu je poudariti vsestransko aktivnost pri razpravah o novem zakonu o graditvi objektov. Pomembne so tudi priprave za posvetovanje, ki bo na ravni vsedržavnega reševanja določenih gradbenih problemov. Med večje naloge društva sodi akcija za izdelavo geotehničnega katastra Maribora.

Posamezne akcije društvenega dela so smotrno razporejene na vse leto. Omenimo le dvoje predavanj, ki sta bili v februarju. Dne 5. II. je delovna organizacija Smreka predstavila številnim udeležencem proizvodnjo in uporabo steklene volne-novoterm s poudarkom na njeno uporabo v gradbeništvu. Naslednje predavanje je bilo 14. februarja. Tema je bila snemanje toplotnih mostov in toplotnih izgub na gradbenih objektih s pomočjo infrakamere s praktičnim prikazom postopka. V času energetske krize sta bili obe predavanji zelo aktualni.

TOZD Gradbenik gradi obrat za proizvodnjo gentamicina

Pričeli so gradnjo obrata za proizvodnjo gentamicina za investitorja LEK Ljubljana. To je tretji večji objekt, ki ga gradijo za istega investitorja in drugi na področju občine Lendava.

Objekt je v tlorisu 44 × 24 m in v več etažah. Značilnosti objekta so, da je konstruktivna izvedba predvidena v klasični obliki, streha pa iz montažne armirano

rano betonske konstrukcije. Temeljenje je opravljeno na kolih po sistemu »Benetto«. Na ta način je v 40 dneh bilo opravljeno kompletno temeljenje brez številnih nevšečnosti, ki se pojavljajo na gradbiščih z zelo visoko podtalnico in slabo nosilnih temeljnih tleh.

Montaža strešne konstrukcije je bila zelo zahtevna zaradi izredno visokega proizvodnega stolpa in zaradi razčlenjenosti objekta — previsi na I. etaži, s čimer je bila občutno zmanjšana normalna nosilnost dvigal pri montaži.

Obrat je povezan še z izgradnjo celotne infrastrukture in drugimi spremljajočimi objekti. Posebej zahtevna je gradnja objekta za nevtralizacijo odpadnih voda, saj ga je treba zgraditi v podtalnici, v globini petih metrov.

Vir: Konstruktor Maribor

GIP INGRAD, CELJE

Giblivi delovni čas

Na zadnjem zasedanju centralnega delavskega sveta je končno po širokih razpravah v temeljnih organizacijah, bil sprejet predlog o enotnem delovnem času. Predlog je zasledoval dva cilja:

1. Doseči čim večjo enotnost pokrivanja delovnega časa vseh delov delovnega procesa;

- DSSS — pripravljalna faza,
- TOZD — skupnega pomena — IMG Mehanizacija, Proizvodni obrati,
- za čimbolj usklajeno in produktivno delo temeljnih organizacij gradbene operative;

2. Delovni čas ima bolj gospodarno organiziranost — prerazporediti v času težjih pogojev za gradbeno dejavnost, »delati krajši čas« in obratno, v idealnejših pogojih — delati daljši delovni čas. Upravičenost take razporeditve se je pokazala že v izredno ostri januarski zimi.

Izvoz v tozd MOBILIA

Prvi 40 ft kontejner konferenčnih miz za ameriškega kupca je bil pravočasno odpremljen. Konec decembra lani so poslali preko luke Livorno v Italiji 170 različnih konferenčnih miz v Baltimore v ZDA.

Pohišstvo spada med tisto blago, za katerega je na zunanjem tržišču zaradi ostre konkurence zelo težko doseči ustrezne cene. Našo ponudbo ogroža na eni strani visoka stopnja tehnologije držav razvitega sveta, na drugi strani pa dumpinške cene pohištva iz vzhodnoevropskih in še nekaterih drugih držav. Naša proizvodnja bi se intenzivneje vključevala v izvoz, če bi bila ob neprestanem naraščanju stroškov deležna večje družbene spodbude, kamor poleg izvozne premije šteje tudi ugodnejša obrestna mera za kreditiranje izvozne proizvodnje in povečana pravica do razpolaganja z ustvarjenimi devizami.

Bencinski servis Ponikva

Po skoraj osmih letih priprav in naporov je bila lani na Ponikvi zgrajena bencinska črpalka.

Investitor Petrol je sam izdelal projekte, kakor tudi vršil nadzor, izvajalec gradbenih del pa je bil Ingrad, TOZD GO Sentjur. Ker stoji objekt na strmini, so morali ojačati temelje in dodatno zgraditi oporni zid. Objekt je bil žgrajen v dogovorjenem roku.

Vir: Ingrad Celje

Lojze Cepuš

Termografija v gradbeništvu

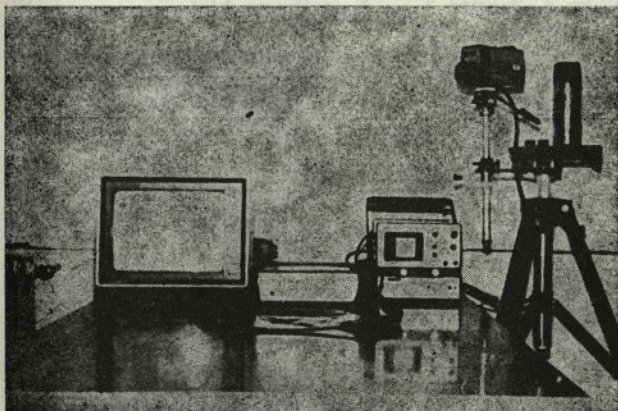
1. Uvod

V gradbeništvu in tudi na drugih področjih ima pogosto velik pomen poznavanje porazdelitve površinskih temperatur objektov. Take meritve nam omogoča termografija, to je metoda zaznavanja energije sevanega infrardečega valovanja, ki je odvisna od površinske temperature objekta.

Napravo za termografsko snemanje ima že pol leta oddelek za toploto v TOZD Inštitut za gradbeno fiziko in sanacije na ZRMK. To je kamera švedskega proizvajalca AGA, tip THV 182 SW.

Kamera je prenosna, snemanje pa beleži videorekorder, tako da je možna nadaljna obdelava posnetkov, analiza in fotografiranje v laboratoriju. Energijo infrardečega sevanja meri polprevodniški detektor, ki mora biti med snemanjem hlajen s tekočim dušikom. Prenosni komplet je nekoliko lažji od 10 kg. Celoten pribor je na sliki 1.

Pri kameri lahko nastavimo temperaturo, ki jo želimo meriti, v območju od -20 do $+800^{\circ}\text{C}$. Največjo natančnost dosega pri 30 stopinjah Celzija in sicer 0,1 stopinje. Posneto površino sproti opazujemo na monitorju, kjer se deli z različno tem-



Slika 1. Celotna aparatura za termografijo — z leve so barvni monitor, videorekorder, prenosni monitor in stajalo s kamero

peraturo pokažejo v različnih odtenkih sive barve. Najtoplejši deli so beli, najhladnejši pa črni. V laboratoriju lahko sliko s posebnim dodatkom gledamo v 10 barvnih odtenkih za lažje določanje temperaturnih razlik. Širino temperaturnega območja lahko nastavimo od 2 pa do približno 500 stopinj. Slika je točkovna, sestavljena pa je iz 100×100 točk. S tem je določena tudi ločljivost kamere. Kot snemanja je 20 stopinj.

Temperaturo površin izračunamo iz poznane nastavitve kamere, umerilnih krivulj in pogojev snemanja.

Na to vplivajo predvsem:

- emisivnost objekta (okoli 0,9 za gradbene materiale),
- temperatura okolice (odbito IR valovanje od objekta),
- razdalja do objekta (absorbicija in emisivnost atmosfere).

Snemanje izredno moti direktna sončna svetloba, delno pa tudi odbita in difuzna svetloba. Zaradi vsega tega je merjenje absolutne temperature obremenjeno z določeno napako. Temu pa se izognemo z referenčno temperaturo. Zelo dobro lahko tudi določimo razlike v temperaturi med posameznimi deli objekta.

Najbolj zahteven del termografije pa je interpretacija izmerjenih temperaturnih razlik. Vzrokov za razlike je lahko več hkrati, zato je potrebno poiskati pravo razlago zanje. Termografija zahteva po eni strani strokovnjaka, ki bo znal predmet optimalno posneti, po drugi strani pa strokovnjaka, ki bo znal razložiti nastanek temperaturnih diferenc in možne posledice.

2. Uporaba

Kamero uporabljajo v svetu in delno tudi pri nas na veliko področjih. Naštejmo le nekaj najbolj pomembnih:

- gradbeništvo,
- strojništvo (preventivna kontrola in diagnostika kritičnih elementov, strojev ter naprav s stališča obrabe in poškodb),
- procesna tehnika (preventivna kontrola in diagnostika kritičnih elementov procesnih postrojenj v energetiki, kemijski proizvodnji, gradbeništvu...),
- energetika (daljnovodi, toplovodi, rafinerije, ogrevanje, kontrole vseh vrst toplotnih izolacij...),
- elektronika (kontrola proizvodnje in delovanja elektronskih elementov),
- medicina, biologija, veterina, meteorologija, ekologija, restavracija, itd...

Uspešno služi tudi za iskanje ljudi, na primer brodolomcev, v dimu ali požaru, izgubljenih v velikih prostranstvih, alpinistov v stenah, v ruševinah in potresu itd.

3. Uporaba v gradbeništvu

Gradbeništvo je eno klasičnih področij za uporabo termografije, ki nam omogoča:

- kontrolo toplotne zaščite,
- kontrolo toplotnih mostov,
- iskanje napak v talnem ogrevanju,
- iskanje napak v toplotni izolaciji,
- iskanje toplovodnih napeljav,
- ugotavljanje vlage,
- kontrolo sestave zidu iz različnih materialov,
- iskanje nosilne konstrukcije pod ometom,
- iskanje zvočnih mostov,
- požarne preiskave,
- kontrolo tesnosti oken, vrat, lahkih stropov in montažnih elementov,
- kontrolo dimnikov in peči...

Izvajamo lahko več vrst meritev:

- kvalitativne meritve,
- kvantitativne brez pripomočkov,
- z referenčno temperaturo na samem objektu merjenja,
- z referenčnim sevalcem,
- z referenčno sevalno površino,
- kombinirane z merilnikom toplotne prehodnosti (k),
- kombinirane z računalniško obdelavo slike.

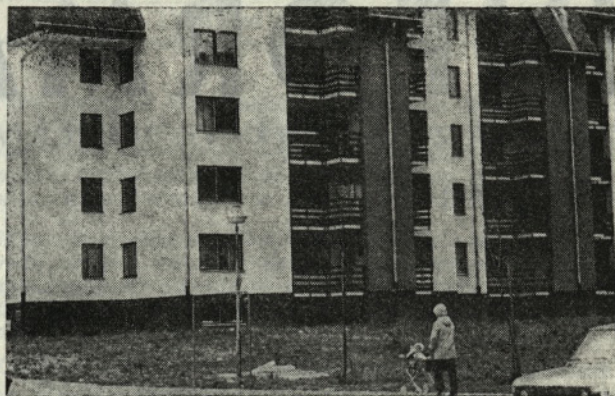
Izbira vrste meritve je odvisna od iskanega rezultata, časa, ki je na voljo, dodatne opreme, pogojev snemanja itd.

Pri meritvah na stavbah morajo biti izpolnjeni pogoji glede temperaturnih razlik, okolja, sončne svetlobe, vetra, lastnosti materialov, ozračja in še kaj.

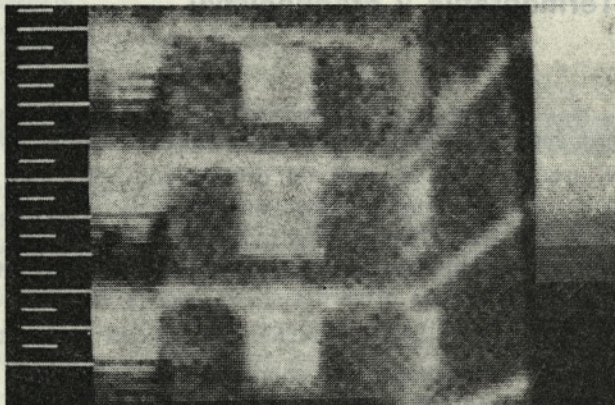
4. Kontrola toplotnih izolacij

Danes povejmo še nekaj več o kontroli toplotnih izolacij, iskanju toplotnih mostov in napak.

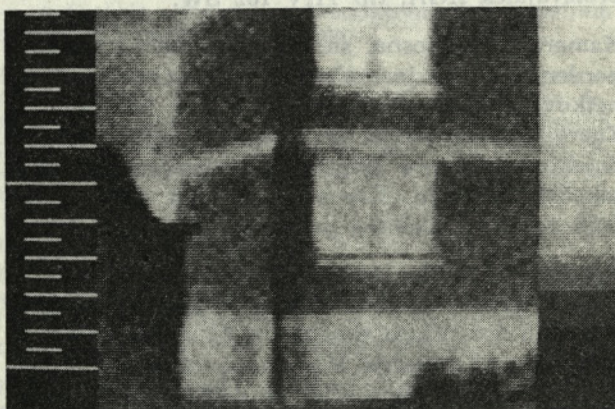
Snemamo lahko tedaj, kadar je temperaturna razlika med notranjostjo in okolico vsaj 15 stopinj.



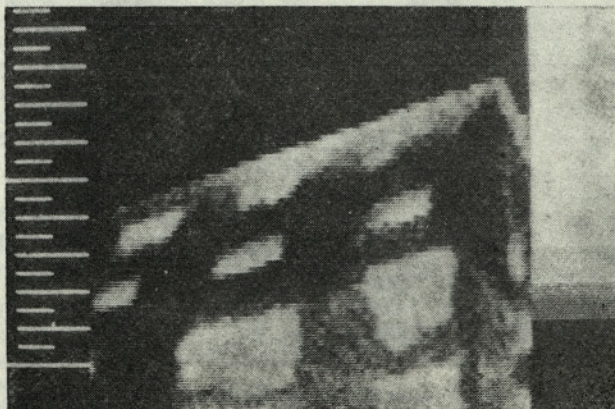
Slika 2. Primer 1 — Videz stanovanjskega bloka



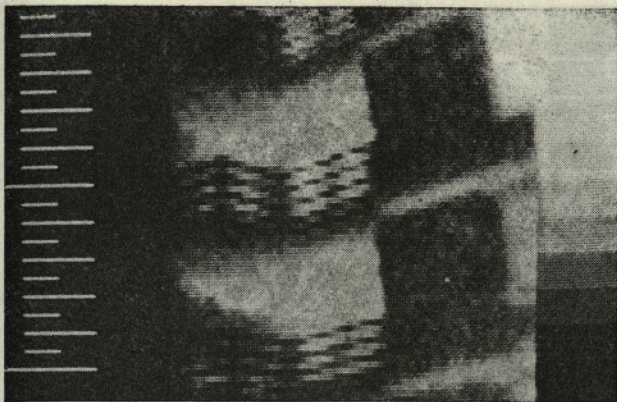
Slika 3. Primer 1 — Neizolirane stropne plošče



Slika 4. Primer 1 — Neizolirana klet



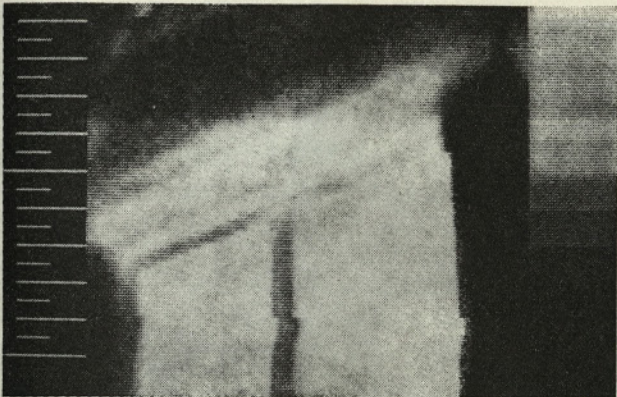
Slika 5. Primer 1 — Nedokončana izolacija strehe



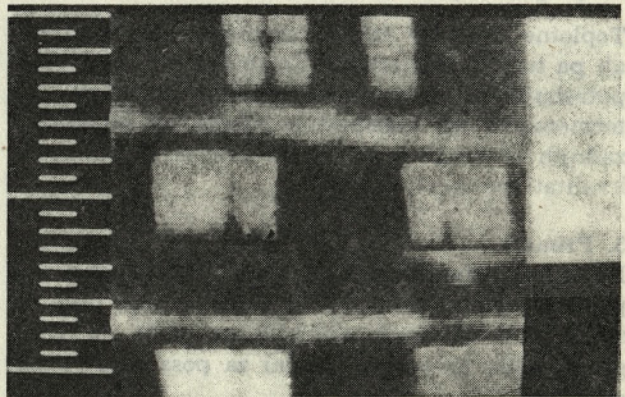
Slika 6. Primer 1 — Balkoni so vedno šibka mesta



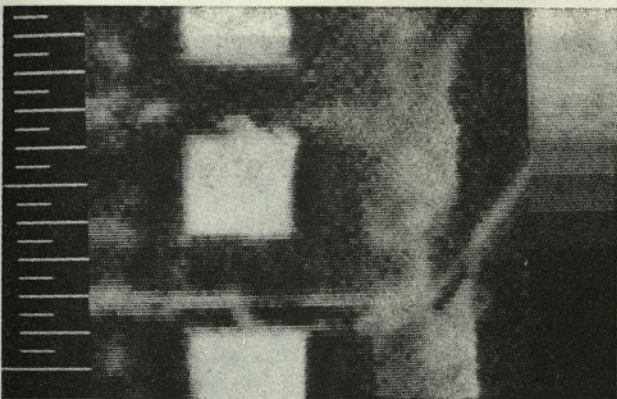
Slika 10. Primer 2 — Videz montažne gradnje



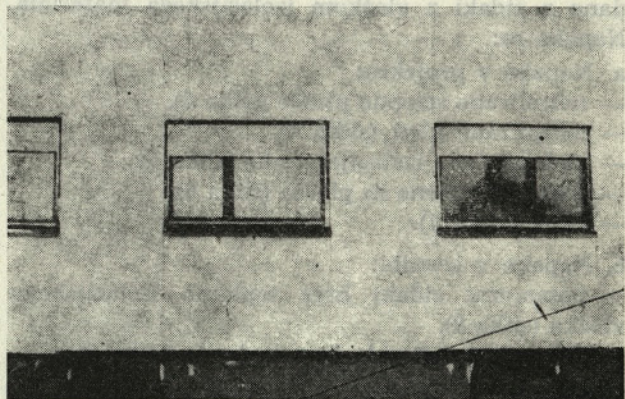
Slika 7. Primer 1 — Tudi pri oknih so vedno izgube toplote



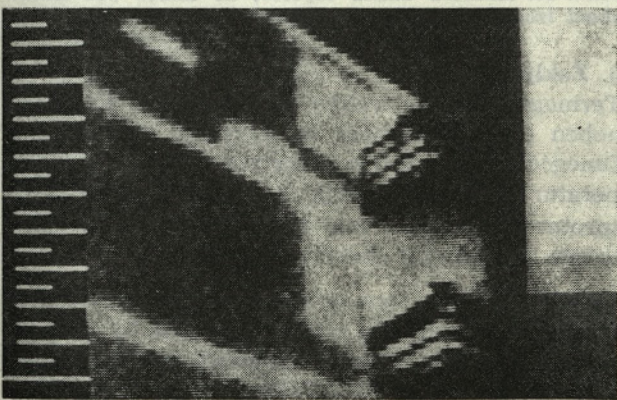
Slika 11. Primer 2 — Termografski posnetek iste stavbe



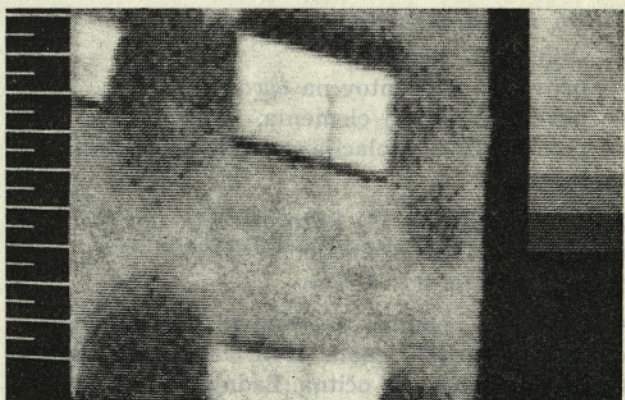
Slika 8. Primer 1 — Vidimo posamezne zidake brez izolacije (svetle pike)



Slika 12. Primer 3 — Druga vrsta montažne gradnje



Slika 9. Primer 1 — Brez izolacije je cel del stene (svetlo)



Slika 13. Primer 3 — Termografski posnetek iste gradnje

Šele tedaj so na površini stavbe dovolj velike temperaturne razlike zaradi razlik v toplotni prehodnosti, da je interpretacija dovolj jasna. Snemati je treba zgodaj zjutraj, po možnosti še pred sončnim vzhodom ali pa v oblačnem vremenu dopoldne. Hitrost vetra mora biti manjša od 0,5 m/s. Ozračje ne sme biti megleno, pa tudi padavin ne sme biti.

Ugotavljamo lahko razlike v toplotni prehodnosti, ki so posledica:

- napak v projektu,
- napak v izvedbi,
- naknadnih poškodb.

Dokončen odgovor, za katero vrsto napak gre, nam da pregled objekta in dokumentacije.

Toplotne mostove lahko ocenjujemo kvalitativno ali pa tudi kvantitativno. Za slednjo vrsto meritev potrebujemo še natančne referenčne sevalce in termometre ter konstantne pogoje na objektu v zadnjih 10 do 12 urah. Največkrat se odločimo za kvalitativne meritve.

5. Primeri

Na nekaj primerih si oglejmo najbolj tipične napake v toplotni izolaciji. Te se pojavljajo tako na starih, kot na novih objektih ne glede na vrsto gradnje. So pa seveda tipični za posamezne vrste objektov.

1. Primer 1 (slika 2) kaže stanovanjsko stavbo, zidano z zidaki z vložkom izolacijskega materiala. Napake so:

a. Napake v projektu:

- neizolirane stropne plošče (slika 3),
- neizolirane kleti (slika 4),
- nedokončana izolacija strehe (slika 5),
- balkonske stene in plošče (slika 6),
- okna (slika 7).

b. Napake v izvedbi:

- posamezni zidaki brez toplotno izolacijskega vložka (slika 8),
- posamezni deli zidu brez izolacije (slika 9).

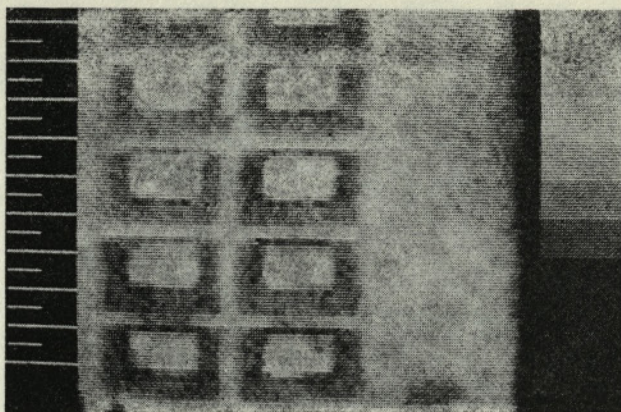
2. Primera 2 in 3 (slike 10 do 13) kažeta montažno gradnjo s prefabriciranimi montažnimi elementi.

Tu so naslednja kritična mesta:

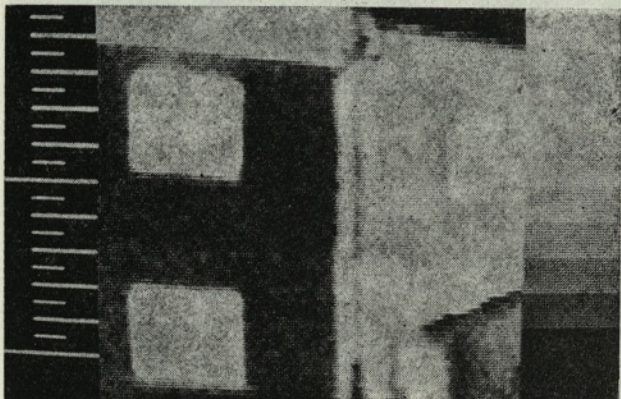
- stiki med elementi,
- pritrđišča elementov na ogrodje,
- povezave znotraj elementa,
- pomanjkljiva izolacija zaradi nevestnosti pri izdelavi.

3. Primer 4 (slika 14) kaže starejšo zgradbo brez ustrezne toplotne izolacije, ki v celoti seva in se vidno razlikuje od okolice.

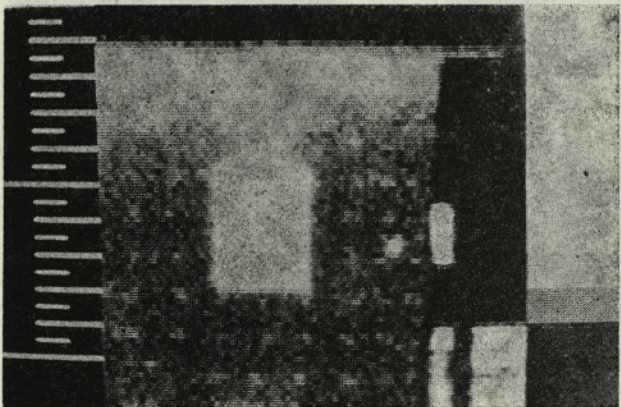
4. Za konec podajmo še primer dvojčka, kjer je ena stanovanjska enota izolirana, druga pa ne (slika 15). Razlika je očitna. Zadnja slika (slika 16), kjer so vidna pritrđišča (sidra) izolacije, pa nam kaže občutljivost kamere.



Slika 14. Primer 4 — Starejša neizolirana stavba



Slika 15. Dvojček, pri katerem je leva polovica izolirana, desna pa ne



Slika 16. Kamera zazna toploto, ki uhaja pri sidrih skozi izolacijo, tudi preko ometa

5. Zaključek

Termografija ima veliko prednosti, ki jih nima noben drug inštrument za merjenje temperature. Omogoča nam relativne meritve površinskih temperatur na zelo velikih površinah. Meritve so sprotne (real time), zelo natančne in sproti zabeležene za kasnejše obdelave.

Seveda pa same termografske meritve še ne dajo dokončnih rezultatov, zato je potrebna še strokovna interpretacija, dodaten natančen pregled in meritve na mestih, ki jih določimo na podlagi termografskega posnetka.

Matjaž ZUPAN, dipl. inž. fizike