

## O UTROŠKU PARE PRI PARENJU BUKOVINE

### UVOD

Parenje bukovine važan je tehnološki proces u drvnjoj industriji. Svaka pilana koja prerađuje bukovinu redovno ima po više parionica u kojima se pari građa. Ove parionice za bukovu građu sagrađene su obično od opeka, betona ili drveta, a vrlo rijetko služe kao parionice metalni kotlovi. Način izgradnje parionica je jednostavan, a glavni zahtjevi pri tome jesu: dovoljna čvrstoća obzirom na pretlak (tlak iznad atmosferskog) u parionici, toplinska izolacija zidova, stropa, poda, vrata i napokon hermetičnost zatvaranja otvora, kako bi se spriječio direktni gubitak pare. Utrošak pare u parionicama nije nekad igrao naročitu ulogu. Ima još i danas slučajeva da se ispušna para parnih strojeva upravo gura u parionicu, kako bi se ondje nekako korisno utrošila. Taj utrošak nije obično bio analiziran, nego su — kada je pri projektiranju o tome trebalo nešto reći — davani oskudni približni podaci utroška iz prakse, već prema nekoj izvedenoj parionici. Takove podatke nalazimo tu i tamo i u stručnoj literaturi, a i to dosta rijetko. Ovakovo površno poznavanje ovoga problema moglo je zadovoljavati u vrijeme, kada potreba ogrjevnje pare u drvnjoj industriji nije imala onaj značaj, što ga danas ima. Izgradnjom sušionica, uređaja za klimatizaciju i uređaja za grijanje, kao i elektrifikacijom pilanskih pogona izazvana je neophodna potreba najracionalnije štednje ogrjevnom parom, kao i potreba povećanja kotlovskih kapaciteta. Da bi se ta potreba pravilno ustanovila, treba analizirati utrošak topline u sadašnjim parionicama i na osnovu tih analiza treba odrediti smjernice za konstrukciju ekonomičnih parionica. Samo na taj način moguće je stvarno smanjiti utrošak pare pri parenju na neki ekonomski minimum.

U tu svrhu načinjena je ova radnja koja pored teoretskih postavki bazira na rezultatima istraživanja izvršenih u mjesecu julu 1950 u drvno-industrijskim poduzećima u Belišću, Đurđenovcu i Karlovcu (NR Hrvatska). Uprave imenovanih poduzeća, iako u punom jeku borbe za izvršenje plana, pružile su autoru u okviru svojih mogućnosti svu potrebnu pomoć i pokazale puno razumijevanje, što je potrebno ovdje naročito podvući.



## A) OPĆE POSTAVKE

Potrošnju pare u parionicama bukovine uslovljuju slijedeći uzroci:

- 1) Zagrijavanje drvene mase, vagoneta i nutarnje opreme parionice.
- 2) Zagrijavanje zidova, stropa, poda i vrata parionice.
- 3) Gubici topline uslijed isparivanja vlage iz drvene mase.
- 4) Gubici topline kroz zidove i kroz pod parionice.
- 5) Direktni gubici pare uslijed propusnosti.
- 6) Gubici topline u dovodu pare.

Potrebe topline navedene u poz. 1) i 3) bitno su nužne za sam tehnološki proces parenja. Sve ostale pozicije odnose se na gubitke topline koji ovise o konstrukciji i održavanju parionice i njih treba smanjiti na minimalni iznos, što ga diktira ekonomika investicije. Gubici navedeni u poz. 4) i 5) nisu u cijelosti strogo računski obuhvatljivi, jer ovise među ostalim i o poroznosti građevnog materijala zidova kao i o savršenosti priljublivanja površina prilikom zatvaranja otvora parionice i napokon i o manipulaciji. Prve tri vrste gubitaka topline postavljene su vremenskim redoslijedom kako stvarno dolaze, dok se posljednje tri pozicije odnose na cijelo vrijeme trajanja procesa parenja. Za određivanje utroška pare u parionici potrebno je poznavati način manipulacije i to u glavnom trajanje prekida rada parionice između dva uzastopna procesa parenja.

U analizi utroška pare doći ćemo do stanovitih specifičnosti od kojih je nekima uzrok sam tehnološki proces parenja, a drugima nesvrshodna konstrukcija većine današnjih parionica. Potonje se naročito tiče gubitaka uslijed difuzije zidova i zagrijavanja tla. Na osnovu svega toga date su smjernice za izgradnju ekonomičnih parionica, kao i za racionalizaciju postojećih. Primjenom tih smjernica u praksi moguće je ostvariti velike uštede na ogrjevnoj pari, a time i na gorivu i na investicijama za kotlovska postrojenja. U datim prilikama ušteda pare može premašiti preko 50% od današnjeg utroška pare u pilanskim parionicama. U radnji su nadalje izneseni rezultati izvršenih mjerenja sa analizom utroška, a zatim je načinjen osvrt na mogućnost primjene smjernica pri izgradnji parionica i sličnih uređaja drvene industrije. Na kraju je razmotrena specifičnost uključivanja parionica u energetske sklop pilanskih pogona. Radnja obrađuje problem parionica stalnog karaktera.

Prije negoli pređemo na razmatranje pojedinih komponenata utroška topline za rad parionice potrebno je posebno napomenuti da je pri tom pretpostavljeno besprijekorno odvijanje tehnološkog procesa parenja u cijelom prostoru parionice. Na potonje ima stanoviti uticaj uzduh koji može nekada djelomično ostati u parionici i to bilo uslijed loše manipulacije, bilo uslijed loše konstrukcije.

Kako je dakle naglašeno, mi pretpostavljamo ispravno parenje, što znači da se građa za vrijeme procesa nalazi isključivo u vodenoj pari koja je mokra, tj. sadrži nešto sitnih vodenih kapljica, u kojoj su primiješane pare lakše isparljivih sastojina vlage drveta. Parionice, o kojima je ovdje riječ, rade s malim pretlakom, uslijed čega je i temperatura u njima nešto viša, nego li je temperatura ključanja uz pritisak



okoline. U tome je baš bitna razlika između parionice i sušionice sa cirkulacijom uzduha (10). Dok u sušionicama imamo smjesu uzduha i pare, u kojoj je udjel pare ograničen njenim parcijalnim pritiskom uz datu temperaturu sušenja, dotle u slučaju parionice to ograničenje ne postoji. U prostoru parionice — pored građe i opreme — normalno imamo isključivo paru, kao što je već rečeno. Ako je kojim slučajem u parionici zaostalo nešto uzduha, naravno da će radi toga u njoj biti manji sadržaj pare, a to će prouzrokovati usporenje samog procesa parenja. Budući da taj uzduh redovno nije jednoliko izmiješan s parom, nastat će i nejednoliko parenje pojedinih dijelova građe. Na osnovu ovog kratkog razmatranja vidimo važnost odvođenja svega uzduha već u početku parenja. U daljem razmatranju pretpostavljeno je da je ovom uslovu udovoljeno, a radi relativno neznatne količine topline što je odnosi uzduh prigodom izlaska iz parionice mi smo ove toplinske gubitke zanemarili.

### 1) Zagrijavanje drvene mase, vagoneta i nutarnje opreme

Uz oznake:  $Q_1$  = potrebna toplina za zagrijavanje, u kcal.

$G_1$  = težina građe u parionici u kg

$G_2$  = težina vagoneta i nutarnje opreme u kg

$c_{1m}$  = srednja specifična toplina građe u kcal/kg °C

$c_{2m}$  = srednja specifična toplina vagoneta i opreme u kcal/kg °C

$t_p$  = temperatura parenja u C°

$t_v$  = temperatura okoline u C°

slijedi da je potrebna toplina za zagrijavanje građe vagoneta i opreme:

$$Q_1 = G_1 \cdot c_{1m} \cdot (t_p - t_v) + G_2 \cdot c_{2m} \cdot (t_p - t_v) = \\ = (G_1 \cdot c_{1m} + G_2 \cdot c_{2m}) \cdot (t_p - t_v) \quad \dots \quad \text{kcal.} \quad \dots \quad 1)$$

Umnošci  $G_1 \cdot c_{1m}$  i  $G_2 \cdot c_{2m}$  jesu tzv. »vodene vrijednosti« građe, odn. opreme (2). Težinu građe  $G_1$  dobivamo kao obično tako da volumen građe u  $m^3$  pomnožimo sa volumnom težinom po  $1 m^3$ . Volumna težina drveta znatno ovisi o njegovoj vlazi. Prema stručnoj literaturi (7,9,11) možemo uzeti kao srednju vrijednost apsolutno suhe supstance bukovine  $\gamma_0 = 690 \text{ kg/m}^3$ . Vlažna bukovina može imati, već prema procentu vlage, i preko  $1100 \text{ kg/m}^3$ . Budući da ovako promjenljiva volumna težina vlažne bukovine nije podesna za upotrebu, to se ona u tehnološkim istraživanjima ustanovljava iz volumne težine apsolutno suhe drvene supstance i sadržaja vlage u odnosu na tu supstancu, uzevši u obzir utezanje. Vлага se u drvnoj industriji redovito izražava u odnosu na težinu suhe supstance drveta i označuje se u stručnoj literaturi sa »u«. Za razliku od takvog određivanja vlage spomenut ćemo da se na pr. vлага krutih goriva određuje u težinskom odnosu količine vlage na stvarnu težinu vlažnog goriva. Tako izražen težinski udio vlage mi ćemo označiti sa »x«. Između



volumne težine vlažnog drveta i volumne težine apsolutno suhe supstance postoji jednostavni odnos:

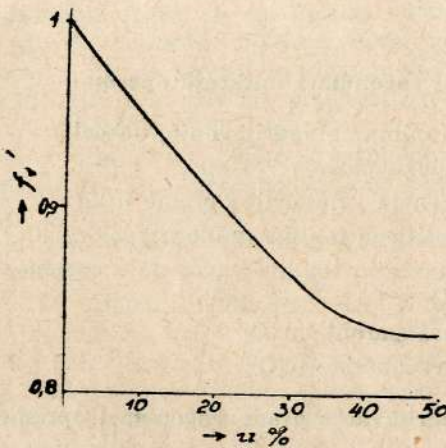
$$\gamma_v = \gamma_o \cdot (1 + u) \cdot f_1 \quad \dots \quad 2)$$

Ovdje  $\gamma_v$  = volumna težina vlažnog drveta

$\gamma_o$  = volumna težina aps. suhog drveta

$u$  = vlaga drveta u odnosu na aps. suhu supstancu drveta.

$f_1$  = faktor koji ovisi o bubrenju drveta. Do zasićenja drvene mase vlagom on se mijenja (7,9,11), a kada je došlo do zasićenja, dalje za nj možemo uzeti da je konstantan. Dijagram toga volumnog faktora drvene mase za bukvinu donosimo u sl. 1.



Sl. 1. — Volumni faktor drvene mase za bukvinu ( $= \frac{100}{100 + \alpha_v}$  gdje je  $\alpha_v$  = volumni procent bubrenja)

Ako je na pr.  $\gamma_o = 690 \text{ kg/m}^3$ ,  $u = 0,7$  onda je spec. težina vlažne bukvine:  $\gamma_v = 690 \cdot (1 + 0,7) \cdot 0,833 = 980 \text{ kg/m}^3$ . U koliko nije tačnije određeno, možemo praktički uzeti da će svježa bukova građa imati predparionicom blizu  $u = 0,7$  tj. specifičnu težinu blizu  $1000 \text{ kg/m}^3$ .

Težina vagoneta ovisi o konstrukciji i o kolosijeku i može doseći do 600 kg. Na takav vagonet tovari se do  $8 \text{ m}^3$  građe.

Specifična toplina apsolutno suhe drvene mase pri nekoj temperaturi  $t^\circ\text{C}$  iznosi prema stručnoj literaturi (7,11):

$$c'_1 = 0,266 + 0,00116 \cdot t \quad \dots \quad \text{kcal/kg, } ^\circ\text{C} \quad \dots \quad 3)$$

Na osnovu toga dobivamo srednju specifičnu toplinu apsolutno suhe drvene mase za neki temperaturni interval  $t_2 - t_1$  iz izraza:

$$\begin{aligned} c'_{1m} &= \frac{1}{t_2 - t_1} \int_{t_1}^{t_2} c'_1 dt = \frac{1}{t_2 - t_1} \int_{t_1}^{t_2} (0,266 + 0,00116 \cdot t) dt = \\ &= 0,266 + 0,00058 \cdot (t_2 + t_1) \quad \dots \quad \text{kcal/kg, } ^\circ\text{C} \quad \dots \quad 3/a \end{aligned}$$



Da dobijemo stvarnu srednju specifičnu toplinu vlažne drvene mase, moramo je izraziti kao zbroj toplinskih kapaciteta obiju komponenata, tj. drvene mase i vode. Označimo li sa  $x$  težinski udio vlage u 1 kg vlažnog drveta i označimo li srednju specifičnu toplinu vlage sa  $c_1$ , to imamo

$$c_1 = x \cdot c_v + (1 - x) \cdot c'_1 \quad \dots \dots \dots 4)$$

Kako se u drvnjoj industriji, kao što je već spomenuto, stepen vlažnosti drveta izražava redovno relativnom vlagom  $u$ , to ćemo ovaj izraz preinačiti upotrebivši odnos koji vlada između vrijednosti  $x$  i  $u$

$$x = \frac{u}{1 + u}$$

$$c_1 = \frac{u}{1 + u} \cdot c_v + \left(1 - \frac{u}{1 + u}\right) \cdot c'_1 = \frac{u \cdot c_v + c'_1}{1 + u} \text{ kcal/kg } ^\circ\text{C} \quad \dots \dots \dots 4a)$$

Specifična toplina vlage drvene mase praktički je jednaka specifičnoj toplini vode, tj.  $c_v = 1$ . Ova vrijednost je približno konstantna za temperaturni interval koji kod parionica dolazi u obzir, te stoga imamo

$$c_1 = \frac{u + c'_1}{1 + u} \text{ kcal/kg, } ^\circ\text{C} \quad \dots \dots \dots 4b)$$

Da sada odredimo srednju specifičnu toplinu vlažne drvene mase, zamijenit ćemo u ovom izrazu  $c'_1$  sa  $c'_{1m}$  koji je izražen u jednadžbi 3/a, dakle

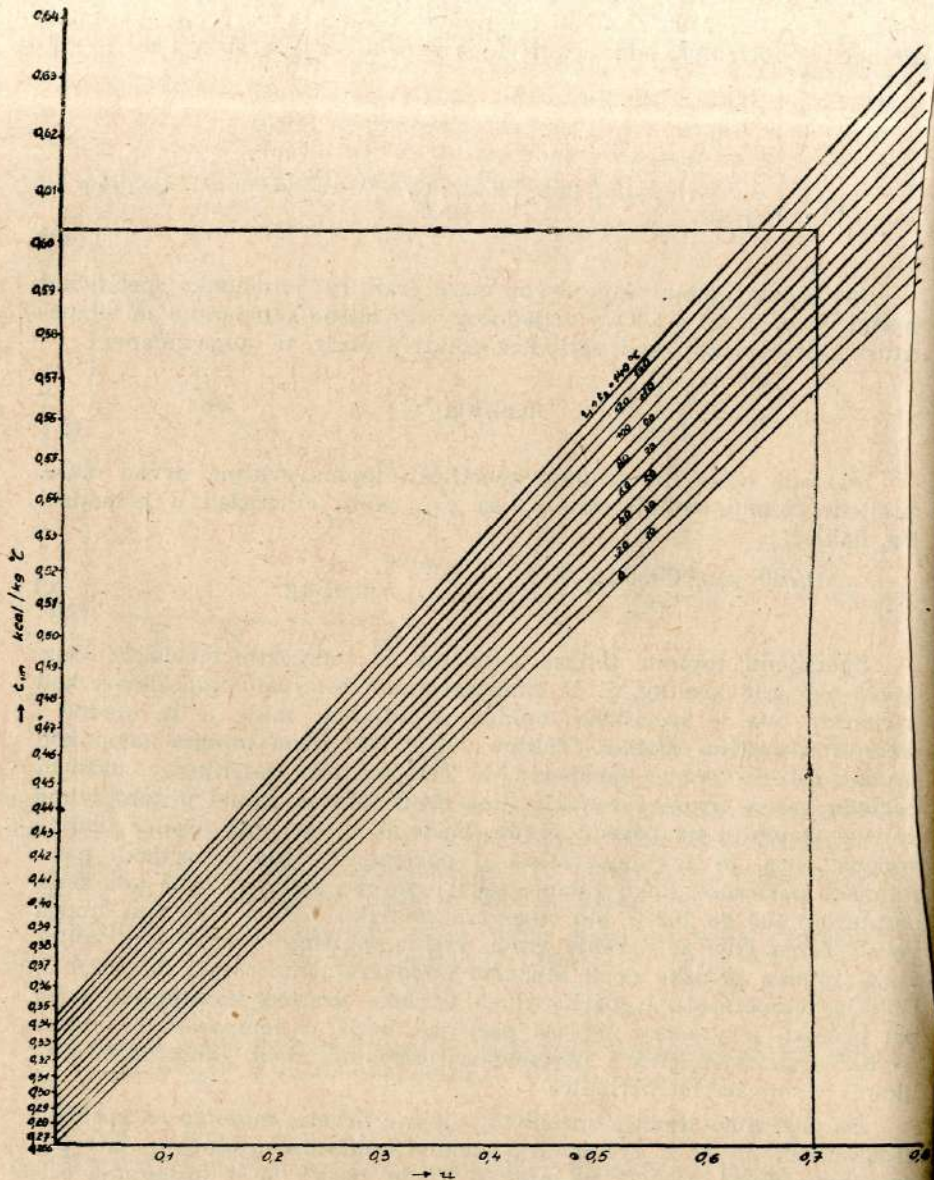
$$c_{1m} = \frac{0,266 + 0,00058 (t_2 + t_1) + u}{1 + u} \text{ kcal/kg, } ^\circ\text{C} \quad \dots \dots \dots 4c)$$

Specifičnu toplinu željeza uzimamo iz tehničkih tabela (2). Ona iznosi oko 0,13 kcal/kg, °C. U temperaturnom intervalu koji dolazi kod parionica, ova se specifična toplina ne mijenja, dakle je to ujedno i srednja specifična toplina. Vidimo da je specifična toplina samo kod drvene mase ovisna o temperaturi. Temperatura parenja  $t_p$  ovisi u pogledu gornje granice o svojstvima građe drveta, kao i o zahtjevima koji se stavljaju na parenu građu. Kako je u parionici nosilac topline vodena para, to je temperatura u parionici ovisna o pritisku pare. Pilarske parionice, kako zidane, tako i drvene, redovno rade pod temperaturom 100 do 102°C, što odgovara pretlaku 333 do 1170 mm stupca vode. Tamo gdje se parenje građe vrši u metalnim zatvorenim kotlovima, imamo pritiske do 2 atp, što odgovara temperaturi do 132,9°C. Dok je temperatura u parionici za vrijeme procesa konstantna (osim pri početku i svršetku procesa parenja), dotle je temperatura okoline —  $t_v$  — promjenljiva i uvjetovana godišnjom dobi, klimatskim prilikama i smještajem parionice.

Da odredimo srednju specifičnu toplinu drveta, možemo se poslužiti dijagramom na sl. 2. Želimo li u nekom konkretnom slučaju naći  $c_{1m}$  uz vlagu drveta  $u = 0,7$  za interval 0° do 100°C, to iz dijagrama očitavamo  $c_{1m} = 0,602$  kcal/kg, °C. Za kontrolu možemo izračunati tu vrijednost prema formuli 4c. Sadržaj topline predmetnog drveta iznosi



$0,602 \cdot 100 = 60,2$  kcal/kg. Da bismo još više pojednostavili određivanje potrebne topline za zagrijavanje  $1 \text{ m}^3$  bukovine, načinjen je dijagram (sl. 3) uz pretpostavku  $\gamma_0 = 690 \text{ kg/m}^3$ ,  $f_1 = 0,833$ ,  $t_p = 100^\circ\text{C}$ . Iz ovog dijagrama izravno slijedi potreba topline za zagrijavanje  $1 \text{ m}^3$  bukove grade na temperaturu parenja ( $100^\circ\text{C}$ ). Uz njegovu upotrebu, a pozna-

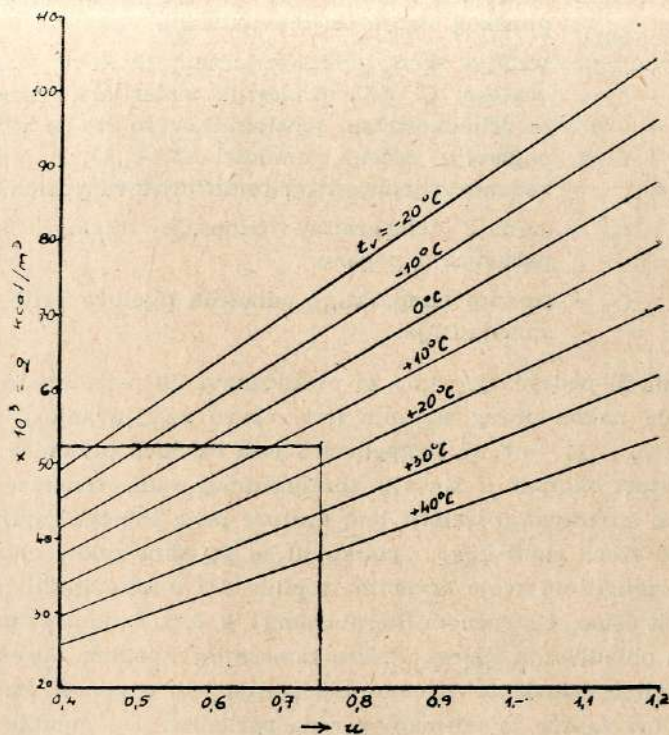


Sl. 2 — Dijagram srednjih specifičnih toplotina drvene mase za interval temperature ( $t_1 - t_2$ ) . . . . kcal/kg °C



vajući količinu građe u parionici, možemo odmah izračunati prvi član jednadžbe 1). Na pr. neka je  $u = 0,75$ ,  $t_v = 15^\circ\text{C}$ ; onda je za taj slučaj  $q = 52,5 \cdot 10^3 = 52500 \text{ kcal/m}^3$ .

Toplina zagrijavanja parioničkih vagoneta, šinja i cijevi unutar parionice ovisi o sastavu i toplinskim vrijednostima pojedinih njihovih elemenata. Na pr. za vagonete sa drvenim okvirom i prečkama toplina zagrijavanja može iznositi 13000 do 21000 kcal po vagonetu, već prema temperaturi okoline. Nemamo li tačnijih podataka o konstrukciji tih vagoneta, možemo približno uzeti da za njihovo zagrijavanje treba oko



Sl. 3. — Dijagram topline zagrijavanja  $1 \text{ m}^3$  bukove građe .  $u > 0,5$ ;  $t_p = 100^\circ \text{C}$ ;  $\gamma_0 = 690 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$

5% topline zagrijavanja građe koja se nalazi na njima. Ovo je samo orijentaciona vrijednost i u nju je uključeno i zagrijavanje šinja i cijevi unutar parionice.

## 2) Zagrijavanje zidova i tla parionice

Obustavimo li rad parionice, tj. prestanemo li sa parenjem, to će se zidovi i tlo parionice postepeno ohlađivati i nakon dovoljno dugog vremena poprimit će temperaturu okoline. Kod idućeg parenja u tako ohlađene parionice trebat će zidove, strop, pod, vrata itd. zagrijati tako da



unutar parionice postignemo potrebnu temperaturu parenja, konkretno u pilanskim parionicama 100 do 102°C. Za ovo zagrijavanje postaviti ćemo opću formulu:

$$Q_2 = G_3 \cdot c_3 \cdot (t_{p3} - t_{o3}) + G_4 \cdot c_4 \cdot (t_{p4} - t_{o4}) + \dots + G_n \cdot c_n \cdot (t_{pn} - t_{on})$$

kcal . . . . 5)

Ovdje označuju:

$G_3, G_4, \dots, G_n$  = težina zidova, stropa, vrata itd., tj. težina svih onih dijelova parionice, koji su izvrgnuti promjenama toplinskog stanja pri manipulaciji.

$c_3, c_4, \dots, c_n$  = srednja spec. toplina odnosnih dijelova, izražena u kcal/kg, °C. Kod građevnih materijala, izuzev drvo, te vrijednosti su konstantne. Kao što je u prošlom poglavlju rečeno, umnožci  $G_3 \cdot c_3, G_4 \cdot c_4$  jesu tzv. vodene vrijednosti odnosnih dijelova parionice.

$t_{p3}, t_{p4}, \dots, t_{pn}$  = srednje temperature odnosnih dijelova, kada je parionica u pogonu.

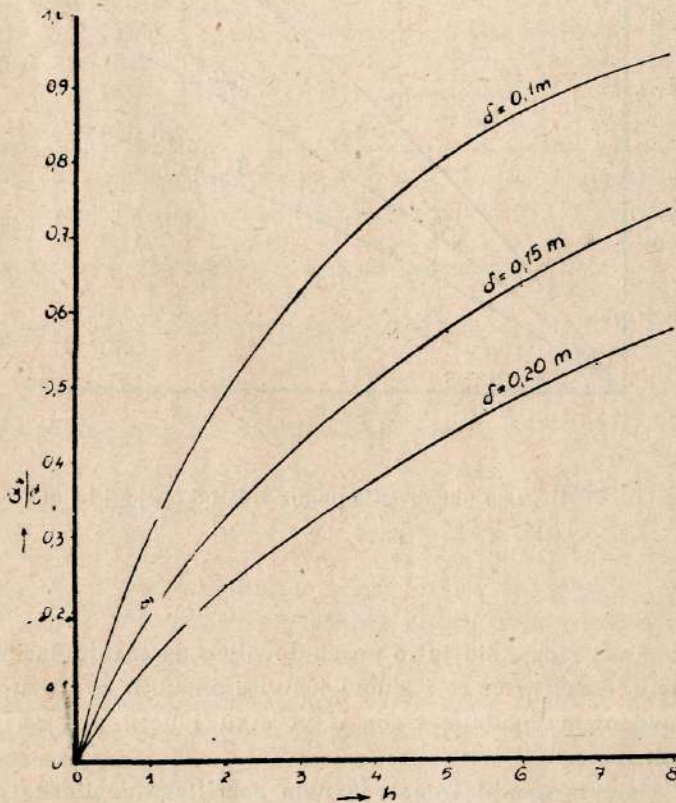
$t_{o3}, t_{o4}, \dots, t_{on}$  = srednje temperature odnosnih dijelova prije početka zagrijavanja.

Formula 5) podesna je samo za proračunavanje potrebne topline za zagrijavanje nakon dužeg stajanja (tzv. »prvo zagrijavanje«). Tada je naime  $t_{o3}, t_{o4}, \dots, t_{on} = t_v$ , tj. temperatura svih dijelova parionice jednaka je temperaturi okoline. U slučaju kontinuiranog rada parionice nastaje poteškoća u određivanju srednje temperature prije početka zagrijavanja. U tu svrhu treba znati kako i koliko su se pojedini zidovi ohladili, tj. koliko su izgubili od svoje prvobitne topline. Da bismo riješili taj zadatak, poslužiti ćemo se stručnom literaturom (1, 2, 3, 5, 8), koja se bavi proučavanjem ohlađivanja tjelesa. Prema tamošnjim izvodima odredit ćemo gubitke topline zidova za vrijeme ohlađivanja i to u odnosu na toplinu koju ti zidovi sadrže za normalnog rada parionice. Taj gubitak topline mora biti u početku idućeg parenja nadoknađen. Toplinsko stanje zidova, stropa i vrata parionice za vrijeme pogona određuje se na osnovu računa prelaza topline. Međutim kod današnjih parionica uslijed difuznih gubitaka sadržaj topline zidova znatno je veći, nego li bi bio pri ispravnoj izolaciji. Mi ćemo međutim ovdje najprije odrediti približne gubitke kod ispravnog izoliranja, a zatim ćemo se osvrnuti na slučaj današnjih parionica. Radi pregleda podataka potrebnih za proračun načinjena je ovdje tabela I i dijagrami (sl. 4, sl. 5) u kojima su za neke građevne materijale prikazani gubici topline u ovisnosti o trajanju ohlađivanja i debljine zidova. Napomenuti valja da su sve to približne vrijednosti na osnovu pretpostavki svojstva i homogenosti materijala itd. Vrijednosti tabele i dijagrama dobivene su pomoću grafičke metode Schmidt-a (2).



**Tabela I**  
**Gubici topline ohlađivanja punih zidova,  $Q'/Q$ ;  $t_v = 30^\circ \text{C}$**

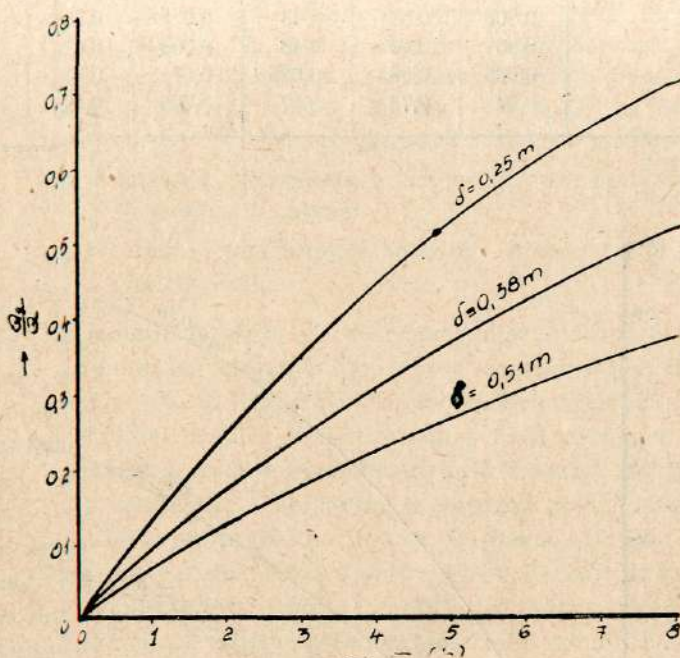
Grada zidova	Drvo, $u = 0,6$			Opeka i beton		
Debljina, cm	10	15	20	25	38	51
Trajanje ohlađivanja						
1 h	0,31	0,20	0,14	0,125	0,08	0,065
2 "	0,49	0,33	0,235	0,25	0,17	0,125
3 "	0,625	0,425	0,31	0,35	0,24	0,18
4 "	0,725	0,51	0,375	0,45	0,305	0,225
5 "	0,805	0,57	0,43	0,525	0,365	0,27
6 "	0,86	0,63	0,48	0,605	0,425	0,31
7 "	0,905	0,685	0,525	0,67	0,475	0,34
8 "	0,94	0,75	0,57	0,725	0,525	0,38



Sl. 4. — Dijagram ohlađivanja punog drvenog zida



Vrijednosti ove tabele odnose se na intenzivno hlađenje prazne parionice uz dovoljnu promaju. Temperatura  $t_v = 30^\circ\text{C}$  uzeta je kao srednja vrijednost, jer će unutar same parionice ona biti znatno viša nego li na vanjskoj strani. Ovu tabelu možemo primijeniti na slučajeve koji dolaze u praksi. Gubici su izraženi u decimalnim dijelovima početnog sadržaja topline zidova (računatog iznad temperature okoline). Vrijeme od 8



Sl. 5. — Dijagram ohlađivanja punog zida od opeka i betona

uzeto je u tabeli stoga, što je to posve dovoljno za manipulaciju. Traje li ohlađivanje duže, to će se i zidovi još više ohladiti. Svu ovu toplinu, koja se hlađenjem izgubila, treba u početku idućeg procesa parenja nadoknaditi.

U daljnjem izlaganju trebat će nam specifična toplinska svojstva nekih građevinskih materijala, kao i nekih drugih, pa ih donosimo u slijedećoj tabeli:



**Tabela II**  
**Toplinska svojstva nekih materijala (4,2)**

Materijal	Spec. težina	Spec. toplina		Spec. topl. vodljivost		Koeficijent zračenja
	$\gamma$	$c_p$	opseg važenja	$\lambda$	opseg važenja	C
	kg/m <sup>3</sup>	kcal/kg °C	°C	$\frac{\text{kcal}}{\text{m, h, }^\circ\text{C}}$	°C	$\frac{\text{kcal}}{\text{m}^2, \text{h, }^\circ\text{K}^4}$
Zidovi od opeke svježe	1630	0,22	0-100	1,2	20	4,6
Zidovi od opeke suhe	1460	0,20	—	0,35-0,5	—	4,6
Beton u suhom uzduhu	1500-2250	0,21	—	0,51-0,95	—	—
Beton, vlažan	1500-2250	0,21	—	0,68-1,2	—	—
Zemlja, normalno vlažna	2040	0,44	—	0,45	—	1,8
Zemlja, vlažna	do 2500	—	—	1,44-2,2	—	—
Vapnenac	2650	0,2	—	1,9	—	—
Zeljezo	7800	0,1315	0-1530	30-55	0-100	4,—
Suha piljevina	215	—	—	0,055	—	—
Voda	1000	1,—	0,-100	0,49(1+0,002.t)	5-82	—
Uzduh	1,251 · $\left(\frac{273}{K^\circ}\right)$	0,241	—	0,02-0,026	0-100	—

Što se tiče toplinskih svojstava drveta, to smo o specifičnoj toplini dovoljno rekli. Za toplinsku vodljivost drveta (7,11) imamo slijedeće izraze:

Za slučaj prolaza topline u smjeru okomito na vlakna

$$\lambda_{\perp} = \left[ 0,15 \cdot \left( \frac{\gamma_0}{1000} \right)^{1,5} + 0,04 \right] \cdot [1 - 0,012 \cdot (10 - u \%) ] \cdot \frac{273 + t}{273}$$

kcal/m, °C, h . . . . . 6a)

a u smjeru paralelno sa vlaknima

$$\lambda_{\parallel} = \left[ 0,45 \cdot \left( \frac{\gamma_0}{1000} \right)^{1,5} + 0,04 \right] \cdot [1 - 0,012 \cdot (10 - u \%) ] \cdot \frac{273 + t}{273}$$

kcal/m, °C, h . . . . . 6b)

Ovdje je:  $\gamma_0$  = težina apsolutno suhog drveta u kg/m<sup>3</sup>

u = vlaga drveta u odnosu na aps. suhu supstancu, %

t = temperatura drveta u °C

Specifične toplinske vrijednosti za uzduh i vodu iz tabele vrijede samo za slučaj mirovanja tih sredstava. Ako je voda, odn. uzduh, u gibanju, dolazi do povećanja izmjene topline uslijed konvekcije (2, 4, 8). Poznato je da su tanki slojevi uzduha relativno znatno bolja toplinska izolacija nego li deblji slojevi.

Vratimo se sada na ohlađivanje i zagrijavanje zidova. Da odredimo gubitke ohlađivanja potrebno je znati kolika je početna toplina koja se



smanjuje. Kako zid nema istu temperaturu u svim dijelovima, treba odrediti srednju temperaturu. Ova ovisi o debljini zida, toplinskim svojstvima i vanjskoj i unutarnjoj temperaturi. Srednju temperaturu nekog homogenog zida, kroz koji se izmjenjena topline vrši samo prolazom, možemo izračunati po slijedećoj formuli:

$$t_m = \frac{1}{2} \cdot \left( t_p - t_v + \frac{t_p - t_v}{\frac{\alpha_v \cdot \delta}{\lambda} + 1} \right) = \frac{t_p - t_v}{2} \left( 1 + \frac{\lambda}{\alpha_v \cdot \delta + \lambda} \right) \dots \text{°C} \quad 7)$$

Ovdje je:  $\alpha_v$  = koeficijent prelaza topline na zid kcal/m<sup>2</sup>, °C, h  
 $\delta$  = debljina odnosnog zida u m  
 $\lambda$  = toplinska vodljivost zida u kcal/m, °C, h

Primjer: treba odrediti za koliko se ohladi zid parionice za 3 sata. Debljina zida  $\delta = 0,38$  m; spec. težina  $\gamma = 1650$ /kg/m<sup>3</sup>; ukupni volumen zida 30 m<sup>3</sup>, materijal zida je opeka; temperatura u parionici  $t_p = +100$  °C, a vanjska temperatura  $t_v = -10$  °C.  $\alpha_v = 20$  kcal/m<sup>2</sup>, h, °C;  $\lambda = 1,2$  kcal/m, °C, h (prema tabeli);  $c = 0,22$  kcal/kg, °C. Najprije ćemo odrediti srednju temperaturu zida prema formuli 7:

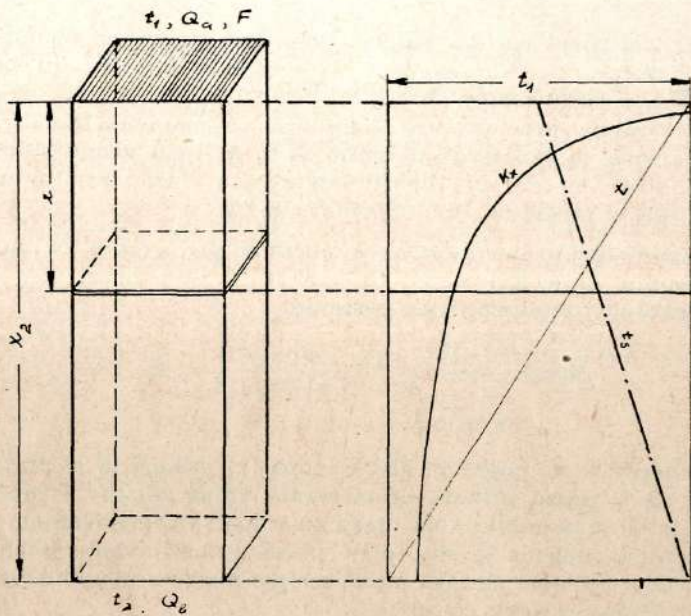
$$t_m = \frac{t_p - t_v}{2} \cdot \left( 1 + \frac{\lambda}{\alpha_v \cdot \delta + \lambda} \right) = \frac{100 - (-10)}{2} \cdot \left( 1 + \frac{1,2}{20 \cdot 0,38 + 1,2} \right) = 62,5 \dots \text{°C}$$

Ukupni sadržaj topline zida bit će dakle:  $Q = V \cdot \gamma \cdot c \cdot t_m = 30 \cdot 1650 \cdot 0,22 \cdot 62,5 = 680000$  kcal. Sada nademo iz tabele (ili dijagrama) gubitaka ohlađivanja za zid iz opeka debljine 0,38 m za 3 sata, kvocijent  $Q'/Q = 0,24$ . Traženi gubitak uslijed ohlađivanja zida iznosi dakle:  $Q_2' = 0,24 \cdot Q = 0,24 \cdot 680000 = 163200$  kcal.

### Zagrijavanje i ohlađivanje poda i tla oko parionice

Proučavanje zagrijavanja i ohlađivanja tla u našem slučaju vrlo je zamršen problem. U nauci o toplini izvedene su općenite formule u tu svrhu, ali je njihova stvarna primjena mnogo otežana uslijed složenosti odnosa pojedinih promjenljivih činilaca. Danas je riješen problem ohlađivanja jednostavnih tjelesa (1, 2), međutim su pri tome pretpostavljena teoretska svojstva homogenosti, konstantni koeficijenti prelaza i provodljivosti topline itd. Ukratko rečeno traženje čisto teoretskog rješenja ovoga veoma važnog problema nije do danas donijelo konkretnih pouzdanih rezultata koji bi bili primjenjivi u praksi. Uglavnom se ostalo pri donošenju formula općeg karaktera koje su od primjene odvojene još nedovoljno istraženim područjem metoda konkretnih rješenja prilagođenih praksi. Kako se s tim problemom zagrijavanja i ohlađivanja susrećemo kod proučavanja rada parionica, potrebno je odrediti odnosne gubitke. Iz spomenutih razloga ovdje su ti gubici približno određeni.





Sl. 6. — Prikaz približne metode određivanja topline zagrijavanja tla

Zamislimo stup zemlje sa bazom  $F \text{ m}^2$ , visine odn. dubine  $x_2$  uz pretpostavku idealne izolacije na bočnim plohamu stupa. Presjek stupa neka je na bilo kojoj visini jednak bazi  $F \text{ m}^2$ . Količina topline koja prolazi kroz neki zid sa paralelnim plohamu dobiva se iz izraza:

$$Q = k \cdot F \cdot \Delta t \quad \text{kcal/h} \quad \dots \quad 8)$$

Ovdje je:  $F$  = površina kroz koju prolazi toplina u okomitom smjeru na nju. Izražena je u  $\text{m}^2$ .

$\Delta t = t_1 - t_2$  razlika temperatura promatranih presjeka,  $^{\circ}\text{C}$ ;

$k$  = koeficijent ukupne vodljivosti topline. On se dobiva iz izraza:

$$k = \frac{1}{\sum_{n=1}^n \frac{1}{\alpha_n} + \sum_{m=1}^m \left( \frac{\delta}{\lambda} \right)_m} \quad \text{kcal/m}^2, \text{ h, } ^{\circ}\text{C} \quad \dots \quad 9)$$

Ako promatramo samo jedan pun zid, ovaj izraz prelazi u jednostavni oblik:

$$k = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2}} \quad \text{kcal/m}^2, \text{ h, } ^{\circ}\text{C} \quad \dots \quad 9a)$$



Ovdje označuje:

$\alpha_1$  = koeficijent prelaza konvekcijom, kao što je već spomenuto. U slučaju prelaza sa pare koja kondenzira na tlu parionice  $\alpha_1 = 6000 \text{ kcal/m}^2, \text{ h, } ^\circ\text{C}$ .

$\delta$  = debljina promatranog sloja u m. U daljem razmatranju mi ćemo ga označivati općenito sa  $x$ , a cijelu visinu stupa sa  $x_2$ .

$\lambda$  = koeficijent provodljivosti topline. Za vlažnu zemlju uzimamo ga iz tabele sa  $\lambda = 2,2 \text{ kcal/m, h, } ^\circ\text{C}$ .

U našem slučaju imamo konvekciju samo pri prelazu topline na tlo, dok se toplina dalje širi usljed provodljivosti i ne izlazi više iz mase tla. Za naš slučaj možemo dakle postaviti:

$$k_x = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{x}{\lambda}} = \frac{\alpha_1 \cdot \lambda}{\lambda + \alpha_1 \cdot x} \quad \dots \dots \dots 9b)$$

Vrijednost  $k$  za pojedine visine stupa ( $x$ ) prikazana je grafički krivuljom u sl. 6, pored prikaza promatranog stupa zemlje. Temperaturna razlika  $t$  mijenja se u bilo kom presjeku stupa sa zagrijavanjem njegove mase. Uzmimo sada da je stup prije početka zagrijavanja imao temperaturu  $0^\circ\text{C}$ , a u datom slučaju iznosi temperatura na površini tla  $t_1$ , dok u promatranom presjeku iznosi  $t_x$ .

Srednja temperaturna razlika između visina  $x = 0$  i  $x$  biće:

$$\Delta t_{sx} = \frac{t_1 + t_1 - t_x}{2} = t_1 - \frac{t_x}{2} \quad \dots \dots \dots 10a)$$

Uzmemo li da tok temperatura linearno opada sa dubinom  $x$ , to slijedi:

$$t_x = (x_2 - x) \cdot \frac{t_1}{x_2} \quad \dots \dots \dots 10b)$$

Odatle dobivamo uvrštenjem u 10a):

$$\Delta t_{sx} = t_1 - \frac{t_1}{2x_2} \cdot (x_2 - x) = \frac{t_1 \cdot (x_2 + x)}{2x_2} \quad \dots \dots \dots 10c)$$

Ova linearna funkcija predočena je u istom dijagramu sa funkcijom  $k_x$  u sl. 6. Sada ćemo promotriti jednostavan način kako ćemo doći do približnog rješenja. Uzmimo da je masa zemlje zagrijana baš do dubine  $x$ , a mi je želimo ugrijati do dubine  $x_2$ . U dubini  $x$  ima koeficijent ukupne vodljivosti topline vrijednost  $k_x$ , a srednja temperaturna razlika od početka zagrijavanja na dubini  $x$  pa do trenutka kada će zagrijavanje baš dospjeti do dubine  $x_2$  neka iznosi  $\Delta t_{sx}$ . Prema tome od trenutka početka zagrijavanja na dubini  $x$  pa do završetka možemo uzeti kao srednji intenzitet zagrijavanja na tom mjestu:

$$q_{sx - x_2} = k_x \cdot \Delta t_{sx} \quad \dots \dots \dots 11a)$$

a za cijelu plohu  $F$ :

$$Q_{sx - x_2} = k_x \cdot F \cdot \Delta t_{sx} \quad \dots \dots \dots \text{kcal/h} \quad \dots \dots \dots 11b)$$



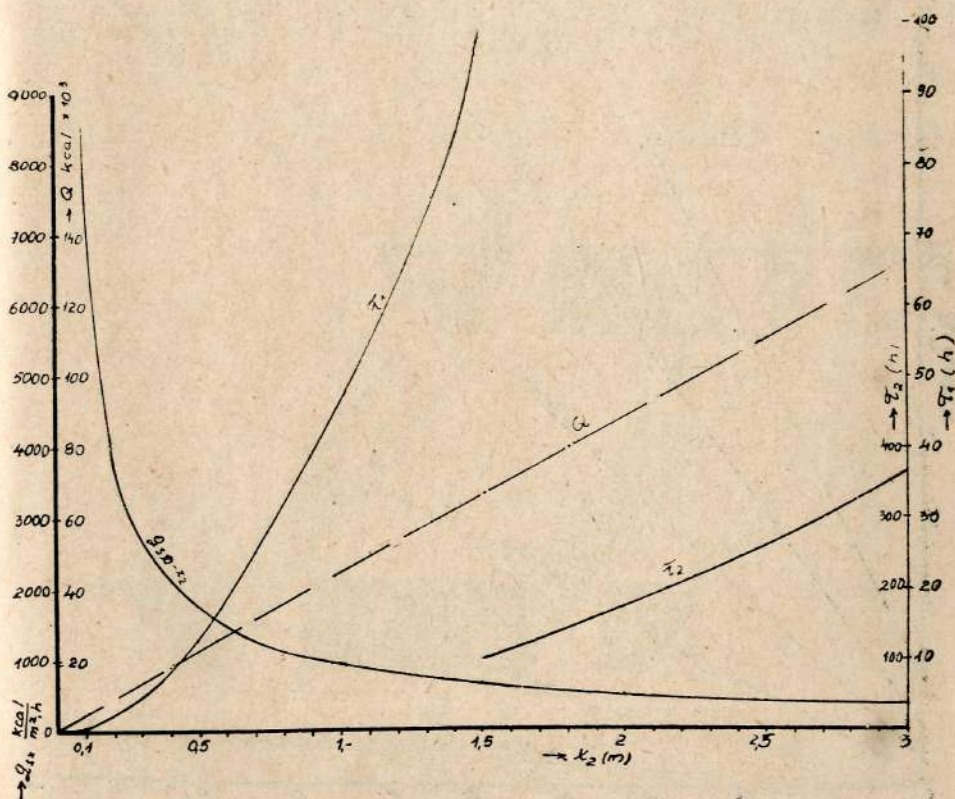
Da sada odredimo vrijeme potrebno za zagrijavanje mase stupa od dubine  $x_1$  do  $x_2$  izračunat ćemo toplinu koja je toj masi predana, a zatim ćemo iznos te topline podijeliti sa srednjim intenzitetom za dubinski interval od  $x_1$  do  $x_2$ . Srednji specifični intenzitet za neki dubinski interval od  $x_1$  do  $x_2$  iznosi:

$$q_{sx_1 - x_2} = k_x \cdot \Delta t_s = \frac{1}{x_2 - x_1} \cdot \int_{x_1}^{x_2} \frac{\alpha_1 \cdot \lambda}{\lambda + \alpha_1 \cdot x} \cdot \frac{t_1 \cdot (x_2 - x)}{2 \cdot x_2} dx =$$

$$= \frac{\lambda \cdot t_1}{2 \cdot \alpha_1 \cdot x_2 \cdot (x_2 - x_1)} \cdot \left[ (\alpha_1 \cdot x_2 - \lambda) \cdot \ln \left( \frac{\lambda + \alpha_1 x_2}{\lambda + \alpha_1 x_1} \right) + \alpha_1 \cdot (x_2 - x_1) \right]$$

. . . . . kcal/m<sup>2</sup>, h . . . . . 12a)

$$Q_2'' = Q_{x_1 - x_2} = F \cdot q_{sx_1 - x_2} \cdot \tau \quad . . . . . \text{kcal} \quad . . . . . 12b)$$



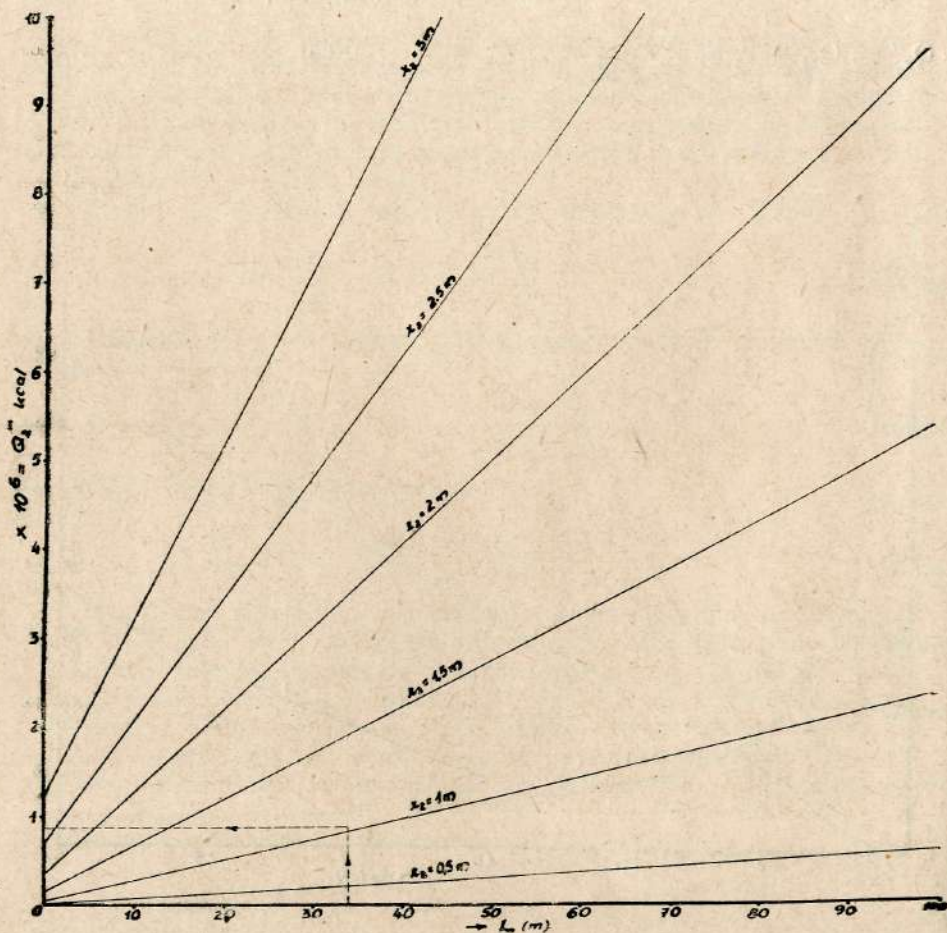
Sl. 7 — Dijagram zagrijavanja okomitog stupa zemlje



Vrijeme zagrijavanja dobivamo prema naprijed rečenom:

$$\tau = \frac{Q_{x_1 - x_2}}{F \cdot (q_{sx_1} - q_{sx_2})} = \frac{(x_2 - x_1) \cdot \gamma \cdot c \cdot t_s}{q_{sx_1} - q_{sx_2}} \quad \dots \quad h \quad \dots \quad 13)$$

Uvrstimo li u ove jednadžbe za slučaj parionice:  $\gamma = 2000 \text{ kg/m}^3$ ,  $c = 0,44 \text{ kcal/kg, } ^\circ\text{C}$  to uz prijašnje vrijednosti  $\alpha_1 = 6000 \text{ kcal/m}^2, \text{ h, } ^\circ\text{C}$  kao i  $\lambda = 2,2 \text{ kcal/m, } ^\circ\text{C}$ , h dobivamo vrijednost za  $q_{sx_1} - q_{sx_2}$  i  $\tau$  koje prikazujemo u tabeli III i grafički na sl. 7. Tamo je  $x_1 = 0$ ; dakle  $q_{s0} - q_{sx_2}$ . Dosadanji izvod načinjen je uz pretpostavku da se toplina sa površine širi samo okomito u dubinu. Međutim, u stvarnosti, ona se širi u svim pravcima kroz tlo.



Sl. 8. — Šematski prikaz načina izračunavanja topline zagrijavanja tla



Tabela III

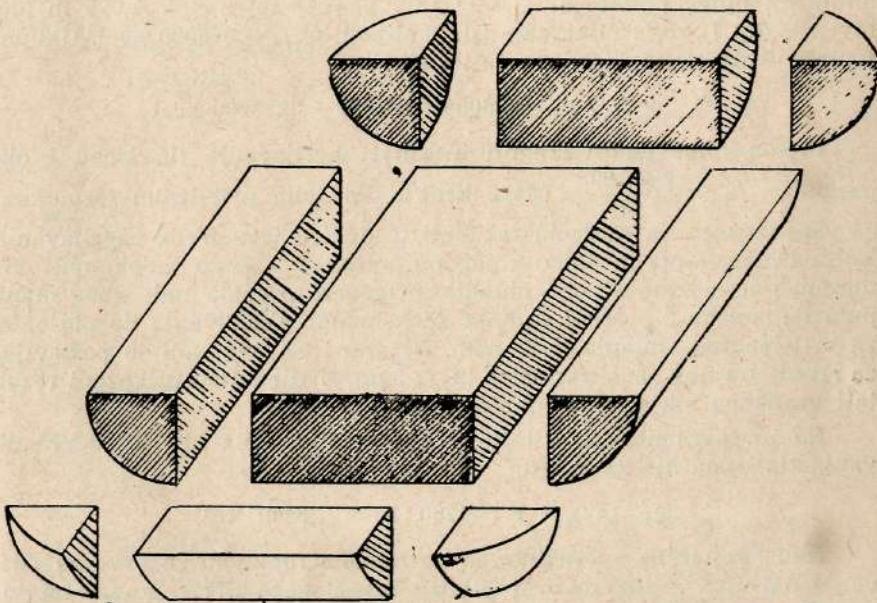
$x_2$	$q_{so} - x_2$	$\tau$
m	kcal/m <sup>2</sup> , h	h
0,1	7810	0,56
0,5	1762	12,5
1,—	955	46,1
1,5	666	99,1
2,—	502	175,6
2,5	422	261,—
3,—	358	369,—

Možemo zamisliti da se masa tla unutar neke izoterme sastoji iz dijela omeđenog vertikalnim plohama uzduž unutarnjih ivica parionice, zatim iz 4 četvrt-valjaka uz te ivice i napokon iz 4 osmine kugle na uglovima parionice (sl. 9). Strogo uzeto to su zapravo neka eliptična tjelesa, a ovo je samo grubo približenje. Uz dalju pretpostavku linearne raspodjele temperature u radijalnom smjeru tih zamišljenih valjkastih i kuglastih dijelova tla proizlazi srednja efektivna temperatura kod valjaka  $\frac{t_1 - t_2}{3}$  a kod kugle  $\frac{t_1 - t_2}{4}$ . Izvod kojim se do toga dolazi ovdje ćemo izostaviti. Uzmemo li sada kao i kod prijašnjeg promatranja o zemljinom stupu da je  $t_2 = 0$ , a osim toga da je unutarnji opseg parionice

$I_p$  izražen u metrima, dok je dubina ugrijanog tla  $x_2$  m, to je u tlu oko parionice sadržana toplina:

$$Q_2''' = I_p \cdot \frac{x_2^2 \cdot \pi}{4} \cdot \gamma \cdot c \cdot \frac{(t_1 - t_2)}{3} + \frac{2}{3} \cdot x_2^2 \cdot \pi \cdot \gamma \cdot c \cdot \frac{(t_1 - t_2)}{4} =$$

$$= \frac{\pi \cdot \gamma \cdot c \cdot (t_1 - t_2)}{12} \cdot x_2^2 \cdot (I_p + 2x_2) \dots \text{kcal} \dots 14)$$



Sl. 9. — Dijagram zagrijavanja tla oko parionice



**Tabela IV**  
**Zagrijavanje tla oko parionice**

$x_2$	$Q_2'''$	iznos $Q_2'''$ u kcal za	
		$l_p = 0$ m	$l_p = 100$ m
m	kcal		
0,1	$230 \cdot (l_p + 0,2)$	46	23046
0,5	$5750 \cdot (l_p + 1)$	5750	580750
1,—	$23000 \cdot (l_p + 2)$	46000	2346000
1,5	$51700 \cdot (l_p + 3)$	155100	5325000
2,—	$92000 \cdot (l_p + 4)$	368000	9568000
2,5	$143800 \cdot (l_p + 5)$	718750	15094000
3,—	$207000 \cdot (l_p + 6)$	1242000	21942000

Za pojedine dubine stepen zagrijavanja  $x_2$  uz  $t_1 = 100^\circ\text{C}$  i  $t_2 = 0^\circ\text{C}$ ,  $\gamma = 2000 \text{ kg/m}^3$ ,  $c = 0,44 \text{ kcal/kg, } ^\circ\text{C}$  imamo vrijednosti za  $Q_2'''$  izračunate u tabeli IV. Upotreba ovih izvoda i dijagrama najbolje se vidi iz nekog primjera. Na pr. ako imamo parionicu sa nutarnjom površinom tla  $15 \times 2$  m i tražimo toplinu zagrijavanja tla za vrijeme prvog procesa parenja, koji neka traje 48 sati. Postupit ćemo na slijedeći način: Najprije nađemo srednji intezitet zagrijavanja, koji iznosi prema dijagramu (sl. 7)  $q_{s0} - x_2 = 940 \text{ kcal/m}^2, \text{ h}$ . Za tlo ispod poda parionice iznosi toplina zagrijavanja:  $Q_2'' = F \cdot q_s \cdot \tau = 15 \cdot 2 \cdot 940 \cdot 48 = 1353600 \text{ kcal}$ . Kako je unutarnji opseg parionice  $l_p = 2 \cdot (15 + 2) = 34$  m; a  $x_2 = 1,025$  m (dobiven iz dij. 7), to iz dijagrama (sl. 9) slijedi:  $Q_2''' = 870000 \text{ kcal}$ . Ukupna toplina utrošena na zagrijavanje tla iznosi:

$$Q_2'' + Q_2''' = 1353600 + 870000 = 2223600 \text{ kcal}$$

Prema tome iznosi srednji intezitet zagrijavanja tla ispod i oko parionice:  $q_s = \frac{2223600}{48} = 46325 \text{ kcal/h}$ . Po ovim približnim formulama za zagrijavanje tla možemo računati u slučaju tzv. prvog zagrijavanja. Kod parionice koja je stalno u pogonu potrebno je samo nadoknaditi onu toplinu tla, za koju se ono ohladilo prigodom prekida rada zbog manipulacije između 2 procesa parenja. Maksimalno ohlađivanje tla parionice za vrijeme tog stajanja daje nam dijagram (sl. 10), koji je postavljen za slučaj trajnog rada parionice ( $x_2 = 3$  m). U njemu su prikazani rezultati grafičkog određivanja ohlađivanja tla.

Na pr. parionica iz prijašnjeg primjera izgubila bi uslijed ohlađivanja tla ispod nje za 8 sati:

$$Q_2''' = q_2''' \cdot F = 4280 \cdot 30 = 128400 \text{ kcal}$$

Ako ovaj iznos uporedimo sa potrebnom toplinom za prvo zagrijavanje tla, onda vidimo da ovaj gubitak iznosi svega 5,77% ukupne topline tla. Ukupna toplina za zagrijavanje zidova i tla parionice iznosi:

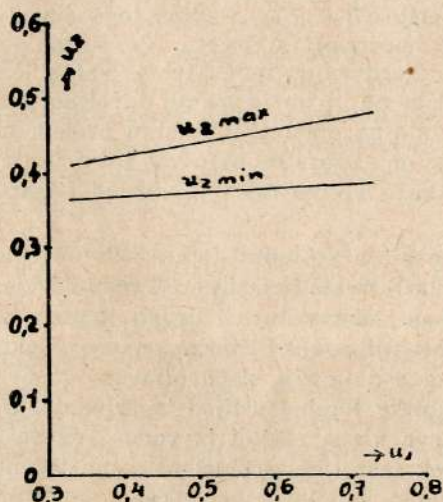
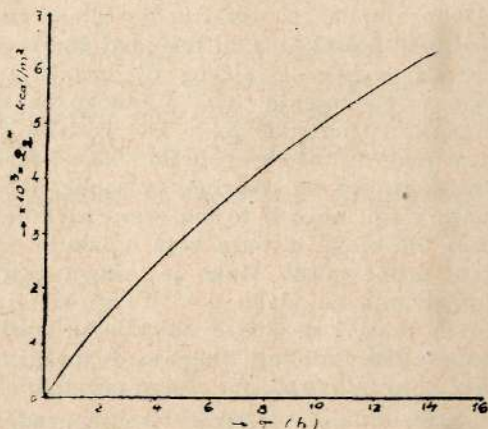
$$Q_2 = Q_2' + Q_2'' + Q_2''' \dots \dots \dots \text{ kcal.}$$



### 3) Gubici topline uslijed isparivanja vlage iz drvene mase

Za vrijeme procesa parenja građe dolazi do isparivanja i istiskivanja dijela vlage iz drvene mase. To znači da se građa za vrijeme parenja djelomično osuši, postaje dakle specifično lakša. Kod parionica koje rade pri temperaturi od  $100^{\circ}\text{C}$  uz neznatni pretlak ovo sušenje, odnosno gubitak na težini, primjećuje se kada svježa građa pri ulazu u parionicu ima sadržaj vlage iznad  $u = 0,6 = 60\%$ . Tako vlažna građa redovno se dobro pari. Kod manje vlažne građe sa  $u = 0,4$  do  $u = 0,6$  građa će biti nešto slabije parena, ali kvalitativno još zadovoljava. Gubitak vlage kod parenja ove manje vlažne građe znatno je manji, jer je manja i početna vlaga drveta. Ulazi li građa u parionicu sa početnom vlagom ispod  $u = 0,4 = 40\%$ , to će ona za vrijeme procesa parenja još upiti vlage, postat će dakle teža, nego li je u početku bila. Kvalitativno je ovakova građa znatno lošije parena. Na osnovu izvršenih mjerenja i rezultata parenja tanke bukove građe (do debljine 50 mm) načinjen je dijagram (sl. 11) koji prikazuje ovisnost isušivanja kod stanovite po-

Sl. 10. — Dijagram ohlađivanja tla parionice



Sl. 11. — Dijagram ovisnosti ulazne i izlazne vlage kod parenja tanke bukove građe pri  $100^{\circ}\text{C}$



četne vlage. Sam tehnološki proces parenja mogao bi se u kratko ovako prikazati: nakon postepenog polaganog zagrijavanja na temperaturu parenja drvena masa gubi uslijed difuzije stanoviti dio vlage, koja, dospjevši na površinu, djelomično ispari, a djelomično otječe u tekućem stanju. Ovaj pojav, kao niti ovisnost isparene i istisnute vlage o materijalu, vlazi i režimu parenja, nisu još dovoljno istraženi. Poznat nam je samo zakon ravnoteže između vlage uzduha i vlage drva pri pojedinim temperaturama i to samo do točke zasićenja uzduha vodenom parom. Odmah ovdje treba spomenuti da predmetni gubici iznose maksimalno do 0,5% potroška topline današnjih parionica, pa stoga ulaženje u detalje ovih gubitaka smijemo ovdje izostaviti, jer po redu veličina praktički ne utječe na ukupnu toplinsku bilancu.

Ako dakle ugrijana drvena masa u parionici ima vlagu iznad  $u = 0,4$ , to će se ova difuzijom, površinskim isparivanjem i istiskivanjem postepeno gubiti iz drveta i prelaziti dijelom na okolnu paru, a dijelom otjecati. Uslijed isparivanja jedan će se dio ogrjevnice pare kondenzirati i ta para će postati sve vlažnija. Do ove kondenzacije dolazi radi oslobađanja potrebne topline za isparivanje dijela vlage iz drvene mase. Vлага koja difuzijom dolazi iz unutrašnjosti građe na površinu, raznosi primjese koje uz pomoć termičkog djelovanja uzrokuju bojenje drvene mase. Nijansa tog bojenja ovisi o mnogo faktora, među kojima i o vlazi i temperaturi parenja, dakle i o pritisku pare u parionici. Ako je drvena masa imala u početku sadržaj vlage ispod  $u = 0,4 = 40\%$ , to dobivamo obrnuti proces od naprijed opisanog. U ovom slučaju drvena masa ima manju vlagu nego li to odgovara ravnoteži sa okolnom parom. Stoga će jedan dio vlage iz pare koja oplakuje građu biti apsorbiran u unutrašnjost drvene mase. Kako je takova građa još prije parenja, a uslijed prosušivanja na vlagu  $u = 0,4 = 40\%$  izgubila i jedan dio lako ishlapljivih tvari koje su se nalazile u vlazi drvene mase, a koje uz upliv temperature uzrokuju bojenje, to ova građa neće parenjem dobiti onu boju, koju ima građa sa većom početnom vlagom.

Osim bojenja i konzerviranja građe za vrijeme parenja smanjuje se prolazno i čvrstoća drvene materije (7, 9, 11). Uslijed toga dolazi do izjednačenja eventualnih nutarnjih naprezanja u drvetu. Ako su ta naprezanja prevelika, to ona uzrokuju deformaciju građe. Ovo je važna činjenica, jer takova građa i bez parenja ne bi imala trajno dovoljno postojani oblik i stoga ne bi ni inače bila za precizniju finalnu proizvodnju. Posmatrano s toga gledišta, parenje ima sličnu osobinu kao i tzv. umjetno starenje u nekim granama tehnike. Ovoliko neka je rečeno o samom procesu parenja kao takovom.

Za isparivanje vlage iz drvene mase potrebno je utrošiti odgovarajuću količinu topline. Kako se u vlazi drveta nalazi pored vode i izvjesna količina kiselina koje imaju i drugu temperaturu i drugu toplinu isparivanja, potrebno bi bilo poznavati njihove količinske odnose. Kako ti odnosi nisu konstantni, mi se za sada ovdje zadovoljavamo time da odredimo maksimalno moguće gubitke topline uslijed isparivanja. U tu svrhu ćemo pretpostaviti da se sva vlaga sastoji iz vode i da se sva ispari. Stvarni gubici bit će uvijek manji za ekvivalent samo istisnute, a neisparene vlage. Iako se ovi gubici, kao što je već rečeno, mogu prak-



tički zanemariti zbog svoje neznatnosti, smatram da ih ipak treba navesti, jer stvarno postoje.

Toplina isparivanja za 1 kg vode pri 100°C iznosi 538,9 kcal. Toliku toplinu trebala bi da preda ogrjevna para po svakom kg isparene vlage. Toplina, sadržana u isparenoj vlazi, nalazi se stvarno još unutar parionice, ona dakle još nije izgubljena. Kondenziranjem na unutarnjim plohama parionice oslobodit će se veći dio te topline za svladavanje toplinskih gubitaka. Postoji međutim ipak gubitak topline i to stoga što se ogrjevna para ovlažila predajući toplinu isparivanja vlazi drveta. Iz našeg razmatranja slijedi da će sa svakim kg isparene vlage iz drveta nastati toliki gubitak topline, koliko sadrži u datim prilikama 1 kg kondenzata uzevši u obzir vanjsku temperaturu. Praktički to znači do 100 kcal/kg.

Možemo prema tome postaviti:

$$Q_{3\max} = 100 \cdot \Delta G_1 = \frac{100 \cdot G_1}{1 + u_1} \cdot (u_1 - u_2) \dots \text{kcal} \dots 15a)$$

Ovdje je:  $G_1$  = težina svježe bukove građe prije parenja, kg.

$\Delta G_1$  = razlika u težini građe prije i iza parenja, tj. isušenje građe prigodom parenja, izraženo u kg.

$u_1, u_2$  = početna i konačna vlaga u dijelovima.

Za bukovinu možemo ovu vrijednost  $Q_3$  odrediti i iz volumena građe uz prijašnje pretpostavke:

$$Q_{3\max} = 57500 \cdot V \cdot (u_1 - u_2) \dots \text{kcal} \dots 15b)$$

Ovdje je volumen  $V$  izražen u  $m^3$ .

Smanjivanje vlage bukove građe za vrijeme parenja ovisi o početnoj vlazi, stanju ogrjevnice pare, debljini građe i trajanju procesa. Stoga se kod parenja deblje građe proces nešto produžuje. Uz pretpostavku dovoljnog trajanja parenja možemo se poslužiti vrijednostima između  $u_{2\max}$  i  $u_{2\min}$  iz dijagrama na sl. 11. Kod proračuna možemo uzeti da će konačna vlaga građe na koncu parenja iznositi oko  $u_2 = 0,5 = 50\%$ . Ovaj procenat vlage približno odgovara stanju dobro parene građe, koja svježa ulazi u parionicu. Uz tu pretpostavku imamo po 1 kg svježe drvene mase (na ulazu u parionicu) slijedeće smanjenje vlage uslijed parenja ( $u_2 = 0,5 = 50\%$ ).

$$\text{Težinski: } \Delta G_1 = u_1 - 0,5 \text{ kg/kg} \dots 16a)$$

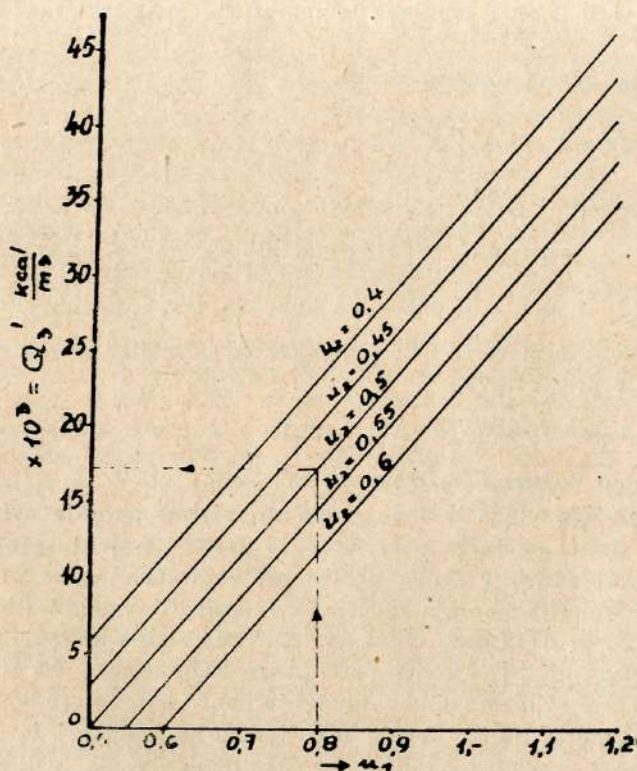
$$\text{Volumenski: } \Delta G_1' = 575 \cdot u_1 - 287 \dots \text{kg/m}^3 \dots 16b)$$

Iz dijagrama, sl. 12, možemo očitati gubitak topline uslijed isparivanja za 1  $m^3$  bukove građe od nekog početnog stanja vlage  $u_1$  do vlage  $u_2 = 0,5$ . Taj dijagram načinjen je na osnovu formule 15b). Iz tog dijagrama, na pr. slijedi da za 1  $m^3$  bukove građe sa početnim stanjem vlage  $u_1 = 0,8$  i konačnim  $u_2 = 0,5$  iznose gubici topline uslijed isparivanja vlage:  $Q_{3\max} = 17250 \text{ kcal/m}^3$ .



## 4) Gubici topline kroz zidove i kroz pod parionice

Svojstva zidova parionice prouzrokuju gubitke topline konvekcijom, zračenjem i gubitkom uslijed difuzije vodene pare. Odmah ovdje valja naglasiti da je utrošak pare u današnjim parionicama bukovine u glavnom uslovljen difuznim gubicima i gubicima propusnosti između dosjednih ploha prilikom zatvaranja otvora. Difuzni gubici ne samo da premašuju po veličini sve ostale gubitke, nego predočuju uopće najveću stavku u toplinskoj bilanci parenja bukovine. Ovo slijedi nedvojbeno iz rezultata istraživanja. Ovdje će sada biti obrađeni gubici



Sl. 12. — Dijagram gubitka topline uslijed isparavanja vlage

toplina uslijed konvekcije i prolaza, gubici toplina uslijed zračenja i gubici uslijed difuzije. Na zidovima parionice imamo stvarno sve tri vrste ovih gubitaka. Neki od njih ovise o više promjenljivih činilaca, što treba u svakom konkretnom slučaju uzeti u obzir. Ovdje ćemo analizirati veličinu i uzroke ovih gubitaka i to svakog zasebno, kao i u cjelini. Time će ujedno biti razjašnjena i ona nesigurnost procjene utroška pare za parenje, kako je to spomenuto na početku ove radnje.



a) **Gubici konvekcije i prolaza topline** — Izraz za izmjenu topline kroz neki homogeni zid naveden je u jedn. 8) i glasi:  $Q = k \cdot F \cdot \Delta t$  kcal/h; odn. ovdje  $Q_{da} = k \cdot F \cdot t$ ; ovdje je

$$k = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2}} \quad \text{kcal/m}^2, \text{ h, } ^\circ\text{C.}$$

$$\Delta t = t_1 - t_2$$

$t_1$  = temperatura toplije, a  $t_2$  = temperatura hladnije plohe zida.

**Tabela V**  
**Koeficijenti prelaza topline —  $\alpha$  (4).**

Sredstvo sa kojega ili na koje prelazi toplina zida	Normalno $\alpha$ kcal/m <sup>2</sup> , h, °C	Maksimalno $\alpha$ kcal/m <sup>2</sup> , h, °C
Miran uzduh odnosno uzduh sa slabim strujanjem . . . . .	3 do 6	12
Uzduh u strujanju . . . . .	15 „ 40	300
Voda . . . . .	200 „ 600	10000
Voda u ključanju . . . . .	1000 „ 2000	12000
Para koja kondenzira . . . . .	5000 „ 6000	25000

Kod izmjene topline uzduha i drvenog zida možemo za slučaj mirnog uzduha uzeti  $\alpha = 5$  do  $8$  kcal/m<sup>2</sup>, h, °C dok kod brzine strujanja uzduha od  $1$  do  $5$  m/sek iznosi  $\alpha = 8$  do  $20$  kcal/m<sup>2</sup>, h, °C. Kod hrapavih zidova je koeficijent  $\alpha$ , prema stručnoj literaturi, za oko  $8\%$  veći nego li kod glatkih. Nalaze li se u zidovima šupljine koje se protežu paralelno sa njenim ploham, to moramo primijeniti opću jednadžbu 9). U

izrazu za koeficijent ukupne vodljivosti topline imat ćemo članova  $\frac{1}{\alpha}$  dva puta toliko, koliko ima paralelnih dijelova zidova, a članova  $\frac{\delta}{\lambda}$  imat ćemo upravo toliko, koliko je tih dijelova zidova. ( $\delta$  = debljina zida u m, a  $\lambda$  = koeficijent toplinske provodljivosti, koji je za neke materijale naveden u tabeli II). Za slučaj punog zida parionice može se koeficijent  $k$  izraziti pojednostavljeno za:

$$\text{pun zid od opeke ili betona } k_{ob} = \frac{1,2}{0,06 + \delta} \text{ kcal/m}^2, \text{ h, } ^\circ\text{C}$$

$$\text{pun zid od bukove građe } k_d = \frac{0,231}{0,012 + \delta} \text{ kcal/m}^2, \text{ h, } ^\circ\text{C} \quad \dots \quad 17a)$$

Ove formule slijede iz izraza 9a) uvrštenjem za  $\alpha_1 = 5000$  kcal/m<sup>2</sup>, h, °C  $\alpha_2 = 20$  kcal/m<sup>2</sup>, h, °C  $\lambda = 1,2$  kcal/m, h, °C za vlažni zid iz opeke i



betona, a  $\lambda = 0,231$  kcal/m, h, °C za zidove iz bukovine sa vlagom  $u = 0,6$ . Grafički prikaz ovisnosti vrijednosti  $k$  o debljini zidova vidi se iz sl. 13.

U građevinarstvu se radi bolje izolacije često upotrebljavaju zidovi sa među-šupljinama — šuplji zidovi.

Daljnijim izvođenjem iz osnovnih formula dobivamo za slučaj među-šupljina 5—10 cm slijedeće izraze za koeficijente  $k$ :

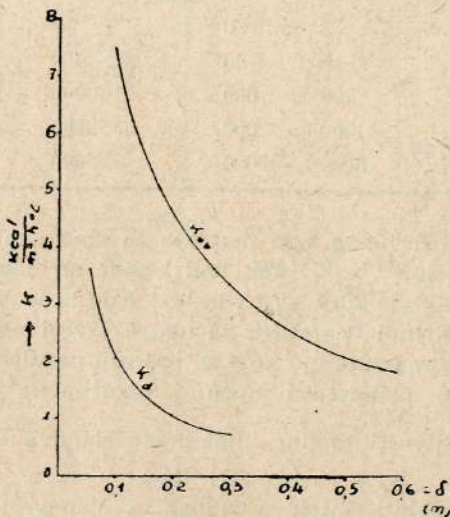
Za vlažnu opeku i beton

$$k_{ob}'' = \frac{1}{0,05 \cdot (1 + 2n) + 0,2 \cdot \delta + 0,633 \cdot \delta_{st}} \text{ kcal/m}^2, \text{ h, } ^\circ\text{C} \quad . . 17b)$$

Za zidove od bukovih dasaka

$$k_d = \frac{1}{0,05 \cdot (1 + 2n) + 0,2 \cdot \delta + 4,13 \cdot \delta_{st}} \text{ kcal/m}^2, \text{ h, } ^\circ\text{C}$$

U ovim izrazima (17b) označuje  $\delta$  ukupnu debljinu zida, dakle skupa sa međušupljinama, a  $\delta_{st}$  ukupnu debljinu stvarnih dijelova zida, sve



Sl. 13. — Koeficijenti ukupne provodljivosti topline za pune zidove

izraženo u m, dok  $n$  označuje broj paralelnih neispunjenih međušupljina. Apsolutno miran sloj uzduha je idealan toplinski izolator. Ovom slučaju se približujemo, ako u međušupljinu stavimo kakvu nehigroskopnu materiju, na pr. staklenu vunu i sl. Na ovaj način se volumen uzduha u međušupljini zida razdjeli na vrlo sitne djeleće i silno poveća otpor strujanja uzduha između njih. U tome se u suštini i sastoji visoki kvalitet poroznih toplinskih izolatora.

Da bismo dobili približnu sliku o efektu navedenih vrsta izolacija, dcnosimo jedan primjer. Treba odrediti gubitke topline konvekcijom kroz vlažni betonski zid i to: a) za pun zid debljine 38 cm, b) za zid debljine 38 cm sa jednom neispunjenom međušupljinom od 5 cm, c) za



zid kao pod b, ali sa ispunjenom međušuplinom, u slučaju apsolutnog mirovanja uzduha. Rješenje:

$$a) \quad k = \frac{1}{0,05 + \frac{\delta}{\lambda}} = \frac{1}{0,05 + \frac{0,38}{1,2}} = 2,73 \text{ kcal/m}^2, \text{ h, } ^\circ\text{C}$$

$$b) \quad k = \frac{1}{0,05 \cdot (1 + 2n) + 0,2 \cdot \delta + 0,633 \cdot \delta_{st}} = \\ = \frac{1}{0,15 + 0,2 \cdot 0,38 + 0,633 \cdot 0,33} = 2,35 \text{ kcal/m}^2, \text{ h, } ^\circ\text{C}$$

$$c) \quad k = \frac{1}{0,15 + 0,275 + 2,27} = 0,371 \text{ kcal/m}^2, \text{ h, } ^\circ\text{C}$$

Iz ovog jednostavnog primjera vidimo kolika je razlika u gubicima topline pri pojedinim načinima izolacije. U građevinskim priručnicima nailazimo na gotove tabele iz kojih se izravno čitaju vrijednosti za  $k$ . Međutim, te tabele vrijede samo za prelaz topline s jedne suhe plohe zida na drugu suhu plohu, dakle za tzv. suhi prelaz topline. Kod parionice je nutarnji zid vlažan, moker, jer se na njega obara kondenzat pare i stoga se ne možemo jednostavno poslužiti spomenutim gotovim tabelama iz građevinarstva.

Što se tiče gubitka topline konvekcijom i prolazom kroz pod i kroz tlo oko parionice, to nailazimo kod toga problema na slične poteškoće u rješavanju, kakove smo imali u otsječku 2 ove radnje. Ipak, za razliku prema onom slučaju, ovdje nemamo ni blizu tako velike gubitke topline pa to upravljava upotrebu približne metode, kojom ćemo nastojati da ovaj problem riješimo. Ako u izrazu za ukupni koeficijent prelaza topline  $k$  uvrstimo umjesto  $\delta \dots \frac{x \cdot \pi}{2}$ , gdje neka je  $x$  udaljenost promatra-

nih točaka između kojih se toplina izmjenjuje,  $\frac{x \cdot \pi}{2}$  dakle pretpostavljena polukružna strujnica topline, to dobivamo:

$$k_x = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{x \cdot \pi}{2 \cdot \lambda} + \frac{1}{\alpha_2}} \text{ kcal/m}^2, \text{ h, } ^\circ\text{C} \quad \dots \quad 18a)$$

Uvrstimo li u ovu formulu vrijednosti za  $\alpha_1$ ,  $\alpha_2$ ,  $\lambda$  kao ranije, dobivamo:

$$k_x = \frac{0,785}{0,0637 + x} \dots \text{ kcal/m}^2, \text{ h, } ^\circ\text{C} \quad \dots \quad 18b)$$

Kroz masu tla bit će preko vanjske površine u udaljenosti 0 do  $x_2$  (računato od nutarnjeg ruba parionice) preneseno na okolni uzduh:

$$q_{x_1 - x_2} = \frac{1}{x_1 - x_2} \cdot \int_{x_1}^{x_2} k_x \cdot (t_p - t_v) \cdot dx \quad \dots \quad 19a)$$



Kako je u stvari ( $t_p - t_v$ ) konstantno, to imamo

$$q_{x_1 - x_2} = \frac{t_p - t_v}{x_2 - x_1} \cdot \int_{x_1}^{x_2} \frac{0,785}{0,0637 x} \cdot dx = \frac{t_p - t_v}{x_2 - x_1} \cdot 0,785 \cdot \ln \frac{0,0637 + x_2}{0,0637 + x_1}$$

kcal/m<sup>2</sup>, h, °C . . . . . 19b)

Za slučaj debljine vanjskog zida parionice  $\delta = 0,5$  m načinjena je tabela gubitaka topline uslijed konvekcije i prelaza kroz tlo na okolišni prostor (tabela VI). Vrijednosti tabele odnose se na 1 m unutarnjega opsega parionice. Iz tabele se vidi da su ovi gubici maleni.

Tabela VI

$x_2$	$q_{x_1 - x_2}$
m	kcal/m, h, °C
0,5	0,—
1,—	0,496
1,5	0,802
2,—	1,02
2,5	1,19
3,—	1,33

Tabela VII

$x_2$	$q_{4a}''$
m	kcal/h, °C
0,5	0,—
1,—	2,27
1,5	4,61
2,—	6,99
2,5	9,38
3,—	11,80

Razlog je tome velika debljina sloja zemlje kroz koji mora proći toplina do površine. Za prelaz topline na samim uglovima parionice možemo postaviti po analogiji:

$$q_{4a}'' = 2 \cdot \pi \cdot \int_{x_1}^{x_2} x \cdot k_x \cdot dx \quad . . . . . 20a)$$

Uvrštenjem vrijednosti kao prije dobivamo:

$$q_{4a}'' = 1,57 \cdot \pi \cdot \left( x_2 - x_1 - 0,0637 \cdot \ln \frac{0,0637 + x_2}{0,0637 + x_1} \right) \text{ kcal/h} \quad . . 20b)$$

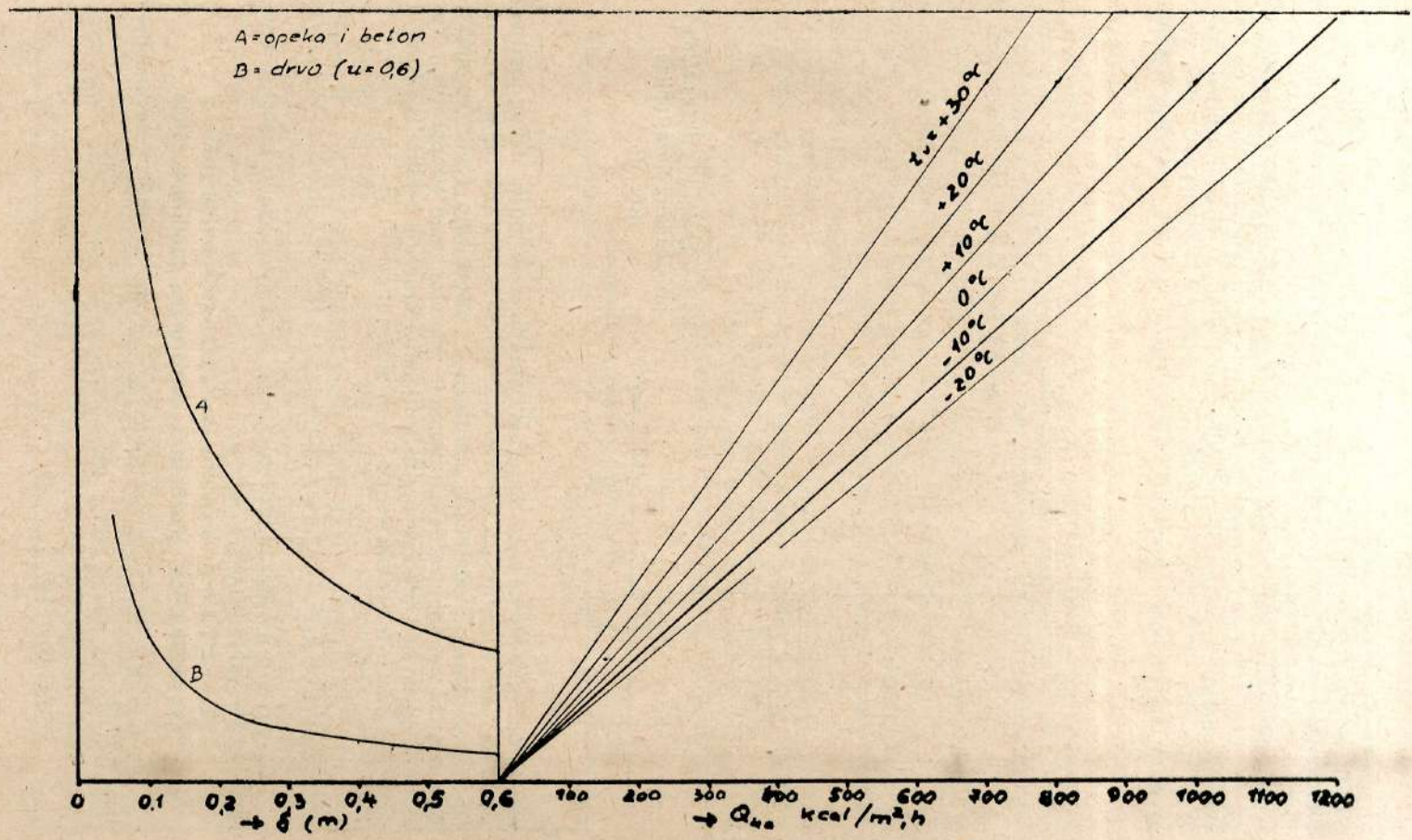
Za  $x_1 = 0,5$  načinjena je tabela VII. Ukupni gubitak topline uslijed konvekcije i prelaza topline kroz tlo oko parionice dobivamo dakle tako, da unutarnji opseg 1, izražen u m, pomnožimo sa odgovarajućim vrijednostima tabele VI i tome dodamo  $q''_4$  prema tabeli VII, i taj zbroj pomnožimo sa ( $t_p - t_v$ ). U jednom izrazu možemo to prikazati:

$$Q_{4a}'' = (t_p - t_v) \cdot (l_p \cdot q_{x_1 - x_2} + q_{4a}'') \quad . . . \text{ kcal/h} \quad . . . 20c)$$

Gubici topline konvekcijom kroz zidove, strop i pod parionice iznose dakle:

$$Q_{4a} = Q_{4a}' + Q_{4a}'' \quad . . . \text{ kcal/h} \quad . . . 20d)$$

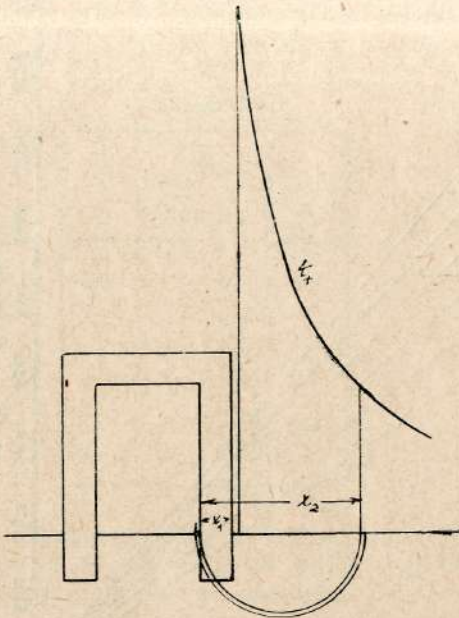




Sl. 14. — Dijagram gubitaka prolaza topline kroz zidove parionice



b) **Gubici topline uslijed zračenja.** — Kod toplinski dobro izoliranih zidova ovi gubici znatno su manji od gubitaka konvekcije i prelaza. U tom slučaju imamo naime na vanjskim ploham zidova niske temperature, a gubici zračenja proporcionalni su sa četvrtom potencijom apsolutne temperature ( $^{\circ}\text{K}$ ). Do nešto veće izmjene topline zračenjem dolazi na pr. kod vrata parionice, kod kojih vlada na vanjskoj plohi obično viša temperatura negoli je to slučaj kod zidova. Gubici uslijed zračenja topline ne dolaze u praksi nikad sami, nego uvijek istodobno sa gubicima prelaza i konvekcije. Kao što je poznato, zračenje topline



Sl. 15. — Šematski prikaz načina proračuna prolaza topline kroz tlo

vrši se bez posredstva neke materije, dakle neposredno sa nekog toplijeg tijela na neko hladnije. Za izmjenu topline zračenjem prikladna su samo tijela koja imaju svojstvo da emitiraju i apsorbiraju toplinske zrake. Kod izmjene topline zračenjem nemamo monotoni pad temperatura, kao što je to slučaj kod prelaza topline. Intenzitet zračenja topline izračunava se po Stefan-Boltzmannovom zakonu:

$$q_z = c \cdot \left[ \left( \frac{T_1}{100} \right)^4 - \left( \frac{T_2}{100} \right)^4 \right] \dots \text{kcal/m}^2, \text{ h} \dots \dots \dots 21).$$

Ovdje je  $c$  konstanta zračenja, koja za drvo i opeku iznosi 4, a za zemlju (tlo)  $1,85 \text{ kcal/m}^2, \text{ h}, ^{\circ}\text{K}^4$

$T_1 = 273,1 + t_1$  apsolutna temperatura toplijeg tijela

$T_2 = 273,1 + t_2$  apsolutna temperatura hladnijeg tijela

Za praktični proračun načinjena je analogna formula kao kod prelaza topline:

$$q_z = b \cdot c \cdot (t_1 - t_2) \dots \dots \dots \text{kcal/m}^2, \text{ h} \dots \dots \dots 22). \\ = a_z \cdot (t_1 - t_2)$$



Ovdje je  $b$  temperaturni faktor koji ovisi o temperaturama obaju tijela. On je izračunat iz izraza:

$$b = \frac{\left(\frac{T_1}{100}\right)^4 - \left(\frac{T_2}{100}\right)^4}{t_1 - t_2}$$

Ukupna toplina predana zračenjem na neku plohu ili sa neke plohe  $F$  iznosi:

$$Q_{zb} = b \cdot c \cdot F \cdot (t_1 - t_2) \dots \dots \dots \text{kcal/h} \dots \dots \dots 23)$$

Ovdje  $F$  označuje plohu zračenja koja je izražena u  $m^2$ .

Primjer: ako u parionicu, u kojoj imaju nutarnji zidovi temperaturu  $+60^\circ C$ , uvezemo svježiu građu koja ima temperaturu  $+20^\circ C$ , pita se sa kojim će početnim intenzitetom zračenja prelaziti toplina sa nutarnje plohe zida na građu? Rješenje:

$q_z = b \cdot c \cdot (t_1 - t_2)$ ; iz tabele VIII nalazimo  $b = 1,231$ ; konstanta zračenja  $c = 4$ ; prema tome imamo  $q_z = 1,231 \cdot 4 \cdot 40 = 196,96 \text{ kcal/m}^2, h$

Naravno da će se sam zid isto tako intenzivno početi hladiti. Time će temperatura njegove površine bivati sve manja, a stoga će naglo opadati i sam intenzitet zračenja.

Kako zračenjem predana toplina u ovom slučaju prelazi samo na one plohe građe, koje su okrenute prema zidu, nastat će na tim dijelovima građe uslijed naglog zagrijavanja unutarnja naprezanja i naglo sušenje površine. Ovo može štetno djelovati na površinski sloj građe. Stoga se ne smije građa u parionicama i sušionicama niti naglo zagrijavati, niti naglo ohlađivati.

**Tabela VIII**  
Temperaturni faktori zračenja-b. (4)

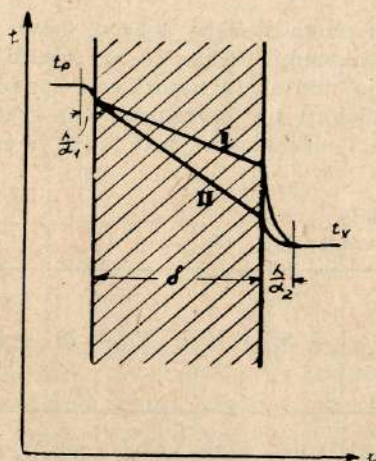
$t_1 \backslash t_2$ °C	- 20	- 15	- 10	- 5	0	+ 5	+ 10	+ 15	+ 20	+ 30
+ 100	1,272	1,299	1,325	1,352	1,380	1,409	1,438	1,468	1,498	1,561
+ 80	1,143	1,159	1,193	1,220	1,246	1,275	1,302	1,331	1,359	1,419
+ 60	1,025	1,049	1,073	1,098	1,224	1,150	1,176	1,204	1,231	1,289
+ 40	0,917	0,939	0,963	0,986	1,011	1,036	1,061	1,087	1,114	1,169
+ 30	0,866	0,888	0,911	0,934	0,958	0,983	1,008	1,033	1,058	1,109
+ 20	0,818	0,840	0,862	0,885	0,908	0,932	0,956	0,981	1,006	1,058
+ 15	0,796	0,816	0,838	0,861	0,884	0,907	0,930	0,955	0,981	1,033
+ 10	0,772	0,794	0,813	0,837	0,860	0,883	0,905	0,930	0,956	1,008
+ 5	0,750	0,771	0,792	0,814	0,836	0,860	0,883	0,907	0,932	0,983
0	0,729	0,749	0,770	0,791	0,813	0,836	0,860	0,884	0,908	0,958
- 5	0,708	0,728	0,748	0,769	0,791	0,814	0,837	0,861	0,885	0,934
- 10	0,688	0,708	0,727	0,748	0,770	0,792	0,813	0,838	0,862	0,911
- 15	0,667	0,688	0,708	0,728	0,749	0,771	0,794	0,816	0,840	0,888
- 20	0,647	0,667	0,688	0,708	0,729	0,750	0,772	0,796	0,818	0,866



Ovdje možemo podsjetiti na činjenicu da intenzitet topline koju sunce zrači na površinu zemlje u ljetnim mjesecima za podnevnih sati doseže do  $800 \text{ kcal/m}^2 \text{ h}$ , uzeto na horizontalnu plohu. Na stovarištima građe bi uslijed toga došlo do naglog sušenja i kvarenja građe, ako ova ne bi bila zaštićena od direktnog sunčevog zračenja. Građa, koja je natkrivena, zaštićena je od toga štetnog djelovanja.

Tabela VIII služi za izračunavanje gubitaka topline zračenjem u slučaju da nam je poznata vanjska temperatura, tj. u našem slučaju temperatura okoline parionice, i osim toga temperatura same plohe stijene koja zrači. Općenito imamo u početku parenja zračenje unutar parionice, a za cijelo vrijeme imamo zračenje topline na vanjskim ploham. Samo ovo zračenje predočuje gubitke.

Zračenje dolazi istodobno sa konvekcijom i prelazom topline, te se izračunavanje po naprijed spomenutom načinu odnosi samo na jedan dio gubitaka topline zidova. Promatrajući toplinsku bilancu ove kombinirane izmjene topline dolazimo do spoznaje da će temperatura vanjskih ploha u ovom slučaju biti niža, nego li u slučaju same konvekcije. Grafički je to prikazano u sl. 16.) Linija I označuje slučaj isključive konvekcije, a linija II slučaj istodobne konvekcije i zračenja.



Sl. 16. — Prikaz toka temperature kroz zid za slučaj samo prelaza i konvekcije (I), kao i za slučaj istodobnog zračenja (II)

Označimo li sa  $t_2'$  temperaturu vanjske plohe za slučaj isključive konvekcije, a sa  $t_2''$  za slučaj istodobnog zračenja i konvekcije, i ostavimo li ostale oznake kao prije, to imamo kod konvekcije:

$$q_{\text{konv}} = \alpha_2 \cdot (t_2' - t_v) \dots \text{kcal/m}^2, \text{ h} \dots \dots \dots 24a)$$

a za slučaj konvekcije i zračenja:

$$q_{k+z} = \alpha_2 \cdot (t_2'' - t_v) + c \cdot \left[ \left( \frac{273,1 + t_2''}{100} \right)^4 - \left( \frac{273,1 + t_v}{100} \right)^4 \right] \dots \dots \dots \text{kcal/m}^2, \text{ h} \dots \dots \dots 24b)$$



I u jednom i u drugom slučaju sva ova toplina dolazi kroz zid sa unutarnjih ploha parionice. Ona iznosi:

$$q_{st} = \frac{\lambda}{\delta} \cdot (t_p - t_2) \dots \dots \text{kcal/m}^2, \text{h} \dots \dots 25)$$

Ako imamo na vanjskoj plohi samo konvekciju, onda je  $t_2 = t_2'$ , ako na vanjskoj plohi imam konvekciju i zračenje, onda je  $t_2 = t_2''$ . Toplina koja prolazi kroz zid kod ustaljene izmjene jednaka je toplini koja se sa vanjske plohe gubi. U protivnom bi se sam zid zagrijavao ili ohlađivao. U tom slučaju bismo tok temperature morali promatrati u ovisnosti o vremenu, slično kao što je to bilo u odsječku 2. Prema rečenom može se dakle postaviti:  $q_{st} = q_{k+z}$  odnosno:

$$\frac{\lambda}{\delta} \cdot (t_p - t_2'') = \alpha_2 \cdot (t_2'' - t_v) + c \cdot \left[ \left( \frac{273,1 + t_2''}{100} \right)^4 - \left( \frac{273,1 + t_v}{100} \right)^4 \right] \dots \dots 26a)$$

Preinačimo li taj izraz tako da na lijevoj strani ostanu članovi sa  $t_2''$ , te uredivši izraz za lakše izračunavanje dobivamo:

$$(273,1 + t_2'' \cdot \left( \alpha_2 + \frac{\lambda}{\delta} \right) + c \cdot \left( \frac{273,1 + t_2''}{100} \right)^4 = \frac{\lambda}{\delta} \cdot (273,1 + t_p) + \alpha_2 \cdot (273,1 + t_v) + c \cdot \left( \frac{273,1 + t_v}{100} \right)^4 \dots \dots 26b)$$

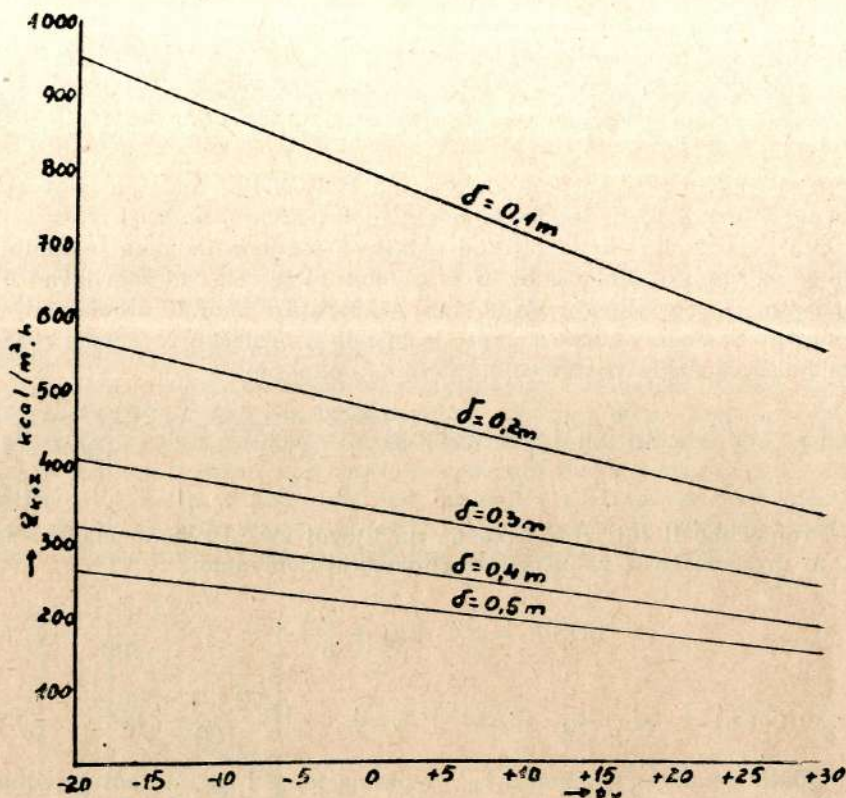
Odatle se može izračunati  $t_2''$ , a prema tome i  $q_{k+z}$ . Radi pojednostavljenja računanja pri projektiranju i analiziranju donosimo dijagram gubitaka na zidovima zidanih i betonskih parionica za slučaj zračenja i konvekcije (sl. 17). Gubitak topline konvekcije i zračenja iznosi:

$$Q_{4ab} = \frac{\lambda}{\delta} \cdot F \cdot (t_p - t'') \dots \dots \text{kcal/h}$$

Pri tome je pretpostavljeno:  $\lambda = 1,2 \text{ kcal/m, h, } ^\circ\text{C}$ ;  $\alpha_1 = 6000 \text{ kcal/m}^2, \text{h, } ^\circ\text{C}$ ;  $\alpha_2 = 20 \text{ kcal/m}^2, \text{h, } ^\circ\text{C}$ . Uzeti su dakle nepovoljni uslovi tako da dobivamo maksimalne gubitke do kojih može stvarno doći u praksi.

c) **Difuzni gubici** — Kod postojećih zidanih parionica ova vrsta gubitaka zajedno sa gubicima propusnosti po svom iznosu redovno iznosi više od polovine ukupne potrošnje topline, konkretno ogrjevne pare. Očigledno je dakle da smanjenje tih gubitaka do potpunog eliminiranja znači veliko povećanje ekonomičnosti rada parionica, a time i znatno smanjenje proizvodnih troškova bukove parene građe. Uzrok difuznih gubitaka jest poroznost zidova. Poznata je činjenica da se u zidanim prostorijama i u slučaju dobrog zatvaranja vrata, prozora i ostalih otvora uzduh izmjenjuje, obnavlja. Međutim, u općem građevinarstvu ta činjenica ne prouzrokuje naročito velike gubitke topline, jer je sadržaj topline uzduha relativno malen. Sasvim je drugi red veličina tih gubitaka difuzijom, kada promatramo slučaj parionice, gdje u prostoriji imamo vodenu paru pod stanovitim pretlakom. Gubici topline u ovom slučaju





Sl. 17. — Dijagram gubitaka topline konvekcijom i zračenjem za zidane i betonske zidove:  $t_p = 100^\circ \text{C}$ ;  $\lambda = 1,2 \text{ kcal/mh}^\circ \text{C}$ ;  $\alpha_1 = 6000 \text{ kcal/m}^2 \text{ h}^\circ \text{C}$   $\alpha_2 = 20 \text{ kcal/m}^2 \text{ h}^\circ \text{C}$ ;  $c = 4 \text{ kcal/m}^2, ^\circ\text{K}^4$

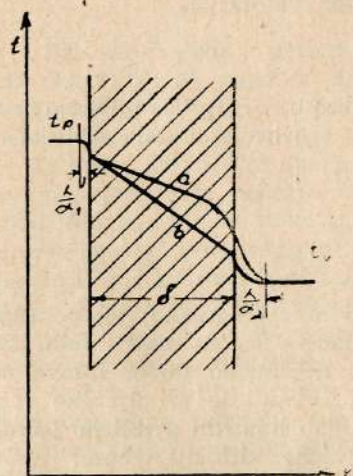
jesu, uslijed velikog sadržaja topline same pare, njenog pritiska i manje žilavosti do 100 i više puta veći nego li je to slučaj kod prostorija u kojima se nalazi uzduh. Ovo je dakle bitna razlika difuznih gubitaka na pr. kod stambenih zgrada i parionica, i nju moramo imati na umu pri projektiranju.

Prema debljini zidova i njihovoj poroznosti kod parionica imamo u početku procesa parenja prvo difuziju vlage-kondenzata — a od momenta, kada su zidovi maksimalno zagrijani, možemo imati i difuziju same vodene pare kroz zidove. Da li će doći samo do prvog ili do oba pojava, to ovisi o poroznosti, debljini i toplinskoj vodljivosti zida, o razlici temperatura i pritisku između unutarnjih i vanjskih zidova, a kod difuzije vlage još i o razlici specifične vlažnosti u smjeru difuzije.

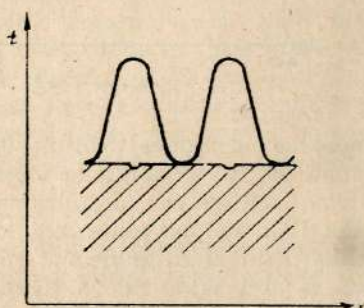
Početna difuzija vlage za vrijeme zagrijavanja zidova parionice u stvari ne znači povećanje gubitaka topline. Tom difuzijom dolazi kondenzat kroz zid na vanjsku plohu zidova. Kako je temperatura na ovoj plohi još niska, to se zidovi u to vrijeme »znoje«. Ovaj pojav ćemo primijetiti, kada toplinsko stanje okolnog uzduha ne odgovara uslo-



vima koji su potrebni za potpuno isparivanje vlage na vanjskoj plohi — dakle kada u okolini parionice vlada niska temperatura i veća relativna vlažnost uzduha uz slabo strujanje. Ovo vrijedi za vrijeme zagrijavanja zidova. Promatramo li toplinska zbivanja u zidu i oko zida, kada je on potpuno normalno ugrijan, primijetit ćemo da je temperatura vanjske plohe zida viša, negoli to odgovara običnom prelazu topline kroz zid. Već je odatle jasno da za zidove današnjih parionica ne vrijedi obični toplinski proračun o izmjeni topline kod homogenih tijela. Dok se ondje širila toplina unutar nekog tijela samo prolazom, ovdje imamo pored toga difuziju toplinskog sredstva — pare. Sažeto rečeno, ovaj pojav možemo ovako rastumačiti: do stanovite dubine zida dopire para iz unutrašnjosti parionice kroz šupljine — pore. Prodirući u zid ova para se sve više ovlažuje, odajući pri tom oslobođenu toplinu na samu masu zidova. Ako zidovi nisu dovoljno debeli možemo imati slučaj da kroz vanjsku plohu izlazi vlažna para, koja po tom biva od okolnog uzduha upijena. U ovom slučaju je temperatura na vanjskoj plohi parionice znatno viša negoli bi to odgovaralo običnom prelazu topline. Naravno da su tada veći i toplinski gubici i pored toga, što se direktno kroz zid gubi para. Ako je zid parionice deblji, tako da uslijed većeg otpora strujanja pare ova ne može dovoljno brzo da prolazi kroz zid da bi kao para izašla na vanjskoj plohi van, dobivamo još unutar zida potpunu kondenzaciju pare. Međutim, i u ovom slučaju imamo znatno višu temperaturu vanjske plohe zida, a prema tome i veći prelaz topline konvekcijom na okolni uzduh, koji, tako zagrijan, upija u sebe ispareni kondenzat. Poznato je da se oko zidova parionice osjeća u uzduhu primjesa parâ kiselina koje parenjem izlaze iz drvne mase. Ove pare nisu nikako drugačije mogle doći, nego li difuzijom kroz zidove. Na sl. 18 donesen je šematski prikaz toka temperatura kroz zid parionice za slučaj difuzije (linija a), kao i za slučaj kada nema difuzije (linija b). Za slučaj tankih zidova predložen je tok temperatura na vanjskoj plohi zida na sl. 19.



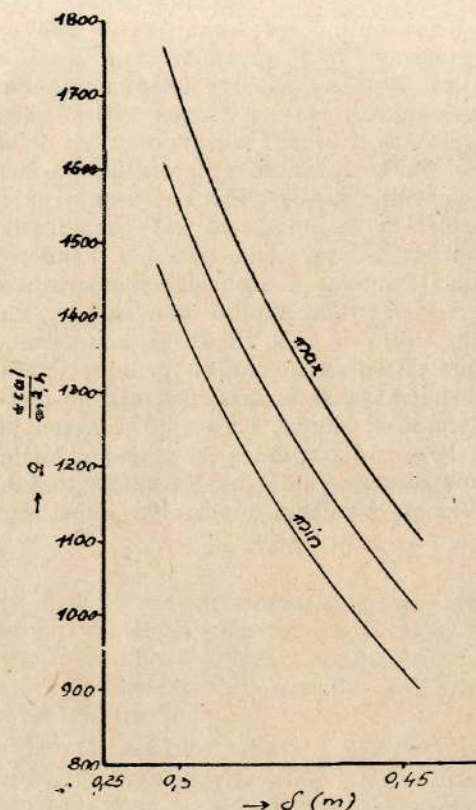
Sl. 18. — Prikaz upliva difuzije pare kroz zid na gubitke topline



Sl. 19. — Uz opis difuznih gubitaka



Ako u parionicu dolazi ispušna para nekog parnog stroja, ona sadrži neki mali dio disperziranog cilindarskog ulja. Radi nezatne procentualne količine tog ulja nije prilikom izvršenih mjerenja mogla biti ustanovljena neka razlika difuznih gubitaka prema slučaju, kada je u parionicu puštana čista para iz parnog kotla. Radi znatne raznolikosti u poroznosti zidova nije moguće postaviti neku formulu za izračunavanje gubitaka pare uslijed difuzije. To tim više, što se difuzni gubici ne mogu i ne smiju smatrati kao nužni, nego su oni u neku ruku indikator nesavršenosti toplinske izolacije stijena. Iz toga razloga, a na osnovu izvršenih indirektnih mjerenja donosimo približni dijagram gubitaka uslijed difuzije zidanih zidova — sl. 20. Srednje vrijednosti dijagrama



Sl. 20. — Dijagram približno ustanovljenih difuznih gubitaka

odnose se na zidove debljine 0,30 do 0,45 m pri vanjskoj temperaturi uzduha 20° C. Ekstremne vrijednosti označene su sa **max** i **min**. Za vrijeme pokusa sa parionicama, koje su djelomično imale zidove od opeka i od betona, pa čak i kombinirano, nisu bile primijećene veće razlike u difuznim gubicima. Stoga ih možemo smatrati približno jednaka za obje vrste zidova. Gubici topline uslijed difuzije iznose:

$$Q_{4c} = q_{4c} \cdot F \dots \text{kcal/h}$$

$q_{4c}$  uzimamo iz dijagrama sl. 20.



Ovdje treba spomenuti da nije ispitivan potrošak pare kod privremenih drvenih parionica, nego samo kod zidanih i betonskih, dakle kod parionica stalnog karaktera. Ukupni gubici topline kroz zidove i kroz pod parionice iznose:

$$Q_4 = Q_{4a} + Q_{4b} + Q_{4c} = Q_{4ab} + Q_{4c} + Q_{4a}'' \dots \text{kcal/h}$$

### 5) Gubici topline uslijed propusnosti

Nesavršenost zatvaranja dosjednih ploha vrata i ostalih otvora parionice prouzrokuje direktni gubitak jednog dijela pare, koji odilazi neiskorišten iz parionice u atmosferu. Ove gubitke možemo ispravnim održavanjem parionice i stručnim nadzorom skoro potpuno eliminirati. Oni nisu uslovljeni nekom tehnološkom potrebom. Zbog toga ih mi ne obuhvaćamo nekom formulom, nego ih samo procjenjujemo. Radi zornijeg prikaza veličine tih gubitaka navest ćemo samo da u slučaju parionice koja radi sa ispušnom parom i ima neznatni pretlak (ispod 500 mm s. v.) po svakom otvoru presjeka 1 cm<sup>2</sup> izlazi na sat do 30 kg pare. Kod iole dobre parionice gubici nepropusnosti ne smiju da prijeđu 5% od ukupne količine pare, koja ulazi u parionicu. Prema tome možemo postaviti kao maksimalno

$$Q_{s,max} = 0,05 \cdot (Q - Q_c) = 0,0527 \cdot (Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 - Q_k) \dots \text{kcal} \dots 27)$$

Ovdje Q označuje ukupni sadržaj topline pare koja dolazi u parionicu, a Q<sub>k</sub> sadržaj topline kondenzata koji izlazi iz parionice. Zbog poteškoće pri određivanju Q<sub>s</sub> najbolje je da se u analizi potroška odrede gubici difuzije i propusnosti u jednom iznosu, dakle u stvari njihov zbroj. To je tim više na mjestu, što obje ove vrste gubitaka predočuju pretežno izravni gubitak pare koji treba nastojati eliminirati na sličan način, naime zatvaranjem.

### 6) Gubici topline u parnom cjevovodu

Para se dovodi u parionicu cjevovodom bilo iz nekog parnog kotla, bilo kao ispušna para iz cilindra nekog parnog stroja odn. iz parne turbine. Cijevi, kojima se para dovodi, treba da su dobro toplinski izolirane, kako bi se što manje topline u njima gubilo. Cjevovod treba da je što kraći, da ima što manje krivina i da ima dovoljan promjer. Potonje dvoje potrebno je naročito kada se radi o ispušnoj pari, kako bismo imali što manji pad tlaka u cjevovodu. Ovaj treba da ima blagi nagib prema parionicama, a na kraju — prije ulaza u parionicu — treba da para prolazi kroz odvajач vode iz koga se odvodi kondenzat koji je nastao uslijed toplinskih gubitaka samog cjevovoda, prije negoli para uđe u parionicu. Pored dobrog izoliranja parni cjevovod treba da je zaštićen od kiše i uopće od vanjske vlage.

Gubitak topline u parnom cjevovodu u stvari je toplina koja je iz pare prenesena kroz zid cijevi i izolacioni sloj na okolinu, u našem konkretnom slučaju na okolni uzduh. Kako ovi gubici nemaju neke specifične izuzetnosti u slučaju dovoda pare za parionice, to ćemo ovdje u kratko navesti tok proračuna. Prema stručnoj literaturi gubitak topline cjevovoda računa se općenito na slijedeći način:

$$q_6 = k_c \cdot L \cdot (t_u - t_v) \dots \text{kcal/h} \dots 28)$$



Ovdje označuje:

$k_c$  = koeficijent prolaza topline kroz 1 m cjevovoda, kcal/m, °C, h,  
 $L$  = proračunska dužina cjevovoda koja se dobiva na taj način, što se stvarnoj dužini dodaju dodaci kojima se uzimaju u obzir prirubnice (rubni završeci cijevi), ventili, cijevni nastavci itd. Ti dodaci uzimaju se za

1 golu prirubnicu . . . . . 3 m izolirane cijevi  
 1 goli ventil . . . . . 5 do 7 m izolirane cijevi  
 1 izolirani ventil . . . . . 3 m izolirane cijevi  
 za cijevne visilice i potpore . . . . . oko 10% ukupne dužine

$t_u$  = temperatura uzduha u okolini cjevovoda, °C

$t_v$  = temperatura uzduha u okolini cjevovoda, °C

Koeficijent prolaza topline dobiva se za izolirane cijevi iz izraza:

$$k_c = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1 \cdot d_1} + \frac{1}{2 \cdot \lambda_1 \cdot \ln \frac{d_m}{d_1}} + \frac{1}{2 \cdot \lambda_2 \cdot \ln \frac{d_2}{d_m}} + \frac{1}{\alpha_2 \cdot d_2}} \text{ kcal/m, } ^\circ\text{C, h 29)}$$

gdje je  $\lambda_1$  = koeficijent toplinske provodljivosti materijala cijevi

gdje je  $\lambda_2$  = koeficijent toplinske provodljivosti izolacije

gdje je  $d_1$  = unutarnji promjer cijevi, m

gdje je  $d_m$  = vanjski promjer cijevi, odn. unutarnji promjer izolacije, m

gdje je  $d_2$  = vanjski promjer izolacije, m

Gornja formula u praksi se obično pojednostavljuje. Ovdje ćemo donijeti u tabeli vrijednosti za  $k$  za slučaj gole cijevi kao i izolacije zemlje kremenjače (njem. Kieselgur), uz pretpostavku  $\lambda_2 = 0,12$  kcal/m, °C, h. Ovakovu izolaciju naime kod parionica obično susrećemo u praksi. U slučaju izolacije sa drugim koeficijentom toplinske provodljivosti  $\lambda$  treba računati po formuli 29.

$\alpha_1$  i  $\alpha_2$  jesu koeficijenti prelaza topline konvekcijom, a spomenuti su već bili u otsječku o gubicima topline kroz zidove parionice.

**Tabela IX**

Koeficijent  $k_c$  kcal/m, °C, h za  $\lambda = 0,12$  kcal/m, °C, h

Promjer cijevi, mm	Debljina izolacije, mm					
	0	20	30	40	50	60
57,5/63,5	1,40	0,920	0,785	0,70	0,640	0,590
64/70	1,54	0,985	0,840	0,745	0,680	0,625
70/76,2	1,67	1,05	0,890	0,785	0,715	0,655
76,5/83	1,82	1,13	0,945	0,835	0,755	0,695
82,5/89	1,96	1,20	1,000	0,880	0,795	0,730
88,5/95	2,09	1,25	1,040	0,910	0,825	0,755
94,5/102	2,24	1,32	1,090	0,955	0,860	0,785
100,5/108	2,37	1,38	1,140	0,995	0,895	0,815

(Po Cammerer-u)



U stručnoj literaturi (8) nailazimo ponekad na tabele u kojima su gubici topline u cjevovodima izraženi u kg pare. To je međutim primjenljivo samo za slučaj da se radi o nepromjenljivim toplinskim uslovima kako pare, tako i okoline. Način kako je on naveden ovdje, svakako je općenitiji, ali i točniji. Ponovno treba naglasiti da goli i nedovoljno izolirani cjevovodi, kada su izvrgnuti kiši, snijegu ili kako-voj drugoj vlazi, mogu imati i do 100 puta veće gubitke, nego li dobro izolirani i zaštićeni cjevovodi na suhom mjestu. Na to treba skrenuti najveću pažnju osobito kod cjevovoda koji su položeni u kanale ispod površine zemlje i koji se uslijed toga teže nadziru.

### UKUPNA POTREBA PARE ZA PARIONICE

Iz svega do sada rečenoga slijedi da je za parionicu ukupno potrebna toplina:

$$Q_{uk} = Q_1 + Q_2 + Q_3 + \tau \cdot Q_4 + Q_5 + Q_6 \dots \dots \dots \text{ kcal} \dots \dots \dots 28)$$

Ovdje su  $Q_1, Q_2, Q_3, Q_5, Q_6$  količine utroška topline za cio proces parenja, a  $Q_4$  jest satna količina  $\cdot \tau =$  trajanje parenja. Kako je nosilac topline u parionici isključivo vodena para, to se zadatak praktički svodi na određenje te potrebne količine pare. Ova dolazi u parionicu ili kao zasićena, ili — a to je najčešći slučaj — kao mokra ispušna para, koja je već izvršila radnju u nekom parnom stroju ili turbini. Pregrijana para ni u kom slučaju ne dolazi u obzir za potrebe parionica, osim ako se prethodno ovlaži.

Tabela X

Korisno predana toplina zasićene pare parionici (2)

$p_o$	atp	0,1	0,2	0,5	1,—	2,—	3	4	5	6	7	8	9	10
Q	$\frac{\text{kcal}}{\text{kg}}$	539,4	540,3	542,8	545,8	550,3	553,4	555,8	557,8	559,4	560,8	562	563	563,9

Iz tabele X za zasićenu vodenu paru vidimo koliko ona topline predaje parionici, ako u ovoj vlada pritisak 0,033 atp, odn. temperatura 100°C. Prije ulaska u parionicu pritisak pare se pomoću redukcionog ventila smanjuje na poželjnu visinu, tako da u samoj parionici imamo stalno oko 0,033 do 0,1 atp. Za slučaj ispušne pare redukcionni ventil nije neophodno potreban. Ovo vrijedi za pilanske zidane, betonske i drvene parionice. Prilikom reduciranja pritiska, para je na ulazu nešto pregrijana, i to je štetno za drvenu građu na koju tako pregrijana para dođe. Međutim, smišljenim vođenjem pare možemo tu opasnost izbjeći. Ovu pregrijanu paru treba voditi tako da se ovlaži sa kondenzatom koji se nalazi na zidovima, što se može vrlo lako postići. Sadržaj topline ispušne pare, koja se najčešće upotrebljava za parionice, zavisi o toplinskom stanju, kojim para izlazi iz parnog stroja ili turbine. Pritisak te ispušne pare zavisi o opterećenju stroja, a naravno i o stanju pare na ulazu u parni stroj. Radi mnogostruke zavisnosti mi ovdje ne postav-

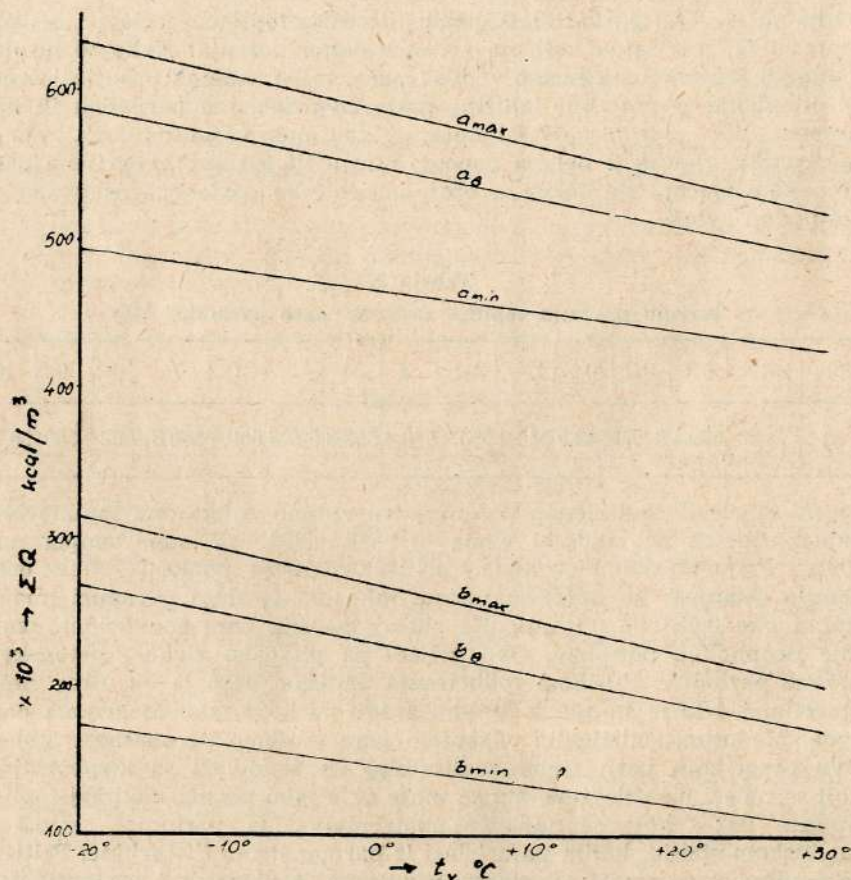


ljamo neku tabelu. Na osnovu karakteristika većine parnih strojeva u drvenoj industriji možemo uzeti da sadržaj topline ispušne pare iznosi u prosjeku oko 610 kcal/kg. Za slučaj potpunog kondenziranja pri temperaturi isparivanja ta će para predati oko 515 kcal/kg.

Primjer: neka parionica treba na sat 400000kcal. Koliko joj treba privesti svježe suho zasićene pare pritiska 4 atp, a koliko ispušne pare? Rješenje: a)  $400000 : 555,8 = 716$  kg/h

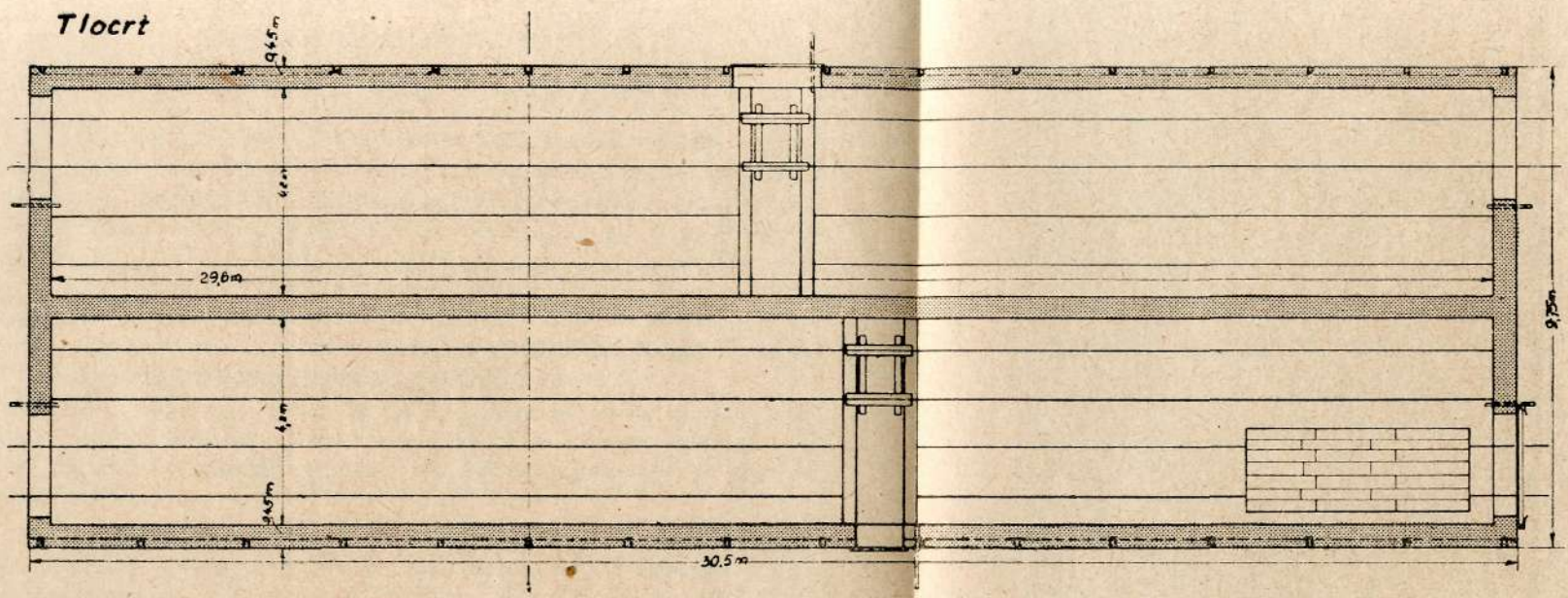
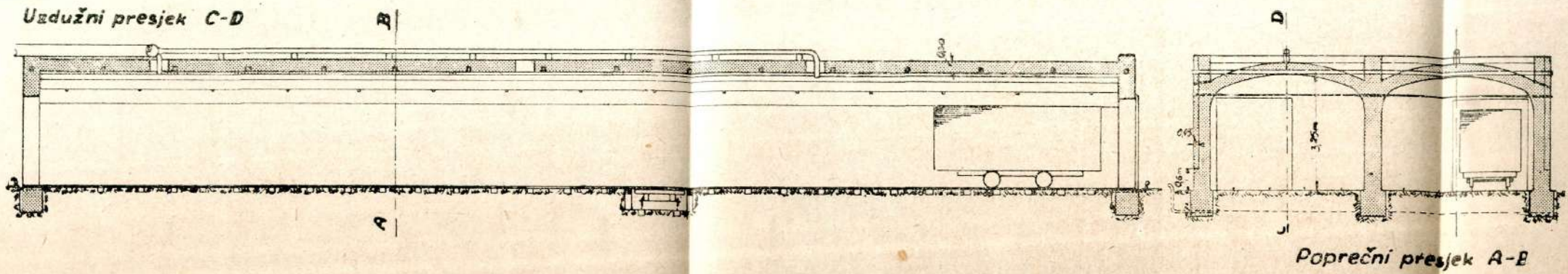
$$\text{b) } 400000 : 515 = 777 \text{ kg/h}$$

Da bismo dobili orijentaciju u pogledu utroška pare pri parenju, donosimo slijedeći dijagram (sl. 21). On je rađen za zidanu parionicu sa dobrim prostornim iskorištenjem (0,385). U samom dijagramu imamo prikazan utrošak za slučaj obične konstrukcije parionice, dakle sa gubicima propusnosti i difuzije zidova (linije a), kao i za slučaj da su zidovi nepropusni i da je provedena izolacija poda (linije b). Maksimalne vrijednosti odnose se za slučaj da se parionica posve ohladi na vanjsku temperaturu prije idućeg procesa parenja, a minimalni potrošak odnosi



Sl. 21. — Orijetacioni dijagram potroška pare pri parenju bukovine





**PARNE KOMORE**

**M 1:100**



se na slučaj da uopće nema ohlađivanja za vrijeme manipulacije, tj. da imamo pogon bez prekida. Između tih vrijednosti nalazi se stvarna vrijednost. Srednji utrošak vrijedi za trajanje manipulacije od 8<sup>h</sup>.

Iz ovog dijagrama je vidljivo da potpunom eliminacijom gubitaka difuzije kroz zidove i kroz pod možemo uštediti oko 320000 kcal/m<sup>3</sup>. Uzmemo li da parionica radi godišnje 6 mjeseci sa po 12 operacija mjesečno, to bi po 1 m<sup>3</sup> instaliranog kapaciteta parionice imali godišnju uštedu:  $6 \cdot 12 \cdot 600 = 43.200$  kg pare, što, na pr. uz cijenu 0,15 Din/kg iznosi u vrijednosti 6.480 Din, odnosno po 1 m<sup>3</sup> parene građe Din. 90.— Ako je, na pr., kapacitet (sadržaj građe) neke parionice 20 m<sup>3</sup>, godišnja ušteda za tu parionicu iznosi:  $20 \cdot 6.480 = 129.600$  Din. Ovo je ušteda samo kod jedne komore parionice, a k tome treba uzeti u obzir činjenicu da će i angažiranje kotlovske površine biti za oko 50% manje, dakle će velika površina kotla stajati na raspolaganju za pokriće potrebe pare u druge svrhe (za sušionice i sl.). Ova uštedena količina pare redovno će biti dovoljna da se normalno osuši parena građa u sušionici.

## B) OPIS I ANALIZA MJERENJA

### I Opis parionica s kojima su vršena mjerenja

1) Zidana parionica (Sl. 22) — Nutarnja dužina 29,6 m; širina 4,2 m; srednja visina 3 m. Građa bočnih zidova: opeka sa vanjskom betonskom pločom ukupne debljine 45 cm. Strop je lučni od opeka, debljine 30 cm. Vrata jednostruka drvena debljine 10 cm (otvor 2 · 2,5 m). Dovod ogrjevne pare odozgo s posebnim vodom za svježju, a posebnim za ispušnu paru. Odvod kondenzata na čelu i sa strane kroz sifonske cijevi. Uslijed dotrajalosti parionice, kondenzat je istjecao i kroz neke pukotine. Za mjerenje stanja pare u parionici služio je manometar, štapni termometar skale 0—200°C i obični tlakomjer do 500 mm s. v.

Parenje građe vrši se na vagonetima. Kroz parionicu prolazi jedan kolosjek širine 1000 mm. Pored njega nalazi se u samoj parionici još jedan, na koji se vagoneti prevoze pokretnim mostom koji se nalazi u sredini parionice.

2) Željezna parionica — To je u stvari bio željezni rezervoar, promjera 3000 mm. dužine 8 m, a sadržaja 60 m<sup>3</sup>. Prvobitno je bio dozvoljen pritisak u kotlu od 3 atp. Ima kolosjek, ali se radi boljeg prostornog iskorišćenja građa slaže. Zasićena ogrevna para dolazi kroz cijev u dnu kotla, a na najnižoj tački odlazi kondenzat kroz sifonsku cijev. Parionica nije izolirana, a isto tako ni parni cjevovod koji je dužine oko 100 m. Mjernih instrumenata nema.

### II Opis vršenja pokusa

Potrošak pare bio je ustanovljavan u zidanoj parionici indirektno, radi pomanjkanja potrebnih mjernih instrumenata. Mjerenje je dakle izvršeno na taj način što se je najprije posebnim pokusima utvrdio po-



trošak pare za pojedina opterećenja parnog stroja koji daje ispušnu paru u parionicu. Taj parni stroj tjerao je elektrogenerator, pa je stanje tereta moglo biti tačno očitavano i prema tome određena količina pare koja je za vrijeme pojedinih procesa parenja otišla u parionicu. Od te količine odbila se količina kondenzata u parnom cjevovodu od stroja do parionice. Kao kontrola izračunat je i proizvod pare u kotlovima za vrijeme parenja. Očitavanje količine kondenzata koji izlazi iz parionice nije bilo mjerodavno, jer usljed lošeg stanja parionice nije mogao biti sav uhvaćen, a sve da je to i bilo moguće ne bi na taj način mogla biti određena količina difundirane pare. Režim parenja bio je određen dugogodišnjim iskustvom tehničke uprave preduzeća. Opisani način mjerenja potroška pare bio je jedini mogući u datom slučaju sa raspoloživim sredstvima. Mjerenja su vršena u mjesecu julu 1950, a parila se bukovina iz ljetne sječe. Stoga je posvećena naročita pažnja stanju vlage građe i prije i iza parenja. Iz tih zapažanja moguće je izvesti dovoljno tačan zaključak za parenje građe iz zimske sječe, kada je grada mnogo vlažnija. Vлага građe određivana je tako da se odredila težina svježe probe, zatim parene, nakon čega se laboratorijski odredila vлага parene probe. Vлага svježe građe izračunavana je unatrag računski. Potrošak pare u željeznoj parionici utvrđen je direktnim očitavanjem kondenzata ogrevne pare a uz odbitak vlage isušenja.

### III Rezultati mjerenja

Zidana parionica, pokus 1 — Pareno je 62 m<sup>3</sup> bukove građe i friza raznih dimenzija. Trajanje parenja 48 sati. Ogrevna para: zasićena iz kotla u kojem je vladao pritisak 4 atp. Stanje pare u parionici: pretlak između 0,01 do 0,02 atp. Potrošak pare: 57600 kg, indirektno određen iz pojne vode kotla, utroška goriva i stepena djelovanja.

Analiza vlage parene građe: iz 6 probnih uzoraka određena je vлага parene građe 46,35%. Za provjeravanje ulazne vlage građe odvagani su i natovareni vagoneti prije i iza parenja. Laboratorijska analiza i spomenuta gruba vaganja dovoljno tačno su se poklapali i prema njima iznosila je ulazna vлага oko 45%. Prema tome znači da je grada za vrijeme parenja još upila oko 1,35% vlage. Razlog tome je bila velika prosušenost građe prije dolaska u parionicu, čemu je pogodovala izvanredna vrućina u julu 1950. Iz istog razloga ni kvalitet ovoga parenja nije zadovoljio. Za ilustraciju neobično toplog i suhog vremena možemo napomenuti da je 8-VII-1950 laboratorijski ustanovljena vлага kod nekoliko duže vrijeme na zraku sušenih bukovih friza čak 7,8%!

Pokus broj 2 — U pojedine međuprostore između dasaka na vagonetima umetane su frize. Pareno je 65 m<sup>3</sup> bukove građe raznih debljina. Trajanje parenja 48 h. Kao ogrevna para upotrebljena je ispušna para pilanskog parnog stroja. Utrošak iznosio je 77.200 kg. On je indirektno određen.



## Rezultati parenja probnih uzoraka.

Broj uzorka	Težina uzorka		Srednja vlaga		Razlika vlage	Primjedba o parenom uzorku
	svježeg	parenog	svježeg	parenog		
1/1	0,68 kg	0,690 kg	39,3%	41,4%	+ 2,1%	dovoljno pareno
1/2	0,68 "	0,706 "	29,0%	33,9%	+ 4,9%	" "
1/3	0,73 "	0,660 "	51,1%	36,6%	- 14,5%	" "
1/4	0,50 "	0,459 "	51,5%	39,0%	- 12,5%	" "
1/5	0,55 "	0,476 "	60,3%	38,7%	- 21,6%	dobro
1/6	0,75 "	0,625 "	67,0%	39,2%	- 27,8%	"
2/1	1,75 "	1,790 "	37,2%	40,4%	+ 3,2%	dovoljno
2/2	0,43 "	0,420 "	41,3%	38,0%	- 3,3%	"
2/3	0,55 "	0,511 "	52,9%	42,2%	- 10,7%	"
2/4	0,50 "	0,473 "	47,2%	39,4%	- 7,8%	"
2/5	0,90 "	0,795 "	57,7%	39,2%	- 18,5%	dobro
2/6	0,65 "	0,588 "	55,9%	41,2%	- 14,7%	dovoljno
3/1	0,85 "	0,807 "	61,0%	52,8%	- 8,2%	"
3/2	0,62 "	0,570 "	59,6%	46,7%	- 12,9%	dobro
3/3	0,60 "	0,591 "	43,3%	41,4%	- 1,9%	dovoljno
3/4	0,52 "	0,513 "	54,2%	52,1%	- 2,1%	"
3/5	0,73 "	0,628 "	86,5%	60,5%	- 26,0%	između dobrog i dovolj.
3/6	0,75 "	0,656 "	62,6%	42,3%	- 20,3%	dobro

Odatle je vidljivo da je u ovoj parionici bila dobro parena ona grada koja je imala početnu vlagu oko 60% ( $u = 0,6$ ). Za vrijeme parenja ova grada, koja je bila tanka do 38 mm, osušila se na oko 40% vlage. Uzorak 3/5 nije bio dobro paren radi svoje visoke početne vlage ( $u_1 = 86,5\%$ ), jer mu je konačna vlaga još uvijek bila  $u_2 = 60,5\%$ . Ostali materijal sa početnom vlagom ispod  $u = 0,55 = 55\%$  izašao je kvalitetno lošije paren, a u procesu parenja mu se vlaga ili neznatno smanjila, ili je čak porasla. Primjećeno je da sitni drveni materijal, na pr. bukove frize, iza obustave parenja na svojim čeonim stranama upiju nešto vlage i to do 5%. Ovo je potrebno uzeti u obzir pri određivanju utroška pare, ako se direktno mjeri kondenzat.

Pokus broj 3 — Parenje bukovih friza u željeznom kotlu. Natovareno je bilo oko 40 m<sup>3</sup> bukovih friza. Utrošak svježe pare 9.820 kg. Početno stanje pare u parnom kotlu 7 atp. Pritisak pare u parioničnom kotlu 0,1 do 0,2 atp. Trajanje parenja 30 h. Ovdje treba napomenuti također vanredno toplo vrijeme za vrijeme toga pokusa.

## IV Analiza utroška pare

Ovu analizu načinit ćemo obzirom na prvi pokus, kada su bili odvađani cijeli vagoneti grada, što nam dopušta da procijenimo kretanje vlage cijelog tovara. Analizirani će biti:

- Zagrijavanje mase drveta i vagoneta,
- Zagrijavanje zidova, stropa i poda sa odnosnim dijelovima,



- c) Gubici uslijed isparivanja vlage,  
d) Ostali gubici.

Vrijednosti su računate logaritmičkim računalom (logaritmarom).  
Na koncu analize bit će donesen zaključak.

$$\text{Ad a) Težina građe } G = 62 \cdot \frac{0,69}{1,20} \cdot 1,4635 = 52,2 \text{ t}$$

Spec. toplina građe ( $u = 0,41 = 41\%$ ) od  $20^\circ$  do  $100^\circ$  c = 0,528 kcal/kg  $^\circ\text{C}$ .

Toplina zagrijavanja drvene mase:

$$52200 \cdot 0,528 \cdot (100 - 20) = 2,204 \cdot 900 \text{ kcal}$$

Vagoneti: 11 komada. Težina željeza po vagonetu: 400 kg. Težina drveta u vagonetu: 200 kg.

Srednja spec. toplina vagoneta:

$$\frac{400 \cdot 0,13 + 200 \cdot 0,528}{600} = 0,262 \text{ kcal/kg } ^\circ\text{C}$$

Toplina za zagrijavanje vagoneta:

$$11 \cdot 600 \cdot 0,262 \cdot (100 - 20) = \dots \dots \dots 138300 \text{ kcal}$$

Ukupna toplina za zagrijavanje drvene mase

i vagoneta:

$$Q_i = 2343200 \text{ kcal}$$

Ad b) Debljina zida  $\delta = 0,45 \text{ m}$

Aktivni volumen zidova:

$$(30,5 + 2,1) \cdot 0,45 \cdot 3,2 = 88 \text{ m}^3$$

Spec. težina zidova:  $\beta = 1850 \text{ kg/m}^3$

Težina zidova:  $88 \cdot 1850 = 162800 \text{ kg}$

Spec. toplina zidova  $c = 0,22 \text{ kcal/kg } ^\circ\text{C}$

Srednja temperatura zidova (jedn. 7) (iznad temp. okoline):

$$t_m = \frac{t_p - t_v}{2} \cdot \left( 1 + \frac{\lambda}{\alpha_v \cdot \delta + \lambda} \right) =$$

$$\lambda = 1,2 \text{ kcal/m, h, } ^\circ\text{C}; \quad \alpha_v = 20 \text{ kcal/m}^2, ^\circ\text{C}$$

$$t_m = \frac{100 - 20}{2} \cdot \left( 1 + \frac{1,2}{20 \cdot 0,45 + 1,2} \right) = 44,7 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Toplina zagrijavanja zidova:  $162800 \cdot 44,7 \cdot 0,22 = 1601000 \text{ kcal}$

Debljina stropa  $\delta = 0,3 \text{ m}$

Volumen stropa  $38,4 \text{ m}^3 = (4,2 \cdot 30,5 \cdot 0,3)$

Spec. težina  $\beta = 1850 \text{ kg/m}^3$

Težina stropa:  $38,4 \cdot 1850 = 71040 \text{ kg}$

Spec. toplina stropa  $c = 0,22 \text{ kcal/kg } ^\circ\text{C}$

$\lambda$  i  $\alpha_v$  kao kod zidova.

Srednja nadtemperatura stropa:

$$t_m = \frac{100 - 20}{2} \cdot \left( 1 + \frac{1,2}{20 \cdot 0,3 + 1,2} \right) = 46,7 \text{ } ^\circ\text{C}$$



Toplina zagrijavanja stropa:

$$71040 \cdot 0,22 \cdot 46,7 = \dots \dots \dots 729900 \text{ kcal}$$

Vrata: Volumen  $2 \cdot 2,1 \cdot 2,5 \cdot 0,1 = 1,05 \text{ m}^3$

$$\text{Spec. težina: } \gamma = \frac{690}{1,2} \cdot 1,6 = 920 \text{ kg/m}^3$$

Spec. toplina ( $u = 0,6$ ):  $c = 0,578 \text{ kcal/kg } ^\circ\text{C}$

$\lambda = 0,239 \text{ kcal/m, } ^\circ\text{C, h; } \alpha_v = 20 \text{ kcal/m}^2, \text{ h, } ^\circ\text{C}$

Srednja temperatura vratiju:

$$t_m = \frac{100 - 20}{2} \cdot \left( 1 + \frac{0,239}{20 \cdot 0,1 + 0,239} \right) = 42,7 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Toplina zagrijavanja vrata:  $1,05 \cdot 920 \cdot 0,578 \cdot 42,7 = 23800 \text{ kcal}$

Zagrijavanje šinja i pokretnog mosta u parionici.

Materijal: željezo

Težina : 1,8 t

Toplina zagrijavanja šinja i pokretnog mosta:

$$1800 \cdot 0,1315 \cdot 80 = \dots \dots \dots 18900 \text{ kcal}$$

Zagrijavanje tla

Iz dijagrama sl. 7 slijedi da je za 48 h zagrijavanja tla utrošeno po svakom  $\text{m}^2$  poda:

$$q_{so - x_2} = 46000 \text{ kcal/m}^2$$

$$\text{Površina poda: } F = 29,6 \cdot 4,2 = 124,32 \text{ m}^2$$

Za zagrijavanje tla ispod parionice utrošeno je:

$$Q_2'' = 124,32 \cdot 46000 = 5718720 \text{ kcal}$$

Dubina zagrijavanja (iz sl. 7) : 1,025 m

Nutarnji opseg parionice

$$l_p = 2 \cdot (29,6 + 4,2) = 67,6 \text{ m}$$

Za zagrijavanje tla oko parionice utrošeno je

$$(\text{prema dijagramu — sl. 9}) Q_2''' = 1690000 \text{ kcal}$$

Prema tome bi ukupno bilo  $Q_2'' + Q_2''' = 5718720 +$

$1690000 = 7408720 \text{ kcal}$ . Ovo vrijedi za slučaj da je

tlo prvobitno imalo temperaturu  $0^\circ \text{C}$ . Kako to u

stvari nije bio slučaj (vrlo vruće ljeto 1950 g.), to

možemo uzeti početnu toplinu tla  $t_s = +10^\circ \text{C}$  te ko-

rigiramo zagrijavanje tla ispod i oko parionice

$$\frac{100 - 10}{100} \cdot (Q_2'' + Q_2''') = 0,9 \cdot 7408720 = \dots \dots \underline{6667848 \text{ kcal}}$$

Ukupna toplina zagrijavanja zidova, stropa, vra-

$$\text{ta, šinja i tla} \dots \dots \dots Q_2 = \dots \dots 9041448 \text{ kcal}$$

Ad c) — Iako na koncu parenja nije bilo smanjivanje težine — isu-

šivanja — ipak moramo pretpostaviti da je bio jedan dio građe sa većom

vlagom, koja se isparila, dok se istodobno previše suha građa ovlažila

i postala teža. Pretpostavimo li da se u prosjeku isparilo  $\Delta_u = 5\%$ , to

maksimalno mogući gubitak topline radi isparavanja iznosi:

$$Q_{s_{\max}} = 52200 \cdot \frac{0,05}{1,4635} \cdot 100 = 178400 \text{ kcal}$$



Ad d) — Ostale gubitke dobivamo tako, da od stvarno utrošene topline odbijemo ( $Q_1 + Q_2 + Q_3$ ) — Utrošena količina ogrevne pare ustanovljena je i iznosi: 57600 kg. Stanje pare u parnom kotlu: zasićena, 4 atp. Sadržaj topline pare;  $i = 655,8$  kcal/kg; ovo nalazimo u tabeli vodene pare. Ukupna količina topline privedene u ogrevnoj pari:

$$Q = 57600 \cdot 655,8 = 3777000 \text{ kcal (zaokruženo).}$$

### Gubici u cjevovodu

Promjer cjevovoda 57,5/63,5 mm. — Dužina cjevovoda 100 m; 14 pari golih prirubnica, 5 golih ventila. Prema tome proračunska duljina cjevovoda iznosi  $L_0 = 100 + 14 \cdot 3 + 5 \cdot 7 + 10 = 187$  m.

Radi lošeg stanja cjevovoda uzimamo gubitke topline u njemu kao da je na uzduhu bez izolacije. Prema tabeli IX iznosi gubitak po 1 m takve cijevi:  $q = 1,4 \cdot (103 - 20) = 116$  kcal/m, h.

Za cio cjevovod kroz 48 sati ovi gubici iznose:

$$Q_0 = 187 \cdot 48 \cdot 116 = \dots \dots \dots 1040000 \text{ kcal}$$

Prema tome stvarna količina topline privedena u samu parionicu iznosi:

$$Q - Q_0 = 37770000 - 1040000 = 36730000 \text{ kcal.}$$

### Toplina kondenzata

Kondenzat odlazi sa temperaturom oko  $100^\circ \text{C}$  iz parionice, pa uslijed toga imamo gubitak:

$$Q_k = 57600 \cdot 100 = \dots \dots \dots 5760000 \text{ kcal}$$

### Gubici prelaza i zračenja topline

Iz dijagrama (sl. 17) slijedi da se uz  $t_p = 103^\circ \text{C}$  i  $t_v = 20^\circ \text{C}$  gubi konvekcijom i zračenjem, za  $\delta = 0,45$  m:  $q_{z+k} = 192$  kcal/m<sup>2</sup>, h a za  $\delta = 0,3$  m:  $q_{z+k} = 276$  kcal/m<sup>2</sup>, h

Za vrata dobijemo računom prema jednadžbama 24b/, 25, 26 :

$$q_{z+k} = 173 \text{ kcal/m}^2, ^\circ\text{C}, \text{ h}$$

Na osnovu tih vrijednosti imamo:

Grad. dio parionice	Ploha	$q_{z+k}$	$Q_{z+k}$
	m <sup>2</sup>	kcal/m <sup>2</sup> , h	kcal
Zidovi	195,6	192	1802640
Strop	128,1	276	1697070
Vrata	10,5	173	87192

$$Q_{4ab} = \Sigma F \cdot q_{z+k} \cdot \tau = \Sigma Q_{z+k} = 3586902, \text{ ili zaokruženo } 3586900 \text{ kcal}$$



### Gubici topline prelazom kroz pod

Budući da pretpostavljamo prvo parenje iza dužeg stajanja parionice to gubici kroz pod nisu za cijelo vrijeme parenja konstantni. Uzet ćemo da su približno linearno rasli do konca parenja. Imamo dakle 50% gubitka prema tabelama VI i VII i formuli 20c:

$$Q_{4a}'' = (t_p - t_v) \cdot (l_p \cdot q_{x_1 - x_2} + q_{4a}'') = \\ = (100 - 20) \cdot (67,6 \cdot 0,5 + 2,3) = 2888 \text{ kcal/h}$$

Za 48 sati:

$$2888 \cdot 48 = 138600 \text{ kcal (zaokruženo),}$$

$$\text{a } 50\% \text{ od toga} \quad \dots \quad Q_{4a}'' \quad \dots \quad 69300 \text{ kcal}$$

Vidimo da su ovi gubici topline kroz tlo relativno maleni. Da bi se to bolje uočilo, mi ih u sljedećoj bilanci odvojeno iskazujemo. Da ustanovimo preostale gubitke difuzije i brtvljenja postupit ćemo na indirektni način, tj. da od ukupnog utroška topline odbijemo sve do sada izračunate utroške topline, a to su:

Zagrijavanje drvene mase i vagoneta	$Q_1 = 2343200 \text{ kcal}$	6,2 %
Zagrijavanje zidova, stropa, poda, vrata	$Q_2 = 9041448 \text{ kcal}$	23,94%
Gubici uslijed isparavanja vlage	$Q_{s_{max}} = 178400 \text{ kcal}$	0,47%
Gubici u parnom cjevovodu	$Q_6 = 1040000 \text{ kcal}$	2,75%
Gubici kondenzata	$Q_k = 5760000 \text{ kcal}$	15,25%
Gubici prelaza i zračenja topline nadzemnog dijela parionice	$Q_{s_{ab}} = 3586900 \text{ kcal}$	9,50%
Gubici prelaza topline kroz pod	$Q_{4a}'' = 69300 \text{ kcal}$	0,18%
	<hr/>	
	22019248 kcal	58,29%

Pored iznosa u kcal iskazan je ovdje za svaki gubitak i njegov procentualni odnos na ukupnu količinu privedene topline parionici. Gubitke difuzije i propusnosti (nedovoljnog zatvaranja) dobivamo iz razlike ukupno privedene topline i zbroja naprijed izračunatih utrošaka  $Q_1$  do  $Q_{4a}''$

$$\begin{array}{r} 3777000 \text{ kcal} \quad 100 \% \\ - 22019248 \text{ kcal} \quad - 58,29\% \\ \hline 15750752 \text{ kcal} \quad = 41,71\% \end{array}$$

Pribrojimo li ovim gubicima difuzije i propusnosti gubitke topline za zagrijavanje tla, to vidimo da oni skupa iznose:

$$\begin{array}{r} 15750752 \text{ kcal} \\ + 6667848 \text{ kcal} \\ \hline 22418600 \text{ kcal} = 59,36\% \end{array}$$

Ti gubici dakle iznose preko polovinu ukupnog utroška topline parionice. Ove gubitke treba svrsishodnom gradnjom parionica što više



smanjiti. U ovoj parionici iznosio je utrošak topline odn. pare po 1 m<sup>3</sup> parene bukovine  $\frac{37770000}{62} = 609200 \text{ kcal/m}^3$ , odn. 928 kg pare po 1 m<sup>3</sup>.

Ovdje treba ponovno naglasiti da smo ovdje imali slučaj tzv. prvog zagrijavanja. Smanjenjem gubitka difuzije, propusnosti i zagrijavanja tla na minimum taj specifični utrošak bi iznosio oko 300000 kcal/m<sup>3</sup> odnosno oko 460 kg pare po m<sup>3</sup>.

Prostorni koeficijent iskorištenja ove parionice iznosi samo 16,64%, a na 1 m<sup>3</sup> građe koja se nalazi u parenju otpada 7,45 m<sup>2</sup> vanjskih ploha parionice i poda. Ova parionica neće dakle nikada biti dovoljno ekonomična, jer joj građevni oblik ne odgovara. Približne karakteristike potroška topline ekonomično sagrađene parionice date su u sl. 21, a odnose se na parionicu sa prostornim iskorišćenjem od 38,5%.

### Analiza utroška pare u željeznoj parionici

Na 40 m<sup>3</sup> bukovih friza utrošeno je svega 9820 kg mokre pare, koja je u kotlu imala pritisak od 7 atp. Parenje je trajalo 30 sati. Prema tome je specifični utrošak topline za parenje iznosio:

$$\frac{9820 \cdot 660,8}{40} = 163200 \text{ kcal/m}^3; \text{ odn. } 245 \text{ kg pare po m}^3.$$

Ovdje je 660,8 = i = sadržaj topline zasićene pare uz 7 atp. Sada ćemo taj potrošak analizirati:

Parionički kotao — Površina (prema opisu)

$$2 \cdot \frac{3^2 \cdot \pi}{4} + 8 \cdot 3 \cdot \pi = 14,15 + 75,3 = 89,45 \text{ m}^2$$

Debljina zida kotla iznosi  $\delta = 15 \text{ mm} = 0,015 \text{ m}$ , materijal željezo, specifična toplina  $c = 0,1315 \text{ kcal/kg, } ^\circ\text{C}$ ; spec. težina  $\gamma = 7,8$

Težina kotla  $G = 89,45 \cdot 15 \cdot 7,8 = 10460 \text{ kg}$ .

Budući da je u kotlu vladao pritisak 0,1 do 0,2 atp, to imamo srednju temperaturu  $t_s = \frac{101,8 + 104,2}{2} = 103 \text{ } ^\circ\text{C}$ .

Srednja vanjska temperatura bila je  $t_v = 30 \text{ } ^\circ\text{C}$ .

Gubitak topline kroz zidove kotla — Budući da kotao ima veliki promjer sa relativno vrlo tankim zidovima, mi ćemo računati prema formulama 26b/25/, a uzevši i vrijednost za  $\alpha = 7 \text{ kcal/m}^2, ^\circ\text{C, h}$ ;  $\lambda = 50 \text{ kcal/m, } ^\circ\text{C, h}$ ; koeficijent zračenja  $C = 4 \text{ kcal/}^\circ\text{K}^4$ . Na taj način dobivamo temperaturu na vanjskoj plohi zida kotla  $t_2'' = 102,71 \text{ } ^\circ\text{C}$  a gubitke po 1 m<sup>2</sup>

$$\frac{\lambda}{\delta} \cdot (t_p - t_2'') = \frac{50}{0,015} \cdot (103 - 102,71) = 966,5 \text{ kcal/m}^2, \text{ h}$$

Ukupni gubici za 30 sati iznose:

$$Q_g = 966,5 \cdot 89,45 \cdot 30 = 2590000 \text{ kcal (zaokruženo)}$$

Zagrijavanje kotla — Srednja temperatura zidova iznosi:

$$t_s' = \frac{t_p + t_2}{2} = \frac{103 + 102,71}{2} = 102,86 \text{ } ^\circ\text{C}$$



Potrebna toplina za zagrijavanje:

$$Q_2 = G \cdot c \cdot (t_s' - t_v) = 10460 \cdot 0,1315 \cdot (102,86 - 30) = 100000 \text{ kcal}$$

Zagrijavanje građe — Početna vlaga friza bila je  $u_1 = 0,5$ , a parenih friza oko  $u_2 = 0,4$ .

$$\text{Težina građe } G = \delta \cdot \frac{690 \cdot 1,5}{1,2} = 34500 \text{ kg; srednja specif. toplina:}$$

$$c_{1m} = \frac{0,266 + 0,00058 \cdot (103 + 30) + 0,5}{1,5} = 0,5625 \text{ kcal/kg, } ^\circ\text{C;}$$

prema form. 4c).

Prema tome iznosi potrebna toplina za zagrijavanje drvene mase:

$$Q_1 = G \cdot c_{1m} \cdot (t_p - t_v) = 34500 \cdot 0,5625 \cdot (103 - 30) = 1416000 \text{ kcal}$$

Gubici topline uslijed isparivanja vlage iz građe (friza) — Na osnovu ulaznog i izlaznog stanja vlage slijedi prema 15a):

$$Q_3 = \frac{100 \cdot G}{1 + u_1} \cdot (u_1 - u_2) = \frac{100 \cdot 34500}{1,5} \cdot (0,5 - 0,4) = 230000 \text{ kcal}$$

Budući da su se vrata kotla vrlo dobro zatvarala, uzimamo  $Q_5 = \emptyset$

Gubici topline u dovodu pare — Promjer cijevi parnog cjevovoda je 57,5/63,5 mm, dužina oko 100 m. Cijevi su gole, sa 20 pari prirubnica, 2 gola ventila. Proračunska dužina iznosi  $L_0 = 100 + 20 \cdot 3 + 2 \cdot 7 + 10 = 184$  m. Temperatura pare u cijevi:  $t_n = 169,6$  °C;  $t_v = 30$  °C; Prema tabeli IX otpada gubitak po 1 m cijevi:  $q = 1,4 \cdot (169,6 - 30) = 195$  kcal/m,h. Na cijelom cjevovodu i kroz 30 sati gubi se toplina

$$Q_6 = 184 \cdot 195 \cdot 30 = 1076000 \text{ kcal}$$

Sveukupni proračunski utrošak topline u željeznoj parionici

Zagrijavanje građe . . . . .	$Q_1 = 1416000$ kcal . . . . .	26,20%
Zagrijavanje kotla . . . . .	$Q_2 = 100000$ kcal . . . . .	1,85%
Gubici isparivanja . . . . .	$Q_3 = 230000$ kcal . . . . .	4,25%
Gubici prelaza i zračenja . . . . .	$Q_4 = 2590000$ kcal . . . . .	47,80%
Gubici cjevovoda . . . . .	$Q_6 = 1076000$ kcal . . . . .	19,90%
Ukupno . . . . .	5412000 kcal . . . . .	100%

Gubici topline u tlu i kroz tlo radi dobre toplinske izolacije ovdje su zanemareni. Kako je stvarno utrošeno 9820 kg pare, a iz tabele X nalazimo da svaki kg pare pritiska 7 atp predaje parionici u kojoj vlada pritisak nešto iznad 0 atp (1 ata) 560,8 kcal/kg. Odatle slijedi stvarno predana toplina ogrevne pare:  $Q = 9820 \cdot 560,8 = 5500000$  kcal; usporedimo li ovaj stvarni utrošak sa gornjim proračunskim, proizlazi da je stvarno više potrošeno nego li je proračunato i to za oko 1,63%. Ova se razlika, međutim, može zanemariti a potiče od zamršenosti uslovnih koeficijenata. Stvarno se dakle proračun i stvarni utrošak topline vrlo dobro podudaraju.



U kondenzatu odlazi iz parionice:  $9820 \cdot 100 = 982000$  kcal.

Upoređenje potroška pare u željeznoj parionici prema zidanoj:

Utrošak je dakle iznosio  $\frac{162300}{608000} \cdot 100\% = 26,7\%$  od onoga kod zidane

parionice! pri tome je prostorno iskorišćenje željezne parionice iznosilo 66%, jer su frize slagane. Specifična površina parionice iznosila je  $2,44 \text{ m}^2/\text{m}^3$ . Frize su bile dobro parene i pored mnogo manjeg utroška topline, a odatle slijedi nužan i nedvojben logički zaključak: za sam tehnološki proces parenja potrebno je znatno manje pare nego li je to kod današnjih parionica slučaj. Ispravnom konstrukcijom i izolacijom može se specifični utrošak pare reducirati na 50% i manje uz jednako dobar kvalitet parenja. Ovaj pokus parenja u željeznoj parionici služio je kao materijalni dokaz rezultata analize pokusa u zidanoj parionici.

### C) SMJERNICE ZA KONSTRUKCIJU EKONOMIČNE PARIONICE

Na osnovu izvedenih pokusa i mjerenja slijedi da treba:

1) Kod konstrukcije parionica postići što bolje volumensko iskorišćenje prostora.

2) Kod zidova parionice smanjiti difuzna svojstva građevnog materijala. Ovo načiniti ili nepropusnim — i toplinski i prema kiselinama — otpornim premazom ili kakvom drugom hermetičkom oplatom (klinker, pečena glina). Gubici se mogu znatno smanjiti tankim međušuplinama u zidu.

3) Pod parionica mora biti hermetički izoliran od okolnog tla. Pored te hermetičke izolacije treba da se — na strani tla — nalazi uzdušni međuprostor.

4) Kondenzovanu vodu odvesti dalje od zidova parionice.

5) Posvetiti svu potrebnu pažnju dobrom zatvaranju vrata i ostalih otvora.

6) Kontrolirati rad parionica manometrom i termometrom.

7) Skratiti manipulaciju između dvije operacije parenja na što kraće vrijeme.

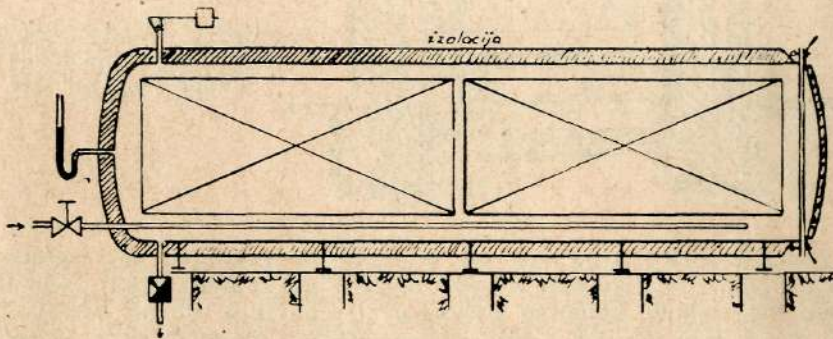
Najjednostavniji slučaj koji odgovara uslovima nepropusnosti zidova i indirektnog prelaza topline na tlo jeste zatvorena metalna parionica. To je metalni kotao, koji je izvana dobro izoliran a daje se poklopcem hermetički zatvoriti. Sl. 23.

Međutim taj metal morao bi biti otporan prema kiselinama, koje sadrži para i kondenzat u parionici pri parenju bukovine. Tome uslovu odgovarali bi neki legirani čelici (na pr. krom-nikaljni čelici poput marke Poldi AKV-extra, Kruppov V4A i sl.). Ovi čelici su vrlo skupi. Kotlovi iz nelegiranog željeza, ako ih upotrebimo kao parionice, brzo korodiraju i ne traju dugo. Njih možemo učiniti trajnijim raznim premazima i glaziranjem nutarnje plohe. To je dosta skupo i zahtijeva savjestan nadzor i povremene popravke. Naročita je prednost metalnih kotlova to, što se u njima može parenje vršiti pod višim pritiskom i time znatno skratiti trajanje procesa. Dobro izolirani metalni kotao jest u pogledu potrošnje pare najekonomičniji, ali ga je — prema rečenom



— potrebno zaštititi od korozije. Smanjiti koroziju mogli bismo donekle zagrijavanjem po vanjskom plaštu kotla. Time bi se izbjeglo kondenziranje na većem dijelu unutarnje plohe kotla. Kako korozije nastaju najviše na mjestu gdje para kondenzira, to bi izbjegavanjem te kondenzacije izbjegli i odnosno intenzivno korodiranje.

Zidane parionice — radi uvjeta čvrstoće ne mogu se upotrebljavati za veći pretlak od nekih par stotina mm stupca vode. O ogromnom uplivu propusnosti zidova za paru već je dovoljno rečeno. S toga razloga su ove parionice u pogledu potroška pare najekonomičnije. Onakova izgradnja tih parionica, kakovu danas obično susrećemo u pilanama, odgovara možda u građevnom pogledu, ali nikako u pogledu ekonomičnosti rada. Da bi se gubici propusnosti kroz zidove što više smanjili, potrebno je unutarnje plohe zidova popločiti oblogom gustih opeka (na pr. klinkerom) ili naročitim pločama od pečene



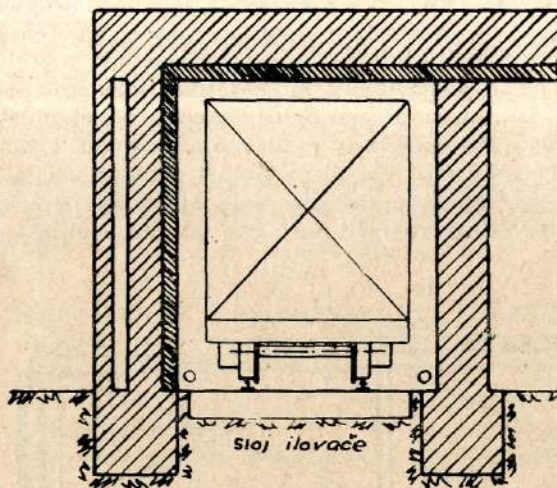
Sl. 23 — Uzdužni presjek metalne parionice

gline. Dobro bi bilo i armirano staklo, samo bi ono moralo biti zaštićeno od prebrzih promjena temperature, dakle bi moralo biti u zidu. Oblog se može načiniti i iz tankih kamenih ploča. Upotrebljivost nekog nepropusnog premaza dvojbena je za široku industrijsku primjenu i to u prvom redu zbog agresivnosti kiselih para i kondenzata, kao i upliva temperature, a u drugom redu zbog bezuvjetne potrebe češće i savjesne kontrole i popravaka nepropusnog sloja. U tom smjeru nedostaju za sada još pouzdana pozitivna iskustva. Ovdje su prikazana tri principijelna načina gradnje zidanih parionica, kod kojih je eliminiran gubitak uslijed propusnosti zidova, a gubitak kroz pod sveden na što moguće manji iznos.

Radi omogućavanja dovoza i odvoza građe iz parionice pretstavlja izolacija poda konstruktivne poteškoće. Najjednostavniji način prikazuje sl. br. 24 gdje se ispod pragova nalazi nabijen jedan nepropusni sloj ilovače. Na sl. br. 25 izveden je pod parionice u obliku korita, a na sl. br. 26 slično, ali sa dovozom na posebnim mehanizovanim vagonetima i odlaganjem bukove građe na prečke. Ovim načinom bio bi znatno pojačan promet vagoneta, jer oni uopće ne bi bili za vrijeme samog parenja u parionici, a osim toga bi vagoneti mnogo duže trajali, jer ne bi

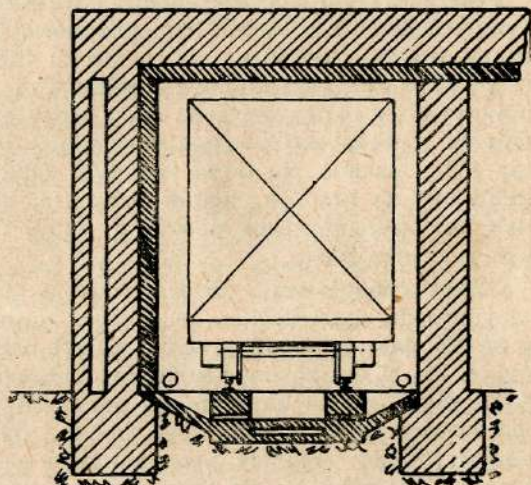


bilo na njima korodiranja uslijed kiseline i kondenzacije. Zbog nepovoljnog upliva kiselina na beton, a usljed odnosa veličina gubitaka kroz pod prema gubicima kroz zidove prednost ima jednostavan način predočen na sl. br. 24.



Sl. 24. — Presjek parionice. Izolacija vanjskog zida i stropa. Pod iz ilovače.

Betonske parionice koje su do sada kod nas izgrađene u konstruktivnom pogledu većinom su u stvari kopija zidanih parionica. Zbog toga takove betonske parionice ne pokazuju vidnog poboljšanja niti u kvalitetu parenja, a niti u ekonomičnosti utroška pare. Upotrebu betona za takove parionice trebalo bi smatrati nepravilnom. Betonske parionice treba da su građene za visinu pretlaka 0,5 do 2 atp, kako bi mogle što bolje odgovarati specifičnim potrebama drvene indu-

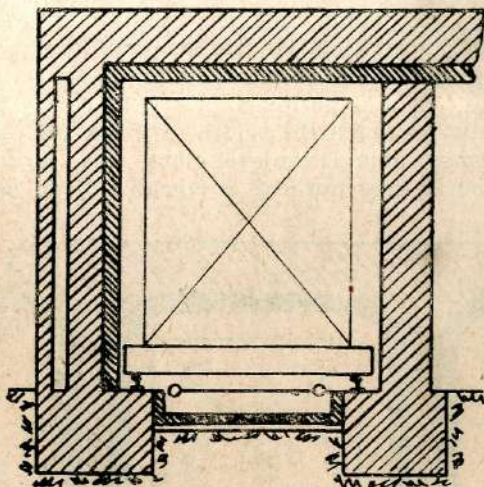


Sl. 25. — Presjek parionice. Izolacija zida stropa i poda.



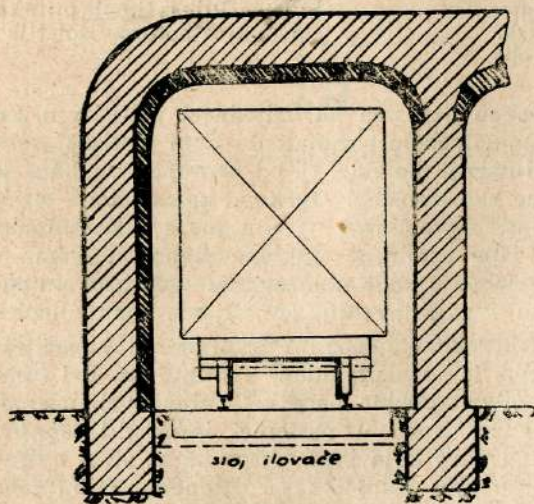
strije. Naravno da u tu svrhu moraju zidovi biti armirani. Kako je beton porozan, to moramo slično kao i kod zidanih parionica nutarnje plohe obložiti nepropusnim slojem, bilo u obliku opeka iz klinkera, ploča iz pečene gline ili tankih kamenih ploča. Pod betonskih parionica

Sl. 26. — Presjek parionice sa izolacijom. Odlaganje složaja građe



može biti oblikovan slično kao i kod zidanih. Zbog uslova čvrstoće u visini tla treba da su uzdužni zidovi poprečno povezani za slučaj većeg pretlaka parionice. Ovi vezovi treba da su također zaštićeni protiv korozije, jer je tlo parionice redovito natopljeno kondenzatom u kojemu se nalaze primjese raznih kiselina.

Na sl. br. 27 prikazan je šematski presjek jedne vanjske parionice iz betona za slučaj da manipulacija, tj. ispražnjavanje i punjenje pari-

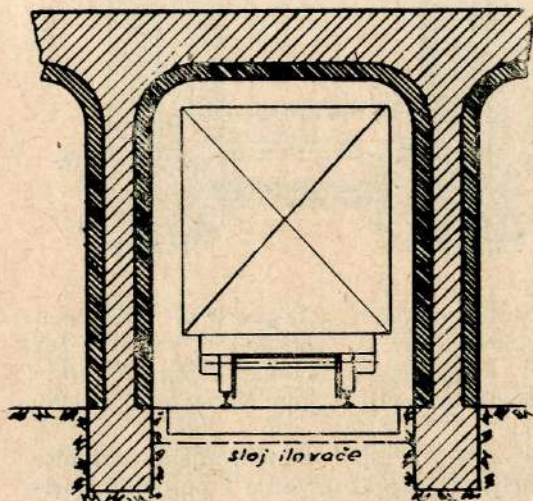


Sl. 27. — Presjek parionice iz betona, za veći pretlak. Izolacija vanjskog zida i stropa

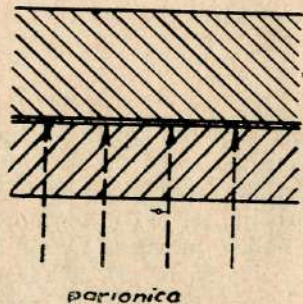


onice traje kratko vrijeme. Stoga je unutarnji zid obložen samo djelomično. Imamo li pak slučaj da je neka parionica duže vremena izvan pogona, dok njoj susjedne parionice rade, to u tom slučaju moramo i unutarnji zid obložiti nepropusnim slojem, kao što je to prikazano na sl. br. 28.

Još jednu činjenicu treba imati u vidu u pogledu upliva nepropustljivosti zida. Izričito smo rekli da treba da je unutarnja ploha zida nepropusna. To je potrebno stoga, što na takav zid djeluje puni pritisak, koji vlada u parionici. Kada bi se taj nepropusni sloj nalazio negdje unutar zida, to bi se sav pritisak odnosio na onaj dio između nepropusnog sloja i vanjske plohe zida, jer bi para nakon nekog vremena prodrla kroz unutarnji propusni sloj do nepropusnog, a pritisak pare na



Sl. 28. — Presjek parionice iz betona, za veći pretlak. Izolacija oba zida i stropa



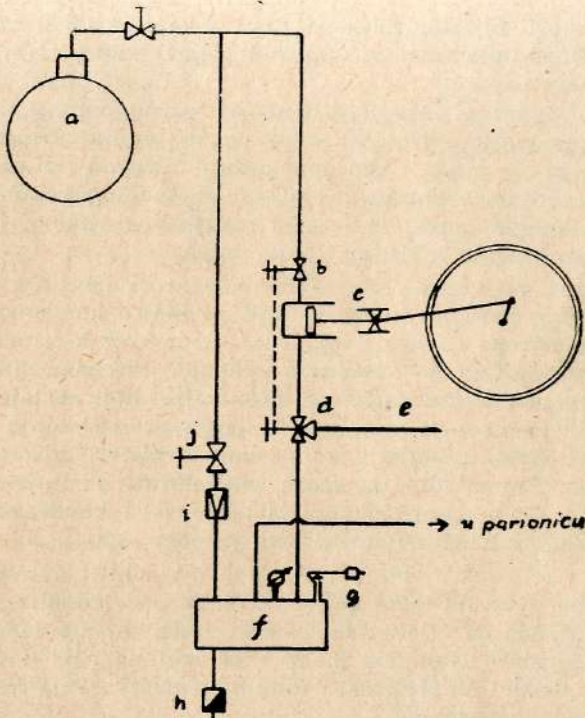
Sl. 29. — Prikaz širenja pritiska pare kroz poroznu izolaciju

nepropusnom sloju bi postepeno narastao na vrijednost pritiska u parionici. Stoga bi u tom slučaju trebalo računati da puni pritisak treba da izdrži vanjski dio zida. Nutarnji dio zida, tj. od nepropusnog sloja do nutarnje plohe, služio bi samo kao izolacija. Ovakova konstrukcija bit će skuplja i treba je izbjegavati. Opravdanje za nju može biti iznimno, na pr. ako nepropusni sloj čine armirane staklene plohe, u kom je slučaju poželjan tanki sloj izolacije radi ublažavanja upliva promjene temperature pri ohlađivanju i zagrijavanju za vrijeme manipulacije.

Dovod pare. — Radi ekonomičnosti i iskorištenja kapaciteta parionice proces parenja treba da je neprekidan, kontinuiran. Pri tome je potrebna i približno jednolika količina pare kroz cijelo vrijeme parenja. Gdje god je to moguće, treba u parionici iskoristiti ispušnu paru parnih strojeva. Količina pare koja prođe kroz parni stroj ovisna je o opterećenju stroja, dakle nije jednolika po vremenu. Osim toga čest je slučaj da parni stroj radi samo u jednoj ili dvije smjene na



dan, a na neke dane uopće ne radi, na pr. nedjeljom. Iz ovoga jasno slijedi da parionicu ne možemo grijati isključivo ispušnom parom, nego treba upotrebiti i reduciranu svježu paru iz parnog kotla. Ovo je obično ostvareno tako, da je izgrađen posebni parni cjevovod za ispušnu, a posebni za svježu paru. Količina svježe pare pretežno se regulira ručnim ventilom. Bolje je automatski osigurati jednoliko dovođenje pare u parionicu. Jedan od ovakvih načina šematski je prikazan na sl. 30, u kojoj označuje: a — parni kotao; b — upusni ventil kojim se pušta para u parni stroj; c — parni stroj; d — trovodni ventil voda za ispušnu paru; e — cijev za ispuštanje u atmosferu; f — sabirnik



Sl. 30. — Šematski prikaz automatiziranog dovoda pare u parionicu

pare niskog pritiska; g — ventil sigurnosti; h — kondenzni lonac; i — automatski redukcionni ventil koji reducira pritisak svježe pare na pritisak koji odgovara parionici; j — ručni ventil na vodu svježe pare. Ventili b i d treba da su međusobno mehanički povezani tako, da kod otvorenog ventila b ventil d propušta paru u sabirnik iz kojeg para ide u parionicu. Ako je pritisak pare u sabirniku veći, negoli je potrebno za parionicu, otvara se ventil sigurnosti g i pušta paru u uzduh. Ako ispušne pare nema dovoljno, pa je pritisak u sabirniku premalen, tada redukcionni ventil pušta svježu paru sve dok se ne uspostavi normalni pritisak pare u sabirniku. Kada je ventil b zatvoren, tada je — radi povezanosti ventila — ventil d zatvorio cijev za ispušnu paru



prema sabirniku, a otvorio cijev e koja vodi u uzduh. Time je postignuta sigurnost, da ne bi para uslijed eventualne propusnosti ventila dolazila iz sabirnika u cilindar parnog stroja. Ako parni stroj radi, a cjevovod za ispuštanje je na ulazu u parionicu zatvoren, tada u sabirniku nastaje viši pritisak, usljed čega ventil sigurnosti g pušta paru u uzduh.

O smještaju parnog cjevovoda već je ranije rečeno. Smještaj parnih cijevi u samoj parionici mora biti takav, da sa njih ne može kapati kondenzat na parenu građu, jer bi na ovoj uslijed toga nastale mrlje zbog čega joj se snizuje kvalitet. Da bi para jednolično strujala i dolazila u cijeli prostor parionice, to su parne cijevi, koje su unutar parionice, na mnogo mjesta izbušene. Rupe promjera do 5 mm treba da su porazmještene tako, da na svaki m cijevi izlazi iz nje približno jednaka količina pare.

Cjevovod ispušne pare koji vodi od parnog stroja do parionice treba da ima dovoljan promjer tako da je brzina strujanja ispušne pare manja od 20 m/sek. Ako je ispušni cjevovod iz tankog lima, treba da je ventilom osiguran za slučaj eventualnog vakuuma. U protivnom bi se moglo desiti da uslijed manjkavog rukovanja ventilima ispušna cijev na nekim mjestima bude »uvučena«.

Odvod kondenzata — Prema starom iskustvu potrebno je da se za vrijeme parenja nalazi na dnu parionice kondenzat do visine 100 mm. Dakle treba da je na toj visini otvor kroz koji odilazi suvišni kondenzat u sifonsku cijev, a iz ove u kanal. Sifonska cijev treba da je udešena prema pritisku parionice. Kondenzat koji nastaje uslijed parenja nešto je kiseo, a boja mu se mijenja prema stanju parenja. U početku i na svršetku parenja kondenzat je bistar, dok je u sredini procesa mutan. Prema tome se može zaključivati da li je parenje dovršeno ili nije. Radi omogućavanja ispusta svega kondenzata, pod parionice treba da je blago nagnut prema jednom uglu.

Zatvaranje vrata i otvora mora biti savjesno izvedeno. Dosjedne plohe treba da tačno priležu i da su pod jednolikim pritiskom. U tu svrhu su podesna viseća vrata, kao i vrata koja se vade, ali nikako ne vrata na šarnire. Dosjedne plohe i na vratima i na dovratku treba da su nešto skošene i ne preširoke. Radi boljeg zatvaranja treba dosjedne plohe obložiti čohom (filcom).

Vrata se učvršćuju bilo pomoću prečki koje pritišću na vrata po cijeloj svojoj dužini, a na krajevima su u obujmicama čvrsto zaklinjena, bilo preklopnim vijcima koji su ubetonirani uzduž dosjedne plohe vrata. Potonji slučaj imamo redovno kod visećih vrata. Radi još boljeg zatvaranja možemo se odlučiti na dvostruka vrata. U tom slučaju imamo stvarno dvojna vrata koja su razmaknuta za nekih 300 mm. Svakako da je ovdje potrebno i dvostruko vrijeme za zatvaranje, nego što je to slučaj kod jednostavnih vrata. Osim toga ovaj način ne može biti dovoljno mehaniziran, kao na pr. viseća vrata.

Ekonomičnost rada parionice u sklopu pilane — Prema načinu kako se pilana opskrbljuje energijom možemo općenito imati 3 slučaja:

1) Vlastiti proizvod energije parnim uređajem. Za vrijeme rada parnog stroja ili turbine upotrebljavamo ispušnu paru u parionici,



sušionici itd. Kada količina ispušne pare nije dovoljna, dodaje se svježja para kojoj se prethodno pritisak reducira da odgovara namjeni.

2) Pilana ne proizvodi energiju. Ovaj slučaj imamo, ako je pilana potpuno elektrificirana i dobiva energiju iz električnog dalekovoda, ili pilanu tjera vođeno kolo, vođena turbina. Donekle slične energetske uslove imamo i u slučaju da pogonsku snagu za pilanu daje motor s unutarnjim sagorijevanjem. Za potrebe termičkih uređaja pilane para se tada dovodi izravno iz parnog kotla.

3) Pilana je u sklopu nekog drvnoindustrijskog kombinata i dobiva energiju i paru iz zajedničke termo-centrale. Ova centrala obično je spojena sa dalekovodom.

Možemo imati i kombinaciju između slučaja 1) i 2). Promotrimo li energetiku tih osnovnih slučajeva s obzirom na ekonomičnost, dolazimo do sljedećih zaključaka:

ad 1) Kada ne bi bilo potrebe za ogrevnom parom, bio bi postavljen kondenzacioni parni stroj. Utrošak pare kondenzacionog parnog stroja iznosi do 80% utroška ispušnog stroja. Ovo se odnosi za slučaj veličine strojeva koja odgovara za pogon pilana sa kapacitetom koji kod nas dolazi u obzir. Međutim dok je u slučaju kondenzacionog stroja para praktički posve utrošena za proizvod mehaničke energije, dotle ispušni parni strojevi troše doduše oko 25% više pare po jedinici proizvedene energije (KSh, kWh), ali je sva ispušna para upotrebljiva u termičkim uređajima pilane. Sadržaj topline ispušne pare manji je od sadržaja topline svježje pare za toplinski ekvivalent pretvorene energije i za količinu toplinskih i mehaničkih gubitaka samog stroja. Odatle slijedi da je proizvod energije ispušnim parnim strojem ekonomičniji od kondenzacionog, ako se barem 25% ispušne pare iskoristi u termičkim uređajima. A to je baš redovan slučaj u svim pilanama koje prerađuju bukovinu, a i kod pilana mekog drva, koje imaju umjetne sušionice. Potreba na ogrevnoj pari za parionice, sušionice, parne jame, klimatizaciju itd. mnogo je veća od količine raspoložive ispušne pare. Primjenom ispušnih strojeva u drvnoj industriji znatno se smanjuje i potreba kotlovske površine, što pretstavlja vidnu investicionu štednju. Na pr. za granični slučaj, kada je količina ispušne pare upravo dovoljna za termičke uređaje, to potrebna kotlovska površina iznosi samo 55% od one koju bi trebali u slučaju kondenzacionog parnog stroja. Taj procenat pretstavlja i odnos potrebnog proizvoda pare za slučaj ispuha prema kondenzaciji.

Još da se samo osvrnemo na pitanje cijene parenja. Promotrit ćemo samo ulogu vrijednosti utrošene pare, kao elementa strukture cijene parenja. Kod vlastitog proizvoda energije ispušnim parnim strojem možemo počti sa dva gledišta i to:

a) Ako je vlastita proizvodnja energije primarna, onda treba vrijednost ispušne pare uzeti sa oko 20% vrijednosti svježje pare, a sa 80% svježje pare treba teretiti proizvod energije. Ovo odgovara pretpostavljenom činjeničnom stanju.

b) Ako je ogrevna para primarna, to treba proizvod energije i termičke uređaje teretiti prema stvarno utrošenoj toplini. Na ovaj način dobivamo mnogo jeftiniju energiju, ali skupo parenje i sušenje. U ovom slučaju na proizvod energije troši se oko 20% topline svježje pare koja



ulazi u parni stroj, dok ispušna para odnosi preostalih 80%. Prema tome bi i vrijednost ispušne pare iznosila oko 80% vrijednosti svježe pare, ona bi dakle bila 4 puta skuplja nego li u prijašnjem slučaju. Dokle god pilanski pogon nije priključen na električni dalekovod i osiguran dovoljnom količinom električne energije, dotle je realnije kalkulirati cijenu ispušne pare na prvi način. Drugi način dolazi u obzir kada pilana ne proizvodi sama potrebnu energiju, ili je proizvodi u neznatnom opsegu (na pr. kada radi samo neki pomoćni parni stroj i to samo po-remeno).

Ad 2) Ako pilana sama ne proizvodi mehaničku i električnu energiju, to se sva ogrevna para kao takova mora proizvoditi u parnim kotlovima. Prema tome je cijena ogrevne pare u tom slučaju identična sa proizvodnom cijenom svježe pare. Ta cijena može biti izračunata na razdjelniku pare u kotlovnici, ili na glavnom ventilu pred parionicom (sušionicom itd.). Dakle cijena ogrevne pare u ovom slučaju iznosi do 5 puta toliko, koliko iznosi u prethodnoj poz. 1a). Troškovi parenja ovdje su apsolutno najveći.

Ad 3) Ako se pilana nalazi u sklopu nekog drvno-industrijskog kombinata sa zajedničkom centralom, to se parionica redovno tereti sa vrijednošću utrošene količine topline, kao što je to navedeno u 1b). Imamo li kombinirani slučaj 1a) i 2 to možemo izračunati srednju cijenu ogrevne pare iz izraza:

$$C_{ps} = \frac{0,2 \cdot C_p \cdot G_1 + C_p \cdot G_2}{G_1 + G_2} = \frac{C_p}{G_1 + G_2} \cdot (0,2 \cdot C_1 + G_2) \quad \text{Din/kg} \quad \dots \quad 29)$$

Ovdje označuju:

$C_p$  = cijena 1 kg svježe pare . . . . . Din/kg

$C_{ps}$  = srednja cijena ogrevne pare . . . . . Din/kg

$G_1$  = Količina ispušne pare . . . . . kg

$G_2$  = Količina svježe pare . . . . . kg

Ako je količina ispušne pare, dok radi parni stroj, dovoljna za termičke uređaje, onda se izraz 29) pojednostavljuje u:

$$C_{ps} = \frac{C_p}{\tau_1 + \tau_2} \cdot (0,2 \cdot \tau_1 + \tau_2) \quad \text{Din/kg} \quad \dots \quad 30)$$

Ovdje označuje:  $\tau_1$  = vrijeme rada parionice ispušnom parom

$\tau_2$  = vrijeme rada parionice svježom parom

Aparati i instrumenti za kontrolu rada parionice jesu jednostavni manometar iz U-cijevi, na kojem se očitava tlak (pritisak) pare u parionici u mm stupca vode; termometar sa skalom 120 do 150° C kojim se kontrolira zagrijavanje i ohlađivanje parionice. Kod parionica koje rade sa višim pritiskom postavlja se umjesto jednostavnog pravi manometar. Za ustanovljenje difuzije pare kroz zidove služi psihrometar. Kontrola parenja nije kod nas do sada posvećena dovoljna pažnja, a zbog toga nije još ustanovljen optimalni režim parenja bukovine koji pretstavlja bitni uslov za kvalitet parenja, a i za najbolje iskoršćenje kapaciteta parionice.



\*

Štednja je kategorički imperativ današnjice. Ona pretstavlja koncentraciju sredstava za bitne potrebe i sprečavanje njihovog rasipanja. Da bi se štednja pravilno postavila, treba istražiti gdje, kako i koliko se može negdje uštediti, a treba poznavati i upliv i posljedice štednje u svim njenim vidovima. Ništa nije samo pozitivno, niti je išta samo negativno. Pozitivna rezultanta može imati i negativnih komponenta. Radi toga treba u svakom važnijem slučaju postaviti analizu potroška sredstava sa detaljnom raščlanbom svih elemenata. Iz takove analize nužno će proizaći zaključak kao i smjernice za ostvarenje štednje, tj. za bolje iskorišćenje uloženi sredstava. Ovakovu analizu potrebno je nekada postaviti i za slučaj, kada na oko niti ne izgleda da je nužna, a svakako je treba postaviti ondje, gdje možda nije ni bila nikada postavljena. U potonjem slučaju ona sigurno donosi pozitivnih rezultata koji — primijenjeni u praksi — mogu u datom slučaju donijeti znatnih koristi privredi. U ovu vrstu analiza spada i ovaj rad koji neka je skroman prilog našoj privredi sa strane Šumarskog ostsjeka Poljoprivredno-šumarskog fakulteta u Sarajevu.

**D. Hamm**

## **ÜBER DEN WÄRMEBEDARF BEIM DÄMPFEN VON BUCHENHOLZ**

(Zusammenfassung)

In seiner Abhandlung analysiert der Verfasser den Wärmebedarf beim Dämpfen von Buchenholz. Zum Leitmotiv diente das Feststellen vom heutigen spezifischen Wärmebedarf sowie von möglichen konstruktiven Eingriffen in die Bauart von Dampfkammern zwecks Erreichung einer besseren Wärmeökonomie.

Zuerst werden die allgemeinen Grundlagen u. zw. die einzelnen Komponenten des Wärmebedarfs eingehend theoretisch behandelt, worin besonders Wärmeverluste infolge der Erwärmung des Bodens und des baulichen Teils der Dampfkammer auf Grund einer Annäherungsmethode festgestellt werden. Danach wird an die Bedeutung, die der Diffusion durch die Wände zukommt, hingewiesen. Aus Versuchsprüfungen, die im Jahre 1950 durchgeführt wurden, folgt, dass die Diffusions- und Undichtheitsverluste oft mehr als 50% des Wärmebedarfs der gegenwärtig bestehenden Dampfkammer älterer Herkunft beanspruchen. Daran folgt die Beschreibung der durchgeführten Versuche und die Analyse der erreichten Resultate von Messungen. Der Feuchtentzug von Buchenholz während des Dämpfens wird quantitativ festgestellt und der Wärmeverbrauch einer gewöhnlichen Dampfkammer älterer Bauart mit dem eines hermetisch dichten eisernen Dampfkessels verglichen, woraus dann ein klarer Einblick in die Grösse des Wärmeverlustes infolge Diffusion, Undichtheit und Bodenerwärmung erhellt. Es wird auch ein Diagramm der Richtwerte für den Wärmebedarf der Dampfkammer beigeführt. Zuletzt werden die Richtlinien für den Bau von wärmeverlustarmen Dampfkammern sowie ein kurzer Abriss über die Ökonomie des Dampfkammerbetriebes als eines der Nebenbetriebe von Sägeindustrien gegeben.



## LITERATURA:

- 1 Bachmann H.: Tafel über Abkühlungsvorgänge einfacher Körper; J. Springer, Berlin 1938.
  - 2 Bošnjaković F.: Nauka o toplini, I dio; Tehnička Knjiga, Zagreb 1950.
  - 3 Gröbe-Rietschel H.: Grejanje i provetravanje (prijevod); Naučna Knjiga, Beograd, 1949.
  - 4 Heid H.-Kollmar A.: Die Strahlungsheizung; C. Margold Verl., Halle/S., 1943.
  - 5 Heid H.-Kollmar A.: Heizung und Lüftung unterirdischer Arbeitsräume; VDI-Forschungsberichte, Heft 5010; 1945.
  - 6 Knežević M.: Gubitak toplote kod parenja drveta i izračunavanja potrebne količine pare; Godišnjak polj.-šumarskog fakulteta Beograd, izdanje: Naučna Knjiga, Beograd, 1948.
  - 7 Kollmann F.: Technologie des Holzes, Berlin 1936; izdanje U.S.A. 1944.
  - 8 Körting: Heizung und Lüftung, Sammlung Göschen, Bd. 342, 343; Berlin, 1942.
  - 9 Ugrenović A.: Tehnologija drveta; Nakladni Zavod Hrvatske, Zagreb 1950.
  - 10 Uterharck F.: Handbuch für künstliche Holz Trocknung; Dr. Sändig Verl., Leipzig, 1940.
  - 11 Vorreiter L.: Holztechnologisches Handbuch, Bd. 1.; G. Fromme, Wien, 1949.
-