

9-10



# GRADBENI VESTNIK

1951

## V S E B I N A

Ing. Ljudevit Skaberne, ing. Franjo Rainer, ing. Svetko Lapajne, Kamnikar Alojz, ing. S. Bubnov: ANKETA O ŠTEDNJI Z LESOM — Dr. ing. Milan Fakin: NOV POSTOPEK ZA STATIČNO PREISKAVO NEPREKINJENEGA NOSILCA NA VEČ KAKOR DVEH PODPORAH — Dr. ing. Janko Kavčič: O RAZISKAVI GRADIVA — Dr. ing. Lujo Šuklje: PERSPEVEK K VPRAŠANJU O IZBORU PILOTNEGA ALI PLITVENEGA TEMELJENJA — Ing. Franjo Hurle: EKONOMSKO DIMENZIONIRANJE ARMIRANO BETONSKIH PREREZOV NA UPOGIB Z UPORABO NOMOGRAMA — Ing. Jože Ferenčak: POVRŠINSKE PREVLEKE — Tehnične izpopolnitve: Ing. Vladimir Ogorelec: MEHANIZACIJA OPEKARN — Kritika našega dela: Ing. Jože Majdič: O POKRIVANJU STREH Z VALOVITIMI SALONITNIMI PLOŠČAMI — NOVOSTI IZ DRUGIH REVIJ

## ANKETA O ŠTEDNJI Z LESOM (OPAŽI)

Svetovno pomanjkanje lesa ter skrajno omejene domače zaloge tega gradiva, nas silijo k največji štednji z gradbenim lesom. Gradbeno podjetje »Gradiš« je n. pr. letos porabilo 24.000 m<sup>3</sup> lesa, za prihodnje leto pa ima na razpolago le 6000 m<sup>3</sup>. V istem sorazmerju bodo morala zmanjšati svoje zahteve po lesu tudi ostala gradbena podjetja.

Izredno veliko gradbenega lesa trošimo pri gradnji konstrukcij iz ojačenega betona, in sicer pri opaženju in odranju. S premišljenim in ekonomskim tehnično preudarnim opaženjem in odranjem moremo prištediti precejšnje količine lesa. Doslej smo posvečali tem vprašanjem vse premalo pozornosti. Pouk opaženja in odranja je omejen v šolah na najmanjšo mero. V praksi sami pa srečujemo le redko inženirja, tehnika, polirja ali tesarja, ki bi to vprašanje obvladal in bi bil res pravi mojster opaženja in odranja.

V zapadnem svetu je problem opaženja in odranja prepuščen v največji meri podjetjem sa-

mim, ki iz dobrih rešitev črpajo velike prihranke in zasluzke. V svetovni literaturi se obravnava te probleme le redko, ker jih podjetja drže rajši za sebe.

Zato je sklenilo društvo gradbenih inženirjev in tehnikov LR Slovenije, organizirati vrsto anket o štednji z lesom. Prva anketa za štednjo z opažnim lesom je bila 14. XII. 1951 v dvorani Sveta za gradbene in komunalne zadeve.

V naslednjem priobčujemo referate, diskusijo in zaključke te ankete v skrajšani obliki in po naslednjih poglavjih: 1. sistemizacija opaženja; 2. splošna konstruktivna načela; 3. izbira lesa; 4. dimenzioniranje opaža; 5. vezanje opažev; 6. krojenje opažev; 7. sredstva za olajšanje razpaževanja; 8. operativni del; 9. projektiranje opažev; 10. delavnica za izdelavo opažev; 11. razpaževanje in odstranjevanje žičnikov; 12. nadaljnja uporaba opažnega lesa in 13. šolanje in stimulacija tehničnega osebja.

Ing. Franjo Rainer:

### ŠTEDNJA Z LESOM V GRADBENIŠTVU

#### UVOD:

V slovenskih gozdovih sekamo letno mnogo več lesa, kot ga priraste. Ta proces neracionalnega izčrpavanja zalog našega najpomembnejšega naravnega zaklada traja že nekaj desetletij. Razumljivo je, da smo po vojni, zaradi izrednih potreb naše obnove in pospešene graditve, s povečanim izkoriščanjem gozdov še pospešili izčrpavanje naših lesnih zalog. K temu so pripomogli še razni oznanjevalci iz vrst nepoučenih nestrokovnjakov, ki so celo ustvarjali določeno psihozo o našem »neizčrpnem gozdnem bogastvu«.

Dejstva, ki so oprta na strokovno izvršene cennitve o stanju naših gozdov in njihovih lesnih zalog, pa nam kažejo realno sliko dejanskega stanja naših gozdov in vseh posledic, ki iz takega stanja izvirajo in ki zadevajo celotno naše gospodarstvo.

Zadnja inventarizacija naših gozdov iz leta 1951 nam kaže, da smo že tako globoko posegli v osnovno lesno glavnico naših gozdov, da padajoči prirastek komaj še zadostuje za kritje potreb naše lokalne potrošnje lesa, ki doslej niti ni bila zajeta s planom distribucije lesa, temveč se je po večini oskrbovala z izvenplanskimi seč-

njami. Po drugi strani izčrpa po količini lesa skoraj ves letni prirastek naša letna potrošnja drv za kurjavo. Ves planski posek lesa za kritje potreb industrijske reprodukcije, investicijske izgradnje in za izvoz se krije izključno na račun izčrpavanja osnovne lesne gmote v gozdu, ne pa iz njenih obresti, t. j. iz letnega prirastka lesa v gozdu.

Zato je razumljivo, da je na ta način že napočil čas temeljite preusmeritve našega gozdnega in lesnega gospodarstva, ki neposredno ali pa posredno zadeva vse potrošnike lesa v industriji, gradbeništvu, rudarstvu, prometu, široki potrošnji itd.

Te medsebojne odnose potrošnje lesa in njegove proizvodnje v zvezi z dejansko proizvodno zmogljivostjo naših gozdov, nam nakazuje že prvi izdelani osnutek perspektivnega plana našega gospodarstva, ki ima svoje izhodišče v kritični lesni bilanci naših gozdov in ki zajema obdobje od 1952. do 1962. leta. Ti podatki nam jasno prikazujejo, da postaja Slovenija za določeno daljšo dobo, ki je potrebna za regeneracijo proizvodne zmogljivosti naših gozdov, iz lesne suficitne pokrajine — lesno deficitna de-

žela z vsemi onimi značilnostmi in nujnostmi, kot jih poznamo iz drugih lesno deficitnih držav-  
uvoznice lesa v svetu.

Za naše dosedanje neracionalno lesno gospodarstvo po tipičnem pojmovanju »našega neizčrpnega gozdnega bogastva« so posebno značilni:

a) izredno visok indeks potrošnje lesa — do 250% — od prirastka lesa na enega prebivalca, v čemer prekašamo vse države;

b) po obsegu kapacitet prekomerno razvita žagarska industrija, ki je na izredno nizki tehnični stopnji;

c) nerazvita lesno-predelovalna industrija, ki se s svojo strukturo ni mogla prilagoditi korenito spremenjeni strukturi surovinskega zaledja;

d) izredno razmetavanje z lesom v vseh panogah našega gospodarstva.

Značilna in pomembna karakteristika izkoriščanja dragocene lesne surovine pri nas so ogromne količine neizkoriščenih ostankov lesa, katere smatramo za nekoristen odpadek, ki služi kvečjemu za kurivo. Ti ostanki nastajajo na vsakem delovišču in v vsaki fazi proizvodnje, obdelave in predelave lesa. Že v gozdu ostane 20% posekane lesne gmote, na žagah preko 35%, pri tesanju preko 30%. Tovarne finalnih lesnih izdelkov izkoristijo les le nekako s 25%. Dočim visoko razvita lesna industrija, n. pr. Švedske, izkoristi 50% lesne gmote, jo pri nas izkoristimo le nekako 25%.

Videz izobilja lesa, njegovo ne vrednotenje in razmetavanje so podpirale tudi doslej skrajno nizke cene napram neprimerno višjim cenam drugih osnovnih materialov. Zato se je les nesmotrno uporabljal tudi v takih primerih, kjer bi se lahko nadomestil z drugimi gradivi.

Nakazana kritična situacija v naši lesni bilanci zahteva skrajno zaostritev odnosov do lesa pri vseh potrošnikih. Letošnje leto pomeni že pre-

kretnico v tem smislu, ker zmanjšan dotok lesa sili vse potrošnike na skrajno varčevanje.

Tudi nove ekonomske cene, ki še niso dokončno uravnovešene, silijo vse delovne kolektive, da temeljito pretehtajo in popravijo svoje odnose do potrošnje lesa.

Gradbeništvo kot eden med najpomembnejšimi potrošniki lesa, ima izredno široko področje za iskanje novih poti pri uveljavljanju načela skrajnega varčevanja z lesom. To načelo mora postati vodilna misel gradbenikov od projektanta konstrukcij in vodstva gradbenih podjetij, do slehernega člana delovnih kolektivov na gradbiščih. V prvi vrsti gre za nadomestilo lesa kjer koli ga morejo zamenjati druga gradiva in konstrukcije. S pravilnim skladiščenjem, manipulacijo, sortiranjem in krojenjem lesa, naj se čim bolj znižajo odpadki in škart. S smotrnim konserviranjem in impregnacijo uporabljenega lesa naj se mu zviša življenjska doba. Konstrukcijski les naj se uporablja le v smotnih, statično določenih dimenzijah itd.

Dokazana resnica je, da rodi vsaka stiska najkoristnejše pobude. Zato naj tudi bodoča stiska za les ne pomeni znižanja ravni naše proizvodnje, temveč naj vzbudi tehnični napredek, posebno tudi v gradbeni dejavnosti. Tak napredek poznamo v tehnično razvitih državah-uvoznicah lesa. Vzpodbude za tak tehnični napredek koristijo splošnemu dvigu proizvajalnih sil in s tem dvigu življenjske ravni ljudstva. Zato je v stiski za les potreben izreden napor slehernega delovnega kolektiva in je stvar slehernega državljana, da z doslednim varčevanjem lesa pomaga prebroditi začetne težave v novi situaciji in v našem naporu k tehničnemu napredku. V tem smislu si tolmačimo tudi koristno pobudo Društva gradbenih inženirjev in tehnikov, ki zahteva naše vsestransko razumevanje in pomoč.

Ing. Svetko Lapajne:

## OPAŽI

Pri gradnji konstrukcij iz ojačenega betona odpade na stroške za železo in beton le 50 do 75% celokupnih gradbenih stroškov, dočim odpade na stroške za odranje in opaženje približno 25 do 50%. Ta iznos je tako velik, da morata inženir-projektant in inženir ali tehnik-operativec posvetiti največjo pozornost ekonomičnosti opaženja. Stvar projektanta je, da projektira konstrukcije čim preprostejših in čim enostavnejših oblik; saj je opaženje takih konstrukcij bistveno cenejše od opaženja filigranskih in kompliciranih konstrukcij. Ta težnja se izrazito kaže pri novih mostnih zgradbah, naj so to ploščati mostovi, svodi ali n. pr. kombinirani ločni most čez Dobljico v Črnomlju.

Za opaženje konstrukcij se po navadi ne delajo posebni načrti, vsaj od strani projektanta ne. Že izpred te vojne je v navadi načelo, da projektanta zanima le dovršeni gradbeni izdelek, ne pa način izvajanja. Način opaženja je bil torej popolnoma prepuščen iniciativi gradbenega podjetja, ki je prav pri smotrnem opaženju moglo doseči znatne ekonomske prednosti, ali pa vprav zaradi slabega opaženja utrpeti slab ekonomski učinek. Prav v tem dejstvu tiči tudi razlog, da so posamezna podjetja svoje dobre izkušnje skrivala za sebe in za lastno ekonomsko prednost v medsebojni konkurenci. Naravna posledica tega dejstva je skromnost literature opaženja, tako pri nas, kot v vsej zahodni Evropi. Moje izkušnje z gradbišč — mislim da tudi izkušnje kolegov v

tem pogledu niso mnogo ugodnejše — so take, da so le zelo redki inženirji in tehniki-stavbeniki, tesarji in zidarji, ki bi bili v nauku opaženja res solidno podkovani. Opaženje se danes ne poučuje niti na gradbeni fakulteti, niti na fakulteti za arhitekturo, niti ne na gradbenem tehnikumu. Če se sem pa tja omenja posamezni primer opaži, to še ni sistematski pouk opaženja.\* V tej zvezi si dovoljujem sprožiti iniciativo za pripravo priročnika in učbenika, ki naj bi obdelal snov opaženja. Za sestavo tega dela pa naj se predhodno na tej anketi razčistijo nekatera bistvena vprašanja tehnike opaževanja konstrukcij in ojačenega betona.

### 1. Sistemizacija opaženja

Po gradivu ločimo naslednje vrste opažev:

1. leseni opaži, 2. jekleni opaži, 3. betonski opaži in 4. opaži iz raznih gradiv: salonita, porolita ali podobnega gradiva. Po načinu uporabe se ločijo naslednji tipi opažev:

a) zložljivi opaži. Po dovršitvi gradbenega izdelka se opaži odstranijo ter pripravijo za ponovno uporabo;

b) vgrajeni opaži. Po dovršitvi gradbenega elementa ostanejo opaži trajno vgrajeni in navadno prevzamejo še dodatne gradbene funkcije, kot n. pr.: Umekov strop, železobetonski

\* Ne velja za mostove, pri katerih se vedno pripravlja projekt za odre, niti ne velja za hidrogradnje, pri katerih se pripravlja celotni operativni plan že pri projektu.

okrogli steber v jeklenem plašču (tovarna MTT v Mariboru), ali jekleni notranji opaž cevovodov, ki tvori vodonepropustni sloj v cevi;

c) izgubljeni opaži. Po dovrstitvi objekta se izgubljeni opaži uničijo. Cevi iz betona, ki so nam služile kot opaž okroglega stebra, po dovrstitvi stebra razbijemo;

d) specialni montažni sistemi opaževanja.

Na tej anketi naj bi se dala prednost razpravljanju o ekonomičnosti običajnih lesenih zložljivih opažev, ki tvorijo pri nas še najmanj 95% vseh primerov opaženja sploh.

## 2. Splošna konstruktivna načela — tablasti opaž

Vsak opaž mora biti konstruiran tako, da pri razpaževanju ne bo delal težav. Če odstranjujemo posamezne deske, vsako zase, se nam bodo te deske lomile. Če pa odstranjujemo iz desk vnaprej sestavljene cele plošče, potem se te plošče ne bodo lomile. Tudi za ponovno uporabo imamo neprimerno manj dela, če kar celotne table prenesemo z gotovega elementa na mesto prihodnjega, kot pa, če smo morali opaže razstaviti na deske in deske znova zlagati v plošče. Take opaže imenujemo »tablaste« opaže. Tablasti opaži imajo tudi to prednost, da se vse tesarsko delo izvrši na delovnem tesarskem prostoru, tako da na mestu uporabe ni drugega dela, kot zlaganje in vezanje. Tako ostanejo kalupi čisti, brez odpadkov, brez ostružkov in odrezkov, katere je težko pobirati iz položene armature. Posamezne deske se predhodno zbijajo z žebli v table. Posamezne table se na gradbišču ne smejo zbijati z žebli, ker bi se pri odstranjevanju les za žebli lomil. Table se samo zlože ter z oblikovniki in vezmi povežejo med seboj.

Tablasti opaži nudijo tako bistvene prednosti pred opaži, krojenimi na licu mesta, da so te popolnoma izpodrinili. Opustitev uporabe tablastega opaža, je huda operativna napaka. Edini primer, pri katerem se lahko uporabljajo namesto tabel posamezni plohi, je opaž navadnega, ravnega zidu, pri katerem se plohi enostavno naslantajo na opažne stebre (niso pribiti). Plohi morajo biti v tem primeru dovolj močni (vsaj 5 cm), da se pri razpaževanju ne lomijo.

## 3. Izbira lesa — debeline desk

Ko sem pred 12 leti gradil v Šabcu tovarno »Zorko«, smo opaževali vse, tudi najtežje konstrukcije dimenzij 50×120 samo z 18 mm močnimi deskami (3/4"). Les je bil namreč v Srbiji bistveno dražji kakor pri nas. Doma pa pogosto vidim, da uporabljajo za opaževanje deske debeline 4 in 5 cm, kar se mi zdi vsekakor premočno. Normalno delajo pri nas opaže z deskami debeline 24 mm odtisno 1". Res je, da se močne deske manj lomijo pri odstranjevanju opažev, ter da jih je možno večkrat uporabiti, kot pa tanjše. Moje izkušnje v Šabcu so take, da so se tudi 18 mm močne deske povsem ustrezno obnašale v primerih, ko so bili opaži pravilno dimenzionirani in pravilno vezani. Pri nepravilni konstrukciji in vezavi opažev pa se napake pri manjših deskah pokažejo v mnogo ostrejših oblikah, kot pri debelih deskah. Mislim, da je tudi tu eden izmed vzrokov, da se pogosto uporabljajo za opaževanje debelejšje deske. Vsekakor zahtevajo opaži iz debelih desk znatno več lesa, kot opaži iz tankih. Pri kateri debelini dosežemo ekonomski optimum — je vprašanje.

## 4. Dimenzioniranje opažev

Dimenzioniranje opažev nam določa razstoj in jakost oblikovnikov pri dani debelini desk ter profil veznih elementov (žic, klešč). Ker pritiska betona na opaže ne moremo natančno izračunati, priskočimo k izkušnjam: moje izkušnje pri betoniranju konstrukcij so dale pri danih debelinah desk naslednje razstoje:

Debelina deske	Razstoj oblikovnikov	Nosilnost pri $\sigma = 100 \text{ kg/cm}^2$ *	Nosilnost pri deformaciji 4 mm*
18 mm	0,60	1200	1650
24 mm	0,72	1420	1890
28 mm	0,80	1600	1980
33 mm	0,90	1780	2020
38 mm	1,00	1920	2040
48 mm	1,22	2050	1840
60 mm	1,50	2140	1580

\* računano kot prosto ležeče.

Pri tankih deskah so visoke napetosti a male deformacije, obratno pri močnih deskah male napetosti a močne deformacije. Spreten inženir bo pri opažih vedno izkoriščal visoke napetosti, šel bo tudi preko dopustnih mer, toda pazil bo, da ostanejo deformacije v malih iznosih, ker želi imeti ravno konstrukcijo brez »trebuhov«. Visoke napetosti pa niso nevarne, saj se beton po nekaj dneh strdi tako, da odpade s tem vsa nevarnost zaradi teh napetosti. Navedeni kriterij govori v prid tanjšim deskam.

Zgoraj navedena tabela naj velja za normalno betoniranje manjših stebrov, tanjših sten ter nosilcev v visokih gradnjah. Če pa imamo zamčeno manjši pritisk, na primer pri 12 cm močni plošči le  $300 \text{ kg/m}^2$ , potem lahko razstoj oblikovnikov povečamo. Če želimo ohraniti isto deformacijo, smemo izvesti povečanje v razmerju s četrtim korenem zmanjšane obtežbe. Praktično: po tabeli nam opaž drži 1600 kg, obremenitev znaša le 400 kg na  $\text{m}^2$ . Četrti koren iz 4-krat je 1,4-krat, pri čemer lahko povečamo razstoj od 60 cm na 85 cm. Pri močnih stebrih in stenah s hitrim časovnim napredovanjem betoniranja, se obtežba sten bistveno poveča. Za dimenzioniranje niso merodajne deformacije, temveč napetosti lesa. Razstoj moramo zmanjšati v razmerju kvadratnega korena s povečanjem obtežbe. Na primer: pri uporabi vibratorjev računamo najmanj z dvojnimi pritiski, zaradi česar zmanjšamo razstoje na 0,7-kratni iznos ( $=\sqrt{0,5}$ ) prvotnega razstoja.

Zmanjšanje razstojev zahtevajo tudi zelo močni stebri ali debele stene, pri katerih moramo računati s polnim hidrostatičnim pritiskom pri specifični teži betonske mase 2500.

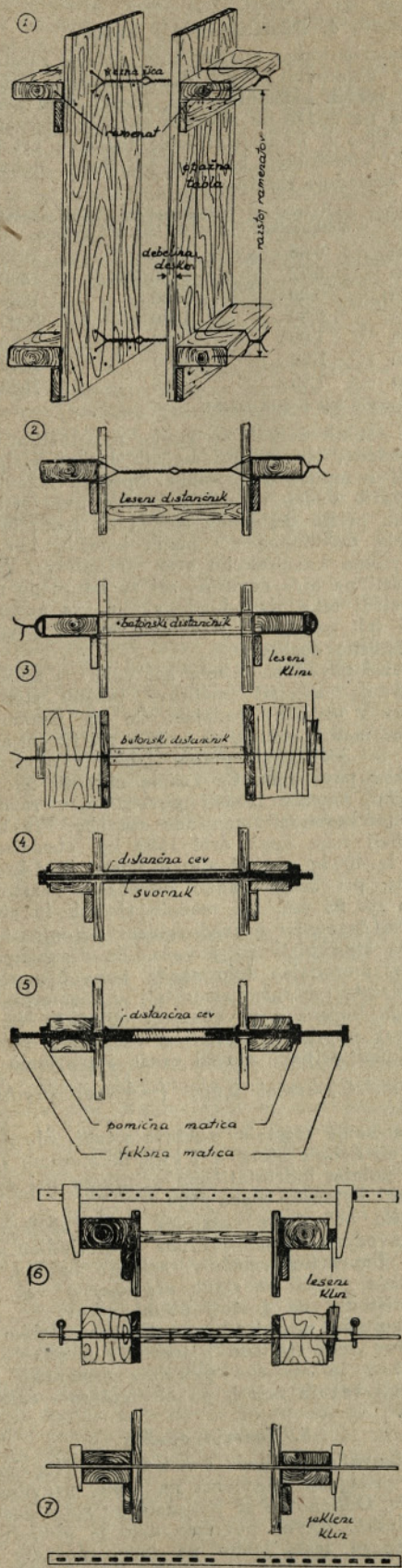
Vsako povečanje razstojev med oblikovniki brez navedene utemeljitve ima za posledico »trebuhe«. Popravilo trebuha: sekanje betona, nametavanje malte pa stane neprimerno več, kot smo prištedili na gostoti oblikovnikov.

Iz spredaj navedenih obtežb prav lahko izračunamo tudi statično potrebne dimenzije oblikovnikov in statično potrebne dimenzije vezi (klešč ali veznih želez), po elementarnih zakonih statike.

## 5. Vezanje opažev

Oblikovniki naj bodo čim bolj togi. Napaka je, če jih prilagamo ploskoma na table, pravilno je po robu. Odlično so se pokazale po robu postavljene deske. Ravno površino dajo le oblikovniki iz rezanega lesa, lahko pa imajo posnete robove.

Medsebojno vezanje oblikovnikov naj bo tako, da bo horizontalni pritisk betona na eno steno



Slika 1—7

držal ravnovesje horizontalnemu pritisku na nasprotno ostenje. S tem bo celotni kalup uravnotežen sam zase; posamezne poševne opore so potrebne le kot zavetrovanje, da se celota ne nagne na eno ali drugo stran. Vezanje zunanjih stranic med seboj je nujno, preko vezi se uravnoveša horizontalni pritisk betona. Pri stebrih je možno izvršiti vezi izven opažev, pri čemer drže stranice same pravilno razdaljo med seboj. Pri stenah, zidovih je treba izvršiti vezanje skozi zid, razdaljo stranic fiksirati s posebnimi »distancniki«. Koder je notranjost zidu dostopna, uporabljamo normalno rešitev vezanja (po sliki 1). Če notranjost ni dostopna zaradi goste armature na primer, potem moramo natezanje izvesti od zunanje strani. V moji praksi se je odlično obnesel način s klini — pred 12 leti — (sl. 2). Pri mostovih smo s pridom uporabljali vijake z distančnimi cevmi (slika 3). V inozemstvu poznajo vrsto patentiranih sistemov, med katerimi navajam: sistem nateznega vitlja, sistem specialnega distančnega svornika, sistem vezi na ročice, sistem vezi na kline. (Slike 4, 5, 6, 7 in 8.)

Distančniki so lahko lesene letvice le v primerih, če je notranjost opaža dostopna, da jih pri betoniranju odstranimo. Če notranjost ni dostopna, uporabljamo jeklene distančnike: odrezke, cevi, ali v naprej izbetonirane betonske distančnike. Taki distančniki ostanejo vbetonirani.

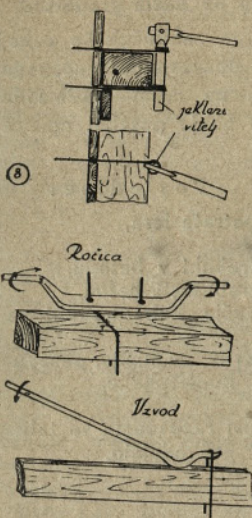
#### Distanciranje

V praksi mora biti opaž vedno nekaj tesnejši kot pa je predvideni beton po načrtu, približno za 4 do 8%. Izkušnje kažejo, da se pri polnitvi udajajo deske, nekoliko se podajajo oblikovniki, nadalje se raztegnejo vezi, tako da izpade končna dejanska dimenzija betona znatno večja od dimenzij prvotnega opaža. Tudi je treba računati z dejstvom, da se kosmate deske ne prilagajo popolnoma tesno ena k drugi. Tako smo imeli konkretni primer, da je porabljena kubatura betona bila — največ zaradi podajnosti opažev — za 20% večja od računске kubature. Distančniki naj bodo torej vselej za nekaj odstotkov dolžine krajši.

#### 6. Krojenje opažnih tabel

a) Zakroj: Zakroj imenujemo letvico, pritrjeno na opaž, na katero se nasloni priključena opažna tabla, ki nima tega zakroja. (Slike 9, 10, 11.) Pri opažnih tablah za stebre se opremijo z zakrojem širše stranice, ožje pa ostanejo brez zakroja. Obratni postopek bi bil napačen. Pri nosilcih nameščajo zakroje na talni tabli, stranice pa se ravno priključijo, zato ta zakroj. Pri samonosnih opažih (Novator str. 38 l. 1948) opremimo z zakrojem stranice, dno pa obesimo med te stranice.

Opaze lahko konstruiramo tudi brez zakroja. S tem se porabi po navedbi »Rollofa: Die Eisenbetonbaustelle« ca 20 do 30 odstotkov manj lesa. Vendar naši tesarji in zidarji vselej uporabljajo zakroje. Kolega operativec mi je to vprašanje pojasnil takole: Če uporabimo zakroj, potem odpade nujnost, da je tabla ravno krojena. Deske zbijemo skupaj kakor se izidejo, krajne deske ni treba rezati. Natančen rob določimo s samo zakrojno letvico, ki mora biti natančno pritrjena. Če pa opustimo sistem zakroja, potem moramo krajno desko podolgem žagati na natančno dimenzijo širine. Želim, da mi tovariši operativci podajo svoje mišljenje o tem, ali je zakroj praktično nujno potreben, ali ga iz ekonomskih razlogov lahko prištedim. (Slika 12.)



Slika 8

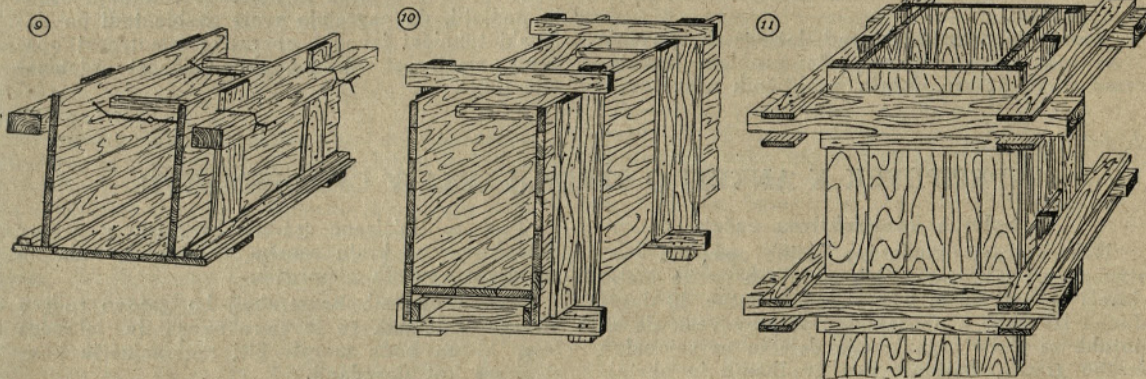
Komplicirani so stiki med stebri in nosilci, odnosno med primarnimi in sekundarnimi nosilci. Če želimo izvesti neoporečno konstrukcijo opaža, tako da bomo isti opaž tudi zlahka odstranili, priporočamo naslednje mere: a) Okoli ob robu priključka naj se predvidijo neodvisne vogalne letvice in b) opažna stranica primarnega nosilca

b) Vogali in koti: V kotih redno nastopajo težave pri razpaževanju. Ena deska prime drugo, tako da ni mogoče odstraniti table, ne da bi se kraji desk poškodovali. Ta problem rešuje praksa na dva načina: 1. Vogale posnamemo tako, da se tabli stikata le z ostmi (rezili). 2. V vogale vstavimo posebne vogalne letvice. Vogalne letvice niso prbite na tablo, temveč le nastavljene. Pri razpaženju lahko vsako stikajočo se tablo nemoteno odstranimo, vogalno letvico pa končno iztrgamo od betona. Tudi, če se poškoduje, je škoda neznatna, table so pa le ostale cele. (Slika 13.)

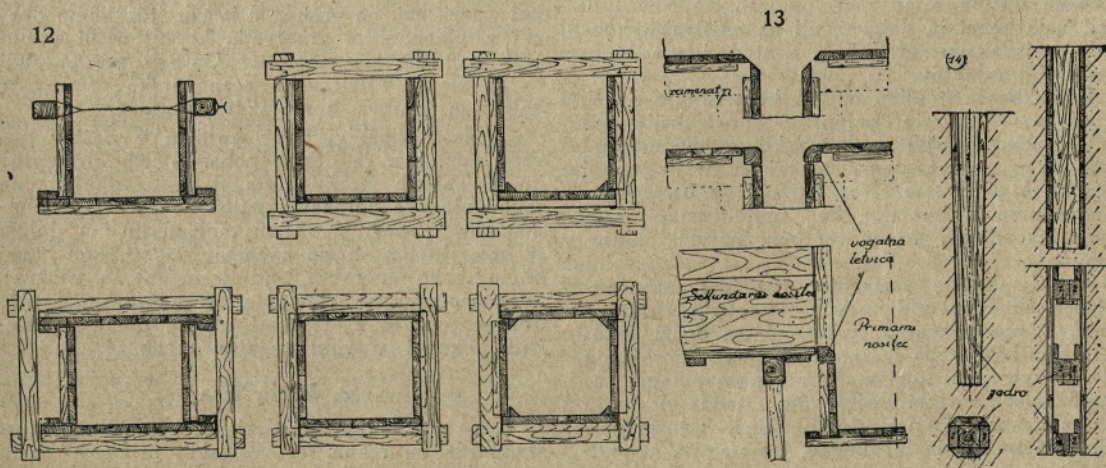
naj bo preko sekundarnega nosilca prekinjena, tako da se z vsake strani sekundarnega nosilca odstrani posebna tabla zase.

c) Velikost žebeljev: Normalna debelina žeblja znaša  $\frac{1}{7}$  debeline deske, normalna dolžina pa tri debeline deske. Pri sestavljanju opažnih tabel se pribijajo opažne deske na vezne deske iste debeline, pri čemer gleda  $\frac{1}{3}$  dolžine žebeljev skozi in jih je treba na zadnji strani zavihavati nazaj. Roloff navaja, da za zbijanje opažnih tabel povsem zadostujejo žebli dolžine dvojne debeline desk, tako da žebli ne pogledajo skozi in jih ni treba zavijati nazaj. Taki žebli bi bili nenormalno kratki, saj bi njih dolžina znašala le ca 15 d namesto 25 d. Zelel bi, da tudi v tem pogledu dajo operativci svoje izkušnje.

d) Opaži z jedrom: Opaževanje ozkih in globokih lukenj v betonu (na primer za sidra strojnih podstavkov) ni mogoče drugače izvesti kakor z jedrom. Če bi namreč izvršili vložek iz enega samega kosa, potem ga po vezanju betona ne bi mogli več izvleči, temveč bi morali vse skupaj razbiti ali izsekati. Opaž z jedrom sestoji iz obodnih letvic in jedra. Obodne letvice jedra morajo biti na stičnih ploskvah skobljane. Jedro dobi poleg tega nujno konično (klinasto) obliko. Pri izvlačenju opaža izvlečemo najprej jedro, nato robne letvice vsako posebej. Isti postopek se lahko porabi tudi za opaženje zelo ozkih špranj, pri čemer so namesto obodnih letvic lahko tudi pločevine, namesto enotnega jedra pa dolgi in ozki klini (slika 14).



Slike 9—11



Slike 13—14

## 7. Sredstva za olajšanje razpaževanja

Da bi se leseni opaži manj prijemali betona, uporabljamo razna sredstva. Vsako sredstvo pa ima poleg svoje sončne tudi svojo senčno stran, tako da nimamo takega sredstva, ki bi ga lahko svetovali kot absolutno najboljšo v vsakem primeru. Tako sredstvo mora biti tudi primerno ceno in lahko dostopno, sicer ne pride v poštev za splošno uporabo. Nekatera teh sredstev so naslednja:

a) skobljanje opaža je eno najcenejših in zelo pripravnih sredstev, če ima gradbišče na razpolago stroj za skobljanje na električni pogon. Skobljanje opažev nudi vse prednosti razen te, da pridejo vse napake opaženja (trebuh, izkrivljenja) pri skobljenem opažu močneje do izraza kot pri kosmatem. Skobljani opaž se priporoča le za konstrukcije, ki ostanejo neometane. Omet sam se boljše prime kosmato opaženega betona, kot pa skobljeno opaženega;

b) maščobe, s katerimi mažemo opaže za razpaženje so: loj, slabo milo (Schmierseife), odpadna olja, za jeklene opaže tudi nafta. Maščobe imajo to nad vse slabo stran, da so predrage, odnosno jih ni dovolj na razpolago;

c) kot anorganski premaz se je odlično obnesel poplesk z apnenim mlekom, tako pri lesenih kot pri jeklenih opažih. Težave pa so v tem, da na betonu ostanejo bele apnene lise. Koder pride preko betona apneni omet, bi to bilo dopustno. Pri betonskih površinah, ki naj ostanejo kot take neometane, ali pa ometane s cementno malto in pačokirane, pa je treba vkalkulirati stroške za strganje apnene kožice z betonskih površin.

Vprašanje premazov zaradi lažjega razopaženja tvori tudi operativni vsesplošni problem, h kateremu si vsi želimo dobrih, praktičnih nasvetov.

Alojz Kamnikar:

## PRISPEVEK K ANKETI O ŠTEDNJI LESA V GRADBENIŠTVU

### 2. Splošna konstruktivna načela

Neke splošne standardne oblike opaženih konstrukcij pri tako raznolikih zgradbah ne bo lahko doseči in tudi ne bi bile vedno koristne. Iz dosedanjih izkušenj v uporabi normativov vem, da so potuha za slabo organizacijo dela in neracionalno izrabo gradiv. Znižanje cen gradbenih in obrtniških storitev, kakor tudi napredek v dvigju tehnične ravni, nam more prinesiti samo ostru konkurenca pa ne samo med podjetji, temveč tudi med uslužbenci in delavci, ali pa najstrožja kontrola v izvajanju predpisov o štednji gradiv in kvaliteti produktov.

Iz kakšnega gradiva naj se konstruirajo opaži, je odvisno od vrste betonske konstrukcije, od števila ponavljajočih se betonskih elementov, od tega, ali so elementi montažni ali na mestu grajeni itd. To je predvsem stvar kalkulacije oz. gospodarske presoje izvajalca del, projektanta, predvsem investitorja, ki je na ceni najbolj zainteresiran.

Za standardne elemente, predvsem za montažne nosilce kot vidimo v naši praksi, se gotovo izplačajo pločevinasti oziroma jekleni opaži. Izdelati bi jih bilo treba tako, da se lahko uporabljajo za vse potrebne dolžine. Zaradi pomanjkanja železa bi morda kazalo izvesti za montažne elemente kalupe najmanj iz parjene bukovine, katerih najbolj obrabna mesta bi okovali, les sam pa napojili še s firnežem, potem pa kot običajno pred uporabo mazali z oljem. Pri konstruiranju takih kalupov moramo upoštevati predvsem trajnost.

### 8. Napake, ki jih opažamo na naših gradbiščih

V naslednjem navajamo za zaključek še nekaj tipičnih napak, ki se v opaževanju ojačenega betona pre pogosto opažajo na naših gradbiščih. Mislím, da bo koristno, če nanje posebej opozorim:

Napake:	Posledice:
prevelika debelina desk, prevelik razstoj oblikovnikov, ploskoma položeni oblikovniki, prešibke vezi, nadomestitve vezi s stranskimi oporami, table med seboj zbite z žebli, priključki kotov brez vogalnih letvic, opažne table se ne pripravijo za ponovno porabo, temveč se pokurijo,	potrata lesa, (trebuh v betonu, trebušasti beton, večje kubature betona, zvite, nagnjene, poševne konstrukcije, pri razpažanju se table poškodujejo, potrata lesa.

Ena največjih napak naše operative pa je dejstvo, da se operativno tehnično osebje zaradi preobremenjenosti z organizacijsko administrativnim delom (oskrba delavstva, evidenca, poročila itd.) ne utegne baviti s tehničnimi nalogami operative. Pri teh nalogah so lahko glede na porabo gradiva in delovne sile zelo velike razlike. Tudi spada v pravico in dolžnost vodilnega osebja podjetij, da nagrajuje svoje osebje tudi po dejanski tehnični izvedbi operative (smotrnost opaženja, smotrnost odranja, ekonomičnost organizacije itd.)

Tudi za tipizirane gradnje bi prišlo v poštev betoniranje na kraju samem v jeklenih, toda ne pretežkih opažnih elementih.

Največ opažnih konstrukcij bo gotovo tudi v bodoče izdelanih še iz smrekovega in jelovega lesa, ki pa bodo morali biti racionalnejše konstruirani kot dosedanja.

Kjer je nevarnost izgube opažev po zabetoniranju, oziroma, kjer bi delo razpaženja bilo dražje kot opaž sam, na primer v jamah itd., bomo opažili z najcenejšim gradivom, ki bi prišlo v poštev za določeno gradnjo. Gotovo pa je tudi tu na mestu vsestranska gospodarska presoja, iz kakšnega gradiva bomo izdelali opaže.

Tablasti zložljivi opaži pridejo v poštev povsod tam, kjer je dovolj ponavljajočih elementov in pri velikih ploskvah ne glede na obliko. Za ravne ploskve betonskih zidov so še vedno ekonomičnejši opaži iz 48 mm močnih in 4 m dolgih plohov, dokler jih ne začnemo žagati, ker bomo plohe lahko uporabili tudi desetkrat in večkrat, če bomo opažne elemente, ki zahtevajo krajše dolžine, opažili z deskami ali pa plohe postavljali pokonci v vidu zagatne stene.

### 3. Izbira lesa

Kar se tiče debeline desk, se bomo držali Jug. standarda za rezan les. V takih primerih bomo uporabljali eno ali drugo debelino desk, kar bo največkrat odvisno od statične in gospodarske presoje.



#### 4. Dimenzioniranje opažev

Gotovo je, da so oblikovniki za gredice opažev železobetonskih stropov iz pokončnih plohistih ali deščastih prereзов najbolj ekonomični, treba pa jih je zavarovati proti prevrnitvi in izvijanju. Razstoj gredic ni odvisen samo od debeline desk, temveč predvsem od obremenitve teh desk itd.

#### 5. Vezanje opažev

Vse bolj bomo morali kot vezna sredstva pri vseh opažih uporabljati metalne mehanizirane elemente.

Kjer bomo operirali z montažnimi, oziroma zložljivimi opaži, bodo prišli v poštev kot vezna sredstva največkrat vijaki v cevkah. Vijaki in vse železje mora biti po vsaki uporabi očiščena in dobro naoljeno. Cevke, ki omogočajo lahek izvlek vijakov, služijo obenem tudi kot distančniki. Menim, da bi bili najcenejši dvodelni leseni distančniki, t. j. cevke iz dveh žebličev, zvezanih z žico. Taki žlebiči se obdelajo povsem strojno in je delo poceni, les pa tudi, ker se izdelava iz odpadnega lesa.

Vezna sredstva bomo morali prilagajevati potrebam opažev ali bolje, ozirati se bomo morali pri izbiri teh predvsem na štednjo lesa in na ekonomičnost uporabe ene ali druge vrste veznih sredstev, pri čemer odločajo navadno pogoji in prilike, v katerih moramo graditi.

#### 6. Krojenje opažev

Za zbijanje vseh opažnih elementov, kjer so žičniki obremenjeni na izvlek že zaradi notranjih sil lesa ali pa po zunanji sili, bomo uporabljali žičnike po predpisih za žebljane konstrukcije oziroma po pravilu glede na debelino pribitega lesa.

Predvsem opažne deske za železobetonske ploskve, ki leže na gredicah, pa lahko pribijemo s krajšimi in tanjšimi žičniki, ker imajo nalogo, da preprečujejo samo vodoravno premikanje desk, če smo prej poskrbeli za to, da so bile te deske položene na gredice neposredno pred betoniranjem, da jih nismo izpostavili sončni pripeki in s tem sušenju in zvijanju. Zato moramo zopet poudariti, da je treba pred opažem preskrbeti vse gradivo, ki je potrebno za betoniranje, ne pa tako kot se je že večkrat dogodilo, da so bili opaži postavljeni vse leto pred betoniranjem, ki so jih morali nato odstraniti, ker so bili preveč izsušeni in zviti. Sicer pa tudi vseh desk ni treba pribijati in še te samo z enim žičnikom izmenično na vsaki gredici, da je s tem razpaženje čim lažje.

Glede dolžine žičnikov pri zbijanju tabel oziroma posameznih elementov, se bomo pač morali držati starega, preizkušenejšega pravila, da mora biti dolžina žičnika enaka trikratni debelini pribitega elementa. Pri opaženju bi bilo seveda bolje, če bi bili žičniki krajši in tanjši, ki jih lahko tudi včasih uporabljamo, če znamo pravilno in pozorno presojati naloge in vse nanj delujoče vplive.

Pri izvlečenju žičnikov, ki jih moramo izvleči brezpogojno že zaradi očiščenja desk, pa bi bilo zopet prav, da bi bili žičniki debelejši in z močnejšimi glavnicami, da se nam z uporabo izvlečka glavice ne zmečkajo in izmuznejo iz precepa.

Kar zadeva izvedbo vogalov je nujno, da pribijemo po potrebi manjše ali večje letvice, da pri razpaženju ne odiramo robov betonskih elementov, pri katerih so poškodbe navadno večje, kakor jih predvidevamo.

Ravno tako je treba uporabljati trikotne ali pa pravokotne letvice v vseh kotih železobetonskih elementov zaradi lažje odstranitve opažnih desk oziroma tabel. Ti postopki so povečini znani našim tesarjem-opažarjem. Ponavadi pa jih ne uporabljajo, ker ne znajo ocenjevati vrednosti teh postopkov, ker jim ni mar za posledice, ki nastanejo po razpaženju.

Za krojenje opažnih tabel in drugih elementov bo treba boljše organizirane delavnice, opremljene s stroji in bolj strokovnim kadrom.

#### 8. Operativni del

Preden pridemo k razpravi o štednji gradiva v samem konstruiranju betonskih opažev in odrov, pogledjmo najprej razmere na naših gradbiščih, kakršne vladajo v pogledu manipulacije z opažnim in odrskim lesom.

Mirno lahko trdim, da se danes na marsikaterem gradbišču izgubi najmanj 20% opažnega in odrskega lesa, ker ima osebe na gradbišču, od šefa pa do najmlajšega delavca, negospodarski in večkrat lahkomišeln odnos do gradiva, zlasti do lesa.

Premnogokrat najdemo na gradbišču med opažnim lesom les I. vrste, kjer bi zadostoval les III. in IV. vrste. Za stalne elemente in konstrukcije pa nam ostane les najslabše vrste. Največkrat na stavbo pripeljan svež ali moker les zlože brez letvičenja, tako da postane v nekaj dneh plesniv itd., kolikor že ni bil rjav pripeljan na stavbišče. Tako pospešujemo z vsakim nepravilnim skladanjem boleznj lesa, ki se navsezadnje še vnesejo v zgradbo s stropnimi opaži, za katere uporabljajo gradbena vodstva že večkrat rabljene deske betonskih opažev, medtem ko za te skoraj vedno znova uporabljajo nov les.

Preveč je takih napak na naših gradbiščih in obratih, da bi mogli vse naštet. Bolje bo, če se pogovorimo, kako naj v bodoče gospodarimo, da bomo les na naših gradbiščih kar najbolje izrabili, t. j. da bomo čim bolj dvignili njegovo vrednost.

Zelo velika potrata lesa je tudi slabo organizirana delavnica na gradbišču, navadno samo s slabo žago in s slabo opremljenimi opažarji, ki nimajo drugega orodja kot sekiro in žago in še to v najslabšem stanju, ponekod pa služi za obdelavo lesa tudi kramp ali zidarsko kladivo. Na vsak način moramo preprečiti, da bi kdor koli, ki nima primerne orodja, obdeloval les.

Če bomo pametno, t. j. skrbno gospodarili, bo le malo lesa šlo za kurjavo. Seveda se bodo morali odgovorni šefi vse bolj zanimati kot so se v veliki večini doslej, da ne bodo lesa, ki stane m<sup>3</sup> 10.000 din, prodajali kot drva po 200 din za m<sup>3</sup>.

Pri statični presoji vseh opažev in njege podporju ali oporju se bomo morali v vsakem primeru ravnati po »Začasnih tehničnih predpisih za lesene konstrukcije« in upoštevati, da imamo opraviti z lesom III. vrste. Pri posebno obremenjenih posameznih elementih pa bomo rabili boljše vrsto lesa seveda le takrat, kadar bi morali zaradi enega elementa, ki je posebno obremenjen in prilagoditve drugih elementov s povečanjem dimenzij porabiti večjo količino lesa.

Zložljive montažne opaže bomo pripravili za velike ploskve betonskih zidov in železobetonskih stropnih konstrukcij ponavljajočih prereзов in ponavljajočih nadstropij ne glede na obliko prereza in razstoj reber, dalje za ponavljajoče kakršne koli betonske ali železobetonske elemente. Vse podobne montažne konstrukcije so

bile v naši praksi že izvedene, pa tudi za zaokrožene ploskve, ki so bile popolnoma zložljive, kakor tudi za druge železobetonske elemente na visokih stavbah. Vse je bilo izdelano po natančnih detajlnih načrtih. Tako delo mora voditi človek, ki ima pravi odnos do dela in veselje do stroke, ki se veseli vsakega uspeha in ga zna ceniti, čeprav je še tako majhen. Pri izbiri in zasnovi konstrukcije je potrebna ona vztrajnost, ki jo ima n. pr. temeljit arhitekt pri zasnovi zgradbe, ki ne odneha z delom prej, dokler ni našel najboljše rešitve tudi v vseh podrobnostih do predaje ključev. Tu naj nas vodi pregovor, čeravno je izrečen večkrat v zasmehljivem tonu: »da je papir potrpežljiv«, kar naj nas ne moti nikoli, čeravno delo na papirju malo dlje traja, kar je vedno ceneje kot pa pogrešena ali pa neekonomska izvedba v naravi.

Za dosego čim lažje izvedbe zložljivih opazjev pri stropnih konstrukcijah predlagam, da bi projektanti stremeli za razdelitvijo, n. pr. rebrastih ali rebričastih stropov v vseh večjih ploskvah ene zgradbe, v vseh traktih in etažah, podvlak reber itd. na enake razstojne in razpetine, za ostanke razlik velikih ploskev pa so razstojni lahko drugačni. (Taka razdelitev reber je bila izvedena na zgradbi, ki je imela pet enakih etaž oziroma stropov, s čimer je bil dan pogoj za izvedbo montažnega tablastega opaža za en strop, ki se je montiral petkrat. Čeravno je imelo podjetje svoje kontingente lesa in svojo žago, so bili opaži izdelani iz samega starega opažnega lesa in najkrajših kosov desk, ki jih druga gradbišča niso mogla več uporabljati in ki bi šle sicer za kurjavo. Ves odpadni opažni les se je zvozil na tesališče, kjer so bili zbiti vsi elementi do zadnjega komada po detajlnih načrtih. Da je bilo to mogoče, so bili elementi konstruirani iz ca 40 in 80 cm debelih desk. Opis in prerez tega stropa je bil objavljen v št. 4 revije »Novator« iz leta 1948.)

Običajne opaže bomo izvedli povsod, kjer niso dani pogoji za zložljive, vendar pa so lahko izvedeni do zadnjega kosa v delavnici in nato montirani — torej vsekakor montažni opaži. Pri teh je treba stremeti za čim manjšim razrezom lesa, tako da ga porabimo zopet za druge opažne konstrukcije. Nobena opažna konstrukcija pa ne sme biti izdelana brez detajlnega načrta in statičnega računa, posebno za težje železobetonske konstrukcije. Kot za ostrejša, bomo tudi tu snovali in iskali najekonomičnejšo rešitev konstrukcij. Nikoli pa ne bomo pričeli graditi brez temeljitega seznama gradiva. Le mimogrede naj omenim, da je organizacija dela, pa naj bo v ostalem še tako dobro pripravljena, slaba, če ni pravočasno pripravljena tudi pravo gradivo.

## 9. Projektiranje opazjev

Na vsak način se bo moral višji tehnični kader vse več poglobiti tudi v »drobna dela«, kot so opaži, če bomo hoteli doseči vidnejše uspehe. Več bolj izobraženih ljudi se bo moralo specializirati tudi za taka dela.

Saj dobivamo od statikov poleg armaturnih načrtov tudi takozvane opažne načrte, ki pa so še daleč od pravega opažnega načrta in menim, da sodijo tudi podrobni opažni načrti k elaboratu za betonske in železobetonske konstrukcije. Iz organizacijske sheme, ali še boljše iz dejanskega stanja naših gradbišč in podjetij vemo, da je tehničnega kadra le toliko, da komaj slabo opravlja ona čisto operativna dela in da je ves okupiran

z nujnim tehnično-administrativnim delom. Ker so za projektiranje organizirani tehnični biroji, o katerih ne moremo govoriti pri gradbenih podjetjih, je nujno, da dobimo v bodoče res vse podrobne načrte, take da bodo lahko nemoteno delali, med temi pa tudi opažne načrte. Mnenja sem, da bodo morali projektivni zavodi v bodoče del svojih birojev prenesti na gradbišča, da bodo tako tesneje z njimi povezani in da bodo lažje dopolnjevali pomanjkljive projekte še z detajlnejšimi načrti, ki so gradbišču neobhodno potrebni za kvalitetno in racionalno izvedbo.

Za prakso in izkušnje projektivnih zavodov, kakor tudi za izvedbo zgradb, bo delo mladih inženirjev in tehnikov, to je pomočnikov projektantov, na samih gradbiščih v tesnem sodelovanju z operativci, neprecenljive vrednosti. Eni kot drugi se bodo tako strokovno izpopolnjevali.

Kot vse druge konstrukcije in elementi so vse opažne konstrukcije, pa tudi najmanjše, vredne, da napravimo zanje načrte, detajlne načrte in izpiske lesa oz. vsega gradiva kakor tudi črteže v naravni velikosti. Za opažne načrte bi se vsakemu gradbenemu republiškem podjetju izplačalo imeti po enega tesarskega delovodjo-specialista za opaže (vsaj absolutna delovne sile), ki bi zmal sam pripraviti vse elaborate, za težja dela bi se po potrebi posvetoval z višjimi strokovnjaki in ki bi tudi sporazumno s šefi gradbišč organiziral delo na samih gradbiščih oz. v delavnicah. Delovodja specialist za opažarska dela bi moral imeti predvsem prakso v opažarskih tesarskih delih in vse lastnosti dobrega delovodje, ki se morajo poleg drugih odražati v čutu za red, štednjo gradiva, natančnosti izvedbe in pobudljivosti.

Organizatorska sposobnost delovodje za opažarska dela se mora odražati že v samem tehničnem elaboratu. S prvim delavniškim načrtom je namreč tudi 75% organizacije in kvalitete dela zajamčeno. Kajti velika ovira naše proizvodnje so slabi oz. pomanjkljivi podrobni načrti, o katerih je že na gradbišču ali v delavnicah še mnogo nepotrebnih razprav, preden se izvedejo.

## 10. Delavnica za izdelavo opaža

Les brez strehe, izpostavljen vremenskim vplivom, in še povrh slabo zložen, hitro propada. Zato bi bilo n. pr. za ljubljanska gradbišča oziroma podjetja mnogo boljše, da bi imeli skupno skladišče lesa, kjer bi bilo možno zgraditi več stalnih lop za vskladiščenje novega in starega opažnega lesa in kjer bi bile tudi obnem delavnice za izdelavo opažnih elementov in modelov. Take stalnejše delavnice bi bile bolj opremljene s stroji, imeli bi pa tudi stalnejši kader tesarjev-opažarjev in specializirano tehnično osebje. Na takih obratih oziroma skladiščih bi bila omogočena večja izbira in s tem racionalnejša izraba lesa. Na gradbiščih bi bili vskladiščeni samo elementi za ponovno montažo; kakor hitro pa ne bi bili več potrebni, bi se odvažali nazaj v skladišče, kjer bi jih demontirali, očistili in zložili les po dimenzijah pod streho, kjer bi čakal zavarovan pred vremenskimi poškodbami nadaljnjih naročil. Ta način izdelave opazjev v delavnici je bil že večkrat preizkušen in se je dobro obnesel; bil pa je izveden pod neposrednim vodstvom podjetnika z največjim interesom in zanimanjem. Tako so bili izvedeni ne samo opaži ploščatih sistemov, temveč tudi čisto navadni in jih je bilo treba na stavbi samo še sestaviti. Na stavbi ni bilo treba rezati niti desk, vse so bile prirezane na prave dolžine in zveze v delavnici, le nekateri manjši zaključki so bili izvedeni na sami zgradbi.

Za večja gradbišča, kot je »Strnišče« itd., je seveda treba take obrate organizirati na samih gradbiščih.

Treba pa je za to, kot je že rečeno, pravih tesarjev, ki so navajeni izdelovati (vezati) vse konstrukcije v delavnicah in jih potem na stavbi samo montirati. Vedeti moramo, da so še danes tesarji-opažarji po veliki večini taki, ki so prišli do naziva tesar po dosedanji poti priučitve in da zato takih montažnih opažnih del ne zmorejo, ker niso na splošno toliko veščji kot konstrukcijski tesarji. Če se tesar razvadi nekega načina dela, pa če ga tudi prepričaš, da je slabši, ga le težko odvrneš od tega.

### 11. Razpaženje in odstranjevanje žičnikov iz opažnega lesa

Glede manipulacije oziroma racionalne izrabe lesa moramo naša gradbišča takoj korigirati.

Niti košček lesa se ne sme izgubljati na gradbišču v blatu. Vsak najmanjši kos lesa mora biti zložen na svojem mestu po dimenzijah, t. j. les ene debeline in dolžine skupaj v enem kupu. Ko razpažujemo konstrukcije, moramo les previdno odložiti in iz višine pazljivo spuščati, da ga ne razbijemo. Po razpaženju betonskih in železobetonskih konstrukcij moramo ves opažni les brez odlašanja takoj očistiti betona in populiti vse žičnike ter vsega lepo sortirano in zračno zložiti in takoj pokriti. Še uporabljive so tudi deščice  $2,5 \times 15 \times 20$  cm, ki jih lahko porabimo za zagozde, kakor tudi najmanjšo pažnico v izmeri  $2,5 \times 5 \times 30$  cm, dokler je cela in le ni preveč žebeljev v njej.

Če bomo imeli lepo suh, osnažen in sortirano zložen les, ga ne bo treba iskati v kupu razvalin,

Ing. S. Bubnov:

## NEKAJ PODATKOV O MONTAŽNIH OPAŽIH

### Načelni pojmi

Z izrazom **m o n t a ž n i o p a ž** zaznamujemo tisti opaž, ki se montira na mestu betoniranja iz že izdelanih elementov. Ti elementi niso geometrično dimenzionirani glede na objekt, ki se betonira, temveč so izdelani tako, da se lahko uporabljajo tudi pri drugih objektih, z različnimi dimenzijami. V tem se montirani montažni opaži razlikujejo od zložljivih opažev, ki se ravno tako poprej izdelajo, vendar po dimenzijah objekta, ki se bo betoniral.

Zložljiv opaž ima pred **n a v a d n i m** opažem, ki se izdeluje (kroji) na licu mesta, vsekakor prednost v tem, da se po razpaženju lahko zopet koristi pri betoniranju objektov istih dimenzij. Montažni opaži imajo pa pred zložljivimi še nadaljnjo prednost, da se po betoniranju dotičnega objekta lahko uporabljajo še pri drugih objektih, ker niso direktno navezani na dimenzije enega objekta. Na sl. 1 je prikazan opaž zaščitnega zidu za gradnjo hidrocentrale, izdelan iz montažnih tabel. Montažni opaži so se začeli uporabljati pri posameznih gradnjah verjetno že zdavnaj, vendar so se v širšem obsegu začeli uveljavljati šele pred drugo svetovno vojno in pozneje. Namen tega članka je, na kratko prikazati princip dela z dvema tipoma montažnih opažev, sistema Dywidag in Simens-Baumion ter podati nekatere izkušnje, ki so bile pridobljene pri praktični uporabi teh opažev.

### Sistem Dywidag

Montažni opaž sistema Dywidag je predložila firma Dyckerhoff & Widmann A. G., po kateri je

kar je gotovo drago, temveč ga bomo vzeli v kopii, kjer je lepo zložen in kjer bo tak kakršnega rabimo; ne bo nam ga treba obdelovati ali celo odrezati od cele in nove deske, kot to navadno delajo opažarji.

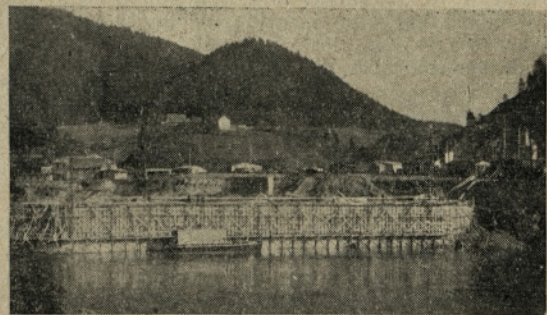
### 13. Šolanje, stimulacija tehničnega osebja

Res, da ni bilo v gradbenih šolah specialnega pouka o opažanju in odrajanju, kar bo tudi v bodoče pri naših razmerah težko organizirati. Organizirali bi pa lahko posebne tečaje v zimskih mesecih ali večerne in nedeljske tečaje, katere bi posečali v prvi vrsti tesarški delovodje, ki bi se hoteli specializirati za opažarska in oderska dela. Na vsak način mora voditi tako delo strokovnjak, ki ima tudi teoretično znanje. Brez zadostnega in poglobljenega sodelovanja strokovnjaka z zadostnim teoretičnim in praktičnim znanjem je delo malo vredno in na koncu še drago.

Ceravno vlada mnenje v nekaterih krogih, da bo šolanje strokovnih kadrov že dovolj za naše potrebe, in se na naših šolah sprejem že omejuje, naj mimogrede zopet poudarim, da jih imamo še veliko premalo. Samo v LRS nam po približnih statističnih podatkih manjka, upoštevajoč potrebe po kvaliteti dela in večji gospodarnosti, še najmanj 150 šolanih delovodij, mojstrov-tesarjev ali višjih specialistov-tesarjev. Torej ni šolanih strokovnih kadrov preveč — nasprotno — treba jih je le v prakso pravilno uvajati; pri njih samih pa mora prenehati naziranje, da mora biti vsak, ko zapusti šolo, takoj velik strokovnjak in da se ne sme ukvarjati z »drobnimi stvarmi«; tako naziranje in pa nepravilno usmerjanje šolanih kadrov v prakso je za naše zgradbe pogubno.

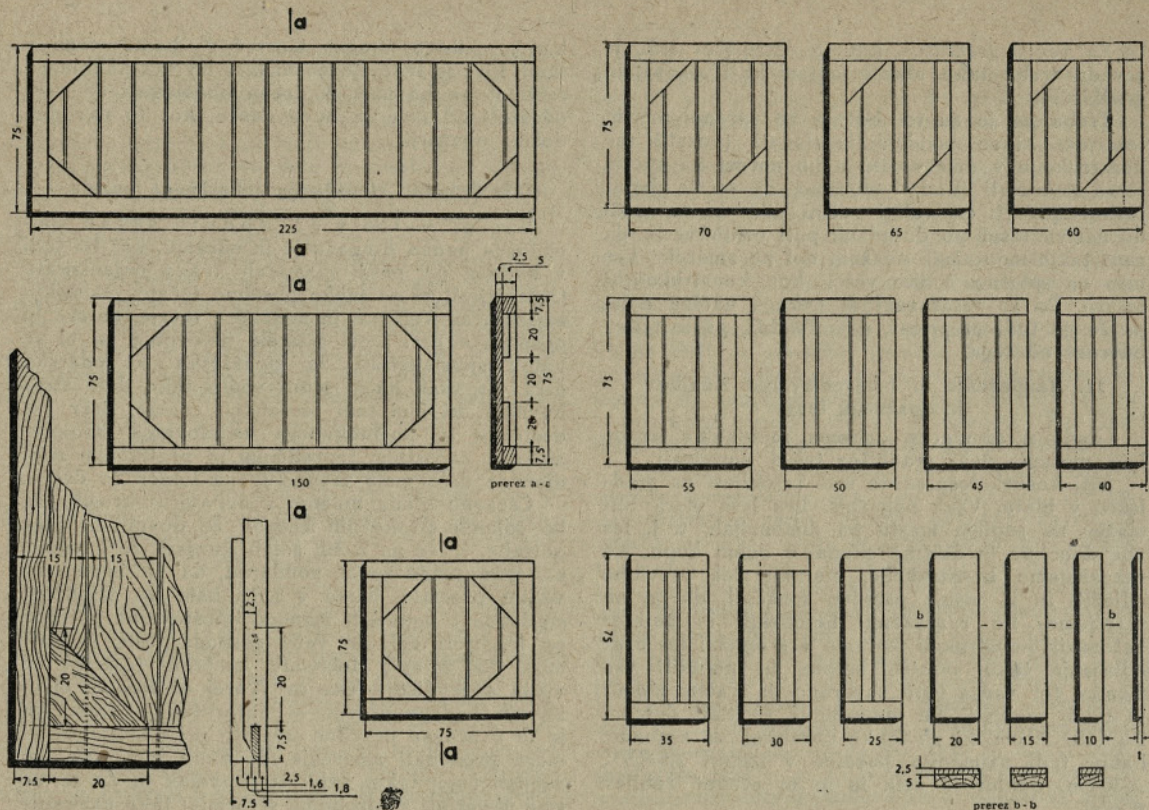
dobil tudi ime. Nemški gradbeni priručnik je leta 1942 objavil nekaj podatkov o tem opažu in ga priporočil za širšo uporabo v gradbeništvu, glede na velike prihranke v lesu, ki jih nudi uporaba tega načina opaženja.

Princip tega opaža sestoji v tem, da se opaž izdeluje iz lesenih tabel različne veličine, ki se



SL 1. Montažni opaž zaščitnega zidu

izdelajo ob široki uporabi strojev v tesarških delavnicah in se potem pripeljejo na gradbišče. Sistem Dywidag uporablja vrsto tabel, ki imajo vse eno dimenzijo enako, to je 75 cm, druga se pa postopno zmanjšuje za 5 cm (sl. 2). Osnovni format je  $75 \times 75$  cm. Najmanjša tabla je  $75 \times 10$ . Razen tega se uporabljata tudi dve večji tabli za opaženje večjih ploskev, ki imata drugo dimenzijo 150 cm oz. 225 cm. Posamezne table sestojijo iz lesenega okvirja, izdelanega iz 5 cm plohov,



Sl. 2. Montažne opažne table sistema Dywidag

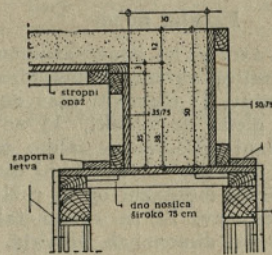
širine 7,5 cm. Na vogalih so stiki izdelani na utor. Na ta okvir so pribite 25 mm deske širine 15 cm. Večje table so ojačane na vogalih s trikotnimi ojačitvami iz desk 25 mm. Srednje table so ojačane samo v dveh vogalih, manjše so pa brez vogalnih ojačitev. Zadnje tri dimenzije, t. j. table z manjšo dimenzijo 20, 15 in 10 cm nimajo okvira, temveč so izdelani iz celih 5 cm plohov, na katere je še pribit opaž iz 25 mm desk, s čimer se doseže ista debelina, kot jo imajo ostale deske, to je 7,5 cm. Če se k tem tablam doda še dva izravnalna kosa velikosti 75×2,5 cm in 75×1 cm, potem se s tem sistemom tabel, po nemških ugotovitvah, lahko zaopažajo ravne ploskve, nosilci in stebri vseh praktično mogočih dimenzij.

Teža posameznih tabel je takšna, da se z njo lahko brez težave dela. Tako znaša teža največje table 75×225 cca 42 kg; torej je primerna za delo z dvema delavcema. Osnovna tabla 75×75 je težka samo 16 kg.

Opisane table sistema Dywidag nadomestujejo seveda predvsem deske navadnega opaža, torej ravno tisti element opaža, ki je v neposrednem stiku z betonom in je zaradi tega največ podvržen obrabi. Vsi ostali konstruktivni deli opaža, kot so ramenati, stojala, vezni lesovi, opore, odri itd., ostanejo pri tem sistemu večinoma nespremenjeni, vendar se s tem sistemom pri določenih gradnjah uporabi za ostale elemente opaža znatno manjše količine lesa in zmanjšuje njih število v primerjavi z običajnim načinom opaženja. Princip takega opaženja podajamo v naslednjem:

Kot primer je na sl. 3 podan detajl opažnega načrta za opaženje robnega nosilca prereza 30×50 cm s ploščo. Vertikalne strani nosilca so zaopažene s tabel 35/75 oziroma 50/75. Na notranji strani pri stiku s ploščo je položena zaporna letvica zaradi lažjega razpaženja. V polju med

stebri je opaž podprt na običajen način, s podporami, ki so lahko tudi raztegljive. Opaž plošče je ravno tako podprt s primernim opažnim odrom.

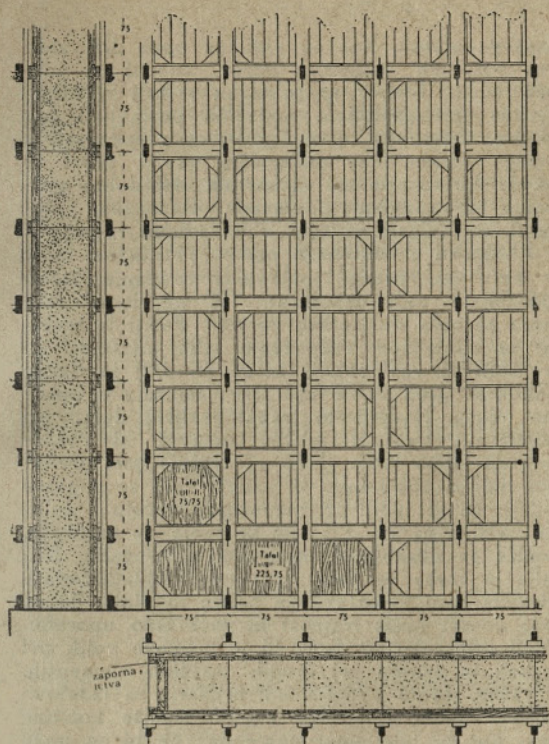


Sl. 3. Opaž robnega nosilca

Na sliki 4 je prikazan opaž zidu. Uporabljene so montažne table dimenzij 75×225 cm. Vsaka druga vrsta se prične s tablo 75×75 cm tako, da so vertikalni stiki opažnih tabel premaknjeni. Stiki so prekriti s plohi 5×12 cm z medsebojno razdaljo 75 cm v obeh smereh. V primeru hitrejšega betoniranja, ko nastopajo močnejši horizontalni pritiski, se morajo plohi nadomestiti s tesnim lesom. Opaž je zvezan z vezmi iz enojnega okroglega železa premera 4–5 mm, ki so pritrjene s posebnimi nateznimi ščipalkami. Za sistem Dywidag je značilno, da se uporabljajo take natezne ščipalke, vendar se lahko namesto njih uporabi za vezavo opaža običajna dvojna žica.

### Sistem Simens-Bauunion

Podjetje Simens-Bauunion je približno v istem času, ko je bil objavljen sistem Dywidag, izdelalo svoj tip montažnega opaža, ki je v principu podoben sistemu Dywidag, vendar je prilagojen bolj



SL 4. Opaž zidu

potrebam izrazito nizkih gradenj. Stremeli so pri tem, da bi dosegli tudi brezpogojni prihranek ostalega opažnega lesa, predvsem pri stojalih in veznih legah. Zato imajo opažne table sistema Bauunion večjo togost v ploskvi, pravokotni na ploskev opaža in s tem tudi večjo nosilnost na upogib v tej ploskvi. Okviri teh tabel so izdelani iz po robu postavljenih desk debeline 35 mm, širine 10 do 12 cm z močnimi trikotnimi ojačanjmi v vogalih. Standardna dimenzija montažne table je 1,00×2,00 m. Poleg tega se navadno kot pomožna tabla izdeluje v prefabrikaciji še tabla dimenzije 0,50×2,00 m. Okviri teh tabel, ki so zbiti z žebli, so ojačeni še z dvema predelnimi rebri, tako da je zunanji okvir predelán v 3 okvire dimenzije 0,66×1,00 m oziroma 0,66×0,50 m. Na ta okvir so pribite deske 25 mm. Ker je bil ta montažni opaž namenjen predvsem izvedbi masivnih objektov, ni bilo izdelano toliko različnih dimenzij kot pri sistemu Dywidag.

Tam, kjer se na vogalih pokaže razlika, se na eni strani pustijo opažne table čez rob, na drugi strani se pa zaopaži na licu mesta. Pri objektih velikih dimenzij, kjer so na razpolago velike ploskve za opaženje, tak način opaženja robov ne povzroča posebnih težav niti stroškov. Na sliki 5 je prikazan opaž mostnega stebra iz montažnih tabel sistema Bauunion.

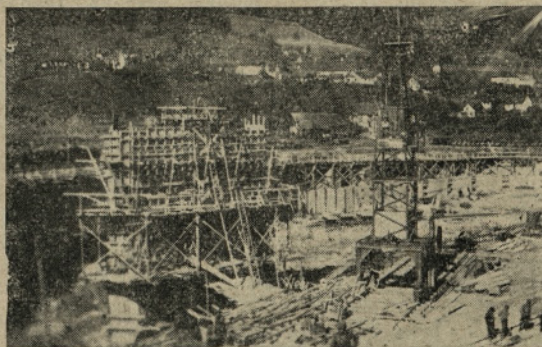
#### Primerjava sistemov

Sistem Dywidag je prikladen, ker ima opažne table nekoliko lažje, kot so table sistema Bauunion. Natančno dimenzionirane table omogočajo opaženje najrazličnejših oblik. Zato je ta sistem posebno prikladen za razne rebričaste konstrukcije mostov, temelje in zidove zgradb, stropne konstrukcije, stebre itd., čeprav so ga uporabljali z uspehom tudi pri masivnih konstrukcijah. Ta sistem prihrani samo opažne deske, ki se sicer tudi največ obrabljajo pri navadnem opažu, ne izpremeni pa v ničemer ves sistem ostalih opažnih elementov, kot so sohe, vezne lege, podpore itd.,

ki se morajo postavljati na isti način in v istih razdaljah kot pri navadnem opažu.

Sistem Bauunion je prikladen predvsem za velike objekte, kot so veliki podporni in oporni zidovi, jezovi, masivni stebri hidrocentral in velikih mostov. Table tega sistema imajo tudi večjo debelino, ki jo tvorijo po robu postavljene deske okvirja. Zato se jih lažje kot table sistema Dywidag postavlja eno na drugo in s tem so tudi bolj primerne za opaženje visokih objektov. Poleg tega table sistema Bauunion učinkoviteje kot table sistema Dywidag prevzamejo statično funkcijo, ker jim okvir daje večjo togost v smeri pritiskov betona. V zvezi s tem se pri lažjih konstrukcijah lahko uporablja manjše število soh kot pri navadnem opažu. Pri tanjših zidovih, ki se počasi betonirajo, tako da je pritisk betona majhen, se lahko sohe postavijo celo samo na stike montažnih tabel, t. j. v medsebojni razdalji 2,00 m. Pri velikih debelinah zidov in pri hitrem betoniranju se sohe morajo precej zgostiti in postaviti v nekaj primerih celo v običajni razdalji 0,60—0,70 m (navadno v tretjinah table na ojačitvah, t. j. v razdalji 0,66 m). Vezne lege se postavljajo navadno v višinski razdalji 1,00 m. Vsekakor omogoča uporaba tega opaža na splošno prihranek lesa tudi pri ostalih opažnih elementih, kot pri sohah, vezeh in posebno pri pomožnih odrih. Tudi za manipulacije z žerjavi so table Bauunion primernejše, ker se luknje za pritrditev na žerjavsko vrv lahko izdelajo v okviru, tako da se ne poškoduje prednja opažna ploskev table. Posebno prednost imajo te montažne table, če se betonirajo visoki objekti, kjer se potem lahko koristi postopek, ki je podoben drsalnemu opažu.

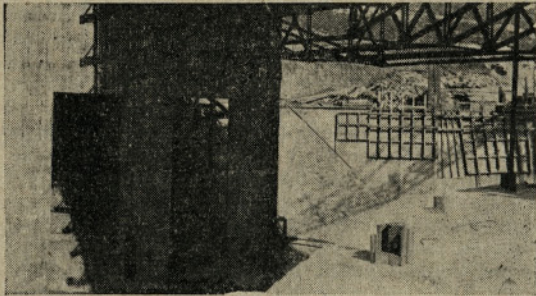
**Način uporabe:** Postopek opaženja z montažnimi tablamami je v bistvu podoben opaženju z navadnim opažem, razen pri visokih opažih. Neka razlika je v tem, da se navadno kot prvi montažni element postavlja ena vrsta montažnih tabel in potem razporedijo sohe in vezne lege, medtem ko se pri navadnem opaženju opažne



SL 5. Opaž mostnega stebra iz montažnih tabel

deske pribijajo šele na koncu. Za medsebojno vezavo dvostranskega opaža se uporablja žica 4 mm oz. okroglo železo 5 mm. Sistem Dywidag predvideva za vezavo teh opažev posebne patentirane ščipalke, ki omogočajo uporabo enojne žice oziroma železa. Za prevzem veznega železa so v veznih lesovih oz. v sohah v enakomernih razdaljah izdelane zareze, odprtine 8×300 mm, skozi katere se potegne žica in na koncu utrdi s ščipalko. Medsebojna razdalja opažev se fiksira na običajen način z distančniki, od katerih so najprimernejši leseni. Praksa je pokazala, da se uporaba patentiranih ščipalk ne obnese posebno dobro, ker se hitro kvarijo in je manipulacija z njimi, posebno v višini, precej neprikladna. Zato

so na določenih gradbiščih opustili vezavo s ščipalkami, čeprav se po trditvah proizvajalcev z uporabo teh ščipalk prihrani železo, in so prešli na običajen način vezave s 4 mm dvojno žico, katera objema vezne lege in se nategne z zasukanjem. Razlika v porabi železa je minimalna, ker se lahko namesto enojnega profila  $\varnothing$  5 mm uporablja dvojni profil  $\varnothing$  4 mm. (Razlika ploskve prereza je cca 20% več pri žici 4 mm, medtem ko je pri žici 3 mm ploskev celo precej manjša.) Postopek je pa vsekakor bolj prikladen. Skica ščipalk bo objavljena v naslednji številki. Pri manjših debelinah zidu bi se dvojni opaž lahko vezal s svorniki, zaščitenimi s cevjo, ki je lahko obenem tudi distančnik.



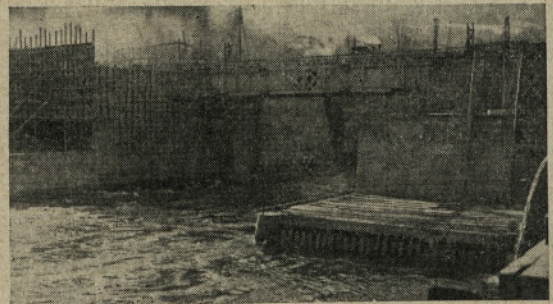
Sl. 6. Montažni opaž sistema Bauunion v fazi razpaženja

Pri izdelavi visokih opažev se uporaba montažnih tabel posebno obnese, ker omogoča postopno opaženje zgoraj in istočasno razpaženje spodaj. S tem se lahko tudi zelo visoki objekti opažajo z majhno količino lesa, betoniranje pa se razvija skoraj nemoteno in s precejšnjo brzino, ker ga opaženje zelo malo zadržuje. Za izdelavo takega opaža so najbolj prikladne table sistema Bauunion, ker imajo dovolj veliko širino, ki omogoča stabilno postavljanje ene table na drugo. Pri razpaženju spodaj se najprej preseka vezna žica na veznih legah, ki se nameravajo razpažiti. Razpaža se v pasovih z običajno višino ene vrste soh, t. j. navadno 2–4 m. Na tej višini se odstranijo vse lege, potem sohe in končno opažne table. Zgoraj ostane ob betonu še zaopažen pas, ki se drži na vezni, v beton zabetonirani žici. Lastna teža opaža je tako majhna, da jo žica brez težave prevzema. Dober del te teže prenaša tudi trenje neposredno na betonski objekt. Tako dejansko opaž visi na objektu brez vsake podpore. Potem, ko je spodnji pas razpažen, se isti material prenaša navzgor. Opažne table se postavljajo na viseče table, nato se postavljajo sohe ob obstoječe in začasno pritnujejo z žebli, na koncu se pa postavljajo vezne lege in se opaž poveže na običajen način z dvojno žico, kot je bilo poprej opisano. Na sliki 6 je prikazan opaž obalnega zidu, ki je v fazi razpaženja. V spodnjem delu so vezne lege delno že odstranjene, ostale so pa še sohe. Na levi strani so tudi sohe odstranjene in table se držijo same na vezni žici in zaradi trenja. Na isti sliki je tudi razvidno, kako se montažni opaž lahko kombinira z navadnim opažem tam, kjer so dimenzije tabel neprikladne za kritje razlike. Srednji del zidu, ki ima klinasto obliko, je zaopažen z navadnimi deskami. Pri tem postopku je koristno razporejati sohe tako, da segajo vedno nekoliko izven horizontalnega roba tabel, da se pozneje novo položene table lahko naslonijo na sohe.

Na sliki 7 je prikazan montažni opaž sistema Bauunion, uporabljen pri opaženju nekega tur-

binskega stebra. Kot se vidi, se opaž drži zidu brez posebnih pomožnih odrov, spodaj pa celo teče voda. Steber je prikazan v fazi gradnje, kjer so pri nadaljnjem opaženju postavljali nov opaž na obstoječi opaž. Spodaj so razpaževali s samega opaža, ker omogočajo okviri tabel in vezne lege ob uporabi varnostnih vrvi dobro spuščanje in vzpenjanje delavcev. Razpažene elemente so dvigali navzgor z navadnimi vrvmi.

**Prednosti montažnega opaža.** Montažne table se celo pri precej površnem ravnanju lahko uporabljajo tudi desetkrat. Pri pazljivem ravnanju pa celo dvajsetkrat in več. Paziti je treba, da se table po razpaženju takoj očistijo, da se odstrani ves beton, ki se jih drži in da se vsakokrat pred novo uporabo namažejo z opažnim oljem. Nadalje je treba pazljivo delati pri razpaženju. Večkrat mislijo delavci, ki razpažajo, da lahko table glede na svojo togost preneso tudi močne sunke in padec. Zato se pogosto dogaja, da se table pri razpaženju mečejo z določene višine na tla. Pri tem se table ne razbijejo, vendar se obrablajo, predvsem na vogalih. Nadalje je treba te table pravilno vskladiščevati, tako da niso izpostavljene soncu in vlagi, če se hoče doseči večja trajnost in večkratno uporabo. Poleg prihranka na lesu, ki je posebno velik pri deskah in znaten pri drugih opažnih elementih, je važno, da se v določenih primerih za izdelavo objekta lahko uporabijo znatno manjše količine lesa, kot bi bilo sicer potrebno, če bi se opaž delal na navaden način. Poleg prihranka v mate-



Sl. 7. Montažni opaž turbinskega stebra

rialu nudi montažni opaž še znatne prihranke v delovni sili, ker se opaži postavljajo enostavno in hitro.

Pri nekaterih gradnjah se z uporabo montažnega opaža pospeši ves tempo gradnje in s tem zmanjšajo gradbeni stroški.

## DISKUSIJA

Ing. Marjan Brilly.

Ad 2: Diskutant navaja nemške tipizirane opaže zaklonišč.

Ad 9: Skupno z ing. Lapajnetom, ing. Umekom, ing. Skabernetom in ing. Turkom meni, da mora izvajalec projektirati detajle opažev na gradbišču, v ostalem pa mora projektant izdelati načelno rešitev opaževanja konstrukcije že v projektu konstrukcije. V zvezi s predlogom ing. Umeka, da bi se pri Slovenija-projektu formirala edinica, ki bi se specializirala na splošno projektiranje opažev, ugotavlja skupaj z ing. Lapajnetom, ing. Turkom in ing. Skabernetom, da bi to zaradi pomanjkanja osebja in gospodarnosti (različne dimenzije in vrste lesa na gradbišču) ne bilo smotno.

Ad 10: Skupno z ing. Lapajnetom, ing. Omerzo, Kamnikarjem in Sitarjem meni, da naj bi se ustanovile za izdelovanje opažev centralne delavnice, kjer bi imeli za to delo postavljeni izvedenci na razpolago sortiran les in specialno orodje. Taki opaži bi bili cenejši od onih, ki se izdelujejo na gradbiščih. Delavnice bi ustanovili pri večjih podjetjih ali za vse mesto (za Ljubljano n. pr. pri podjetju »Tesar«).

Ad 11: Podjetje, ki izdeluje in postavlja opaže, naj bi tudi razpaževalo konstrukcije. V tej zvezi bi bilo rešeno tudi vprašanje lastništva opaža.

Ad 13: Podjetje »Tesar« naj bi imelo poseben oddelek za opaže in odre, kjer bi se kvalificirani delavci izpopolnjevali. Enako naj bi bil nekdo za to delo odgovoren v grupi statikov Slovenija-projekta.

Ing. S. Bubnov.

Ad 2: Diskutant omenja opažna sistema Dywidag in Bauunion. Za okrogle opaže priporoča lesenitne plošče v lesenih okvirih.

Ad 3: Za tipizirane opažne sisteme (Dywidag) se najbolj uspešno uporabljajo deske debeline 25 mm.

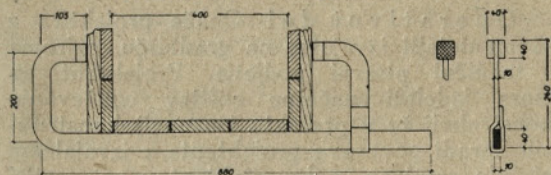
Ad 6: Z ing. Omerzo meni, da bo dolžina pažnih žičnikov dvakratna debelina lesa in da naj bodo ti zabiti tako, da so glavnice otipljive.

Ing. Vladimir Čadež.

Ad 5: Diskutant navaja posebne jeklene sponke, ki so se odlično obnesle (slika B).

Ad 6: Za sestavo opažnih tabel priporoča uporabo lesnih vijakov, ki so se že pred vojno dobro obnesli.

Ad 13: Na gradbiščih bi bilo treba prirejati predavanja o novejših izsledkih v tesarstvu (opaži, odri). V inozemstvu taki tečaji uspešno delujejo.



Sl. B

Ing. Jože Ferenčak:

Ad 13: Diskutant opozarja na tehnično izrazoslovje, ki ga naj literatura zajame v zadostni meri.

Alojz Kamnikar.

Ad 4: Diskutant predlaga, da se uvede namesto izraza »Ramenat« izraz »Oblikovnik«.

Ad 6: Odobrava predloge ing. Lapajneto na osnovi zelo dobrih izkušenj pri opaževanju rebrastih stropov na Pošti v Ljubljani. Vogalne letvice so se v tem primeru odlično obnesle.

Ad 11: Opozarja na neprimeren postopek odstranjevanja opažev. Les se meče iz velikih višin in se pri tem razbije. Za razpaževanje je treba posebnega orodja. Les se naj po razpaževanju skrbno očisti in vskladišči.

Ad 9: Glede projektiranja opažev meni, da bi bilo smotrno nekaj projektantov pre-

mestiti na velika gradbišča, s čimer bi bila tudi glede opažev povezava med projektanti in izvajalci tesnejša.

Ad 12: Z ing. Umekom, ing. Lapajnetom in ing. Pengovom meni, da se opažni les po odstranitvi uporabi za stropove (štukaturni in nasipni opaž). Seveda mora biti les zdrav; slab les se naj izloči že pri izdelavi opažev.

Viljem Klemenc.

Ad 7: Deske se naj skoblja na strani, ki ni obličasta. Za razpaževanje morajo imeti gradbišča primerna orodja.

Ing. Svetko Lapajne.

Ad 7: Diskutant izjavlja, da nudi strojno skobljanje desk poleg gladke površine še to prednost, da napravlja skobelni stroj iz neenakomerno debelih desk enako debele.

Ad 11: Podjetje za opaže bi moralo imeti primerna skladišča za sortiranje in zavarovanje opažev.

Ing. N. Lukman.

Ad 12: Diskutant izjavlja, da dela žagarska industrija največ za izvoz in da dobe naša gradbišča zato kakovostno slabši les. Isto je glede dimenzij. Omenja tudi, da bo 1952 izšel nov standard za les.

Ing. Maks Megušar.

Ad 13: Diskutant poudarja, da je treba specializirati tesarske in delovodske šole in ugotavlja, da je težišče na srednjem in nižjem osebju.

Ing. Igor Omerza.

Ad 3: Diskutant navaja, da je treba za opaževanje predorov vzeti zaradi trpežnosti 48 mm plohe.

Ad 4: Pri dimenzioniranju opažev je treba računati na dejstvo, da se pojavljajo pri hitrem napredovanju betoniranja stebrov in zidov bistveno večji stranski pritiski na opaže kot pri počasnem betoniranju. Pogosto je zelo ekonomsko, če se uporabijo kot opore za lesene table jekleni oblikovniki.

Ad 7: Priporoča impregnacijo opaža s karbamidno smolo.

Ing. Franjo Rašner.

Ad 5: V zvezi s sponami omenja diskutant sistem »Schnellspanner«.

Ing. Ljudevit Skaberne.

Ad 2: Diskutant navaja skupaj z ing. Bubnovom sisteme opažnih tabel iz kombiniranega gradiva (leseno ogrodje s salonnitnimi ploščami in aluminijastimi oblogami). Z ing. Omerzo ugotavlja tudi, da so se obnesle lesene table na jeklenih okvirih.

Ad 5: Priporoča morebitne salonnitne distančnike.

Ad 6: Z ing. Omerzo se strinja v tem, da ustrezajo tudi krajši žičniki za sestavo tabel, če so na razpolago, ker se lažje izvlečejo in so cenejši, priporoča pa širše glavnice na žeblih.

Ad 8: Kvaliteta lesa za opaže naj bo III. oz. IV. kategorije in naj ustreza standardu. Kakovost lesa je sorazmerno slaba, tudi odstopanje od standarda je precejšnje. Krivda je v proizvodnji lesnih izdelkov.

Ad 12: Glede končne uporabe opažnega lesa za stropove meni, da so ti s cementnim mlekom dobro konzervirani in zaščiteni pred gnitjem.

Ad 13: Z ing. Omerzo ugotavlja, da je treba nuditi tehničnemu osebju napredno tehnično literaturo, ki je težko dosegljiva onim, ki so izven središč delavnosti.

Ing. Srdjan Turk.

Ad 6: V zvezi z žebli predlaga diskutant, da bi podlagali pod glavice žebeljev posebne obročke.

Ad 13: Pouk problematike opažev in odranja na srednjih in visokih tehničnih šolah ne bi smel biti preveč podroben.

Ing. Anton Umek.

Ad 2: Diskutant izjavlja, da se je v njegovi praksi izkazal tablasti opaž cenejše kot plohisti tudi pri navadnem zidu. Skupno z ing. Omerzo trdi, da se mora upoštevati teža tabel. Težke table pridejo v poštev le na mehaniziranih gradbiščih, za ročno nameščanje pa naj bodo table lahke.

Ad 3: Za opaževanje naj se jemljejo deske debeline 24 mm. Opaževanje iz 18 mm se je izkazalo dražje kot iz 24 mm desk.

Ad 5: Priporoča serijsko izdelavo cevnih distančnikov iz lesa ali iz kartona.

Ad 6: Primerna dolžina žeblija je enaka dvojni debelini desk, ker se ost na drugi strani pri zabijanju nekoliko zakuje.

Ad 7: Kot premazno sredstvo priporoča impregnacijo z lesnim oljem.

Ad 13: Skupno z ing. Brillyjem izjavlja, da pozna postopek opaževanja le malo višjega in srednjega tehničnega osebja in zato ne more dajati navodil podrejenim. V tej zvezi bi bilo priporočljivo organizirati v mrtvi gradbeni sezoni tečaje za izpopolnjevanje v tej smeri in objaviti vse, kar je bilo na anketi sklenjenega. Enako bi morali tudi na srednjih in visokih tehničnih šolah obravnavati problematiko opaževanja in odranja.

Vsi diskutanti.

Ad 1: Vsi se v načelu strinjajo s sistemizacijo ing. Lapajmeta in s predlogom, da se uporabi namesto izraza »konstruktivni opaž« izraz »vgrajeni opaž«. Enako menijo, da je treba projektanta opažev, ki so ekonomsko izvedeni, primerno nagraditi.

## ZAKLJUČKI ANKETE O OPAŽIH

Tablasti opaži so edini pravilni tip opaževanja, bodisi, da se delajo sproti, bodisi da se izvajajo kot tipizirani montažni opaži. Za navadne tablaste opaže (netipizirane) naj se volita le dve normalni dimenziji desk: 24 mm in 48 mm. Plohi 48 mm naj se uporabljajo le pri masivnih konstrukcijah z mnogokratno uporabo istega opaža in možnostjo nameščanja težkih tabel z žerjavi. Pravilno statično dimenzioniranje opažev prispeva k ekonomski izbiri opažnega lesa ter jamči za točno oblikovanje betonske konstrukcije.

Pri določanju razdalje vertikalnih soh in veznih leg opaža je treba upoštevati brzino betoniranja in dimenzije objekta. Pri hitrem betoniranju je treba opaž ojačiti proti povečanem horizontalnim pritiskom betonske mase. Za vezanje opažev naj se uporabljajo tipizirane vezi (vogalne klešče, spone itd.) v zvezi s tipiziranimi distančniki. Krojenje

opažnih tabel naj bo tako, da bo njih razopaženje čim lažje. V ta namen se priporoča uporaba vogalnih letvic, ki se je dobro obnesla. Za opaže naj se uporabljajo žebli, katerih dolžina je enaka dvakratni debelini lesa, ki se pritrjuje. To velja samo za žeblje, ki se pozneje pri razpaženju izpulijo. Za konstruktivne (nosilne) žeblje pri montažnih opažnih tablah naj se določa dolžina žebeljev po predpisih. Žeblje naj se zabija tako, da ostane glava žeblija izven ploskve lesa, s čimer se olajša kasnejše puljenje s kleščami. Z uporabo krajših žebeljev (pri istih debelinah) se bo lahko prištedilo na teži žebeljev, les pa se bo pri razstavljanju tabel manj poškodoval.

Povsod, kjer je tehnično mogoče, naj se uporablja opaženje z montažnim tablastim opažem. Dimenzije tabel naj se določijo na podlagi prej določenega standarda lesa, tako da pri izdelavi tabel ne bi bilo odpadkov. Kot osnova za določanje dimenzij tabel se lahko uporabijo dimenzije montažnega opaža sistema Dywidag.

Tablasti montažni opaž naj se uporablja tudi pri opaženju zakrivljenih delov objekta, s tem da se izdelajo posebne table iz lesenih okvirov in opažno ploskvijo iz lesonita.

Pri betoniranju visokih objektov z montažnim opažem, naj se opaž postopoma prenaša od spodaj navzgor, v skladu z napredovanjem betoniranja, tako da se za opaž uporabi čim manjša količina lesa.

V rovih in predorih manjšega prereza, kjer ni večjega zemeljskega pritiska, naj se namesto opaža za obok uporabljajo prefabricirani železobetonski opaži.

Priporoča se strojno skobljanje opažev ter mazanje z oljnimi premazi.

Operativni del. Opaže projektira z vsemi detajli izvajalec na gradbišču, oziroma v tehnični pisarni podjetja. Projektant pa mora izdelati načelno rešitev opaževanja konstrukcij že v projektu (zasnovi) konstrukcij. Zaradi povezave projektanta z izvajalcem bi bilo smotno, del projektantov premestiti na gradbišča. (Mišljena so tu predvsem velegradbišča inženirskih konstrukcij.)

Skladiščiti je treba les po dimenzijah in kvaliteti (sortiranje lesa). Pri tem je treba svež, oziroma moker les zložiti po predpisih z vmesnimi letvami, tako da se lahko suši — da ne plesni in ne gnije. Slab, to je gnil les, se za opaženje ne sme uporabljati. Prav tako ne smemo uporabljati za opaženje les I. in II. kategorije, ker ga že tako primanjkuje za važnejše lesne konstrukcije (ostrejša itd.).

Priporočamo ustanovitev centralnih delavnic za izdelavo opaža. Te delavnice naj imajo na razpolago les, strojno orodje in kvalificirano delovno silo — tesarje-specialiste. Vodstvo delavnice naj prevzame delovodja-specialist za opažarska dela. Njegova naloga je tudi, izdelati in rešiti vse konstrukcijske detajle — delavniške risbe. Za mesto Ljubljana predlagamo ustanovitev take opažarske delavnice pri republ. podjetju »Tesar«.



za ostala podjetja Slovenije pa na sedežih lesnih obratov teh podjetij oz. na velegradbiščih, kjer je to potrebno.

Konstrukcije se mora razpaževati z vso pazljivostjo. Zato mora biti na razpolago primerno orodje. Opaže je treba po uporabi očistiti, žeblje izvleči in opaže vskladiščiti za nadaljnjo uporabo.

Nadaljnja uporaba opaznega lesa je priporočljiva za stropove (štukturni in nasipni opaž) seveda se sme uporabiti za te konstrukcije le zdrav les. Les, ki smo ga uporabili pri betonskih konstrukcijah, je impregniran s cementnim mlekom in na ta način zaščiten pred gnitjem.

Kadri: Znanje srednjih in višjih strokovnih kadrov je treba izpopolnjevati na posebnih tečajih (kratki, nekajdnevni tečaji po

možnosti v mrtvi gradbeni sezoni) v specialnih področjih gradbene dejavnosti, tako n. pr. tudi v opažih in odrih. Nuditi je treba tehničnemu kadru vso napredno tehnično literaturo. V ta namen je treba izdati primerne učbenike oz. priročnike, ki bodo dostopni tudi tistim, ki so odmaknjeni od središč delavnosti (podeželje in oddaljena gradbišča). Pri tem je treba paziti tudi na slovensko tehnično izrazoslovje. Za nižje strokovne kadre — tesarje-specialiste — je treba prirejati tudi strokovne tečaje na gradbiščih in podjetjih ter seznaniti delavce z najnovejšimi izsledki iz področja tesarskih del (opaži, odri in podobno). Pri podjetju »Tesar« v Ljubljani predlagamo, da se osnuje poseben oddelek za opaže in odre, kjer bi se tesarji-specialisti lahko izobraževali.

Dr. techn. ing. Milan Fakin:

## Nov postopek za statično preiskavo neprekinjenega nosilca na več kakor dveh podporah

Neprekinjen nosilec na več kakor dveh podporah je statično nedoločena konstrukcija, ki se v gradbeni praksi največkrat uporablja.

Z dosedanjimi postopki lahko v več ali manj posrečeni obliki izvršimo statično preiskavo takih nosilcev. V veri, da je mogoče izboljšati dosedanje postopke, podajam novo pot za rešitev danega problema.

Nov postopek je enostaven in splošen. Upoštevamo lahko obtežne primere, ki se pojavijo v gradbeni praksi, kakor tudi temperaturne razlike in posedanje podpor. Nadalje lahko upoštevamo tudi ojačitve nosilca ob podporah.

Ves postopek razvijam le v toliko, kolikor je potrebno za razumevanje in praktično uporabo.

Kakor je znano, je neprekinjen nosilec z ravno osjo, ki leži na dveh krajnih in na (n) vmesnih podporah, katere so vse razen ene premične v vodoravni smeri, n-krat statično nedoločen nosilec (slika 1).

Statično nedoločene neznanke si lahko izberemo na kaj različen način. V praksi se je izkazalo, da je najbolje, če volimo za statično nedoločene neznanke upogibne momente ( $X_i$ ), ki se pojavijo zaradi obtežbe v nosilcu nad vmesnimi podporami (i); ( $i = 1 \dots n$ ). Statično določen osnovni sistem, ki pripada tem statično nedoločenim neznankam ( $X_i$ ), obstoji torej iz skupine (n + 1) statično določenih prostoležečih nosilcev  $N_{i0}$ ; [ $i = 1 \dots (n + 1)$ ] (sl. 2).

Statično nedoločene neznanke ( $X_i$ ); ( $i = 1 \dots n$ ) lahko torej določimo na podlagi skupine (n) elastičnostnih enačb:

$$(1) \begin{cases} (1) X_1 \alpha_{11} + X_2 \alpha_{12} + \dots + X_k \alpha_{1k} + \dots + X_n \alpha_{1n} + \beta_1 = 0 \\ \vdots \\ (i) X_1 \alpha_{i1} + X_2 \alpha_{i2} + \dots + X_k \alpha_{ik} + \dots + X_n \alpha_{in} + \beta_i = 0 \\ \vdots \\ (n) X_1 \alpha_{n1} + X_2 \alpha_{n2} + \dots + X_k \alpha_{nk} + \dots + X_n \alpha_{nn} + \beta_n = 0 \end{cases}$$

ako je:

$\alpha_{ik}$  = upogibni kot ali zasuk, ki nastopi na mestu in v smeri delujoče statično nedoločene neznanke ( $X_i$ ) zaradi učinka statično nedoločene neznanke ( $X_k = 1$ ) v danem statično določenem osnovnem sistemu.

$\beta_i$  = upogibni kot ali zasuk, ki nastopi na mestu in v smeri delujoče statično nedoločene neznanke ( $X_i$ ) zaradi učinka obtežbe, temperaturnih razlik in posedanja podpor, ki delujejo ali nastopijo v danem statično določenem osnovnem sistemu.

Kakor pa je znano, je  $\alpha_{ik} = \alpha_{ki}$ , zato lahko smatramo količine  $\alpha_{ik}$ ; ( $k = 1 \dots n$ ), ki nastopijo v elastičnostni enačbi (i) kot upogibne kote ali zasuke, ki se pojavijo na mestu, kjer delujejo statično nedoločene neznanke ( $X_k$ ), če obtežimo statično določen osnovni sistem z upogibnim momentom ( $X_i = 1$ ). Iz (sl. 3) pa je razvidno, da so vsi upogibni koti ali zasuki  $\alpha_{ik}$ , ki nastopijo zaradi obtežbe ( $X = 1$ ) enaki ničli, ako je  $i - 1 > k > i + 1$ . Iz tega sledi, da nastopijo v elastičnostni enačbi (i) le trije upogibni koti ali zasuki:  $\alpha_{i, i-1}$ ,  $\alpha_{ii}$  in  $\alpha_{i, i+1}$ . Ker pa je  $X_0 = 0$  in  $X_{n+1} = 0$ , nastopita v prvi oz. zadnji elastičnostni enačbi le po dva upogibna kota ali zasuka in sicer  $\alpha_{11}$  in  $\alpha_{12}$  oziroma  $\alpha_{n, n-1}$  in  $\alpha_{nn}$ . Elastičnostne enačbe, ki pripadajo danemu n-krat statično nedoločene-

mu neprekinjenemu nosilcu, imamo torej naslednjo obliko:

$$(2) \begin{cases} (1) X_1 \alpha_{11} + X_2 \alpha_{12} + \dots + \beta_1 = 0 \\ \dots \\ (i) X_{i-1} \alpha_{i, i-1} + X_i \alpha_{ii} + X_{i+1} \alpha_{i, i+1} + \beta_i = 0 \\ \dots \\ (n) X_{n-1} \alpha_{n, n-1} + X_n \alpha_{nn} + \beta_n = 0 \end{cases}$$

Take elastičnostne enačbe, ko v vsaki nastopijo le po tri statično nedoločene neznanke ( $X_i$ ), razen v prvi in zadnji, imenujemo tročlenske elastičnostne enačbe. Te enačbe imajo zelo velik pomen v teoriji statično nedoločenih konstrukcij, posebno ker jih kaj lahko rešimo. Znani so različni grafični, kakor tudi računski postopki za rešitev takih enačb. V tej študiji podajam nov analitični postopek za rešitev tročlenskih enačb, ki je bistven del novega postopka za določitev statično nedoločenih neznanek ( $X_i$ ).

Bistvo postopka bom pokazal na skupini elastičnostnih enačb, ki obstoji iz štirih tročlenskih enačb, ki pripadajo neprekinjenemu nosilcu na štirih vmesnih podporah.

$$(3) \dots \begin{cases} (1) X_1 \alpha_{11} + X_2 \alpha_{12} + \dots + \beta_1 = 0 \\ (2) X_1 \alpha_{21} + X_2 \alpha_{22} + X_3 \alpha_{23} + \dots + \beta_2 = 0 \\ (3) X_2 \alpha_{32} + X_3 \alpha_{33} + X_4 \alpha_{34} + \beta_3 = 0 \\ (4) X_3 \alpha_{43} + X_4 \alpha_{44} + \beta_4 = 0 \end{cases}$$

Da poenostavimo računski postopek, pomnožimo vse enačbe s  $6EJ_c$  ( $E$  = elastičnostni modul snovi, iz katere je zgrajen nosilec;  $J_c$  = primerjalni vztrajnostni moment).

Skupina enačb, ki je podana z izrazom (3), dobi torej naslednjo obliko:

$$(4) \dots \begin{cases} X_1 a_{11} + X_2 a_{12} + \dots + b_1 = 0 \\ X_1 a_{21} + X_2 a_{22} + X_3 a_{23} + \dots + b_2 = 0 \\ X_2 a_{32} + X_3 a_{33} + X_4 a_{34} + b_3 = 0 \\ X_3 a_{43} + X_4 a_{44} + b_4 = 0 \end{cases}$$

ako je:

$$a_{ik} = \alpha_{ik} \cdot 6EJ_c = \text{reduciran upogibni kot } \alpha_{ik}$$

$$b_i = \beta_i \cdot 6EJ_c = \text{reduciran upogibni kot } \beta_i$$

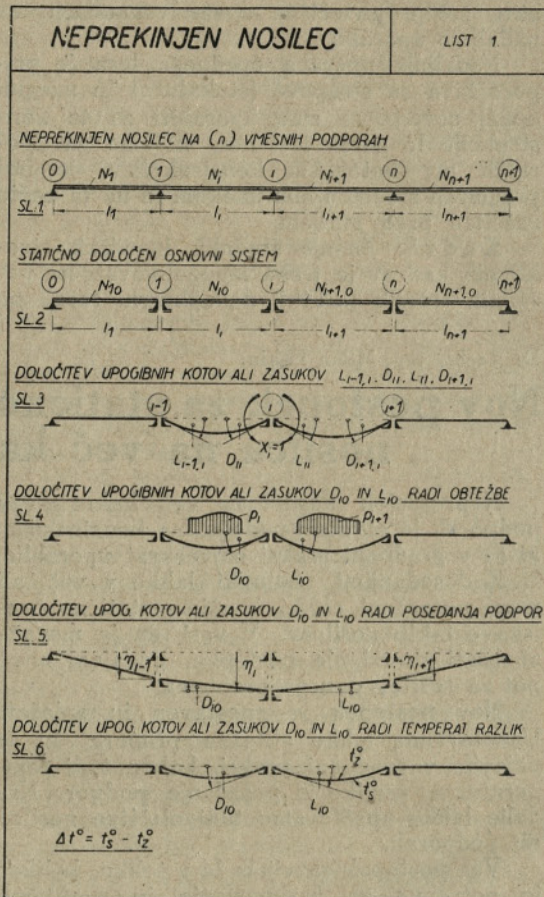
Na podlagi skupine elastičnostnih enačb, ki so podane v izrazu (4), lahko izračunamo statično nedoločene neznanke  $X_i$ ; ( $i = 1 \dots 4$ ) z naslednjim, takozvanim T-postopkom:

V vrsto ( $V_a$ ) napišemo koeficiente ( $a_k$ ) in sicer v istem vrstnem redu, kot ga imajo v elastičnostnih enačbah (izraz 4).

V vrsto ( $V_a''$ ), ki leži nad vrsto ( $V_a$ ) oziroma v vrsto ( $V_a'$ ), ki leži pod vrsto ( $V_a$ ) napišemo iste koeficiente, le da jih zaznamujemo z dvema črticama, oz. le z eno črtico.

Med srednjo vrsto ( $V_a$ ) in zgornjo vrsto ( $V_a''$ ) vpišemo v vsako kolono zaporedoma

od leve proti desni računski operacijski znamenja; odšteti ( $-$ ), deliti ( $:$ ) in množiti ( $\cdot$ ), kar se ponavlja do konca. Ravno tako vpišemo med srednjo vrsto ( $V_a$ ) in spodnjo vrsto ( $V_a'$ ) zaporedoma od desne proti levi ista računski



operacijska znamenja. Slednjič napišemo pod kolono koeficientov  $a_{ij}$ ,  $a'_{ij}$ ,  $a''_{ij}$  ( $i = 1 \dots 4$ ) količine  $A_i$ ; ( $i = 1 \dots 4$ ).

S tem postopkom smo dobili tkzv. A-matriko T-postopka.

Sedaj lahko pristopimo k določitvi  $A_i$ , ( $i = 1 \dots 4$ ), ki jih imenujemo komponente A-matrike. Najprej določimo koeficiente  $a'_{ik}$  in  $a''_{ik}$ . Koeficiente  $a''_{ik}$  določimo s predpostavko, da je  $a''_{11} = 0$  postopoma od leve proti desni s tem, da izvršimo nakazane računski operacije in sicer tako, da pričnemo vsako operacijo iz srednje vrste, torej:

$$a_{11} - 0 = a_{12}''; a_{12} : a_{12}'' = a_{21}''; a_{21} \cdot a_{21}'' = a_{22}''$$

$$a_{23}'' = a_{22} - a_{22}'' \text{ končno } a_{43} \cdot a_{43}'' = a_{44}''$$

### A-matrika.

$$(5) \dots \begin{matrix} a''_{11} & a''_{12} & a''_{21} & a''_{22} & a''_{23} & a''_{32} & a''_{33} & a''_{34} & a''_{43} & a''_{44} & \dots & V''_a \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{11} & a_{12} & a_{21} & a_{22} & a_{23} & a_{32} & a_{33} & a_{34} & a_{43} & a_{44} & \dots & V_a \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ a'_{11} & a'_{12} & a'_{21} & a'_{22} & a'_{23} & a'_{32} & a'_{33} & a'_{34} & a'_{43} & a'_{44} & \dots & V'_a \\ A_1 & & A_2 & & A_3 & & A_4 & & & & & \dots \end{matrix}$$

Koeficiente  $a_k'$  pa določimo s predpostavko, da je  $a_{44}' = 0$  postopoma od desne proti levi s tem, da izvršimo nakazane računske operacije tako, da prično vsako operacijo iz srednje vrste ( $V_a$ ), torej:

$$a_{44} - 0 = a_{43}'; \quad a_{43} : a_{43}' = a_{34}'; \quad a_{34} \cdot a_{34}' = a_{33}';$$

$$a_{33} - a_{33}' = a_{32}' \text{ končno } a_{12} \cdot a_{12}' = a_{11}'$$

Končno določimo  $A_i$  komponente; ( $i = 1 \dots 4$ ) A-matrike z računsko operacijo, ki je tudi nakazana v matriki in sicer je:

$$A_i = -a_{ii}' + a_{ii} - a_{ii}'$$

Kakor je razvidno iz postopka, so komponente  $A_i$ ; ( $i = 1 \dots n$ ) odvisne le od razsežnosti danega neprekinjenega nosilca ter neodvisne od zunanje obtežbe, posedanja podpor in spremembe temperaturnega stanja nosilca.

Sedaj lahko preidemo na določitev takozvane B-matrike, ki je popolnoma slična A-matriki, le da so izpuščeni členi  $b''_{i,i+1}$  in  $b'_{i+1,i}$ ; ( $i = 1 \dots 4$ ). B-matrika je podana z izrazom (6).

### B-matrika

$$(6) \begin{matrix} b''_{11} & b''_{21} & b''_{22} & b''_{32} & b''_{33} & b''_{43} & b''_{44} & \dots & V''_b \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ b_{11} & b_{12} & b_{21} & b_{22} & b_{23} & b_{32} & b_{33} & b_{34} & b_{43} & b_{44} & \dots & V_b \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ b_{11}' & b_{13}' & b_{21}' & b_{23}' & b_{33}' & b_{34}' & b_{44}' & \dots & V'_b \\ B_1 & & B_2 & & B_3 & & B_4 & & & & & \end{matrix}$$

in sicer je:

$$b_{ii} = b_i; \quad b_{i,i+1} = a'_{i,i+1};$$

$$b_{i+1,i} = a''_{i+1,i}; \quad b''_{ii} = 0 \text{ in } b'_{44} = 0$$

Člene vrste ( $V_b'$ ) in ( $V_b''$ ) B-matrike izračunamo na isti način, kot pri A-matriki, in sicer je:

$$b_{11}'' = 0; \quad b_{21}'' = b_{11} - b_{11}''; \quad b_{22}'' = b_{21} \cdot b_{21}''$$

$$\text{itd. in } b_{44}' = 0; \quad b_{34}' = b_{44} - b_{44}'; \quad b_{33}' = b_{34} \cdot b_{34}' \text{ itd.}$$

Končno določimo komponente B-matrike po istem postopku, kot v primeru A-matrike:

$$B_i = -b''_{ii} + b_i - b''_{ii} \quad (i = 1 \dots 4)$$

Kakor je razvidno iz B-matrike, so komponente  $B_i$ ; ( $i = 1 \dots 4$ ) odvisne od obtežbe, temperaturnih razlik in od posedanja podpor.

Na podlagi komponent  $A_i$  in  $B_i$ ; ( $i = 1 \dots 4$ ) lahko določimo statično nedoločene neznanke  $X_i$ ; ( $i = 1 \dots 4$ ) z izrazom:

$$X_i = -\frac{B_i}{A_i}; \quad (i = 1 \dots 4)$$

V primeru torej, da upoštevamo različna obtežna stanja neprekinjenega nosilca, ostanejo komponente  $A_i$ ; ( $i = 1 \dots 4$ ) A-matrike neizpremenjene, treba je določiti le nove komponente  $B_i$ ; ( $i = 1 \dots 4$ ) B-matrike, kar znatno skrajša računski postopek za določitev statično nedoločenih neznanek  $X_i$ ; ( $i = 1 \dots 4$ ).

Kakor smo že omenili, predstavljajo členi  $a_{ik}$  A-matrike reducirane upogibne kote ali zasuke, ki jih lahko določimo z izrazi:

$$a) \quad a_{ii} = \alpha_{ii} \cdot 6EJ_c = (D_{ii} + L_{ii}) \cdot 6EJ_c = 2 \cdot (K_{ii} \cdot l'_i + K_{id} \cdot l'_{i+1})$$

$$b) \quad a_{i-1,i} = a_{i,i-1} = \alpha_{i-1,i} \cdot 6EJ_c = L_{i-1,i} \cdot 6EJ_c = l'_i$$

$$c) \quad l'_i = \frac{l_i \cdot J_c}{J_i}$$

$$d) \quad K_{ii} = \left[ 1 - (1 - m_{ii}) \frac{\bar{v}_{ii} (3 - \bar{v}_{ii})}{2} \right]$$

$$e) \quad m_{ii} = \frac{J_i}{J_{ii}}; \quad \bar{v}_{ii} = \frac{v_{ii}}{l_i}$$

$$f) \quad K_{id} = \left[ 1 - (1 - m_{id}) \frac{\bar{v}_{id} (3 - \bar{v}_{id})}{2} \right]$$

$$g) \quad m_{id} = \frac{J_{i+1}}{J_{id}}; \quad \bar{v}_{id} = \frac{v_{id}}{l_{i+1}}$$

ako je (glej sliko 3 in 4):

$D_{ii}$  = upogibni kot ali zasuk nosilca  $N_{i0}$  statično določenega osnovnega sistema v podpori (i), ki nastopi zaradi učinka upogibnega momenta  $X_i = 1$ ;

NEPREKINJEN NOSILEC		LIST 2
I TABELA KOLIČIN $L'_{i-1,0}$ IN $D'_{i,0}$		
	$L'_{i-1,0} = \frac{6EJ_{i-1,0}}{l_i}$	$D'_{i,0} = \frac{6EJ_{i,0}}{l_i}$
	$\frac{p \cdot l^2}{4}$	$\frac{p \cdot l^2}{4}$
	$\frac{p \cdot c \cdot b}{12} (l^2 - b^2 - \frac{c^2}{4})$	$\frac{p \cdot c \cdot a}{12} (l^2 - a^2 - \frac{c^2}{4})$
	$\frac{7}{60} p \cdot l^2$	$\frac{8}{60} p \cdot l^2$
	$\frac{P \cdot a \cdot b}{12} (1 + b)$	$\frac{P \cdot a \cdot b}{12} (1 + a)$
	$\frac{3P \cdot a}{1} (1 - a)$	$\frac{3P \cdot a}{1} (1 - a)$
	$\rho' = (1 + \frac{1}{2m^2}) \frac{EP}{l}$	$m = \text{ŠTEVILO SIL}$
	$\rho = \frac{m+2}{m+1} \frac{EP}{l}$	$m = \text{ŠTEVILO SIL}$
	$\omega_M = (3f'^2 - 1)$	$\omega_M = (3f^2 - 1)$
	$-\frac{\eta-1-\eta}{l^2} 6EJ$	$\frac{\eta-1-\eta}{l^2} 6EJ$
	$\frac{3c_t \Delta t E J}{h_t}$	$\frac{3c_t \Delta t E J}{h_t}$
	$\Delta t = t_3^0 - t_2^0$	

- $L_{ii}$  = upogibni kot ali zasuk nosilca  $N_{i+1,0}$  statično določenega osnovnega sistema v podpori (i), ki nastopi zaradi učinka upogibnega momenta  $X_i = 1$ ;
  - $L_{i-1,i}$  = upogibni kot ali zasuk nosilca  $N_{i,0}$  statično določenega osnovnega sistema v podpori (i-1), ki nastopi zaradi učinka upogibnega momenta  $X_i = 1$ ;
  - $J_i$  = najmanjši vztrajnostni moment nosilca N;
  - $J_{ii}$  = vztrajnostni moment prereza nosilca  $N_0$  tik levo podpore (i);
  - $J_{id}$  = vztrajnostni moment prereza nosilca  $N_{i+1,0}$  tik desno podpore (i);
  - $J_c$  = primerjalni poljubni vztrajnostni moment, ki je ponavadi najmanjši med  $J_i$ ;
  - $l_i$  = razpetina nosilca  $N_{i,0}$ ;
  - $v_{ii}$  = dolžina ojačitve (vute) nosilca  $N_{i,0}$  levo od podpore (i);
  - $v_{id}$  = dolžina ojačitve (vute) nosilca  $N_{i+1,0}$  desno od podpore (i);
  - $K_{ii}$  = koeficient, ki je odvisen od načina, kako poteka vztrajni moment  $J_{ix}$  vzdolž nosilca  $N_i$ ;
  - $K_{id}$  = koeficient, ki je odvisen od načina, kako poteka vztrajnostni moment  $J_{i+1,x}$  vzdolž nosilca  $N_{i+1}$ .
- Koeficienta  $K_{ii}$  in  $K_{id}$  lahko določimo z izrazi, ki so podani v enačbah izraza (7) d) in f).

**NEPREKINJEN NOSILEC** LIST 3

*NEPREKINJEN NOSILEC S ŠTIRIMI PODPORAMI. SPLOŠNI PODATKI*

$J_1 = J_2 = J_3$      $J_c = J_{cmm}$      $l_i = \frac{J_c \cdot l_i}{J_i}$   
 $\bar{v}_i = \frac{v_{1i}}{l_i}$      $\bar{v}_{id} = \frac{v_{1d}}{l_{i+1}}$      $m_{ii} = \frac{J_i}{J_c}$      $m_{id} = \frac{J_{i+1}}{J_c}$   
 $K_{ii} = \left[ 1 - (1 - m_{ii}) \frac{\bar{v}_{ii}(3 - \bar{v}_{ii})}{2} \right]$      $K_{id} = \left[ 1 - (1 - m_{id}) \frac{\bar{v}_{id}(3 - \bar{v}_{id})}{2} \right]$   
 $a_{ii} = 2(K_{ii} \cdot l_i + K_{id} \cdot l_{i+1})$      $a_{i-1,i} = a_{i,i-1} = l_i'$

dim	i = 1					
	1		2		3	
	l	d	l	d	l	d
$l_i$	m	7,00	9,00	8,00		
$J_i$	m <sup>4</sup>	0,008	0,013	0,008		
$J_i'$	m <sup>4</sup>	0,065	0,065	0,065		
$J_c$	m <sup>4</sup>	0,008	0,008	0,008		
$l_i'$	m	7,00	5,54	8,00		
$m_i$		0,123	0,200	0,200	0,123	
$v_i$	m	1,60	1,60	1,60	1,60	
$\bar{v}_i$		0,229	0,178	0,178	0,200	
$K_{ii}$		0,722	0,799	0,799	0,754	
$a_{ii}$	m	18,96	20,92			
$a_{i-1,i}$	m		5,54			

**A - MATRIKA**

	18,961	0,292	1,616
	18,961	5,54	20,917
	1,465	0,265	20,917
$A_1 =$	17,496		
		$A_2 =$	19,301

Členi  $b_i$  so odvisni od obtežbe, posedanja podpor in temperaturnih razlik med zgornjim in spodnjim robom prereza nosilca  $N_{i,0}$  in  $N_{i+1,0}$ . Določimo jih z izrazom:

$$b_i = \beta_i \cdot 6EJ_c = (D'_{i,0} + L'_{i,0}) \cdot 6EJ_c = D'_{i,0} \cdot l_i' + L'_{i,0} \cdot l_{i+1}'$$

ako je po (sl. 4, 5 in 6)

$$D'_{i,0} = D_{i,0} \cdot \frac{6EJ_i}{l_i}; \quad L'_{i,0} = L_{i,0} \cdot \frac{6EJ_{i+1}}{l_{i+1}}$$

$D_{i,0}$  = upogibni kot ali zasuk nosilca  $N_{i,0}$  statično določenega osnovnega sistema v podpori (i), ki nastopi zaradi učinka zunanje obtežbe, posedanja podpor ali temperaturnih razlik;

$L_{i,0}$  = upogibni kot ali zasuk nosilca  $N_{i+1,0}$  statično določenega osnovnega sistema v podpori (i), ki nastopi zaradi učinka zunanje obtežbe, posedanja podpor ali temperaturnih razlik.

**NEPREKINJEN NOSILEC** LIST 4

*A - ZVEZMA OBTEŽBA*

**OBTEŽBA**

i	1	2	3
$g_i$	t/m	0,8	0,8
$P_i$	t/m	8	8

**OBTEŽNI ČLENI  $b_i$**

i	1	2	
g	$D'_{i,0}$	tm	9,8    16,2
	$L'_{i,0}$	tm	16,2    12,8
p	$D'_{i,0}$	tm	8    27,6
	$L'_{i,0}$	tm	31,6    8
$b_i$	tm <sup>2</sup>	333,2    345,0	$D'_{i,0} \cdot l_i' + L'_{i,0} \cdot l_{i+1}'$

**B - MATRIKA**

0		333,2	97,3
333,2	0,265	0,292	345,0
97,3	345,0		0
$241,7 \text{ tm}^2 = B_1$			$B_2 = 247,7 \text{ tm}^2$

**PODPORNI UPOGIBNI MOMENTI  $X_i$**

$X_1 = -\frac{B_1}{A_1} = -13,8 \text{ tm}$	$X_2 = -\frac{B_2}{A_2} = -12,8 \text{ tm}$
---	---

\* V »Neprekinjenem nosilcu«, list 4 (Obtežni členi  $b_i$ ), se izraz

$$p_{i+1} \cdot c_{i+1} \cdot a_{i+1} \left( l_{i+1}^2 - a_{i+1}^2 - \frac{c_{i+1}^2}{4} \right) l^2 + 1$$

pravilno glasi:

$$p_{i+1} \cdot c_{i+1} \cdot b_{i+1} \left( l_{i+1}^2 - b_{i+1}^2 - \frac{c_{i+1}^2}{4} \right) l^2 + 1$$

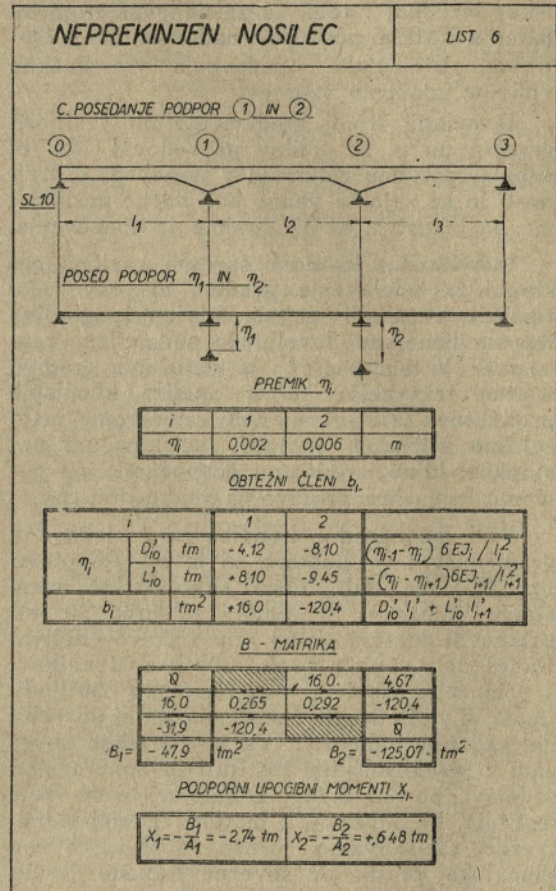
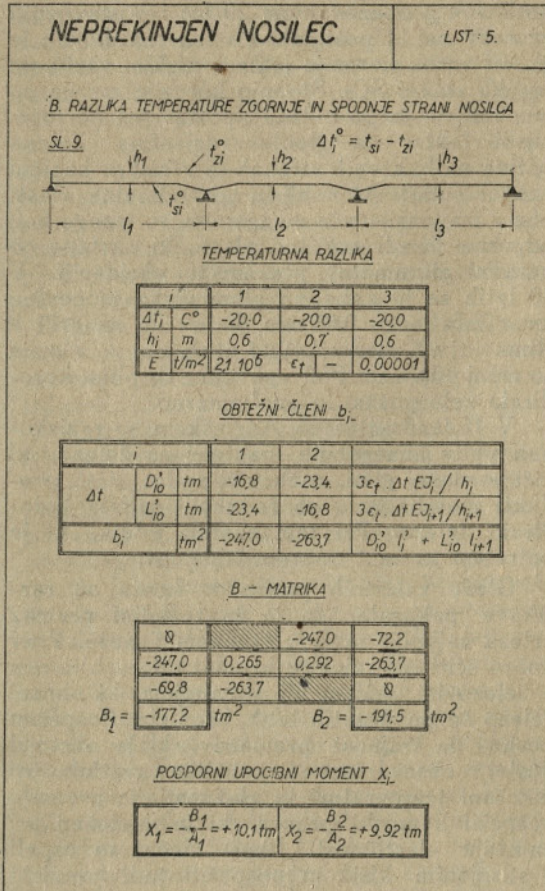
in  $a_2 = 4 \text{ m}$      $b_2 = 5 \text{ m}$      $c_2 = 3 \text{ m}$

Količine  $L'_{1-1,0}$  in  $D'_{10}$  nosilca  $N_{10}$  so podani za različno obtežbo, za posedanje podpor in za temperaturno razliko v tabeli (I). Za ilustracijo celotnega postopka podajam praktični primer za določitev podpornih upogibnih momentov nad vmesnimi podporami neprekinjenega nosilca na štirih podporah.

Kakor je razvidno (sl. 8, 7, 9, 10), lahko določimo na podlagi A-matrike, ki je neodvisna od obtežnih členov, A-komponente in

na podlagi B-matrike  $B_i$ -komponente in sicer za stalno in premično zvez-obtežbo, nato za temperaturno razliko v nosilcu in končno za posedanje podpor, kar omogoča določitev podpornih upogibnih momentov  $X_i$ .

Če poznamo podporne upogibne momente  $X_i$ , potem lahko z uporabo statičnih pogojev za ravnotežje sil določimo tudi reakcije v podporah in notranje statične količine v katerem koli prerezu nosilca.



Univ. prof. dr. ing. Janko Kavčič, Ljubljana:

## O raziskavi gradiva

(Vtisi z londonskega kongresa)

Prvi namen raziskave gradiva je bil še nedavno ugotavljanje njegove uporabnosti in skrb za kvaliteto samo v pogledu stabilnosti, trajnosti in odpornosti proti vremenskim vplivom. Za gradnjo v manj ugodnih klimatskih prilikah, v mrazu severnega pasu, v tropski vročini ali vlažnem ozračju, so pa postale prav tako važne druge lastnosti gradiva, kot izolacijska sposobnost, nepropustnost za vlago in še druge. Za moderen način hitre in smotrene gradnje je treba gradivo podeliti s tehnološkimi procesi ali z ugradnjo posebne lastnosti. Slabi gospodarski pogoji tudi ter-

jajo od raziskovalcev, da iščejo cenejše gradivo iz domačih virov. Vsako novo gradivo pa vnaša v gradnjo nove probleme in zahteva posebno raziskavo.

Vprašanje stabilnosti in trdnosti je vključeno v raziskave gradbenika, medtem ko je študij temeljnih lastnosti gradiva, ki povzročajo kohezijo in trdnost in skoro v celoti študij trajnosti in obstojnosti, področje kemika, ki se bavi z raziskavo gradiva.

Pri teh preiskavah je treba najprej ugotoviti naravne in umetne vplive na trajnost gradiva, nato lastnosti, ki so od teh vplivov

prizadete in končno lastnosti gradiva, ki so odločilne za dobro obstojnost. Določanje lastnosti, ki se pod vplivom od zunaj izpreminjajo, zahteva poseben in obsežen študij individualnih lastnosti gradiva. Gre za podrobno raziskavanje temeljnih lastnosti, ki nimajo vedno praktičnega smotra pred očmi. Študij kemijske sestave in fizikalne strukture gradiva ustvarja podlago za ocenitev strukturnih izprememb, ki nastajajo pod različnimi s poskusi ne obseženimi pogoji. Praktična vrednost takih raziskav leži tudi v tem, da za napoved trajnosti lahko s kratkim poskusom nadomestimo dolgotrajna sistematska opazovanja vremenskim vplivom izločenih vzorcev.

Dosedanji študij fundamentalnih lastnosti gradiva pa ni še toliko napredoval, da bi vzbujal posebno zaupanje v napovedi o trajnosti in se zato še vedno bolj varno naslanjamo na izkustva, ki jih dobimo iz opazovanja.

Individualne lastnosti surovin, različni postopki za izdelovanje gradiva in prav tako različni klimatski pogoji, ki jim je gradivo izpostavljeno, ne dovoljujejo shematične raziskave. V tem pogledu je raziskava gradiva znatno težavnejša kakor analiza kemijskih produktov. Zato imamo tudi razmeroma malo splošno priznanih enotnih raziskovalnih postopkov, kljub izrednemu gospodarskemu pomenu, ki ga ima gradivo za vsako državo.

Prvi mednarodni kongres za raziskave v gradbeništvu v Londonu, ki je bil v septembru 1951, je dal dobro sliko o današnjem stanju raziskav. V Angliji so pred 30 leti ustanovili državni zavod za raziskavo gradiva. Danes dela v njem preko 300 znanstvenikov, s pomožnim osebjem vred pa okrog 650 ljudi. Imajo še vrsto drugih raziskovališč, ki jih velik del vzdržuje industrija. Vsi so pa tesno povezani z visokošolskimi instituti in honorarnimi sodelavci po vsej državi. Dominioni imajo svoje institute, ki povezani z matičnimi angleškimi, tvorijo raziskovalno mrežo, obsegajočo vse klimatske prilike od severne Kanade preko centralne Afrike do Avstralije.

Iz različnih delov sveta so raziskovalci na kongresu poročali o raziskavah, izvršenih v zadnjih letih na gradbenem kamnu, kovinah, betonu, lesu, na barvah, bitumenu, sadri, apnu in o novih postopkih. Trajnost gradiva je odvisna od njegove kemijske sestave in fizikalne strukture ter od okolja. Okolje so največkrat vremenski vplivi: zrak, voda, mraz, vročina, sonce in veter.

Na kamnu so študirali vpliv žveplovega dvokisa v zraku, vpliv zmrzovanja in korozijo, ki jo povzročajo mikroorganizmi. Angleži so izračunali, da njihovi dimniki spuščajo v zrak letno 5 milijonov ton  $\text{SO}_2$  plina, ki nastaja pri gorenju premoga. Okrog 700 aparatov, razstavljenih križem po vsej državi, stalno beleži koncentracijo  $\text{SO}_2$  v zraku. Učinki onečiščenega zraka se kažejo tudi daleč od industrijskih središč na kamnu, kovinah in na betonu. Pri kamnu nastopajo komplikacije zaradi ve-

likih variacij v kemijski sestavi in strukturi. Celo pri apnencu, ki je kemijsko homogen, je po raziskavah v Franciji korozija odvisna od tolikih faktorjev, n. pr. trdote, poroznosti, da ni mogoče najti jasnih odnosov. Dostop dežnice in naravna zaščitna obloga skoro onemogočata določanje obstojnosti kamna s hitrimi metodami.

V Angliji so raziskovali obstojnost kovin na deželi, v industrijskih krajih in ob morju. Ugotovili so dobro skladnost laboratorijskih poskusov z opazovanjem 20 let izpostavljenih vzorcev na 14 postajah. Po teh raziskavah je glavni vzrok korozije jekla z nizkim vsebkom ogljika zračni  $\text{SO}_2$ . Stopnjo korozije merijo po množini rje in po videzu upoštevajoč perforacijski faktor za globlje razjedline. Zelena patina na bakrenih strehah je v bistvu bazični bakrov sulfat. Aluminij in lahke kovine, zlasti one z magnezijem in manganom, so mnogo bolj odporne zaradi zaščitne plasti, ki nastane po naravni ali umetni površinski oksidaciji. V 40 letih se je debelina aluminijske pločevine zmanjšala le za 0,05 mm, kakor so izmerili v Rimu in v Kanadi. Zlitine aluminija z bakrom so manj odporne. Pod vplivom  $\text{SO}_2$  plina korodirajo zelo počasi in enakomerno.

V Holandski in na Angleškem so raziskovali vpliv anaerobnih bakterij na železo, ki leži v vlažni glini, vsebujoči sulfat. Kisli produkti metabolizma ob redukciji sulfata korodirajo železo. Pri tem nastaja vodik, ki je potreben za rast mikroorganizmov.

Glede zaščitnih premazov kovin so raziskave pokazale, da je za temeljni premaz železa najboljši minij v lanenem firnežu. Prav dobro ščiti tudi cinkov kromat ali pa bitumen z železovim okisom ali aluminijem, ki ohrani železo še po desetih letih brez rje. Pospešen poskus na trajnost premazov, ki je obstojal doslej v obsevanju z ultravijolično svetlobo pri povišani temperaturi in vlažnosti, je premalo pospešil kemijski proces, ki je udeležen pri znižanju elastičnosti filma. Sedaj so uspeli s stisnjenim kisikom pospešiti tudi kemijski razkroj premaza in tako bolje posneti naravni razkroj.

Strešne bitumenske premaze zaporedno izpostavljajo škropljenju, ultravijoličnemu obsevanju, mrazu in vročini. Ta pospešen postopek se dobro sklada z opazovanjem v naravi in je uporaben za oceno trajnosti.

Izcvetanje soli na opekah so Holandci določali tako, da opeko postavijo v destilirano vodo, vrhnji del pa segrevajo z infrardečim sevanjem, da voda hlapi. Ugotovili so, da sme opeka vsebovati največ 0,05% MgO in prav toliko  $\text{SO}_3$ . Študirali so odnos med trdnostjo opeke in zidu, in sicer polnega in dvodelnega s špranjo za boljšo izolacijo pred vlago.

Škodljivi vplivi na beton so razmeroma prav tako dobro raziskani kakor na kovinah. Trajnost je predvsem odvisna od kvalitete betona, t. j. od poroznosti, množine vode, granulacije agregata in kvalitete cementa. Od zunanjih vplivov so pa najbolj agresivni:  $\text{SO}_2$

plin v zraku, sulfati v vodi, mehka voda in kislina, običajno z agresivno ogljikovo kislino.

Raziskana je vloga bakterioloških procesov pri koroziji betona, ki vodijo do oksidacije sulfidov v sulfate.

Na temeljito kontrolo kvalitete betona polagajo vse države največjo važnost zaradi varnosti zgradb in štedenja s cementom. Smoter nadzorstva je, zagotoviti graditelju stalno homogeno kvaliteto betona po najnižji ceni. Predpostavljati je treba stalno dobro kakovost cementa. Zaradi napačnega vezanja cementa, ki se večkrat pojavlja zaradi dehidracije sadre, merijo in uravnavajo temperaturo mlina, da preveč ne naraste. Čeprav tak cement po daljšem mešanju veže normalno, zgubi na kvaliteti, ker rabi več zamesne vode. Veliko važnost polagajo na izbiro in nadzorstvo agregata. Agregat je treba sestavljati, ker ima močan vpliv na vodocementni faktor. Od zamesne vode zahtevajo po izvršenih raziskavah, da ne sme vsebovati alkalnih soli in največ 1% SO<sub>3</sub>.

Beton je treba mešati v mešalniku pri nizki temperaturi. Ugotovili so, da je trdnost betona, mešanega pri 37° C, za 20% nižja od trdnosti, ki jo ima beton mešan pri 5° C.

Nazračeni ali air entraining beton so raziskovali temeljito in so ga sprejeli v Ameriki v splošno uporabo šele, ko so nesporno potrdili njegove prednosti. Nazračeni beton potrebuje manj vode in cementa, ga je lažje obdelavati in pri transportu ne segregira, tudi če ga prevažamo 24 km daleč. Strjen beton je odpornejši proti zmrzovanju in obstojnejši v sulfatni vodi. Ker je treba dodajati samo toliko penilca, da vsebuje beton 3—4% zračnih mehurčkov, merijo množino zraka kar s tehtanjem ali na podlagi Boyleovega zakona.

Za izdelavo betona je drugod predpisana vibracija. Pravilno zmešan beton se lahko razmeša na transportu ali pri izdelavi. V Franciji so s poskusi dokazali, da se beton posebno z debelim agregatom v nekaterih mešalnikih pri predolgem mešanju zopet razmeša. Zato je treba za vsak mešalnik določiti najkrajši in najdaljši čas mešanja. Tudi vrstni red, v katerem polnimo betonski mešalnik, vpliva na homogenost betona. Najboljše je vlitii najprej vodo, vso ali vsaj del, nato cement, pesek in na koncu gramoz.

Za kontrolo sestave svežega betona in za umeritev mešalnika uporabljajo postopek Joisela, s katerim lahko v 20 minutah določimo v betonu množino gramoza, peska, cementa in vode. Kontrola izdelanega svežega betona s to pripravo je pokazala veliko ne-

homogenost. L'Hermite poroča o primeru, ko so našli v isti plasti na enem mestu 450 kg, na drugem pa 250 kg cementa v kubičnem metru in trdnost je bila na enem mestu trikrat tako velika kot na drugem.

Po sedanjem načinu uporabljamo za kontrolo trdnosti betona istočasno pripravljene poskusne kocke. Čim skrbnejše je nadzorstvo na gradbišču, ki mora obvladati vse faze pripravljanja betona: mešanje, transport, delo in nego, tem bolj je beton homogen, tem manjši je raztros trdnosti poskusnih kock. V odstotkih izražen odmik trdnostnih rezultatov od srednje vrednosti, vpoštevajoč pri tem le večidel, t. j. okrog srednje trdnosti zgoščene rezultate, uporabljajo sedaj kot merilo za nadzorstvo betona. Tako dobljeni koeficient variacije znaša pri dobri kontroli okrog 10%, in doseže pod najslabšimi pogoji celo 36%. Splošno se zahteva, da mora pasti vsaj 80%, pri bolj zahtevnih zgradbah pa 90% vseh trdnosti poskusnih kock nad neko za objekt predpisano minimalno vrednost. To zahtevo izpolni homogen beton pri znatno nižji dozi cementa kakor slabo kontrolirani nehomogen, ki mora imeti zato precej višjo srednjo trdnost. Amerikanci so kar izračunali prihranek, ki ga dosežejo na cementu, če preidejo iz najslabše v najboljšo kontrolo betona in ta znaša pri veliki pregradi 8,250.000 dolarjev. Že pri zmernejšem poboljšanju homogenosti betona, pri znižanju koeficienta variacije od 20 na 10% prihranijo v Angliji za približno 5 šilingov cementa na kubični meter.

Preiskava betonskih kock, izrezanih iz gotove betonske konstrukcije, ne daje pravih podatkov o trdnosti konstrukcije, ker je beton nehomogen. Zato so izdelali postopek za določanje trdnosti betonskih konstrukcij brez porušanja. Ker je trdnost betona sorazmerna njegovemu modulu elastičnosti, merijo Youngov modul z vibracijsko metodo. Z avskultacijo merijo hitrost, s katero se razširja longitudinalni impuls. S tem postopkom se da izmeriti trdnost vsega betona v konstrukciji, ne da bi jo bilo treba zato porušiti. Dokazati se da tudi skrite razpoke in izmeriti njihovo globino ali globino vložene armature. Youngov modul kaže boljše soglasje z natezno trdnostjo kakor s tlačno. Dokazano je pa, da ima beton z dobro natezno trdnostjo vedno tudi dobro tlačno trdnost, medtem ko obratno to ne drži.

S temi modernimi metodami smo dobili možnost za racionalno izkoriščanje trdnosti cementa, ki ima za posledico velik prihranek, na drugi strani pa omogočajo varno gradnjo, ker z njimi lahko pravočasno odkrijemo defekte v betonskih konstrukcijah.

## Prispevek k vprašanju o izboru pilotnega ali plitvega temeljenja\*

### I.

Začasni jugoslovanski tehnični predpisi za običajno gradbeno temeljenje in za temeljenje na koleh<sup>1)</sup> ter navodila<sup>2)</sup> k tem predpisom dajejo za izbor, za dimenzioniranje in za konstrukcijo temeljev na koleh dokaj obsežne smernice, ki upoštevajo načela in dognanja sodobne mehanike tal. Na prvi letni skupščini Jugoslovanske sekcije Mednarodnega društva za mehaniko tal in fundiranje (l. 1949 na Bledu) je opozoril na nekatere probleme temeljenja na koleh Djordje Lazarević<sup>3)</sup>. Dragocen pregled o dosedanjih teoretičnih raziskovanih problema nosilnosti poedinih kolov ter zelo zanimive podatke o nekaterih meritvah deformacij poizkusnih kolov ter temeljev na koleh je podal Herbert Meiseider v predavanju, ki ga je imel letos v Ljubljani kot gost Tehniške visoke šole<sup>4)</sup>. Vprašanje o pravilnem izboru temeljenja na koleh se torej v naši tehniški javnosti ne postavlja na novo. Vendar se pri zasnovi in izvedbi temeljev značaj, vloga in upravičenost temeljenja na koleh še vedno zelo pogosto napačno tolmačijo.

Ne predpisi, ne analize v slovstvu seveda ne morejo podati šablonskih rešitev za vse pestre probleme, ki se postavljajo pri silno raznolikem sestavu temeljnih tal, obremenjenih z zgradbo te ali one vrste. Vsak primer zahteva svojega preudarka. Predhodna izkustva morejo biti pri takšnem preudarku zelo koristna. Z namenom, da se posredujejo našim projektantom nekatera domača izkustva in da se z razpravo o njih izbistre osnovni problemi, objavljamo tu podatke o nekaterih primerih, ki so bili obravnavani v Laboratoriju za mehaniko tal Tehniške visoke šole v Ljubljani.

### II.

Najbolj opravičljivi so temelji na koleh v primerih, koli prebijemo s koli površinske ali vmesne stisljive plasti in prenesemo breme stavbe na odpornejše globokejšje sloje. Če je prehod iz zelo stisljivih v zelo odporne sloje nagel, nosijo koli samo z nogo (konico) kot izraziti »stoječi« koli. Če pa je prehod postopen ali če so pod zelo stisljivim slojem zmerno odporna tla, prodro koli toliko globoko v nosilni sloj, da prenašajo breme v tla tako s konico (peto) kot s spodnjim delom oboda (trupa). Dva primera te vrste pilotnega temeljenja so temelji visokega žitnega hranika v Zalogu pri Ljubljani in temelji Zveznega instituta za elektrozveze v Dragi pri Ljubljani. V obeh primerih so imeli koli nalogo,

da izločijo vmesni, neenakomerno debeli, zelo stisljivi sloj barjanske gline, ki bi povzročila pri normalnem temeljenju v prvem primeru (debelina stisljivega sloja okrog 3 m v globlinah 6 do 9 m pod površino) dodatne usedke okrog 65 mm, v drugem primeru (debelina sloja do 3 m v globlinah okrog 2 do 6 m pod površino) do 85 mm. V obeh primerih je prihajalo v poštev tudi to, da se stisljivi sloj izloči enostavno z izkopom in se postavi na spodnji odpornejši plasti poglobljeni ploski ali kladezni oz. blokovni temelji. Takšna rešitev je bila v obeh primerih zavržena iz bojazni, da bi bilo odvajanje podzemne vode glede na razpoložljiva sredstva predrago in prezamudno. Zdi se pa, da so bile kalkulacije premalo temeljite. Po drugi strani je bila v obeh primerih podtalnica vendarle toliko nizko, da je bilo treba zaradi forsiranja lesenih kolov dno temeljev čezmerno poglobiti in izvršenih temeljev ni mogoče smatrati kot tehnično najprimernejšo rešitev. Vsekakor pa so bila v obeh primerih tako sondažna dela kakor tudi preizkušnje nosilnosti dovolj obsežne, da je bilo mogoče zagotoviti docela varno konstrukcijo. Nekateri podatki o izvršenih meritvah morejo prispevati k jasnosti o vlogi dinamične in statične preizkušnje nosilnosti kolov in jih tu objavljamo.

Na stavbišču v Zalogu je bil poizkusno obremenjen 540 cm dolg lesen kol z zgornjim premerom 25 cm. V tleh je tičalo 515 cm dolžine, od tega verjetno približno zgornjih 245 cm v sami barjanski glini, spodnjih 270 cm pa v peščenih in drobno prodnatih tleh, ki so zlasti neposredno pod barjansko glino precej ilovnata. Obremenitev je bila proizvajana s hidravlično stiskalnico, reakcijo pa so prevzemali štirje podobni koli, zabiti v tla v isti vrsti približno v oseh razdaljah po 120 cm. Obremenitev je bila v 95 minutah v 10 stopnjah večana do 52 t. Na sliki 1 kaže krivulja  $B_F$  časovno stopnjevanje obremenitve, krivulja  $B_i$  časovno stopnjevanje izmerjenih deformacij glave kola, krivulja B pa je sovisnica med obtežbo in končnimi deformacijami posameznih obtežbenih stopenj. Trajanje posameznih stopenj je bilo sicer kratko (povprečno samo 10 minut), toda vse do 7. stopnje (40 t) so se razvile deformacije takoj v prvi minuti in se v naslednjih minutah niso večale. — Izmerjenim deformacijam so vzporejene elastične deformacije kola (krivulja C), ki se morejo predvidevati ob pridržku, da se prenaša breme v tla samo s trenjem v delu kola, ki sega pod barjansko glino skozi peščenoprodna tla, t. j. na dolžini 270 cm (diagram A na sliki 1); vzamemo, da so torne sile v tem delu po obodu enakomerno razdeljene; konica sama

\* Referat na 3. letni skupščini Jugoslovanske sekcije Mednarodnega društva za mehaniko tal in fundiranje (20. oktobra 1951 na Bledu). Besedilo referata je v VI. delu skrajšano.

1) Privremeni tehnički propisi za obično gradjevinsko fundiranje i fundiranje na šipovima. Beograd 1948.

2) Uputstvo za primenu privremenih tehničkih propisa za obično gradjevinsko fundiranje in fundiranje na šipovima. Beograd 1950.

3) Djordje Lazarević, Osvrt na neke probleme fundiranja na šipovima. Naše gradjevinarstvo 1949, str. 790—798, Beograd.

4) Herbert Meiseider, Problemi temeljenja na koleh. Gradbeni vestnik 1951, št. 5-6, Ljubljana.

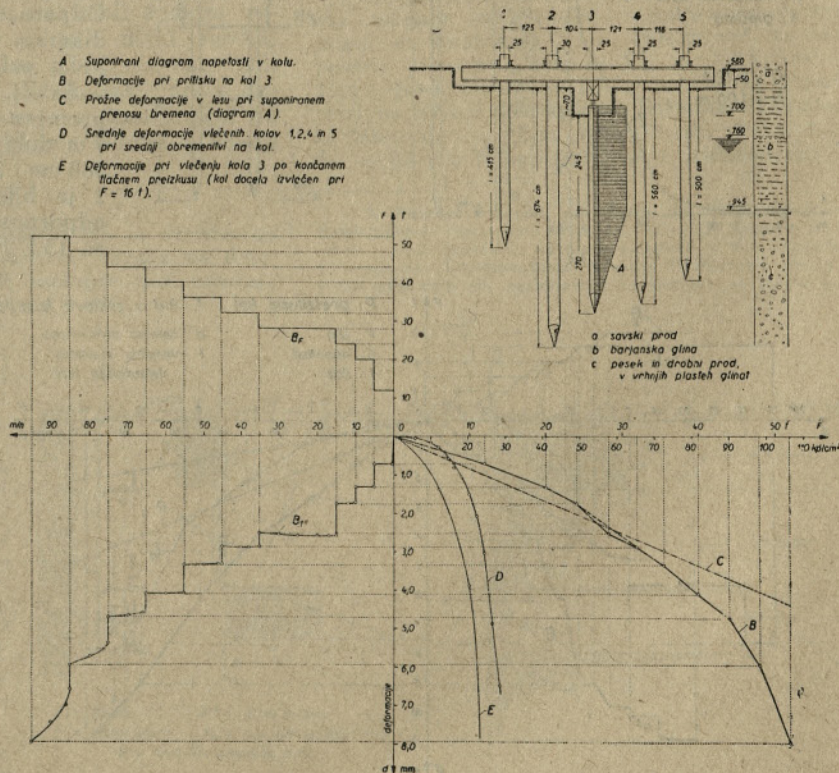


ni več obremenjena; upoštevamo modul prožnosti lesa  $E = 100.000 \text{ kp/cm}^2$ . Vzporeditev tako izračunanih deformacij z izmerjenimi kaže, da se v peščenih tleh pod stisljivo glino na kratki razdalji prenese vse breme v tla in da je del kola ob nogi verjetno že brez napetosti. Šele pri večjih obremenitvah se prenaša del obtežbe v tla z nogo (vendar moramo upoštevati, da je pri večjih napetostih v lesu tudi modul prožnosti lesa manjši). Vsekakor so bile pri izrabni obremenitvi 28 t deformacije samih tal pod peto kola zelo majhne (morda nekaj desetink milimetra). (Velikost trajnih deformacij po razbremenitvi žal ni bila izmerjena.)

Pri opisani preizkusni obremenitvi so bili merjeni tudi premiki (dvižki) glav nategovanih kolov (1, 2, 4, 5), ki so prevzemali reakcijo obremenitve. Srednje vrednosti teh izmerkov so nanesene na sliki 1 v odvisnosti od srednje obremenitve na en kol ( $1/5$  preizkusnega bremena); povezane so s krivuljo D. Vzporedimo te deformacije vlečnih kolov deformacijam tlačnega kola (3) in upoštevajmo predhodno ugotovitev, da se je prenašalo pri tlačnem kolu breme v tla pretežno s trenjem ob plašču. Vidimo, da je torna odpornost nategovanih kolov v tem primeru manjša od  $1/5$  torne nosilnosti tlačnega kola. Še manjši je bil torni odpor, ki je bil registriran pri vlečenju prvotno tlačnega kola (krivulja E na sliki 1). Ti rezultati samo potrjujejo že nekajkrat publicirane ugotovitve, da z vlečnim preizkusom ni mogoče določevati tornega deleža nosilnosti kola, ker je pač zemeljni odpor pri tlačnem kolu bistveno večji. Vendar je treba pripomniti, da je odnos med aktivno torno silo tlačnega in vlečnega preizkusa odvisen tudi od zaporedja bolj in manj stisljivih plasti. (Pri opisanem načinu preizkusa morejo tudi naprotno usmerjene sile tlačnega kola in natezanih kolov motiti rezultat; toda medsebojna razdalja je bila v tem primeru proti premeru kola tolikšna, da motnje verjetno niso bile prevelike.)

Iz rezultata tlačnega preizkusa posameznega kola lahko pač sklepamo, da se kol pod takšno in takšno obtežbo ne bo nevarno ugrezal. S preizkusom se torej zavarujemo zoper nevarnost prevelikih drsnih deformacij pod konico kola. V sestavu temeljne brane se drsna odpornost tal za posamezni kol zaradi

ugodnega vpliva sosednih kolov nedvomno poveča (primerjaj ugotovitve H. Meischeiderja). Ugotovljena nosilnost kola pa je sicer potreben, a ne zadosten pogoj za varnost temelja, ki mu je posamezen kol samo element. Že same drsne varnosti ne moremo prenesti s posameznega kola na vso kolno brano. Razsežnost drsnih območij posameznega kola in vse brane je namreč zelo različna in ta območja lahko pri celotni brani zajamejo plasti drugačne vrste, nego so plasti tik pod peto kola, ki odločajo o drsni varnosti posameznega kola. Vendar pa stabilnost stavb s kolnimi branami navadno ni ogrožena, kajti temeljna dna (ravan konic kolov) so globoka in njih ploskve bolj ali manj razsežne. Važnejše je, da usedkov, ki naj bi jih povzročile v tleh normalne napetosti, pri razsežnih branah ne moremo ceniti na osnovi izmerkov pri preizkusnem obremenjevanju posameznega kola. Celo v bolj ali manj homogenih tleh tu ni možna takšna cenitev usedkov glede na razliko v velikosti temeljne in preizkusne ploskve, kot je to možno — ob določenih pogojih — pri navadni preizkusni obremenitvi tal. Upoštevati je treba namreč prvič, da je razsežnost in intenzivnost tlačne ploskve v ravnici konice kola zelo odvisna od aktivnosti tornih sil ob obodu in da jo je za preizkusni kol težko oceniti, ter drugič, da se v propustnih peščenih in prodnih tleh z zabijanjem stisljivost tal v sosednji kola (pod peto in ob trupu) zmanjša; to povečanje odpornosti more precej vplivati na zmanjšanje usedka osamljenega kola, ne more pa seči posebno



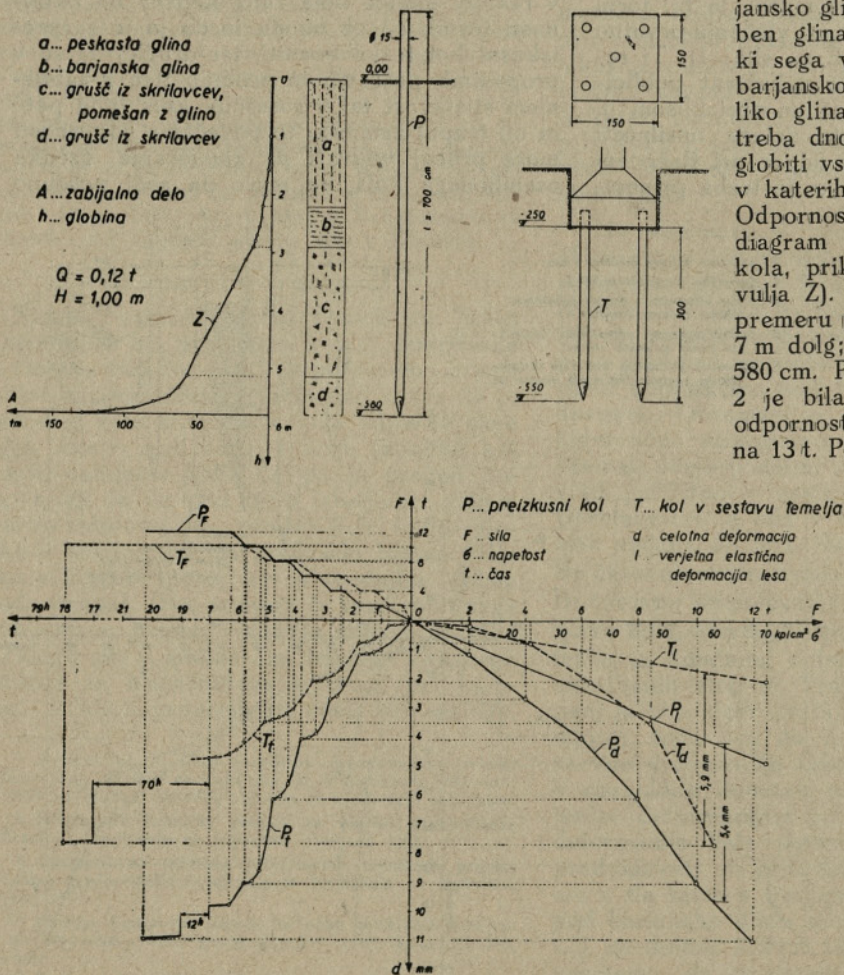
Sl. 1

globoko pod pete kolov; že blizu pod njimi ostane prirodna stisljivost slojev malone neizpremenjena. Zato je treba usedke razsežne kolne brane preračunati po podatkih ali cenitvah stisljivosti slojev pod ravnico kolnih pet enako kakor za navadne temelje (Predpisi<sup>1)</sup>, § 525).

Za obravnavani primer žitnega hranika v Zalogu nimamo posebnih podatkov o stisljivosti spodnjih tal. Če pa ocenimo srednji deformacijski modul teh peščenih in prodnih slojev, ki so v vrhnjih legah še precej ilovnati, na  $E = 1000 \text{ kp/cm}^2$  in če vzamemo, da je debelina teh plasti do praktično nestisljive skalne podlage okrog 26 m, pričakujemo usedke okrog 25 mm. Žal precizne meritve<sup>5)</sup> tudi za ta objekt niso bile izvršene ozir. so se pričele šele po končani izgradnji in delni polnitvi hranika.

Navedenim podatkom o preizkusni obremenitvi vzporedimo še rezultate za nosilnost po dinamičnih obrazcih (za preizkusni tlačeni kol). Brez upoštevanja varnostnega količnika

<sup>5)</sup> Po ustnih podatkih o meritvah, katerih zanesljivosti ni mogoče kontrolirati, se je zgradba sama med gradnjo usedla za 25 mm. Teža žita, ki je okrog  $\frac{5}{7}$  teže objekta, ni všteta. Tako bi bili končni usedki okrog 43 mm, kar bi ustrezalo — pri suponirani debelini naplavin — srednjemu deformacijskemu modulu okrog  $700 \text{ kp/cm}^2$ .



Slika 2.

je bila po podatkih zabijanja določena dinamična nosilnost po Sternu (osnovni obrazec po teoriji trka) na 84 t, po Brixu na 188 t in po Gersovanovu na 47 t. Rezultat po Gersovanovu v tem primeru še najbolj ustreza statični nosilnosti. Pri varnostnem količniku 2 bi bila dopustna obremenitev 24 t. Ker pa se lahko (po ruskih izkustvih) uporablja obrazec Gersovanova brez varnostnega količnika neposredno za dopustno obremenitev, bi lahko v našem primeru, ko je bila zahtevana nosilnost 28 t, nehali zabijati že prej pri večjem specifičnem ugrezku na dnu. Po rezultatih statične preizkušnje se zdi tak zaključek pravilen. (Tla so propustna, debelozrnata, peščenoprodna, zato imajo dinamične metode v tem primeru določeno veljavnost za relativno vrednotenje nosilnosti po ugrezkih pri zabijanju. Navedeni rezultati pa pričajo, kako velike morejo biti razlike v absolutnih vrednostih, določenih po raznih obrazcih.)

Obrazec Gersovanova je dal tudi za leseni preizkusni kol na stavbišču v Dragi rezultat, ki je v skladu s trdnostjo gradiva in s preizkusno obremenitvijo. Skozi površinsko ilovico in že omenjeno mehko barjansko glino je bil zabit kol v droben glinat gruščec iz skrilavcev, ki sega v velike globine, tik pod barjansko glino pa vsebuje še toliko glinatega polnila, da bi bilo treba dno blokovnih temeljev poglobiti vsaj za kak meter v plasti, v katerih se že pojavlja gruščec. Odpornost tal dobro karakterizira diagram zabijanja preizkusnega kola, prikazanega na sliki 2 (krivulja Z). Preizkusni kol je imel v premeru povprečno 15 cm in je bil 7 m dolg; v fleh je tičal z dolžino 580 cm. Pri varnostnem količniku 2 je bila preračunana dinamična odpornost po Gersovanovu na 13 t. Pri preizkusni obremenitvi so bile izmerjene pri 12 t (10 t) celotne deformacije 11 mm (9,6 mm), od česar odpade pri pridržku, da se vse breme prenese na tla šele ob peti, na elastične deformacije lesa 4,8 mm (4,0 mm), torej skoro polovica. Podroben potek in rezultati poizkusne obremenitve so razvidni na sliki 2 iz sovisnic med časom in obremenitvijo (P<sub>F</sub>), med časom in premiki glave kola (P<sub>I</sub>) ter med obremenitvijo in končnimi deformacijami (P<sub>d</sub>). Sovisnici P<sub>d</sub> je vzporedna še sovisnica med napetostmi in deforma-

cijami lesa (P), izračunana s pridržkoma, da se vse breme prenaša v tla šele ob konici in da je modul prožnosti lesa  $E = 100.000 \text{ kp/cm}^2$ . (Žal elastične deformacije tudi tu niso bile merjene posebej.)

Na tem stavbišču je bil preizkusno obremenjen tudi blokovni temelj z dnom v globini 2,50 m in z osnovno ploskvijo  $(1,5 \text{ m})^2$ , postavljen na 5 kolov, dolgih po 3 m. (Slika 2 desno zgoraj.) Časovna sovisnica obremenitve ( $T_F$ ) in deformacij ( $T_E$  srednje vrednosti meritev v sredinah štiriobnih stranic) ter sovisnica med obtežbo in izmerjenimi usedki ( $T_U$ ) oz. med obtežbo in računskimi elastičnimi deformacijami lesa ( $T$ ) so načrtane v diagramih na sliki 2. Pri obtežbi 51,5 t, to je povprečno 10,3 t na vsak kol, so bili izmerjeni usedki okrog 8 mm, od česar odpade zopet okrog 2 mm na elastične deformacije lesa. V tem primeru torej usedki kola v manjši skupini niso bili bistveno večji od usedkov posameznega kola, čeprav bi glede na velikost blokovnega temelja pričakovali približno enkrat večje deformacije. Upoštevati je sicer treba, da se v zgornjih plasteh gruščeca množina glinastih primesi menjava od mesta do mesta, pa tudi to, da se razvijajo deformacije pod večjo ploskvijo blokovnega temelja počasneje (zaradi globokejšega vpliva na izpremembe napetosti v tleh) in da še niso bile izmerjene deformacije po končani konsolidaciji. Izmerjenim deformacijam pod blokovnim temeljem pa bi ustrezal modul stisljivosti okrog  $470 \text{ kp/cm}^2$ , medtem ko so pri preizkusni obremenitvi s ploskvijo  $(50 \text{ cm})^2$  na vrhnji plasti iz skrilačev, pomešanih z glino, ustrezali enakim tlakom (okrog  $2,25 \text{ kp/cm}^2$ ) zelo nizki moduli okrog  $25 \text{ kp/cm}^2$  — tako nizki deloma tudi zato, ker so bile že pri nižjih tlakih drsne deformacije občutne. Tako je s temeljenjem na kolen uspelo prenesti breme stavbe v dovolj trdna tla.

### III.

Že v uvodu smo poudarili, da je aktivizacija nosilnosti posameznih slojev tal vezana na določene deformacije. Iz teh razlogov tudi navajajo naši predpisi<sup>6)</sup>, da se lahko smatrajo kot nosilni samo tisti sloji ob trupu kola, katerih stisljivost ni bistveno večja od stisljivosti tal pod peto kola, in tudi to samo s pridržkom, da med temi sloji in sloji pod peto kola ni mnogo bolj stisljivih slojev, pri katerih bi moglo negativno trenje paralizirati pozitivno trenje, izzvano v višjih slojih. To pojasnilo predpisov se opira na izsledke Mayera<sup>7)</sup>, ki je z električnimi tenzometri meril napetosti v

<sup>6)</sup> Glej pripombo 1); § 5142.

<sup>7)</sup> A. Mayer, *Quelques essais récents de charge portante de pieux*, Paris 1947.

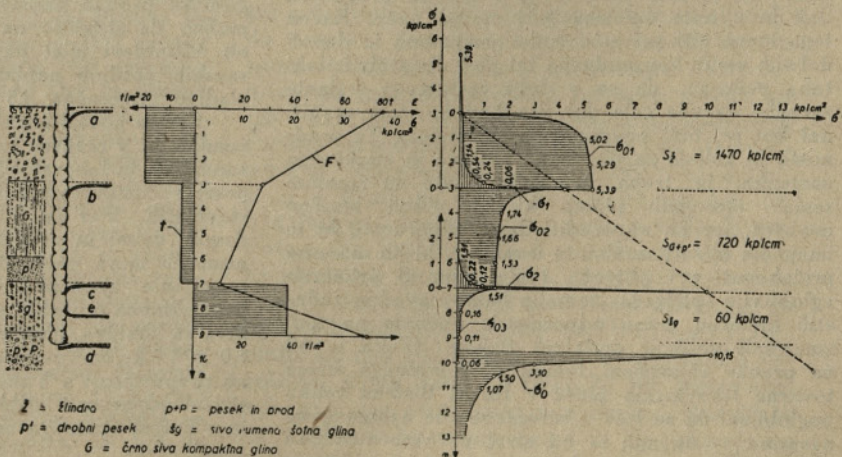
kolu in tako izračunal prenos bremen vzdolž kola. Njegov preizkusni betonski kol  $\varnothing 50 \text{ cm}$  je segal najprej skozi odpornejše vrhnje sloje žlindre, kompaktno glino in peska in potem skozi šotnato plast spet v odpornejše prodne sloje. (Slika 3.) (Če bi v Založju uporabili železobetonske kole, bi jih zabijali s horizonta nad gladino podtalnice in koli bi prav tako segali najprej skozi prodne sloje, potem skozi barjansko glino in bi tičali v spodnjih peščeno prodnih tleh. Imeli bi torej isti značaj kot Mayerov preizkusni kol.) Po njegovih meritvah (na sliki 3 je z diagramom F reproduciran rezultat skrajne obremenitve s 75 t) naj bi se v zgornjih odpornejših slojih že skoro vse breme s trenjem preneslo v tla, to je v šotnato plast, v tej plasti pa se zaradi negativnega trenja, ki ga vzbudi konsolidacija šotne plasti pod učinkom sprejetih tlakov, spet skoro vsa obremenitev vrne na kol in se v spodnjih odpornih plasteh znova s trenjem in deloma ob konici prenese v tla.

K takšnemu izmerjenemu prenosu bremena je konstruiran na sliki 3 ustrezeni diagram (t) specifičnih tornih sil vzdolž kola. Z uporabo Schenckovih enačb so bili za ta diagram tornih sil določeni diagrami navpičnih tlakov v tleh v neposredni sosesčini kola ( $\sigma_0$ ) in diagrama navpičnih tlakov v dveh mejnih horizontih in sicer ob spodnji meji žlindraste plasti ( $\sigma_1$ ) in ob zgornji meji šotne plasti ( $\sigma_2$ ) (slika 3). Diagram se pod peto kola nadaljuje z diagramom napetosti ( $\sigma_0'$ ), ki ustrezajo krožni bremenski ploskvi pete kola (za 70 t). Posameznim odsekom diagrama  $\sigma_0$  oz.  $\sigma_0'$  so pripisane ustrezne velikosti ploskev tlačnih diagramov. Če te ploščine S, izražene v  $\text{kp/cm}$ , delimo z ustreznimi deformacijskimi moduli E, dobimo deformacijo d:

$$d = \frac{S}{E}$$

Za približno orientacijo ocenimo deformacijske module (upoštevajoč zgostitev zaradi zabijanja): za žlindro na  $E_z = 1500 \text{ kp/cm}^2$ , za kompaktno glino in pesek na  $E_G = 750 \text{ kp/cm}^2$ , za šotno glino na  $E_s = 60 \text{ kp/cm}^2$  in za vznožni prod na  $E_P = 1000 \text{ kp/cm}^2$ . Ustrezne deformacije bi bile:  $d_z = 1 \text{ cm}$ ,  $d_G = 2 \text{ cm}$ ,  $d_s = 1 \text{ cm}$ ,  $d_P = 0,5 \text{ cm}$ . V horizontih se z oddaljenostjo od

8) Wolfram Schenck, *Zur Frage der Tragfähigkeit von Ramppfählen*. Bautechnik 1938, str. 731—753. Schenck je poiskal v svoji disertaciji navpične napetosti v tleh okrog kola z integracijo Boussinequovih oziroma Fröhlichovih enačb za vence navpičnih sil, enakomerno razvrščenih ob obodu kola.



Sl. 3

oboda kola napetosti in s tem deformacije zelo hitro zmanjšujejo. Ob desni strani kola so na sliki 3 shematsko naskicirane deformacijske črte prvotno vodoravnih ravnin v tleh za štiri mejne horizonte (črte a, b, c, d). Deformacije, ki jih označujejo nakazane sheme (a, b, c, d), pa po medsebojni relaciji niso v skladu z deformacijami samega betona, ki ustrezajo napetostim po črti F in ki so skupaj manjši od 1 mm (okrog 0,75 mm). V skladu pa tudi niso z deformacijsko obliko (shema e), ki bi jo pričakovali pri učinku negativnega trenja v šotnem sloju. Vsi takšni preudarki bi navajali na zaključek, da bi bilo bolj logično, če bi meritve pokazale, da so vsi sloji nad izredno stisljivo šotno plastjo z njo vred pri prenosu sil neaktivni in da se vsa obremenitev prenaša v tla šele v prodnem sloju, torej ob nogi kola. Tudi ne glede na ugotovljene deformacijske sovisnosti je oddajanje in ponovno vračanje obtežbe pri statičnem pojavu nerazumljivo. Zato bi bilo koristno, da bi se zanimive Mayerove meritve nekajkrat sistematsko ponovile in da bi se — če bi meritve ponovno pokazale enake rezultate — poiskalo tolmačenje ugotovljenege pojava. Rezultat — tak ali tak — sicer ne menja končnega zaključka, da nosi kol samo z nogo, če je nad nosilnim vznožnim slojem vmesni stisljivi sloj, in da so vsi sloji nad stisljivim slojem praktično neaktivni. Razjasnitev rezultatov Mayerovega preizkusa pa se zdi vendarle važna za kontrolo splošnih načel o sovisnostih med deformabilnostjo in odpornostjo v skladu raznolikih vzporednih plasti s prečnimi tornimi obremenitvami.

#### IV.

V naših predpisih za temeljenje<sup>1)</sup> je nakazano kritično stališče današnje fundacijske tehnike do temeljenja s čistimi tornimi (»visečimi«) koli. Značaj čistih tornih kolov imajo koli v tleh, katerih sestav se z globino bistveno ne izpreminja. Če so tla zelo stisljiva, se tudi velikim usedkom s takšnim temeljenjem ne izognemo. Mnoga merjenja usedkov so to že potrdila. Vendar morajo biti takšni pilotni temelji v nekaterih primerih opravičljivi. Področje večjih napetosti (samo pri dovolj ozkih temeljih z relativno dolgimi koli se to področje v ravni pet kolov tudi toliko razširi, da se napetosti zmanjšajo) se namreč poglubi, v večjih globinah pa je drsna odpornost tal (zaradi obtežbe z vrhnjimi sloji) večja kot blizu površine. Tudi deformacije od normalnih napetosti se absolutno zmanjšajo toliko, kolikor je v globini predhodni tlak in z njim deformacijski modul večji. Razen tega more biti pri zelo malo propustnih in dovolj debelih slojih konsolidacija tal pod dodatnimi tlaki tako počasna, da se v dobi verjetnega trajanja zgradbe razvije šele del usedkov in sicer manjši del kot pri bolj površinskem temeljenju. Te prednosti, ki veljajo za tla enake sestave in enakšnega nastanka, je treba preceniti glede na resnični sestav temeljnih plasti, ki ni nikoli idealno enakšen, ter jih vzporediti drsni odpornosti, ki jo imajo tla bližje površini, in usedkom, ki jih moremo pričakovati pri plitvem temeljenju. S primerno vglavitvijo »plitvega« temelja bomo navadno zadostili kriteriju drsne odpornosti, obenem pa tudi zmanjšali velikost dodatnih tlakov. (Tako je bil na primer obnovljen temelj oblikovalnega stroja tovarne lesovinskih plošč v Ilirski Bistrici toliko poglobljen, da so bile odstranjene vse nehomogene nasutine — na njih je bil stroj prvotno temeljen in se je nevarno usedal — in da je izkopana gmota odtehtala težo stroja in votlastega temelja. Deformacije, ki bi bile kljub majhnemu specifič-

nemu pritisku zaradi velike stisljivosti tal občutne, so se tako reducirale na prožne neškodljive povratne deformacije.) Zanesljiv izbor pravilne fundacije pa je mogoč samo, če so tla preiskana do potrebnih globin.

V zvezi s to pripombo želimo opozoriti na nevarnost, da se brez dovolj globokega sondiranja prenašajo izkustva s sosednih stavbišč. Tako n. pr. so nekatera poslopja na Ljubljanskem barju (cerkev, šola) prav solidno temeljena, ker segajo koli skozi nenavadno porozno glino polžarico do trdnejše glinaste podlage, ki je na teh mestih v zmerni globini. Pri mostu v Podpeči n. pr. pa so naleteli na takšna trdnejša tla šele v globini 20 m. Mnoge barjanske pritlične hiše, ki so temeljene na »tornih« kolih, so se usedle za do 40 cm. Značilno pa je, da se nagnejo samo poslopja, temeljena s prav kratkimi koli in plitvo temeljena poslopja s premalo širokimi temelji; pri teh je pač drsna odpornost prekoračena in tla izpod temeljev neena- komerno drse.

#### V.

Mirje je naselje v južnozpadnem delu Ljubljane ob periferiji Ljubljanskega barja. V sestavu temeljnih tal prevladujejo mlade rečne naplavine plastičnega glinovitega prahu s prašnatim peskom<sup>9)</sup>. Med njimi se nahajajo plastoviti ali lečasti vložki drobnega in srednjega, mestoma tudi debelega peska. Vse to so v glavnem naplavine potoka Gradašnice, ki ima v gornjem toku hudourniški značaj in ki je zlasti v današnjih vrhnjih plasteh odložila — menjavajoč svojo strugo — precej drobnega in srednjega proda. Površinski sloji teh prodnih naplavin so mnogokje — n. pr. Kemijski znanstveni inštitut ob Gradaščici — v obsegu vsega stavbišča preko 2 m debeli, vendar tudi posamezne leče majhnega obsega redko presegajo debelino 4 m. Prod je naplavljen na mnogih mestih tudi v globokejših legah. Površina teh plasti je bila n. pr. pod stavbo Inštituta za šibki tok ob Volaričevi ulici v treh sondah ugotovljena v globinah med 6 in 7 m pod površino terena in na enem mestu je bilo s sondiranjem ugotovljeno, da je tam prodne naplavine več od 5 m. Drugod — n. pr. Inštitut za elektriško gospodarstvo — so naletele sonde na prod v zelo različnih globinah (6,60, 8,80, 8,50 m), ni pa bila ugotovljena debelina teh prodnih plasti. Z obstojem te globokejše prodne naplavine vsekakor ni mogoče računati, če se s sondiranjem ne ugotovi. Tako n. pr. pod zgradbo Hidrotehničnega inštituta ob Gradaščici 12 m globoke sonde na globoke prodne naplavine še niso naletele. V temeljna tla stavbišč na severnem koncu Mirja in ob Aškerčevi ulici pa segajo mestoma že vložki savskih prodnih naplavin. — Podtalna voda ima gladino povprečno 2,5 do 3 m pod površino.

Ker se konsistenca plastičnih glinatih prašnatih zemljin, ki v sestavu tal prevladujejo, z globino po sondažnih in laboratorijskih podatkih ne izboljšuje, pride v poštev temeljenje na kolen samo na tistih stavbiščih, kjer je v zmerni globini ugotovljen dovolj debel in zvezen prodni sloj. Tudi v teh primerih mora pokazati kalkulacija, ali je takšno temeljenje ekonomsko opravičljivo. Značilna in prevladujoča prašnata zemljina je sicer precej stisljiva in drsljiva (modul stisljivosti pri tlakih med 1,0 in 1,5 kp/cm<sup>2</sup> povprečno okrog E\* = 50 kp/cm<sup>2</sup> ob prepustnosti s k med 10<sup>-7</sup> in 10<sup>-8</sup> cm/sek in pri strižni odpornosti približno s kohezijo 0,10 kp/cm<sup>2</sup> in s kotom strižnega odpora med 22° in 24°). Ven-

<sup>9)</sup> Glej tudi razpravo: Ivan Sovinc, Prispevek h geotehnčni karti Ljubljane, Gradbeni vestnik 1951, str. 1—17, Ljubljana.

dar so usedki, ki se dobe z običajnim geomehanskim računom za napetosti v dnu temeljev med 1,0 in 1,5 kp/cm<sup>2</sup>, navadno v mejah 5–8 cm, ki se za to vrsto stavb morejo dopustiti.<sup>10)</sup> Tlaki v dnu temeljev se lahko vzamejo v označenem intervalu tem višji, čim debelejši so površinski sloji prodnatih ali peščenih zemljin. Tlačni diagrami se namreč pri te vrste stavbah že v globini 2 m precej zožijo, tako da se v večjih globinah ploskev diagramov s povečanjem tlakov v dnu temeljev (ob neizpremenjeni teži objekta) ne poveča bistveno. Zato je na tistih stavbiščih, kjer so nad glinatimi prašnatimi zemljinami naplavljeni zvezni sloji peska in proda, ugodno čim plitveje temeljenje. Tako so bili za temelje Inštituta za elektrogospodarstvo in Kemičnega znanstvenega inštituta dovoljeni tlaki 1,50 kp/cm<sup>2</sup>. Nasprotno se morejo na stavbiščih, kjer površinskih prodnih ali peščenih slojev ni, dopustiti večji tlaki šele pri večji globini temeljenja, kajti v višjih legah je drsna odpornost tal premajhna.

Vseh 6 štiri- do petetažnih inštitutskih objektov (kot etaža šteta tudi klet in pritličje), ki so bili po l. 1945 postavljeni na Mirju ali so še v gradnji, je bilo plitvo temeljenih z normalnimi razširjenimi temelji, ojačenimi z železobetonskimi vezmi, ali s sistemom železobetonskih temeljnih nosilcev. Samo pri enem (Inštitut za šibki tok) je prišla resno v poštev varianta s pilotnim temeljenjem, ker so tri sonde v globini 6 m naletele na prod; sondažna dela pa so bila premalo obsežna, da bi se mogla zveznost in zadostna debelina teh dobro nosilnih slojev dovolj zanesljivo ugotoviti. Zelo verjetno je, da bi v tem primeru popolna sondaža in ekonomska primerjava odločili za temeljenje na kolen. Pribiti pa je treba dejstvo, da so naša gradbena podjetja za temeljenje na kolen slabo opremljena in da se ga branijo tudi v primerih, ko bi bilo umestno.

Na nobenem od teh 6 objektov (nekateri so še v gradnji) se doslej niso pokazale škodljive razpoke. Za dva obstoje (sicer pomanjkljivi) podatki o usedanju stavb. Tako se je šolski objekt Hidrotehničnega inštituta v stadiju od gradnje nad kletno ploščo pa do izgradnje — brez izrabne obremenitve in pred zasipavanjem okolnega terena — usedel za 34 mm, medtem ko so bile z računom, osnovanim na edometriških preiskavah stisljivosti, predvideni celotni usedki povprečno 75 mm veliki (58 do 88), če se teoretične vrednosti, ustrezajoče gibkim bremenom, zaradi togosti temeljev reducirajo za 25%. (Dodati je treba povprečno 25 mm za vpliv nasipa okolnega terena.) Če štejemo za temelje, klet ter izrabno obremenitev 35% celotne obtežbe, so izmerjeni usedki okrog 70% računsko napovedanih absolutnih usedkov. Del te razlike gre sicer na račun časovnega razvoja usedkov oz. konsolidacije temeljnih tal, ki ob navedenem izmerku še ni bila končana. Vendar so tudi vzporeditve med moduli stisljivosti, pridobljenimi za isto zemljinu z edometriško preiskavo na eni in s poizkusno obremenitvijo na drugi strani, pokazale, da dajo edometriške preiskave za module stisljivosti prenizke rezultate. — Razmeroma veliki so izmerjeni usedki visokega laboratorijskega dela tega trakta (35 mm), če upoštevamo, da srednja obremenitev temeljne plošče (7 t na m<sup>2</sup>) ne dosega teže 5 m globokega izkopa. Izmerjenim deformacijam ustreza modul prožnosti okrog 125 kp/cm<sup>2</sup>. — Drugi podatek imamo za stavbo Inštituta za elektriško gospodarstvo. Z računom so bili tu

napovedani usedki 60–80 mm, pri čemer je bilo poudarjeno, da so osnovne supozicije računa pesmistične. Meritve so pričele šele 22. V. 1950 po surovi dograditvi dveh etaž (kleti in pritličja). Po dograditvi štirih etaž so bili 16. XI. 1950 za 8 točk (4 v sredini ob dilataciji in 4 na koncih) tega 84 m dolgega in 16 m širokega objekta izmerjeni usedki 3,9 do 8,1 mm, po surovi dograditvi vseh petih etaž pa 4. IV. 1951 usedki od 10,1 do 17,3 mm. Ker ustrezajo izmerjeni usedki približno 40% računске obremenitve, moremo oceniti končne in skupne resnične usedke — če upoštevamo še časovni razvoj — na 50–60 mm. Računati moremo torej, da se bodo resnični usedki napovedanim precej približali.

V zvezi s problemom, ki ga obravnavamo, želimo na osnovi zgornjih ugotovitev poudariti le to, da je mogoče tudi na tleh, za kakršna so prej navadno zahtevali temeljenje s koli, postaviti dovolj težke objekte na plitve temelje in da je mogoče upravičiti stabilnost ter napovedati usedanje teh temeljev z dovolj zanesljivimi geomehanskimi računi. Po drugi strani kažejo podatki, ki so nam na razpolago o temeljenju Kemičnega inštituta TVŠ ob Aškerčevi cesti, kako se s temeljenjem na kratkih tornih kolih, ki ne sežajo do debelejših prodnih slojev, stojnost zgradbe ne poveča in usedanje ne zmanjša, marveč more takšna »ojačitev« temeljne konstrukcije učinkoviti prav nasprotno. Ti podatki so toliko poučni, da jih bomo tu podrobneje navedli in analizirali.

Preudarek, po katerem je bilo leta 1939 predlagano temeljenje stavbe na zabutih 4 m dolgih železobetonskih kolih z nosilnostjo 20 t, je bil napačen. Sondirali so samo s tremi jaški, globokimi 430, 280 in 310 cm. Na zglaženi površini dna teh jaškov so izvedli poizkusno obremenitev na ploskvah 400 cm<sup>2</sup>. Ker so glinaste sestavine tal drsljive, peščene pa nekoherentne in nagnjene k plavljenju (pri primernem strujnem padcu), je razumljivo, da površinska obremenitev na majhni ploskvi ni mogla dati zanesljivih podatkov ne o usedljivosti, ne o drsni odpornosti tal. Na osnovi teh podatkov pa je bila ocenjena nosilnost tal z 0,5 kp/cm<sup>2</sup> in je bil napravljen zaključek, da morejo temeljni nosilci prenesti na tla samo specifične tlake 5 t/m<sup>2</sup>, ostalo obremenitev pa je treba prenesti na kole. Glede na tak zaključek je bila ocenjena v statičnem računu nosilnost kolov najprej po Dörr-ovem obrazcu (za  $\varphi = 25^\circ$ ,  $\gamma = 2 \text{ t/m}^3$ ,  $t_a = 1,70 \text{ m}$ ) na 14,4 t oz. 20,2 t za 4 m oz. 5 m dolge železobetonske kole profila 30 cm. Potem so zabili deset poizkusnih pilotov kvadratnega prereza (25 × 25 cm<sup>2</sup>) s posnetimi robovi. Na osnovi teh podatkov zabijanja so ugotovili nosilnost kolov po Brixovi formuli. Za dva poizkusna kola so vzporedili rezultate, ki se dobe za ugrezke pri ponovnem zabijanju po enodnevnem premoru. Rezultate za ta dva kola tu navajamo in jih primerjamo še z rezultati, ki se dobe po obrazcu Ger-s o v a n o v a.

<sup>10)</sup> Navodilo k predpisom za temeljenje <sup>2)</sup>, str. 30.

Kol	Nosilnost v tonah			
	po Brixu*)		po Gersovanovu*)	
	pred odmorom	po odmoru	pred odmorom	po odmoru
P 10	49	127	28	47
P 9	24	71	18	34

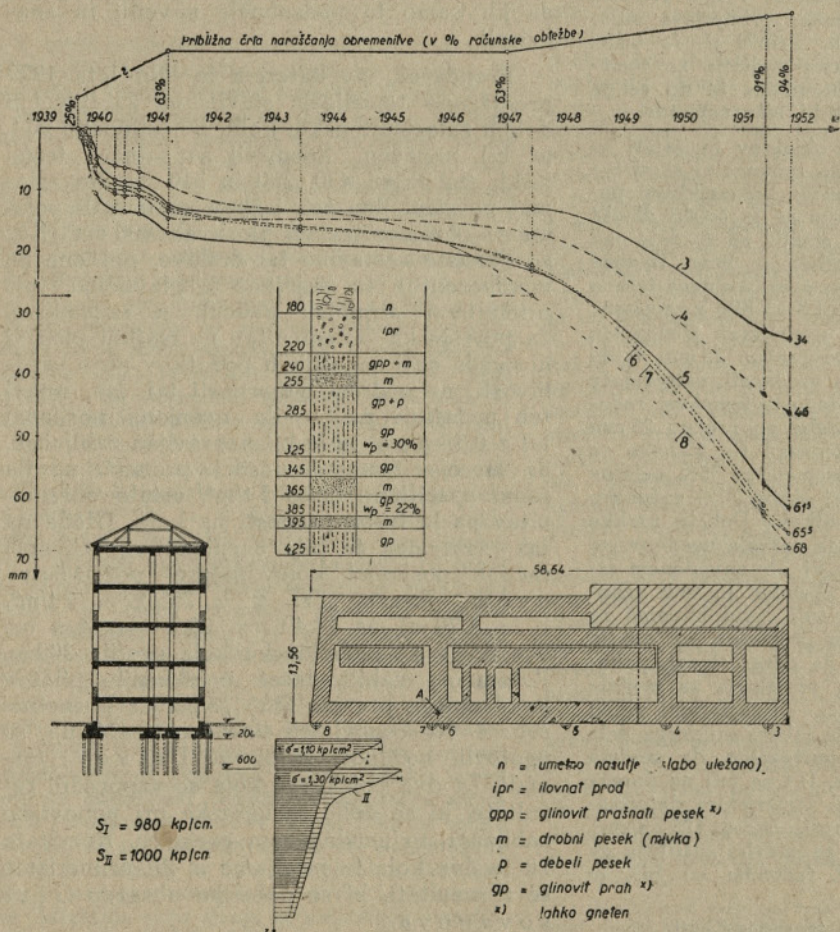
\*) brez varnostnega količnika

Ugrezki pri prvem zabijanju so bili največji za kol P 9. Na osnovi takšnega poizkusnega zabijanja so se odločili za 4 m dolge kole z dopustno obremenitvijo 20 t. Ker pa so se pri pilotiži koli v nekaterih delih stavbišča intenzivneje ugrezali, so povečali število kolov za 50%, tako, da je odpadla — po statičnem računu — na en kol obtežba okrog 13,3 t. Če pa prištejemo še obremenitev, ki je bila pripisana tlem neposredno pod temeljnimi nosilci, se poveča obtežba posameznega kola povprečno približno za 30% na 17 do 18 t.

Kljub temu, da so takšne obremenitve posameznega kola v primerjavi z dinamično odpornostjo pri zabijanju dovolj nizke, so se temelji precej intenzivno ugrezali — zlasti v zadnji etapi obremenitve. Deformacije so pričeli opazovati 26. VIII. 1939, ko je bila za betonirana plošča nad prvim nadstropjem, tako da so bila temeljna tla obremenjena približno že s 25% računске obtežbe. Po koncu l. 1940, ko je bila dograjena nosilna skeletna

konstrukcija s stropovi in s streho — kar ustreza približno 63% računске teže objekta — je bila zaradi okupacije gradnja ustavljena in se je nadaljevala šele l. 1947. Zadnje meritve<sup>11)</sup> so bile registrirane 4. X. 1951, ko je bila zgradba docela dograjena, tako da so bila temeljna tla obremenjena približno s 94% računске obtežbe; (upoštevamo, da je bil v stavbi šele manjši del izrabne obremenitve). Na sliki 4 so naneseni diagrami izmerkov za repere 3 do 8, ki so vzdani ob cestnem pročelju približno 30 cm nad cestno površino in ki je njihovo mesto razvidno iz tlorisa temeljnega dna na sliki 4. Iz teh diagramov ponesemo naslednje značilnosti: 1. Pri povečanju obtežbe od 25 na 63%, t. j. za 38%, se je usedla stavba za časa gradnje povprečno za 13,3 mm, z dilatacijo oddeljeni daljši južni del (reperi 5 do 8) pa povprečno za 13,2 mm. Če suponiramo enako intenzivnost usedanja v prvi etapi obremenitve (do 25%), ko deformacije še niso bile merjene, bi bile skupne deformacije do prekinitve gradnje oziroma do zadnje meritve pred okupacijo (6. III. 1941) povprečno 22 mm (za ves objekt kakor tudi za sam južni del). 2. V 6<sup>1</sup>/<sub>3</sub> leta, ko je delo počivalo in se obtežba ni večala, so te deformacije narastle povprečno za 7,5 mm za ves objekt oziroma za 10,4 mm za južni del, to je za 34 oz. 47% začetnih vrednosti; 6. VI. 1947

so bile povprečne deformacije 29,5 oziroma 32,4 mm. 3. Po obnovi gradbenih del so se ob povečanju pritiskov na tla za nadaljnjih 31% (t. j. na 94% računске obtežbe) povečale deformacije v 4<sup>1</sup>/<sub>3</sub> leta (do 4. X. 1951) povprečno za 35,9 mm za ves objekt oz. 41,5 mm za južni del, t. j. skupno povprečno na 65,4 mm za ves objekt oziroma na 73,9 mm za južni del. Relativnemu povečanju obtežbe za ca 50% pristoji torej relativno povečanje deformacij za 122 oz. 128%. 4. Ob končani gradnji — čeprav je napredovala izredno počasi — deformacije niso ustaljene, temveč kažejo tendenco, da — sicer pojema-joče — nadalje rastejo. Računati moramo, da bodo končni usedki vsaj za južni trakt precej preseglji 100 mm. (Za



<sup>11)</sup> Meritve izvajanja na lastno pobudo Geodetski inštitut TVŠ v Ljubljani (prof. ing. Josip Crnjač).

primerjavo navajamo, da se po podatkih Navodil k predpisom za temeljenje<sup>10)</sup> običajno dovoljujejo za slične stavbe v skeletni konstrukciji usedki 50 do 80 mm.) 5. Zadnji registrirani usedki kažejo, da se je daljši trakt južno od dilatacije enakomerno usedel (za 73,9 mm), krajši trakt severno od dilatacije pa se je povprečno manj usedel (46,3 mm), toda zasukal se je nekoliko v smeri proti dilataciji.

Z namenom, da pojasnimo te izmerjene deformacije, smo konstruirali po običajni geomehanski metodi, sloneči na teoriji prožnosti, diagram dodatnih navpičnih tlakov v tleh pod ravno konic kolov in sicer za točko A (v bližini repera 6 po situaciji na sliki 4). Kot bremensko ploskev v ravni konic kolov vzamemo obrisno ploskev temeljnih nosilcev (tloris na sliki 4). Ker so namreč koli kratki, ne moremo pričakovati, da bi bila temeljna ploskev v ravni konic kolov večja, zlasti če upoštevamo, da sta vnanji vrsti kolov zelo redki, v prečni smeri pa so koli teh naknadno postavljenih vrst le nekaj več kot za dolžino diagonale prereza kola odmaknjeni od notranjih kolov. (Po predpisih bi morala biti ta razdalja več kot dvakrat večja.) Diagram tlakov, za katere se poveča prvotna napetost v tleh pred gradnjo, je načrtan na sliki 4 levo spodaj (krivulja II). Vzporejen mu je (krivulja I) diagram dodatnih tlakov, ki bi nastali v tleh pod učinkom plitvega temelja z dnom v globini 180 cm pod površino terena pri suponorani dopustni obtežbi tal 1,25 kp/cm<sup>2</sup>; tudi tu je odštet vpliv izkopa, tako da so dodatni tlaki v dnu samo 1,10 kp/cm<sup>2</sup>. Oba diagrama se razlikujeta samo v zgornjem delu v višini okrog 2 m; tu je diagram pilotnega temelja celo nekoliko širši. Števši od dna obeh vrst temeljev (pri pilotnem temelju se vzame dno v ravni konic kolov) merijo ploskve dodatnih tlakov:

	za pilotni temelj	za plitvi temelj
0—5 m	445 kp/cm	400 kp/cm
5—10 m	245 kp/cm	250 kp/cm
10—15 m	185 kp/cm	190 kp/cm
15—20 m	125 kp/cm	140 kp/cm
Skupno	1000 kp/cm	980 kp/cm

Žal poznamo sestav tal samo do globine 4,25 m; v izkopu za kanalizacijo vzdolž južnega roba stavbe (ob Rimskem zidu) smo klasificirali plasti tako, kot je to označeno v profilu na sliki 4. Po sestavu teh slojev moremo soditi, da so tudi v globini temeljna tla verjetno slična kakor na Mirju. Če bi ocenili srednji deformacijski modul v globini 2 m pod površino terena na  $E^* = 80 \text{ kp/cm}^2$ , v globini 20 m pa na  $E^* = 120 \text{ kp/cm}^2$  in bi vmesne module linearno interpolirali, bi dobili za točko A usedke

$$\begin{aligned} \text{za pilotni temelj} \quad U_k &= 97 \text{ mm,} \\ \text{za plitvi temelj} \quad U_p &= 103 \text{ mm.} \end{aligned}$$

Izmerjeni usedki bi torej mogli biti po absolutni velikosti razumljivi. Preseneča pa nagel porast deformacij v zadnji etapi gradnje in sicer toliko bolj, ker po podatkih z drugih stavbišč ne bi pričakovali, da je bila drsna odpornost tal izčrpana. Pri koheziji 1 t/m<sup>2</sup>, kotu strižnega odpora 22°, prostorninski teži 1,9 t/m<sup>3</sup> nad gladino podtalnice (v globini 2,50 m) in 0,9 t/m<sup>3</sup> pod gladino podtalnice (torej pri prirodnem tlaku  $p_0 = 7,45 \text{ t/m}^2$  v globini 5,50 m) dobimo mejne obremenitve ob nastopu večjih drsnih deformacij med 11 in

22 t/m<sup>2</sup> (glede na stopnjo konsolidacije). Ker obremenjevanje ni bilo naglo, bi mogli privzeti vrednost, ki je bliže zgornji meji. Dodatni tlaki, ki niso presegali 15 t/m<sup>2</sup> — če so bili v dnu kolikor toliko enakomerno razdeljeni —, torej niso nad kritično mejo. Tudi pri plitvem temeljenju v globini 1,80 m bi mogli dodatne tlake 11 t/m<sup>2</sup> dopustiti brez strahu, da bi izzvali pod dnom večje drsne premike. — Obžalovati je treba, da ni sondnih podatkov za globokejšje sloje in da ni bila izvedena preizkusna obremenitev nekaterih kolov potem, ko so bili že v skupinah zabiti. S takšnimi podatki bi se nenavadni razvoj usedanja verjetno dal pojasniti.

Obravnavani primer dovoljuje za sedaj zlasti naslednje zaključke: 1. potrebno je dovolj globoko sondiranje; 2. temeljenje s prekratnimi koli ni umestno in z njim se ne preprečijo deformacije, ki bi nastale pod primerno dimenzioniranimi plitvimi temelji; 3. nosilnost, določena z dinamičnimi obrzci po podatkih prvega zabijanja, je dvomljive vrednosti; 4. nosilnost posameznega kola ne odločuje o usedanju in o stabilnosti temeljne

## VI.

Temeljna tla koksarne v Zenici, ki je v gradnji, sestoje v globini iz nehomogenih slojev terciarnih glin. Pokriva jih 2 do 4,50 m debel aluvialni prod, ki je dokaj čist in gost. Nad prodom je tanjši sloj ilovice s humusno površino. Površina terciarnih glin je preplavljena s podtalno vodo in je mestoma v trdno plastični, mestoma v poltrdni konsistenci. V globini prevladuje poltrdna konsistenca, dobe se pa tudi trdni skrilavi sloji. Po vzorcih, ki so bili vzeti pri sondiranju in označeni kot intaktni, kakor tudi po podatkih sondnega zapisnika, bi morali sicer soditi, da se nahajajo trdno plastične zemljine tako ob površini kot tudi — med poltrdnimi in trdnimi sloji — v različnih globinah do 20 m. Že glede na geološko poreklo teh glin pa obstoji sum, da so bili vzorci razmočeni pri vzetju in da ti podatki niso zanesljivi.

Ker so baterije koksarne za neenakomerno usedanje zelo občutljivi objekti, je zahteval projektant temeljenje na koleh sistema Franki, ki naj bi prebili razmehčane površinske glinaste sloje pod prodnim krovom in stali s svojimi razširjenimi nogami na trdnih glinastih ali skrilastih plasteh. Zabijanje kolov po projektu pa je zelo počasi napredovalo. Zlasti prebijanje prodnega sloja je zahtevalo mnogo mehanskega dela. Zaradi velikega odpora tal so se kvarile opazne cevi in zabijalni pribor in delo je stalno zastajalo. Da bi bilo mogoče dovršiti delo do postavljenega roka, smo na pobudo investitorja raziskali možnost plitvega temeljenja v prodnih slojih.

Analiza, ki je slonela na podatkih sondaž, na laboratorijskih preiskavah vzorcev iz sondažnih vrti in sondažnih jaškov ter na treh poizkusnih obremenitvah površinskih glinastih slojev, je pokazala:

1. Stabilnost (varnost zoper zdrsneitev) plitvo (na plošči) temeljene stavbe bi bila dovoljna.

2. Razlike med usedki plitvega in pilotnega temeljenja bi bile:

Čas v letih	Usedki v milimetrih		Razlika
	plitvi temelj	pilotni temelj	mm
1	7	4	3
10	20	11	9
50	33	26	7
100	41	33	8

Račun teh usedkov je slonel na privzetku, da je modul stisljivosti za zgornje 3 m glinastih plasti 300 kp/cm<sup>2</sup>, za nižje plasti pa 500 kp/cm<sup>2</sup>, da je propustnost 10<sup>-9</sup> cm/sek in da velja Terzaghijeva teorija o razvoju usedanja. Prva dva privzetka sta mogla biti z navedenimi osnovami le nepopolno podprta, ker vzorci zemljin iz večjih globin niso bili zanesljivo intaktni in ker bi bilo treba rezultate analiz preizkusnih obremenitev površinskih glinastih slojev kontrolirati oz. dopolniti z daljšega trajajočo obremenitvijo na večji ploskvi z zaprtim dnom. Ta dva privzetka sta vsekakor pesimistična. Verjetneje je, da so tla v večjih globinah glinastih slojev (nad 3 m pod kontaktom s prodrom) samo v poltrdnem do trdnem stanju in mnogo manj stisljiva. Če stisljivosti v večjih globinah — to je pod nogami kolov po projektu — ne upoštevamo in vzamemo, da se s pilotiranjem izloči samo 3 m debela stisljiva plast z modulom 300 kp/cm<sup>2</sup>, bi s pilotiranjem izločili usedke 18 mm, ki bi se razvili v 1 letu do 7 mm, v 10 letih do 17 mm in v 29 mesecih okrog 12 mm. Ta zadnji podatek navajamo za primerjavo z izmerki za usedke koksarne v Watenstedtu, ki je bila temeljena s piloti sistema Franki na sličnih, a v zgornjih delih mehkejših tleh in kjer so po podatkih H. Meischeiderja<sup>1)</sup> izmerili po 29 mesecih usedek 36 mm; ti usedki so bili neškodljivi in jih v obratu sploh niso opazili.

Na osnovi takšnih rezultatov (upoštevajoč po njih verjetne relativne deformacije) smo bili mnenja, da je mogoče nadomestiti pilotni temelj s plitvim (ploščnim), če je ta ekonomsko ugodnejši, predlagali pa smo kontrolo podatkov o stisljivosti in drsljivosti vrhnjih slojev s počasno preizkusno obremenitvijo na večji (4 m<sup>2</sup>) in v dnu zaprti plošči. — Inozemski projektant pa je predlog a priori odbil — po našem mnenju brez prepričljive argumentacije.

Ob tem primeru želimo še poudariti izredno važnost pravilnega, zanesljivega sondiranja. Za pravilno zasnovano temeljev so mnogo važnejši pravilni sondažni podatki o konsistenci in plastičnosti zemljin brez laboratorijsko ugotovljenih količnikov kakor pa laboratorijske karakteristike materiala, ki so pridobljene z nezanesljivimi »intaktnimi« vzorci. Žal naša sondažna tehnika še vedno ne zadovoljuje. — Opozoriti pa je treba tudi na važnost pravočasnega, dolgotrajnega in preciznega merjenja deformacij. Šele z izkustvi, ki bodo

pridobljena s primerjavo izmerjenih usedkov z geomehanskimi prognozami na zanesljivih sondažnih podatkih, bo mogoče priti do prepričljivih opor za pravilno in ekonomsko temeljenje pri bodočih objektih.

## Pregled.

### I. Uvod.

II. Analizirani so rezultati dveh preizkusnih obremenitev »stoječih« kolov. 1. Meritve na kolu, ki je bil zabiti skozi zelo stisljivo barjansko glino v peščeno prodna tla (s prehodnim mešanim slojem) (žitni silos v Založu pri Ljubljani, slika 1), kažejo, da nosi tak posamezen kol v glavnem s trenjem; trenje pri izvlačanju je večkrat manjše od trenja pri tlačenju. Avtor opozarja, da iz preizkusne obremenitve kola same ni mogoče sklepati na usedanja razsežne pilotne brane. Potrebno je globoko sondiranje z zanesljivo klasifikacijo zemljin. 2. Primerjana je preizkusna obremenitev posameznega lesenega kola in obremenitev pilotnega temelja s petimi koli na istem stavbišču (Institut za elektrozeve v Dragi pri Ljubljani, slika 2). Koli so zabiti skozi stisljivo barjansko glino in skozi mešani prehodni sloj v grušču iz skrilavca. Tla pod posameznim kolom so se podala le nekoliko manj kot tla pod kolom v skupini; toda avtor opozarja na neenakomernost tal in na retenzijo deformacij, ki je pri kolu v skupini večja. — V obeh primerih se rezultat po zabijalnem obrazcu Gersovanova (z varnostnim količnikom 2) rezultatu preizkusne obremenitve dobro prilagodi.

III. Analizirani so (slika 3) rezultati Mayerovih<sup>2)</sup> meritev prenosa sil v pilotu, po katerih se v zgornjih odpornejših plasteh prenese večina bremena v teren, v vmesnem zelo stisljivem sloju pa se zaradi negativnega trenja spet vsa obtežba vrne na kol, stoječ v produ. Po avtorjevih analizah deformacije, ki bi jih moral povzročiti v posameznih plasteh takšen prenos sil, niso v skladu ne med seboj ne z deformabilnostjo kola. Priporoča razjasnitev pojava.

IV. Čisti torni koli v homogenih tleh morejo prenesti deformacije v takšno globino, da se doseže dovoljna drsna odpornost in nekoliko ugodnejša specifična stisljivost. Treba pa je paziti, da se — pri pomanjkljivem sondiranju — ne prenašajo na torne kole izkustva za stoječe kole, ki so v tleh enake površinske sestave dosegli v zmerni globini trdnejšo podlago. (Primer z Ljubljanskega barja.)

V. Plitvi (razširjeni) temelji institutskih stavb na Mirju v Ljubljani so se v mladih pretežno glinasto prašnatih plastičnih tleh — pogosto s tanjšim prodnim slojem ob površini — dobro obnesli. Izmerjene deformacije so v dosti dobrem skladu z napovedanimi, ki so osnovane na rezultatih geotehničnih analiz v laboratoriju in na terenu (preizkusna obremenitev). — Kemični inštitut TVŠ, ki je bil temeljen l. 1939 s kratkimi železobetonskimi koli v sličnih tleh, pa se ugreza preko običajne mere in sicer pod vplivom zadnje tretjine obremenitve s povečano intenzivnostjo (slika 4). Za boljše zasnovano temeljev (morda plitvo temeljenje) kakor tudi za pojasnitev nenavadne časovne sovisnice usedanja bi bilo potrebno globokejše in zanesljivo sondiranje.

VI. Avtor primerja deformacije, ki se morejo predvidevati za plitvo in za pilotno temeljenje koksarne na terenu iz nehomogenih terciarnih glin, pokritih s plastjo proda. Prihaja do zaključka, da pilotno temeljenje v obravnavanem primeru ni nujno in da bi se moglo zamenjati s plitvim, ki bi bilo verjetno ekonomičnejše.



## Ekonomsko dimenzioniranje armirano betonskih prerezov na upogib z uporabo nomograma

Vsakega statika bo začudilo dejstvo, da se da z enostavnim vezanjem vrednosti cene  $m^3$  betona, cene  $kg$  betonskega železa, cene  $m^2$  opaža in momenta v  $kgm$  neposredno odčitati višino nosilca ali plošče z najmanjšimi skupnimi izdatki. Posebno je zanimivo, da v predloženem nomogramu izračunamo le moment koristne obtežbe brez lastne teže. Z drugimi besedami — tu ni treba predhodno voliti višine oziroma teže nosilca ali plošče, ki ju želimo neposredno dimenzionirati.

V poslednjih 15 letih so se cene betona, betonskega železa in opaža bistveno spremenjale, tako rekoč iz dneva v dan ter se je razmerje betona in železa od leta 1939 do danes menjavalo od 300/6 do 4000/160 ne glede na spremembo lege posameznih gradbišč.

Pri vsaki spremembi cene navedenih gradiv nastajajo spremembe v razmerjih njihovih cen, s čimer se tudi menja določitev ekonomske napetosti betona. Skratka: vedno druga napetost bi dajala najcenejše prereze za isti upogibni moment, ki ga povzroči ista zunanja obtežba. Poleg teh dveh faktorjev pa znatno vpliva na ekonomijo še cena opaža. Pri tolikih spremenljivkah ne more statik naravnost odrediti najcenejšega prereza, ne da bi preizkusil več prerezov. Seveda bo tak način dimenzioniranja še bolj služil inženirjem in tehnikom, ki imajo le sem in tja opraviti s statičnimi presojami.

Primer: Za moment koristne obtežbe  $1000 kg/m^2$  pri razpetini 2,5 m prostoležeče plošče dobimo najcenejšo debelino plošče s statično višino  $h = 11$  cm za razmerje cen  $B/\bar{Z} = 300/6$ , za razmerje cen  $B/\bar{Z} = 3000/160$  je pa statična višina  $h = 18,2$  cm. Tu smo upoštevali  $\sigma_z = 1600 kg/cm^2$ .

Nomograma sta zaradi lažjega tiskanja razstavljena v dva dela. Same skale so odtisnjene brez drobne razdelitve, tako da se lahko vidi načelo dela, navzlic temu pa je možno natančno odčitavanje. Normalni nomogram za uporabo je  $25 \times 56$  cm, in ima isto razdelbo kot logaritmično računalno dolžine 13 cm, tako da se rezultati, ki jih dobimo iz nomograma, ne razlikujejo dosti od dobljenih rezultatov z računalom. Prednost tega načina dimenzioniranja je, da rezultate beremo v njihovi pravi decimalni vrednosti, ne pa kot številke brez vrednosti na računalu. Druga prednost je ta, da razen ravnala in svinčnika niso potrebni nobeni drugi pripomočki.

Za samo dimenzioniranje je pravzaprav treba le 7 skal. Če hitro potrebujemo tudi ostale dele računa, najdemo tudi te na nomogramih. Te količine so lastna teža preseka, moment, izraz  $M/b$ , površina preseka beton-

skega železa, število in profil betonskega železa. S tem nomogramom lahko odčitamo tudi napetost betona in železa ter položaj nevtralne x-osi. V kolikor ne pride v poštev ekonomsko dimenzioniranje, ker sta prerez in dopustna napetost betona že dana, tedaj ves račun skržimo tako, da potegnemo tri črte in zmanjšamo potreben čas za to delo na 4 do 6 sekund.

S tem nomogramom ne dimenzioniramo ekonomsko samo v naši valuti, temveč tudi z upoštevanjem cen v kakršni koli drugi valuti, ker je važen le odnos med eno in drugo ceno (betona in železa).

Pri izračunu cene je treba paziti na to-le:

a) cena  $1 m^3$  betona mora vsebovati vse posamezne cene, režije, usluge s I. in II. razliko, z davkom in socialnim zavarovanjem delavca ter notranjim in zunanjim transportom vgrajenega betona v opažu;

b) cena  $1 kg$  betonskega železa mora vsebovati vgrajeno, narezano in po armaturnem načrtu upognjeno železo z dodatkom za kalo in z zgoraj navedenimi režijskimi stroški;

c) cena  $1 m^2$  opaža vsebuje iste postavke kot je rečeno za beton in železo, samo s to razliko, da upoštevamo ceno opaža samo pri dimenzioniranju nosilcev in okvirov, ne pa pri ravnih ploščah. Razlika postopka pri nosilcu in ploščah je v tem, da pri plošči ni treba vzeti v poštev cene opaža, s tem pa nam ni treba iskati vrednosti  $M/b$ , niti  $B' = B \times b$ . Postopek za ekonomsko računanje plošče je torej nekoliko krajši kot pri nosilcih. Vrstni red postopka vidimo iz spodaj navedenega primera in po številkah ob veznih črtah v nomogramu.

### Navodilo za uporabo nomograma.

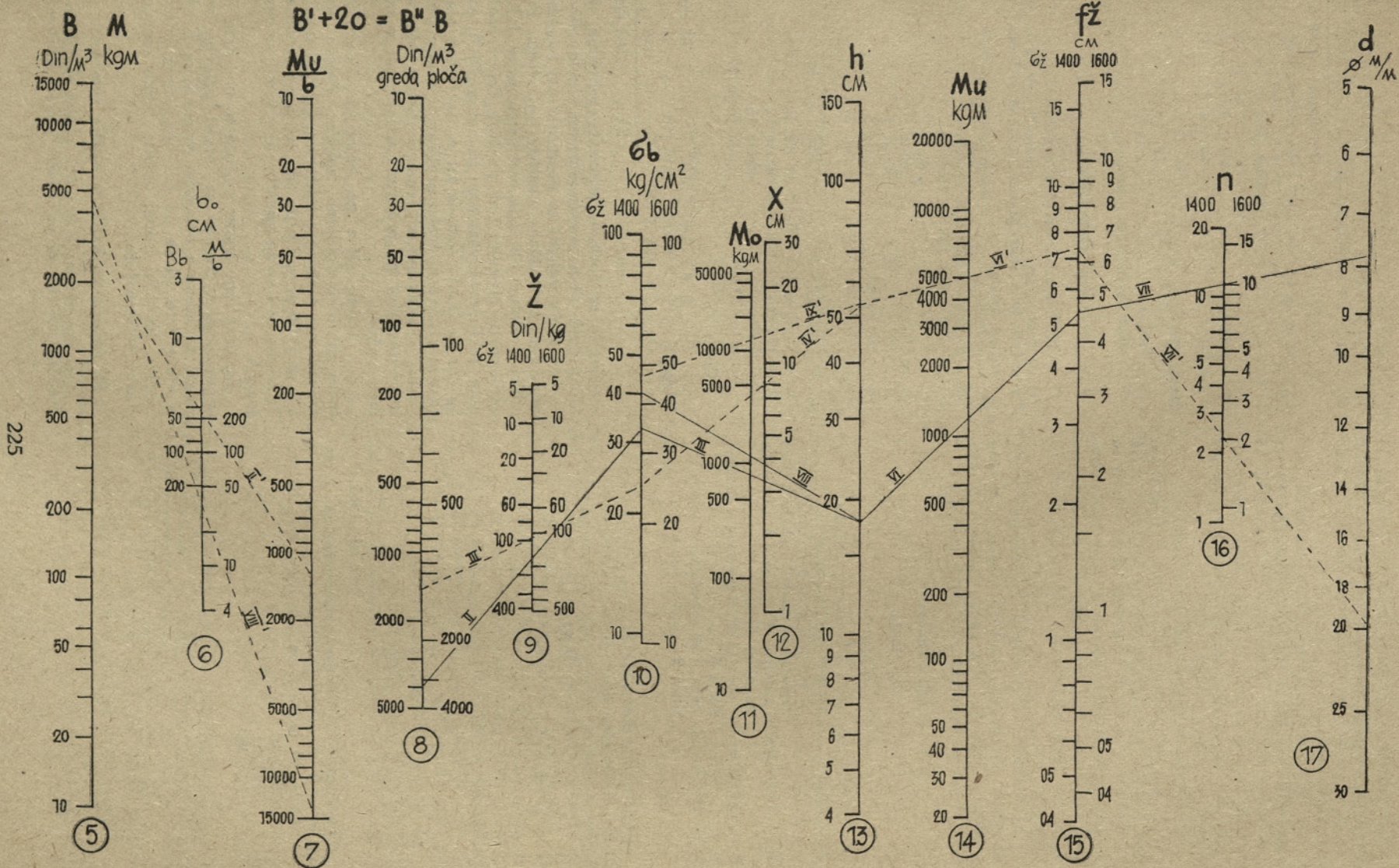
#### A. Armirano betonska plošča:

##### 1. Ekonomsko dimenzioniranje.

a) Znano koristno obtežbo na  $m^2$  plošče na skali 3 zvežemo z vrednostjo svetle razpetine 1 skale 4, vendar z voljeno vpetostjo  $l^2/s$  ali  $l^2/12$ ; vrednost  $l^2/10$  je aritmetična sredina obeh vrednosti. Na skali 5 odčitamo vrednost momenta koristne obtežbe (povečanje razpona  $1,05 \times l_0$  je v nomogramu že vračunano!). Na ta način dobimo z eno črto  $M_0$ . Moment  $M_0$  pa je lahko tudi že znan. Nato poiščemo na desni strani skale 8 vrednost  $1 m^3$  vgrajenega betona, na skali 9 pa zvežemo vrednost cene za  $1 kg$  vgrajenega betonskega železa in podaljšamo do skale 10. Dobljeno točko zvežemo z vrednostjo  $M_0$  na skali 11 ter podaljšamo do skale 13, kjer lahko neposredno odberemo najcenejšo statično višino prereza. S tem, da smo v 4 sekundah potegnili 2 črti, smo dobili iz  $M_0$ ,  $B$  in

\* dopustna napetost železa





Nomogram 1.

e) Dobljeno vrednost  $M_u/b$  na razdelbi 11 zvežemo z višino  $h$  na razdelbi 13, na razdelbi 10 in 12 pa odčitamo napetost betona in lego nevtralne x-osi.

f) Na razdelbi 14 zvežemo vrednost momenta  $M_u$  s statično višino na razdelbi 13 ter odčitamo na podaljšku črte na razdelbi 15 prerez železa v  $cm^2$ . Iz tega lahko hitro dobimo število in premer palic, kot smo že pri dimenzioniranju plošče omenili.

## 2. Navadno dimenzioniranje nosilca.

a) Dan je moment  $M_u$ , širina  $b$  (ali napetost betona ali statična višina  $h$ ) ter  $b$ . Na razdelbah 5, 6 in 7 izberemo izraz  $M_u/b$  in ga na razdelbi 11 zvežemo z dopustno napetostjo betona  $\sigma_b$ , na razdelbi 12 pa lahko odčitamo lego nevtralne x-osi in na skali 13 višino  $h$ .

b) Višino  $h$  na razdelbi 13 zvežemo z  $M_u$  na skali 14 ter na skali 15 lahko odčitamo presek železa  $f_z$ . Ves račun sestoji iz treh črt, ki jih potegnemo v 5 do 6 sekundah.

### III. Primeri:

#### A. Plošča

Dano:

$p = 1000 \text{ kg/m}^2$  skala 3, koristna obtežba  
 $l = 2,5 \text{ m}$  skala 4, svetla razpetina  
plošča leži prosto, uporabiti moramo torej razdelbo skale 4 levo  
 $\sigma_z = 1600 \text{ kg/m}^2$  razdelba 9, 15 in 16 dopustna napetost železa  
 $B = 3000 \text{ Din/m}^3$ , cena  $1 \text{ m}^3$  vgrajenega betona, skala 8  
 $Z = 150 \text{ Din/kg}$ , cena  $1 \text{ kg}$  vgrajenega železa, skala 9  
 $b = 100 \text{ cm}$ .

Iz razdelbe čitamo:

a)  $M_o = 860 \text{ kgm}$  skala 5  
b)  $h_o = 18,2 \text{ cm}$  skala 13  
c)  $H = h + 1,8 \text{ cm} = 20 \text{ cm}$  skala 1  
d)  $b = 100 \text{ cm}$  skala 2  
e)  $q = 480 \text{ kg/m}^2$  skala 3  
f)  $q_u = 1480 \text{ kg/m}^2$  skala 3  
g)  $M_u = 1270 \text{ kgm}$  skala 11  
h)  $\sigma_b = 41 \text{ kg/cm}^2$  skala 10  
i)  $x = 3,80 \text{ cm}$  skala 12  
j)  $f_z = 10 \text{ } \varnothing \text{ } 8 \text{ mm}$  skala 16 in 17

Cena  $1 \text{ m}^2$  plošče:

$B = 0,22 \times 3000 = 660 \text{ din}$   
 $Z = 4,7 \times 1,2 \times 785 \times 150 = 665 \text{ „}$

Skupaj 1265 din

Izračunano še lahko primerjamo za  $2 \text{ cm}$  tanjšo in  $2 \text{ cm}$  debelejšo ploščo.

**Plošča, ki je za  $2 \text{ cm}$  debelejša,  $h = 22 \text{ cm}$ .**

$q_v = 528 \text{ kg/m}^2$   
 $M_u = 1320 \text{ kgm}$   
 $f_z = 4,5 \text{ cm}^2/\text{m}^2$

Cena:

$B = 0,22 \times 3000 = 660 \text{ din}$   
 $Z = 4,5 \times 1,2 \times 0,785 \times 150 = 625 \text{ „}$

Skupaj 1285 din,

torej za  $20 \text{ din}$  dražje od gornje.

**Plošča, ki je za  $2 \text{ cm}$  tanjša,  $h = 22 \text{ cm}$ .**

$q_v = 430 \text{ kg/m}^2$   
 $M_u = 1240 \text{ kgm}$   
 $f_z = 5,60 \text{ cm}^2$

Cena:

$B = 0,18 \times 3000 = 540 \text{ din}$   
 $Z = 5,6 \times 1,2 \times 0,785 \times 150 = 790 \text{ „}$

Skupaj 1330 din,

torej je ta za  $65 \text{ din}$  dražja od  $20 \text{ cm}$  plošče.

#### B. Nosilec

Dano:

$l_g = 3000 \text{ kg/m}^3$  skala 3  
 $\varnothing = 4 \text{ m}$  skala 4

Nosilec je vpet  $M_{maks} = \frac{q \times l^2}{12}$

$b = 40 \text{ cm}$  skala 6

$B = 3000 \text{ Din/m}^3$ , cena betona, skala 5

$Z = 100 \text{ Din/kg}$ , cena železa, skala 9

$O = 100 \text{ Din/m}^2$ , cena  $1 \text{ m}^2$  opaža

$\sigma_z = 1600 \text{ kg/cm}^2$  skala 9, 10, 15 in 16

Ta primer je v nomogramu označen črtkano.

Iz razdelb čitamo:

$M_o = 4500 \text{ kgm}$  skala 5 in 11

$B = B \times b = 1200 \text{ Din}$  skala 7

$B'' = 1200 + 2 \times 100 = 1400 \text{ din}$  skala 8

$h = 54 \text{ cm}$  skala 13

$H = 58$  skala 1

$q = 560 \text{ kg/m}^2$  skala 3

$M_u = 5200 \text{ kgm}$  skala 5

$\frac{M_u}{b} = 13.000 \text{ kg}$  skala 7

$b$

$\sigma_b = 43 \text{ kg/cm}^2$  skala 10

$x = 12,8 \text{ cm}$  skala 12

$f_z = 6,40 \text{ cm}^2$  skala 16

$2 \text{ } \varnothing \text{ } 20 \text{ mm}$  skala 16 in 17

Cena:

betona  $B = 0,58 \times 0,40 \times 3000 = 655 \text{ din}$

železa  $Z = 6,4 \times 0,785 \times 1,5 \times 100 = 751 \text{ „}$

opaža  $O = 2 \times 0,58 \times 100 = 116 \text{ „}$

Skupaj 1562 din.

Kot je iz gornjih primerjav razvidno, je natančnost dela z nomogramom zadovoljiva za vse vrste del, ki se pojavljajo pri upogibu armirano betonskih nosilcev in plošč. Pri izbiri koristne obtežbe vzamemo prav tako zaokrožene številke tudi do 20%. Pri varnostnem koeficientu vzamemo za beton 300%, pri železu pa 200%. Zato je jasno, da tudi v statičnem računu ni treba pretiravati ter je bolj važno, da pravilno odberemo koristno obtežbo in vpetost kot pa pretirana natančnost v samem računu.

Pri računu cene za betonsko železo je treba statično dobljeno količino železa pomnožiti pri ploščah s faktorjem 1,2, pri nosilcih pa z 1,5 zaradi poševnih želez v stremenu. Ti koeficienti so že upoštevani v samih nomogramih.

Za praktično uporabo tega nomograma je najpriročajša kopija na ozalit papirju, po kateri se lahko z ošiljenim svinčnikom F ali H vleče črte, ki se jih čez nekaj časa lahko zradira. Na taki kopiji ozalita lahko dimenzioniramo eno leto.

### III. Osnova, po kateri je izdelan nomogram

Ta nomogram je grafični prikaz analitično izvedene enačbe za najcenejši prerez armirano

betonske plošče in nosilca z majhnimi poenostavitvami in korekcijami, ki so bile izvedene na nekaj sto izračunanih primerih.

Ako označimo:

$M_0$  = moment zaradi koristne obtežbe,  
 $b_0$  = širina nosilca,  
 $B$  = cena vgrajenega betona za  $1 \text{ m}^3$  v dinarjih,  
 $Z$  = cena vgrajenega železa za  $1 \text{ kg}$  v dinarjih,  
 $O$  = cena vgrajenega opaža za  $1 \text{ m}^2$  v dinarjih,  
 $\gamma_z$  = prostor, teža železa  $0,785 \text{ kg}$  enega  $\text{cm}^2/\text{m}^3$ ,  
 $\gamma_b$  = prostorninska teža betona  $2,4 \text{ ton}/\text{m}^3$ ,

$\alpha$  = koeficient vpetosti nosilca ali opaža,  
 $\beta$  = koeficient za armirani beton  $z = \beta \times h$ ,  
 $\varphi$  = koeficient povečanja preseka železa  
 $\varphi = 1,2-1,75$ ,

$h$  = statična višina nosilca ali plošče,  
 $H$  = skupna konstrukt. višina  $H = h + 2$  do  $5 \text{ cm}$ ,  
 $\sigma_z$  = dopustna napetost prereza železa,  
 $\sigma_0$  = dopustna napetost prereza betona.

Cena  $1 \text{ m}^3$  nosilca  $T = T_B + T_Z + T_O$   
 $T_B = b \times B \times b$ ;  $T_Z = f_z \times \gamma_z \times \varphi \times Z$ ;  $T_O = h \times 2 \times C$

$$f_z = \frac{M_0 + \frac{h \times b' \times \gamma_b \times l^2}{\alpha}}{\sigma_z \times h \times \beta} = \frac{M_0}{\sigma_z \times h \times \beta} + \frac{b \times \gamma_b \times l^2}{\alpha \times \sigma_z \times \beta}$$

$$T = h \times B \times b + Z \times \gamma_z \times \varphi \left( \frac{M_0}{\sigma_z \times h \times \beta} + \frac{b \times \gamma_b \times l^2}{\alpha \times \sigma_z \times \beta} \right) + 2 \times O \times h$$

z odvajanjem po  $h$  in izenačenjem z 0

$$\frac{dT}{dh} = B \times b + 2 \times O - Z \times \gamma_z \times \varphi \frac{M_0}{\sigma_z \times h^2 \times \beta} = 0$$

dobimo torej minimum  $T$ . Enačbo rešimo po  $h$  in dobimo izraz

$$h = \sqrt{\frac{M_0 \times Z \times \gamma_z \times \varphi}{\sigma_z \times \beta \times (B \times b + 2 \times O)}} \quad f_z = \frac{M_0}{\sigma_z \times h^2 \times \beta}$$

To so enačbe za nosilec. Za plošče pa so izrazi naslednji:

$$h = \sqrt{\frac{M_0 \times Z \times \varphi \times \gamma_z}{\sigma_z \times \beta \times B}} \quad f_z = \frac{M_0}{\sigma_z \times h \times \beta}$$

Prosimo cenjene čitalce, da izvolijo poslati morebitne predloge ali pripombe za izpopolnitev nomograma avtorju, ki jim bo za to zelo hvaležen. Kopije na ozalit papirju na formatu  $25 \times 56 \text{ cm}$  za praktično uporabo so na razpolago pri avtorju.

Ing. Jože Ferenčak:

## Površinske prevleke

### A. Uvod

V francoski reviji »Revue generale des routes et des aerodromes« št. 224 iz l. 1950 je G. Linkenheyl objavil pod naslovom »Enduits superficiels« izredno aktualno študijo o površinskih prevlekah.

Naslanjajoč se na to delo in upoštevajoč naše slovenske pogoje in cestne materiale, kakor tudi glede na potrebo, da dobimo v domačem jeziku razpravo, ki bo cestnim strokovnjakom in strokovnim delavcem svetovalec pri izdelavi površinskih prevlek, sem sestavil študijo o površinskih prevlekah, ki temelji na izvajanjih v omenjenem članku, na uradnih nemških predpisih, objavljenih v »Straßenbau A-Z« in na razni drugi literaturi.

Glede izrazov za posamezne vrste površinskih prevlek, odnosno površinskih obdelav, ki sem jih večinoma prestavil iz francoščine, prosim čitatelje za prijazne nasvete v želji, da dobimo slovenskemu jeziku in cestni stroki najprimernejše izraze za razne vrste površinskih obdelav.

### B. Površinske prevleke

Izraz »površinska obdelava« pomeni postopek, pri katerem zavarujemo vozišče, obdelujoč njegovo površino s hidrokarbonati in

kamenim agregatom z namenom, da bi povečali odpor proti uničevalnim silam, ki delujejo na vozišče zaradi prometa, atmosferskih vplivov in časa.

Moderna praksa pozna dva glavna sistema površinskih obdelav in sicer:

a) površinske prevleke;

b) mešanje tal (Road-Mix, Retreat process) ali obnovitveni postopek.

V Jugoslaviji se je splošno doslej uporabljalo le površinske prevleke, znane pod imenom »površinska obdelava«, medtem ko se k obnovitvenim postopkom še ni v večji meri pristopilo.

Obnovitveni postopek izvedemo tako, da obstoječe makadamsko vozišče razorjemo v globino do pribl.  $10 \text{ cm}$ , premešamo v več fazah s hidrokarbonskim vezivom, dodamo manjšo količino agregata, profiliramo in uvaljamo.

Debelina zastora površinskih prevlek je različna. Na splošno so zelo tanke, redko presega njih debelina  $30 \text{ mm}$ . Uporabljamo jih na cestah z lažjim prometom. Glede na debelino zastora, ki nastane kot posledica površinske obdelave, spadajo površinske prevleke v skupino lahkih cestnih zastorov. Najtanjše prevleke se izenačujejo s protiprašnimi

premazi, medtem ko se na drugi strani večslojne prevleke in tudi enoslojne, ki so građene z agregatom zrnatosti preko 30 mm, približujejo skupini srednje težkih zastorov. Ostrega prehoda med eno in drugo skupino ni.

Običajno površinska prevleka ni samostojni zastor, temveč je, kot že ime pove, le prevleka z vodo vezanega gramoznega vozišča ali drugih hidrokarbonskih zastorov.

Glede na namen, ki ga hočemo dati površinski prevleki, razlikujemo:

- a) protiprašne prevleke;
- b) zaporne površinske prevleke;
- c) površinske medprevleke,
- č) protidrsne površinske prevleke,
- d) nadete in impregnacijske površinske prevleke;
- e) obrabne površinske prevleke.

Posamezne vrste prevlek lahko hkrati uporabljamo za različne namene in jih težko ločimo eno od druge. Čeprav je debelina sloja prevleke razmeroma majhna, se da vendar z več sloji prevlek, ki sledijo drug preko drugega, doseči precejšnjo debelino zastora. Zanesljiv kriterij za razlikovanje površinskih prevlek dobimo le iz načina njihove izdelave.

**A. Protiprašne prevleke.** Namen teh prevlek je, da za kratko dobo preprečimo prašenje ceste. Protiprašne prevleke ločimo od ostalih protiprašnih maž le po vezivu, ki ga uporabljamo. (Maža z vodnim steklom ne spada med površinske prevleke, temveč med površinske maže.) Površino vozišča, ki jo hočemo prevleči s protiprašno prevleko, prekrijemo — brizgajoč ali premazujoč — s primerno hidrokarbonsko lepilno snovjo, ki je običajno že pri normalni temperaturi tekoča. S tem vezimo cestni prah na vozišče in oviramo njegovo nadaljnje nastajanje. Za lepilno snov uporabljamo razna asfaltna in polasfaltna zemeljska olja, razna druga bitumenska in katranska olja, rezane asfalte, premočove katrane in mrzle katrane.

Za prvo oljenje porabimo 1,5 do 2,5 l olja na m<sup>2</sup> površine. Pri drugem oljenju in pri naslednjih, t. j. če ponovimo oljenje po določeni dobi, pa zadostuje običajno že 0,5 do 0,9 l olja na m<sup>2</sup>.

Po oljenju posipljemo površino s peskom ali gruščem. Na m<sup>2</sup> porabimo glede na debelino zrna 3—7 l materiala.

**B. Zaporne površinske prevleke.** Te prevleke zapirajo površine gostih in polgostih zastorov in jih lahko štejejo za eno izmed faz izdelave teh zastorov.

**C. Površinske medprevleke.** S temi prevlekami dobimo boljšo povezavo med dvema slojema gostih in polgostih hidrokarbonskih zastorov in so prav tako kot zaporne površinske prevleke le del postopka njihove izdelbe.

**Č. Protidrsne površinske prevleke.** Gradimo jih, kadar hočemo povečati hrapavost površine drugih hidrokarbonskih prevlek. Potreba po taki spremembi površine

nastane, če je površina prvotnega zastora gladka in spolzka. Premajhna hrapavost nastane največkrat kot posledica zaradi prometa obrušene in izpolirane površine. Nastane pa tudi zaradi potenja površine, ki ima svoj vzrok v neprimerni izbiri veziva in agregata ali pa v preveliki dozi veziva.

Protidrsne prevleke lahko izvedemo na dva načina:

a) da uporabimo kot agregat surov pesek in

b) da uporabimo pesek, ki ga poprej prevlečemo s hidrokarbonskim vezivom.

V Franciji je znana in često uporabljena metoda izdelave protidrsne prevleke z imenom: »Methode papier de verre«. Pri tej metodi uporabljajo dobren grušč, zrnatosti 3 do 8 mm ali 5 do 10 mm, ki ga na cesti pred uporabo prevlečejo z vezivom. Tak grušč se prilepi in utisne v prejšnjo spolzko površino. Doza veziva pri tej metodi znaša 1,5 do 2,5% teže agregata in je odvisna od vrste peska in debeline zrn.

Postopek pri izvedbi običajne protidrsne prevleke je naslednji: Na pripravljeno, t. j. očiščeno površino vozišča razprostremo vezivo. Če uporabljamo n. pr. 50% emulzijo, rabimo na m<sup>2</sup> 0,5 do 0,8 kg emulzije. Nato peskamo z gruščem. Na 1 m<sup>2</sup> porabimo okrog 6—8 l drobnega grušča, dimenzije 3/8 mm oz. 7—10 l srednjega grušča dimenzije 5/10 mm. Grobi grušč zrnatosti 7/15 mm in drobni drobec zrnatosti 8/20 mm se le redko uporabljata in še to le pri zelo močnem potenju, pri velikem prometu in kjer je vozišče zelo mehko. Doza agregata v poslednjem primeru ne presega običajno 15 l na m<sup>2</sup>.

Vse protidrsne prevleke moramo po peškanju uvaljati.

**D. Nadete in impregnacijske površinske prevleke.** Te vrste prevlek uporabljamo kot pripravo za položitev obrabne prevleke, kjer imamo nestabilno površino.

Površine vozišč, ki so prašne ali ki imajo velik odstotek finih elementov, kot so nekateri makadami, zemeljske ceste, mehanično stabilizirana tla in podobno, se ne morejo dobro sprijeti z obrabno prevleko. Take površine moramo najprej stabilizirati. To stabilizacijo napravimo z nadeto ali pa z impregnacijsko prevleko. Tako dobimo površino, ki se da lahko očistiti in s katero se bo obrabna prevleka dobro in trdno sprijela.

Impregnacijska prevleka omogoča zaradi tekočega veziva, ki ga uporabljamo pri njeni izdelavi, da se površinski delci stabilizirajo, da se doseže nepremočljivost zastora in poveča kohezija.

Nadeta in impregnacijska prevleka sta si zelo sorodni. Prvi namen nadete prevleke je pritrditev vseh drobnih delcev površine na glavno maso, tako da nastane čista trdna površina. Vezivo samo pa ne prodre globoko v vozišče in ga je treba mnogo manj kot pri izdelavi impregnacijske prevleke.

Impregnacijska prevleka nastane z infiltriranjem veziva v voziščni zastor in preprečuje vlagi, ki se zaradi kapilarnosti dviga, da bi prodrla na površino in onemogočila pravilen sprjem obrabne prevleke. S tem preprečimo možnost odluččenja obrabne prevleke od površine vozišča. Vezivo mora zato prodreti čim globlje s površine v vozišče. Na površini ga ostane le malo. Tu veže premične delce površine.

Lepilo, ki ga uporabljamo pri teh prevlekah, mora biti sposobno, da prodre med praznine v agregatu, mora obdati vsa zrna in tudi najmanjše delce površine ter zapolniti ali začepiti kapilarne prostore ob površini zastora. Zaradi teh zahtev uporabljamo tekoče vezivo, ki ne sme prehitro sprijemati. Tem zahtevam dobro ustrezajo bitumenske emulzije, tekoči rezani asfalti in tekoči katrani.

Posebno moramo biti pazljivi pri uporabi emulzij. Emulzije s hitrim razpadom prekmalu razpadejo v stiku z drobnimi delci in prahom. Napravijo se kožice bitumena, ki niso zasidrane v vozišču.

Če imamo polodprto površino, ki ima le malo finih delcev in prahu, tedaj uporabljamo v vročem času za nadete in impregnacijske prevleke nestabilno emulzijo.

Za impregnacijo segrevajo v Franciji katran (viskozitete ne nad BRTA 300 — 4 mm — pri 30° C) na 80° C. Količine veziva za impregnacijsko prevleko znašajo 1,5 do 2 kg za m<sup>2</sup>, a za nadeto prevleko 0,5 do 1,5 kg na m<sup>2</sup> površine. Često uporabljajo Francozi za napravo nadetih in impregnacijskih prevlek tekoči rezani asfalt, znan pod imenom Cut-back 0/1 in 10/15. Ti rezani asfalti so zelo tekoči, njihovo sušenje je počasno, po izhlapljenju hlapljivih delcev ostane kot usedlina lepilo, ki ima kvaliteto in konsistenco čistega bitumena.

Cut-back 0/1 se uporablja pri voziščih, ki imajo zaprto površino z večjim odstotkom ilovice. Ker je zelo tekoč, ga ni treba greti, če znaša zunanja temperatura 20—25° C.

Cut-back 10/15 se uporablja pri srednje zaprtih površinah, pri uporabi se ga segreva na 75° C.

Množina rezanega asfalta za impregnacijske prevleke variira 1,5 do 2 kg na m<sup>2</sup> ali izjemoma 2,5 kg na m<sup>2</sup>. Za nadete prevleke pa zadostuje že 0,5 do 1,5 kg rezanega asfalta za m<sup>2</sup> površine. Množina sama je odvisna od viskozitete veziva in površinskega sestava vozišča.

Rezan asfalt se nanaša na površino v eni ali dveh fazah. Zelo tekoča veziva nanašamo v eni fazi, n. pr. Cut-back 0/1.

Srednje tekoča veziva, n. pr. Cut-back 10/15, ugrajamo v dveh fazah, ki si sledita v razdobju 24 ur. S tem dosežemo boljše pronicanje v vozišče. Impregnacijske prevleke ne peskamo, dokler ni vezivo popolnoma absorbirano. Če tekom 24 ur absorbiranje ni dovršeno, tedaj moramo kljub temu peskati. Takojšnje peskanje je iz tehničnega stališča

škodljivo, ker s tem vežemo vezivo na površini. Izvršiti ga moramo le v primeru, če ne moremo za dobo koncentracije veziva v vozišče ceste zapreti za vsak promet.

Peskanje ni potrebno, če že v kratki dobi, t. j. v nekaj tednih po dobro izvršeni impregnacijski ali nadeti prevleki pristopimo k izdelavi obrabne prevleke.

Količina peska, ki jo uporabimo pri peskanju, znaša za zrno premera 2—5 mm — 4—6 l za m<sup>2</sup> in za zrna premera 3—8 mm maks. 4—8 l za m<sup>2</sup>. Peskanje se izvrši v zelo tanki plasti, pri čemer rabi navadno katran nekoliko več kot rezan asfalt. Prevelika količina peska vpije vezivo, ki ne prodre pod površino vozišča. Po peskanju se ne sme valjati. Če je le mogoče izločimo promet, dokler postopek pronicanja ni dovršen. Če ni prometa, lahko tudi skopo peskamo, kar je pri večjem prometu nemogoče, ker se vezivo lepi na kolesa oz. ker promet odtrga nesprijeta zrna od podloge.

Od dobro izvršene impregnacijske ali nadete prevleke je odvisna tudi kvaliteta bodoče obrabne prevleke in moramo zato posvetiti vso pažnjo pravilni izbiri veziva glede na teksturo vozišča in atmosferske prilike, ki vladajo med gradnjo.

E. Obrabne površinske prevleke. Te prevleke so znane pri nas in pri nekaterih drugih narodih pod klasičnim imenom »Površinska obdelava in ojačena površinska obdelava«. Z razvitkom tehnike in znanosti pri gradnji cest se je iz prvotnega enostavnega postopka izdelave površinske obdelave razvila vrsta znanstveno in praktično utemeljenih postopkov in sistemov teh obdelav. Danes ne moremo več z enim samim izrazom označiti vse sisteme površinskih obdelav, temveč je treba tudi pri nas ustvariti novo nomenklaturu za različne vrste obdelav.

Površina vozišča, ki je podlaga za obrabno prevleko, mora biti čista, brez prahu, brez umazanije, ne sme imeti premičnih delcev, ne sme vsebovati zemlje in ilovice. Vozišče, ki ga prevlečemo z obrabno prevleko, mora biti tako, da prenese obtežbo prometa. Obrabne prevleke polagamo na:

1. neprevlečena gramozna vozišča;
2. nadete in impregnacijske prevleke;
3. stare površinske prevleke;
4. lahke, srednje in težke hidrokarbonske preproge;
5. kamnite tlake in betonska vozišča.

Glede na število slojev, iz katerih sestoji obrabna prevleka, razlikujemo navadne obrabne prevleke in ojačene obrabne prevleke.

Obrabne prevleke na še neprevlečena makadamska vozišča smemo polagati brez predhodne nadete ali impregnacijske prevleke takrat, kadar ima površina makadama lep odprt, mozaiku podoben sestav, posamezni deli površine pa so trdno stisnjeni in zasidrani v vozišče.

Na pripravljeno, očiščeno površino razpro-  
stremo vezivo. Kot vezivo se uporablja:

- a) čisti bitumen,
- b) rezan bitumen,
- c) bitumenske emulzije,
- č) katran, katran-filer in katranske emulzije.

V Jugoslaviji uporabljamo za gradnjo obrabnih prevlek največ čisti bitumen in v manjši meri bitumenske emulzije. Rezan bitumen se je doslej rabil redko, medtem ko za uporabo katrana in katranskih produktov ni pravih možnosti, ker naša industrija ne proizvaja cestnih katranov.

Na zahodu, n. pr. v Franciji, ne uporabljajo za obrabne prevleke na neprevlečeni makadamski podlagi čistih bitumenov, kar bi bilo iz gospodarstvenih in tehničnih vzrokov priporočljivo tudi pri nas. V takih primerih je bolje, da uporabljamo emulzije in rezane bitumene.

Količina veziva, ki jo porabimo na kvadratni meter površine, je odvisna od kakovosti veziva, od sestave površine vozišča in od debeline ter vrste agregata, od atmosferskih pogojev v dobi gradnje ter od prometa. Čistega bitumena uporabimo 1,5 do 2 kg na m<sup>2</sup>, emulzije 1,5 do 2,5 kg na m<sup>2</sup>, rezanega bitumena 1,2 do 2 kg, katrana pa 1,5 do 2 kg na m<sup>2</sup>.

Preko z vezivom pokrite površine posipujemo pesek ali grušč. Zrna agregata morajo zapolniti vse preostale praznine v površini vozišča in se vtisniti v vozišče. Glede na to mora biti velikost zrn nekoliko manjša kot pri obrabnih prevlekah, ki jih polagamo preko predhodno s hidrokarbonskimi vezivi utrjenih površin. Nasprotno pa je poraba veziva na enoto površine in v odnosu na količino peska nekoliko večja, ker se del veziva porabi za infiltracijo v vozišče in torej le del porabljene veziva služi za prilepljenje in prevleko agregata.

Po peskanju se pristopi h komprimaciji prevleke z valjanjem in s samim prometom.

Obrabna prevleka preko hidrokarbonskih površin. Poznamo normalne, t. j. enoslojne obrabne prevleke in ojačene ali večslojne obrabne prevleke. Glede na sestavo agregata ločimo: prevleke tipa malte in prevleke mozaičnega tipa.

Prevleke tipa malte se napravijo z zelo tekočimi vezivi, ki počasi sprijemajo. Kot agregat se uporablja pesek in droben grušč v surovem stanju, ki vsebuje najdrobnejše delce. Na 10 l peska se porabi 1,5 do 2 kg veziva. Zaradi počasnega sprijemanja veziva je treba med izvedbo promet prekiniti. Prav tako te vrste prevlek ne valjamo. Obrabne prevleke tipa malte se uporabljajo za malo prometne ceste in tam, kjer ni hitrega prometa. Izvajajo se v enem sloju.

Obrabne prevleke mozaičnega tipa. Površina take dobro izdelane prevleke ima videz enotnega mozaika, sestavljenega iz približno enako velikih zrn pravilne oblike, ki so zaklinjene z manjšimi zrn. Vezivo ne

stopa na površino, temveč zapolnjuje le špranje med posameznimi zrn. Mozaično prevleko izdelujejo v štirih fazah, ki so: čiščenje površine, razstiranje veziva, posipanje z agregatom in komprimacija. Količine in kakovost potrebnega veziva in agregata določimo glede na stanje vozišča, na vrsto in težo prometa in atmosferske prilike med gradnjo prevleke.

Mero veziva in agregata ter količinski odnos med njima določamo v moderni praksi na več načinov. Od pravilnega določanja mere je odvisna cena in kakovost prevleke. Velike napake pri določanju mere in kakovosti veziva in agregata večkrat ogrožajo obstoj prevleke.

Ojačenje obrabne prevleke gradimo iz več razlogov:

- a) zaradi popraviljanja profila vozišča;
- b) da dobimo večjo debelino prevleke in s tem večjo odpornost proti obrabi in škodljivim vplivom vode;
- c) iz finančnih razlogov, kadar nimamo takoj dovolj kapitala na razpolago za napravo srednje težkega zastora, imamo pa tak kapital na razpolago v obrokih. Z vsakoletno gradnjo nove obrabne prevleke, ki jo polagamo na še neizrabljeno obrabno prevleko, dobimo po par letih soliden zastor primerne debeline, ki more prenesti tudi srednje težki promet.

V Sloveniji uporabljamo razen enoslojnih, najčešče dvoslojne in redkeje troslojne prevleke. Za njih napravo se uporabljajo lepljiva veziva, običajno čisti bitumen ali bitumenska emulzija, ki vsebuje 50—55% bitumena.

Za napravo vsakega sloja obrabne prevleke moramo natančno in posebej določiti količino veziva, ki znaša 8—12% teže uporabljenega agregata. Velikost zrn agregata je odvisna od debeline zastora, ki ga želimo doseči z ojačano obrabno prevleko in pa od lege sloja. Zgornje plasti so postavljene iz finejših zrn kot spodnje. Čim bolj neravna je spodnja površina, tem debelejša zrna smemo uporabiti. Prav tako uporabljamo za spodnjo plast tem grobejše frakcije, čim večslojna je prevleka. Pri štirislojni prevleki smemo n. pr. vzeti za spodnjo plast debeli drobec 20 do 30 mm, a za gornjo plast drobní grušč 3—7 mm.

Dvoslojne prevleke izdelujemo pri nas običajno z neprevlečenim gruščem 7 mm/15 mm in 3 mm/7 mm.

Večslojne prevleke izvedemo s prevlečenim ali neprevlečenim agregatom. Če uporabljamo prevlečeni agregat, moramo dozo veziva za prekrivanje površine primerno zmanjšati glede na porabljeno vezivo za prevleko agregata.

Nemška uradna navodila za bitumenske ceste predpisujejo za napravo ojačene površinske obrabne prevleke naslednji postopek in porabo materiala:



Najprej premažejo očiščeno površino. Za premaz 1 m<sup>2</sup> porabijo 0,6—0,8 kg veziva na kvadr. meter. Čez premazano površino se potrese z bitumenom ali z emulzijo prevlečen gručec dimenzije 2—8 mm, ali pa gručec 5 do 15 mm. Poraba veziva za prevleko gručca znaša 4—5,5% njegove teže, če pa uporabljajo namesto gručca pesek dimenzije 0—5 mm, se porabi za prevleko 6,5 do 8% veziva glede na težo peska. Poraba prevlečenega peska ali gručca znaša 15—25 kg na m<sup>2</sup> površine. Preko posipane prevlečenega gručca ali peska se posiplje surov pesek dimenzije 2 do 5 mm ali narahlo prevlečen z 2% bitumena, glede na težo peska — droben pesek. Količina peska znaša 3—5 kg na m<sup>2</sup>.

Pri uporabi emulzije se uporablja za prvi premaz 0,8—1,2 kg emulzije na m<sup>2</sup>, a za prevleko peska po priliki dvakrat toliko emulzije kot bitumena. Za prvi premaz ojačene obrabne prevleke se porablja nestabilna, a za prevleko peska polstabilna ali stabilna emulzija.

Francozi predlagajo za napravo dvoslojne obrabne prevleke z bitumensko emulzijo, če je vozišče predhodno pokrito z dobro ohranjenim bitumenskim zastorom, naslednji recept: bitumenska emulzija naj bo 55%. Prvi pobrizg površine naj se izvede z emulzijo in sicer 1,110 kg na m<sup>2</sup>, nato naj se peska z gručcem z 10/15 mm. Na m<sup>2</sup> se uporabi 10 l gručca. Drugo brizganje z emulzijo se izvede v enaki količini kot prvo. Naposled sledi peskanje s 3/7 mm peskom. Na m<sup>2</sup> se uporabi 5 l peska. V celoti se torej porabi 2,200 kg emulzije in 15 l peska na m<sup>2</sup>.

Seveda smemo ta recept oziroma te količine vzeti le kot neko srednjo mero in jih je treba korigirati glede na stanje vozišča, kakovost materiala, atmosferske prilike in težo prometa.

Prvi sloj gručca ali peska ne valjamo ali valjamo le prav narahlo z lahkim valjarjem. Če valjamo s težkim valjarjem, se drobnejša zrna gornjega sloja ne morejo dobro vsedati v špranje med zrnji spodnjega sloja.

Američani uporabljajo pred in po valjanju še pripravo, imenovano »Broom-drag«, s katero popravijo manjše nepravilnosti, ki nastanejo pri razstiranju peska v pogledu enakomernosti razstiranja.

#### Veziva.

Površinske obdelave izvedemo z naslednjimi vezivi:

- a) petrolejskim bitumenom;
- b) vezanim bitumenom na bazi petrolejskih razredčil;
- c) čisto bitumensko emulzijo;
- č) cestnim katranom;
- d) antracenskimi olji;
- e) katrani s polnilci;
- f) katranskimi emulzijami;
- g) bitumenizirani katrani;
- h) rezanim bitumenom na bazi kreozota;
- i) emulzijami bitumeniziranega katrana.

V FLRJ uporabljamo za površinske obdelave največ čisti bitumen in bitumenske emulzije, a v manjši meri rezan bitumen. Ostala našeta veziva se pri nas običajno ne uporabljajo zaradi težkoč pri njih nabavi. V LRS je doslej pri asfaltnih cestnih delih popolnoma prevladoval čisti bitumen, medtem ko n. pr. v Franciji čistega bitumena zelo malo porabijo za asfaltna dela. Za površinske obdelave trošijo predvsem bitumenske emulzije in katran ter katranske polnilce. Rezanih bitumenov trošijo polovico manj kot bitumenskih emulzij, a poraba ostalih produktov bitumenske in katranske industrije za cestna dela je primeroma neznatna.

V FLRJ so gradbeni bitumeni tipizirani z začasnimi tehničnimi predpisi št. 9, ki jih je izdalo ministrstvo za gradnje FLRJ pod št. MG 9999 z dne 18. maja 1949. Ti predpisi zajemajo sistemizacijo asfaltnih in katranskih veziv, splošne karakteristike bitumenov, predpisujejo tipe bitumenov in certifikat. Končno navajajo navodila za uporabo posameznih tipov bitumenov.

Bitumeni so trdi in poltrdi ostanki asfaltnega surovega olja, ki nastanejo pod vplivom temperature in pritiska in to naravnim in umetnim putem. Sestojijo večinoma iz vodika in ogljika ter njihovih spojin z žveplom, kisikom in dušikom v različnih kombinacijah, ki so topljive v ogljikovem žveplecu CS<sub>2</sub> ali kloroformu CHCl<sub>3</sub>.

Bitumene označujemo glede na stopnjo trdnosti, merjeno z zmekišcem po Kramer Sarnovu v stopinjah Celzija in z globino penetracije pri 25° C. Izbira najprimernejšega tipa bitumena za površinsko obdelavo je odvisna razen od gospodarskih okolišnin tudi od klime, od letnega časa, vremena ter dnevnih prilik v katerih se obdelava izvaja, kakor tudi od načina in vrste izvrševanja površinske prevleke. Za površinsko obdelavo pri vročem postopku pa vsekakor ni primeren bitumen, ki bi imel globino prodiranja pri 25° C pod 150. Točka »zazmehčavanja« po KS naj leži med 18 in 30° C.

Med našo gradbeno prakso po osvoboditvi smo večkrat morali mehčati pretrde bitumene. Mešali smo jih neposredno na gradbišču z raznimi olji, ki preostanejo pri destilaciji pol-asfaltnih in asfaltnih surovih olj ali petrolejskih smol. Uporabljali smo olja, ki prihajajo na trg pod imenom »Flux« ali »Flux«-olja, oziroma iz Romunije pod imenom »Pakura« in iz Rusije pod imenom »Masut«-olja. Zaradi pomanjkanja laboratorijskih preiskav in opazovanj se o teh mehčanjih ne more dati natančne sodbe, slej ko prej so taka zmečanja, ki se jih izvede na gradbišču, navzlic vsej pažnji zelo tvegana. Pod stalno kontrolo dobro opremljenega laboratorija bi se moglo doseči kolikor toliko zadovoljive uspehe. Stremeti pa moramo, da nam bodo naše rafinerije dobavljale bitumen že s takimi svojstvi, kot ga rabimo na gradbišču za določeno vrsto asfalta. Zmehčanje s »Flux«-olji ali fluxiranjem povzroči

stalno spremembo konsistence bitumena v nasprotju z rezanjem bitumena, kjer je zmehčanje samo začasno in dobi bitumen po izhlapienju razredčila zopet prvotno ali prvotni zelo podobno gostoto.

Rezani bitumeni (»Cut-back«, Verschnitt-bitumen) so mešanice petrolejskih bitumenov z razredčilom, ki ga dobimo kot ostanek pri destilaciji asfaltnege surovega olja.

Sprememba konsistence bitumena, ki jo dosežemo z rezanjem, je le začasna. Po izhlapienju, oziroma izparenju razredčila, dobi bitumen zopet svoje prvotne lastnosti, ki so zelo malo spremenjene. Ker je rezan bitumen tekoč, se ga lahko uporablja pri običajni temperaturi, oziroma vsaj pri mnogo nižji kot čisti bitumen. Največ segrevamo običajno rezane bitumene do 60° C. Razredčilo mora po vgratitvi prevleke, oziroma rezanega bitumena hitro izhlapati ali oksidirati, da omogoči bitumenu, da hitro in trdno sprime. Tipe rezanih bitumenov delimo po njihovi viskoziteti in pa po njihovi hitrosti sprijema. Poznamo rezane bitumene s hitrim, srednjim in počasnim sprijemom.

Bitumenske emulzije nastanejo kot posledica razpršitve bitumena v vodi. Da se posamezne kapljice razpršenega bitumena ne bi pred vgratitvijo sprijemale, so ovite z zaščitno kožico neke snovi, ki jo imenujemo emulgator. Emulzije se uporabljajo v hladnem stanju. Prodajajo se včasih pod imenom mrzli asfalt, vendar se s tem imenom često nazivajo tudi rezani asfalti, oziroma bitumeni.

Kakovost emulzije je odvisna od kakovosti emulzije in emulgatorja, od njunega medsebojnega odstotka in količine v emulziji, od njune obstojnosti, od lepljivosti, od odpora proti mrazu, od ponašanja emulzije pri tresenju ter od starosti emulzije. Za površinske obdelave uporabljamo navadno emulzije, ki vsebuje 50—60% bitumena in ki normalno razpadajo. Redkeje se uporabljajo emulzije s 65 do 70% bitumena, ki se jih mora pred uporabo zaradi njihove gostote s segrevanjem zmehčati. Te vrste emulzij segrevamo na 60 do 70° C.

Glede na lepljivost je za površinske obdelave zelo primerna 55% emulzija, ki na eni strani dovoljuje neovirano brizganje emulzije

s stroji, na drugi strani pa ni tolike nevarnosti za curljanje emulzije kot je n. pr. pri 50%, ki rada odteka v jarke, posebno če je mera porabe veziva malo večja ali če je površina vozišča, na katerega pobrizgamo emulzijo, že predhodno vlažna.

Glede na čas razpadanja v sestavne dele ločimo nestabilne emulzije, ki hitro razpadejo in se jih uporablja pri metodah penetracije, dalje polstabilne emulzije, katerih razpad zavlačujemo z dodatkom neke snovi, ki jo imenujemo stabilizator in stabilne, ki razpadejo pretežno ali izključno po izhlapienju vode. Te emulzije morejo reemulgirati v času pred popolnim razpadom emulzije, če pridejo ponovno v stik z vodo. Za površinske prevleke uporabljamo pogosto nestabilne emulzije, ki po dotiku s prahom in kamni zgubijo notranje labilno ravnotežje in razpadejo v svoje sestavne dele, v vodo, bitumen in emulgator. Postopek razpada se izvrši glede na vremenske prilike v 10—30 minutah. Pravilno napravljena nestabilna emulzija ne sme po razpadu v primeru deževja zopet emulgirati. Za prevleko peska uporabljamo polstabilne ali stabilne emulzije, katerih emulgatorji niso topljivi v vodi.

Ostala veziva. Cestni katran se pridobiva z destruktivno destilacijo črnega premoga. Za gradnjo cest ga uporabljajo največ države, ki imajo zadosti črnega premoga in razvito industrijo. Pri nas se cestni katran, kakor tudi ostala, katranu sorodna ali s katranom mešana cestna veziva ne proizvajajo in ne uporabljajo.

Antracenska olja se uporabljajo čista ali emulgirana za vzdrževanje površinskih prevlek. Uporabljajo jih tudi pri mešanicah s petrolejskim bitumenom za izdelavo rezanega bitumena na bazi kreozota.

Katrani s polnilcem se izdelujejo na ta način, da se doda katranu ogljik v drobnem prahu. S tem se doseže hitrejša in boljše sprijemanje katrana, poveča viskoznost, zmanjšuje staranje katrana in poveča njegov odpor proti vročini.

Izdelujejo se tudi katrani z apnenim polnilcem. Slaba stran teh katranov je v tem, da se zaradi polnilca težko brizga vezivo in da ni lahko obdržati homogenost veziva.

(Nadaljevanje sledi)

## Tehnične izpopolnitve

Ing. Vladimir Ogorelec:

### MEHANIZACIJA OPEKARN

Če tehnično pregledamo stanje naših opekarniških obratov, dobimo z majhnimi izjemami žalostno sliko. Skoro vsi so zastareli in tehnično zaostali. S pretežno ročnim delom ter zelo primitivnimi obratnimi in transportnimi sredstvi lahko proizvajajo le malo raznovrstnih izdelkov in še ti niso kvalitetni. Ker bodo v novem gospodarskem sistemu taka podjetja nasproti sodobnim in moderniziranim obratom konkurenčno nesposobna, bodo

morala prenehati z delom, čim bodo zgrajeni taki obrati.

Ugotoviti moramo, kje so v tehnološkem postopku ona mesta, ki terjajo toliko delovne sile in katerih oprema s tehničnimi napravami ne zadovoljuje.

Tehnološki postopek se v celoti deli v tri faze in sicer: surovo proizvodnjo, sušenje in žganje. Pri surovi proizvodnji se rabi delovna sila

predvsem za nakop in transport surovine. Tu je smer modernizacije jasna — opremiti moramo glinokop s stroji in transportnimi napravami. Tehnika nam nudi v ta namen izbiro raznih bagerjev, transportnih trakov itd. Pri žganju v kontinuirnih pečeh se z modernizacijo ne odpravlja v toliki meri ročnega dela kot se olajšuje fizični napor delavca, dviga odstotek izkoriščanja goriva in zboljšuje kvaliteto izdelka. Faza sušenja pa je pravzaprav najmanj obdelano področje in nudi najširše možnosti nadaljnega razvoja.

Že po načinu sušenja samega se deli ta faza v dve osnovni skupini, t. j. naravno in umetno sušenje. V obeh primerih leži težišče dela v odvozu mokro izdelanih komadov v sušilnico, polnjenju sušilnic, praznjenju sušilnic in v odvozu posušenih komadov v peč. To fazo tehnološkega postopka je treba avtomatizirati in mehanizirati, ker zahteva mnogo delovne sile in ker je od mehanizacije rokovanja z občutljivimi izdelki (mokrimi) odvisna kakovost končnega proizvoda, predvsem pa njegova oblika. Čim manjkrat gre tak izdelek skozi roke delavca, tem boljši je. V najpopolnejši tehnični rešitvi tega problema pa je treba poleg imenovanih dveh izpolniti še naslednje pogoje:

1. enostavnost naprave in manipulacije v krožnem pogonu (stroj-sušilnica-peč-stroj);
2. groba konstrukcija — trpežnost;
3. zmanjšanje fizičnega napora delavca,
4. gospodarstvenost v uporabi;
5. velika prilagodljivost na razne lokalne razmere;
6. možnost regulacije sušenja;
7. uporabnost za naravno in umetno sušenje;
8. možnost razvoja;
9. nizka investicija;
10. nizki vzdrževalni stroški;
11. uporabnost za izdelke raznih oblik;
12. neodvisnost od uvoza.

V poslednjih 50 letih so opekarski strokovnjaki predlagali in preizkusili že več rešitev problema avtomatizacije in mehanizacije transporta. Toda v večini teh predlogov nista rešena problem polnjenja in praznjenja sušilnic (avtomatizacije) in problem mehanizacije transporta kot celota. Razne vrste transporterjev sicer odlično rešujejo vprašanje transporta samega, puščajo pa avtomatizacijo popolnoma ob strani. Sistemov, ki ustrezajo obema najvažnejšima pogojema, pa je v praksi zelo malo in še ti niso vsi uporabni za naravno in umetno sušenje. Za naravno in umetno sušenje imamo en sam sistem po Kellerjevem patentu (1887), ki je pravzaprav tudi v praksi najbolj razširjen. Samo za naravno sušenje se uporablja tudi Hardtmannov sistem, toda v veliko manjši meri. Sistemov za samo umetno sušenje je sicer več, vendar so vsi odvisni od konstrukcije same umetne sušilnice ter jih razen serije etažnih vagončkov za kanalske sušilnice praktično uporabljajo le v zelo redkih primerih.

Ogromna večina modernih opekarn uporablja Kellerjev sistem, tako v naravnih kot v umetnih sušilnicah ter je treba zato primerjati z njim vse druge sisteme tako s tehničnega kot z gospodarskega stališča. V Sloveniji imamo 7 obratov, ki so za proizvodnjo zidaka mehanizirani s sistemom Keller, vendar pa obratujejo s Kellerjevimi sušilnicami samo 4, ostali pa za dopolnilo uporabljajo še sušenje v navadnih primitivnih gričih. Večina obratov pa sploh nima nobenega sistema, temveč obratuje z bolj ali manj primitivno urejenimi sušilnicami z ročno manipulacijo.

Ne smemo pa imeti Kellerjevega sistema za edino možno in idealno rešitev zastavljene naloge, ker izpolnjuje od ostalih navedenih pogojev le točko 7. Seveda so možne še druge rešitve, ki jih bo prinesel razvoj opekarske stroke. Eno izmed takih rešitev nudi v naslednjem opisani sistem mehanizacije in avtomatizacije obratovanja v sušilnicah.

Osnovna zamisel tega sistema je sprostitve notranjega transporta in samih sušilnic. S sprostitvijo notranjih transportov odpravimo poljski tir z vso njegovo opremo in kretnicami ter vrtilnimi ploščami in uvedemo tako imenovani breztrajni prevoz. Za tak prevoz moramo imeti utrjen teren, bodisi betoniran ali asfaltiran in prevozna sredstva, ki so opremljena z gumijastimi polnimi ali pumpanimi kolesi. S tem se osvobodi ves notranji transport določenih transportnih smeri, izbira poti je poljubna, torej najkrajša do zaželenega mesta, odpadejo motnje zaradi zatrpčnosti tirov, izogibanje in manipulacija na raznih kretnicah in vrtilnih ploščah. Fizični napor delavca se občutno zmanjša, ker hodi po trdem terenu, ki ga tudi padavine ne omeščajo kot n. pr. pri poljskem tiru, kjer se ilovnat teren razmoči in je vožnja zaradi hoje po blatu zelo otežkočena.

Sušilnice pa sprostimo tako, da opustimo natančno dimenzionirane stalne police, t. j. vnaprej določena mesta, kjer se izdelek suši. Sušilnica sama je popolnoma prazen pokrit prostor brez vsakih stalnih polic. Konstrukcija streh je izvedena tako, da se more izmenjati čim več zraka za sušenje. To izmenjevanje zraka se da poljubno regulirati. Za nosilce mokrih izdelkov imamo prenosne zložljive police. 5—7 ena na drugo zloženih polic tvori celoto — sklad, ki se odlaga na poljubna mesta v sušilnici. Te sklade odlagamo v sušilnico na katero koli mesto, ki ga lahko izberemo tako, da ustreza občutljivosti materiala, da izkoristimo sušilne pogoje (ki se po mesecih menjajo) in da reguliramo potek sušenja.

Izdelke transportiramo in odlagamo v sušilnice, po končanem sušenju slednje praznimo in transportiramo izdelke v peč s posebnimi vagoni, ki imajo gumijasta kolesa in mehansko pripravo za avtomatsko odlaganje in odzemanje skladov na poljubnem mestu. Za manjše kapacitete se uporabljajo vagončki na ročni pogon, medtem ko bi se za večje kapacitete in za umetne sušilnice uporabljali vagončki na pogon z akumulatorji ali eksplozivnimi motorji.

Iz doslej opisanega vidimo, da sestoji ta sistem mehanizacije sušenja iz:

- a) utrjenega terena;
- b) prenosne zložljive police;
- c) posebnega vagona na gumijastih kolesih z napravo za mehanično dviganje in spuščanje in
- d) kritine.

#### a) Utrditev terena.

Teren lahko utrdimo tako, da položimo betonske plošče, da ga asfaltiramo, prameksiramo ali navadno utrdimo s posipanjem in valjanjem brez veziva.

Stopnja utrditve je odvisna od samega terena, od prometne obtežbe in od izpostavljenosti vremenskim vplivom. Za teren, ki je zavarovan pred padavinami s streho, zadostuje najenostavnejša utrditev, medtem ko je treba teren, ki nosi večje obtežbe in se hitreje obrabi, utrditi močnejše. To velja predvsem za površino med stroj-

nico in sušilnico ter med sušilnico in pečjo, ki se običajno ne pokriva s streho. Pri umetnih sušilnicah pa se priporoča zaradi mnogo manjšega potrebne prostora betoniranje.

### b) Prenosne zložljive police.

Glede na kapaciteto smo izbrali dva tipa polic, in sicer enojno široke za ročni pogon in dvojno široke za motorni pogon.

Pri ročnem pogonu se zloži 6 polic v sklad. Kapaciteta 1 sklada znaša  $6 \times 12 = 72$  enot normalnega polnega zidaka, pri votlakih pa najmanj 108 prostorninskih enot normalnega zidaka. Teža enojnega polnega sklada variira med 300 in 380 kg glede na izdelek, ki je vložen.

Pri motornem pogonu se zloži 7 dvojnih polic v sklad. Kapaciteta in teža sklada, ki ga prevažamo z motoriziranim vagončkom je tedaj 2,33-krat večja.

Enojne police so primerne za vse vrste izdelkov, katerih zunanje mere ne presegajo  $150 \times 280 \times 500$  mm, dvojne pa za vse izdelke do maksimalnih dimenzij  $150 \times 500 \times 500$  mm. Če bi se proizvajali izdelki z večjo dimenzijo od 150 mm, se police kljub temu lahko uporabljajo z majhno dopolnitvijo. Pri uporabi teh polic odpadejo vsi okvirčki, ki so jih rabili za sušenje specialnih izdelkov, ker se izdelki lahko zlagajo neposredno na prenosne police z izjemo vlečenega in stiskanega strešnika. Okvirčke s strešnikom pa prav tako vložimo v okvir, s katerim nato rokujemo enako kot s skladom. Strešnik korec pa ne potrebuje več okvirčka, ker se vlaga v sklad podobno kot ostali izdelki.

### c) Vagončki.

Od strojnih naprav je za ta sistem predviden vagonček v dveh izvedbah:

- na ročni pogon in
- na motorni pogon.

V načelu pa sta obe izvedbi vagončkov enaki. Vagonček opravlja dvoje, prvič dvigne s svojo vzvodno konstrukcijo od tal naložen ali prazen sklad na poljubnem mestu, prepelje nato svoj tovor po najbližji poti na potrebno mesto, kjer ga z isto napravo zopet odloži na tla. V ta namen je treba samo, da premaknemo vzvod. Vagonček ima 3 kolesa iz gume na krogličnih ležajih, teče lahko in ja zelo okreten.

### d) Kritina.

Za zračno sušenje so sušilnice zgrajene kot lesene lope s strehami na eno pero ter združene v baterijo (Shed). Zunanje ploskve so opremljene z vrtiljivimi loputami, s čimer se more regulirati prepih. Zračno delovanje in konstrukcija streh sta razvidna iz priložene skice.

Za umetno sušenje se sušilnice ravna jo po načinu izkoriščanja toplote in je njihova oblika odvisna od izbranega tipa sušilnice.

### Opis obratovanja.

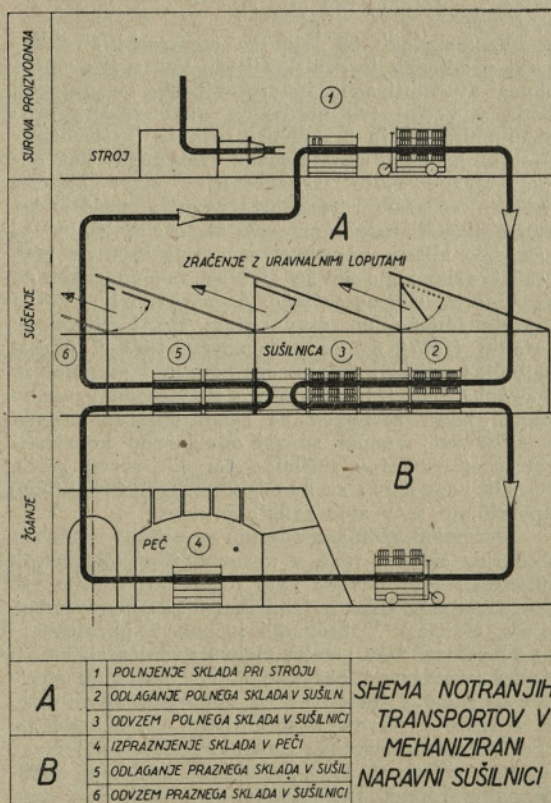
Odvzemač pri stroju za oblikovanje odloži izdelek na prenosno sušilno polico. Ko je ena polica naložena, postavi manipulant s policami naslednjo polico na spodnjo. Tudi to polico napolni odvzemač. Ta postopek se nadaljuje, dokler ni zloženih 6 polic v sklad. Napolnjen sklad dvigne vozač vagončka in odpelje v sušilnico, kjer ga odroži. V sušilnici pa dvigne prazen sklad, ki ga je pečar vrnil v sušilnico. Pečar odpelje poln sklad v peč, prazne police pa z istim vagonom pripelje nazaj v sušilnico.

Vozač pripelje tak prazen sklad k stroju, ga odloži in odpelje polnega. Prazne pripeljane sklade manipulant polic pri stroju samo preloži, tako da je zgornja polica po preložitvi spodnja. Skladi se odlagajo v naravni sušilnici poljubno. Razdalja sklada od sklada je odvisna od letnega časa. V vlažnih mesecih, ko je velik odstotek vlage v ozračju, se skladi odlagajo bolj na redko, v vročih mesecih pa bolj na gosto. Tako se lahko vpliva na čas sušenja in se ga prilagodi krajevnim atmosferskim prilikam. Ker so sušilnice opremljene tudi v vrtiljivimi lopatami, se lahko regulira zračne in odvajanje vlažnega zraka. Tako se lahko z nekaj prakse regulira čas sušenja glede na občutljivost materiala, ki ga sušimo.

Ker so vsi skladi postavljeni pod streho, ni treba nikakega stalnega pokrivanja in odkrivanja, ki je neracionalno in ki se mora izvršiti pri navadnih gričih. Odpade pa tudi postavljanje stranskih ščitnikov (paradiranje). Izdelki niso izpostavljeni neposredno sončnim žarkom, ki kvarno vplivajo na sušenje. Tudi stalne vlage v jutranjih urah ni opaziti na izdelkih, ker se ta kondenzira na strehah. Ker so izdelki vloženi v sklade, je najnižje vloženi komand za 12 cm dvignjen od tal. Tako se izdelki ne morejo poškodovati ob neurjih zaradi naraščajoče vode, ki skoraj vsako leto napravi na opekarnah, ki vlagajo svoje izdelke v griče (kjer voda razmoči spodnjo vrsto in se ves grič zruši v vodo), ogromno škodo.

V umetne sušilnice odlagamo sklade tako kot ustreza načinu sušenja sušilnice.

Sklad, ki je vložen v naravno ali umetno sušilnico, se po končanem sušenju dvigne z istim oziroma enakim vozičkom in odpelje v peč. V peč izpraznijo sklad vlagalci, praznega pa vozač zopet odpelje nazaj v sušilnico, ga odloži na prazno mesto in odpelje polnega.



Iz navedenega je razvidno, da sta v tem delu tehnološkega postopka dva zaključena transportna kroga, in sicer:

1. sušilnica — stroj — sušilnica in
2. sušilnica — peč — sušilnica,

ki omogočata nemoteno obratovanje in uporabo istih naprav (dvigalnega vozička) in prenosnih polic. Ta dva transportna kroga se praktično lahko združita v en sam krog pri sinhroniziranih fazah tehnološkega postopka in sicer: stroj — sušilnica — peč — stroj.

#### Kakovost izdelka.

Če se obratuje po tem sistemu, se doseže, da prime delavec mokri izdelek le enkrat v roko. Pri navadnem sušenju v gričih ali poletvanih lopah s transportom z etažnimi vozički na poljskem tiru ali s krožnimi transporterji pa je treba mokre izdelke neposredno prekladati tudi do petkrat. Pri Kellerjevem sistemu je sicer predviden tudi samo enkratni neposredni prijem izdelka, vendar se pa mora moker izdelek skupaj s prostimi letvami, kamor je položen, posredno prelagati iz nkladalnega koša na Kellerjev voziček in odtod v sušilnico, torej dvakrat.

Že suh izdelek se pri navadnem sušenju, preden pride v peč, pri odvezmanju s polic ali gričev in nalaganju na vagone, še prelaža 2—4-krat, pri Kellerjevem sistemu dvakrat, pri opisnem sistemu pa nobenkrat.

Prelaganje mokrega in suhega izdelka kvarno vpliva na njegovo obliko in s tem tudi poslabša kakovost. Poleg škode, ki jo utrpí izdelek zaradi prelaganja, ga deformira tudi prevoz z vagoni na poljskem tiru. Iztirjenja in prevozi preko kretnic, vrtilnih plošč, premičnih odrov itd. povzročajo več ali manj hude sunke, ki deformirajo izdelke.

Opisani sistem odpravlja večino teh nedostatkov in omogoča izdelavo kvalitetnejših izdelkov ter znižuje odstotek surovega loma.

#### Gospodarska primerjava.

Da bi utemeljili smiselnost investicij za opisani sistem, podajamo primerjavo treh variant — novogradenj, doslej najpogostejših izvedb sušilnic pri sezonskih opekarnah — z opisanim sistemom. Proračun je izdelan na podlagi starih planskih cen materiala in mezd ter izražen v primerjalni tabeli vseh štirih variant za sušenje 1 milijona enot. Za vse štiri variante so skupni pogoji, in sicer:

1. enaka kapaciteta proizvodnje — 3.6 milij. grupe zid.;

2. možnost izdelave raznega asortimenta grupe zidak (votlaki);
3. kakovost izdelka;
4. razvrstitev objektov in naprav za vse štiri variante v smislu najkrajšega transporta po odvijanju tehnološkega postopka (glinokop — stroj — sušilnica — peč — odprema);
5. naravno sušenje.

Povprečje slovenskih opekarn teh pogojev ne izpolnjuje in bi bila zato primerjava novega sistema s povprečjem nepravilna in v škodo povprečja. To ni tako neugodno samo zato, ker ne uporablja noben sistem mehanizacije, temveč tudi, ker niso obstoječe opekarnne situacijsko pravilno postavljene glede na notranji transport.

Pogoja 2 in 3 zahtevata sušenje izdelkov na lesu, bodisi na okvirčkih, bodisi na stalnih ali prenosnih policah, vse pa pod stalno streho. Izključena je možnost sušenja v navadnih gričih, ker moremo s takim sušenjem proizvajati samo polni in nekvalitetni zidak.

Gornje pogoje izpolnjujejo poleg opisanega sistema trije najrazličnejši načini sušenja. Ti načini so:

1. **varianta:** Sušenje v stalno poletvanih lopah (stalne police) za maksimalne mere izdelka 150 × 250 × 250.

Transport: poljski tir z etažnimi vagoni.  
Vlaganje: ročno.

2. **varianta:** Sušenje isto kot pod 1.  
Transport: krožni transporter.

Vlaganje: ročno.

3. **varianta:** Sušenje: v Kellerjevih dvojnih zračnih sušilnicah za maksimalno izmero izdelka 150 × 250 × 350.

Transport in mehanično vlaganje s polavtomatskim Kellerjevim sistemom na poljski tir.

Število letnih turnusov sušilnice, t. j. število kolikokrat letno lahko polnimo sušilnico, je naslednje:

1. **varianta:** 8-krat;
2. **varianta:** 8-krat;
3. **varianta:** 10-krat;
4. **varianta:** 15-krat.

To število je osnova za proračun potrebne površine sušilnic. Odvisno je od vremenskih prilik v letu in ni absolutno. Ne spreminja pa se medsebojno razmerje teh števil za vse štiri variante.

Primerjalna tabela potrebnih delovnih mest in proizvodnih ur pri proizvodnji normalnega zidaka (od stroja do skladišča) — norma stroja in peči 3000 kom. na uro.

Delovno mesto	I.	II.	III.	IV.
Podajanje (letev, polic) pri stroju ali posipanju polic	1	—	—	1
Prevoz vagončkov	5	—	3	4
Manipulacija ročnega polnjenja sušilnic	12	12	—	—
Dovoz (letev, okvirrov) in pobiranje	—	—	1	—
Dovoz suhe opeke v peč	8	6	4	3
Na 1000 kom. proizvodnje potrebnih proizvodnih ur	8.66	6.00	3.00	2.66
Vrednost v din (vrednost ene proizv. ure z vsemi dodatki 20.000 din)	173.33	120.00	60.00	53.33
Razlika na najnižjem v din	120.00	66.66	6.66	—

Primerjalna tabela proračuna vseh štirih variant za sušenje enega milijona enot.

	V a r i a n t a			
	I.	II.	III.	IV.
	d i n a r j e v			
1. Potrebne investicije na 1 milijon proizvodnje .	1,425.000	1,500.000	1,650.000	1,100.000
2. Anuiteta, amortizacija, vzdrževanje in obrestovanje kapitala . . . . .	161.900	186.500	255.500	137.100
3. Razlika proizvodnih stroškov . . . . .	120.000	66.666	6.666	—
4. Vsota 1+2 . . . . .	281.900	253.166	262.166	137.100
5. Dodatek na proizvodni plan, lom odvisen od variante . . . . .	5 % 14.095	4 % 10.124	3 % 7.863	1 % 1.371
6. Klasifikacija znižanja prodajne cene zaradi različne kakovosti (prod. cena 1,430.000 din) .	5 % 71.500	4 % 57.200	2 % 28.600	— —
7. Vsota 3+4+5 del proizvodnih stroškov v odnosu s sistemom sušenja . . . . .	367.495	320.490	298.629	138.471
8. Indeks . . . . .	2.72	2.31	2.26	—

Iz navedenega je razvidna gospodarska utemeljenost investicij, ki so potrebne za uvedbo tega sistema. Znižanje stroškov bi se pokazalo v še večji meri, če bi mogli izvesti računsko primerjavo z današnjim stanjem slovenskih opekarn. Te primerjave pa na splošno ne moremo izdelati, ampak individualno za vsako opekarno posebej. Po aproksimativnih proračunih pa se znižajo povprečni proizvodni stroški slovenskih opekarn, ki ne

uporabljajo Kellerjevega sistema, še za približno 30% od 1. variante.

#### Sklep.

Na podlagi opisa samega, ugotovljenih investicij, gospodarskega računa in osnovnih pogojev, katerih izpolnitev zahteva tehnično in gospodarsko ugodna rešitev uvodoma nakazanega problema, je razvidno, da ustreza opisani sistem postavljenim pogojem.

## Kritika našega dela

Ing. Jože Majdič:

### O POKRIVANJU STREH Z VALOVITIMI SALONITNIMI PLOŠČAMI

Pri pregledu vseh večjih strešnih površin v Sloveniji, ki so bile po letu 1945 krite z valovitimi salonitnimi ploščami, se je ugotovilo, da so vzroki poškodovanja salonitnih plošč in zamakanja z njimi kritih streh slaba kakovost, nepravilno ravnanje s ploščami pri prevozih, prenosih in pri vskladiščenju ter nepravilno kritje. V tej razpravi se bomo bavili predvsem s pomanjkljivostmi kritja.

Ker smo opazili, da tehnično osebje na gradbiščih ni dovolj poučeno o pravilnem polaganju valovitih salonitnih plošč, o čemer doslej niso bila dana natančnejša navodila, naj seznanimo vse, ki se ukvarjajo oziroma se bodo ukvarjali s tako vrsto kritine, kakšne napake so bile storjene in na kaj je treba paziti pri polaganju, da ne bodo nastale okvare v takšnem obsegu kot doslej.

Valovite salonitne plošče uporabljamo za pokrivanje streh lesene, železne in betonske konstrukcije. Ugotovili smo, da je mnogo manj poškodovanih plošč na masivnejših strešnih konstrukcijah — zlasti betonskih — kot na lahkih oziroma vitkih lesenih in jeklenih konstrukcijah, pri katerih ima streha v več primerih videz rešeta. Razumljivo je, da je nastalo v teh poslednjih primerih precej poškodb tudi zaradi delovanja sveže vgrajenega lesa. Pri polaganju plošč na letve, špirovce in lege bi opozorili, da bi bilo treba zaradi higroskopske narave salonita zaščititi les pred gnitjem na vseh mestih, kjer pride v dotiko s salonitno ploščo. Zaščitili bi ga bodisi z impregnacijo, z vmesnim slojem krovne lepenske ali morda s premazom samih plošč na dotikalnih mestih.

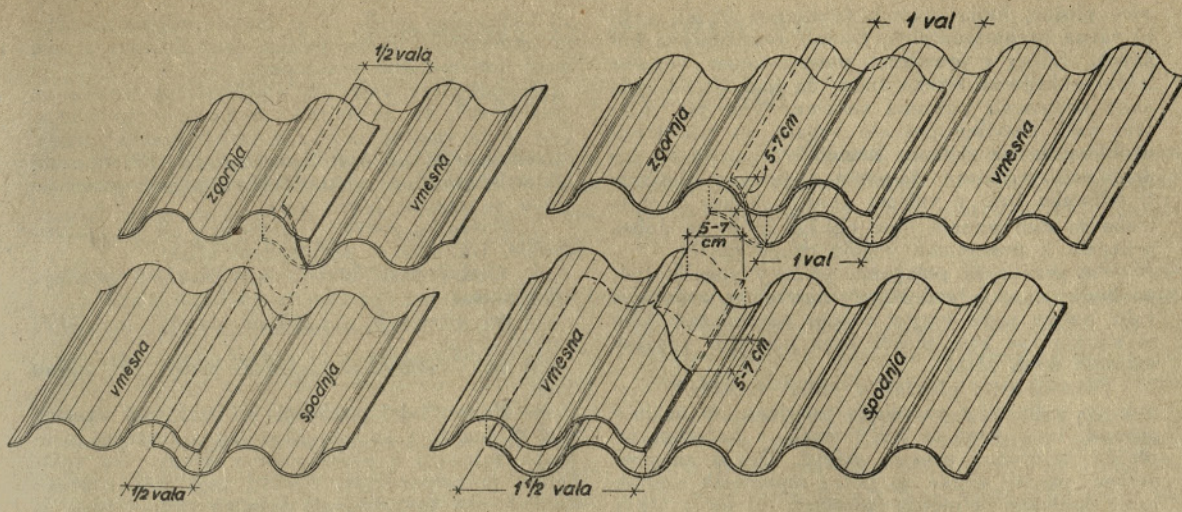
Če uporabljamo valovite salonitne plošče, je za vodotesnost strehe najvažnejše, da imamo zadosten naklon, ki naj po literaturi ne bo manjši od 10% (pribl. 6°), za naše prilike pa se priporoča naklon 15—20% (pribl. 10°).

Pri pokrivanju je treba v zvezi z naklonom strehe upoštevati in pravilno izvršiti preklape plošč. Razlikujemo dve smeri preklapa in sicer vzdolžni v smeri vala (vertikalni) in prečni (horizontalni). Poleg naklona strehe pa vplivajo na velikost preklapov tudi atmosferske prilike, posebno pri nas v Sloveniji. Vzdolžni preklap lahko napravimo s pol ali z ena in pol vala (skica A). Pri večini pregledanih objektov smo ugotovili vzdolžni preklap s pol vala, kar mora imeti pri majhnih naklonih teh streh nujno za posledico zamakanje ob vzdolžnem preklapu kljub pravilno položenim ploščam. Prečni (horizontalni) preklap je skoro na vseh objektih zadosten.

V orientacijo za pravilno izvedbo vzdolžnega in prečnega preklapa navajamo naslednje podatke:

- pri nagibu od 10—20% (6—11°) se priporoča vzdolžni preklap z ena in pol vala, prečni pa 20—25 cm, kar je odvisno od naklona strehe;
- pri nagibu od 20—30% (11—17°) se prav tako priporoča za naše prilike vzdolžni preklap z ena in pol vala, prečni pa okrog 20 cm;
- za nagibe nad 30% naj znaša vzdolžni preklap pol vala, prečni pa najmanj 17 cm.

Pri velikih ploskvah (preko 2000 m<sup>2</sup>) ene strešine je treba izvesti vertikalno in horizontalno dilatacijo v krovni ploskvi, ker deluje z valovitimi



VZDOLŽNI PREKLOP ZA 1/2 VALA

VZDOLŽNI PREKLOP ZA 1 1/2 VALA

Skica A

Skica Aa

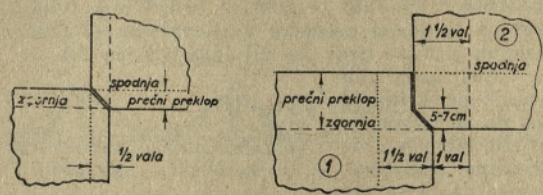
salonitnimi ploščami pokrita ploskev zaradi pritrditve z vijaki kot celota. Horizontalna dilatacija naj se izvede na vsakih 6–8 m, vertikalna pa tam, kjer je v nosilni konstrukciji predvidena dilatacija in sicer tako, da se plošče ob dilatacijah pritrdijo samo z dvema vijakoma namesto s štirimi. Vertikalno dilatacijo lahko izvedemo tudi s pasom pocinkane pločevine.

Posamezna plošča je glede na ležo v strešni ploskvi in v odnosu do sosednjih plošč lahko zgornja, spodnja ali vmesna, edino vrsta plošč ob slemenu je lahko samo zgornja ali vmesna (skica 1). Vsaka plošča je hkrati glede na svoje

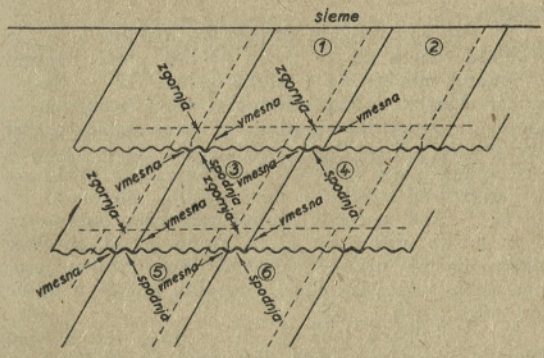
ležita na stiku med ostalima dvema, posneti vogale. Velikost posnetega vogala je odvisna od velikosti prečnega preklopa, oblika posnetega vogala pa od načina vzdolžnega preklopa. Medtem ko je posneti vogal (glej skico 3) pri vzdolžnem

Skica 3

Skica 4

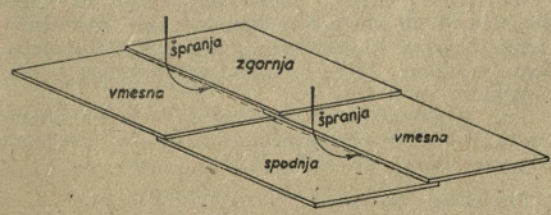


POSNETI VOGAL PRI VZDOLŽNEM PREKLOPU Z 1/2 VALA POSNETI VOGAL PRI VZDOLŽNEM PREKLOPU Z 1 1/2 VALA



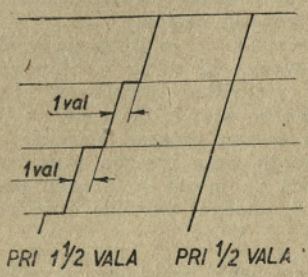
Skica 1

vogale in glede na prečne in vzdolžne preklope v desnem zgornjem vogalu in levem spodnjem vogalu vmesna, na levem zgornjem vogalu spodnja in na levem spodnjem vogalu zgornja. Ker bi se v vogalih pri sestavi štirih plošč ene vrh druge plošče ne prilegale druga k drugi, temveč bi nastale špranje, kjer bi bila možnost zamakanja (skica 2), je treba povsod obema ploščama, ki



Skica 2

preklopu s pol vala enostaven, je pri vzdolžnem preklopu z ena in pol vala (glej skico 4) treba desni zgornji vogal plošče št. 1 odrezati najprej po dolžini vala, nato pa poševno 5–7 cm. Levi spodnji vogal plošče št. 2 je treba odrezati poševno 5–7 cm, podobno kot pri vzdolžnem preklopu z ena in pol vala. Pri takem načinu posnemanja vogalov bodo plošče gornje vrste pri vzdolžnem preklopu s pol vala ležale natančno nad ploščami spodnje vrste, medtem ko bodo pri vzdolžnem preklopu z ena in pol vala pomaknjene plošče spodnje vrste napram ploščam zgornje vrste za en val in sicer vedno v isti smeri naprej (skica 5). Zato lahko že pri pogledu na pokrito streho takoj ugotovimo, če je krita pravilno ali ne. Pri večini pregledanih streh smo opazili, da niso krite po nekem sistemu, ampak da so plošče enostavno nameštene na streho kakor je pač nanoslo. Ponekod so vzdolžni stiki na desni, v drugi vrsti spet na levi, plošče ene vrste so nasproti spodnji vrsti zamaknjene za polo-



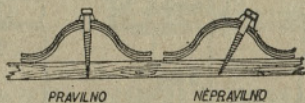
Skica 5

vico plošče, linija prečnih preklapov v isti vrsti ni ravna in horizontalna, ampak zveržena in poševna. Edino s pravilnim posnemanjem vogalov lahko pokrijemo streho tako, da ima človek vtis neke urejenosti oziroma sistema. Tam pa, kjer smo našli pravilno posnete vogale, so bili ti od drobljeni in ne rezani. Razumljivo je, da se pri drobljenju odnosno ščipanju vogalov s kleščami ti odlomijo tudi v večjem obsegu, kakor bi bilo treba in tudi nimajo lepe oblike, ki bi se dobro prilegala k posnetemu vogalu druge plošče.

Pri pravilnem polaganju plošč v vogalih tudi ne bodo nastale vzdolžne razpoke na začetnem valu, kot je sedaj pogost primer povsod tam, kjer se stikajo vse štiri plošče brez posnetih vogalov vmesnih dveh plošč.

Poškodbe na ploščah v obliki vzdolžnih razpok po valu, kjer so plošče pritrjene, so nastale povsod tam, kjer so bili vijaki, s katerimi so plošče pritrjene, preveč priviti. Dokaz za premočno privite vijake so poleg omenjenih razpok tudi podložne svinčene ploščice, ki so v takih primerih popolnoma sploščene. Pravilno smejo biti vijaki pritrjeni toliko, da podložna ploščica ne izgubi svoje konkavne oblike in da se jo more še delno zasukati. Pri novih kritjih je važno, da se vijaki privijejo najprej samo do polovice in šele po preteku pol leta dokončno. Vijaki ne smejo biti priviti poševno in od strani kot smo v mnogih primerih imeli priliko videti, ampak popolnoma vertikalno in točno na vrhu vala, ker je v nasprotnem primeru delovanje plošč otežkočeno. Na mestih pritrditve je tudi važno, da so luknje 1—2 mm večje kot je premer pritrdilnega vijaka, kar se je doslej premalo upoštevalo in je mnogo razpok nastalo prav zaradi tega. (Skica 6.)

Ena nadaljnjih napak pri kritju je ta, da se luknje za vijake izbijajo z zidarskimi kladvi namesto da bi se vr-talej Udarcinamreč



Skica 6

povzročajo tanjše razpoke, ki se pri sumiranju vseh naštetih napak večajo in na koncu plošča na takih mestih počí.

Poleg vseh naštetih nepravilnosti, ki povzročajo poškodbe plošč, pa mnoge izmed njih počijo že pri prenosih in pri nepravilnem vskladiščenju. Te razpoke dostikrat niso takoj vidne, ampak se pokažejo šele, ko je plošča že montirana. Skladi plošč naj v skladišču leže na popolnoma horizontalni podlagi, ne pa, kakor smo videli na nekem gradbišču, na dveh legah, od katerih je vsaka visela na svojo stran. Poleg tega morajo biti plošče skrbno zložene, tako da se vsi vali skladatajo v vale spodaj ležeče plošče.

Precej razpok je res nastalo tudi zaradi slabše kakovosti salonitnih plošč v prejšnjih letih, vendar se je kvaliteta leta 1951 znatno popravila in zato naj operativa ne pričakuje in zahteva, da se še izboljša samo zato, da bi plošče mogle prenesti vse nepravilnosti, ki smo jih našli.

Na koncu naj omenimo, da je treba na vsak način poleg dveh krovcev, ki edina v Sloveniji pravilno pokrivata z valovitimi salonitnimi ploščami, osposobiti primerno število krovcev za ta dela. Menimo, da je namen tovarne cementa v Anhovem, da sama že to zimo izvežba zadosten kader krovcev, povsem na mestu in vreden pohvale, ker bo tako zajamčena pravilna izvedba takega kritja.

V kratkem navedemo nekaj praktičnih navodil, ki jih zgoraj nismo obravnavali.

1. Pravilno je, da se za manjše nagibe naročijo in uporabljajo daljše plošče, ker dobimo s tem manj horizontalnih preklapov.

2. Pritrditev valovitih plošč naj se izvede na gredice 8/5, če so špirovci v razstoju do 1,50 m. Čim je ta razstoj večji, je treba presek gredic dimenzionirati po statičnem računu. Pri uporabi jeklenih profilov je statični račun obvezen ne glede na razstoj špirovcev.

3. Plošče se pritrdijo na gredice ali na jeklene profile, izključno s pocinkanimi vijaki.

4. Oddaljenost lukenj za vijake od gornjega roba plošče je:

a) pri strešinah z nagibom do 17° (ca 30°/0) vedno 10 cm,

b) pri strešinah z nagibom preko 17° vedno 5 cm.

5. Horizontalni preklopi pri naklonu strešine pod 9° (ca 15% se morajo poleg zadostnega preklopa zatesniti z bituminoznim kitom. To zatesnitev je priporočljivo izvesti tudi pri strmejših nagibih, če to zahtevajo lokalne prilike (dež in sneg z močnim vetrom).

6. V krajih, kjer prevladujejo enosmerni vetrovi, je treba pokrivanje enokapnik pričeti proti smeri vetra, t. j. če piha veter preko strehe stalno od leve proti desni, izvedemo kritje z desne proti levi. Isto velja tudi za preklap slemenjakov.

7. Pri dvokapnicah pokrijemo eno strešino z leve na desno, drugo pa z desne na levo.

8. Da preprečimo vdor vetra pod valovite plošče na fasadni strani, se morajo odprtine med valovi izpolniti z apnenom malto. V primeru, da je zgradba v celoti lesena, se te odprtine zapro z desko, ki je izrezana v obliki valov plošče.

9. Na čelnih straneh strehe zaključimo kritje z valovitimi ploščami najbolje tako, da se ob gredice pribije deska, katera se potem obenem z zaključnim valom prekrije s pocinkano pločevino.

10. Pri postavljanju drogov za napeljavo in pri prehodu raznih žic je treba prebiti plošče vedno v temenu, nikdar pa v žlebu valov.

11. Horizontalno dilatacijo izvedemo na ta način, da v sredini strešine vstavimo namesto ene dve gredici ali jeklena profila, tako da je razmak med njima enak velikosti horizontalnega preklopa na predmetni stehi v centimetrih, povečani za 10 cm. Plošče se sedaj lahko pritrdijo ločeno in sicer gornje plošče na višje ležečo gredo, spodnje plošče pa na nižjo ležečo. S tem dobimo dva, med seboj nepovezana dela strehe, ki lahko delujeta vsak zase.

12. Za dobro izvedbo je najbolje, če se pri naročilu valovitih plošč v tovarni predloži načrt strehe, po katerem lahko tovarna ugotovi in svetuje, koliko plošč in kakšne velikosti rabi izvajalec, kakšni naj bodo preklopi, razstoji gredic, število vijakov, slemenjakov itd.

13. Pri vzdrževanju odnosno popravljanju streh, kritih z valovitimi ploščami, ne smemo hoditi direktno po ploščah, ampak vedno po v ta namen položenih lestvah ali deskah. Delavci naj bodo v takih primerih v mehkih obuvalih.

14. Plošče morajo ležati popolnoma na gredicah in se ne smejo niti upogibati, niti kakorkoli zibati. Krovna konstrukcija mora biti zato izvedena pravilno, tako da leže vse gredice v eni ravnini in »pod vrstico«.

15. V skladišču naj ne bo zloženih na enem mestu več kot 200 komadov drug na drugem, odnosno največ do višine 1.50 m.

Uporabljena literatura:  
Pokrivanje z valovitimi ploščami »Salonit«. Izdala Gradjevska knjiga, Beograd 1950.



# Novosti iz drugih revij

## STREHE V INDUSTRIJI

Najnovější razvoj v konstrukciji, izolaciji in nepropustni prevleki streh industrijskih stavb je odvisen od štirih pogojev: 1. od tipa konstrukcije, 2. od vremenskih pogojev, 3. od zahtevane trajnosti stavbe in 4. od finančnih sredstev.

Nosilna konstrukcija: Osnovni materiali za velike krovne konstrukcije industrijskih hal so: jeklo, železobetonski in v najnovjšem času aluminij. Jekleni rešetkasti nosilci so lahko iz kotnega železa ali iz jeklenih cevi. Ti rešetkasti nosilci iz okroglih cevi so lažji ter se na njih nabira manj prahu. Lahko izdelamo tudi polnostenske varjene nosilce z železnimi primarnimi nosilci. Ekonomične razpetine za industrijske jeklene enonadstropne hale so objavljene v D. S. I. R. Wartime Building Bulletins številki 1 in 4 (1940). Jeklene poveznike se ne sme izpostaviti korozivnim plinom, preveliki vlagi ali prevelikemu nabiranju prahu. Enako je treba vse jeklo zaščititi s premazom ali drugače. V Angliji so jeklene konstrukcije ekonomične. Ko preide vzdrževanje jeklene konstrukcije v neekonomičnost, jo lahko nadomestimo z železobetonsko konstrukcijo. Za majhne razpetine in majhne višine je uporabljiv železobetonski strop, betoniran na mestu. Za večje razpetine so pa ekonomični montažni železobetonski nosilci, oziroma shedi. Za velike razpone, t. j. do 75 m, se priporoča uporaba železobetonskih lupin. V novembrski številki Building Digest iz leta 1948 so objavljene železobetonske lupinaste strehe. Z armiranim betonom lahko prihranimo jeklo. Še večja je štednja pri lupinah. Betonske konstrukcije tetjajo najmanj vzdrževanja.

V tem članku se ne obravnava kritin iz navadnih strešnikov in skrilavca.

### Strešna kritina iz plošč.

1. Azbestno cementna kritina. Salonit je najbolj običajna kritina. Odporen je proti vremenu in kemičnim vplivom. Običajna je valovita plošča. Najmanjši naklon je 22½%, če so manjši nakloni, je treba preklope plošč premazati z bitumensko mešanico. Salonitna plošča ima težnjo, da se z leti drobi, zato je ne smemo obremenjevati ter moramo pri hoji po taki strehi položiti plohe, da se obtežba razdeli.

Za ravne ali malo naklonjene strehe uporabljajo votle, azbestno cementne plošče, ki so 2,4 m dolge in 11 cm debele, brez betonskega polnila. Uporabljajo še armirane koritaste azbestno cementne plošče 2,1 × 1,2 m za 4° naklon. V teh ploščah je armatura ter so podpore potrebne na 1,9 m. Stike nad ploščami zapolnijo s posebnimi polnimi elementi.

Kot tretjo azbestno cementno kritino uporabljajo plošče, ki služijo za strope in imajo žlebiče

za železo. Izbetonirana montažna plošča je 7,5 cm debela za razpon 1,8 m in obtežbo 550 kg/m<sup>2</sup> (112,5 lb/sq. foot) za 3,0 m plošče 12,5 cm debela pa 365 kg/m<sup>2</sup> (75 lb/sq. foot).

2. Jeklena kritina. Preje so uporabljali železne valovite plošče, sedaj pa namesto njih azbestno cementne plošče. Uporabljajo pa se jeklene valovite plošče s premazom bitumena in azbestnih vlaken. Plošče so razne teže in raznih barv. Posebno so odporne proti kislim plinom in morskemu zraku. Za ravne strehe uporabljajo 60 cm široke plošče z rebri na zgornji strani. To so lahke izolacijske 1,25 cm plošče, ki imajo kot zaključek vodonepropustno lepenko. Spodnjo stran jeklene plošče je treba prebarvati z anti-korozivno prevleko.

3. Aluminij. Aluminijaste plošče so enake oblike kot valovite železne plošče. Prednosti so pa v lažji teži, odpornosti proti vremenskim vplivom in dolgotrajnosti. Lažja teža pa vodi do ekonomičnih spodnjih nosilnih konstrukcij. Aluminij napadajo alkalije, toda običajno je odporen proti normalnim kemijskim vplivom. Kjer koli se aluminij uporablja z drugimi kovinami, je treba paziti na elektrolitični proces.

### Nenosilna kritina.

1. Asfalt. Asfaltna kritina je narejena iz asfaltnege mastiksa, ki je mešanica prašnatega kamna, asfalta in asfaltnege cementa. Polaga se na betonsko ali leseno podlago v vročem stanju v dveh plasteh po 1 cm, skupaj 2 cm. Asfalt je treba vlit na vlaknasto podlago (jute ali slično), da plast deluje ločeno od spodnje podloge. Pri pohodnih stenah je treba gornjo plast ojačiti na 1,5 cm trdega asfalta.

Da gornji plasti ne škoduje poletna vročina, naj se jo posiplje z belim živcem, ki odbija sončne žarke. Zdrži tudi 20 let, vzdrževanje pa je malenkostno.

2. Bitumenska kritina (lesocementna streha). Ta sestoji iz 1 do 5 leg strešne bitumizirane lepenke, ki je na stikih dobro premazana. Za pohodne terase dajejo kot gornjo plast azbestno cementne ali betonske ploščice, lahko so pa tudi potresene s peskom. Ta kritina je primerna na lesu, betonu ali železu. Je zelo elastična in zato priporočljiva.

3. Cink in baker. Baker je dolgotrajen in s svojo »patino« zaščiten proti vsem kemičnim vplivom. Bakrena streha ima najmanjši naklon 1°. Lesene in betonske strehe je treba ločiti od bakra z vmesno lego jute. Vertikalne stike je treba napraviti s stoječimi zakroji ali z lesenimi letvami. Vedno je treba uporabiti bakrene žeblice. Priporočajo se medeninaste utopljene vijake.

Cinkove strehe se napravijo enako kot bakrene. Zdržijo tudi do 40 let in so cenejše.

#### Podloga kritin.

Zaradi velike potrošnje goriva pri velikih površinah moramo strešno konstrukcijo toplotno izolirati, ker s tem znatno prihranimo na obratnih stroških.

1. Podloga iz lahkega izolacijskega materiala. Z uspehom uporabljajo staničave lahke betone, vlite na licu mesta, debeline 7,5 do 12,5 cm. Ti betoni so lahki, nevnetljivi ter odporni proti mrčesu in gnitju. Lahko so tudi prefabricirani v plošče. — Dober je lahek beton iz vermikulita.  $\gamma = 400 \text{ kg/m}^3$ . Te podloge zaščitimo s protivrenensko prevleko.

2. Vlakanate plošče iz odpadnega lesa, papirja, bičevja itd. Te plošče navadno pritrjujejo pri starih stavbah na spodnjo stran leg. V novih zgradbah polagajo to izolacijo zgoraj. Deluje tudi kot zvočna absorpcija. Pri betonskih stavbah jih dajejo na opaže ali pa na betonsko ploščo. Plošče, ki jih dajemo v opaž, moramo pred betoniranjem ovlažiti.

3. Plošče iz lesne volne, dolge 1,2 do 7,5 cm, vezane s cementom 5 cm debele  $\times$  1,8 do 2,1  $\times$  0,60 m velike, armirane z jeklenimi rebri, so lahko tudi nosilne.

4. Mineralna volna. Mineralno volno dobimo tako, da kamen segrejemo do 1650° C in pretvorimo v lahko elastično vlaknasto maso, ki je odporna proti vlagi, ognju in vzdrži temperaturo 750° C. Oblike volne: v raztresenem stanju, odeje, zašite vodonepropusten papir ali žične blazine.

5. Aluminijska folija. Tu uporabljajo dve foliji. Ena je valovita, druga pa ravna. Obe sta zlepjeni na stičnih ploskvah. Ker je njihova barva neprimerna, jih je treba prebarvati.

6. Razen navedenega imamo še stekleno volno, žilindrino volno in vermikulit omet.

#### Nadsvetloba.

Doslej je v Ameriki izdelanih le malo tovarn, ki imajo samo umetno razsvetljavo. Najbolj se je le obnesel shed. Toda tudi ta streha ima pomanjkljivosti. Zasteklene površine so prevelike in razsvetljava pride samo z ene strani. Zato je gradbena raziskovalna postaja (Building Research Station) našla novo ugodnejšo rešitev za tovarniški objekt.

1. Patentna brezkitna zasteklitev. Tu poznamo veliko patentiranih brezkitnih pritrditvev za steklo. Palice so ali iz jekla, aluminija in betona. Jeklene palice so pocinkane. Razstoj je 60 cm. Projektirajo jih tudi do 10° naklona.

2. Stropna razsvetljava. Na ravnih strehah je zasteklen vertikalni pas z dvonaklonskim krovom. Drug način je zasteklitev iz enega komada v obliki kupole.

3. Stekleno betonske enote (Luxfer). To so posebna kvadratna ali okrogla steklena telesa, obdana z armirano betonskimi rebri, ki skupno tvorijo ploščo. Iz tega lahko napravimo popolno bečvasto zastekleno streho. Posebno se uporablja pri železobetonskih lupinah.

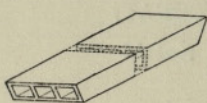
Razne strešne zasteklitve. Imajo tudi posebne steklene valovite »Perspex« plošče, ki se uporabljajo predvsem za salonitno kritino, s katero se po obliki skladajo.

(Povzetek iz revije »Building Digest«, 1951.)

**Svet za gradbene in komunalne zadeve LRS**  
skupno z Društvom gradbenih inženirjev in tehnikov  
se hoče oddolžiti spominu padlih borcev za svobodo  
gradbenih inženirjev in tehnikov. V ta namen pri-  
pravlja postavitev primerne spominskega objekta.

Da se ne bi prezrlo kakega našega padlega borca,  
pozivamo vse, ki so jim znana imena padlih, da jih  
javijo Svetu ali Društvu.

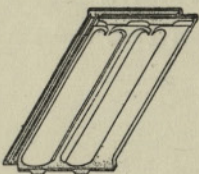
## STROPNJAK HOURDIS

	TEHNIČNI PODATKI:	dolžina s toleranco	mm	1150 ± 20
	širina s toleranco	mm	250 ± 8	
	višina s toleranco	mm	80 ± 4	
	teža	kg	20	
	planskih enot		20 zidnih	
	tovorna teža	kom/t	50	

PROIZVOD IZDELUJE  
OBRAT:  
Košaki

Uporaba: Za izdelavo stropov med traverzami v industrijskih zgradbah. Za montažo je potreben še zaključni komad (blazinica). Izdeluje se v ravni in usločeni obliki.

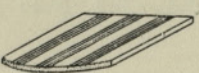
## STREŠNIK M.- II (STISKANI MODEL)

	TEHNIČNI PODATKI:	dolžina s toleranco	mm	430 ± 10
	širina s toleranco	mm	240 ± 4	
	najmanjša debelina s toleranco	mm	14 + 1 - 4	
	teža	kg	3,26	
	obtežba pri poružitvi	kg/cm <sup>2</sup>	120	
	najmanjša posam.	kg/cm <sup>2</sup>	100	
	planskih enot na m <sup>2</sup> strehe	kom	12	
	teža za m <sup>2</sup> strehe	kg	39	
	dopusten naklon	stp.	27° (53%)	
	tovorna teža	kom/t	310	

PROIZVOD IZDELUJEJO  
OBRATI:  
Ljubljana (Opeka, Vič, Brdo)

Uporaba: Za pokrivanje streh, ki so izpostavljene hujšim vremenskim ne-prilikam.

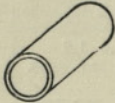
## BOBROVEC 1,5

	TEHNIČNI PODATKI:	dolžina s toleranco	mm	300 ± 7
	širina s toleranco	mm	285 ± 5	
	debelina s toleranco	mm	14 + 1 - 3	
	teža	kg	3,35	
	obtežba pri poružitvi	kg/cm <sup>2</sup>	75	
	najmanjša posamezna	kg/cm <sup>2</sup>	60	
	planskih enot		2 strešni	

PROIZVOD IZDELUJEJO  
OBRATI:  
Ljubecna, Bukovžlak

Uporaba: Uporablja se za kritje streh z bobrovcem in sicer namesto polovičnega bobrovca za zaključke.

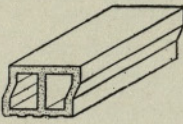
## DRENAŽNA CEV 5-8

	TEHNIČNI PODATKI:	dolžina s toleranco	mm	330 ± 7
	notranji premer	ø	50(80) ± 3	
	debelina stene	mm	14 ± 2	
	teža	kg	2,2 - 3,00	
	na m	kom	3	
	tovorna teža	kom/t	330 - 450	
	planskih enot		2,5 streš. 3 streš.	

PROIZVOD IZDELUJEJO  
OBRATI:  
Brežice, Celje, Puconci

Uporaba: Za kanalizacije, drenaže in dimnovode.

## STROPNJA OBOČNA OPEKA

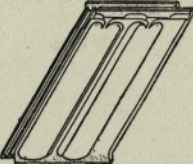
	TEHNIČNI PODATKI: dolžina s toleranco	mm	250 ± 6
	širina s toleranco	mm	140 ± 3
	višina s toleranco	mm	100 ± 2
	teža	kg	4,2
	planskih enot		3 zidne
	tovorna teža	kom/t	240

PROIZVOD IZDELUJE  
OBRAT:

Košaki

Uporaba: Za obokanje gospodarskih poslopij — hlevov.

## STREŠNIK K II (STISKANI MODEL)

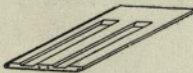
	TEHNIČNI PODATKI: dolžina s toleranco	mm	400 ± 10
	širina s toleranco	mm	220 ± 4
	najmanjša debelina s toleranco	mm	14 + 1 - 4
	teža	kg	1,65 - 2
	obtežba pri poružitvi	kg/cm <sup>2</sup>	120
	najmanjša posam.	kg/cm <sup>2</sup>	100
	planskih enot na m <sup>2</sup> strehe	kom	15
	teža za m <sup>2</sup> strehe	kg	25 - 30
	dopusten naklon	stp.	27° (53%)
	tovorna teža	kom/t	500 - 600

PROIZVOD IZDELUJEJO  
OBRATI:

Ljubljana (Vič, Brdo)

Uporaba: Za kritje streh lažje konstrukcije.

## STREŠNIK ZAREZNIK MODEL 'STEINBRÜCK'

	TEHNIČNI PODATKI: dolžina s toleranco	mm	400 ± 8
	širina s toleranco	mm	220 ± 4
	debelina s toleranco	mm	14 + 1 - 4
	višina s toleranco	mm	14
	nos — debelina	mm	40 ± 2
	nos — širina	mm	20
	teža	kg	2,5
	obtežba pri poružitvi	kg/cm <sup>2</sup>	120
	najmanjša posam.	kg/cm <sup>2</sup>	100
	maks. vpijanje vode	%	14
	planskih enot na m <sup>2</sup> strehe	kom	15
	teža za m <sup>2</sup> strehe	kg	37,5
dapusten nakl. strehe	stp.	33° (65%)	
tovorna teža	kom/t	400	

PROIZVOD IZDELUJEJO  
OBRATI:

Brežice, Košaki, Pragersko,  
Ptuj, Lukavci, Boreci, Puconci,  
Črešnjevci, Celje, Žalec, Ljubljana, Bukovžlak, Rače

Uporaba: Za pokrivanje streh. Je lahek, gladek in dobro odvaja padavine. Krije se lahko s polovicami ali brez njih.

## PREGLED OPEČNIH IZDELKOV

Stroka 121

Skupina	Redna proizvodnja	Znak	Proizvodnja po naročilu	Znak	Skupina	Redna proizvodnja	Proizvodnja po naročilu		
Zidak	Polni zidak M-150	Zn 150	Radialna opeka	Or	Stropnjak	Monta 8	M 8	Stropnjak Emona	E
	Polni zidak M-70	Zn 70	Fasadna opeka	Zf				Stropnjak LGD	LGD
Votlak	Votlak 1/1	Zv 1	Obložna opeka	Zo	Strešnik	Bobrovec	Sb	Bobrovec 1.5	Sb 1/2
	Votlak 2/1-h	Bh 2	Tlakovec vlečen	T		Strešni zareznik	Sz	Strešni zareznik 1/2	Sz 1/2
	Votlak 2/1-v	Bv 2	Tlakovec stiskan	Ts		Strešni zareznik	Szd	Strešni zareznik 1/2	Szd 1/2
	Votlak 4/1-h	Bh 4	Lahka opeka	Zp		Korec	Sk/Sv		
	Votlak 4/1-v	Bv 6				Zaklopnik M	SSm	Ponvasti zaklopnik	Sp
	Votlak 6/1-h	Bh 6				Zaklopnik K	Ssk		
	Votlak 6/1-v	Bv 6				Slemenjak	Ss		
Porolit 8	P 8								
Planeta P	P								
						Drenažna cev 10	D 10	Drenažna cev 5-8	D5-8
								Ograjniki	O

Odrešni