

5.4 REŠETKASTI NOSAČI

5.4.1 Uvod

Kao rezultat želje da se dobiju nosači uz minimalan utrošak materijala, nastali su rešetkasti nosači. Sa stanovišta utroška materijala, rešetkasti nosači su povoljniji od sačastih i punih nosača. Sastoje se od međusobno povezanih pojasnih štapova i štapova ispune (dijagonale i vertikale) koji formiraju trougaonu strukturu. Kako su štapovi rešetkastih nosača aksijalno napregnuti dijagram normalnih napona je konstantan, pa se može ostvariti bolje iskorišćenje napona nego kod punih nosača, kod kojih se, u oblasti elastičnog ponašanja, normalni naponi linearno menjaju po visini poprečnog preseka. Otuda proističe manji utrošak materijala kod rešetkastih u odnosu na ekvivalentne pune nosače. Osim toga, rešetkasti nosači propuštaju više svetlosti i omogućavaju nesmetano provođenje instalacija. Međutim, izrada rešetkastih nosača zahteva veći broj radnih operacija, pa je jedinična cena rešetkastih nosača viša od cene punih nosača.

Prijem momenta savijanja kod rešetkastih nosača ostvaruje se pomoću pojasnih štapova, a štapovi ispune prihvataju samo smičuće sile. Uglavnom se primenjuju za prijem teških opterećenja i premošćavanje većih raspona, jer su u tim slučajevima puni nosači teški i neracionalni.

U metalnim konstrukcijama rešetkasti nosači se veoma često koriste i to kako u zgradarstvu tako i u mostogradnji. Brojni su primeri primene rešetkastih nosača. U zgradarstvu se koriste kao: rožnjače, krovni nosači, podvlake, podni nosači, kranski nosači u industrijskim halama, spregovi itd.

Krovni nosači u rešetkastoj izradi primenjuju se u gotovo svim tipovima objekata, od industrijskih hala, preko objekata visokogradnje do sportskih i kongresnih dvorana i izložbenih paviljona. Izborom oblika rešetkaste strukture i poprečnih preseka štapova mogu se dobiti rešetkasti nosači veoma atraktivnog izgleda, tako da čelična konstrukcija postaje sastavni deo enterijera, a da ni na koji način ne narušava arhitektonsku celinu.

Rešetkasti podni nosači se primenjuju kada potreban slobodan prostor bez stubova diktira nosače većih raspona. Posebno su pogodni jer omogućavaju provođenje instalacionih cevi između štapova ispune, pa se na taj način izbegava povećanje visine međuspratne konstrukcije.

U mostogradnji se rešetkasti nosači koriste kao glavni nosači kod drumskih, železničkih i transportnih mostova u industrijskim objektima. Osim toga, kao i u zgradarstvu i u mostogradnji je veoma česta primena spregova za stabilizaciju, kojima se obezbeđuje prijem horizontalnih sila (vetar, seizmika,...) i prostorna stabilnost konstrukcije.

Na slici 4.153 prikazano je nekoliko karakterističnih rešetkastih nosača koji se primenjuju u zgradarstvu i mostogradnji. Jedna industrijska hale sa rešetkastim krovim nosačima i stubovima prikazana je na slici 4.153a. Krovni nosač karakterističan za objekte visokogradnje dat je na slici 4.153b. Primer međuspratne konstrukcije koju sačinjavaju rešetkasti podni nosači i podvlake prikazan je na slici 4.153c. Na slici 4.153d prikazana je konstrukcija železničkog mosta sa rešetkastim glavnim nosačima. Osim glavnih nosača, rešetkaste konstrukcije su i spregovi za prijem vetra i spreg za bočne udare. Na slici 4.153e prikazan je hangar sa rešetkastim krovim nosačima koji se oslanjaju na podvlaku sistema rešetkastog nosača. Primer vertikalnog sprega za ukrućenje jedne visoke zgrade prikazan je na slici 4.153f.

Na osnovu prikazanih primera može da se uoči raznolikost dimenzija, oblika i prostornog položaja rešetkastih nosača. Imajući u vidu ove, ali i druge razlike koje se, pre svega, odnose na konstrukcijsko oblikovanje, izvršena je podela rešetkastih nosača kako bi se omogućila izvesna sistematizacija. Podela rešetkastih nosača može da se izvrši na osnovu više kriterijuma:

- prema broju pojaseva,
- prema prostornom položaju,
- prema intenzitetu naprezanja,
- prema načinu oblikovanja čvorova.

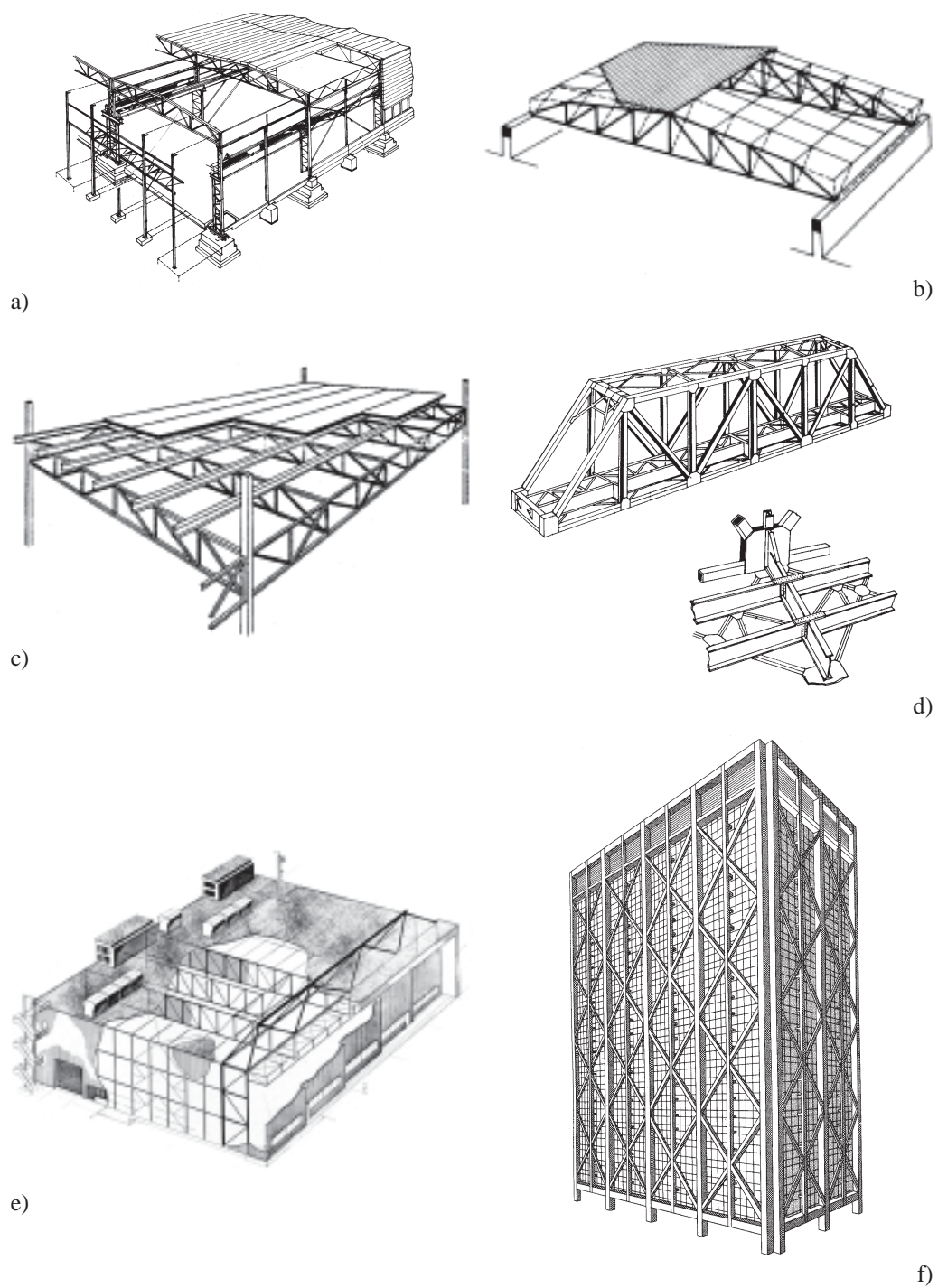
Prema broju pojaseva rešetkasti nosači se mogu podeliti na: dvopojasne i višepojasne.

Dvopojasni rešetkasti nosači (slika 4.154a) se sastoje, kao što sam naziv kaže, od dva pojasa (gornjeg i donjeg) koji su međusobno povezani štapovima ispune.

Višepojasni rešetkasti nosači imaju više od dva pojasa. Najčešće se primenjuju rešetkasti nosači sa tri (*tropojasni rešetkasti nosači*) ili četiri pojasa (*četvoropojasni rešetkasti nosači*), mada ima primera i sa više od četiri pojasa (npr. šest). Tropojasni rešetkasti nosači imaju trougaoni poprečni presek, što zapravo znači da je gornji ili donji pojas udvojen (slika 4.154b). Štapovi ispune se nalaze u dve kose ravni, a u ravni udvojenih pojasnih štapova obavezno se nalazi podužni spreg koji obezbeđuje prostornu stabilnost. Četvoropojasni rešetkasti nosači su uglavnom kvadratnog, rombičnog ili trapezastog poprečnog preseka (slika 4.154c). U zavisnosti od oblika poprečnog preseka štapovi ispune leže u dve ravni (kod kvadratnih i trapezastih preseka), odnosno četiri ravni (kod rombičnih preseka).

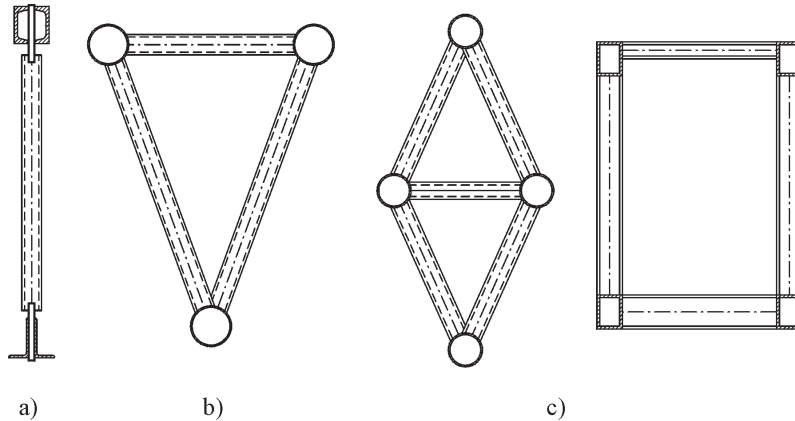
S obzirom na prostorni položaj rešetkasti nosači se mogu podeliti na: ravanske i prostorne.

Ravanski rešetkasti nosači (slika 4.155a) su nosači kod kojih sistemne linije svih štapova leže u jednoj ravni. Prema tome, ravanski rešetkasti nosači imaju dva pojasa, pa se takođe mogu svrstati u dvopojasne nosače.



Slika 4.153 - Primeri primene rešetkastih nosača

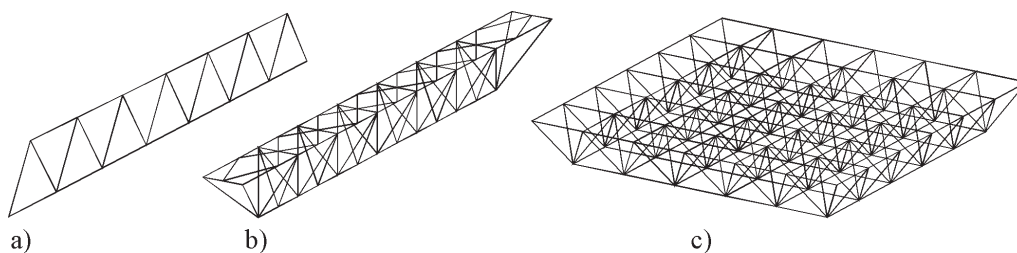
Prostorni rešetkasti nosači su nosači kod kojih sistemske linije štapova ne leže u jednoj ravni već formiraju prostornu strukturu. Sa statičkog stanovišta prostorni rešetkasti nosači se mogu podeliti na linijske i površinske nosače. *Linijski prostorni rešetkasti nosači* (slika 4.155b) imaju jasno izražen pravac pružanja, odnosno jednu dimenziju (dužinu) koja je dominantna u odnosu na druge dve (širinu i visinu poprečnog preseka).



Slika 4.154 - Podela rešetkastih nosača prema broju pojaseva

Površinski prostorni rešetkasti nosači (slika 4.155c) predstavljaju diskretizaciju ploča, odnosno ljuski i u globalnom smislu ponašaju se slično površinskim nosačima. Kao i kod "punih" površinskih nosača i kod rešetkastih površinskih nosača dve dimenzije su dominantne u odnosu na treću - visinu rešetkastog nosača. Momenti savijanja, koji se kod ploča javljaju u dva pravca, prihvataju se mrežom aksijalno napregnutih pojasnih štapova, dok se smičuće sile i kod ovakvih nosača prihvataju štapovima ispune. Osnovne "čelije" mreže prostornih rešetkastih nosača uglavnom su tetraedar i oktaedar, čijim se višestrukim ponavljanjem obrazuje prostorna struktura.

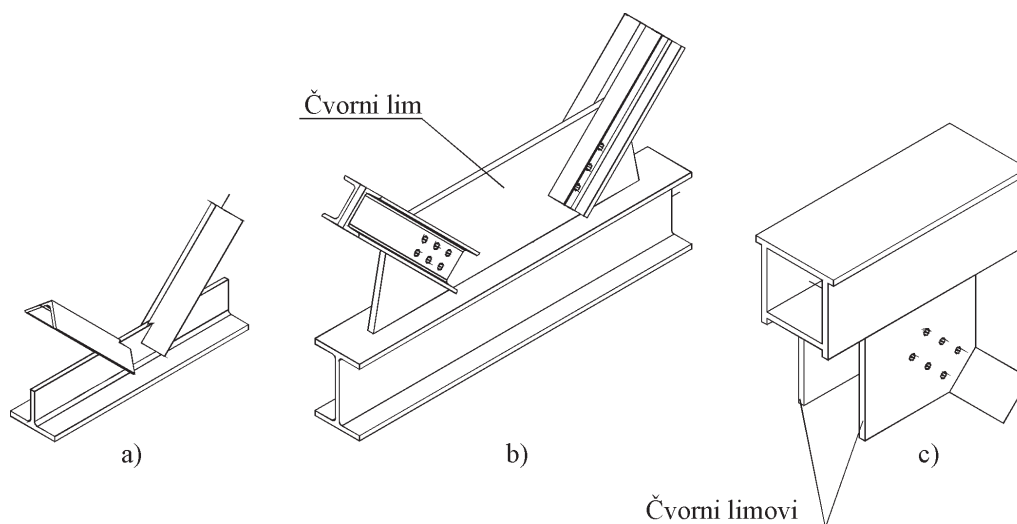
Prema intenzitetu opterećenja rešetkasti nosači se dele na: lake, srednje teške i teške.



Slika 4.155 - Podela rešetkastih nosača prema prostornom položaju

Laki rešetkasti nosači (slika 4.156a) se koriste uglavnom u zgradarstvu, kada su opterećenja mirna i umerenog intenziteta. Izrađuju se najčešće od valjanih L, T, U i eventualno I profila ili hladno oblikovanih profila otvorenog i zatvorenog poprečnog preseka.

Srednje teški rešetkasti nosači (slika 4.156b) se primenjuju za veće raspone i opterećenja značajnog intenziteta, i to uglavnom kao krovni i podni nosači, ili kao kranski nosači u industrijskim objektima. Kao štapovi ovakvih rešetkastih nosača koriste se pretežno teški valjani profili (U, I, IPE, HEA, HEB...) jednodelnog ili višedelnog preseka.



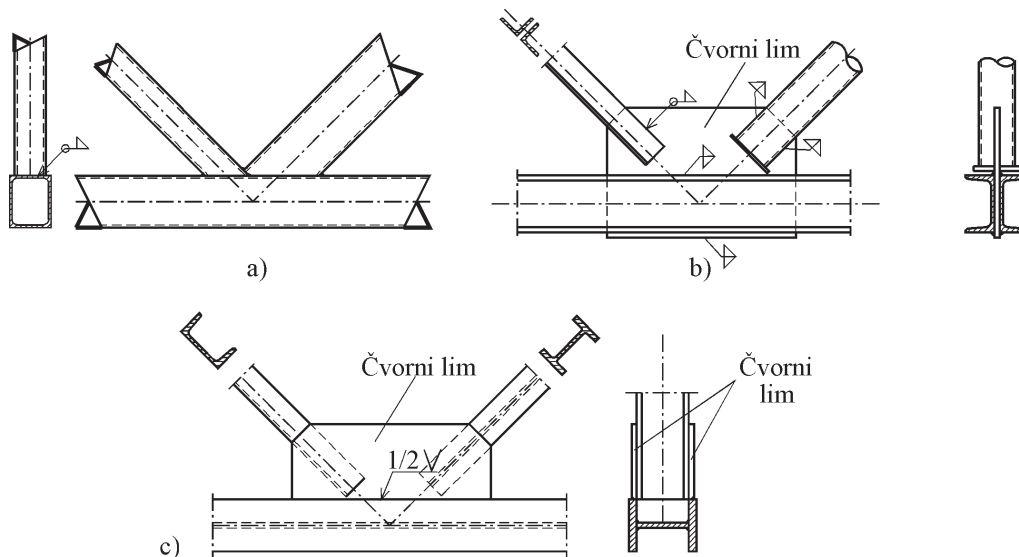
Slika 4.156 - Podela rešetkastih nosača prema intenzitetu naprezanja

Teški rešetkasti nosači (slika 4.156c) se po pravilu primenjuju kod izuzetno velikih raspona i opterećenja. Najčešće je to slučaj sa glavnim mostovskim nosačima, koji se izvede kao rešetkasti nosači za raspone od 30 do 100 m. Takođe se primenjuju i kao krovni nosači izuzetno velikih raspona, kakvi se često sreću kod sportskih i kongresnih dvorana, izložbenih hala, stadiona itd. Štapovi teških rešetkastih nosača se uglavnom izvede u zavarenoj izradi i to sandučastih, šesirastih ili I poprečnih preseka.

Prema načinu oblikovanja čvorova, odnosno prema ostvarivanju veze između pojasnih štapova i štapova ispune, rešetkasti nosači se dele na: rešetkaste nosače bez čvornog lima i rešetkaste nosače sa čvornim limom.

Rešetkasti nosači bez čvornog lima su nosači kod kojih se veza u čvoru ostvaruje direktnim vezivanjem štapova ispune za pojasne štapove, bilo zavrtnejevima ili zavarivanjem. Bez čvornog lima se najčešće izrađuju laki rešetkasti nosači, ali se takođe mogu konstruisati i srednje teški nosači od hladno oblikovanih profila zatvorenog (kružnog ili kvadratnog) poprečnog preseka (slika 4.157a).

Rešetkasti nosači sa čvornim limom su nosači kod kojih se štapovi ispune za pojasne štapove priključuju pomoću posebnih, dodatnih limova, koji se nazivaju čvorni limovi. Rešetkasti nosači kod kojih se za priključak koristi jedan čvorni lim nazivaju se *jednozidni rešetkasti nosači* i primenjuju se za lake i srednje teške nosače u zgradarstvu (slika 4.157b). Kada se veza ostvaruje preko dva čvorna lima koji leže u dve paralelne ravni, takvi rešetkasti nosači se nazivaju *dvozidni rešetkasti nosači* (slika 4.157c).



Slika 4.157 - Podela rešetkastih nosača prema načinu oblikovanja čvornog lima

5.4.2 Osnovna pravila za konstruisanje rešetkastih nosača

Pri projektovanju rešetkastih nosača, odnosno prilikom definisanja mreže štapova rešetkaste strukture, treba poštovati sledeća pravila:

1. *Spoljašnje opterećenje treba da se unosi u rešetkasti nosač po pravilu u čvorovima.* Na taj način se izbegava lokalno savijanje pojasnih štapova, pa su svi štapovi izloženi samo dejstvu aksijalnih sila. Međutim, kod nekih tipova rešetkastih nosača, kao što su na primer rožnjače, podni i kranski nosači, ovo pravilo ne može da se ispoštuje. Opterećenje se kod ovih nosača ne unosi posredno, preko čvorova, već direktno savijanjem pojasnih štapova, pa su usled ovog lokalnog savijanja pojasni štapovi uzloženi istovremenom dejstvu aksijalne sile i momenta savijanja. Stoga, u ovakvim slučajevima, pojasne štapove preko kojih se direktno unosi opterećenje treba dimenzionisati prema pravilima za ekscentrično pritisnute, odnosno zategnute elemente, zavisno od znaka aksijalne sile.

2. *Dužina pritisnutih štapova treba da bude što manja.* Na ovaj način se povećava otpornost pritisnutih štapova na izvijanje, jer je, kao što je poznato, kritična sila elastičnog izvijanja obrnuto proporcionalna kvadratu dužine. Smanjenje dužine pritisnutog pojasa može da se ostvari progušćavanjem mreže rešetkastog nosača, odnosno umetanjem vertikalna i obrazovanjem novih čvorova.

3. *Uglovi pod kojima se susiće štapovi rešetkastih nosača treba da budu veći od 30° .* U suprotnom, da bi se ostvarile veze, bilo u zavarenoj izradi ili pomoću zavrtnjeva, neophodni su dugački i nepravilni čvorni limovi, a same veze su teško pristupačne i dugačke. Kod rešetkastih nosača sa prostom dijagonalnom ispunom najpovoljnije je da dijagonale sa pojasnim štapovima zaklapaju ugao od 60° . U slučaju rešetkastih nosača sa vertikalama i dijagonalama, ugao od 45° predstavlja optimalno rešenje.

4. *Štapovi rešetkastih nosača treba da budu pravi između čvorova.* Krive ili kolenaste štapove treba izbegavati jer se kod njih, zbog odstupanja od zamišljene prave linije koja spaja susedne čvorove, javljaju lokalni momenti savijanja.

5. *Montažne nastavke pojasnih štapova treba predvideti neposredno uz čvorove, sa strane manje napretnog štapa.* Na ovaj način montažni nastavci su oslobođeni eventualnih sekundarnih uticaja od izvijanja štapova i opterećeni su manjim silama, pa se postiže ušteda na spojnim sredstvima. Postavljanje montažnog nastavka tačno na mestu preseka sistemnih linija štapova znatno komplikuje i poskupljuje njegovu izradu.

6. *Pojasni štapovi treba da budu pravi u okviru jednog montažnog komada.* Na ovaj način se izbegavaju relativno skupi radionički nastavci. Ukoliko je pak neophodna promena pravca u okviru jednog montažnog segmenta, ona treba da se ostvari u čvoru kako bi štapovi ispunili prihvatili skretne sile.

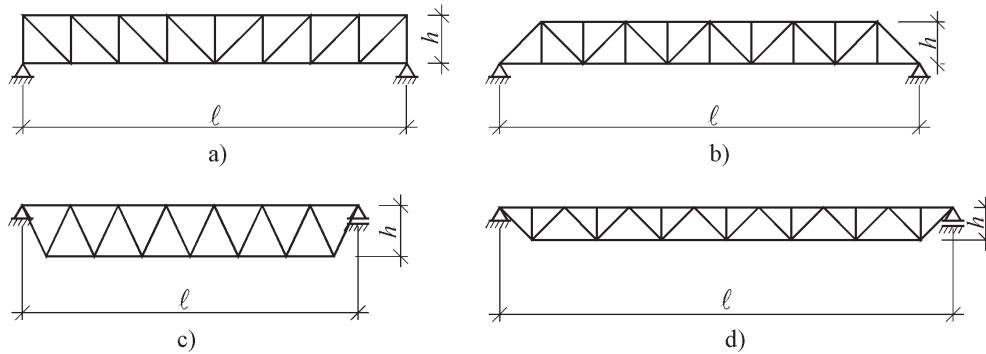
5.4.3 Oblici i dimenzije rešetkastih nosača

Za rešetkaste nosače se, uglavnom, koriste isti statički sistemi kao i kod punih nosača. Dakle, najčešće se primenjuju proste grede, kontinualni nosači, konzole i lučni nosači, a ređe Gerberovi nosači, čija je značajnija upotreba vezana za početnu fazu razvoja čeličnih konstrukcija. U zavisnosti od statičkog sistema, funkcije nosača, tipa konstrukcije i intenziteta opterećenja, rešetkasti nosači imaju različite oblike i dimenzije. Njihov oblik definisan je geometrijom pojasnih štapova, odnosno spoljašnjom konturom nosača.

Rešetkasti nosači sa paralelnim pojasevima mogu da budu pravougaonog (slika 4.158a) ili trapezastog oblika (slika 4.158b), ukoliko su izostavljene oslonačke vertikale. U visokogradnji se najčešće primenjuju kao rožnjače, podni nosači, podvlake, spregovi i kranski nosači, a u mostogradnji kao glavni nosači i spregovi. Racionalna visina rešetkastih nosača sa paralelnim pojasevima kreće se u opsegu od $\ell/10$ do $\ell/15$ za lake nosače kao što su rožnjače, odnosno od $\ell/7$ do $\ell/9$ za teške nosače (npr. glavni mostovski nosači), gde je ℓ raspon nosača. Navedene vrednosti odnose se na rešetkaste nosače statičkog sistema proste grede, dok se za kontinualne nosače mogu usvojiti nešto manje visine, pa se tako na primer kod mostovskih nosača visina kreće od $\ell/9$ do $\ell/12$. Rasponi rešetkastih nosača sa paralelnim pojasevima variraju od minimalnih, koji se kreću od 10 do 18 m za rožnjače i podne nosače, do maksimalnih, koji u pojedinim slučajevima premašuju 100 m (npr. mostovski nosači).

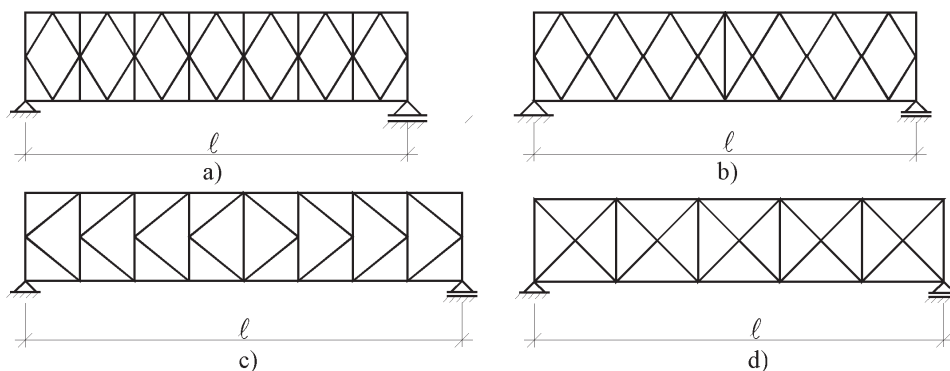
Dispozicija štapova ispunje zavisi od niza faktora kao što su: raspon nosača, visina nosača, položaj i karakter opterećenja itd. Kada spoljašnje opterećenje ne menja smer delovanja, kao što je slučaj sa vertikalnim gravitacionim opterećenjem, odnosno ako nema alternativnog naprezanja, dijagonale rešetkastih nosača sa paralelnim pojasevima treba da padaju prema sredini, simetrično sa obe strane (slika 4.158a). Na taj način su sve dijagonale zategnute što je veoma racionalno sa stanovišta utroška materijala, jer pritisnuti štapovi zbog izvijanja zahtevaju znatno robusnije poprečne preseke. Međutim, najracionalnija je primena proste rešetkaste ispunje, koja je sastavljena isključivo od dijagonala (slika 4.158c). Iako je u ovom slučaju svaka druga dijagonala pritisnuta ukupna težina rešetkastog nosača je manja jer su izostavljane vertikale. Rešetkastim nosačima sa prostom trougaonom ispunom često se dodaju vertikale (slika 4.158d), kako bi se smanjila dužina izvijanja pritisnutog pojasa u ravni rešetkastog nosača i omogućilo uvođenje opterećenja preko gušće mreže čvorova.

$$h \in (\ell/7 - \ell/15)$$



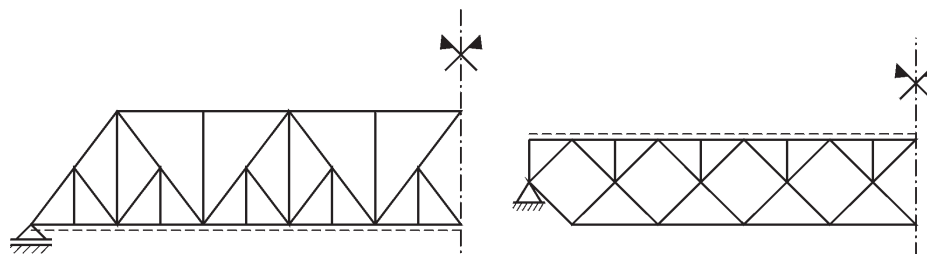
Slika 4.158 - Rešetkasti nosači sa paralelnim pojasevima

Rešetkasta ukrućenja - spregovi se gotovo isključivo izvode kao nosači sa paralelnim pojasevima. Najčešće se kao spregovi koriste rešetkasti nosači sa rombičnom ispunom, K-ispunom ili sa ukrštenim dijagonalama. Rombična ispuna (slika 4.159a) se najčešće primenjuje za spregove za prijem vetra kod mostovskih nosača. Ovakav oblik ispune je posebno povoljan, jer obezbeđuje pridržavanje pritisnutih štapova u sredinama raspona, pa je na taj način dužina izvijanja pritisnutog pojasa jednaka polovini dužine štapa. Kod spregova sa rombičnom ispunom mogu da se izostave vertikale, izuzev jedne, obično srednje, koja obezbeđuje stabilnu trougao- nu strukturu (slika 4.159b). Spregovi sa K-ispunom (slika 4.159c) imaju kratke štapove ispune, što je veoma bitno sa stanovišta otpornosti na izvijanje, jer omogućava primenu relativno malih poprečnih preseka sastavljenih od jednog ili dva L-profila. Primenjuju se podjednako efikasno i u zgradarstvu i u mostogradnji. Spregovi sa ukrštenim dijagonalama (slika 4.159d) se primenju- ju kod pretežno mirnog opterećenja. Dijagonale se kod ovakvih spregova dimenzionišu kao za- tegnuti štapovi, jer se smatra da se izuzetno vitke pritisnute dijagonale izvijaju pri vrlo malim silama i ne mogu učestvovati u daljem prenošenju opterećenja. Primena ukrštenih dijagonala je pogodna kada je spreg izložen alternativnom opterećenju, pa se ovakvi spregovi nazivaju i al- ternativni spregovi.



Slika 4.159 - Oblici ispune kod rešetkastih ukrućenja - spregova

Kod mostovskih nosača izuzetno velikih raspona primenjuju se rešetkasti nosači sa sekundarnom ispunom (slika 4.160).



Slika 4.160 - Rešetkasti nosači sa paralelnim pojasevima i sekundarnom ispunom

Rešetkasti nosači sa gornjim pojansom u nagibu primenjuju se isključivo u zgradarstvu kao krovni nosači. Po obliku se mogu podeliti na trougaone i poligonalne.

Trougaoni rešetkasti nosači (slika 4.161) se primenjuju kod strmih krovova sa nagibom od 20-45%. Visine trougaonih rešetkastih nosača su nešto veće i kreću se od četvrtine do šestine raspona ($\ell/6 \leq h \leq \ell/4$). Ovako velika visina u sredini nosača je neophodna kako bi se izbegli oštri uglovi (manji od 30°) između štapova. Za razliku od nosača sa paralelnim pojasevima, kod trougaonih rešetkastih nosača dijagonale su zategnute kada padaju od sredina nosača ka krajevima (slika 4.161b). Maksimalan raspon trougaonih rešetkastih nosača (slika 4.161a,b) uslovljen je transportom. Imajući u vidu da je maksimalna visina gabarita za normalan železnički transport 2,9 m, lako se može uočiti da je primena trougaonih rešetkastih nosača ograničena na raspane do 15 m.

Međutim, trougaoni rešetkasti nosači mogu da se koriste i za veće raspane (do 36 m), ako se štapovi ispune oblikuju tako da se nosač može podeliti na montažne sekcije koje se uklapaju u pomenute transportne gabarite (slika 4.161c,d).

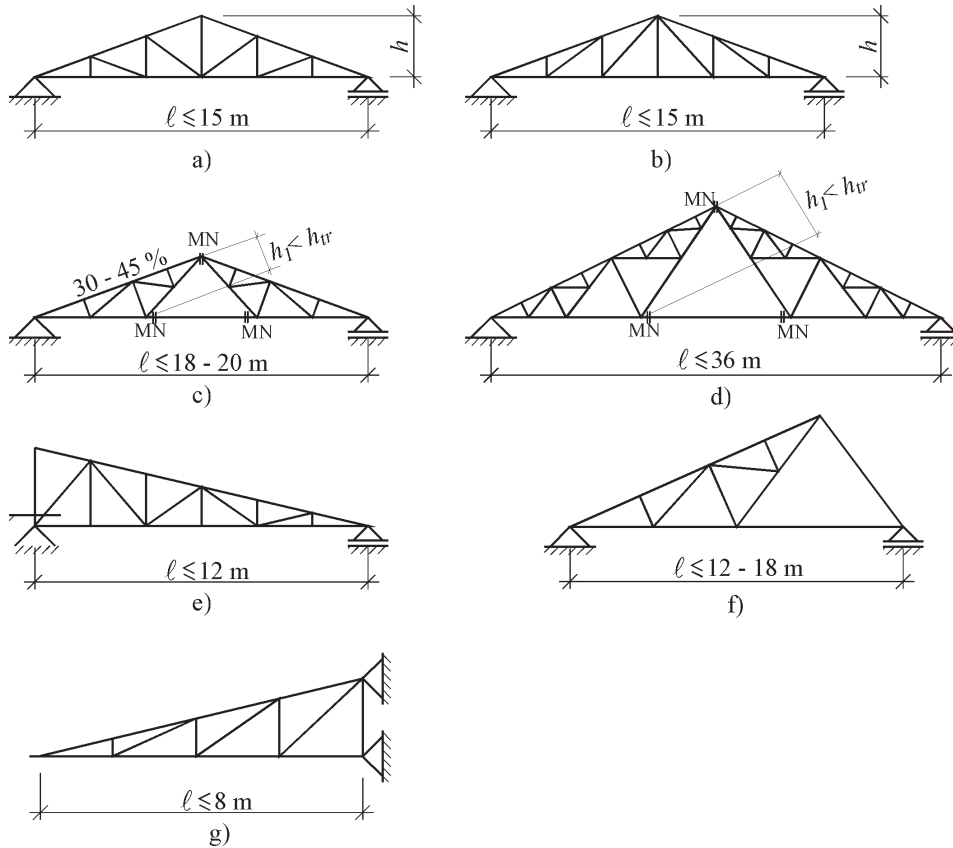
Nesimetrični trougaoni rešetkasti nosači koriste se kao krovni nosači kod krovova na jednu vodu, (slika 4.161e), zatim kod "šed"-krovova u industrijskim objektima (slika 4.161g), ali i kao nadstrešnice konzolnog statičkog sistema (slika 4.161f).

Poligonalni rešetkasti nosači (slika 4.162) se, za razliku od trougaonih, uglavnom primenjuju kod krovnih nosača sa blagim nagibom (2-12%). Najčešće se koriste kao krovni nosači većih raspona (od 18 do 36 m), i to kako u industrijskim objektima tako i u objektima visokogradnje. Visina ovakvih nosača kreće se u granicama od $\ell/10$ do $\ell/14$, zavise od intenziteta opterećenja.

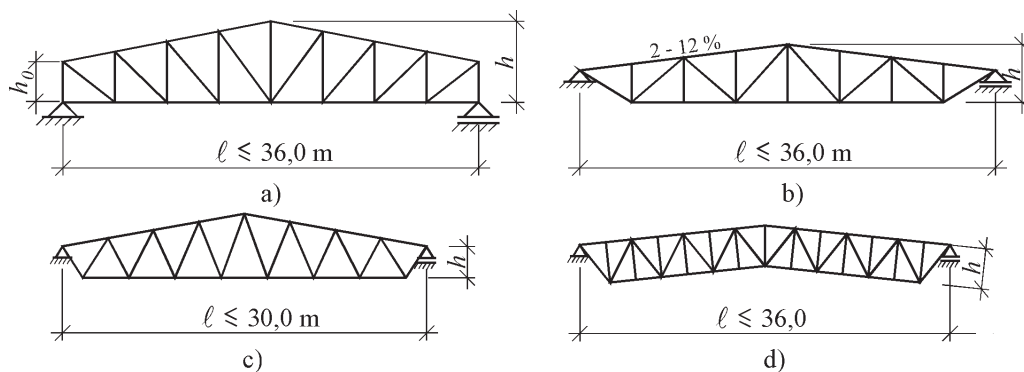
Izostavljanjem oslončkih vertikalna i podizanjem oslanaca do nivoa gornjeg pojasa (slika 4.162b), obezbeđuje se stabilnost nosača na preturanje. Naime, težište rešetkastog nosača se u tom slučaju nalazi ispod zamišljene linije koja spaja oslonce, pa se ona nalazi u stanju stabilne ravnoteže. Zbog toga se ovakvi rešetkasti nosači nazivaju *autostabilni nosači*. Primenom autostabilnih rešetkastih nosača se znatno pojednostavljuje postupak montaže i izbegava postavljanje vertikalnih krovnih spregova. Ovi spregovi su neophodni kod rešetkastih nosača koji nisu autostabilni (slika 4.162a), jer obezbeđuju stabilnost nosača na preturanje.

Kao i kod rešetkastih nosača sa paralelnim pojasevima dijagonale su zategnute ako su nagnute ka sredini (slika 4.162a). Zbog izostavljanja vertikalna kod rešetkastih nosača sa prostom dijagonalnom ispunom (slika 4.162c) smanjuje se ukupna težina štapova, ali se povećava dužina pojasnih štapova što rezultuje robusnijim poprečnim preseccima pritisku-

tih štapova. Osim toga, zbog velikog rastojanja između čvorova, ovakvi nosači se ne preporučuju kada se opterećenje unosi direktno duž čitavog pojasa.



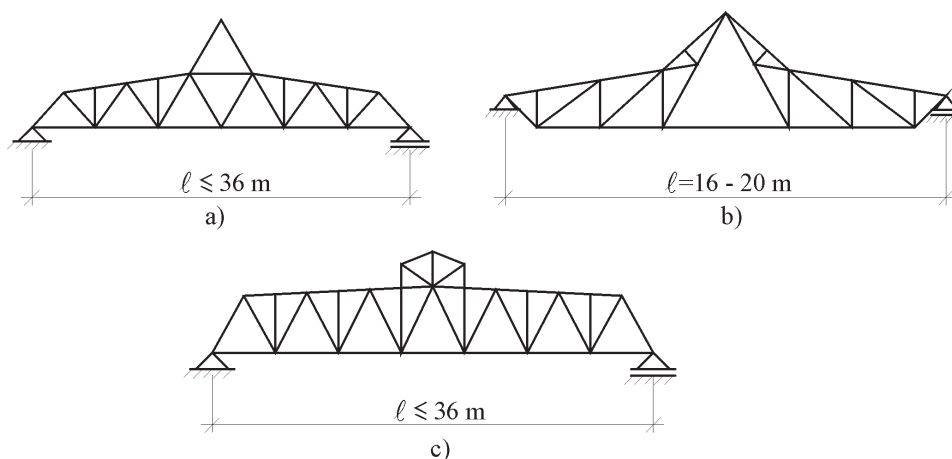
Slika 4.161 - Trougaoni rešetkasti nosači



Slika 4.162 - Poligonalni rešetkasti nosači

Kod lakih krovnih pokrivača, usled "sišućeg" dejstva vetra, može da dođe do alternativnog napreznjanja, koje prouzrokuje pritisak u štapovima donjeg pojasa. U tom slučaju neophodno je mestimično bočno pridržavanje donjeg pojasa. Bočno pridržavanje donjeg pojasa krovnih nosača često se obezbeđuje primenom rožnjača sa kosnicima. U tom slučaju, da bi se omogućilo vezivanje kosnika, vertikale rešetkastih krovnih nosača treba da leže u istoj ravni kao i rožnjače, odnosno da sa štapovima gornjeg pojasa zaklapaju ugao od 90° , jer su rožnjače uglavnom upravne na krovnu ravan. Osim toga pri oblikovanju krovnih nosača preko kojih se postavljaju rožnjače sa kosnicima, poželjno je da i donji pojas bude u nagibu (slika 4.162d), kako bi svi kosnici imali istu dužinu.

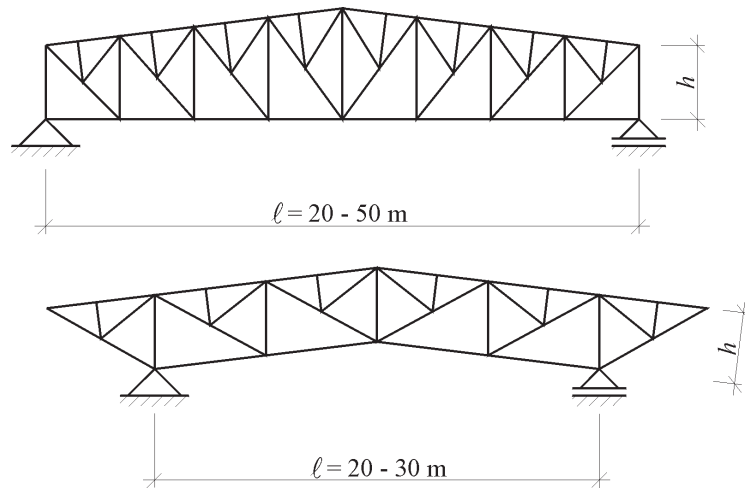
Jedan od načina za obezbeđenje prirodnog osvetljenja u halama je primena svetlarnika. Svetlarnik može da bude izveden kao zasebna konstrukcija, koja leži na glavnom krovnom nosaču i omogućava postavljanje svetlih površina. Međutim, posebnim oblikovanjem rešetkastih krovnih nosača može se postići da oni istovremeno predstavljaju i noseću konstrukciju svetlarnika. Na slici 4.163 je prikazano nekoliko karakterističnih primera krovnih nosača kod krovova sa svetlarnicima.



Slika 4.163 - Rešetkasti nosači kod krovova sa svetlarnikom

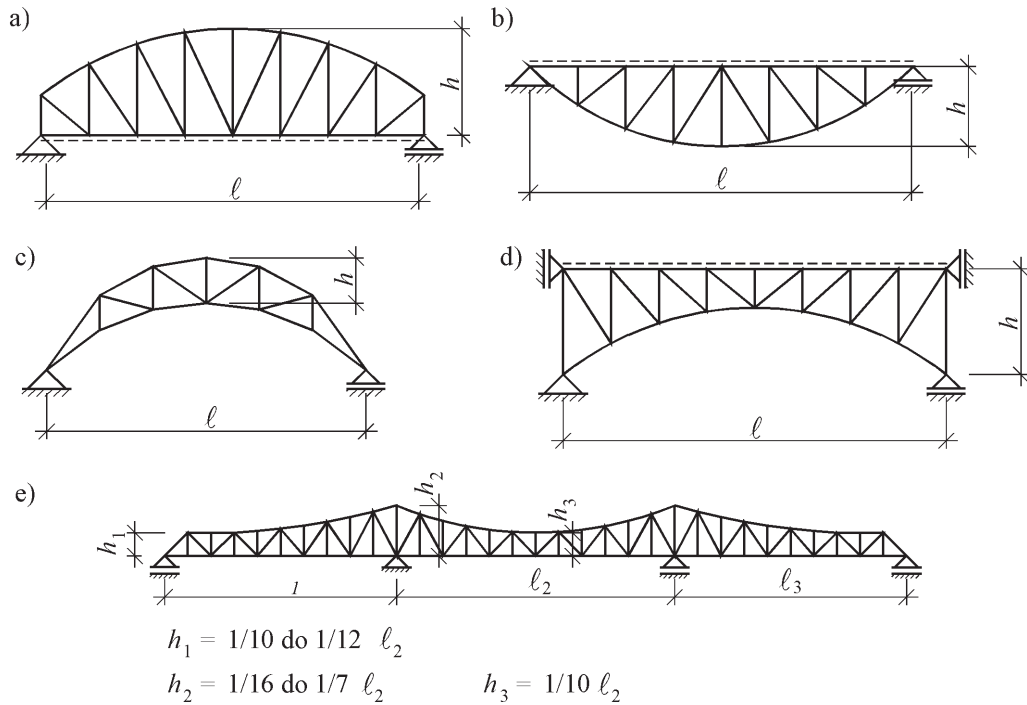
Za krovne nosače većih raspona koriste se poligonalni rešetkasti nosači sa sekundarnom ispunom. Sekundarna ispunu postavlja se kako bi se obezbedila gušća mreža čvorova na gornjem pritisnutom pojasu. Neki primeri rešetkastih nosača sa sekundarnom ispunom prikazani su na slici 4.164.

Parabolični rešetkasti nosači (slika 4.165) su nosači kod kojih čvorovi bar jednog pojasa obrazuju parabolu. Pojasevi paraboličnih nosača su uglavnom poligonalni, jer primena krivih štapova prouzrokuje sekundarne uticaje savijanja. Najčešće je samo jedan pojas paraboličan (slika 4.165a,b,d,e), ali ima rešenja i sa oba parabolična pojasa (slika 4.165c). Ovakvi rešetkasti nosači su pogodni, jer njihov oblik može da se prilagodi dijagramu momenata savijanja. Primenuju se u mostogradnji kao glavni mostovski nosači sa saobraćajem na gornjem (slika 4.165b,d) i donjem pojasu (slika 4.165a,e) i kao krovni nosači kod paraboličnih (lučnih) krovova. Što se tiče statičkih sistema, najčešće se izvode kao proste grede (slika 4.165a-c), kontinualni nosači (slika 4.165e), uklještene grede (slika 4.165d) i lučni nosači.



Slika 4.164 - Krovni nosači sa sekundarnom ispunom

Lučni nosači su po pravilu paraboličnog oblika, dok ređe njihovi čvorovi leže na delu kružnog luka.

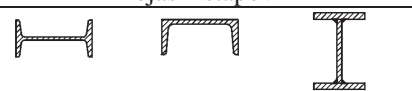
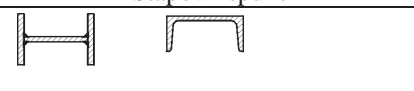

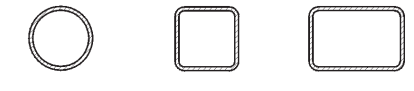
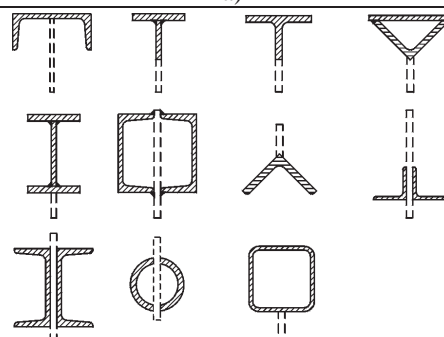
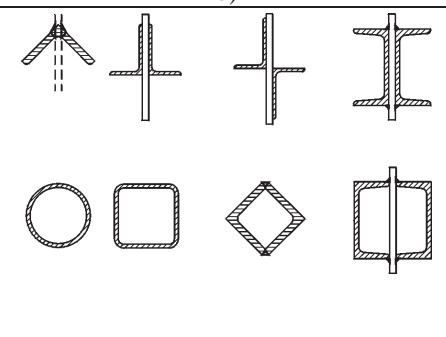
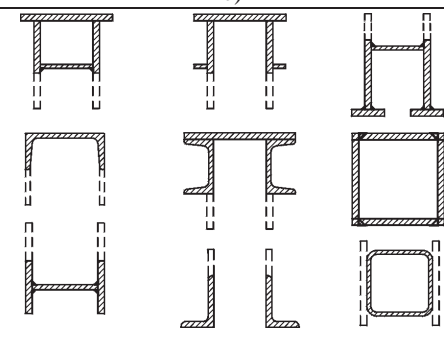
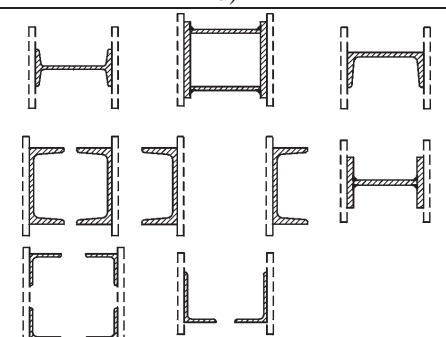

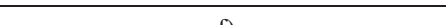


Slika 4.165 - Parabolični rešetkasti nosači

5.4.4 Oblici poprečnih preseka rešetkastih nosača

Kao štapovi rešetkastih nosača koriste se svi standardni valjani profili, kako otvorenog tako i zatvorenog poprečnog preseka kao i poprečni preseci obrazovani zavarivanjem. Izbor poprečnog preseka zavisi od intenziteta naprezanja, načina konstrukcijskog oblikovanja veza u čvorovima, položaja štapa u konstrukciji (pojasni ili štap ispune) i predviđene funkcije rešetkastog nosača. Valjani profili se primenjuju kao samostalni, jednodelni štapovi ili kao sastavni elementi višedelnih poprečnih preseka. Oblici poprečnih preseka koji se najčešće primenjuju prikazani su u okviru tabele 4.37.

Tabela 4.37 - Oblici poprečnih preseka štapova rešetkastih nosača

	Pojasni štapovi	Štapovi ispune
Rešetkasti nosači bez čvornog lima		
		
Jednodelni rešetkasti nosači		
		
Dvozidni rešetkasti nosači		
	a)	b)
	c)	d)
	e)	f)

Kao pojasni štapovi kod rešetkastih nosača bez čvornog lima (tabela 4.37a) se primenjuju valjani L, U i I (I, IPE, HEA, HEB i HEM) profili, šuplji profili kružnog, kvadratnog i pravougaonog poprečnog preseka i I-profili obrazovani zavarivanjem. Takođe se koriste i 1/2I-profili dobijeni sečenjem standardnih I-profila. Kod ovakvih poprečnih preseka štapovi ispune se vezuju preko rebra koje ima ulogu čvornog lima.

Štapovi ispune kod rešetkastih nosača bez čvornog lima (tabela 4.37b) se direktno, zavarivanjem, vezuju za pojasne štapove. Primena mehaničkih spojnih sredstava je moguća samo kada pojasni štapovi imaju oblik T-preseka čije rebro ima dovoljnu visinu za pravilno postavljanje zavrtnjeva. Osim standardnih valjanih proizvoda i I-poprečnog preseka obrazovanih zavarivanjem, kod lakih rešetkastih nosača se za štapove ispune mogu koristiti i pljošti i okrugli čelik (npr. kod "R" - rožnjača).

Izbor oblika poprečnih preseka pojasnih štapova i štapova ispune ne može da se vrši nezavisno. Prilikom izbora preseka štapova, kod rešetkastih nosača bez čvornog lima, treba izbegavati kombinacije pojasnih štapova i štapova ispune čije je direktno vezivanje konstrukcijski nepovoljno ili nemoguće.

Posebno su atraktivni rešetkasti nosači kod kojih su i pojasni štapovi i štapovi ispune izrađeni od šupljih profila povezanih direktnim zavarivanjem. Primenjuju se uglavnom u zgradarstvu kao krovni nosači, i to u vidu dvopojasnih, ili češće, tropojasnih i četvoropojasnih rešetkastih nosača.

Kod jednozidnih rešetkastih nosača veza štapova ispune za pojasne štapove se ostvaruje indirektno, preko čvornog lima. Kao pojasni štapovi (tabela 4.37c) koriste se standardni valjani proizvodi, jednodelnog ili višedelnog poprečnog preseka i profili obrazovani zavarivanjem. Čvorni lim se za pojasne štapove vezuje zavarivanjem ili, ređe, zavrtnjevima. Štapovi ispune (tabela 4.37d) su, uglavnom, valjani L i U-profili i šuplji preseki kružnog i kvadratnog poprečnog preseka. Dvodelni štapovi se najčešće izrađuju od L i U-profila. Za zategnute štapove se primenjuju "leđima" okrenuti L ili U-profili, dok su za pritisnute štapove, zbog veće otpornosti na izvijanje, povoljniji unakrsno postavljeni L-profili. Zbog izjednačene otpornosti na izvijanje oko obe glavne ose inercije, sandučasti preseki dobijeni zavarivanjem dva L ili U-profila, su posebno povoljni za pritisnute štapove. Veze štapova ispune za čvorni lim se ostvaruju zavarivanjem ili pomoću zavrtnjeva.

Čvorni limovi se, kod dvoizidnih rešetkastih nosača, postavljaju u dve paralelne ravni, što omogućava postavljanje većeg broja šavova, odnosno zavrtnjeva za vezu štapova ispune. Na ovaj način mogu da se prenesu značajne aksijalne sile, koje se javljaju kod štapova ispune teških rešetkastih nosača. Kod ovakvih nosača se veza čvornog lima sa pojasnim štapovima, po pravilu, ostvaruje zavarivanjem.

Pojasni štapovi dvoizidnih rešetkastih nosača (tabela 4.37e) se izrađuju od valjanih U, I i L-profila jednodelnog i dvodelnog poprečnog preseka i sandučastih, šesirastih i I-profila obrazovanih zavarivanjem. Kod mostovskih rešetkastih nosača se, po pravilu, primenjuju zavareni sandučasti i šesirasti poprečni preseki i dvodelni poprečni preseki obrazovani od dva U-profila sa ili bez ojačanja. U zgradarstvu, zbog manjih naprezanja, pojasni štapovi se izrađuju od šupljih kvadratnih i pravougaonih poprečnih preseka, kao i valjanih U i I-profila. Zategnuti pojasni štapovi mogu da se formiraju i od dva raznokraka L-profila.

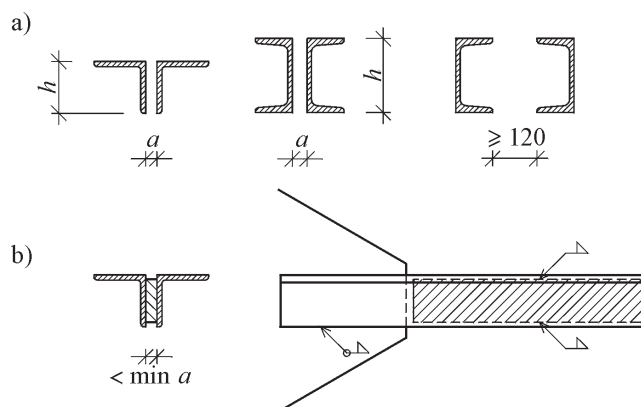
Poprečni preseki štapova ispune dvoizidnih rešetkastih nosača (tabela 4.37f) se oblikuju tako da imaju dve paralelne ravni preko kojih se ostvaruje veza sa čvornim limovima. Osim toga, njihova ukupna visina treba da odgovara unutrašnjem rastojanju između čvornih limova. Kao zategnuti štapovi ispune najčešće se primenjuju U-profili, valjani ili zavareni I-profili i preseki formirani od dva jednakokraka ili raznokraka L-profila. Za pritisnute

štapove koriste se sandučasti presecci u zavarenoj izradi i višedelni poprečni presecci obrađivani od U ili L-profila.

Kod višedelnih poprečnih preseka, bez obzira da li se radi o pritisnutim ili zategnutim štapovima, potrebno je mestimično povezivanje samostalnih elemenata. Dok je kod zategnutih štapova povezivanje samostalnih elemenata konstruktivne prirode, pre svega radi očuvanja geometrije i sprečavanja oštećenja pri transportu, kod pritisnutih elemenata rastojanje tačaka mestimičnog pridržavanja utiče na ponašanje štapa, a samim tim i na postupak proračuna.

Višedelni pritisnuti štapovi mogu se pri proračunu tretirati kao štapovi jednodelnog preseka, samo ako je rastojanje spojnih limova manje od $15 \cdot i_{\min}$, gde je i_{\min} minimalni poluprečnik inercije samostalnog elementa. U slučaju štapova izrađenih od unakrsno postavljenih ugaonika, prema standardu za centično pritisnute štapove višedelnog poprečnog preseka, dozvoljeno je znatno veće rastojanje između vezica ($70 \cdot i_{\min}$). Stoga je upotreba dva unakrsno postavljena ugaonika znatno povoljnija od dva "leđima" okrenuta ugaonika, jer imaju veću otpornost na izvijanje i zahtevaju znatno manji broj vezica.

Iako su višedelni poprečni presecci uglavnom lakši od ekvivalentnih jednodelnih, izrada jednodelnih poprečnih preseka je jeftinija, jer otpadaju operacije neophodne za povezivanje između čvorova. Osim toga, povoljniji su i sa stanovišta održavanja, jer su pristupačni sa svih strana, a imaju i manju površinu za bojenje.



Slika 4.166 - Konstruktivne mere kod višedelnih poprečnih preseka u korozivnom okruženju

Kod višedelnih štapova u sklopu rešetkastih nosača koji se nalaze na otvorenom prostoru (npr. mostovski nosači) ili u drugim okruženjima sa povećanom korozivnom aktivnošću, međuprostor između višedelnih štapova mora da bude dovoljno širok, kako bi se omogućilo nanošenje antikorozivnih premaza pri održavanju konstrukcije. U suprotnom ovaj međuprostor treba ispuniti podmetačem (slika 4.166b). Ovaj problem je posebno aktuelan kod višedelnih preseka kod kojih se samostalni elementi nalaze na bliskom rastojanju. Stoga se propisuje minimalno rastojanje između samostalnih elemenata (slika 4.166):

$$a \geq \begin{cases} h/6 \text{ ili } 10 \text{ mm} & \text{u zgradarstvu} \\ h/6 \text{ ili } 15 \text{ mm} & \text{u mostogradnji} \end{cases} \quad (4.370)$$