

Poštarina plaćena u gotovom

ZAVOD ZA DRVNO-IND. STROJARSTVO

Inventar. broj: 1095

Skupina: Br. skup.

Br. '8-9 God. XVIII

**DRVNA**

KOLOVOZ-RUJAN 1967.

**INDUSTRIJA**

CASOPIS ZA PITANJA EKSPLOATACIJE SUMA, MEHANIČKE I KEMIJSKE  
PRERADE DRVA, TE TRGOVINE DRVOM I FINALNIM DRVNIM PROIZVODIMA



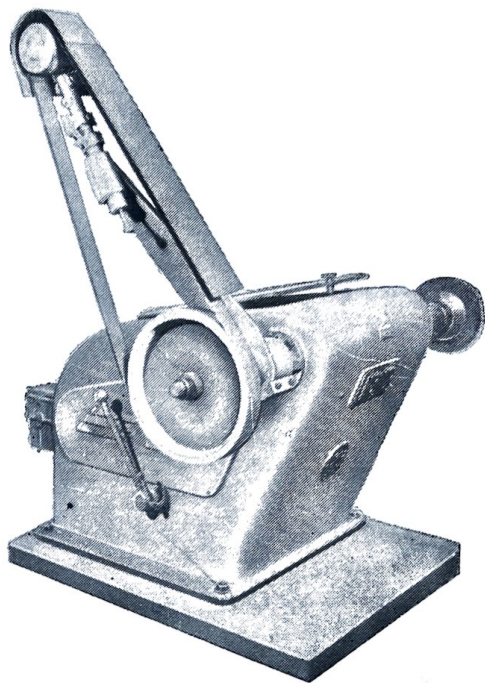
# ŽIČNICA

LJUBLJANA, TRŽAŠKA CESTA 49

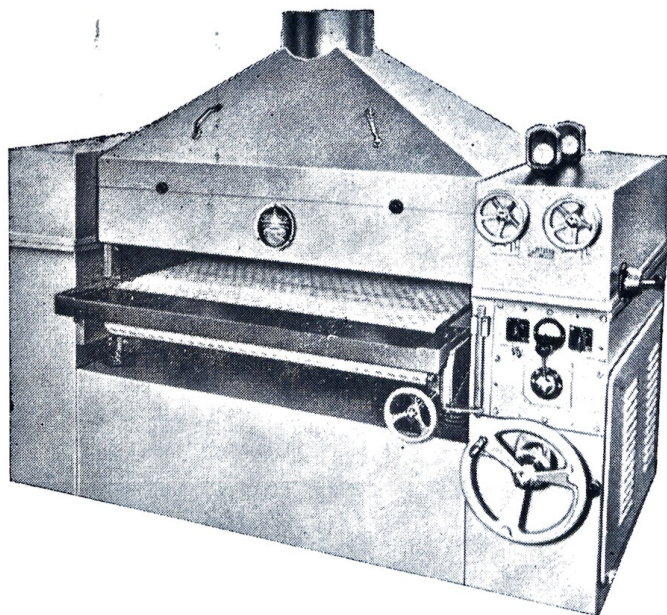
PROIZVODI STROJEVE I OPREMU  
ZA DRVNU INDUSTRIJU

### PROIZVODNI PROGRAM:

- visokoturažne i nadstolne glodalice
- »Karusel«, kopirna glodalica
- Formatne kružne testere
- Polirne strojeve za visoki sjaj
- Dvovaljčane i vibracione brusilice
- Brusilica za oštrenje alata i testera
- Oscilirajuća bušilica za ovalne rupe
- Stroj za izradu ovalnih čepova
- Stroj za brušenje štapova
- Aparat za zaštitu radnika i dodavanje drvoobrađivačkim strojevima
- Sušare za plemeniti i slijepi furnir:
  - na mlaznice »Düsentrockner« sa i bez trake, propusne itd.



Dvostrani stroj za brušenje i poliranje, Tipa DPB



Dvovaljčana brusilica za drvo VBR-K

- Sušare za drvo:
  - prenosne sa grijanjem parom ili na loženje piljevine
  - opremu za sušare u zgradi u kapacitetima od 4 m<sup>3</sup> dalje
- Kabine za nitrolakiranje sa i bez vodene zavjese
- Sušare za lakove
- Individualna oprema po narudžbi

### U PRIPREMI:

- postrojenje za čelno spajanje drveta
- novi tipovi strojeva za poliranje
- nove savremenije opremljene glodalice sa više okretaja i KS
- komorne sušare za drvo u montažnim hangarima itd.

VLASTITA LIVNICA OBOJENIH  
METALA

# DRVNA INDUSTRIJA

EKSPLOATACIJA ŠUMA — MEHANIČKA I KEMIJSKA  
PRERADA DRVA — TRGOVINA DRVOM I FINALNIM  
DRVNIM PROIZVODIMA

GOD. XVIII

KOLOVOZ—RUJAN

BROJ 8—9

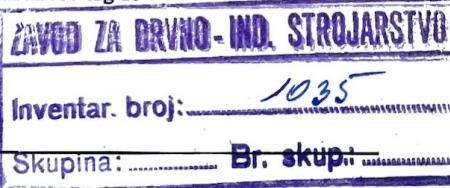
## IZDAVACI:

INSTITUT ZA DRVO  
Zagreb, Ulica 8. maja 82

POSLOVNO UDRUŽENJE  
proizvođača drvne industrije  
Zagreb, Mažuranićev trg 6

ŠUMARSKI FAKULTET  
Zagreb, Šimunska 25

»EXPORTDRVO«  
poduzeće za promet drva i drvnih proizvoda  
Zagreb, Marulićev trg 18



## U OVOM BROJU:

Đuro Ham, dipl. ing. i Ninoslav Lovrić, dipl. ing.

TERMICKA IZOLACIJA ZIDANIH KOMOR-  
NIH SUŠIONICA ZA DRVNU GRAĐU . . . 115

Stjepan Petrović, dipl. ing.

PRILOG ISTRAŽIVANJU O PROIZVODNJI  
I SVOJSTVIMA LAKIH PLOČA IVERICA 143

\*\*\*

»EXPORTDRVO« — Informativni bilten . . . 153

## IN THIS NUMBER:

Đuro Ham, dipl. ing. and Ninoslav Lovrić, dipl. ing.

THE HEAT INSULATION OF MASONRY  
BUILT COMPARTMENT KILNS FOR TIM-  
BER . . . . . 115

Stjepan Petrović, dipl. ing.

SUPPLEMENT TO THE INVESTIGATION  
REGARDING THE PRODUCTION AND  
CHARACTERISTICS OF LIGHT CHIP-  
BOARDS . . . . . 143

\*\*\*

»EXPORTDRVO« informations . . . . . 153

»DRVNA INDUSTRIJA«, časopis za pitanja eksploatacije šuma, mehaničke i kemijske prerade drva te trgovine dvom i finalnim drvnim proizvodima. Izlazi mjesečno. Pretplata: godišnja za pojedince 20, a za poduzeća i ustanove 100 novih

dinara. Tekući rr. kod N. B. br. 3071-3-419 (Institut za drvo).

Uredništvo i uprava: Zagreb, Ulica 8. maja 82.

Glavni i odgovorni urednik: Franjo Štajduhar, dipl. inženjer šumarstva.

Redakcioni odbor: dr Zvonimir Etinger, Svetozar Grgurić, dipl. ecc., Mihovil Šipuš, dipl. inž. šumarstva.

Urednik priloga »Exportdrvo« (Informativni Bilten): Andrija Ilić. Tiskara: »Tipograf« — Rijeka.

# **INSTITUT ZA DRVO - (INSTITUT DU BOIS)**

ZAGREB, Ul. 8. maja 82 — Telefoni: 38-641 i 24-280

## **Za potrebe cjelokupne drvne industrije SFRJ**

### **V R S I:**

#### **ISTRAŽIVAČKE RADOVE**

s područja građe i svojstava drva, mehaničke i kemijske prerade te zaštite drva, kao i organizacije i ekonomike

#### **IZRAĐUJE PROGRAME IZGRADNJE**

za osnivanje novih objekata, za rekonstrukcije, modernizacije i racionalizacije postojećih pogona

#### **OSIGURAVA KOMPLETAN ENGINEERING**

u izgradnji novih, rekonstrukciji i modernizaciji postojećih pogona a u kooperaciji s odgovarajućim projektnim organizacijama.

#### **DAJE POTREBNU INSTRUKTAŽU**

s područja svih grana proizvodnje u drvnoj industriji

#### **BAVI SE STALNOM I POVREMENOM PUBLICISTICKOM DJELATNOSTI**

s područja drvne industrije

#### **ODRŽAVA DOKUMENTACIJSKI I PREVODILAČKI SERVIS**

domaće i inozemne stručne literature

Za izvršenje prednjih zadataka Institut raspolaže odgovarajućim stručnim kadrom i suvremenom opremom. U svom sastavu ima:

**Laboratorij za mehaničku preradu drva u Zagrebu.**

**Laboratorij za površinsku obradu u Zagrebu.**

**Kemijski laboratorij također u Zagrebu.**

**Pokusnu stanicu za impregnaciju u Sl. Brodu**

# Termička izolacija zidanih komornih sušionica za drvenu građu

## U V O D

Kod izbora, odnosno ocjenjivanja pojedinih građevnih dijelova zidanih komornih sušionica, treba razmotriti, pored ostalog, i pitanje termičke izolacije. Ova izolacija ima znatan utjecaj na termoenergetsku komponentu tehnološkog procesa, a kakav i koliki je taj utjecaj razabrat će se iz ove studije. Razumljivo je da se ovo pitanje ne može riješiti u detaljima jednoznačno za sve tipove sušionica, nego će se taj utjecaj prikazati na tipu zidanih sušionica drvene građe, koji se kod nas najčešće primjenjuje, odnosno susreće u praksi.

Pri analizi tog pitanja, čitač će odmah uočiti da rasprava zadire u područje triju struka, tj. termoenergetske, građevinske i drvo-industrijske. U ovom članku analizirat će se termoenergetsko-građevinarska komponenta. Naglašavam, da su u pogonu svake sušionice sve tri komponente usko povezane, tako da ih se ne može posebno odvajati. U svrhu projektiranja i izbora sušionice naročito je potrebno poznavati sve tri komponente. Za postojeće sušionice to je od važnosti da bi se postiglo što bolje i racionalnije sušenje drva, odnosno korišćenje sušionice. Uslijed složenosti ovog pitanja, donijet će se u raspravi samo osnovne postavke s proračunima, što će biti od koristi kod projektiranja i u pogonu sušionice.

Prilikom razmatranja razlikovat ćemo slijedeća tri građevna dijela sušionice: vertikalne stijene, stropnu (krovnu) konstrukciju i pod. Ovi dijelovi su jasno vidljivi na slici 1, koja predočuje uzdužni i poprečni presjek te tlocrte zidane sušionice s dvije komore i prostorom za upravljanje (tzv. komandni prostor). U svakoj komori smještena su četiri aksijalna ventilatora za ostvarenje poprečnog strujanja zraka. Zidovi sa strane komora su izvedeni od opeka, kao šuplji ( $12 + 6 + 25 = 43$  cm), a pregradni zid između komora je puno zide, debljine 25 cm. Stropna, odnosno krovna konstrukcija je od armirane šuplje tankostijene opeke.

U vezi određivanja termičke izolacije, uzet ćemo u razmatranje samo bočne stijene sušionice. Ostali dijelovi sušionice, tj. stropna konstrukcija, čeoné plohe, vrata, otvori itd, neće se uzeti u posebno razmatranje zbog pretpostavke da treba nastojati postići praktički iste izolacione vrijednosti za ostale plohe (stijene) nadzemnih dijelova sušionice, bez obzira na materijal dotičnih ploha. Pri tome je način proračuna potrebne termičke izolacije i gubitka topline analogan kao kod postranih stijena (vidi poglavlje 2.1), da bi se ostvarila spomenuta pretpostavka.

U daljnjem izlaganju, prikazano je na konkretnom primjeru, a u vezi slike 1, kako se određuju gubici topline za dijelove sušionice ako se želi uzeti u obzir raznolikost međusobnih površinskih odnosa (vidi 5).

Gubici topline kroz tlc, tj. podzemne dijelove sušionice, posebno će se uzeti u razmatranje, pošto se radi izvedbe uobičajenih sušionica ne mogu analogno odrediti kao za nadzemne dijelove.

Prije nego što uzmemo u razmatranje spomenuti tip zidane sušionice, donijet ćemo kratki pregled o termičkim svojstvima građevinskih materijala, zbog jasnoće u daljnjem izlaganju.

## 1. TERMIČKA SVOJSTVA GRAĐEVINSKIH MATERIJALA ZA ZIDNE SUŠIONICE

Poznato je da kvalitet toplinske izolacije svakog građevinskog objekta ovisi od toplinske vodljivosti, propustljivosti (hermetičnosti) i kapaciteta akumulacije topline pojedinih konstruktivnih elemenata. Na spomenuta tri faktora od utjecaja je, pored ostalog, i vrsta materijala od kojeg su ti konstruktivni elementi izrađeni. Osim toga, izvjestan utjecaj imaju i svojstva zračenja izolacionog materijala. Prema tome, potrebno je poznavati termička svojstva građevnog materijala od kojeg je dotični objekt izrađen. U našem slučaju u tabelama su navedeni podaci koji su upotrebljeni u proračunima, a u vezi su s termičkim svojstvima materijala. Izolaciona sposobnost građevnih materijala utoliko je veća ukoliko je manja vodljivost topline. Izolacioni materijal ima mali koeficijent vodljivosti topline ( $\lambda$ ). Računsku vrijednost izolacione sposobnosti pojedinih materijala određuje recipročna vrijednost njihovih koeficijenata vodljivosti  $\frac{1}{\lambda}$ , odnosno koeficijent izolacije.

Pogledamo li tabelu, uočit ćemo da postoje tri grupe materijala. Prvoj grupi materijala pripadaju oni s malim koeficijentom vodljivosti (heraklit i dr.); međutim, oni se ne mogu upotrebiti za izradu nosećih zidova. Materijali druge grupe (kamen, beton itd.) zadovoljavaju uvjete statičke stabilnosti, dočim ne odgovaraju u pogledu toplinske izolacije. Treća grupa obuhvaća materijale koji udovoljavaju u izvjesnim slučajevima obim zahtjevima, tj. toplinskom i statičkom (šuplji blokovi od opeke i dr.). Da bi zid istodobno zadovoljio toplinske i statičke uvjete, često se za njegovu izradu upotrebljavaju dva ili više materijala. Ako to nije potrebno zbog statičkih razloga, to redovno nije ekonomično da se izolaciona sposobnost zida

postiže povećanjem njegove debljine. U ovakvom slučaju treba usporediti rentabilnost izrade zidja dviju, odnosno više alternativa.

Za kapacitet akumulacije topline potrebno je poznavati specifičnu toplinu  $c_p$  (vidi tabelu).

Specifična toplina  $c_p$  građevinskog materijala ovisi uglavnom o vrsti, prostornoj težini materijala i procentu vlažnosti u njemu. Vlaga u materijalu povećava sposobnost akumulacije topline, a također akumulacione sposobnosti materijala rastu s njegovom prostornom (volumnom) težinom.

Kod industrijskih zgrada, gdje je važna akumulacija topline u zidovima, tj. da bi zidovi što duže

zadržali toplinu primljenu od unutarnjeg zida, potrebno je na vanjskoj strani zidova staviti sloj koji ima jaku izolacionu sposobnost.

Početno zagrijavanje traži nešto intenzivnije loženje, da bi se popunio toplinski kapacitet zida do stacionarnog stanja izmjene topline. Suprotno je kod prostorija gdje se želi brzo postići zagrijavanje, a brzo hlađenje nema utjecaja. U tom slučaju stavlja se jaki izolacioni sloj s unutarnje strane, da bi se smanjilo prodiranje unutarnje topline u zidnu masu. Poslije prestanka loženja, ovakve se prostorije naglo ohlade. Stoga ovakva izolacija uvjetuje brzu regulaciju grijanja.

**Toplinske vrijednosti nekih materijala  
po H. Heid i A. Kollmar**

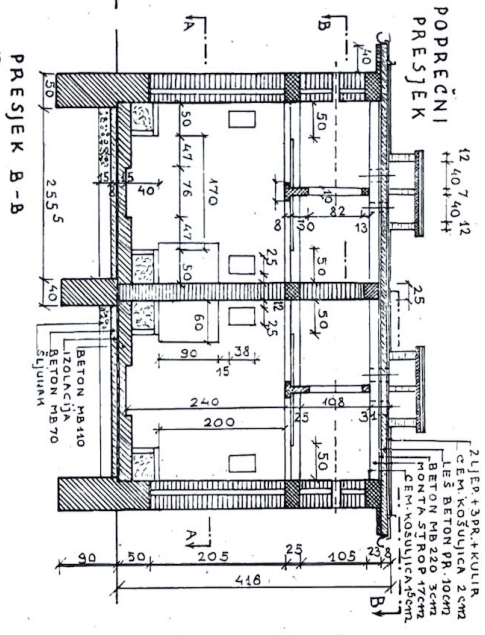
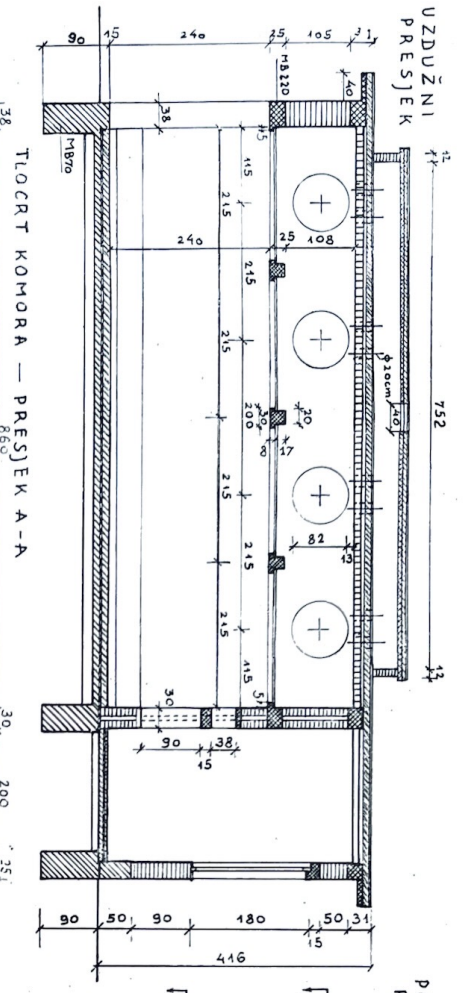
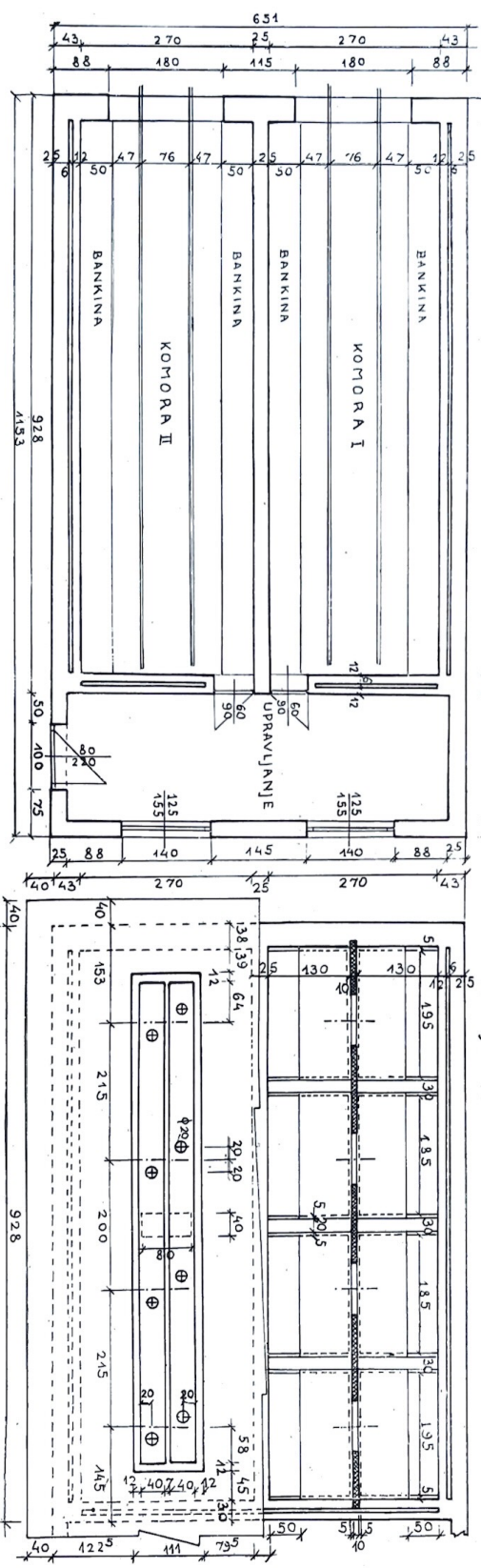
MATERIJAL	Spec. (volumna) masa	Specifična toplina		Toplinska vodljivost		Koeficijent zračenja		
	$\gamma$ kg/m <sup>3</sup>	$C_p$ kcal/kg · °C	Opseg tempera- ture °C	$\lambda$ kcal m · °C · h	Opseg tempera- ture °C	C kcal m <sup>2</sup> · h · (°K) <sup>4</sup>	Tempera- tura mjerenja C	Površin. obrada
<b>Metali</b>								
Aluminij (Al)	2400	0,224	100°	174—245	20—600°	0,35	26°	sirovo
99,7% Al; 0,2% Fe 0,14% Si		0,235	200°	194,5	0°	0,26	23°	polirano
				185	50°	0,19	230°	polirano
				191	150°	0,28	580°	polirano
99% A				176,5	100°			
Bakar (Cu) čisti	8930	0,09244	38,1°	320—335	20—200°	0,15	200°	polirano
		0,09472	101,75°	336		3,60	130°	oksidirano
		0,0968	200°			1,80		cijevi
Čelik (Fe)	7850	0,1315	15—300°			3,7—3,9		čelič. cijevi
<b>Anorganski materijal</b>								
Azbest	57	0,20	15°	0,054	15°			
Azbestna vuna	35			0,047	32°			
	234			0,066	32°			
	702			0,200	0°			
	1240			0,220	15°			
Beton		0,211	16°					
Potpuno suh	500			0,115	10°			
	1000			0,220	10°			
	1500			0,349	10°			
	2000			0,575	10°			
	2250	0,27	0—100°	0,704	10°			
Zračno suh	500			0,162	10°			
	1000			0,309	10°			
	1500			0,515	10°			
	2000			0,778	10°			
	2250			0,950	10°			
Vlažan	500			0,223	10°			
	1000			0,420	10°			
	1500			0,682	10°			
	2000			0,985	10°			
	2250			1,154	10°			
Beton od plovučca 10,3% vlažnost	850			0,29	0°			
Krovna ljepenka	1000—1200			0,12—0,20	0—20°	4,6	20°	
Led	880—920	0,51	—20—0°	1,92	0°			
				2,39	—50°			
				1,92—2,39	0—50°			

Svježn snijeg prema strukturi	100 200 300 500	0,431	—40 do 0°	0,04 0,09 0,20 0,55	0° 0° 0° 0°	4,7 4,8	0° 0°	gladak sirov
Tlo	2585 2040	0,44		0,694 0,45 1,15 1,44	20—25° 20° 20—25° 20—25°	1,8		
20% vol-vlažnost 30% vol-vlažnost Staklena vuna Vlakna paralel. Vlakna okomito	160 219	0,157		0,0687 0,0324 0,0300	32° 32° 0°			
Granit Kamen kotlovac pretežno sadra pretežno silikat Šljunak Infuzorijska zemlja Ilovača 44,7% vol. vlaž. Magnezija	2700 2000—2500 300—1000 1850 245 1445 131	0,21	0—100°    38°	2,82  0,5—2,0 0,07—0,15 0,29	34°  300° 300° 0—20°	2,12		Brušen
Mramor	2700	0,21	0—30°	2,9	0°	4,62 2,70	22°	svjetlo siv glatko brušen
Pijesak	1500 1740	0,191	20—100°	0,26 0,28	0—20° 0—20°			
Pješčenjak suh vlažan Šamotna opeka	2700 2250	0,174		1,11 1,44	20° 20°	2,86		glatko brušen
21% poroznost 31,5% poroznost Kamen od šljake Mineralna vuna	1650—1850 200 400	0,18	0—100°	0,865 0,608 0,034 0,044	125° 127° 30° 0°			
Glina 48,7% vol. vlaž. Žbuka (vapnena, sadrena) Cement	1445 1690 2245 1890			1,080 0,5—0,8	23°	4,4—4,6	20°	Pocakljen uslijed is- korištava- nja
Opeka suha suha suha 1,8% vol. vlažn. 5,8% vol. vlažn.	710 1570 1850 1670 800	0,27 0,22	30° 0—100°	0,46	90°	4,6	22°	crvena, grub

### Organski materijal

Drvo suho javor okomito na vlakn. šimšir hrast okomito na vlakanca paralelno na vlakanca smreka okomito na vlakanca Bor okomito na vlakanca paralelno na vlakanca Jela okomito na vlakanca Blanjevina Bruševina Izol. vlaknatice Ploče iverice Ploče od drvene vune Tvrde vlaknatice	710 900 650 610 825 819 500 546 551 550 140 200 300 400 500 950	0,33—0,65	0—100°      0—34°   0,65	0,136 0,128 0,209 0,130 0,180 0,310 0,0971 0,140 0,300 0,12 0,050 0,060 0,05 0,07 0,13 0,15	30° 17° 17° 30° 15° 20° 30° 15° 20° 70° 30° 0—30°	4,6 4,4	70° 21°	blanjano
---	--	-----------	---	--	--	------------	------------	----------

Uzeto po M. Radonić:  
»Grijanje i vetrenje«  
Beograd, 1965.



21 Fe + 3 BR + KUKULIK  
 CERM. OSUŠILICA 2 SZR2  
 BETON MB220 2 SZR2  
 MONTA. ST. ROP 17cm  
 CERM. OSUŠILICA 1 SZR2

Sl. 1.



Ova dva slučaja zahtijevaju i različiti način zagrijavanja. Npr. puni suhi zid iz opeke sa žbukom, debljine 42 cm, ima  $C_p = 0,20$  kcal/kg $^{\circ}$ C i volumnu težinu 1800 kg/m $^3$ . Temperatura na unutarnjoj plohi neka je 71,12 $^{\circ}$ C, na vanjskoj +1,88 $^{\circ}$ C, a temperatura okoline -15 $^{\circ}$ C. Svaki kvadratni metar toga zida sadrži 0,42 m $^3$  mase, odnosno  $0,42 \times 1800 = 756$  kg. Toplinska vrijednost iznosi  $756 \times 0,20 = 1512$  kcal/ $^{\circ}$ C. Srednja temperaturna razlika zida prema temperaturi okoline je

$$t_s = \frac{71,12 + 1,88}{2} - (-15) = 36,5 + 15 = 51,5^{\circ}\text{C}$$

Akumulirana toplota u toj masi zida je u promatranom slučaju

$$51,5 \times 151,2 = 7780 \text{ kcal.}$$

Ovaj primjer je sastavljen na osnovu podataka iz poglavlja 2.1., tabela 2.1.1.1 (puni zid za  $t_u = 80^{\circ}\text{C}$  i  $t_v = -15^{\circ}\text{C}$ ).

## 2. TERMICKA IZOLACIJA VERTIKALNIH STIJENA SUŠIONICE.

Postoje razne mogućnosti izvedbe postranih stijena, no mi ćemo uzeti u obzir samo tri slučaja izvedbe, kako to slike 2—1, 2—2 i 2—3 predočuju, tj. puni zid, šuplji zid i šuplji zid s unutarnjim limenim oblogom.

Poznato je da gubici topline kroz neku nepropusnu stijenu nastaju uslijed konvekcije, provođenja i zračenja. U slučaju porozne stijene i razlike tlaka između vanjske i unutarnje površine stijene dolazi do izvjesne direktne izmjene zraka, pa na taj način nastaju dodatni gubici topline. Ovi su gubici sami po sebi neznatni kod zidova od materijala koji se obično upotrebljavaju (npr. opeka). Međutim, zrakom koji prolazi kroz zidove, može, u početnoj fazi sušenja, doći i izvjesna količina vlage, koja se postepeno kondenzira u samoj masi zida. Uslijed kasnijeg ponovnog isparivanja tako kondenzirane vlage, dolazi do dodatnih gubitaka topline. Kod komornih sušionica, dolazi i do izmjene topline sa stijenama u pojedinim fazama procesa. Jasno da pri tome nisu uzete u obzir pukotine (napukli zidovi) i nedovoljno zabrtvljeni otvori (vrata), pošto se ti nedostaci ispravnim održavanjem dadu otkloniti.

Prostor sušionice navedenog tipa dijeli se na aktivni (korisni), u kome se suši drvena građa, i prostor s ventilatorima i kaloriferima (vidi sl. 1). U prostoru sušionice možemo u početnom razmatranju zanemariti utjecaj direktnog prolaza (difuzije) zraka kroz stijene i zračenja na gubitke topline, dok ćemo u dijelu komore s kaloriferima zanemariti samo direktni prolaz zraka kroz stijene, a ne zračenje.

Na osnovu izloženog, uzet ćemo prvotno u obzir stijene samo pod utjecajem konvekcije u aktivnom prostoru. Kod prelaza topline konvekcijom, može doći do graničnog slučaja, da uslijed pada temperature nastane kondenzacija na unutarnjoj plohi zida. Time vrijednost koeficijenta prijelaza topline  $\alpha_1$  poraste na vrijednost 6000 do 10.000 kcal/m $^2$   $^{\circ}$ C  $\cdot$  h a i više, prema normalnih 20 do 30 kcal/m $^2$   $^{\circ}$ C  $\cdot$  h.

Do ove pojave povećanja toplinske vodljivosti dolazi samo u slučaju određene maksimalne vlage i temperature u sušionici.

Pri određivanju gubitaka topline, pretpostavili smo da je zid suh i nepropustan, pa ćemo na osnovu toga izvršiti odgovarajuće proračune. Proračuni su provedeni za dva slučaja izmjene topline, i to:

1. gubitak topline konvekcijom i provođenjem kroz zidove, što se u stvari zbiva praktički u aktivnom prostoru sušionice (kaloriferi izvan tog prostora);
  2. gubitak topline u slučaju istovremenog zračenja i provođenja topline. Ovo se odnosi na prostor u kojem se nalaze kaloriferi.
- Radi ukazivanja na količinski udio zračenja s vanjskih ploha zida na okolinu, načinjen je proračun za ekstremne praktične slučajeve vanjskih i unutarnjih temperatura.

### 2.1. PRORAČUN GUBITAKA TOPLINE USLIJED KONVEKCIJE I PROVOĐENJA KROZ ZIDOVE SUŠIONICE.

Pretpostavka: zid je suh i hermetičan, tj. nepropustan za zrak i paru. Ovaj proračun primjenjiv je ondje gdje se može zanemariti utjecaj zračenja topline. Taj slučaj imamo npr. u prostoru sušionice gdje se ne nalaze kaloriferi. Kod standardnog tipa zidanih sušionica, ovaj se način proračuna, dakle, odnosi na prostor u kojem se nalazi složaj građe koja se suši, a gdje se ne nalaze kaloriferi.

#### 2.1.1. Puni zid iz opeke, ožbukani s obje strane.

Proračun počinjemo od poznatog izraza za stacionaran prolaz topline kroz neki zid jednake debljine (sl. 2—1):

$$q = k \cdot \Delta t \dots\dots\dots \text{kcal/m}^2 \cdot \text{h};$$

$$\Delta t = t_u - t_v \dots\dots\dots ^{\circ}\text{C}$$

$t_u$  = unutarnja temperatura sušionice (temperatura zraka u sušionici),  $^{\circ}\text{C}$ ;

$t_v$  = vanjska temperatura, odnosno temperatura zraka izvan sušionice,  $^{\circ}\text{C}$ ;

$k$  = koeficijent prolaza topline,  $\frac{\text{kcal}}{\text{m}^2 \cdot \text{h} \cdot ^{\circ}\text{C}}$

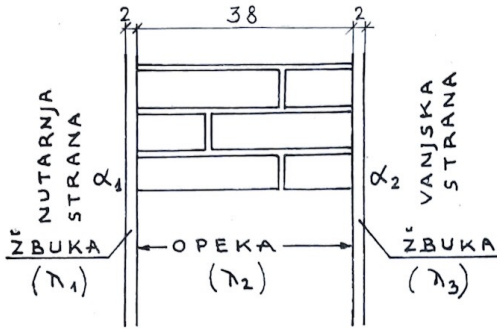
$\alpha_1$  = koeficijent konvektivnog prijelaza topline od unutarnjeg zraka na unutarnju plohu zida, kcal/m $^2$   $\cdot$  h  $\cdot$   $^{\circ}\text{C}$ ;

$\alpha_2$  = koeficijent konvektivnog prijelaza topline s vanjske plohe zida na okolišni zrak, kcal/m $^2$   $\cdot$  h  $\cdot$   $^{\circ}\text{C}$ ;

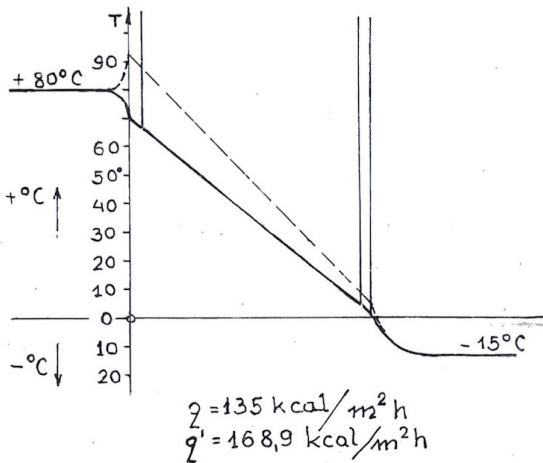
$\lambda$  = koeficijent toplinske vodljivosti zida, kcal/m  $\cdot$  h  $\cdot$   $^{\circ}\text{C}$ ;

Ako se zid sastoji iz više paralelnih kompaktnih slojeva (npr. sloj žbuke, opeka, sloj žbuke), to svaki sloj može imati drugu veličinu  $\lambda$ . Onda ih označujemo sa  $\lambda_1$ ,  $\lambda_2$  itd. Ovi koeficijenti su fiz. svojstva materijala. Ako se u zidu nalaze šupljine, to u tim šupljinama dolazi do konvektiv-

NORMALNI VANJSKI ZID  
OD PUNE OPEKE 38cm



DIJAGRAM TEMPERATURA



Slika 2—1

nog prijelaza topline, pa tamo treba uvrstiti analogne koeficijente prijelaza topline, npr.  $\alpha_1$ ,  $\alpha_4$  itd. Ovi koeficijenti zavise uglavnom o vrsti i brzini strujanja zraka uz stijene. U našem slučaju, u ovom primjeru možemo postaviti općeniti izraz:

$$k = \frac{1}{\sum_{i=1}^n \frac{1}{\alpha_x} + \sum_{i=1}^m \frac{\delta_y}{\lambda_y}} \text{ kcal/m}^2 \cdot \text{h} \cdot ^\circ\text{C}.$$

Uvrstivši vrijednosti u našem slučaju izraz prima konkretniji oblik:

$$k = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \frac{\delta_3}{\lambda_3} + \frac{1}{\alpha_3}} \text{ kcal/m}^2 \cdot \text{h} \cdot ^\circ\text{C}.$$

Veličine ovih koeficijenata u našem slučaju jesu:

$$\alpha_1 \cong 5 + 3,4 \cdot v = 5 + 3,4 \cdot 3 = 15,2 \text{ kcal/m}^2 \cdot \text{h} \cdot ^\circ\text{C}.$$

Ovdje je  $v$  = brzina strujanja zraka uz unutarnju stijenu zida. Uzeto je  $v = 3 \text{ m/s}$ .

Koeficijent vodljivosti topline kroz sloj žbuke

$$\lambda_1 = \lambda_3 = 0,8 \text{ kcal/m h } ^\circ\text{C}.$$

Debljina sloja žbuke  $\delta_1 = \delta_3 = 2 \text{ cm} = 0,02 \text{ m}$ . Debljina zida iz opeke  $\delta_2 = 0,38 \text{ m}$ .

Koeficijent vodljivosti topline kroz zid iz opeke (bez žbuke)  $\lambda_2 = 0,82 \text{ kcal/m h } ^\circ\text{C}$ .

Koeficijent konvektivnog prijelaza topline s

vanjske plohe zida na okolinu uzmimo da maksimalno iznosi  $\alpha_3 \cong 8 \text{ kcal/m}^2 \text{ h } ^\circ\text{C}$ .

Uzevši u račun ovdje navedene vrijednosti, dobiva se koeficijent prolaza topline:

$$k = \frac{1}{0,0658 + 0,025 + 0,463 + 0,025 + 0,125} = \frac{1}{0,7038} = 1,422 \text{ kcal/m}^2 \text{ h } ^\circ\text{C}.$$

Na osnovu dosadašnjeg izvoda možemo proračunati gubitke topline za bilo koju ustaljenu razliku  $\Delta t = t_u - t_v$ . Mi ćemo ovdje konkretno razmotriti gubitke topline za 2 ekstremna slučaja vanjske temperature  $t_v$ , naime za  $t_v = -15^\circ\text{C}$  i za  $t_v = +25^\circ\text{C}$ , kao i za alternativne unutarnje temperature zraka u sušionici  $t_u$  od  $+40^\circ\text{C}$  do  $+100^\circ\text{C}$ . Na taj način dobivamo približno maksimalne i minimalne gubitke topline sušionice (zimi, odnosno ljeti) u našim krajevima, uz različite temperature u sušionici. Ove unutarnje temperature određene su tehnološkim režimom sušenja, a kreću se u navedenom temperaturnom intervalu. Vrijednosti su prikazane grafički na dijagramu 1-a za  $t_v = -15^\circ\text{C}$  i dijagramu 1-d za  $t_v = +25^\circ\text{C}$ .

Na dijagramu br. 2 naznačena je i granična relativna vlaga zraka u sušionici, kod koje bi došlo do kondenzacije (orošavanja) na samoj unutarnjoj plohi zidova. U tom slučaju bi došlo do mnogo većih gubitaka topline, kao i do provlaživanja zida; ovo oboje je termotehnički nepovoljno, pa treba izbjegavati tu graničnu vlažnost zraka unutar sušionice.

Tok temperatura prikazan je na sl. 2—1, na dijagramu temperature, punom linijom.

Temperature zidova i gubici topline, prikazani dijagramima 1a i 1d vrijede za slučaj da niti unutar sušionice a niti s vanjskih ploha zida nema izmjene topline zračenjem iz okoline. Za slučaj aktivnog prostora standardnog tipa sušionice i jest tako, budući da u tom prostoru nema kalorifera, ali s vanjskih ploha bit će neke izmjene zračenjem. Ako uzmemo u obzir i taj slučaj, tada na vanjskoj plohi zida dolazi do izmjene topline, odnosno predavanja topline okolini i konvekcijom i zračenjem.

Poznata formula Stefan-Boltzmann-ova za proračun izmjene topline zračenjem glasi:

$$q_z = c \cdot \left[ \left( \frac{T_a}{100} \right)^4 - \left( \frac{T_b}{100} \right)^4 \right] \text{ kcal/m}^2\text{h}$$

$c$  = konstanta zračenja, dimenzija  $\text{kcal/m}^2\text{h}(\text{°K})^4$ ; za zidove je  $c \cong 4 \text{ kcal/m}^2 \cdot \text{h} \cdot (\text{°K})^4$ .

Za pojedine materijale može se konstanta  $c$  uzeti iz tabela odgovarajućih priručnika;

$T_a$ ,  $T_b$  jesu temperature ploha koje izmjenjuju toplinu zračenja, izražene u stupnjevima Kelvina,  $^\circ\text{K}$ ; poznato je da se temperature u  $^\circ\text{K}$  dobivaju iz  $^\circ\text{C}$  po slijedećoj formuli:

$$(\text{°K}) = (\text{°C}) + 273,2.$$

U promatranom slučaju, kada se na vanjskoj plohi zida sušionice toplina gubi, odnosno odilazi u okolišni prostor, konvekcijom i zračenjem («radijacijom») možemo postaviti izraz za taj kombinirani prijelaz topline s vanjske plohe:

$$q = \alpha_2 \cdot (t_u - t_v) + c \cdot \left[ \left( \frac{t_v'}{100} \right)^4 - \left( \frac{t_v}{100} \right)^4 \right]$$

kcal/m<sup>2</sup>h

Ovdje je  $T_v'$  = temp. na vanjskoj plohi zida.

$t_u$  = temp. zraka u sušionici °K;

$T_u$  = temp. na unutarnjoj plohi zida sušionice °K;

$T_v$  = temp. vanjskog zraka, °K.

Isto tolika količina topline dovodi se prijelazom i provođenjem topline s unutarnjeg prostora sušionice na vanjsku plohu zida, dakle:

$$q = k' \cdot \Delta t' = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta_1}{\lambda_1}} \cdot (t_u - t_v') =$$

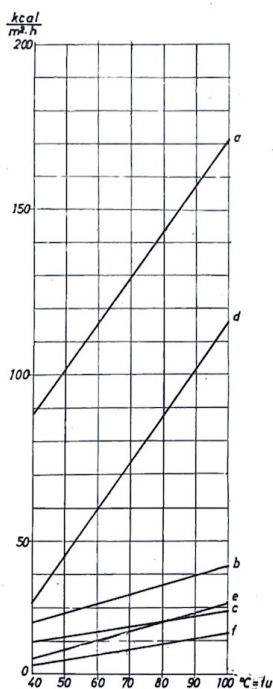
$$= \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta_1}{\lambda_1}} \cdot (T_u - T_v') \dots \dots \dots \text{kcal/m}^2\text{h}$$

Pretvorivši sve vrijednosti temperature u dimenzije °K i spajanjem gornjih dviju jednadžbi, dobiva se izraz:

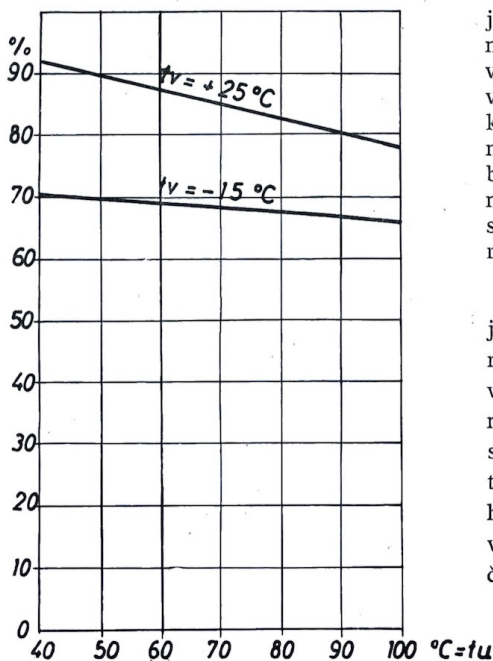
$$c \cdot \left( \frac{T_v'}{100} \right)^4 + T_v' \cdot \left( \alpha_2 + \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta_1}{\lambda_1}} \right) =$$

$$= \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta_1}{\lambda_1}} \cdot t_u + \alpha_2 \cdot T_v + c \cdot \left( \frac{T_v}{100} \right)^4$$

Iz ove jednadžbe može se daljim izvođenjem ili grafički odrediti u našem slučaju jedna nepoznanica, ako su sve druge veličine poznate. Sa  $t_v'$ , odnosno  $T_v'$  označena je temperatura na vanjskoj plohi zida za ovaj slučaj kombiniranog prolaza topline.



Dijagram 1



Dijagram 2

Da odredimo količinski gubitke ovom komb. izmjenom na vanjskoj plohi punog zida sušionice, izračunat ćemo ih za dva ekstremna slučaja.

I slučaj:

$$t_v = -15^\circ\text{C}; \quad \alpha_1 = 15,2 \text{ kcal/m}^2\text{h}^\circ\text{C};$$

$$T_v = 258,2^\circ\text{K}; \quad \alpha_2 = 8 \text{ kcal/m}^2\text{h}^\circ\text{C};$$

$$t_u = 373,2^\circ\text{K}; \quad \lambda_1 = 0,8 \text{ kcal/mh}^\circ\text{C};$$

$$c = 4 \text{ kcal/m}^2\text{h}^\circ\text{K}^4; \quad \delta_1 = 0,42 \text{ m.}$$

Rezultat:

$$T_v' \cong 273,7^\circ\text{K};$$

$$t_v' = +0,5^\circ\text{C};$$

$$q = 170,44 \text{ kcal/m}^2\text{h.}$$

Kod »čiste« konvekcije bili su gubici 163,5 kcal/m<sup>2</sup>h za ovaj slučaj. Povećanje gubitaka topline za slučaj kombinirane izmjene topline s vanjske plohe stijene jest

$$\Delta q = 170,44 - 163,5 = 6,94 \text{ kcal/m}^2\text{h};$$

Izraženo u postocima:

$$\frac{\Delta q}{q} \cdot 100\% = \frac{6,94}{163,5} \cdot 100\% = 4,24\%.$$

II slučaj:

$t_v = +25^\circ\text{C}; T_v = 298,2^\circ\text{K}$ . Ostale vrijednosti kao u slučaju I.

Gubici topline u ovom slučaju iznose  $q = 111,2$  kcal/m<sup>2</sup>h;

Temperatura na vanjskoj plohi zida:  $T_v' = 307,2^\circ\text{K}; t_v' = +34^\circ\text{C}$ .

Razlika (povećanje) gubitaka prema slučaju čiste konvekcije:

$$\Delta q = 111,2 - 106,5 = 4,7 \text{ kcal/m}^2\text{h};$$

Povećanje izraženo u postocima prema čistim konvektivnim gubicima:

$$\frac{4,7}{106,5} \cdot 100\% = 4,42\%.$$

U oba ova promatrana slučaja, vidi se da je razlika u gubicima, u slučaju kombinacije konvekcije i zračenja, ispod 5% od vrijednosti konvektivnih gubitaka. U praktičnim proračunima, može se na čisto konvektivne gubitke u ovom slučaju, radi sigurnosti, dodati okruglo 5%. Kod sasvim grubog računa može se ta razlika i izostaviti.

Za slučaj zračenja i konvekcije s vanjske plohe zida, karakteristično je da je temperatura na vanjskoj plohi zida  $t_v'$  nešto niža negoli je ona kod isključive («čiste») konvekcije. Uslijed toga je i temperatura  $t_u$  na unutarnjoj plohi zida nešto niža negoli odgovarajuća temperatura u slučaju čiste konvekcije.

### 2.1.2. Šuplji zid iz opeke, ožbukun s vanjskih strana (sl. 2—2).

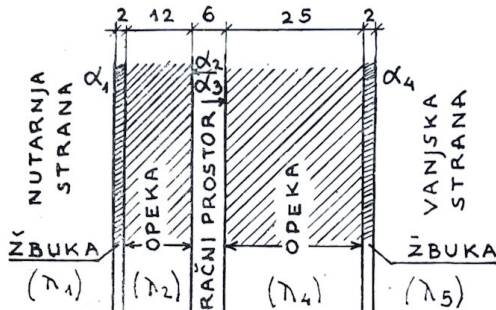
Prema oznakama na slici, predočene su vrijednosti pojedinih koeficijenata kako slijedi:

$$\begin{aligned} \alpha_1 &= 15,2 \text{ kcal/m}^2\text{h}^\circ\text{C}; & \lambda_1 &= 0,8 \text{ kcal/mh}^\circ\text{C} \\ \alpha_3 &= 8, \text{ — } & \lambda_2 &= 0,82 \text{ — } \\ \alpha_4 &= 8, \text{ — } & \lambda_3 &= 0,0234 \text{ — } \\ \alpha_6 &= 8, \text{ — } & \lambda_4 &= 0,82 \text{ — } \end{aligned}$$

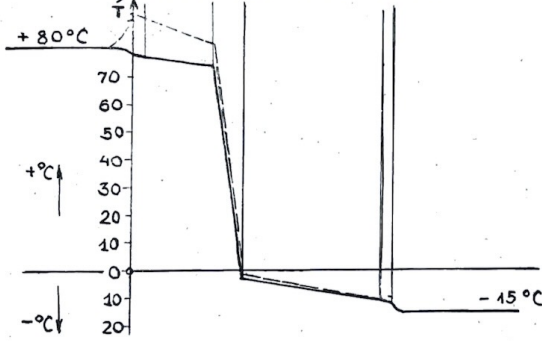
(iz tabela za zrak):

$$\lambda_5 = 0,8 \text{ —}$$

#### ZID SA ŠUPLJINOM



#### DIJAGRAM TEMPERATURA



$$\begin{aligned} q &= 27,1 \text{ kcal/m}^2\text{h} \\ q' &= 34,1 \text{ kcal/m}^2\text{h} \end{aligned}$$

Slika 2—2

Debljine zidova, odnosno žbuke:

$$\begin{aligned} \delta_1 &= 0,02 \text{ m}; \\ \delta_2 &= 0,12 \text{ m}; \\ \delta_3 &= 0,06 \text{ m}; \\ \delta_4 &= 0,25 \text{ m}; \\ \delta_5 &= 0,02 \text{ m}. \end{aligned}$$

Koeficijent prolaza topline kroz ovakav zid:

$$k = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \frac{1}{\alpha_3} + \frac{\delta_3}{\lambda_3} + \frac{1}{\alpha_4} + \frac{\delta_4}{\lambda_4} + \frac{\delta_5}{\lambda_5} + \frac{1}{\alpha_6}}$$

Uvrstivši vrijednosti u nazivnik, dobivamo

$$\frac{1}{3,5071} = 0,285 \text{ kcal/m}^2\text{h}^\circ\text{C}.$$

I za ovaj zid razmotrena su ista dva slučaja granične vanjske temperature i alternativne temperature u sušionici, analogno kao kod punog zida (2.1.1.). Vrijednosti su prikazane na dijagramima 1b, 1e.

Za slučaj da uzmemo u obzir zračenje s vanjskih ploha zida, to na analogan način, kako smo to učinili ranije, dobivamo za najnepovoljniji slučaj, kod vanjske temperature od  $-15^\circ\text{C}$ , povećanje gubitaka

$$\Delta q = +0,27 \text{ kcal/m}^2\text{h}, \text{ odnosno } +0,8225\%.$$

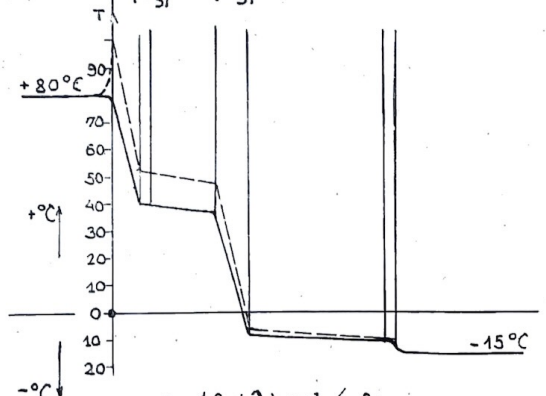
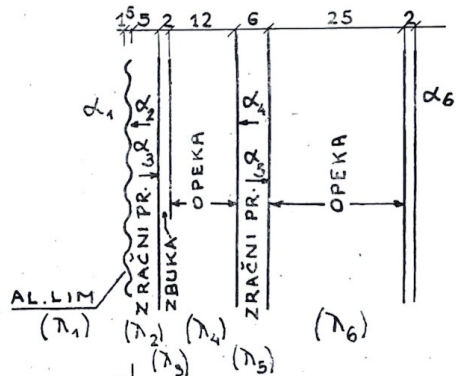
Uz vanjsku temperaturu  $t_v +25^\circ\text{C}$ , kod kombinirane izmjene na vanjskoj plohi zida, povećanje gubitaka topline iznosi  $\Delta q = 0,2 \text{ kcal/m}^2\text{h}$ , odnosno u postocima  $+0,936\%$ .

Vidimo da je ovdje razlika prema isključivoj konvekciji još manja negoli je ona bila kod punog zida. Zato je ovdje možemo posve zanemariti.

Tok temperatura vidi na dijagramu temperatura sl. 2—2.

### 2.1.3. Šuplji zid iz opeke s unutarnjim oblogom iz aluminijskog lima (sl. 2—3).

#### ŠUPLJI ZID OD OPEKE S OBLOGOM OD REZRASTOG AL. LIMA



$$\begin{aligned} q &= 16,13 \text{ kcal/m}^2\text{h} \\ q &= 19,64 \text{ kcal/m}^2\text{h} \end{aligned}$$

Slika 2—3

Zamislimo da je aluminijski oblog iz valovitog lima. Čisti aluminij otporan je prema kiselinama i parama koje nastaju u procesu sušenja, ali ne smije biti u dodiru s alkalijском podlogom. To treba imati u vidu pri konstrukciji.

Radi pojednostavljenja postavljanja računa, uzet ćemo u obzir da je sam zid istog sastava kao i u 2.1.2., ali mu je još dodan al. oblog. Stoga ćemo izračunati vrijednost »k«, uzevši u obzir odgovarajuću korekturu.

Uzet ćemo, za proračun utjecaja limenog obloga, da su vrijednosti:

$$\alpha_1 = 15,2 \text{ kcal/m}^2\text{h}^\circ\text{C};$$

$$\alpha_2 = 8, \text{ — — — — —}$$

$$\lambda_1 = 176,5 \text{ kcal/mh}^\circ\text{C}$$

$$\lambda_2 = 0,0234 \text{ — — — — —}$$

$$\delta_1 = 2 \text{ mm} = 0,002 \text{ m}$$

$$\delta_2 = 50 \text{ mm} = 0,05 \text{ m} = \text{debljina sloja zraka}$$

Na osnovu rečenoga možemo, dakle, postaviti:

$$k = \frac{1}{3,5071 + \frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{1}{\alpha_2} + \frac{\delta_2}{\lambda_2}} =$$

$$= \frac{1}{3,5071 + 0,125 + 0,00001135 + 0,125 + 2,14} =$$

$$k = \frac{1}{5,897} = 0,1698 \text{ kcal/m}^2\text{h}^\circ\text{C}.$$

Vrijednosti su prikazane u dijagramima (1c i 1f).

Kod ovog zida nećemo uzeti u obzir povećanje gubitaka topline uslijed zračenja s vanjskih ploha zida, radi njihove neznatnosti (vidi u 2.1.2.).

Tok temperatura vidi se na dijagramu temperatura na sl. 2—3.

#### 2.1.4. Usporedba gubitaka topline za promatrane 3 vrste zidova sušionica.

Na osnovu dosadašnjih proračuna gubitaka topline, može se, radi zornosti, postaviti tabelarni pregled topline kroz zidove sušionica, a koji nastaju uslijed konvekcije i provođenja topline.

##### 2.1.4.1 Usporedbeni pregled gubitaka topline konvekcijom uz $t_v = -15^\circ\text{C}$ .

	$t_u$	$^\circ\text{C}$	40	50	60	70	80	90	100
Puni zid	$q_1$	$\frac{\text{kcal}}{\text{m}^2\text{h}}$	78,2	92,4	106,5	120,8	135,—	149,2	163,5
Šuplji zid	$q_2$	„	15,67	18,52	21,37	24,22	27,07	29,93	32,8
Šuplji zid s obl.	$q_3$	„	9,33	11,04	12,74	14,44	16,13	17,81	19,52

##### 2.1.4.2. Usporedbeni pregled gubitaka topline konvekcijom uz $t_v = +25^\circ\text{C}$ .

	$t_u$	$^\circ\text{C}$	40	50	60	70	80	90	100
Puni zid	$q_1$	$\frac{\text{kcal}}{\text{m}^2\text{h}}$	21,3	35,5	49,7	63,9	78,2	92,4	106,5
Šuplji zid	$q_2$	„	4,28	7,13	9,98	12,83	15,67	18,52	21,37
Šuplji zid s obl.	$q_3$	„	2,55	4,24	5,94	7,64	9,33	11,04	12,74

Iz ove dvije tabele slijedi da je — u slučaju čisto konvektivne izmjene topline s okolnim prostorom — razlika u veličini gubitaka topline između šupljeg zida i šupljeg zida obloženog limom s nultarnje strane veoma malena. Stoga ovdje može ostati šuplji zid kao najracionalnije rješenje toplinske izolacije.

Opetovano napominjemo da ova razmatranja vrijede za onaj prostor sušionice u kojem nema kalorifera, gdje se dakle unutar sušionice ne izmjenjuje toplina zračenjem nego samo konvekcijom. To se, dakle, kod uobičajenih sušionica odnosi na prostor u kome se nalaze složajevi građe, tj. na tzv. aktivni prostor sušionice.

## 2.2. PRORAČUN GUBITAKA TOPLINE NA ZIDOVIMA SUŠIONICA USLIJED ZRAČENJA, KONVEKCIJE I PROVOĐENJA.

U slučaju sušionica koji se u ovom članku obrađuje, dolazi do potrebe da se proračuna kombinirana izmjena topline zračenjem i konvekcijom u onom prostoru sušionice u kom se nalaze kaloriferi. Kod uobičajenih zidnih sušionica, redovno je to prostor iznad tzv. aktivnog prostora sušenja, tj. prostor iznad međuprostora. Treba napomenuti da ima izvedbi sušionica u kojima se prostor s kaloriferima nalazi ispod aktivnog prostora (sušionice tipa Moor).

Ovdje treba spomenuti i izvedbe sušionica s bočnim (postranim) prostrujavanjem. Kod ovih ne postoji neki posebno ograđeni prostor oko kalorifera. Tamo se dio topline kalorifera prenosi zračenjem na sâm složaj građe koja se suši, a to iz tehnoloških razloga uzrokuje potrebu bržeg prostrujavanja zraka i češće reverziranje negoli je to slučaj kod uobičajenih sušionica.

Razmotrimo sada naprijed spomenuti prostor, u kojem su smješteni kaloriferi i ventilatori. Kaloriferi su najčešće zagrijavani zasićenom vodenom parom, a vrlo rijetko vrelom vodom. Limene stijenke imaju na svojoj vanjskoj površini tek malo nižu temperaturu od temperature zasićene vodene pare u kaloriferu. Npr. za zasićenu vodenu paru, pritiska 2 atp, temperatura zasićenja, prema tablicama za vodenu paru, iznosi  $t = 132,9^{\circ}\text{C}$ . Površina kalorifera je nastrujavana masom zraka, koji konvekcijom poprima toplinu, a ova predaje paru kondenzacijom. Zrak se, dakle, zagrijava i s povišenom temperaturom odlazi dalje.

Međutim, u ovdje promatranom slučaju, kalorifer prenosi toplinu i zračenjem, a ne samo konvekcijom. Kalorifer je u ovom slučaju posve opkoljen s unutarnjim plohami zidova, stropa i međustropa.

Stoga i ovdje možemo uzeti osnovni oblik Stefan-Bolzmannovog zakona, uvrstivši ranije oznake:

$$q = c \cdot \left[ \left( \frac{T_c}{100} \right)^4 - \left( \frac{T_u}{100} \right)^4 \right] \dots \dots \text{kcal/m}^2\text{h}$$

Ovdje označuju:

$T_c$  = temp. vanjske (odzračene) plohe kalorifera, izražena u  $^{\circ}\text{K}$ ;

Ostale oznake označuju veličine, kao što je već prije rečeno.

Međutim, treba uzeti u račun da se s tih unutarnjih ploha zidova, stropa i međustropa dozračena toplina dijelom predaje na isti zrak koji je u prostoru kalorifera. Stoga je u ovom slučaju temperatura na unutarnjoj plohi zida nešto viša od temperature zraka u prostoru kalorifera. Kao što je već rečeno, dio dozračene topline dijelom se vraća uslijed konvekcije sa stijene na zrak, a drugim dijelom prolazi kroz zid u okolni prostor. Taj prijelaz topline s vanjskih ploha zida na okolni prostor

vrši se, strogo uzeto, također konvekcijom i zračenjem. Međutim, kako je pokazano u poglavlju 2.1. i 2.2., na vanjskoj plohi je udio zračenja malen (povećanje je do max. 5% prema slučaju čiste konvekcije). Stoga ovdje nećemo uzeti u obzir zračenje s vanjskih ploha zidova sušionice. Toplina koja se s vanjskih ploha zidova predaje na okolinu predočuje toplinski gubitak.

Za proučavanje i proračun dozračene količine topline od kalorifera na unutarnje plohe zidova polazimo od slijedeće postavke: doznačena količina topline jednaka je baš zbroju gubitaka topline stijene sušionice i količine izmijenjene topline konvekcijom s unutarnje plohe zida na zrak u sušionici. Prema tome možemo postaviti izraz:

$$c \cdot \left[ \left( \frac{T_c}{100} \right)^4 - \left( \frac{T_u}{100} \right)^4 \right] - \alpha_1 \cdot (t_a - t_u) = k' \cdot t_u - t_v$$

Daljnjom razradom dobiva se konačni izraz:

$$c \cdot \left( \frac{T_u}{100} \right)^4 + T_u \cdot (\alpha_1 + \alpha_2) = c \cdot \left( \frac{T_c}{100} \right)^4 + \alpha_1 \cdot T_u + \alpha_2 \cdot T_v$$

$T_u$  = temp. na unutarnjoj plohi zida,  $^{\circ}\text{K}$ ;  
 $T_u$  = tem. zraka u prostoru kalorifera,  $^{\circ}\text{K}$ ;  
 $T_v$  = temp. okolišnog zraka izvan sušionice,  $^{\circ}\text{K}$ ;

$k'$  = koeficijent prolaza topline s unutarnje plohe zida (na kojoj vlada temperatura  $T_u$ ), kcal/m<sup>2</sup>h<sup>0</sup>C, na okolišni zrak.

Ostale oznake iste su kao i kod ranijih računa.

### 2.2.1. Slučaj punog zida iz opeke, $t_a = -15^{\circ}\text{C}$ .

$$k' = \frac{1}{\frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \frac{\delta_3}{\lambda_3} + \frac{1}{\alpha_2}} \text{ kcal/m}^2\text{h}^0\text{C}$$

Ovdje je  $k'$  = koeficijent prijelaza topline od unutarnje plohe zida na okoliš, dakle bez prijelaza topline konvekcijom od zraka unutarnjeg prostora sušionice na unutarnju plohu zida! Uzevši koeficijente kao u 2.1.1. za ovaj slučaj:

$$\begin{aligned} c &= 4 \text{ kcal/m}^2\text{h}^0\text{K}^4; \\ \alpha_2 &= 8 \text{ kcal/m}^2\text{h}^0\text{C}; \\ \delta_1 \cdot \delta_3 &= 2 \text{ cm} = 0,02 \text{ m}; \\ \delta_2 &= 38 \text{ cm} = 0,38 \text{ m}; \\ \lambda_1 = \lambda_3 &= 0,8 \text{ kcal/mh}^0\text{C}; \\ \lambda_3 &= 0,82 \text{ kcal/mh}^0\text{C}. \end{aligned}$$

Na osnovu tih koeficijenata, dobiva se:

$$k' = \frac{1}{0,025 + 0,463 + 0,025 + 0,125} = \frac{1}{0,638} = 1,567 \text{ kcal/m}^2\text{h}^0\text{C}.$$

$$T_v = t_v + 273,2 = -15 + 273,2 = 258,2^{\circ}\text{K};$$

$$T_c = t_c + 273,2 = 132,9 + 273,2 = 406,1^{\circ}\text{K}.$$

Odatle se iz gornje formule dobiva:

$$4 \cdot \left(\frac{T_u'}{100}\right)^4 + 16,767 \cdot T_u' = 4 \cdot 4,061^4 + 15,2 \cdot T_u + 1,567 \cdot 258,2$$

Skraćivanjem i uređenjem dobiva se:

$$\left(\frac{T_u'}{100}\right)^4 + 4,192 \cdot T_u' = 3,8 \cdot T_u + 373,2$$

Za različite unutarnje temperature izrađen je dijagram 3-g. Tõk temperatura prikazan je na sl. 2—1 na dijagramu temperatura (crtkana linija).

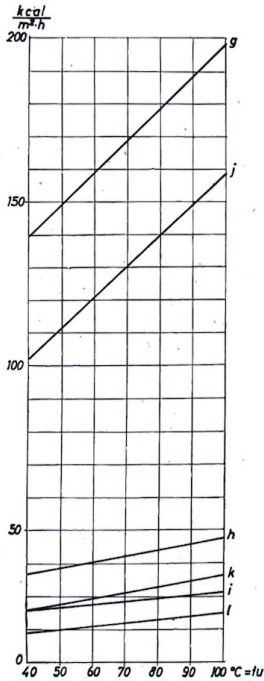
### 2.2.2. Slučaj punog zida iz opeke, $t_v = +25^\circ\text{C}$ .

Ovaj slučaj odnosi se na rad sušionice danju, u ljetnim mjesecima. Analogno kao u 2.2.1., dobiva se, za ovaj slučaj, izraz:

$$\left(\frac{T_1'}{100}\right)^4 + 419,2 \cdot \left(\frac{T_1'}{100}\right) = 3,8 \cdot t_u + 1505,6$$

Vrijednosti su prikazane u dijagramu 3-j.

Tõk temperatura prikazan je na dijagramu na sl. 2—2 (crtkana linija).



Dijagram 3

### 2.2.7.1. Usporedbeni pregled gubitaka topline konvekcijom i zračenjem za slučaj vanjske temperature $t_v = -15^\circ\text{C}$ .

Građa zida	$t_u$	$^\circ\text{C}$	40	50	60	70	80	90	100
Funi zid	$q_1$	kcal	129,1	139,3	149,7	159,5	168,9	178,4	188,4
		$\frac{\text{m}^2\text{h}}$							
Šuplji zid	$q_2$	„	26,4	28,46	30,3	32,2	34,1	36,—	37,7
S. zid s. al. obl.	$q_3$	„	15,06	16,27	17,34	18,5	19,64	20,77	21,86

### 2.2.3. Šuplji zid iz opeke, ožbukana s vanjskih strana; $t_v = -15^\circ\text{C}$ .

Proračunava se analogno prijašnjim računima. Ovdje je vrijednost  $k' = 0,2908 \text{ kcal/m}^2 \cdot ^\circ\text{C} \cdot \text{h}$ . Na taj način dobiva se izraz:

$$\left(\frac{T_1'}{100}\right)^4 + 387,3 \cdot \left(\frac{T_1'}{100}\right) = 3,8 \cdot t_u + 1348,57$$

Vrijednosti su prikazane na dijagramu 3-h.

### 2.2.4. Šuplji zid iz opeke, ožbukana s vanjskih strana; $t_v = +25^\circ\text{C}$ .

Analogno prema 2.2.3. dobiva se za ovaj slučaj izraz:

$$\left(\frac{T_1'}{100}\right)^4 + 387,3 \cdot \left(\frac{T_1'}{100}\right) = 3,8 \cdot t_u + 1351,52$$

Vrijednosti su prikazane na dijagramu 3-k.

### 2.2.5. Šuplji zid iz opeke s unutarnjim zaštitnim oblogom iz aluminijskog lima; $t_v = -15^\circ\text{C}$ . Sl. 2—3.

U ovom slučaju slijedi proračun analogan s prijašnjima, ali s vrijednošću  $k' = 0,1716 \text{ kcal/m}^2 \cdot ^\circ\text{C} \cdot \text{h}$ . Na osnovu toga dobiva se izraz:

$$\left(\frac{T_1'}{100}\right)^4 + 384,29 \cdot \left(\frac{T_1'}{100}\right) = 3,8 \cdot t_u + 1320,97$$

Vrijednosti su prikazane na dijagramu 3-i.

### 2.2.6. Šuplji zid iz opeke s unutarnjim zaštitnim oblogom iz aluminijskog lima, $t_v = +25^\circ\text{C}$ .

Analogno proračunu za prijašnji slučaj dobiva se izraz:

$$\left(\frac{T_1'}{100}\right)^4 + 384,29 \cdot \left(\frac{T_1'}{100}\right) = 3,8 \cdot t_u + 1323;$$

(ovdje je zaokruženo  $1322,68 \approx 1323$ )

Vrijednosti su prikazane na dijagramu 3-l.

### 2.2.7. Usporedba dobivenih proračunskih vrijednosti

Analogno usporedbenim tabelama gubitaka topline čistom konvekcijom (tabele 2.1.4.1. i 2.1.4.2.), postaviti ćemo i ovdje usporedbene tabele za slučaj kombiniranog konvektivnog prijelaza topline i zračenja. Praktički se ovaj slučaj odnosi na prostor sušionice u kojem se nalaze kaloriferi, dakle na prostor unutar kojega dolazi do zračenja topline.

### 2.2.7.2 Usporedbeni pregled gubitaka topline konvekcijom i zračenjem za slučaj vanjske temperature $t_v = +25^\circ\text{C}$ .

Građa zida	$t_u$	$^\circ\text{C}$	40	50	60	70	80	90	100
Puni zid	$q_1$	$\frac{\text{kcal}}{\text{m}^2\text{h}}$	91,8	101,—	111,—	120,9	130,2	139,8	148,6
Šuplji zid	$q_2$	„	15,07	16,83	18,83	20,9	22,62	24,4	26,1
Š. zid s al. obl.	$q_3$	„	8,3	9,47	10,62	11,73	12,85	13,96	14,99

Iz posljednjih dviju tabela vidi se da je veoma velika razlika u veličini gubitaka topline između slučaja punog i šupljeg zida. Tamo minimalna razlika iznosi  $76,63 \text{ kcal/m}^2\text{h}$ , a maksimalna razlika  $150,7 \text{ kcal/m}^2\text{h}$ , dok je razlika veličine gubitka topline između slučaja šupljeg zida i šupljeg zida s aluminijskim oblogom znatno manja (najveća razlika u tom slučaju iznosi  $15,84 \text{ kcal/m}^2\text{h}$ ).

Stoga je u ovom slučaju potrebno pomno ispitati da li je racionalno odabrati šuplji zid obložen limom s unutarnje strane sušionice, ili je racionalnije odabrati obični šuplji zid.

U svakom slučaju bit će potrebno oko prostora kalorifera bezuvjetno načiniti šuplji zid. Za prostor sušionice u kojem nema kalorifera, šuplji zid ima također prednosti pred punim zidom, ali je ušteda topline prema slučaju punog zida ondje znatno manja negoli u prostoru kalorifera, a ujedno je manja i akumulirana količina topline u masi zida.

### 2.3. UTJECAJ PROPUSNOSTI STIJENA SUŠIONICE NA GUBITKE TOPLINE I VLAŽNOST ZIDJA.

Stijene iz opeka i betona nisu posve nepropusne (hermetične). Stoga, uslijed razlike tlaka koji vlada izvan i unutar sušionice, dolazi do prolaza izvjesne količine zraka kroz porozni zid iz prostora s višim tlakom u prostor s nižim tlakom. Ova poznata pojava uzima se u obzir kod tačnijeg razmatranja ventilacije prostorija, kod zagrijavanja, klimatizacije i sl.

Razlika tlaka zraka može nastati uslijed termičkog uzgona ili uslijed djelovanja ventilatora. Prvi način nastaje uslijed razlike temperatura između prostora sušionice i okoline. Naime, kod više temperature zrak ima manju specifičnu težinu. Stoga dolazi do sile uzgona, naročito kod visokih prostorija (granični praktični slučaj predstavlja ju dimnjaci). Kod drugog načina nastaje razlika tlaka (bilo pretlak ili podtlak), uslijed rada ventilatora.

U umjetnim sušionicama, tokom njihovog normalnog rada imamo kombinirana oba spomenuta načina. Za vrijeme obustave rada ventilatora u zagrijanoj sušionici, imamo samo prvi način (termički uzgon).

Ovaj je način nekada kod sušionica bio veoma važan, jer se njime ostvarivala potrebna cirkulacija zraka u sušionici (tzv. termosifonsko strujanje). Ta je cirkulacija bila malena, pa se tokom razvoja umjetnih sušionica vrlo brzo prešlo na umjetnu cirkulaciju zraka u sušionicama pomoću ventilatora. To brže strujanje zraka uzrokovalo je povećanje otpora strujanja kroz kalorifere, složajevе građe i kroz ostali prostor sušionice. Za svladavanje tih otpora, ventilatori ostvaruju, uz znatno povećanu količinu zraka, i odgovarajuću veću razliku tlaka između tlačne i usisne strane. Hermetična sušionica može se podesiti tako da u njoj vlada ili pretlak, ili podtlak, a i jedno i drugo. Raspored tlaka (pretlaka i podtlaka) mora biti u skladu s pojedinim otporima. Način rasporeda tlaka može se pomoću konstruktivnih mjera i načinom manipulacije u izvjesnoj mjeri podešavati prema potrebama tehnološkog procesa sušenja. Potanje o tome može se vidjeti u stručnim priručnicima za sušenje.

Mi ćemo ovdje ukratko prikazati oba načina cirkulacije i njihov utjecaj na gubitke propusnosti.

#### 2.3.1. Termički uzgon

Kada u sušionici ventilatori ne rade, nastaje i održava se izvjesno strujanje kao i raspored pritiska (tlaka) unutar sušionice uslijed termičkog uzgona.

Ovdje ćemo promatrati razlike u tlaku koje nastaju uslijed toga na pojedinim visinama unutar sušionice, prema tlaku na istim visinama izvan sušionice. Ta razlika u tlaku je u stvari uzgon o kojemu je riječ.

Naime, zrak u sušionici uslijed povišene temperature (prema vani) specifično je lakši od zraka izvan sušionice, dakle od zraka u okolini. Ova je pojava analogna pojavi uzgona kod običnih dimnjaka. Kod sušionica možemo lučiti 3 karakteristična slučaja, i to:

a) zrak sušionice može komunicirati s okolnim zrakom samo kroz vertikalne bočne i čeonе stijene, dakle samo uslijed propusnosti (poroznosti) tih stijena;



b) zrak može izlaziti iz sušionice kroz neke otvore ili raspore u stropu. Smatramo da je sâm strop tu nepropustan;

c) zrak se može izmjenjivati s okolnim zrakom uslijed poroznosti i stijena i stropa. Ovaj slučaj je teoretski najneodređeniji, jer ovisi, među ostalim, o stupnju poroznosti stijena i stropa, o odnosu veličina ploha i stijena i stropa, kao i o mjesnim razlikama pritisaka.

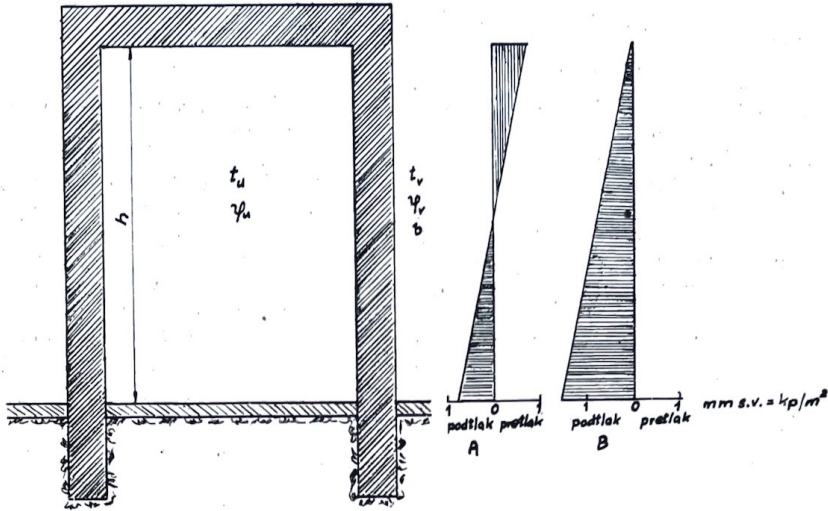
Slučajevi a) i b) prikazani su na sl. 3 a, b.

$$V_{zp} = \frac{\epsilon \cdot A \cdot \Delta p}{s}$$

A = površina plohe stijene, okomito na smjer izmjene zraka, m<sup>2</sup>;

S = debljina stijene, cm; Δp = razlika pritisaka, kp/m<sup>2</sup> (= mm s. v.)

ε = specifični koeficijent propusnosti (poroznosti),



Slika 3

U slučaju b) maksimalni podtlak (vakuum) pri dnu sušionice iznosi:

$$\Delta p_{\max} = h \cdot (\gamma_{vz} - \gamma_{sm}) \dots \dots \dots \text{kp/m}^2$$

Prosječni srednji podtlak u tom slučaju iznosi:

$$\Delta p_s = \frac{h}{2} \cdot (\gamma_{vz} - \gamma_{sm}) \dots \dots \dots \text{kp/m}^2$$

Ovdje označuju:

- h = unutarnja visina sušionice, m;
- γ<sub>vz</sub> = specifična težina vanjskog (okolinskog) zraka, kg/m<sup>3</sup>;
- γ<sub>sm</sub> = specifična težina smjese zraka i pare u sušionici, kg/m<sup>3</sup>;

Δp<sub>max</sub>, Δp<sub>sm</sub> razlika tlakova (pritisaka) u kp/m<sup>2</sup>. Ova dimenzija identična je s ranijom mm s. v.

Uslijed podtlaka, zbog poroznosti stijena, izvjesna količina zraka ulazi izvan u sušionicu. Uslijed pretlaka, izlazi izvjesna količina zagrijanog zraka iz sušionice u okolni prostor. Tako nastaje izmjena zraka s okolinom, kroz stijene sušionice. Količinu zraka, izmijenjenu uslijed poroznosti i podtlaka, odnosno pretlaka, možemo približno odrediti prema slijedećoj formuli (v. Ledinegg, Dampferzeugung, Springer Verlag, Wien, 1952):

$\frac{m^4}{\text{kp} \cdot h}$ . Ovaj koeficijent iznosi: za opeku sa žbukom 12 do 18; za sljubnice iz žbuke 7 do 13; za silikatnu opeku 0,1 do 0,3.

Mi ćemo za opeku sa žbukom odabrati neku srednju vrijednost

$$\epsilon \cong 15 \frac{\text{m}^4}{\text{kp} \cdot h}$$

U navedenoj formuli nije uzet u obzir utjecaj temperature i žilavosti plina, pa stoga ona nije posve egzaktna, ali je za naše razmatranje dovoljno tačna.

Primjer:

Barometričko stanje zraka b = 740 Torr (= mm Hg); temperatura zraka u sušionici t<sub>u</sub> = +80°C; relativna vlaga zraka u sušionici φ = 0,46 = 46%; temperatura vanjskog zraka t<sub>v</sub> = -15°C. Relativnu vlagu vanjskog zraka nećemo ovdje uzeti u obzir, jer je njen utjecaj na γ<sub>vz</sub> zanemarivo nezatan. Iz ovih vrijednosti se izračunava:

specifična težina suštog zraka u sušionici

$$\gamma_{uz} = \frac{1}{v} = \frac{p}{R \cdot T} = \frac{740 \cdot 13,59}{29,3 \cdot 353,2} = 0,973 \text{ kg/m}^3$$

specifična težina vodene pare

$$\gamma_{up} = \frac{740 \cdot 13,59}{47,1 \cdot 353,2} = 0,604 \text{ kg/m}^3.$$

Na 1 kg zraka u sušionici dolazi apsolutna količina vodene pare (npr. prema  $i-x$  dijagramu), uz pretpostavljenu rel. vlagu, 0,172 kg.

Dakle, na 0,973 kg zraka u sušionici dolazi količina pare  $0,973 \cdot 0,172 = 0,1674$  kg vodene pare. Ta para zauzima prostor od  $0,1674 : 0,604 = 0,277 \text{ m}^3$ .

Odatle slijedi specifična težina vlažnog zraka

$$\gamma_{sm} = \frac{0,973 + 0,1674}{1 + 0,277} = 0,893 \text{ kg/m}^3$$

Specifična težina vanjskog zraka

$$\gamma_{vz} = \frac{740 \cdot 13,59}{29,1 \cdot 258,2} = 1,33 \text{ kg/m}^3.$$

Ovdje će biti tabelarno prikazane količine zraka koje prolaze kroz stijene uslijed poroznosti, i to za različite unutarnje visine sušionica  $h$  i za različite debljine punih stijena  $s$ . Radi praktičnosti, ovi će gubici zraka biti određeni za 1 m dužine zida. Radi se, dakle, o stvarnom gubitku zraka kroz 1 m dužine vertikalnih stijena sušionice. Uvrštenjem navedenih vrijednosti za  $\gamma_{vz}$  i  $\gamma_{sm}$  dobiva se izraz:

$\Delta p = 0,2185 \cdot h$  (kp/m<sup>2</sup>). Sâma formula za određivanje količine propuštanja zraka uslijed poroznosti svodi se u našem konkretnom slučaju na izraz:

$$V_{zp} = 3,2775 \cdot \frac{h^2}{s} \quad (\text{m}^3/\text{h} \cdot \text{m} = \text{m}^2/\text{h}).$$

**Tabela vrijednosti  $V_{zp}$  u ovisnosti o  $h$  (m) i  $s$  (cm).**

$h, \text{ m}$	$s, \text{ m}$	25	29	38	42	51
2,—		0,524	0,452	0,345	0,312	0,257
2,5		0,820	0,706	0,539	0,488	0,402
3,—		1,180	1,016	0,776	0,703	0,578
3,5		1,606	1,384	1,056	0,955	0,786
4,—		2,100	1,810	1,380	1,249	1,030
4,5		2,655	2,290	1,748	1,580	1,302
5,—		3,280	2,825	2,156	1,950	1,605

Analogno se mogu proračunati i tabelarno prikazati približne količine zraka koje propuštaju porozne stijene za bilo koji drugi slučaj.

Značaj ovih gubitaka zraka nije toliko u samoj količini gubitaka topline, nego više u utjecaju na potrebu ovlaživanja zraka u sušionici. Time se, naravno, dodatno povećavaju i gubici topline.

Npr. prema sl. 1, unutarnja dužina komore je  $l = 8,6 \text{ m}$ , a unutarnja visina  $h = 3,73 \text{ m}$ ; debljina punog zida  $s = 42 \text{ cm}$ . Odatle slijedi količina izmijenjenog zraka uslijed uzgona, kroz bočne stijene:

$$V_{zh} = 3,2775 \cdot \frac{3,73^2}{42} \cdot 8,6 = 9,33 \text{ m}^3/\text{h}.$$

Preračunato na težinu, uz  $t_v = -15^\circ\text{C}$ ,  $b = 740$  Torr, slijedi (vidi naprijed):

$$G_{zh} = 9,33 \cdot 1,33 = 12,4 \text{ kg/h}.$$

Utrošak topline za zagrijavanje zraka na:  
 $t_u = +80^\circ\text{C}; \quad c_p = 0,2425 \text{ kcal/kg}^\circ\text{C}$

$$Q_{zh} = 124 \cdot 0,2425 \cdot (80 + 15) = 285,7 \text{ kcal/h}.$$

Za obje bočne stijene:

$$Q_b = 2 \cdot Q_{zh} = 2 \cdot 285,7 = 571,4 \text{ kcal/h}.$$

Ovi gubici topline su vrlo maleni u odnosu na ukupnu toplinu potrebnu za sušenje, pa su stoga — kako je već spomenuto — u praktičnom energetskom računu zanemarivi. Međutim, tehnološki se mora uzeti u obzir količina izmijenjenog zraka radi utjecaja na jednolikost stanja temperature i vlage, dakle radi ocjene utjecaja na režim sušenja.

### 2.3.2. Utjecaj pretlaka i podtlaka pri radu ventilatora.

Statička razlika tlaka zraka između obje strane aksijalnih ventilatora, kod jednokolosječnih komornih sušionica s prečnim prostrujanjem i ventilatorima u gornjem prostoru, iznosi približno oko  $\Delta p = 15 \text{ kp/m}^2$  (= mm s. v.). Utjecaj djelovanja ventilatora znatno je veći od naprijed razmatranog utjecaja čistog termičkog uzgona.

Poznavanje razlike statičkog tlaka između usisne i tlačne strane ventilatora nije samo po sebi dovoljno da bismo prosudili koliki je na pojedinim mjestima stijena pretlak, odnosno podtlak, u odnosu na okolni zrak. Da bismo to odredili, potrebno je poznavati otpore u krugu struje zraka u sušionici. Dva su ekstremna slučaja u tome, i to da je ili:

- pretlak na tlačnoj strani ventilatora jednak ukupnoj razlici tlakova  $\Delta p$  što ih proizvodi u ovom slučaju ventilator. U ovom slučaju, u cijeloj sušionici vlada pretlak; usisna strana je u vezi s okolinom.
- podtlak (vakuum) na usisnoj strani ventilatora jednak je ukupnoj razlici tlakova  $\Delta p$  što ih proizvodi ventilator. U ovom slučaju, u cijeloj sušionici vlada podtlak. Tlačna strana je u vezi s okolinom.

Stvarno stanje tlakova zraka u sušionici obično je između ova dva ekstremna slučaja. Iz tehnoloških razloga, bolje je da se složaj s građom nalazi u struji zraka pod izvjesnim malim vakuumom.

Time se, naime, postiže ravnomjernije prostrujavanje i sušenje. Najveća izmjena zraka uslijed poroznosti stijena nastat će kada se cijela sušionica nalazi pod vakuumom ili pod pretlakom. Tehnološki je najpovoljniji slučaj izmjene pod vakuumom. To je radi toga što izvjesna količina hladnog zraka neposredno kroz stijene ulazi i miješa se s vrućim zrakom u sušionici, hladi ga i tako djeluje na nejednolikost režima sušenja.

Ako pretpostavimo da se podtlak jednoliko raspoređuje uzduž struje zraka, to se može uzeti da

$$\text{je } \Delta p' = \frac{\Delta P_s}{2}$$

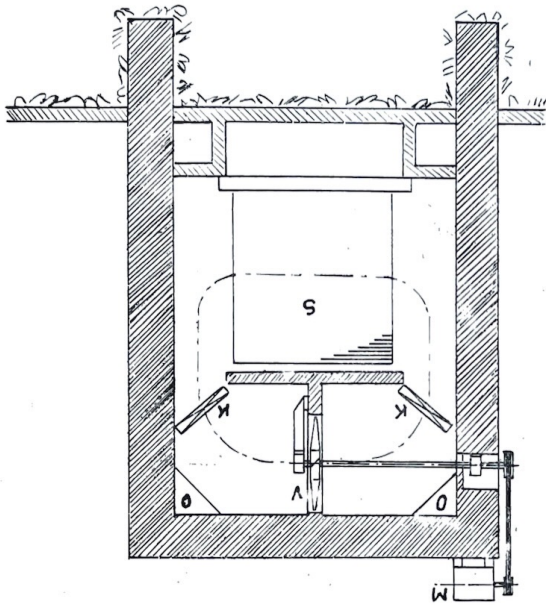
Uz naprijed uzetu vrijednost  $\Delta P_s = 15 \text{ kp/m}^2$  proizlazi, prema tome,  $\Delta p' = 15 : 2 = 7,5 \text{ kp/m}^2$ .

Ovdje vrijedi izraz:

$$V_{zp} = \frac{\varepsilon \cdot A \cdot \Delta p'}{s} \dots \dots \dots (\text{m}^3/\text{h}).$$

Primjer:

Treba izračunati maksimalnu direktno izmijenjenu količinu zraka u sušionici uslijed poroznosti stijena (sl. 1. i sl. 4). Sušionica ima unutarnje dimenzije:



Slika 4

dužinu 8,6 m; širinu 2,7 m; visinu 3,73 m. Uzimimo da je poroznost na svim stijenama ekvivalentna onoj kod zida iz opeke, debljine 42 cm. Vrata i kontrolni otvori sušionice iznose  $A' = 4 \text{ m}^2$ . Kroz njih nema izmjene. Ostale oznake na sl. 4.: V = ventilator, M — el. motor; K — kaloriferi; S — složaj građe.

Ukupna ploha zidova i stropa, na kojima se vrši direktna izmjena zraka, iznosi:

$$A = 2 \cdot (8,6 \cdot 3,73 + 2,7 \cdot 3,73) + 2,7 \cdot 8,6 - 4 = 103,5 \text{ m}^2.$$

Volumen zraka koji će biti usisan kroz sve stijene sušionice bit će, uz ostale pretpostavke kao u primjeru 2.3.1.:

$$V_{zp} = \frac{15 \cdot 103,5 \cdot 7,5}{42} \cong 277,8 \text{ m}^3/\text{h}.$$

Težina toga zraka:

$$G_{zp} = 277 \cdot 1,33 = 368,4 \text{ kg/h}$$

Toplina potrebna za zagrijavanje toga zraka od  $-15^\circ\text{C}$  na  $+80^\circ\text{C}$ :

$$Q_{zp} = 368,4 \cdot 0,2425 \cdot 95 = 8480 \text{ kcal/h}.$$

Naročito je važno imati na umu da ova količina zraka i pripadna toplina predočuju gubitak u

punom iznosu samo u početnoj fazi sušenja, u kojoj nije potreban privod svježeg zraka. U sve ostalo vrijeme sušenja, ta se toplina vraća djelomično, a i u cjelosti u vidu zagrijanog zraka u proces sušenja. Međutim, i u tom slučaju, ta izmjena može imati izvjestan utjecaj na nejednolikost režima sušenja.

Na osnovu rečenoga, ove gubitke topline uslijed poroznosti stijena treba uzeti u obzir samo u slučaju maksimalnih gubitaka topline, dakle pri proračunu maksimalne potrebe ogrjevnog sredstva (zasićene vodene pare ili vrele vode). Za proračun topline za cio proces, treba ove gubitke uzeti samo za vrijeme faze zagrijavanja, dakle kada je za tehnološki proces nepotrebna i štetna izmjena zraka s okolinom.

Napokon ovdje valja skrenuti pažnju na činjenicu, da, u slučaju pretlaka zraka u sušionici, onaj zrak koji izlazi kroz porozne zidove sobom odnosi i izvjesnu količinu vodene pare. U nekoj dubini zida dio te pare će kondenzirati i ovlažiti stijenju. Time se povećava koeficijent provođenja topline  $\lambda'$  a ujedno i gubitak topline na stijenama.

Pri strujanju zraka, uz unutarnje plohe zida sušionice može nastati izvjesno ejektorsko djelovanje, koje djelomično smanjuje učin pretlaka, a time i gubitak topline.

Iz ovoga razmatranja o utjecaju poroznosti stijena, jasno proizlazi smjernica da se unutarnje plohe sušionice učine nepropusnim, da se hermetiziraju. To se može postići odgovarajućim premazom otpornim na temperaturu i kiseli kondenzat ili oblaganjem unutarnje plohe sušionice. Time se u cjelosti mogu izbjeći gubici poroznosti. Treba paziti da premaz bude postojan u uvjetima temperature i vlage procesa sušenja.

### 2.3.3. Utjecaj poroznosti na stanje vlage u zidu.

Zrak, koji uslijed pretlaka prolazi kroz stijenju iz prostora sušionice van, iznosi sobom i vlagu, odnosno izvjesnu količinu vodene pare, već prema relativnoj vlazi zraka u sušionici. Na dijagramima smo vidjeli kako temperatura zida opada od unutarnje plohe zida prema vanjskoj plohi. Svakoj temperaturi zraka odgovara određeni maksimalni mogući pritisak pare kao i određena maksimalna količina pare koju zrak može sadržavati. Na sl. 5a naznačen je, za slučaj običnog punog zida, dijagram temperature u zidu (t) i dijagram maksimalno mogućeg pritiska pare za pojedinu dubinu zida (p, p'). Osim toga, naznačen je stvarni parcijalni pritisak pare u sušionici p<sub>p</sub>'. U sušionici je ovaj znatno manji od maksimalno mogućeg pritiska p<sub>p</sub>. Međutim, uslijed pada temperature, u zidu će, na dubini kod tačke B, taj stvarni pritisak baš biti jednak maksimalno mogućem pritisku pare. To je, dakle, tačka zasićenja zraka vlagom u zidu. Tu dakle postaje relativna vlaga zraka  $\varphi = 1 = 100\%$ . Budući da temperatura zida prema vani i dalje opada, to će od tačke B do C (vanjska ploha zida) doći do kondenziranja pare, dakle do orošavanja i ovlaživanja zida. Na tom

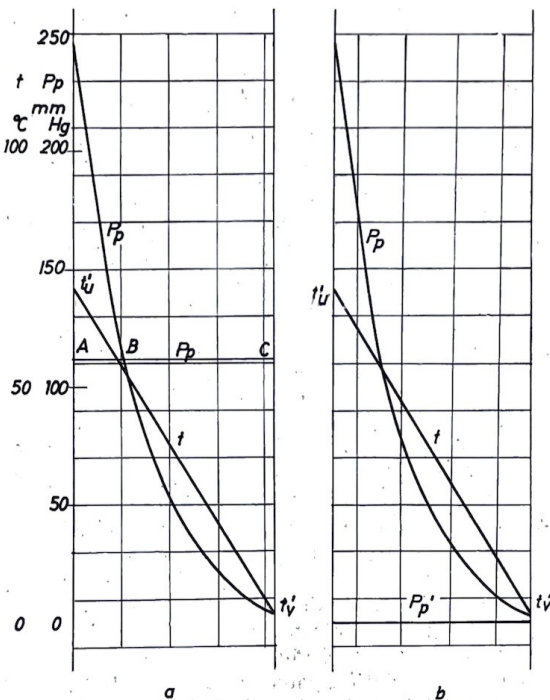
vlažnom dijelu zida (od B do C) bit će promije-  
njena i toplinska svojstva zida. Kondenzat će uz-  
rokovati veći koeficijent provođenja topline  $\lambda$  i ve-  
ću specifičnu toplinu  $c_p$  tog sloja zida. Na vanj-  
skoj plohi kondenzat će isparivati. Sažeto rečeno,  
uslijed ove pojave doći će do povećanja gubitaka  
topline.

Npr. za spomenuti puni zid od 42 cm debljine,  
nadalje uz pretpostavku da je  $t_u = +80^\circ\text{C}$ ,  $b = 730$   
mm Hg i vanjsku brzinu zraka uz stijene  $w = 0,5$   
m/s,  $\varphi = 80\%$ , na osnovu stručne literature mo-  
že se izračunati da će se zimi, uz  $t_v = -15^\circ\text{C}$ , na  
vanjskoj plohi zida ispariti  $G' = 0,1365 \text{ kg/m}^2\text{h}$   
kondenzata, a ljeti uz  $t_v = +25^\circ\text{C}$ , količina  $G'' =$   
 $= 1,363 \text{ kg/m}^2\text{h}$ .

Prema primjeru u poglavlju 2.3.1., vidi se da  
po  $1 \text{ m}^2$  plohe punog zida iziđe, uslijed tempera-  
turnog uzgona,  $0,291 \text{ m}^3/\text{h}$  zraka. Taj zrak iznosi  
količinu vlage  $G_{vh} = 0,291 \cdot 0,172 = 0,0484 \text{ kg/m}^2 \cdot$   
 $\cdot \text{h}$ . Budući da se, prema malo prije naznačenim  
mogućim količinama isparivanja na vanjskoj plo-  
hi zida sušare, može ispariti  $0,1365 \text{ kg/m}^2 \cdot \text{h}$ , to  
slijedi da će vanjski zrak upiti svu vlagu koja u  
vidu kondenzata dolazi iz sušionice kroz zid. Vanj-  
ski zrak će, dakle, sušiti vanjsku plohu zida suši-  
onice, pa tamo neće doći do »znojenja«.

Međutim, uslijed tog prolaza vlage kroz poroz-  
ni materijal, stijene zida uzrokovat će povećanje  
gubitaka topline, zatim ovlaživanje zida, što sa  
svoje strane uzrokuje smanjenje trajnosti i skup-  
lje održavanje.

Ovdje treba naročito uvažiti da je, kod ranijih  
proračuna u ovom članku, bila pretpostavka da je  
zid suh.



Slika 5

Najradikalnije se tim nedostacima poroznosti  
zida može doskočiti tako da se nutarnje plohe su-  
šionice premažu svrsishodnim postojećim toplin-  
ski i kiseliniski otpornim premazom. Tada neće  
doći do znojenja zidova, a gubici topline i zraka  
kroz stijene bit će minimalne u odnosu na istu  
vrstu zida. Tôk temperatura i pritisak pare u zidu  
u slučaju premaza prikazuje sl. 5b.

Tu nema ovlaživanja zida.

### 3. GUBITAK TOPLINE U TLU I KROZ TLO.

Osim gubitaka topline na stijenama i stropu  
sušionice, toplina prelazi također kroz pod na tlo  
ispod sušionice. Taj prijelaz topline je po svojoj  
biti dvojak, i to:

- progrijavanje tla
- prijelaz topline kroz tlo u okolni atmosfer-  
ski prostor.

Prvi vid a) je nestacionaran proces, i tek na-  
kon dugog vremena može se uzeti kao približno  
stacioniran.

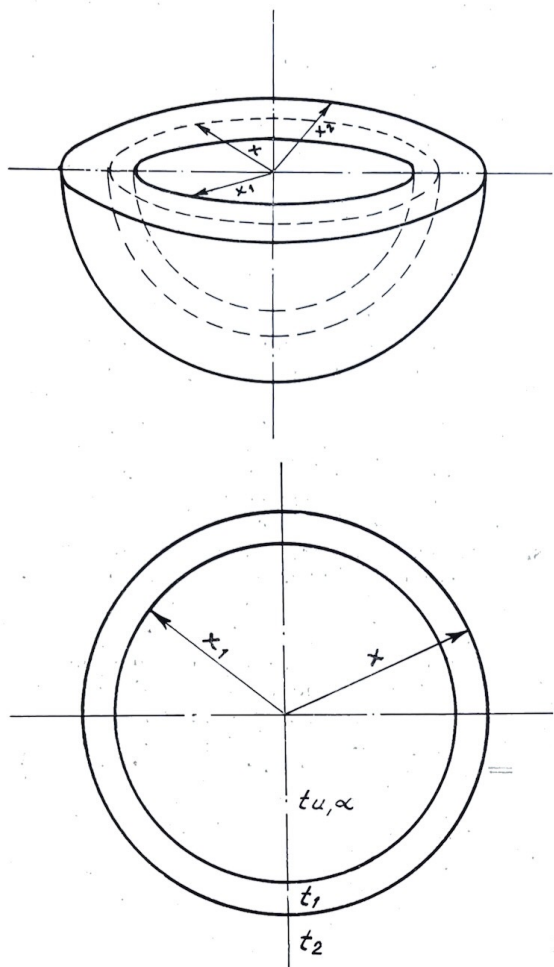
Drugi vid b) je analogan gubicima uslijed pre-  
laza topline kroz stijene sušionice. Radi postep-  
nog povećanja zagrijavane površine tla oko suši-  
onice, i ovaj drugi vid gubitaka ima u stvari ne-  
stacionaran karakter. Međutim, gubici ovog dru-  
gog vida relativno su maleni u odnosu na ostale  
gubitke. Kako se već iz ovih uvodnih riječi može  
zaključiti, vidi se da je ustanovljenje gubitaka to-  
pline kroz tlo kompliciranije negoli je to bilo u  
slučaju gubitaka kroz zidove sušionice. U stvari,  
i tamo je početna faza zagrijavanja zidova nest-  
acionarna, ali se, radi ograničenosti debljine zido-  
va, relativno brzo postize ustaljena razdioba tem-  
peratura unutar mase zida, pa je daljnja izmjena  
topline jednolika, stacionarna.

Tokom procesa sušenja, a u skladu s tehnološ-  
kim vođenjem procesa (tzv. režimom sušenja),  
dolazi do promjena temperature i vlage zraka u  
sušionici. U momentima tih promjena, opet do-  
lazi do kratkotrajnih nestacionarnih izmjena to-  
pline. Međutim, utjecaj ove pojave — iz naprijed  
navedenih razloga — u praktičnim termičkim pr-  
oračunima sušionica zanemarujemo.

Sâm proračun zagrijavanja tla vrlo je kompli-  
ciran. U tu svrhu treba poznavati kako fizikalna  
svojstva tla, način prijelaza topline na plohu tla,  
kao i konvektivne gubitke kroz tlo na okolnu  
atmosferu.

Detaljnija razrada ovog problema može se naći  
u specijalnoj stručnoj literaturi. Međutim, primje-  
na ondje postavljenog egzaktnog načina praktički  
je teško provjerljiva. On ne daje tačne rezultate  
radi promjenljivosti uslovnih veličina, kao i radi  
nesavršenosti medija (nehomogenost tla itd.).

Da bismo ipak približno odredili predmetne gu-  
bitke, primijenjen je ovdje jedan način proraču-  
na topline potrebne za zagrijavanje tla ispod po-  
da sušionice. Taj približni način sastoji se iz sli-  
jedećeg: površinu poda sušionice zamislimo si u  
vidu nutarnje plohe jedne šuplje polukugle (polu-



Slika 6

lopte, sl. 6.). Površina te konkavne plohe neka je jednaka stvarnoj površini poda sušionice. Tome odgovara određeni polumjer  $x_1$ . U slučaju temperaturne razlike prostora i tla sušionice, toplina prelazi u tlo radialno, odnosno okomito na unutarnju plohu polukugle polumjera  $x_1$ . Taj prijelaz topline je konvektivni. Ravni vijenac šuplje kugle zamislimo da je idealno izoliran, pa, prema tome, kroz njega ne prelazi toplina u atmosferu. Nakon nekog vremena, bit će tlo zagrijano do polumjera  $x$  koji je veći od  $x_1$ . Iza izvjesnog dužeg vremena, postiže se približno stacionirani prijelaz topline. Izoterme u tlu su ovdje plaštevni koncentričnih polukugala. Pri ovom razmatranju odnose se polumjeri  $x_2$  na zamišljenu graničnu loptastu plohu tla, koja baš dijeli zagrijanu masu zemlje od nezagrijane okolne mase zemlje. Temperatura na toj zamišljenoj graničnoj plohi jednaka je temperaturi tla kakva je bila prije utjecaja zagrijavanja.

Ta prirodna temperatura tla nije svuda ista. S njom u vezi razlikujemo graničnu dubinu utjecaja dnevne temperature (približno do 0,5 m dubine), granicu smrzavanja (kod nas 0,6 do 1 m),

granicu utjecaja godišnjih dobi (4 do 5 m) itd. Temperature u tim graničnim dubinama zavise o različitim faktorima (insolacija, struktura tla, podvodnost tla itd.). Ustaljena temperatura na dubini većoj od 2 m može se u našim krajevima uzeti minimalno sa cca +5°C. Maksimalne temperature u toj dubini tla mogu ljeti iznositi i preko +14°C. Utjecaj konvektivnih gubitaka topline kroz tlo bit će raspravljen na kraju ovog poglavlja radnje.

Za veće dubine, treba imati u vidu da je geometrički stupanj u Evropi 32,3 m/°C. Prema nacu o toplini, može se postaviti za cijelu šuplju kuglu izraz za prijelaz topline, ako poznajemo vrijednosti koeficijenta toplinske vodljivosti tla  $\lambda$  (kcal/m°C·h), polumjere  $x_1$  i  $x$ , kao i temperature  $t_1$  i  $t_x$  (°C):

$$Q = 4 \cdot \pi \cdot \lambda \cdot \frac{t_1 - t_x}{\frac{1}{x_1} - \frac{1}{x}} \dots \dots \dots \text{kcal/h} \quad 1)$$

U našem slučaju, toplina prelazi najprije konvekcijom na unutarnju plohu šuplje polukugle. Označimo temperaturu zraka u sušionici s  $t_u$  (°C), a koeficijent konvektivnog prijelaza topline s  $\alpha$  (kcal/m<sup>2</sup>·°C·h). Količina topline koja pređe konvekcijom ista je kao ona koja pređe u tlo.

Ta količina topline iznosi:

$$Q = 4 \cdot x_1^2 \cdot \pi \cdot \alpha \cdot (t_u - t_1) \dots \dots \dots \text{kcal/h} \quad 2)$$

Odatle slijedi:

$$t_1 = t_u - \frac{Q}{4 \cdot x_1^2 \cdot \pi \cdot \alpha} \dots \dots \dots \text{°C} \quad 3)$$

Uvrštenjem u početnu jednadžbu i daljnjim izvođenjem dobiva se:

$$Q = 4 \cdot \pi \cdot \lambda \cdot \frac{t_u - t_x}{\frac{1}{x_1} - \frac{1}{x}} - \frac{\lambda \cdot Q}{x_1^2 \cdot \alpha \left( \frac{1}{x_1} - \frac{1}{x} \right)}$$

$$Q \cdot \left[ \left( \frac{1}{x_1} - \frac{1}{x} \right) \cdot x_1^2 \cdot \alpha + \lambda \right] =$$

$$= 4 \cdot \pi \cdot \lambda \cdot (t_u - t_x) \cdot x_1^2 \cdot \alpha$$

$$Q = \frac{4 \cdot \pi \cdot \lambda \cdot (t_u - t_x) \cdot x_1^2 \cdot \alpha}{\left( \frac{1}{x_1} - \frac{1}{x} \right) \cdot x_1^2 \cdot \alpha + \lambda}$$

$$Q = \frac{4 \cdot \pi \cdot (t_u - t_x)}{\left( \frac{1}{x_1} - \frac{1}{x} \right) \cdot \frac{1}{\lambda} + \frac{1}{x_1^2 \cdot \alpha}}$$

$$= \frac{t_u - t_x}{\frac{1}{4 \cdot \pi \cdot \lambda} \cdot \left( \frac{1}{x_1} - \frac{1}{x} \right) + \frac{1}{4 \cdot x_1^2 \cdot \pi \cdot \alpha}} \quad 4)$$

U našem slučaju promatramo prolaz topline u jednoj polovini kugle:

$$Q = \frac{2 \cdot \pi \cdot (t_u - t_x)}{\left( \frac{1}{\lambda} \cdot \frac{1}{x_1} - \frac{1}{x} \right) + \frac{1}{x_1^2 \cdot \alpha}} \quad 5)$$

Za neku drugu nutarnju temperaturu zraka, npr.  $t_u'$ , slijedi odnos:

$$\frac{Q}{Q'} = \frac{t_u - t_x}{t_u' - t_x} \quad 5a)$$

Ovdje treba imati u vidu da za sada uzimamo da je ploha kružnog vijenca polukugle na površini tla idealno toplinski izolirana. Kao što slijedi iz netom rečenoga, ovdje se sada mora poći od odgovarajuće ukupne površine tla sušionice. Ne može se poći od gubitaka po  $1 \text{ m}^2$  plohe, kako je to bilo kod promatranja gubitaka topline na zidovima sušionice.

### 3.1. POD SUŠIONICE BEZ HORIZONTALNOG ZRAČNOG SLOJA.

Za ilustraciju provest ćemo proračun za konkretan slučaj sušionice nacrtane na početku ovog članka (sl. 1—1, 1—2). Tlocrtna nutarnja površina poda sušionice iznosi  $A = 2,7 \cdot 8,6 = 23,2 \text{ m}^2$ . Tlo neka se sastoji iz normalno suhe zemlje specifične težine  $\gamma = 2040 \text{ kg/m}^3$  — koeficijent toplinske vodljivosti tla  $\lambda = 0,45 \text{ kcal/m}^0\text{C} \cdot \text{h}$ ; specifična toplina zemlje  $c_p = 0,44 \text{ kcal/kg}^0\text{C}$ ; koeficijent konvektivnog prijelaza topline kroz stijene sušionice sa  $\alpha = 15,2 \text{ kcal/m}^2 \cdot ^0\text{C} \cdot \text{h}$ .

Fiktivni polumjer  $x_1$  dobiva se iz izraza:

$$2 \cdot x_1^2 \cdot \pi = A; \quad 6)$$

$$x_1 = \sqrt{\frac{A}{2\pi}} = \sqrt{\frac{23,2}{2\pi}} = 1,92154 \text{ m} \quad 6a)$$

Nadalje treba poznavati stvarnu temperaturu unutar sušionice  $t_u$  ( $^0\text{C}$ ).

Uzet ćemo da ona, u našem konkretnom slučaju, iznosi  $t_u = +70^0\text{C}$ . Iz ovdje uzetih pretpostavki, slijedi srednji izraz za satne gubitke topline (prema naprijed izvedenoj formuli):

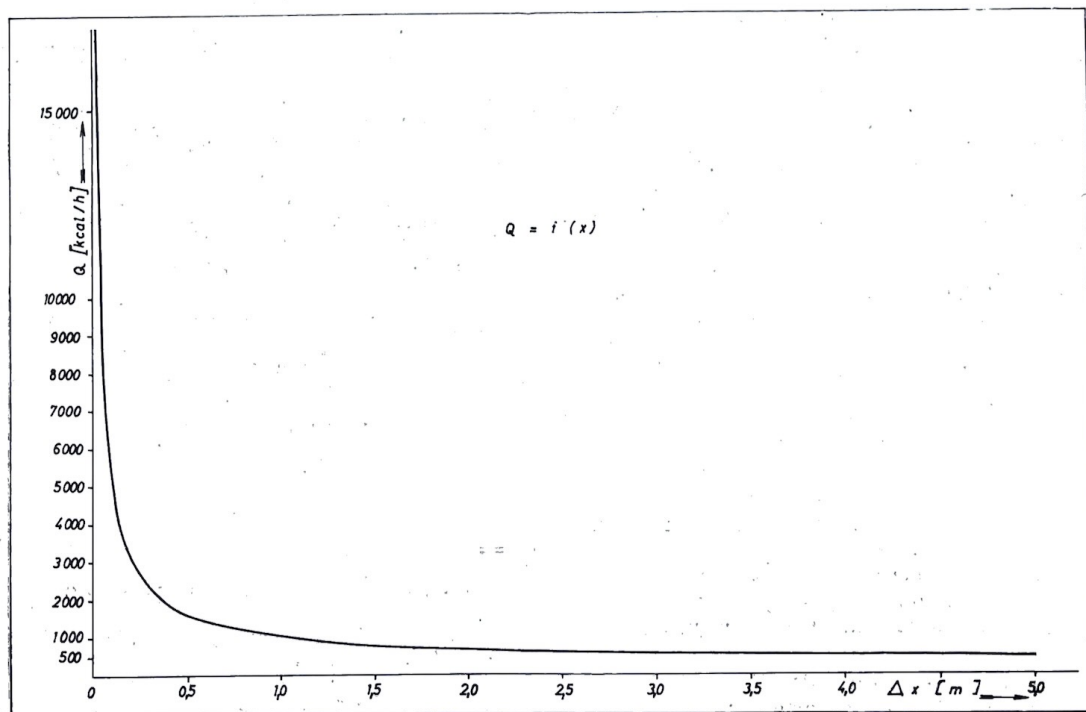
$$Q = \frac{183,78}{0,52845 - \frac{1}{x}} \dots\dots\dots \text{kcal/h}; \quad 5a)$$

$$Q = \frac{183,78 \cdot x}{0,52845 \cdot x - 1} \dots\dots\dots \text{kcal/h};$$

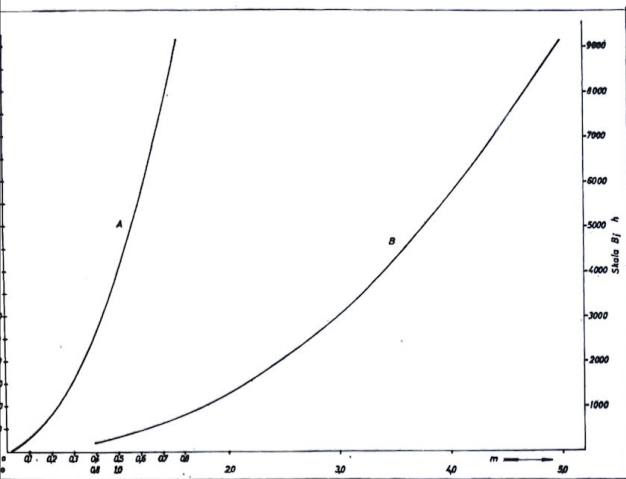
Na osnovu ove formule izračunat je intenzitet prijelaza topline  $Q$  (kcal/h) za pojedine debljine sloja zemlje do 5 m. Zatim je određen volumen mase zemlje  $V_x$  ( $\text{m}^3$ ), težina te mase  $G$  (kg), toplinska vrijednost  $G \cdot c_p$  (kcal/ $^0\text{C}$ ), temperatura na podu sušionice  $t_1$  ( $^0\text{C}$ ), srednja temperatura sloja  $t_s$  ( $^0\text{C}$ ), sadržaj topline zagrijane mase zemlje  $Q_z$  (kcal) na pojedinim dubinama  $x$ , tj. za debljine sloja  $x_1 - x$  (m), srednji satni intenzitet prijelaza topline svaku dubinu  $Q_{sx}$  (kcal/h), trajanje progrijavanja tla  $\tau$  (h) i prosječni koeficijent prijelaza  $q$  (kcal/ $\text{m}^2 \cdot \text{h}$ ) za svaku dubinu  $x$ .

Srednja temperatura  $t_{xs}$  ( $^0\text{C}$ ) promatranog sloja tla (između polumjera  $x_1$  i  $x$  određena je grafoanalitički (prema Krischer-u) iz izraza:

$$t_{sx} = t_1 - \frac{t_1 - t_2}{x_2 - x_1} \cdot x_2 \cdot \frac{1}{6} \cdot \sum_1^6 \left(1 - \frac{x_1}{x}\right) \dots\dots\dots ^0\text{C} \quad 7)$$



Dijagram 4



Dijagram 5

Trajanje prodiranja topline u tlo u zavisnosti o dubini.  $x_1 = 1,922$  m;  $t_u = +70^\circ\text{C}$ ;  $t_2 = +5^\circ\text{C}$ ;  $\alpha = 15,2$  kcal/m<sup>2</sup> °C·h;  $\lambda = 0,45$  kcal/m °C·h;  $C_p = 0,44$  kcal/kg °C;  $\gamma = 2040$  kg/m<sup>3</sup>

Približenje je učinjeno tako da je sloj zamišljen podijeljen na 6 jednakih dijelova. Srednja temperaturna razlika u istom polukruglastom sloju zemlje iznosi:

$$\Delta t_{xs} = t_{xs} - t_x \dots\dots\dots ^\circ\text{C} \quad 8)$$

Uz učinjene pretpostavke, slijedi dalje:

$$\Delta t_{xs} = t_{xs} - 5 \dots\dots\dots ^\circ\text{C} \quad 8a)$$

Radi malene razlike, određene su vrijednosti  $\Delta t_{xs}$  od  $x = 0,6$  do  $x = 5$  m linearnom interpolacijom. Izračunate vrijednosti  $Q$ ,  $q$  i  $c$  prikazane su grafički u dijagramima 4, 5, 6.

Iz dijagrama 4, 5 6 i tabela gubitaka topline na stijenama sušionice proizlazi npr. da će specifični gubici topline u tlu pri uobičajenoj izvedbi poda, biti jednaki s gubicima na zidovima zimi negdje za manje od 30 sati, a ljeti za cca 110 sati rada sušionice. Ovo se odnosi za slučaj punih zidova sušionice iz opeke.

Ako su zidovi sušionice izvedeni šuplji, onda do te jednakosti neće doći ni za 9000 sati pogona!

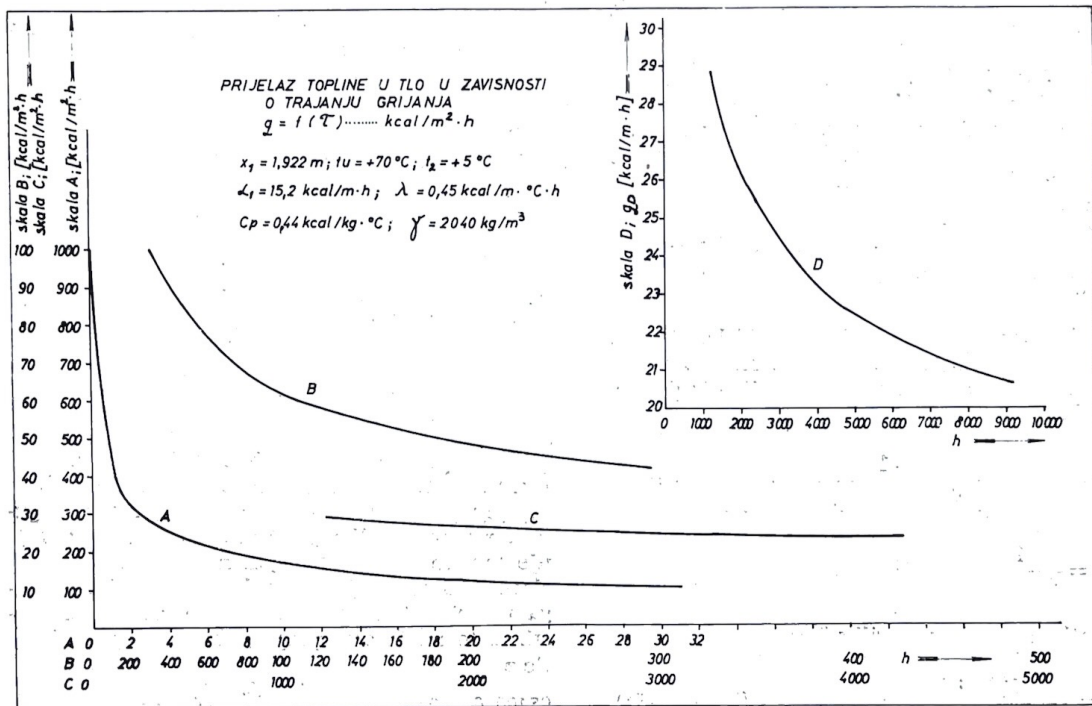
U dosadašnjem razmatranju gubitaka topline kroz tlo, uzeli smo da je tlo normalne vlažnosti. Ako je ono podvodno, odnosno ako je razina podzemne vode visoka, bit će i gubici topline u tlu znatno veći. Naročito će oni biti veći radi isparivanja vlage, koja u tom slučaju kapilarno prodire na površinu.

Bez promatranja utjecaja isparivanja vlage slijedilo bi, uz  $\lambda = 1,44$  kcal/m · °C · h;  $c_p = 0,6$  kcal/kg · °C;  $\gamma = 2270$  kg/m<sup>3</sup> i  $\alpha$  i  $t_u$  kao ranije:

$$Q = \frac{588,1}{0,5461 - \frac{1}{x}} \dots\dots\dots \text{kcal/h} \quad 9)$$

Budući da stepen vlažnosti tla može biti veoma različit, to proračunske vrijednosti znatno variraju.

Ukoliko se pod sušionice izvede prema smjericama ovog članka, smanjenje gubitka topline je još veće u slučaju da je tlo podvodno.



Dijagram 6

$\Delta x$ m	x m	Q kcal/h	$V_x$ m <sup>3</sup>	$G_x$ kg	$G_x \cdot c_0$ kcal/°C	$t_1$ °C	$\Delta t_{xs}$ °C	$Q_z$ kcal	$Q_{xs}$ kcal/h	$\epsilon$ h	q kcal/m <sup>2</sup> h
0	1,92154	22900	—	—	—	5,—	65,—	—	22900	—	990,—
0,05	1,972	8604	1,202	2729	1200	45,6	17,1	20530	15752	1,2	371,—
0,1	2,022	5421	2,454	5560	2445	54,63	20,03	49200	11220	4,37	233,5
0,2	2,122	3213	5,16	11710	5150	60,89	22,49	116000	7610	15,2	138,4
0,3	2,222	2344	8,13	18460	8120	63,35	22,90	186000	6000	31,—	101,—
0,4	2,322	1879	11,36	25800	11350	64,67	22,97	261000	5020	52,—	85,—
0,5	2,422	1590	14,90	33820	14890	65,49	22,99	342400	4354	78,3	68,5
0,6	2,522	1393	18,75	42600	18740	66,05	22,65	424400	3870	110,—	60,05
0,7	2,622	1250	22,93	52100	22920	66,46	22,46	515000	3487	147,7	53,87
0,8	2,722	1141	27,36	62100	27320	66,76	22,26	608000	3200	190,—	49,2
0,9	2,822	1056	32,2	73200	32200	67,01	22,07	710800	2960	240,5	45,5
1,—	2,922	987	37,4	84800	37300	67,2	21,87	815000	2762	295,—	42,54
1,5	3,422	778	69,—	156600	68800	67,79	20,90	1437000	2122	677,—	33,54
2,—	3,922	672	111,4	252800	111300	68,09	19,92	2225000	1773	1252,—	28,96
2,5	4,422	608	166,4	377500	166000	68,28	18,95	3144000	1540	2082,—	26,2
3,—	4,922	565	235,—	533000	234600	68,4	17,97	4216000	1384	3045,—	24,95
3,5	5,422	534	318,7	723000	318000	68,49	17,—	5404000	1266	4270,—	23,03
4,—	5,922	512	420,—	954000	419000	68,55	16,02	6710000	1173	5720,—	22,06
4,5	6,422	494	539,—	1224000	538000	68,6	15,05	8090000	1092	7410,—	21,28
5,—	6,922	479	679,—	1541000	677400	68,64	14,09	9540000	1035	9200,—	20,64

Tabela 1. Termičke veličine pri zagrijavanju tla ispod sušionice. Tlocrtna površina A = 23,2 m<sup>2</sup>. Računato približnom metodom za tlo normalne vlažnosti.  $\alpha = 15,2 \text{ kcal/m}^2 \cdot \text{°C} \cdot \text{h}$ ;  $\lambda = 0,45 \text{ kcal/m} \cdot \text{°C} \cdot \text{h}$ ;  $c_p = 0,44 \text{ kcal/kg} \cdot \text{°C}$ ;  $t = +70\text{°C}$ ;  $\gamma = 2040 \text{ kg/m}^3$ .

### 3.2. POD S HORIZONTALNIM ZRAČNIM SLOJEM (ŠUPLJI POD).

U svrhu smanjenja gubitaka topline kroz tlo najprikladniji je način da se izvede šuplji pod. Autori ovog članka predlažu da se šuplji pod sušionice načini prema sl. 7.

Za proučavanje gubitaka topline u tlu, u slučaju šupljeg poda treba u formuli 5) uvrstiti, umjesto vrijednosti  $\alpha$ , novu vrijednost »k«.

$$k = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{1}{\alpha_2} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \frac{1}{\alpha_3}} \dots \text{kcal/m}^2 \cdot \text{°C} \cdot \text{h}$$

Koeficijent  $\lambda$  za beton iznosi 0,77 kcal/m<sup>0</sup>Ch.

Ostale vrijednosti koeficijenata su kao u poglavlju 2.1 i 2.2, a dimenzije su vidljive iz gornje slike. Na taj se način dobiva:

$$k = \frac{1}{\frac{1}{15,2} + \frac{0,15}{0,77} + \frac{1}{8} + \frac{0,07}{0,0234} + \frac{1}{8}} = \frac{1}{3,5008} = 0,286 \text{ kcal/m}^2 \cdot \text{°C} \cdot \text{h}$$

Odatle slijedi, u analogiji s 5a):

$$Q = \frac{183,78}{0,9464 - \frac{1}{x}} \dots \text{kcal/h} \quad 5b)$$

Prema ovoj formuli izračunate su vrijednosti Q i q i unesene u slijedeću tabelu.

Tabela 2. Vrijednosti Q i q u ovisnosti o  $\Delta x$  i x u slučaju šupljeg poda prema sl.

$\Delta x$ m	x m	Q kcal/h	q kcal/m <sup>2</sup> · h
0,—	1,92154	431,5	18,6
0,05	1,97154	418,5	18,03
0,1	2,02154	406,5	17,53
0,2	2,12154	386,7	16,67
0,3	2,22154	370,5	15,97
0,4	2,32154	356,4	15,35
0,5	2,42154	344,5	14,84
0,6	2,52154	334,—	14,38

Za usporedbu promotrimo vrijednosti za Q i q u tabeli 1. i tabeli 2. Vidi se da će se, u slučaju šupljeg poda, u samom početku ( $\Delta x = 0$ ) gubiti, prema približnom teoretskom računu, manje topline kroz pod negoli nakon progrijavanja sloja od 5 m debljine, ako je pod i tlo ispod njeza iz kompaktne mase zemlje normalne vlažnosti. A to znači smanjenje gubitaka topline kroz tlo za

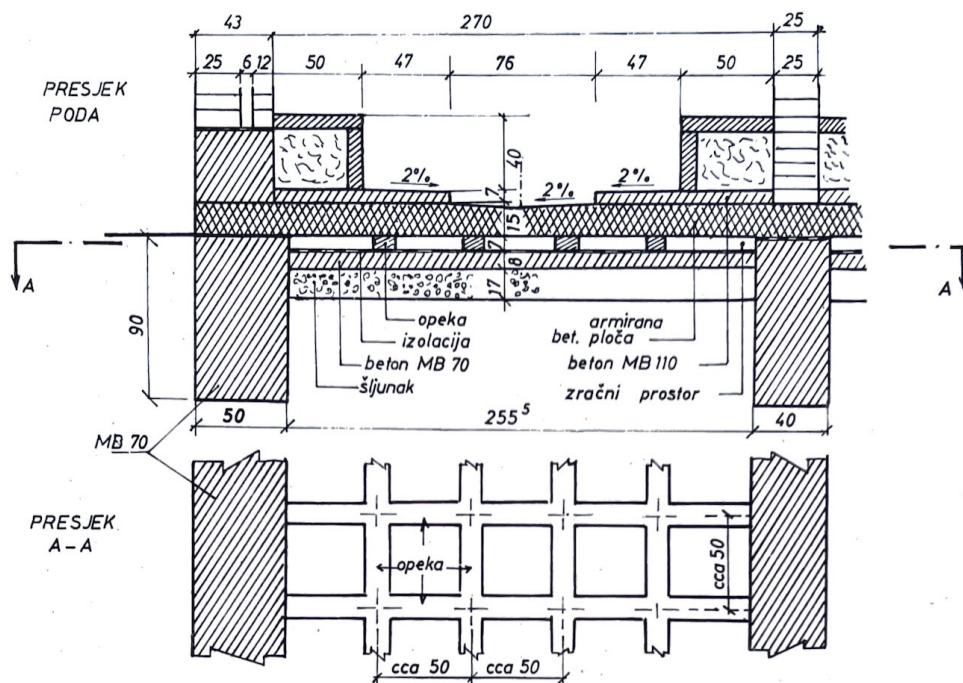
$$9540000 - 23,2 \cdot \frac{18,6 + 14,38}{2} \cdot 9200 = 9540000 - 3520000 = 6200000 \text{ kcal.}$$



Međutim, pogonski je još važnija razlika u potrebnom intenzitetu zagrijavanja tla. Za veličinu poda komorne sušionice, na osnovu koje su načinjeni dosadašnji proračuni u ovoj radnji, kao i tabele (A = 23,2 m<sup>2</sup>), iznosit će utrošak topline u podu do prvih 100 sati grijanja, prema uspo- redbenoj tabeli 3:

### 3.3. OSVRT NA GUBITKE TOPLINE USLIJED KONVEKCIJE KROZ TLO.

Kod dosadašnjeg razmatranja progrijavanja tla ispod poda sušionice, zamišljeno je kao da uopće nema izmjene topline posredstvom konvek- cije s nadzemnog prstenastog vijenca polukugle



Slika 7

Tabela 3.

c	Puni zemljani pod $Q_h$ kcal/h	Šuplji pod $Q_h$ kcal/h	Razlika $\Delta Q = Q_h' - Q_h''$ kcal/h	Razlika u pari $\Delta G_1$ kg/h
0	22970	432	22538	43,5
1	9744	~432	9312	18,—
10	3851	418	3433	6,65
100	1462	407	1055	2,04

Iz navedenih rezultata nedvosmisleno proizlazi da su gubici kod šupljeg poda neuporedivo manji odmah u početku prema onima kod punog tla ispod poda (sl. 1.). Ovo se vidi već kod tla normalne vlažnosti. Kod podvodnog vlažnog tla, razlika je naravno još znatno veća!

Pored iznesene termoekonomske prednosti, u ovom slučaju je moguće načiniti i pod s ekvivalentnom toplinskom izolacijom, kao što je to kod zidova sušionice.

na atmosferski prostor oko sušionice. Međutim, ta zamišljena gornja prstenasta površina u stvari izmjenjuje toplinu s okolinom. Pitanje je sada kolika je ta konvektivna izmjena topline i kako ona utječe na oblikovanje izoterma u tlu.

Iz prijašnjeg odsječka vidi se proračunski tók temperature u pojedinim radijalnim udaljenostima od središta zamišljene šuplje kugle.

Ako bi sada na slobodnoj vanjskoj strani presjeka te šuplje kugle (dakle na prstenastoj površini, koju smo prije smatrali idealno izoliranom) došlo do konvektivne izmjene topline s atmosferskom okolinom, to svakako zagrijana površina vijenca neće ostati tako velika kao prije, nego će biti nešto manja. Ovdje ćemo, radi pojednostavljenja i radi relativno male količine topline izmijenjene konvekcijom, poči od slijedeće jednostavne pretpostavke: površina zagrijane plohe vijenca, a time i polumjer  $x_2$ , toliko će postati manji da smanjenje količine topline predane za progrijavanje kugle baš odgovara količini topline izmijenjene konvekcijom s prstenaste plohe na atmosfersku okolinu.

Stvarni utrošak topline ostat će, prema ovoj pretpostavci, isti koliki je bio za samo progrijavanje mase šuplje kugle u slučaju idealno izoliranog prstenastog vijenca. Uz ovu pretpostavku, možemo uzeti da se, toplinski gledano, toplinska bilanca ne mijenja u ovom slučaju.

Međutim, mijenja se oblik i raspored zamišljenih izoterma u tlu. Sada ploha izoterma neće više biti polukugla, nego će biti nešto izduljeno rotaciono tijelo. Ujedno će, dakle, biti smanjen i volumen progrijanog tla, a time i njegova uloga kao toplinskog akumulatora. Na taj način smo znatno uprostiti ovaj slučaj. Naravno da ovo predodžuje samo grubo približenje stvarnom stanju. Ono je, međutim, posve dovoljno za usporedbenu svrhu i za ukazivanje na tehničke smjernice da se ti gubici snize na što manji iznos.

#### 4. TOPLINA AKUMULIRANA U GRAĐEVINSKOM DIJELU SUŠIONICE.

U dosadašnjem razmatranju posvećena je znatna pažnja nestacionarnom prolazu topline u tlo. Za bočne i čeonu zidove, kao i za strop, samo je spomenut nestacionarni vid prijelaza topline prigodom mijenjanja temperaturnih razlika. Naprijed je bio detaljno obrađen samo stacionarni način izmjene topline građevinskog dijela sušionice s okolinom.

Međutim, u tačnijem računu ne smije se zanemariti niti toplina koju je potrebno dovesti zidovima da se postigne u njima baš takva razdioba temperature u smjeru strujanja topline koja odgovara daljnjem stacionarnom prolazu topline, odnosno gubicima topline o kojima je bila riječ u poglavljima 2.1 i 2.2 ovog članka.

Zagrijevanjem zidova akumulira se u njima izvjesna količina topline. Radi nje se svaka umjetna promjena temperature u sušionici vremenski nešto usporava, dok ne dođe do novog, toplinski ravnotežnog stanja. Na taj se način ublažavaju eventualne skokovite promjene temperature u sušionici. Ta akumulirana toplina u izvjesnom smislu omogućuje postepenost promjena režima sušenja. Stoga, kod zidanih sušionica, uređaji za regulaciju mogu biti tromiji negoli je to slučaj npr. kod metalnih sušionica.

Zidane sušionice neće se, iz istog razloga, niti ohladiti tako brzo kao one metalne.

Problem ohlađivanja obrađen je za jednostavne slučajeve u naučnoj literaturi. Rješenja su ondje izvedena matematski i grafički (npr. metoda Schmidt-a). Ova grafička metoda je jednostavna i pregledna, a daje dovoljno tačne rezultate.

U slijedećem primjeru dat ćemo najnepovoljniji slučaj ohlađivanja stijene sušionice. Zid je pun, debljine 42 cm.

U slučaju maksimalne nutarnje temperature zraka u sušionici  $t_u = +100^\circ\text{C}$  i vanjske  $t_v = -15^\circ\text{C}$ , temperatura na nutarnjoj plohi zida iznosi  $t_w' = 89,23^\circ\text{C}$ , a na vanjskoj plohi  $t_w'' =$

$= +5,44^\circ\text{C}$ . Uz volumnu težinu zida  $1800 \text{ kg/m}^3$  i specifičnu toplinu zida  $c_p = 0,2 \text{ kcal/kg}^\circ\text{C}$ , dobiva se količina akumulirane topline u  $1 \text{ m}^2$  zida kako slijedi:

$$V = 0,42 \text{ m} \cdot 1 \text{ m} = 0,42 \text{ m}^3;$$

$$G = V \cdot \gamma = 0,42 \cdot 1800 = 756 \text{ kg};$$

Srednja temperaturna razlika zida prema okolini

$$\Delta t_s = \frac{89,23 + 5,44}{2} + 15 = 62,335^\circ\text{C}.$$

Akumulirana toplina na  $1 \text{ m}^2$  zida, tj. na  $0,42 \text{ m}^3$  volumena zida, iznosi:

$$Q_1 = G \cdot c_p \cdot \Delta t_s = 756 \cdot 0,2 \cdot 62,335 = 9430 \text{ kcal}$$

Budući da konvektivni gubici u navedenom slučaju iznose (vidi tab. 2.1.4.1.)  $q = 163,5 \text{ kcal/m}^2 \cdot \text{h}$ , to znači da bi se, uz taj intenzitet gubljenja topline, stijena posve ohladila, dakle, na temperaturu okoline, za  $9430 : 163,5 = 57,7 \text{ h}$ .

Međutim, intenzitet izmjene topline smanjuje se tokom vremena hlađenja, pa možemo uzeti — kao približenje — da će vrijeme do potpunog ohlađenja trajati dvostruko više, dakle oko 115 h.

Procentualno se u početku hlađenja u ovom najnepovoljnijem slučaju gubi  $\frac{163,5}{9430} \cdot 100\% = 1,733\%$  od početno akumulirane količine topline.

Prema tome, ako hlađenje traje kratko vrijeme (manipulacija sušionice), to se praktički možemo poslužiti s ovim procentom gubitaka na sat.

#### 5. POGONSKO EKONOMSKI ZNAČAJ GUBITAKA TOPLINE GRAĐEVINSKOG DIJELA SUŠIONICA DRVENE GRAĐE.

##### 5.1. STEPEN EKONOMIČNOSTI TOPLINSKE IZOLACIJE.

Za određivanje stepena ekonomičnosti toplinske izolacije, potrebno je poznavati cijenu koštanjna izgradnje sušionice s uobičajenom dobrom toplinskom izolacijom i povećanje troškova izgradnje zbog izrade poboljšane toplinske izolacije. Zatim se mora odrediti stalni gubitak topline kroz zidove (strop i pod) za vrijeme pogona sušionice u slučaju prve i druge razmatrane alternative.

Nakon toga treba usporediti godišnje gubitke topline i visine troškova zagrijavanja u toku jedne godine za sušionicu dviju alternativnih izvedbi topl. izolacija.

Stepen ekonomičnosti toplinske izolacije treba odrediti za svaku alternativnu izvedbu sušionice posebno, budući da postoji mnogo utjecajnih faktora, specifičnih za pojedine sušionice.

## 5.2. PRIMJER PRORAČUNA GRAĐEVINSKOG DIJELA SUŠIONICE

Značaj ovih gubitaka najbolje će se uočiti u konkretnom proračunu. Prema svrsi proračuna gubitaka topline kroz zidove i pod sušionice razlikuju se kao tehnički interesantni:

- maksimalni gubici topline  $Q_{n,max}$ , kcal/h;
- godišnji gubici topline  $Q_g$  kcal/god.

Prvi vid potreban je pri određivanju ukupne maksimalne potrebne topline za rad cijele sušionice. Ovdje valja naročito naglasiti da maksimalni gubici topline na građevinskim dijelovima sušionice vremenski ne koincidiraju s maksimalnim utroškom topline za sam tehnološki proces.

Stoga ukupni maksimalni utrošak topline za neku sušionicu nije jednostavni algebarski zbroj pojedinih maksimuma utroška.

Razlog: pojedini maksimalni utrošci vremenski su međusobno razmaknuti, oni dakle nisu vremenski u fazi, kako se to tehnički kaže.

Poznavanje godišnjih gubitaka važno je da bi se odredila odgovarajuća komponenta koštanja procesa sušenja. U ovom slučaju moraju se uzeti u obzir i gubici zagrijavanja stijena i tla, dakle gubici uslijed nestacionarnog prijelaza topline. Termičke konstante građevnog materijala možemo uzeti iz tabela koje su iznijete u poglavlju 1 ove radnje. Svakako pri tome treba imati na umu da se te vrijednosti odnose na zračno suho stanje zidova, pa se, prema potrebi, moraju nešto korigirati u slučaju sušionice, ako pri procesu sušenja dolazi do povećanja vlažnosti tih građevinskih materijala.

### Primjer.

Treba proračunati maksimalne satne gubitke topline nakon 200 sati neprekidnog rada sušionice građe prema sl. 1. Temperatura u sušionici  $t_{u,max} = +80^{\circ}\text{C}$ , minimalna  $t_{u,min} = +20^{\circ}\text{C}$ . Prosječna godišnja temperatura u sušionici  $t_{us} = +70,5^{\circ}\text{C}$ . Temperature u prostoru oko sušionice:  $t_{v,min} = -15^{\circ}\text{C}$ , prosječna godišnja  $t_{vs} = +8,75^{\circ}\text{C}$ . Ovi podaci dobiju se iz statističkih meteoroloških podataka. Zidovi, strop i pod izvedeni su prema spomenutoj skici. Promatramo gubitke samo jedne komore, uz pretpostavku da je druga komora prazna i zatvorena. Stoga ćemo, kod proračuna gubitaka na bočnoj unutarnjoj stijeni, uzeti kao da je šuplja i izložena vanjskoj temperaturi.

Sušionica radi godišnje 7200 sati. Koeficijenti prijelaza topline jesu:  $\alpha_1 = 15,2 \text{ kcal/m}^2 \cdot ^{\circ}\text{C} \cdot \text{h}$ ;

$$\alpha_3 = \alpha_4 = \alpha_5 = 8 \text{ kcal/m}^2 \cdot ^{\circ}\text{C} \cdot \text{h}.$$

Koeficijenti provođenja topline:

$$\text{za žbuku } \lambda_1 = \lambda_5 = 0,8 \text{ kcal/m}^{\circ}\text{C} \cdot \text{h};$$

$$\text{za opeku (zid) } \lambda_2 = \lambda_4 = 0,82 \text{ kcal/m}^{\circ}\text{C} \cdot \text{h};$$

$$\text{za zračni sloj u zidu } \lambda_3 = 0,0234 \text{ kcal/m}^{\circ}\text{C} \cdot \text{h}.$$

Nutarnje dimenzije sušionice: dužina 8,6 m; širina 2,7 m; visina 3,73 m. Od toga, visina korisnog sušioničkog prostora, dakle visina aktivnog prostora, iznosi 2,48 m, a visina prostora ventilatora ostatak 1,25 m.

Površina vratiju  $A_v = 1,8 \cdot 2,4 = 4,32 \text{ m}^2$ ; površina ostalih otvora sušionice  $A_0 = 0,9 \cdot 0,6 + 2 \cdot 0,25 \cdot 0,38 = 0,73 \text{ m}^2$ .

Ukupni volumen sušioničkog prostora iznosi  $V_{uk} = 84,54 \text{ m}^3$ , a od toga je aktivni prostor  $V_a = 57,54 \text{ m}^3$ , a ventilatorski prostor  $V_v = 27 \text{ m}^3$ .

### PRORAČUN KOEFICIJENTA PROLAZA TOPLINE KONVEKCIJOM.

Bočni vanjski zid (vidi sl. 1) izveden je sa zračnim rasporom. Unatoč tome što je u poglavlju 2 već izvedena i izračunata vrijednost »k«, ipak ćemo je i ovdje odrediti:

$$K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \frac{1}{\alpha_3} + \frac{\delta_3}{\lambda_3} + \frac{1}{\alpha_4} + \frac{\delta_4}{\lambda_4} + \frac{\delta_5}{\lambda_5} + \frac{1}{\alpha_6}}$$

Uvrstivši odgovarajuće vrijednosti, dobiva se:

$$\frac{1}{3,5071} = 0,285 \text{ kcal/m}^2 \cdot ^{\circ}\text{C} \cdot \text{h}$$

Bočni nutarnji zid (pregradni bočni zid) je puni zid iz opeke, ožbukana s obje strane. Debljina zida je  $25 + 2 \cdot 1,5 = 28 \text{ cm} = 0,28 \text{ m}$ .

Za najnepovoljniji slučaj uzimamo da je druga sušionička komora posve zatvorena. Stoga možemo, kao kod vanjskog bočnog zida, uzeti  $k = 0,285 \text{ kcal/m}^2 \cdot ^{\circ}\text{C} \cdot \text{h}$ .

### Primjedba.

Stvamo će i u slučaju posve otvorene druge komore njen prostor utjecati na smanjenje izmjene topline. Razlog tome je činjenica da će i tom slučaju dolaziti manje svježeg hladnog zraka na plihu pregradnog bočnog zida.

Vanjski čeonni zid je puni zid iz opeke, ožbukana s obje strane. Debljina zida je  $38 + 2 \cdot 2 = 42 \text{ cm} = 0,42 \text{ m}$ . Račun vrijednosti »k« kao ranije:

$$k = \frac{1}{\frac{1}{15,2} + \frac{0,04}{0,8} + \frac{0,38}{0,82} + \frac{1}{8}} = \frac{1}{0,7034}$$

$$= 1,422 \text{ kcal/m}^2 \cdot ^{\circ}\text{C} \cdot \text{h}.$$

Čeonni zid do komandnog prostora. To je šuplji zid, s ožbukanim vanjskim plohamama. Debljinski sastav: žbuka 2 cm + opeka 12 cm + zračni raspor 6 cm + opeka 12 cm + žbuka 2 cm.

Ukupna debljina 34 cm = 0,34 m.

Radi jednostavnijeg računa možemo postaviti:

$$\frac{1}{k} = \frac{1}{15,2} + \frac{0,02}{0,8} + \frac{0,12}{0,82} + \frac{1}{8} + \frac{0,06}{0,0234} + \frac{1}{8} + \frac{0,12}{0,82} + \frac{0,02}{0,8} + \frac{1}{8} = 1,0399$$

$$\text{Dakle, } k = \frac{1}{1,0399} = 0,961 \frac{\text{kcal}}{\text{m}^2 \cdot \text{°C} \cdot \text{h}}$$

### Strop

Debljinski sastav	Debljina m	$\lambda$ kcal/m <sup>2</sup> ·°C·h	$\frac{\delta}{\lambda}$ m <sup>2</sup> ·°C·h/kcal
2 sloja ljepenke i 3 premaza	0,02	0,16	0,125
Cementna glazura	0,02	0,75	0,0267
Šljakobeton, prosječno	0,10	0,25	0,4
Beton MB 220	0,03	1,75	0,01715
Strop iz »Monta« opeke	0,17	0,48	0,354
Cementna glazura	0,015	0,75	0,2
	0,355	—	1,12285

### Primjedba.

Iznad slojeva ljepenke utisnut je tanki sloj šljunka, debljine 1,5 cm = 0,015 m. Međutim, radi rijetke nasutosti toga šljunka, ovdje izostavljamo utjecaj toga sloja na toplinsku izolaciju. Dakle, za strop je:

$$k = \frac{1}{\frac{1}{15,2} + 1,12285 + \frac{1}{8}} = \frac{1}{1,31365} = 0,762 \frac{\text{kcal}}{\text{m}^2 \cdot \text{°C} \cdot \text{h}}$$

a za slučaj konvekcije i zračenja iznosi:

$$k' = 1,26 \cdot 0,762 = 0,96 \frac{\text{kcal}}{\text{m}^2}$$

### Vrata i otvori

Debljinski sastav	Debljina m	$\lambda$ kcal/m <sup>2</sup> ·°C·h	$\frac{\delta}{\lambda}$ m <sup>2</sup> ·°C·h/kcal
Aluminijski lim	0,002	175,—	0,00001143
Drvo, suha jelovina	0,025	0,12	0,2085
Zračni raspor	0,025	0,0234	1,0670
Drvo, suha jelovina	0,025	0,12	0,2085
Aluminijski lim	0,002	175,—	0,00001143
	0,079	—	1,48402286 ≈ 1,484

$$k = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \sum \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2} + \frac{1}{\alpha_3} + \frac{1}{\alpha_4}} = \frac{1}{1,9248} = 0,52 \frac{\text{kcal}}{\text{m}^2 \cdot \text{°C} \cdot \text{h}}$$

Koeficijenti prijelaza topline konvekcijom i zračenjem mogu se približno odrediti iz izračunatih koeficijenata prolaza topline samo konvekcijom, tako da ih pomnožimo s odnosom odgovarajućih vrijednosti q iz tabela u poglavlju 2. ove radnje.

Npr. za vanjski bočni šuplji zid kod  $t_u = +80^\circ\text{C}$  i  $t_v = -15^\circ\text{C}$  slijedi

$$k' = k \cdot \frac{34,1}{27,07} = 1,26 \cdot k$$

### Poda

Površina poda iznosi  $A_p = 2,7 \cdot 8,6 = 23,22 \text{ m}^2$ . Utjecaj zagrijavanja tla ispod poda računamo prema izvodu poglavlja 3.1.

Nutarnji polumjer referentne kugle jest:

$$r = \sqrt{\frac{A_p}{2 \cdot \pi}} = \sqrt{\frac{23,22}{2 \cdot \pi}} = \sqrt{3,7} = 1,922 \text{ m}$$

Temperature uzimamo kao što su zadane u zadatku.

$A_1$  = površina prijelaza uz  $\Delta t_v$ ;  $A_2$  = površina prijelaza uz  $\Delta t_v'$ .

U našem konkretnom zadatku imamo:

$$97,46 \cdot k' \cdot 95 + 10,08 \cdot k' \cdot 60 = 5707;$$

odatle slijedi:  $k' = 0,578 \frac{\text{kcal}}{\text{m}^2 \cdot \text{°C} \cdot \text{h}}$ .

Uporedimo li s vrijednostima pojedinih članova gornje tabele, to slijedi da je  $k' = 2,03 \cdot k_{\min}$   
 $k' = 0,325 \cdot k_{\max}$ .

Odnos između  $k_{\max}$  i  $k_{\min}$  jest:

$$2,03 : 0,325 = 6,23 : 1$$

Prema tome, u ovoj sušionici nije niti približno zadovoljeno smjernici da bude  $k \approx \text{const}$ .

Godišnji gubici topline kroz stijene sušionice.

Prosječna temperatura u sušionici iznosi, prema zadatku,  $t_{us} = +70,5^\circ\text{C}$ ; prosječna vanjska temperatura okoline  $t_{os} = +8,75^\circ\text{C}$ . U komandnom prostoru uzimamo konstantnu temperaturu  $t_k = +20^\circ\text{C}$ .

Da dobijemo godišnje gubitke, treba pozicije  $Q_{hg}$  (zadnji vertikalni stupac u tabeli) pomnožiti s faktorima prosječnog grijanja kako slijedi:

$$\text{poz a do g, } k \text{ s faktorom } \frac{70,5 - 8,75}{95} = 0,65;$$

$$\text{poz. h, i, j, s faktorom } \frac{50,5}{60} = 0,842.$$

Tabela

Gubici  $Q_g \cdot h$  topline na stijenama sušionice.

Ploha prijelaza	Način pr. top.	A m <sup>2</sup>	$k_k$ kcal/m <sup>2</sup> · °C·h	$k_{kz}$ kcal/ m <sup>2</sup> °C · h	A · k kcal/ °C · h	$\Delta t$ °C	$Q_{gh}$ kcal/h
a) Bočni zid, vanjski	konv.	21,33	0,285	—	6,08	95	578
b) Bočni zid, vanjski	konv. + zr.	10,75	—	0,357	3,84	95	365
c) Bočni zid, unutarnji	konv.	21,33	0,285	—	6,08	95	578
d) Bočni zid, unutarnji	konv. + zr.	10,75	—	0,357	3,84	95	365
e) Čeoni zid	konv.	2,38	1,422	—	3,38	95	321
f) Čeoni zid	konv. + zr.	3,38	—	1,78	6,02	95	572
g) Vrata	konv.	4,32	0,52	—	2,25	95	214
h) Čeoni zid, začelje	konv.	5,97	0,961	—	5,74	60	345
i) Čeoni zid, začelje	konv. + zr.	3,38	—	1,21	4,09	60	246
j) Poklopci otvora	konv.	0,73	0,52	—	0,38	60	23
k) Strop	konv. + zr.	23,22	—	0,96	22,30	95	2120

Prema tome može se za stacionarne gubitke topline konvekcijom i zračenjem za ovu sušionicu postaviti izraz:

$$Q_{hg} = 53,5 \cdot \Delta t_v + 10,25 \cdot \Delta t_v' \dots \dots \dots \text{kcal/h.}$$

Tako dobivene vrijednosti treba pomnožiti s godišnjim trajanjem rada sušionice, npr. 7200 h.

Prema tome imamo:

$$Q_{gg} = (5093 \cdot 0,65 + 614 \cdot 0,842) \cdot 7200 =$$

$$= 27,540.000 \text{ kcal god.}$$

$$= 27,54 \text{ Gcal/god.}$$

Napomena: Gcal = gigakalorija =  $10^9$  cal =  $10^6$  kcal.

Sada, za ovu konkretnu sušionicu, možemo postaviti normativ za prosječne godišnje gubitke konvekcije i zračenja, npr. po 1 m<sup>3</sup> prostora sušionice i satu. Volumen ukupnog prostora sušionice iznosi 84,54 m<sup>3</sup>. Tako dobivamo godišnju specifičnu vrijednost gubitaka:

$$q_{hs} = \frac{27,54 \cdot 10^6}{7200 \cdot 84,54} = 45,2 \text{ kcal/m}^3 \cdot \text{h}$$

Maksimalna specifična vrijednost iznosi:

$$q_{hs,max} = \frac{5707}{84,54} = 67,5 \text{ kcal/m}^3 \cdot \text{h}$$

Međutim, to su bili samo gubici na zidovima, stropu, vratima i otvorima.

Gubici topline kroz pod.

Ovo su nestacionarni gubici topline. Za temperaturu u sušionici  $t_u = +70^\circ\text{C}$ , određeni su ti gubici u poglavlju 3. ove radnje. Prema tamoš-

Ovdje oznajuču  $\Delta t_v'$  temperaturnu razliku između  $t_u$  i temperature u komadnom prostoru  $t_{ij}'$ . Prosječnu proračunsku vrijednost fiktivnog koeficijenta  $k_f$  može se dobit iz jednadžbe:

$$A_1 \cdot k' \cdot t_v + A_2 \cdot k' \cdot \Delta t_v' = Q_{gh}$$

njem dijagramu oni iznose, nakon 200 h rada sušionice,  $q_p \approx 48 \text{ kcal/m}^2 \cdot \text{h}$ .

Prema pretpostavkama ovog primjera, maksimalna unutarnja temperatura u sušionici jest  $t_{u,max} = +80^\circ\text{C}$ .

Izvršimo li korekciju prema 5a), to imamo:

$$q' = 48 \cdot \frac{80 - 5}{70 - 5} = 55,4 \text{ kcal/m}^2 \cdot \text{h.}$$

Ukupni satni gubici u tlu iznose:

$$Q_h = 23,22 \cdot 55,4 = 1286 \text{ kcal/h.}$$

Godišnji gubici u tlu, ako je sušionica započela s pogonom u zimsko doba, iznose prema tabeli:

$$Q_g = 7918000 \cdot \frac{70,5 - 5}{70 - 5} = 7980000 \text{ kcal/god.}$$

Normativni gubici topline kroz tlo (pod):

Po 1 m<sup>2</sup> poda prosječno 47,7 kcal/m<sup>2</sup> · h.

Po 1 m<sup>3</sup> prostora ove sušionice gubi se kroz pod, nakon 200 h pogona:

$$q_h = \frac{1286}{84,54} = 15,22 \text{ kcal/m}^3 \cdot \text{h.}$$

U godišnjem prosjeku:

$$q_g = \frac{47,7}{55,4} \cdot 15,22 = 13,1 \text{ kcal/m}^3 \cdot \text{h.}$$

Ukupni normativni gubitaka topline konvekcijom, provođenjem i zračenjem topline zidane sušionice.

Po 1 m<sup>3</sup> prostora sušionice maksimalno:

$$q_{\max} = 67,5 + 15,22 = 82,72 \text{ kcal/m}^3 \cdot \text{h.}$$

Prosječni normativ (godišnji prosjek):

$$q_{gs} = 45,2 + 13,1 = 58,3 \text{ kcal/m}^3 \cdot \text{h.}$$

### 5.3. UTROŠAK PARE ZA SVLADAVANJE GODIŠNJIH GUBITAKA TOPLINE ZIDANIH KOMORNJIH SUŠIONICA.

Kao ogrjevno sredstvo primjenjuje se obično zasićena vodena para, pritiska 2 — 3 atp. Ta para odaje u kaloriferima toplinu zraku koji prostruje kroz njih. Kod stanja  $p = 2$  atp, zasićena vodena para u kaloriferima odaje toplinu isparivanja koja iznosi  $r = 516,9$  kcal/kg. Zapravo, nešto topline odaje i kondenzat na izlazu iz kalorifera, pa i u cijevi kojom iza kondenznog lonca otječe. Preporučljivo je da taj kondenzat, prije negoli uđe u kondenzni lonac, preda toliko topline da temperatura kondenzata na ulazu u lonac bude nešto ispod 100°C. Time se smanjuju, ne samo gubici topline, nego i gubici samog kondenzata, budući da nema štetnog isparivanja kondenzata iza kondenznog lonca.

Uzmimo da je godišnje trajanje rada sušionice 300 dana po 24 sata, dakle 7200 h/god.

Po svakom m<sup>2</sup> zida troši se godišnje:

$$G_{1g} = \frac{7200 \cdot q_s}{516,9} = 13,925 \cdot q_s$$

..... kg/m<sup>2</sup> · god.

Ovdje je  $q_s$  jednako prosječnom proračunskom gubitku topline na sat, kcal/m<sup>2</sup> · h.

Na osnovu ranije razmotrenih sušionica, dobiva se za:

a) puni zid ....  $G_{1g} = \frac{2276}{115} \cdot \Delta t_s = 19,8 \cdot \Delta t$

..... kg/m<sup>2</sup> · god.

b) šuplji zid ...  $G_{1g} = \frac{456,5}{115} \cdot \Delta t_s = 3,97 \cdot \Delta t$

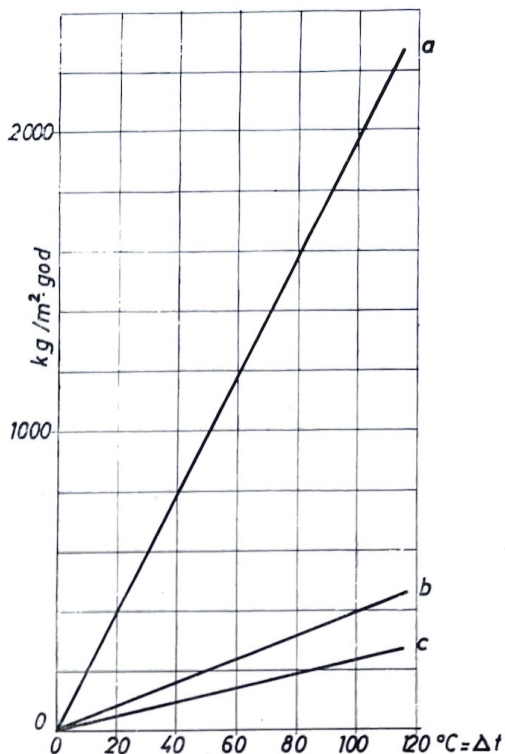
..... kg/m<sup>2</sup> · god.

c) šuplji zid s oblogom .....  $G_{1g} = \frac{271,6}{115} \cdot \Delta t_s = 2,364 \cdot \Delta t$

..... kg/m<sup>2</sup> · god.

Ovdje označuje  $\Delta t$  = srednja godišnja temperaturna razlika između  $t_{us}$  i  $t_{vs}$ , dakle  $\Delta t = t_{us} - t_{vs}$  ... °C.

Za različite vrijednosti  $\Delta t$  za ovaj konkretni slučaj daje vrijednosti dijagram 7.



Dijagram 7

#### 5.3.1. Razlika godišnjeg utroška pare za pojedine vrste zidova.

Razlika između gubitaka topline šupljeg zida i gubitaka topline punog zida, izražena u kg pare po 1 m<sup>2</sup> godišnje:

$$G_{1g1} = (19,8 - 3,97) \cdot \Delta t_s = 15,83 \cdot \Delta t_s$$

..... kg/m<sup>2</sup> · god.

Između šupljeg zida s oblogom i punog zida:

$$G_{1g2} \Delta t_s = (19,8 - 2,364) \cdot \Delta t_s = 17,436 \cdot \Delta t_s$$

..... kg/m<sup>2</sup> · god.

Između šupljeg zida s oblogom i običnog šupljeg zida:

$$G_{1g3} = (3,97 - 2,364) \cdot \Delta t_s = 1,606 \cdot \Delta t_s$$

..... kg/m<sup>2</sup> · god.

Npr. za Livno je, prema meteorološkim podacima,  $t_{vs} = +8,9^\circ\text{C}$ ; uz pretpostavljeni  $t_{us} = +80^\circ\text{C}$  slijedi  $\Delta t_s = 80 - 8,9 = 71,1^\circ\text{C}$ .

Odatle se dobivaju razlike gubitaka u pari po 1 m<sup>3</sup> zida:

$$G_{1g1} = 15,83 \cdot 71,1 = 1126 \text{ kg/m}^2 \cdot \text{god.};$$

$$G_{1g2} = 17,436 \cdot 71,1 = 1240 \text{ kg/m}^2 \cdot \text{god.};$$

$$G_{1g3} = 1,606 \cdot 71,1 = 114,24 \text{ kg/m}^2 \cdot \text{god.}$$

### 5.3.2. Granična cijena pare u odnosu na vrstu zidova.

Da dobijemo graničnu cijenu pare, kod koje bi se godišnje izravnao iznos za uštedu na pari prema godišnjim troškovima povećane investicije u svrhu bolje izolacije (amortizacija, održavanje i obnova), treba znati današnje cijene zidova.

Uzevši zid kao bazu promatranja, možemo, uz današnje cijene, postaviti:

	a) Puni zid	b) Šuplji zid	c) Šuplji zid s obl.
Cijena, N. d/m <sup>2</sup>	25,3	31,—	101,—
Troškovi investicija, 20% N. d	5,06	6,2	20,2
Razlika ΔN. d	ΔA <sub>ab</sub> = 1,14		ΔA <sub>bc</sub> = 14
	ΔA <sub>ac</sub> = 15,14		

Granična cijena pare iznosi:

a) između šupljeg zida i punog zida:

$$\Delta G_1 = 1126 \text{ kg/m}^2 \cdot \text{god.}$$

$$\Delta A_{ab} = 1,14 \text{ N. d/m}^2 \cdot \text{god.}$$

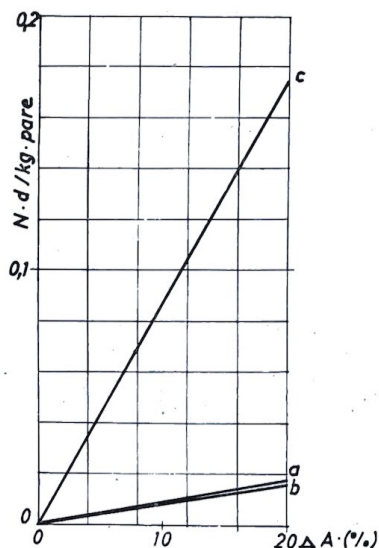
$$C_g = \Delta A_{ab} : \Delta G_1 = 1,14 : 1126 = 0,001012 \text{ N. d/kg}$$

b) između šupljeg zida s oblogom i punog zida:

$$\Delta G_2 = 1240 \text{ kg/m}^2 \cdot \text{god.}$$

$$\Delta A_{ac} = 15,14 \text{ N. d/m}^2 \cdot \text{god.}$$

$$C_g = \Delta A_{ac} : \Delta G_2 = 15,14 : 1240 = 0,01221 \text{ N. d/kg}$$



Dijagram 8

c) Između šupljeg zida s oblogom i običnog šupljeg zida:

$$\Delta G_3 = 114,24 \text{ kg/m}^2 \cdot \text{god.}$$

$$\Delta A_{bc} = 14,0 \text{ N. d/m}^2 \cdot \text{god.}$$

$$C_g = \Delta A_{bc} : \Delta G_3 = 14 : 114,24 = 0,1224 \text{ N. d/kg.}$$

Na osnovu ovih vrijednosti, načinjen je dijagram 8.

Pomoću njega može se odrediti granična cijena pare za sve pretpostavljene slučajeve. Iz njega posve jasno proizlazi da je najracionalniji običan šuplji zid. On treba da je izveden s unutarnjim premazom. U svakom konkretnom slučaju može se razmotriti i unutarnji oblog, ali on mora biti znatno jeftiniji od aluminijskoga i praktički izvediv za trajan rad.

### ZAKLJUČAK

Iz ove studije vidljivo je da su uzeti u obzir slijedeći faktori gubitaka topline u zidanim sušionicama za drvenu građu u procesu sušenja:

1. izmjena topline konvekcijom i provođenjem kroz stijene komornih sušionica;
2. izmjena topline konvekcijom i provođenjem kroz stijene sušionice, uz istodobno zračenje topline unutar prostora s kaloriferima;
3. utjecaj poroznosti zidova;
4. izmjena topline u tlu ispod sušionice.

Na osnovu razrade postavki, dobivene su neke veličine po današnjim metodama, a neke su (gubici u tlu i slično) obrađene približnom metodom koja je za ovaj konkretni slučaj postavljena. Prema prijašnjem razmatranju, kao i konkretnom primjeru, koji je numerički riješen, može se doći kod projektiranja sušionica do smjernica navedenih u daljnjem izlaganju. Vertikalni zidovi treba da su šuplji (vidi sl. 1, vanjski zid). Strop, vrata i vratašca kontrolnog otvora treba da imaju istu izolacionu vrijednost. Za pod se predlaže izgradnja prema sl. 7, što je bezuvjetno potrebno u slučaju vlažnog tla. Neposredni dio stijene koja je u dodiru s aktivnim prostorom sušionice treba da ima dovoljan toplinski kapacitet, kako bi se u početnoj fazi sušenja smanjio udarni utrošak pare, odnosno da ne nastupi nagla promjena temperature zraka u sušionici. Iz tog razloga, npr. u sušionicama koje dugo ostaju izvan pogona, treba da zidovi imaju veći toplinski kapacitet, a u krajnjem slučaju i puni bočni zid aktivnog prostora. U ovom pogledu bitno se razlikuje promatrani tip zidane sušionice od metalnih sušionica.

Naročito se skreće pažnja na izvršeni približni proračun gubitaka topline kroz tlo. Ovaj proračun ima svrhu da ukaže na važnost odnosnih gubitaka bez pretenzija na egzaktnost, koja praktički nije ostvariva.

U pogledu hermetičnosti, ukazano je na njen utjecaj u pogledu izmjene zraka i topline, kao i utjecaj na ovlaživanje zidova. Naglašen je i taj utjecaj na odvijanje tehnološkog procesa.

Na kraju izlaganja, izračunati su gubici topline građevinskog dijela za tip jedne uobičajene zidane sušionice. Kod odabiranja pojedinih konstruktivnih elemenata sušionice, uočljivo je da se, pored ostalog, mora obratiti pažnja na termička svojstva tih elemenata kako bi se omogućio što racionalniji rad sušionice. Time će se postići manji utrošak topline i izbjeći udarna toplinska opterećenja, uz jednostavniju mogućnost regulacije procesa.

U ovoj studiji uzeti su u razmatranje gubici topline sušionice u vidu izmjene topline s okolinom. Ostale potrebe topline za pogon sušionice, a u vezi s time i smjernice za konstrukciju sušionice, bit će predmet posebne studije. Budući da su nosive izolacione stijene ujedno i nosioci dinamičke opreme, to pri projektiranju treba uzeti u obzir i dinamičke impulse uslijed vibracija. Do ovih dolazi zbog nedovoljne izbalansiranosti i blizine kritičnog broja okretaja rotirajućih dijelova. U nekim slučajevima, potrebno je posvetiti pažnju i zvučnoj izolaciji ventilatorskog prostora u sušionici. Do ove potrebe može doći ako pri izboru ventilatora nisu uzeti u obzir njihovi zvučni impulsi.

Namjera autora bila je da dadu neke smjernice pri projektiranju zidanih sušionica komornog tipa u pogledu termičke izolacije. Ukoliko su u tome bar djelomično uspjeli, unaprijedit će se projektiranje, odnosno izgradnja spomenutih sušionica.

#### LITERATURA

1. Bošnjaković, F.: Nauka o toplini, Zagreb, 1950.
2. Faktorović, L. M.: Teplovaja izolacija, Izdatel'stvo »Nedra«, Leningrad, 1966.
3. Heid, H., Kollmar, A.: Die Strahlungsheizung, II Aufl., C. Marhold Verlag, Halle/S., 1943.
4. Kamenev, P. N.: Otoplenie i ventilacija, čast I; izdatel'stvo literaturi po stroitel'stvu, Moskva, 1966.
5. Krpan, J.: Sušenje i parenje drva; Šumarski fakultet, Zagreb, 1965.
6. Lebedev, A.: Rasčet i projektirovanie sušilnjih ustanovok; Gosenergoizdat, Moskva, 1963.
7. Missenard, A.: Grejanje i hlađenje zračenjem (prijevod s francuskog); Građevinska knjiga, Beograd, 1966.
8. Neufert, E.: Bauentwurfslehre; Ullstein Fachverlag, Frankfurt—Berlin, 1960.
9. Radonić, M.: Grejanje i vetrenje, Beograd, 1965.
10. Sokolov, P. V.: Suška drevesinji; Goslesbumizdat, Moskva, 1960.

### DIE THERMISCHE ISOLATION GEMAUERTER HOLZTROCKENKAMMERN.

#### Zusammenfassung

In der Abhandlung wird auf Grund des bisher meist verwendeten Materials, u. zw. Ziegel und Beton, der Bau der Trockenkammern analysiert. Es wird auch auf andere Baumaterialien hingewiesen. Einleitend werden die thermische Eigenschaften der Baumaterialien dargestellt. Danach wird die thermische Isolation der vertikalen Wände ausführlich bearbeitet. Besonders werden Berechnungen der Wärmeverluste für volle Wand, für hohle Wand mit Zwischenschicht aus Luft, sowie für die hohlen Wände mit einer inneren Verkleidung aus Aluminiumblech durchgeführt. Die Alternativen werden aufgestellt für zwei Fälle, u. zw. für reinen konvektiven Wärmeaustausch sowie für den Wärmeaustausch durch Konvektion und Wärmestrahlung. Letzterer Fall ist angebracht im Raum, wo sich die Wärmeaustauscher befinden.

Es folgt der Vergleich der einschlägigen Rechnungsergebnisse. Danach wird ausführlich der Einfluss der Wandporosität auf die Wärmeverluste, sowie auf die Wandfeuchtigkeit und Luftaustausch dargestellt. Dabei sind wiederum zwei Fälle zu betrachten; der Fall mit reinem thermischen Auftrieb und der Fall mit Zwangsauftrieb mittels der Ventilatoren.

Der Wärmeverlust durch Konvektion und Wärmeleitung sind eingehend analysiert. Zu diesem Zweck haben die Verfasser für die Berechnung besondere Annäherungsmethode entwickelt. Die entsprechenden Wärmeverluste können beim feuchten Boden relativ sehr gross sein. Akkumulierte Wärme in Wänden haben gewissen Einfluss auf das Temperaturverhalten in der Kammer.

Am Ende wird die Bedeutung der Wärmeverluste der Bauteile an Trockenkammern besprochen. Dazu wird ein ausführliches rechnerisches Beispiel aufgestellt.

Auch auf die wirtschaftliche Seite des Problems wird hingewiesen. In diesem Zusammenhang werden für dasselbe Beispiel die Grenzpreise für Wasserdampf, als Wärmeträger, für drei Bauarten erörtert. Im Schlusswort werden in Bezug auf die Wärmeisolation Richtlinien für den Bau von Trockenkammern gegeben.

#### ISPRAVAK

Molimo čitaoc da u članak F. Šulentića, dipl. ing., koji je pod naslovom »Objektivno vrednovanje proizvoda i proizvodnje šumarstva...« objavljen u broju 6—7/67. ovog časopisa, unesu ove ispravke: u tabelama II, III, IV i V — u glavi — umjesto »javor«, treba da stoji »bukva«. Isto tako, na str. 91, stupac lijevi, u retku 25. odozdol, umjesto »javor« treba da stoji »hrast«.



# Prilog istraživanju o proizvodnji i svojstvima lakih ploča iverica

## I UVOD

Prema međunarodnoj klasifikaciji, usvojenoj 1958. g. u Ženevi, ploče iverice se, obzirom na volumnu težinu, dijele u tri grupe: lake, srednje i teške.

Srednje teške ploče (volumne težine 0,50—0,80 gr/cm<sup>3</sup>) čine danas pretežni dio ukupne svjetske proizvodnje iverica. Svoj ubrzani razvoj proizvodnja ovog tipa ploča počinje negdje od 1950. god.

Nekako u isto vrijeme, premda u daleko manjem obimu, datira i proizvodnja lakih iverica. To su bile naročite dvoslojne ploče iz rezanog iverja, volumne težine oko 0,30 gr/cm<sup>3</sup>, koje su našle primjenu u građevinarstvu, za opločenje stijena, te za toplinsku i zvučnu izolaciju. Takve ploče, unatoč svoje male volumne težine i dobrih izolacionih svojstava, trebale bi zadovoljavati i u pogledu mehaničko-fizičkih svojstava te ekonomičnosti proizvodnje.

Ova problematika bila je predmet nekih istraživanja proteklih godina. Rezultati tih istraživanja navode na zaključak da lake iverice, u pogledu svojih mehaničko-fizičkih svojstava, zadovoljavaju za svrhu kojoj su namijenjene.

I u pogledu ekonomičnosti, rezultati istraživanja pokazuju da kod proizvodnje lakih iverica, uz primjenu savremenih metoda i postupaka (»postupak udara pare«), postoje realne mogućnosti za ekonomičnu i rentabilnu proizvodnju.

Obzirom da i kod nas postoji interes za materijale sa sličnim svojstvima, poduzeto je ovo ispitivanje sa zadatkom da se laboratorijski utvrdi:

1. mogućnost proizvodnje lakih iverica iz drva jele, bukve, topole i pozdera konoplje;
2. kvalitet izrađenih ploča i komparira s odgovarajućom izolacionom pločom vlaknatom;
3. utjecaj količine dodanog ljepila i parafinske emulzije na mehanička i fizička svojstva lakih iverica.

## II — MATERIJAL ZA ISTRAŽIVANJE

Za izradu ploča uzoraka upotrebljeno je industrijsko iverje iz jelovine, bukovine i topolovine, proizvedeno na stroju za iveranje »Homback« — tip PRZ-28. Od jednogodišnjih biljaka, upotrebljen je pozder konoplje. Spomenuto iverje je prije upotrebe frakcionirano u vezanim sitima s oznakama 6, 10, 0.

Frakcije 6 i 10 predstavljaju upotrebljivu sirovinu za izradu ploča, dok se najfinija frakcija (0) iz tehničko-ekonomskih razloga ne uzima u obzir. Brojevi na sitima označavaju broj očica (mesh) po 1 cm (DIN 1171). Učešće pojedinih frakcija po vrstama drva prikazano je u tabeli 1.

Tabela 1

SIROVINA	Frakcija u %		
	Oznake sita		
	0	10	6
Jela	3	37	60
Bukva	4	31	65
Topola	3	27	70
Pozder	2	8	90

U toku daljnjeg postupka sa sirovinom, analiziran je oblik iverja po vrstama. Izmjerena je dužina, širina i debljina iverja, a rezultati su prikazani u tabeli 2.



Sl. 1. — Tanki, plosnato rezani iveri iz jelovine

Kao mjenilo upotrebljivosti pojedine vrsti iverja u proizvodnji iverica služi nam tzv. »stupanj vitkosti iverja«, što u osnovi predstavlja odnos dužine prema debljini. Analiziranjem oblika iverja vidljivo je da se stupanj vitkosti jelovog iverja kreće od oko 40—60, što je vrlo blizu optimalnom stupnju vitkosti od 40—80. Oblik upotrebljenog jelovog iverja prikazan je na sl. 1.

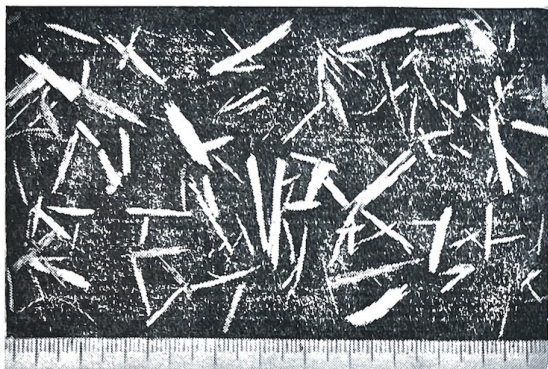
Kod bukovog iverja, »stupanj vitkosti« kretao se od 30—50, što je već slabije od optimalnog. Oblik iverja prikazan je na sl. 2.

Upotrebljeno topolovo iverje je imalo »stupanj vitkosti« 20—55, što je također ispod optimalnog. Oblik iverja prikazan je na sl. 3.

Upotrebljeni pozder izrađen je iz stabljike močene konoplje. Konačni oblik pozdera dobiven je egaliziranjem na mlinu čekićaru (proizvodnje Tvornice strojeva, Belišće).

Tabela 2.

Mjerne veličine	JELA			BUKVA			TOPOLA			POZDER		
	min.	X	max.	min.	X	max.	min.	X	min.	min.	X	max.
	mm			mm			mm			mm		
Debljina	0,10	0,28	1,15	0,15	0,35	0,95	0,10	0,25	1,35	0,15	0,72	2,25
Dužina	6,20	14,22	21,50	6,50	14,43	24,50	5,20	12,78	23,50	3,10	7,71	20,01
Širina	0,40	1,14	2,50	0,20	1,59	3,70	0,15	1,22	3,60	0,50	2,0	4,70



Sl. 2. — Tanki rezani iveri iz bukovine

»Stupanj vitkosti« upotrebljenog pozdera je vrlo mali i kretao se od 2,5—9, što u odnosu na optimalan »stupanj vitkosti« ukazuje na smanjene mogućnosti proizvodnje kvalitetnih ploča iverica. Naime, ploče izrađene s ovakvom sirovinom karakteristične su po tome što imaju prilično veliku čvrstoću na raslojavanje, a malu čvrstoću na savijanje.

Oblik ivera prikazan je na sl. 4.



Sl. 3. — Tanki rezani iveri iz topolovine

Od dodatnih sredstava u izradi laboratorijskih ploča upotrebljeno je karbamid-formaldehidno ljepilo: Urofix MA-207, katalizator M-5 i parafinska emulzija Lerafin, proizvodnje Kemijskog kombinata »Chromos—Katran—Kutrilin«, Zagreb.



Sl. 4. — Pozder konoplje nakon egaliziranja u mlinu čekićaru.

### III METODOLOGIJA RADA

#### 1. Izrada laboratorijskih ploča

Upotrebljeno iverje od svih vrsta drva i pozdera imalo je cca 5,0% vlage. Ploče su rađene s 8,12 i 16% suhe supstance ljepila, računato na apsolutno suho iverje. Vezno sredstvo je bilo u formi 60%-tne vodene otopine karbamid-formaldehidne smole. Parafinska emulzija dodavana je, zavisno o tipu ploča, u količinama od 0,5% i 1,0% krutog parafina, računato na apsolutno suho iverje. Kontakt je dodavan u količini od 4% a amonijak u količini 0,4%, računato na težinu ljepila. Recepturno dobivene smjese ljepila i dodatnih sredstava nanašane su na iverje postupkom raspršivanja u rotacionom laboratorijskom mješaču. Ljepilom ovlaženi iveri ručno su natreseni na stolu za formiranje u kalupe formata 41 × 42 cm.

Nakon formiranja, iverasti tepih je predprešan u jednoetažnoj hidrauličnoj preši na hladno, u trajanju od 30 sek.

Po izvršenom predprešanju, radi održavanja radnih uvjeta »postupka udara pare«, na svakih 100 gr ljepilom ovlaženih ivera dodano je oko 2 gr vode. Izraženo po jedinici površine, to iznosi 60, 80 i 100 gr/m<sup>2</sup> za tri varirane volumne težine 0,300, 0,400 i 0,500 gr/cm<sup>3</sup>. Od ukupne količine, jedna polovina je nanešena na gornju, a druga na donju površinu natresnog tepiha. Prešanje je izvršeno kroz 5 minuta u dvoetažnoj hidrauličnoj preši pri temperaturi etaža 160°C i specifičnom pritisku od 20 kp/cm<sup>2</sup>.

Kao konstantni tehnološki elementi u izradi ploča uzeti su:

- temperatura prešanja,
- specifični pritisak,
- vlaga iverja,
- vrijeme prešanja,
- debljina ploča,
- količina površinski dodane vode.

Kao varijabilni tehnološki elementi uzeti su:

- vrsta iverja (drva),
- volumna težina,
- količina dodane parafinske emulzije,
- količina dodanog veznog sredstva (ljepila).

Utjecaj količine dodanog ljepila i parafinske emulzije ispitan je samo na industrijskom iverju iz jelovine, da bi se isključio utjecaj oblika iverja.

Nakon izrade ploče su 7 dana kondicionirane kod temperature  $20^{\circ} + 2^{\circ}\text{C}$  i relativne vlage zraka  $65\% + 3\%$ , a potom ispitane.

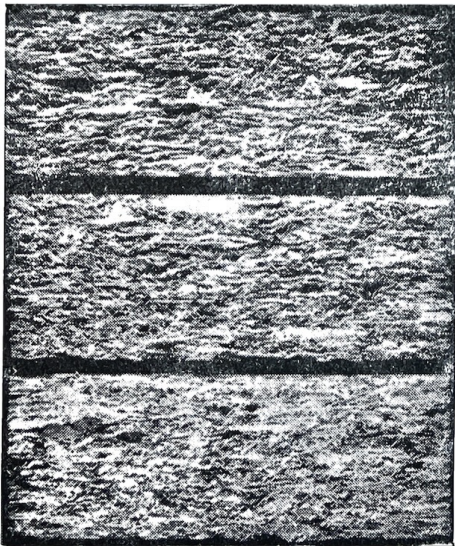
## 2. Ispitivanje fizičkih i mehaničkih svojstava

Ispitivanja probnih ploča vršena su po DIN-u i to:

- Uzimanje proba po DIN-u 52 360
- Određivanje mjera volumne težine i sadržaja vlage po DIN-u 52 361
- Određivanje čvrstoće na savijanje po DIN-u 52 362
- Određivanje čvrstoće na raslojavanje po DIN-u 52 365
- Određivanje debljinskog bubrenja po DIN-u 52 364

## IV REZULTATI ISPITIVANJA

Dobiveni rezultati ispitivanja prikazani su tabelarno i grafički za svako ispitano svojstvo.



Sl. 5. — Poprečni presjek ploča iz topolovine, volumne težine 0,312, 0,415, 0,528  $\text{gr}/\text{cm}^3$

## 1. Utjecaj volumne težine i vrste drva na fizička i mehanička svojstva ploča

Od svake upotrebljene vrste iverja izrađene su po tri laboratorijske ploče, volumne težine 0,300, 0,400 i 0,500  $\text{gr}/\text{cm}^3$ . Ova posljednja poslužila je kao veza između lakih i srednje teških iverica. Radi ilustracije, na sl. 5. prikazan je poprečni presjek ploča iz topolovine.

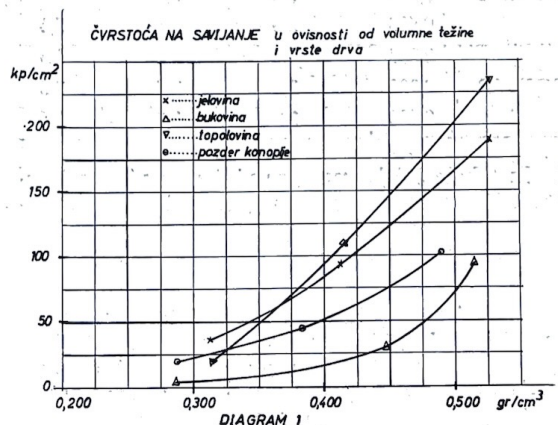
Utjecaj vrste drva odražava se izrazito upravo u području lakih iverica. Ovdje se, zbog manje gustoće nalijeganja iverica iz razmjerno teških vrsta drva, postiže slabije sljepljivanje nego kod ivera iz lakih vrsta drva. Posljedica toga je da se iz vrsta drva s nižom volumnom težinom, uz istu količinu ljepila, dobiju čvršći proizvodi.

### a) Utjecaj volumne težine i vrste drva na čvrstoću savijanja.

Dobiveni rezultati prikazani su u dijagramu 1. i tabeli 3.

Tabela 3.

Vrsta drva	Volumna težina $\text{gr}/\text{cm}^3$	Čvrstoća na savijanje $\text{kp}/\text{cm}^2$			Kota savijanja
		min.	X	max	
JELA	0,312	23,5	35,9	50,9	115
	0,409	79,1	93,4	116,8	224
	0,528	138,2	186,6	245,7	353
BUKVA	0,285	2,1	2,9	4,2	10
	0,448	11,7	25,7	38,8	57
	0,508	56,3	90,3	117,9	177
TOPOLA	0,312	19,6	29,1	39,6	93
	0,415	100,9	108,1	131,8	260
	0,528	189,5	235,0	271,7	445
POZDER	0,287	15,6	18,2	21,3	70
	0,382	36,7	43,4	50,3	140
	0,488	91,6	101,9	119,9	209



Ako kompariramo čvrstoću na savijanje lakih iverica iz jelovine, bukovine i topolovine u apsolutnom iznosu ili svedenu na jedinicu težine (kota savijanja) kod konstantne volumne težine, vidimo da ploče iz bukovine moraju biti znatno veće volumne težine da bi dale čvrstoću na savijanje kao ploče iz jelovine i topolovine. Ako se na jednoj strani tome udovolji, na drugoj će takve ploče biti teže nego što je dozvoljeno za upotrebu na onim mjestima gdje se prvenstveno traži mala težina.

Okularno ispitivanje ploča iverica iz bukovine, volumne težine 0,300—0,350 gr/cm<sup>3</sup>, pokazalo je da takve ploče, zbog svoje velike poroznosti i sklonosti pojedinih ivera da se odvajaju, praktički ne bi bile upotrebljive.

Naprotiv, ploče uzorci iz jelovine, topolovine, a donekle iz pozdera, pokazuju u istim težinskim granicama zadovoljavajuću kompaktnost, a čvrstoća na savijanje je dovoljna za svrhu kojoj su takve ploče namijenjene.

b) Utjecaj volumne težine i vrste drva na čvrstoću raslojavanja

Rezultati ispitivanja prikazani su u dijagramu 2. i tabeli 4.

Tabela 4.

Vrsta drva	Volumna težina gr/cm <sup>3</sup>	Čvrstoća na raslojavanje		
		min.	$\bar{X}$ kp/cm <sup>2</sup>	max.
JELA	0,312	0,8	1,1	1,6
	0,409	1,2	1,6	2,7
	0,528	3,1	4,1	5,8
BUKVA	0,285	0,1	0,2	0,3
	0,448	0,7	1,2	2,3
	0,508	1,3	2,6	3,8
TOPOLA	0,312	0,4	0,7	0,9
	0,415	1,2	1,9	2,9
	0,528	2,4	4,1	5,4
POZDER	0,287	0,5	1,1	1,6
	0,382	2,0	2,5	2,8
	0,488	2,7	3,3	3,5

Iz tabele i dijagrama se vidi da općenita konstatacija, iznesena pod 1. a), vrijedi i ovdje. Ploče iz lakših vrsta drva jele, topole i pozdera konoplje pokazuju znatno veću čvrstoću raslojavanja nego ploče iz bukovine.

Postoji tvrdnja da je za lake iverice, naročito za debele ploče, kod njihove praktične primjene u građevinarstvu od manje važnosti njihova čvrstoća na savijanje od čvrstoće raslojavanja (čvrstoće njihove strukture). Mijenjanjem dimenzija

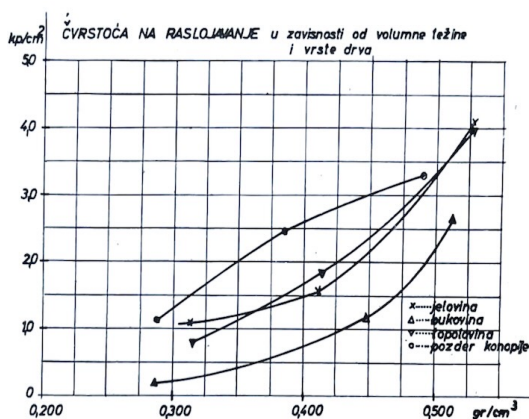


DIAGRAM 2

ivera, a time i stepena vitkosti, stvorena je mogućnost da se njihovim međusobnim podešavanjem promijene odnosi čvrstoće.

Izrazito veća čvrstoća na raslojavanje ploča iz pozdera konoplje, u odnosu na ploče iz jelovine i topolovine, je posljedica smanjenog stepena vitkosti pozdera, a s tim u vezi i njegove orijentacije dužom osi okomito na ravninu ploče.

c) Utjecaj volumne težine i vrste drva na debljinško bubrenje kod iste količine ljepila i bez davanja parafinske emulzije.

Rezultati ispitivanja prikazani su u dijagramu 3. i 4. i tabeli 5.

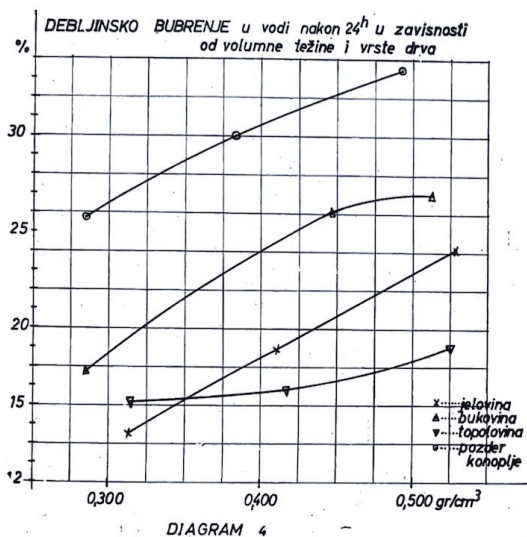
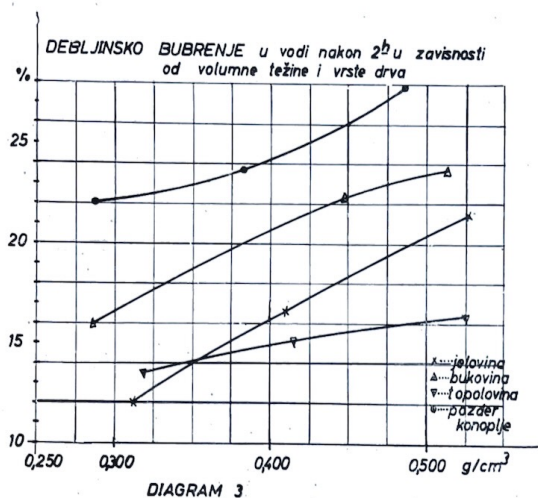
Tabela 5.

Vrsta drva	Volumna težina gr/cm <sup>3</sup>	Deb. bub. nakon 2 h Deb. bub. nakon 24 h					
		min.	$\bar{X}$ %	max.	min.	$\bar{X}$ %	max.
JELA	0,312	10,5	12,1	13,2	13,5	14,4	15,5
	0,409	15,2	16,6	18,5	17,9	19,0	20,2
	0,528	20,9	21,4	22,9	23,6	24,1	25,7
BUKVA	0,285	12,8	16,0	18,6	13,9	17,7	20,3
	0,448	19,6	22,4	24,6	25,0	26,6	28,8
	0,508	21,6	23,5	25,5	24,4	27,0	28,8
TOPOLA	0,312	9,5	13,5	16,4	13,0	15,3	17,1
	0,415	12,6	14,1	15,4	15,4	16,0	17,6
	0,528	14,7	15,9	16,5	16,9	17,9	19,5
POZDER	0,287	18,8	22,1	25,3	21,5	25,8	28,4
	0,382	20,4	23,5	26,9	28,6	30,3	33,1
	0,488	26,5	27,9	29,1	29,2	33,2	35,1

Iz tabele 5. i dijagrama 3. i 4. se vidi da debljinško bubrenje raste u pravilu s povećanjem volumne težine ploča. Znatne razlike u debljinškom bubrenju, obzirom na vrstu upotreblijene sirovine, posljedica su razlika u anatomskeoj građi.

Tabela 6.

Vrsta drva	Volumna težina gr/cm <sup>3</sup>	Težinsko upijanje vode nakon 2 h			Težinsko upijanje vode nakon 24 h		
		min.	$\bar{X}$	max.	min.	$\bar{X}$	max.
JELA	0,312	207,5	224,2	234,8	211,7	237,2	284,8
	0,409	151,4	164,4	180,4	155,4	171,7	190,8
	0,528	98,5	104,1	190,6	106,5	112,1	118,6
BUKVA	0,285	197,4	216,8	226,9	198,2	236,6	262,6
	0,448	136,8	170,2	198,6	157,5	183,8	212,2
TOPOLA	0,508	104,4	113,3	121,6	119,3	124,8	132,9
	0,312	160,5	216,3	260,3	164,2	226,3	264,2
	0,415	118,5	135,4	147,8	131,7	148,4	159,8
POZDER	0,528	85,1	91,9	99,0	100,0	105,4	113,2
	0,287	177,7	197,7	210,0	178,8	207,6	243,2
	0,382	139,5	154,4	180,0	173,7	189,8	216,5
	0,488	102,2	107,1	111,4	131,7	136,3	139,8



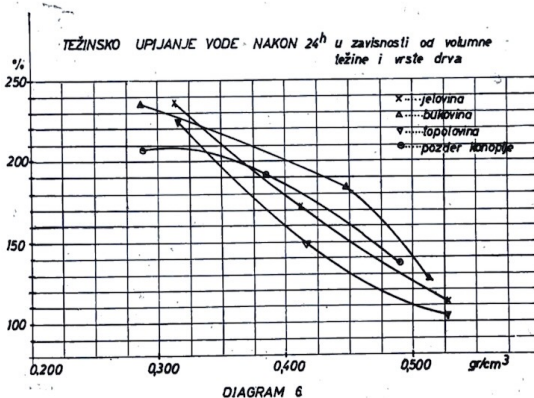
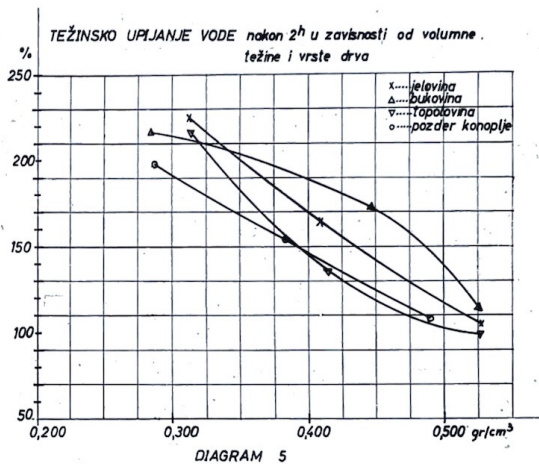
Na bazi rezultata ispitivanja, možemo konstatirati da lake iverice ne bubre mnogo u debljinu. Pri tom se mora imati na umu da kod ovog tipa ploča nije dodana parafinska emulzija.

b) Utjecaj volumne težine i vrste drva na težinsko upijanje vode

Rezultati ispitivanja prikazani su u tabeli 6. i dijagramu 5. i 6.

Iz priloženih dijagrama i tabele se vidi da lake iverice, zbog svoje izrazite poroznosti, primaju relativno mnogo vode. Upoređenjem rezultata težinskog upijanja nakon 2 i 24 h, uočava se nagli porast upijanja u vremenu do 2 h, a nakon toga slijedi vrlo blagi porast. To se može objasniti zasićenjem šupljina u strukturi ploča u relativno kratkom vremenu.

S porastom volumne težine ploča, smanjuje se porozitet a time i težinsko upijanje.



Utjecaj vrste drva očituje se u povećanom težinskom upijanju kod ploča iz težih vrsta drva, jer su one, kod iste volumne težine, u odnosu na ploče iz lakših vrsta drva, poroznije.

## 2. Utjecaj količine dodanog ljepila na mehanička i fizička svojstva ploča

Da bi se ispitao utjecaj količine dodanog ljepila Urofix MA-207 na svojstva ploča, izrađene su ploče s 8,12 i 16% ljepila na apsolutno suho iverje. Procent od 16% uzet je samo za komparaciju, jer inače, iz ekonomskih razloga, u praksi ne dolazi u obzir.

Za ovo ispitivanje upotrebjeno je samo iverje iz jelovine, da bi se eliminirao utjecaj oblika iverja.

O utjecaju količine ljepila na mehaničko fizička svojstva srednje teških iverica ima mnogo radova. Svi oni navode na zaključak da se s povećanjem količine dodanog ljepila poboljšavaju mehaničko-fizička svojstva.

Jedan od zadataka ovog istraživanja je da se ispita kako povećanje količine dodanog ljepila utiče na mehaničko-fizička svojstva lakih iverica. Rezultati ispitivanja dati su parcijalno po svojstvima, kako slijedi.

### a) Čvrstoća na savijanje u ovisnosti od količine dodanog ljepila

Dobiveni rezultati prikazani su u tabeli 7. i dijagramu 7.

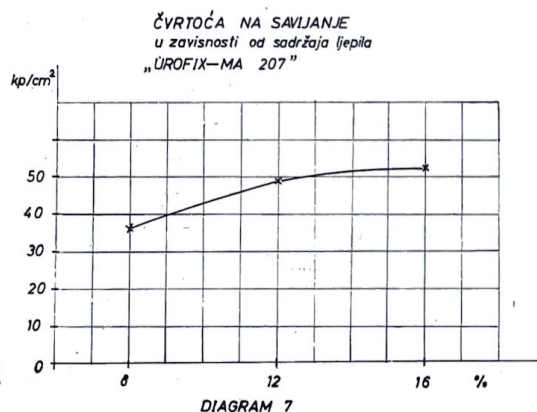


Tabela 7.

Vrsta drva	Volumna težina gr/cm <sup>3</sup>	Količina ljepila %	Čvrstoća na savijanje		
			min.	$\bar{X}$	max.
	0,312	8	23,50	35,88	50,92
JELA	0,295	12	28,34	46,45	52,53
	0,316	16	35,34	52,81	59,63

Iz tabele i dijagrama proizlazi da, kod ovog tipa ploča, kao i kod srednje teških, količina ljepila utiče pozitivno u smislu povećanja čvrstoće.

Dobiveni rezultati pokazuju da je taj porast izrazitiji u intervalu 8—12% nego 12—16%. Ovo je u skladu s rezultatima nekih autora (7), po kojima specifična čvrstoća ljepivog sloja ne raste s porastom debljine sloja (filma) ljepila preko određene granice. Ta granica, odnosno optimalna količina ljepila, ovisna je o vrsti upotrebljenog drva i kvaliteti (finoći) nanosa ljepila.

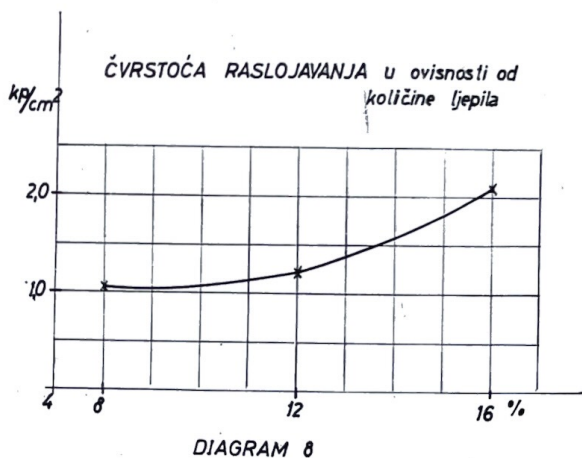
Iznesene činjenice, a još više ekonomski razlozi, uvjetuju da se u praksi ne ide preko 12% ljepila, jer ono čini osnovnu stavku u formiranju cijene koštanja gotovih ploča.

### b) Čvrstoća na raslojavanje u ovisnosti od količine ljepila.

Rezultati ispitivanja prikazani su u tabeli 8. i u dijagramu 8.

Tabela 8.

Vrsta drva	Volumna težina gr/cm <sup>3</sup>	Količina ljepila %	Čvrstoća na savijanje		
			min.	$\bar{X}$	max.
	0,312	8	0,76	1,1	1,64
JELA	0,295	12	1,00	1,2	1,48
	0,316	16	0,76	2,1	2,79



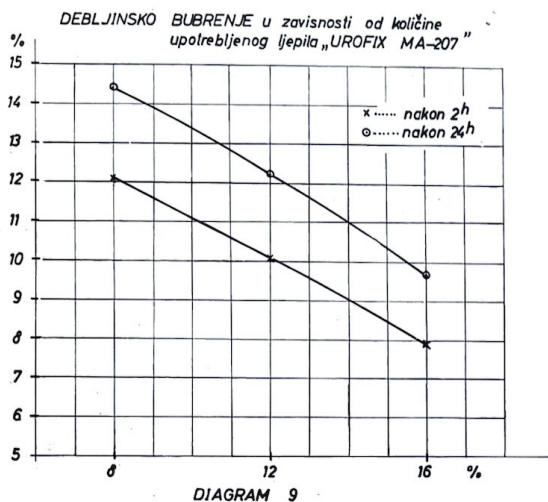
Iz istih se vidi da, s povećanjem količine ljepila, raste i čvrstoća raslojavanja. Čisto iz ekonomskih razloga taj porast ima svoj optimum, jer troškovi za ljepilo kod proizvodnje lakih iverica imaju odlučnu ulogu.

### c) Debljinsko bubrenje u zavisnosti od količine ljepila.

Debljinsko bubrenje mjereno je nakon 2 i 24 h. Rezultati ispitivanja prikazani su u tabeli 9. i dijagramu 9.

Tabela 9.

Vrsta drva	Vol. tež.	Kol. ljep.	Debljinsko bubrenje					
			nakon 2 h			nakon 24 h		
			min.	$\bar{X}$	max.	min.	$\bar{X}$	max.
	gr/cm <sup>3</sup>	%	%					
	0,312	8	10,5	12,1	13,2	13,5	14,4	15,5
JELA	0,295	12	9,3	10,1	11,4	10,9	12,2	13,2
	0,316	16	7,1	7,8	8,7	9,3	9,7	11,1



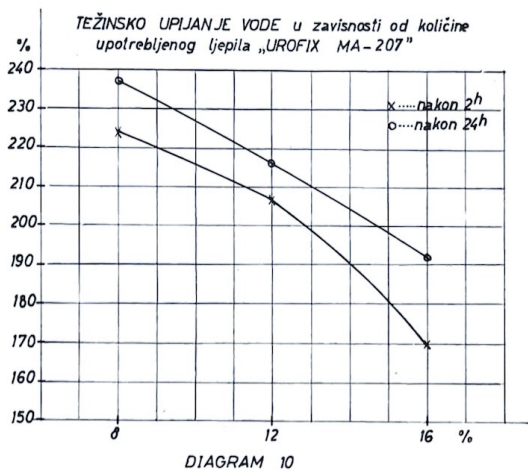
Podaci u tabeli i dijagramu pokazuju izrazito smanjenje debljinskog bubrenja s povećanjem količine ljepljiva. To se može objasniti time da ljepljivo, koje je nanoseno na iverje u obliku filma, čini mehaničku zapreku prodiranju vode. Ona je u toliko djelotvornija ukoliko je nanosena u što finijem nanosu i jednolično raspodijeljena.

d) Težinsko upijanje vode u zavisnosti od količine ljepljiva.

Rezultati ispitivanja nakon 2 i 24 h prikazani su u tabeli 10 i dijagramu 10.

Tabela 10.

Vrsta drva	Volumna težina	Količina ljepljiva	Težinsko upijanje vode					
			nakon 2 h			nakon 24 h		
			min.	$\bar{X}$	max.	min.	$\bar{X}$	max.
	gr/cm <sup>3</sup>	%	%					
	0,312	8	207,5	224,2	234,8	211,7	237,2	284,4
JELA	0,295	12	177,0	206,9	227,9	196,8	210,6	244,1
	0,316	16	142,1	169,4	190,0	166,1	192,4	202,4



Iz tabele i dijagrama se vidi da težinsko upijanje vode osjetno opada s porastom količine ljepljiva. Uzrok leži u tome što ljepljivi film djeluje prije svega kao mehanička zapreka prodiranju vode, a s druge strane smanjuje poroznost ploče, ispunjavajući šupljine u strukturi ploče.

### 3. Utjecaj količine parafinske emulzije na mehanička i fizička svojstva

U području srednje teških iverica, postoje brojna istraživanja o utjecaju parafinske emulzije na fizička i mehanička svojstva. Ona općenito pokazuje relativno poboljšanje fizičkih a smanjenje mehaničkih svojstava.

Da bi se ispitao utjecaj količine parafinske emulzije u području lakih iverica, izrađene su ploče iz jelovine s 0;0,5 i 1,0% krutog parafina, računato na apsolutno suho iverje.

Rezultati ispitivanja svojstava dani su kako slijedi:

a) Čvrstoća na savijanje u zavisnosti od količine parafinske emulzije.

Dobiveni rezultati prikazani su u tabeli 11. i dijagramu 11.

Tabela 11.

Vrsta drva	Volumna težina	Količina paraf. emulzije	Količina ljepljiva	čvrstoća na savijanje		
				min.	$\bar{X}$	max.
				kp/cm <sup>2</sup>		
	gr/cm <sup>3</sup>	%	%	kp/cm <sup>2</sup>		
	0,312	0	8	23,5	35,9	50,9
JELA	0,301	0,5	8	29,3	33,2	40,8
	0,325	1,0	8	15,7	27,1	38,3

**ČVRSTOĆA NA SAVIJANJE**  
u zavisnosti od količine parafinske emulzije

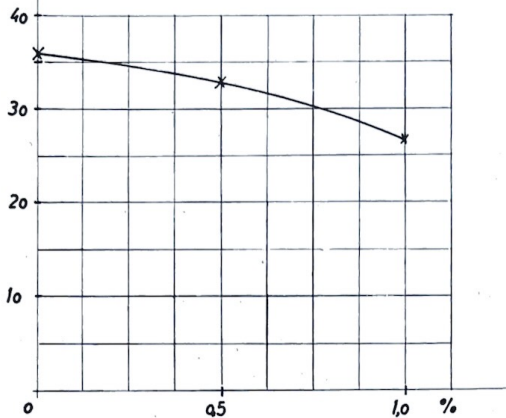


DIAGRAM 11

Iz istih se može zaključiti da se dodavanjem parafinske emulzije smanjuje čvrstoća na savijanje.

Ovo smanjenje je manje uočljivo do količine parafinske emulzije od 0,5% da bi preko te količine postalo izrazitije.

b) Čvrstoća na raslojavanje, u zavisnosti od količine parafinske emulzije.

Rezultati ispitivanja prikazani su u tabeli 12. i dijagramu 12.

Tabela 12.

Vrsta drva	Volumna težina gr/cm <sup>3</sup>	Količina parafin. emulzije %	Količina ljepila %	Čvrstoća na savijanje		
				min.	X	max.
				kp/cm <sup>2</sup>		
	0,312	0		0,76	1,08	1,64
JELA	0,301	0,5	8	0,76	1,05	1,32
	0,325	1,0		0,68	0,93	1,16

Iz dijagrama i tabele se vidi da čvrstoća na raslojavanje neznatno opada do količine dodane parafinske emulzije od 0,5%. Iznad te količine, pad čvrstoće je znatno veći.

c) Debljinsko bubrenje u zavisnosti od količine parafinske emulzije.

Dobiveni rezultati ispitivanja dani su u tabeli 13. i dijagramu 13.

**ČVRSTOĆA RASLOJAVANJA** u ovisnosti od količine parafinske emulzije

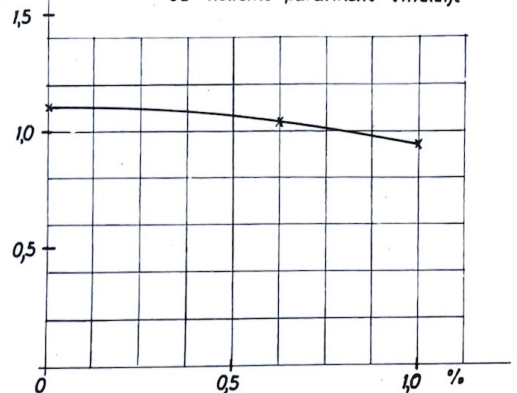


DIAGRAM 12

Tabela 13.

Vrsta drva	Volumna težina gr/cm <sup>3</sup>	Količina parafin. emulzije %	Količina ljepila %	Debljinsko bubrenje					
				nakon 2 h			nakon 24 h		
				min.	X	max.	min.	X	max.
	0,312	0		10,5	12,1	13,2	13,5	14,4	15,5
JELA	0,301	0,5	8	4,3	5,3	6,5	10,3	10,9	12,0
	0,325	1,0		4,3	4,8	6,0	9,8	10,2	12,0

DEBLJINSKO BUBRENJE u zavisnosti od količine parafinske emulzije

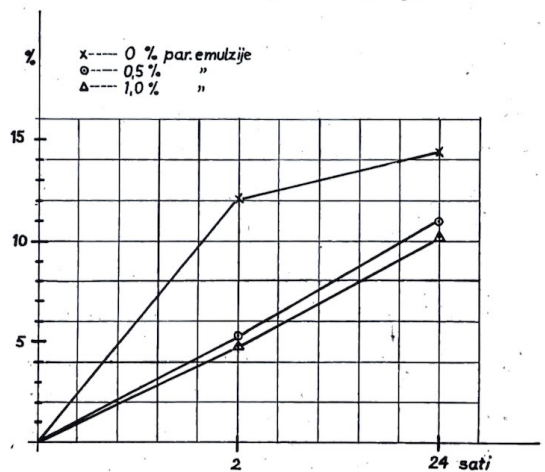


DIAGRAM 13



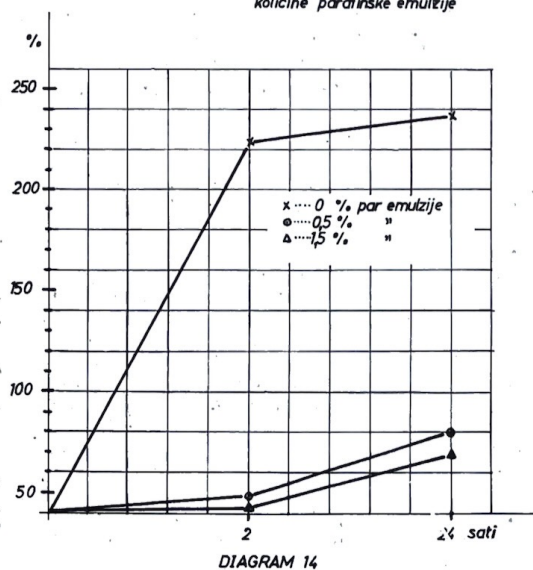
Iz dobivenih rezultata se vidi da debljinsko bubrenje nakon 2 i 24 h opada s porastom količine parafinske emulzije. Taj pad je izrazit do količine od 0,5%. S povećanjem preko 0,5%, bubrenje u debljinu se minimalno smanjuje ili čak raste.

d) Težinsko primanje vode u zavisnosti od količine parafinske emulzije.

Tabela 14.

Vrsta drva	Volumna težina	Količina parafin. emulzije	Težinsko primanje vode					
			nakon 2 h			nakon 24 h		
			min.	$\bar{X}$	max.	min.	$\bar{X}$	max.
	0,312	0,0	207,5	224,2	234,8	211,7	237,2	284,4
JELA	0,301	0,5	41,0	48,0	55,8	69,7	79,5	85,8
	0,325	1,0	38,2	44,5	55,8	61,7	70,3	78,5

TEŽINSKO UPIJANJE VODE u zavisnosti od količine parafinske emulzije



Iz istih se vidi da težinsko upijanje naglo opada s porastom količine parafinske emulzije do 0,5%. Daljnjim povećanjem količine parafinske emulzije preko 0,5%, težinsko upijanje vode se minimalno smanjuje.

Na bazi rezultata pod 3 a) b) c) i d), možemo zaključiti da količina parafinske emulzije od 0,5% predstavlja optimum, kod kojega postoji najpovoljniji odnos volumne težine i mehaničko fizičkih svojstava lakih iverica.

#### 4. Komparativni prikaz rezultata ispitivanja lake iverice i izolacione ploče vlaknatice

Kao što je već u uvodnom dijelu rečeno, lake ploče iverice, volumne težine 0,30 — 0,40 gr/cm<sup>3</sup>, mogle bi naći svoju upotrebu prvenstveno u građevinarstvu, za toplinsku i zvučnu izolaciju. Danas se u tu svrhu upotrebljavaju izolacione ploče vlaknatice.

U tabeli 15. dat je komparativan prikaz rezultata ispitivanja jedne lake iverice iz jelovine i izolacione ploče vlaknatice, također iz jelovine.

Tabela 15.

Vrsta proizvoda	Volumna težina	Cvrstoća na savijanje	Cvrstoća na raslojav.	Debljinsko nakon 24 h
Izolaciona ploča vlaknatice	0,280	18,6	0,5	12,0

Iz podataka u tabeli se daje zaključiti da lake iverice, u odnosu na vlaknatice, imaju bolja mehanička i fizička svojstva. Pritom treba imati u vidu da je za komparaciju uzeta iverica s dodatkom parafinske emulzije od 0,5%. Bolja mehanička svojstva lake iverice su djelomično rezultat nešto veće volumne težine, ali je to od sekundarnog značaja.

Kao daljnji elemenat za komparaciju ova dva proizvoda korišten je koeficijent provodljivosti topline »  $\lambda$  «.

Podaci navedeni u tabeli 16. utvrđeni su u Wärmetechnisches Institut der Technischen Hochschule, Braunschweig, a odnosi se na ploče iverice iz smrekovine, volumne težine 0,25 — 0,60 gr/cm<sup>3</sup>.

Tabela 16.

Volumna težina gr/cm <sup>3</sup>	Vrijednost toplinske provodljivosti	
	Kcal/mh°C kod 20°C	Kcal/mh°C kod 30°C
0,25	0,053	0,054
0,35	oko 0,065	oko 0,066
0,40	0,073	0,076
0,60	0,091	0,096

Uobičajene izolacione ploče vlaknatice pri srednjoj volumnoj težini od 0,28 gr/cm<sup>3</sup>, imaju koeficijent toplinske provodljivosti  $\lambda = 0,420$  kcal/mh°C.

Na osnovu toga, može se konstatirati da lake ploče iverice, uz svoja relativno dobra mehaničko-fizička svojstva, posjeduju također i moć dobre toplinske izolacije.

Ako kompariramo dobivene rezultate za lake iverice i izolacione ploče vlaknatice, a obzirom na moguću upotrebu u građevinarstvu za toplinsku i zvučnu izolaciju, uočiti ćemo da lake iverice, u odnosu na izolacione vlaknatice, posjeduju povoljnije vrijednosti koeficijenta toplinske provodljivosti i nešto bolja mehaničko-fizička svojstva.

#### V ZAKLJUČAK

Na bazi rezultata iz ovog istraživanja može se zaključiti sljedeće:

1. — Postoji realna mogućnost da se iz domaćih vrsta jele i topole, a također i pozdera konoplje, mogu proizvoditi kvalitetne lake iverice.
2. — U pogledu kvalitete (mehaničko-fizička svojstva izrađenih ploča), može se izvesti zaključak da lake iverice iz drva jele i topole, te pozdera konoplje, zadovoljavaju za svrhu kojoj su namijenjene, dok iverice iz bukovine, u pogledu fizičko-mehaničkih svojstava, kod iste volumne težine, ne zadovoljavaju.
3. — Utjecaj količine dodanog ljepila na mehaničko-fizička svojstva, u području lakih iverica, očituje se kao i kod srednje teških iverica u poboljšanju tih svojstava. Količina dodanog ljepila, u granicama 8—10% suhe supstance, računato na apsolutno suho iverje, predstavlja optimum, kod kojega postoji

najpovoljniji odnos tehnoloških zahtjeva i ekonomičnosti proizvodnje.

4. — Utjecaj količine dodane parafinske emulzije na mehaničko-fizička svojstva lakih iverica očituje se u poboljšanju fizičkih i relativnom smanjenju mehaničkih svojstava. Obzirom na to, količina od 0,5% suhe supstance parafinske emulzije, računato na apsolutno suho iverje, predstavlja optimum, kod kojega postoji najpovoljniji odnos volumne težine i mehaničko-fizičkih svojstava.

#### LITERATURA

1. **Klauditz, W., Ulbricht, H. S.:** Über die Herstellung und Eigenschaften leichter Holzspanplatten. Holz als Roch- und Werkstoff, 16 Jahrgang, Dez. 1958, Heft 12.
2. **Krpan, J.:** Fizička i mehanička svojstva izolacionih ploča. Drvna industrija br. 3—4/1960.
3. **Krpan, J.:** Industrija furnira i ploča — skripta, Zagreb 1961.
4. **Kovačević, M.:** Mogućnost smanjenja bubrenja kod iverica iz kudelnog pozdera. Drvna industrija br. 7—8/1963.
5. **Kovačević M.:** Komparativno ispitivanje utjecaja triju hidrofobnih sredstava kod izrade iverica iz bukovine. Drvna industrija br. 11—12/1964.
6. **Lawrence, E. P. i dr.:** Fibreboardes — categories, properties, applications. Wood, 1965, g. br. 4.
7. **Kollmann, F., Schnülle, F., Schulte, K.:** Untersuchungen zur Beileimung von Spangemischen. Holz als Roch — und Werkstoff 11 (1955).

#### SUPPLEMENT TO THE INVESTIGATIONS REGARDING THE PRODUCTION AND CHARACTERISTICS OF LIGHT CHIP-BOARDS

##### Résumé

Herewith one will find the results of laboratory investigations regarding the possibility for production of light chip-boards made from the local kinds of wood: fir-wood, beechwood, poplar-wood and hemp-paste (pictures 1, 2, 3 & 4, Table 1 & 2).

According to previously methods, the specific gravity, quantity of glue (connective means) and quantity of paraffin emulsion (hydrophobe means) have varied.

Changing the specific gravity, the chip-boards of specific gravitö of 0,300 gr/cm<sup>3</sup>, 0,400 gr/cm<sup>3</sup> and 0,500 gr/cm<sup>3</sup> and each kind of chips, have been made. The chip-boards of specific gravity of 0,500 gr/cm<sup>3</sup> have served as connection with medium heavy boards (picture No. 5).

Changing the quantity of glue, the chip-boards of specific gravity of 0,300 gr/cm<sup>3</sup>, with 8,12 & 16% of glue, in relation to absolutely dry chips have been made. The boards have been made of fir-chips.

Changing the quantity of paraffin emulsion, the chip-boards with 0,05 an 1,0% hard paraffin in relation to absolutely dry chips have been made. The boards have been made of firchips, nominal specific gravity 0,300 gr/cm<sup>3</sup>.

##### Results of investigation show that:

- a) increase of specific gravity of light chip-boards has positive effect on the mechanical properties (perpendicular tensile strenght and bending, Table 3 & 4, Diagram 1 & 2), and negative effect on the physical properties (swelling and absorption of water, Table 5 & 6, Diagram 3, 4, 5 & 6).
- b) larger quantity of glue has positive effect on the mechanical and physical properties, but this increase has also its economic and technical optimum.
- c) the addition of paraffin emulsion has positive effect on the physical properties but negative effect with regard to mechanical properties. The quantity of paraffin emulsion of 0,5%, when used in relation to absolutely dry chips, has proved to be optimal. Thus the best ratio of specific gravity and mechanical and physical properties is shown on the Tables 11, 12, 13 & 14, Diagram 11, 12, 13, 14.
- d) light chip-boards, with regard to the use in building engineering works for thermal and acoustic insulation show better mechanical and physical properties and more favourable value of coefficient of conductivity.

MILOŠ RAŠIĆ, inž.

## Greške u filmu nitrolaka

U procesu lakiranja nitrolakom dolazi do raznih grešaka u filmu laka, a najčešće do pojave mjehurića, upadanja laka u pore i bijeljenja. Poznato je da u laku, nanešenom na drvene površine, nastaju dvije vrste mjehurića. Jedni su sitni, gusti, a nalaze se ispod same površine filma. Imaju maksimalni promjer 2 mm, a javljaju se najviše oko rubova lakiranih ploha, i to obično nakon nanašanja drugog, trećeg ili četvrtog sloja nitrolaka. Kod ove pojave mjehurići se nalaze u samom filmu. U mjehurićima se nalaze otapala u plinovitom stanju. To su otapala iz donjih slojeva laka, koja nisu mogla prodirjeti iz laka pa su se skupila u filmu u obliku mjehurića. Sto je deblji film laka, to otapalo treba preći veći put i svladati teže zapreke da izađe iz filma.

Ako se na površini filma stvori kožica, tada otapala iz donjih slojeva ne mogu ishlapati nego se skupljaju ispod kožice. Stvaranju kožice pogoduje viša temperatura zraka u lakirnici, a naročito ako je topli zrak iz kalorifera uperen direktno na svježe lakirane površine. U takvim slučajevima obično lak »zakipi«, tj. brzo se tvori kožica a ispod nje mnogo sitnih mjehurića.

Druga vrsta mjehurića koji nastaju u filmu laka znatno su većeg promjera, javljaju se po čitavoj lakiranoj površini, prodiru duboko u lak, čak do samog drva. Ti mjehurići su obično izbočeni iznad razine laka. Kada popucaju, ili se njihovih vrhovi urbuse, u laku ostaju krateri. Ovakvi mjehurići najčešće nastaju u procesu lakiranja prvog sloja.

Uzroci pojave sitnih mjehurića ispod površine filma nitrolaka (mjehurića od otpala) mogu biti:

- brzo sušenje površinskog sloja laka,
- prevelika količina laka nanešenog u jednom sloju,
- nanošenje slojeva laka u kratkim vremenskim razmacima.

Uzroci pojave većih mjehurića u filmu laka (mjehurića zraka) mogu biti:

- nanošenje pregustog laka,
- veliki pritisak zraka u pistoli,
- blizo držanje pistole kod lakiranja,
- velika brzina pomaka kod lakiranja prvog sloja laka,
- više temperature zraka u lakirnici,
- niže temperature zraka u lakirnici,
- lakiranje drva s velikim porama,
- primjena razređivača s lakohlapivim otapalima,

— kapljice vode u zraku koje se pojavljuju tamo gdje nema odgovarajućih filtera.

Da bismo spriječili razne pojave grešaka u filmu laka, treba se u principu pridržavati slijedećih preporuka:

1. Viskozitet nitrolaka za štrcanje podesiti na viskozitet 20 — 25" Ford 4/20°C, a za lijevanje 35 — 45". Za prve slojeve uzimati lak nižeg, a za zadnji sloj, u principu, lak većeg viskoziteta. Primjer: za štrcanje prvog sloja viskozitet 20 — 22", za drugi sloj također 20 — 22", a za treći i četvrti sloj 22 — 25". Za lijevanje nitrolaka: prvi sloj cca 35", drugi sloj cca 40" a za treći i četvrti sloj max. 45".

Loša je praksa u većini pogona da se nitrolak miješa razređivačem u omjeru 1 : 1, bez obzira kojeg je viskoziteta lak, i bez obzira s kojom se tehnikom nanosi.

Pravilno podešen viskozitet vrlo je važan faktor u procesu lakiranja. Suviše nizak viskozitet je neekonomičan, jer u jako razrijeđenom laku ima malo suhe supstance, pa takav lak ostavlja na površini vrlo tanki film. Osim toga, tako razrijeđeni lak se sporije suši. Suprotno tome, lak s visokim viskozitetom (gusti lak) teže se razlijeva pa dolazi do pojave stvaranja tzv. narančine kore. Gusti lak se teže štrca, pa je za štrcanje potreban veći pritisak, a povećani pritisak zraka u pistoli izaziva veće isparavanje otapala u mlazu nitrolaka, tako da na površinu drva dolazi još gušći lak, a to još više pospješuje stvaranje narančine kore. Stvaranje narančine kore može se spriječiti primjenom nitrolaka određenog viskoziteta i pritiska, te upotrebom nitrozređivača, koji je smjesa sporije hlapivih otapala (otapala viših vrelišta), a naročito za toplijih ljetnih dana.

Lak se mora razrijediti na određeni viskozitet zbog toga da se može dobro nanositi i jednoliko razlijevati. Sušenjem laka, otapala izlaze iz filma, a ostaje samo kruta tvar (nitroceluloza, smole). Kod prvog sloja nitrolaka, jedan dio laka ulazi u drvo, pa jedan dio otapala upija drvo, a drugi izlazi napolje. Sušenjem se moraju ukloniti, ne samo otapala iz laka na površini, nego i ona koje je upilo drvo, a to ide teže. Eto, zato je potrebno i sušenju prvog sloja laka posvetiti odgovarajuću pažnju.

2. Pritisak zraka u pistoli treba se kretati 3,0 — 3,5 at. Kod niskog pritiska, raspršavanje laka je slabo, pa lak dolazi na površinu u većim kapljicama koje se ne mogu lijepo razlijevati, zbog čega dolazi do po-

jave naranđine kore, kratera, rupičavosti u laku itd.

Visoki pritisak zraka u pistoli druga je krajnost zbog koje također dolazi do niza grešaka u filmu laka. Osim toga, kod većih pritisaaka veći je gubitak hlapivih komponenti laka, pa na površinu dolazi ugušćeni lak, koji se teško razlijeva. Pored toga, primjenom većih pritisaaka dolazi do mreškanja laka i utjerivanja zraka u film laka.

U nekim pogonima regulatori pritiska su u engleskim mjerama pa se obično reguliraju prema osjećaju, jer se ne zna preračunavati u atmosfere. (Vidi tablicu preračunatih vrijednosti).

3. Udaljenost pistole od plohe koja se lakira treba biti cca 20 cm. Što čestice laka na putu od pistole do površine drva prevlađuju veću udaljenost, otpuštaju u atmosferu veću količinu otapala, tako da na površinu drva mogu stići čestice visokog viskoziteta, što uzrokuje slabije razlijevanje laka i pojavu naranđine kore.

Ako se pistola suviše približi plohi koja se lakira na površinu, dolazi uži mlaz, tj. veća količina laka u koji se, osim toga, utjeruje zrak, pa u filmu dolazi do pojave mjehurića.

Kao što vidimo, udaljenost pistole od površine koja se lakira je faktor koji može u velikoj mjeri utjecati na stvaranje mjehurića u filmu laka i pojavu naranđine kore.

4. U lakirnici treba održavati normalne utjete rada (temperatura 18 — 22°C, relativna vlaga zraka 60 — 70%). Temperatura zraka u lakirnici i prostoriji gdje se suše lakirane plohe vrlo mnogo utječe na razlijevanje filma laka. Kod viših temperatura, isparavanje je znatno brže, zbog čega se lak teže razlijeva i brzo stvara kožica. Brzina isparavanja u ljetnim mjesecima je brža nego u zimskim, proljetnim ili ljetnim danima. Za vrijeme toplijih ljetnih dana preporuča se upotrebljavati razređivač sa sporije hlapivim otapalima, kako bi se usporilo isparavanje, a time, naravno, poboljšalo razlijevanje, spriječilo stvaranje naranđine kore i mjehurića u laku.

Kod nižih temperatura laka i zraka u lakirnici, lak postaje većeg viskoziteta, pa zrak iz pora drva teže prolazi, zbog čega se zadržava u laku u obliku mjehurića.

5. Brzina lijevanja može znatno utjecati na pojavu mjehurića, a naročito kod drva s velikim porama. Smanjivanjem brzine lijevanja, u znatnoj mjeri se smanjuje spomenuta pojava. Kod drva s velikim po-

rama, brzina lijevanja ne bi smjela biti veća od 70 m/min, a količina nanešenog laka u prvom sloju da ne prelazi 80 g/m<sup>2</sup>, primjenjujući pri tome razređivač sa sporije hlapivim otapalima. Kod manjeg nanosa laka u prvom sloju, otapala brže izlaze iz laka, a zrak iz pokri-venih pora ima veću mogućnost da se probije kroz tanki sloj laka. Za prvi sloj laka dobro je upotrijebiti temelj za brušenje, koji je nešto jeftiniji od laka, bolje zatvara pore i brže suši.

6. Pokusi su pokazali da kod površina koje su zapunjene zapunjačem pora dolazi manje do pojave mjehurića. Kod ploča koje su zagrijavane na temperaturu 50—60°C, također dolazi manje do ove pojave, jer nema naglog rashlađivanja lakirane površine, zbog čega se lak brže zgušćava. Osim toga, zagrijavanje laka do temperature 50°C također znatno smanjuje pojavu mjehurića.

7. Potrebno sušenje nitrolaka je osnovni uvjet za kvalitetnu površinsku obradu drva. Sušenje nitrolakova je od velike važnosti. Nije nikada na odmet to uvijek ponovno naglasiti. Ako se lak u procesu obrade dovoljno ne osuši, neminovno će, već nakon kraćeg vremena, površine gubiti na sjaju, a pore će se otvarati. Na površine koje se obrađuju na visoki sjaj strojno (švablanjem), postavlja se još veći zahtjev na sušenje, jer kod strojne obrade dolazi do zagrijavanja laka, zbog čega iz filma laka intenzivno izlaze otapala. Osim toga, zbog zagrijavanja, lak omekšava pa upada u pore već u toku poliranja.

Nitrolakovi za obradu na visoki sjaj štrcaju se u 3 — 4 sloja. Sušenje pojedinih slojeva treba trajati barem dva sata. Za to vrijeme iz filma laka izađe najveći broj otapala. Ako prethodni sloj laka nije dovoljno suh, u filmu se mogu pojaviti mjehurići, jer otapala iz nanešenog laka otapaju donje slojeve

i prodiru u njih. Što su prethodni slojevi više suhi, to će ovo otapanje biti manje i sporije. Ako donji slojevi nisu dovoljno suhi, njihovo otapanje je brzo. Na površini se uhvati kožica koju kasnije otapala iz donjih slojeva ne mogu probiti pa se skupljaju u filmu ispod kožice.

Za kvalitetnu obradu nitrolaka na visoki sjaj, lak se prije brušenja i poliranja mora sušiti najmanje dva dana, i to u prostoriji koja nije zasićena otapalima. Prostorija gdje se suše lakirane plohe mora biti odvojena od prostora za lakiranje i treba imati uređaje za odsisavanje zraka. U prostoriji gdje ne postoje takvi uređaji zrak se previše zasićuje otapalima, pa lak sporo suši. U tako nepovoljnim uvjetima sušenja — nije moguće kvalitetno obraditi površine na visoki sjaj. Nitrolakovi se mogu sušiti i ubrzano u sušarama. Obično su to tunnelske sušare sa temperaturom od 50°C i brzinom zraka do 1 m/sek. Za ubrzano sušenje, odnosno za ovu tehniku rada, moraju se upotrijebiti uređaji za to posebno priređeni nitrolakovi i razređivači.

Razdjeljivanjem se zatvaraju pliče udubine u laku, nivelira se, izravna površina laka, ali se time produžava sušenje, jer se razdjeljivanjem nitrolak omekšava, budući se u njega ponovno unose otapala. Razdijeljene površine treba sušiti ponovno barem dva dana, pod normalnim uvjetima, a onda ih treba brusiti i polirati. Što je brušenje laka vršeno finijim brusnim papirom — poliranje će biti brže, uspješnije i trajat će kraće vrijeme, a to je za nitrolak od velike važnosti. Kraće vrijeme poliranja — manja mogućnost za upadanje laka u pore.

8. Naknadno upadanje laka u pore je problem koji je prisutan gotovo u svim pogonima koji površine obrađuju na visoki sjaj nitrolakovima. Osnovni uzroci su: grubo obrađene površine drva, nedovoljno sušenje laka i premala količina laka

nanešena na plohe. Plohe koje se lakiraju nitrolakom treba da su što kvalitetnije obrađene.

9. Bijeljenje filma nitrolaka obično nastaje za vrijeme zimskih, vlažnijih jesenskih ili proljetnih dana. Nastaje zbog toga što se voda iz zraka ili iz drva pomiješa s otapalima u laku, što uzrokuje pojavu bijeljenja, jer je celuloza bijele boje. Uzroci ove pojave mogu biti:

- visoka relativna vlažnost komprimiranog zraka ili zraka u lakirnici,
- niska temperatura komprimiranog zraka ili zraka u lakirnici,
- niska temperatura laka kojim se lakira ili niska temperatura drva koje se lakira,
- veći sadržaj vlage u drvu,
- brzo isparivanje otapala iz laka, zbog čega se površina drva brzo hladi, pa se na površini kondenzira voda iz zraka koji se miješa s otapalima. Brzo isparivanje otapala mogu uzrokovati, odnosno pospješiti: više temperature zraka, jaka ventilacija i niska relativna vlaga zraka u lakirnici.

Voda iz komprimiranog zraka mora se ukloniti pomoću filtera koji se ugradi ispred pistole. Filtera ima različitih izvedbi, izrađenih na raznim principima. Neke tvornice lakova proizvode SREDSTVO PROTIV BIJELJENJA koje se dodaje u nitrolak u količini od 5 — 10%, računajući na nerazrijeđeni lak. Osim toga, tvornice lakova proizvode nitorazređivače, čija primjena znatno ublažava ovu pojavu.

Ukoliko u filmu ili ispod filma postoji bjelilo, ono se može ukloniti tako da se nanese razređivač na film laka, ali s malim dodatkom nitrolaka. Štrca se u jednom ili u dva sloja, već prema intenzitetu bjelila. Ovako lakirane, odnosno štrcane površine, treba staviti pod normalne uvjete sušenja. U težim slučajevima bjelila potrebno je postupak ponoviti.

#### TABLICA PRERACUNATIH VRIJEDNOSTI

Kp/cm <sup>2</sup> = LBS/in <sup>2</sup>		Kp/cm <sup>2</sup> = LBS/in <sup>2</sup>		LBS/in <sup>2</sup> = Kp/cm <sup>2</sup>	
0.25	3.56	5.25	74.7	10	0.703
0.50	7.11	5.50	78.2	20	1.406
0.75	10.67	5.75	81.8	30	2.109
1.00	14.22	6.00	85.3	40	2.812
1.25	17.78	6.25	88.9	50	3.515
1.50	21.34	6.50	92.5	60	4.218
1.75	24.89	6.75	96.0	70	4.921
2.00	28.45	7.00	99.6	80	5.625
2.25	32.00	7.25	103.1	90	6.328
2.50	35.56	7.50	106.7	100	7.031
2.75	39.11	7.75	110.2	110	7.734
3.00	42.67	8.00	113.8	120	8.437
3.25	46.23	8.25	117.3	130	9.140
3.50	49.78	8.50	120.9	140	9.843
3.75	53.34	8.75	124.5	150	10.546
4.00	56.89	9.00	128.0	160	11.249
4.25	60.45	9.25	131.6	170	11.952
4.50	64.01	9.50	135.1	180	12.655
4.75	67.56	9.75	138.7	190	13.358
5.00	71.12	10.00	142.2	200	14.061

1 LBS/in<sup>2</sup> = 0,070307 kp/cm<sup>2</sup> = 1 at = 10.000 mm s. v.

1 at =  $\frac{1}{0,070307}$  = 14.2233 LBS/in<sup>2</sup> = p. s. i.

U OVOM PRILOGU  
OBJAVLJUJEMO:

### Tržišni pregled

Analizirajući situaciju na tržištima i tok izvoznih poslova, većina komentatora i promatrača podvlači da je, u prvih 8 mjeseci ove godine, došlo do relativno malenog ali značajnog porasta evropskog izvoza drva za cca 2%, unatoč privrednoj krizi koja je zahvatila SR Njemačku i Vel. Britaniju.

Istovremeno, za promet drvom u posljednjem periodu, karakteristično je opadanje evropskog uvoza trop-skih vrsta drva, što se pripisuje u prvom redu izraelsko-arapskom sukobu, ali i nekim drugim faktorima, kao što je forsirano iskorištavanje šumskog fonda u blizini komunikacionih centara i orijentacija nekih afričkih zemalja na vlastitu drvo-prerađivačku industriju.

Prognoze koje se odnose na kretanje evropskog drvnog tržišta u skoroj budućnosti prilično su optimistične, te se predviđa porast potrošnje od 3—5%, što se argumentira ovim momentima: 1) Porast akcija i smanjenje broja nezaposlenih od 630 na 360 tisuća u SR Njemačkoj ukazuje na to da je ova zemlja prebrodila vrhunac krize. Banke ukidaju kreditne restrikcije, a izgradnja stanova trebala bi se u 1968. g. povećati čak za 20% (od 500.000 stanova u 1967. g. na 600.000 u 1968.) 2) U Vel. Britaniji vlada poduzima odlučne korake za privredno ozdravljenje, bez obzira što se svi politički faktori ne slažu s njezinim mjerama, te se i s ovim tržištem očekuju povoljni poslovi za drvarske izvoznike. 3) U zemljama Beneluxa zabilježena je u posljednje vrijeme pojačana doprema u svim lukama (Anvers, Rotterdam) 4) Francuska i Italija i nadalje ostaju za drvare živo tržište 5) U Španiji i Portugalu se nastavlja ekonomska ekspanzija.

O rješenju izraelsko-arapskog spora zavisit će situacija u srednjem i istočnom Mediteranskom bazenu. Arapske zemlje smanjile su svoje nabavke i ograničile ih na količine koje putem kredita i u vidu pomoći dobivaju od socijalističkih zemalja.

Poslovni drvarski krugovi u Zap. Evropi u međuvremenu očekuju nastup Rusa, za koje se smatra da će i ove, kao i ranijih godina, prvi izaći s ponudama za 1968. g. Ujedno se pretpostavlja da će ruske ponude biti nešto skromnije (u količinama) od lanjskih, da bi održali nivo cijena vis-a-vis još uvijek osjetnog pritiska na tržište sa strane robe koja potiče od vremen-skih nepogoda u zemljama Srednje Evrope.

— Tržišni pregled

— U trgovini namještajem — selekcija robe i potrošača

— Kupovna moć — odlučujuća

— Namještaj budućnosti

— Colonial i rustika — konstantno aktuelni.

— Robna kuća stambene opreme  
»Exportdrvo« (ilustrirani prilog)

# U trgovini namještajem - Selekcija robe i potrošača

## Kupovna moć — odlučujuća

Hans Stroehler, predstavnik jedne od najvećih njemačkih firmi za promet namještajem, svrstao je potrošače namještaja u tri kategorije.

U prvu spadaju potrošači sa skromnim primanjima. Oni kupuju jeftini namještaj — široke potrošnje — serijske izrade i oblikovno nedefiniran. U drugu grupu spadaju potrošači srednje kupovne moći. Oni rado kupuju kompletne garniture i namještaj u elementima od renomiranih proizvođača. Kod opremanja primaće sobe i sobe za dnevni boravak oni se rado odlučuju za stilski namještaj. Potrošači iz prve kategorije većim dijelom su oni koji popunjavaju prazni stambeni prostor, te su u prvom redu zainteresirani za funkcionalnost namještaja, dok oni iz druge kategorije većinom obnavljaju svoj inventar, te su izbirljivi u pogledu kvalitete i izradbe. Treću grupu potrošača sačinjavaju imućniji slojevi građanstva. Oni traže uglavnom samo stilski namještaj, u kvalitetnoj i originalnoj izvedbi.

Prema ovom kriteriju, H. Stroehler je organizirao i prodaju namještaja u »supermarketu« kojim rukovodi, što se pokazalo praktičnim, kako za firmu, tako i za po-

trošače. Firma je podigla ekspeditivnost, a potrošaču je vlastiti džep ujedno busola za kretanje.

## Namještaj budućnosti

Jedan drugi njemački »supermarket«, pokraj uobičajene prodaje, uveo je odjeljenje pod nazivom »namještaj budućnosti«. Tamo su izloženi raznovrsni noviteti — plodovi kreativne invencije najsmjelijih dizajnera. Slično postupaju i velike robne kuće »Merchandise Mart« i »American Furniture Mart« u Chicagu. U trgovini namještajem u SAD (N. Carolina, Illinois), registrirana je još jedna novost. To su kombinirane garniture sobnog namještaja, koje se sastoje djelomično iz suvremenih elemenata a djelomično iz imitacija XVII i XVIII stoljeća. U svakom slučaju, radi se o specifično »američkom slučaju«, što može biti od interesa samo za poduzeća koja rade s ovim tržištem.

## Colonial i rustica — konstantno aktuelni

Upravo je završila sezona raznih nacionalnih i međunarodnih sajмова i izložbi namještaja. Karakteri-

stika svih ovih »priredbi«, posebno onih koje su održane u zemljama njemačkog jezičnog područja, jest interes za namještaj poznat pod nazivom »colonial« i »rustica«.

Zapaženi interes u tom pogledu pobudile su razne varijante bavorske, štajerske, mađarske i rumunjske rustike. Izvještaji sa sajмова posebno spominju rumunjske blagovaonice, koje imaju blaga obilježja mediteranske »klime«, za razliku od »teškog i masivnog« bavarskog stila. Spavaće sobe, mađarske proizvodnje, u »čardaš« stilu, privukle su pažnju njemačkih kupaca.

U Münchenu je održan sajam rustikalnog namještaja izvedenog u tikovini i palisanderu. Ponudena roba bila je naprosto razrabljena.

## Školski namještaj — u prvom redu iz drva

Namještaj za škole i obrazovne institucije čini svakako značajnu stavku u prometu i proizvodnji. Poznata je, međutim, tendencija da se na ovom području što više istisne drvo i da ga se zamijeni novim materijalima (plastika, staklo, željezo), što se obrazlagalo kao zahtjev higijene.

U tom pogledu značajan je stav koji je zauzet na Savjetovanju njemačkih psihologa, prosvjetnih radnika i odgajatelja, koji je nedavno održan u Kölnu. Prema tom stavu, drvo kod učenika uvjetuje veći stepen koncentracije i stimulira psihičke faktore. Zato se treba vratiti drvu kao osnovnom materijalu u konstrukciji školskog namještaja i pribora, a ostale materijale koristiti kao dopunu gdje je to zaista nužno.

»EXPORTDRVO« — ROBNA KUĆA STAMBENE OPREME U ZAGREBU (SNIMAK NOĆU)





Krajem ožujka ove godine otvorena je u Zagrebu Robna kuća stambene opreme »Exportdrvo« — po mnogočemu jedinstven objekt ove vrste u našoj zemlji.

Ovo je prva velika trgovina (blizu 2.000 m<sup>2</sup> čistog prodajnog i preko 1.000 m<sup>2</sup> priručno-skladišnog prostora), koja je specijalno građena i uređena za prodaju namještaja i cjelokupne prateće stambene opreme. U njoj je sva roba izložena na takav način da kupci mogu na sistemu samoizbora kupovati skoro sve na komad (prema potrebi i mogućnostima), dok se dostava u stan vrši sa skladišta uz umjerenu naknadu, a montažu i sitne popravke obavlja posebni servis besplatno.

Pored raznovrsnog namještaja, ovdje se na jednom mjestu može nabaviti sve za stan: ulošci za krevete i naslonjače, tepisi i tapiserije, zastori i zavjese, štofovi i prekrivači, termički i akustični kućanski aparati, rasvjetna tijela, posuđe od stakla, keramike i porculana, pribor za jelo, zidne tapete, umjetnički i dekorativni predmeti i drugo.

robna  
kuća  
stambene  
opreme

**EXPORTDRVO**

zagreb  
ul. proleterskih  
brigada 41  
tel. 516-049

Asortiman roba u Robnoj kući sastavljen je bio iz redovne, bilo iz zanatske ili individualne proizvodnje, i to s područja cijele zemlje, kao i iz uvoza, ali odabran na osnovu stručne ocjene i analize, kako po kvaliteti izrade i funkcionalnosti, tako i po estetskom izgledu svakog artikla.

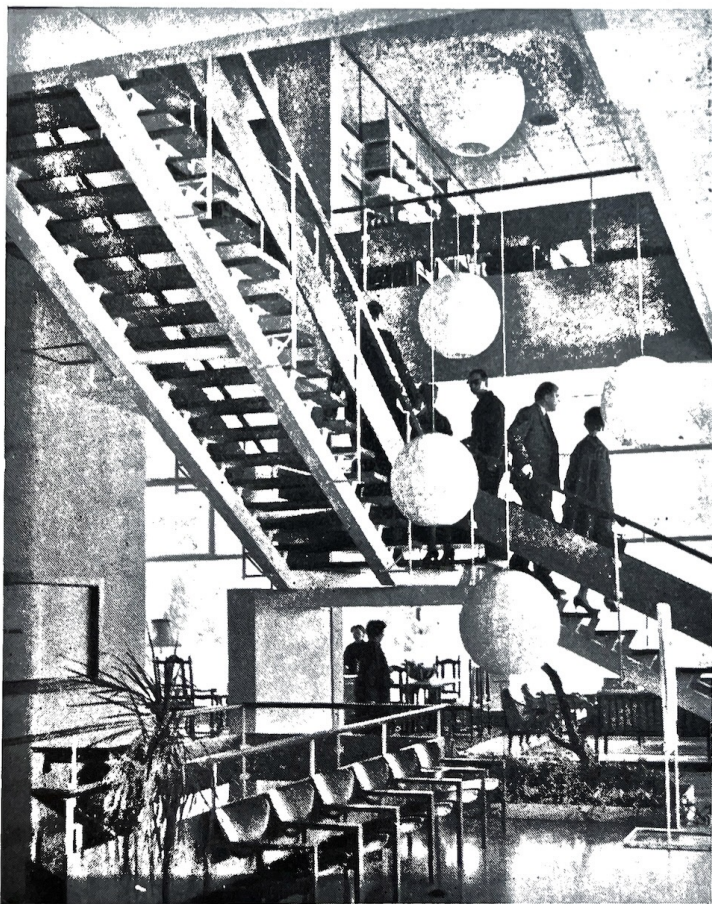
Posebna stručna služba prati i izučava asortiman, ne samo na osnovu objektivnih i subjektivnih zahtjeva tržišta već analizom stvarnih potreba suvremenog čovjeka. Ova služba, na osnovu stečenih saznanja, savjetuje proizvodnji (dobavljačima) što treba da proizvode za široko tržište ili ekskluzivno za Robnu kuću, odnosno prodavaonice »Export-drva«, a kupcima kako najuspješnije da opreme stambeni, uredski ili neki drugi prostor s robom iz prikazanog asortimana.

U tom cilju uvedene su i dvije popratne manifestacije: stalna izložba ogledno-opremljenih stanova za tržište i povremene tematske izložbe artikala iz nove proizvodnje ili radova likovne i primijenjene umjetnosti.

Izložbe ogledno - opremljenih stanova za tržište organiziraju se u suradnji sa zainteresiranim građevinskim poduzećima i izvođačima opreme ili investitorima stambene izgradnje, a sve u cilju pospješivanja prodaje i stanova i stambene opreme. Tlocrtni raspored odabranih stanova dočarava se improvizirano, pomoću montažnih panoa i zastora, a uređuje se kompletno kako bi, ne samo zainteresirao gledaoce za kupnju, već i da ga pouči kako zapravo treba suvremeno uređivati stambene prostore.

Druga manifestacija, tj. povremene tematske izložbe, održavaju se u ulaznom ha'u prizemlja, a s ciljem da se populariziraju novi proizvodi koji nastupaju na tržište, ili prikažu likovna ostvarenja grupa i pojedinaca koji su afirmirani ili se tek žele afirmirati.

Da bi se u ovako postavljenoj koncepciji zaista postigli željeni rezultati, Robna kuća razvija široku suradnju s mnogim stručnim institucijama i strukovnim organizacijama, kao i pojedincima, čija djelatnost direktno ili indirektno može tome doprinijeti. Ovakva Robna kuća, s ovako zamišljenim sistemom poslovanja, a u sadašnjem stadiju proizvodnje i prodaje namještaja i stambene opreme, bila je krajnja nužnost — pogotovu za grad kao što je Zagreb.



ULAZNI HOL U ROBNU KUCU S PROSTOROM ZA PREDAH I STEPENISTEM KOJE VODI OD PODRUŽMA DO PRVOG SPRATA



U PRIZEMNOM DIJELU UREDEN  
JE IZLOG S VITRINAMA ZA POSU-  
ĐE, RAZNI PRIBOR I SUVENIRE.



STILSKI NAMJESTAJ, NAJKVALI-  
TETNIJE PROIZVODNJE, OBOGACU.  
JE PRODAJNI ASORTIMAN ROBNE  
KUĆE





ODJELJENJE ZA POSUDE I RAZNI PRIBOR ZA KUĆANSTVA, TE UMJETNICKE I DEKORATIVNE PREDMETE I SUVENIRE.

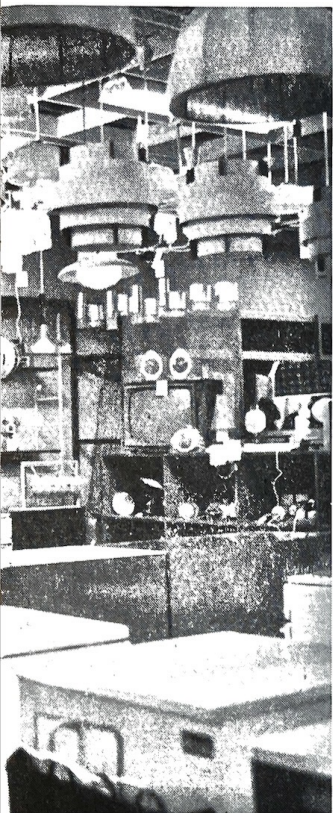
ODJELJENJE ZA KUĆANSKE TERMICKI



ODJELJENJE ZA TEKSTILNU METRAZNU ROBU, PREKRIVACE I TEKSTILNU GALANTERIJU

EXPO

NE APARATE, TE RASVJETNA TIJELA.

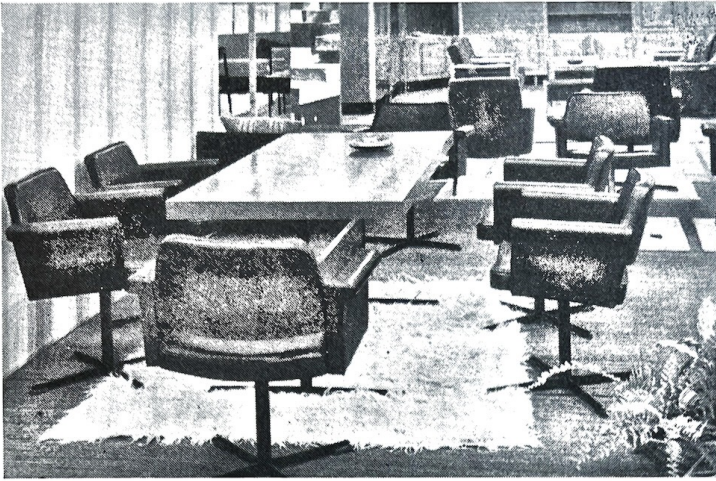


ODJELJENJE ZA KUĆNU GALANTERIJU, PLETENU I METALNU ROBU I ZIDNE TAPETE

PRVO



ODJELJENJE ZA KREKETNE ULOŠKE I MADRACE, TE JASTUKE I NASLONJACE.



Porast kupovne moći, useljavanje u komforne stanove, promjena okoline i načina života — formira i su potrebe i ukus građana više nego se to obično misli. Iskustvo Robne kuće za svega 6 mjeseci svog rada, iako još nedovoljno za čvrste zaključke, ipak potvrđuje navedene konstatacije i otkriva niz novih momenata, važnih za suvremenu organizaciju proizvodnje i prodaje.

Bilo bi pretjerano reći da je ovaj objekt idealno postavljen, dobro organiziran i bogato snabdjeven, te da predstavlja primjer najvišeg dostignuća, ali je nepobitno da predstavlja, iako odraz naše sredine, ipak novost za tu sredinu, koja nosi u sebi, osim profilerskih interesa, i neke druge progresivne namjere.

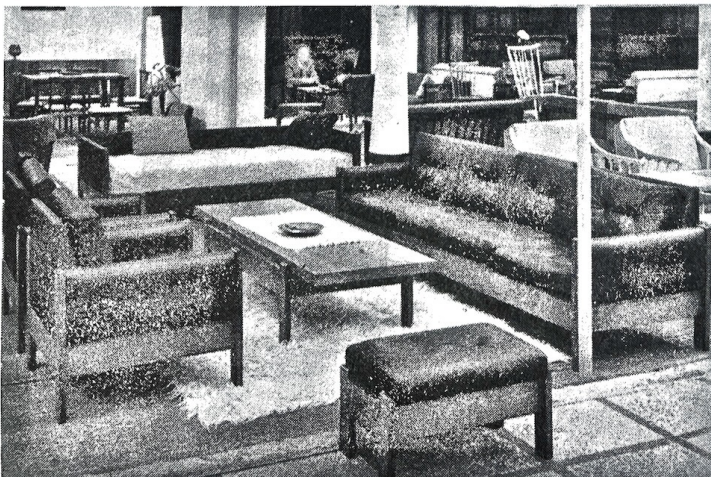
Odras naše sredine očituje se kako u kvaliteti usluga relativno mladog personala, koji uporedo s razvijanjem poslovanja i sebe izgrađuje, tako i u kvaliteti, izboru i količinama roba koji ovise o raspoložanju, mogućnostima i poslovnosti dobavljača.

Namjere su, osm pozitivnog financijskog rezultata, da se građaninu pruži viši nivo usluge i omogući kupnja odgovarajuće tražene robe, te da ta usluga i taj kvalitet robe izvrše pozitivan utjecaj na formiranje njegovih budućih tražnji.

Stalni rast broja posjetilaca i kupaca ovoj Robnoj kući obećava izvršenje potrebnog prometa, a time i ostvarenje pozitivnog financijskog rezultata. Stalni porast potražnje potvrđuje isprav-

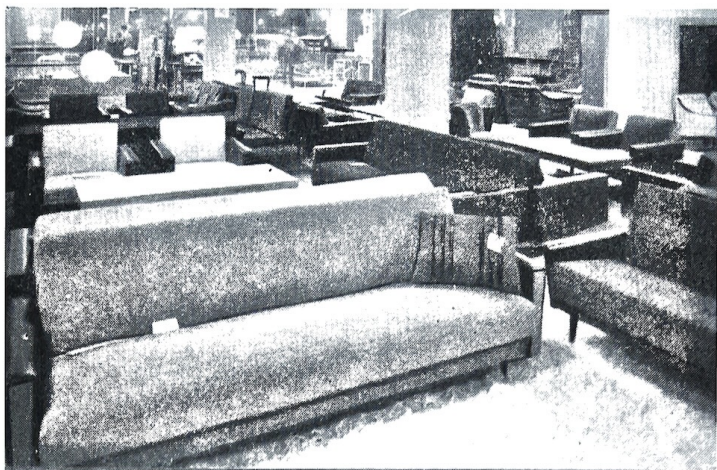
nost orijentacije u koncepciji poslovanja. Međutim, da bi se obavio željeni promet, treba zadovoljiti kvantitet i kvalitet potražnje, a za sve to nedostaje odgovarajuća roba.

Naime, postavljanjem ovakve Robne kuće, s ovakvim namjerama i koncepcijama, sam po sebi formiran je i određen kriterij u izboru roba. Po tom kriteriju ispostavilo se da, s jedne strane, mnogi proizvodi, namijenjeni za opremu stana, nemaju uslova za mjesto u ovoj Robnoj kući, a s druge strane, da veliki dio potrebne robe uopće nitko ne proizvodi. Dakle, sad tek predstoje napori da se ovakav otvoreni proces pravilno usmjerava i poslovno iskorištava, a suvremenim zahtjevima potrošača da se dostojno udovoljava.

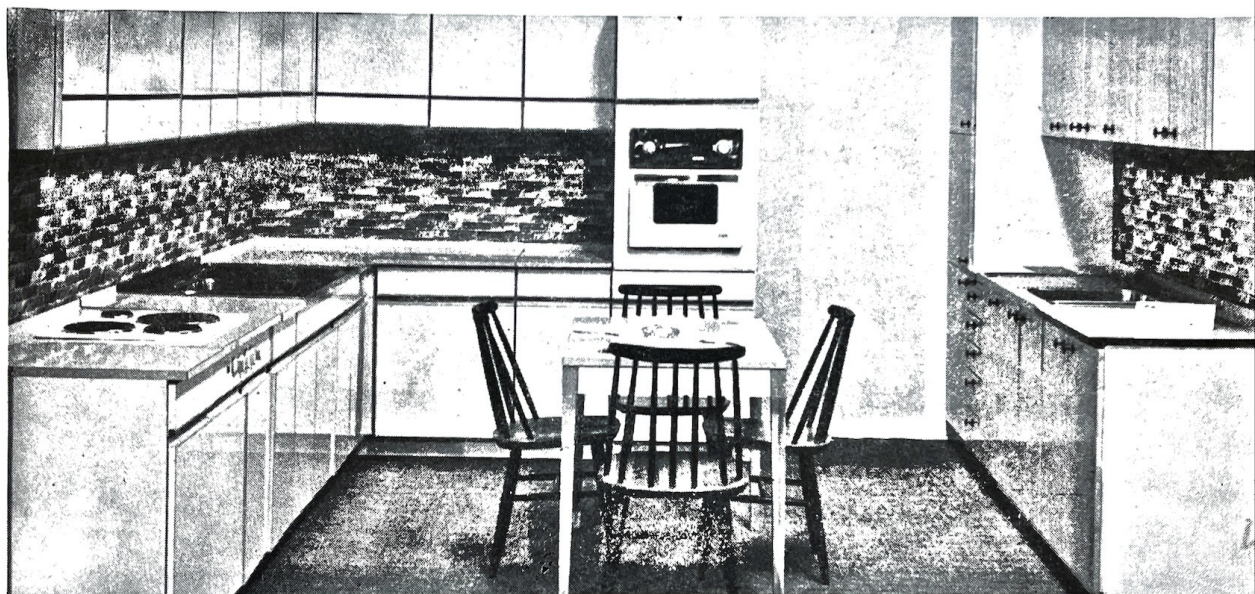


KLUB-GARNITURE, PRIKLADNE ZA STAMBENE I UREDSKE NAMJENE

POGLED NA VELIKU DVORANU S  
RAZNOVRNIM ASORTIMANOM NA-  
MJESTAJA



ODJELJENJE KUHINJSKOG NAMJE-  
STAJA SNABDJEVENO JE NAJSU-  
VREMENIJIM ASORTIMANOM.



ODJELJENJE SPAVACIH SOBA I  
NAMJESTA ZA DJECU.





robna  
kuća  
stambene  
opreme

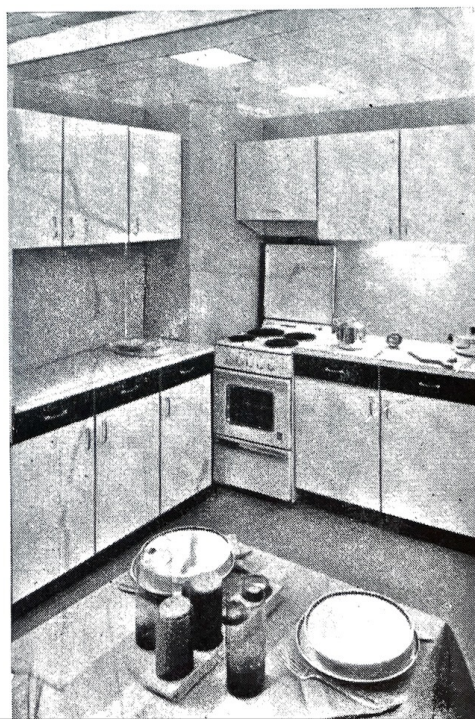
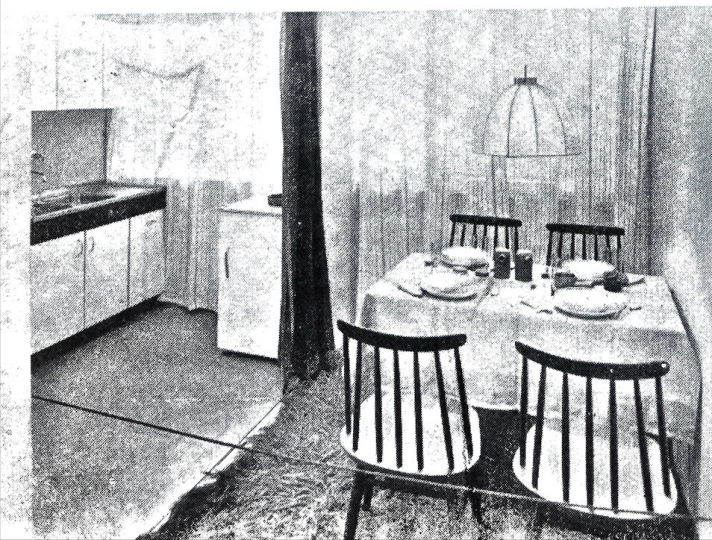
# EXPORTDRVO

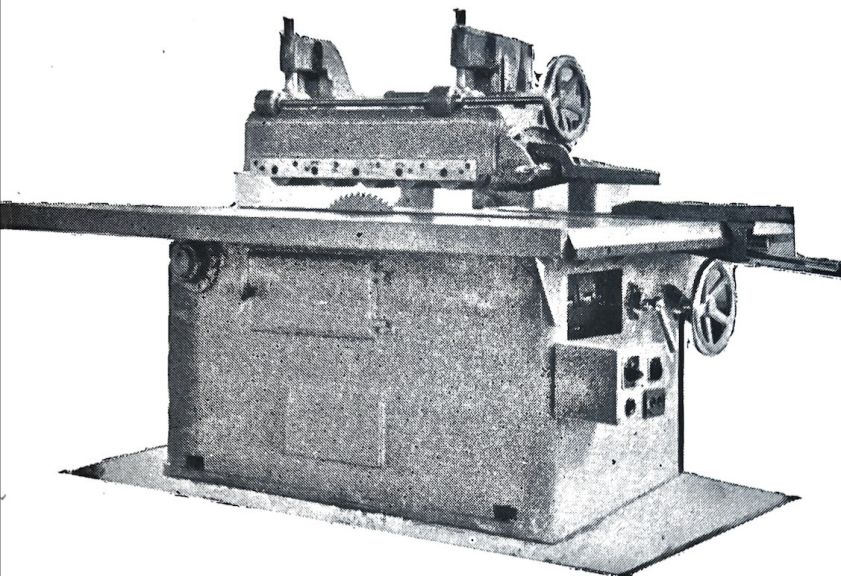
zagreb  
ul. proleterskih  
brigada 41  
tel. 516-049



OGLEDNO OPREMLJEN STAN — S  
LODOM, SOBOM ZA DNEVNI BO-  
RAVAK, BLAGOVAONICOM I SU-  
VREMENOM KUHINJOM.

Snlmci: Đ. GRIESBACH





Automatska kružna pila tipa »AC«

PRVA I JEDINA SPECIJALIZIRANA TVORNICA U NAŠOJ  
ZEMLJI ZA PROIZVODNJU STROJEVA ZA OBRADU DRVA

**PROIZVODI STROJEVE ZA OBRADU DRVA:**

BLANJALICE, RAVNALICE, KOMBINIRKE, TRACNE PILE, CIR-  
KULARE, POVLAČNE PILE, KLATNE PILE, OBLIČARKE, TRUP-  
ČARE, HORIZONTALNE BUŠILICE, ZIDNE BRUSILICE ZA  
ČVOROVE, GLODALICE, VISOKOTURAZNE GLODALICE, LAN-  
ČANE GLODALICE, TRACNE BRUSILICE, VALJAČICE, RAZME-  
TAČICE, AUTOMATSKE BRUSILICE NOZEVA, AUTOMATSKE  
BRUSILICE PILA.

**BRATSTVO**

TVORNICA STROJEVA, ZAGREB,

SAVSKI GAJ XIII - b.b.

**PLASMAN** OSIGURAVA NAJUSPJEŠNJI PLASMAN PROIZVODA

- šumarstva
- drvne industrije
- industrije celuloze i papira

NA DOMAĆEM I NAJPOZNATIJIM SVJETSKIM TRŽIŠTIMA.

**UVOZ** DRVA I DRVNIH PROIZVODA TE OPREME I POMOĆNIH MATERIJALA ZA POTREBE CIT. PRIVREDNIH GRANA.

**USLUGE** oprema objekata, organizacija nastupa na sajmovima i izložbama, projektiranje i instruktaza u proizvodnji i trgovini, špedicija i transport.

# EXPORTDRVO

**PODUZEĆE ZA PROMET DRVA I DRVNIH PROIZVODA**

**ZAGREB — MARULIĆEV TRG 18 — JUGOSLAVIJA**

BRZOJAVI: EXPORTDRVO, ZAGREB — TELEFON: 36-251-8 37-323, 37-844 — TELEPRINTER: 213-07



**Filijala — Rijeka, Delta 11**

Telex: 025-29, Tel. centrala: 22667, 31611

**Pogon za lučko transportni rad, međunarodnu špediciju i lučke usluge Rijeka, Delta 11 — Telefon 22667, 31611**

**Filijala — Beograd, Kapetan Mišina 2**

Telefon: 621-231 629-818

**Firme u inozemstvu:**

European Wood Products — **New York**, 35-04 30th Street, Long Island City N. Y. 11106  
Wood Furniture Imports Inc, **New York**, 35-04 30th Street, Long Island City N. Y. 11106  
Omnicco G. m. b. H. **Frankfurt/Main**, Bethovenstrasse 24

**Predstavništva:**

London, W. 1., 223—227, Regent Street. — Trst. Via Carducci 10. — Milano, Via Unione 2.

**AGENTI U SVIM UVOZNIČKIM ZEMLJAMA**