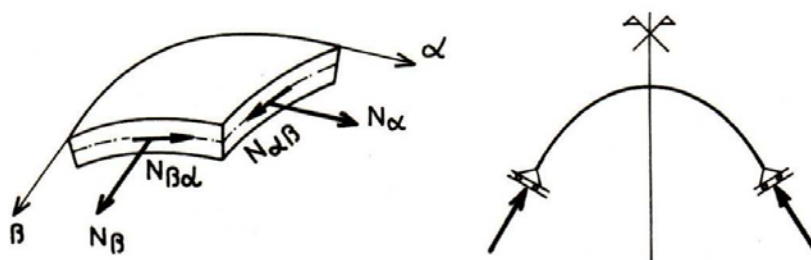


ARMIRANO BETONSKE LJUSKE

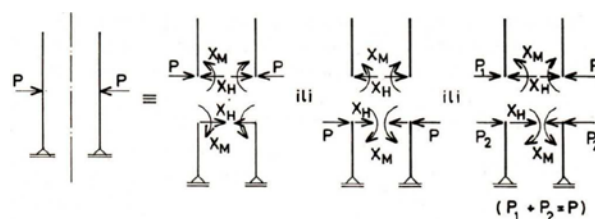
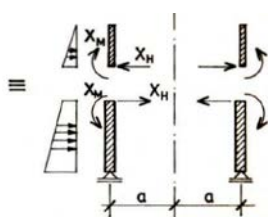
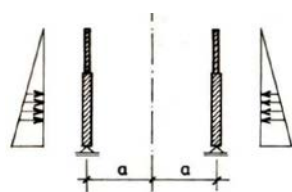
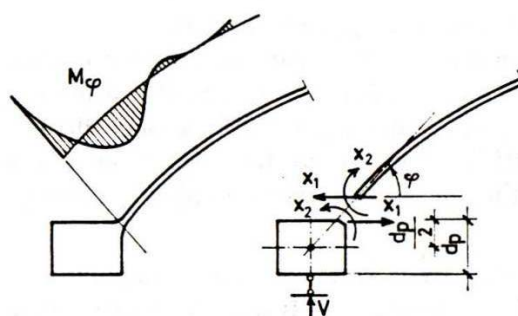
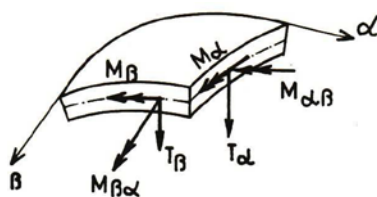
ARMIRANO BETONSKE LJUSKE

1. Osnovni pojmovi i definicije

- Ljuske su površinski sistemi čija srednja površ ima jednostruku ili dvostruku krivinu, a debljine je mala u odnosu na ostale dimenzije ljuske.
- Opterećenje izaziva uglavnom membranska naprezanja – aksijalne sile pritiska ili zatezanja ravnomjerno raspoređene po debljini ljuske. Uslovi za membransko (bezmomentno) naponsko stanje:
 - srednja površ treba da je glatka (ima kontinualnu krivinu),
 - debljina ljuske ne smije skokovito da se mijenja,
 - kontinualna promjena opterećenja, bez skokova i koncentracija,
 - ivične oslonačke sile (reakcije) djeluju tangencijalno na srednju površ,
 - deformacije krajeva ljuske treba da su što manje spriječene.



- Uz oslonačke elemente (ivični nosači, prstenovi, dijafragme) i na mjestima diskontinuiteta i koncentrisanih sila, javljaju se poremećaji membranskog stanja – momenti savijanja.



2. Tipovi AB ljski

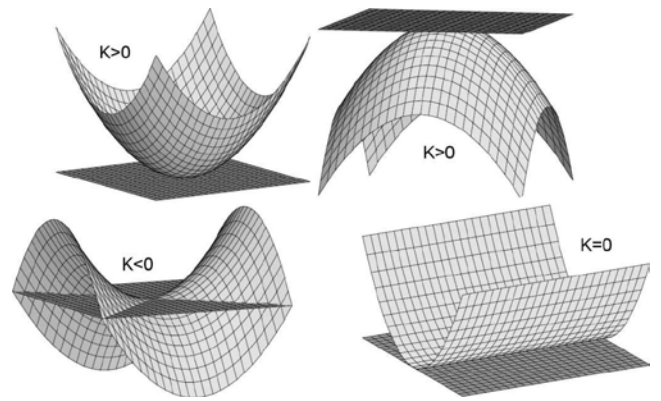
Gauss-ova mjera krivine:

$$K = \kappa_\alpha \times \kappa_\beta = 1/(r_\alpha \times r_\beta)$$

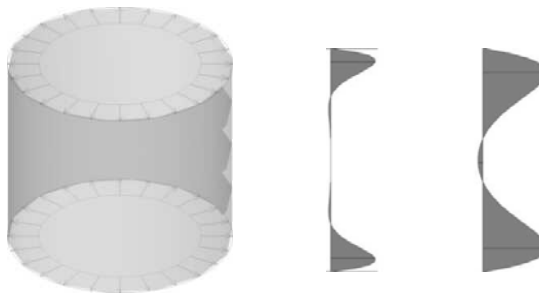
$K > 0$: eliptične površi (sfera, elipsoid)

$K < 0$: hiperbolične površi (hipar)

$K = 0$: parabolične površi (cilindar, konus)



Kratke i duge ljske:



3. Oblasti primjene

- pokrivanje objekata velikih osnova bez unutrašnjih stubova:
 - sportske i koncertne dvorane, hangari, stanice, stadioni ...
- hidrotehnički objekti: brane, rezervoari, vodotornjevi, cjevovodi ...
- energetske objekti: rashladni tornjevi, reaktori, dimnjaci ...
- industrijski objekti: bunker, silosi ...

4. Prednosti

- bogatstvo formi u arhitektonskom projektovanju,
- racionalan utrošak materijala (i do 40% manje u odnosu na linijske AB sisteme),
- relativno lagane (značajno za dimenzije stubova i temelja i za seizmički odgovor).

5. Nedostaci

- složena i skupa skela i oplata,
- osjetljivost na koncentrisana dejstva,
- velika zapremina objekata (veći utrošak energije za grijanje i hlađenje).

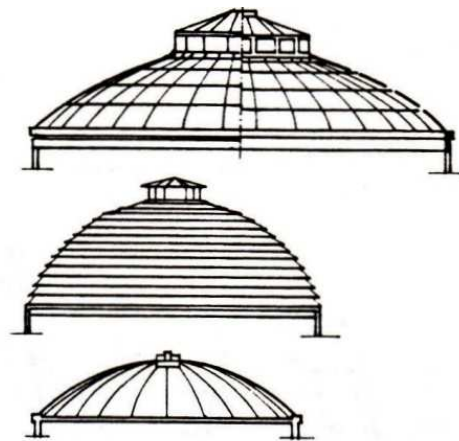
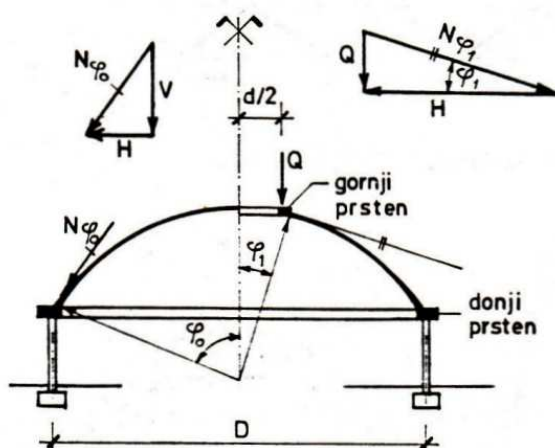
Primjeri



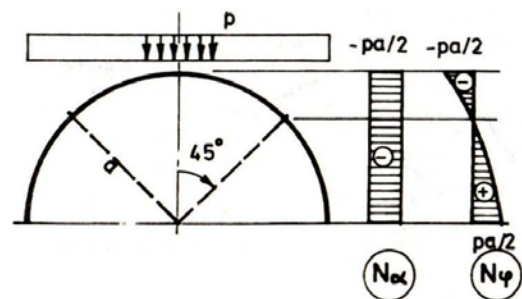
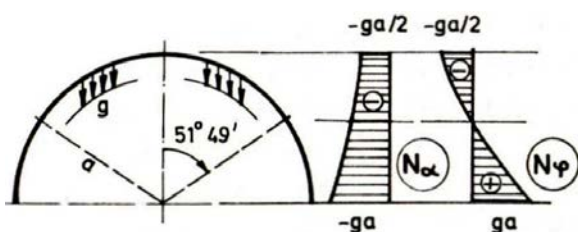
6. Osnove proračuna i dimenzionisanje

- $d/r \leq 1/20 \rightarrow$ Teorija tankih ljuski
- proračun uticaja - primjena MKE
- određivanje debljine ljuske:
 - naponski uslovi,
 - deformacijski uslovi,
 - sigurnost na izbočavanje ($\gamma_i \geq 5$),
 - zaštitni sloj,
 - tehnološki uslovi (betoniranje)
- minimalna armatura: $\min \mu \geq 0,1\%$

7. Krovne sferne ljuske – kupole

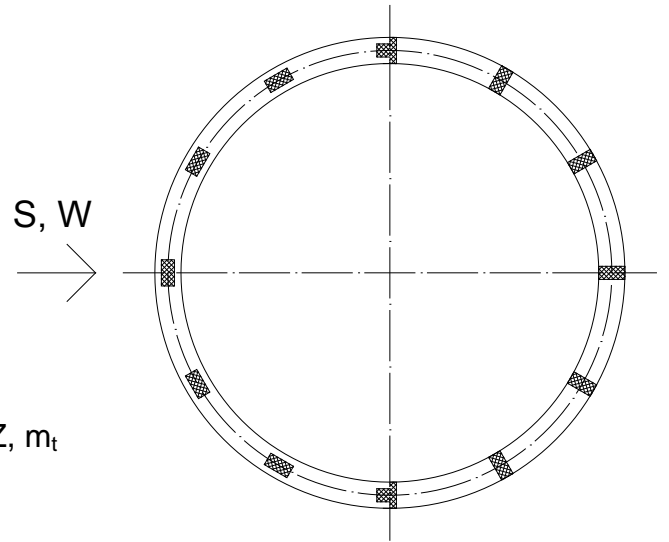


$$D = 10 - 100 \text{ m} \quad d/r > 1/600 \quad d = 5-14 \text{ cm}, \quad \sigma_b < 0,5 \sigma_{b,dop}$$

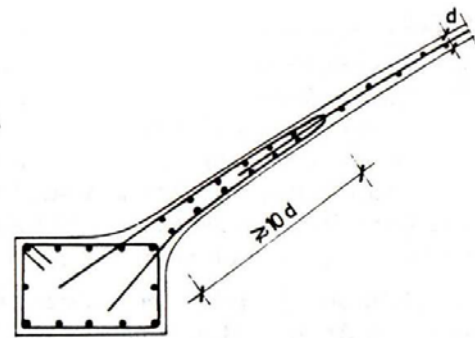
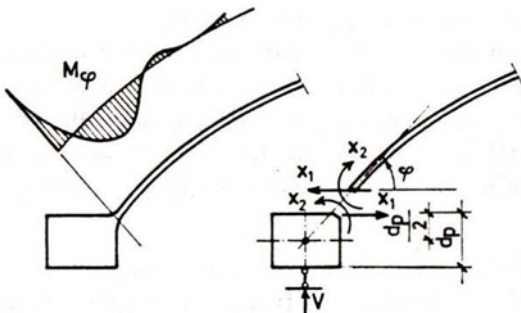


Naprezanje donjeg prstena:

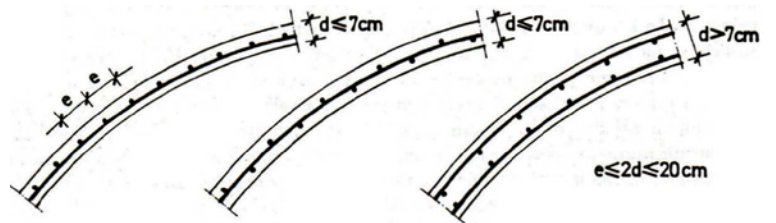
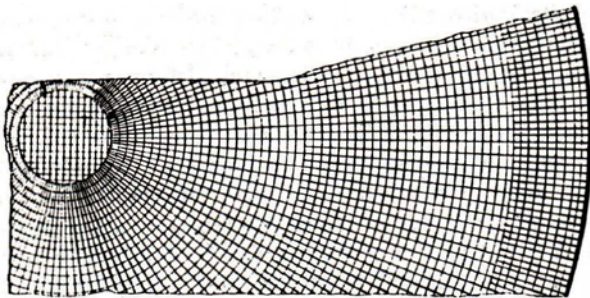
- a) nespriječena horizontalna pomjeranja
→ $Z = H \times D/2$
- b) Veza sa stubovima → zajednički rad



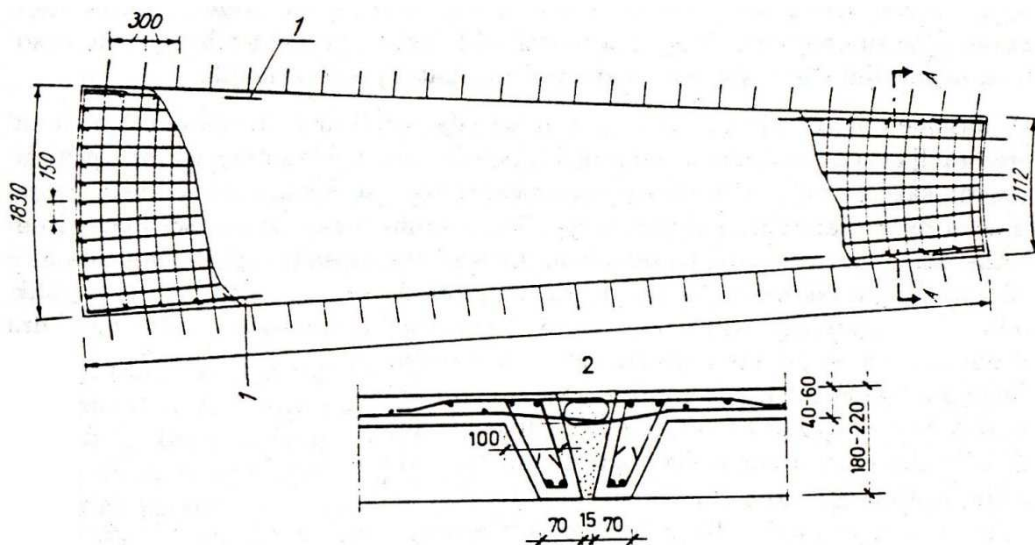
Dimenzionisanje prstena: složeno savijanje – M, Z, m_t



Armiranje ljuske:



Montažne orebrene kupole:



8. Cilindrične krovne ljske

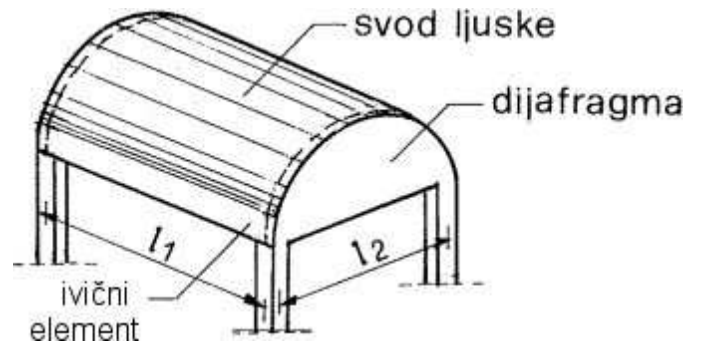
$l_1/l_2 > 1 \rightarrow$ duga ljska

$l_1 = (2-4)l_2, l_2 = 7-15 \text{ m}$

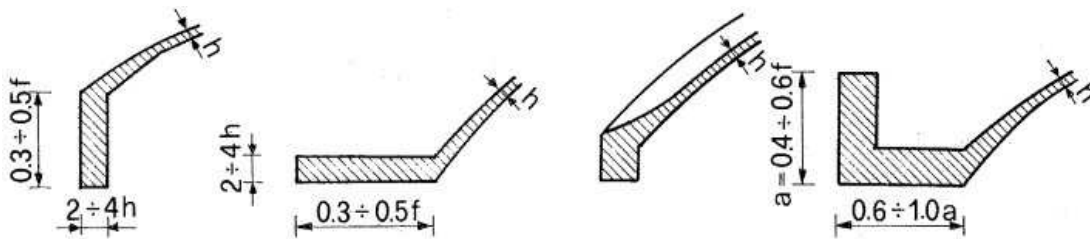
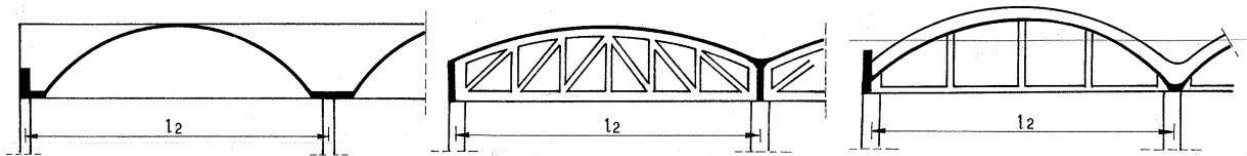
$d = 5-9 \text{ cm}, f = 0,1l_1 < 1/6 l_2$

$l_1 \leq 30 \text{ m} \rightarrow$ armirani beton

$l_1 > 25 \text{ m} \rightarrow$ prednapregnuti beton

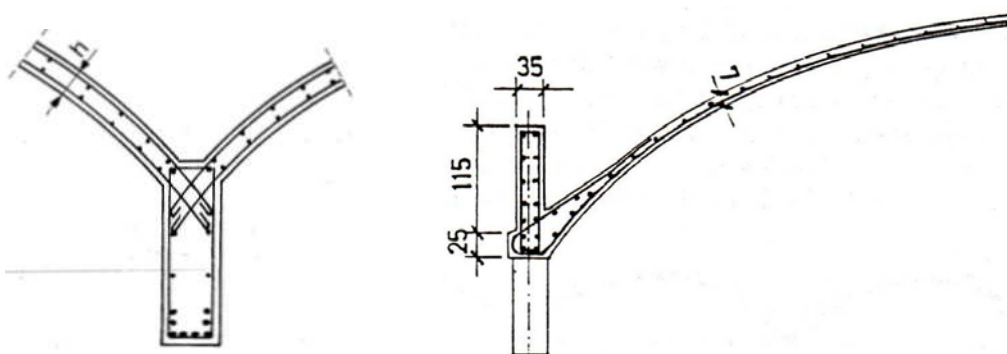


Dijafragme i ivični elementi:



Proračun uticaja:

za $l_1/l_2 > 3 \rightarrow$ za srednje talase čija je pomjerljivost spriječena kao linijski element, a za krajnje talase važi teorija ljski



$l_1/l_2 \leq 1 \rightarrow$ kratka ljska

$l_1 = 5-15 \text{ m}, l_2 = 15-30 \text{ m}, f = 1/7 l_2$

Proračun uticaja: Teorija kratkih ljski

Opasnost od izbočavanja \rightarrow ukrućenje poprečnim rebrima

