

Momenti u rebrima

$$\frac{y_1}{l_y} = \frac{2,4}{6} = 0,4 \quad \frac{y_2}{l_y} = \frac{1,2}{6} = 0,2$$

$$M_{x1} = \frac{w_{1y}}{w} M_{sx} = \frac{16}{5} \left[ 0,4 - 2 \cdot 0,4^3 + 0,4^4 \right] 22,03 = 21,00 \text{ kNm}$$

$$M_{x2} = \frac{w_{2y}}{w} M_{sx} = \frac{16}{5} \left[ 0,2 - 2 \cdot 0,2^3 + 0,2^4 \right] 22,03 = 13,10 \text{ kNm}$$

$$\frac{x_3}{l_x} = \frac{2,4}{4,8} = 0,5 \quad \frac{x_4}{l_x} = \frac{1,2}{4,8} = 0,25$$

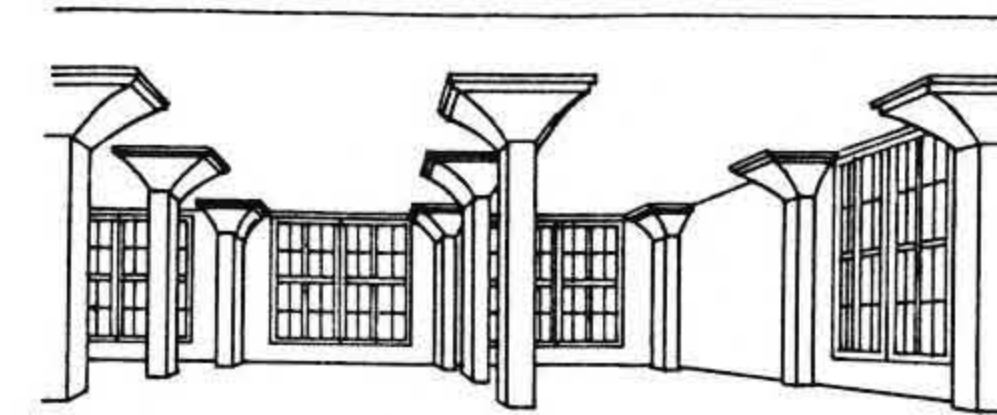
$$M_{y3} = \frac{w_{3x}}{w} M_{sy} = \frac{16}{5} \left[ 0,5 - 2 \cdot 0,5^3 + 0,5^4 \right] 15,86 = 15,86 \text{ kNm}$$

$$M_{y4} = \frac{w_{4x}}{w} M_{sy} = \frac{16}{5} \left[ 0,25 - 2 \cdot 0,25^3 + 0,25^4 \right] 15,86 = 11,30 \text{ kNm}$$

## 2.3. PEČURKASTE PLOČE ( PLOČE OSLONJENE NA STUBOVE )

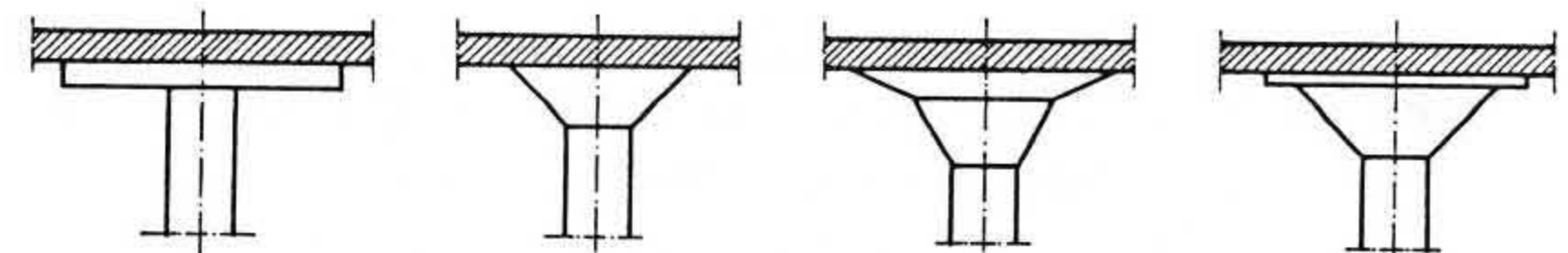
### 2.3.1. Karakteristike i primena

Početakom XX veka pojavile su se u SAD međuspratne konstrukcije tipa pune ravne ploče, oslonjene na stubove (bez podvalka), koje su zbog svoje jednostavnosti i ekonomičnosti izrade ubrzo našle široku primenu u konstrukcijama zgradarstva (sl. 2.53).



Sl. 2.53

Ploča ovakvog tipa izvodi se obično monolitno i kruto je vezana sa stubovima. Na mestu veze ploče i stuba po pravilu se konstruiše ojačanje u vidu kapitela, različitog oblika, radi smanjenja smičućih napona i obezbedjenja ploče od probijanja. Neki od mogućih načina konstruisanja kapitela dati su na sl. 2.54

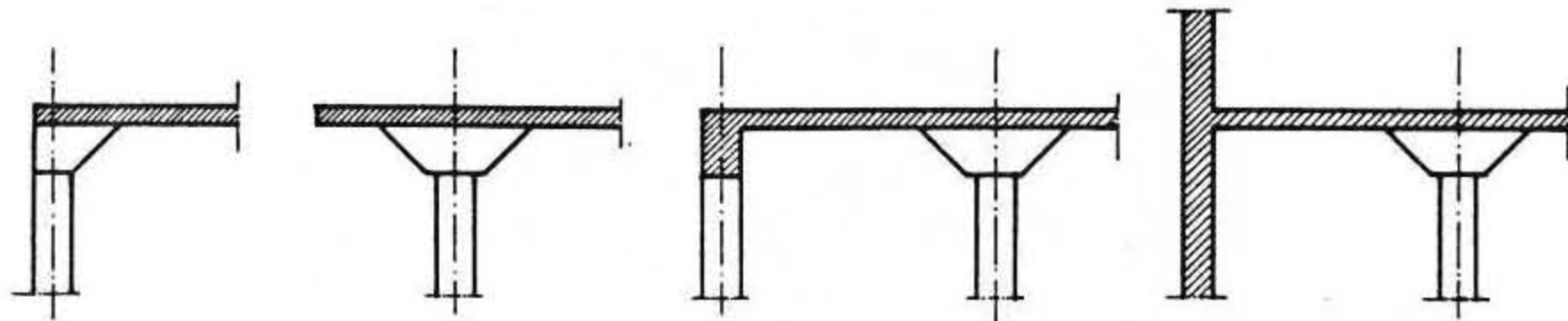


Sl. 2.54

Kako stubovi i kapiteli oblikom podsećaju na pečurke, to se ovakav tip ploče često naziva pečurkasta ploča. Kapitel u osnovi može biti kružan ili poligonalan.

Stubovi na koje se ploča oslanja najčešće su raspoređeni u dva ortogonalna pravca, po mogućnosti na ekvidistantnom rastojanju. Moguć je, međutim, i drugačiji raspored stubova u zavisnosti od projektantskih zahteva i oblika osnove koju pokriva ploča.

Na krajevima, pečurkasta ploča može biti oslonjena na stubove sa polukapitelima (ako je bez prepusta) ili da ima prepuste, čime se poboljšava stepen uklještenja ploče u stubove. Takođe, moguće je ploču na krajevima osloniti na podvlaku preko poslednjeg reda stubova ili elastično uklještititi u armiranobetonski zid ili zid od opeke. (sl. 2.55).

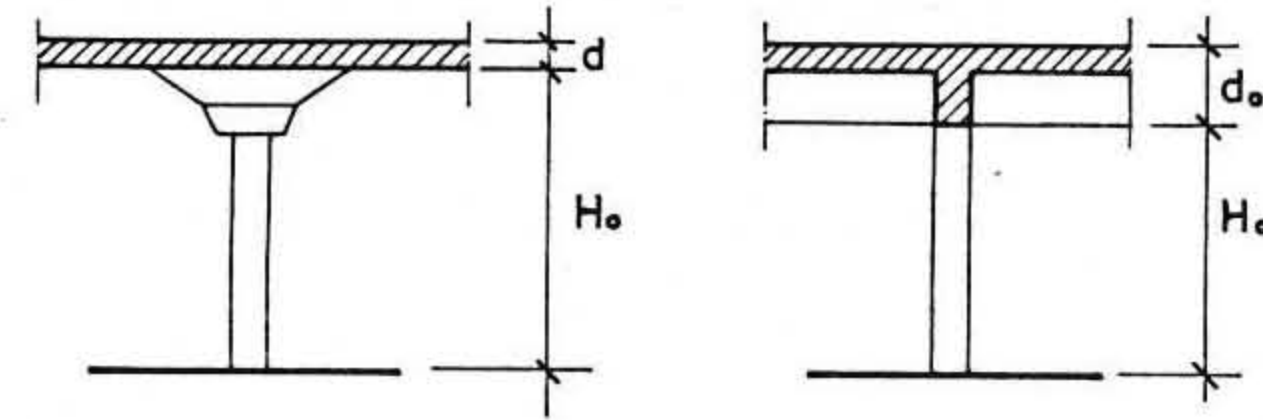


Sl. 2.55

U odnosu na ploču sa podvlakama, pečurkasta ploča ima niz prednosti koje se ogledaju u sledećem:

- moguće je bolje korišćenje zapremine prostorije,
- moguć je bolji sistem ventilacije,
- bolje se reflektuje osvetljenje,
- praktičnije se vode instalacije i lakše se čiste,
- troškovi izrade oplata su manji za ravnu ploču.

Konstruktivna visina međuspratne konstrukcije u slučaju pečurkaste ploče je manja u odnosu na konstrukciju ploče sa podvlakama (sl. 2.56) tako da se kod višespratnih objekata može ostvariti znatna ušteda. Kako se štedi na ukupnoj visini objekta to su manji troškovi zidanja obimnih zidova, malterisanja, izrade stepeništa i drugo. Odnosno, ako postoji ograničenje u pogledu ukupne visine zgrade, primena pečurkaste tavanice često omogućava projektovanje sprata više nego što bi to bilo moguće sa reb-rastim tavanicama.

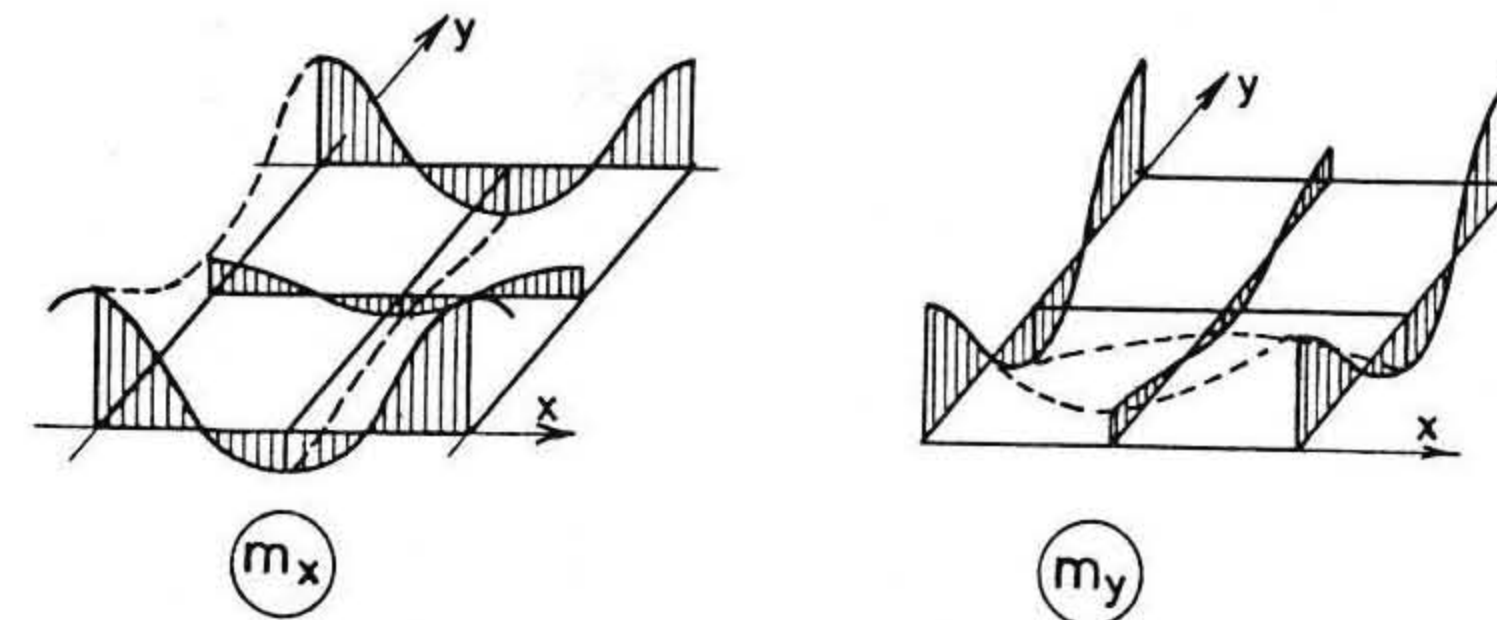


Sl. 2.56

Pečurkaste ploče su našle široku primenu u industrijskim objektima, konstrukcijama skladišta, magacina, radionica, garaža, podzemnih rezervoara i dr.

### 2.3.2. Statički tretman pečurkastih ploča

U statičkom smislu pečurkasta ploča predstavlja kontinualnu ploču oslonjenu (kruto ili zgloбно) na stubove, odnosno sa stubovima čini sistem kontinualnih ramova. Za uobičajeni ortogonalni raster stubova ( $l_x, l_y$ ) raspored momenata savijanja pod dejstvom jednakopodeljenog opterećenja za neko srednje polje, šematski je prikazan na sl. 2.57

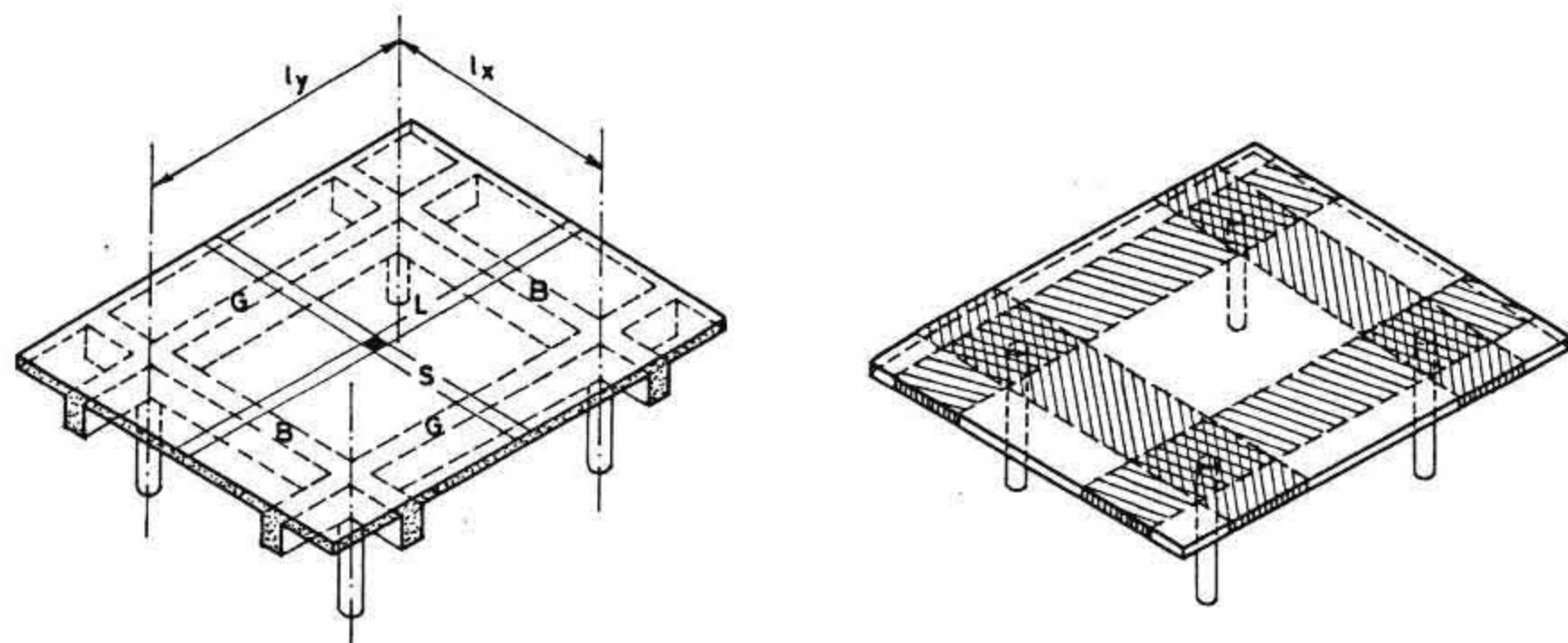


Sl. 2.57

Uvid u način na koji pečurkasta ploča prenosi opterećenje može se dobiti analizom dela međuspratne konstrukcije u kome se pravougaona ploča oslanja na krute grede na svoje četiri strane. Grede se, pak, oslanjaju na stubove u preseku njihovih središnjih



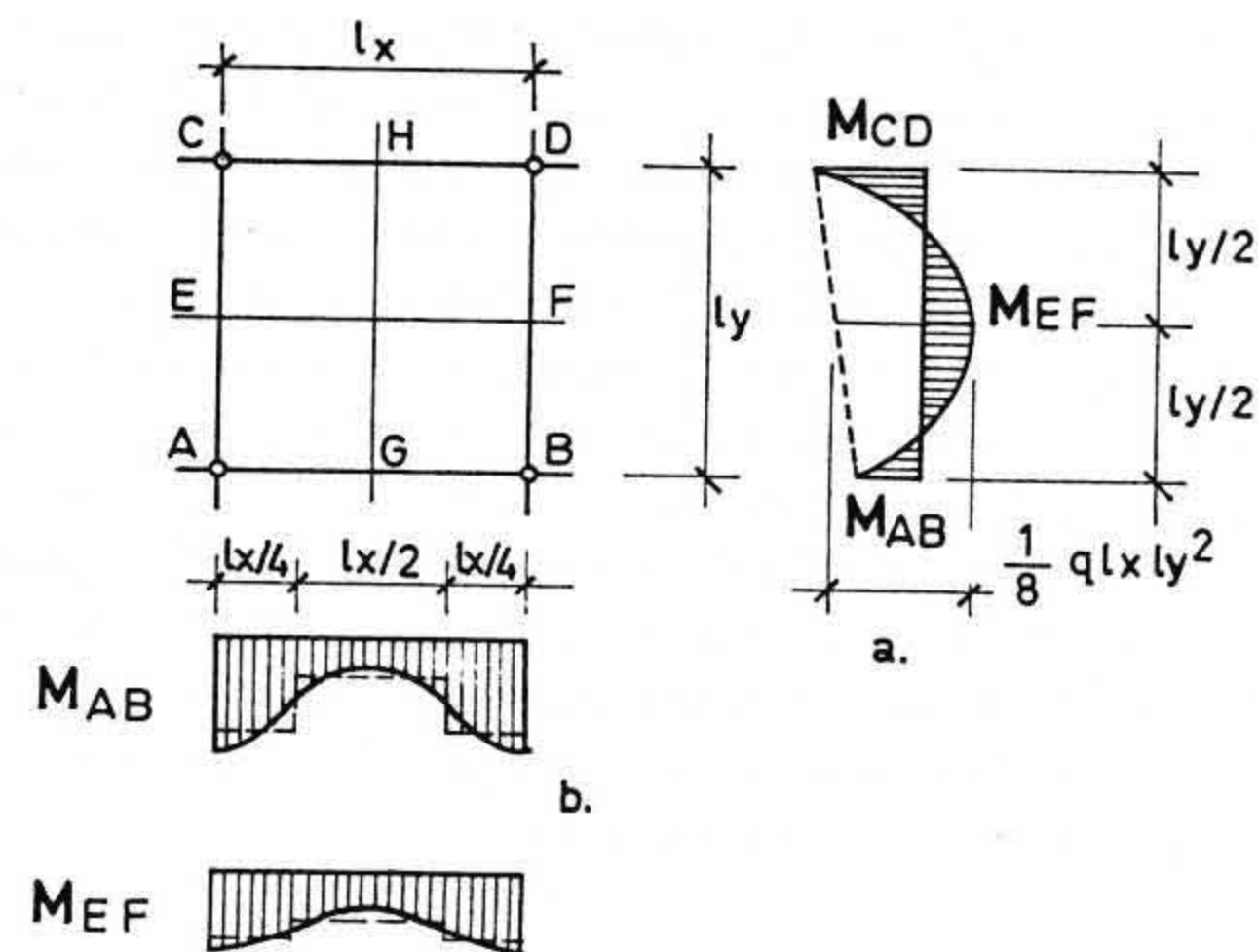
linija (sl.2.58a). Ako je zadato opterećenje  $q$  na ploči, ono se fiktivno deli na deo opterećenja koje deluje na traku  $S$  u kraćem pravcu i na traku  $L$  u dužem pravcu. Ako se uoči da se deo opterećenja koji nosi traka u dužem pravcu  $L$  prenosi na gredu  $B$  koja je postavljena u kraćem pravcu i preko nje na stub, jasno je da zbir opterećenja koje se prenosi preko grede  $B$  i dela opterećenja koje se prenosi direktno u kraćem pravcu preko traka  $S$  čini 100% opterećenja  $q$  koje deluje na ploču.



Sl. 2.58a,b

Na isti način trake u kraćem pravcu  $S$  predaju svoje opterećenje gredama u dužem pravcu  $G$ . To opterećenje sabrano sa opterećenjem koje se prenosi preko traka u dužem pravcu  $L$  čini takođe 100% opterećenja na ploči. Dakle, jasan je statički uslov da se 100% opterećenja koje postoji na ploči mora preneti u svakom pravcu, preko traka ploče i njihovih oslonačkih greda, odnosno da na veličinu momenata savijanja u svakom ortogonalnom pravcu utiče ukupno opterećenje.

Slično objašnjenje prikazano je na prečurkastoj ploči na sl.2.58b, kada su noseće grede izostavljene. Ako se zamisli da su grede smanjile svoju visinu na debljinu ploče, istovremeno povećavajući svoju širinu do na polovinu odgovarajućeg raspona, onda tako obrazovane trake preko linije stubova u svakom pravcu zadržavaju praktično funkciju greda. I u ovom slučaju ukupno opterećenje na ploči mora se preneti u svakom pravcu. Prisustvo kapitela ne utiče na ovaj statički uslov.



Sl. 2.59

Na sl.2.59 prikazan je deo pečurkaste ploče oslonjene na stubove  $A$ ,  $B$ ,  $C$  i  $D$ . U pravcu raspona  $l_y$  ploča se može, za proračun momenata savijanja u skladu sa prethodno iznetim, razmatrati kao gređa širine  $l_x$  i visine jednake debljini ploče. Opterećenje koje deluje na ovako formiranu gređu je  $q l_x$ . Momentni dijagram u pravcu raspona  $l_y$  dat je na sl. 2.59a. U bilo kom rasponu ovako formirane kontinualne gređe zbir pozitivnog momenta u sredini raspona i apsolutne vrednosti poluzbira negativnih momenata na susednim osloncima mora biti jednak momentu slobodno oslonjene gređe istog raspona:

$$0,5 |M_{AB} + M_{CD}| + M_{EF} = 0,125 q l_x l_y^2 \quad (2.64)$$

Slično razmatranje primenjeno na drugi pravac daje:

$$0,5 |M_{AC} + M_{BD}| + M_{GH} = 0,125 q l_y l_x^2 \quad (2.65)$$

Ovaj statički uslov ne govori, međutim, ništa o relativnim odnosima veličina oslonačkih momenata i momenata u polju. Ovaj odnos se može naći iz elastične analize koja obuhvata veličine raspona, raspored i intenzitet opterećenja kao i odnos krutosti



na prethodni način formiranih traka (kao greda) i stubova.

Posmatrano po širini razmatranih preseka (na primer  $l_x$ ) momenti savijanja nisu konstantni, već se menjaju kako je prikazano na *sl. 2.59 b*. Kruća traka koja ide preko stubova ima, logično, veće momente savijanja od trake između stubova. Tačna raspodela momenta zavisi i od veličine i oblika kapitela na koji se ploča oslanja. Za potrebe dimenzionisanja uobičajeno je da se stvarni raspored momenata savijanja po širini traka zameni konstantnim vrednostima, kako je to prikazano na *sl. 2.59 b*. Pri tome je uobičajeno da se podela na trake vrši na taj način što traka preko stubova (oslonička traka) obuhvata po pravilu po četvrtinu upravnog raspona sa svake strane ose koja povezuje stubove, dok srednja traka (koja se još naziva traka u polju ili traka između stubova) obuhvata preostalu polovinu širine.

### 2.3.3. Metode proračuna pečurkastih ploča

Metode za proračun pečurkastih ploča se danas mogu svrstati u tri osnovne grupe:

1. Analitička i numerička rešenja
2. Poluempirijske direktne metode
3. Metoda zamenjujućih okvira

#### *Analitička i numerička rešenja*

Rešenja uticaja u pečurkastoju ploči u zatvorenom analitičkom obliku su veoma komplikovana i postoje za manji broj slučajeva. Tako je Lewe dao rešenje za srednje polje pečurkaste tavanice pod dejstvom jednakopodeljenog opterećenja, posmatrajući ploču kao elastičnu membranu postavljenu preko stubova, pri čemu je reakciju stubova predstavio kao jednakopodeljeno opterećenje koje se na ploču prenosi po celoj širini kapitela. Ovo rešenje se ne može smatrati potpuno tačnim zbog nerealnih pretpostavki o prenošenju reaktivnog opterećenja.

Prva numerička rešenja dao je Markus, preko metode konačnih razlika.

Danas se uspešno primenjuju numeričke metode upotrebom konačnih elemenata ili predstavljanjem ploče kao roštilja elastičnih

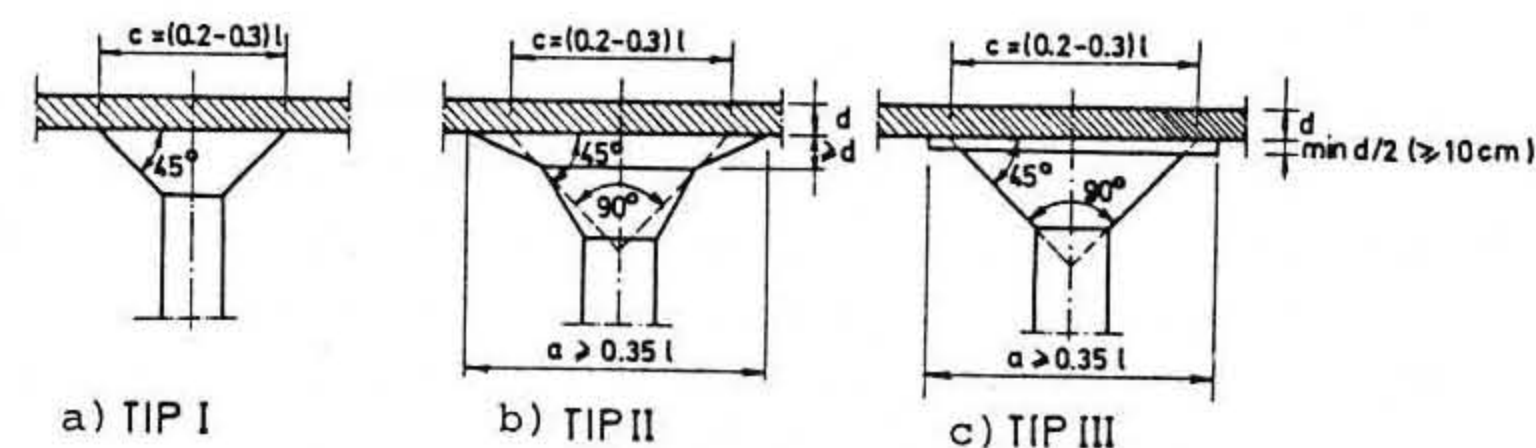
štapova sa odgovarajućim geometrijskim karakteristikama uz pomoć računara. Pri ovakvom načinu proračuna treba što realnije predstaviti stvarnu konstrukciju matematičkim modelom, naročito ako se želi da se uticaj kapitela na raspodelu momenata u ploči što tačnije obuhvati.

#### *Poluempirijske direktne metode*

Vodeći računa o iskustvima stečenim na izvedenim objektima, o rezultatima obimnih eksperimentalnih istraživanja kao i o analiziranim numeričkim rešenjima, propisi pojedinih zemalja su definisali jednostavnije direktne metode za proračun uticaja u pečurkastim pločama. U Jugoslaviji su 1950. godine izdata Uputstva za računanje pečurkastih ploča, zasnovana na sovjetskim instrukcijama iz 1933. godine. Ova Uputstva zadržala su i danas svoje važenje, jer daju vrlo primenljive rezultate.

Za pečurkaste ploče jednakih raspona u pojedinom pravcu, pri čemu je odnos raspona u dva ortogonalna pravca  $0,8 < l_y/l_x < 1,2$ , Uputstva daju direktnu metodu proračuna za slučaj jednako podeljenog opterećenja na ploči, kada se po obimu ploča oslanja na stubove sa polukapitelima i kada u svakom pravcu ima najmanje tri polja.

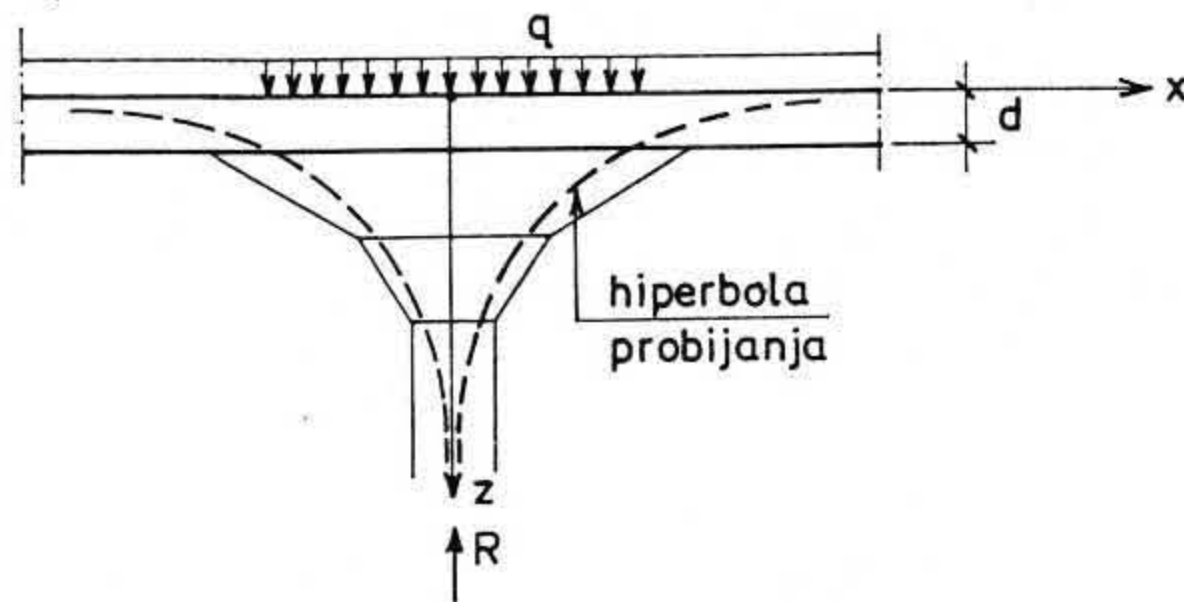
Uputstvo preporučuje tri tipa kapitela (*sl. 2.60*) čije osnove mogu biti bilo krugovi bilo pravilni poligoni (kvadrat ili dr.). Tip kapitela na *sl. 2.60 a* primenjuje se za laka opterećenja, dok se tipovi na *sl. 2.60 b* i *2.60 c* primenjuju za veća opterećenja. Stvarna širina kapitela za veća opterećenja mora biti veća od  $0,35 L$ , gde je  $L$  veći raspon ploče.



*Sl. 2.60.*

Proračunska širina kapitela ( $c$ ) je prečnik osnove konusa upisanog u kapitel u nivou donje površine ploče. Konus u temenu ima ugao od  $90^\circ$ , a tangira kapitel iznutra. Proračunska širina kapitela treba da je u granicama od  $0,20-0,30 L$ .

Dimenzije kapitela se određuju iz uslova da ne budu prekoračeni smičući naponi u betonu (sl. 2.61), odnosno da kapitel obuhvati tzv. hiperbolu probijanja (graničnu liniju koja se dobija iz uslova da su naponi smicanja na bilo kom udaljenju od stuba jednaki dopuštenim).



Sl. 2.61

U slučaju kružnog stuba i jednakopodeljenog opterećenja  $q$  na ploči, ako se predpostavi probijanje ploče po konusnoj površini, smičući napon na bilo kom rastojanju  $x$  od ose stuba se nalazi kao:

$$\tau = \frac{Q(x)}{\sigma z_x} = \frac{Q(x)}{2\pi x z_x} \quad (2.66)$$

gde su:  $Q(x)$  - vrednost ukupne transverzalne sile po obimu na udaljenju  $x$  od ose stuba

$z_x$  - debljina ploče na istom mestu

Vrednost ukupne transverzalne sile  $Q(x)$  nalazi se kao

$$Q(x) = q l_x l_y - q x^2 \pi \quad (2.67)$$

Ako se u izrazu (2.67) zanemari drugi član, čime se ostaje na strani sigurnosti, transverzalna sila se uzima da je jednaka reakciji i da je konstantna na širini kapitela:

$$Q(x) \approx q l_x l_y = R = \text{const} \quad (2.68)$$

Vrednost smičućeg napona iznosi tada

$$\tau = \frac{R}{2\pi x z_x} \quad (2.69)$$

Iz uslova da je  $\tau \leq \tau_a$  dobija se

$$\frac{R}{2\pi x z_x} \leq \tau_a \quad (2.70)$$

odnosno

$$z_x \geq \frac{R}{2\pi \tau_a} = \frac{q l_x l_y}{2\pi \tau_a} \quad (2.71)$$

čime je definisana jednačina hiperbole probijanja. Linija kapitela mora obuhvatiti hiperbolu čime se postiže da su stvarni smičući naponi manji od dopuštenih  $\tau_a$ .

U slučaju kvadratnog stuba, ako se probijanje predpostavi po zarobljenoj piramidi, jednačina hiperbole probijanja je:

$$z_x = \frac{q l_x l_y}{8 x \tau_a} \quad (2.72)$$

Za slučaj jednakopodeljenog opterećenja na ploči, zbir apsolutnih vrednosti momenata koji padaju na jedno srednje polje, a za traku širine jednake razmaku stubova  $l_y$  (obuhvata traku preko stubova i dve srednje polutrake) dobija se kao:

$$M_{0x} = 0,125 q l_y l_x^2 \left(1 - \frac{2c}{3l_x}\right)^2 \quad (2.73)$$

gde član u zagradi uvodi redukciju raspona zbog postojanja kapitela. Moment savijanja u drugom pravcu analogno se nalazi kao:

$$M_{0y} = 0,125 q l_x l_y^2 \left(1 - \frac{2c}{3l_y}\right)^2 \quad (2.74)$$

Raspodela momenta  $M_0$  na pojedine trake vrši se pomoću raspodelnih koeficijenata na sledeći način:

traka preko stubova

traka u polju (srednja traka)

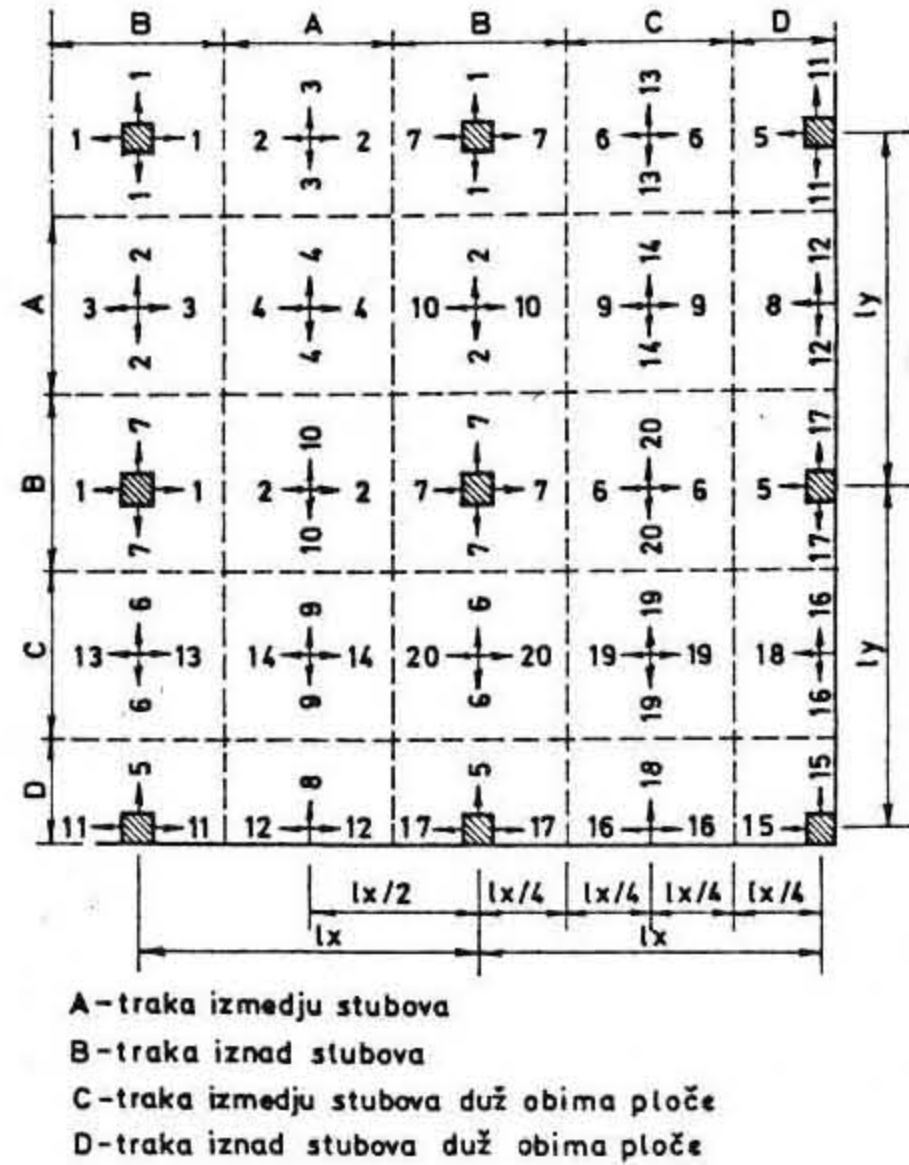
$$\begin{aligned} M_1 &= -0,5 M_0 \\ M_2 &= +0,2 M_0 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_3 &= -0,15 M_0 \\ M_4 &= +0,15 M_0 \end{aligned} \quad (2.75)$$



Vrednost ovih momenata važi za ukupnu širinu traka ( $l_x/2$  odnosno  $l_y/2$ ) i treba ih podeliti sa  $l/2$  da bi se dobili uobičajeni rezultati na  $1m$  širine ploče.

Vrednosti momenata  $M_1$  do  $M_4$  odnose se na sve srednje raspone, kako je to prikazano na sl. 2.62

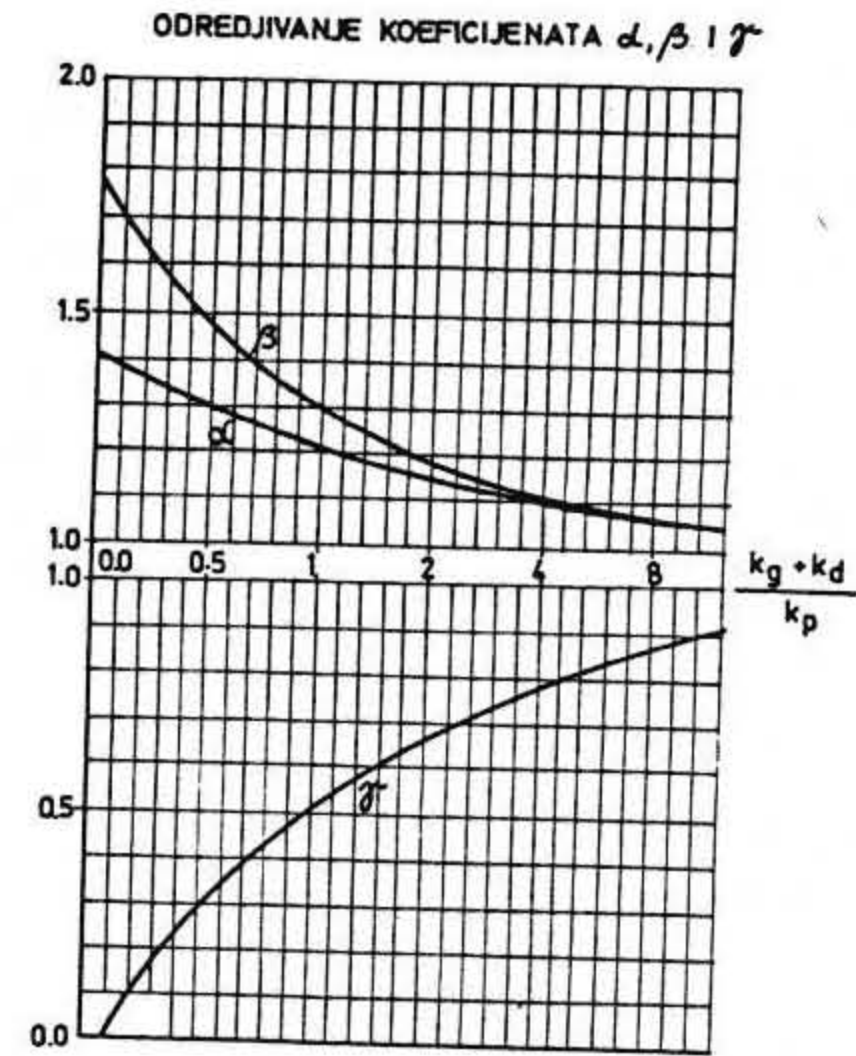


Sl. 2.62

Vrednosti momenata savijanja u krajnjim poljima ( $M_5 - M_{10}$ , šema na sl. 2.62) dobijaju se množenjem momenata  $M_1, M_2, M_3$  i  $M_4$  sa odgovarajućim koeficijentima  $\alpha, \beta, \gamma$  pa je:

Za traku preko stubova:	za traku u polju:	
$M_5 = \gamma M_1,$	$M_8 = \gamma M_3,$	
$M_6 = \beta M_2,$	$M_9 = \beta M_4,$	(2.76)
$M_7 = \alpha M_1.$	$M_{10} = \alpha M_3.$	

Vrednosti koeficijenata  $\alpha, \beta$  i  $\gamma$  zavise od odnosa krutosti stubova i ploče i dati su na dijagramu na sl. 2.63.



Sl. 2.63

Pri ovome su korišćene oznake:

- $k_g$  = krutost gornjeg stuba
- $k_d$  = krutost donjeg stuba
- $k_p$  = krutost ploče
- $J_g$  = moment inercije gornjeg stuba
- $J_d$  = moment inercije donjeg stuba
- $J_p$  = moment inercije ploče
- $h_g$  = visina gornjeg stuba
- $h_d$  = visina donjeg stuba
- $l$  = raspon ploče u odgovarajućem pravcu.

Pri ovome se za visinu stuba usvajaju visine od poda do poda i postojanje kapitela se zanemaruje pri proračunu krutosti stuba.

Dobijene vrednosti momenata redukuju se na  $1m$  širine deljenjem sa  $l/2$ .

Za momente u krajnjim poljima,  $M_{11} - M_{20}$ , paralelne obimu ploče, koriste se sledeće vrednosti (šema na sl. 2.62):

traka preko stubova	traka u polju
$M'_{11} = 0,5 M'_1$	$M'_{13} = 0,8 M'_3$
$M'_{17} = 0,5 M'_7$	$M'_{20} = 0,8 M'_{10}$
$M'_{15} = 0,5 M'_5,$	$M'_{18} = 0,8 M'_8,$
$M'_{12} = 0,5 M'_2,$	$M'_{14} = 0,8 M'_4,$
$M'_{16} = 0,5 M'_6.$	$M'_{19} = 0,8 M'_9.$

(2.77)

gde su vrednosti označene sa indeksom (') vrednosti momenata već redukovanih na 1m širine.

Ovakav raspored i veličina momenata zadovoljavaju samo u slučaju da ploča ima više od tri raspona u oba ortogonalna pravca.

Debljina ploče je takodje ovim Uputstvima ograničena na:

$L/32 \geq 15 \text{ cm}$  za I tip kapitela

$L/35 \geq 15 \text{ cm}$  za II i III tip kapitela

$L/40$  za krovne ploče

Dimenzionisanje ploče vrši se na standardan način s tim da se za negativne momente u traci preko stubova (dakle iznad stuba) može uzeti korisna računsa visina ploče prema sledećem:

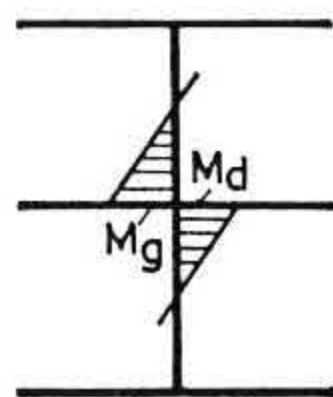
- kapitel tipa I - računsa debljina ploče kao u polju
- kapitel tipa II - računsa debljina ploče je jednaka visini preseka kapitela na rastojanju  $c/2$  od ose stuba s tim da ne bude veća od  $1,5 d$  u polju
- kapitel tipa III - računsa debljina ploče =  $1,5 d$  u polju.

Uputstvo daje i način proračuna uticaja u stubovima na koje se pečurkasta ploča oslanja. Uputstvo razlikuje proračun srednjih stubova, ivičnih stubova i ugaonih stubova.

Empirijske vrednosti momenata savijanja koji opterećuju stubove dati su izrazima:

$$\begin{aligned} \text{Srednji stub: } M_x &= P l_x / 90 & M_y &= P l_y / 90 \\ \text{Ivični stub: } M_x &= (P+G) l_x / 90 & M_y &= (P+G) l_y / 90 \\ \text{Stub u uglu: } M_x &= (P+G) l_x / 160 & M_y &= (P+G) l_y / 160 \end{aligned} \quad (2.78)$$

Pri tome je  $g$  stalni teret na ploči,  $p$  koristan teret na ploči,



Sl. 2.64

$P = p l_x l_y$  i  $G = g l_x l_y$   
Vrednosti ovako dobijenih momenata savijanja predstavljaju zbir momenata koji opterećuju gornji i donji stub u čvoru (sl.2.64) i treba ih raspodeliti prema krutostima:

$$\begin{aligned} \text{Gornji stub: } M_g &= M \frac{k_g}{k_g + k_d} \\ \text{Donji stub: } M_d &= M \frac{k_d}{k_g + k_d} \end{aligned} \quad (2.79)$$

Dimenzije stuba, prema Uputstvu, treba da budu veće od dvostruke debljine ploče i veće od  $1/10$  čiste visine stuba (od poda do ispod kapitela) ali ne manje od  $30 \text{ cm}$ . Prema novom PBAB dimenzija strane stuba treba da je veća od  $1/20$  manjeg raspona,  $1/15$  spratne visine ali ne manja od  $30 \text{ cm}$ . Normalne sile u stubovima se određuju prema pripadajućem opterećenju:

$$\begin{aligned} \text{Srednji stub: } N &= G + P \\ \text{Ivični stub: } N &= (G + P)/2 \\ \text{Ugaoni stub: } N &= (G + P)/4 \end{aligned} \quad (2.80)$$

ACI - propisi na sličan način definišu poluempirijsku direktnu metodu. Radi poredjenja, za neko srednje polje, smatra se da je vrednost negativnog momenta  $M_{neg} = 0,65 M_o$ , a pozitivnog momenta  $M_{pos} = 0,35 M_o$ , gde je  $M_o = 0,125 q l_1 l_2$ . Vrednosti ovako sračunatih momenata se dele na traku preko stubova i traku u polju preko raspodelnih koeficijenata kao:

traka preko stubova		traka u polju	
$M_1 = 0,75 M_{neg} = 0,75(-0,65 M_o) = -0,49 M_o$	$M_3 = 0,25(-0,65 M_o) = -0,16 M_o$		
$M_2 = 0,60 M_{pos} = 0,60 \cdot 0,35 M_o = 0,21 M_o$	$M_4 = 0,40 \cdot 0,35 M_o = 0,14 M_o$		

(2.81)

Dakle dobijaju se gotovo identične vrednosti kao po našim Uputstvima. ACI propisi posebno definišu, međutim, način na koji se uzima u obzir i torziona krutost grede ako se na krajevima ploča na nju oslanja, kao i krutost ivičnih stubova na savijanje. Vrednost momenta  $M_o$  sračunava se takodje sa redukovanim rasponom u slučaju postojanja kapitela, ali se ne definiše precizno na koji se način ta redukcija vrši, sem što se on ograničava na  $\min 0,65 L$  (gde je  $L$  osovinski raspon).

Britanski propisi (1972) definišu na poseban način širine traka u funkciji toga kakvog je oblika kapitel. Debljina ploče ograničena je na  $\min 12,5 \text{ cm}$ . Redukcija raspona za proračun momenta  $M_o$  vrši se slično našim uputstvima. Ukoliko je kapitel napravljen sa ravnom pločom (tip III) raspodelni koeficijenti su za neko srednje polje isti kao i po našim uputstvima:

traka preko stubova		traka u polju	
$M_1 = -0,5 M_o$	$M_3 = -0,15 M_o$	$(-0,16 M_o)$	
$M_2 = 0$	$M_4 = 0,15 M_o$	$(0,16 M_o)$	

(2.82)



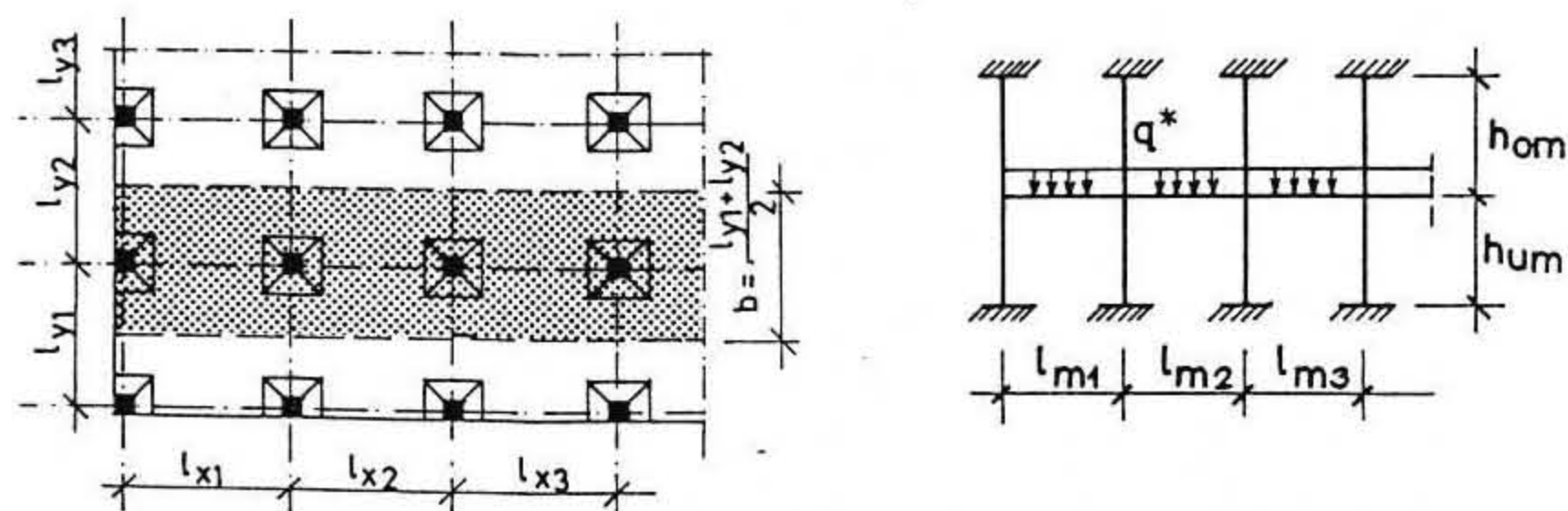
U zgradama su date vrednosti za momente u slučaju kapitela tipa I. Na poseban način se definišu i vrednosti momenata savijanja za krajnja polja u slučaju oslanjanja ploče na stubove sa polukapitelima ili na zid.

#### Metod zamenjujućih okvira

Za proračun momenata savijanja kod pečurkastih ploča nejednakih raspona upotrebljava se najčešće metoda zamenjujućih (ekvivalentnih) okvira. Metoda je zasnovana na činjenici da ploča sa stubovima čini kontinualni okvir u oba ortogonalna pravca i da se raspored momenata savijanja može dobiti tretirajući ploču kao riglu ramovske konstrukcije. Ovaj metod je ušao u propise većine zemalja i ima široku primenu.

Uputstva za proračun pečurkastih ploča iz 1950. godine detaljno razmatraju metod zamenjujućih okvira za proračun uticaja u pločama nejednakih raspona. Pečurkasta ploča se raščlanjuje na dva sistema medjusobno upravni ramova, gde ploča predstavlja riglu rama kruto vezanu za stubove. Ovako formiran ram se može bilo razmatrati u celosti (ako postoji više etaža) ili se dopušta da se jedna etaža sa stubovima iznad i ispod ploče razmatra posebno, odvojeno od ostalog dela konstrukcije.

Svaki izdvojeni okvir obuhvata širinu ploče jednaku poluzbiru upravni susednih raspona, kako je prikazano na sl. 2.65



Sl. 2.65

Proračun momenata savijanja svakog posmatranog okvira vrši se za opterećenje koje pada na širinu okvira, dakle za:

$$q^* = q b = q (l_1 + l_2)/2 \quad (2.83)$$

Moment inercije rigle (ploče) je

$$J = bd^3/12 = \frac{l_1 + l_2}{2} \frac{d^3}{12} \quad (2.84)$$

dok se moment inercije stuba sračunava iz preseka stuba zanemarujući postojanje kapitela.

Uticaj kapitela se uzima u obzir preko redukcije raspona ploče i to:

$$- \text{srednji raspon } l_m = l(1 - 2c/3l)$$

- krajnji rasponi:

$$l_k = l(1 - 2c/3l) \text{ ako se ploča po obimu oslanja na stubove sa polukapitelima}$$

$$l_k = l(1 - c/3l) \text{ ako se ploča oslanja po obimu na podvlaku u osi ivičnih stubova}$$

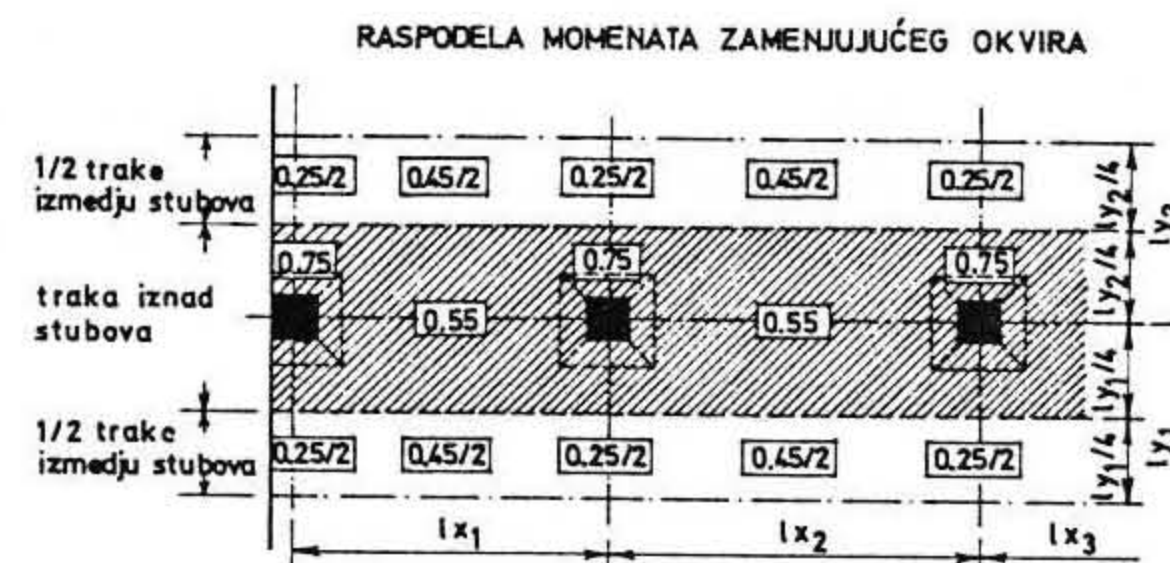
$$l_k = l'(1 - c/3l' + d/2l') \text{ ako se ploča oslanja na zid od opeke bez podvlake, pri čemu je } l' \text{ rastojanje od unutrašnje ivice zida do ose prvog stuba}$$

Visina stuba se redukuje na:

$$h_m = h - c/2$$

Uputstvo ne uzima u obzir povećanje krutosti ploče na mestu kapitela, već se moment inercije rigle zadržava konstantnim kao u polju.

Vrednosti momenata savijanja sračunavaju se na ovako formiranom okviru prema metodama statike konstrukcija. Dobijeni momenti važe za celu širinu ploče  $b$  i raspodeljuju se na trake preko stubova i trake u polju pomoću raspodelnih koeficijenata, prema šemi na sl. 2.66



Sl. 2.66

Ukupni negativni moment se raspoređuje na:

$$\begin{aligned} M &= 0,75 M_{neg} && \text{za traku preko stubova} \\ M &= 0,25 M_{neg} && \text{za traku u polju} \end{aligned} \quad (2.85)$$



Ukupni pozitivan moment se deli na:

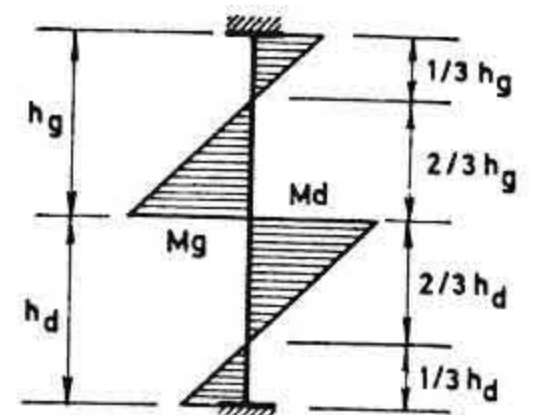
$$\begin{aligned} M &= 0,55 M_{poz} && \text{za traku preko stubova} \\ M &= 0,45 M_{poz} && \text{za traku u polju.} \end{aligned} \quad (2.86)$$

Dimenzionisanje ploče se vrši tako što se ovako dobijeni momenti redukuju na 1m širine deleći gornje vrednosti sa  $b/2$ , koliko je široka svaka traka.

Za računsku statičku visinu iznad stuba važe iste napomene kao kod poluempirijskih metoda.

Stubovi se računaju na vertikalnu silu i moment savijanja. Za periferne stubove momenti savijanja se uzimaju iz proračuna zamenjujućim okvirom.

Za srednje stubove proračun se vrši prema momentima savijanja koji su dati sledećim izrazima (sl. 2.67):



$$\begin{aligned} M_g &= \frac{pl_1^2 + g(l_1^2 - l_2^2)}{12} \cdot \frac{k_g}{k_g + k_d + 2k_p} \\ M_d &= \frac{pl_1^2 + g(l_1^2 - l_2^2)}{12} \cdot \frac{k_d}{k_g + k_d + 2k_p} \end{aligned} \quad (2.87)$$

gde je  $k_p$  = krutost ploče  
 $k_d$  = krutost donjeg stuba  
 $k_g$  = krutost gornjeg stuba

Sl. 2.67

ACI - propisi tretiraju metodu zamenjujućih okvira kao generalnu metodu za proračun ploča. Ovi propisi zahtevaju da se uzme u obzir promenljiv moment inercije koji u ploču unosi postojanje kapitela i daju određene preporuke u tom smislu. U efektivnu krutost krajnjeg stuba može se uračunati i torziona krutost ivične grede ako ona postoji. Momenti u oba pravca se moraju sračunati za vrednost 100% opterećenja. Daju se takodje preporuke kako redukovati moment savijanja iznad stuba s obzirom na postojanje kapitela. Negativni momenti se dele na traku preko stubova i u polju preko istih raspodelnih koeficijenata kao i u našim Uputstvima:

$$\begin{aligned} M &= 0,75 M_{neg} && \text{za traku preko stuba} \\ M &= 0,25 M_{neg} && \text{za traku u polju} \end{aligned} \quad (2.88)$$

dok se pozitivni momenti dele kao:

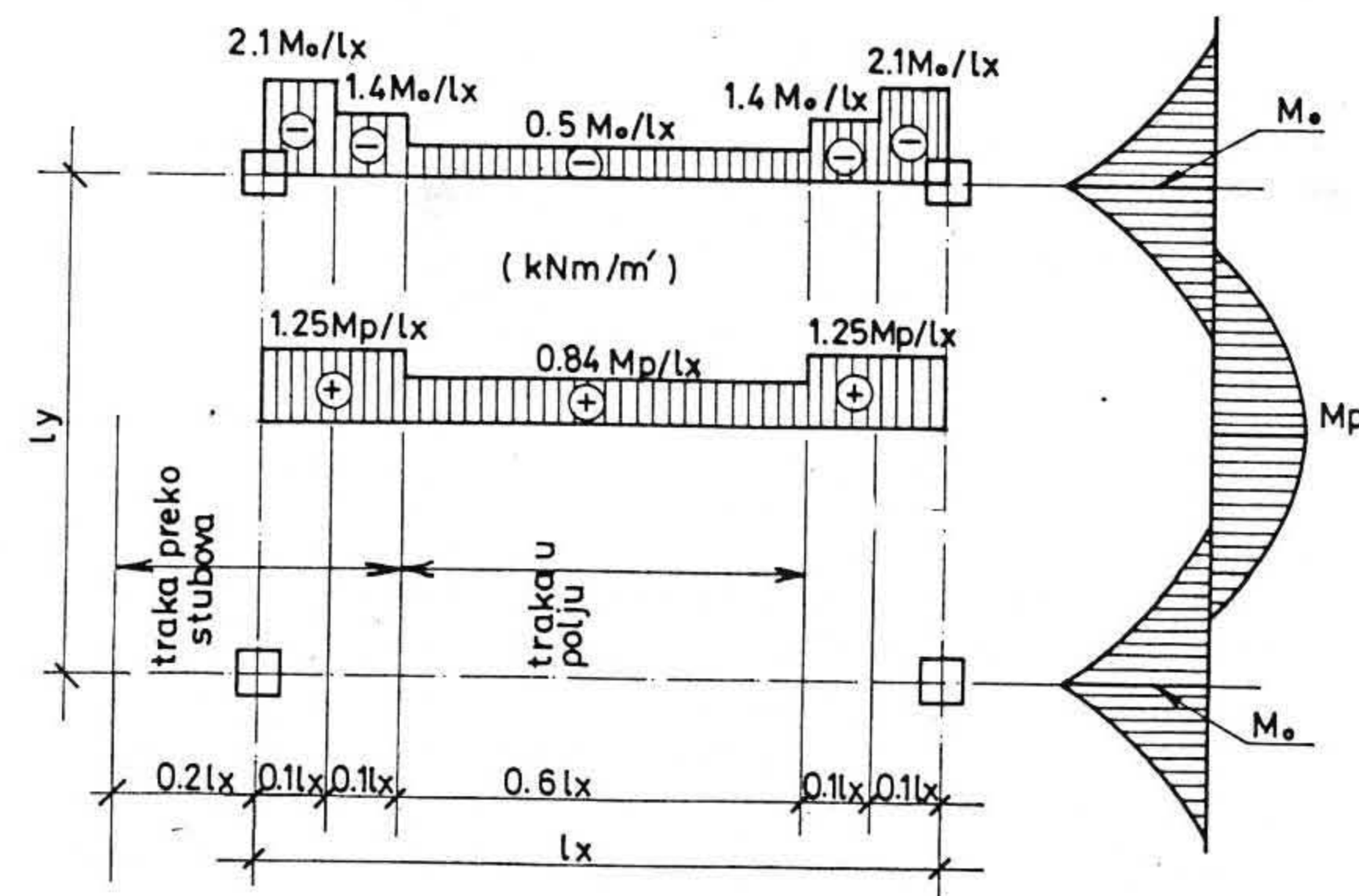
$$\begin{aligned} M &= 0,60 M_{poz} && \text{za traku preko stubova} \\ M &= 0,40 M_{poz} && \text{za traku u polju.} \end{aligned} \quad (2.89)$$

Britanski standardi, takodje preporučuju metodu zamenjujućih okvira, na sličan način, uz zanemarenje promene krutosti ploče zbog postojanja kapitela. Raspodelni koeficijenti su isti kao po našim Uputstvima, a redukcija raspona se takodje vrši na isti način.

✓ DIN 1045 - takodje preporučuje metodu zamenjujućih okvira za ploče odnosa raspona do 1,33. Razlika u odnosu na druge propise je u tome što se širine traka uzimaju: traka preko stubova  $b = 0,4l$ , a traka u polju  $b = 0,6l$  (sl. 2.68). Vrednosti raspodelnih koeficijenata za ovako formirane trake su:

$$\begin{aligned} M &= 0,7 M_{neg} && \text{za traku preko stubova} \\ M &= 0,3 M_{neg} && \text{za traku u polju} \\ M &= 0,5 M_{poz} && \text{za traku preko stubova} \\ M &= 0,5 M_{poz} && \text{za traku u polju} \end{aligned} \quad (2.90)$$

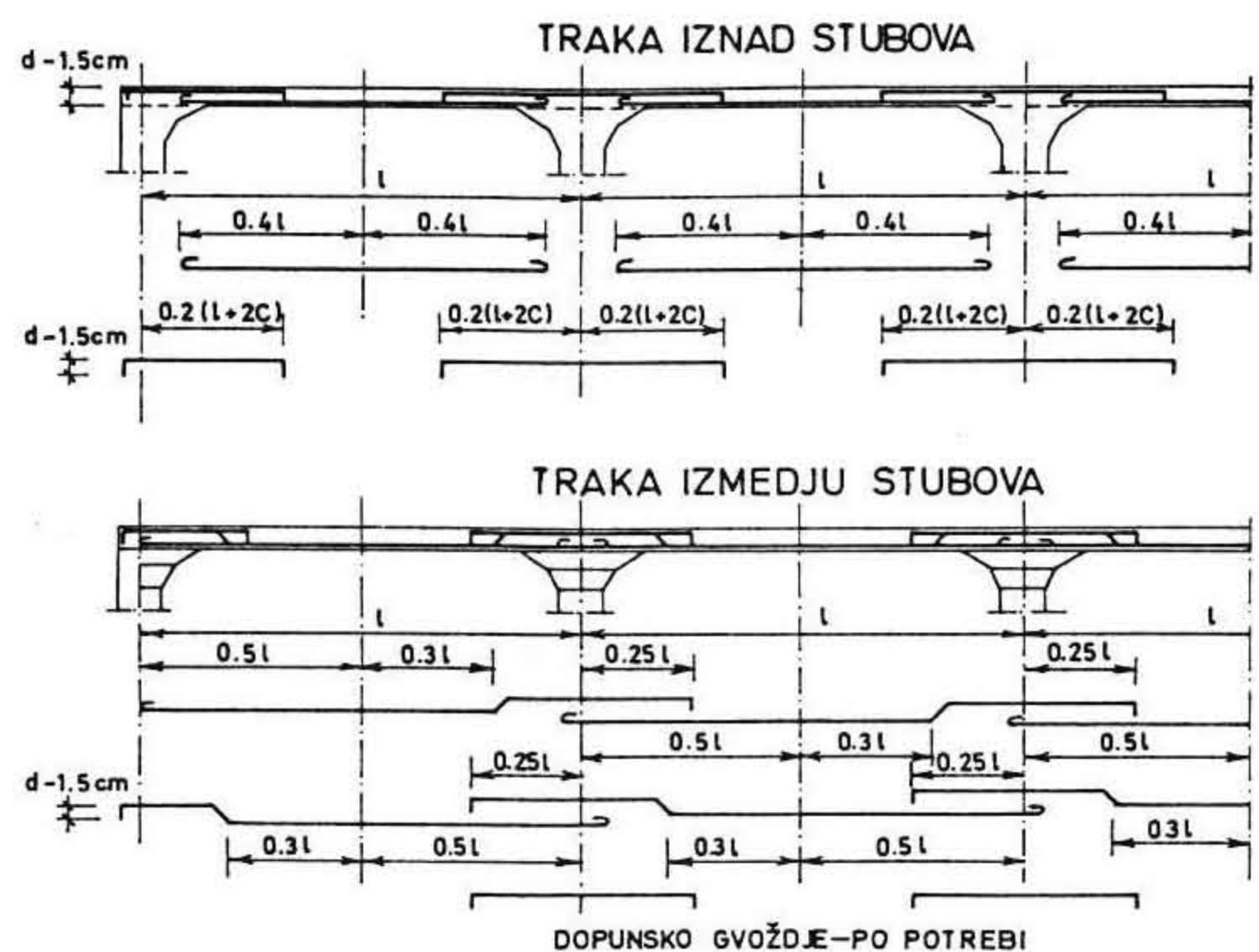
Vrednost ovih momenata se deli sa širinom trake i dobijaju momenti sračunati na 1m širine, izuzev za moment iznad stuba, gde se traka preko stuba deli na još dve trake u kojima je vrednost momenata različita. Vrednosti momenata sračunati na 1m širine dati su na šemi na sl. 2.68.



Sl. 2.68

### 2.3.4. Armiranje pečurkastih ploča

Trake ploče preko stubova mogu se armirati nezavisnom armaturom u gornjoj i donjoj zoni (bez povijanja). Traka između stubova se obično armira uz povijanje šipki iz polja uz eventualan dodatak dopunskog gvoždja za prijem negativnih momenata, prema potrebi. Na sl. 2.69 prikazan je raspored armature za jedan ortogonalni pravac sa načinom oblikovanja šipki. Analogno se armira i drugi ortogonalni pravac.



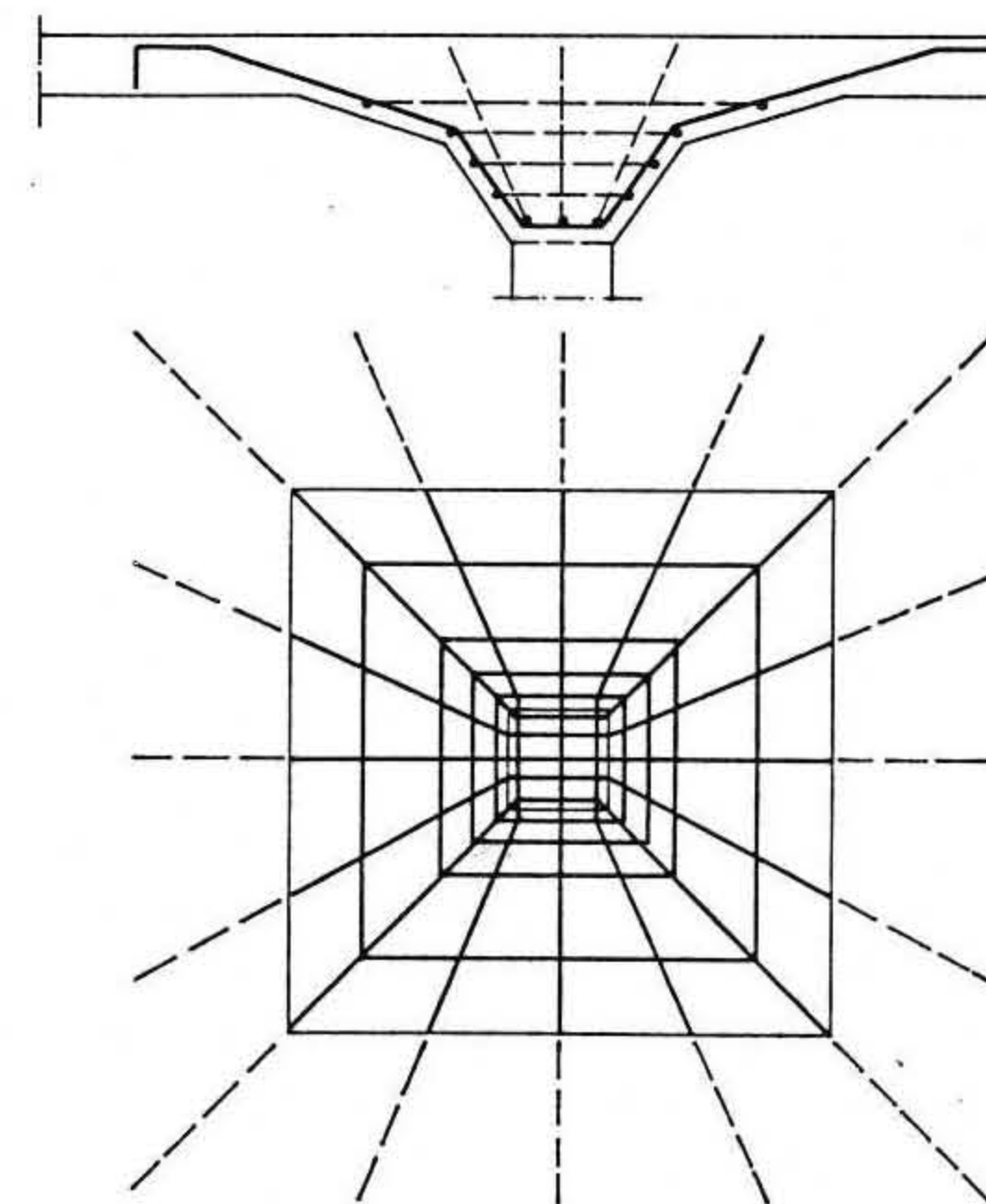
Sl. 2.69

Razmaci armature moraju zadovoljiti propisima regulisana rastojanja. Armatura iznad stubova se može formirati i povijanjem armature iz polja uz dodatak dopunske armature (jahača). Preporučuje se da se donja armatura u zonama negativnih momenata preklopi i to u traci u polju uvek, a u traci preko stubova u slučajevima kada je moguće očekivati da dodje do neravnomernog

sleganja objekta ili ako je objekat velike dužine izložen nepovoljnim uticajima od temperature i skupljanja, ili ako na ploči postoje velika koncentrisana opterećenja.

Dužine šipki treba prilagoditi anvelopi momenata savijanja, a minimalne potrebne dužine za jednakopodeljeno opterećenje date su na sl. 2.69

Kapitel, koji je po pravilu pritisnut, armira se konstruktivnom armaturom tanjeg profila, u vidu prostorno povijenih šipki i uženčija (sl. 2.70).



Sl. 2.70



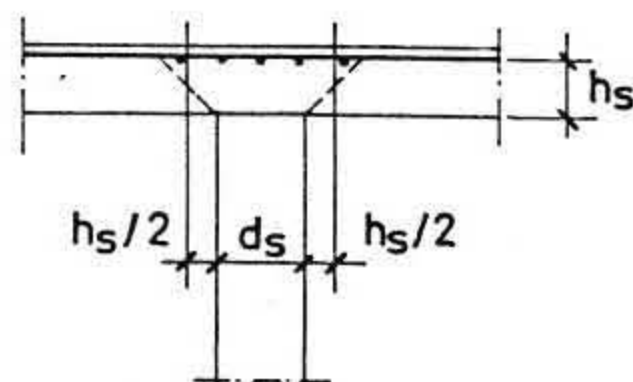
### 2.3.5. Ploče oslonjene direktno na stubove bez kapitela ili kada je kapitel manji od $0,3 l_{min}$

U slučajevima da je kapitel projektovan tako da mu je veličina strane na spoju sa pločom manja od  $0,3 l_{min}$  ili je projektovana ploča bez kapitela, direktno oslonjena na stubove, proračun momenata savijanja u ploči vrši se preko metode kontinualnih zamenjujućih greda. Kontinualne grede se formiraju od ploče isto kao u slučaju zamenjujućih okvira, samo se veza između stubova i ploče usvaja zglobna umesto krute, čime se eliminiše doprinos stubova u prenošenju momenta. Raspodela dobijenih momenata savijanja po trakama ostaje kao u slučaju zamenjujućih okvira.

U slučaju ovakvih konstrukcija (bez kapitela ili sa malim kapitelima) ili kod ploča sa velikim koncentrisanim opterećenjem javlja se problem obezbeđenja ploče od probijanja, do koga dolazi zbog velikih smičućih napona, odnosno glavnih napona zatezanja. Niz eksperimentalnih ispitivanja je posvećen ovom problemu, radi proučavanja probijanja ploče kako pri statičkom tako i pri dinamičkom opterećenju. Rezultati istraživanja za statička opterećenja najdetaljnije su ugrađeni u nemačke DIN standarde, a deo tih iskustava ugrađen je i u novi Pravilnik (PBAB 86).

Za slučaj delovanja koncentrisanog opterećenja preko površine kružnog oblika (kružni stub) prečnika  $d_s$ , smatra se da do probijanja može doći po konusu, čija se površina omotača može aproksimirati površinom cilindra prečnika  $d_s + h_s$  (sl. 2.71)

Napon smicanja u kritičnom preseku sračunava se kao:



$$\tau = \frac{Q_{max}}{\sigma h_s} \quad (2.91)$$

gde je:

$Q_{max}$  = ukupna maksimalna eksploataciona transverzalna sila u kritičnom preseku

$\sigma = (d_s + h_s)\pi$  = obim kritičnog preseka

$h_s$  = srednja statička visina ploče za dva upravna pravca armature.

Sl. 2.71

Ako je u pitanju ivični stub pečurkaste ploče za njegov obim se uzima 60% obima srednjeg stuba, a ako je u pitanju ugao-ni stub uzima se 30%.

Ako je poprečni presek stuba pravougaoni  $b/d$ , tada se u proračun uvodi zamenjujući kružni stub prečnika

$$d_s = 1,13 \sqrt{bd} \quad (2.92)$$

Ako je smičući napon sračunat prema izrazu (2.91)

$$\tau < \frac{2}{3} \gamma_1 \tau_a \quad (2.93)$$

tada nema opasnosti od probijanja stuba i glavne zatežuće napone prenosi sam beton. Ukoliko je

$$\frac{2}{3} \tau_a \gamma_1 \leq \tau \leq \gamma_2 \tau_b \quad (2.94)$$

tada se mora postaviti posebna poprečna (kosa) armatura.

Ne dopušta se da je:  $\tau > \gamma_2 \tau_b$ .

Granice  $\tau_a$  i  $\tau_b$  su definisane pravilnikom u funkciji marke betona. Vrednosti koeficijenata  $\gamma_1$  i  $\gamma_2$  date su izrazima

$$\gamma_1 = 1,3 \alpha_a \sqrt{\mu} \quad \gamma_2 = 0,45 \alpha_a \sqrt{\mu} \quad (2.95)$$

gde je  $\mu$  = srednja vrednost procenta armiranja preseka glavnom zategnutom armaturom u oba pravca na širini trake  $0,4l_x$  odn.  $0,4l_y$  izražena u procentima, a koeficijent  $\alpha_a$  zavisi od vrste armature i iznosi:

$$\alpha_a = \begin{cases} 1,0 & \text{za GA240/360} \\ 1,3 & \text{za RA400/500} \\ 1,4 & \text{za MA500/560} \end{cases} \quad (2.96)$$

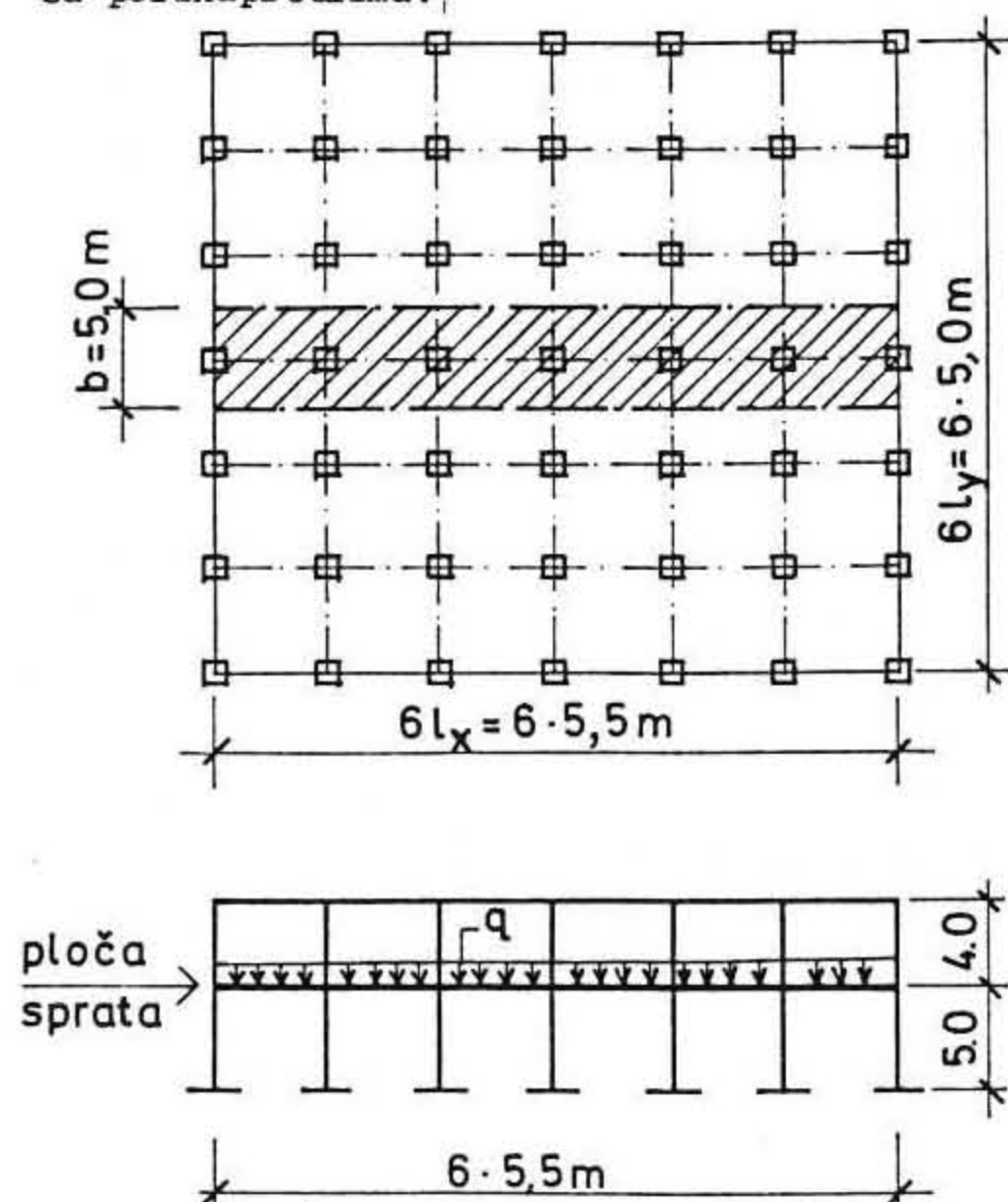
Srednja vrednost  $\mu$  koja se unosi u izraze za  $\gamma_1$  i  $\gamma_2$  mora zadovoljiti uslov

$$0,5\% \leq \mu < 0,25 \beta_k / \sigma_y \leq 1,5\% \quad (2.97)$$

bez obzira što u stvarnosti može biti često veća.

BROJNI PRIMER 12

Sračunati statičke uticaje i dimenzionisati pečurkastu ploču sprata prikazanu na sl. 2.72, prema zadatim podacima, za slučaj totalnog opterećenja. Ploča se oslanja na kvadratne stubove sa kapitelima, a poobimu na stubove sa polukapitelima.



Sl. 2.72

Dimenzije stubova prema PBAB

$$a \geq \begin{cases} l_{\min}/20 = 500/20 = 25 \text{ cm} \\ H/15 = 500/15 = 33,3 \text{ cm} \\ 30 \text{ cm} \end{cases}$$

Usvojeni svi stubovi preseka b/d = 40/40 cm

Analiza opterećenja

Sopstvena težina ploče  $0,16 \cdot 25,0 = 4,0 \text{ kN/m}^2$

Pod i instalacije = 1,0

$g = 5,0 \text{ kN/m}^2$

Korisno  $p = 20,0 \text{ kN/m}^2$

Ukupno  $q = 25,0 \text{ kN/m}^2$

Proračun sprovesti za srednju traku ploče u pravcu dužeg raspona po:

- a) poluempirijskoj metodi
- b) metodi zamenjujućih okvira

Podaci:

MB 30,GA 240/360

$l_x = 5,5 \text{ cm}$

$l_y = 5,0 \text{ cm}$

Korisno opterećenje  $p = 20,0 \text{ kN/m}^2$

a) Poluempirijska metoda

Minimalna debljina ploče:

$\min d = \max l/35 = 550/35 =$

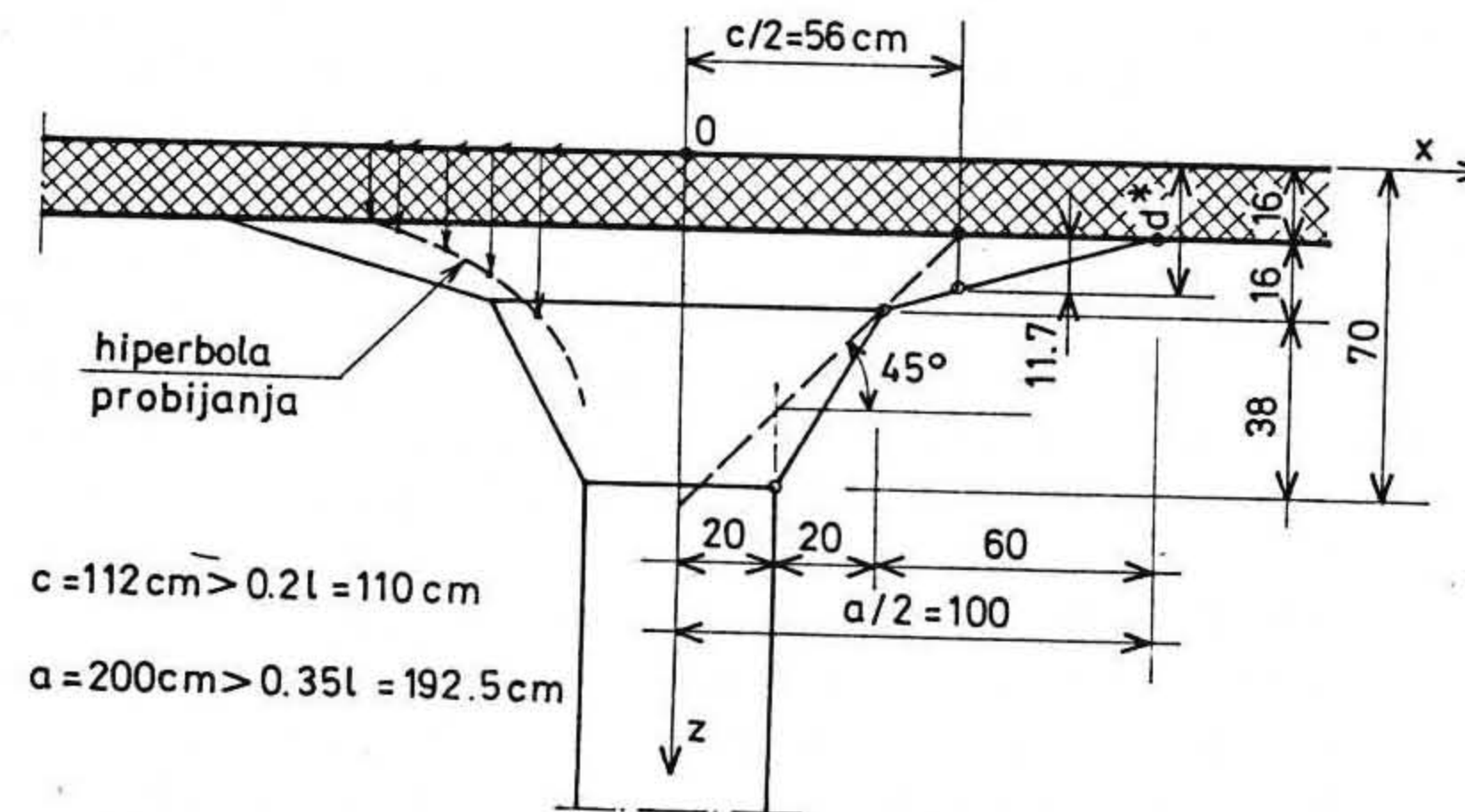
$= 15,7 \text{ cm} \Rightarrow d = 16 \text{ cm}$

Proračun kapitela:

max. transverzalna sila  $Q = q l_x l_y = 25,0 \cdot 5,5 \cdot 5,0 = 687,5 \text{ kN}$

Hiperbola probijanja  $x \cdot z_x = \frac{Q}{8\tau a} = \frac{687,5}{8 \cdot 0,08} = 1074 \text{ (sl. 2.73)}$

x (cm)	20	25	30	35	40	50	60	67
z <sub>x</sub> (cm)	53,7	43,0	35,8	30,7	26,9	21,5	17,9	16,0



Sl. 2.73

Proračun momenta savijanja za srednju traku (  $b = l_y = 5,0 \text{ m}$  )

$M_{0x} = 0,125 q l_y l_x^2 \left(1 - \frac{2c}{3l_x}\right)^2 = 0,125 \cdot 25,0 \cdot 5,0 \cdot 5,5^2 \cdot \left(1 - \frac{2 \cdot 112}{3 \cdot 55}\right)^2 = 353 \text{ kNm}$

Vrednosti momenta (redukovanih na 1 m'):

$M'_1 = \frac{-0,5 M_0}{l_y/2} = \frac{-0,5 \cdot 353}{2,5} = -70,6 \text{ kNm/m'}$

$M'_2 = \frac{-0,2 M_0}{l_y/2} = \frac{0,2 \cdot 353}{2,5} = 28,2 \text{ kNm/m'}$

$M'_3 = \frac{-0,15 M_0}{l_y/2} = \frac{-0,15 \cdot 353}{2,5} = -21,2 \text{ kNm/m'}$

$M'_4 = \frac{0,15 M_0}{l_y/2} = \frac{0,15 \cdot 353}{2,5} = 21,2 \text{ kNm/m'}$

Krutosti gornjeg i donjeg stuba i ploče

$K_g = \frac{I_g}{h_g} = \frac{0,4^4}{12 \cdot 4,0} = 5,33 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3$



$$K_d = \frac{I_d}{h_d} = \frac{0,4^4}{12 \cdot 5,0} = 4,27 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3$$

$$K_p = \frac{I_p}{l_x} = \frac{5,0 \cdot 0,16^3}{12 \cdot 5,5} = 3,10 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3$$

$$\frac{K_g + K_d}{K_p} = \frac{5,33 + 4,27}{3,1} = 3,10 \Rightarrow \begin{cases} \alpha = 1,12 \\ \beta = 1,14 \\ \gamma = 0,73 \end{cases}$$

$$M'_5 = \gamma M'_1 = 0,73 \cdot (-70,6) = -51,5 \text{ kNm/m'}$$

$$M'_6 = \beta M'_2 = 1,14 \cdot 28,2 = 32,1 \text{ "}$$

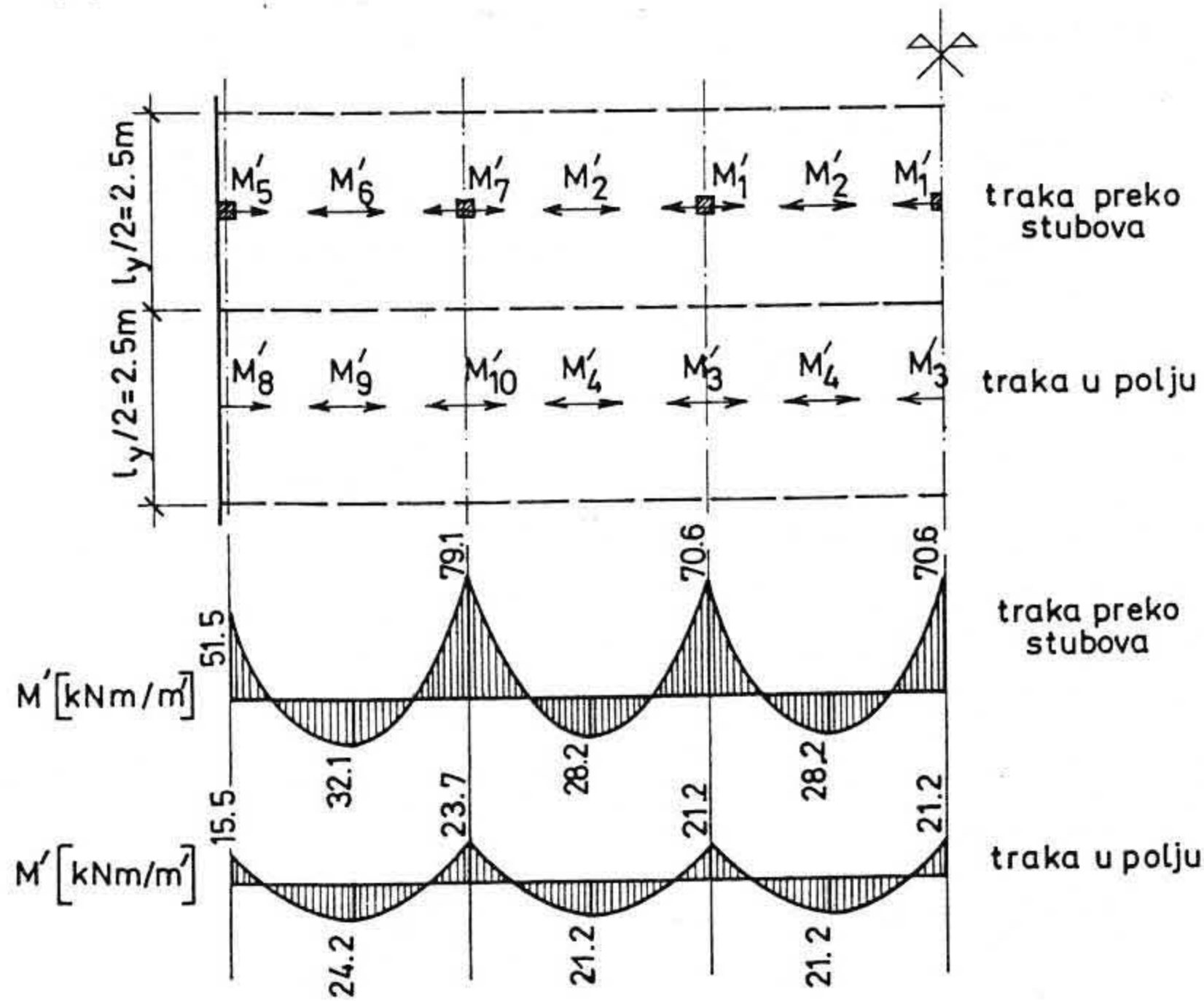
$$M'_7 = \alpha M'_1 = 1,12 \cdot (-70,6) = -79,1 \text{ "}$$

$$M'_8 = \gamma M'_3 = 0,73 \cdot (-21,2) = -15,5 \text{ "}$$

$$M'_9 = \beta M'_4 = 1,14 \cdot 21,2 = 24,2 \text{ "}$$

$$M'_{10} = \alpha M'_3 = 1,12 \cdot (-21,2) = -23,7 \text{ "}$$

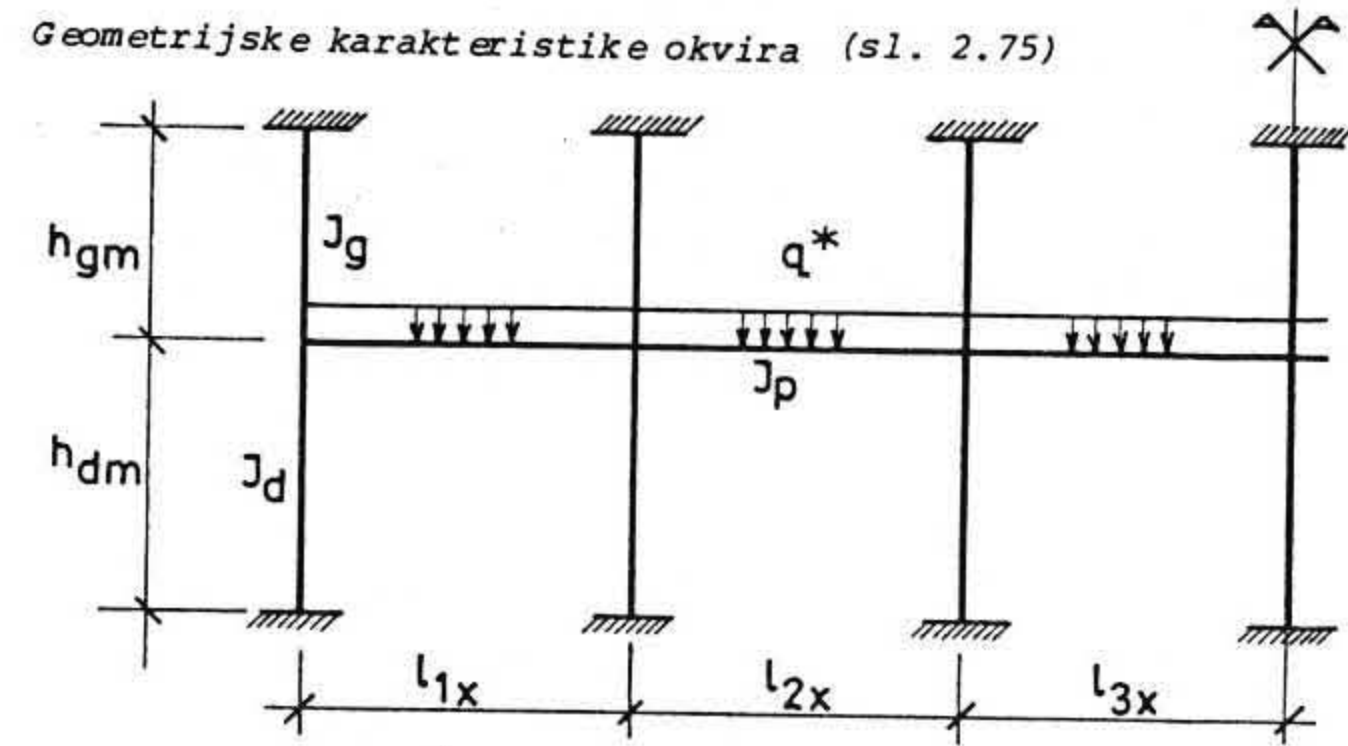
Dijagrami momenata za karakteristične trake prikazani su na sl. 2.74.



Sl. 2.74

b) Metod zamenjujućih okvira

Geometrijske karakteristike okvira (sl. 2.75)



Sl. 2.75

$$l_m = l_{1x} = l_{2x} = l_{3x} = l \left(1 - \frac{2c}{3l}\right) = 5,50 \left(1 - \frac{2 \cdot 1,12}{3 \cdot 5,50}\right) = 4,75 \text{ m}$$

$$h_{dm} = h_d - c/2 = 5,0 - \frac{1,12}{2} = 4,44 \text{ m}$$

$$h_{gm} = h_g - c/2 = 4,0 - \frac{1,12}{2} = 3,44 \text{ m}$$

$$b = l_y = 5,0 \text{ m}$$

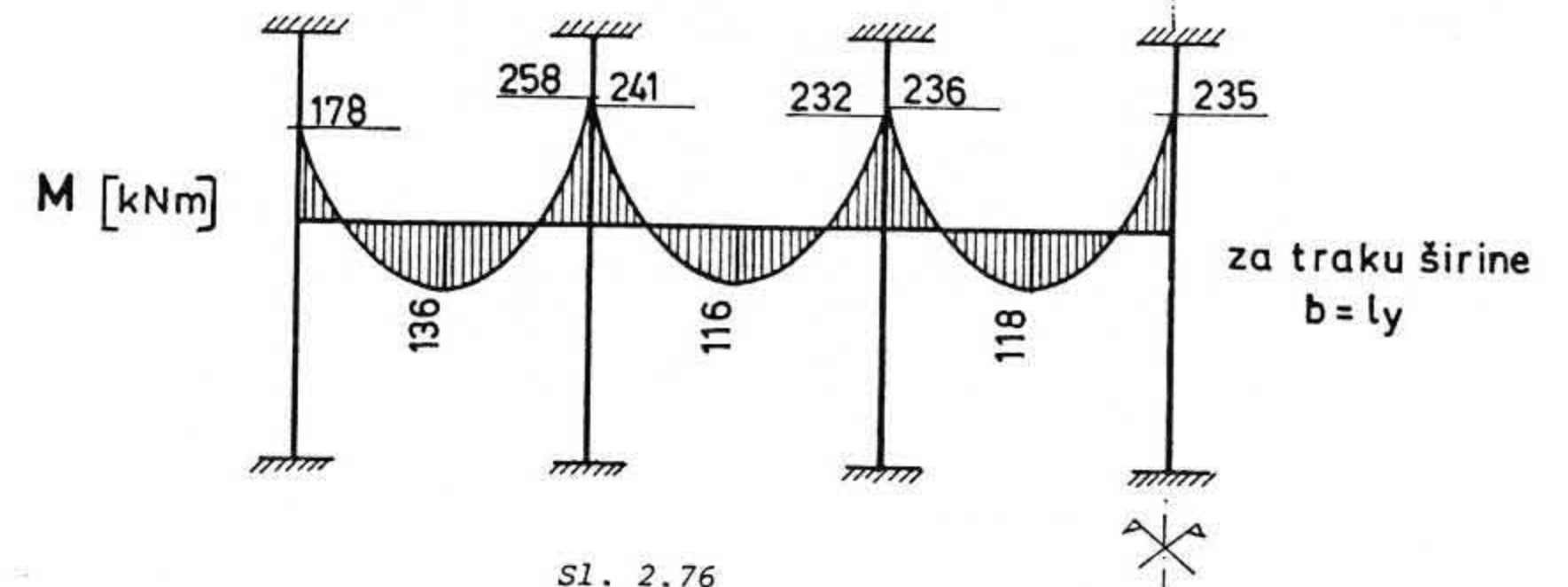
$$q^* = q l_y = 25,0 \cdot 5,0 = 125,0 \text{ kN/m'}$$

$$I_g = I_d = \frac{0,4^4}{12} = 2,13 \cdot 10^{-3} \text{ m}^4$$

$$I_p = \frac{5,0 \cdot 0,16^3}{12} = 1,71 \cdot 10^{-3} \text{ m}^4$$

$$K'_g = \frac{I_g}{h_{gm}} = \frac{2,13}{3,44} = 0,62, \quad K'_d = \frac{2,13}{4,44} = 0,48, \quad K'_p = \frac{I_p}{l_m} = \frac{1,71}{4,75} = 0,36$$

Vrednosti momenata dobijene proračunom rama date su na slici 2.76.



Sl. 2.76

Vrednosti momenata redukovanih na 1 m' širine (sl. 2.77)

Traka preko stubova

Negativni momenti :

$$-M' = \frac{0,75 M_{os}}{l_y/2} = \frac{0,75 M_{os}}{2,5} = 0,3 M_{os} = \begin{cases} -0,3 \cdot 178 = -53,4 \text{ kNm/m'} \\ -0,3 \cdot 258 = -77,4 \\ -0,3 \cdot 236 = -70,8 \\ -0,3 \cdot 235 = -70,5 \end{cases}$$

Pozitivni momenti:

$$M' = \frac{0,55 M_p}{l_y/2} = \frac{0,55 M_p}{2,5} = 0,22 M_p = \begin{cases} 0,22 \cdot 136 = 29,9 \text{ kNm/m'} \\ 0,22 \cdot 116 = 25,5 \\ 0,22 \cdot 118 = 26,0 \end{cases}$$

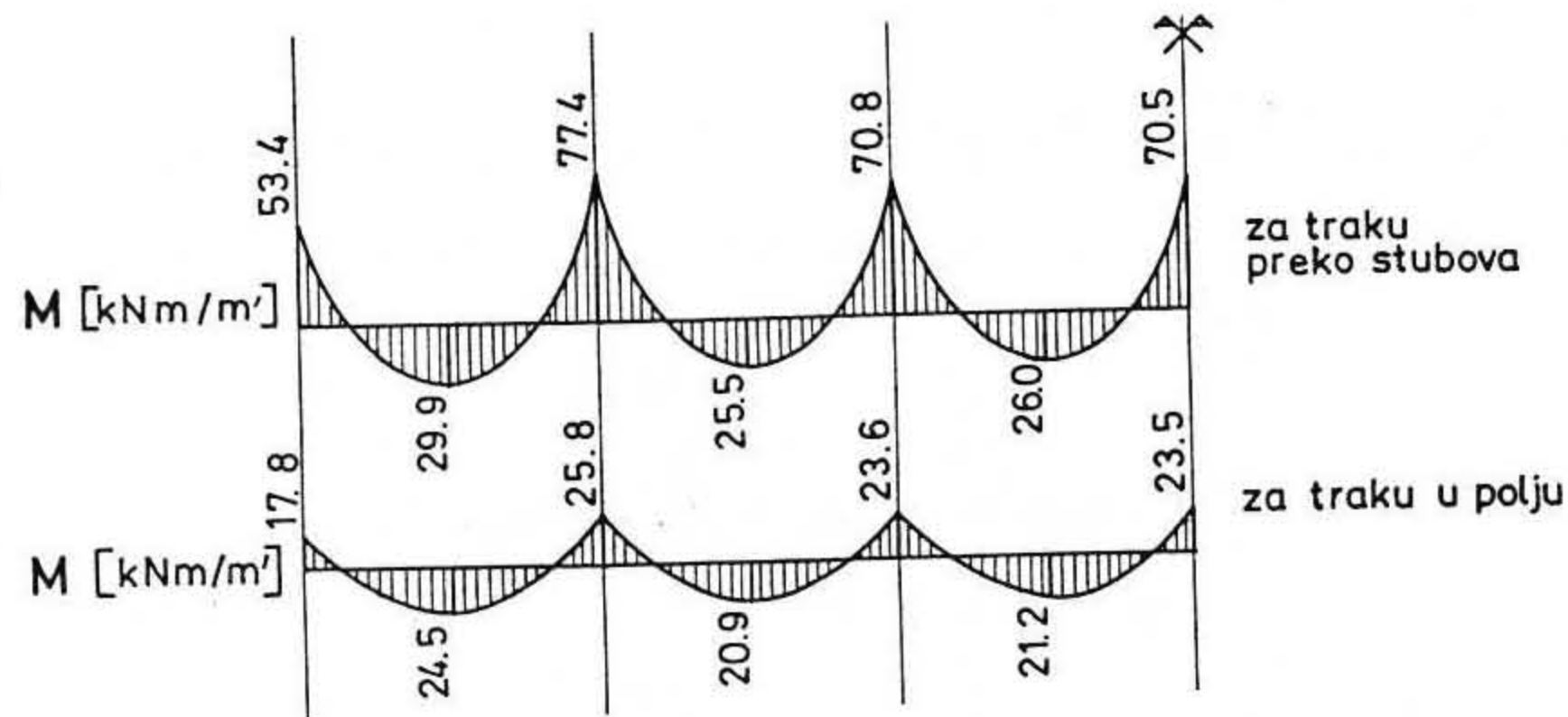
Traka u polju (između stubova)

Negativni momenti:

$$M' = \frac{0,25 M_{os}}{l_y/2} = \frac{0,25 M_{os}}{2,5} = 0,1 M_{os} = \begin{cases} -0,1 \cdot 178 = -17,8 \text{ kNm/m'} \\ -0,1 \cdot 258 = -25,8 \\ -0,1 \cdot 236 = -23,6 \\ -0,1 \cdot 235 = -23,5 \end{cases}$$

Pozitivni momenti:

$$M' = \frac{0,45 M_p}{l_y/2} = \frac{0,45 M_p}{2,5} = 0,18 M_p = \begin{cases} 0,18 \cdot 136 = 24,5 \text{ kNm/m'} \\ 0,18 \cdot 116 = 20,9 \\ 0,18 \cdot 118 = 21,2 \end{cases}$$



sl. 2.77

Dimenzionisanje: MB 30GA240/360  $\sigma_b/\sigma_a = 12/160 \text{ MPa}$

Za momente iznad stuba  $M_5, M_7, M_1$  računska visina ploče iznosi

$$\text{rač. } d = \min \left\{ \begin{array}{l} d^* = 16 + 11,7 = 27,7 \text{ cm} \\ 1,5d = 1,5 \cdot 16 = 24 \text{ cm} \end{array} \right\} = 24 \text{ cm}$$

Za sve ostale preseke  $d = 16 \text{ cm}$

Traka preko stubova

Negativni momenti iznad stuba

$$h = d - a = 24 - 2 = 22 \text{ cm}$$

$$\min^M = M_7 = -79,1 \text{ kNm/m'}$$

$$r = 22/\sqrt{79,1} = 2,47 \quad \sigma_{b/a} = 9,9/160 \quad \mu = 1,181\%$$

$$F_a = 1,181 \cdot 22 = 26,0 \text{ cm}^2/\text{m'}$$

$$\emptyset 16 \Rightarrow e = \frac{f_{ai} \cdot 100}{F_a} = \frac{2,01 \cdot 100}{26,0} = 7,7 \text{ cm} \quad \text{Usvojeno } \emptyset 16/7^5 (26,8 \text{ cm}^2/\text{m})$$

$$M_1 = -70,6 \text{ kNm/m'}$$

$$F_a \approx \frac{70,6 \cdot 10^2}{0,9 \cdot 22 \cdot 16} = 22,3 \text{ cm}^2/\text{m'}$$

$$e = 2,01 \cdot 100/22,3 = 9,0 \text{ cm}$$

Usvojeno  $\emptyset 16/9 (22,3 \text{ cm}^2/\text{m})$

$$M_5 = -51,5 \text{ kNm/m}$$

$$F_a \approx \frac{51,5 \cdot 10^2}{0,9 \cdot 22 \cdot 16} = 16,3 \text{ cm}^2/\text{m'}$$

$$e = 2,01 \cdot 100/16,3 = 12,3 \text{ cm}$$

Usvojeno  $\emptyset 16/12 (16,8 \text{ cm}^2/\text{m})$

Pozitivni momenti u poljima

$$d = 16 \text{ cm} \quad h = 16 - 2 = 14 \text{ cm}$$

$$M_6 = 32,1 \text{ kNm/m'}$$

$$r = 14/\sqrt{32,1} = 2,47 \quad \sigma_{b/a} = 9,9/160 \quad \mu = 1,181\%$$

$$F_a = 1,181 \cdot 14 = 16,5 \text{ cm}^2/\text{m}$$

Usvojeno  $\emptyset 14/20 + \emptyset 16/20 (17,8 \text{ cm}^2/\text{m})$

$$M_2 = 28,2 \text{ kNm/m'}$$

$$F_a = \frac{28,2 \cdot 10^2}{0,9 \cdot 16 \cdot 14} = 14,0 \text{ cm}^2/\text{m}$$

Usvojeno  $\emptyset 14/10 (15,4 \text{ cm}^2/\text{m})$



Traka u polju (između stubova)

Negativni momenti:

$$M_8 = -15,5 \text{ kNm/m'}$$

$$F_a = \frac{15,5 \cdot 10^2}{0,9 \cdot 14 \cdot 16} = 7,7 \text{ cm}^2/\text{m'}$$

Usvojeno  $\emptyset 14/20$  ( $7,7 \text{ cm}^2/\text{m'}$ )

$$M_{10} = -23,7 \text{ kNm/m'}$$

$$F_a = \frac{23,7 \cdot 10^2}{0,9 \cdot 14 \cdot 16} = 11,8 \text{ cm}^2/\text{m'}$$

Usvojeno  $\emptyset 14/20 + \emptyset 12/20$  ( $13,3 \text{ cm}^2/\text{m'}$ )

$$M_3 = -21,2 \text{ kNm/m'}$$

$$F_a = \frac{21,2 \cdot 10^2}{0,9 \cdot 14 \cdot 16} = 10,5 \text{ cm}^2/\text{m'}$$

Usvojeno  $\emptyset 12/10$  ( $11,3 \text{ cm}^2/\text{m'}$ )

Pozitivni momenti:

$$M_9 = 24,2 \text{ kNm/m}$$

$$F_a = \frac{24,2 \cdot 10^2}{0,9 \cdot 14 \cdot 16} = 12,0 \text{ cm}^2/\text{m'}$$

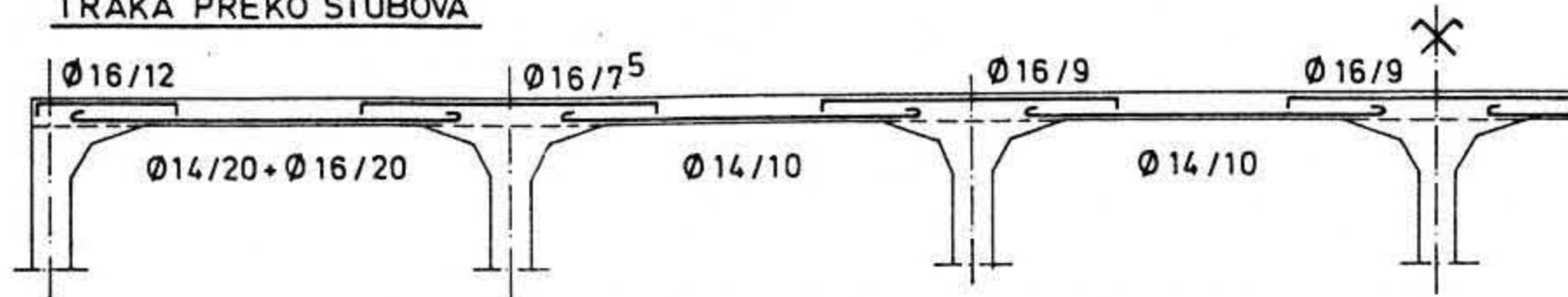
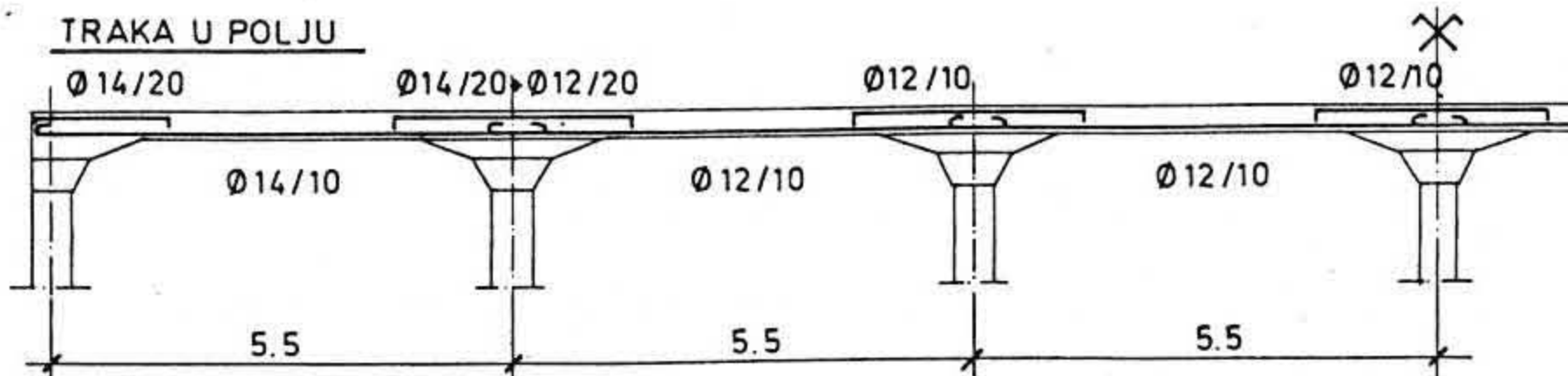
Usvojeno  $\emptyset 14/10$  ( $15,4 \text{ cm}^2/\text{m'}$ )

$$M_4 = 21,2 \text{ kNm/m}$$

$$F_a = \frac{21,2 \cdot 10^2}{0,9 \cdot 14 \cdot 16} = 10,5 \text{ cm}^2/\text{m'}$$

Usvojeno  $\emptyset 12/10$  ( $11,3 \text{ cm}^2/\text{m'}$ )

Šema armiranja prikazana je na sl. 2.78.

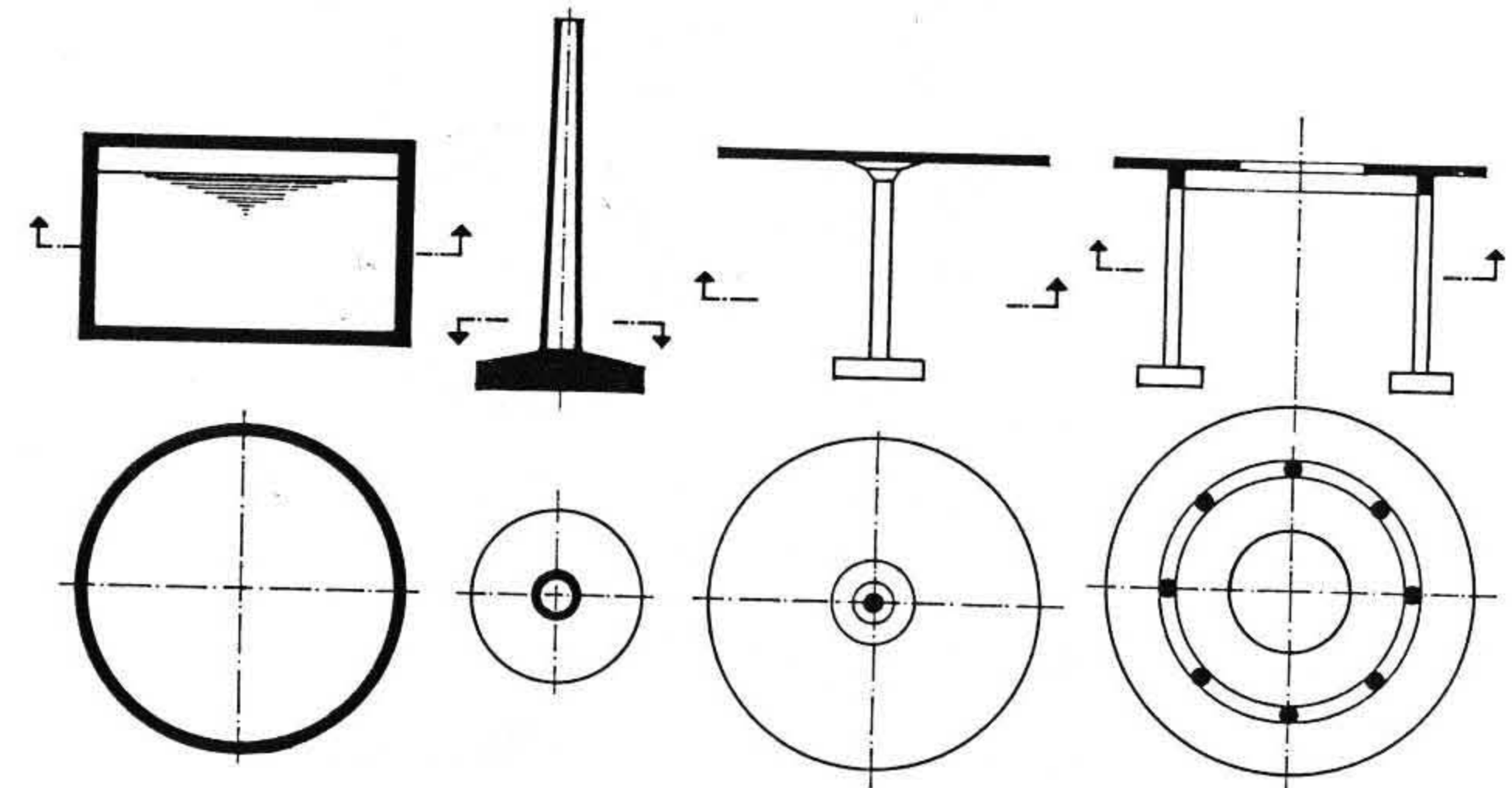
TRAKA PREKO STUBOVATRAKA U POLJU

sl. 2.78

Analogno se sračunava i dimenzioniše ortogonalni y pravac.

## 2.4. KRUŽNE PLOČE

Primenu kružnih ploča nalazimo kod konstrukcija objekata na kružnoj osnovi. Najčešće su to pokrivne i temeljne ploče rezervoara, temeljne ploče visokih dimnjaka i tornjeva, ploče nadstrešnica pumpnih stanica, prstenaste ploče galerija u halama kružne osnove i dr. Na sl. 2.79 prikazana je mogućnost primene kružnih ploča.



sl. 2.79

Kružne ploče se projektuju kao pune, konstantne ili promenljive debljine, ili kao prstenaste ploče.

Ploče na kružnoj osnovi mogu biti oslonjene linijski sa slobotacijom oko oslonca (slobodno oslonjene ploče) ili rotacijom oko oslonca može biti potpuno ili delimično sprečena (puno ili delimično uklještenje duž linijskog oslonca).

Po pravilu kružne ploče se na mestu linijskog oslanjanja vezuju sa prstenastim nosačem, koji opet može biti kontinu-