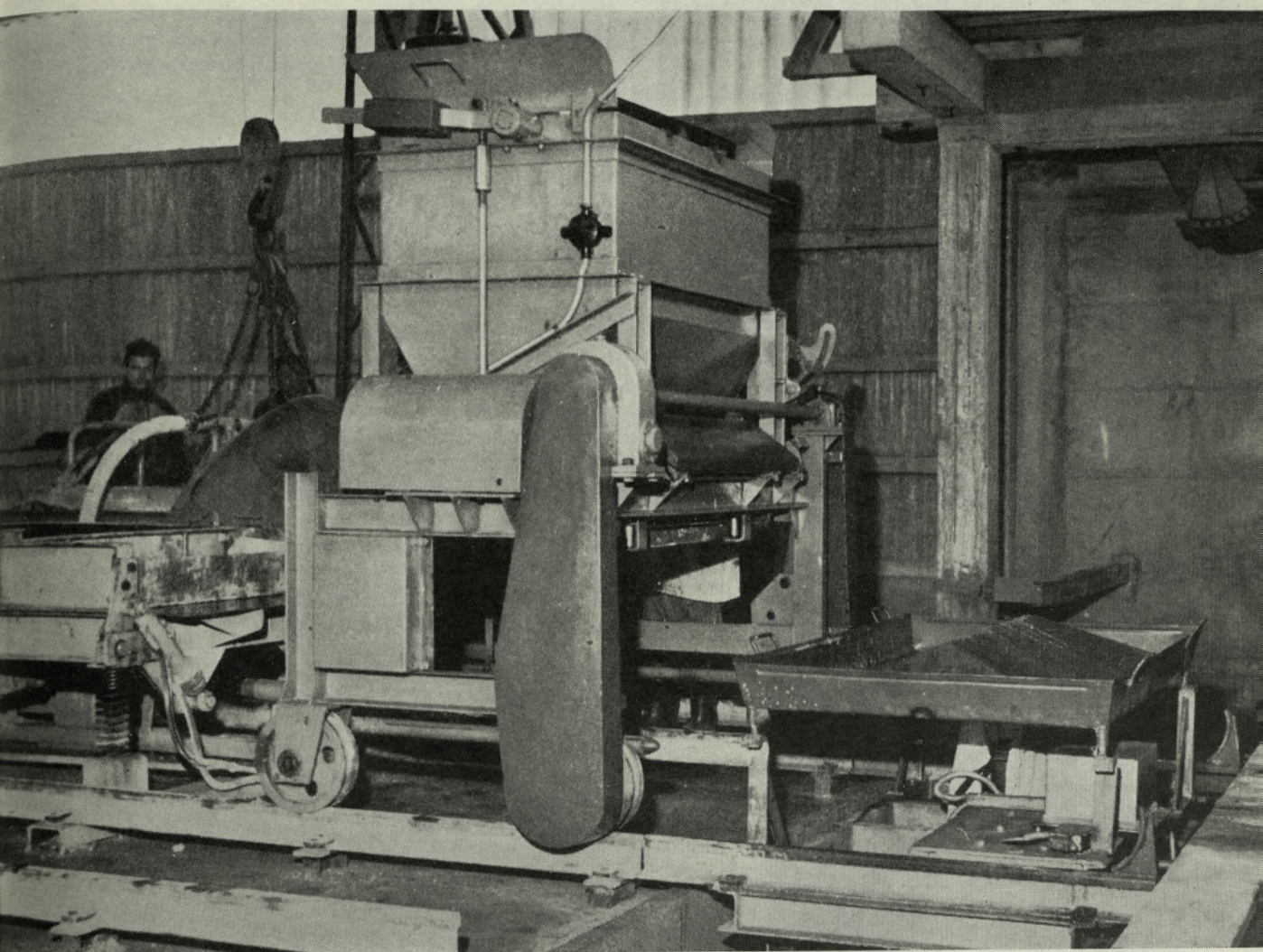


# GRADBENI VESTNIK

LETO XV

MAREC 1966

ŠTEVILKA 3



ZAVOD ZA RAZISKAVO MATERIALA IN KONSTRUKCIJ, LJUBLJANA, DIMIČEVA ULICA  
TEHNOLOŠKI POSTOPEK ZA POLAVTOMATIZIRANO PROIZVODNJO GRADBENIH PANOJEV

## VSEBINA

Viktor Turnšek, dipl. inž.: Vpliv mraza na odpornost cestišča . . . . .	49	V. Turnšek: Influence of the frost action on the highway pavements resistance
Jože Boštjančič, dipl. inž.: Tehnika fotoelastičnih prevlek Miloš Gnus, dipl. inž.: Zasnova in izgradnja koprške luke (nadaljevanje) . . . . .	54 59	J. Boštjančič: Photoelastic coating technique
<b>Aktualnosti</b>		
Ciril Stanič, v. gr. tehnik: Regulacija Prešernove ceste v Ljubljani . . . . .	61	
<b>Vesti</b>		
Imenovanje častnih in zaslužnih članov . . . . .	68	
<b>Gradbeni center Slovenije</b>		
Edo Rodošek, dipl. inž.: Priprava betona . . . . .	64	
<b>Informacije Zavoda za raziskavo materiala in konstruk-</b>		
<b>cij v Ljubljani</b>		
Predlog predpisa o toplotni zaščiti v gradbeništvu . . . .	69	

Odgovorni urednik: Sergej **Bubnov**, dipl. inž.

**Uredniški odbor:** Janko **Bleiweis**, dipl. inž., Lojze **Blenkuš**, dipl. inž., Lojze **Cepuder**, Vladimir **Cadež**, dipl. inž., prof. Bogo **Fatur**, Marjan **Ferjan**, dipl. inž., Vekoslav **Jakopič**, dipl. inž. arh., Hugo **Keržan**, dipl. inž., Maks **Megušar**, dipl. inž., Bogdan **Melihar**, Mirko **Mežnar**, dipl. inž., Bogo **Pečan**, Boris **Pipan**, dipl. inž., Marjan **Prezelj**, dipl. inž., Dragan **Raič**, Franc **Rupret**, Vlado **Šramel**, dipl. inž.

Revijo izdaja Zveza gradbenih inženirjev in tehnikov za Slovenijo, Ljubljana, Erjavčeva 15, telefon 23-158. Tek. račun pri Narodni banki 503-608-109. Tiska tiskarna »Toneta Tomšiča« v Ljubljani. Revija izhaja mesečno. Letna naročnina za nečlane 15.000 dinarjev. Uredništvo in uprava Ljubljana, Erjavčeva 15.

## Vpliv mraza na odpornost cestišča

VIKTOR TURNSEK, dipl. inž.

DK 711.7:620.193:551.574

*Eine Strasse is gegen Frost gesichert, wenn sie tragfähig ist.  
Die an Strassen von geringer Tragfähigkeit gemachten Erfahrungen über Frostschäden und deren Verhütung gelten nicht für richtig dimensionierte Strassen.*

*Dr. F. Balduzzi, Zürich.*

Rezultati AASHO testa v temelju spreminjajo ne le dosedanje, predvsem v Evropi usidrane poglede na dimenzioniranje in gradnjo cestišč, temveč tudi poglede na učinkovanje mraza na cestišča.

Tako vidimo, da tudi Nemci, ki so pristali na enotno terminologijo za nemško jezikovno področje (Nemčija, Avstrija, Švica), razširjajo pojem gornjega ustroja ceste (Oberbau) od same krovne in vezne plasti (Decke und Bindschicht) na celotno nosilno konstruktivno plast in sprejemajo koncept troslojne konstruktivne izvedbe: krovna plast (Surfacing — Belag), nosilna plast (Base — Tragschicht) in temeljna plast (Subbase — Foundationsschicht), pri tem pa puščajo odprto vprašanje načina izvedbe posameznih slojev.

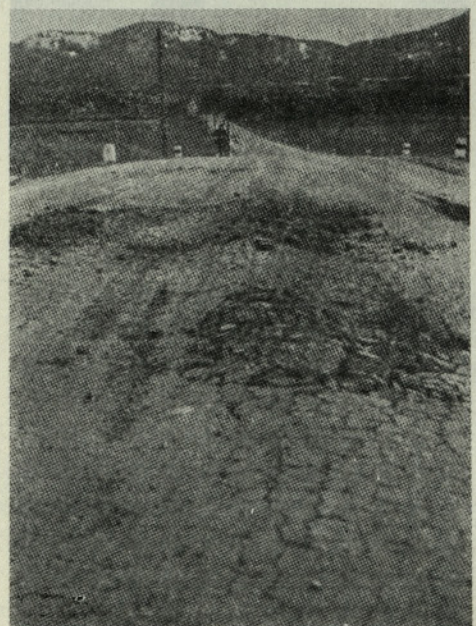
Tudi pojma Frostschüttschicht, to je izraza, s katerim je bil v prvem nemškem prevodu AASHO testa preveden ameriški izraz »Subbase«, ne zasledimo več v predlogu za enotno terminologijo nemškega jezikovnega področja. Pri tem ne gre le za konvencionalno izrazoslovje, temveč predvsem — kot pri terminologiji nasploh — za poglede in koncepte. Ugotovitev, vzeta kot moto te razprave, je zaključek v poglavju »Tragfähigkeit und Frost« v knjigi: Der AASHO Strassentest — Dokumente und Auswertung — Beton-Verlag GmbH Düsseldorf. Ta ugotovitev je vsekakor v nasprotju z današnjo predstavo o mehanizmu učinkovanja mraza na cestiščih, kot tudi navidezno s konkretnimi opazovanji poškodb, ki se na naših cestiščih pojavljajo predvsem v času odtalitve in ponovnih zmrzovanj v mesecih od juže (sl. 1).

V naslednjih izvajanjih so reproducirani rezultati preiskav, izvršeni v Zürichu v Versuchsanstalt für Wasserbau und Erdbau na Tehniški visoki šoli ter nekatera izvajanja v že omenjenem članku. Nadalje je podana analiza zmrzovalnih poškodb na naših cestiščih, ki pa niso primarne, temveč so sekundarne poškodbe na že »zrušenih cestiščih«. —

### 1. Mehanizem učinkovanja mraza na cestišča

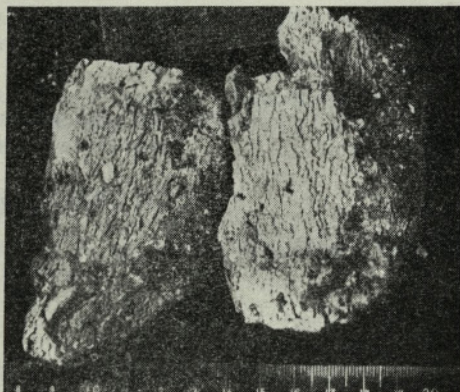
Doslej smo si predstavljali učinkovanje mraza na cestišča nekako na naslednji način:

Pri zmrzovanju glinastih vložkov v obliki leč ali pa morda tudi glin, pomešane v gramoznem materialu, ki ima več kot 3% delov izpod  $20 \mu$ , se voda iz okolice, predvsem pa iz tal kapilarno dviga in koncentrira v glini, ki zmrzuje ter povečuje volumen. Tako povečavanje volumna se odrazi v »kipenju« in rušenju površine cestišča. Zato je potrebno sanirati mesto teh poškodb z odstranitvijo materiala, po možnosti vse do globine zmrzovanja, in ga nadomestiti s čistim prodnatim materialom. Takšna predstava o učinkovanju mraza in sanira-

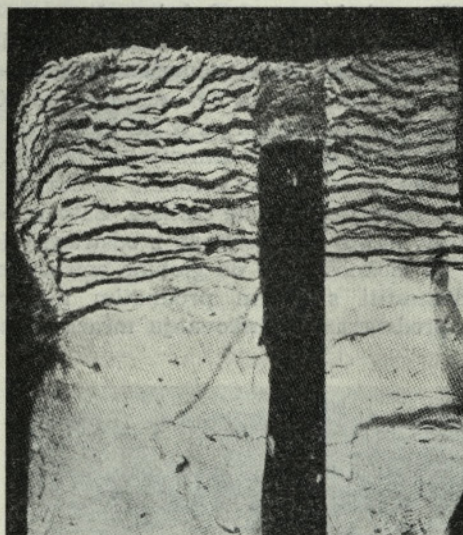


nja poškodb izvira iz opazovanj zmrzlih grud gline in tudi laboratorijskih preizkusov zmrzovanja gline same.

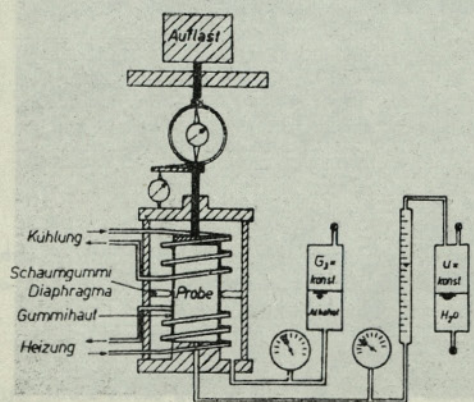
Ta opazovanja in te preiskave so, kot ugotavlja dr. Balduzzi, na mnoge učinkovala »fascinirajoče« (sl. 2 in sl. 3). Da se ugotovi mehanizem učinkovanja mraza na zemljine, so bili v Zürichu



Sl. 2



Sl. 3



Sl. 4

izvršeni laboratorijski preizkusi na različnih vrstah zemljin in to pod pogoji obremenitve in delnega postopnega zmrzovanja, kot to kaže dispozicija (na sl. 4.). Ti poskusi, izvršeni na različnih materialih, so pokazali tri tipične, med seboj različne pojave.

1. Voda se iz spodnjega nezmrzlega dela koncentrira v gornjo zmrzlo polovico. Volumen se povečuje. Pri odtalitvi pa se preizkušane zruši zaradi prevelike koncentracije vode v gornji polovici. Ta primer se pojavlja pri melju, ki nima plastičnosti.

2. Iz gornje, zmrzle polovice potiskajo rastoči ledeni kristali vodo v spodnjo polovico. Volumen se ne večja. Med zmrzovanjem se voda v spodnji polovici skoncentrira do take mere, da preizkušane pod obremenitvijo odpove in se zruši. Ta primer imamo pri finih peskih z večjo ali manjšo vsebnostjo melja.

3. Tretji tipični primer je ta, da se vzorec ne zruši niti pri zmrzovanju niti pri odtalitvi. Volumen se ne poveča več kot za ca. 1%. Ta primer je tipičen za gline, kjer nizka prepustnost vode, kohezija in nabrekanje samo preprečujejo transport vode.

Med temi tremi tipičnimi primeri so prehodi in kombinacije glede na sestavo zemljine.

Na istih treh tipičnih zemljinah so bili izvršeni poizkusi hitrega zmrzovanja, tako da ni obstajala možnost transporta in koncentracije vode. To je bilo doseženo z naglim zmrzovanjem pri  $-70^{\circ}\text{C}$ .

Pri več zmrzovalnih ciklih je bilo ugotovljeno:

— v prvem primeru — pri melju, ki nima plastičnosti — da nosilnost pade za 1/3 prvotno nosilnosti;

— v drugem primeru, — pri finih peskih z meljem — nosilnost ostane nespremenjena;

— v tretjem primeru, — pri glini — pa nosilnost prav tako pade za 1/3 prvotno nosilnosti.

Te preiskave nam dajo kvalitativne podatke o mehanizmu zmrzovanja in to pod izjemno neugodnimi pogoji. Pri reševanju problema zmrzovanja v konkretnih primerih je potrebno oceniti razen karakteristike materiala, ali lahko tudi predvsem hidrološki pogoji dejansko nastanejo. Problemi negativnih posledic zmrzovanja se rešujejo od primera do primera. Poleg odstranitve zemljine je možno še globoko dreniranje in konsolidiranje terena, predvsem kadar gre za zemljine, ki pri zmrzovanju oddajajo vodo (fini peski, pomešani z meljem).

Vsekakor pa je bistvena za cestišče zaščita celotnega cestnega telesa pred vodo, kar je predvsem važno za materiale, ki so občutljivi na zmrzovanje (sl. 5.).

Zmrzovalne poškodbe bi nastale pri meljih in finih peskih z večjo ali manjšo vsebnostjo melja na ta način, da bi zaradi prevelike koncentracije vode teren postal plastičen in bi povsem zgubil nosilnost. Slika 6. kaže tak tipičen primer. Porušitev nastane pri meljih v času odjuge, pri finih peskih, pomešanih z meljem, pa se to dogaja v času zmrzovanja. Očitno pa je, da do istega pojave pride tudi tedaj, če se voda nasploh skoncentrira in pride

teren v plastično stanje. Druga vrsta zmrzovalnih poškodb pa nastane lahko zaradi povečanja volumna, kar povzroča podolžne razpoke na cestišču (sl. 7).

**2. Vrednotenje AASHO testa v pogledu učinkovanja mraza na cestišče**

Pri izvedbi AASHO testa so bila cestišča, sicer različnih debelin, položena nad mejo zmrzovanja, ki je segala 80—100 cm globoko. Podloga, kot tudi nasip, na katerem je bil AASHO test izveden, je obstajal iz močno meljastih glin z naslednjimi karakteristikami:

- maksimalna suha prostorninska teža . . . . . 1,86 t/m<sup>3</sup>
- optimalna vlaga . . . . . 15 %
- zgornja meja plastičnosti . . . . . 29 %
- indeks plastičnosti . . . . . 13

- zrnavost:
- 0,074 mm . . . . . 81 %
  - 0,020 mm . . . . . 63 %
  - 0,005 mm . . . . . 42 %

srednje vrednosti dosežene pri izvedbi:

- volumenska teža v % maks. suhe teže . . . . . 97,7 %
- vsebnost vode . . . . . 16 %
- CBR v pomladnih mesecih . . . . . 2—4
- K modul (po Westergardu) spomladi . . . . . 45

Vrednotimo ta material po klasifikaciji US Army Corps of Engineers, ki razlikuje glede na stopnjo občutljivosti na mraz štiri kategorije:

F<sub>1</sub> = grobozrnati prod z 2 do 20 % delcev manjših od 20 μ

F<sub>2</sub> = pesek z 3 do 15 % delcev izpod 20 μ

F<sub>3</sub> = močno glinasti, meljasti prodi in peski z plastičnim indeksom, večjim od 12

F<sub>4</sub> = melji in meljasti peski z plastičnim indeksom, manjšim od 12.

Osnovni material tal in nasipov, na katerem je bil izvršen AASHO test, spada v kategorijo F<sub>3</sub>.

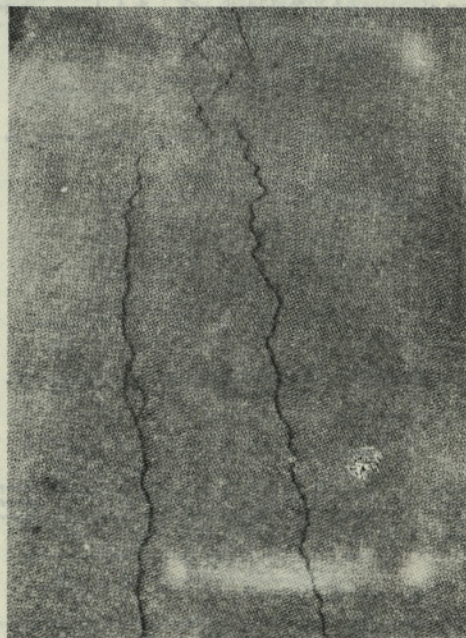
Pri opazovanju skozi dve zimi niso bile ugotovljene posebne poškodbe, ki bi jih mogli pripisati



Sl. 6



Sl. 5



Sl. 7

zmrzovanju. Iz tega lahko sklepamo, da tudi materiali  $F_1$  in  $F_2$  ne morejo biti slabši.

Pri deformacijskih merjenjih cestišča pod kolesno obremenitvijo pa se je ugotovilo, da je deformabilnost precej variirala, tako da so bile deformacije v pomladnih mesecih 4-krat večje kot v jesenskih mesecih. Vpliv mraza, oziroma sprememba vlage v materialu spodnjega ustroja (klasificiran z  $F_3$ ) je v AASHO testu samem torej vsebovan in upoštevan in to s slabšimi pogoji odpornosti cestišča v pomladnih mesecih. Ti pogoji manjše nosilnosti v pomladnih mesecih so bili upoštevani s ponderiranjem osnih prehodov v odvisnosti od deformacij po enačbi:

$$q_t = \left( \frac{2 d_t - d_{t-1}}{d} \right)^2 = \left( \frac{d_t}{d} + \frac{\Delta d}{d} \right)$$

pri čemer pomeni:

- $q_t$  = ponder v času  $t$
- $d_t$  = deformacija, izmerjena v času  $t$
- $d_{t-1}$  = deformacija, izmerjena v času  $t - 1$
- $d$  = poprečna letna vrednost izmerjenih deformacij
- $\Delta d = d_t - d_{t-1}$

V diagramih (sl. 8) so prikazani neponderirani in ponderirani dnevni osni prehodi v posameznih časovnih obdobjih, kot tudi kumulativni osni neponderirani in ponderirani prehodi.

Izhajajoč iz izkušenj AASHO testa, lahko ugotovimo, da materiali do kategorije  $F_3$  ne predstav-

ljajo nevarnosti za zmrzovanje, vendar pod pogojem, da je odvod vode pravilno izvršen in da voda ne zateka v cestišče.

### 3. Analiza zmrzovalnih poškodb na naših cestiščih

Dosedanji koncept, po katerem so bila projektirana in grajena naša »črna cestišča«, je v glavnem naslednji:

Asfaltno »cestišče« v debelini 1—5 cm, izvršeno v površinski obdelavi ali pa kot »preproga«, ponekod tudi z veznim slojem, se polaga na uvaljano gramozno, tako imenovano tamponsko plast.

Tamponska plast naj bi imela dvojno funkcijo: zmanjšati obremenitev terena in s tem deformacije, ter varovati cestišče pred poškodbami, ki bi jih povzročalo zmrzovanje. Zato smo od tamponskega materiala zahtevali, da je dovolj čist in da je plast tega materiala »dovolj« debela.

Grajenje cestišča z gramozom, obvitim z bitumenom, ki se v zadnjem času uvaja v debelini le ca. 6 cm ter z 1—2 cm zaporno plastjo, v bistvu predstavlja isti način grajenja.

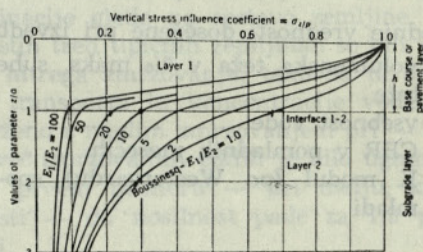
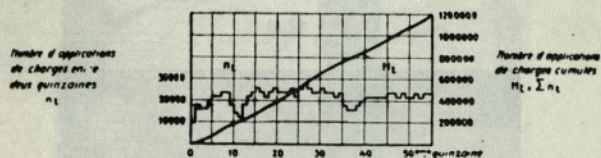


Figure 2.9. Basic pattern of Burmister two-layer stress influence curves (From Burmister Highway Research Board Bulletin 177.)

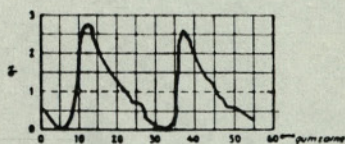
Sl. 9

Kaj se na takih grajenih cestiščih dogaja pod prometom?

Vpogled v razpored vertikalnih obremenitev terena pod kolesom nam daje Boussinesquova formula, ki velja za homogen in elastičen polprostor (krivulja 1. na sl. 9.). V primeru pa, da imamo »tla« sestavljena iz dveh različnih materialov, karakterizirana z različnima elastičnostnima modula, se pritiski neposredno pod prvo plastjo zmanjšujejo, in sicer v tem večji meri, čim večja je razlika med elastičnostnimi moduli (sl. 9). Istočasno pa se v gornjem sloju zmanjšujejo bočni pritiski, ki pridejo pri večjih razlikah v elastičnostnih moduli v natezne napetosti, kot je to primer pri asfaltnih fleksibilnih cestiščih. Kolesni pritisk povzroča v fleksibilni plošči momente, kot to sledi iz skicirane deformacijske linije (sl. 10). Pri prehodu kolesa preko fleksibilne plošče nastajajo na vsakem mestu v plošči izmenske upogibne napetosti. Velikost teh napetosti je odvisna od kolesnega pritiska, ploskve obremenitve, v glavnem pa od debeline plošč ter razmerja elastičnostnih modulov (togosti) plošče nasproti podlogi. Na sliki 11 so prikazane upogibne napetosti, izračunane po Burmistru, in to za 4 t



NOMBRES RÉELS D'APPLICATIONS DE CHARGES EN FONCTION DU TEMPS



FONCTION DE PONDÉRATION SAISONNIÈRE DU NOMBRE RÉEL D'APPLICATIONS DE CHARGES

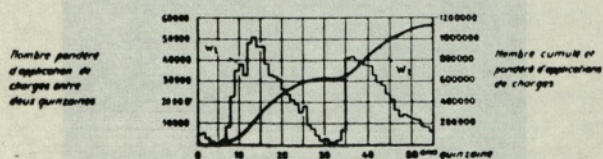


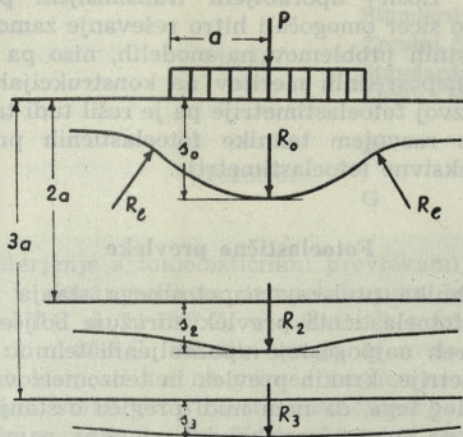
Figure 13 - Nombre pondéré d'applications de charges au cours du temps.

Sl. 8

kolesno obremenitev (8-tonska osna obremenitev) v odvisnosti od debeline plošče pri raznih razmerjih elastičnih modulov.

Iz gornje slike vidimo, da so prav pri debelinah plošče do 10 cm napetosti v veliki meri odvisne od razmerja togosti (elastičnega modula). Tako postane razumljivo, da so taka asfaltna cestišča izredno občutljiva za spremembo deformacijskega modula tal. Ta pa se hitro zmanjšuje, kar povečuje razmerje togosti med ploščo in terenom, če se povečuje vlaga v tleh, posebno če so tla ilovnata. Če pa povečujemo debelino plošče npr. na 16 cm, vidimo, da vpliv razmerja togosti plošče proti togosti terena izredno pade.

Nadaljne vprašanje, ki se pri tem pojavlja, je vprašanje same odpornosti fleksibilne asfaltne plošče. Ta pa zopet ni konstantna, temveč odvisna od števila obremenitev. Asfalt se namreč kot vsak material utruja.



Sl. 10

Na sliki 12 so prikazane velikosti upogibnih trdnosti v odvisnosti od števila obremenitev za asfaltbeton (»Bitumen« 1. 1958). Nizke vrednosti, na katere pade odpornost na upogib, kot tudi same izkušnje, kažejo, da imamo pri asfaltnih fleksibilnih cestiščih opraviti s tipičnim pojavom utrujenosti. Zato je tudi težko govoriti o dimenzioniranju cestišča na neko kolesno obremenitev, temveč moramo govoriti le o dimenzioniranju cestišča na promet.

Tipične poškodbe, ki nastopajo zaradi utrujenosti, so mrežne razpoke na asfaltnih cestiščih. To pa so glavne poškodbe, ki se pojavljajo na naših cestiščih. Tudi Yoder v knjigi Principles of pavement design označuje te t. i. aligatorske razpoke kot rezultat utrujenosti.

Potem ko nastanejo razpoke na cestišču, pa voda posebno v pomladanskih mesecih odjuge prodira v cestišče. Ker pa so temperature v cestišču in tleh pod ničlo, pronicujoča voda zmrzuje in s tem sukcesivno sebi preprečuje odtok. Tako se voda pod morda že oddaljeno asfaltno površino kumulira. Pri ponovnem zmrzovanju pa lahko pride do dviganja in »kipenja« cestišča. Vendar pa so to sekundarni pojavi na že »porušenem cestišču«.

Tako nam postane jasna ugotovitev, dr. Balduzija, da se poškodbe zaradi zmrzovanja, ki se pojavljajo na prešibko dimenzioniranih cestiščih, ne bodo pojavile pri pravilno dimenzioniranih cestiščih.

### Sklepi

Iz gornjih opazovanj slede naslednji sklepi:

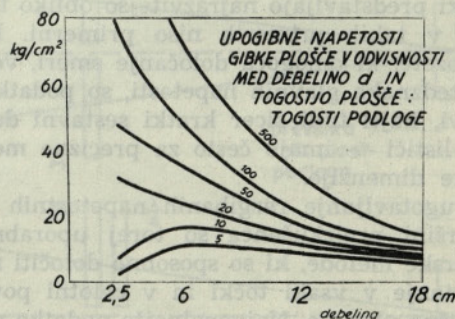
— Glavne poškodbe na naših cestiščih so poškodbe zaradi prešibkih debelin asfaltnih nosilnih plasti. T. i. poškodbe zaradi mraza so sekundarni pojavi.

— Rešitev problemov dimenzioniranja in zaščite proti mrazu zato ni iskati v vgrajevanju debelih tamponskih plasti, temveč v pravilnem dimenzioniranju nosilne fleksibilne konstrukcije kot celote.

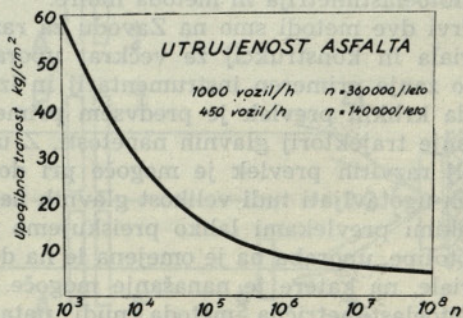
— Pri današnjem prometu bomo morali izbrati dimenzije cestišča na glavnih cestah preko 18 centimetrov. Pri tem pa prihajajo v poštev stabilizirani materiali, med katere lahko prištevamo tako gramoz, obvit z bitumenom, kot tudi cementne, trasne in druge vrste stabilizacij. Seveda pa tudi nevezan drobljeni material ali nevezan gramoz tretiramo lahko, kot to kažejo rezultati AASHO testa, kot sestavna dela gornjega nosilnega ustroja cestišča, vendar le z določenim manjšim ponderjem.

— Voda in vlaga lahko v nosilnem sloju, kot tudi v spodnjem ustroju bistveno vplivata na nosilnost in odpornost cestiščne konstrukcije. Zato je problemu odvajanja vode posvetiti osnovno skrb.

— Melji, meljaste gline in meljasti peski so po svojih fizikalnih karakteristikah pri zmrzovanju občutljivi na mraz. V primeru, ko imamo opravka s temi zemljinami, je reševati probleme zaščite proti zmrzovanju individualno.



Sl. 11



Sl. 12

V. Turnšek

## INFLUENCE OF THE FROST ACTION ON THE HIGHWAY PAVEMENTS RESISTANCE

## Synopsis

The article gives the observations and investigations on the influence of the frost action on the highway pavements resistance obtained by Dr. F. Balduzzi.

There is given the explanation of the origin of frost failures impairing the underdimensioned pavements. These, however typical frost failures occur on the pavements already impaired by fatigue and are a secondary phenomena.

In accordance with Burmister's theory on the flexible slab tension the author explains the occurrence of cracks due to the fatigue in the asphalt surfaces. The mentioned damages can be observed especially in the thawing period. Finally the construction of the roadways with the deeper compacted more layer roadway system is recommended.

## Tehnika fotoelastičnih prevlek

DK 620.171.5

JOŽE BOŠTJANČIČ, DIPL. INŽ.

### Splošno

Določanje napetostnega stanja na površini konstrukcije ali njenega detajla je pogosto naloga, ki jo je potrebno rešiti v zvezi s preiskavami konstrukcij. V primeru preiskave elementov s kompliciranimi oblikami, odprtini, zarezi, ostrimi prehodi in kompliciranimi obtežbami, je pričakovati tudi komplicirano sliko razporeditve napetosti.

Natančne matematične rešitve so v takih primerih nemogoče ali pa so dolgotrajne in zahtevajo visoko usposobljene strokovnjake. Tudi večina merskih metod v takih primerih odpove.

Nepoznane smeri glavnih napetosti in hitro spreminjanje njih velikosti in predznaka z razdaljo onemogoči uporabo tistih instrumentov, ki merijo specifične deformacije le v določeni smeri in na določeni razdalji. Tudi uporovni tenzometri (strain gages), ki predstavljajo najrazvitejšo obliko tenzometrov, v takih primerih niso primerni. Kljub obliki rozete, ki omogoča določanje smeri, velikosti in predznaka glavnih napetosti, so podatki nezanesljivi, kajti tudi sicer kratki sestavni deli — merilni lističi — imajo često za precizne meritve prevelike dimenzije.

Za ugotavljanje razgibanih napetostnih stanj na površini preizkušanca so torej uporabne le take merske metode, ki so sposobne določiti napetostno stanje v vsaki točki in v celotni površini preiskovane ploskve. Najpopolnejše podatke v tem smislu nam nudijo predvsem metoda krhkih prevlek, fotoelastimetrija in metoda moire.

Prvi dve metodi smo na Zavodu za raziskavo materiala in konstrukcij že večkrat uporabili in imamo zanje primeren instrumentarij in izkušnje. Metoda krhkih prevlek je predvsem primerna za določanje trajektorij glavnih napetosti. Z uporabo najbolj razvitih prevlek je mogoče pri določenih pogojih ugotavljati tudi velikost glavnih napetosti. S krhkimi prevlekami lahko preiskujemo modele in prototipe, uporaba pa je omejena le na določene materiale, na katere je nanašanje mogoče.

Fotoelastimetrična metoda nudi natančnejše podatke predvsem v smislu določanja velikosti na-

petosti. Doslej uporabljeni transmisijski polarskopi so sicer omogočali hitro reševanje zamotanih napetostnih problemov na modelih, niso pa omogočali neposrednih meritev na konstrukcijah.

Razvoj fotoelastimetrije pa je rešil tudi ta problem z razvojem tehnike fotoelastičnih prevlek in reflektivne fotoelastimetrije.

### Fotoelastične prevleke

Tehnika preiskav napetostnega stanja s pomočjo fotoelastičnih prevlek združuje boljše lastnosti treh najpogosteje uporabljenih tehnik: fotoelastimetrije, krhkih prevlek in tenzometrov.

Poleg tega, da nam nudi pregled o stanju napetosti na celotni preiskovani površini, nam omogoča tudi izredno točne meritve v posameznih točkah. S tem v zvezi lahko rezultate tehnike fotoelastičnih prevlek primerjamo z rezultati, katere bi dobili z meritvami z neskončnim številom tenzometričnih rozet izredno majhnih dimenzij.

Fotoelastične prevleke lahko uporabljamo na modelih in, kar je bistvenega pomena, tudi na konstrukcijah. Nanašanje prevlek je mogoče praktično na vse materiale in je tudi v tem pogledu metoda univerzalna.

Osnovni princip tehnike fotoelastičnih prevlek je naslednji: preizkušanec prevlečemo s plastjo prozornega materiala, ki s podlogo sodeluje in v obremenjenem stanju dobi lastnosti dvojnega loma.

Omenjena tehnika je torej ena izmed fotoelastimetričnih metod, za katero velja tudi isti osnovni princip: deformacije so proporcionalne velikosti faznih zamikov.

To pomeni, da tudi v tem primeru igrata debelina prevleke in njena občutljivost bistveno vlogo. Da bi meritve potekale z zadostno točnostjo, moramo izbrati primerno debelino prevleke s primerno občutljivostjo.

Prevleke lahko nanašamo na ravne in ukrivljene površine. Ravne površine in še nekatere ukrivljene površine (valjaste, stožčaste itd.) prekrivamo predvsem s fotoelastičnimi folijami poznane



debeline, katere lepimo na podlogo s specialnimi lepili. Pri kompliciranejših preizkušancih se poslužujemo tekočih plastikov, katere brizgamo na površino, kjer polimerizirajo. Kompliciranejše oblike pokrivamo tudi z delno polimeriziranimi ploščami, ki se podlogi dobro prilagodijo. Po končani polimerizaciji jih z že omenjenimi lepili prillepimo na preizkušano ploskev. Problem, ki nastopa pri uporabi tekočih plastikov, je neenakomerna debelina, katero je treba izmeriti in pri rezultatih upoštevati.

Opazovanje fotoelastičnih pojavov je mogoče le z reflektirano svetlobo. V primerih, ko nanašamo prevleko na podlogo, ki dobro reflektira svetlobo, nam dodatni ukrepi niso potrebni. Če je po-

vršina podloge motna, se poslužimo poliranja ali pa uporabljamo metalizirane fotoelastične plošče oziroma reflektivna lepila.

Pri izbiri prevleke pa moramo paziti tudi na velikost maksimalnih deformacij podloge. Izbrati je treba tako prevleko, ki bo pri maksimalnih deformacijah še vedno obdržala linearne deformacijsko-optične odnose.

Pravilno izbrana in nanescena prevleka dobro sledi deformacijam podloge in jo lahko uporabimo za statične in dinamične preiskave v elastičnem in plastičnem območju.

Kot informacijo navajamo lastnosti nekaterih plastikov, katere izdeluje in uporablja poznana ameriška firma Budd:

Plastik	Tip	Debelina mm	Meja linearnih deformacijsko-optičnih odnosov %	Deformacijsko-optična konstanta
Ploščice	Standardni S	1,22 1,83	2,5	0,1
	Zrcalni S <sub>m</sub>	ali 3,05		
	Standardni S	1,22 1,83	30	0,02
	Zrcalni M <sub>m</sub>	ali 3,05		
Tekočine	A	od 0,02 do 3,05	3	0,1
	G	od 0,02 do 3,05	30 do 50	0,02

Merjenje s fotoelastičnimi prevlekami je mogoče v dokaj velikem temperaturnem intervalu od -55° C do +180° C, v nekaterih primerih pa celo do +260° C. Plastiki imajo še vrsto drugih dobrih lastnosti kot na primer majhen modul elastičnosti, stabilnost s časom, niso občutljivi za klimatske spremembe itd. Vse te lastnosti omogočajo delo s fotoelastičnimi prevlekami v laboratorijih in na terenu. Omeniti pa moramo tudi težave, ki nastopajo pri uporabi debelejših prevlek. Le-te v določenih primerih (npr. pri upogibu tankih elementov) ne sledijo deformacijam podloge ali pa preizkušani element ojačijo. Za eliminacijo napak obstajajo računske metode, s katerimi izračunamo odstopanja in jih pri obdelavi rezultatov upoštevamo.

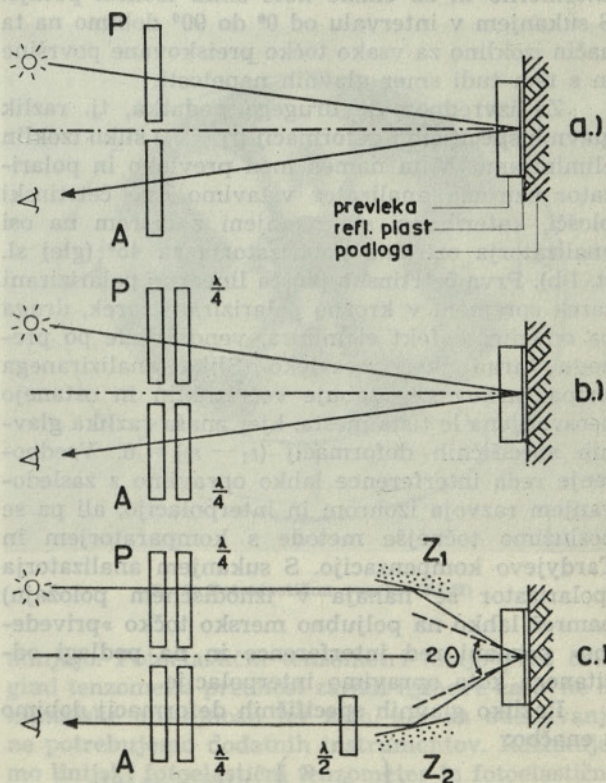
**Refleksivni polariskop**

Za opazovanja fotoelastičnih pojavov v obremenjeni prevleki običajni transmisijski polariskop ni primeren. Opazovanja in meritve opravimo z refleksijskim polariskopom, ki je po sestavnih delih kot tudi po funkciji transmisijskemu soroden (glej sl. št. 1 a in b).

Princip uporabe reflektirane svetlobe pa omogoča z dodatno pripravo, montirano na refleksijski polariskop (glej sl. št. 1 c) direktno merjenje glavnih specifičnih deformacij v posameznih točkah, s čimer se izognemo zamudnim in aproksimativnim matematičnim obdelavam rezultatov.

Snop bele ali monokromatske svetlobe (glej sl. št. 1 a) s polarizatorjem P linearno polariziramo. Polarizirani žarek vstopa približno normalno v

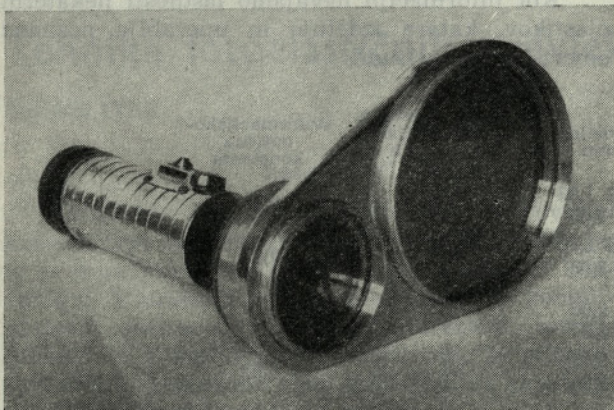
prevleko, kjer se zaradi anizotropnosti materiala kot posledice obremenitve razstavi v dve komponenti. Le-ti potujeta skozi prevleko z različnimi hitrostmi, se na mejni ploskvi med prevleko in podlogo reflektirata in se ponovno približno v isti



Sl. 1. Princip delovanja reflektivnega polariskopa

smeri vračata. Pri izstopu iz prevleke je žarek zaradi nastalega faznega zamika v splošnem eliptično polariziran. Kot vizualni efekt analiziranih eliptično polariziranih žarkov se pojavi slika izoklin in izohrom. Izohrome so v primeru uporabe bele svetlobe barvne proge oziroma barvna področja, izokline pa so temna, neosvetljena mesta. Neosvetljena so tudi mesta, kjer je razlika glavnih specifičnih deformacij  $(\varepsilon_1 - \varepsilon_2) = 0$ .

Opisani polariskop služi za izolacijo izoklin, ki predstavljajo mesta z enako smerjo glavnih nape-



Sl. 2. Refleksivni polariskop enostavnejše konstrukcije (izdelan na ZRMK)

tosti. Le-te sovpadajo z osmi polarizatorja oziroma analizatorja. Če analizator in polarizator vrtimo istosmerno in za enake kote slika izoklin potuje. S sukanjem v intervalu od  $0^\circ$  do  $90^\circ$  dobimo na ta način izoklino za vsako točko preiskovane površine in s tem tudi smer glavnih napetosti.

Za izvednotenje drugega podatka, tj. razlik glavnih specifičnih deformacij  $(\varepsilon_1 - \varepsilon_2)$  sliko izoklin eliminiramo. V ta namen med prevleko in polarizator oziroma analizator vstavimo dve četrtinski plošči, katerih osi sta nagnjeni z ozirom na osi analizatorja oziroma polarizatorja za  $45^\circ$  (glej sl. št. 1 b). Prva četrtinska plošča linearno polarizirani žarek spremeni v krožno polarizirani žarek, druga pa omenjeni efekt eliminira, vendar šele po prehodu žarka skozi prevleko. Slika analiziranega snopa žarkov ne vsebuje več izoklin in ostanejo neosvetljena le tista mesta, kjer znaša razlika glavnih specifičnih deformacij  $(\varepsilon_1 - \varepsilon_2) = 0$ . Vrednotenje reda interference lahko opravimo z zasledovanjem razvoja izohrom in interpolacijo, ali pa se poslužimo točnejše metode s komparatorjem in Tardyjevo kompenzacijo. S sukanjem analizatorja (polarizator se nahaja v izhodiščnem položaju) namreč lahko na poljubno mersko točko »privedemo« poznani red interference in na podlagi odčitane kota opravimo interpolacijo.

Razliko glavnih specifičnih deformacij dobimo z enačbo:

$$\varepsilon_1 - \varepsilon_2 = f \left( n \pm \frac{\alpha}{180} \right), \text{ kjer pomeni:}$$

$f$  = razliko glavnih specifičnih deformacij, ki pripadajo prvemu redu interference,  
 $n$  = red interference,  
 $\alpha$  = kot, izmerjen na kotni razdelbi analizatorja.

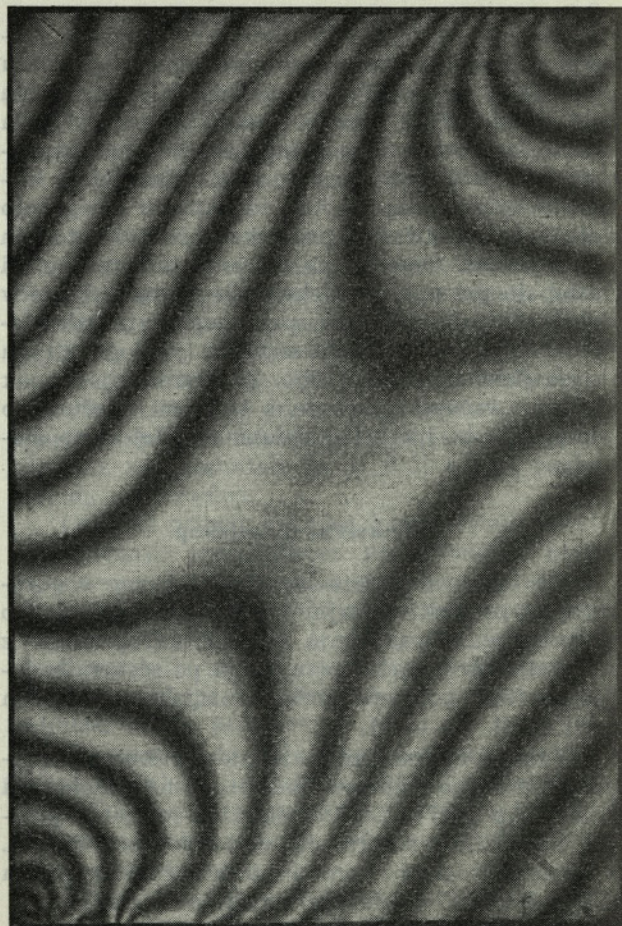
Vrednost  $f$  je podana s strani proizvajalca plastikov ali pa jo ugotovimo z umerjanjem.

Glavne specifične deformacije spremenimo v glavne napetosti po enačbi:

$$\sigma_1 - \sigma_2 = (\varepsilon_1 - \varepsilon_2) \frac{E}{1 + \mu}, \text{ kjer pomenita } E \text{ in } \mu$$

modu elastičnosti in Poissonovo število za material konstrukcije. V transmisijski fotoelastimetriji dobimo ločene glavne napetosti na različne matematične načine, ki bazirajo na robnih pogojih ali pa z dodatnimi meritvami spremembe debeline modela.

Pri refleksijskih polariskopih se tem postopkom izognemo z montažo dodatne priprave (glej sl. št. 1 c), ki omogoča poševen prehod žarkov skozi prevleko. Pripravo sestavljajo predvsem dve zrcali ( $Z_1$  in  $Z_2$ ) in polovična plošča, ki omogoča fazni



Sl. 3. Posnetek stenastega elementa, ki je obremenjen z horizontalno in vertikalno obtežbo. Posnetek je bil izvršen na ZRMK z refleksivnim polariskopom

zamik  $\lambda/2$ . Odčitavanje opravimo na analogen način kot pri refleksijskem polariskopu z normalnim vpadnim kotom.

Pri normalnem prehodu žarka velja:

$$n_n \lambda = \delta_n = 2 \text{ tk} (\varepsilon_1 - \varepsilon_2).$$

Enačba za poševni prehod žarka pa se glasi:

$$n_p \lambda = \delta_p = 2 \text{ tk} (A \varepsilon_1 - B \varepsilon_2).$$

Iz gornjih enačb lahko izračunamo neposredno vrednosti  $\varepsilon_1$  in  $\varepsilon_2$ . Če upoštevamo še izraz  $f = \lambda/2 \text{ tk}$ , dobimo:

$$\varepsilon_1 = \frac{f}{A - B} (n_p - B n_n),$$

$$\varepsilon_2 = \frac{f}{A - B} (n_p - A n_n).$$

Vrednosti A in B sta funkciji kot  $\theta$  in Poissonovega števila prevleke ter znašata:

$$A = \frac{1 - \nu_c \cos^2 \theta}{(1 - \nu_c) \cos \theta}$$

$$B = \frac{\cos^2 \theta - \nu_c}{(1 - \nu_c) \cos \theta}$$

Oznake v gornjih enačbah pomenijo:

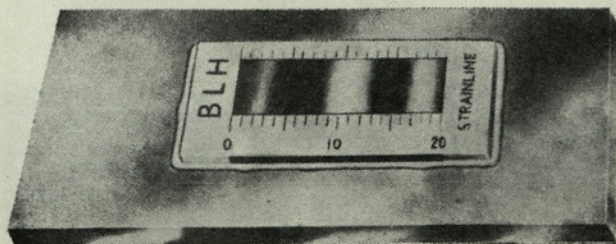
- $\delta$  = fazni zamik,
- t = debelina prevleke,
- k = deformacijsko optični koeficient,
- f = razlika glavnih specifičnih deformacij, ki pripadajo prvemu redu interference,
- $\theta$  = vpadni kot žarka,
- $\nu_c$  = Poissonovo število prevleke,
- indeks n = velja za normalni prehod,
- indeks p = velja za poševni prehod.

Natančnost tehnike prevlek je razvidna iz naslednjih podatkov.

Z uporabo refleksijskega polariskopa Budd LF/Z in prevleke debeline 3,05 mm s koeficientom  $k = 0,1$  dobimo naslednjo natančnost izmerjenih vrednosti:

Pri normalnem prehodu:

specifične deformacije  $m_\varepsilon =$  od  $\pm 5 \cdot 10^{-6}$  do  $\pm 10 \cdot 10^{-6}$ .



Sl. 4. Linijski fotoelastični tenzometer (BLH)

smer glavnih specifičnih deformacij  $m_\varphi = \pm 2^\circ$ . Pri poševnem prehodu žarka: specifične deformacije  $m_\varepsilon = \pm 20 \cdot 10^{-6}$ .

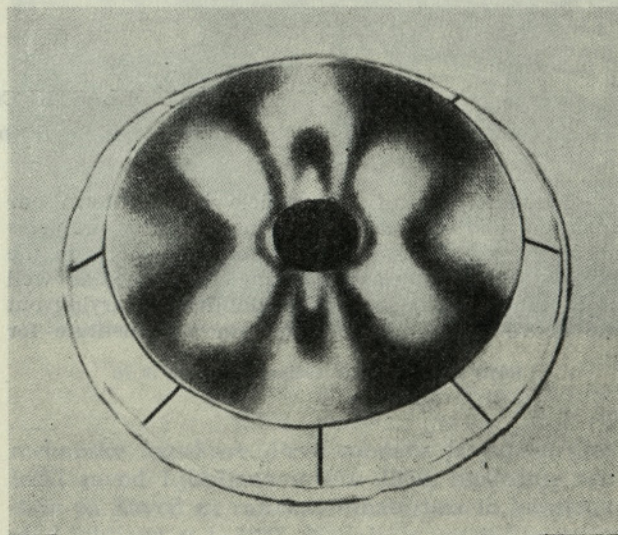
Doslej smo omenjali statično preiskavo napetostnega stanja. V primeru priključka stroboskopske svetila in filmske kamere je mogoče registrirati tudi dinamične specifične deformacije. Reflektivni polariskopi imajo poleg svetila za emitiranje bele svetlobe tudi svetlobne izvore za monokromatsko svetlobo ali pa ustrezne filtre, ki prepuščajo le svetlobo z določeno valovno dolžino. Monokromatska svetloba je predvsem primerna za opazovanja plastičnih deformacij.

Refleksivni polariskopi imajo še naslednje dobre lastnosti:

- uporabljamo jih v laboratoriju in na terenu,
- omogočajo meritve tudi z večje razdalje,
- omogočajo občasne meritve,
- uporabljamo jih za opazovanja in meritve na ravnih ter ukrivljenih površinah,
- omogočajo avtomatična merjenja v kombinacijah s fotocelicami in servomehanizmi.

### Fotoelastični tenzometri

Paralelno s tehniko fotoelastičnih prevlek so se razvili tudi fotoelastični tenzometri. Z njimi sicer ne moremo meriti z zadostno natančnostjo na napetostno razgibanih ploskvah, uporabljamo pa jih tam, kjer se napetosti z razdaljo le počasi spre-



Sl. 5. Fotoelastična rozeta (BLH)

minjajo. Fotoelastični tenzometri imajo pred drugimi tenzometri prednost zaradi njihove časovne in klimatske obstojnosti ter zato, ker za odčitavanje ne potrebujemo dodatnih instrumentov. Razlikujemo linijski fotoelastični tenzometer in fotoelastično rozeto.

Linijski fotoelastični tenzometer predstavlja plastik pravokotne oblike, ki ima »zamrzle« nape-tosti v obliki pasov. Na spodnji strani je metaliziran, na zgornji strani pa je prevlečen s snovjo, ki vpadno svetlobo polarizira in odbito analizira. Tenzometer, prilepljen na konstrukcijo, sledi njenim deformacijam, kar se odraža kot pomik »zamrzlih« pasov. Sprememba položaja je v linearnem razmerju s specifičnimi deformacijami in jo odčitamo na razdelbi tenzometra, ki je dobljena z umerjanjem.

Točnost meritev z omenjenim tenzometrom znaša od  $m_e = \pm 20 \cdot 10^{-6}$  do  $m_e = \pm 40 \cdot 10^{-6}$ .

Popolnejša oblika fotoelastičnega tenzometra je fotoelastična rozeta. Le-ta ima »zamrzle« pas v obliki kroga, katerega opazujemo na enak način kot pasove zgoraj opisanega tenzometra. Zaradi sodelovanja z deformirano podlogo se krožna oblika deformira v kmpliciranejšo obliko interferenčnih črt. Osi simetrije nove figure sovpadajo s smermi glavnih specifičnih deformacij, spremembe med osnovnim in novim položajem pa so funkcija specifičnih deformacij v merjenih smereh. Točnost, katero dosežemo s fotoelastično rozeto opisanega tipa, znaša:

glavna natezna napetost  $m_e = \pm 40 \cdot 10^{-6}$ ,  
smer glavnih specifičnih deformacij  $m_\varphi = \pm \pm 5^\circ$ .

Različne firme izdelujejo tudi tenzometre drugačnih oblik, vendar je osnovni princip pri večini enak opisanemu.

J. Boštjančič:

## PHOTOELASTIC COATING TECHNIQUE

### Synopsis

The intention of this article is to inform our engineers and technicians working on stress problems about the achievements of the foreign experts in the field of the photoelastic coating technique, as well as to call attention to the possibility of carrying out the above mentioned technique in the Institute for

## Sklep

Kot je razvidno iz navedenega, tehnika fotoelastičnih prevlek omogoča široke možnosti tistim, ki se ukvarjajo z analizo napetosti. Ker so na Zavodu za raziskavo materiala in konstrukcij preiskave konstrukcij vsakdanja naloga in ker je problem analize napetosti pogosto na programu, smo se odločili, da opisano metodo osvojimo. V tej smeri smo napravili določene poskuse z nanašanjem prevlek in opazovanja z enostavnejšimi transmisijskimi polariskopi. Z ozirom na izkušnje, katere smo dobili pri reševanju številnih problemov s področja transmisijske fotoelastimetrije in z ozirom na to, da imamo na programu izdelavo preciznega transmisijskega polariskopa z dodatkom za poševni prehod žarkov, bomo že v kratkem času sposobni izkoristiti možnosti, ki jih nudi tehnika fotoelastičnih prevlek.

## Literatura:

V spodaj navedeni literaturi je najti podrobnejšo obdelavo problemov, ki so v članku sumarno prikazani.

1. H. Wolf: Spannungsoptik (Springer, 1961).
2. S. S. Redner: New Oblique Method for Direct Photoelastic Measurement of Principal Strains (Experimental Mechanismus- March 1962).
3. F. Zandman, S. Redner, E. Riegner: Reinforcing Effekt of Birefringent Coatings (Experimental Mechanics, Februar 1962).
4. D. Post, F. Zandman: Arbitraty Thickness (Experimental Mechanics, Januar 1961).

Material and Structure Research in Ljubljana. In the article there are given the basic considerations relating the photoelastic coating technique, and a description of the required apparatus. There is mentioned also the application of the photoelastic strain gauges.

# Zasnova in izgradnja koprške luke

MILOŠ GNUS, dipl. inž.

DK 627.24:627.3

(Nadaljevanje)

## Morski tokovi

Glavni jadranski tok teče po podatkih knjige »Progettazione ed esecuzione delle opere marittime« in »La regolazione dei porti«, ob jugoslovanski obali od juga proti severu s hitrostjo 3 do 4 milje na dan. Ta tok se vrača ob italijanski jadranski obali.

V mesecu februarju 1959 je Hidrografski inštitut Ratne mornarice iz Splita izvedel merjenje morskih struj v Koprskem zalivu.

Iz zapisnika teh merjenj povzemamo najvažnejše ugotovitve:

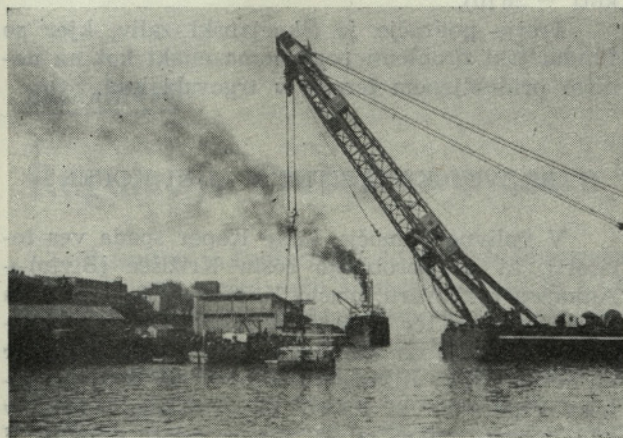
1. v Koprskem zalivu ni stalnih morskih tokov, temveč samo neznamenit vpliv plime in oseke;
2. vpliv reke Rižane na tokove v Koprskem zalivu je neznamenit, saj povzroča Rižana morski tok globine 2 cm od površine, ki se že na oddaljenosti 100 m od ustja reke izgubi.

V letih od 1959 do 1963 sta bili izvršeni še dve merjenji morskih tokov v Koprskem zalivu. Tudi ta merjenja so potrdila zaključke prve meritve v februarju 1959. Iz navedenega lahko trdimo, da v Koprskem zalivu ni tokov, ki bi vplivali na plovbo.

## Oblačnost in megla

Opazovanja meteoroloških pogojev so bila v Kopru od leta 1946 do 1954.

Za varnost plovbe je važen pojav megle v Koprskem zalivu. Za leta od 1946 do 1954 so zbrana opazovanja meglenih dni v Kopru. Iz zbranih podatkov je razvidno, da je bilo največ 20 meglenih dni leta 1948, najmanj pa sedem meglenih dni v letu 1954. V devetletnem poprečju je bilo 14,9 meglenih dni letno. Na splošno je megla zelo kratek čas v Koprskem zalivu, kar je za plovbo ugodno.



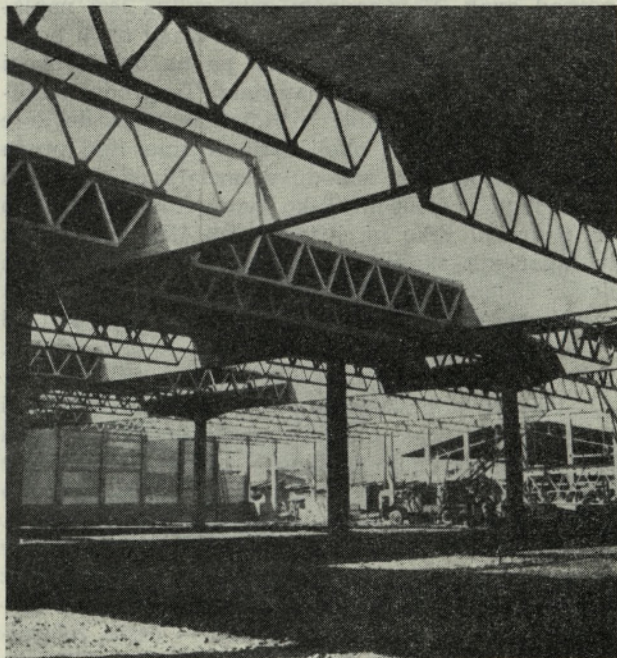
Sl. 5. Izgradnja II. dela operativne obale v letu 1961

## Temperatura

Za kraj Koper so bili v letih 1948—1954 zbrani podatki o mesečnih in letnih poprečnih, absolutnem maksimumu in absolutnem minimumu temperatur. Iz podatkov je razvidno, da so v 7-letnem poprečju najhladnejši meseci januar, februar in marec, najtoplejši pa junij, julij in avgust. Absolutni maksimum znaša 36,6° C v mesecu juniju in absolutni minimum - 10,5° C v mesecu februarju.

## Pogoji fundacije

Na področju koprške luke, industrijske cone in Koprškega zaliva ter obalnega območja okoli zaliva so bila izvršena obširna sondažna dela in geo-



Sl. 6. Stalno skladišče med gradnjo (1964)

mehanske raziskave. Prve sondaže je izdelal Geološki zavod Ljubljana v letu 1956, naslednje sondaže pa Zavod za raziskavo materiala in konstrukcij Ljubljana v l. 1957. Nadaljnje sondažne vrtnice so bile izvršene v letu 1961, 1962 s strani podjetja »Geoistraživanje« Zagreb, v letu 1963 je izvedel več sond tudi Zavod za raziskavo materiala in konstrukcij Ljubljana ter končno v letu 1964 zopet Geološki zavod Ljubljana. Skupno je bilo v obdobju 1956—1964 narejenih nad 150 sondažnih vrtnic, pri čemer se je globina vrtnic spreminjala od 6,0 do 60,0 m. Vsa sondažna dela je vsa leta spremljal laboratorij za mehaniko tal inštituta za mate-

matiko, fiziko in mehaniko univerze v Ljubljani, ki je tudi izdeloval geomehanske študije in poročila. Na podlagi navedenih raziskovalnih del je bilo ugotovljeno naslednje:

Škocjanski zaliv je predstavljal skupno s koprsko in ankaransko bonifiko še do 18. stoletja enotni zalivski sedimentacijski bazen, v katerega je bila v nedavni preteklosti odlagana glinasto-meljasta naplavina. Naselje današnjega Kopra, ki leži na trdem flišu, je predstavljalo takrat v geografskem smislu otok. Naplavina, ki je bila odložena v morskem zalivu, zarezanem v flišno obrobje, predstavlja z rečno in hudourniško erozijo prinesen material z obrobnihi gričevij. Osnovno hribino tega področja predstavlja eocenski fliš, ki je dokaj heterogene sestave. V njem vidimo prehod od trdega apnenca do laporastih apnencev ter od laporjev do lapornasto-glinastih vložkov. Slednji v vodi izgubljajo prvotno strukturo, preperijo in preidejo v značilno glinasto kohezivno zemljino. Debelina te glinaste preperine je v vzhodnem delu Koprškega zaliva znatna. Kontakt med naplavino in flišem ni povsod enak. V zahodnem delu zaliva leži naplavina neposredno na skalni osnovi zlasti okoli koprškega griča, bolj proti severu pa na debeli plasti peščenega in prodnega materiala. Ta prodni material se začinja na koti  $-24,0$  m in pada do kote  $-31,0$  na področju okoli ustja Rižane. Sloj prodca sega še dalje proti zahodu v razdalji ca. 600 m in proti jugu ca. 400 m. Tako tvori fundacijsko dno na področju luke na južni strani flišni peščenjak in lapor kot skalno dno, ki leži na koti  $-5,0$  m do  $-25,0$  m, proti severu pa se pojavlja plast prodnega materiala od skalnatih tal na globini od  $-40,0$  m do  $-60,0$  m do poprečne kote  $-25,0$  m. Od te kote navzgor se pojavlja naplavina.

Objekti koprške luke so bili grajeni v prvi fazi na področju, kjer plastnice nosilnih tal — trden fliš — ne presegajo globine  $-15,0$  m. Zato so vse operativne obale postavljene na trdno skalnato podlago. Isto velja za vse težje skladiščne objekte. Z razširitvijo luškega območja v Škocjanski zaliv in z nasipavanjem zaliva z morskou naplavino iz bazena, je bila ugotovljena možnost postavitve lažjih objektov in prometnih zgradb — ceste, železniški tir — na nanovo pridobljenem terenu. Ugotovljeno je bilo, da je nosilnost novo pridobljenih platojev  $4,0$  t/m<sup>2</sup>. To je bilo tudi v praksi dokazano. Do sedaj so bili izvedeni objekti s plitvim temeljem (dvoje skladišč, rezervarji za vegetabilno olje), ki so dokazali možnost izgradnje objektov na tleh z razmeroma nizko nosilnostjo. Proučena in izvedena je bila globoka fundacija različnih sistemov: vodnjakov do globine 10 m, zabiti koli leseni in betonski, na kraju samem izvedeni koli sistema »Benoto« in »Franki«. Vse te fundacije so bile zvedene na področju, kjer so nosilna tla iz flišnega peščenjaka in laporja. Na področju, kjer so nosilna tla iz prodca in peska, je fundacija že proučena ter pride za obalne konstrukcije v poštev globoka fundacija (do kote ca.  $-30,0$  m) s piloti sistema »Benoto«, zabitimi betonskimi piloti, jeklenimi piloti

ali jeklenimi zagatnicami. Za druge težke luške objekte pridejo v poštev na kraju samem izvedeni piloti sistema »Benoto«, »Salzgitter«, »Franki« ter zabiti betonski ali jekleni koli. V glavnem imamo tri vrste fundacije na področju koprške luke:

— plitko fundiranje na nanovo pridobljenem in posebej pripravljenem terenu, pri čemer upoštevamo nosilnost terena  $0,4$  kg/cm<sup>2</sup>;

— globoko fundiranje na flišno skalo z nosilnostjo  $6,0$  do  $10,0$  kg/cm<sup>2</sup>;

— globoko fundiranje v nižje prodnate plasti ( $-30,0$  m) s piloti in nosilnostjo tal, ki je odvisna od globine in vrste pilota, zabitega v prodnato plast.

Iz navedenega sledi, da je postavitve vsakovrstnih objektov na področju luke Koper tehnično izvedljiva. Uporaba posameznih vrst fundacij je odvisna od vrste in namena objekta in od tehničnih možnosti, ki so na razpolago izvajalcu za izvedbo fundacije posameznih objektov.

Glede na pogoje fundacije lahko razdelimo področje industrijske cone na tri dele: področje z najboljšimi pogoji fundacije se razteza na severu med ankaranskim obrobnihi kanalom in cesto Križišče—Ankaran. Tukaj je pod ca. 3 do 5 m debelo plastjo flišne preperine kompakten fliš iz flišnega laporja in peščenjaka, mestoma prerezan s horizontalnimi ali nekoliko nagnjenimi plastmi gline. Nosilnost flišne preperine je  $2,0$  kg/cm<sup>2</sup>, nosilnost flišne skale (lapor ali peščenjak) pa od  $6,0$  do  $10,0$  kg/cm<sup>2</sup>. Enaki fundacijski pogoji so na in v neposredni bližini Serminskega griča ter v pasu med cesto Križišče—Koper ter sedanje obale Škocjanskega zaliva. Tukaj imamo nad trdnim flišem, ki pada od Sermina proti morju tako, da doseže pri ustju Rižane koto  $-40,0$  m, plast prodca, nad njo pa plast morske naplavine, ki je že močnejše mešana s plastmi drobnega peska. Ker je večji del ankaranske bonifike v depresiji, bo potrebno najprej nasipati teritorij do kote vsaj  $+1,50$  m z nekoherentnim materialom. Lahke objekte je možno plitko fundirati, pri čemer je nosilnost tal  $0,4$  kg na kubični centimeter, težje objekte pa globoko fundirati z vodnjaki ali piloti na trden fliš ali dobro uležan prodec (katerega zgornji rob prične pri koti  $-26$  m).

Tretje področje je Škocjanski zaliv, kjer so fundacijski problemi popolnoma enaki kot na nanovo pridobljenem terenu v trgovski luki.

## RAZVOJ KAPACITET V LUKI KOPER

V vplivno območje Luke Koper spada ves teritorij, ki ga obroblijo cesta Križišče (Bivio)—Ankaran na severu, mesto Koper — na koprskem griču na jugu ter cesta Ljubljana—Koper od Križišča do Kopra na vzhodu. Trgovsko luko omejuje na severu reka Rižana, na vzhodu pa črta, ki poteka vzporedno z zaporo Škocjanskega zaliva v oddaljenosti 350 m od te zapore proti vzhodu. V trgovski luki so locirani kompleksi za generalni

tovor, za les in tekoče tovore (vegetabilna olja); v industrijski coni, na njenem najsevernejšem delu, to je na območju ankaranskega obrobnege kanala pa je lociran kompleks za pretovor in skladiščenje razsutih tovorov (glej situacijo, slika 1).

V drugi fazi razvoja koprške luke je predvidena dograditev kompleksa za generalni tovor in gradnja nove luke za razsute tovore.

Akvatorij luke obsega tri bazene: južni bazen ob obalah za generalni tovor, sedanji bazen ob bodočih napravah za tekoče tovore in severni bazen ob kompleksu za razsuto blago.

Južni bazen, ki služi ladjam z generalnim tovorom, je sedaj globok — 10 m, predvidena pa je njegova poglobitev na — 12 m (za ladje do 20.000 ton nosilnosti).

Severni bazen za dostop ladij do kompleksa luke za pretovor in skladiščenje razsutih tovorov bo treba še izkopati. Predvideno je, da bo globina tega bazena znašala — 16 m, kar bo omogočalo pristajanje ladij do 100.000 ton nosilnosti. V prvi fazi izgradnje obale za razsuti tovor bo izvršen le izkop do globine — 12 m.

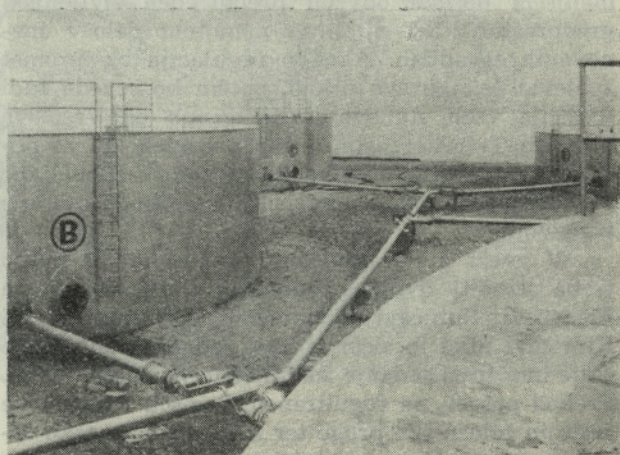
Med severnim in južnim bazenom bo od ustja reke Rižane izkopen bazen za pristajanje in plovbo ladij s tekočimi tovari, to je nafto in njenimi derivati, tekočim plinom in kemikalijami.

Akvatorij za luko tekočih tovorov bo tvoril 100 m širok kanal z globino — 12 m. Ta kanal bo omogočal pristajanje tankerjev do 25.000 ton nosilnosti ter specialnih ladij za prevoz utekočinjenega plina do nosilnosti 60.000 DWT. Ta kanal bo pozneje možno poglobiti na — 16 m za pristajanje super tankerjev. Na severni strani kanala je predviden pristajalni most z več pristajalnimi mesti, in sicer: po eno pristajalno mesto za plin, za kemikalije in za nafto. Za pristajalnimi mesti se bodo v severni in zahodni smeri razprostirali kompleksi za skladiščenje tekočega plina, kemikalij in skladišče podjetja »Petrol« Ljubljana. Ta novi luški bazen spada po svoji funkciji v industrijsko cono.

Vsi luški bazeni so locirani v smeri od zahoda proti severovzhodu zato, da omogočajo varno plovbo proti burji, ki je glavni veter v koprski luki.

Teritorij luke za generalni tovor, predviden v drugi fazi izgradnje, je v celoti že nasut, razen dela pomola I. zahodno od zapore Škocjanskega zaliva. Po dokončani drugi fazi izgradnje bo obsegalo urejeno področje luke za generalni tovor, brez akvatorija, 30 ha uporabne površine. Za generalni tovor so predvidene in deloma že zgrajene tri operativne obale dolžin: 420 m, 400 m in 300 m. Prvi dve obali sta na severni strani Kopra, tretja obala pa je južna obala predvidenega pomola I. Ob obalah so predvidena in deloma že zgrajena tranzitna skladišča ter skladišča za pretovor in manipulacijo z lahko pokvarljivim blagom. V drugi vrsti, za obalnimi skladišči, so predvidena in delno že zgrajena stalna skladišča za dolgotrajno skladiščenje blaga. Prostori med skladišči, kot tudi operativne obale, imajo sodobno urejena cestišča za vožnjo z viličarji, traktorji, prikolicami, avto dvigali in kamioni. Ob operativnih obalah ter ob vseh skladiščih so predvideni industrijski tiri za železniški promet v luki. Načrt luke za generalni tovor je na sliki 2. Dolžine in namen obal ter površine posameznih skladišč so obdelani v poglavju »Kompleks za generalni tovor«.

(Se nadaljuje)



Sl. 7. Rezervoarji za olje s kapaciteto 8000 t enkratnega skladiščenja

## aktualnosti

### Regulacija Prešernove ceste v Ljubljani

Trenutno je Prešernova, to je bivša Bleiweisova cesta ena izmed onih komunikacij, ki je z ozirom na zelo ozko vozišče prometno najbolj obremenjena mestna cesta v Ljubljani oz. republiki. Število motornih vozil vseh vrst, ki gre dnevno po tej cesti, se že bliža številu 60.000. Ob prometnih konicah je v obeh smereh večkrat strnjena kolona vozil. Na sicer dobri betonski podlagi se trajno

obnavlja in krpa stari trdo liti asfalt. Naraščajoči promet zahteva obnovo in nujno razširitev sedanjega vozišča.

V zvezi z delno ali popolno rekonstrukcijo te komunikacije se pa še vedno pojavlja vprašanje, ali je pravilno, da reguliramo Prešernovo cesto v sedanji trasi, ali pa da se odločimo za povsem novo komunikacijo v trasi sedanje Levstikove ulice in

CIRIL STANIČ, v. gr. tehnik

ob opuščeni železniški progi vse do Delavskega doma oziroma Titove ceste, sedanjo cesto pa le delno preurejeno pustimo v sedanji izvedbi in z vsemi nasadi le za lokalne potrebe kulturnega centra.

Ako bomo regulirali sedanjo Prešernovo cesto, tedaj bomo morali posekati obojestranski nasad dreves za nujno zgraditev štiripasovnega vozišča, za obojestransko kolesarsko stezo in zelo ozke hodnike za pešce ali celo enostranske oziroma obojestranske arkade.

Vsekakor se predvideva dokaj draga in neprijetna regulacija, ki pa bo v znatni meri vplivala na kompleksni videz tega predela mesta tako v cestno-prometnem oziru kot tudi v odnosu do vseh obstoječih in še predvidenih novih zgradb ob tej komunikaciji.

Vsem javnim poslopjem ob tej cesti kot Narodnemu muzeju, Narodni galeriji, Moderni galeriji, Delavskemu domu, hotelu Lev, kopališču »Ilirija«, Klubu poslancev, pravoslavni cerkvi, Vojni bolnišnici, Klubu kulturnikov, palači Izvršnega sveta, Kidričevemu spomeniku, Ekonomski fakulteti, Partizanu Narodni dom, Tehnični knjižnici, notranji upravi idr. smo že ali bomo v večjem ali manjšem obsegu odvzeli prepotraben življenjski predprostor, ki je nujen za nemoteno delo v imenovanih zgradbah. Ako bo regulacija oz. promet zahteval še napravo arkad, potem bo seveda tudi funkcija vseh stanovanjskih zgradb od Veselove ulice do Tržaške ceste močno prizadeta oz. še poslabšana. Take komunikacije morajo biti speljane v trasah, kjer vsaj v perspektivi ne bodo ovirane v razvoju.

V zvezi z naraščajočim prometom bo nujno treba izvršiti dvojne podhode za pešce vsaj na Erjavčevi, Šubičevi, Cankarjevi in Puharjevi ali Kidričevi ulici in sicer v trasi sedanje Prešernove ceste in v trasi sedanje železnice in nove avto ceste. Prehod pešcev na reguliranem vozišču Prešernove ceste in železniške proge ter avto ceste bo tako rekoč nemogoč. Že sedaj imajo prometni organi veliko posla za kolikor toliko zadovoljiv in varen razvoj peš prometa vzdolž te ceste.

Ker pa je namen v smislu odobrene urbanistične dokumentacije na prostih površinah vse do železniške proge zgraditi še več novih javnih zgradb kot nov Jakopičev paviljon, zgradbo Partizana Narodni dom, zimsko kopališče, povečanje Moderne galerije, zgradbo Ljudske univerze itd., se bo promet pešcev povečal in funkcija sedanje ceste zmanjšala. Enako nam prinaša tudi nova koncentracija športa v Tivoliju v zvezi z novo športno in kulturno dvorano »Tivoli« trajne, posebno pa v konicah dodatne cestno-prometne obremenitve in probleme. Vsekakor bo treba v perspektivi zgraditi primeren nadvoz med področjem Tivolija z vsemi njegovimi novimi funkcijami in mestnim centrom v trasi Kidričeve ali Puharjeve ulice.

Tudi sicer smatram za nepravilno, da bi nam sedanja Prešernova cesta prerezala centralni mest-

ni in republiški kulturni center v dva dela s široko, pustjo in hrupno kanalizirano komunikacijo. Kar pogledjmo rezultat nove Titove ceste skozi Gradišče!

Pri reševanju tega problema ne smemo računati s tem, da nam bo prevzela predvidena nova avto cesta skozi Tivoli večino prometa s sedanje Prešernove ceste, ampak le delno. Gotovo pa je, da se bo povečal notranji mestni promet vseh vrst vozil, posebno še, ker se Titova cesta skozi center v perspektivi ne namerava dodatno prometno obremenjevati, ampak celo omejevati.

Vse nakazano je do sedaj v neki meri vplivalo, da se sedanja Prešernova cesta še ni regulirana. Ker pa predvidevajo odobreni urbanistični načrti za naše mesto regulacijo sedanje trase Prešernove ceste, potem je le treba preučiti, če je izbrana trasa res najboljša rešitev in če le ni boljša nova trasa vzdolž sedanje Levstikove ulice in železniške proge ali še kakšna druga varianta v breme Tivolija, vrtov Vrtače itd.

Ako preložimo cesto, potem navežemo na ostali mirni mestni in republiški kulturni center Delavski dom in zimsko kopališče, novo zgradbo Partizana, Narodni dom, pravoslavno cerkev, nov Jakopičev paviljon, povečano Moderno galerijo, Tehnično knjižnico, Vojno bolnišnico, serijo stanovanjskih blokov in vse dodatne javne zgradbe, ki jih še nameravam zgraditi do preložene železnice. Vse sedanje javne zgradbe ob stari trasi skupaj s hotelom »Lev« pa bodo funkcionalno ogromno pridobile, ker bo iz neposredne bližine izločen sedanji hrupni promet Prešernove ceste. Pešec se bo varneje gibal od Titove pa do preložene železnice ter od Mirja pa do Gosposvetske ceste. Brez vsakega prometa bo novi Trg revolucije, Cankarjeva promenada, kopališče itd.

Preložena cesta zahteva samo enkratno izvedbo podhodov ali nadhodov za pešce in ostali promet in sicer v obliki skupnih objektov nad ali pod preloženo Prešernovo cesto, železnico in predvideno avto cesto, ki bo verjetno potekala tik ob železniški progi.

Skica predvideva napravo nadvoza v Tobačni ulici za priključek na avto cesto, podvoza v Erjavčevi ulici za Rožno dolino, podhoda na Cankarjevi promenadi, nadvoza v Kidričevi ulici za Tivoli in Športno dvorano in park ter podvoza v Parmovi ulici za potrebe Bežigrada in Šiške.

Nesporno je dosedanji razvoj prometa že pokazal na že reguliranem odseku Prešernove ceste, to je med Celovško in Titovo cesto, da so prometne težave zavrle predvidene gradnje podjetja »Petrol« in drugih interesentov v tem odseku, ker bi bila prometna navezava teh objektov na Prešernovo cesto cestno prometna ovira in nevarnost. Zaradi tega prikazuje priloženi osnutek razširjen predlog za preložitev Prešernove ceste tudi v tem odseku več ali manj k železniški progi. Na novem križišču Celovške in Prešernove ceste bi izvršili že sedaj za direktno smer vožnje v trasi Prešernove ceste nadvoz prek Celovške ceste. S tem bi razbremenili





že sedaj to najbolj obremenjeno mestno križišče, kjer se pojavljajo prometni zastoji.

Osnutek dopušča gradnjo novih objektov med Celovško in Titovo cesto na obmestni strani Prešernove ceste vzdolž hotela »Lev«, Ambulante, Slovenija-avto, itd. Tu se pojavijo površine zelo dragocenega zemljišča, ki dopušča znatno bolj bogato namensko izrabo, kot pa jo ima sedaj zemljišče med sedanjo Prešernovo cesto in železniško progo.

Osnutek kaže, da bi se v perspektivi celoten promet koncentriral ob obeh straneh sedanje železniške proge skozi Tivoli. S tem bi bil tudi ves ropot in trušč prenesen popolnoma ob rob mesta, kjer bi bil prizadet samo manjši del zgradb in to predvsem nestanovanjskega značaja.

V zvezi s pripravljenostjo železniškega podjetja, da bi skozi Tivoli delno korigiralo smerno in po možnosti tudi višinsko svojo progo, je možnost tudi traso nove Prešernove ceste že v sedanji

fazi bogatejše speljati. Predvsem je tu mišljena trasa, ki ne bi potekala po Levstikovi ulici, ampak po vrtovih za vilami na Vrtači in ob preloženi železniški progi.

Preložena Prešernova cesta nam omogoča izločitev vsega tranzitnega in javnega prometa skozi univerzitetno četrt iz sedanje Aškerčeve ceste, omogoča boljše povezavo obeh kulturnih centrov v trasi sedanje Erjavčeve ceste, povezavo vzhodnega in zahodnega predela mesta neposredno skozi mestni center v trasi sedaj slepe Tomšičeve ulice.

Ako Prešernove ceste ni mogoče preložiti, potem naj se preuči še možnost enosmernega prometa in sicer od Tržaške ceste proti kolodvoru v sedanji trasi Prešernove ceste, obratno pa v sedanji trasi Levstikove ulice in ob železniški progi. Širine prizadetih komunikacij bi popolnoma ustrezale sedanjim in naraščajočim prometnim potrebam, ne glede na predvideno gradnjo nove avto ceste skozi Tivoli.



## PRIPRAVA BETONA

(definicija, struktura in faze, osnovne organizacijske smernice)

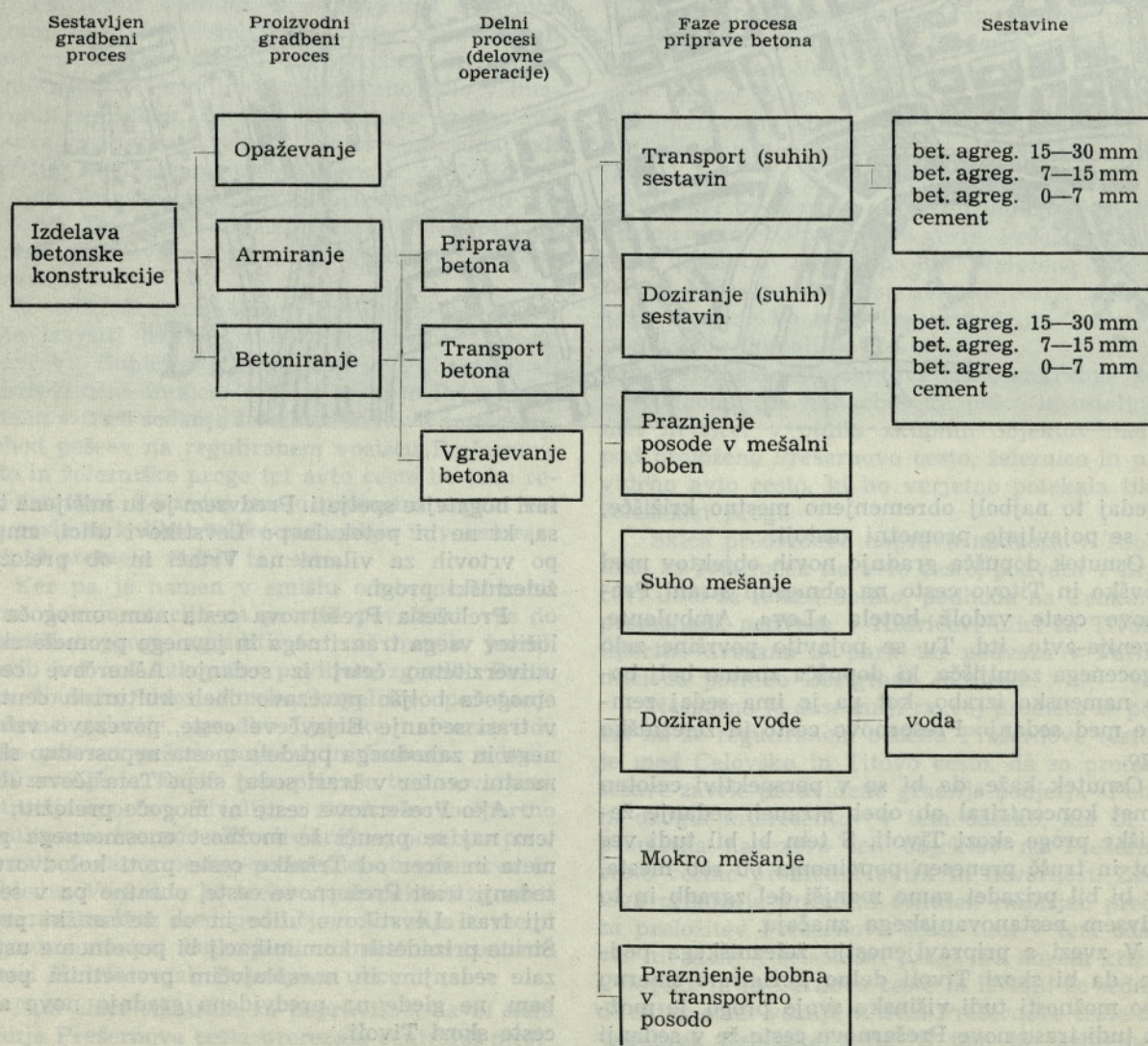
EDO RODOSEK, DIPL. INŽ.

### Definicija

Priprava betona je del procesa betoniranja, kjer se z organizirano uporabo delovne sile in strojnih na-

prav na podlagi primerne tehnološkega postopka izdeluje surovi beton, to je mešanica mineralnega agregata, cementa in vode v razmerju, ki jo zahteva projekt z upoštevanjem vseh lokalnih faktorjev.

### Mesto priprave betona v strukturi procesa betoniranja

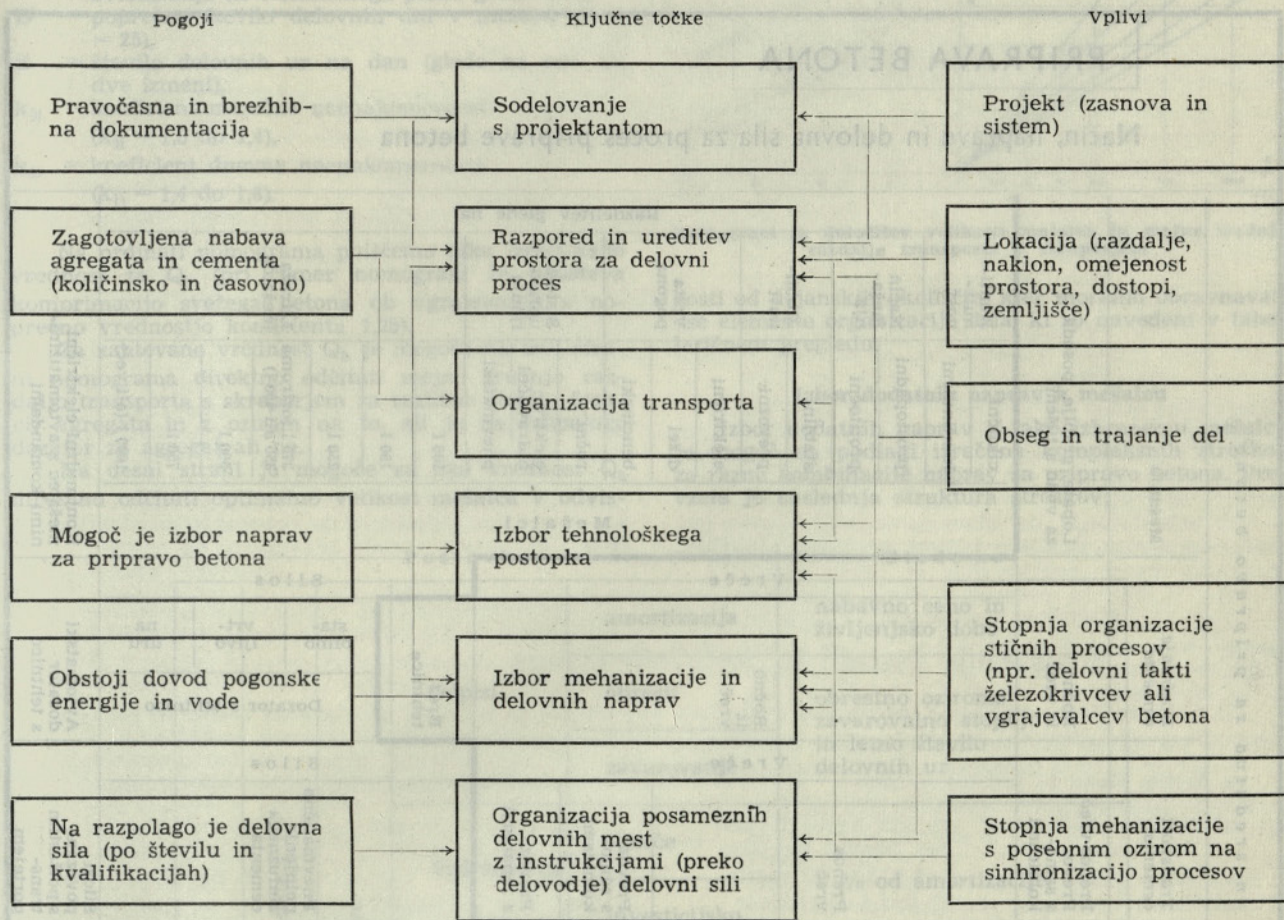


Osnovne organizacijske smernice

Načelno je najvažnejše pravilo, da pri organizaciji procesa priprave betona **nič ne sme biti prepuščeno slučaju**, kar pomeni improvizaciji neposrednih proizvajalcev na gradbišču, ampak morajo organizacijo zasnovati in izvesti strokovnjaki, z drugimi besedami **služba priprave dela** v podjetju v sodelovanju z vodjo gradbišča.

Da bi mogla priprava dela uspešno opravljati to nalogo, morajo biti predvsem izpolnjeni nekateri osnovni **pogoji** dela, dalje morajo organizatorji upoštevati tudi nekatera osnovna vprašanja, ki so vezana v nek logičen redosled s tako imenovanimi **ključnimi točkami** in končno morajo biti upoštevani tudi odločilni **vplivi**.

Tabelarni pregled elementov organizacije dela in njihove povezave



Načini priprave betona, ki leže **pod** debelo črto v tabeli »PRIPRAVA BETONA«, ustrezajo pogojem industrijske gradnje z oziroma na kontrolo kvalitete, široke možnosti uporabe organizacijskih metod, hitrost gradnje in prehranes delovne sile, kar vse skupaj pomeni, da se načelno lahko smatrajo kot **ekonomsko upravičeni, oziroma sodobni**.

Poraba delovne sile

Poglavitni faktorji, ki odredajo število delovne sile, so predvsem vrsta naprave (z ozirom na transport agregata) in urna količina potrebnega betona. Načini priprave betona **nad** debelo črto zahtevajo zaradi nizke stopnje mehaniziranosti večjo porabo delovne sile, ki še zlasti hitro raste z večjo urno količino betona, oziroma (pri istem taktu mešanja) z večjo litražo mešalca. Iz primera za 3-minutni takt mešanja se vidi neekonomičnost transporta agregata s pomočjo ročnih metod:

Mešalec	Delovna sila		
	NK	PK	K
1			
150	3	1	
250	5	1	
375	7	1	
500	9		1
750	12		1

Za transport cementa v vrečah je navadno potreben en delavec, ki obenem tudi dozira cement. Priporočljivo je prirediti količino agregata nasproti celi vreči cementa, ker je doziranje s pomočjo zabojev precej nezanesljivo.

Sodobni načini priprave betona zahtevajo (zaradi uporabe ročnega skreperja) samo enega delavca za transport agregata do vključno 500-litrnega mešalca in to brez ozira na takt mešanja. Za mešalec 750 in več litrov in za mešalne takte 3 minute ali krajše, sta potrebna že dva skreperista. Seveda je treba ustrezno skrajšati transportne razdalje za skreperiste pri večji zahtevani urni kapaciteti mešalca.

Za mešanje in doziranje vode zadostuje vedno en sam delavec-strojnik, ki obenem tudi dozira agregat s pomočjo dozatorja. Isti delavec — strojnik mešalca — lahko obenem dozira tudi cement ob pogoju, da je na razpolago dozator cementa s tehtnico in da traja mešalni takt vsaj 3 minute.

V vseh drugih primerih je potreben za doziranje cementa še en poseben delavec, ki lahko obenem opravlja tudi druga vzporedna dela, ker ni polno zaposlen.

## IZBOR VELIKOSTI MEŠALCA IN DRUGIH NAPRAV ZA PRIPRAVO BETONA

### Izbor velikosti mešalca

Odločilni kriterij pri izbiri velikosti mešalca je ekonomičnost, ob upoštevanju glavnih faktorjev gradbene naloge, ki so navedeni v poglavju »Osnovne organizacijske smernice«. Kot olajšavo postopka pri izbiri velikosti mešalca lahko uporabimo »Nomogram

## PRIPRAVA BETONA

### Način, naprave in delovna sila za proces priprave betona

Način priprave betona glede na stopnjo opremljenosti		Naprave in sredstva za pripravo betona				Mešanje		Doziranje cementa		Transport cementa		Doziranje agregata po frakcijah		Transport agregata		Način priprave betona glede na stopnjo opremljenosti		
		Lopate, samokolnice		Ročni postopek		Ročno iz vreč		Prenos vreč		Vreče		Boksi, lopate, vagoneti		Ročni postopki				
Ročno delo	Lopate, grablje, posoda za vodo s tušem	Kontinuirnost		Način mešanja		Mobilnost		Vrsta pogona		Sistem upravljanja		Litraž mešalca		Kontinuirni električni mešalec z avtomatiziranimi komandami				
		ciklični	kontinuirni	prostopadni	protitočni	stabilni	prevozni	električni	dizel	bencinski	ročni	elektrohidravlični	pnevmatski	100 l	150 l	250 l	375 l (oziroma 350 ali 400 l)	500 l
Strojno in ročno delo	Lopate, vmetavanje	Ročni postopki		Ročni postopek		Ročno iz vreč		Brez tehtnice		Dozator s tehtnico		Silos		Avtomatski dozator s tehtnico				
		Lopate, samokolnice	Lopate, japanerji	Lopate, vagoneti	Boksi, lopate, vagoneti	Volumenski predsilos	Težnostni dozator s tehtnico	Strojni postopki	Strojni postopki	Polžasti transporter	Strojni skeper	Strojni skeper	Polžasti transporter	Strojni skeper	Strojno delo			
Avtomatizirano delo	Lopate, samokolnice	Ročni postopki		Ročni postopek		Ročno iz vreč		Brez tehtnice		Dozator s tehtnico		Silos		Avtomatski dozator s tehtnico				
		Lopate, samokolnice	Lopate, japanerji	Lopate, vagoneti	Boksi, lopate, vagoneti	Volumenski predsilos	Težnostni dozator s tehtnico	Strojni postopki	Strojni postopki	Polžasti transporter	Strojni skeper	Strojni skeper	Polžasti transporter	Strojni skeper	Avtomatizirano delo			

**za določitev velikosti mešalca in mejne srednje razdalje transporta s skreperjem.**

Predhodno izračunamo potrebno urno količino betona:

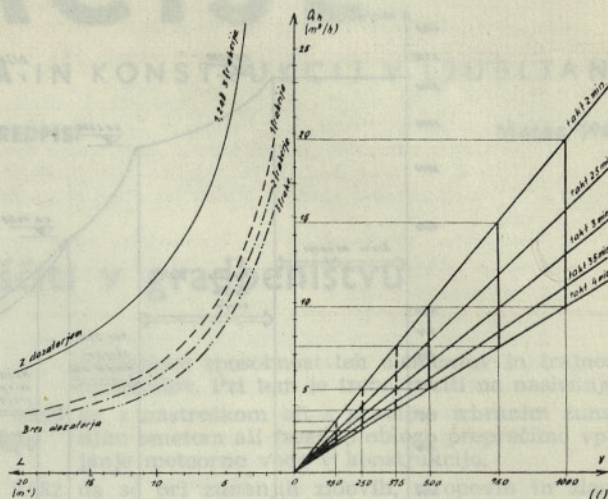
$$Q_h = \frac{\sum Q}{M \cdot D \cdot S} \cdot k_M \cdot k_D, \text{ kjer pomeni:}$$

- $\sum Q$  = skupno potrebna količina betona (iz predizmer projekta),
- M = število mesecev, v katerih se bo delalo celotno betoniranje (iz terminskega plana gradbišča),
- D = povprečno število delovnih dni v mesecu (D = 25),
- S = število delovnih ur na dan (glede na eno ali dve izmeni),
- $k_M$  = koeficient mesečne neenakomernosti ( $k_M = 1,3$  do  $1,4$ ),
- $k_D$  = koeficient dnevne neenakomernosti ( $k_D = 1,4$  do  $1,6$ ).

Na ordinati nomograma poiščemo tako izračunano vrednost za  $Q_h$  (pri čemer nomogram že upošteva komprimacijo svežega betona ob vgrajevanju s povprečno vrednostjo koeficienta 1,25).

Za zahtevano vrednost  $Q_h$  je mogoče na levi strani nomograma direktno odčitati mejno srednjo razdaljo transporta s skreperjem za različno število frakcij agregata in z ozirom na to, ali je na razpolago dozator za agregat ali ne.

Na desni strani je mogoče za isto vrednost  $Q_h$  direktno odčitati optimalno velikost mešalca v odvis-



Nomogram za določitev velikosti mešalca in mejne srednje razdalje transporta s skreperjem

nosti od dejanskih okoliščin, kjer moramo obravnavati vse elemente organizacije dela, ki so navedeni v tabelarnem pregledu.

**Izbor dodatnih naprav k mešalcu**

Izbor dodatnih naprav k tako izbranemu mešalcu je mogoč na podlagi izračuna kompleksnih stroškov za razne kombinacije naprav za pripravo betona. Prevzeta je naslednja struktura stroškov:

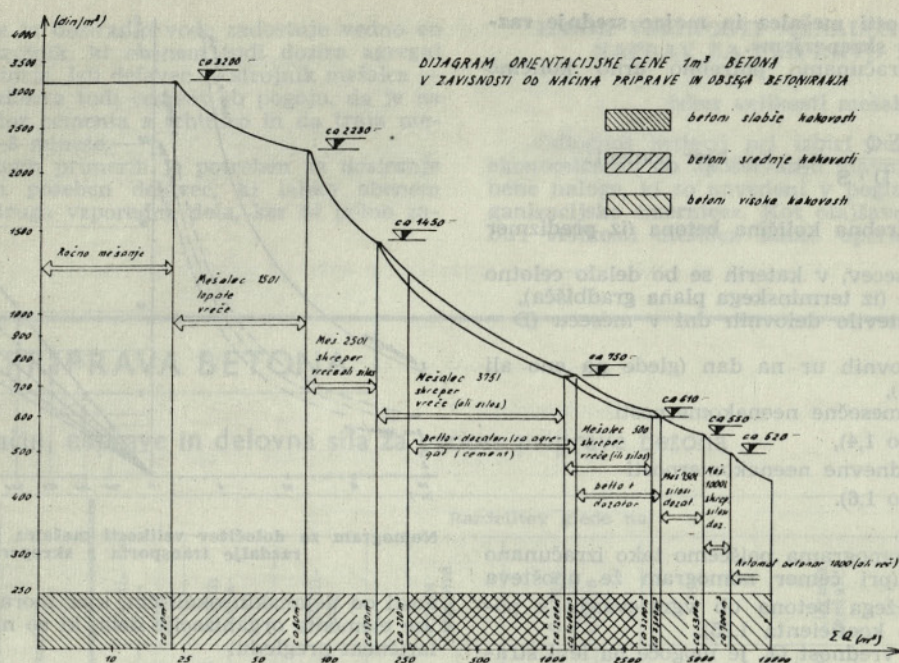
Postavke:

Glede na:

Cena 1 m³ betona	Skupni stroški na uro (v din/h <sub>e</sub> )	Stroški naprave	Odpisi	amortizacija	nabavno ceno in življenjsko dobo
				obresti	obrestno oziroma zavarovalno stopnjo in letno število delovnih ur
				zavarovanje	
			Vzdrževanje	tekoče	v % od amortizacije
				investicijsko	
			Pogon	energija	potrošnjo in ceno energije in maziva
		mazivo			
Stroški delovne sile			bruto dohodke in režijski faktor podjetja in gradbišča (obrata)		
Praktični učinek naprave (m³/h)			faktor učinka		

Na podlagi te strukture stroškov so izračunane najpogostejše kombinacije naprav za pripravo betona. Za vsako kombinacijo so suponirane približno potrebne delovne ure za transport, montažo in demontažo naprave na gradbišču in so na tej osnovi izračunani pripadajoči stroški.

Na »Diagramu ekonomskega področja uporabe raznih naprav za pripravo betona« so prikazani rezultati tega računa v obliki krivulje minimalnih stroškov za 1 m³ pripravljene svežega betona v odvisnosti od skupno potrebne količine betona. Na abscisi so logaritmično nanesene vrednosti  $\sum Q$ , na ordinati pa tudi



logaritmčno cene (za razmere v maju 1965. leta!).

Področja uporabe seveda nimajo ostrih meja, temveč je potrebno stvarno mejo določiti za vsak konkretni primer, seveda, če gre za količine betona, ki opravičujejo to delo.

Ob prizadevanju, da izberemo najbolj ekonomično vrsto naprave za pripravo betona, ne smemo pozabiti,

da zahteve za boljše kvalitete betona včasih terjajo uporabo nekaj dražje naprave. Vseeno lahko zaključimo, da se ta presežek stroškov nadomesti s privarčevanim cementom (ki ga lahko doziramo brez nepotrebnega razsipavanja) in krajšim mešalnim taktom, kar vsekakor pripomore k povečanju produktivnosti dela.

## vesti

### Imenovanje častnih in zaslužnih članov

III. kongres Zveze gradbenih inženirjev in tehnikov Jugoslavije je soglasno proglasil za častne in zaslužne člane zveze med drugimi naslednje naše tovariše:

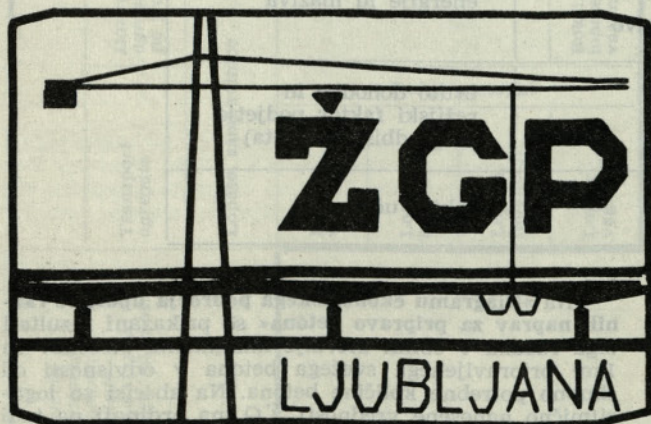
za častne člane so bili imenovani:

inž. Marjan Brili	dr. inž. Anton Kuhelj
inž. Jože Valentinčič	inž. Danijel Smrekar
inž. Milan Verčon	inž. Viktor Turnšek
inž. Hugo Keržan	dr. inž. Lujo Šuklje

K imenovanju iskreno čestitam!

za zaslužne člane so bili imenovani:

tehn. Ernest Bergant	inž. Borut Majster
tehn. Vinko Križaj	tehn. Bogo Pečan
tehn. Lavoslav Levstik	tehn. Branko Rosina
inž. Franc Megušar	



## ŽELEZNIŠKO GRADBENO PODJETJE LJUBLJANA

Izvaja vsa dela visokih in nizkih gradenj  
Izvaja sanacijo objekta po metodah inlciranja  
Izvaja vse vrste akustičnih oblog za poslovne  
prostore, kinodvorane, daktilografske biroje,  
tovarniške hale itd.

## Predlog predpisa o toplotni zaščiti v gradbeništvu

1. POMEN
 

Ta predlog predpisa zajema zahteve minimalne toplotne zaščite v gradbeništvu, pri kateri se še dosežejo zadovoljivi higienski in zdravstveni pogoji bivanja, obenem pa varujejo zgradbe pred poškodbami.
2. NAMEN TOPLOTNE ZAŠČITE
 

Važno vodilo pri projektiranju objektov za bivanje mora biti pravilna in zadostna toplotna zaščita, katere namen je, da omogočimo v prostorih ustvariti takšno klimo, ki bi zagotovila ugodno in zdravo bivanje. Odločilni faktorji za ugodno klimo v prostoru so pravilna temperatura zraka in temperatura obodnih površin prostora, ugodna vlažnost zraka in gibanje zraka v dovoljenih mejah. Izpolniti vse pogoje, ki bi dali optimalno ugodno klimo v bivalnih prostorih, je iz ekonomskih vzrokov neizvedljivo. Vsako povečanje toplotne zaščite od predpisanih zahtev omogoča ustvariti boljše bivalne pogoje, obenem pa zmanjšuje porabo goriva in s tem stroške ogrevanja.
3. SPLOŠNA NAVODILA ZA PROJEKTIRANJE ZGRADB V POGLEDU TOPLOTNE ZAŠČITE
  - 3.01 Že s samim izborom lokacije (relief, mikroklima — zlasti veter) lahko vplivamo na toplotne izgube zgradbe.
  - 3.02 S povečanjem površin zunanjih zidov občutno povečamo toplotne izgube zgradbe, zato naj bo razmerje med tlorisno površino in površino zunanjih zidov čim ugodnejše.
  - 3.03 Zunanji zidovi naj bodo čim manj razčlenjeni, ker s tem povečujemo zunanjo površino in število vogalov.
  - 3.04 Potrebno se je izogibati uporabi toplotnih mostov. Kjer pa tega ne moremo, jih moramo toplotno zaščititi.
  - 3.05 Pri projektiranju je potrebno paziti na to, da ogrevani prostori mejijo med seboj.
  - 3.06 Tloris stanovanja in drugih objektov (bolnišnice, domovi, hoteli itd.) naj bo po možnosti tako rešen, da ob hladnih zunanjih stenah (zid, okno) niso postavljeni taki pohištvni elementi, na katerih se ljudje dalj časa zadržujejo (ležišča, sedeži). V tem pogledu neugodne tlorisne rešitve zahtevajo večjo toplotno zaščito kot je predvidena s tem predpisom.
  - 3.07 Potrebno se je izogibati neupravičeno velikim okenskim površinam, ker s tem povečujemo toplotne izgube. Okno naj ima pri neki določeni površini čim manjšo skupno dolžino pripir in čim manjši koeficient zračne propustnosti. Pri zelo dobro tesnjenih oknih je potrebno predvideti dodatne odprtine za kontrolirano stalno izmenjavo zraka v prostorih.
  - 3.08 Potrebno je preprečiti navlaževanje materialov v zidovih, stropovih, ravnih strehah in drugih gradbenih elementih, ker s tem zmanjšujemo izolacijsko sposobnost teh elementov in trajnost materialov. Pri tem je treba paziti na naslednje:
    - 3.081 da z nastreškom ali s pravilno izbranim zunanjim ometom ali fasadno oblogo preprečimo vpijanje meteorne vode v konstrukcijo,
    - 3.082 da se pri zunanjih zidovih, stropovih in zlasti pri ravnih strehah, ki so sestavljene iz raznih slojev in materialov, daje važnost njihovi pravilni sestavi v pogledu difuzijskega prehoda vlage skozi elemente. Načeloma se morajo postavljati materiali z večjim koeficientom difuzijskega upora na notranji — topli strani,
    - 3.083 v primeru, da se na zunanji (hladni) strani predvidi za paro praktično nepropustni material (marmorne plošče ali podobno), je potrebno med njim in osnovno steno predvideti vzgonsko prezračevanje z zunanjim zrakom. To velja zlasti za kraje v III. coni,
    - 3.084 da je hidroizolacija ravnih streh izdelana zajamčeno vodotesno.
    - 3.09 Površine sten prostorov, ki praktično ne absorbirajo vlage, je priporočljivo zaradi doseganja ugodnejše klime v prostoru obložiti z ometi ali drugimi absorpcijskimi materiali.
    - 3.10 Dimni kanali, vodovodne cevi in cevi za ogrevanje s toplo vodo naj po možnosti ne bodo v zunanjih zidovih. Če se že tam vgrajujejo, jih je potrebno dovolj toplotno zaščititi.
    - 3.11 Vsak bivalni prostor mora imeti grelno telo, kar posebno velja za klimatski coni II. in III.
4. DEFINICIJE POJMOV IN OZNAČBE ENOT
  - 4.1 **Merna enota toplote Q**  
Enota: kcal  
Merna enota toplote Q je količina toplote, ki je potrebna, da 1 kg vode povišamo temperaturo za 1° C (točneje od +14,5° C na +15,5° C).
  - 4.2 **Toplotni tok  $\phi$**   
Enota: kcal/h  
Toplotni tok  $\phi$  označuje količino toplote, ki prehaja skozi neko površino v enoti časa.
  - 4.3 **Koeficient toplotne prevodnosti  $\lambda$**   
Enota: kcal/mh° C  
Koeficient toplotne prevodnosti  $\lambda$  označuje množino toplote, ki prehaja v času 1h skozi sloj nekega materiala površine 1 m<sup>2</sup> in debeline 1 m, če je razlika temperature (pri stacionarnem stanju) med obema površinama slojev 1° C.
  - 4.4 **Koeficient prestopa toplote  $\alpha$**   
Enota: kcal/m<sup>2</sup>h° C  
Koeficient prestopa toplote  $\alpha$  označuje množino toplote, ki prehaja v času 1h med površino stene velikosti 1 m<sup>2</sup> in zraka, ki se te površine dotika, če znaša razlika temperature med zrakom in površino stene 1° C.
  - 4.5 **Koeficient toplotnega prehoda A**  
Enota: kcal/m<sup>2</sup>h° C  
Koeficient toplotnega prehoda A označuje množino toplote, ki prehaja v času 1h skozi 1 m<sup>2</sup> ne-

kega gradbenega elementa (npr. zida) debeline  $d$  (v metrih), če je razlika temperature (pri stacionarnem stanju) med obema površinama  $1^{\circ}\text{C}$ . Recipročno vrednost od vrednosti  $\Lambda$  imenujemo upor toplotnega prehoda ( $\text{m}^2\text{h}^{\circ}\text{C}/\text{kcal}$ ).

- 4.6 **Koeficient celotnega toplotnega prehoda »k«**  
 Enota:  $\text{kcal}/\text{m}^2\text{h}^{\circ}\text{C}$   
 Koeficient celotnega toplotnega prehoda »k« označuje množino toplote, ki prehaja v času  $1\text{h}$  skozi  $1\text{m}^2$  nekega gradbenega elementa (npr. zida) debeline  $d$  (v metrih), če je razlika temperature (pri stacionarnem stanju) zraka na obeh straneh  $1^{\circ}\text{C}$ .  
 Recipročno vrednost od »k« imenujemo upor celotnega toplotnega prehoda ( $\text{m}^2\text{h}^{\circ}\text{C}/\text{kcal}$ ).

- 4.7 **Specifična toplota  $c$**   
 Enota:  $\text{kcal}/\text{kg}^{\circ}\text{C}$   
 Specifična toplota »c« označuje množino toplote, ki je potrebna, da  $1\text{kg}$  materiala povišamo temperaturo za  $1^{\circ}\text{C}$ .

- 4.8 **Relativna vlaga zraka  $\varphi$**   
 To je v  $\%$  označeno razmerje absolutne vlage in maksimalne vlage pri dani temperaturi (tj. temperatura, pri kateri bi bila para v zraku nasičena).

- 4.9 **Rosišče  $t_r$**   
 Označuje tisto temperaturo, pri kateri je tlak vodne pare v zraku enak tlaku nasičenja. Zrak, ohlajen pod temperaturo rosišča, odlaga vodo. To vodo imenujemo kondenzat.

- 4.10 **Koeficient zračne prepustnosti  $a$**   
 Enota:  $\text{m}^3/\text{m}^2\text{hmm VS}$   
 Koeficient zračne prepustnosti »a« označuje množino zraka v  $\text{m}^3$ , ki prehaja v  $1\text{h}$  skozi  $1$  dolžinski meter pripre okna ali vrat, če je razlika tlakov med obema stranema pripir  $1\text{mm VS}$  (vodnega stebra).

## 5. GRADBENI MATERIALI IN TOPLOTNA ZAŠČITA

Za razumevanje toplotno izolacijskih karakteristik gradbenih materialov in elementov je najvažnejše poznavanje njihovih koeficientov toplotne prevodnosti in odvisnosti vrednosti toplotne prevodnosti od drugih faktorjev.

- 5.1 **Toplotna zaščita**  
 Pod toplotno zaščito razumemo zmanjšanje prehoda toplote med prostori in zunanjim zrakom ter med prostori z različno temperaturo. Toplotna zaščita je tem boljše, čim večja je debelina in čim manjši je koeficient toplotne prevodnosti uporabljenega materiala oziroma elementa.

- 5.2 **Toplotna prevodnost**  
 V gradbeni praksi razumemo pod toplotno prevodnostjo: transmisijsko prevajanje toplote v materialu, konvekcijski prenos toplote (opeka z večjimi votlinami, manjša konvekcija v plasteh mineralne volne in podobno) in toplotno sevanje v porah materiala oziroma votlinah elementa. Toplotna prevodnost gradbenega materiala je odvisna od:

- 5.21 prostorninske teže. Najboljša izolacija je miren zrak v porah materiala. Čim več ima material teh por, tem manjša je njegova prostorninska teža in boljše toplotna izolacija. Razen tega je važna razporeditev in velikost teh zračnih por. Material z manjšimi in gosto razporejenimi porami daje boljše toplotno izolacijo, kakor material z večjimi porami oziroma votlinami;<sup>1</sup>

- 5.22 od vlažnosti. Z vsebnostjo vlage v materialu se močno zmanjšuje njegova izolacijska sposobnost.

Dobro izolativni zrak v porah zamenja voda, katera je ca. 25-krat boljši prevodnik toplote. Osnovni vzroki, da nastopa večja ali manjša vlažnost v materialu, so:

- 5.221 vlaga, katero je dobil material že pri sami izdelavi oziroma vgrajevanju,  
 5.222 prodiranje meteorne vode skozi omet ali druge obloge,  
 5.223 kapilarno vpiranje vode iz tal,  
 5.224 kopičenje kondenzata zaradi nizke temperature notranjih obodnih površin prostorov in visoke relativne vlage zraka v prostorih,  
 5.225 kopičenje kondenzirane, difuzijsko dovedene vodne pare v materialu zaradi napačnega zaporedja slojev v gradbenih elementih, manjkajoče ali napačno postavljene parne prepreke,

- 5.23 od zračne prepustnosti. Masivne konstrukcije so navadno za zrak neprepustne, medtem ko so lahke montažne večslojne stene lahko prepustne za zrak, kar pospešuje kroženje zraka v notranjosti elementa, kar ima za posledico večje toplotne izgube.

O izgubah toplote zaradi slabe tesnosti oken in vrat glej točko 8.

- 5.3 **Akumulacija toplote**  
 5.31 Da se pozimi izognemo hitremu ohlajevanju prostorov po prekinitvi ogrevanja, poleti pa ščitimo prostore pred pregrevanjem, je potrebno, da so zidovi in stropovi toplotno akumulativni.

- 5.32 Da se doseže večja toplotna akumulacija, je potrebno pri večslojnih zidovih, stropovih, ki mejijo na podstrešje, in ravnih strehah vgraditi toplotno izolacijski sloj na zunanji strani. To je ugodno tudi v poletnem času, da ne pride do večjega pregrevanja prostorov. Le v primeru, če funkcionalnost zahteva hitro ogrevanje prostorov, se postavlja izolacijski sloj na notranji, topli strani, seveda pa je pri tem potrebno predvideti takšno konstrukcijsko rešitev, da ne pride do kondenzacije na notranji hladni površini nosilnega elementa.

- 5.4 **Računske vrednosti koeficientov toplotne prevodnosti**  
 Navedene so računске vrednosti koeficienta toplotne prevodnosti za posamezne materiale, katere je potrebno uporabljati pri izračunu toplotne zaščite posameznih gradbenih elementov. Navedene so tudi toplotno izolacijske vrednosti za zračne plasti.

- 5.41 **Gradbeni in izolacijski materiali**  
 Navedeni koeficienti toplotne prevodnosti posameznih materialov so vzeti kot poprečne, s preskavami izmerjene vrednosti v laboratoriju in na samih zgradbah. Za nekatere, zlasti za neizolacijske materiale, so vrednosti  $\lambda$  povzete po tujih normah.<sup>2</sup>  
 Koeficienti toplotne prevodnosti so navedeni za materiale s tako vsebnostjo vlage, ki jo imajo materiali v pogledu gradbene fizike pravilno projektirane konstrukcije.

Tabela 1: Računske vrednosti koeficienta toplotne prevodnosti gradbenih in izolacijskih materialov

Material	Prostorninska teža $\text{kp}/\text{m}^3$	Vrednost $\lambda$ $\text{kcal}/\text{mh}^{\circ}\text{C}$
<b>1. Naravni kamen in zemlja</b>		
Granit, gnajs . . . . .	2400—3000	3,0
Marmor . . . . .	2500—2900	2,0—3,0
Peščenec, amorfní apnenec . . . . .	2500	1,5

<sup>2</sup> Zelo težko je določiti posamezen koeficient toplotne prevodnosti za praktično uporabo, ker odstotek vlažnosti, ki se smatra kot normalen, lahko varira zaradi klimatskih razlik in različne uporabe v konstrukciji. Ravno tako je za materiale, ki se proizvajajo pod istim imenom v različnih krajih države, težko smatrati, da gre vedno za enake materiale.

<sup>1</sup> Ocena toplotno izolacijskih vrednosti na temelju prostorninske teže ni vedno mogoča, ker je toplotna prevodnost odvisna od samega osnovnega materiala (anorganski ali organski) in od njegove strukture.



Material	Prostorninska teža kp/m <sup>3</sup>	Vrednost $\lambda$ kcal/mh° C
Pesek in gramoz . . . . .	1500—2000	1,0—1,5
Vežan teren, humus . . . . .	1500—2000	1,3—2,2
<b>2. Malte in ometi</b>		
Apnena malta . . . . .	1700	0,75
Podaljšana malta . . . . .	1800	0,85
Cementna malta . . . . .	2100	1,10
Mavčni omet . . . . .	1300	0,60
Malton . . . . .	700	0,25
Zunanji omet (apneni, podaljšani) . . . . .	1800	0,85
<b>3. Betoni</b>		
Beton iz gramoz . . . . .	2400	1,5
	2200	1,2
	2000	1,0
	1800	0,8
Armirani beton . . . . .	2400	1,6
Enozrnati beton . . . . .	1600	0,65
	1400	0,50
	1200	0,40
Lahki betoni . . . . .	1200	0,40
	800	0,25
	600	0,18
	400	0,14
Siporeks . . . . .	550	0,18
Mavec . . . . .	1200	0,55
	1000	0,45
	800	0,35
Lesni beton . . . . .	1000	0,45
	800	0,35
<b>4. Materiali za polnilo</b>		
Pesek . . . . .	1700	0,50
Gramoz . . . . .	1800	0,70
Žlindra iz premogovih ugaskov . . . . .	700	0,20
Penasta žlindra iz visokih peči . . . . .	350	0,12
Granulirana žlindra . . . . .	600	0,16
Zdrobljena opeka . . . . .	800	0,35
Plutov zdrob . . . . .	50	0,035
Lesni odpadki (nasuti) . . . . .	120	0,10
Lesni odpadki (zbiti) . . . . .	200	0,07
<b>5. Zidovi<sup>1</sup></b>		
5.1 Zid iz polne opeke (izvotljenost 0—15%) . . . . .	1800	0,65
	1600	0,55
	1400	0,50
5.2 Zid iz mrežaste opeke (izvotljenost 15—30%) . . . . .	1400	0,55
	1200	0,50
5.3 Zid iz blokov iz elektro- filtrskega pepela . . . . .	1500	0,50
	1300	0,45
5.4 Zid iz žilindrinah termo blokov (z zidom vzpored- ne in zamaknjene izvot- line) . . . . .	1400	0,50
	1200	0,40
<b>6. Izolacijski materiali</b>		
Plošče iz lesne volne . . . . .	500	0,085
	400	0,075
	300	0,065
Plošče iz lesnih vlaken — trde . . . . .	1000	0,10
— mehke . . . . .	400	0,05
	300	0,045
	200	0,04
Iverne plošče . . . . .	600	0,12
Plošče iz stisnjene slame Plošče iz ekspanzirane plute . . . . .	350	0,085
	250	0,047
	200	0,044
	150	0,040
	100	0,035

Material	Prostorninska teža kp/m <sup>3</sup>	Vrednost $\lambda$ kcal/mh° C
Stiropor . . . . .	15—30	0,033
Brizgani azbest . . . . .	600	0,15
	400	0,10
Mineralna volna, stekle- na volna, žilindrina vol- na — raztresena ali v blazinah . . . . .	80—200	0,040
Mineralna volna pod pla- vajočim podom (stis- njena) . . . . .		0,075
<b>7. Les</b>		
Hrast, bukev . . . . .	800	0,15
Smreka, jelka, bor . . . . .	500	0,12
Vežana plošča . . . . .	600	0,12
<b>8. Steklo</b>		
Ravno steklo (okensko) . . . . .	2700	0,70
<b>9. Obloge</b>		
Azbestnocementne plošče	1800	0,40
Keramične ploščice . . . . .	2000	0,90
Ksilolit . . . . .		0,50
Linolej . . . . .	1200	0,16
Guma . . . . .	950—1200	0,12—0,25
<b>10. Bitumizirani materiali</b>		
Bitumen . . . . .	1050	0,15
Liti asfalt . . . . .	2100	0,70
Bitumenska lepenka . . . . .	1100	0,16
<b>11. Kovine</b>		
Aluminij . . . . .	2800	175
Baker . . . . .	9000	330
Medenina . . . . .	8500	90
Svinec . . . . .	11.500	30
Cink . . . . .	7100	95
Lito železo-jeklo . . . . .	7800	45

Pri izvotljeni polni opeki je računano, da premer okroglih izvotlin ni večji od 20 mm. Pri pravokotnih ali rombičnih izvotlinah je računano, da prečni presek izvotlin ni večji od 6 cm<sup>2</sup>, pri tem pa krajša stranica ni večja od 15 mm.

Pri mrežasti opeki je računano, da so izmere izvotlin enake kot pri izvotljeni polni opeki, pri čemer ne sme biti srednja izvotlina za prijem večja od 40 cm<sup>2</sup>.

Zid iz mrežaste opeke ima višjo vsebnost vlage kot zid iz polne opeke, zato je pri isti prostorninski teži koeficient » $\lambda$ « zidu iz mrežaste opeke višji, kot pri zidu iz polne opeke.

5.42 Zračne plasti  
Prenos toplote skozi zračno plast delimo na prevajanje toplote, konvekcijo in sevanje. V tabeli 2 so navedene upornosti toplotnega prehoda  $\frac{1}{\Lambda}$  za zračne plasti.

Tabela 2: Računske vrednosti upornosti toplotnega prehoda za zračne plasti  $\frac{1}{\Lambda}$

Položaj zračne plasti	Upornost toplotne prepustnosti $\frac{1}{\Lambda}$ (m <sup>2</sup> h° C/kcal) za zračno plast debeline (cm)					
	1	2	5	10	15	20
Navpično	0,18	0,20	0,21	0,21	0,20	0,20
Vodoravno, topla stran spodaj	0,16	0,18	0,19	0,19	0,19	0,19
Vodoravno, topla stran zgoraj	0,18	0,22	0,25	0,27	0,26	0,28

5.421 Vrednosti, navedene v tabeli 2, veljajo samo za tiste zračne plasti, kjer ni prevelike konvekcije.

<sup>1</sup> Prostorninska teža se nanaša na celo opeko ali blok (vključno tudi izvotline), toda ne na zidove.

- 5.422 Vrednosti upornosti toplotnega prehoda so večje, če leži zračna plast med materiali (ploščami) z nizkim koeficientom sevanja (npr. med Al-folijama).
6. GRADBENE KLIMATSKE CONE
- 6.1 **Teritorialna porazdelitev**  
Ozemlje SFRJ je na osnovi meteoroloških podatkov ter glede na vpeljane načine građenj razdeljeno na tri klimatske cone. Kot meje con so bile izbrane meje občin. Kjer to ni bilo možno, so označene izjeme (npr. nadmorska višina).
- 6.11 **Klimatska cona I**  
Klimatska cona I zavzema vsa spodaj navedena področja do 300 m nadmorske višine.
- 6.111 **SR Bosna in Hercegovina**  
Naslednje občine na področju Mostarja: Bileća Capljina, Čitluk, Gruče, Lištica, Ljubinje, Ljubuški, Mostar, Posušje, Stolac, Trebinje.
- 6.112 **SR Črna gora**  
Naslednje občine: Bor, Bijelo polje, Budva, Danilovgrad, Kotor, Titograd, Tivat, Ulcinj, Hercegnovi.
- 6.113 **SR Hrvatska**  
Vse občine na področju Pulja, Rijeke, Splita.
- 6.114 **SR Makedonija**  
Naslednje občine: Gjevgjelija, Kavadarci, Kratovo, Kriva Palanka, Ohrid, Titov Veles, Valandovo.
- 6.115 **SR Slovenija**  
Naslednje občine: Ajdovščina, Izola, Koper, Nova Gorica, Piran, Sežana.
- 6.116 Področja teh občin, katerih nadmorska višina leži med 300 in 800 m, pripadajo klimatski coni II, področja nad 800 m pa klimatski coni III.
- 6.12 **Klimatska cona II**  
Klimatska cona II zavzema spodaj navedena področja.
- 6.121 Vse občine, našete v točki 6.11, katerih nadmorska višina je med 300 in 800 m.
- 6.122 **SR Bosna in Hercegovina**  
Naslednje občine na področju Banjaluke: Glamoč, Gornji Vakuf, Jajce, Mrkonjić Grad, Sipovo; občine na področju Mostarja: Duvno, Jablanica, Konjic, Livno, Nevesinje, Prozor; občine na področju Sarajeva: Breza, Busovača, Centar-Sarajevo, Cajniče, Fojnica, Goča, Ilidža, Ilijaš, Kakanj, Kiseljak, Kreševo, Novi Travnik, Novo Sarajevo, Travnik, Visoko, Vitez, Vogošća, Zenica; občine na področju Tuzle: Banovići, Bratunac, Kalesija, Kladanj, Lopare, Lukavac, Sekovići, Tuzla, Vlasenica, Zvornik, Zivinice; občine na področju Doboja: Zepče.
- 6.123 **SR Črna gora**  
Naslednje občine: Cetinje, Nikšić, Plav.
- 6.124 **SR Hrvatska**  
Naslednje občine na področju Bjelovarja: Djurdjevac, Koprivnica, Virovitica, Vrbovec; občine na področju Karlovca: Karlovac, Ozalj; občine na področju Osijeka: Beli Manastir, Donji Miholjac, Djakovo, Nova Gradiška, Podravska Slatina, Slavonski Brod, Vukovar; občine na področju Siska: Dvor, Glina, Ivanjić Grad, Kostajnica, Novska, Petrinja, Sisak; občine na področju Varaždina: Ivanec, Novi Marof; vse občine na področju Zagreba.

(Se nadaljuje)



# Komunalni servis Kranj

Vzdržuje, obnavlja in gradi občinske, ceste, komunalne objekte, mestno kanalizacijo ter opravlja druga dela nizkih gradenj, kot so zunanje ureditve naselij

Izdeluje in dobavlja cementne izdelke različnih vrst in dimenzij, betonske in žilindrine votlake, dobavlja in prevaža gramoz, pesek in betonsko mešanico

Polaga parket in vse vrste tlakov iz plastičnih mas, izvršuje vsakovrstna mizarska in tesarska dela

Opravlja prevoze tovorov vseh vrst materiala in blaga ter izposoja gradbene stroje

urbanistični načrti  
zazidalni načrti  
arhitektura  
ceste



**projektivno podjetje  
kranj**

kalkulacije  
kanalizacije  
instalacije

podjetje projektira vse vrste visokih gradenj — stanovanjske gradnje, šole, zdravstvene objekte, športne objekte, poslovne zgradbe, kulturne domove in industrijske zgradbe

# aza

atelje za arhitekturo ljubljana, parmova 33

Izdeluje:

kompletne urbanistične elaborate, programe in projekte (regionalne, za vplivna območja, ureditvene, zazidalne in situacijske), lokacijske dokumentacijske elaborate, vse vrste geodetskih meritev

opravlja tudi urbanistično službo za potrebe občinskih skupščin, izdeluje investicijsko tehnično dokumentacijo z vsemi ekonomskimi programi in proračuni za: objekte družbenega standarda, industrijske zgradbe, cestna omrežja (v krajih in izven njih), kanalizacije in čistilne naprave za naselja in industrijo, vodovode, centralno ogrevanje in prezračevanje, statiko za vse vrste konstrukcij visokih in nizkih gradenj

Za posamezne dele elaboratov ima specializirane biroje in se priporoča za naročila

URBANISTIČNI ZAVOD  
**PROJEKTIVNI ATELJE**  
LJUBLJANA, Kersnikova 9

Sedež podjetja je: LJUBLJANA, Kersnikova 9 Telefon: 31 08 89



gradis<sup>l</sup> Ljubljana

gradbeno industrijsko podjetje  
biro za projektiranje,  
študij in razvoj

Splošni projektivni biro

LJUBLJANA, Kidričeva 1/III Telefon: 23117, 20816

Projektiranje visokih, nizkih in  
vodnih gradenj, notranje opreme,  
instalacij, urbanističnih in zazidalnih  
načrtov, tipskih projektov  
za individualno gradnjo ter  
razmnoževanje načrtov v Wolfovi  
ulici „Kopirnica“, „Papirol“

Investitorjem je na razpolago  
s tehničnimi nasveti, prevzema  
nadzor nad gradbenimi deli

Za vse navedeno izdeuljemo  
kompletno tehnično dokumentacijo

Investitorjem je na razpolago  
s tehničnimi nasveti, prevzema  
nadzor nad gradbenimi deli