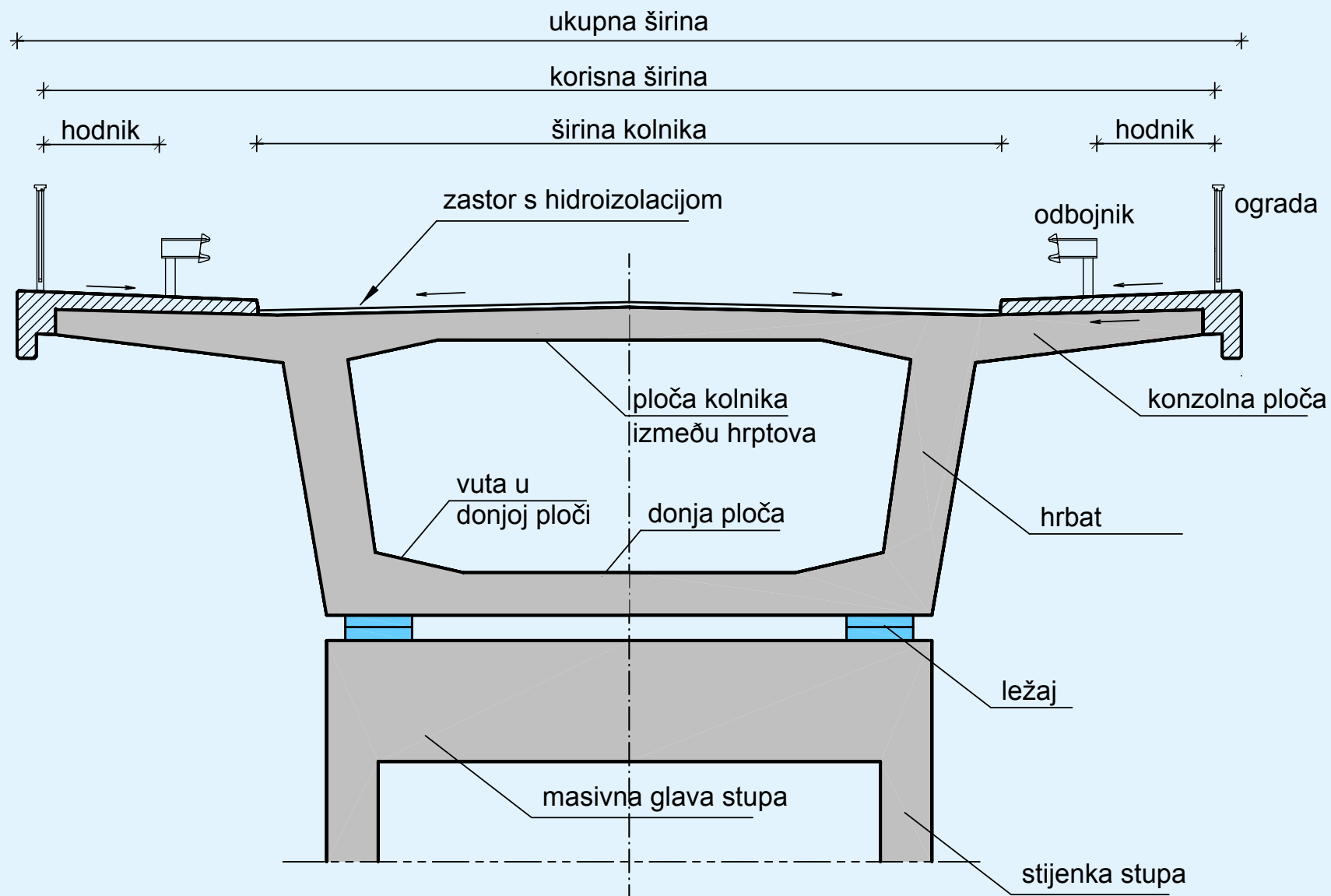
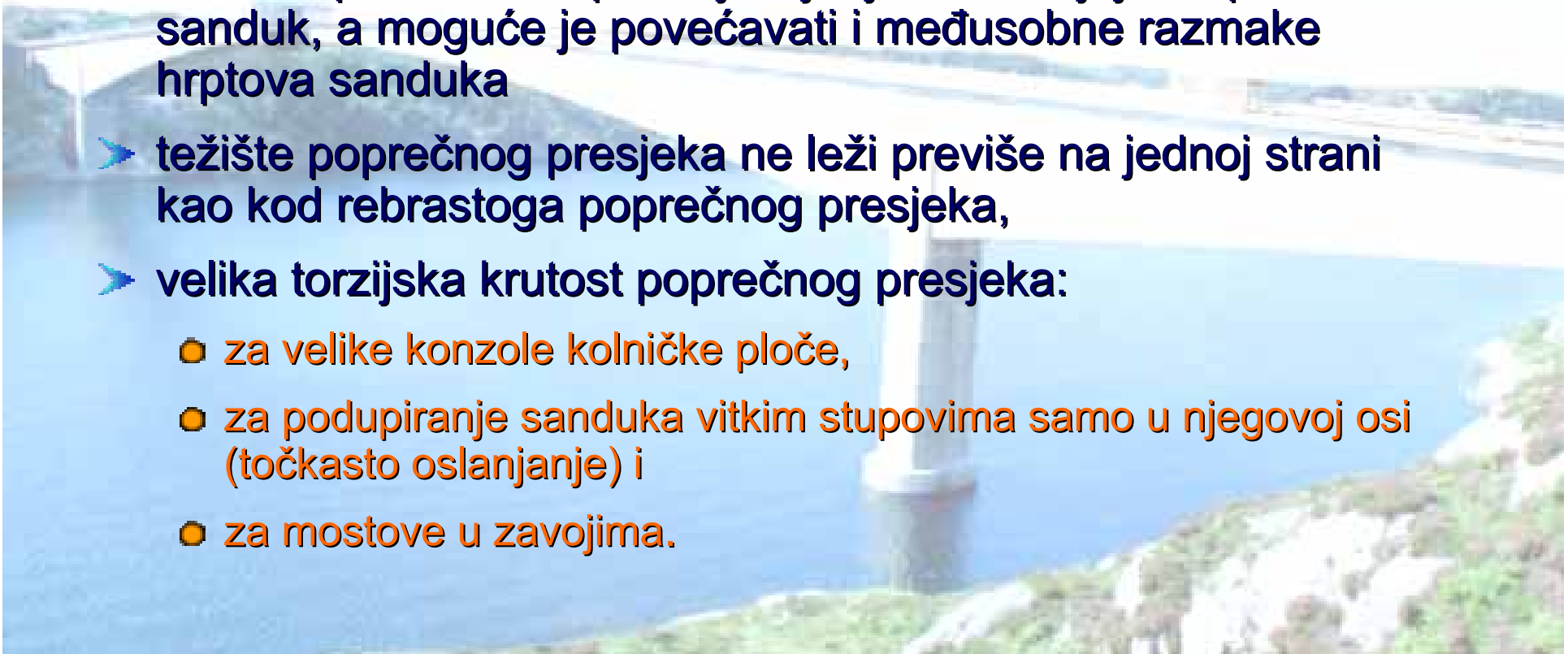


SANDUČASTI GREDNI MOSTOVI



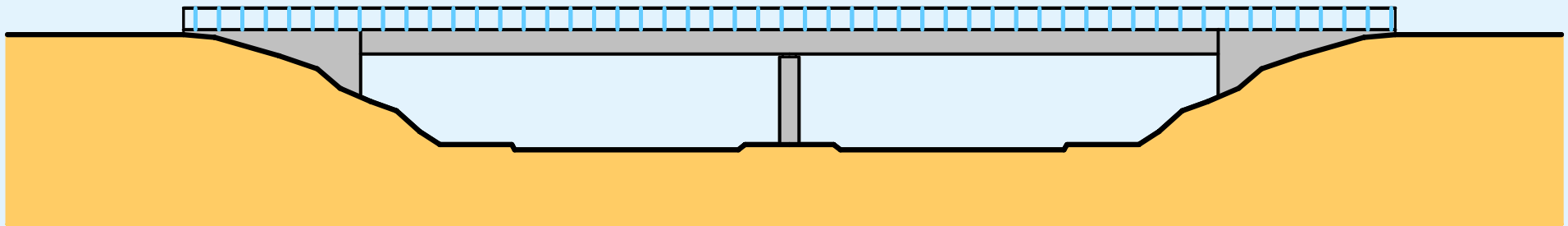
PREDNOSTI PRED PLOČASTIM I REBRASTIM

- povećana trajnost (manja površina izložena djelovanju štetnih utjecaja iz okoliša),
- mogu se postići velike vitkosti,
- mogućnost ostvarenja znatno većih raspona,
- prikladni su za promjenjive širine mostova, jer se duljina konzola ploče može po volji mijenjati zahvaljujući upetosti u sanduk, a moguće je povećavati i međusobne razmake hrptova sanduka
- težište poprečnog presjeka ne leži previše na jednoj strani kao kod rebrastoga poprečnog presjeka,
- velika torzijska krutost poprečnog presjeka:
 - za velike konzole kolničke ploče,
 - za podupiranje sanduka vitkim stupovima samo u njegovoj osi (točkasto oslanjanje) i
 - za mostove u zavojima.



UZDUŽNI RASPORED I STATIČKI SUSTAVI

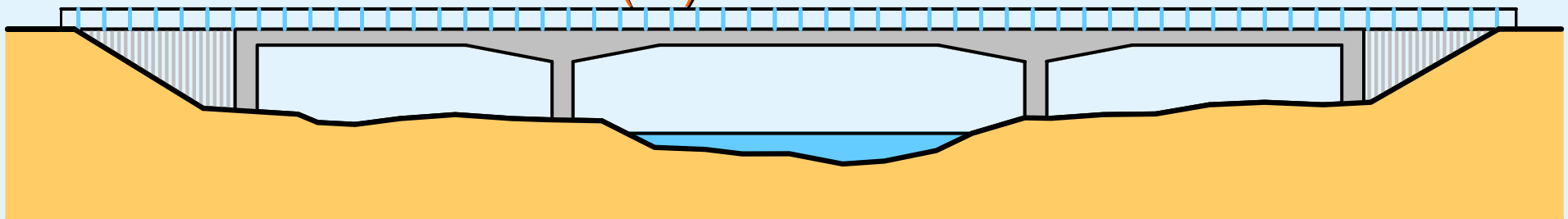
➤ $L < 80 \text{ m}$, $h = \text{const}$, $L/h = 20 - 25$



➤ $L > 50 \text{ m} \Rightarrow$ nedovoljni h nad stupom $\Rightarrow$ prekoračenje tlačnih naprezanja $\Rightarrow$ podebljanje donje ploče na $\frac{1}{4} - \frac{1}{2} L$

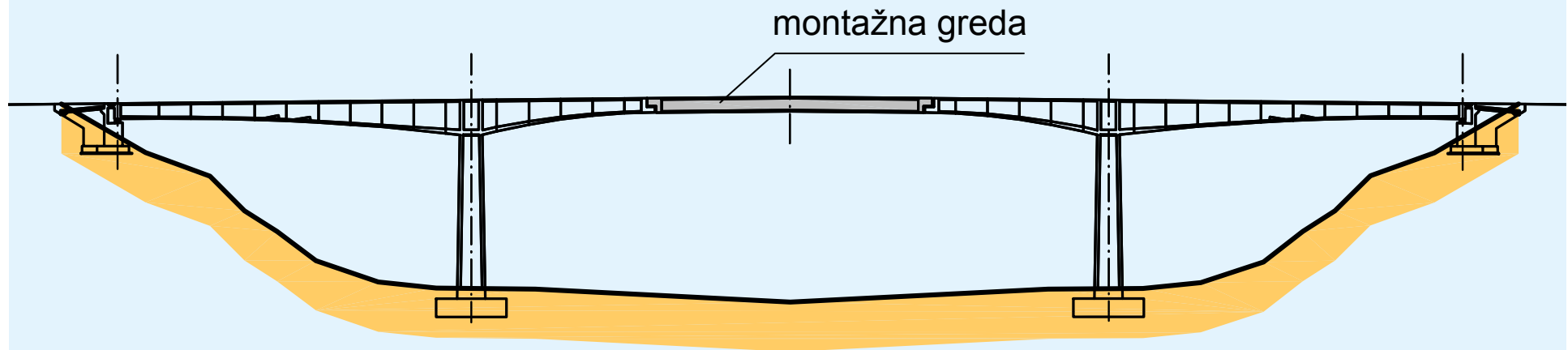
● LEŽAJ: $L/h = 16-20$ (18),

● POLJE: $L/h = 22-28$ (24).



Statički sustav s umetnutom gredom

- Ukoliko je potrebno otkloniti utjecaj progiba krajeva prepusta
- kada nije moguće točno predviđanje progiba uslijed dugotrajnih deformacija,
- kada se očekuju diferencijalna slijeganja stupova



Statički sustav sa zglobom u sredini

➤ Prednosti :

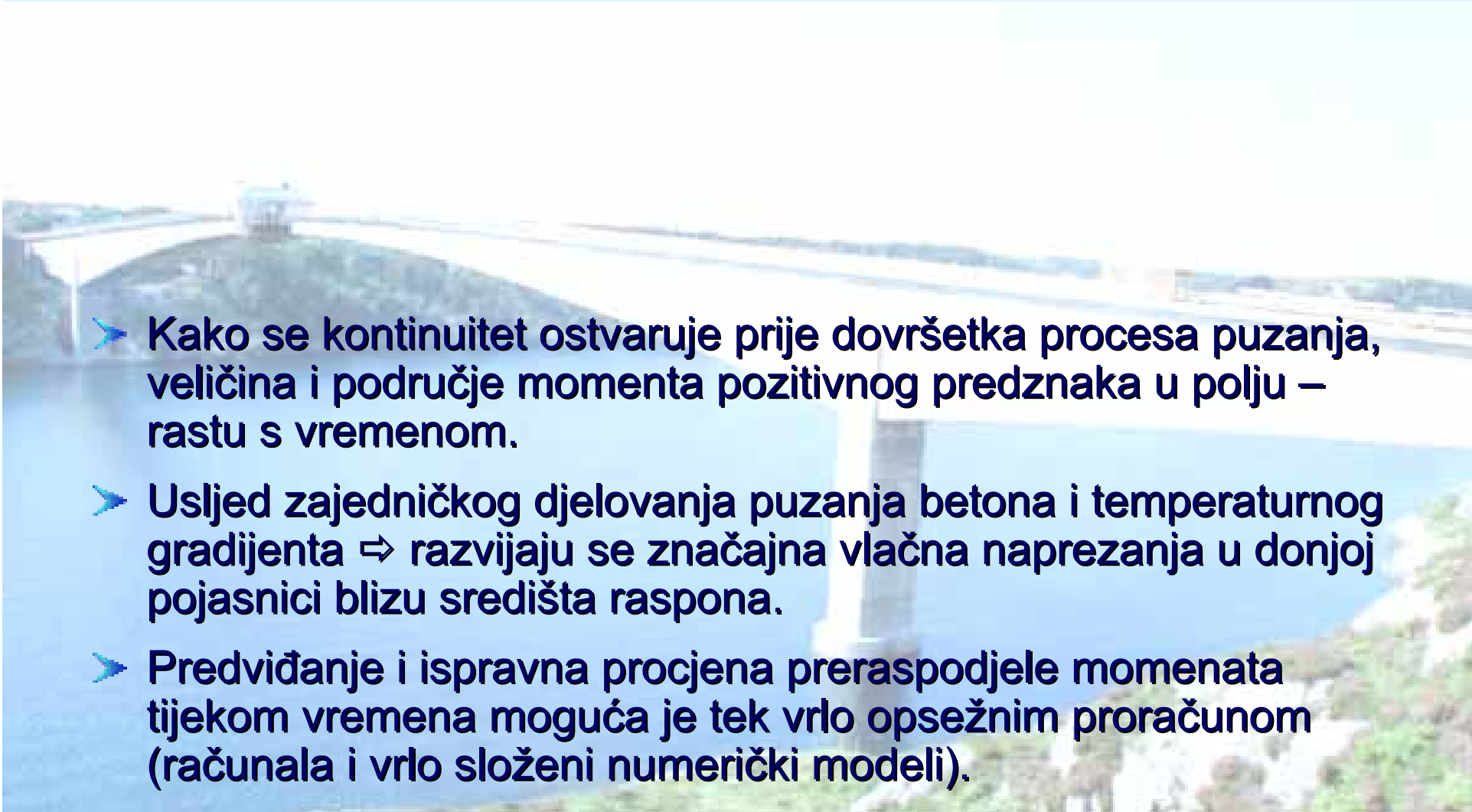
- nije osjetljiv na promjene duljine grede od utjecaja temperature, sila prednapinjanja, skupljanja i puzanja betona, i deformacija temelja,
- svaki je upeti stup sa svoje dvije konzole statički određen. Momenti savijanja od vlastite težine ne mijenjaju predznak i ostaju isti u vremenu.

➤ Mane:

- progibna linija nije glatka krivulja, već ima lomove na mjestima zglobova (smanjena udobnost vožnje),
- vrijednosti progiba su veće u odnosu na kontinuirani sustav za 80% pri opterećenju od vlastite težine,
- mnoge građevine dobile su na tim mjestima progibe koji višestruko nadmašuju predviđene, što je uzrokovalo skupe sanacije,
- u seizmički aktivnim područjima ovakav statički sustav ima daleko veće seizmičke sile,
- veći broj dilatacija pogodna su mjesta za nastanak oštećenja.

Kontinuirani rasponski sklop

- Moment u sredini polja jednak je nuli samo neposredno prije zatvaranja.

- 
- Kako se kontinuitet ostvaruje prije dovršetka procesa puzanja, veličina i područje momenta pozitivnog predznaka u polju – rastu s vremenom.
 - Usljed zajedničkog djelovanja puzanja betona i temperaturnog gradijenta $\Rightarrow$ razvijaju se značajna vlačna naprezanja u donjoj pojasnici blizu središta raspona.
 - Predviđanje i ispravna procjena preraspodjele momenata tijekom vremena moguća je tek vrlo opsežnim proračunom (računala i vrlo složeni numerički modeli).

Spajanje stupa i rasponskog sklopa krutom ili zglobnom vezom

- **KRUTA VEZA** $\Rightarrow$ nije povoljno opteretiti stup velikim utjecajima od momenata savijanja, jer to znatno poskupljuje i komplicira izvedbu.
- **ZGLOB NAD STUPOM** $\Rightarrow$ (prenosi velike reakcije i eventualno preuzima pomake rasponskoga sklopa), s gledišta trajnosti i održavanja nije povoljno rješenje.
- **IZBACIVANJEM ZGLOBA**
 - uklanja se potreba za dodatnim podupiranjem kod gradnje, te se povećava krutost cijeloga sklopa,
 - u statičkom pogledu povećava se stupanj statičke neodređenosti i utjecaj preraspodjele opterećenja na gotovoj konstrukciji tijekom uporabe,
 - u svakoj fazi izvedbe mijenja statički sustav, $\Rightarrow$ složenost i veća količina potrebnih proračuna, dimenzioniranja, provjera.
- **KOMPROMIS** $\Rightarrow$ uvođenje okvirnih sustava s udvojenim gipkim stupovima.

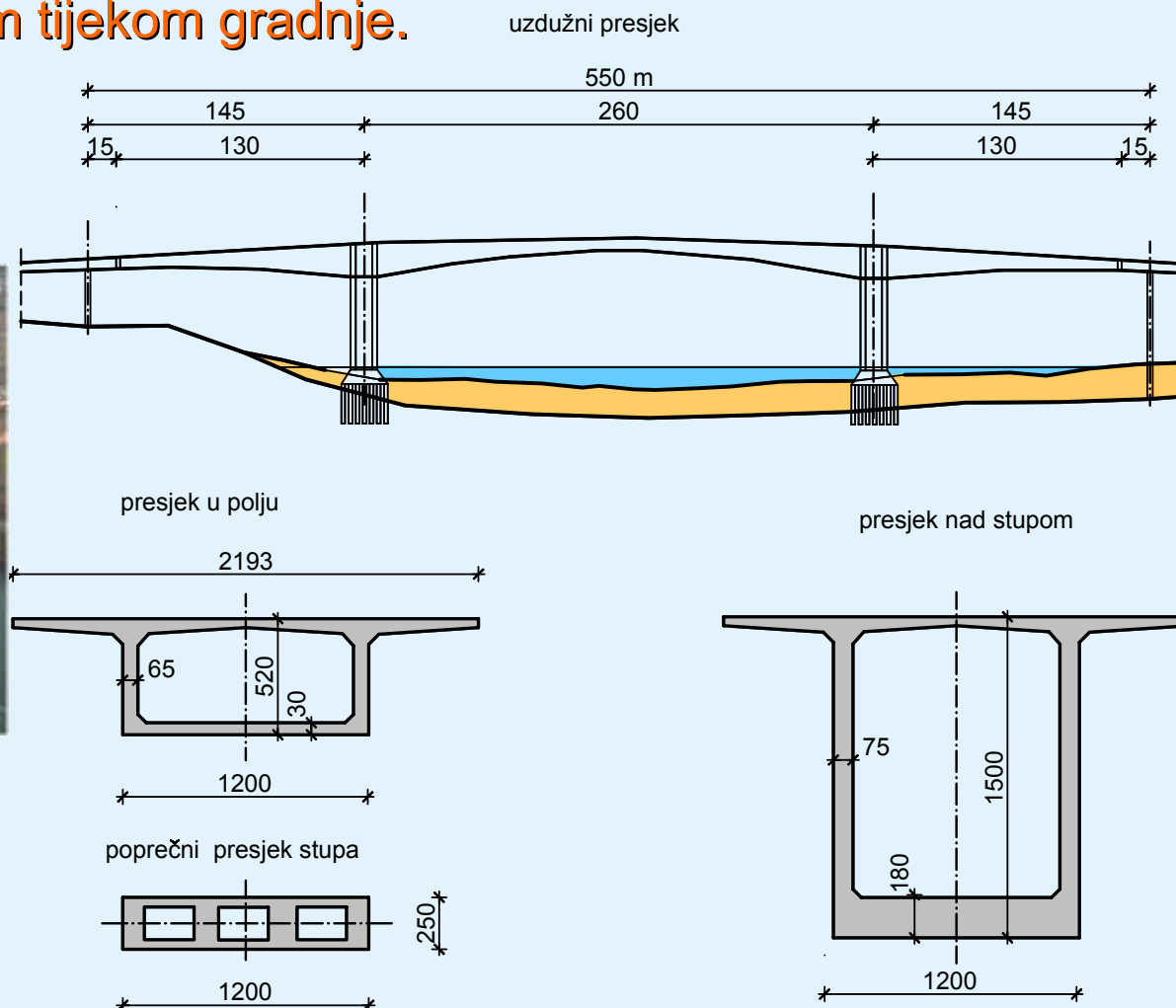
Okvirni sustavi s udvojenim gipkim stupovima

➤ STABILNOST pri gradnji konzolnim postupkom

- Razmaknuti zidovi stupa daju veću sigurnost protiv prevrtanja nejednoliko opterećenih konzola ⇒ otpada potreba za eventualnim dodatnim podupiranjem tijekom gradnje.



**Most Gateway preko
rijeke Brisbane,
Australija, 1986. god
svijetli L stupova 8,5 m**



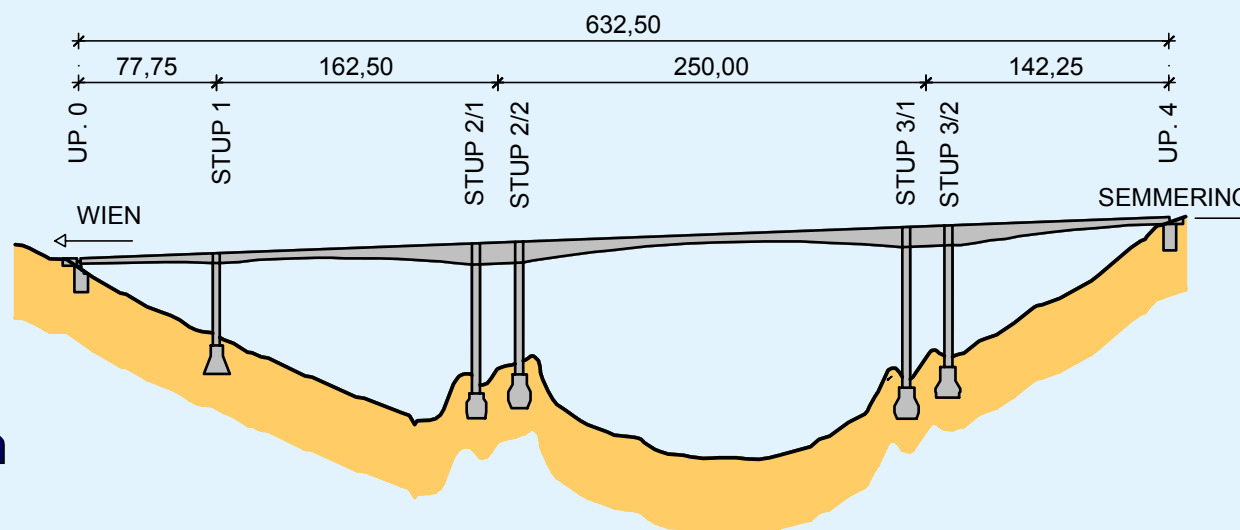
Okvirni sustavi s udvojenim gipkim stupovima

➤ GIPKOST ovakvog stupa

- važna za prijem pomaka od dugotrajnih i temperaturnih djelovanja u rasponskom sklopu. (sprečavanjem se sile u sklopu mogu povećati do iznosa koje je teško prihvatiti)
- osigurana je samo kod mostova s relativno visokim stupovima
- Kod niskih $\Rightarrow$ posebno oblikovanje $\Rightarrow$ npr. oslanjanje stupova na elastomerne ležajeve



**Most Schottwien,
Austrija 1991. god,
svijetli L stupova 20,5 m**



Suvremena istraživanja

- Razvoj, dobivanje i upotreba kvalitetnoga laganog betona visokih čvrstoća LC60 prostorne težine 1940 kg/m^3
- Većina mostova rekordnih raspona izvedena je upravo od tog materijala klase LC60.



Raftsundet, 298 m



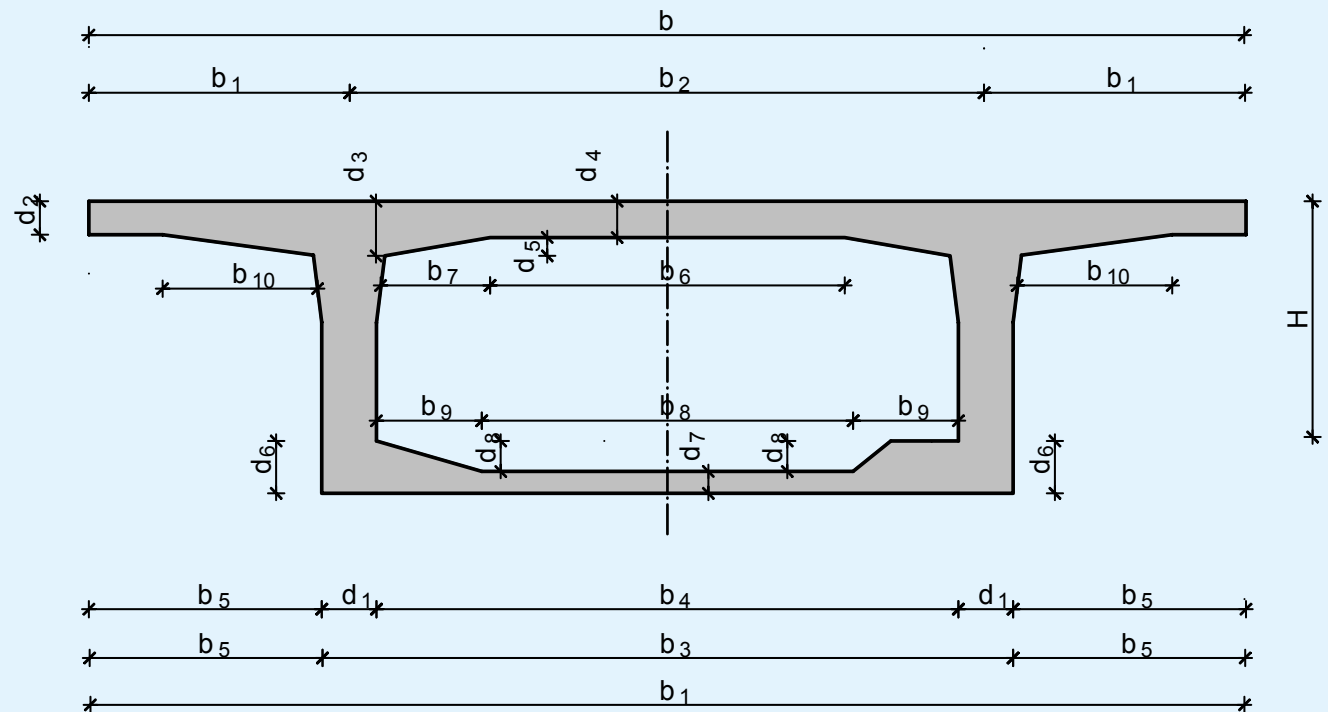
Stolmasundet, 301 m

Sundoy, 298 m

PARAMETRI ZA OBLIKOVANJE POPREČNOG PRESJEKA

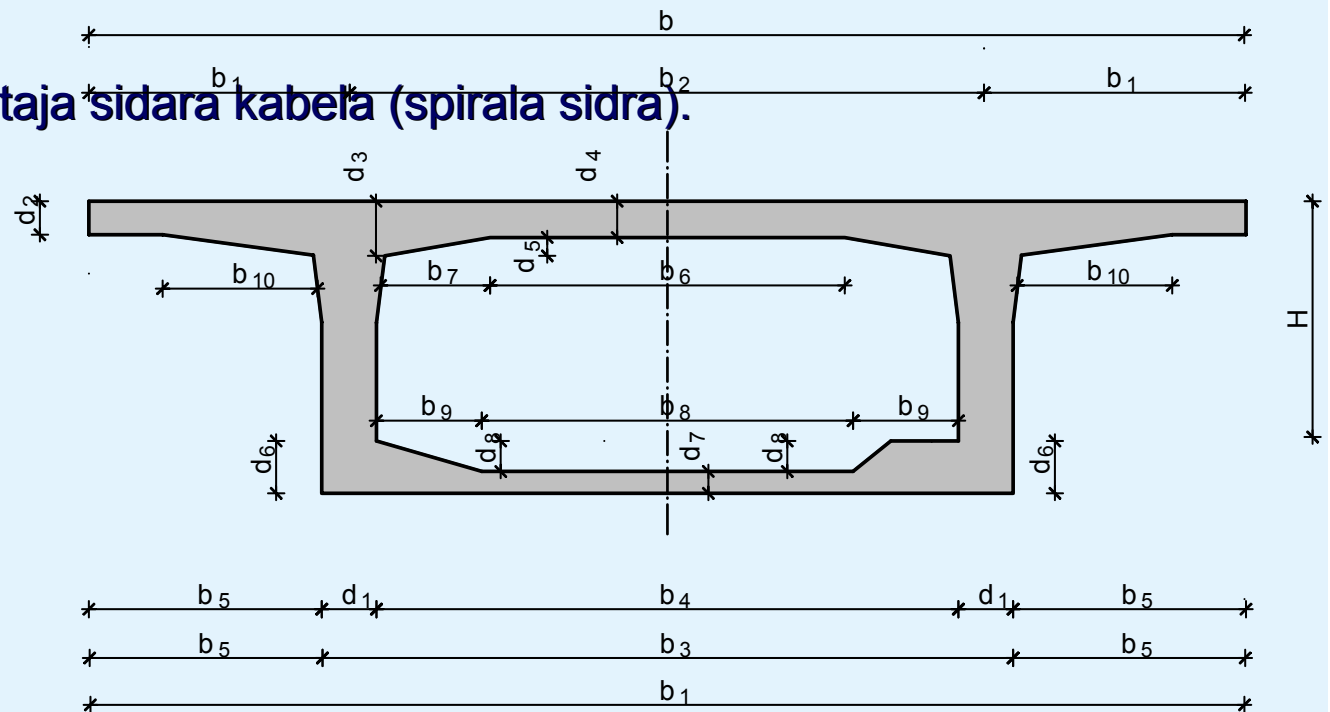
➤ Ukupna visina sanduka H odabire se

- prema rasponu mosta,
- potrebnoj širini
- postupku građenja.
- iz uvjeta prohodnosti kroz sanduk $h = \min 200 \text{ cm}$ (potrebna za vrijeme radova prednapinjanja kabela u donjoj ploči i izvedbe segmenata)

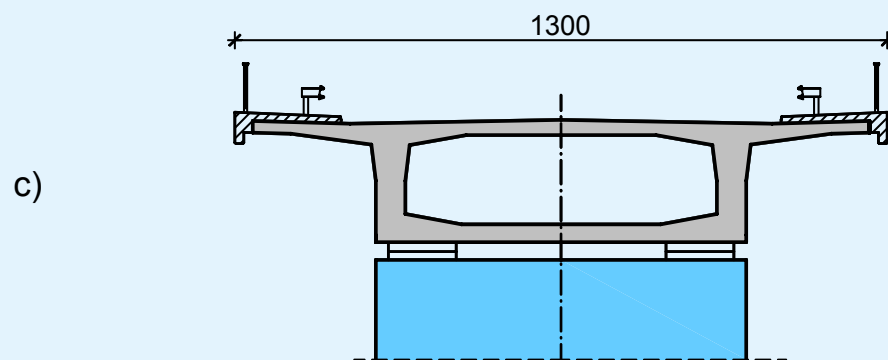
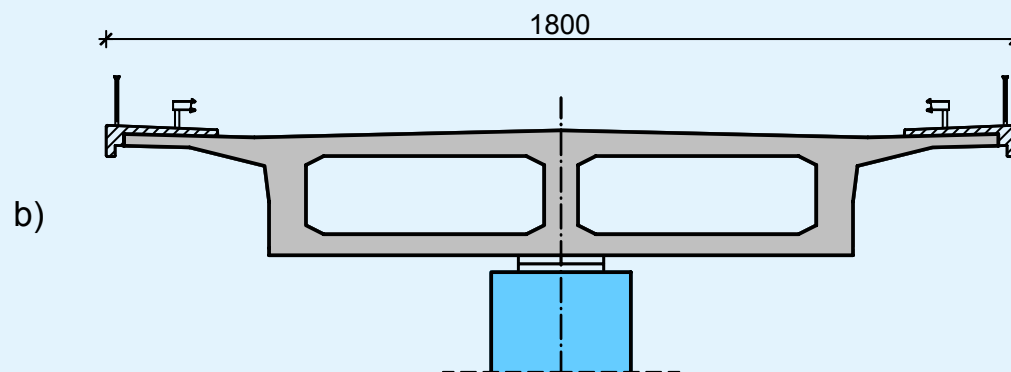
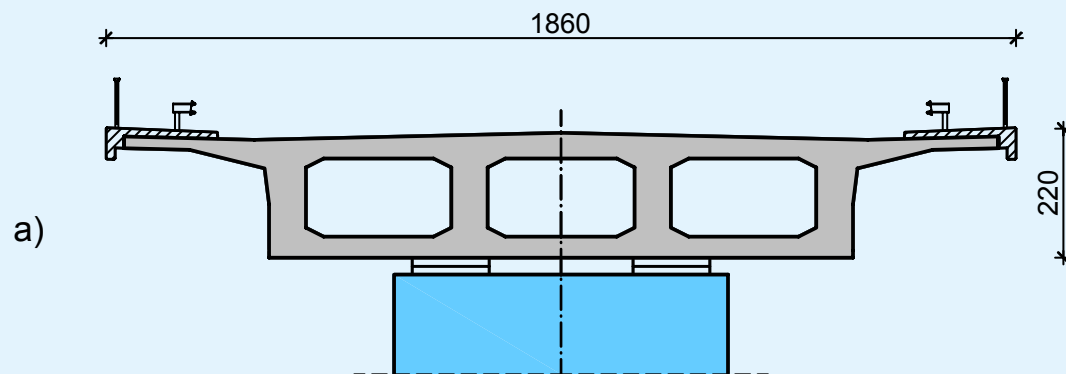


PARAMETRI ZA OBLIKOVANJE POPREČNOG PRESJEKA

- Razmak osi hrptova b_2 uzima se od 0,5 do 0,6 ukupne širine mosta b .
- Duljina konzole b_5 ne bi smjela biti veća od 350 cm.
- Duljina ploče između hrptova $b_4 < 700$ cm $\Rightarrow$ ako ne više komora.
- Debljina hrptova odabire se iz nekoliko uvjeta:
 - $d_1 \geq H/15$,
 - $d_1 \geq 30$ cm,
 - $d_1 \geq 20$ cm + 2ϕ cijevi,
 - $d_1 \geq 4\phi$ cijevi,
 - i potrebi smještaja sidara kabela (spirala sidra).



Poprečni presjeci sandučastih konstrukcija s tri, dvije i jednom komorom



**Smanjenje
raspona
kol.ploče**

**Izbjegavanje
poprečnog
prednapinjanja**

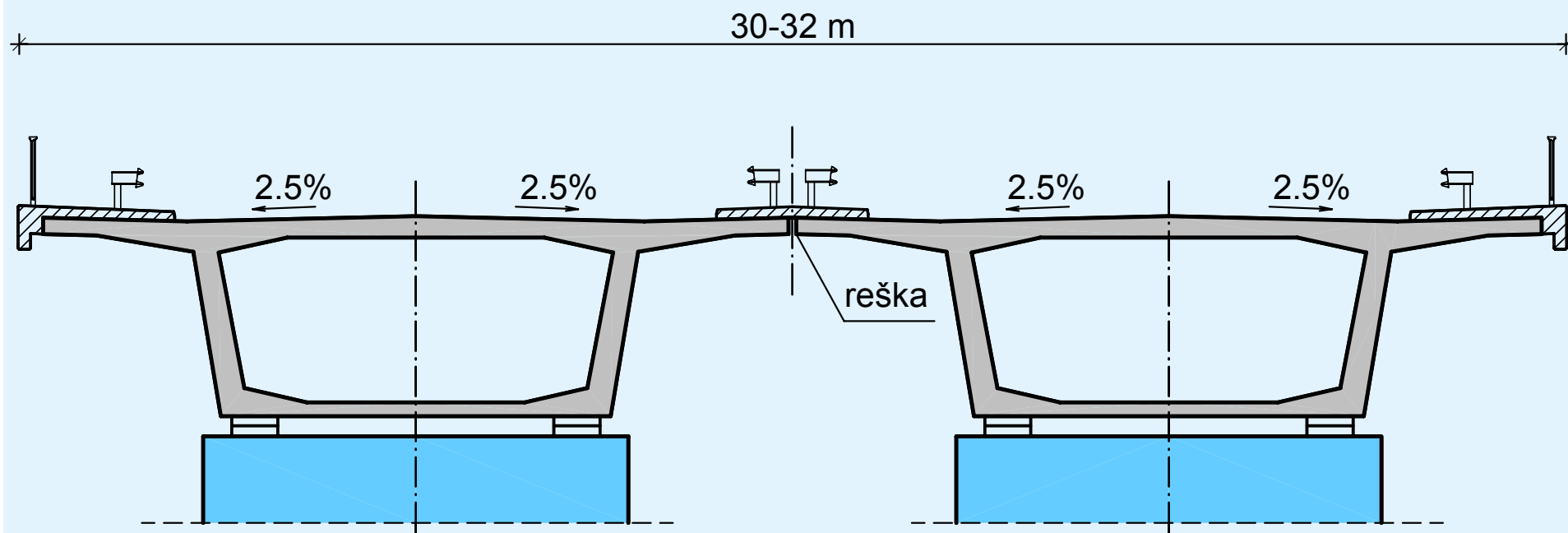
$13 < b < 18 \text{ m}$

$b/h > 6$

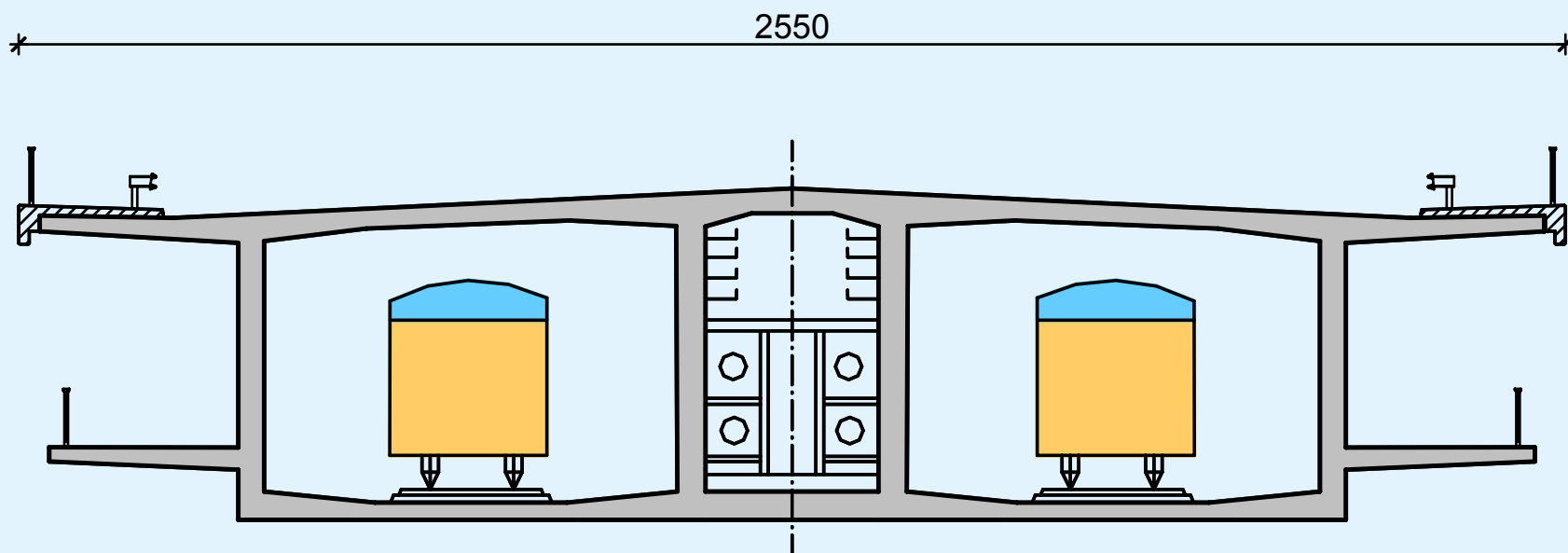
$b < 13 \text{ m}$

$b/h < 6$

Poprečni presjek dvaju sandučastih konstrukcija mosta na autocesti odvojenih uzdužnom reškom

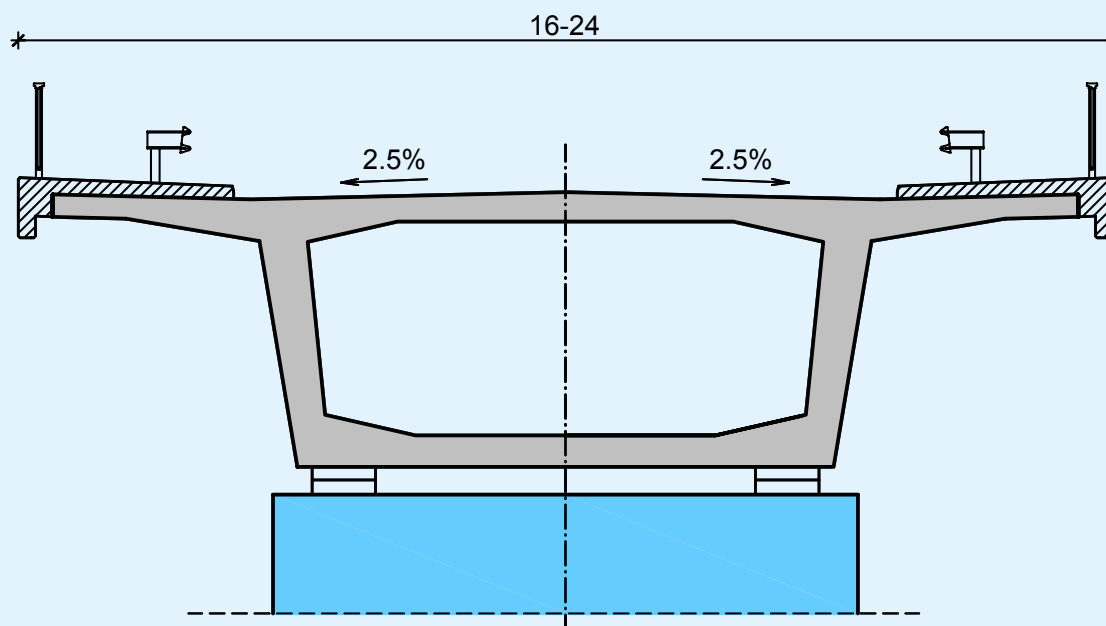


Poprečni presjek sandučaste konstrukcije nekog gradskog mosta

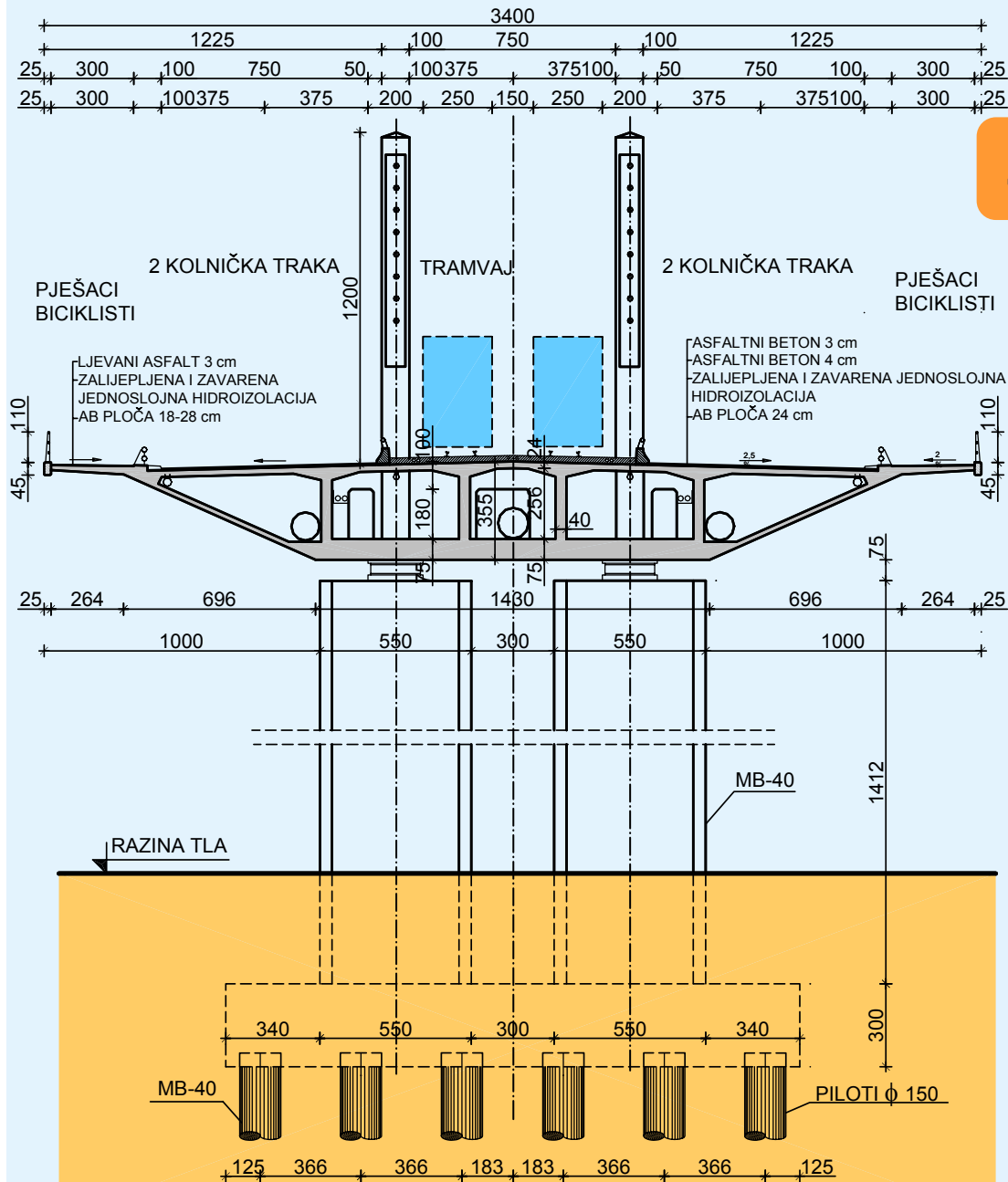
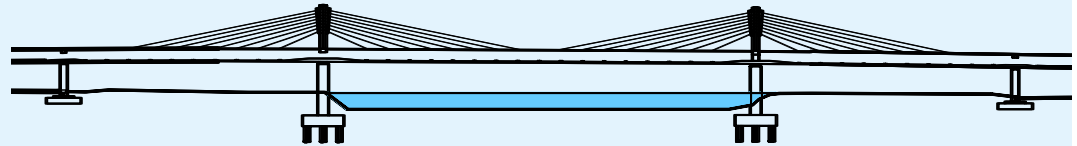


Tipičan poprečni presjek s nagnutim hrptovima

- estetski su prihvatljiviji od onih s ravnim (veliki L)
- njihova izvedba je složenija (vibriranje betona u kosom hrptu),
- nagnutost hrptova izaziva u gornjoj kolničkoj ploči dodatne vlačne sile u poprečnom smjeru
- $\text{tg } \alpha = 1/5$ do $1/4$.



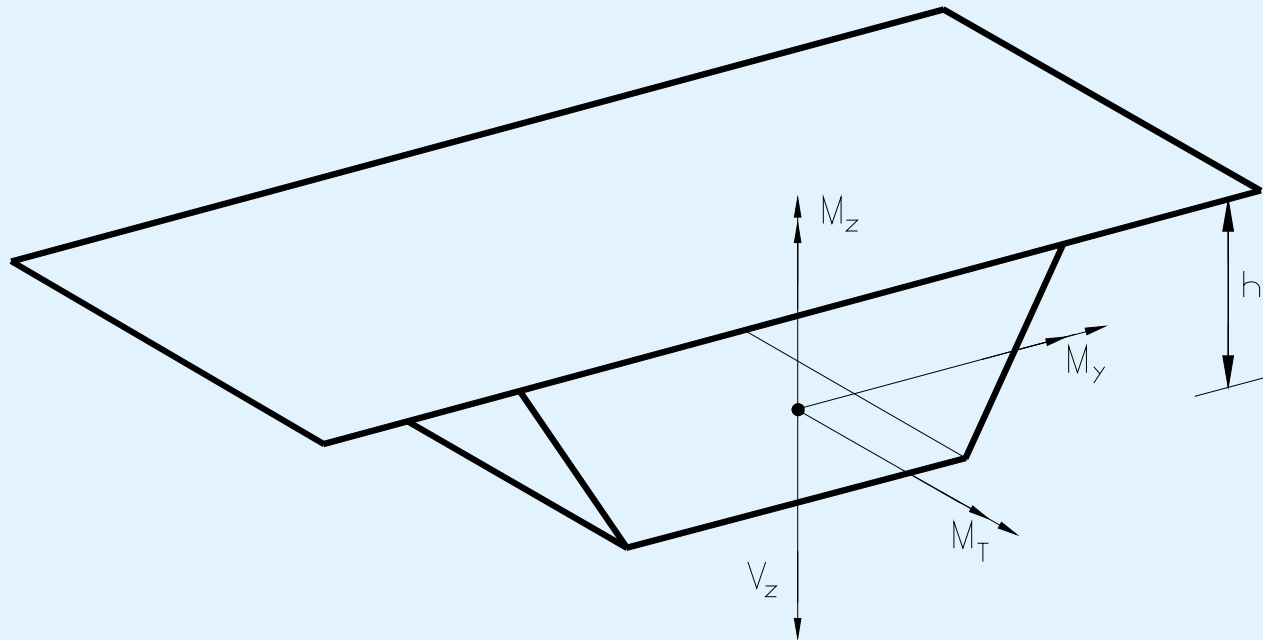
- Otvori za prozračivanje
- Otvori za odvodnju



48+6x60+72+120+72+2x60+48

**Poprečni presjek
Domovinskog
mosta u Zagrebu**

Proračun sandučastog nosača u uzdužnom smjeru



Unutarnje sile u rasponskom sklopu sandučastog poprečnog presjeka.

Štapni model za proračun konstrukcije u uzdužnom smjeru.

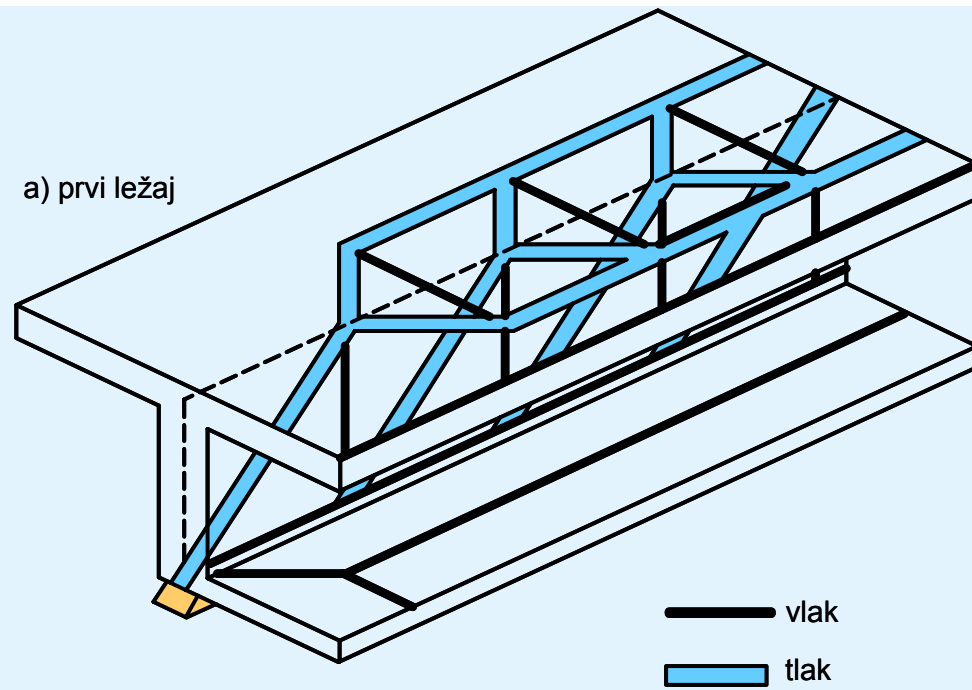
$b/h > 6$

statički model s
jednim štapom ne
daje ispravne
rezultate

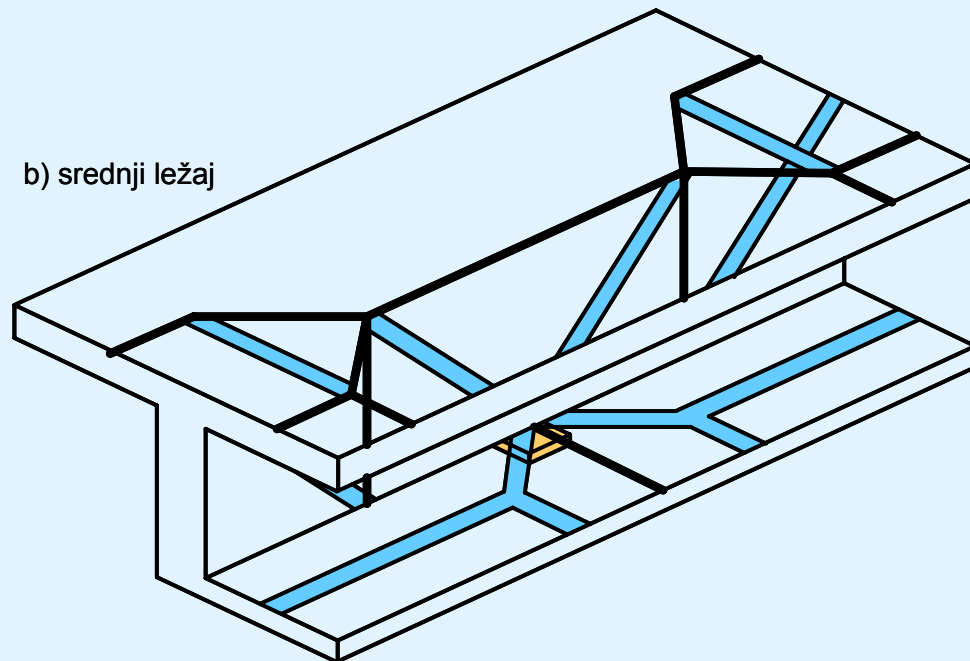
konstrukcija
se ponaša po
teoriji ploča

model roštilj ili
ako je moguće s
pločastim
elementima

a) prvi ležaj

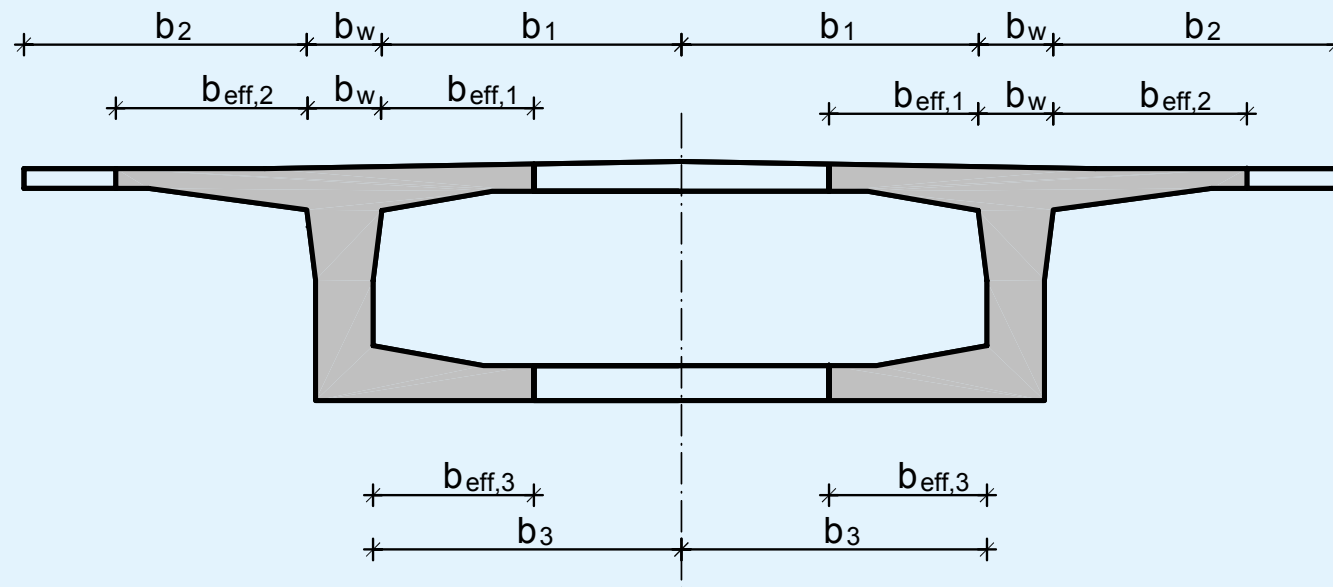
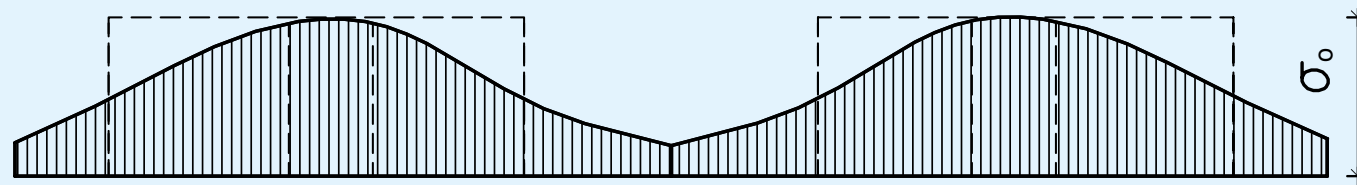


b) srednji ležaj



Rešetkasti model sanduka nad osloncima $\Rightarrow$ tijekom vlačnih i tlačnih naprezanja.

Raspodjela naprezanja i sudjelujuće širine u poprečnom presjeku



Raspodjela naprezanja i sudjelujuće širine u poprečnom presjeku

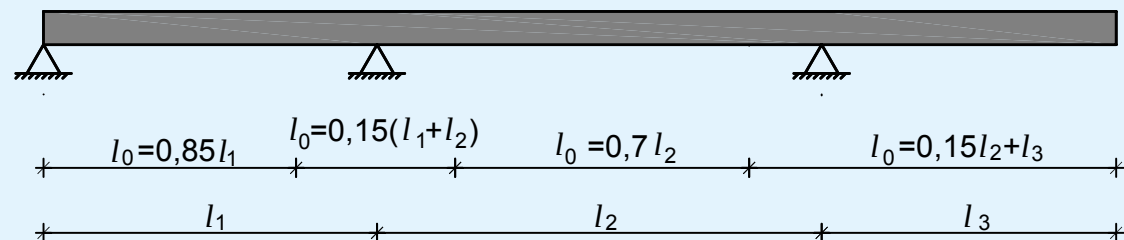
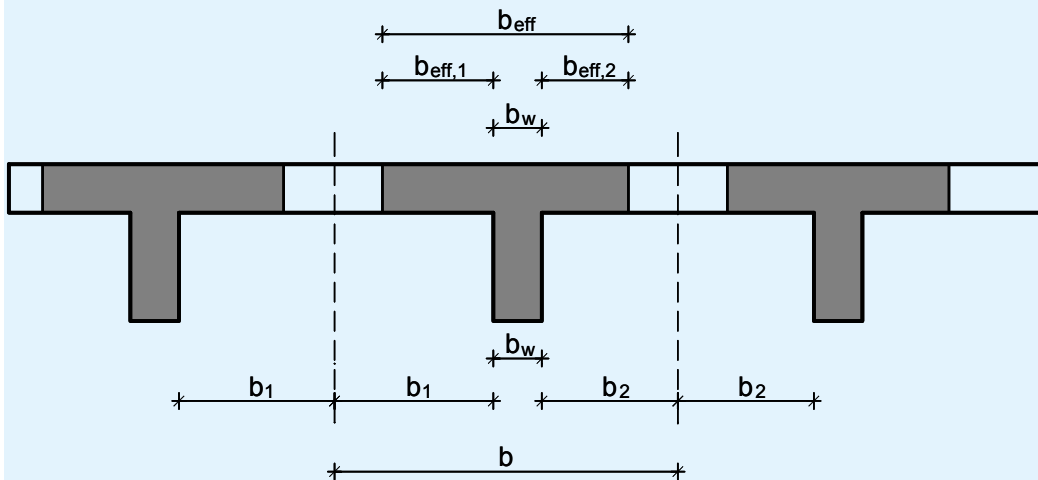
EN 1992-1-1:2004 iz pravila za proračunske širine pojasnica greda T ili L poprečnog presjeka

$$b_{eff,i} = \sum b_{eff,i} + b_w$$

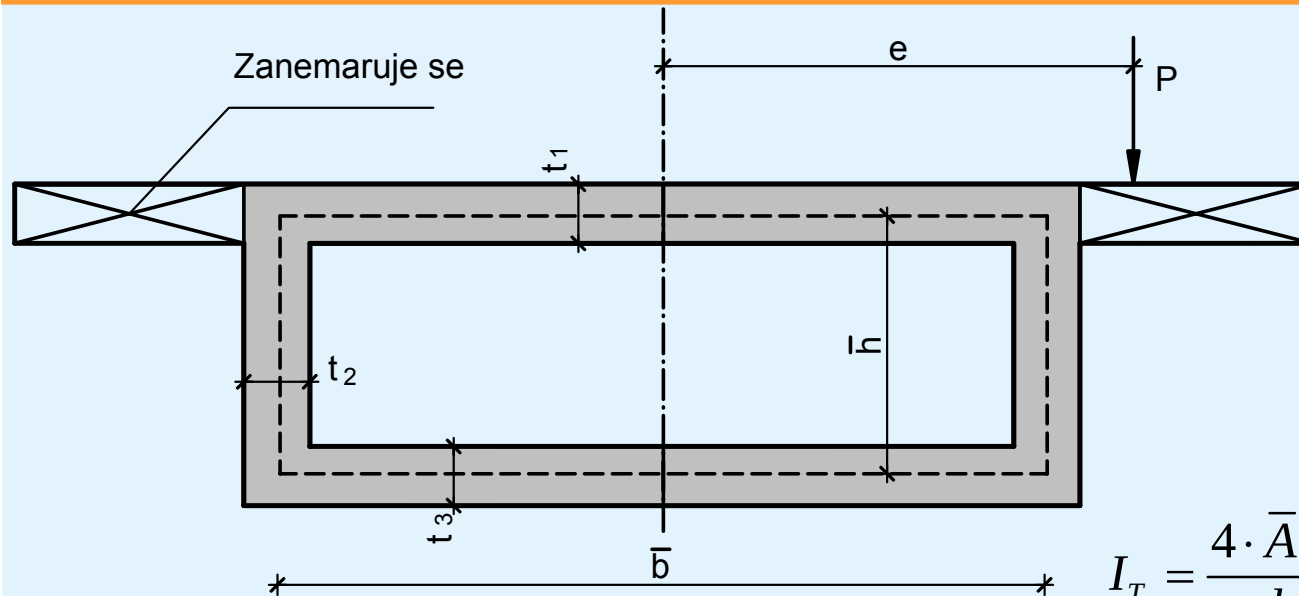
$$b_{eff,i} = 0,2b_i + 0,1l_0 \leq 0,2l_0$$

$$b_{eff,i} \leq b_i$$

b_w širina hrpta,
 b_i stvarna širina pojasnice,
 l_0 udaljenost nul-točaka momentnog dijagrama.



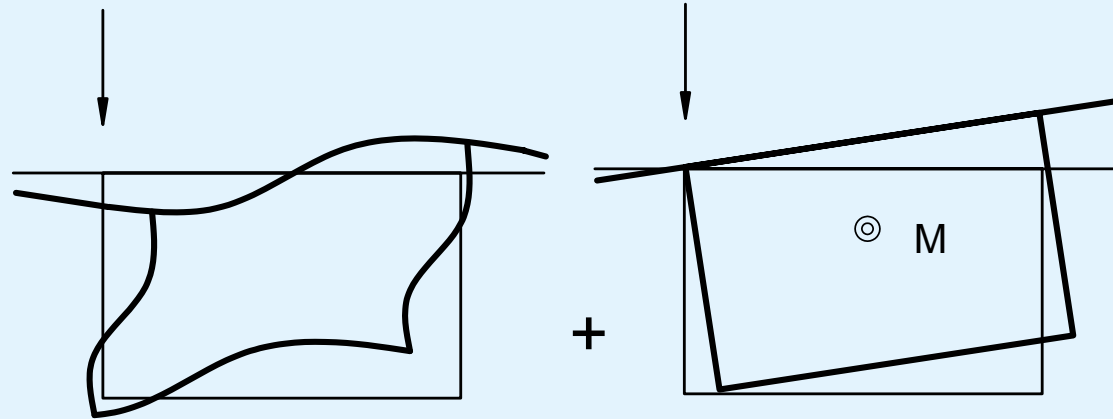
Torzijska krutost sandučastog poprečnog presjeka



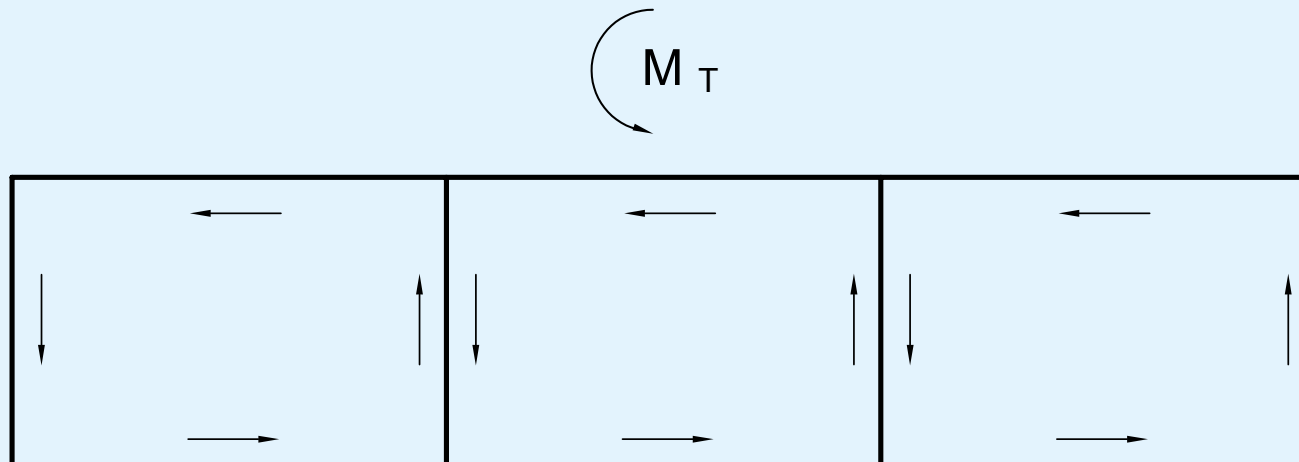
$$I_T = \frac{4 \cdot \bar{A}^2}{\int \frac{ds}{t}} = \frac{4 \cdot (\bar{b} \cdot \bar{h})^2}{\sum_i \frac{s_i}{t_i}} = \frac{4 \cdot (\bar{b} \cdot \bar{h})^2}{\frac{\bar{b}}{t_1} + 2 \cdot \frac{\bar{h}}{t_2} + \frac{\bar{b}}{t_3}}$$

- Pretpostavka da poprečni presjek sanduka ostaje nepromjenljiv $\Rightarrow$ uslijed djelovanja torzije ne mijenja bitno svoj oblik.
- Kod mostova od prednapetog betona ova pretpostavka je ostvarena kad je sanduk na ležajima ukrućen poprečnim dijafragmama, ili dovoljno krutim okvirom.
- Kod kontinuiranih nosača obično je dovoljna krutost ostvarena podebljanjem rebara i donje ploče.

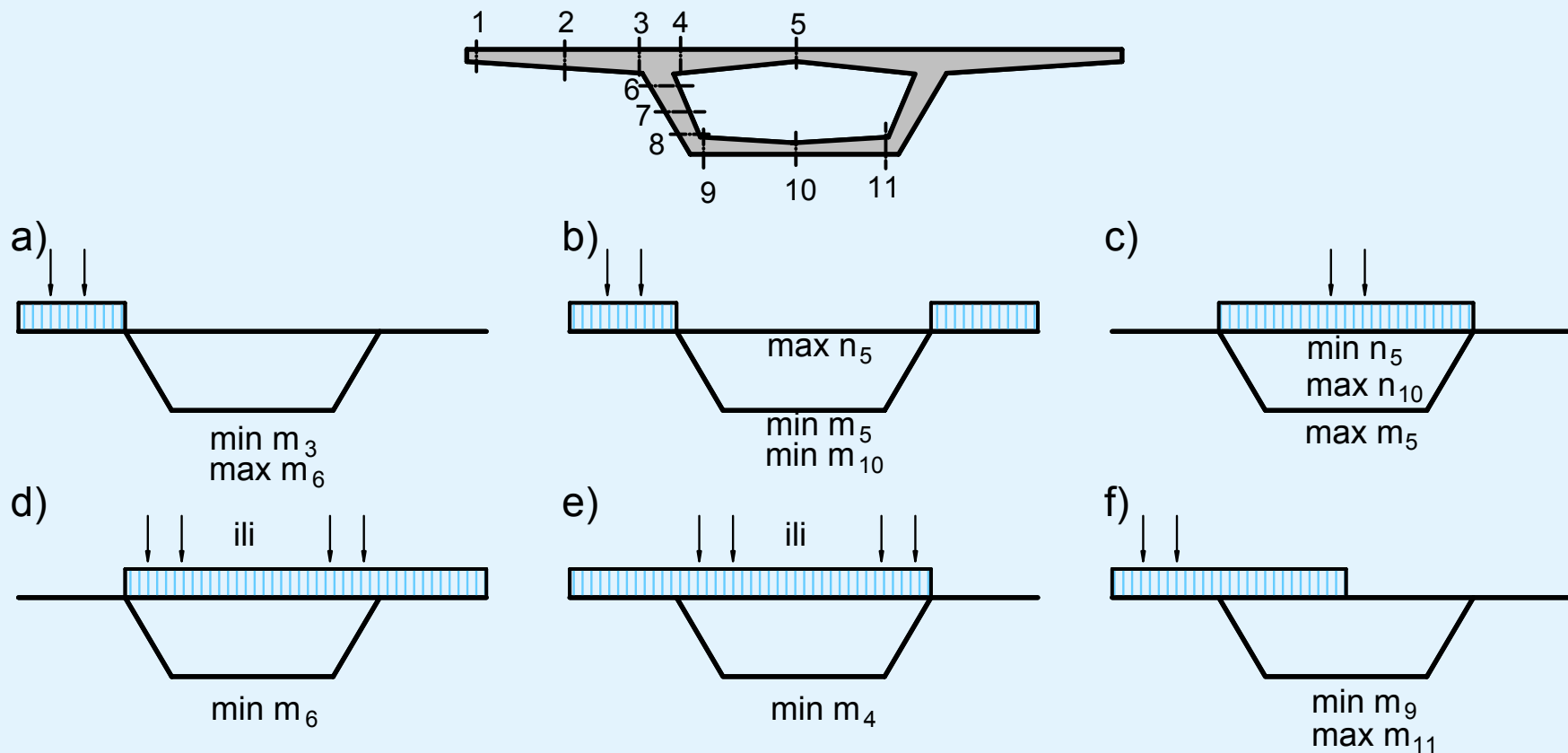
**Kod tankostijenih poprečnih presjeka velikih sandučastih nosača
⇒ M_T ⇒ deformacije poprečnog presjeka ⇒ dodatni poprečni momenti
savijanja okvira sanduka ⇒ zbog malih vrijednosti zanemarivi**



**Posmična se naprezanja od torzije u unutrašnjim rebrima poništavaju ⇒
unutarnja rebra zanemarujemo pri proračunu I_T .**

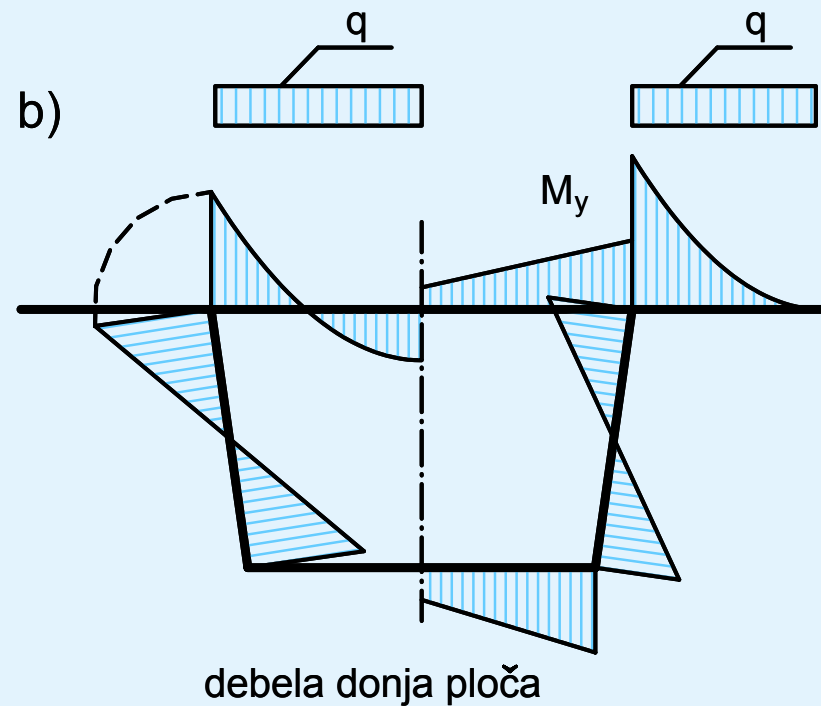
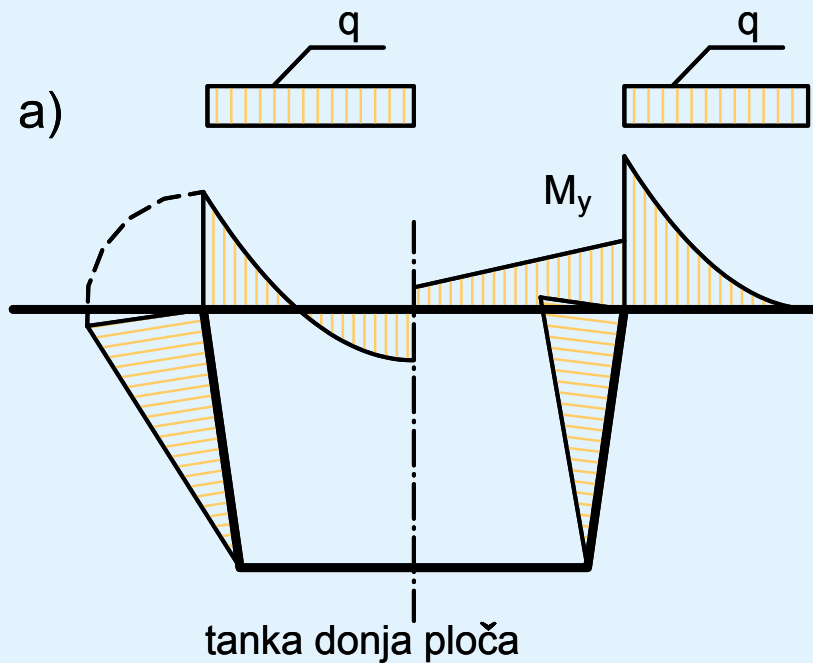


Proračun u poprečnom smjeru



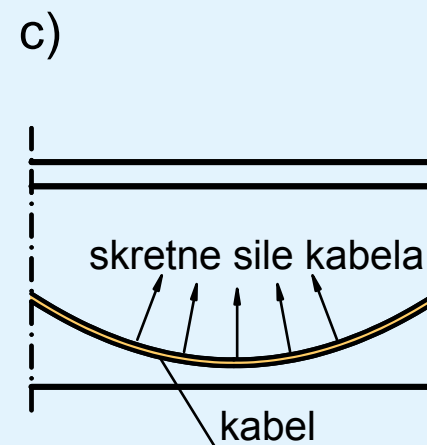
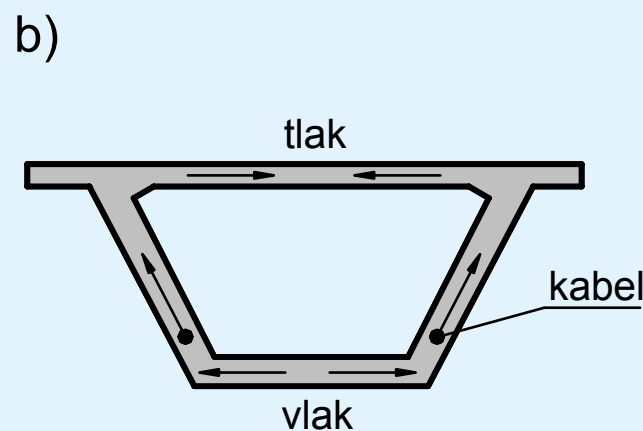
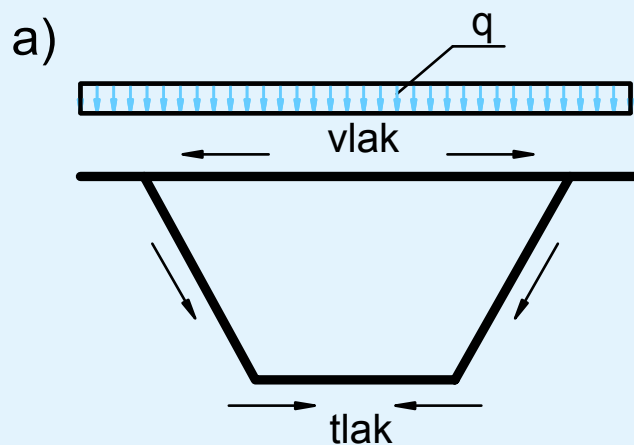
Položaji pokretnog opterećenja za proračun sanduka u poprečnom smjeru

Poprečni momenti savijanja u sandučastom nosaču s tankom donjom pločom

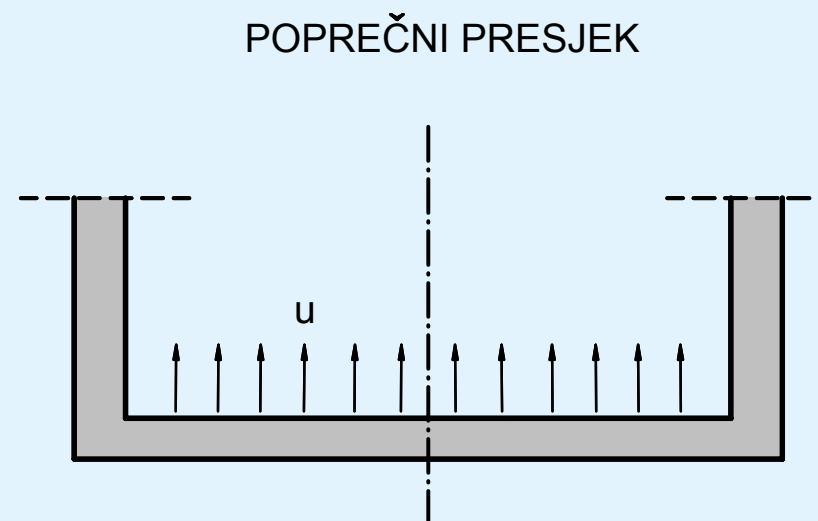
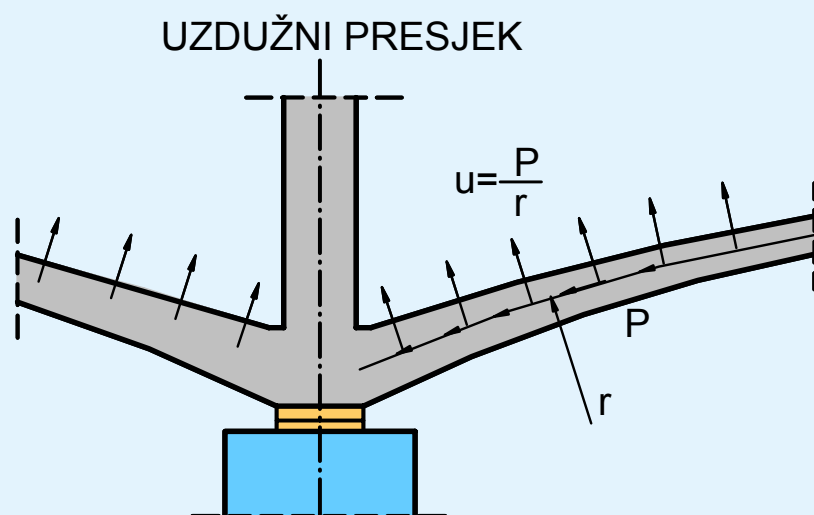


Poprečni momenti savijanja u sandučastom nosaču pri debeloj donjoj ploči

Nagnuta rebra $\Rightarrow$ poprečni vlak i poprečni tlak u gornjem i donjem pojasu sandučastog nosača



Zaobljeni donji pojas $\Rightarrow$ skretne sile usmjerene prema gore $\Rightarrow$ poprečni momenti savijanja suprotnog smjera od onih izazvanih vlastitom težinom

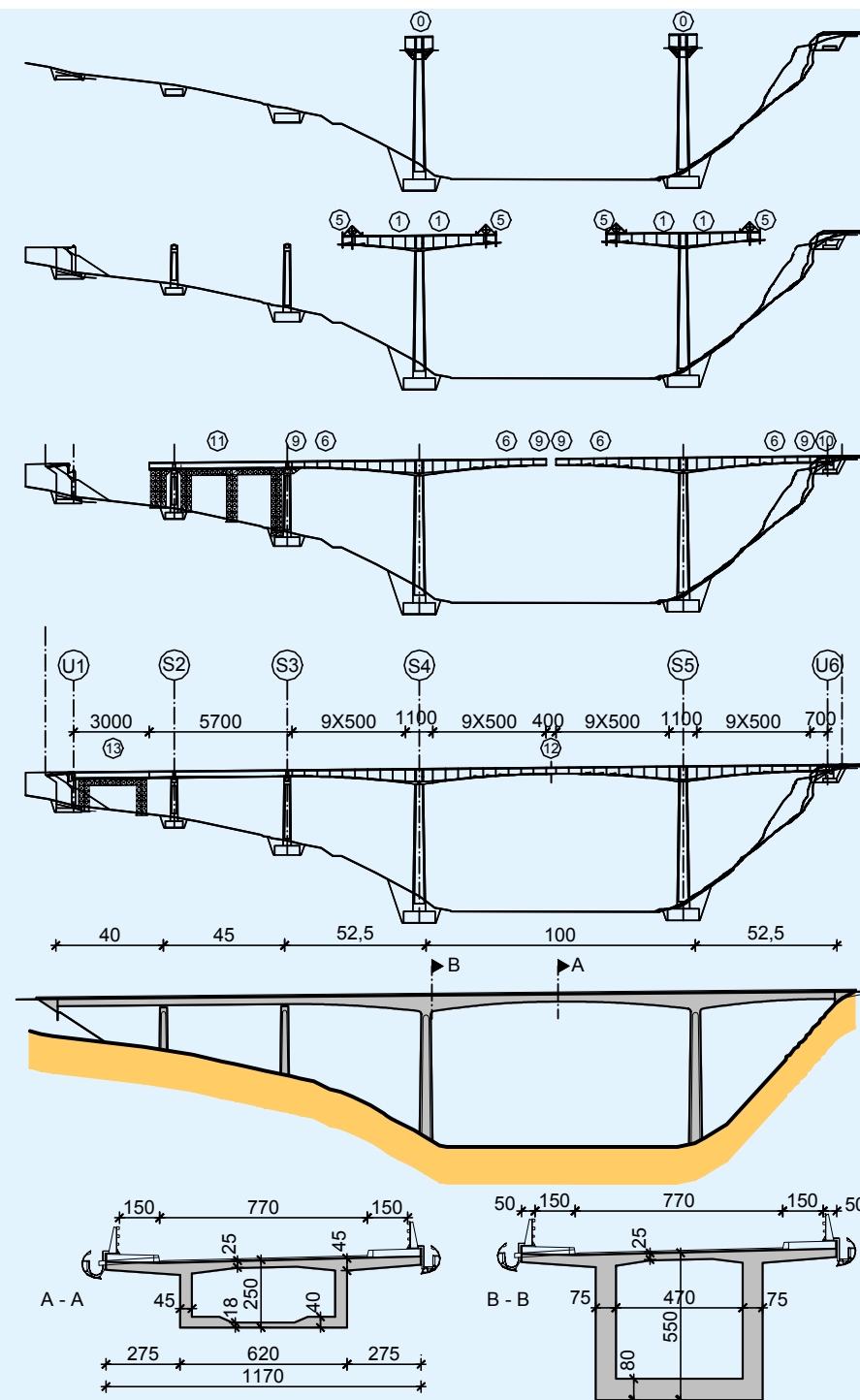


POSTUPCI IZVEDBE (MEĐUDJELOVANJE IZVEDBE I PRORAČUNA)

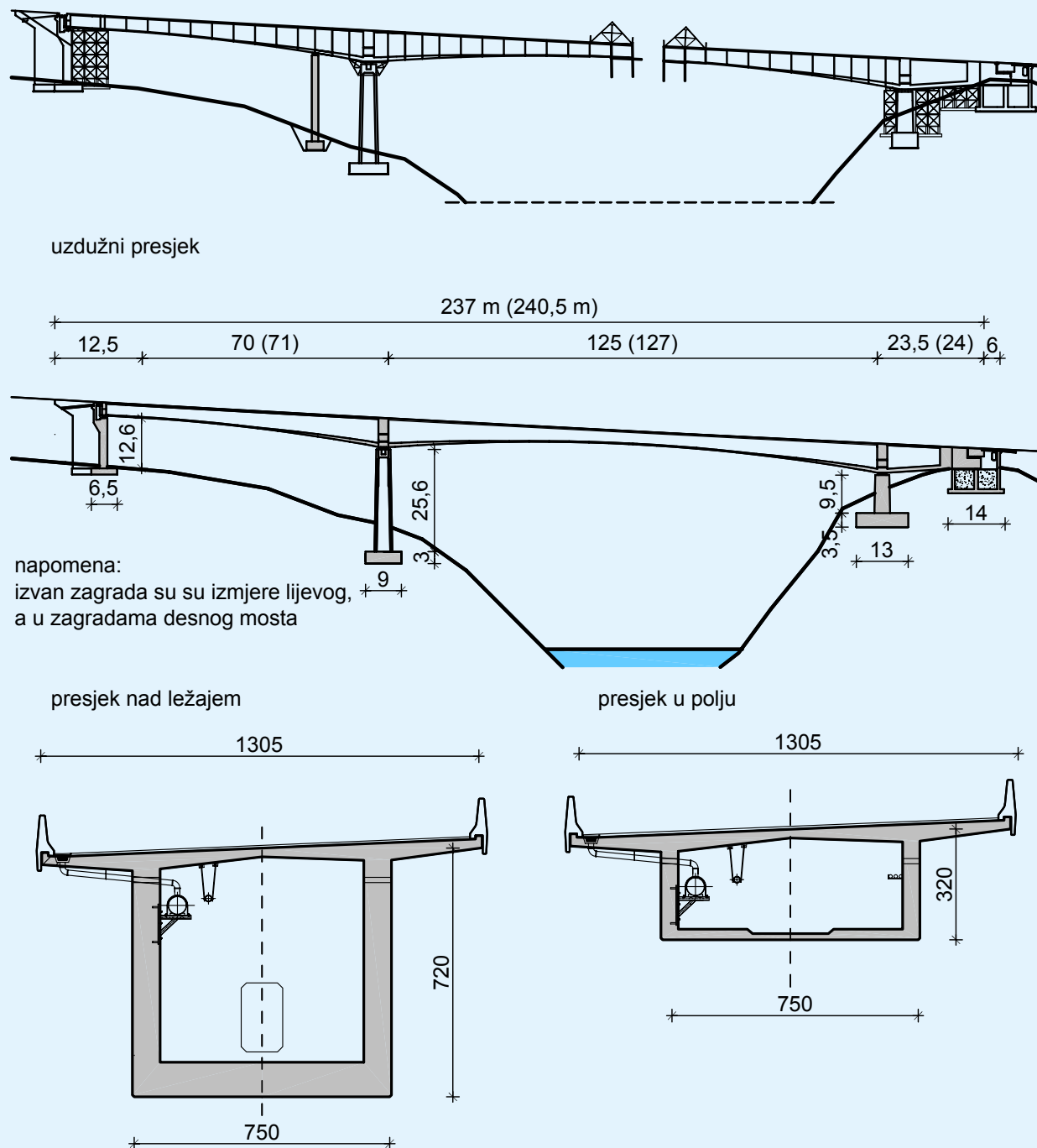
- slobodna konzolna gradnja
 - građenje betoniranjem odsječaka na licu mjesta
 - građenja predgotovljenim (montažnim) odsječcima (3 – 5 m)
- uzdužno potiskivanje
 - odsječci se betoniraju iza upornjaka
- izvedba na skeli
 - Izvedba na fiksnoj skeli, oslonjenoj o tlo,
 - izvedba na pomičnoj skeli, oslonjenoj na vrhove stupova (lansirna skela)
- izvedba montažom predgotovljenih odsječaka punog raspona ili velike duljine
 - pomagala velike nosivosti i duljine (navlačna rešetka).

➤ Most Koranske Mlinice na budućoj obilaznici Slunja, predviđeno je graditi kombinacijom dvaju postupaka

- središnji sklop promjenjive visine preko tri polja izvest će se konzolnim postupkom, betoniranjem odsječaka na mjestu,
- rubna polja (most je niže nad tlom) bit će izvedena na skeli.



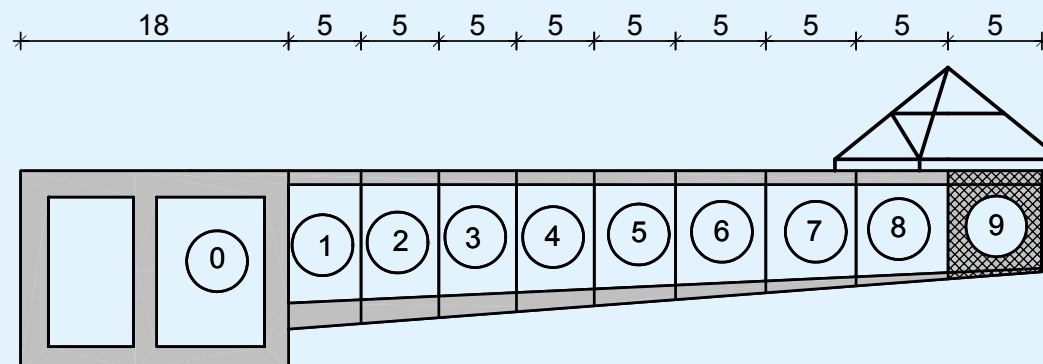
- Most Kamačnik ⇔, kombinacija konzolne izvedbe i građenja na skeli uz korištenje privremenih potpora (stupova)
- Dijelovi mosta i oprema za gradnju nisu smjeli ući u kanjon zbog uvjeta očuvanja okoliša, što je bitno odredilo raspored mosta, ali i način izvedbe konzolnim postupkom, bez pomoćnih oslonaca unutar kanjona.



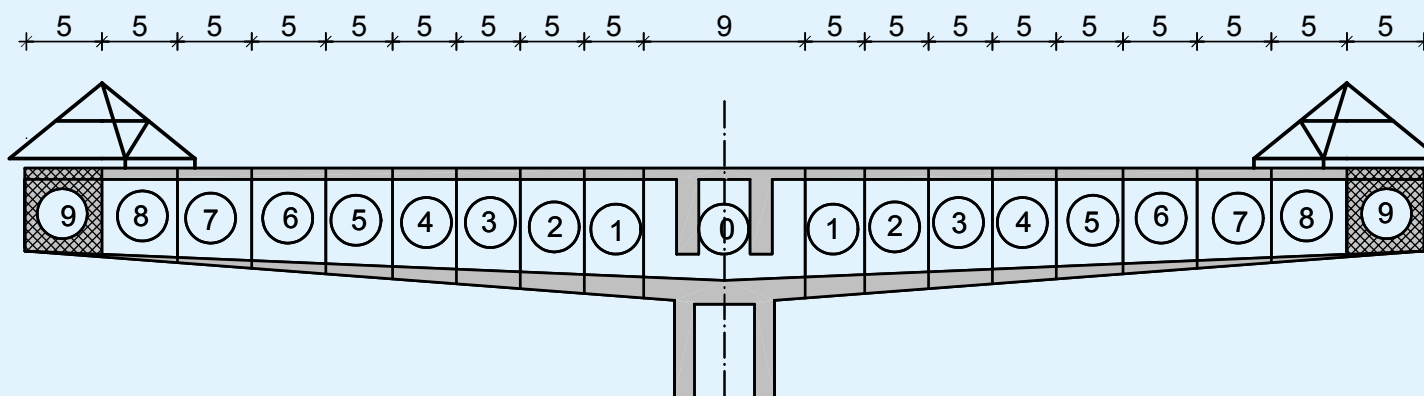
KONZOLNA GRADNJA I PRIKLADAN PRORAČUN

- način izradbe rasponskoga sklopa mosta redanjem odsječaka,
- prednapinjanjem se povezuje s prethodnim
- svaki od njih preuzima opterećenje od sljedećih, uz dodatno opterećenje od težine radne skele i oplate, koja se pri tome ne oslanja na tlo.

a) konzolni postupak



b) balansno-konzolni postupak



KONZOLNA GRADNJA I PRIKLADAN PRORAČUN

➤ Osobito pogodno:

- kada su vodene prepreke duboke ili široke,
- kada su vodeni tokovi brzi, s mogućnošću pojave visoke vode,
- kada su stupovi osobito visoki, odnosno prepreka naročito duboka,
- kada postoji potreba za slobodnim odvijanjem prometa pod mostom tijekom gradnje.

➤ S obzirom na mjesto betoniranja segmenata:

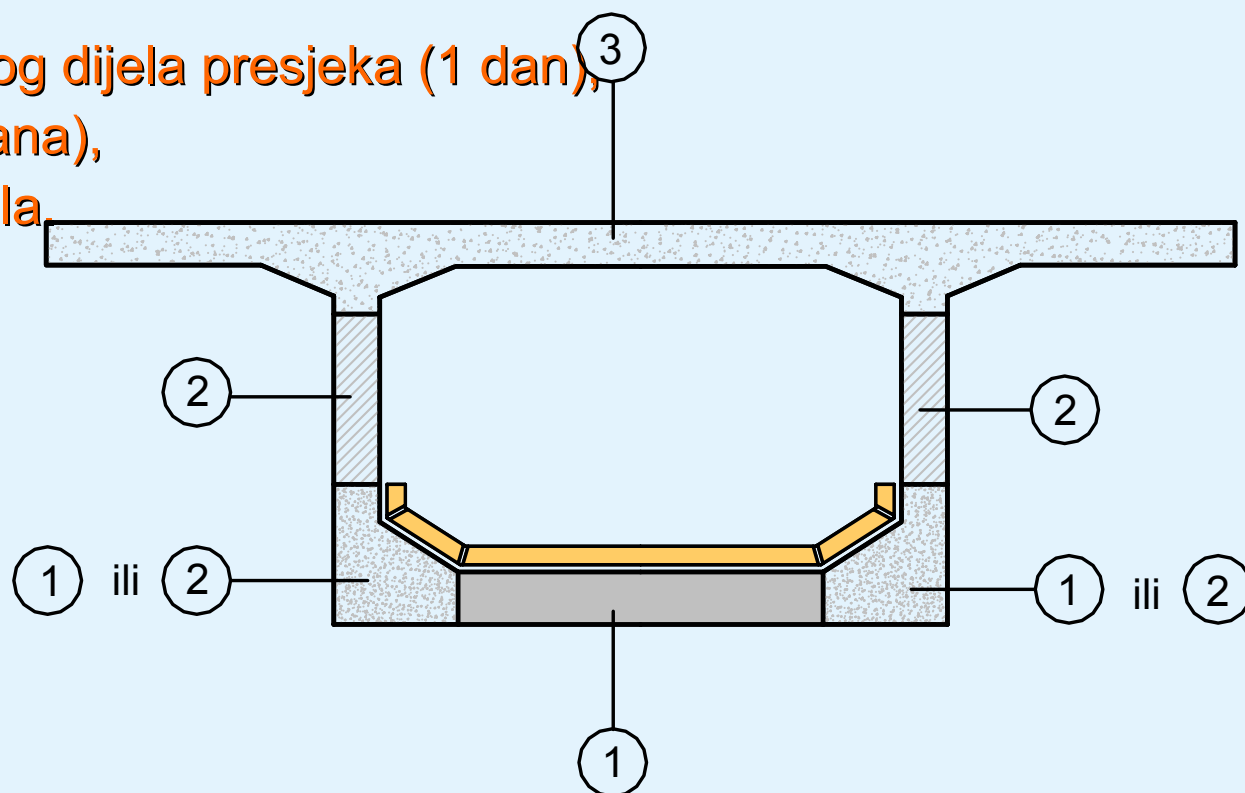
- postavljanje gotovih segmenata konstrukcije (montažna)
 - Dugi vijadukti, mali i srednji rasponi, tipski poprečni presjeci
- izvedba nosača betoniranjem na mjestu gradnje (monolitna)
 - Veliki mostovi, neuobičajeni presjeci, vanstandardni rasponi

Monolitna konzolna izvedba

- Greda se izvodi i betonira na mjestu u pokretnoj radionici (krletki).
Faze izvedbe jednog segmenta $h > 3$ m:

- pomicanje i geodetsko namještanje krletke i oplate (pola dana),
- postavljanje armature donje ploče i hrptova, i zaštitnih cijevi kabela (1)
- betoniranje donje ploče i pola visine hrpta (1 dan),
- postavljanje preostale armature hrpta i gornje ploče te zaštitnih cijevi kabela (1 dan),
- betoniranje preostalog dijela presjeka (1 dan),
- njega betona (2-3 dana),
- prednapinjanje kabela

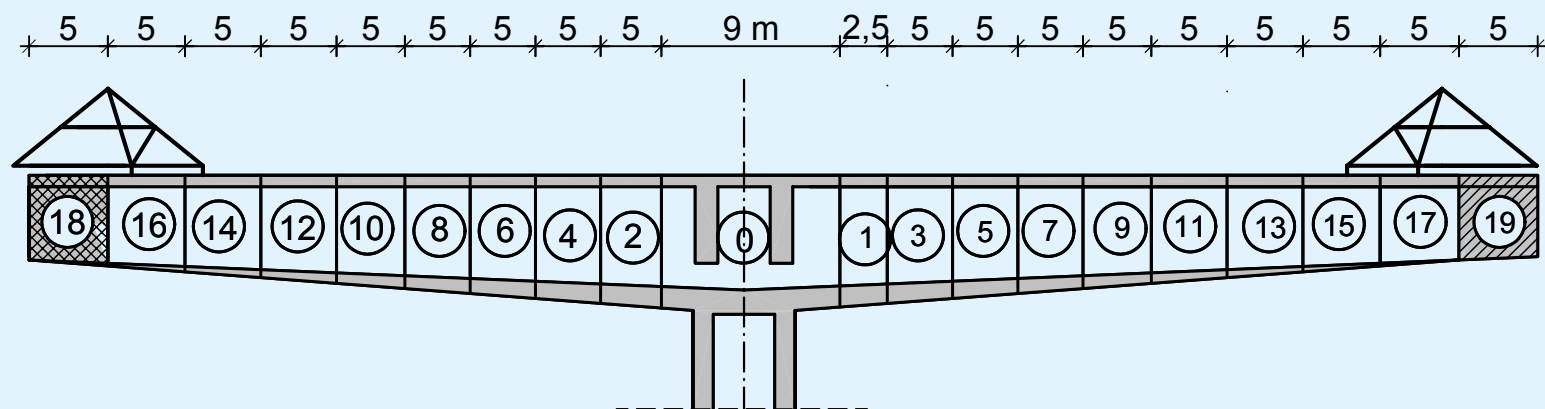
- $h < 3$ m – armiranje i
betoniranje odjednom



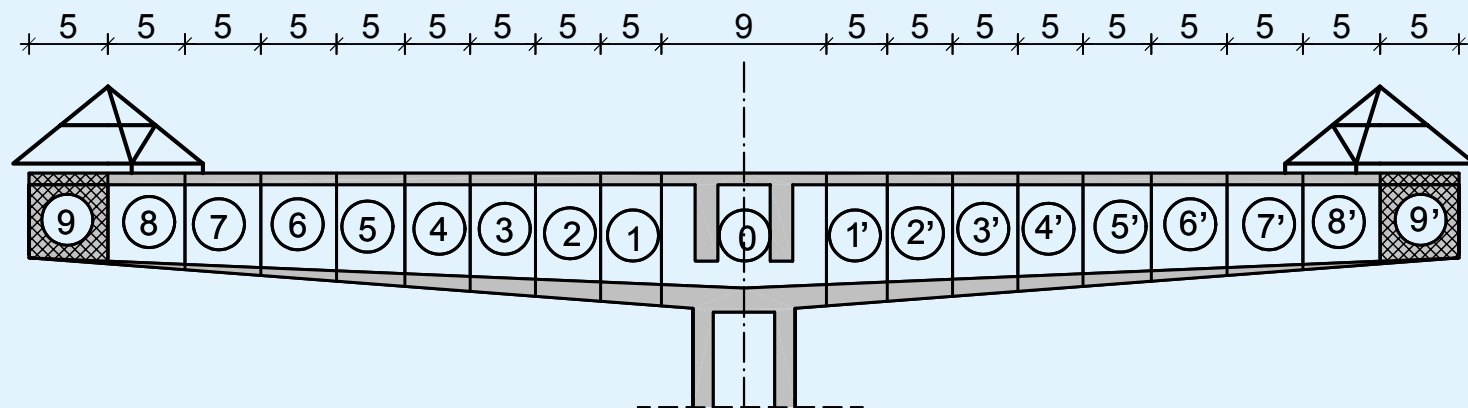
Monolitna konzolna izvedba

➤ S obzirom na duljinu prvog segmenta

a) nesimetrična izvedba segmenata



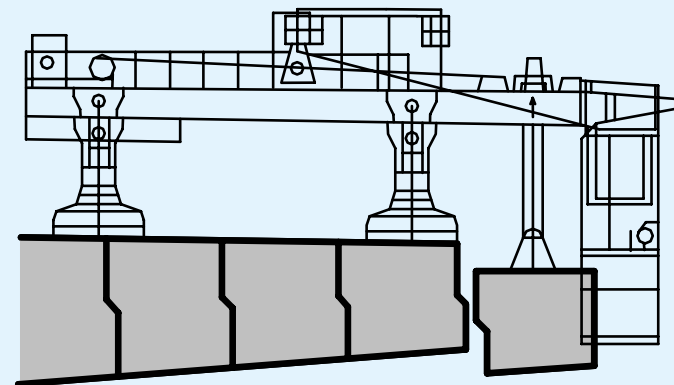
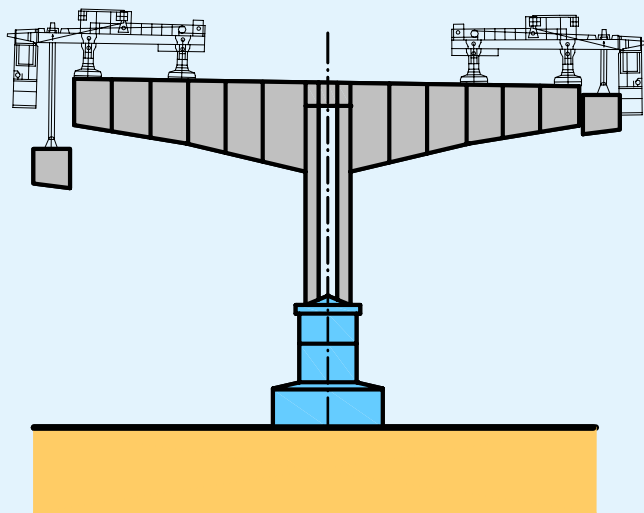
b) simetrična izvedba segmenata



Montažna konzolna izvedba

➤ PREDNOSTI u odnosu na betoniranje na licu mjesta

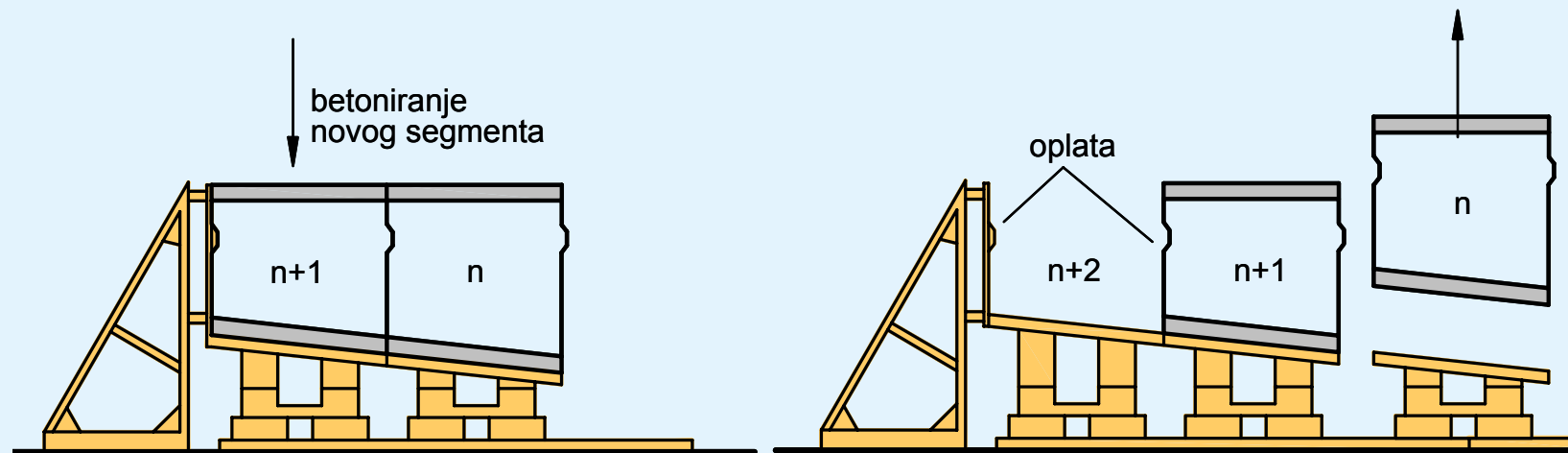
- Betoniranje se obavlja u radionici ⇒ moguća stroža kontrola kakvoće i bolja njega betona.
- Odsječci su u trenutku opterećivanja već dosegli dovoljnu starost ⇒ smanjuju se dugotrajne deformacije na mostu
- Moguće je montirati više odsječaka dnevno ⇒ ubrzati gradnju



Montažna konzolna izvedba

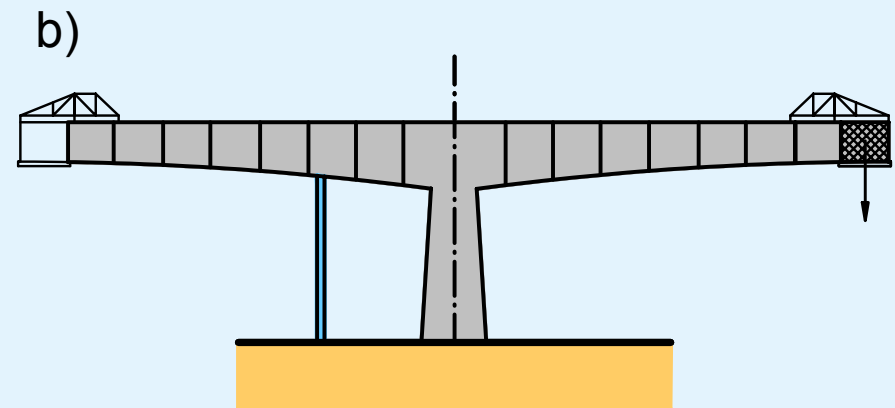
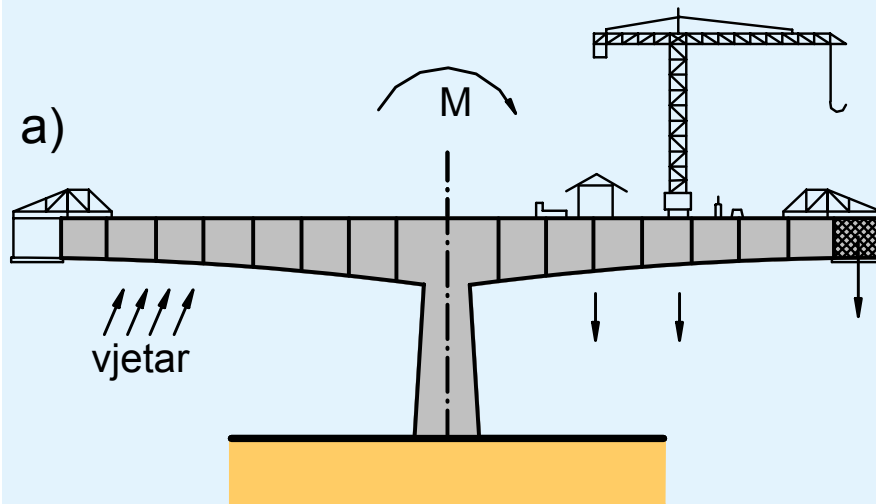
➤ MANE u odnosu na betoniranje na licu mjesta

- Radne reške $\Rightarrow$ slaba mjesta u konstr $\Rightarrow$ potrebno je koristiti vrlo kvalitetno polimerno ljepilo i nazubljenja, odsječci moraju savršeno pristajati $\Rightarrow$ to nije lako ostvariti jer je pop.presj.promjenjive visine $\Rightarrow$ kod mostova u zavoju dodatne komplikacije geometrije
- nejednolika temperature po visini presjeka $\Rightarrow$ mali broj velikih pukotina $\Rightarrow$ smanjenje poprečnog presjeka tlačne zone
- 20-30% više prednapetih kabela



Osiguranje stabilnosti

- segmenti ne nastaju simetrično $\Rightarrow \Delta M$
- ukoliko stup ne može izdržati razliku momenta savijanja, potrebno je predvidjeti privremene oslonce.
- prednost ima:
 - nesimetrična izvedba, ΔM koji se predaje na stup je manji
 - korištenje sustava s dvostrukim zidovima.



Proračun nadvišenja rasponskog sklopa

- niveleta se korigira i izvodi prema nadvišenim točkama koje imaju oblik neke krivulje.
- pri proračunu nadvišenja potrebno je u dogovoru s izvođačem sastaviti plan svih radova na mostu,

$$\bar{f}_{nad} = f_{uk} - f_{izv}$$

potrebno nadvišenje konstrukcije

suma svih pomaka

Od: vl.tež. odsječka, prednapinjanja, sk+puz, otpuštanja privr.oslonaca, slijeganja tla, od opt.krletkom, otpuštanja preša, skraćanja stupova

pomak od svih do tada izvedenih dijelova konstrukcije

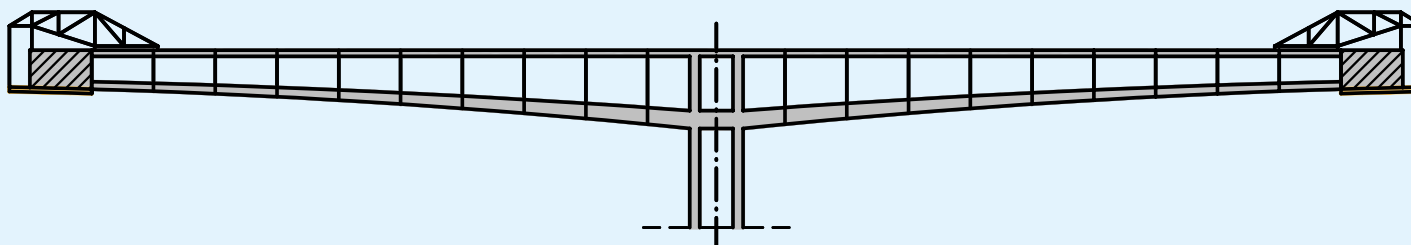
$$f_{nad} = \bar{f}_{nad} + f_{krl,x}$$

dobiveni pomak nadvišenja potrebno je povećati za vrijednost progiba krletke od svježeg betona tog segmenta

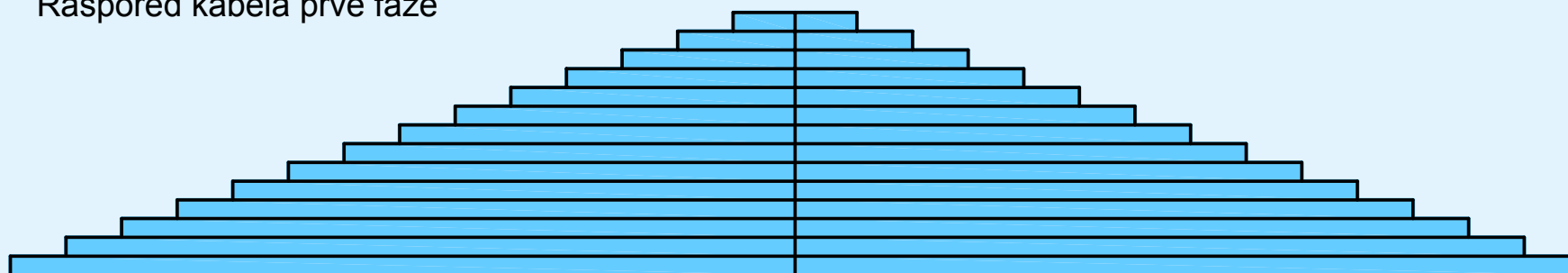
Konačno nadvišenje prilikom geodetskog namještanja oplate za izvedbu pojedinog segmenta grede

PREDNAPINJANJE SANDUČASTIH NOSAČA GRAĐENIH KONZOLNOM GRADNJOJOM

Izvedba grede konzolno balansnim postupkom



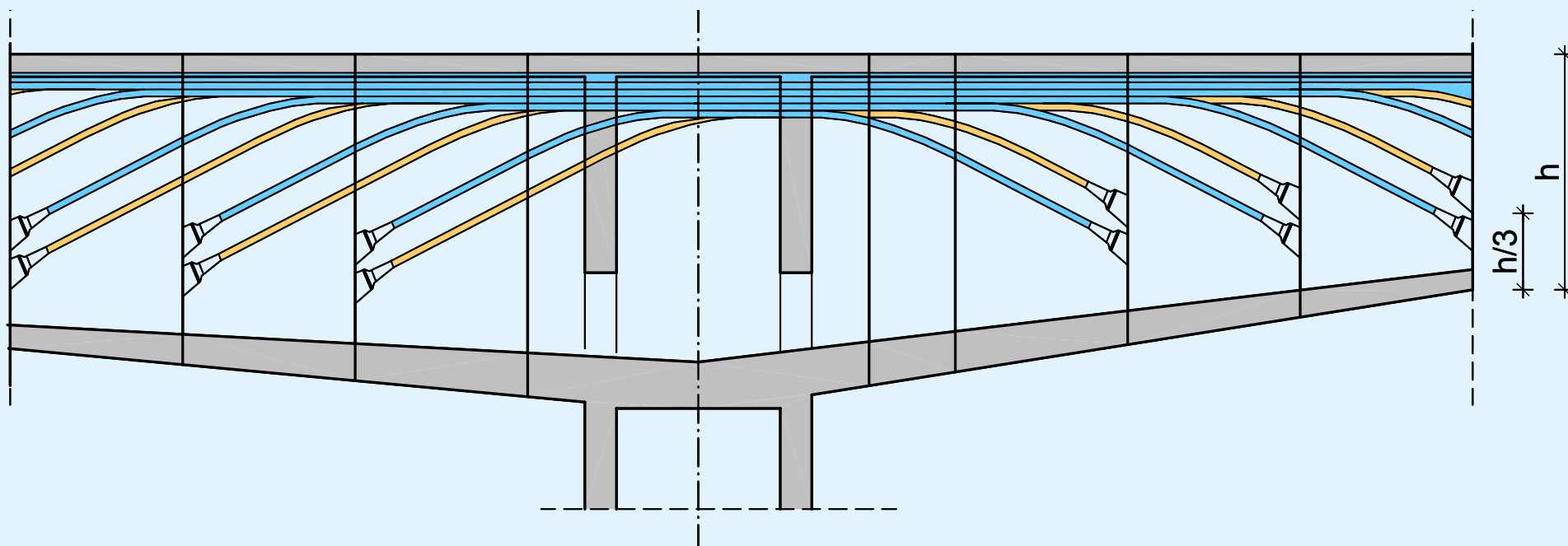
Raspored kabela prve faze



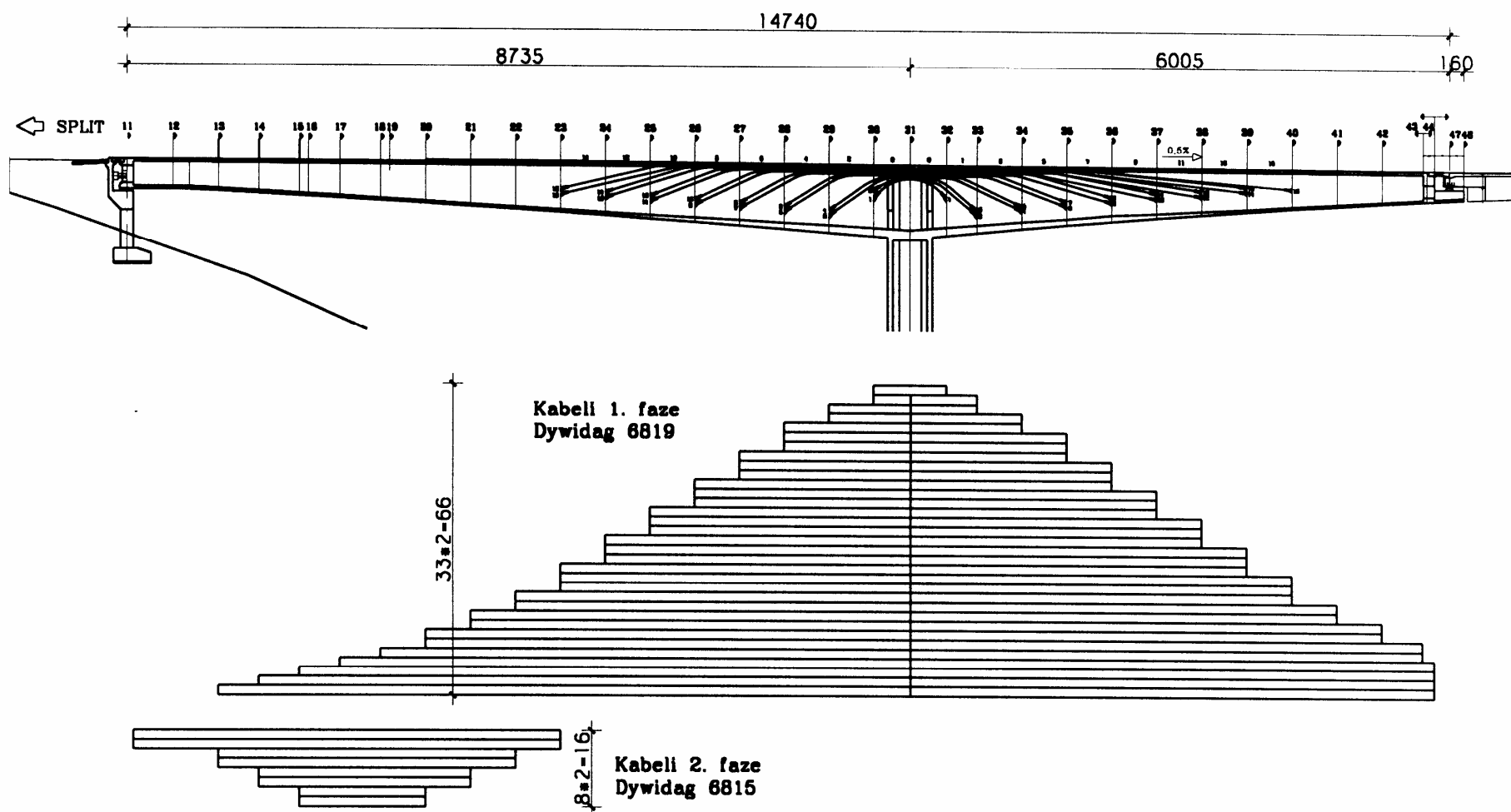
➤ dijagram količina prednapetih kabela prve faze

PREDNAPINJANJE SANDUČASTIH NOSAČA GRAĐENIH KONZOLNOM GRADNJOJ

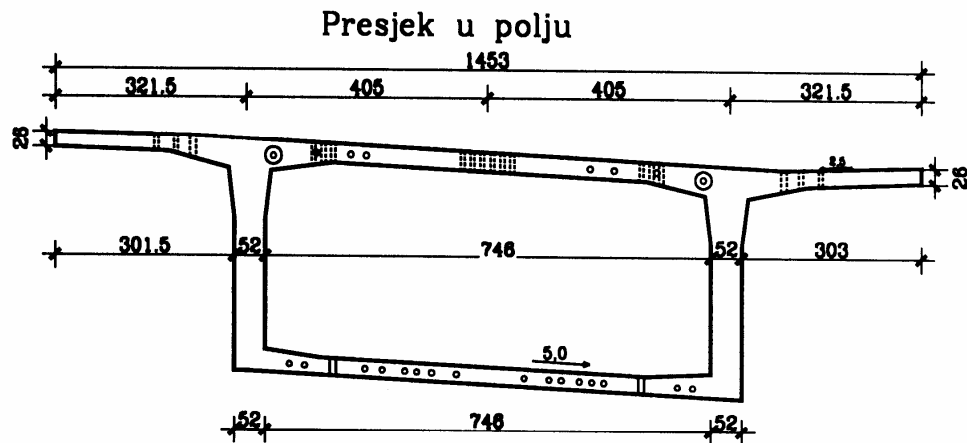
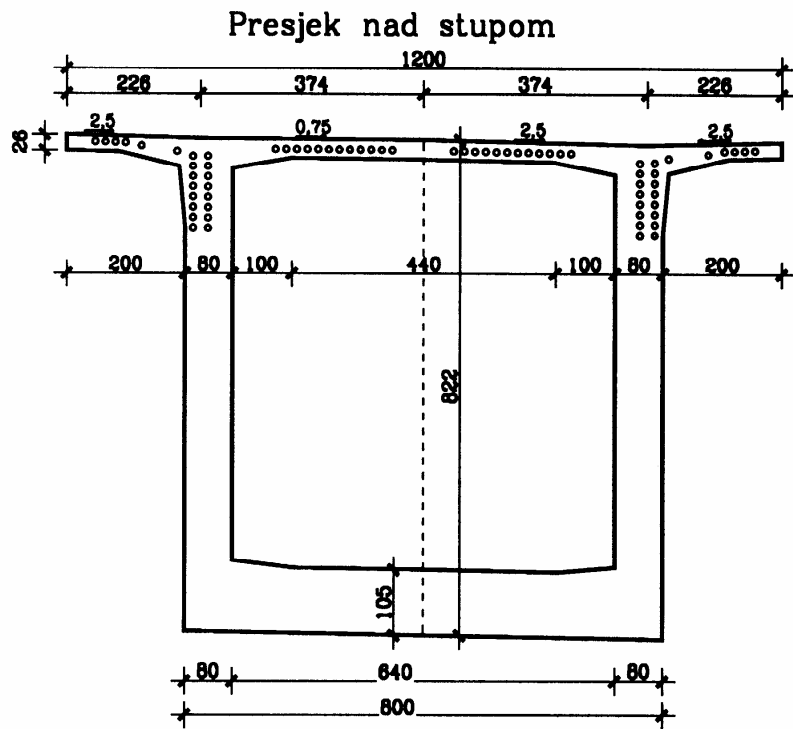
- Na kraju svakoga segmenta - sidriti minimalno 2 kabela $\Rightarrow$ minimalan broj kabela prve faze dva puta veći od broja segmenata.
- Prostor za smještaj i vođenje tih kabela ograničen je većim brojem rupa potrebnih za sidrenje krletke $\Rightarrow$ dio kabela moramo postaviti u hrptove.
- Zbog svoje vertikalne komponente, koja smanjuje dijagram poprečnih sila od vlastite težine, ovi se kabeli prvi sidre $\Rightarrow$ sidrenje je što niže, kako bi vertikalna komponenta sile prednapinjanja bila što veća i nalazi se otprilike na $h/3$ od donjeg ruba poprečnog presjeka



DUBROVAČKI MOST: raspored kabela 1. i 2. faze

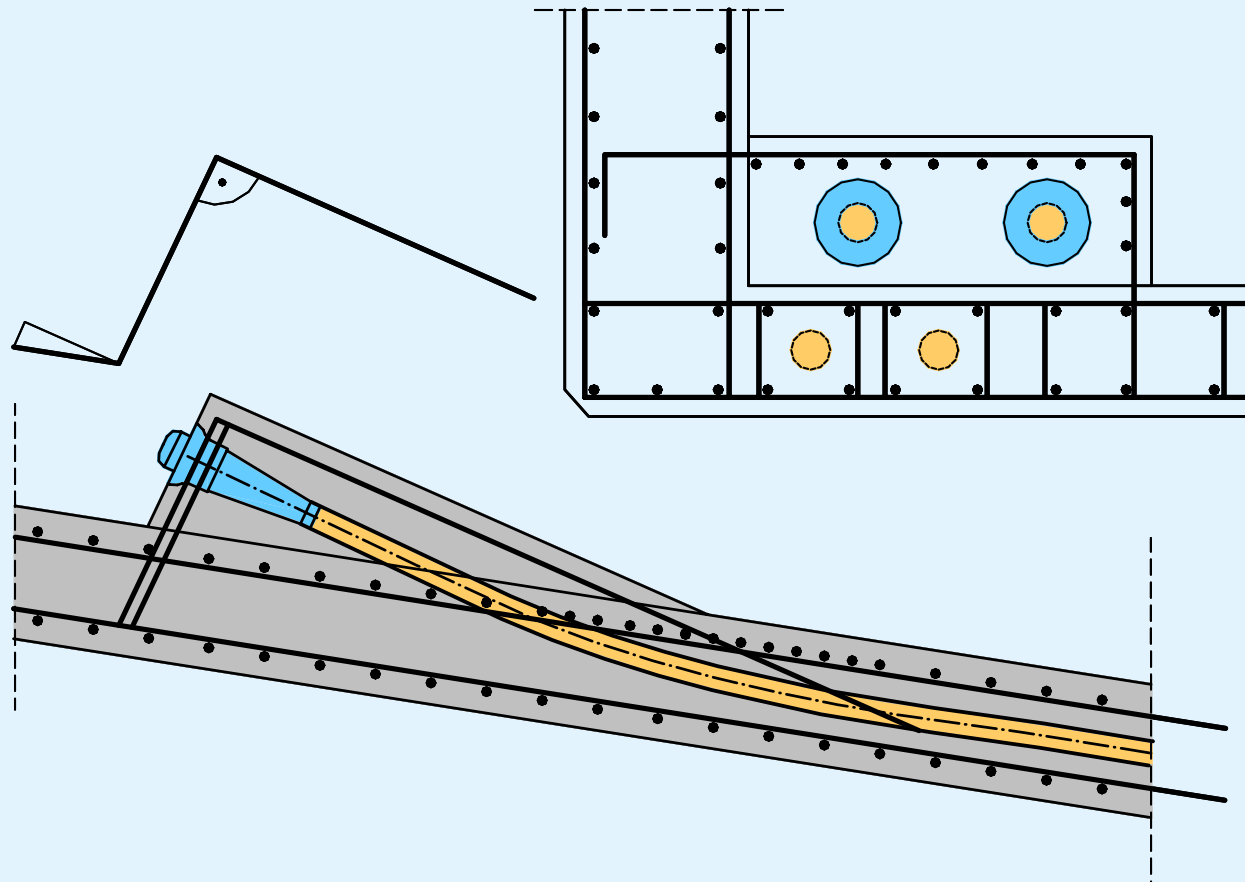


DUBROVAČKI MOST: raspored kabela 1. i 2. faze



PREDNAPINJANJE SANDUČASTIH NOSAČA GRAĐENIH KONZOLNOM GRADNOM

- Tijekom izvedbe najprije se ugrađuju samo zaštitne cijevi, u koje se postupno uvlače jedino oni kabeli koji se prednapinju na kraju tog segmenta.
- Kabeli koji se prednapinju naknadno, kad je most već završen, uvlače se u prethodno ugrađene zaštitne cijevi i sidre u istakama ploče ili rebra s unutarnje strane nosača.

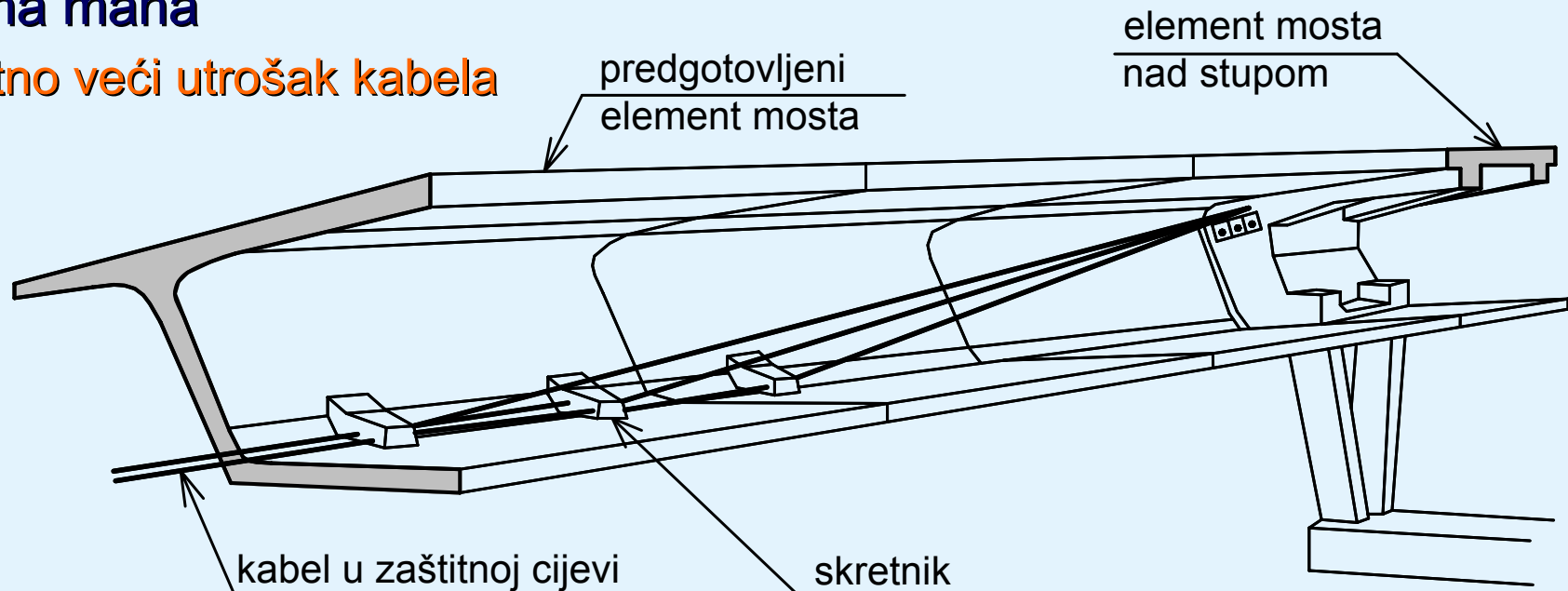


PREDNAPINJANJE SANDUČASTIH NOSAČA GRAĐENIH KONZOLNOM GRADNjom

- VANJSKO PREDNAPINJANJE (2. faza, nakon spajanja konzola, preuzimaju pozitivne momente savijanja od Δg i p).
- Glavne prednosti:
 - gubici sile zbog trenja znatno su manji u odnosu na klasično prednapinjanje,
 - betoniranje je znatno olakšano jer nema zaštitnih cijevi unutar presjeka,
 - injektiranje kabela je olakšano i lakše se kontrolira
 - mogućnost lakše sanacije ovakvih mostova.

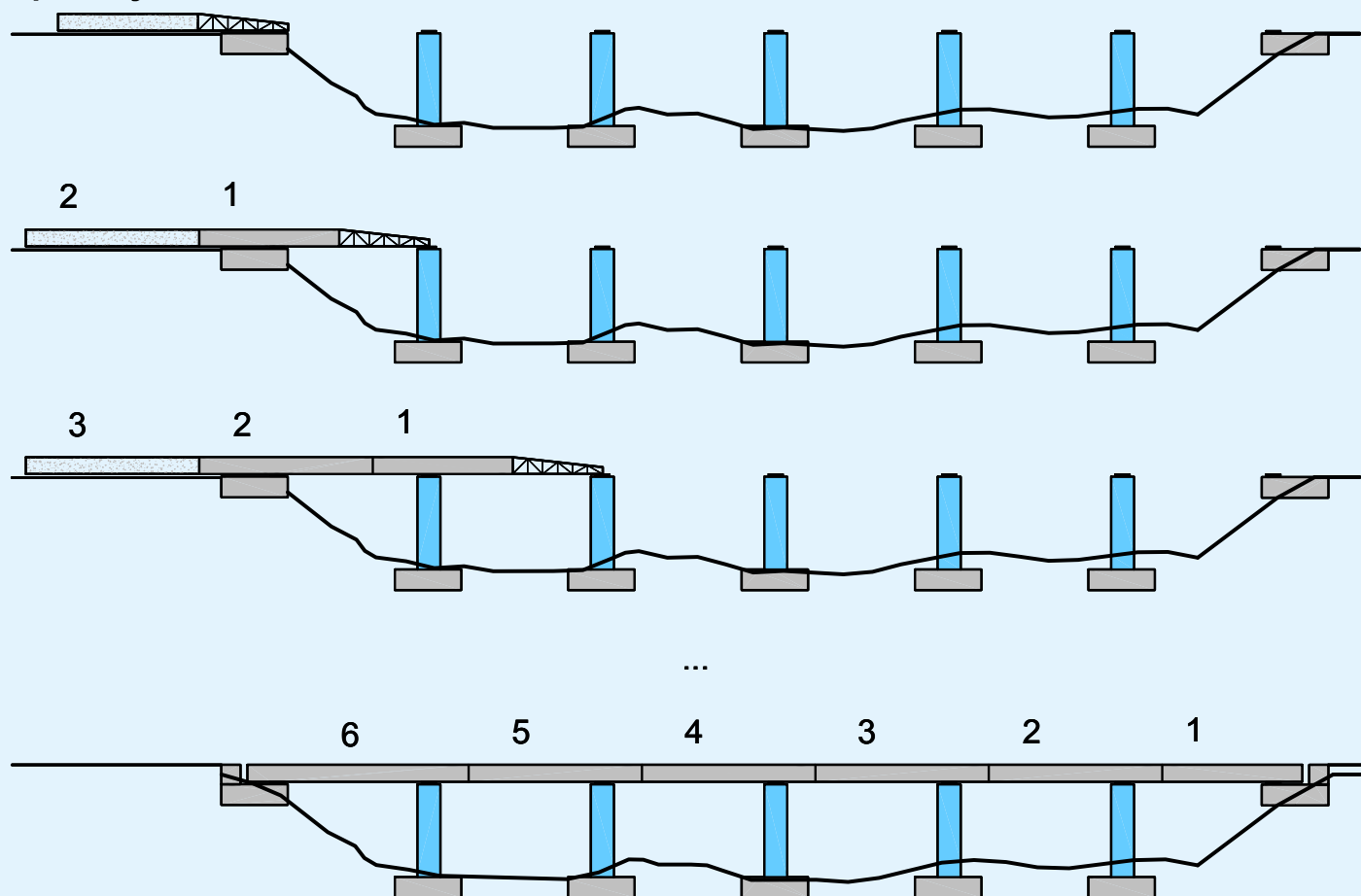
➤ Glavna mana

- bitno veći utrošak kabela



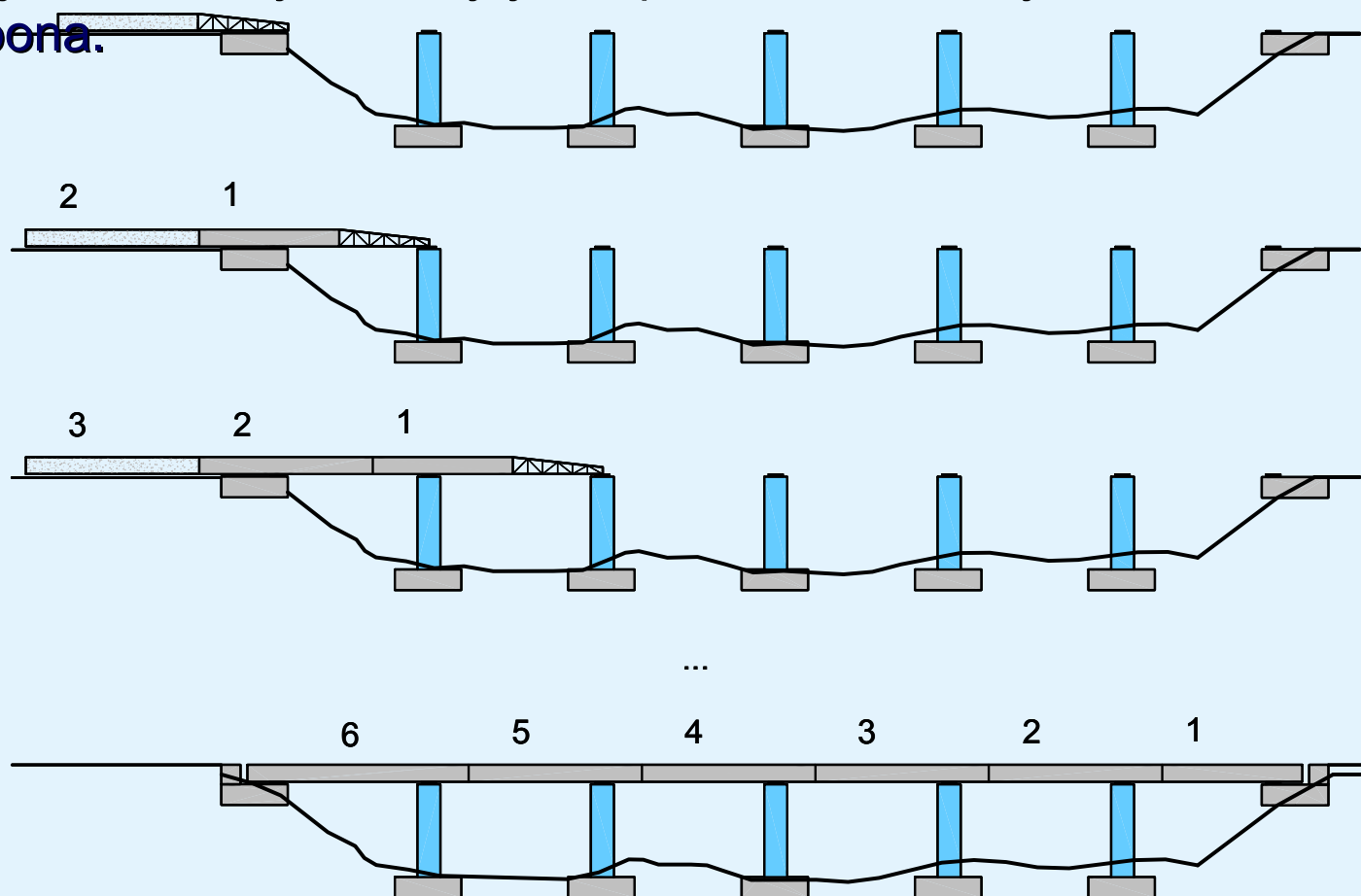
UZDUŽNO POTISKIVANJE I PRIKLADAN PRORAČUN

- na uređenom prostoru iza upornjaka, na pripremljenome platou i u jedinstvenoj oplati, betoniraju se odsječci grede ($L/6$ do $L/2$)
- potiskuju se prešama za svoju duljinu
- postupak se ponavlja dok krajnji poprečni nosač prvog odsječka ne nalegne na ležaje drugog upornjaka



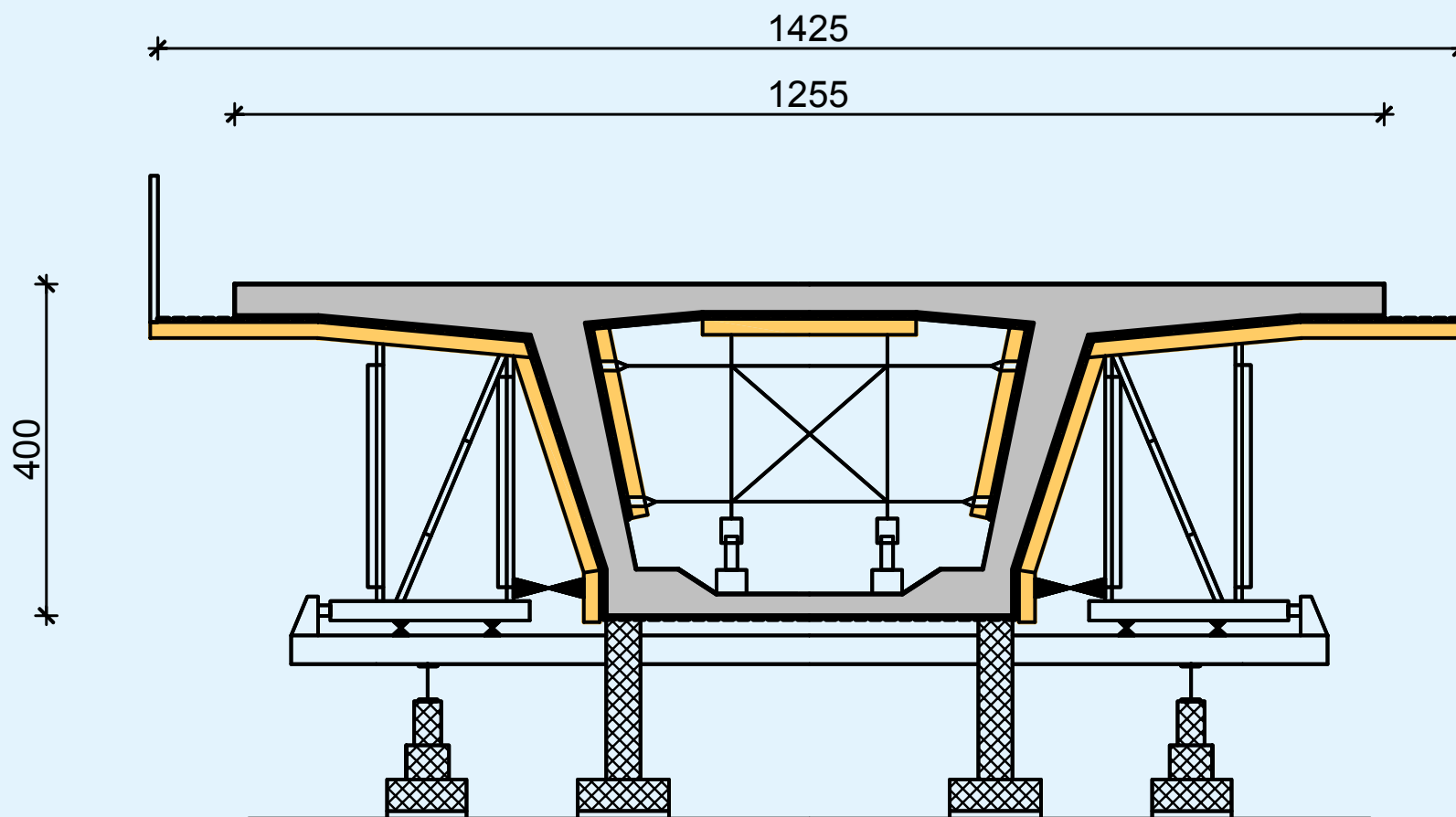
UZDUŽNO POTISKIVANJE I PRIKLADAN PRORAČUN

- pogodan za rasponse do 50 (najviše 60 m) i duljine veće od 150 m
- primjenjivo kod mostova u pravcu ili kod mostova gdje je rasponski sklop u prostornoj krivulji konstantnog radijusa
- u smislu projektiranja i razrade detalja bolje je odabrati srednje rasponse jednakih ili skoro jednakih duljina i krajnje rasponse do 0,75 duljine standardnog raspona.



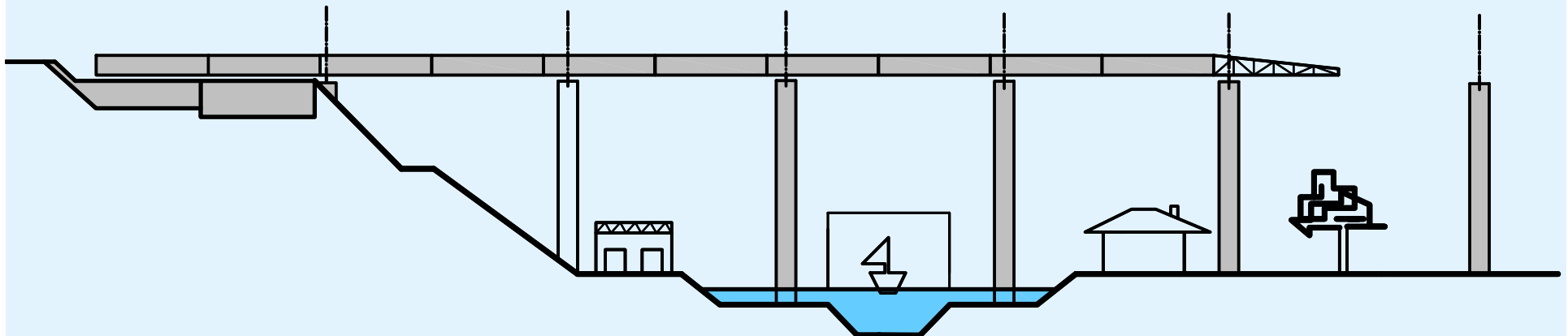
UZDUŽNO POTISKIVANJE I PRIKLADAN PRORAČUN

- vitkost $L/h \leq 17$, uobičajeno $L/h = 12$ (dulji rasponi) – 15 (kraći rasponi)
- oplata sandučastoga poprečnog presjeka namijenjenog za potiskivanje



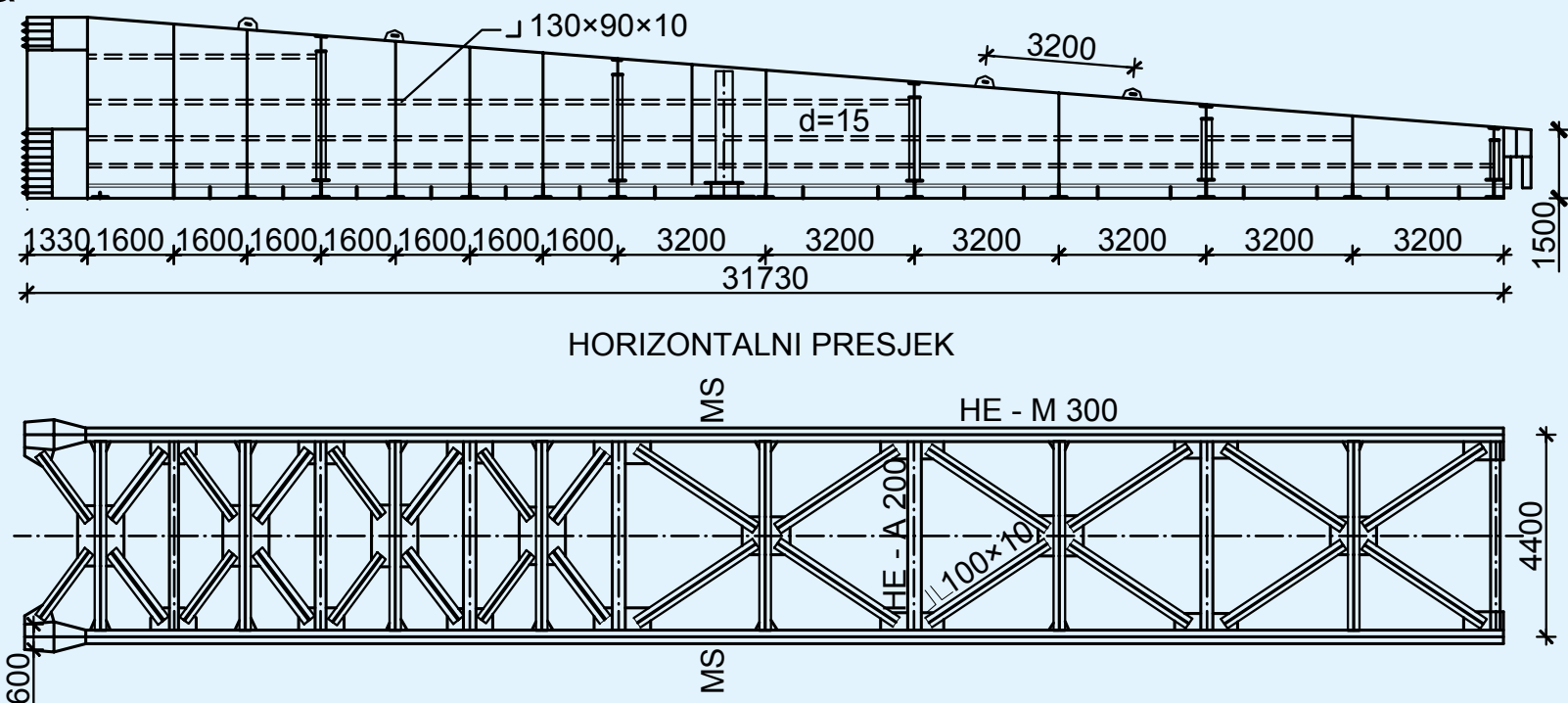
UZDUŽNO POTISKIVANJE I PRIKLADAN PRORAČUN

- bez skele, nemamo problema s preprekama ispod mosta
- Pogon za izvedbu odsječaka
 - oplata, betonara, kran, skladišta, oprema za potiskivanjeuvijek je na istome mjestu $\Rightarrow$ precizna izvedba, snižava troškove proizvodnje i transporta.
- Radni ciklus se prilagođuje proizvodnji jednog segmenta na tjedan
 - radne reške u nul-točke M
 - uobičajena duljina jednog odsječka $L/2$ (15 – 25 m)
 - ovisno o veličini poprečnog presjeka i duljini raspona $\downarrow$ 1/3 ili 1/4 raspona
 - na mostu nema dilatacija jer je svaki sljedeći odsječak sljubljen na prethodni.



UZDUŽNO POTISKIVANJE I PRIKLADAN PRORAČUN

- kako bi se smanjili M konz. $\Rightarrow$ na konstrukciju se priključuje lagani kljun
- duljina kljuna $l=0,6 L$ (najpovoljniji odnos između smanjenja unutarnjih sila rasponskog sklopa i neophodnih građevinskih troškova)
- od čelika u punostijenoj ili rešetkastoj izvedbi, h prilagođena proračunskim momentima savijanja
- oko 35 t ($L = 35$ m) --- oko 75 t ($L = 55$ m)
- *moгуćnost*: zatege + privremeni stup $\Rightarrow$ zahtijevno prilagođavanje sile u zategama



UZDUŽNO POTISKIVANJE I PRIKLADAN PRORAČUN

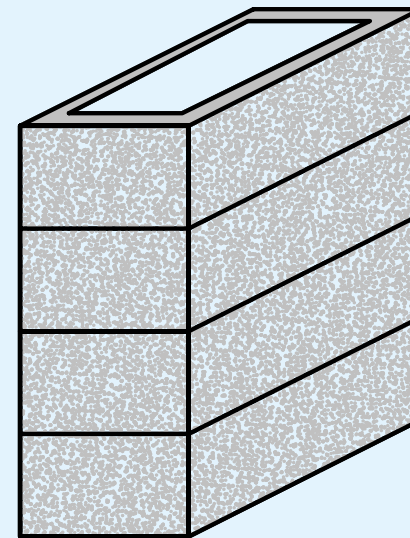
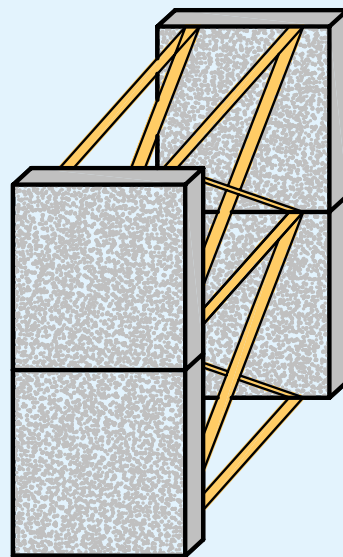
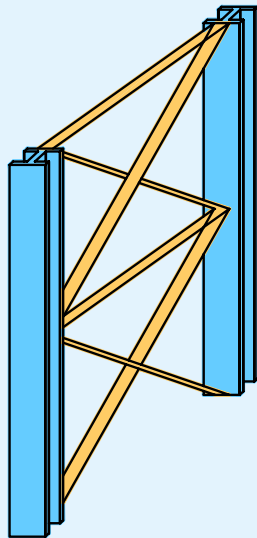


Vijadukt Bajer



UZDUŽNO POTISKIVANJE I PRIKLADAN PRORAČUN

- $L > 50$ m, velike vitkosti $L/h \Rightarrow$ moguću pomoć tijekom izvedbe pružaju privremeni stupovi $\Rightarrow$ oni omogućuju smanjenje centričnog prednapinjanja $\Rightarrow$ ublažavanje inače potrebnog značajnog povećanja ugrađenog materijala kod velikih L
- Oblikovanje:
 - Ovisi o visini ($H > 40$ m $\Rightarrow$ racionalni samo u iznimnim slučajevima, praktično ih izvesti iz predgotovljenih elemenata)
 - Da li se predviđaju za ponovnu upotrebu (čelik, ali osjetljiv na temp.promjene) ili se uništavaju pri uklanjanju (AB), moguće kombinacije (spregnuti stupovi - čelične cijevi ispunjene betonom *CFST*)



UZDUŽNO POTISKIVANJE I PRIKLADAN PRORAČUN

- Uređaj za potiskivanje s hidrauličkim prešama za potiskivanje i podizanje smješten je pri upornjaku.
- Preše sidrimo i opiremo o upornjak ili temelje.
- Brzina samog pomaka prema naprijed je od 3 do 6 m/h, ovisno o tipu preše i pumpi.



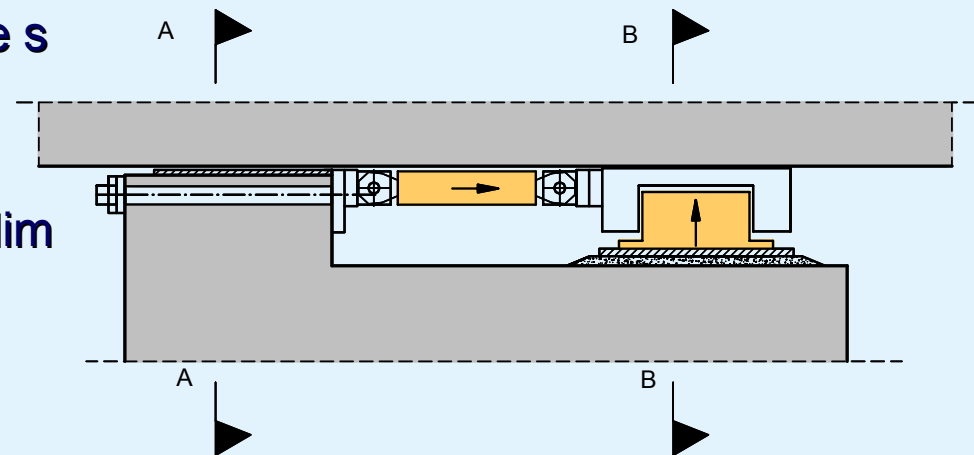
UZDUŽNO POTISKIVANJE I PRIKLADAN PRORAČUN

➤ Najčešći i najbrži postupak - potiskivanje trenjem, dva sustava preša:

- horizontalne koje potiskuju konstrukciju (potisne preše) i
- vertikalne koje trenjem prenose silu potiskivanja u rasponski sklop (podizne preše)

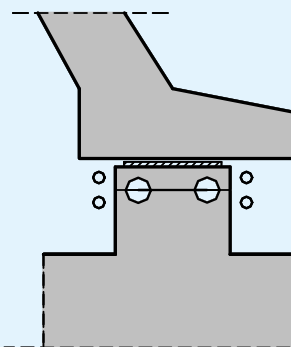
1. podiznom prešom greda se podigne s kočnog bloka
2. potisne preše (hod 250 mm) guraju podizne preše po kliznoj plohi s malim koeficijentom trenja
3. na glavu podizne preše prema rasponskom sklopu pričvršćene su naborane čelične ploče koje osiguravaju koeficijent trenja od otprilike 0,75 između ploče i betona $\Rightarrow$ rasponski sklop se pomiče naprijed.
4. Otpuštanjem podiznih preša rasponski sklop se spušta na kočni blok i potisne preše vraćaju sustav u početni položaj.

horizontalne potisne preše

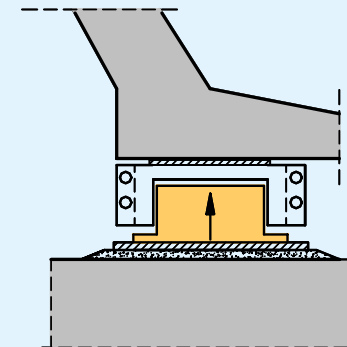


vertikalne podizne preše

Presjek A-A



Presjek B-B



UZDUŽNO POTISKIVANJE I PRIKLADAN PRORAČUN

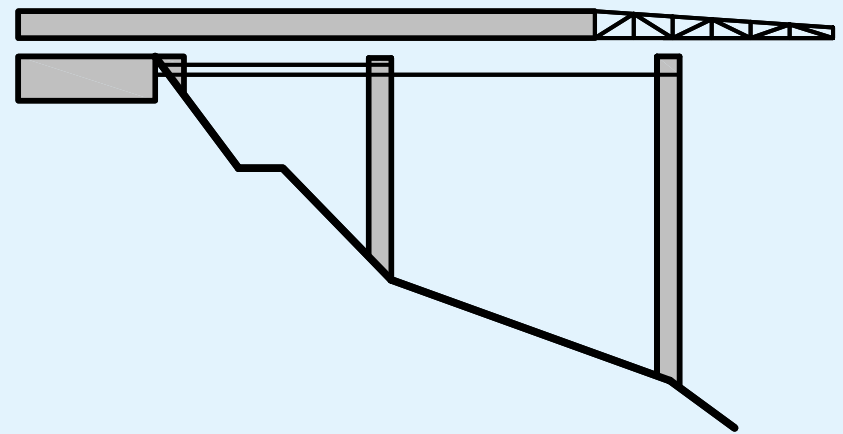
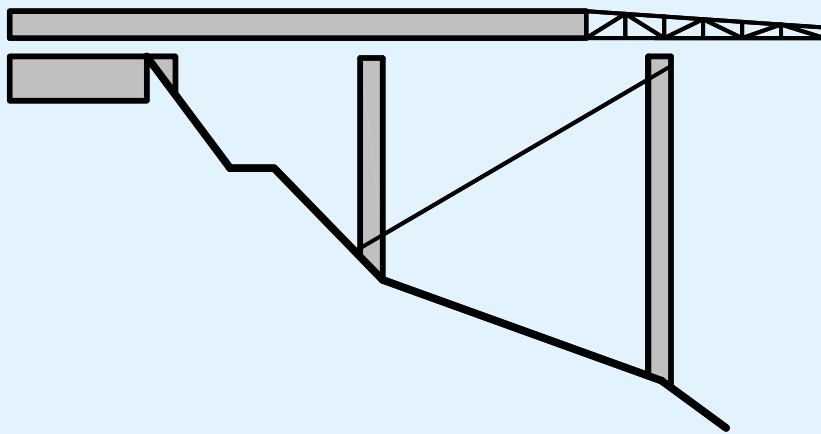
- privremeni klizni ležaji ili klizne površine na konačnim ležajima i poprečne vodilice.
- Betonski blok pomoćnog ležaja obično je izveden iz betona visoke čvrstoće i prednapete krom-čelik-ploče.
- Gornja površina betonskog bloka mora biti takvog oblika da se klizne ploče mogu umetnuti bez teškoća.



Stabilnost stupova

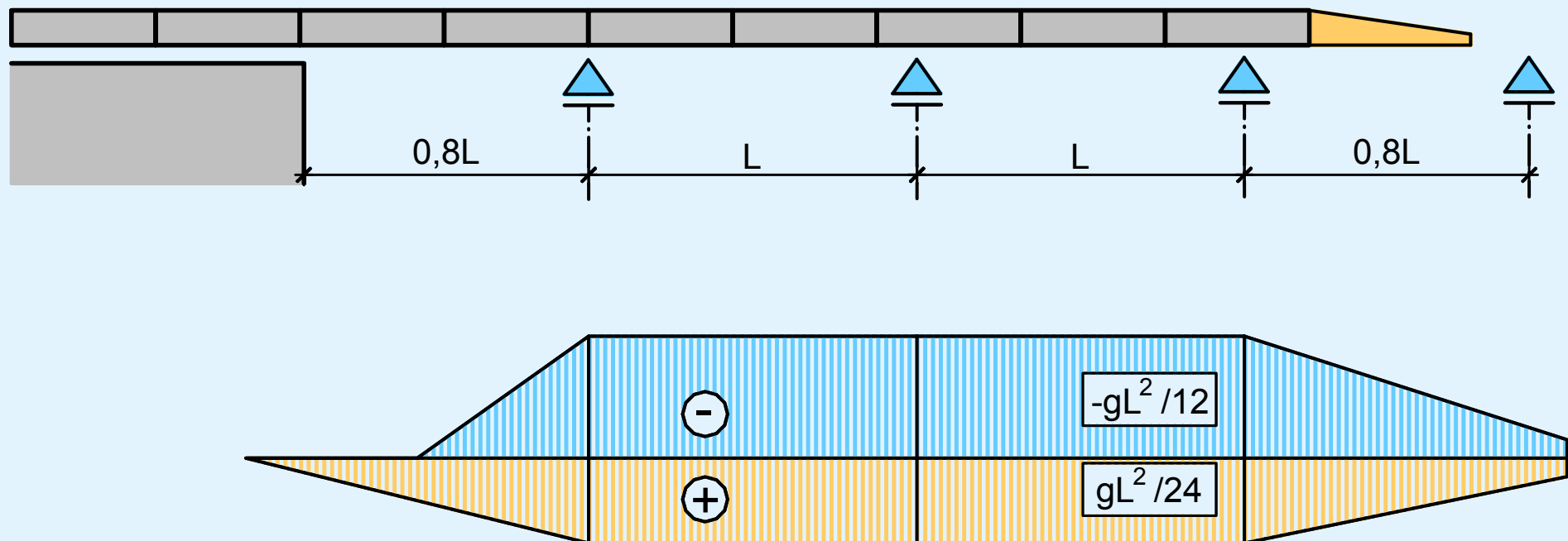
➤ stupovi mosta opterećeni su horizontalnom silom od trenja u razini ležaja u smjeru potiskivanja $\Rightarrow$ stabilnost stupova mora biti osigurana odgovarajućim oblikovanjem ili privremenim pridržanjem:

- kosim zategama (sidre se u temelj prethodnog stupa ili direktno u tlo geotehničkim sidrima), gdje su rasponi i duljina mosta mali,
- horizontalnim sidrenjem u upornjak (omogućava smanjenje sila od potiskivanja na upornjak), svaki vrh stupa mora se posebno pridržati, inače bi deformacije stupova bile kumulativne i postale bi prevelike.



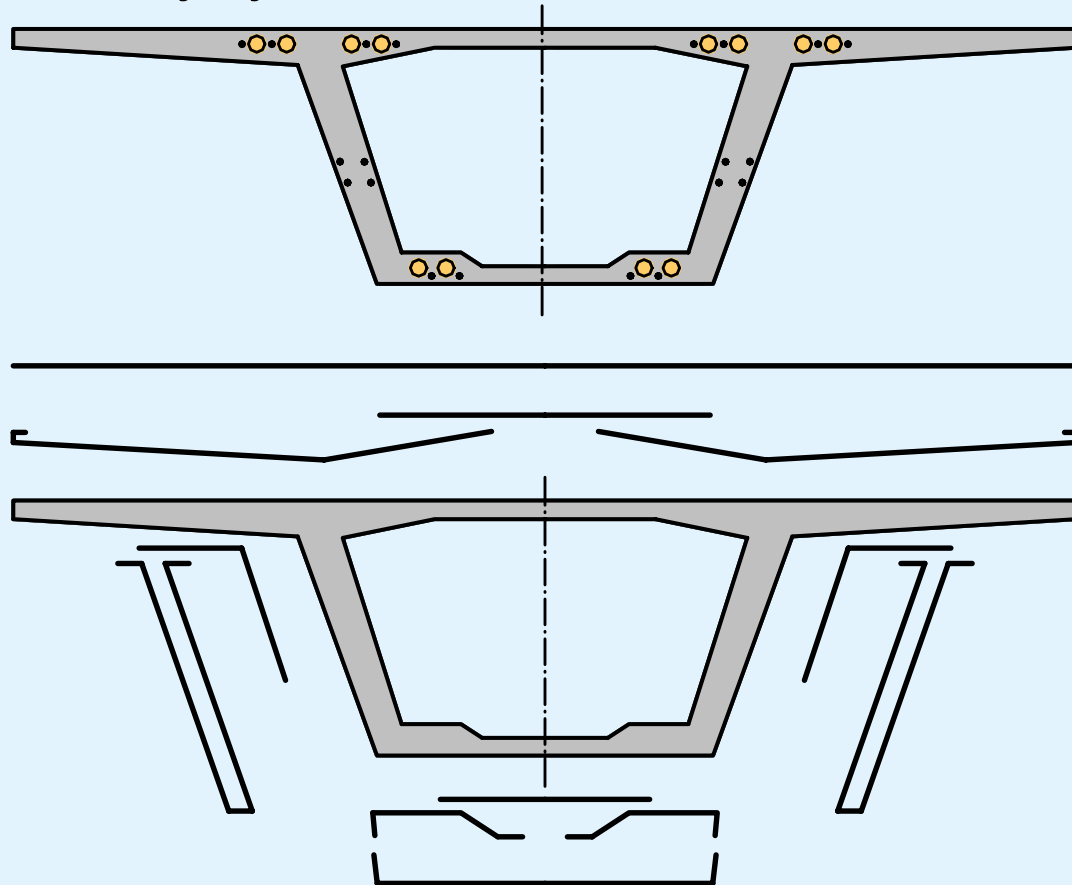
Proračun u uzdužnom smjeru

- Približna anvelopa momenata od vlastite težine
- Vlačna naprezanja se naizmjenice javljaju na gornjem i donjem rubu konstrukcije $\Rightarrow$ za vrijeme izvedbe gredu je potrebno centrično prednapeti



PREDNAPINJANJE SANDUČASTIH NOSAČA GRAĐENIH UZDUŽNIM POTISKIVANJEM

- 1. faza – TIJEKOM IZGRADNJE – CENTRIČNO PREDNAPINJANJE
- kabelima položenim u gornjoj i donjoj ploči sanduka
 - preuzimaju se istodobno negativni i pozitivni momenti savijanja
 - nastavljane na radnim reškama $\Rightarrow$ tanje donje ploče potrebno je podebljati na mjestima nastavljanja.

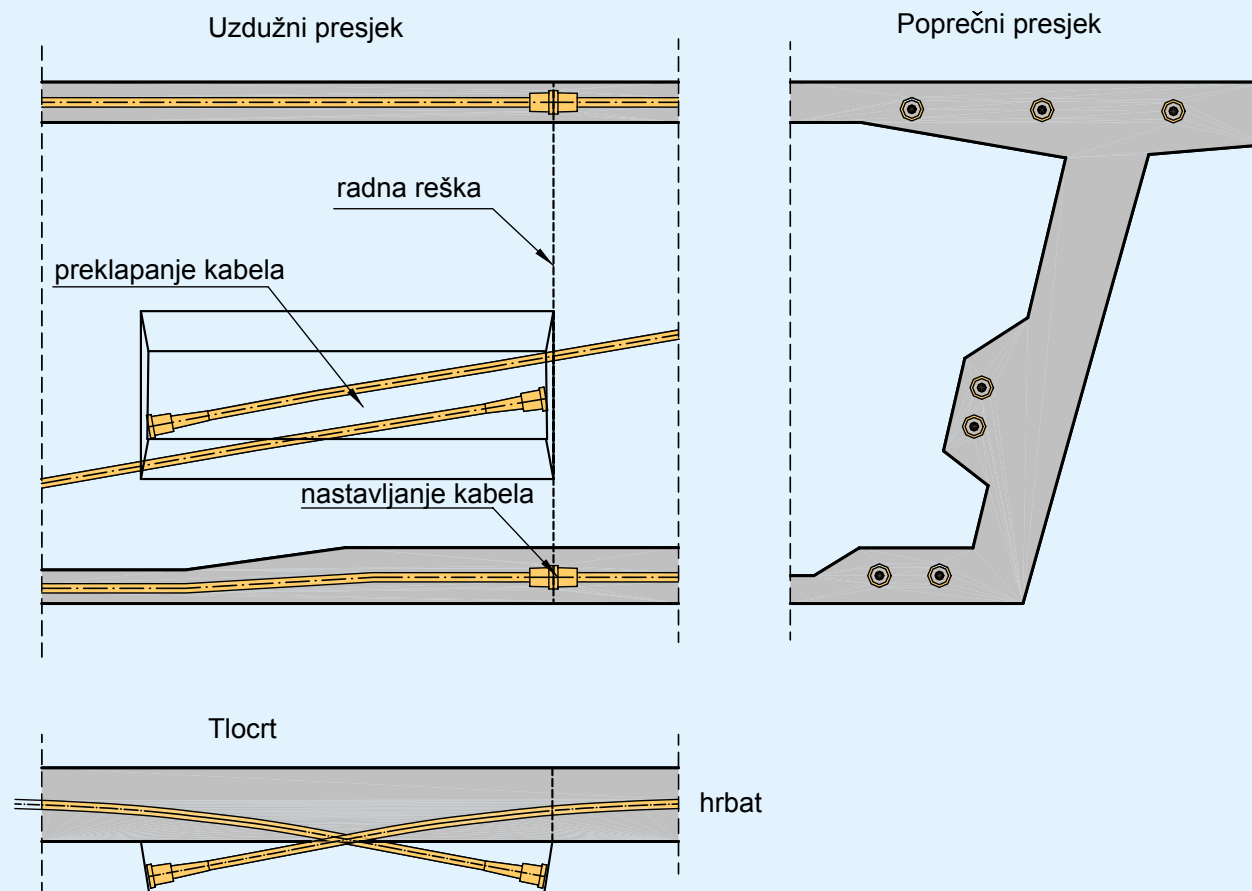


Moguće je i vanjsko centr. prednapinjanje pomoću istaka (kod velikih L ili L/h), uklanjanje za konačno stanje

PREDNAPINJANJE SANDUČASTIH NOSAČA GRAĐENIH UZDUŽNIM POTISKIVANJEM

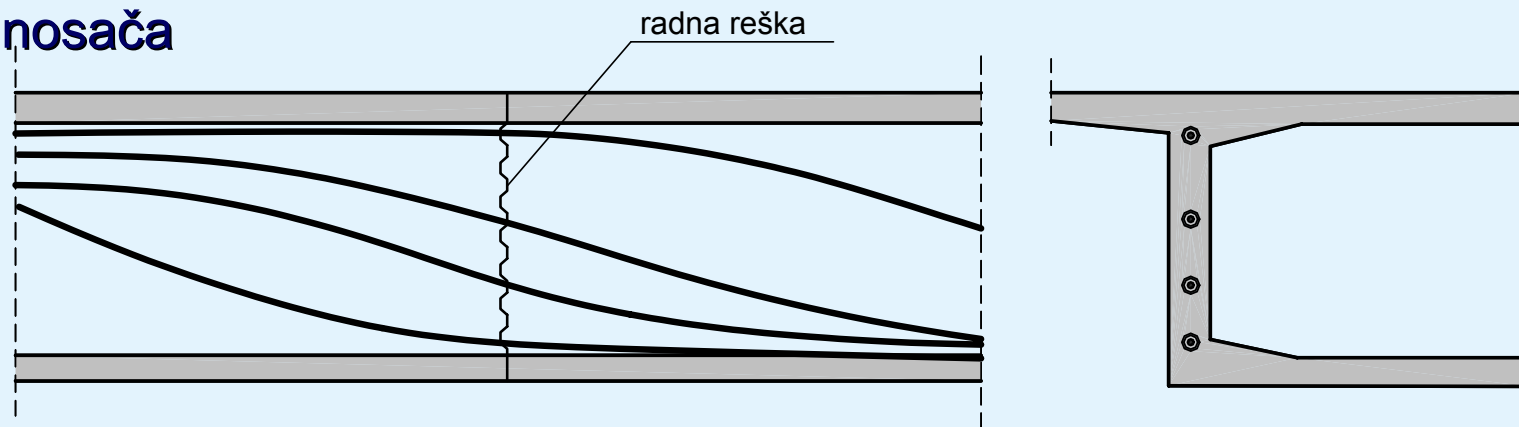
➤ 2. faza – KONAČNO STANJE – KONTINUITETNO PREDNAPINJANJE

- u ugrađene zaštitne cijevi u hrptovima sanduka,
- nakon što je konstrukcija potisnuta u konačni položaj,
- uvlače se, mogu se protezati kroz više polja (3-4) i prednapinju
- na mjestima preklapanja nastavljaju se na mjestima hrptova

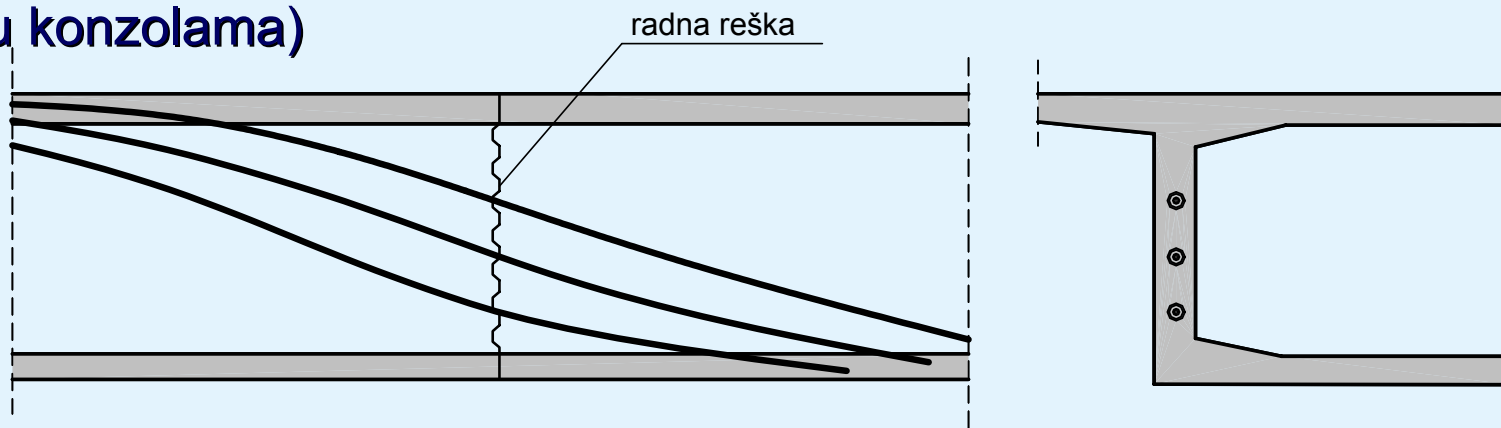


PREDNAPINJANJE SANDUČASTIH NOSAČA GRAĐENIH UZDUŽNIM POTISKIVANJEM

- Raspodjela kabela preko čitave visine rebra uobičajenog sandučastog nosača



- Kod izvedbe potiskivanjem kabele leže u pojasnim pločama i rebrima, tako da je samo u manjim područjima potrebna dodatna armatura spojne reške (i u konzolama)



ARMIRANJE I PREDNAPINJANJE KONIČKE PLOČE

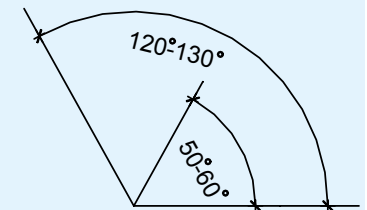
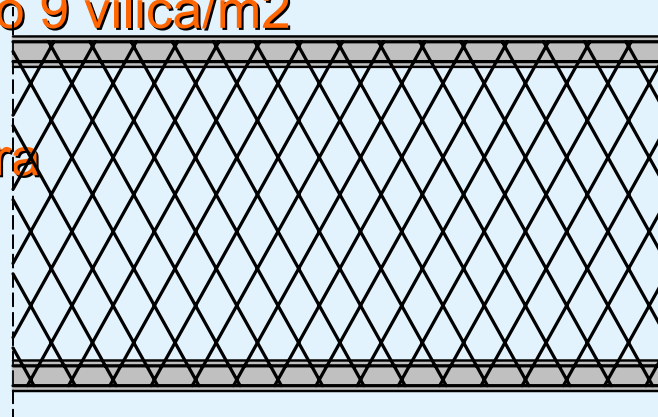
➤ PRAVILA ZA REBRASTI PRESJEK

- Vlačna područja: razmaci ≤ 15 cm
- Širina pukotina $\leq 0,2$ mm
- Tlačna područja: razmaci ≤ 30 cm (20 cm)
- $b > 10$ m – poprečno prednapinjanje (za $g+0,3q$ nema vlaka)

ARMIRANJE I PREDNAPINJANJE DONJE PLOČE

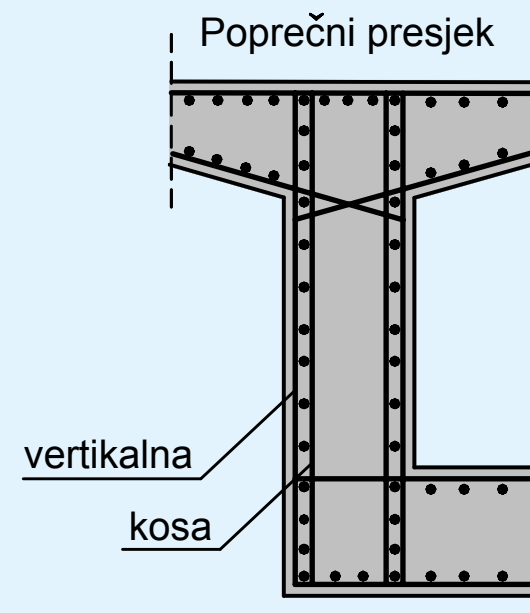
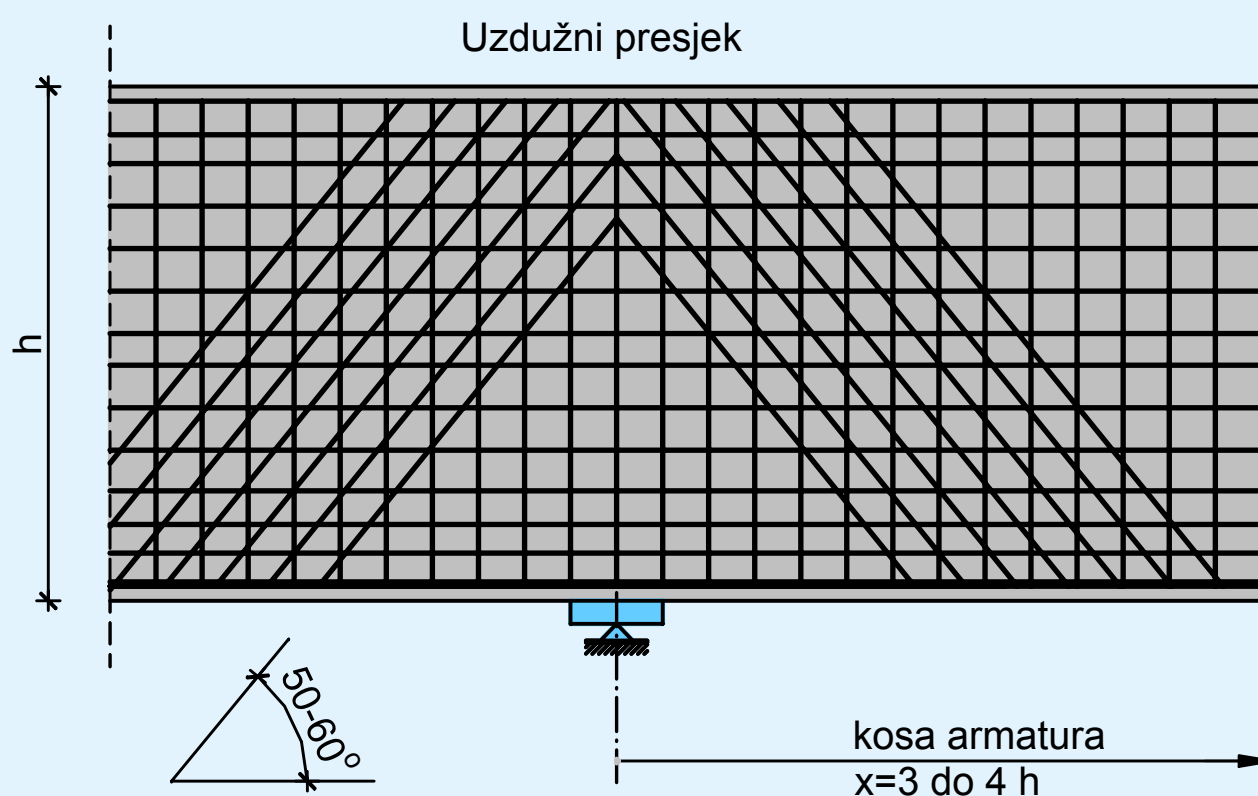
➤ PRAVILA

- Armatura donje ploče mora se preklapati s vilicama rebara u obliku petlje.
- U područjima s visokim uzdužnim tlačnim naponima gornji i donji red armature treba povezati s oko 9 vilica/m²
- Pri velikim torzijskim naprezanjima – kosa armatura



ARMIRANJE I PREDNAPINJANJE HRPTOVA

- za velika posmična naprezanja blizu oslonaca $\Rightarrow$ kose vilice u kombinaciji s uspravnim vilicama i uzdužnom armaturom
- profili vilica do 16 mm ($h < 3,0$ m), 20 mm ($h < 5,0$ m) $\Rightarrow$ s gornje strane vrlo često nisu na raspolaganju dovoljne duljine sidrenja
- gornja uzdužna – sudjelujuća širina, donja uzdužna – $0,2 h$, $\Phi \leq 28$ mm



POPREČNA UKRUĆENJA

➤ Poprečni nosači, dijafragme ili poprečni okviri izvode se u pravilu samo na ležajima. Uloga poprečnog nosača je da:

- spriječiti izobličenje poprečnog presjeka i
- preda momente torzije i poprečne sile na ležaje.

➤ Oslanjanje

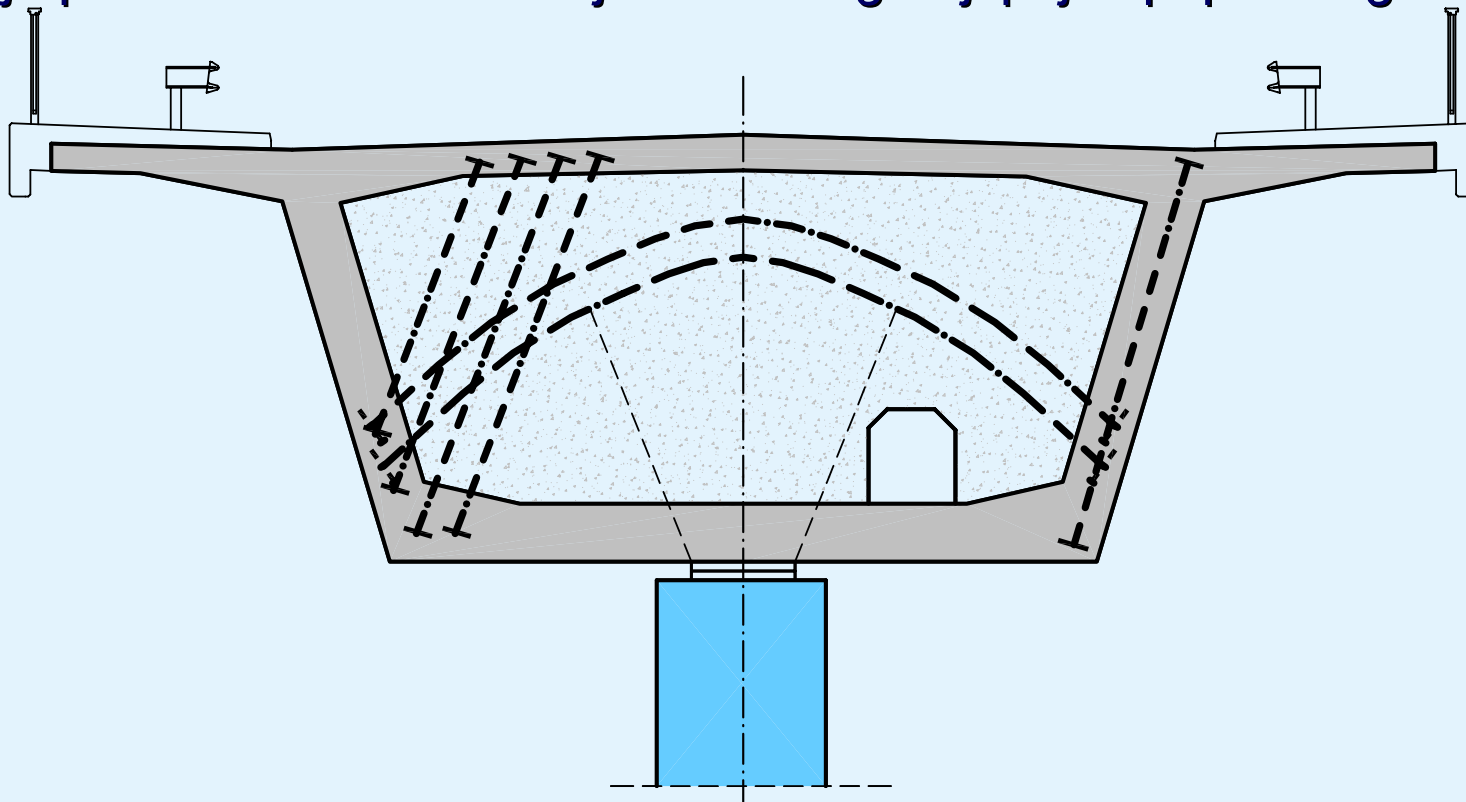
- direktno – debljina 30-50 cm
- indirektno – debljina 50-80cm

➤ Debeli elementi:

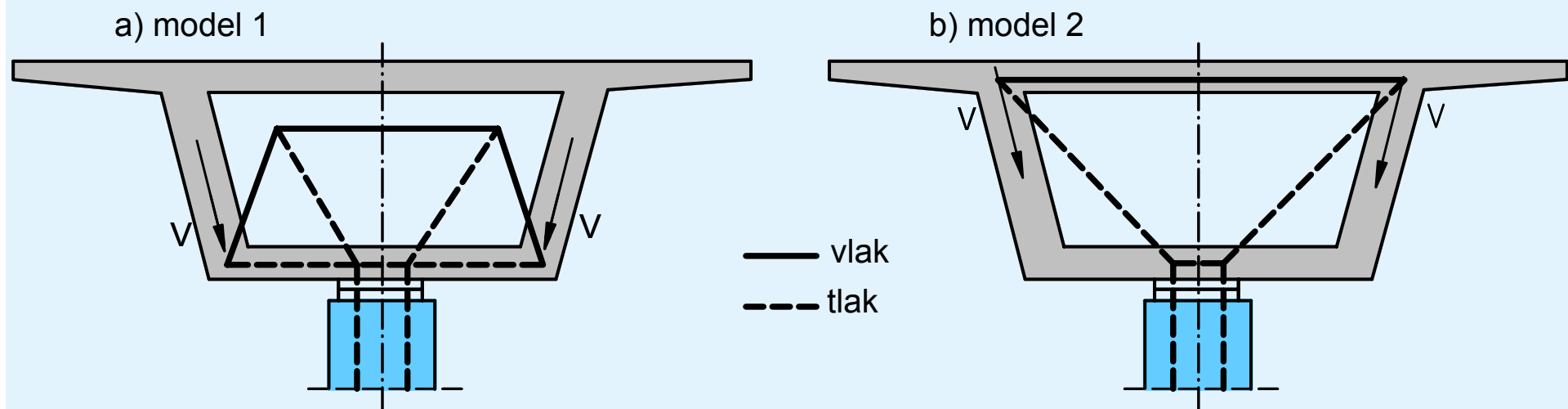
- donja ploča ($\text{širina/debljina} < 10$) $\Rightarrow$ dovoljno uz hrptove izvesti dva rebra
- hrptovi ($\text{visina/debljina} < 7$) i donja ploče, $\Rightarrow$ poprečni nosač može se potpuno izostaviti (krutost sanduka dovoljna)

POPREČNA UKRUĆENJA

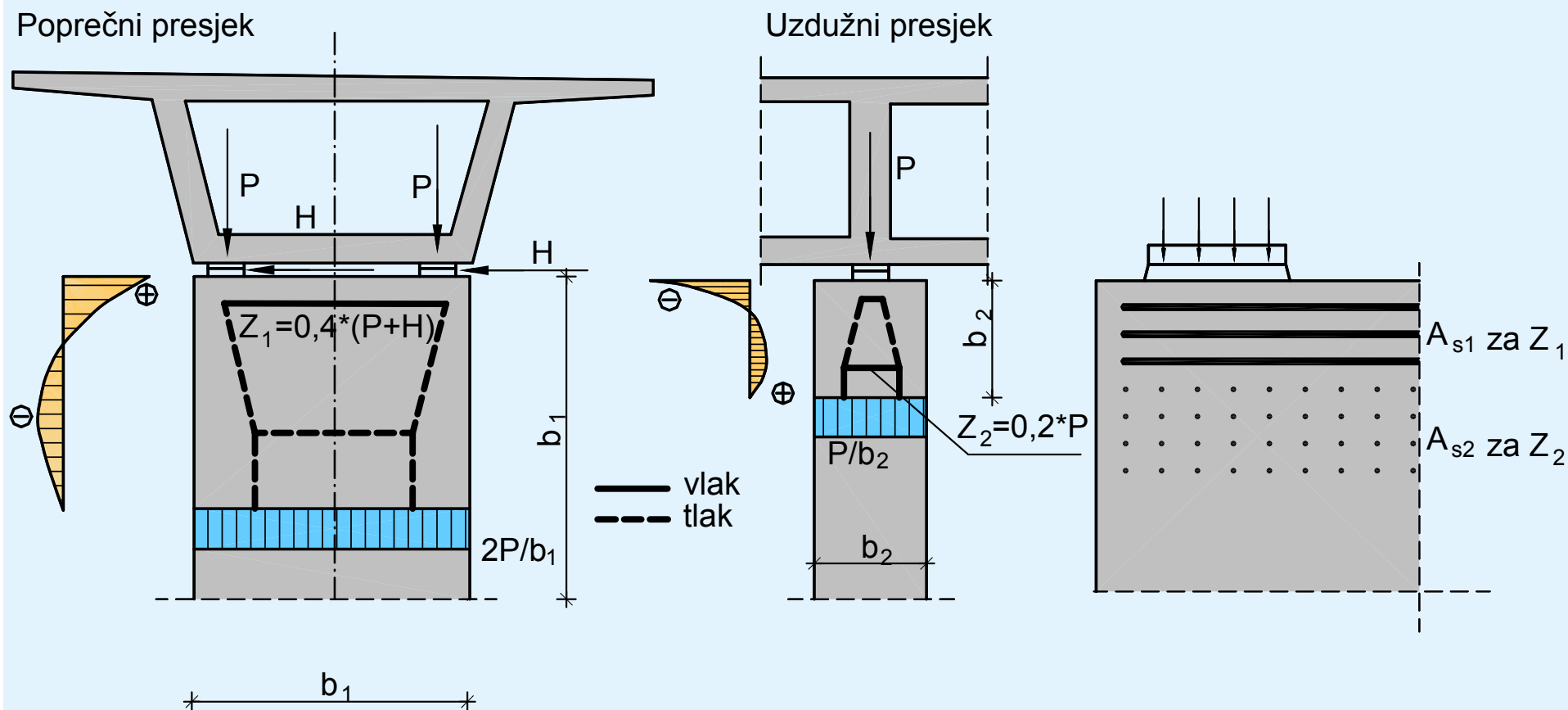
- Kod indirektnog oslanjanja jedan se dio prijenosa sila preuzima kabelima u poprečnom nosaču $\Rightarrow$ sidre se s vanjske strane hrptova nosača u blizini donjeg pojasa.
- Kako je prostor za sidrenje i smještaj kabela ograničen i uglavnom nedovoljan za potpuno prednapinjanje, može se 40% do 60% ležajne reakcije preuzeti armaturom obješenom o gornji pojas poprečnog nosača.



Rešetkasti modeli za lokalne statičke proračune



Velike reakcije na oslonce – prihvaćanje sila cijepanja



KAMAČNIK



ZEČEVE DRAGE



DUBROVNIK

