

S. Zarić  
V. Jovašević  
Institut "Boris Kidrič" - Vinča

## TEMPERATURNI POLJE U BETONSKOM SUDU REAKTORA

### DEFINICIJA PROBLEMA I GRANIČNIH USLOVA

Na slici 1 dat je šematski prikazan vertikalni i horizontalni presek reaktorskog suda. Sa unutrašnje strane suda nalazi se čelična obloga uz koju su privarene cevi za hladjenje. Na odstojanju "b" od prvog reda, nalazi se ugrađen u beton, drugi red cevi. Pomenuti sistem cevi za hladjenje ima ulogu da odstrani toplotu koja se generiše u suda usled nuklearnog zračenja. Sa dovoljnom tačnošću može se smatrati da je generisana toplota data izrazom  $q = Q_0 e^{-mx}$  /w/m<sup>2</sup>/ gde je x rastojanje posmatrane tačke od čelične obloge /sl. 2/.

Pored temperature rashladne vode topografiju traženog polja odredj uju i nametnuti temperaturni granični uslovi na unutrašnjoj i spoljnoj površini cilindričnog dela suda. Unutrašnja strana suda ima periodično promenljivu temperaturu čiji je oblik na dužini od jedne polovine periode prikazan na slici 3 /prikazana je parametarska zavisnost za tri različita rastojanja između cevi u prvom redu/ dok na spoljnoj strani suda vlada konstantna temperatura okoline.

Usled simetričnih geometrijskih i temperaturnih graničnih uslova nije potrebno posmatrati temperaturno polje u celom prstenastom preseku, pošto je ono periodično, već samo u delu prikazanom na slici 1a. Preseci A-A i B-B su adijabatske površine. Sa ova dva uslova i pomenutim graničnim temperaturama imamo potpun skup graničnih uslova za posmatrani deo polja /sl. 1a/.

Ceo problem tretira se sa sledećim uprošćenjima:

1. Toplotna provodnost betona je izotropna i u posmatranom temperaturnom intervalu nezavisna od temperature.
2. Betonski sud posmatra se kao beskonačan cilindar.
3. Zanimaruje se aksijalna promena zapreminske generacije.
4. Zanimaruje se aksijalna promena temperature rashladnog fluida.

Ove pretpostavke svode temperaturno polje na ravansko polje i cela analiza je opravdana za onaj horizontalni presek suda koji predstavlja adijabatsku površinu.

METODOLOGIJA PRORAČUNA

Metod proračuna zasniiva se na numeričkom načinu rešavanja. Furijeove jednačine prenosa toplote

$$\text{div}(-\lambda \text{ grad } T) = Q \quad /1/$$

primenjenom na površinu isečka suda /sl. 1a/ koji se deli u pravcu perimetra na "m" vrsta i u pravcu radijusa na "v" kolona. Time se površina isečka deli u m.n. elementarnih ćelija /sl. 4/. Za svaku ćeliju sa indeksima j.k. gornja diferencijalna jednačina može se napisati u obliku

$$Q_{jk} = q(jk) + (j-1.k) + q(jk) \pm (j.k-1) + q(jk) - (j.k+1) + q(jk) \pm (j+1.k) \quad /2/$$

gde je  $Q_{jk}$  generisana toplota u ćeliji dobijena integracijom po površini ćelije:

$$Q_{jk} = \frac{Q_0 a_0}{m} e^{-mj-1} (e^{mbj-1}) \left[ 1 + \frac{2}{mD_0} + \frac{2X_{j-1}}{D_0} \cdot \frac{(X_i/X_{j-1}) \cdot e^{mbj-1}}{e^{mj-1}} \right]$$

$q/jk/ \rightarrow /jk-1/$  itd. predstavljaju razmenjene toplotne flukseve izmedj u ćelije  $jk$  i ćelija koje sa njom graniče.

Da bi se prešlo na sistem za pronalaženje nepoznatih temperatura u samoj ćeliji izražavaju se toplotni fluksevi izmedju ćelija preko razlike temperatura  $T_{jk}$  u centru ćelija i termičkih otpora  $R_t$   $/jk/ \rightarrow /j-1/$  izmedju ćelija definisanih sa

$$(jk) \rightarrow (j-1.k) \quad R_t = \frac{D_0}{2A_0} \cdot \frac{1}{\lambda H} \ln \left( 1 + \frac{2b'_j}{D'_{j-1}} \right)$$

$$(jk) \rightarrow (j+1.k) \quad R_t = \frac{D_0}{2A_0} \cdot \frac{1}{\lambda H} \ln \left( 1 + \frac{2b'_{j+1}}{D'_j} \right) \quad /3/$$

$$\left. \begin{array}{l} (j.k) \rightarrow (j.k-1) \\ (j.k) \rightarrow (j.k+1) \end{array} \right\} R_t = \frac{1}{\lambda H} \cdot \frac{A_0}{b_j} \cdot \frac{D'_j}{D_0}$$

Zamenjujući  $q /jk/ \rightarrow /j-1.k/ = \Delta T/R_t$  jednačina /2/ dobija oblik:

$$Q_{jk} = -\frac{T_{j-1,k}}{R_{j-1,k}} - \frac{T_{j,k-1}}{R_{j,k-1}} + \left[ \frac{1}{R_{j-1,k}} + \frac{1}{R_{j,k+1}} + \frac{1}{R_{j+1,k}} \right] T_{jk} - \frac{T}{R_{j,k+1}} - \frac{T_{j+1,k}}{R_{j+1,k}} \quad /4/$$

Jednačina /4/ napisana za svaku ćeliju daje sistem linearnih diferencijalnih jednačina sa m.n. nepoznatih temperatura.  $T_{jx}$  čije rešenje daje traženo temperaturno polje.

#### REZULTATI

Radi ilustracije dobijenih rezultata i metode daje se jedan profil temp. polja za slučaj generacije

$$Q_0 = 18,10^{-3} \text{ W/cm}^3$$

$$m = 0,085 \text{ 1/cm}$$

Dimenzija suda  $D_0 = 8,5 \text{ m}$

$$D_B = 15 \text{ m}$$

$$L = 20 \text{ cm}$$

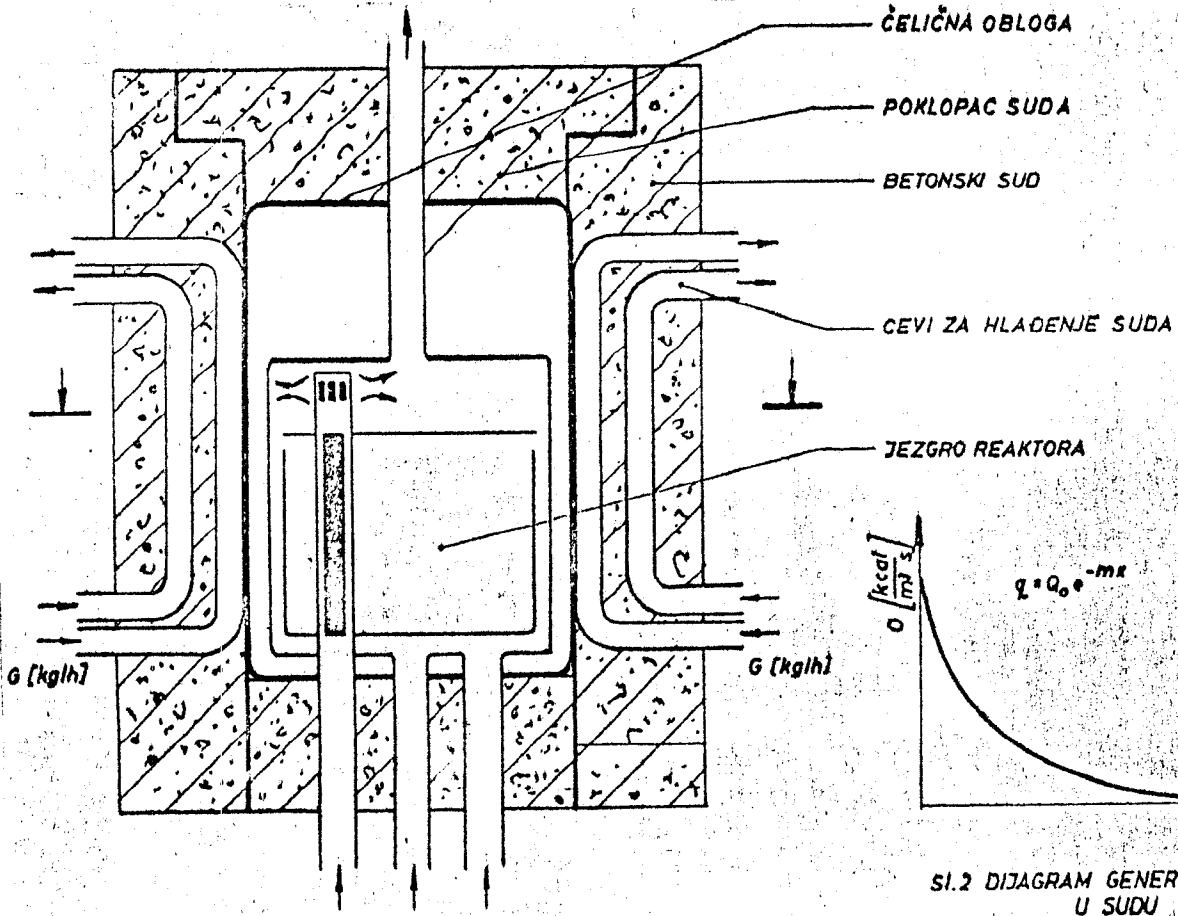
Termičkih karakteristika  $\lambda = 0,86 \cdot 10^{-2} \text{ W/cm}^\circ\text{C}$

$$T_p = 45^\circ\text{C}$$

Proračun temp. je izvršen u % tačaka.

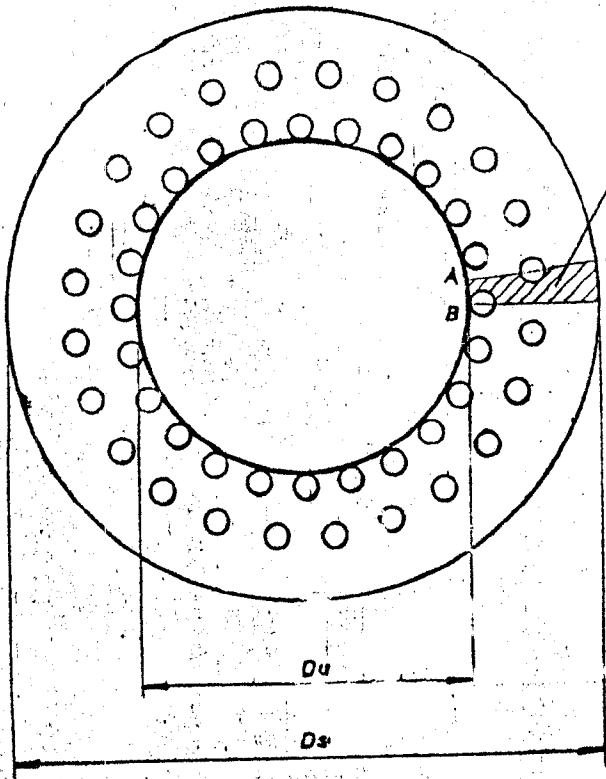
#### LITERATURA

1. Dr. Tatomir Andjelić: Matrice - Univ. u Beogradu, 1965, Schneider: Conduction Heat Transfer.
2. S.Zarić, V.Jovašević: Interni IBK izveštaj za P-NE-7/67, zadatak I.4.1.



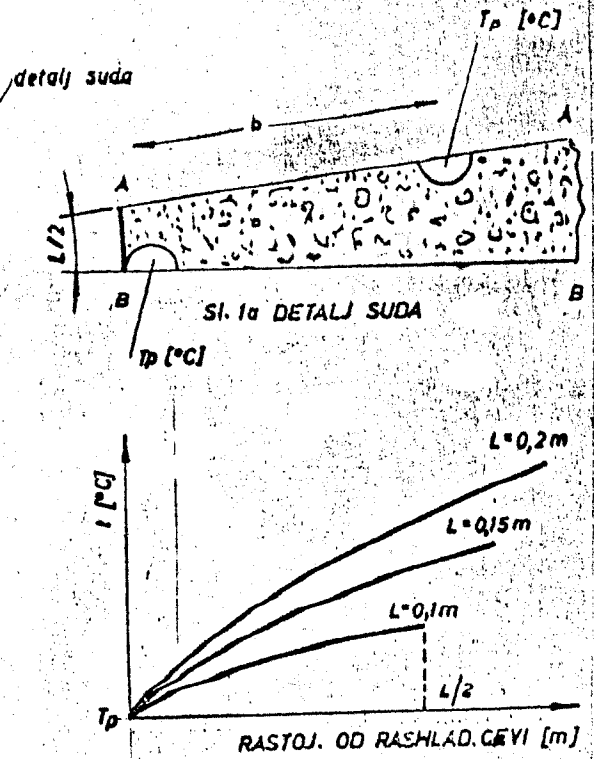
VERTIKALNI PRESEK REAKTORSKOG SUDA

SI.2 DIJAGRAM GENERAC. TOPLOTE U SUDU

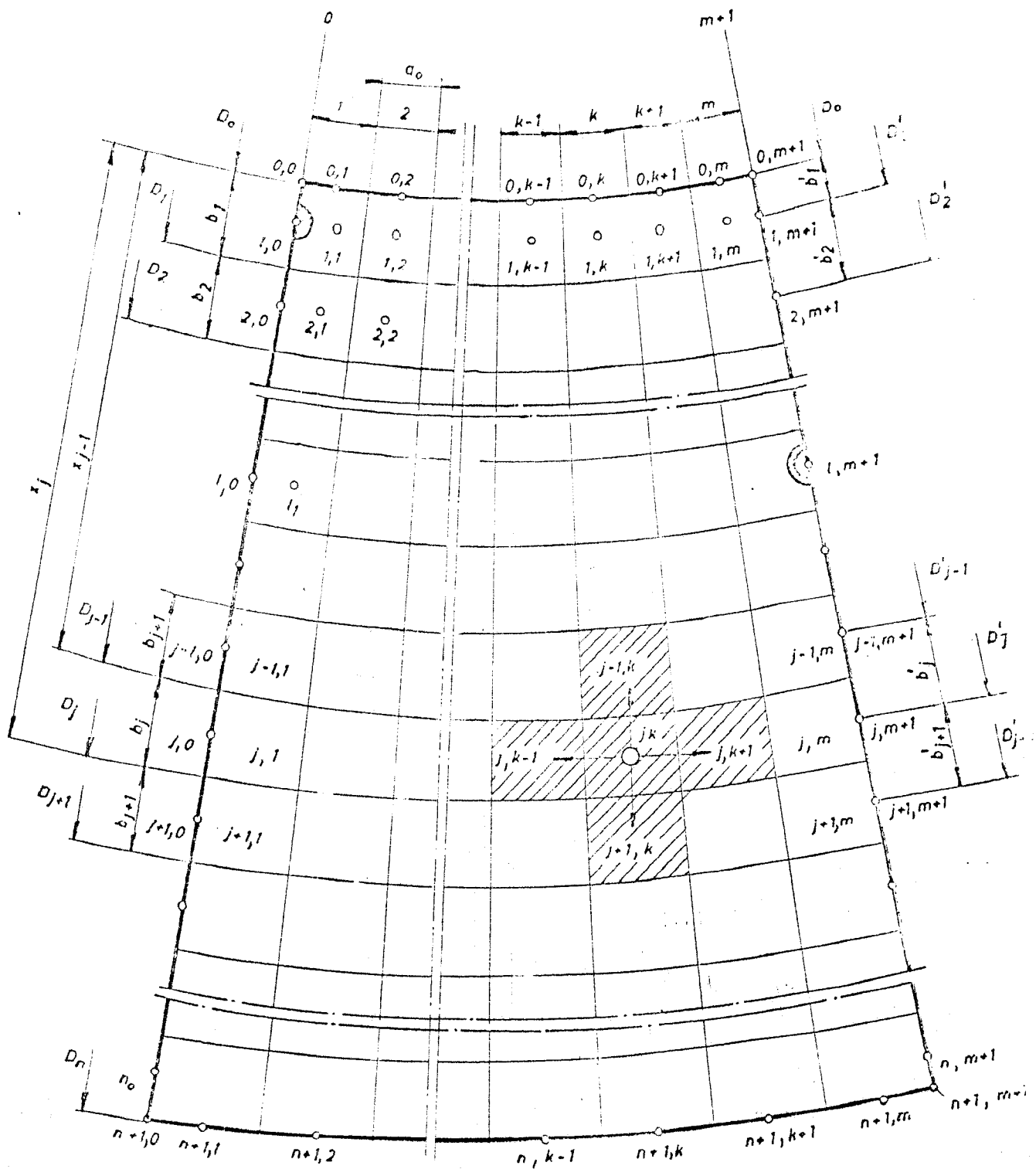


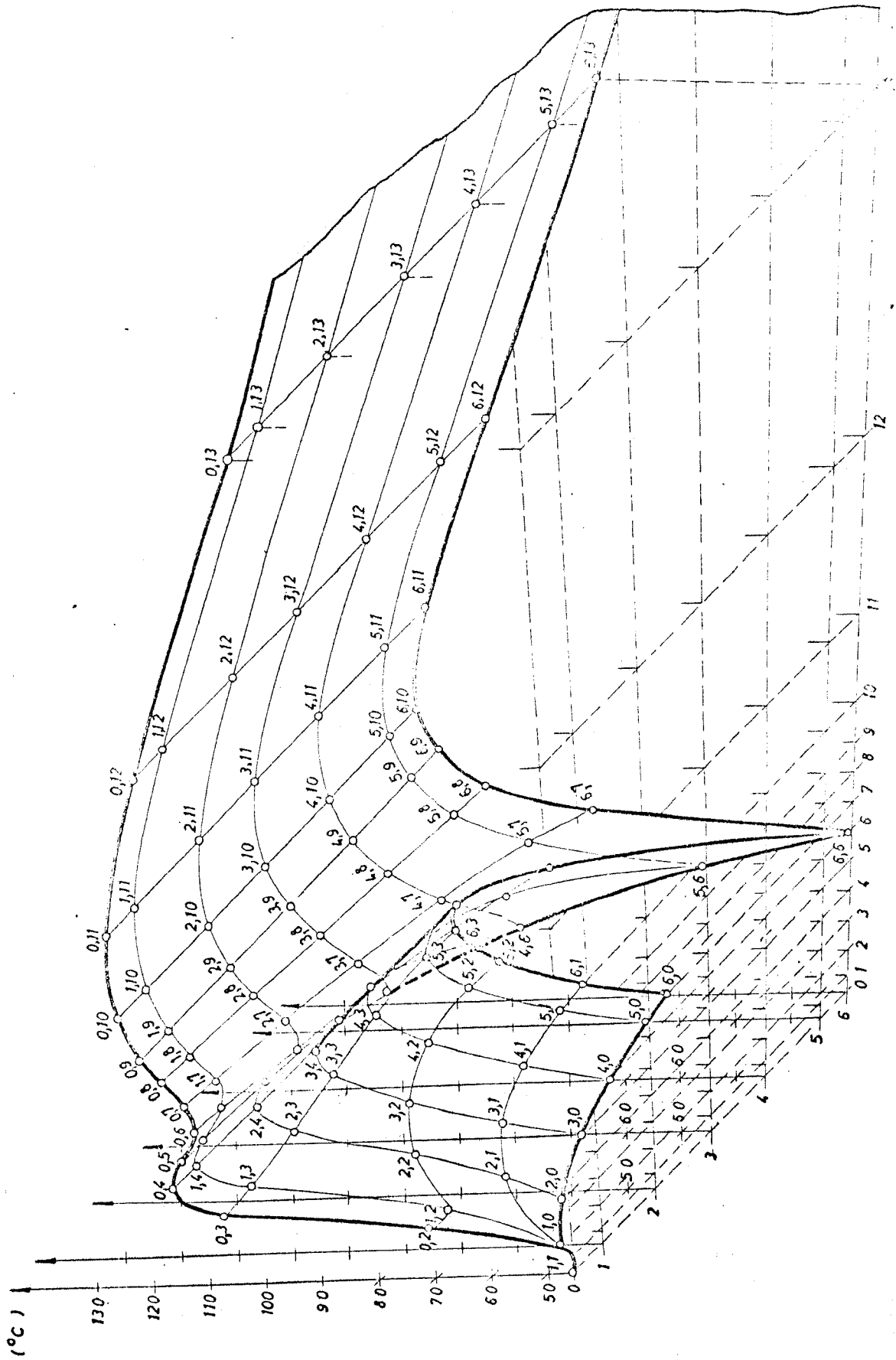
HORIZONTALNI PRESEK REAKTORSKOG SUDA

SI. 1



SI.3 TEMPER. DISTRIBUCIJA U ČELIČ. OBLOZI





Sl. 5