

# UVOD

## 1. POJAM KONSTRUKCIJA I ZADAĆA KONSTRUIRANJA

Kako se obrađuju u ovoj knjizi, konstrukcije znače sastavljanje više drvenih dijelova u jednu čvrstu i funkcionalnu cjelinu, pa se pobliže mogu označiti kao **drvene konstrukcije**. Te cjeline su namještaj, unutar-nje uređenje i građevna stolarija. Prije proizvodnje treba za svaku izrađevinu izraditi nacрте, tehnički opis i sastavnicu sklopova i dijelova.

Za svaki pojedini proizvod izabire se i određuje najpovoljniji oblik *sastava* ili *veza*. Sastav je spoj kojim se dijelovi spajaju u cjeline lijepljenjem, a vez je spoj kojim se dijelovi spajaju pomoću neke vrste okova, tako da se više puta mogu sastaviti i rastaviti. Kod vezova okov zamjenjuje samo ljepilo, tako da je i ovdje potrebno izraditi odgovarajući spoj. Oblik spoja izabere se s obzirom na zahtjeve dizajnera, konstruktora, tehnologa, s obzirom na vrstu materijala od kojega će se izraditi, s obzirom na veličinu predmeta i njegov izgled, dakako i s obzirom na mogućnosti izvedbe u pojedinom pogonu. Osim masivnog drva – koje je ovdje relativno široko zastupljeno, jer je zbog njegovih odličnih ekoloških osobina ponovno sve više traženo – za izradu pojedinih cjelina mogu se još uporabiti i njegovi poluproizvodi: furniri, furnirske ploče, stolarske ploče, ploče vlaknatice i ploče iverice. Masivno drvo se koristi pretežno u obliku letvica, rijetko kao plohe, dok je kod pločastih materijala obrnuto, koriste se pretežno za plohe, a vrlo rijetko za letvice i to samo furnirske ploče i vlaknatice (mediapan).

Ispravno određene konstrukcije mogu znatno pridonijeti ubrzanju proizvodnog procesa, trajnost proizvoda i sniženju njegove prodajne cijene. Zbog tih razloga konstrukcije proizvoda trebaju provoditi temeljito obrazovani kadrovi s bogatim iskustvom.

*Nauka o konstruiranju* opširno obrađuje načine kojima se provodi proces konstruiranja, čiji pojednostavljeni i sažeti prikaz sadrži:

### 1.1. METODIČKO KONSTRUIRANJE

Svrha metodičkog konstruiranja je rješavanje konstruktivnih problema na razini proizvoda, a ne samo nekog pojedinačnog konstruktivnog oblika (spoja ili veza). Ovim se procesom primjenom jednolikih metoda, postupaka i tehnika mogu rješavati različiti problemi konstruiranja.

Sve su veće potrebe za rješavanjem konstrukcijskih problema, koje proizlaze uglavnom zbog:

- brzog razvoja industrije finalnih drvnih proizvoda,
- vijek proizvoda na tržištu koji je u stalnom skraćivanju, što je uvjetovano modom,
- razvoja strojeva i alata,
- razvoja tehnologije procesa proizvodnje,

- razvoja novih materijala, okova i sl.,
- potrebe povećanja učinkovitosti u pripremi proizvodnje,
- povećanja zahtjeva za kvalitetom proizvoda,
- prilagodbe dostignutoj automatizaciji tehnološkog procesa itd.

Istraživanjima na području konstruiranja i analizom pojedinih radova u tom procesu utvrđeno je da postoje:

- intuitivni i
- diskurzivni

način mišljenja kod rješavanja problema i donošenja odluka.

**Intuitivni** način mišljenja i predviđanja znači da se konstruktivni problem rješava prema osjećaju i iskustvu, a bez znanstvenih spoznaja, istraživačkih eksperimenata, proračuna i logičkih zaključaka. Spojevi ili vezovi su oblikovani i dimenzionirani na osnovi empirije (iskustva). Ovaj je način u velikoj mjeri nazočan u drvenoj industriji.

Iz intuitivnog načina mišljenja proizlaze dvije metode konstruiranja oblika:

- *intuitivno izvorna metoda* kada se primjenjuju nove ideje konstrukcijskih oblika i
- *intuitivno aplikativna metoda* kada se primjenjuju poznata rješenja, ili ona stečena iskustvom ili ona iz literature.

*U ovoj knjizi prikazat će se izbor poznatih konstrukcijskih spojeva i vezova od kojih se može intuitivno aplikativnom metodom odabrati optimalni oblik.*

**Diskurzivni** (rašćlanjujući) način mišljenja i rješavanja konstrukcijskih problema sasvim je suprotan intuitivnom načinu, a sastoji se u razumskim analizama zadanog problema na osnovu dostupnih znanstvenih spoznaja. I ovdje se primjenjuju dvije metode konstruiranja oblika:

- *diskurzivno matematička metoda* koja se zasniva na proračunima prema dostupnim znanstvenim spoznajama iz matematike, fizike, mehanike itd.,
- *diskurzivno aplikativna metoda* koja primjenjuje rezultate znanstvenih istraživanja drvnih konstrukcija i finalnih proizvoda.

*Diskurzivni način mišljenja i metode u ovoj se knjizi ne obrađuju.*

Nakon izrade konstruktivnog nacrtu potrebno je izraditi prototip proizvoda, na kojemu treba provesti analizu konstrukcije, koja će učinjeni izbor potvrditi ili ukazati na eventualne nedostatke. Osim toga na prototipu se još procjenjuju uporabne osobine i estetska dostignuća proizvoda. Potrebno je pratiti kako pokusnu, tako i redovnu serijsku proizvodnju, s ciljem daljnjih poboljšanja.

### 1.1.1. PROCES KONSTRUIRANJA

Jedan od mogućih oblika procesa konstruiranja zasnovan na dosadašnjim spoznajama sastoji se od sljedećih aktivnosti:

- prikupljanja informacija,
- obrade informacija i
- uobličena informacija u obliku nacрта ili nekom drugom obliku (model).

Aktivnosti pri metodičkom konstruiranju sastoje se od tri međusobno povezane faze:

- koncipiranje: raščlanjivanje zadatka, prikupljanje informacija vezano za problem konstruiranja (literatura, standardi, upute itd.),
- projektiranje: oblikovanje zadatka u funkcionalno i ekonomsko rješenje, izbor materijala, konstrukcijskih sastava i dimenzija, izrada prototipske dokumentacije,
- konstrukcijska razrada: izrada tehničke dokumentacije za izvedbu, unošenje svih promjena nastalih ispitivanjem prototipa ili u procesu pokusne i redovne proizvodnje.

Metodičko konstruiranje može imati sljedeći tijek:

#### ZADATAK ZA KONSTRUIRANJE:

- *ukupna funkcija*: blagovaonički stol,
- *parcijalna funkcija (dijelovi)*: postolje (obično ili za proširenje), ploča (jednostruka ili dvostruka), ladica (upuštena, ovješena) ili bez ladice.

Izabrano: postolje obično, ploča jednostruka, bez ladice.

Svaki se dio dalje razrađuje, a ovdje se navodi primjer ploče:

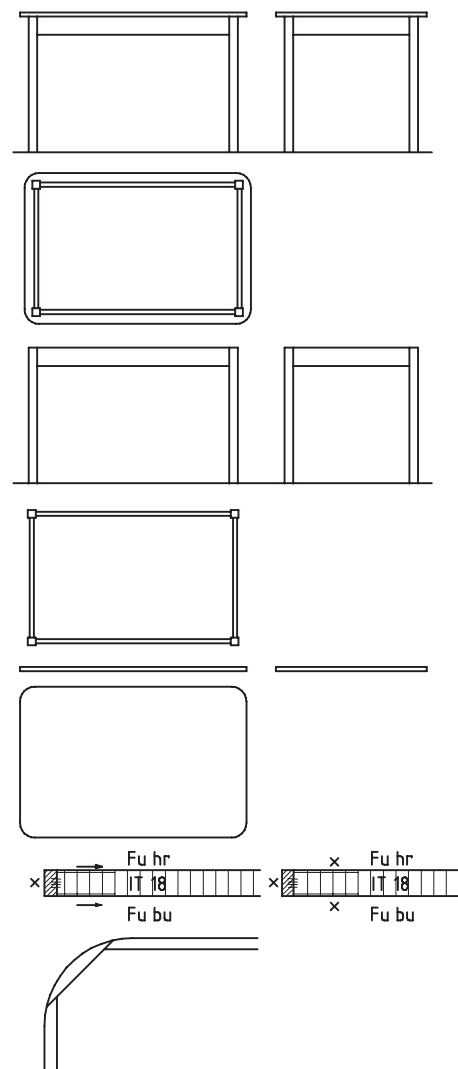
- *ploča može biti izvedena*: masivno drvo, iverica i masivna rubna letvica furnirana, furnirana iverica i masivna rubna letvica.

Izabrana iverica furnirana furnirom od hrastovine i masivna rubna letvica.

- *rubna letvica*: oštrobridna, profilirana, zaobljena i sl.

Izabrana oštrobridna rubna letvica od masivne hrastovine.

Na osnovi izabranoga crta se detalj ploče s rubnom letvicom, uz to još je potrebno odlučiti hoće li se rubne letvice zaobliti prije ili poslije lijepljenja na ivericu, te riješiti sastav rubnih letvica na njihovim krajevima (tupi sastav ili pod 45°).



Svi ovi zadaci obavljaju se timskim radom određenih stručnjaka. Suvremena računalna tehnologija pruža znatne prednosti u ovome procesu. Sustav CAD (Computer Aided Design) sadrži bazu potrebnih podataka i crteža za izbor i odlučivanje, te za provođenje procesa analize i sinteze. a mogu se izvoditi i sve vrste nacрта. S njim je integriran sustav CAM (Computer Aided Manufacturing) kojime se provodi proizvodnja pomoću računala, putem elektronički upravljanih strojeva. Zajedno čine integrirani informacijski sustav CAD/CAM.

## **2. KVALITATIVNA ANALIZA PROIZVODA**

Dizajner je dužan postaviti najviše zahtjeve na svojstva finalnog proizvoda, a konstruktor ih mora strogo ispunjavati. Ti su zahtjevi:

- estetski,
- funkcionalno-ergonomski,
- fizički,
- mehanički te
- ostala tehnička svojstva.

### **2.1. ESTETSKA SVOJSTVA**

- tekstura, boja, sjaj, cjelokupni vizualni izgled površine,
- oblici ploha i rubova, aplikacije, ukrasi, okovi,
- skladnost dimenzija i oblika, skladnost sastavnih dijelova u cjelini-garnituri,
- postojanost estetskog izgleda, mogućnost obnavljanja tijekom uporabe i sl.

### **2.2. FUNKCIONALNO-ERGONOMSKA SVOJSTVA**

- usklađenost dimenzija i oblika ergonomskim zahtjevima,
- funkcionalnost proizvoda za određenu namjenu (rad, sjedenje, ležanje, odlaganje itd.),
- lakoća i jednostavnost u rukovanju i uporabi,
- lakoća transportiranja i premještanja,
- uklapanje u ambijent ili garnituru,
- lakoća održavanja i popravljanja,
- praktičnost i univerzalnost primjene,

- tehnološkičnost oblikovnog rješenja,
- mogućnost daljnjeg razvoja asortimana.

## **2.3. FIZIČKA SVOJSTVA**

- pogodna volumna težina za izradu sklopova namještaja,
- otpornost na upijanje vlage, minimalno utezanje i bubrenje,
- mogućnost precizne obrade bez grešaka kod obrade,
- spajanje s drugim materijalima (ljepljenje, okivanje i sl.),
- izbor materijale bez štetnih i neugodnih mirisa (emitiranje formaldehida).

## **2.4. MEHANIČKA SVOJSTVA**

- čvrstoća na statička i mehanička opterećenja: na pritisak, na savijanje, na vlak i na raslojavanje, na udar i elastičnost,
- otpornost na habanje i ogrebotine,
- sposobnost dobrog držanja vijaka i čavala na okovima.

## **2.5. OSTALA TEHNIČKA SVOJSTVA**

- termička svojstva: otpornost na djelovanje zagrijanih tijela, minimalna dilatacija, slaba vodljivost topline (dobra termička izolacija), otpornost na zapaljenje i gorenje,
- električna svojstva: što veći specifični otpor (dobar izolator),
- akustična svojstva: što su materijali lakši imat će bolja akustična svojstva, što su pak teži, imat će bolju izolacijsku moć od buke,
- trajnost sastavljene konstrukcije, tj. zadržavanje početnih svojstava i tijekom uporabe,
- otpornost površine na kemijska sredstva koja se koriste u domaćinstvu.

Kako je potrebno težiti cilju da se izradi proizvod što veće kvalitete a što niže cijene, stalno treba provoditi tehnološko-ekonomska unapređenja i poboljšanja, uz uštedu sirovina, smanjenje investicijskih ulaganja, smanjenje troškova radne snage kroz smanjenje utroška radnog vremena i smanjenje utroška energije.

# **3. ZADAĆE KONSTRUIRANJA**

Zadaće konstruiranja su u funkciji programa razvoja, a dijele se na:

- temeljnu,
- primijenjenu,

- razvojnu i
- racionalizaciju.

*Temeljna zadaća* sadržana je u činjenici da neki proizvod nije moguće izraditi niti staviti u funkciju bez primjene spojeva i/ili vezova. Znači da je temeljna zadaća konstruiranja odabrati ili osmisлити – na neki od već spominjanih načina – optimalne vrste spojeva ili vezova, a prema ranije iznesenim kriterijima, da bi proizvod uopće mogao biti proizvod.

*Primijenjena zadaća* konstruiranja sastoji se u pronalaženju takvih oblika tehničkih, konstrukcijskih i tehnoloških rješenja koja se mogu primijeniti u praksi. Razlikuje se od pogona do pogona, s obzirom na njihovu opremljenost i na stručnost kadrova u pojedinom pogonu. Da bi se steklo potrebna iskustva primijenjenim istraživanjima ispituju se laboratorijski modeli novih proizvoda (spojeva). Nova se rješenja primjenjuju eksperimentalno na različitim proizvodima, da bi se utvrdila njihova prikladnost (uporablјivost). Prihvaćena rješenja koriste se dalje u području temeljne zadaće konstruiranja.

*Razvojna zadaća* konstruiranja sadrži istraživanje inovacija na osnovi kojih se uvode u proizvodnju novi spojevi, novi vezovi uvjetovani novim oblicima i vrstama okova, te novi proizvodi. Inovacija znači uvesti potpunu novost, odnosno obnovu ili promjenu već postojećeg rješenja. Inovacija se može provoditi na dva načina:

1. inovacijom konstrukcija bez izmjene oblika, dimenzije i izgleda proizvoda i
2. inovacijom konstrukcija s istovremenom izmjenom oblika proizvoda, što obavezno treba provoditi u okviru timskog rada.

Inovacija konstrukcija obuhvaća:

- racionalizaciju,
- suradnju,
- know-how,
- koristan prijedlog i
- tehničko unapređenje.

*Racionalizacija* konstrukcije ima za cilj iznaći konstruktivno rješenje koje omogućava najmanje troškove materijala i izrade, naravno uz održavanje određene kvalitete. Racionalizacija konstrukcija je dakle proces kojim se iznalaze poboljšanja ili pojednostavljenja spojeva, iz čega proizlazi jeftiniji proces izrade, posljedično i povećana produktivnost rada, uz jednaku ili čak i povećanu kvalitetu.

*Know-how* (nouhau = znati kako) daje znanje kako praktično ostvariti neku zamisao, znači upućuje kako stečena iskustva koristiti za realizaciju neke konstrukcije ili spoja. I ovdje se primjenjuju metode korištenja postojeće dokumentacije, kao i kod intuitivno-aplikativnog načina.

*Koristan prijedlog* katkada može pridonijeti optimalnom rješenju. Pod tim pojmom podrazumijeva se primjena postojećih konstrukcijskih rješenja odnosno njihova racionalizacija, ili preuzimanje gotovih rješenja drugih proizvođača. Koristan prijedlog može doći od proizvođača osnovnih ili pomoćnih materijala, proizvođača strojeva i sl. U ovu svrhu potrebno je pratiti informativna izdanja proizvođača, posjećivati stručne sajmove, organizirati seminare i sl.

*Tehničko unapređenje* konstrukcija obuhvaća poboljšanja poznatih konstrukcijskih rješenja, koja dovode do boljih uvjeta rada, bolje kvalitete spoja i, naravno, boljih ekonomskih učinaka.

Naravno da rad na konstruiranju i rekonstruiranju imaju svoju cijenu, odnosno određene troškove, koji doduše ulaze u cijenu gotovog proizvoda, ali uštede na racionalizaciji konstrukcije su znatno veće. Ovi troškovi su niži u fazi oblikovanja i konstruiranja novog proizvoda, nego u fazi njegove proizvodnje. Potrebno je stoga naglasiti, da se u timu koji osmišljava novi proizvod moraju angažirati najbolji stručnjaci. Procesu je oblikovanja potrebno dati dovoljno vremena, da bi se o svakom prijedlogu nekog rješenja moglo dobro razmisliti. Osim toga neko je vrijeme potrebno i za usklađivanje mišljenja svih članova tima.

Kvalitetu konstrukcije i troškova za njenu izvedbu potrebno je uskladiti. Povišenje troškova radi povećanja kvalitete konstrukcije može se podnositi do neke granice, iznad koje ti troškovi nadilaze postignutu kvalitetu, što tržište ne prihvaća. Znači da pretjerano povišenje kvalitete nema ekonomskog opravdanja.

## 4. DRVO KAO KONSTRUKCIJSKI MATERIJAL

Utjecaj građe, mehaničkih i fizičkih svojstava drva na konstrukciju može imati neke prednosti, ali i nedostatke, znači da drvo može imati prednosti, ali i nedostatke kao konstruktivni materijal. Potrebno je stoga detaljno poznavati svojstva drva, da bi se njegove prednosti iskoristile, a nedostaci izbjegli.

Drvni spojevi trebaju zadovoljiti

- tehnološke,
- mehaničke,
- proizvodne (izvedbene),
- ekonomske i
- estetske kriterije.

*Tehnološki kriterij* traži detaljno poznavanje tehnologije drva, čemu se oblik i izrada spoja mora prilagoditi. To su u prvom redu fizička svojstva drva i to na prvom mjestu promjena njegovog volumena, jer drvo "radi", pa se smije uporabiti samo sobno suho drvo s 8-12% vlage, a za neke proizvode (građevnu stolariju i objekte na otvorenom) i zrakosuho drvo s 12-18% vlage, da bi promjene njegova volumena bile što manje. Osim toga treba imati u vidu da drvo radi cijelo vrijeme svoga trajanja. Kako je poznato snaga koju drvo razvija pri promjeni volumena je znatna, zbog čega spoj treba biti takovog oblika, da omogući nesmetani rad drva, ili pak, da je u mogućnosti savladati tu snagu. U protivnom izrađevina od drva će se izbaciti ili

raspucati, a spojevi se mogu otvoriti, odnosno njihova čvrstoća umanjiti. Naročito je osjetljiva i riskantna uporaba masivnog drva za elemente u obliku ploha, te je primjerice neodrživo tako izraditi vrata ormara, koja bi pod utjecajem vlage iz zraka bila ili preširoka ili preuska.

*Mehanički kriterij* zahtijeva da se oblik spoja uskladi s prirodnom čvrstoćom drva. Kod letvičastih oblika obradaka, žica drva mora teći paralelno s njihovom dužinom. Letve odnosno štapićasti dijelovi trebaju biti tako dimenzioniranog presjeka, da se ne dovodi u pitanje njihovo izvijanje pri opterećenju, naročito ako su to noge stolica, stolova, nosači polica i sl. Plohe izrađene od masivnog drva treba osigurati od pucanja zbog mehaničkih utjecaja, budući da drvo lako puca po tangencijalnom, a pogotovo radijalnom smjeru.

Osim čvrstoće materijala od izvanredne je važnosti čvrstoća izvedenog spoja, koja pak ovisi o nekoliko faktora:

- Što je veća površina lijepljenja, bit će veća i čvrstoća spoja. Treba dakle birati spojeve sa što većim dodirnim površinama.
- Što je veća preciznost izrade spoja, veća će biti i njihova čvrstoća jer se preciznošću izvedbe povećavaju dodirne površine.
- Pri lijepljenju spojeva birati one oblike koji omogućavaju uporabu stegača, čime će ljepilo prodrijeti dublje u drvo i ostvariti čvršći vez.
- Uspješno se mogu sljepljivati samo plohe drva uzdužnih presjeka, a nikako one čeonog presjeka. Površina čeonog presjeka je porozna, sastoji se od šupljina stanica i njenih tankih opna, zbog čega je površina za primanje ljepila neznatna. Uz to, ljepilo se odmah iscijedi u stanične šupljine.

*Kriterij izvedbe* traži da se izaberu takvi oblici spojeva, koje je moguće precizno izvesti ručnim ili strojnim postupkom. Također treba imati u vidu, da se svi sastavni dijelovi mogu sastaviti u potrebnu cjelinu, određenim redoslijedom. Može se naime dogoditi, da se izborom neodgovarajućih spojeva sastavljanje onemogućuje.

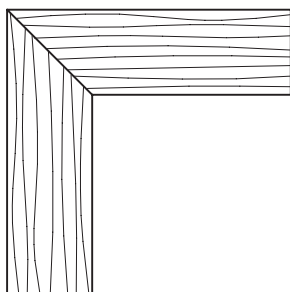
Preciznost izrade spojeva ovisi i o preciznosti provedenog zacrtavanja, odnosno namještanja alata i vodilica na strojevima, što moraju provoditi iskusni radnici. Potrebno je svako nekoliko vremena kontrolirati točnost izrade na stroju.

*Ekonomski kriterij* zahtijeva što racionalniju uporabu materijala i što manji utrošak radnog vremena za izradu spojeva.

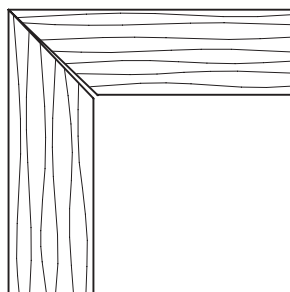
Za izradu sastava iste namjene može su utrošiti više ili manje materijala: npr. za plošno kutno spajanje otvorenim zupcima i okomite i vodoravne plohe ormara moraju imati punu dimenziju po visini i po širini ormara. Ako se primijeni sastav pomoću moždanika, okomite stranice imaju također punu dimenziju po visini, ali vodoravne stranice su kraće sa svake strane za debljinu okomitih stranica. Znači, ako je debljina okomitih stranica 20 mm, vodoravne stranice su kraće za 40 mm, pa je u ovom drugom slučaju potrebno manje materijala.



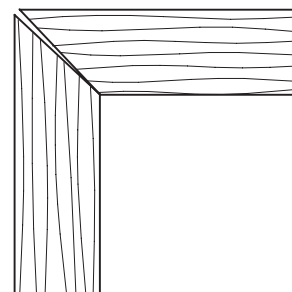
*Estetski kriterij* zahtijeva u prvom redu izbor spoja koji će što ljepše izgledati, a ljepši je onaj koji je manje vidljiv i dakako, koji je preciznije izveden. I najkvalitetnije izveden spoj može iz tehnoloških razloga postati neugledan: spoj kod kutnog bočnog sastavljanja okvira s kosorezom od 45° može se otvoriti na vanjskom dijelu ako je drvo bubrilo, ili na unutarnjem dijelu ako se drvo sasušilo (Slika 1.). Kod kutnog bočnog sastavljanja na čep i raskol, komad na kojemu se vidi čeon presjek ostat će iste dimenzije kao i u vrijeme izrade (promjena volumena drva po dužini je neznatna), dok će drugi komad istovremeno biti ispod ili iznad njega, ovisno da li je drvo bubrilo ili se sušilo. Ako se radi o dvostrukom čepu i raskolu, deformacije će biti još uočljivije (Slika 2.).



Ispravan izgled spoja

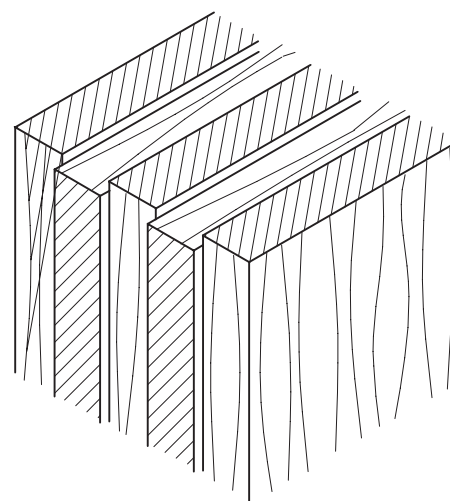
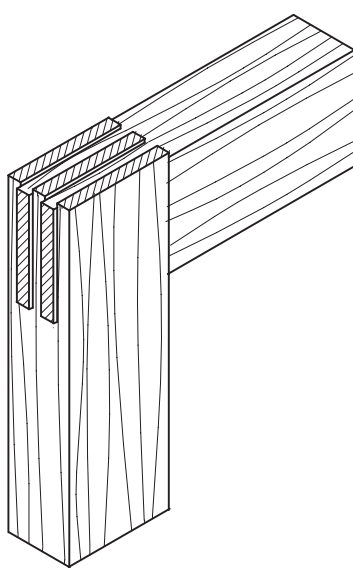
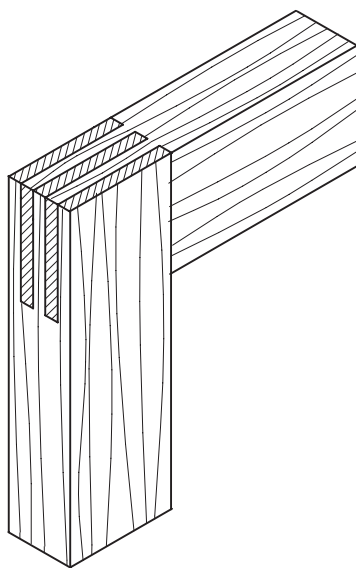


Izgled spoja nakon sušenja



Izgled spoja nakon bubrenja

SLIKA 1. Otvaranje spoja kosoreza pod utjecajem vlage



SLIKA 2. Promjene kao rezultat sušenja drva

## 5. KLASIFIKACIJA FINALNIH DRVNIH PROIZVODA

Drvni se proizvodi s obzirom na vrstu konstrukcije i namjenu svrstavaju u sljedeće skupine:

1. konstrukcije namještaja,
2. konstrukcije unutarnje opreme zgrada,

3. konstrukcije vrata i prozora,
4. građevinske drvene konstrukcije i
5. konstrukcije ostalih drvnih proizvoda.

## **5.1. KONSTRUKCIJE NAMJEŠTAJA**

Namještaj čine samostalni finalni proizvodi, koji nisu sastavni dio zgrade u tehnologiji građenja i opremanja objekata, već se naknadno pojedinačno postavljaju u izgrađeni prostor ili izvan njega. Dobavlja se narudžbom ili izborom iz trgovačke ponude već gotovog namještaja. Pokućstvo je pojam koji se odnosi, osim na namještaj unutar objekta, i na ostalu opremu unutarnjeg prostora, npr. rasvjetna tijela, zavjese, tepihe itd.

Namještaj se razvrstava uglavnom prema namjeni prostorije u zgradi, premda se neki komadi namještaja mogu koristiti i u nekoliko različitih prostorija, a razvrstava se kao:

- namještaj predsoblja,
- namještaj kuhinje,
- namještaj kupaonice i sanitarija,
- namještaj spavaonice,
- namještaj dnevne sobe,
- namještaj blagovaonice,
- namještaj radne sobe,
- namještaj dječje sobe,
- namještaj knjižnice,
- namještaj ureda,
- namještaj škole,
- namještaj jaslica i vrtića,
- namještaj zdravstvenih ustanova,
- namještaj ugostiteljskih objekata,
- namještaj trgovina,
- namještaj hotela,
- namještaj dvorana,
- namještaj kao sastavni dio nekog drugog proizvoda itd.