



ŠUMARSKI FAKULTET SVEUČILIŠTA U ZAGREBU

STJEPAN TKALEC-SILVANA PREKRAT

# KONSTRUKCIJE PROIZVODA OD DRVA

1

OSNOVE DRVNIH KONSTRUKCIJA



ŠUMARSKI FAKULTET SVEUČILIŠTA U ZAGREBU

STJEPAN TKALEC-SILVANA PREKRAT

# KONSTRUKCIJE PROIZVODA OD DRVA

# 1

OSNOVE DRVNIH KONSTRUKCIJA

Izdavači

Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu  
Svetošimunska c. 25  
Znanje d.d.  
Ulica kralja Zvonimira 17, Zagreb

Za nakladnika

Branko Jazbec

Copyright© 2000.

Autori: Prof. dr. sc. Stjepan Tkalec  
Mr. sc. Silvana Prekrat, Zagreb

Recenzenti

Prof. dr. sc. Ivica Grbac, Zagreb  
Prof. dr. sc. Boris Ljuljka, Zagreb  
Prof. dr. sc. Jože Resnik, Ljubljana

Naslovnicu dizajnirala

Zrinka Tkalec, dipl. dizajner

Crteže izradili u AutoCAD-u

Zoran Vlaović, dipl. inž.  
Antonio Vukadin, dipl. inž.

Kompjutorska priprema tiska

Mr. sc. Silvana Prekrat

Lektorica i korektorica

Paula Župan

Objavljivanje ovog sveučilišnog udžbenika odobrio je  
Senat Sveučilišta u Zagrebu - Povjerenstvo za znanstvenu literaturu  
odlukom br. 02-3475/3-1999. od 7. ožujka 2000.

CIP Katalogizacija u publikaciji  
Nacionalna i sveučilišna knjižnica, Zagreb

UDK 624.011.1 (075.8)

TKALEC, Stjepan

Konstrukcije proizvoda od drva /  
Stjepan Tkalec, Silvana Prekrat ; <crteže  
izradili Zoran Vlaović... et al.>. –  
Zagreb : Šumarski fakultet : Znanje, 2000-  
. - (Udžbenici Sveučilišta u Zagrebu =  
Manualia Universitatis Studiorum  
Zagrebiensis)

ISBN 953-195-125-X (cjelina) (Znanje)

1: Osnove drvnih konstrukcija. – 2000.  
Bibliografija: str. 308 – 310.  
ISBN 953-195-126-8

1. Prekrat, Silvana

400504052

# SADRŽAJ

PREDGOVOR	V
1. UVOD	1
2. MJESTO I ZADACI KONSTRUIRANJA	3
2.1. Mjesto konstruiranja u poslovnom sustavu	3
2.2. Konstruiranje i uža granična područja	4
2.3. Nacrti konstrukcija kao sredstvo planiranja, oblikovanja rada i upravljanja	6
2.4. Znanstveni pristup projektiranju i konstruiranju	9
3. DRVO I DRVNI MATERIJALI	14
3.1. Tehnička svojstva drva	14
3.1.1. Građa drva	14
3.1.2. Estetska svojstva drva	17
3.1.3. Osnovna fizička svojstva	18
Poroznost	18
Sadržaj vode u drvu	19
Higroskopnost drva	21
Volumna masa drva – gustoća	21
Utezanje i bubrenje drva	22
Akustička svojstva drva	24
Toplinska svojstva drva	25
Specifična toplina drva	26
Električna svojstva drva	26
Vodljivost svjetla	27
3.1.4. Mehanička svojstva drva	27
Elastičnost drva	27
Čvrstoća drva	29
Tvrdoća drva	35
Otpornost protiv habanja	36
3.1.5. Ostala tehnička svojstva	36
3.1.6. Greške drva	37
Greške u građi	37
Greške fizičke naravi	39
Greške mehaničke obrade i sušenja	40
Greške u boji	42
Greške pri obradi drva	44
Kakvoća drva	44
3.2. Tehnička svojstva drvnih materijala	45
3.2.1. Općenito o primjeni drvnih materijala	45
3.2.2. Pregled drvnih materijala i tehničkih svojstava značajnih za konstrukcije namještaja i opremu objekata	47
3.2.3. Tehnička svojstva ploča	52

4. IZRADA TEHNIČKIH CRTEŽA PREMA OSNOVNIM NORMAMA	54
4.1. Općenito o normizaciji	54
4.2. DIN norme potrebne drvoju struci	57
4.2.1. Osnovne DIN norme za tehničke crteže	58
4.2.2. Stručne norme za drvo i graditeljstvo	58
4.2.3. Vrste crteža po DIN-u 199	59
4.2.4. Crteži prema vrsti izrade	61
4.2.5. Crteži prema načinu izrade	61
4.2.6. Crteži prema namjeni	62
4.2.7. Crteži prema sadržaju	62
4.3. Izrada tehničkih crteža prema osnovnim DIN normama	63
4.3.1. Priprema radnog mjesta, opreme i pribora za tehničko crtanje	63
4.3.2. Papir za crtanje, podjela, formati i odabiranje	70
4.3.3. Vrste i širine crta	73
4.3.4. Tehničko pismo	74
4.3.5. Mjerila (M)	74
4.3.6. Upisivanje mjera u nacрте – kotiranje	75
4.3.7. Mjere, odstupanja mjera, dopuštena odstupanja – tolerancije i dosjedi	77
Definicije uz pojam – mjera	78
Definicije uz pojam – odstupanje	80
Definicije uz pojam – dopuštena odstupanja ili tolerancije	81
Definicije uz pojam – dosjed	92
Odstupanja mjera zbog promjene relativne vlage zraka	93
4.3.8. Prikazivanje i označavanje cjelovitog drva	97
4.3.9. Prikazivanje i označavanje drvnih ploča	98
4.3.10. Prikazivanje i označavanje nedravnih materijala	103
4.3.11. Prikazivanje materijala u graditeljstvu	106
4.3.12. Tehnološke oznake završne mehaničke obrade	106
4.3.13. Tehnološke oznake spajanja ljepilom	108
4.3.14. Tehnološke oznake površinske obrade	108
4.3.15. Tehnološke oznake tapetarskih materijala	109
4.4. Osnove prikazivanja predmeta	110
4.4.1. Pravokutna ili ortogonalna projekcija	111
Pogledi	112
Označavanje presjeka	113
4.4.2. Kosa paralelna projekcija – aksonometrija	118
4.4.3. Centralna projekcija – perspektiva	119
5. SUSTAV KONSTRUKCIJSKIH OBLIKA SASTAVLJANJA DRVNIH KONSTRUKCIJA	123
5.1. Dužinsko sastavljanje - I	129
5.1.1. Dužinsko sastavljanje cjelovitog drva – masiva - I du	129
Dužinsko sastavljanje čepovima, umecima i veznim elementima	132
Sastavljanje klinastim zupcima	136
5.1.2. Dužinsko sastavljanje drvnih materijala – ploča	143

5.2. Širinsko sastavljanje - I ši	145
5.2.1. Širinsko sastavljanje cjelovitog drva – masiva	145
Širinsko sastavljanje bočnim profiliranim sljubnicama	146
Širinsko sastavljanje veznim elementima i umecima	153
5.2.2. Širinsko sastavljanje drvnih materijala – ploča	156
Širinsko sastavljanje umecima i veznim elementima	159
5.3. Debljinsko ili uslojeno sastavljanje - I de	161
5.3.1. Debljinsko sastavljanje cjelovitog drva – masiva	161
Debljinsko sastavljanje punih sklopova	162
Debljinsko sastavljanje šupljih sklopova	170
5.3.2. Debljinsko sastavljanje s drvnim materijalima – pločama	175
Debljinsko sastavljanje sklopova ravnih oblika	175
Debljinsko sastavljanje zakrivljenih oblika	180
Debljinsko sastavljanje preklapanjem	185
5.3.3. Dužinsko-debljinsko sastavljanje	188
5.4. Sastavljanje rubnim i uglovnim dijelovima – oblaganje rubova i uglova - R	189
5.4.1. Oblaganje rubova i stranica cjelovitog drva – masiva	189
Osnovni oblici drvnih profila rubova i letvica	189
Oblaganje rubova ploča od cjelovitog drva – masiva	192
5.4.2. Oblaganje rubova ploča od usitnjenog drva	193
Oblaganje rubnim letvicama, trakama i profilima	193
Oblaganje rubova oplemenjenih ploča preklapanjem	196
Oblaganje stranica i rubova folijama i laminatima neobloženih i jednostrano obloženih ploča – fastforming	197
Oblaganje i obrada rubova i uglova ploča	198
5.5. Kutno dvokrako sastavljanje - L	201
5.5.1. Kutno dvokrako sastavljanje cjelovitog drva – masiva	201
Kutno dvokrako plošno sastavljanje - L p	
Kutno dvokrako bočno sastavljanje - L b	219
5.5.2. Kutno dvokrako sastavljanje drvnih materijala – ploča	247
Kutno dvokrako plošno sastavljanje	248
Kutno dvokrako bočno sastavljanje	258
5.6. Kutno trokrako priključno sastavljanje - T	260
5.6.1. Kutno trokrako priključno sastavljanje cjelovitog drva – masiva T-2D	260
Kutno trokrako plošno sastavljanje	260
Kutno trokrako bočno sastavljanje	264
5.6.2. Kutno trokrako sastavljanje drvnih materijala – ploča T-2D	268
Kutno trokrako plošno sastavljanje	268
Kutno trokrako bočno sastavljanje	270
5.7. Kutno trokrako prostorno sastavljanje - Y	271
5.7.1. Kutno trokrako prostorno sastavljanje cjelovitog drva – masiva Y-3D	271
Kutno trokrako plošno sastavljanje	271
Kutno trokrako bočno sastavljanje	273
5.7.2. Kutno trokrako prostorno sastavljanje drvnih materijala - ploča Y-3D	275

Kutno trokrako plošno sastavljanje	275
Kutno trokrako bočno sastavljanje	276
5.8. Kutno četverokrako sastavljanje - X	277
5.8.1. Kutno četverokrako sastavljanje cjelovitog drva – masiva	277
Kutno četverokrako plošno sastavljanje cjelovitog drva	277
Kutno četverokrako bočno sastavljanje cjelovitog drva	280
5.8.2. Kutno četverokrako sastavljanje drvnih materijala – ploča	285
Kutno četverokrako plošno sastavljanje	285
Kutno četverokrako bočno sastavljanje	287
5.9. Kutno višekrako sastavljanje - zvjezdasto *	288
5.9.1. Kutno višekrako plošno sastavljanje cjelovitog drva	288
5.9.2. Kutno višekrako bočno sastavljanje cjelovitog drva	289
6. ELEMENTI ZA SPAJANJE I POVEZIVANJE, OKOVI I UKRASI	291
6.1. Elementi za spajanje i povezivanje od drva	292
6.2. Prihvatnici za otvaranje - zatvaranje	296
6.3. Okov za zatvaranje i zaključavanje	297
6.4. Zglobnice – petlje ili "šarniri"	298
6.5. Tračnice i vodilice za odmično pomicanje	300
6.6. Postolja i nosači	301
6.7. Posebni funkcionalni okovi	303
7. NAČELA KONSTRUIRANJA DRVNIH PROIZVODA	304
7.1. Načela konstruiranja prema djelatnostima oblikovanja	304
Načelo prihvaćanja zadatka za konstruiranje	304
Načelo izrade tehničke dokumentacije	304
Načelo inačica konstrukcijskih rješenja	304
Načelo rizika jednog rješenja	304
Načelo razine razrade tehničke dokumentacije	304
Načelo izmjene tehničke dokumentacije	305
7.2. Načela konstruiranja prema svojstvima drva, drvnih i nedravnih materijala	305
Načelo zamjenjivosti materijala	305
Načelo uporabe tehničkih svojstava materijala	305
Načelo primjene materijala prema njegovoj kvaliteti	305
Načelo izbora materijala	305
Načelo primjene normiranih materijala	306
7.3. Načela konstruiranja prema tehnološnosti i racionalnoj izradi	306
Načelo tehnološnosti	306
Načelo konstrukcijske složenosti asortimana proizvoda ili proizvodnog programa	306
Načelo racionalne uzrade	307
7.4. Načela konstruiranja prema kvaliteti konstrukcije proizvoda	307
Načelo određivanja stupnja kvalitete	307
Načelo uvažavanja zahtjeva korisnika	307
Načelo kontrole kvalitete proizvoda	307
LITERATURA	308

## PREGOVOR

Prošlo je 15 godina od izdavanja monografije "Konstrukcije namještaja" koja je do danas služila studentima za pripremanje ispita. Promjene koje su nastale u tehnikama i metodama rada pri konstruiranju drvnih proizvoda, organizaciji proizvodnje i informatici, uvjetovale su inoviranje nastavnih programa prema kojima studiraju budući dizajneri, konstruktori i drveni tehnolozi.

Konstruktorska djelatnost ima zadaću optimizirati konstrukcijska rješenja strukture složenog proizvoda i postići veću iskorištenost, pouzdanost, trajnost i sigurnost pri njegovoj uporabi. Pri tome je potrebno odabrati prikladan materijal u skladu s njegovim tehničkim svojstvima, dimenzionirati ga, odabrati konstruktorske oblike sastavljanja koji će odgovarati normiranim zahtjevima, a u proizvodnji omogućiti racionalno korištenje materijala, radnog vremena i energije.

Pravilan izbor materijala i optimiziranje konstrukcijskih rješenja može biti uspješno uz primjenu znanstveno utemeljenih metoda konstruiranja kao i znanstvenih metoda drugih graničnih disciplina i područja.

Udžbenik je namijenjen studentima drvne tehnologije na Šumarskom fakultetu u Zagrebu, za predmete Drvne konstrukcije i Konstrukcije proizvoda od drva i studentima Studija dizajna na Arhitektonskom fakultetu u Zagrebu, za predmet Konstrukcije drvnih proizvoda 1.

Prvi dio udžbenika obuhvaća poglavlja koja će studentima pružiti osnovna znanja o drvnim materijalima i pravilima za oblikovanje osnovnih konstrukcijskih oblika proizvoda te upute o izradi nacrti i sustavnom pristupu konstruiranju.

Drugi dio udžbenika se sadržajno nastavlja na sustav konstrukcijskih oblika sastavljanja u kojem se obrađuje konstruiranje gotovih proizvoda i to predstavnike konstrukcijskih vrsta namještaja kao slobodnih konstrukcija.

Treći dio udžbenika obrađuje predstavnike drvnih proizvoda u graditeljstvu kao ugrađene drvne konstrukcije.

Udžbenik su recenzirali prof. dr. sc. Boris Ljuljka i prof. dr. sc. Ivica Grbac sa Šumarskog fakulteta u Zagrebu, te prof. dr. sc. Jože Resnik sa Biotehniške fakultete Univerze u Ljubljani. Recenzentima izražavamo posebnu zahvalnost na sugestijama i savjetima koji su pomogli pri otklanjanju mnogih nedostataka.

Pri pretvorbi crteža iz programa AutoCAD u Word pojavile su se stanovite greške na krivuljama, stoga molimo čitatelje da to uvažavaju.

Zahvaljujemo se Zoranu Vlaoviću i Antoniju Vukadinu koji su brojne crteže izradili u AutoCAD tehnici, dr. sc. Stjepanu Pervanu na tehničkoj pomoći, te svim kolegama na Šumarskom fakultetu koji su na bilo koji način pomogli pri izradi ovog udžbenika.

Posebnu zahvalu dugujemo trgovačkim društvima koja su financijski pripomogla objavljivanje ovog djela.



## 1. UVOD

Riječ konstrukcija ima korijen u latiskom "construere", što u prijevodu znači sagraditi, sazdati, stvoriti, složiti, urediti, projektirati i sl. **Konstrukcije** su predmet konstruiranja tj. ugradbeni sadržaj složenog proizvoda, za razliku od **konstruiranja** koje znači metodu likovnog predstavljanja konstrukcija usklađenu sa pravilima i normama tehničkog crtanja, ručnim postupcima ili računalnim programima. Predmeti konstruiranja koje će obuhvatiti ovaj udžbenik odnosit će se na gotove proizvode koji se pretežno izrađuju od drva i drvnih materijala. Uz drvene materijale u izradi gotovih ili finalnih proizvoda rabe se i nedrvni materijali kao plastika, metal, staklo, keramika, tkanine, koža i sl. Podjela materijala na osnovne i pomoćne ima relativno značenje, te će se ovi termini primjenjivati samo iznimno, s obzirom na to da su u praksi vrlo udomaćeni.

Kod sastavljanja sadržaja ovog udžbenika vodilo se računa o razgraničenju pojmova oblikovanja proizvoda i konstruiranja, odnosno oblikovanja konstrukcija.

Iako su obje djelatnosti sastavni dio cjelokupnog procesa razvoja proizvoda te dolaze jedna iza druge ili su usporedne već prema metodološkom pristupu, one se bitno razlikuju u sadržaju rada. Konstruiranje za razliku od oblikovanja ima znatno veće granično područje s tehnologijom i organizacijom izrade, stoga su za rješavanje ove problematike potrebni kadrovi tehničko-tehnološkog profila.

Kako jedno idejno-oblikovno rješenje gotovog ili finalnog proizvoda može imati nekoliko inačica konstrukcijskih rješenja, tj. univerzalno ili modelsko i adaptirano ili namjensko za neposrednu tehnologiju, to su i kadrovi usmjereni na određene vrste djelatnosti koje su najčešće i funkcionalno odvojene u industrijskoj proizvodnji.

Prema ovako podijeljenim djelatnostima u udžbeniku će se detaljno obraditi samo konstruiranje kao nastavak rada na oblikovanju proizvoda, tj. polazište procesa konstruiranja bit će idejno oblikovan gotov proizvod ili asortiman proizvoda.

Vrlo složena i rastuća problematika u konstruiranju nekih strojarskih i građevnih konstrukcija utjecala je na razna istraživanja na tom području. Na taj se način razvila nova znanost - znanost o konstruiranju. Istraživanja gotovih proizvoda od drva dala su osnove znanstvenom pristupu za diskurzivne metode, tj. za primjenu drugih matematičko-analitičkih metoda ili rezultata znanstvenih istraživanja na području drvnih konstrukcija, gotovih drvnih proizvoda i materijala za njihovu izradu. Prvi rezultati ovakvoga pristupa u odnosu na intuitivne metode nesumnjivo ukazuju na niz prednosti u postizavanju ušteda i podizanju kvalitete gotovih proizvoda. U udžbeniku je ukratko iznesen pristup sustavnom ili metodičkom konstruiranju drvnih konstrukcija.

U ovoj knjizi koja obrađuje elemente drvnih konstrukcija, sustavno su razvrstani načini sastavljanja prema osnovnim konstrukcijskim oblicima. Na takav sustavni način omogućen je jednostavan izbor velikog broja spojeva i vezova s osnovnim

podacima o normiranim ili empirijskim dimenzijama i profilima, te ostalim čimbenicima sastavljanja dijelova i sklopova.

Poznavanje elemenata drvnih konstrukcija osnova je za donošenje konačnih rješenja i za oblikovanje konstrukcija gotovih proizvoda.

Gotovi drveni proizvodi kao namještaj ili oprema zgrada klasificiraju se u pet skupina s obzirom na vrstu konstrukcije i namjenu. Razrada konstrukcija po proizvodima za namjensko opremanje prostora bila bi vrlo opsežna i neprikladna za ovaj udžbenik, stoga su odabrane najvažnije konstrukcijske vrste. Kako namještaj i drveni proizvodi za opremanje zgrada zauzimaju najveći udio u industriji namještaja i ostalih proizvoda od drva, to su nešto opširnije obrađene konstrukcije tih proizvoda u drugoj i trećoj knjizi koje se pripremaju.

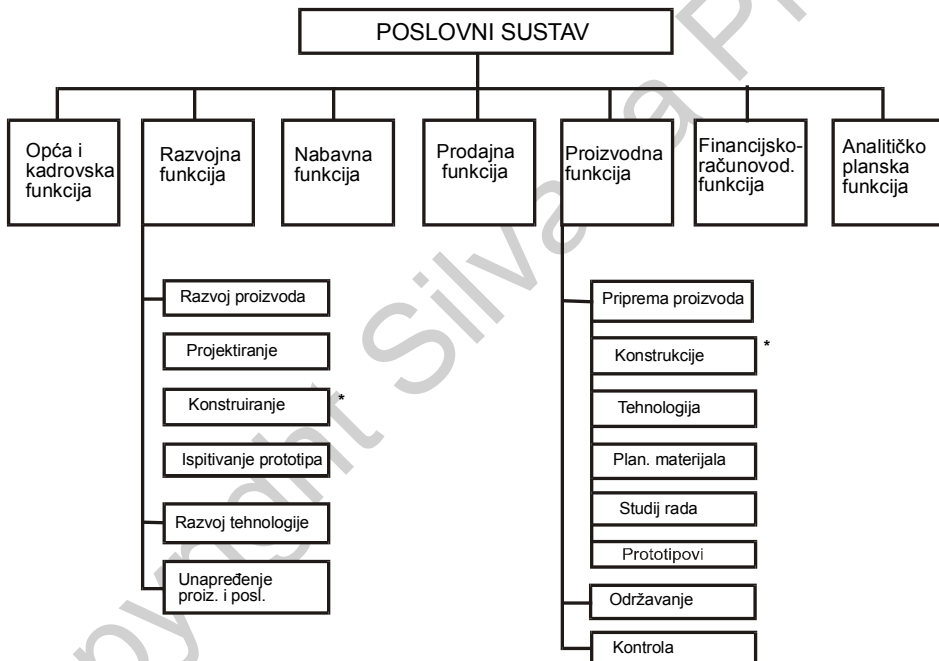
Copyright Silvana Prevedat

## 2. MJESTO I ZADACI KONSTRUIRANJA

### 2.1. MJESTO KONSTRUIRANJA U POSLOVNOM SUSTAVU

Konstruiranje se javlja u okviru poslovnog sustava na dva mjesta. U podsustavu razvojne funkcije nalazi se razvoj proizvoda kao zasebna podfunkcija. U procesu razvoja proizvoda konstruiranje čini jednu od faza u konkretizaciji novog proizvoda. To je tzv. tehnološka obrada novog ili redizajniranog proizvoda.

Drugo se mjesto nalazi u proizvodnji, tj. u podfunkciji pripreme proizvodnje ili neposredne izrade. (Slika 2.1.-1).



**Slika 2.1.-1** Mjesto konstruiranja u okviru poslovnog sustava

Pojam konstruiranja u širem smislu obuhvaća djelatnosti oko pripreme pribora i pomagala, izradu nacрта proizvoda, raznih shema i sastavnica, opremanje nacрта i sve potrebne radove oko dimenzioniranja proizvoda, proračuna i definitivnog izbora osnovnih i pomoćnih materijala, te tehničkih opisa i drugih naznaka konstruktora.

Pod pojmom konstruiranja podrazumijevaju se u užem smislu svi poslovi koji su potrebni da se neki proizvod konstruktivno i idejno riješi, projektira, tj. prikaže crtežom u mjerilu, proračuna i konstruktivno razradi do te mjere da njegova

tehnološka i operativna razrada omogućiti nesmetano ostvarenje u proizvodnom pogonu.

**Konstruiranje proizvoda** prva je faza rada u proizvodnom procesu, o kojoj izravno ovise sve ostale faze pripreme izrade i neposredne izrade. Nacrta proizvoda i sastavljanje dijelova osnova su za razradu tehnološkog procesa, studij rada i vremena, određivanje kapaciteta, određivanje potreba materijala, potrebe financijskih sredstava, nabave repromaterijala itd.

**Oblikovanje**, dizajniranje ili projektiranje proizvoda prethodi konstrukciji, ali ono ne određuje konačna konstrukcijska rješenja, već omogućuje alternative koje ovise o tehnološkoj strukturi pogona za koji je potrebno konstrukciju prilagoditi ili koncipirati nova tehnološka rješenja. Dizajniranje i konstruiranje sadržajno se razlikuje, ali je povezano u procesu razvoja proizvoda aktivnostima sa zajedničkim ciljem.

Faza konstruiranja započinje u **procesu razvoja proizvoda** na osnovi idejnog oblikovnog rješenja te predstavlja prvu koncepciju konstrukcijskog rješenja koje je u većini slučajeva univerzalnog značenja, a služi za skupljanje dokumentacije o razvoju proizvoda ili za modeliranje prototipa. Prvo konstruiranje na bazi podloge idejnog oblika proizvoda još se naziva tehnološkom obradom idejnog oblikovnog rješenja. Tehnološkom obradom konstruktor-tehnolog, određuje sve čimbenike neophodne za izradu uzoraka koji služe za izvođenje, ocjenjivanje i ispitivanje činilaca kvalitete. Proces konstruiranja obrađen je u posebnom poglavlju.

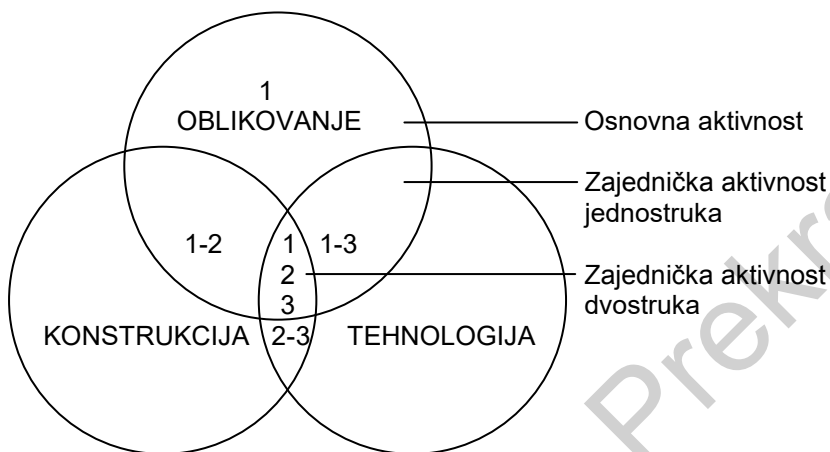
Ako sami dizajneri-projektanti rješavaju probleme konstrukcija, moraju biti informirani o svim konstrukcijsko-tehnološkim uvjetima, tj. normama, te o primjeni osnovnih i pomoćnih materijala. Rezultati timskog rada povoljniji su ako dizajner obuhvati problematiku oblikovanja, a konstruktor i tehnolog rješavaju probleme tehnologičnosti, standardizacije i dr.

Aktivnosti konstruktora u **okviru pripreme izrade** usmjerene su na prilagođavanje konstrukcijskih rješenja potrebama neposrednog izvođenja. Ovdje se izrađuje tehnička dokumentacija u skladu sa zahtjevima tehnološke i operativne pripreme proizvodnje za njeno uspješno izvođenje.

U pripremi izrade prototipna dokumentacija se prilagođava tehnološkim mogućnostima i organizaciji procesa izrade. U konstrukcijskim uredima tehnička se dokumentacija može i ne mora prilagođavati postojećoj tehnologiji, već se može inicirati njeno inoviranje tj. prilagođavanje tehnologiji proizvoda.

## 2.2. KONSTRUIRANJE I UŽA GRANIČNA PODRUČJA

U procesu razvoja ideje o novom proizvodu i oblikovanju proizvoda javljaju se potrebe određivanja elemenata tehnologičnosti, tj. sudjelovanja specijaliziranih stručnjaka u rješavanju problema određivanja vrsta i dimenzija materijala za izradu, izbora konstrukcijskih sastava, ocjene mogućnosti racionalne izrade na industrijski način i sl.



**Slika 2.2.-1** Granična područja s osnovnim i zajedničkim aktivnostima

**Međusobna suradnja** određuje granična područja u djelokrugu osnovnih aktivnosti (Slika 2.2.-1).

Granična područja označavaju zajedničku aktivnost. Timski rad na razvoju proizvoda može biti jednostruk, tj. zajednička aktivnost provodi se između dizajnera i konstruktora, dvostruk, kada surađuje i tehnolog, odnosno višestruk kada je potrebno u razvoj uključiti i druge stručnjake, npr. za matematičke proračune, ergonomiju, antropometriju, pedagogiju, studij rada i sl. Na taj način možemo proširiti granična područja na širi krug međusobne suradnje i odrediti opseg pojedinih zadataka.

Značajan je i utjecaj konstrukcije i tehnologije na početak aktivnosti oblikovanja. Na taj način dizajner i konstruktor mogu ispuniti sve zadaće za optimizaciju proizvodnje, distribucije i uporabe.

U procesu razvoja novog proizvoda mogu se donijeti sasvim nova konstrukcijska rješenja s primjenom već poznatih ili sasvim novih materijala. Isto tako novo oblikovan proizvod može biti baza za razvoj nove tehnologije.

S druge strane, nova konstrukcijska rješenja i mogućnosti suvremenih strojeva za obradu drva i drvnih materijala mogu izravno utjecati na oblikovanje proizvoda, uzimajući u obzir mogućnosti tehnološke opreme npr. kod obrade zaobljenih rubova na kuhinjskom namještaju.

Zadaci konstruiranja koji su ranije izneseni mogu se podijeliti s obzirom na složenost zadataka na:

- Poslove konstruiranja u procesu razvoja proizvoda koji su pretežno stvaralačkog karaktera i vezani za zajedničke aktivnosti.

Rješenja su pretežno univerzalna za potrebe izrade prototipa. Ovdje govorimo o inovacijama u širem smislu.

- Poslovi konstruiranja u pripremi proizvodnje su rutinski, tj. oni koji nisu kreativnog karaktera, sastoje se pretežno od individualne razrade nacrti i druge tehničke dokumentacije za potrebe radnih naloga neposredne proizvodnje. Ovdje se idejna oblikovna rješenja prilagođavaju na određenu novu tehnologiju, tj. ona su strogo namjenska. Ovdje govorimo o inovacijama u užem smislu.

Kod manjih poduzeća sve funkcije konstruiranja postavljaju se pretežno uz izvršitelje u pripremi proizvodnje, dok su kod većih proizvodnih organizacija konstruktori postavljaju prema namjeni, npr. za razvoj proizvoda, za pripremu naloga, za održavanje, tj. za konstruiranje alata, naprava, šablona i sl.

S obzirom na vrstu konstrukcijske razrade razlikuje se:

- razrada konstrukcija novooblikovanog proizvoda
- ponovna razrada konstrukcija postojećeg proizvoda, tzv. rekonstruiranje radi izmjene postojećeg rješenja. Slične aktivnosti provode se u industrijskom oblikovanju tzv. redizajnu.

### 2.3. NACRTI KONSTRUKCIJA KAO SREDSTVO PLANIRANJA, OBLIKOVANJA RADA I UPRAVLJANJA

Tehnički nacrti ili crteži su važno i neophodno sredstvo informiranja i razumijevanja kod oblikovanja i izvođenja planiranih proizvoda. Nacrti proizvoda i sastavnih dijelova osnova su daljih razrada za oblikovanje tehnoloških procesa, izradu specifikacija potreba materijala, rukovođenje proizvodnjom, kontrolom obrade itd. U literaturi se djelatnost tehničkog crtanja još naziva **inženjerska grafika**.

Stručnjaci određenog stupnja kvalifikacije, zaposleni u djelokrugu razvojnih ili tehničko-proizvodnih funkcija kao i kontrole kvalitete, trebaju uz ostalo znati i:

- kako se čitaju tehnički crteži - nacrti drvnih konstrukcija
- kako se izrađuju tehnički nacrti, odnosno treba ih znati izrađivati.

**Tehnički nacrt je osnovni nosilac podataka o obliku, konstrukciji i kvaliteti proizvoda** te je stoga nužno poznavanje istovrsnih pravila prikazivanja drvnih konstrukcija zbog što jednostavnijeg i razumljivijeg prijenosa informacija u obliku crteža.

Čitanje i izrada tehničkih nacrti osnovna su znanja tehničkog osoblja, što je ujedno i uvjet za njihovu svrsishodnu uporabu u procesu proizvodnje. Za izradu i prijenos informacija u obliku crteža vrijede osnovni i općeniti ciljevi i zadaci nauke o organizaciji kako je to prikazano u navedenim shemama (Slika 2.3.-1).

Navedeni ciljevi i zadaci odnose se na radnu organizaciju kao cjelinu, ali i na pojedinog djelatnika, koji, npr. konstruira ili samo obavlja određene zadatke na izradi tehničkih crteža. U tom slučaju crtež treba predstavljati sredstvo razvoja ili oblikovanja, planiranja i upravljanja.

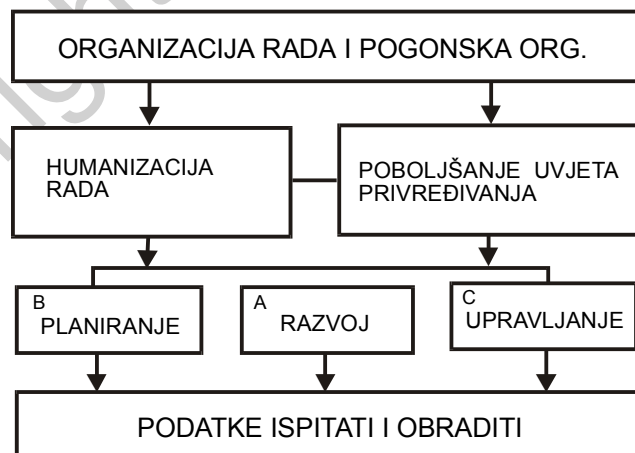
Kao jedno od sredstava za razvoj i oblikovanje uvjeta rada služe i tehnički crteži. Primjenom crteža u oblikovanju proizvoda, razradom u pripremi proizvodnje te neposrednom eksploatacijom u procesu izrade, nisu ispunjeni svi zadaci. Tehnička dokumentacija indirektno utječe na razvoj uvjeta rada. Uporabom kvalitetnih i dobro opremljenih tehničkih nacrti poboljšavaju se odnosi među ljudima na zajedničkim zadacima. Prijenosom informacija pomoću dobrih nacrti dolazi se prema iskustvu do boljih rezultata rada, a u pravilu i do većeg zadovoljstva u radu.

Utvrđeno je da tehnički crteži mogu pridonijeti oblikovanju uvjeta rada, a time i unapređenju cjelokupne organizacije rada. Slika 2.3.-2.

Poznato je da crteži i slike imaju bitno veću informativnu vrijednost od teksta.

Za ilustraciju mogu se uzeti grafički simboli i slike na području sigurnosti prometa, te u javnim i ugostiteljskim objektima, npr. piktogrami.

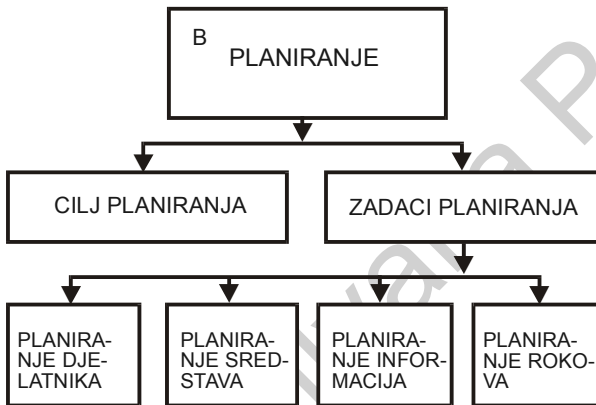
Kao sredstvo planiranja služe također tehnički nacrti u planiranju ciljeva i zadataka. U fazi planiranja informacija potrebno je odrediti način prikazivanja nacrtima, vrste nacrti, opremanje, kompletiranje, broj i mjesta primanja, odnosno tijek kretanja dokumentacije prototipa ili naloga za izradu. Istodobno se određuje broj izvršilaca s obzirom na opsežnost poslova na izradi nacrti i druge dokumentacije koju izrađuje konstruktor. Kod toga se uzimaju u obzir razna pomagala za obradu i umnožavanje nacrti, što može utjecati na broj izvršilaca. Kod razrade nacrti proizvoda (montažni nacrti) na sklopove i dijelove znatno se proširuje opseg zadataka. Operativno planiranje proizvodnje uz nabavu, neposrednu izradu i isporuku obuhvaća i zadatke u razvoju proizvoda i pripremi proizvodnje, što znači da zadaci na konstruiranju moraju imati vremenske normative koji služe prije svega za planiranje rokova ili za obračun plaća, te za premiranje. Slika 2.3.-4.



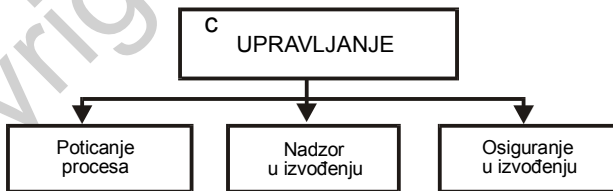
**Slika 2.3.-1** Shema ciljeva i zadataka organizacije rada



*Slika 2.3.-2 Shema zadataka razvoja uvjeta rada*



*Slika 2.3.-3 Shema zadataka planiranja*



*Slika 2.3.-4 Shema zadataka upravljanja*

Kao sredstvo upravljanja tehnički nacrti služe kao osnova svih informacija realizacije proizvodnog prijedloga ili narudžbe za izradu.

Upravljanje znači **poticati** proizvodni proces naručivanjem, nabavljanjem, informiranjem, lansiranjem proizvodnog naloga itd., nadalje znači nadzirati izvođenje, potrebne korekcije, te **osigurati** razne metode ispitivanja, kako bi rezultati rada bili pozitivni. ( Slika 2.3.-4.).



Upravljanje počinje u trenutku kada planirani proces dođe u termin za izvođenje. U procesu izrade to se naziva vođenje naloga ili upravljanje procesom izrade. Tehnička dokumentacija lansira se nešto ranije od lansiranja proizvodnje, radi pregleda i otkrivanja eventualnih nejasnoća ili nedostataka. Nacrta konstrukcija trebaju biti dovršeni, umnoženi i kompletirani s ostalom dokumentacijom do trenutka lansiranja dokumentacije.

Nacrta, kao nositelji podataka o konstrukciji i planiranoj kvaliteti, primjenjuju se za upoznavanje podataka i za njihovu obradu. To znači da se na osnovi nacрта mogu neposrednim uzimanjem podataka izrađivati planirani predmeti, odnosno podaci se mogu dalje određivati za druge namjene (oblikovanje procesa, potrebe materijala i sl.).

Za čitanje i izradu nacрта koji odgovaraju normama, tj. standardima i proizvodnoj strukturi za koju su namijenjeni, potreban je čitav niz podataka i stručnog znanja, te stanovite kreativne sposobnosti.

## **2.4. ZNANSTVENI PRISTUP PROJEKTIRANJU I KONSTRUIRANJU**

Sve veći i složeniji problemi u projektiranju i konstruiranju potaknuli su mnoga istraživanja. Kao rezultat tih istraživanja razvila se nova znanstvena disciplina – znanost o konstruiranju. Njezin je zadatak istraživanje procesa nastajanja konstrukcije proizvoda, i to otkrivanjem zakonitosti konstruktorske djelatnosti i razvijanjem metoda koje će omogućiti racionalan proces konstruiranja. Razina razvoja projektiranja i konstruiranja nalazi se u okviru primjene intuitivnih metoda rada, dok se znanost o konstruiranju i konstruiranje pomoću elektroničkog računala u hrvatskoj industriji namještaja tek uvodi. Predstoji upoznavanje tog znanstvenog područja i mogućnosti koje pruža ta djelatnost. U preradi drva posebno u proizvodnji namještaja i drvnih proizvoda za graditeljstvo primjenjuje se računalna grafika kao zamjena za konvencionalne rutinske radove crtača i konstruktora, koja često izostavlja cjelovitost konstruiranja od proračuna dimenzija, ergonomsku analizu oblika, označavanja materijala, obrade i dopuštena odstupanja – tolerancije.

Oblikovanje ili projektiranje kao faza dizajniranja u užem smislu predstavlja djelatnost koja ima za cilj određivanje funkcionalno-estetskih svojstava gotovog proizvoda, za razliku od samog konstruiranja koje određuje konstrukcijsko-tehnološke značajke proizvoda. Obje značajke sastavni su dio cjelokupnog procesa razvoja proizvoda, tj. u širem smislu ciljevi tih aktivnosti su zajedničke, ali se bitno razlikuju u sadržaju rada. Konstruiranje za razliku od projektiranja, tj. oblikovanja, ima znatno veće granično područje s tehnologijom i organizacijom izrade te bitno utječe na konačno oblikovano rješenje s aspekta tehničko-ekonomskih uvjeta realizacije novog ili preoblikovanog proizvoda. Stoga svako idejno oblikovano rješenje treba omogućiti alternative konstrukcijskih rješenja radi prilagođavanja određenom proizvodnom sustavu. Bez obzira na lokaciju funkcije razvoja proizvoda u nekom poslovnom sustavu, djelatnosti oblikovanja i konstruiranja teku s obzirom na sadržaj i vrijeme u različitim kombinacijama, od diskontinuiranog postupnog načina do kontinuiranog. Redoslijed aktivnosti

određen je sustavnim ili metodološkim pristupom i razlikuje se između pojedinih organizacijskih sustava.

Istraživanjem procesa konstruiranja, vremenskog udjela određenih radova te tokova misaonog procesa, utvrđeno je da u procesu postoji intuitivni (neznanstveni) i diskurzivni (znanstveni) način mišljenja pri rješavanju konstruktorskih problema i donošenja odluka. Intuitivni način bazira se na empiriji. Diskurzivne metode osnivaju se na rezultatima znanstveno-istraživačkih eksperimenata, proračuna i logičkih zaključaka.

Jedno od područja znanosti o konstruiranju je sustavno ili metodičko konstruiranje kojim se nastoji razviti proces konstruiranja primjenom sustavnih postupaka koji omogućuju općenito rješavanje konstrukcijskih problema. Sustavno ili metodičko konstruiranje omogućuje da se proces razradi algoritmički i rješava primjenom elektroničkog računala. Praktična primjena ove metode već se koristi u strojarstvu, brodogradnji i graditeljstvu, a uvođenje u područje drvnih konstrukcija nalazi se u sve većem zamahu.

Istraživanja se uglavnom provode u tri smjera:

- pronalaženje novih metoda rada
- razvijanje novih metoda kombinacijom već poznatih metoda
- poboljšanje poznatih metoda s obzirom na uspješnost.

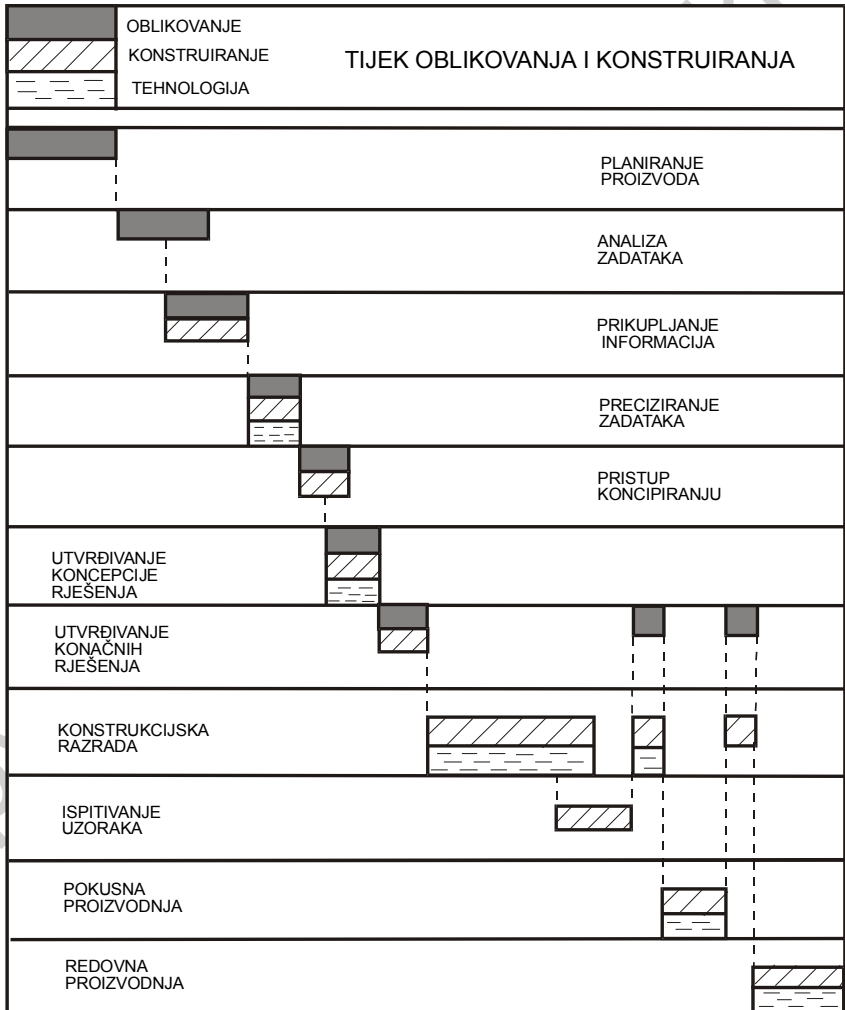
Sustavni ili metodički postupci nazvani su po njihovim autorima ili skupinama autora, a sve metode imaju sličan proces konstruiranja. Jedinственu sliku metode sustavnog ili metodičkog pristupa konstruiranju može se sagledati svrstavanjem zasebnih faza rada u logičan slijed po načelu tzv. tehnološke progresije. Vrsta od devet faza raznovrsnih aktivnosti sastoji se:

- od utvrđivanja svrsishodnosti zadataka
- od skupljanja i analize informacija o zadatku
- od preciziranja-konkretiziranja zadataka
- od konkretiziranja idealnog rezultata
- od traženja ideja i predviđanja rješenja
- od analize i obrade idejnih rješenja
- od izbora najpovoljnije inačice rješenja
- od razrade i pojednostavnjenja rješenja
- od vrednovanja i rezimiranja rezultata.

U sustavnom ili metodičkom konstruiranju postoje tri osnovna stupnja: koncipiranje koje je pretežno heuristička djelatnost s primjenom intuitivnih metoda; projektiranje kao heurističko-algoritmička djelatnost te konstruiranje kao pretežno algoritmička djelatnost s primjenom diskurzivne metode. Sva tri stupnja obuhvaćena su kod rješavanja novih konstrukcija, dok se optimalna konstrukcijska razrada izvodi u etapi konstruiranja. Obje metode danas se

izvode putem računarskih sustava koji objedinjuju projektiranje, konstruiranje i proizvodnju.

Redosljed aktivnosti pri oblikovanju i konstruiranju industrijskog proizvoda sastoji se u koncipiranju idejnih rješenja, zatim u njihovom konstruiranju i detaljnoj tehničkoj razradi, na osnovi koje će se izraditi prvi uzorci. U praksi se postupci odvijaju postupno ili usporedno u cilju skraćivanja cjelokupnog ciklusa. Kako je prikazano na slici 2.4.-1 sustavno ili metodičko konstruiranje opširnije će se obraditi u 2. knjizi.

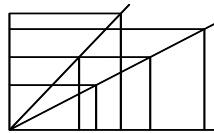


**Slika 2.4.-1** Gantogram: oblikovanje, konstruiranje i tehnologija kao usporedne aktivnosti u razvoju proizvoda

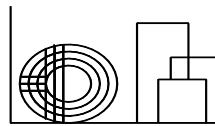
Na slici 2.4.-1 prikazan je gantogramom tijekom oblikovanja i konstruiranja do redovite proizvodnje novooblikovanog proizvoda.

Slijed aktivnosti sastoji se od tri osnovna stupnja: koncipiranja, projektiranja i konstrukcijske razrade. Slika 2.4.-2.

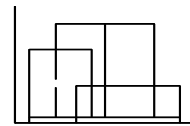
Koncipiranje



Proporcije  
Dimenzije

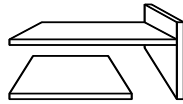


Drveni materijal  
Nedrveni materijali, boje

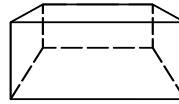


Idejno oblikovanje  
Razvoj

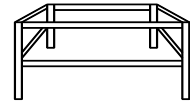
Projektiranje



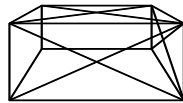
Određiti položaj ploha



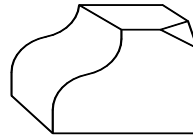
Pločaste konstrukcije



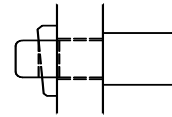
Okviraste  
konstrukcije



Utvrđiti oblik

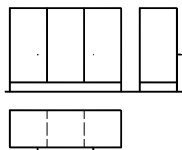


Obraditi oblik

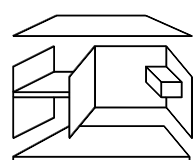


Povezati ili spojiti

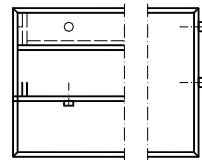
Konstruiranje



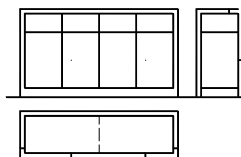
Namještaj



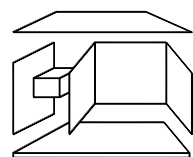
Koncepcija sastavljanja



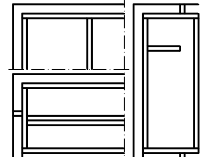
Detalji



Unutarnja oprema zgrada

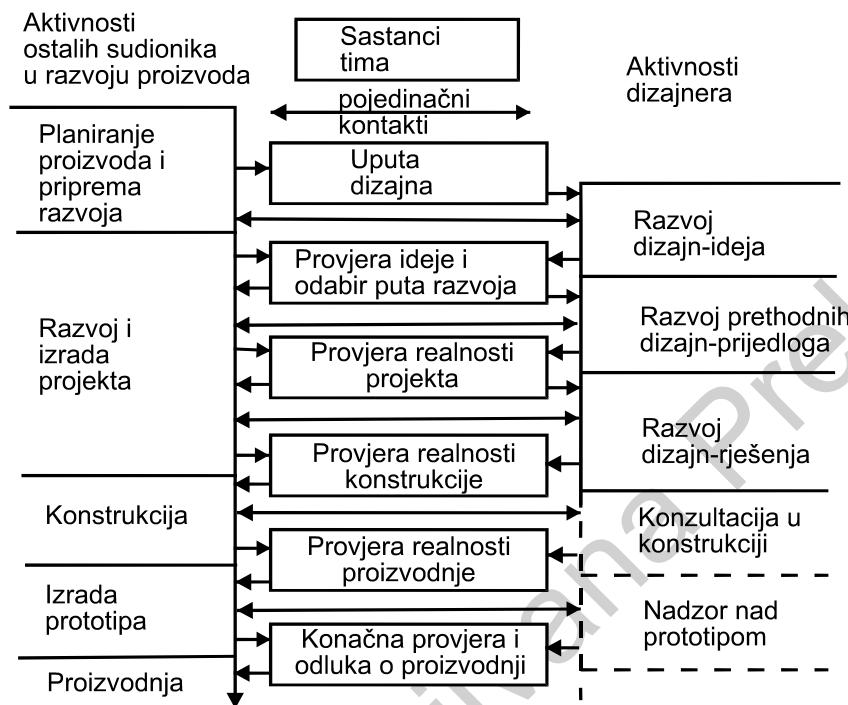


Koncepcija sastavljanja

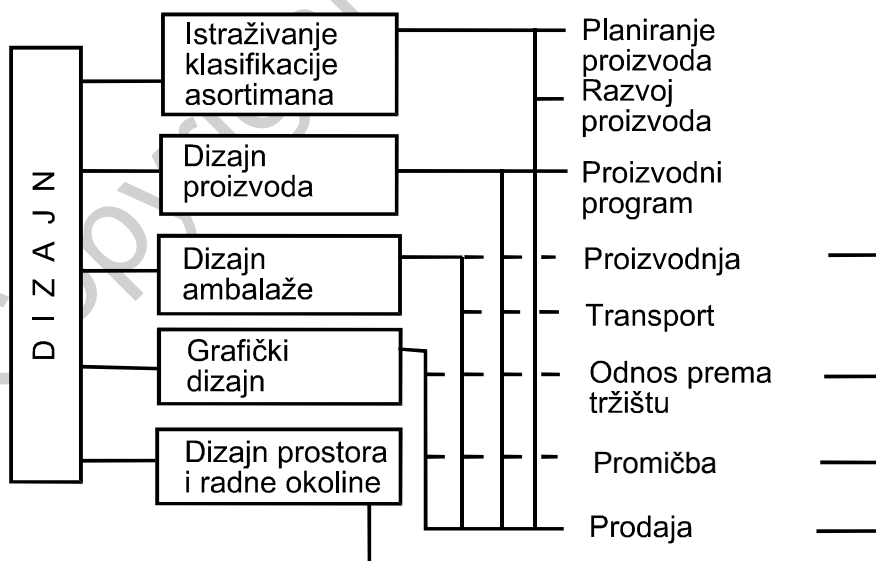


Detalji

**Slika 2.4.-2** Prilog dijagramu sustavnog ili metodičkog konstruiranja sa slikovitim prikazom postupaka u fazama koncipiranja, projektiranja i konstruiranja namještaja i unutarnje opreme



**Slika 2.4.-3** Shema procesa dizajna proizvoda sa međukcijama dizajnera i ostalog razvojnog tima koja se često koristi



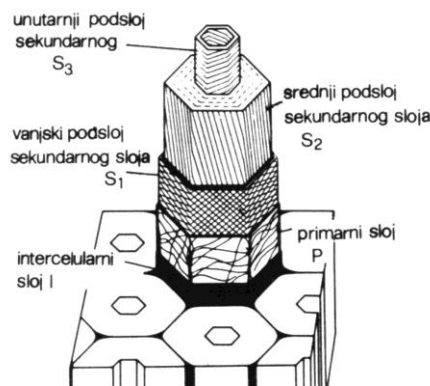
**Slika 2.4.-4.** Aspekti dizajna u odnosu na aktivnosti poduzeća (prema Robotiću)

## 3. DRVO I DRVNI MATERIJALI

### 3.1. TEHNIČKA SVOJSTVA DRVA

#### 3.1.1. Građa drva

Osnovni element građe drva je stanica. Živa stanica sastoji se od membrane i sadržine i protoplasta. Stijenka stanice sastavljena je od pet slojeva: središnje lamele, primarne stijenke, prijelaznog sloja, sekundarne stijenke i tercijarne stijenke, slika 3.1.-1.



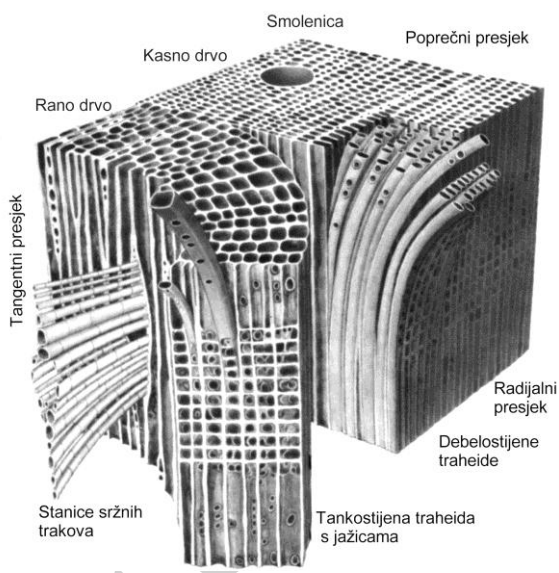
*Slika 3.1.-1 Model stijenke traheide četinjače*

Celuloza u stijenci stanice organizirana je kao sustav poznat pod imenom resasta micelarna formacija. Osnovna biološka jedinica celuloznog kostura stijenke je mikrofibril. To je svežanj lančanih molekula celuloze i pridruženih polisaharida koji su mjestimično pravilno, paralelno poredani, a mjestimično manje pravilno. Molekula celuloze neodređene dužine može se širiti kroz više kristalastih i poluamornih područja. Membrana stanica u početku njezina nastanka je tanka, a kasnije tijekom rasta centralni sloj sekundarne stijenke stanica odeblja i membrana poprimi specifičnu strukturu i oblik. U fazi odebljanja sekundarne stijenke nastaju jažice. To su neodebljala mjesta membrana stanica koja služe za komunikaciju između lumena susjednih stanica. Submikroskopska građa jažica i njezinih dijelova vrlo je složena, te je od posebnog značenja za propusnost tvari u živom i mrtvom drvu.

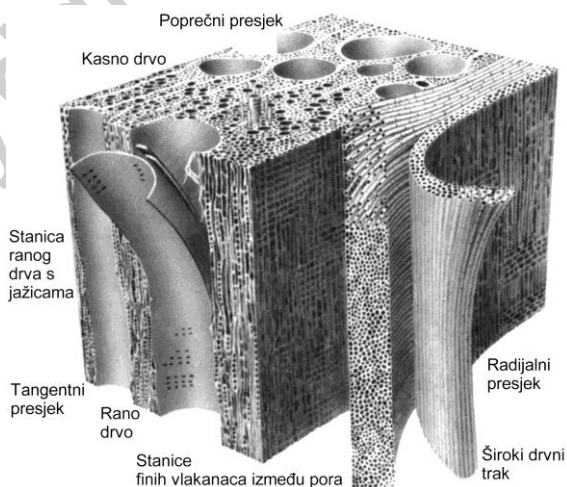
Drvo je nehomogene građe. Ta se nehomogenost očituje i u različitosti elemenata građe drva. Elementi građe drva dijele se u dvije skupine. Prva obuhvaća elemente građe koji služe fiziološkom zadatku, a druga obuhvaća elemente građe koji služe mehaničkom zadatku.

Važni elementi građe drva su: traheide, libriformska vlakanca, vlaknaste traheide, traheje, parenhim i dr. Traheide četinjača dijele se na traheide ranog i kasnog drva. Pored toga kod drva četinjača treba još razlikovati traheide trakova i kratke traheide u nizu. Traheje su izraziti provodni elementi drva

listača. Vlakanca su izraziti predstavnici mehaničkih elemenata drva listača. Dijeje se na libriformska vlakanca i vlaknaste traheide. Parenhimske stanice su manje od ostalih elemenata građe. Mogu biti izodijametrične, kratke ili produljene. U drvu listača i četinjača razlikuju se tri tipa živih stanica: uzdužni ili aksijalni parenhim, radijalni parenhim te epitelni parenhim. Na slici 3.1.-2 je prostorni prikaz histološke građe drva četinjača, a na slici 3.1.-3 prikaz histološke građe drva listača.



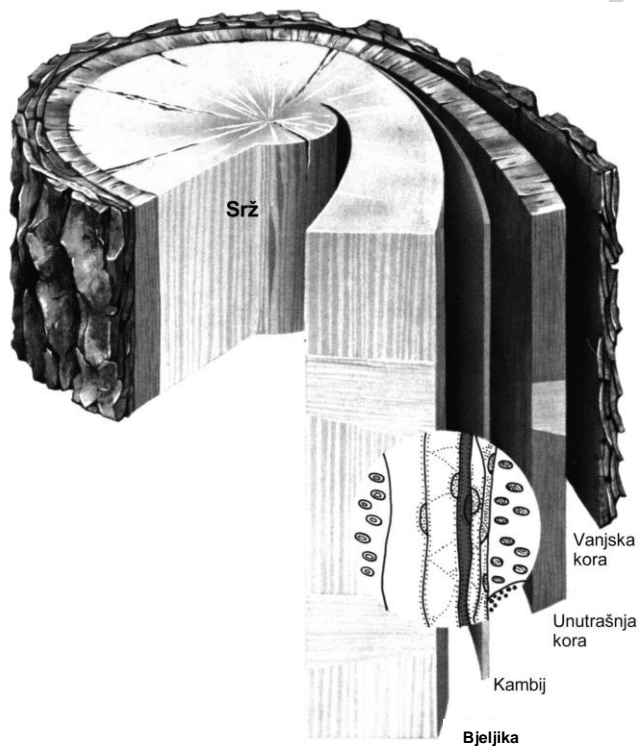
**Slika 3.1.-2** Prostorni prikaz histološke građe četinjača - borovina



**Slika 3.1.-3** Prostorni prikaz histološke građe listača - hrastovina

Postoje znatne razlike u građi drva listača i četinjača. Drvo četinjača jednostavnije je građe nego drvo listača. Broj elemenata građe drva listača veći je, a njihov raspored nepravilniji nego kod drva četinjača. Ove razlike u građi drva četinjača i listača od praktične su važnosti za raspoznavanje vrsta drva i za primjenu u izradi raznih drvnih proizvoda.

Za makroskopsku građu važna su tri međusobno okomita presjeka. To su poprečni, tangentialni i radijalni presjek. Na poprečnom presjeku drva vide se prostim okom kora, godovi, bjeljika i srž. Unutar goda kod drva četinjača i prstenasto poroznih listača razlikuje se zona ranog i kasnog drva. Kod nekih vrsta listača vide se sržni trakovi drva, a kod nekih četinjača i smolenice. U anatomskom središtu poprečnog presjeka debla nalazi se srčika. Na slici 3.1.-4 prikazan je presjek debla s makroskopskim elementima.



**Slika 3.1.-4** Presjek debla s makroskopskim elementima

Širina goda je indikator određenih fizičkih i mehaničkih svojstava drva, odnosno kvalitete drva.

Osržavanje drva je proces prelaženja bijeli u srž. Tijekom toga procesa odumiru žive stanice, a u drvu nastaju određene anatomske i kemijske promjene. Kao posljedica ovih promjena kod nekih se vrsta promijeni ton boje unutarnjeg drva. To su jedričave vrste drva. Vrste kod kojih nema razlike u boji drva bijeli i srži zovu se bakuljave.



### 3.1.2. Estetska svojstva drva

Estetska svojstva drva čine skupinu tehničkih značajki koje se nalaze i zapažaju na obrađenim površinama drva.

Osjetilima vida zapaža se boja, sjaj, tekstura i finoća, a osjetom njuha miris drva. Ovdje se podrazumijevaju mehanički obrađene površine bez primjene hidrotermičke obrade, te djelovanja kemijskih sredstava kojima se u procesu obrade mijenjaju estetska svojstva. Danas postoji niz metoda (parenje, impregnacija, bojenje, tiskanje, lakiranje i dr.) kojima se prirodna estetska svojstva mijenjaju da bi se postigli drugi izražajni efekti, te se vrste drva s bezizražajnom bojom i teksturom "popravljaju" na efekte skupocjenih vrsta drva.

Boja i tekstura razlikuju se kod različitih vrsta drva, te je kod istih vrsta različita s obzirom na raspored anatomskih elemenata, sastav i količinu infiltrata, način obrade i dr.

Estetska svojstva dolaze do izražaja u konstrukcijama kojima želimo istaknuti teksturu drva (slika anatomske građe) i kombinacije boja prilikom sastavljanja dijelova i sklopova.

Mehaničkom obradom drva s pravilnom građom nastaje pravilna tekstura. Na slici 3.1.-5 prikazana je tekstura s obzirom na poprečni (frontalni, čelni) presjek.

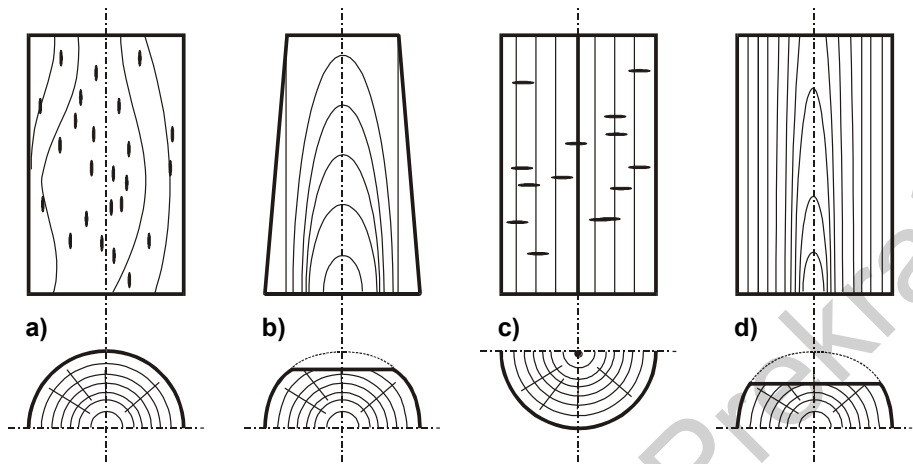
Tehnikama tokarenja ili ljuštenja dobiva se spiralna tekstura, te ovisno o obliku obrađenog predmeta tekstura stošca ili kugle.

Tekstura ovisi o građi, obliku i dijelu debla, te načinu obrade.

Račvasto deblo daje piramidalnu teksturu, deblo ispod grane ili od žilišta daje đeveravu rebrastu teksturu ili teksturu korijena. Greške u građi drva često daju teksturu zanimljivih i poželjnih efekata, a takve teksture se nazivaju nepravilnima.

Usklađivanje jedne ili različitih tekstura drva, kao i kombinacije određenih presjeka u vezi su s ostalim tehničkim svojstvima drva, te nije moguće konstruirati složene mozaike od drva bez uvažavanja fizičko-mehaničkih svojstava.

Tehnička ili umjetna tekstura karakteristika je sastavljenih konstrukcija ili sklopova. Tehnikama lijepljenja, te naknadnom mehaničkom obradom moguće je dobiti veliki broj različitih složenih tekstura i njihovih kombinacija u sastavljanju sklopova s furnirskim listovima, lijepljenim pločama ili na gotovim proizvodima.



**Slika 3.1.-5.** Pravilna tekstura drva, a) periferne ili vanjske, b) tangencijalne - bočnice, c) radijalne - blistače, d) polubočnice ili polubliskače

Pojam finoće drva označava pravilnost i ujednačenost građe kao: pravilnost nizanja godova i ujednačenost njihove širine. Finoća se izražava razmakom odnosno prosječnim razmakom godova.

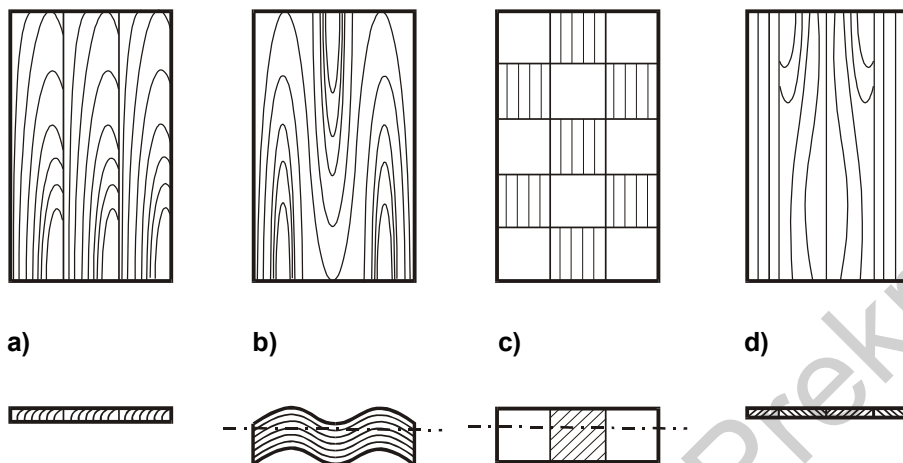
Slika 3.1.-6. pokazuje primjere teksture drva s obzirom na položaj presjeka na trupcu.

### 3.1.3. Osnovna fizička svojstva

#### Poroznost

Drvo je porozna tvar (za razliku od metala, stakla i većine plastike) izgrađena od čvrstih stijenki stanica drva i staničnih šupljina, tzv. pora. Prosječna volumna masa drvne tvari (bez pora) za sve vrste drva iznosi  $1,50 \text{ g/cm}^3$ . Volumna masa drva (specifična masa) ovisi o udjelu pora, vlazi i infiltratima. Volumen pora obrnuto je razmjernan prema volumnoj masi, tj. što je veća volumna masa to je manji volumen pora i obratno.

Kod listača razlikujemo rastresito i prstenasto porozno drvo, dok se za četinjače u trgovini govori da su "neporozne" vrste drva.



**Slika 3.1.-6** Drvne konstrukcije sa složenom teksturom:

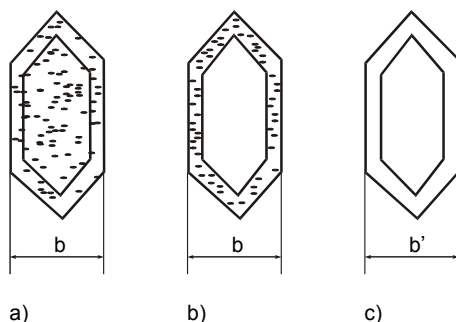
- a) usporodnim slaganjem istovrsnih elemenata
- b) uslojenim debljinskim lijepljenjem
- c) slaganjem raznovrsnih elemenata
- d) slaganjem raznovrsnih furnira.

Porozno drvo, tj. ono s velikim udjelom pora u pravilu ima neka negativnija tehnička svojstva koja pri konstruiranju proizvoda treba uzeti u obzir. Poroznije vrste su manje čvrstoće i tvrdoće, imaju veću pojivost i upijanje vlage, manju otpornost na habanje i trajnost. Poroznije vrste prave veće poteškoće u mehaničkoj obradi, lijepljenju i površinskoj obradi drva.

Poroznost ima i pozitivne strane, a to su izolacijska svojstva i relativno mala volumna masa sastavnih dijelova u konstrukciji. Poroznost drva omogućuje njegovo stlačivanje, tj. smanjenje volumena. Stlačivost ili kompresibilnost je omjer između smanjenja volumena nekog tijela i tlaka koji na to tijelo djeluje. Komprimirano drvo dobiva se tlačenjem u hidrauličkim prešama. Svrha tlačenja je povećanje tvrdoće obradaka namijenjenih posebnim proizvodima, kao što su npr. čunjevi u tekstilnoj industriji, neki elementi strojnih dijelova i ručnih alata.

### Sadržaj vode u drvu

Voda u drvu postoji kao slobodna i vezana voda. Slobodna voda nalazi se u šuplinama stanica (lumenima) i važna je za prijenos rastopljenih tvari u živom stablu. Vezana voda nalazi se u stijenkama stanica i važna je za fizičke i mehaničke osobine otvorenog i izrađenog drva, a prije svega za utezanje i bubrenje. Na slici 3.1.-7. shematski su prikazani oblici sadržaja vode u drvu.



**Slika 3.1-7.** Shematski prikaz sadržaja vode u stanicama drva  
a) vezana i slobodna voda b) vezana voda c) konstitucijska voda

Sadržaj vode u drvu utvrđuje se na više načina i to direktnim i indirektnim metodama. Od direktnih metoda najviše se koristi gravimetrijska metoda ili metoda sušenja, a od indirektnih su metode električnih higrometara (vlagomjera).

Standardni postotak sadržaja vode u drvu  $w$ , utvrđuje se jednadžbom:

$$w = \frac{m_v - m_s}{m_s} \cdot 100 \dots \%$$

gdje je:  $m_v$  = masa vlažnog drva  
 $m_s$  = masa standardno suhog uzorka

Prema sadržaju vode drvo se dijeli na:

**sirovo drvo**, tj. drvo u času obaranja, kada sadržaj vode iznosi kod četinjača 40 ... 200 %, a kod listača 35 ... 130 % u odnosu na volumnu masu drva;

**provedo drvo**, tj. drvo koje je sušenjem izgubilo slobodnu vodu, a voda u stijenkama stanica je u tzv. "zasićenju", odnosno stanju zasićenosti vlaknaca (žice), te sadrži 22 ... 40% vode. Točke zasićenosti se kreću oko 30% vode i različite su za pojedine vrste drva.

**prosušeno drvo** je ono koje je sušenjem izgubilo slobodnu i dio vezane vode. Sadržaj vode prosušenog drva odgovara stanju higroskopske ravnoteže, odnosno određenoj relativnoj vlazi zraka. To je prirodno suho ili "zrakosuho" drvo čiji sadržaj vode iznosi 12 ... 18%, odnosno "sobosuho" drvo 8 ... 12%.

**standardno suho** ili **suho drvo** čiji je sadržaj vode oko 0%, a dobije se sušenjem u sušioniku, te ima više teoretsko nego praktično značenje.

Za izradu finalnih proizvoda drvo se suši prirodno u sušioničkim složajevima ili u posebno izgrađenim sušionicama u kojima se postižu uvjeti higroskopske ravnoteže oko 5 ... 10% vlage drva. Veća kvaliteta sušenja postiže se ako se dosušuje već predosušeno drvo.

## Higroskopnost drva

Drvo je higroskopna tvar, tj. upija vodenu paru iz zraka (adsorpcija), odnosno isparava svoju vodu iz unutrašnjosti (desorpcija). Drvo će upijati ili ispuštati vodenu paru iz staničnih stijenki dok ne postigne stanje higroskopske ravnoteže. Struktura drva i njegov kemijski sastav imaju visok higroskopski potencijal, stoga osušeno drvo u uvjetima visoke zračne vlage intenzivno upija vodenu paru i time se ponovno navlažuje. Iznad 60 % relativne vlage voda se veže za drvo procesom kapilarne kondenzacije. Kretanje vode u drvu uvjetovano je permeabilitetom mikroskopske i submikroskopske strukture drva. To kretanje je fenomen difuzije. Difuzija, odnosno kretanje vode u drvu ovisi o koeficijentu difuzije, a on ovisi o temperaturi, pritisku i volumnoj masi drva.

**Tablica 3.1.-1** Vлага u drvu i proizvodima od drva

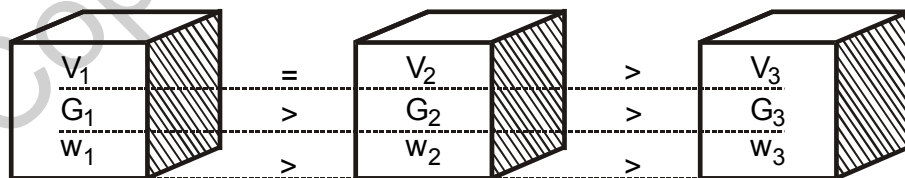
Vlaga u drvu pri uporabi kao:	%	rel. vl., %
vanjske građevne konstrukcije	22	84
vrtni namještaj	16	70
namještaj bez centralnog grijanja	10 ... 12	50
namještaj sa centralnim grijanjem	8 ... 10	45
drvni materijal za lakiranje	6 ... 8	30

Kretanje vode najveće je u smjeru vlakana, odnosno 10 do 15 puta veće je u smjeru nego poprečno na vlakanca.

Higroskopnost drva smanjuje se tehnikama impregnacije, površinske obrade i drugim tehnikama zaštite.

## Volumna masa drva - gustoća

Volumna masa drva ( $\rho$ ) označava masu jedinice volumena kao poroznog tijela, izražena u  $\text{g/cm}^3$  ili  $\text{kg/m}^3$ . Masa i volumen se mjere kod određenog sadržaja vode u drvu. Izražavanje volumne drvene mase standardno suhog drva uobičajeno je u europskoj praksi, ali se također koriste i podaci o volumnoj masi prosušenog, provelog i sirovog drva.



**Slika 3.1.-8.** Prikaz odnosa volumena  $V$  i volumne mase  $G$  pri smanjenju sadržaja vlage u drvu  $w$

Volumna masa standardno suhog drva je:

$$t_o = G_o / V_o$$

( $G_o$  = masa uzorka nakon sušenja,  $V_o$  = volumen nakon sušenja)

Nominalna volumna masa suhe tvari u jedinici sirovog volumena:

$$t_n = G_o / V_v$$

( $V_v$  = volumen vlažnog drva iznad 40 %). Ovi podaci koriste se u američkoj praksi.

Volumna masa kod određenog sadržaja vlage računa se po jednadžbi:

$$G_v = \frac{t_o \cdot w}{100} + t_o \quad \dots \quad \text{g/cm}^3$$

gdje je:

$$t_o = \frac{t_n \cdot w}{100} \quad \dots \quad \text{g/cm}^3$$

Primjer: Kolika je volumna masa bukovine kod vlažnosti 70 %?

$$t_o = 0,535 \cdot 0,70 = 0,374 \text{ g/cm}^3$$

$$G_v = 0,374 \cdot 0,70 + 0,374 = 0,637 \text{ g/cm}^3$$

**Tablica 3.1.-1** Volumna masa nekih važnijih domaćih vrsta

Vrsta drva	Volumna masa, g/cm <sup>3</sup>		
Bukovina	0,49	0,69	0,88
Hrastovina	0,39	0,69	0,79
Borovina	0,30	0,49	0,86
Jelovina	0,32	0,41	0,71
Balsa	0,05	0,13	0,24
Gvajakovina	0,95	1,22	1,30
Čelik		7,80	

### Utezanje i bubrenje drva

Kada drvo sušenjem gubi slobodnu vodu ono mijenja svoju masu, a dimenzije ostaju nepromijenjene. Međutim, kada drvo sušenjem gubi vezanu vodu ono mijenja masu i

dimenzije, te kažemo da drvo uteže. Utezanje je posljedica sušenja drva od točke zasićenosti vlakanaca do stanja standardne suhoće. Suho drvo u doticaju s vlažnim zrakom upija vodenu paru, te povećava masu i volumen. Bubrenje drva je posljedica upijanja vodene pare od stanja standardne suhoće do točke zasićenosti vlakanaca. Utezanje, odnosno bubrenje različito je u odnosu na vrstu drva, smjerove elemenata građe drva, pa je tako najveće u smjeru godova (tangencijalno), nešto manje u smjeru drvnih trakova (radijalno), a najmanje u smjeru vlakanaca (longitudinalno). Primjeri utezanja i bubrenja izneseni su na slici 3.1.-9, a deformacija na slikama 3.1.-10. i 3.1.-11.

Veličina utezanja izražava se postotnim odnosom razlike dimenzija sirovog i suhog drva prema dimenziji u sirovom stanju. Linearno utezanje utvrđuje se mjerenjem dimenzija, a volumno se također utvrđuje mjerenjem ili na osnovi podataka o tri linearna utezanja.

$$\text{Utezanje: } \beta = \frac{D_v - D_o}{D_v} \cdot 100 \quad \dots \quad \%$$

$$\text{Bubrenje: } \alpha = \frac{D_v - D_o}{D_o} \cdot 100 \quad \dots \quad \%$$

$D_v$  = dimenzija u vlažnom stanju

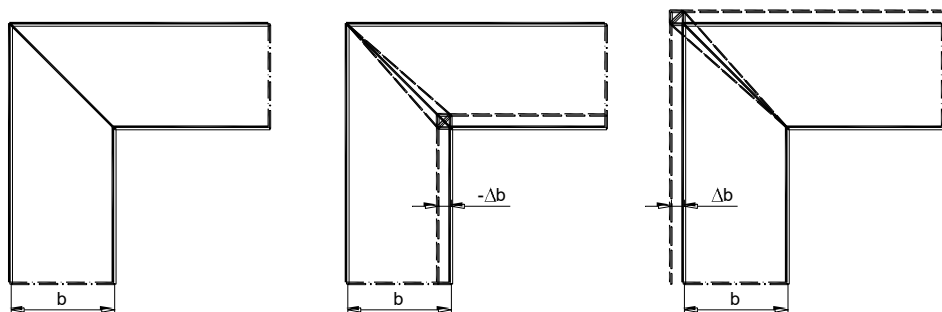
$D_o$  = dimenzija u suhom stanju

Za europske vrste drva utezanje iznosi u postocima:

▪ longitudinalno	0,1	0,4	0,6
▪ radijalno	2,3	4,3	6,8
▪ tangencijalno	6,0	8,2	11,8
▪ volumno	8,5	12,9	18,8

Navedeni podaci upozoravaju na važnost bubrenja i utezanja u konstrukcijama od cjelovitog drva, a posebno se naglašava nastajanje tlaka bubrenja koji može prouzročiti oštećenja konstrukcije, ukoliko se rješenja sastavljanja ne prilagode očekivanim promjenama dimenzija u sastavljenoj konstrukciji.

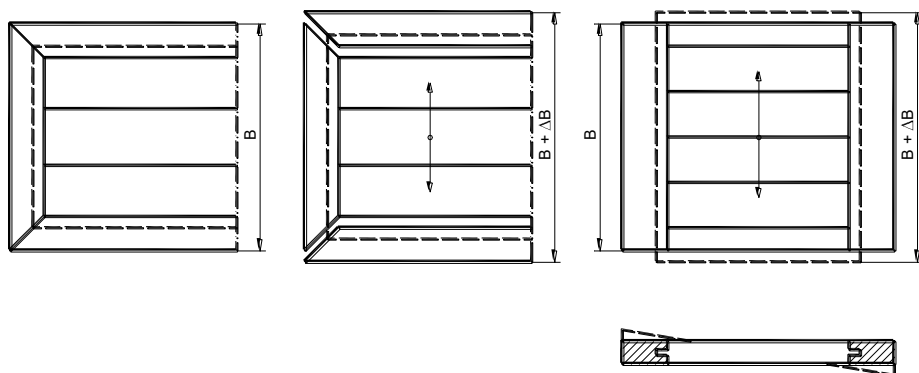
Proračuni utora, zazora, otvora i drugih elemenata sastavljanja dijelova i sklopova proračunavaju se prema očekivanju najvećeg bubrenja, odnosno utezanja.



**Slika 3.1.-9** Primjeri utezanja i bubrenja na okvirnicama širine  $b$  spojenih lijepljenjem na kosi sljub



**Slika 3.1.-10** Primjer deformacija na ukladenom okviru širinski lijepljenom ukladom pri bubrenju



**Slika 3.1.-11** Prikaz nastalih deformacija pri bubrenju širinski lijepljene ploče od cjelovitog drva s rubnim letvicama na čelnim rubovima

### Akustička svojstva drva

Drvo je dobar vodič zvučnih valova. Brzina rasprostiranja zvuka u drvu 10 do 15 puta je veća nego u zraku, odnosno približna je kao u metalu. U tom smislu drvo je nezamjenjiv materijal za gradnju muzičkih instrumenata, te za oblaganje dvorana za muziciranje, čime se postiže dobro odvođenje, odnosno prigušenje zbog unutarnje frikcije.



Brzina rasprostiranja zvuka određuje se formulom:

$$v_z = \sqrt{\frac{E}{\rho}} \quad \dots \quad m/s; \quad \rho = \frac{V}{g} \quad \dots \quad N_s^2/m^4$$

gdje je:

$V$  = volumna masa drva, daN/m<sup>3</sup>

$g$  = gravitacija; 9,81 m/s<sup>2</sup>

$E$  = modul elastičnosti, daN/cm<sup>2</sup> ( $E = \sigma / \varepsilon$ )

$\sigma$  = naprezanje, daN/cm<sup>2</sup>

$\varepsilon$  = relativno produženje ( $\Delta l / l$ )

**Tablica 3.1.-2** Brzina rasprostiranja zvuka za neke vrste drva

Vrsta materijala	Vol. masa, $\rho$ g/cm <sup>3</sup>	brzina zvuka, $v_z$ m/s
Bukovina	0,70	3,412
Hrastovina	0,65	4,300
Jelovina	0,40	5,256
Željezo	7,85	5,000
Pluto	0,25	530

Najveća brzina rasprostiranja zvuka je u smjeru vlaknaca. Što je veći modul elastičnosti i manja volumna masa, te drvo pravilnije građe, to je moguća veća brzina rasprostiranja zvuka.

Značajan je i otpor zvuka ( $\omega = \rho \cdot v_z$ ). Za bukovinu on iznosi 22 daNs/cm<sup>3</sup>, zrak 0,004 daNs/cm<sup>3</sup> itd.).

Prednost drva je također da apsorbira zvuk i da smanjuje refleksiju zvuka. U tom pogledu drvo ispunjava dekorativne zahtjeve i kao izolacijski materijal u prigušenju buke.

Konstrukcije za prigušenje buke, tzv. protubučne stijene, vrata, kabine i sl. izrađuju se kombinacijom različitih materijala i to porozno drvo, ploče, prirodni i sintetski vlaknasti materijali, gumene trake i profili, te razne mase za brtvljenje.

Posebnu specijalnost čine graditelji muzičkih instrumenata koji su konstruiranje savršeno povezali s tehničkim svojstvima tzv. rezonantnog drva kako bi postigli savršenstvo zvuka drvenih glazbala.

### Toplinska svojstva drva

Od toplinskih svojstava drva u drvnim konstrukcijama važna je dilatacija, vodljivost topline i specifična toplina.

**Dilatacija** je posljedica zagrijavanja suhog drva, a očituje se linearnim, površinskim i volumnim promjenama dimenzija.

Promjena jedinice dužine kod promjene temperature za  $1^{\circ}\text{C}$  izražava se koeficijentom dilatacije ( $\alpha$ ).

Koeficijent dilatacije za neke vrste drva u uzdužnom i poprečnom smjeru:

	$\alpha_{  } \cdot 10^{-6}$	$\alpha_{\perp} \cdot 10^{-6}$
▪ bukovina	6,34	47,4
▪ hrastovina	5,45	42,7
▪ jelovina	3,71	58,4

Dilatacija može imati važnost ukoliko se drvo izlaže vrlo visokim ili niskim temperaturama (raspukline).

**Vodljivost topline** je sposobnost tvari da provodi toplinu, a izražava se koeficijentom vodljivosti topline ( $\text{W/mK}$ ).

	$\text{g/cm}^3$	w	$\lambda_{  }$	$\lambda_{\perp}$
▪ jasenovina	0,78	15 %	0,305	0,176
▪ smrekovina	0,41	16 %	0,222	0,121

Relativno mala vodljivost topline kod drva pogoduje konstrukcijama kojima se oblažu metalni predmeti, kao razna držala i podlošci.

### Specifična toplina drva

Specifična toplina je količina topline (džul, J) koja je potrebna da se masa tvari zagrije za jedan stupanj K. Ona ovisi o temperaturi i sadržaju vode u drvu. Srednja specifična toplina standardno suhog drva iznosi  $c = 1,3567 \text{ kJ/kgK}$ . Ona ima tehnološko značenje pri zagrijavanju, sušenju itd.

### Električna svojstva drva

Električna svojstva drva su ona koja se javljaju kada na drvo djeluje elektricitet. Pri djelovanju istosmjerne električne struje na drvo važan je specifični električni otpor, a pri djelovanju izmjenične struje visoke frekvencije na drvo važna su svojstva: dielektrična konstanta, čimbenik energije i otpor radiofrekventnoj struji. Poznavanje električnih svojstava važno je pri određivanju sadržaja vode u drvu električnim vlagomjerom, te sušenju i lijepljenju drva u visokofrekventnom električnom polju i općenito u primjeni elektrotermije u obradi drva.

Električna vodljivost i električni otpor drva ima značaj u tehnologiji prerade drva kod sušenja, lijepljenja i savijanja u visokofrekventnom električnom polju. Za drvene proizvode je važno da električni otpor ovisi o vrsti drva i volumnoj masi, te o smjeru vlakana. Otpor je veći u poprečnom, nego u uzdužnom smjeru. Za suho drvo specifični električni otpor iznosi oko  $3 \cdot 10^{18} \Omega \text{ cm}$ .

## Vodljivost svjetla

Pod vodljivošću svjetla podrazumjeva se propusnost drva za svjetlosne i rendgenske zrake. Sunčano svjetlo ne prodire duboko ispod površine drva što ovisi o građi drva. Tako npr. veći stupanj propusnosti za svjetlo pokazuje bjeljika u odnosu na srž. Vлага i smole povećavaju propusnost svjetla. Propusne debljine iznose za poroznije vrste drva do 1 mm, a polupropusne debljine su do 3 mm. Praktične koristi propusnosti svjetla kroz drvo su pri kontroli grešaka na plemenitim furnirima, isticanje estetskih svojstava pri izradi raznih sjenila za svjetiljke. Svojstvo drva da upija infracrvene zrake koristi se za sušenje i sterilizaciju furnira i lamela. Luminiscencija je optička pojava pri kojoj se emitira dio svjetla koji grije, pretvoren u toplinu, a može poslužiti pri kontroli intenziteta i dubine penetracije sredstva za impregniranje drva.

Drvo lako propušta rendgenske zrake što se primjenjuje u tehničke svrhe. Jedna od njih je otkrivanje stranih predmeta i grešaka u drvu.

### 3.1.4. Mehanička svojstva drva

Mehanička svojstva drva se javljaju kad na drvo djeluju neke mehaničke sile koje nastoje izmijeniti oblik ili dimenzije drvenih dijelova i sklopova. Promjene oblika i dimenzija nazivamo deformacijama koje mogu biti **elastične** ili primarne i **plastične** ili trajne.

Otpor što ga drvo pruža djelovanju mehaničkih sila dovodi do unutarnjih naprezanja ili napona. Vlačna i tlačna naprezanja posljedica su djelovanja normalnih mehaničkih sila, a posmična naprezanja posljedica su prečnih ili tangencijalnih sila. Zajedničko naprezanje sva tri naprezanja daje složeno napregnute konstrukcije, kao npr. savijanje.

Svakom naprezanju odgovara određena deformacija. Unutar određenih granica deformacije su proporcionalne i ravnaju se po Hooke-ovom zakonu:

$$\varepsilon = \alpha \cdot \sigma = \frac{l}{E} \cdot \sigma = \frac{\sigma}{E}$$

gdje je:

$\varepsilon$  = deformacija, relativno produženje

$E$  = modul elastičnosti

$\alpha$  = konstanta ovisna o materijalu

$\sigma$  = normalno naprezanje

### Elastičnost drva

Elastičnost je svojstvo kod kojeg se tijelo pod utjecajem vanjskih sila privremeno deformira, a nakon djelovanja sile ono zauzima prvobitni oblik.

Žilavost je svojstvo materijala kojom se ono pod utjecajem vanjskih sila trajno deformira bez oštećenja.

Mjera elastičnosti je modul elastičnosti, a to je odnos između naprezanja i deformacije:

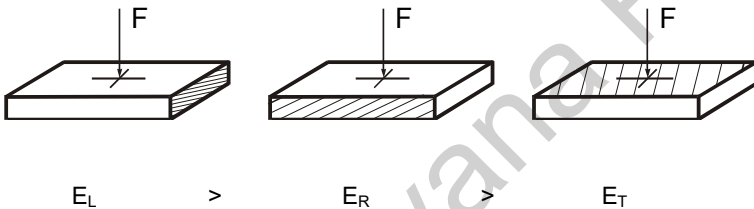
$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon} \quad \dots \quad \text{daN/cm}^2$$

gdje je:

$\sigma$  = naprezanje pojedine površine,  $\text{N/cm}^2$

$\varepsilon$  = relativna deformacija po jedinici dužine ( $\Delta l / l$ )

Modul elastičnosti je u smjeru vlaknaca najveći ( $E_L$ ), dok su u radijalnoj ravnini ( $E_R$ ) svega 1/6 do 1/23  $E_L$ , a u tangencijalnoj ravnini, tj. okomito na vlaknaca 1/11 do 1/40  $E_L$  (slika 3.1.-12)



**Slika 3.1.-12** Utjecaj položaja godova i smjera djelovanja sile na modul elastičnosti

**Tablica 3.1.-1.** Modul elastičnosti u smjeru vlaknaca ( $E_L$ ) kod drva vlažnosti 15 % za domaće komercijalne vrste drva

Četinjače	80.000 ... 160.000	daN/cm <sup>2</sup>
Listače	100.000 ... 190.000	"
Bukovina	100.000 ... 180.000	daN/cm <sup>2</sup>
Hrastovina I.	100.000 ... 132.000	"
Jelovina	66.000 ... 172.000	"

Poissonov broj ( $\eta$ ) je omjer između specifičnog poprečnog skraćivanja ( $\delta = \Delta d/d$ ) i spec. uzdužnog produženja ( $\varepsilon = \Delta l/l$ ) i izražava se jednadžbom:

$$\eta = \delta / \varepsilon$$

jasen ....  $\eta_{L-R} = 0,533$  ,  $\eta_{L-T} = 0,653$  itd.,

Elastičnost je svojstvo koje se koristi u drvenim konstrukcijama gdje dolazi do dugotrajnih ili impulsnih opterećenja, a trajne deformacije nisu poželjne. To su

prije svega podloge ležaja u krevetima, namještaj od lameliranog (uslojenog) drva, te razne sportske naprave i rekviziti.

Žilavost drva je poželjna kod drvenih dijelova za masivni savijeni namještaj (klasično savijanje) gdje su poželjne trajne deformacije ugrađenih savijenih dijelova.

### Čvrstoća drva

Čvrstoća je najveće unutarnje naprezanje neposredno prije loma. To je svojstvo drva kojim se ono opire djelovanju vanjskih sila koje ga nastoje raskinuti (čvrstoća na vlak), stlačiti (čvrstoća na tlak), smrviti (čvrstoća na smicanje), saviti (čvrstoća na savijanje), usukati (čvrstoća na sukanje), slomiti (čvrstoća na udarac), rascijepiti (čvrstoća na cijepanje).

Lomovi ili trajne deformacije koje nastaju zbog preopterećenja sastavnih dijelova i sklopova, potrebno je dimenzionirati prema zahtjevima uporabe gotovih proizvoda i čvrstoće odabranog drvnog materijala. U praksi govorimo o statičkim opterećenjima ili statičkoj čvrstoći, te o dinamičkim opterećenjima ili dinamičkoj čvrstoći.

Statička čvrstoća je posljedica mirnih ili postepenih djelovanja mehaničkih sila (npr. raznih opterećenja), dok je dinamička čvrstoća posljedica naglih i trenutnih djelovanja mehaničkih sila (npr. raznih udarnih opterećenja).

**Čvrstoća na vlak** je najveće unutarnje naprezanje koje se javlja kada na tijelo djeluju sile protivnog smjera, te ga nastoje raskinuti. Čvrstoća na vlak znatno je veća u smjeru vlakana od one okomito na vlakanca. Čvrstoća na vlak za neke vrste drva navedena je u tablici 3.1-2.

Čvrstoća na vlak dolazi do izražaja u drvnim konstrukcijama kod raznih vertikalnih ovješača, npr. pri ovješanju stropova o drvene ovješače, zatim u rešetkastim krovnim konstrukcijama i drugdje. Sile vlaka uzrokuju deformacije produljenja u smjeru njihova djelovanja.

**Tablica 3.1.-2** Čvrstoća na vlak za neke komercijalne vrste drva

Vrsta drva	Čvrstoća na vlak ( $\sigma_v$ ), daN/cm <sup>2</sup>		
	longitudinalno	tangencijalno	radijalno
Bukovina	570 ... 1.350 ... 1.800	29 ... 93	37 ... 117
Hrastovina	500 ... 900 ... 1.800	26 ... 93	32 ... 117
Bukovina ob.	350 ... 1.040 ... 1.960	9 ... 53	15 ... 88
Jelovina	480 ... 840 ... 1.200	13 ... 32	21 ... 54
Čelik	3.300 .....	7.000	

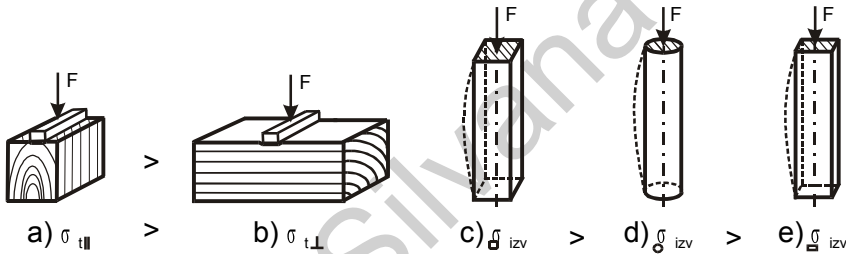
**Čvrstoća na tlak** je najveće unutarnje naprezanje kada na drvo djeluju mehaničke sile koje ga nastoje stlačiti, odnosno zgnječiti. Čvrstoća s obzirom na smjer vlakana u drvu bitno se razlikuje, tako je u smjeru vlakana 3 do 10 puta veća od čvrstoće na tlak okomito na vlakanca. Podaci u tablici 3.1.-3 odnose se na drvo s oko 15 % vode.

**Tablica 3.1.-3** Čvrstoća na tlak za neke komercijalne vrste drva

Vrsta drva	Čvrstoća na tlak ( $\sigma_t$ ), daN/cm <sup>2</sup>	
	u smjeru vlakancaca (  )	okomito na vlakanca (⊥)
Bukovina	410 ... 620 ... 990	60 ... 90
Hrastovina	540 ... 610 ... 670	65 ... 105
Jelovina	310 ... 470 ... 590	20 ... 95

**Čvrstoća na izvijanje** je posebna vrsta čvrstoće na tlak, a određena je minimalnom tlačnom silom koja uzrokuje naprezanje izvijanja čija je posljedica deformacija i promjena dimenzije tijela u smjeru djelovanja sile.

U području drvnih konstrukcija provjerava se i proračunava čvrstoća na tlak u smjeru vlakancaca kod vertikalnih nosača zgrada (stupova), opreme objekata (stupovi i potpornji), te namještaja (sve vrste nogu i nožišta). Slika 3.1.-13a i b. Izvijanje tanjih drvenih profila rješava se prikladnim konstrukcijama, tj. dodavanjem pogodnih profila ili sastavljanjem u prikladnu rešetku. Slika c,d, i e.



**Slika 3.1.-13** Primjeri opterećenja za čvrstoću na tlak: a) tlačno usporedno s vlakancima b) okomito na vlakanca c) izvijanje usporedno s vlakancima na štapi kvadratičnog presjeka d) kod kružnog presjeka e) kod pravokutnog presjeka

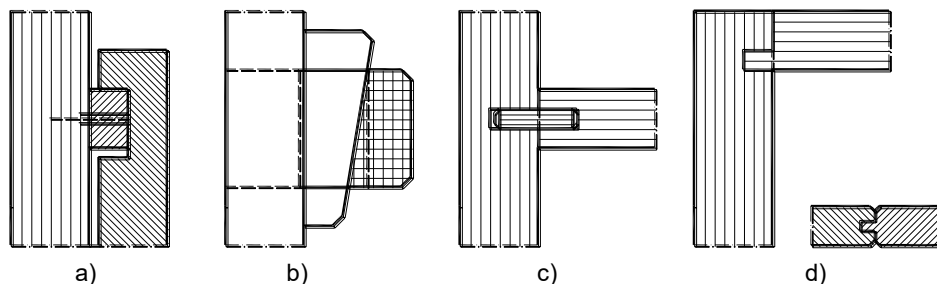
**Čvrstoća na tlak** okomito na vlakanca potrebna je na detaljima sklopova pri povezivanju vijcima, npr. ispod podložnih pločica ili glava vijaka. Obloge podova, podlošci ispod vertikalnih nosača i slične konstrukcije zahtijevaju primjenu vrsta drva veće tlačne čvrstoće. Tvdoća drva u vezi je sa čvrstoćom na tlak.

**Čvrstoća na smicanje** ili **odrez** najveće je unutarnje naprezanje koje se javlja ako na drvo djeluju suprotne sile koje nastoje da ga pomaknu ili razdvoje paralelno ili okomito na smjer vlakancaca uz tzv. smicanje ili odrezne površine. Čvrstoća na smicanje frontalno ili okomito na smjer vlakancaca veća je 3 do 4 puta nego čvrstoća u smjeru vlakancaca. Usporedni orijentacijski podaci o čvrstoći na smicanje iznijeti su u tablici 3.1.-4.

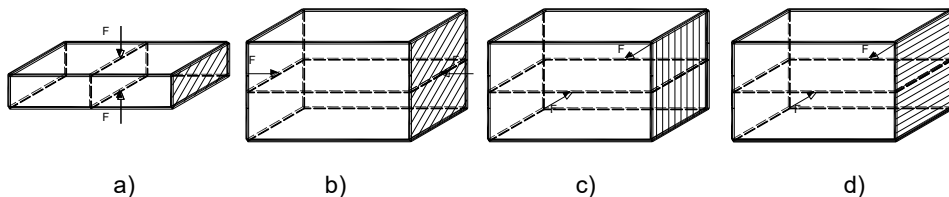
**Tablica 3.1.-4** Čvrstoća na smicanje za neke domaće komercijalne vrste drva

Vrsta drva	Čvrstoća na smicanje ( $\tau_s$ ), daN/cm <sup>2</sup>		
	$\tau_{sRT}$	$\tau_{sL}$ u smjeru vlaknaca (  )	$\tau_{sF}$ okomito na vlaknaca ( $\perp$ )
Bukovina	40	65 ... 80 ... 190	195 ... 340 ... 570
Hrastovina	55	60 ... 110 ... 130	180 ... 320 ... 390
Jelovina	25	37 ... 50 ... 63	110 ... 250 ... 275

Čvrstoća na smicanje u smjeru vlaknaca razlikuje se u odnosu na tangencijalnu i radijalnu ravninu tako da je u tangencijalnoj ravnini čvrstoća veća za 15 do 35 %. Ujedno je čvrstoća na smicanje poprečno na vlaknaca (pod kutom) u odnosu na smicanje u smjeru vlaknaca do dva puta manja. Vidi primjere na slici 3.1.-14. i 3.1.-15.

**Slika 3.1.-14.** Primjer čvrstoće na smicanje

- ovješena ladica – tangencijalno ili radijalno smicanje,
- učvršćenje postolja klinom – longitudinalno smicanje,
- polica ormara spojena moždanikom – čelno ili frontalno smicanje,
- ploča ormara spojena utorom ili perom – čelno smicanje ili presijecanje vlaknaca

**Slika 3.1.-15** Shematski prikaz smicanja površina – položaj unutarnjih napreznja prema smjeru vlaknaca a) frontalno smicanje, b) longitudinalno, c) radijalno, d) tangencijalno

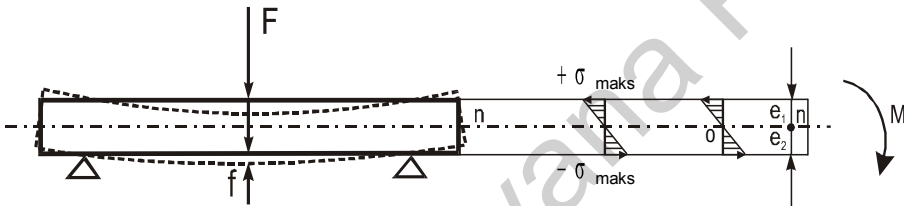
**Čvrstoća na savijanje** je najveće naprezanje u drvu, ako na njega djeluje sila ( $F$ ) koja je okomita na njegovu uzdužnu os, te ga nastoji saviti. Moment savijanja ( $M = F \cdot l$ ) uzrokuje naprezanje ( $\sigma_s$ ) koje je raspodijeljeno po presjeku drva (nosača, grede) razmjerno udaljenosti od neutralne osi.

Horizontalni nosači i konzole česte su u drvnim konstrukcijama, pa se za drvene konstrukcije zgrada obavezno izvode proračuni naprezanja i progiba i primjenjuju norme o dopuštenim naprezanjima. Slika 3.1.-12.

$$+\sigma_{max} = \frac{M_{e_1}}{I}; \quad -\sigma_{max} = \frac{M_{e_2}}{I}; \quad \sigma_{max} = \frac{M_e}{I} = \frac{M}{W} \quad \left[ \frac{\text{N} \cdot \text{cm}}{\text{cm}^3} \right]$$

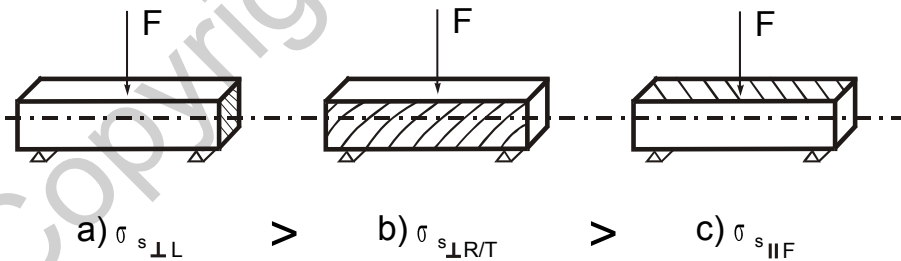
$I$  = moment tromosti presjeka A s obzirom na  $n$  ( $\text{cm}^4$ )

$W$  = moment otpora ( $\text{cm}^3$ )



**Slika 3.1.-16** Shema dijagrama naprezanja pri savijanju

Prema smjeru vlaknaca i uzdužnoj osi drvenog tijela (nosača) razlikujemo tri vida čvrstoće na savijanje. Slika 3.1.-17.



**Slika 3.1.-17** Čvrstoća savijanja različita je zavisno o djelovanju sile i položaja smjera vlaknaca

- savijanje okomito na smjer vlaknaca, longitudinalno,
- savijanje okomito na smjer vlaknaca radialno ili tangencijalno,
- savijanje usporedno sa smjerom vlaknaca frontalno



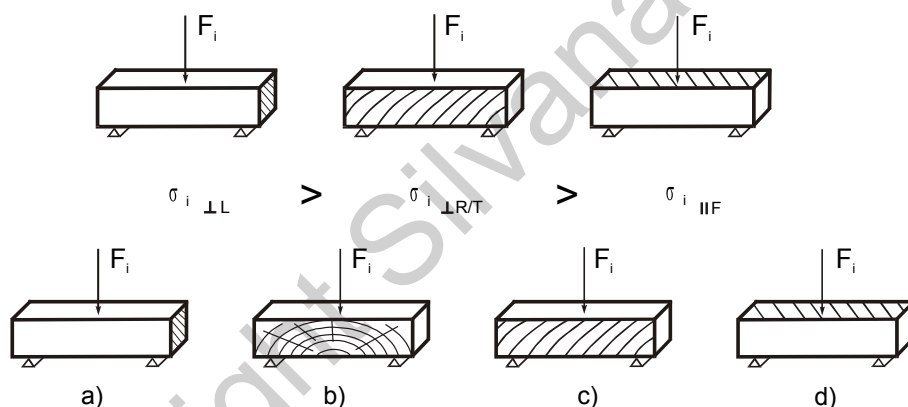
**Tablica 3.1.-5.** Čvrstoća na savijanje okomito na smjer vlaknaca u uzdužnom smjeru – longitudinalno, odnosno usporedno s vlakancima:

Vrsta drva	Čvrstoća na savijanje usporedno s vlakancima
Bukovina	740 ... 1230 ... 2100
Hrastovina	740 ... 880 ... 1050
Jelovina	470 ... 730 ... 1180

Čvrstoća na savijanje okomito na smjer vlaknaca – u poprečnom smjeru nekoliko puta je manja u odnosu na usporedan smjer s vlakancima.

Dinamička čvrstoća na savijanje ili čvrstoća na udarac izražava se specifičnom radnjom loma. Najveću čvrstoću na udarac pokazuje drvo u radijalnom smjeru, tj. smjer impulsa je kao i smjer djelovanja sile kod longitudinalnog savijanja. Vidi sliku 3.1.-18.

Najmanja čvrstoća na udarac je kada je smjer impulsa tangencijalan na godove.



**Slika 3.1.-18.** Dinamička čvrstoća na savijanje

- udarac djeluje poprečno na smjer vlaknaca, a uzorak je poduprt u longitudinalnom smjeru,
- udarac je okomit na smjer vlaknaca, a uzorak je poduprt u radijalnom ili
- u tangencijalnom smjeru,
- udarac je paralelan sa smjerom vlaknaca, a uzorak je poduprt frontalno

**Tablica 3.1.-6.** Specifična radnja loma na važnije vrste drva

Vrsta drva	Specifična radnja loma, kJ/m <sup>2</sup> (II)
Bukovina	30 ... 100 ... 140
Hrastovina	10 ... 60 ... 160
Jelovina	30 ... 42 ... 120

Čvrstoća na udarac važna je u konstrukcijama drvnih proizvoda za graditeljstvo: vrata, prozori (prečke), stubišta i ljestve; u konstrukcijama namještaja: stolice,

stolovi, kreveti; u konstrukcijama posebnih proizvoda od drva: čamci, vesla, elementi vozila i dr.

Najmanju čvrstoću na udarac drvo ima kada je smjer impulsa tangencijalan na godove.

**Čvrstoća na sukanje ili torziju** je najveće naprezanje u drvu, ako na njega djeluje moment para sila koji ga nastoji zaokrenuti oko njegove osi.

Moment torzije:

$$M_t = F \cdot l \quad \dots \quad \text{daNcm}$$

gdje je:  $F$  = sila, daN

$l$  = krak, cm

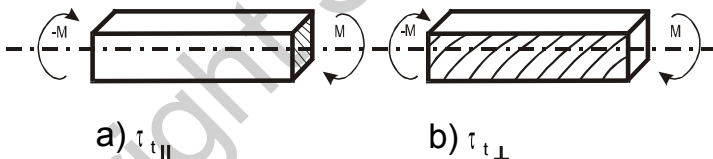
Naprezanje na torziju:  $\tau_t = \frac{M_t}{W_p} \quad \dots \quad \text{daN/cm}^2$

$W_p$  = moment otpora presjeka,  $\text{cm}^3$

Dodatni moment torzije za kružni presjek:

$$M_t = \frac{\pi}{16} \cdot d^3 \cdot \tau_{dop} \quad \dots \quad \text{daN/cm}^2$$

Čvrstoća na sukanje ovisi o kutu otklona vlaknaca prema osi oko koje drvo zaokreće (suče). Čvrstoća na sukanje različita je za razne vrste drva i kreće se u granicama 90 ... 300 daN/cm<sup>2</sup>. Usporedne čvrstoće na sukanje prikazane su na slici 3.1.-19.



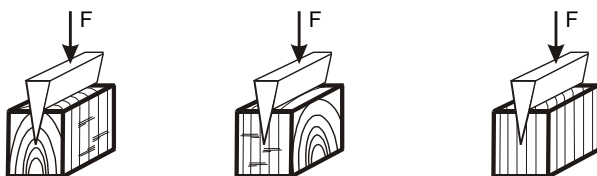
**Slika 3.1.-19.** Čvrstoća na savijanje različita je prema smjeru vlaknaca  
 a) sukanje paralelno s vlakancima – os sukanja je također paralelna s vlakancima,  
 b) sukanje okomito na smjer vlaknaca

Čvrstoća na sukanje važna je pri dimenzioniranju i izboru drva za elemente sportskih naprava, posebno nosača konzola, stolova i stolica s jednom nogom, te drvenih vretena za mehaničke preše.

**Čvrstoća na cijepanje** je otpor što ga drvo pruža rastavljanju svoje mase u dva dijela u longitudinalnom smjeru. Razdvajanje pri ispitivanju obavlja se prodiranjem klina – cijepanjem ili na posebnim strojevima za kidanje. Razlikuje se dinamičko i statičko cijepanje, tj. udarcima ili polaganim postepenim pritiskivanjem klina. Čvrstoća na cijepanje može se shvatiti kao čvrstoća na vlak okomito na vlakanca s ekscentrično smještenim hvatištima sila rastavljanja. Slika 3.1.-20.

**Tablica 3.1.-7** Čvrstoća na cijepanje za neke vrste drva iznosi u daN/cm<sup>2</sup>:

Vrsta drva	$\sigma_{cR}$	$\sigma_{cT}$	$\sigma_{cD}$
Bukovina	4,7 ... 6,7 ... 10,5	6,7 ... 9,6 ... 12,2	-
Hrastovina	3,4 ... 5,3 ... 7,5	5,4 ... 4,2 ... 8,5	-
Jelovina	2,0 ... 2,7 ... 4,2	2,9 ... 3,6 ... 4,6	2,2 ... 3,2 ... 4,2



$$a) \sigma_{cR} < b) \sigma_{cT} > c) \sigma_{iR/T}$$

**Slika 3.1.-20** Čvrstoća na cijepanje razlikuje se s obzirom na položaj procjepa i godova a) okomito na godove ili radialno, b) usporedno s godovima ili tangencijalno, c) dijagonalno

Pri konstruiranju vrijedi pravilo da se cjepke vrste dimenzioniraju nešto jače ili se primjenjuju primjereni načini sastavljanja.

### Tvrdoća drva

Tvrdoća drva je najveći otpor koji drvo pruža tlačnju drugog tijela. Prema jednoj podjeli drvo se prema tvrdoći dijeli na:

- vrlo meko drvo do 400 daN/cm<sup>2</sup>  
(limbovina, smrekovina, topolovina, lipovina)
- meko drvo 401 ... 500 daN/cm<sup>2</sup>  
(johovina, brezovina, ariševina)
- srednje tvrdo drvo 501 ... 600 daN/cm<sup>2</sup>  
(orahovina, brestovina, p. kestenovina)
- tvrdo drvo 601 ... 1000 daN/cm<sup>2</sup>  
(hrastovina, jasenovina, bukovina, grabovina)
- vrlo tvrdo drvo 1001 ... 1500 daN/cm<sup>2</sup>  
(svibovina, crnikovina, žutikovina)
- najtvrdje drvo iznad 1500 daN/cm<sup>2</sup>  
(gvajakovina)

Uporabna vrijednost tvrdoće drva važna je kod oblaganja podova, raznih donožja, stuba, ploča stolova, posebno radnih stolova, radnih ploča kuhinjskog namještaja, drvenih dijelova alata, podmetača raznih namjena itd. Povećanje tvrdoće postiže se tlačnjem drva tzv. lignostonom.

## Otpornost protiv habanja

Otpornost protiv habanja je svojstvo drva kojim se ono opire postepenom narušavanju odnosno trošenju svojih površinskih slojeva djelovanjem drugih tijela. Otpornost protiv habanja može se prikazati usporedbom koeficijenta habanja ( $k_h$ ) u odnosu na smrekovinu ( $k_h = 0$ ), ariševina 0,20, borovina obična 0,26, javorovina 0,49, grabovina 0,59, hrastovina 0,60, bukovina 0,74, gvajakovina 0,82.

Značenje otpornosti protiv habanja veliko je za predmete izložene svakodnevnom trošenju: klizne vodilice vrata i ladica, sanjuge, podovi i pragovi. Razlikujemo prirodnu ili normalnu i ubrzanu abraziju površinskih slojeva kao imitaciju starog namještaja. Abrazija se vrši žičanim četkama ili brusilima.

### 3.1.5. Ostala tehnička svojstva

Ostala tehnička svojstva drva se odlikuju malenom dilatacijom pri promjeni temperature kao i vodljivosti topline.

**Dilatacija drva** važna je pri ocjenjivanju drva kao građevnog materijala u slučaju požara. Kod drvnih materijala kao što su ploče od usitnjenog drva često oplemenjivane raznim sintetičkim folijama i laminatima, dilatacija uzrokuje razne štetne deformacije što pri opremanju objekata treba uzeti u obzir.

**Specifična toplina** ( $c$ ) u  $J/kg^{\circ}C$  je količina topline potrebna da se 1 kg drva zagrije za 1  $^{\circ}C$ . Specifična toplina drva ne ovisi o vrsti ili građi drva i volumnoj masi već o temperaturi i vlazi drva. Što je manja specifična toplina materijala, to je taj materijal bolji za izolaciju topline. Za standardno suho drvo  $c = 1,357 J/kg^{\circ}C$  u rasponu temperature do 100  $^{\circ}C$ . Drvo je loš vodič topline, tj. polagano se zagrijava prema unutrašnjosti. Veličina vodljivosti se izražava koeficijentom vodljivosti topline  $\lambda$ .

$$\lambda = a \cdot t_o + b \cdot p \quad \dots \quad J/m^{\circ}C$$

gdje je:

$\lambda$  = koeficijent vodljivosti topline (0,04 ... 0,19 za vlažnost drva do 20 %)

$t_o$  = volumna masa drva,  $g/cm^3$

$b$  = koeficijent vodljivosti topline zraka

$p$  = volumen pora ili zraka u drvu,  $cm^3$

Što je neko drvo poroznije i što je manje volumne mase to je koeficijent vodljivosti topline manji. Vodljivost topline ima praktičnu važnost u primjeni drva osobito onih predmeta koji dolaze u dodir s ljudskim tijelom. Kako je porast temperature pri zagrijavanju drva upravno proporcionalan s koeficijentom vodljivosti topline, to znači da je vodljivost to veća što je  $\lambda$  veći, a srednja specifična toplina i volumna masa manja. Što je veća vlaga u drvu to je manja vodljivost topline. Za suho drvo se kaže da je toplinski izolator.

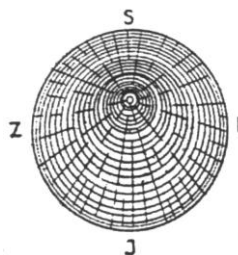
**Snaga ogrijevanja** ili kalorijska vrijednost jest ona količina topline koju izgaranjem proizvodi neka jedinica mase određene vrste drva. Snaga ogrijevanja prosušenog drva s 15 % vlage iznosi za bukovinu 14843 kJ/kg,

jelovinu 15450 kJ/kg, topolovinu 13524 kJ/kg. Zapaljivost drva određena je temperaturom zapaljivosti i sadržajem vode u drvu. Temperatura zapaljivosti zavisi od vrste drva i sadržaja vode.

### 3.1.6. Greške drva

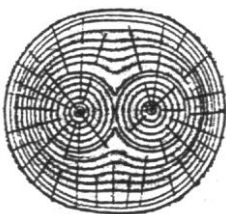
#### Greške u građi

**Ekscentričnost srca** je greška, koja se očituje u tome, da srce debla ne leži u njegovoj osi. Takva debla pokazuju jajolik ili eliptičan poprečni presjek. Najčešći uzrok ekscentričnosti srca je asimetrično osvjetljenje stabla, zatim vlastita masa stabla i vjetar, zbog čega se ona gotovo redovito javlja kod stabala na osami ili na rubovima šuma. Kada se trupci pile u daske, treba voditi računa o ovoj greški, tj. treba piliti u smjeru istok-zapad, jer se tako dobiju piljenice jednoličnije strukture.



**Slika 3.1.-21** Ekscentričnost srca

**Dvostruko (višestruko) srce.** O njemu se govori, kad se na nekom poprečnom presjeku debla vide dva ili više srca. Uzrok ovoj greški je srašćivanje dvaju ili više debala.



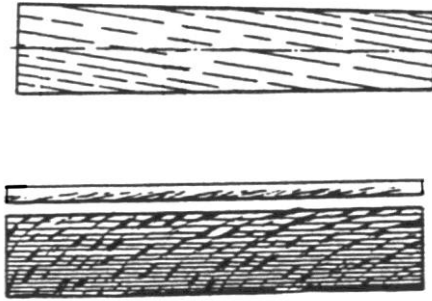
**Slika 3.1.-22** Dvostruko srce

**Usukanost** je spiralni otklon žice drva u desno ili u lijevo od smjera uzdužne osi. Ona se vrlo često javlja kao naslijeđe (kod divljeg kestena, bora, bukve, hrasta, jele, smreke, javora, lipe, graba i jablana), ali je prouzrokuje i vjetar stalnog smjera na stablima asimetrične krošnje ili na stablima čija je samo jedna strana krošnje izložena djelovanju vjetra (npr. kod stabala na rubu šume). Veličina usukanosti mjeri se veličinom otklona žice na jedan metar dužine.

Razlikuje se:

- mala usukanost s otklonom do 5 cm na 1 m
- srednja usukanost s otklonom od 5 do 10 cm na 1 m
- velika usukanost s otklonom većim od 10 cm na 1 m dužine.

Uporabljivost usukanog drva u stolarstvu vrlo je ograničena. Furniri, dobiveni iz usukanih trupaca, potpuno su neuporabljivi. Takvo drvo se puno jače vitla od onoga čija žica teče usporedno s osi stabla, a daske se često raspadaju. Usukanost se raspoznaje po smjeru brazda u kori, po toku sržnih trakova, po toku žice drva i po toku raspuklina.



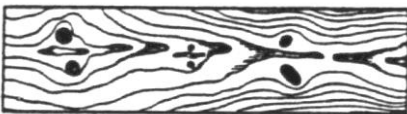
**Slika 3.1.-23** Sržni traci kod usukanog drva

**Kvrgavost** (čvorovi) nastaje od grana ili pupova. Kvrge se razvrstavaju:

- po zdravlju: zdrave i trule;
- po načinu zarašćivanja: žive i mrtve.

Živa kvrga nastaje kada se grana odsiječe nakon obaranja stabla. Mrtva kvrga je nastala tijekom rasta drveta zarašćivanjem grana. Kvrge se razlikuju:

- po povezanosti: srasle kvrge (srašljike) koje su posve ili jednostrano srasle s tkivom drva i nesrasle, ispadajuće, kvrge (kvrga sljepice ili ćoravice) koje nisu uopće srasle, ili su srasle samo djelomično;
- po obliku: na okrugle kvrga koje su slične krugu ili elipsi, a čiji odnos osi nije veći od oko 1:2,5 i poleguše, kod kojih je taj odnos veći;
- po veličini: kvržice, čiji je promjer obično manji od 10 mm, zatim male, srednje i velike kvrga. Male kvrga su do 20, srednje do 40, a velike, najmanjeg promjera većeg od 40 mm;
- po položaju: na pojedinačne kvrga, koje su pojedince razmještene bez reda, skupne kvrga, koje su smještene u skupine i pršljenaste kvrga, kod kojih jedna kvrga leži simetrično nasuprot drugoj s obzirom na središte debla.



**Slika 3.1.-24** Okrugle kvrga u pršljenju



**Slika 3.1.-25** Poleguše u pršljenju

Kvrge svojim brojem i rasporedom umanjuju vrijednost drva, jer otežavaju obradu, prouzrokuju nejednoliko utezanje i bubrenje, a umanjuju čvrstoću i trajnost. Iznimno kvрге mogu povećati estetsku vrijednost drva. Kvirgavost je odlučna pri razvrstavanju drva i utvrđivanju njegove vrijednosti.

**Crljen-drvo** ili **kompresijsko** se javlja samo kod četinjača (jelovine, smrekovine, borovine i duglazijevine), a očituje se u tome, što je kasni dio goda razmjerno mnogo širi od ranog. Uslijed toga taj dio drva poprima tamniju boju nalik na srž. Ono se javlja na donjim dijelovima grana ili nagnutih debala zbog stalnog pritiska (kompresijsko drvo). Crljen-drvo nepravilno mijenja volumen. Maksimalno skupljanje po dužini iznosi mu 2,5% prema 0,4% kod normalnog drva. Zbog toga je posve isključena uporaba ovakvog drva u stolarstvu zbog otežane obrade. **Tenzijsko drvo** se javlja isključivo kod listača.

**Smolne vrećice** (smolnjače, smolnici) su plosnate šupljine ili međuprostori unutar jednog goda, koji su ispunjeni smolom. Unutarnja granica smolnjača obično se poklapa s granicom goda. Njihova se duljina pruža u smjeru duljine drva, širina u smjeru godova, a debljina u smjeru sržnih trakova. Smolne vrećice javljaju se kod četinjača sa smolnim kanalima (smrekovina, duglazijevina, ariševina, borovina), ali kao nenormalna pojava može se naći i kod ostalih vrsta četinjača. Slika 3.1.-26.

Veliki broj smolnih vrećica smanjuje tehničku vrijednost drva, jer otežava obradu (lijepi se za alat), smanjuje čvrstoću, te nakon obrade smola izlazi na površinu.

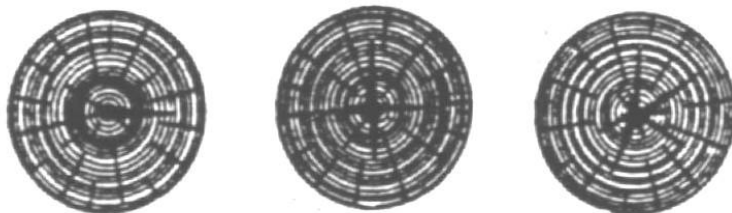


**Slika 3.1.-26.** Smolne vrećice

### Greške fizičke naravi

**Paljivost** je raspucanost donjih dijelova u smjeru sržnih trakova i to od srca prema kori. Početak ovih raspuklina je u srcu, zbog čega im je širina na tom mjestu najveća. Nastaje na dubećem debelu za vrijeme njegova rasta ili u času njegova obaranja. Uzrok ovih raspuklina je jače skupljanje unutrašnjih dijelova debala. Od paljivosti najčešće strada drvo hrasta, bukve, jele i ariša.

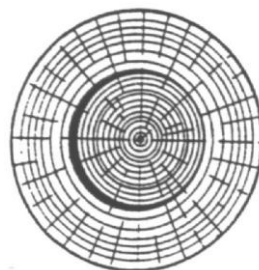
Ona može biti: jednostavna, križna i zvjezdasta.



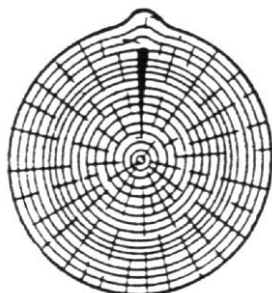
**Slika 3.1.-27** Paljivost

**Okružljivost** je odlupljivanje drva u smjeru godova i to po cijelom godu ili samo po jednom njegovom dijelu. Ona se javlja češće na prestarjelim nego na mlađim stablima, osobito ako su središnji godovi širi od vanjskih godova (nehomogenost građe). U tom se slučaju unutarnji gušći godovi odlupe. Okružljivost može nastati također i zbog djelovanja vjetrova, studeni, mehaničkih povreda kore u mladosti stabla, gljiva, sasušavanja i dr.

Ove se raspukline javljaju osobito kod jele, hrasta, kestena, jasena, bukve, smreke, ariša, brijesta i oraha.



**Slika 3.1.-28** Okružljivost



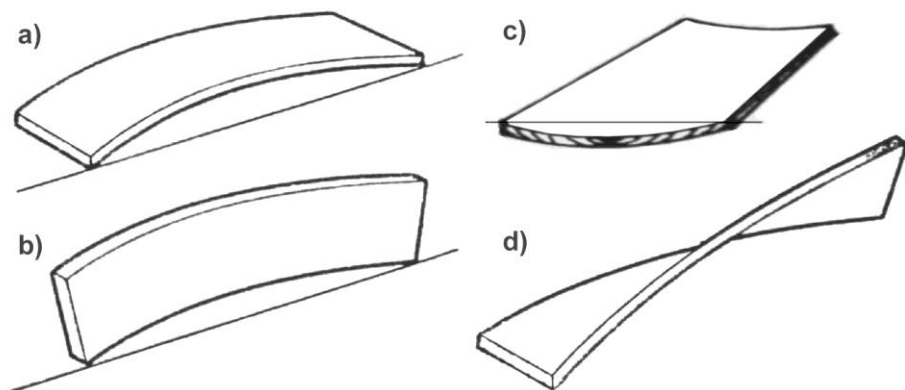
**Slika 3.1.-29** Zimotrenost

**Zimotrenost** su raspukline od studeni u radijalnom smjeru od oboda prema srcu. Njihov postanak možemo objasniti time, što se obodni dijelovi drva (bijel) zbog jačeg i bržeg hlađenja jače skupljaju te ne mogu više obuhvatiti unutarnje dijelove, pa se nakon toga raspucaju. Raspukline ostaju otvorene do proljeća kada prerašću ili se zatvaraju i istodobno prerašću. Prerašćeno mjesto opaža se na obodu debla kao ožiljak (mrazovnica). Na studen su jače osjetljive listače nego četinjače, a posebno hrast, brijest, bukva, javor i jasen.

### Greške mehaničke obrade i sušenja

Greške mehaničke obrade su hrapavost, čupavost, netočnost obrade mjera i oblika, koritavost, vitoperost, zakrivljenost, savinutost i sabljastost.

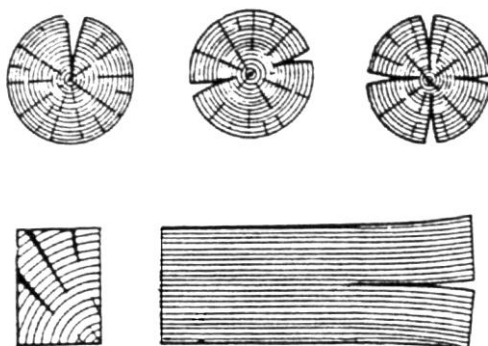




**Slika 3.1.-30** Deformacije drva a) izbočenost, b) sabljastost, c) koritavost, d) vitoperost

**Raspukline od sušenja** nastaju naglim sušenjem i skupljanjem vanjskih slojeva drva, a teku u smjeru sržnih trakova od oboda prema srcu ili do njega. Ovu grešku nalazimo češće kod drva listača širih godova, nego kod listača uskih godova. Osim toga često raspucava drvo nejednolične građe. Način raspucavanja drva pri sušenju predočen je na slici 3.1.-31

Sve raspukline snižavaju tehničku vrijednost drvu i to više, što su jače. Naročito veliku štetu prouzrokuju raspukline koje idu u različitim smjerovima (npr. križna paljivost).



**Slika 3.1.-31** Raspukline od sušenja

**Urasla kora** je kora urasla u tkivo drva.

**Mehaničke ozljede** nastaju zasijecanjem i navrtanjem dubećih stabala, te zabijanjem čavala, metaka i sl.

## Greške u boji

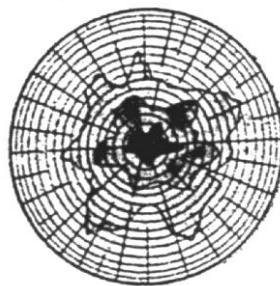
**Sržne mrlje** pokazuju se na poprečnom presjeku kao male crvenkasto-smeđe mrlje, a na uzdužnom kao crvenkasto smeđi trakovi. Uzročnici ovih mrlja su ličinke nekog kukca (*Agromyza carbonaria* Zett), koje žive pod korom drveća i nagrizaju mlado tkivo. Ove mrlje su najčešće kod johovine i kod drva vočkarica.

Tehničkog značenja ove mrlje nemaju.

**Dvostruka bijel** javlja se kod jedričavih vrsta drva. Ona je smještena unutar srži kao svijetli pojas, tako da drvo pokazuje na poprečnom presjeku dva takva pojasa: vanjsku normalnu bijel i nutarnju drugu bijel.

**Neprava srž** se javlja na bakuljavim vrstama drva, a raspoznaje se po tome što je nepravilnog oblika, tj. njena granica ne poklapa se s granicom godova. Boja joj je u sirovom stanju crvenkasto-smeđa (crveno srce), u prosušenom siva i često nejednolična. Uzročnici neprave srži su gljivice koje ulaze u živo stablo kroz ozljede (zasjeke, odlomljene grane itd.). Stanice napadnutog drva se ispunjavaju gumastom tvari i izraslinama (tilama) koje ga štite od daljnjeg razaranja. Ova je greška vrlo česta na bukovini.

Neprava srž ne umanjuje trajnost drva, ali mu kvari estetsku vrijednost i sprječava impregniranje. Od neprave srži treba razlikovati žućkasto-sivo i smeđe srce. Ova su srca znaci početka truljenja.



**Slika 3.1.-32** Neprava srž

**Modrenje** (plavušavost) je promjena prirodne boje četinjača u prljavo modri ton. Ono se javlja i širi u bijeli, a nikako ne u srži. Od modrenja stradava drvo s većom količinom vlage i to osobito borovina, zatim smrekovina, a donekle i jelovina. Budući da i modrenje nastaje kao posljedica napada gljivica, to je za njegov razvoj osobito pogodan topli i vlažni zrak. U iznimno povoljnim okolnostima može drvo tijekom jedne noći posvema pomodrjeti. Ova greška samo djelomično ograničava uporabu drva, jer mu se umanjuje jedino estetski izgled.

**Rujavost** (smeđenje, crvenjenje) je promjena prirodne boje drva u crveno-smeđi ton. Jednoć se javlja u obliku jednoličnog prodiranja smeđeg tona od oboda prema središtu, a drugi put, osobito kod jako starih stabala, u obliku tamnjenja središnjeg dijela debla. Uzročnici rujavosti su gljivice. Rujavost u početnom stanju razvoja smanjuje samo vrijednost boje i teksture drva, a kasnije i ostala tehnička svojstva, jer nastupa raspadanje drvne tvari.

**Zelenjenje** se javlja različitim intenzitetom kod drva listača i četinjača. Prouzrokuju ga gljivice koje za svoj razvoj trebaju mnogo vlage. Zbog ovoga često pozeleni drvo koje leži na vlažnoj zemlji ili gdje je inače velika vlaga. Ova greška je vrlo česta na lipovini, a zatim na javorovini. U početku zelenjenje smanjuje samo estetsku vrijednost drva.

**Piravost (prešlost)** je takva prirodna promjena boje drva koja prethodi truleži, a izazivaju je gljivice. Ona se poznaje po crvenkasto-ljubičasto-smeđim prugama, koje se tijekom daljnjeg razvoja spajaju u cjelinu, prelazeći u bijelu trulež, a dobivaju obrub u obliku crne crte. Piravost se razvije za 4-5 mjeseci, a piravo drvo postaje vrlo brzo posve neuporabljivo i bez vrijednosti. Ova se greška javlja najčešće na bukovini i johovini.

**Bijela trulež** daje drvu svijetlu boju (bijelu, bjelkastu, žutu, žućkastu itd.). Nalazimo je često u hrastu i bukvi.

**Crvena trulež** poznaje se po crvenoj ili smeđoj boji. Nju moramo oštro lučiti od rujavosti (smeđih pruga). Ona se kod crnogoričnih stabala širi od srca prema bijeli.

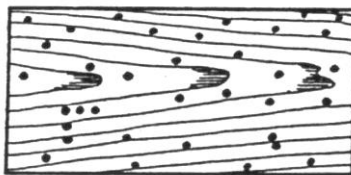
**Šarena trulež** je smeđe boje sa svijetlim mrljama ili crtama.

Sve truleži nastaju zbog razornog djelovanja nekih vrsta gljiva. Trulo drvo ne samo da mijenja boju, nego smanjuje svoju težinu i čvrstoću, te postaje lomljivo, a kad se osuši raspe se u prah.

Zbog toga se trulo drvo ne smije rabiti u proizvodnji.

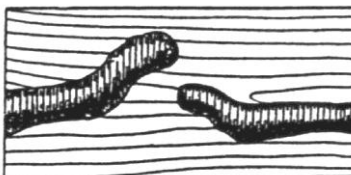
### Greške koje uzrokuju kukci

**Mušičavost** su izbušine u drvu, a nastaju zbog nagrizi raznih kukaca drvaša.



Slika 3.1.-33 Mušičavost

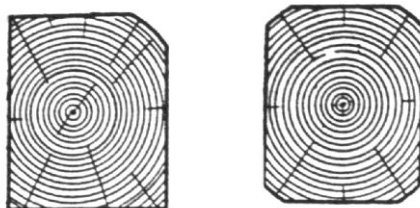
**Crvotočina** su izbušine u drvu koje stvaraju ličinke raznih kukaca.



Slika 3.1.-34 Crvotočina

## Greške pri obradi drva

**Lisičavost** je greška, koja se očituje u zaostaloj oblini na obrađenoj građi. Ona se mjeri po tetivi najveće obline, a višebridna lisičavost se zbraja.



**Slika 3.1.-35** Lisičavost

## Kakvoća drva

Po kakvoći ili kvaliteti drvo je svrstano u razrede (kategorije, klase), koji su označeni ili brojevima (I., II., III., razred) ili slovima (kakvoća A, B, C itd.).

Kakvoća drva se utvrđuje prema vrsti, unutrašnjoj građi, greškama, dimenzijama i porijeklu.

Vrsta drva utječe na kakvoću drva svojim tehničkim svojstvima tj. stupnjem uporabivosti. Što je uporabivost nekog drva veća, to je ono vrednije.

Unutrašnja građa ima vrlo jak utjecaj na prosuđivanje kakvoće, a posebno na pravilnost građe i finoću. Drvo četinjača i listača uskih godova općenito je prikladnije za uporabu u stolarstvu, jer se lakše obrađuje. Drvo uskih godova naziva se zbog toga finim drvom za razliku od grubog drva, kojemu su godovi široki. No ovdje treba naglasiti da za građevno-stolarske izrađevine, kad se one izvode od drva listača, kao i za one predmete, koji su izloženi čestim promjenama vlage, treba rabiti drvo širokih godova. Razlog je uglavnom taj, što je takvo drvo trajnije. Na kakvoću utječu godovi i način nizanja oko srca tj. što je nizanje pravilnije, to je kvaliteta drva bolja.

Pogreške zauzimaju osobit položaj pri utvrđivanju kakvoće drva i o njihovom utjecaju na kakvoću se točno govori u trgovačkim normama (standardima). Tako npr. norme propisuju za pojedini kvalitetni razred veličinu usukanosti, veličinu i vrstu kvrga, veličinu smolnih vrećica i raspuklina, količinu mušičavosti itd. Što je veći broj ovih pogrešaka na jedinici površine, to je kvalitet slabiji.

Dimenzije moraju biti točno prema propisima po kojima se dotični sortiment izrađuje. Piljenice su skuplje što su dulje i šire. Tanke piljenice su pak, uz inače istu građu, skuplje od debelih zbog većeg gubitka pri raspiljivanju trupaca.

Porijeklo drva je često oznaka trgovačkog kvaliteta, a ne samo geografske oblasti u kojoj je drvo uzraslo. Npr. pod slavonskom hrastovinom ne mislimo zapravo hrastovinu koja potječe iz Slavonije, nego na kakvoću s obzirom na finoću unutarnje građe. Često se geografsko ime odnosi i na dževe rastu teksturu (npr. kavkaski orah).

## 3.2. TEHNIČKA SVOJSTVA DRVNIH MATERIJALA

### 3.2.1. Općenito o primjeni drvnih materijala

Zadaća konstruiranja kao interaktivne djelatnosti je povezivanje likovno-oblikovnih rješenja, izbora repromaterijala i tehnoloških postupaka s ciljem ostvarenja estetsko-funkcionalne cjelovitosti gotovog proizvoda na razini pretpostavljene kvalitete. Dobar se proizvod postiže ostvarenjem interdisciplinarne suradnje u fazama inovacijskog procesa na stvaranju novog ili poboljšavanju već postojećeg proizvoda. Unapređenje prijenosa grafičkih informacija i nadalje će se unapređivati razvijanjem CAD/CAM sustava i njegove integracije s programima isporučioaca raznih materijala od drvnih do pomoćnih kao npr. okova i ukrasa, alata za obradu i dr. čime će pojednostavniti rad dizajnerima i konstruktorima.

Suvremeni drveni materijali namijenjeni izradi gotovih proizvoda sve manje se primjenjuju u izvornom obliku već u namjenskim poluproizvodima.

Potvrda trenda gotovih poluproizvoda za namještaj i opremanje očituje se u porastu ponude pročelja namještaja, ploča stolova, ladica i sl. u širokoj lepezi oblika, dekora i dimenzija, izvedenih u brojnim inačicama post, soft ili tzv. 3D membran forminga. Uz navedeni asortiman izrađuju se dekorativni oplemenjeni profili za izradu okvirnih konstrukcija koji se oblažu plemenitim furnirima, folijama i tankim laminatima. Poluproizvodi na bazi recikliranih drvnih materijala dobivaju u svijetu sve veće ekološko značenje, pa tako i tehnologija za njihovu proizvodnju. Iverje i stari papir ponovno se uz posebne dodatke iskorištava za otpreske dijelova namještaja, ambalaže, pogrebne opreme i dr. Proizvodnja iverica sa specifičnom orijentacijom i oblikovanjem iverja prilagođava se potrebama proizvodnih programa namijenjenih različitim konstrukcijama s izolacijskom funkcijom kao što su pregradne stijene, unutarnja vrata i drugo.

Novi materijali, stupanj razvoja industrijske proizvodnje, kulturna sredina i dr. utječe na promjene u stvaranju funkcionalnih odnosa proizvođača s korisnikom, te se na temelju toga mogu predviđati budući trendovi u oblikovanju i konstruiranju drvnih proizvoda.

**Namještaj za odlaganje i pohranu** u budućnosti će se temeljiti pretežno na industriji gotovih poluproizvoda, uglavnom od drvnih materijala izrađenih od tro i višeslojnih iverica, te sve zastupljenijih srednjeteških i teških vlaknatica MDF i HDF tj. medijapan ploča. Pravilni geometrijski oblici raznih pročelja sve više će ustupati mjesto nepravilnim ili zaobljenim oblicima u skladu s ergonomskim načelima. Težit će se oblikovanju raznolikih sustava elemenata za gradnju po specijaliziranim ili normiranim modulima za prilagodbu ugradnje u različitim proizvodnim programima.

Namještaj za odlaganje od cjelovitog drva u daljnjem je zaostajanju za pločastim zbog relativno visokih troškova izrade i niskog iskorištenja drva plemenitih listača. Pseudo-stilski namještaj zadržat će se u proizvodnji malih i srednjih specijaliziranih pogona koji njeguju ovu tradiciju. Trendovi u kulturi i

način života mladih sve više utječu na oblikovanje avangardnih programa koji uz drvene materijale sadrže staklo i metal.

Kuhinjski i uredski namještaj se izrađuje iz izravno oblikovanih i oplemenjenih ploča folijama i laminatima po raznim "forming" ili "membran" postupcima. Tehnike sastavljanja kombiniraju se pretežno veznim elementima – okovima od metala i plastike. Uz samoposlužnu ili komisijsku prodaju, ponude obuhvaćaju brojnu opremu kuhinja ili organizacijskih pomagala uz uredski namještaj. Tanji i čvršći pločasti materijali ovdje će imati sve veću primjenu.

**Namještaj za sjedenje i stolovi** za kućnu uporabu izrađuju se pretežno iz drva i drvnih materijala. Moderne stolarske stolice izrađuju se od savijene bukovine, međutim u porastu je proizvodnja stolica od lameliranih savijenih furnirskih otpresaka, kao i prostorno savijeni otpresci od drvenih rezanaca tzv. drvonitni otpresci. Postolja i ploče stolova pretežno se izrađuju od oplemenjenih ploča furniranih furnirima s tehnološkom teksturom. Nožišta uredskih stolova i stolica izrađuju se u kombinaciji s metalnim i plastičnim dijelovima, posebno oni konstrukcijski dijelovi s mehanizmima za podešavanje.

Konstrukcije ploča stolova za produženje ili proširenje, opremaju se sve suvremenijim i funkcionalnijim mehanizmima za podešavanje i rasklapanje. Trend "šupljih" nogu stolova kao i primjena konstrukcijskih oblika kutnih preklopa sve više zamjenjuje cjelovito neslijepljeno drvo. Oblike i dimenzije dječjeg i školskog namještaja nužno je prilagođavati normiranim uvjetima.

U trendu je razvoj novih materijala za **drvene proizvode u graditeljstvu** kao što su: LVL (Laminated Veneer Lumber) višeslojno lamelirano drvo od slijepljenog ljuštenog furnira, PSL (Paralel Strand Lumber) višeslojno lamelirano drvo od uskih furnirskih traka, LFL (Long Flake Lumber) dugo iverno drvo, MLP (Multi-Layered solid wood Panels) višeslojne drvene ploče, CGB (Cross Glued Block) križno lijepljeni elementi ili ploče od piljenica, te već poznate OSB (Oriented Strands Board) plošno iverne ploče. Navedene vrste modificiranog tehničkog drva izrađuju se uglavnom od četinjača i to smrekovine, borovine, duglazijevine i dr., imaju znatno poboljšana neka fizičko-mehanička svojstva u odnosu na cjelovito drvo, te nalaze široku primjenu u graditeljstvu: gradnji kuća, tornjeva, mostova i dr.; grede i gredice iz tih materijala odlikuju se ujednačenom čvrstoćom i otpornošću na gljive i insekte, te praktičnim dimenzijama presjeka i duljina. HDF (Heavy Density Fibreboard) teške vlaknatice zbog svoje veće volumne mase izrađuju se u debljinama 2 ... 10 mm. Površinski se oplemenjuju i rabe za izradu podnih i zidnih obloga, raznih debljinskih konstrukcija s laganim ispunama. Drvene podne obloge zastupljene su u zemljama Zapadne Europe oko 70 % u odnosu na klasičan i mozaik parket. Prozori od drva u kombinaciji s drugim materijalima zastupljeni su u tim zemljama s oko 30 %. Proizvode se iz lameliranih elemenata ravnih i zakrivljenih oblika zaštićenih sredstvima koja im povećavaju trajnost, a pri recikliranju ili spaljivanju neće zagaditi okoliš. Proizvodnja okal-iverica prilagođava asortiman ploča konstrukcijama unutarnjih vrata i pregradnih stijena različitih oblika, kako bi uz zaštitnu funkciju ploče zadovoljile i estetskim zahtjevima.

### 3.2.2. Pregled drvnih materijala i tehničkih svojstava značajnih za konstrukcije namještaja i opremu objekata

Izbor materijala i njegova primjena u gotovom proizvodu zavisna je od funkcionalnih, tehnoloških i konstruktivnih zahtjeva. Dizajner i konstruktor raspolažu širokim asortimanom drvnih materijala raznih tehničkih svojstava značajnih za konstruiranje namještaja i opremu objekata. Tablica 3.2.-1.

Materijal se odabire prema razini planirane kvalitete konstrukcije, odnosno prema cijenskom razredu u kojem će industrijski proizvod postizati zadovoljavajuću (očekivanu) rentabilnost. Dakako da krajnjem izboru prethodi prihodna kalkulacija cijene koja će osigurati ekonomičnu proizvodnju.

U tablici 3.2.-1 iznesen je primjer izbora materijala za neke sklopove osnovnih konstrukcijskih vrsta materijala, a zatim na tablici 3.2.-2 primjer alternativnih izbora za izradu zakrivljenih dijelova ili sklopova za namještaj.

U tablici 3.2.-3 s odnosom cijena/kvaliteta kao vrijednosni pokazatelj izračunat je primjer procijenjene i stvarne vrijednosti materijala i konstrukcijskih rješenja po 3 cijenska razreda (nižem, srednjem i višem).



*Kutno trokrako plošno sastavljanje cjelovitog drva dvočepom s kutnim izrezom u srednjem urezu*

**Tablica 3.2.-1. Pregled drvnih materijala i njihovih svojstava**

R. b.	Drvo i drvni materijali	Zahtjevi - Tehnička svojstva
0.	OBLO, TESANO I CIJEPANO DRVO, KOLJE, ŠIBLJE, POVIJUŠE I DR.	Razna tehnička svojstva prema namjeni proizvoda.
1.	PILJENA GRAĐA I ELEMENTI - Neokrajčene piljenice-samice - Okrajčene piljenice - Namjenski elementi - Četvrtiće i gredice - Letve i letvice	Boja i tekstura, gustoća, utezanje, bubrenje, saržaj vode, točnost oblika i dimenzija, hrapavost površine, dopuštene greške, potrebna mehanička svojstva i trajnost.
2.	FURNIRI OPLATICE - Plemeniti rezani furniri - Plemeniti piljeni furniri i oplate s prirodnom teksturom - Konstrukcijski ljušteni furniri - Plemeniti lijepljeni furniri s tehničkom teksturom - Spojeni furniri u sastavu	Boja i tekstura, ravnost i hrapavost površina, točnost dimenzija (posebno debljina) dopuštene greške, sadržaj vode, poroznost, potrebna mehanička svojstva (elastičnost), točnost sastavljanja, čvrstoća lijepljenja, greške lijepljenja posebno tehničkih furnira.
3.	USLOJENE PLOČE OD FURNIRA I MASIVA - Furnirske ploče - Furnirski savijeni i lamelirani otpresci - Stolarske ploče "panel" - Višeslojne pločaste konstrukcije - Drvonitni otpresci	Boja i tekstura, ravnost i hrapavost površina, stabilnost oblika, sadržaj vode, potrebna mehanička svojstva, točnost dimenzija (debljina), dopuštene greške, čvrstoća lijepljenja, otpornost na povišene temperature.
4.	PLOČE OD USITNJENOG DRVA - Jednoslojne, troslojne i peteroslojne iverice - Jednoslojne iverice sa i bez šupljina (OKAL) - Jedno i troslojne iverice s usmjerenim iverjem (OSB) - Vlakanice (MDF i HDF) - Tvrdе i meke vlakanice - Ploče od drvene vune - Oplemenjene ploče furnirom, folijama, papirima i laminatima	Točnost dimenzija, gustoća, hrapavost površina, sadržaj vode, oslobađanje formaldehida, čvrstoća raslojavanja i savijanja, modul elastičnosti, stabilnost dimenzija i oblika (posebno po debljini), upijanje vode, čvrstoća držanja čavala i vijaka, boja i tekstura oplemenjenih ploča, otpornost na povišene temperature, otpornost površine, zapaljivost, dopuštene greške.  MDF (Medium Fibre Board) HDF (Heavy Fibre Board) OSB (Oriented Structural Board)
5.	LIJEPLJENI POLUPROIZVODI OD CJELOVITOG DRVA - Dužinski lijepljeni elementi - Debljinski lijepljeni elementi – tzv. lamelirani - Širinski lijepljeni elementi - Okvirne i korpusne lijepljene konstrukcije	Boja i tekstura, sadržaj vode, točnost dimenzija, potrebna mehanička svojstva, trajnost, čvrstoća lijepljenja, dopuštene greške drva i lijepljenja, otpornost na vlagu i povišene temperature. Primjena konstrukcijskih sastava (vezova i spojeva).



Tablica 3.2.-2 Izbor materijala i konstrukcijskih rješenja prema razini kvalitete i cijenskom razredu

MATERIJAL I KONSTRUKCIJE	KVALITETA			POSEBNO VISOKA (visoki cijenski razred)
	OSNOVNA (niski cijenski razred)	VISOKA (srednji cijenski razred)	POSEBNO VISOKA (visoki cijenski razred)	
CJELOVITO DRVO I FURNIRI HRN D.EZ.010.	sa više dopuštenih grešaka C, D, E	s manje dop. greš. B, C, E	bez grešaka A, B, E	
- piljeni elementi - lijepljeni elementi	- iz građe nižih razreda kvalitete - čvrst i trajan spoj	- iz kvalitetne građe, točnih dimenzija i oblika	- iz kvalitet. građe, točnih dimenzija i oblika - čvrst i trajan spoj bez vidljivog sjuba, vrlo otporan	
- boja i tekstura furnira - oblik i dimenzija	- manje usklađena - uski i kraći listovi	- usklađena - širi i duži listovi	- usklađ. po uzorku - vel. formata i teh. tekstura	
KONSTRUKCIJE NAMJ. ZA POHRANU - zaokretna vrata - posmična vrata - ladice - police - korpus - poledina	IT 16, Fu II. klase i dr. odm. zglob s plastikom (La) - drvene klizne vodilice - IT fo 12, lijeplj. preklop. - drvene klizne vodilice - JE 20 JO 20 (okal) - IT 16 ... 20 Fo - učvršćeno sponkama	- IT 16, Fu I. klasa i dr. odm. zglob metalna (Ha) - donji kotrljajući okov - IT fo 12 uljeplj. možd. - metalne kotrljajuće vodilice - Bu 20; IT 19 Fu - nosač letvice - IT 16 ... 20 Fu učvršć. čavlima	- MDF 16, Fu I. klasa i dr. - gornji kotrlj. okov s koč. - IT fo 12 uljep. uglovnici - metalne kuglične vodilice - HR 20; IVy 19 Fu (OSB) - metalni nosač - TV (MDF) 16 ... 20 Fu - učvršć. vijcima, profilima	

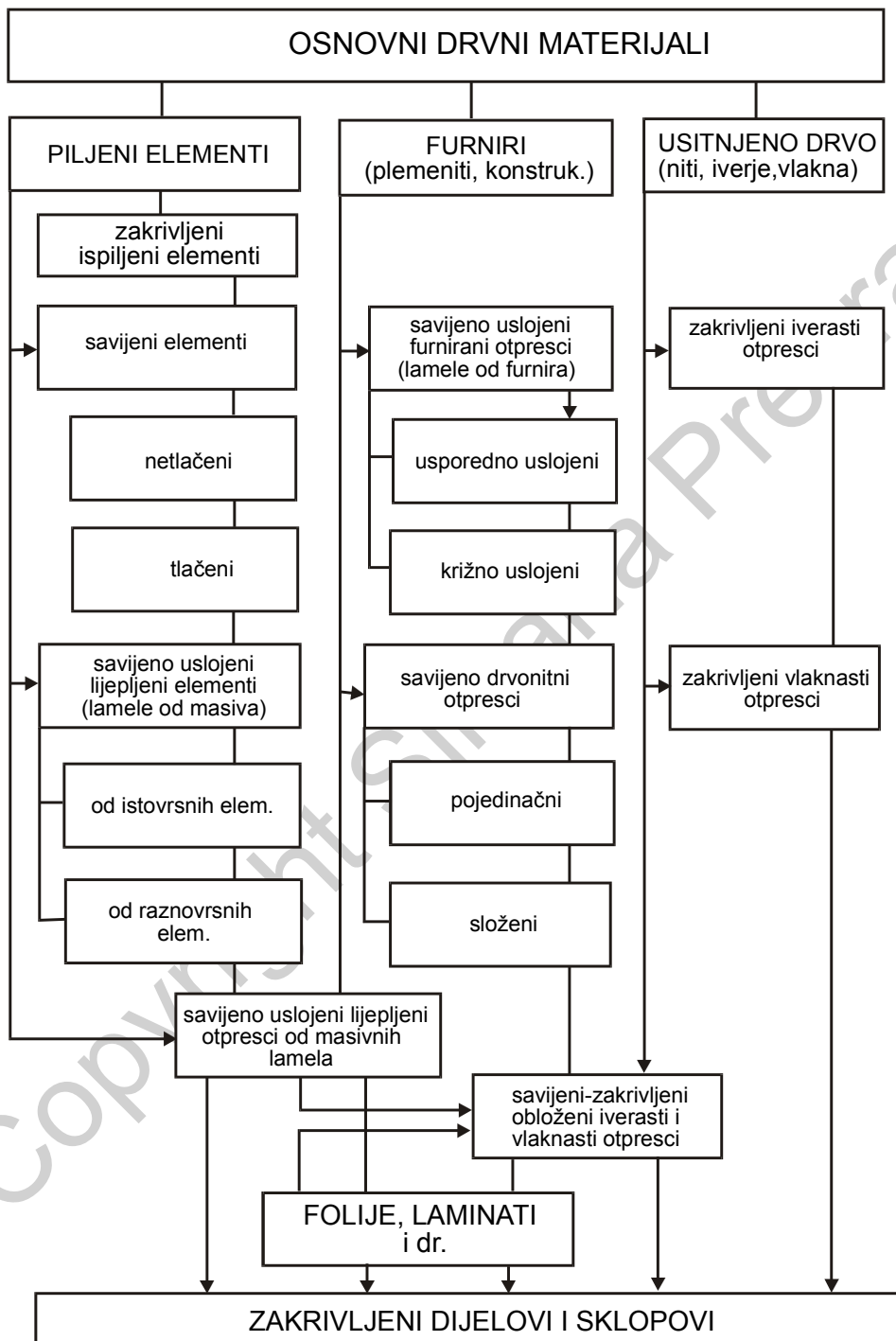
nastavak tablice na slijedećoj stranici

<b>KONSTRUKCIJE BLAG. STOLOVA</b> - krutost konstr. (dinamička opt.) - izdržljivost ploče (statička opt.)	- uska okvirnica postolja - tanke izvl. vodilice - noge uz uglovnik 1 vijak - IT 20 Fu s odebljanj. uz rub ploče	- široke okvirnice - metalne vodilice - noge uz uglov. 2 vijaka - VS (MDF) 25 Fu	- široke okvirnice - široke dvostr. met. vodilice - noge slijeplj. ili okovane - SP 20 Fu s rub. otprescima - TVS 28 Fu (trosl. MDF)
<b>KONSTRUKCIJE STOLICA</b> - izdržljivost konstr. (dinamička opt.) - sjedalo	SM stranice i okvir. sjedala zaobljeni čep, prečke možd. i vijci - okviri, pletivo	- BU stranice i okvirnice - zaobljeni čep - Fu otpresak, spužva, tkanina	-OR /TR stranice i okvirnice zaobljeni čep, zd 0,15 mm - otpres., latex, pamuk, tkani.
<b>KONSTRUKCIJA KREVEETA</b> - podloga ležaja (izdržljivost) - ležaj (elastičnost) - okvir ležaja (krutost)	- VT4 + okvir IT 20 - BU letvice - jednostruka ili višestruka PUR spužva - okviri sklop na nogama	- Fu lamele na elast. nosačima s podešavanjem - modelirani latex ili ležaj s opružnom jezgrom - okviri sklop na donožju	- podložna opružna jezgra na okviru - ležaj s opruž. jezgrom (npr. džepčasta jezgra) zima, ljeta - okviri sklop na okviru s međuokvirnicama

A ... E normiran sustav razvrstavanja grešaka u materijalu.

**Tablica 3.2-3.** Odnos cijena / kvaliteta kao vrijednosni pokazatelj

	Niži cijenski razred	Srednji cijenski razred	Viši cijenski razred
Vrijednost boda= cijena / kvaliteta	procjena 500 / 100 =5 realno 650 / 100 = 6,5	700 / 140 = 5 700 / 140 = 5	950 / 190 = 5 800 / 190 = 4,2



**Slika 3.2.1.** Primjer izbora drvnih materijala za konstrukcije savijenih elemenata u inačicama

### 3.2.3. Tehnička svojstva ploča

Fizička i mehanička svojstva ploča razlikuju se u odnosu na cjelovito (masivno) drvo. Volumna masa ploča s položenim iverjem 0,6 ... 0,7 g/cm<sup>3</sup> ima približno sljedeće značajke vidljive u tablici 3.2.4.

**Tablica 3.2-4 Tehnička svojstva drvnih ploča**

Vrste materijala iz Njemačke	Volumna masa g/cm <sup>3</sup>	Čvrstoća savijanja N/mm <sup>2</sup>	Modul elastičnosti kN/mm <sup>2</sup>	Površinsko bubrenje %	Debljinsko bubrenje %
Iverica troslojna	0,60 - 0,70	20 - 30	3 - 4	L = 0,3 - 0,4	5 - 6
Smrekovina	0,35 - 0,55	60 - 95	10 - 12	L = 0,3; r = 3,6; t = 7,4	3,6 - 7,4
MDF "Topan"	0,736 - 0,750	30 - 37	2,5 - 3,8		3,7 - 6,0
Stolarska ploča	0,40 - 0,60	35 - 40	5 - 6,5	L = 0,2 - 0,3	≤ kao drvo
Furnirska ploča	0,55 - 0,75	55 - 95	3 - 7	L = 0,1 - 0,2	≤ kao drvo
Plošno iverna OSB - ploča	0,60 - 0,70	35 - 50 ⊥ 15 - 25	4,5 - 5,0 2 - 3		≤ kao drvo

Izvor: Bau und Möbel – Schreiner 6/80 i HOB 5/92

Nadalje se uspoređuje čvrstoća raslojavanja i debljinsko bubrenje ploča iz Njemačke i ploča iz domaćih tvornica.

**Tablica 3.2-2 Čvrstoća raslojavanja**

Troslojna ploča iz normalnog iverja 19 mm	Volumna masa g/cm <sup>3</sup>	Čvrstoća raslojavanja N/mm <sup>2</sup>	Debljinsko bubrenje %
Iverica iz Njemačke	0,60 - 0,70	0,56 - 0,92	3,7 - 7,1
Iverica iz Hrvatske	0,65 - 0,75	0,45 - 0,65	6 - 10

Propisi norme za ploče opće namjene DIN 68 761 propisuje dozvoljena odstupanja debljine ploča na jednoj ploči ± 0,2 mm, a između ploča ± 0,3 mm.

U zemljama zapadne Europe više se ne raspravlja o tome, hoće li ploče za izradu namještaja biti emisijski razred (E<sub>1</sub>), što znači: Emisijska vrijednost veća od 0,8 ppm, odnosno perforatorska vrijednost do 8 mg HCHO/100 g apsolutno suhe ploče, a srednja vrijednost 6,5. S obzirom da se ploče naknadno furniraju pretežno karbamid-formaldehidnim ljepilom, bilo bi potrebno provjeravati i finalne proizvode. Prema normi EN 312-1/96 za drugi razred (E<sub>2</sub>) dopuštena emisija iznosi od 8 do 30.

U nastojanju da se ploče oplemenjuju tankim folijama i papirima, postavljaju se zahtjevi za glatkim vanjskim slojevima, što se postiže vrlo finim tzv. "mikroiverjem".

Struktura površine ploča iverica domaće proizvodnje danas se još može ocjenjivati makroskopskim opažanjem, međutim za mjerenje hrapavosti površine kriteriji će se prilagoditi normativima za finoću obrade, a provjeravat će se instrumentima za mjerenje hrapavosti.

Zahtjevi za kvalitetom ploče, kao homogenost njene strukture po debljini s izrazito glatko obrađenim površinama ostvareni su izradom vlaknatica tzv. MDF ploča (Medium Density Fiberboard).

Fizička i mehanička svojstva ploča vlaknatica se razlikuju s obzirom na način njihova oplemenjivanja (tablica 3.13 ).

**Tablica 3.2.-3 Fizička i mehanička svojstva ploča vlaknatica**

Svojstva ploče	MDF 19 mm neopleme- njena MD/TOPAN	MDF 19 mm neopleme- njena MEDIAPAN	MDF 19 mm Furn. hrast	MDF 19 mm PE lak
Debljina, mm	19	19	19,1	19,1
Gustoća, kg/m <sup>3</sup>	736/750	730/750	774	786
Čvrstoća raslojavanja, N/mm	0,846/0,60	0,770	0,753	0,823
Čvrstoća savijanja, N/mm <sup>2</sup>	37,3/30	28,0	45,2	38,4
E – modul, kN/mm <sup>2</sup>	3,8/2,5	2,2	6,1	4,6
Upijanje vode, % (24 sata)	7,8/18	-	6,4	7,2
Bubrenje po debljini, %	3,7/6	6,0	1,0	4,0
Perf. vrijed. EN 120, mg/100	do 8 (E <sub>1</sub> )	-	-	-

Izvor: Holz Zentralblatt 58/87

**Tablica 3.2-4 Koeficijenti toplinske vodljivosti za MDF ploče i druge materijale**

Volumna masa kg/m <sup>3</sup>	650	600	550	850
	Koeficijent toplinske vodljivosti $\lambda$ , W/m K			
MDF ploča	0,17	0,14	0,12	-
Borovina I/II klasa	-	-	0,14 / 0,28	-
Hrastovina	-	-	-	0,10 / 0,37
Staklena vuna	-	-	0,053	-

Izvor: TOPAN Arbeitskreis MDF 89

MDF ploče zbog svoje homogene strukture imaju povoljnija svojstva od iverica, tj. mogu se lakše obrađivati tehnikama piljenja, glodanja, brušenja i bušenja. Mogu se međusobno dobro lijepiti, zatim oblagati furnirima, folijama i papirima uz male utroške ljepila. Usavršene su tehnike zapunjavanja obrađenih rubova čime se smanjuje neracionalno upijanje materijala za površinsku obradu.

Mnogi autori u svojim radovima navode da su MDF ploče zamjena za masivno drvo što se tiče mogućnosti mehaničke i površinske obrade, međutim usporedba ključnih fizičko-mehaničkih svojstava značajno se razlikuje što pokazuju i navedeni primjeri.

## 4. IZRADA TEHNIČKIH CRTEŽA PREMA OSNOVNIM NORMAMA

### 4.1. OPĆENITO O NORMIZACIJI

Norma ili standard je dogovorno optimalno rješenje određenog problema za koje eventualno postoji nekoliko inačica. Rješenja katkad postoje otprije, ali sa stanovitim nedostatkom ili razlikom, stoga je onemogućena međusobna primjena istih metoda, proizvoda i sl. za razne korisnike. S obzirom na sve elemente, npr. proizvode (oblik, dimenzija, kvaliteta, cijena i dr.) teži se za optimalnim rješenjem koje se usvaja kao obavezno, tj. normirano ili standardno, i svi se njime mogu koristiti istovjetno.

U gospodarstvu vrijedi definicija da je norma ili standard rezultat sporazuma između proizvođača i potrošača o određenim značajkama proizvoda, metodama ispitivanja itd.

Norma tretira samo određeni broj značajki koje se mogu svrstati u pet skupina. To su:

- opisani podaci koji služe za identifikaciju (nazivi, definicije, objašnjenja pojmova itd.)
- podaci o veličini i obliku (oblik, dimenzije, dozvoljene netočnosti, mase itd.)
- podaci o materijalu (kemijska, fizička, mehanička i tehnološka svojstva)
- podaci o postupcima (metode proračuna, način izrade, metoda ispitivanja i primjene)
- personalni podaci (sigurnosni propisi, zdravstvene odredbe itd.).

Primjena normi smatra se racionalnijom jer potiče na sljedeće prednosti:

- jednostavniju izradu tehničke dokumentacije, njezinu češću primjenu u cjelini ili parcijalno
- jedinstvene i trajne oznake u crtežima koji su za sve jednako razumljivi
- jedinstvenu jednoznačnu tehnologiju
- zamjenjivost dijelova i sklopova bez obzira na proizvođača, tj. unapređenje kooperacije
- uštedu materijala i radne snage, tj. povećanje produktivnosti
- poboljšanje kvalitete proizvoda i njenu stabilnost itd.

S obzirom na tri stupnja postojećih normi razlikujemo **međunarodne norme** koje služe kao preporuka te olakšavaju koordinaciju i unifikaciju nacionalnih, tj.

**državnih normi** (HRN). Postoje **interne norme** koje vrijede za grupaciju ili individualnu radnu organizaciju.

**Tipizacija** ili **normalizacija** jedan je od oblika normizacije kod koje se broj normiranih rješenja reducira na manji razumni broj. Odabrani su tipovi predstavnici skupine rješenja, a određeni su oblikom, dimenzijama, funkcijom i kapacitetom. Veza između normizacije i tipizacije je u tome, što norma daje tehničke osnove za neki predmet, a tipizacijom se oni odabiru i konkretiziraju. Obje zajedno vode unapređenju serijske ili industrijske proizvodnje. Nastojanje proizvodne organizacije da se ograniči samo na određen broj tipova naziva se **simplifikacija** (pojednostavljenje). U praksi se rabi termin **interna normizacija**.

**Specijalizacija** je (svjesno) usmjeravanje aktivnosti na užu liniju ili asortiman, jedan jedini proizvod, sklop ili dio itd. Ona se gradi na rezultatima normizacije i tipizacije. Najuspješnija je kada obuhvaća samo jedan element, odnosno minimalni asortiman, jer se njemu poklanja najveća pažnja.

Specijalizacija je odlika pogona koji međusobno kooperiraju u proizvodnji.

**Unifikacija** ili pojednostavljenje sastoji se u smanjenju broja normiranih ili standardnih dijelova i sklopova koji se nastoje primijeniti u raznim kombinacijama u što većem broju proizvoda. Unifikacija se može izraziti koeficijentom unifikacije.

$$K_u = 1 - \frac{\text{broj različitih elemenata u proizvodu} - 1}{\text{ukupan broj elemenata u proizvodu} - 1}$$

ili stupnjem unifikacije:

$$S_u = \frac{n_n}{n_u}$$

gdje je  $n_n$  = broj normiranih elemenata, a  $n_u$  = ukupan broj elemenata

Koeficijenti se mogu izraziti za broj sastavnih elemenata i različitih materijala. Umnožak svih koeficijenata daje opći koeficijent unifikacije.

Unifikacija je u svezi sa smanjenjem složenosti proizvoda.

**Norme** ili **standardi proizvoda** obuhvaćaju užu ili širu asortiman proizvoda, te njihova kvantitativna i kvalitativna svojstva. Asortiman proizvoda čini skupinu proizvoda koji su međusobno usko povezani konstruktivno – tehnološkim značajkama i služe zadovoljenju istih potreba (npr. blagovaonički stolovi, garderobni ormari itd.). Linija proizvoda ili asortiman ima svoju "duljinu", "širinu" i "dubinu". Na primjer po obliku i dimenzijama jednaki stolovi mogu se izrađivati iz tri vrste materijala (bukovine, hrastovine, egzota), te u tri izvedbe boje, površinske obrade i veličine ploča za njihovo produženje. Na taj se način dobije asortiman od 9 različitih proizvoda za tržište. Ovo proširenje programa predstavlja određeni oblik diverzifikacije, tj proširenja programa.

U procesu konstruiranja neophodna je primjena normi namijenjenih oblikovanju tehničke dokumentacije i konstruiranju proizvoda. Interne norme mogu obuhvatiti preporuke za primjenu normi konstrukcijskih sastava, oblika i

dimenzija dijelova i sklopova koji odgovaraju standardnim alatima i tehnološkim postupcima. Na taj način se izbjegavaju troškovi izrade posebnih alata, naprava i dr.

Međunarodne norme izdaje ISO (Internacionalna organizacija za standardizaciju) u Ženevi. To je svjetsko udruženje nacionalnih instituta za norme. U tehničkim komitetima ISO-a razrađuju se internacionalne norme koje se izdaju nakon odobrenja članica. Dijelom nepromijenjene preuzimaju se kao nacionalne norme. Regionalne norme su npr. EN (Europa Norm) europske norme.

Oznaka nekih nacionalnih normi: Austrija ÖNORM; Francuska NF; Italija UNI; Hrvatska HRN; Norveška NSF; Njemačka DIN; Rusija GOST; MNI, OST, MN, RTM; Velika Britanija BS PD, CP.

Tehnički crteži nisu samo sredstvo razumijevanja unutar određene skupine zvanja ili na određenom području. Oni trebaju biti razumljivi cijelom području tehnike, budući da mnoge grane privrede međusobno komuniciraju i surađuju. Radi suradnje s drugim zemljama razumijevanje crteža također je predmetom nacionalnih, regionalnih i internacionalnih normi.

U našoj zemlji ne postoje HRN-e za izradu crteža i za konstruiranje drvnih proizvoda. Za potrebe oblikovanja nekih vrsta namještaja postoje preuzete norme za osnovne funkcionalne mjere, kao i detalji profila prozora i vrata, što se danas smatra zastarjelim.

Za potrebe crtanja na području strojarstva postoje dva izdanja HRN normi M.A0.010 ... 150 koje su dijelom zastarjele, te se danas primjenjuju ISO norme koje obuhvaćaju:

- ISO 128 crte, vrste i dimenzije; pravila projiciranja; presjeci
- ISO 3098/1 tehničko pismo
- ISO 5457 formati papira za tehničke crteže
- ISO 5455 mjerila
- ISO 129 pravila kotiranja i kotiranje
- DIN ISO 286 tolerancije i dosjedi
- DIN ISO 3040 kotiranje konusa, suženja i nagiba
- ISO 406 kotiranje tolerancija dužina i kutova
- DIN ISO 1302 obrada i hrapavost površine
- DIN ISO 1101 tolerancije oblika i položaja



## 4.2. DIN NORME POTREBNE DRVNOJ STRUCI

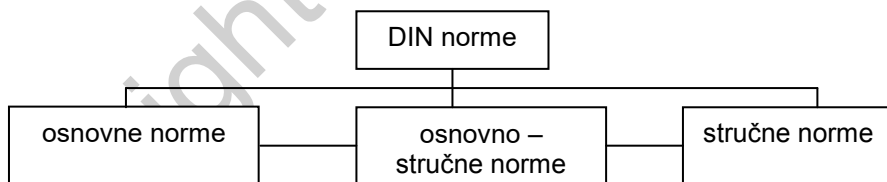
Nacionalna organizacija za norme u Njemačkoj je DIN (Deutsches Institut für Normung) sa sjedištem u Berlinu. U brojnim odborima za norme (NA) za svako područje razrađuju se DIN norme.

DIN norme su preporuka stručnjaka za određena područja. One su prihvaćene i danas se posvuda primjenjuju jer sadrže tehničko-gospodarski sazrela rješenja.

U brojnim odborima za norme DIN-a i u njegovim radnim odborima (AA) izrađuju se **osnovne norme** s velikom širinom primjene i temeljnog značenja te **stručne i osnovne-stručne** (Fach und Fach-grundnormen) norme s odredbama za određeno stručno područje. Slika 4.2.-1. Za stručno područje tehničkog crtanja **Odbor za norme – predmet crtanja** izdao je stručne osnovne norme za sva područja tehničkog crtanja uzevši u obzir i rezultate svjetske organizacije za norme ISO. DIN norme koje iza oznake norme DIN, ispred rednog broja nose međunarodni znak norme, nepromijenjene su preuzete odanle, kao npr.:

- DIN ISO 0000 - DIN-ISO-Norm
- DIN-EN 0000 - DIN-Europa-Norm

**Stručne norme** za određena gospodarska područja nastaju npr. u **Odboru za norme – drvo** kao i u **Odboru za norme – graditeljstvo**. Uz norme za crtanje povezane s drvnom strukom, Odbori izdaju dopunske stručne norme uz općenito važeće osnovne norme crtanja. Kako DIN norme najbolje obuhvaćaju osnovne i osnovne stručne norme za crtanje drvnih proizvoda, to su one već 1985. godine prihvaćene kao preporuka u Hrvatskoj, a u uporabi su i danas.



**Slika. 4.2.-1** Podjela normi po DIN-u

Kod tehničkog crtanja drvnih konstrukcija treba uvijek paziti istodobno na više normi. Ako nisu dovoljno jasne stručne norme, treba prihvatiti važeća osnovna pravila tehničkog crtanja iz strojarske, graditeljske ili druge struke.

### 4.2.1. Osnovne DIN norme za tehničke crteže

Osnovne norme za nacрте obuhvaćaju sljedeće:

- DIN 5 Crteži; aksonometrijske projekcije
- DIN 6 Prikazivanje u crtežima; pogledi, presjeci, posebni prikazi
- DIN 15 Linije u nacrtima
  1. dio: vrste linija, širina linija, primjena
  2. dio: primjeri za primjenjivanje
- DIN 27 Prikazivanje navoja
- DIN 30 Pojednostavljenje nacрта
- DIN 31 DIN; ime DIN, oznaka saveza DIN
- DIN 199 Tehnički nacrti, nazivi
- DIN 201 Nacrti, iscrtavanje (šrafure)
- DIN 406 Unošenje mjera u nacрте
  1. dio: vrste
  2. dio: pravila
  3. dio: mjerenje pomoću koordinata
- DIN 467 Formati papira
- DIN 823 Nacrti: preklapanje na A4 za slaganje i uveze
- DIN 6771
  1. dio: sastavnice u nacrtima, planovi i propisi
  2. dio: predtisak za tehničke podloge, popis komada
- DIN 6776
  1. dio: Nacrti; oznake, pismo
- DIN 7182 Tolerancije i prilagođavanja: osnovni pojmovi
- DIN ..... Tehnički nacrti, oznake obrade površina u nacrtima

### 4.2.2. Stručne norme za drvo i graditeljstvo

#### DIN 918 tehnički crteži za obradu drva

- Dio: Osnove (List 1)
- Dio: Serijska proizvodnja (List 2)
- DIN 1034 Nacrti za konstrukcije iz čelika, lakih metala; prikazivanje unošenje mjera (kotiranje).

### DIN 1356 Graditeljski nacrti

- DIN 1511 Lijevani modeli i pribor
- DIN 2429 Simboli za postavu cjevastih vodova
- DIN 4076 Nazivi i kratice na području drva
  1. dio: vrste drva
  2. dio: ljepila, vrste lijepljenja, skupine lijepljenih spojeva
- DIN 18201 Tolerancije mjera u graditeljstvu; pojmovi načela, primjena ispitivanja
- DIN 68100 E Osnovne tolerancije za dužine i kutove u obradi drva

U Njemačkoj su 1989. godine uvedene sljedeće norme:

DIN 68100 Sistem tolerancija za obradu i preradu drva. Termini, vrste tolerancija, utezanje i bubrenje drva, mjere utezanja i bubrenja (1984.).

DIN 68100 B1 Promjena dimenzija radi promjene vlage u drvu: longitudinalno, radijalno i tangентno za jelovinu, smrekovinu, borovinu, ariševinu i duglazijevinu.

DIN 68100 B2 Promjene dimenzija u radijalnom i tangентnom smjeru za bukovinu, hrastovinu, jasenovinu i neke egzotične vrste.

DIN 68100 B3 Promjene dimenzija u radijalnom i tangентnom smjeru za orahovinu, brestovinu, tikovinu, topolovinu i neke egzotične vrste.

DIN 68100 B4 Promjene dimenzija po debljini, duljini i širini: za iverice, furnirske ploče i vlaknatice.

DIN 68101 Odstupanja i tolerancijska polja za obradu i preradu drva.

DIN 18201 Tolerancije u graditeljstvu: definicije, pravila, upotrebljivost, ispitivanje.

DIN 18203 T3 Tolerancije u visokogradnji: građevinski sastavni elementi od drva i drvnih materijala.

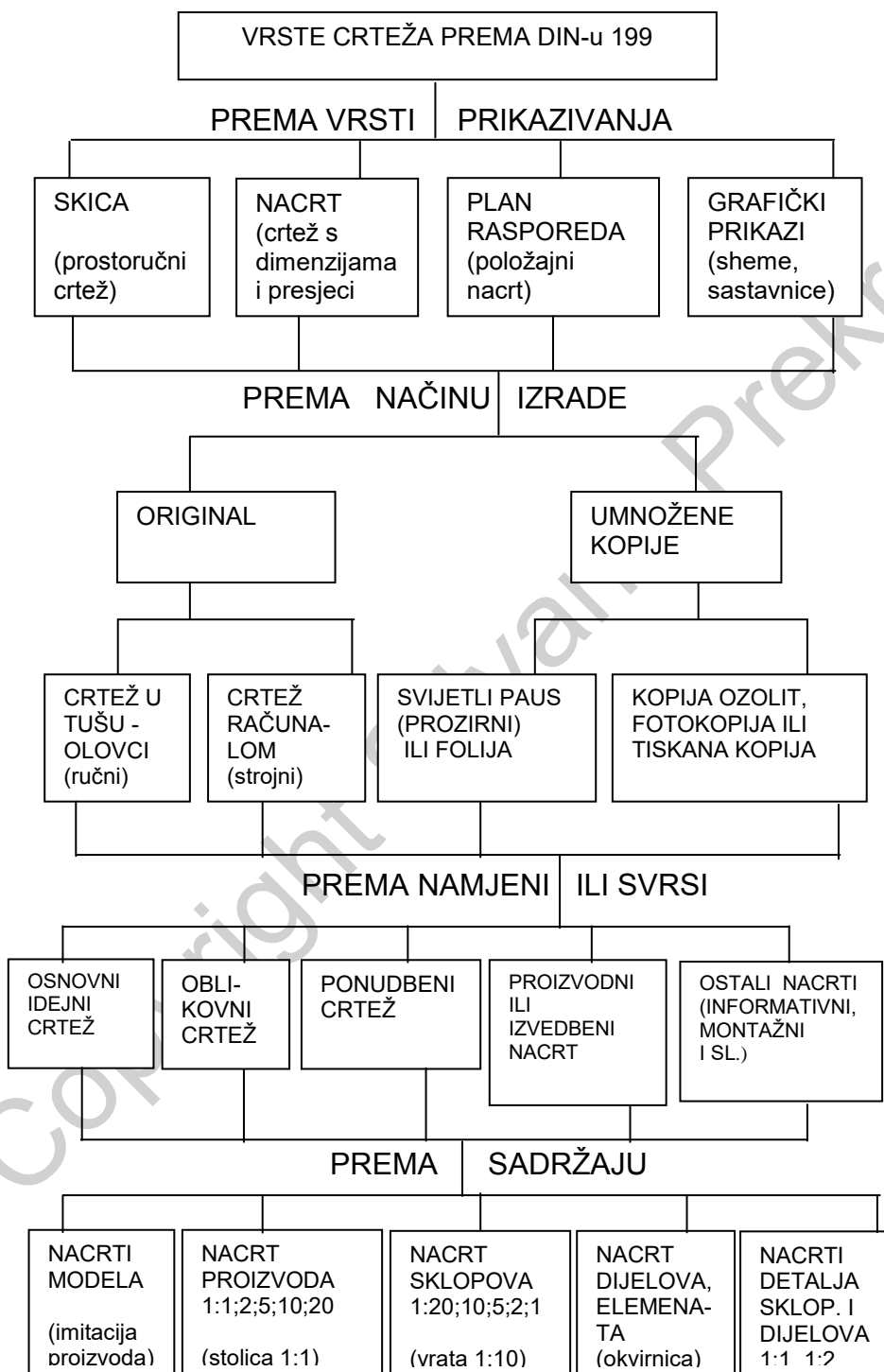
DIN 68150 T1 Moždanici od drva: mjere i tehnički uvjeti.

#### 4.2.3. Vrste crteža po DIN-u 199

DIN 199 obuhvaća osnovne norme za tehničko crtanje koje služe kao osnova za nazive u tehničkim nacrtima i drugim stručnim normama.

Sve vrste nacrti i planova koji dolaze u tehnici i gospodarstvu opremaju se i označavaju u skladu s osnovnim normama.

Vrste crteža prema DIN-u 199 prikazane su shematski na slici 4.2.-2.



**Slika 4.2.-2** Vrste crteža prema vrsti i načinu izrade, namjeni i sadržaju

#### 4.2.4. Crteži prema vrsti izrade

**Skica** ili **prostoručni crtež** prikaz je koji nije bezuvjetno vezan za oblik i pravila, te se pretežno izrađuje prostoručno. Kod toga se većinom radi o podlozi po kojoj će se izraditi crteži i planovi. Stručno načinjene prigodne skice mogu služiti i razumijevanju kod izvođenja radova.

Budući da su nedostatne skice često već dovodile do pogrešnih radova, ne bi morale biti sastavni dio planske pripreme radova. Usprkos tome svaki stručnjak mora nastojati da postigne spretnost u pravljenju skice.

**Slikovni nacrt** ili **tehnički crtež** je likovni prikaz proizvoda ili sastavnih elemenata u mjerilu s potrebnim presjecima, mjerama podacima o materijalu i dr. U sljedećim poglavljima još će se pobliže protumačiti vrste nacрта prema vrsti izrade, svrsi uporabe i prema sadržaju. Za razliku od prostoručnih skica, nacrti se izrađuju pomoću tehničkih pomagala (ravnala, šestara, mjerila, krivuljara i sl.), odnosno na računalo programima za crtanje i ispisom na pisačima. Kod izrade i uporabe tehničkih nacрта obvezni su točno određeni oblici i pravila koji su u osnovi sadržani u DIN normama, te se često kod učenja i primjene još dopunjavaju pogonskim normama ili uobičajenim oznakama. Na taj način crtež postaje esperanto konstruktora, tj. univerzalni način jednoznačnog sporazumijevanja.

**Slikovni plan** ili **položajni nacrt** likovni je prikaz koji pokazuje kako predmeti u svom položaju ili funkciji pripadaju cjelini. Plan kao vrsta crteža, npr. položajni plan, ne može se zamijeniti planom koji određuje tokove rada ili koji sadrži druga prikazivanja koja nisu predmeti ili skupine predmeta. Postoji i termin nacrt situacije.

**Grafičkim prikazom** predočuju se promjenjive veličine, npr. linijama i površinama (dijagrami, planovi sila, planovi procesa itd.) Ovamo se ubraja prikazivanje montažnih i drugih sastavnica.

#### 4.2.5. Crteži prema načinu izrade

Originalom se označuje nacrt koji je nastao prvi put. U užem smislu pod originalom nekog izvornog nacрта podrazumijeva se nacrt koji se daje umnožiti.

Pomoćna sredstva ili pomagala za izradu originala uz ostala racionalna pomagala mogu biti i ljepljive folije i fotografije.

Izvorni nacrti za umnožavanje označuju se i kao **temeljni** ili ishodišni nacrti.

Originalni nacrti izrađuju se kao crteži **olovkom** ili **tušem**. Kod crtanja prethodno se u pravilu obično radi crtež olovkom zato što se time postiže veća spretnost u dobivanju čistih crteža, a posebno, jer konstruktor svoje proizvodne nacрте većinom ne izvlači tušem. Danas se i u manjim pogonima još primjenjuje tehnika umnožavanja nacрта u okviru pripreme proizvodnje, zbog čega je prikladna tehnika olovkom. Brojke, mjere, granične linije mjera, zaokruženja i ostala označivanja morala bi se nanositi na prozirnem papiru po mogućnosti tušem. Za crteže tušem danas stoje na raspolaganju vrlo dobra pomagala, kao tuš olovke, šablone i dr., tako da je utrošeno vrijeme jednako kao kod crtanja

olovkom. Strojevi za kopiranje danas omogućuju izradu tzv. transparent matrice ili crteža na neprozirnom papiru. Kod strojnog nacrt originalom se smatra izvedeni program, a svaki ispis je kopija.

**Kod umnožavanja** na strojevima posebno se označuje **kopiju** originala, svi crteži, skice, planovi i prikazi koji su izrađeni prema originalu, prema temeljnim crtežima odnosno programima. To su pretežno kopije na svijetlom pausu, tzv. transparentne, često umanjene ili uvećane. Tko želi imati dobre kopije treba kod crtanja originala nastojati pažljivo crtati, poznavati **postupak umnožavanja** te uzeti u obzir njegova svojstva. Svijetle kopije na pausu danas se većinom rade kopirnim strojevima za nacрте. Originali moraju po pravilu biti nacrtani na svijetlom papiru. U nedostatku pisača za velike formate papira ispisi crteža na formatu A4 ili A3 u mjerilu 1:1 mogu se slagati u veće formate te kopirati na protočnim kopirnim strojevima.

Na strojevima za kopiranje danas se brzo i relativno jeftino izrađuju kopije originalnih crteža i to u povećanom ili smanjenom mjerilu. Prednost smanjenja leži u uštedi prostora kod spremanja ili uvezivanja crteža.

#### 4.2.6. Crteži prema namjeni

**Osnovni idejni crtež** ili nabačeni crtež u smislu osnovne norme crteža prostoručna je skica za podloge i objašnjavanje. U graditeljstvu se izrađuju crteži za davanje oblika u smislu prednacrt (DIN 1356).

**Nacrtom oblikovanja** nazivamo crtež koji daje osnove za vanjski izgled proizvoda. Njime se u mjerilu prikazuju vanjski oblici jednog proizvoda (DIN 199) kao i važne pojedinosti za konstrukciju (DIN 191/1).

**Ponudbeni nacrt** služi za tumačenje osnovnih oblikovnih i konstrukcijskih svojstava proizvoda kod davanja ponude. Poseban oblik traži se kod tehničkih crteža kao predložak kod izdavanja građevinskih dozvola (tzv. idejni nacrt).

**Proizvodni nacrti** jesu nacrti za proizvodnju, odnosno izvođenje. Oni sadrže sve potrebne i obavezne mjere i podatke.

Proizvodni nacrt može se izvesti i za mjerila, naprave, i šablone. Posebna vrsta nacrt proizvodnih sredstava izrađuje se za alat koji konstruktor izrađuje u suradnji s tehnologom procesa.

**Ostale vrste crteža** obuhvaćaju jednostavnije crteže za razne likovne informacije kod ambalažiranja i transporta, zatim upute za sastavljanje dijelova i sklopova namještaja, tzv. sheme sastavljanja, kao i druge posebne crteže.

#### 4.2.7. Crteži prema sadržaju

**Nacrt proizvoda** ili **montažni nacrt** prikazuje proizvod u sastavljenom odnosno dovršenom stanju za isporuku ili uporabu. Takav nacrt sveobuhvatno određuje povezivanje i prostorni odnos dijelova i sklopova u gotov proizvod, te vanjske gabaritne dimenzije.

Zbog velikih dimenzija proizvoda u naravnoj veličini ovi se nacrti crtaju u umanjenom mjerilu i to najčešće 1:2, 1:5, 1:10, 1:20 i 1:25. Uglavnom se prikazuju u dvije ili tri projekcije, s naznakom presjeka na osnovi kojih se kasnije crtaju detalji povezivanja ili prikazi konstrukcijskih sastava. U montažnom nacrtu brojčano se označuju sastavne jedinice proizvoda – sklopova. Nacrti proizvoda mogu se crtati bez umanjenja, ali tada se primjenjuju prikrate, a uz prikraćene dijelove i sklopove obavezno upisuju dimenzije (kotiraju).

**Nacrt sklopa** prikazuje zasebno složene sastavne jedinice proizvoda – sklopova. Nacrt određuje povezivanje i prostorni odnos sastavnih dijelova i sklopova. Nacrti sklopova crtaju se u umanjenom mjerilu kao i nacrti proizvoda, a izuzetno kod manjih proizvoda mogu se crtati u naravnoj veličini. U nacrtu sklopa brojčano se označavaju osnovne sastavne jedinice, dijelovi.

**Nacrt dijelova** prikazuje zasebno osnovne sastavne jedinice sklopova ili proizvoda. Nacrt dijelova određuje oblik i dimenzije sastavnog dijela kakav se traži do trenutka sastavljanja u sklop. Dijelovi se dimenzioniraju običnim i tolerancijskim mjerama. Crtaju se s obzirom na dimenzije i složenost u umanjenom mjerilu, a kod manjih proizvoda u mjerilu 1:1. Tokareni, kopirno glodani i savijeni dijelovi crtaju se u naravnoj veličini radi jednostavnije izrade šablona, alata i pomoćnih naprava. Uz umanjene nacрте dijelova daju se potrebni prikazi presjeka ili konstrukcijskih vezova koji su uvećani prema potrebi.

**Nacrti detalja** prikazuju pojedinosti ili potankosti konstruktivnih sastava ili presjeka na proizvodu ili sastavnim dijelovima. Nacrt detalja pojedinačni je prikaz sastava dijelova ili sklopova. Detalji se obično crtaju na odlomcima (fragmentima) sastavnih dijelova i to u mjerilu 1:1, a izuzetno umanjeno (1:2, 1:5, 1:10) s potrebnim unošenjem mjera. Dijelovi složenih okova se u pravilu ne crtaju, već se putem pokaznih linija označava vrsta okova. Važno je označiti i dimenzionirati potrebna ležišta, upuste i razne otvore za prihvat okova, te način učvršćenja. Proizvođači okova u svojim katalogima daju konstrukcijske osnove za njihovu primjenu.

**Nacrt modela** sadrži umanjeni prikaz gotovog proizvoda za potrebe izrade prototipa ili uzorka u procesu oblikovanja proizvoda. Na uzorcima se provodi ocjena oblika, fotografiranje, korekcija i sl.

### 4.3. IZRADA TEHNIČKIH CRTEŽA PREMA OSNOVNIM DIN NORMAMA

#### 4.3.1. Priprema radnog mjesta, opreme i pribora za tehničko crtanje

U procesu konstruiranja najveći dio zauzima izrada nacрта. Konstruktori, informatičari i crtači trebaju svoj rad izvesti racionalno i u povoljnim radnim uvjetima. Odvijanje rada prostorni je i vremenski tijek povezivanja elemenata radnog sustava. Kod izrade tehničkih crteža može se u fazi obrazovanja usvojiti i tok radova, tablica 4.3.-1.

**Tablica 4.3.-1. Tok radova pri izradi tehničkih crteža**

Elementi radnog sustava	
1. ULAZ (input)	
1.1. Informacije: Radni nalog. Skice, crteži oblika, tehnički opis, norme i drugi propisi	Upute za oblikovanje rada
1.2. Pribor za ručni i strojni rad: Materijal: papir, olovke, ljepljiva vrpca, rezervne mine, gumice, folije, pomagala, računalni programi – datoteka	Prilagodba tehnologije i pribora zahtjevima informacijskog sustava
2. RADNICI Dizajner Konstruktor Tehnički crtač ili suradnik Rukovoditelj odjela	Kapacitet radnog sustava (prema opsegu zadatka)
3. SREDSTVA ZA RAD Radni stol i stolica Pribor za crtanje i računanje, osvjetlje- nje, katalozi, standardi, priručnici, računalna oprema za obradu, ispis i pohranu podataka	Kapacitet radnog sustava (prema opsegu i sadržaju zadatka) Namještaj podešavajući prema uvjetima Rasvjeta jakosti oko 500 Luxa Provjerena važnost kataloga
4. RADNA OKOLINA	
4.1. Klima Osvjetljenje, buka	Ugodna temperatura, vlaga i osvjetljenje
4.2. Socijalna	Spremnost na zajednički rad
4.3. Tehnološka	Preuzimanje tehničkog razvoja
4.4. Organizacijska	Poznavanje organizacije rada dizajnera i konstruktora
5. IZLAZ (output)	
5.1. Informacije	Bilješke, upute
5.2. Predmeti rada	Gotovi nacrti, proračuni, opisi, sheme sastavljanja i dr.
5.3. Modeli, makete	



Osnovu ulaznih informacija čini radni nalog za konstruiranje koji sadrži elemente proizvodnog prijedloga ili projektnog zadatka. Sadržaj rada na konstrukcijskoj razradi proizvoda ili asortimana formira se uglavnom na dva načina koji obuhvaćaju:

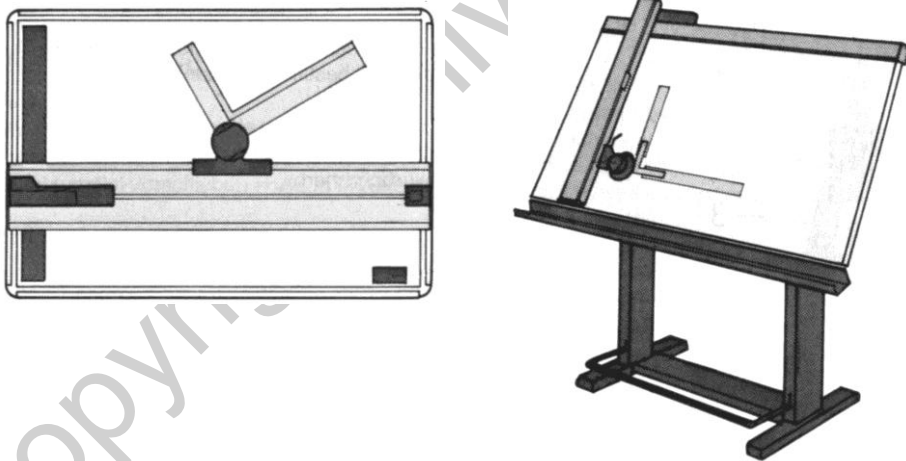
- Oblikovanje konstrukcija novooblikovanih ili redizajniranih proizvoda.
- Razradu konstrukcija gotovih proizvoda ili adaptaciju gotovih konstrukcijskih nacрта najčešće dizajnera ili inozemnih kupaca.

Osnovno pravilo za konstruktora odnosi se na poštivanje idejnog oblikovnog rješenja dizajnera. Konstruktor svojim rješenjima **ne smije bez suglasnosti** s dizajnerom utjecati na narušavanje ili promjenu oblika, gabaritnih dimenzija, estetskog izgleda površina, te bitnih funkcionalnih značajki proizvoda.

Sredstva i pribor za rad konstruktora i crtača za ručno crtanje obuhvaćaju sljedeće:

- **Crtaću dasku – ploču**, alternativno crtaći stol. Ako nema podesivog mehanizma uz ravnalo, uz ploču dolazi kutno ravnalo i dva trokuta ( $45^\circ$  i  $60^\circ$ ) što čini obavezan pribor (Sl. 4.3.-1).

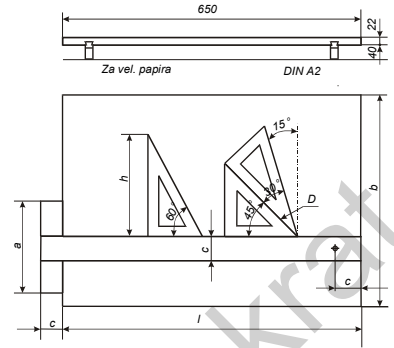
Vježbe crtanja obavljaju se na pločama čije su dimenzije navedene u tablici 4.3.-1.



**Slika 4.3.-1.** Crtaća daska A4 i crtaći stol A1 formata s mehanizmom za crtanje pod različitim kutovima

**Tablica 4.3.-1. Dimenzije crtaćih daski po DIN-u**

A0	900	1300				
	900	1250				
A1	700	1000				
	650	900				
DIN	DIN 3100		DIN 3101		DIN 3102	
A2	500	700	220	50	250	250
	470	650				
A3	350	500	190	45	200	200
A4	250	350	170	40	160	160
za	b	l	a	c	h	d



Crtaća daska DIN 3100

Kutno ravnalo DIN 3101

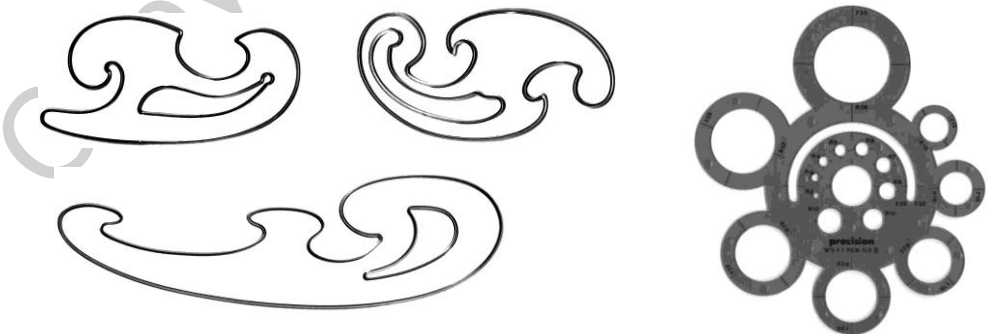
Trokuti DIN 3102

Pribor za mjerenje mora sadržavati mjerila 1:1 i redukciona mjesta s odnosima koji su uobičajeni za drvene proizvode. U uporabi su dvobridna i trobridna mjerila za dužine i kutomjeri za kutove do 180°.

Za crtanje kružnica i manjih zakrivljenih linija pogodni su odgovarajući krivuljari ili šablone za kružnice i krivulje, dok za veće crteže rabimo šestare i prikladne velike šablone. Velike šablone obično su načinjene u obliku polukruga ili kružnog odsječka. Uobičajeni oblici krivuljara prikazani su na slici 4.3.-2.

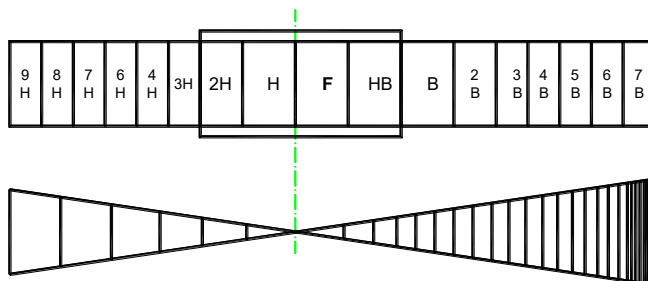
Tehničke olovke s grafitnim minama za crtanje moraju biti opremljene minama one tvrdoće i boje koje zahtijeva pravilo za primjenu crta i kvalitetu crtaćeg pribora. Mine u boji se u pravilu ne primjenjuju. Ranije je bio običaj da se presjeci označuju raznim bojama. Danas suvremena tehnika također omogućava ispis crteža u bojama koji je znatno pregledniji i razumljiviji.

Značenje oznaka tvrdoće mina prikazano je na slici 4.3.-3. Izrada tehničkih crteža vrlo je odgovoran posao i traži od tehničkih crtača savjesnost, urednost, preciznost, spretnost, pažljivost, izdržljivost i samostalno mišljenje.



**Slika 4.3.-2. Oblik šablone za kružnice i oblik krivuljara**

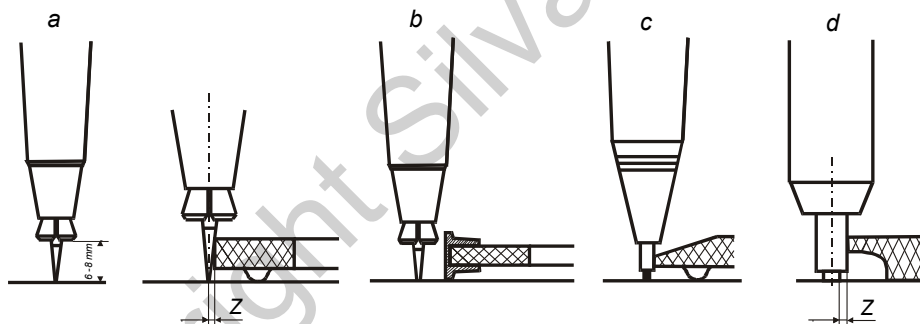
Za potrebe umnožavanja (kopiranje na ozalid ili fotokopiranja) služi tuš. Tuš-olovke (tzv. "graphos", "rotring" i sl. pera) opremljene su cjevastim perima promjera 0,13 ... 2 mm.



vrlo tvrda – tvrda – srednja – meka – vrlo meka

**Slika. 4.3.-3** Oznake tvrdoće mine za olovke

Na slici 4.3.-4 prikazan je položaj pojedinih tehničkih olovaka uz ravnalo.



**Slika 4.3.-4.** Položaj pojedinih olovaka uz ravnalo

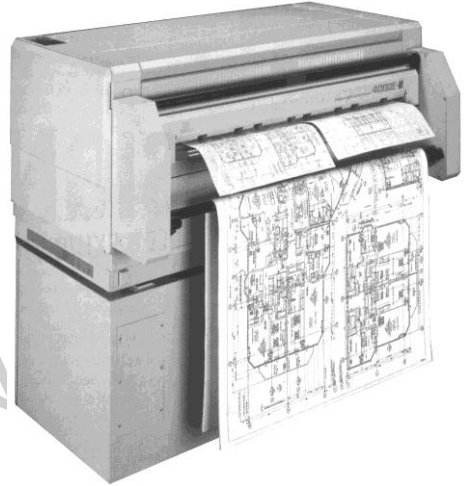
- a) položaj naoštrene mine; b) nepravilan položaj istrošene mine;  
c) tehnička olovka s tankom minom; d) tuš olovka određenog promjera  
0,1 ... 0,8 mm.

U praksi konstruiranja (tehničkog crtanja) sve se više primjenjuju elektronička računala. Na tržištu se nude sve efikasniji PC (personal computer) – veći kapacitet memorije, veća brzina rada i ekran s visokom rezolucijom za grafičku primjenu.

Razvoj sustavnog konstruiranja bitno će utjecati na organiziranje proizvodnih sustava u pogledu pristupa planiranju razvoja proizvoda, organiziranju konstrukcijskog odjela, gdje se konstruktorski crtači stolovi zamjenjuju terminalskim jedinicama. Komuniciranje s ljudima provodi se elektroničkom opremom pretražujući i primajući potrebne podatke i crteže za izbor i odlučivanje. Prednost primjene računala u projektiranju i konstruiranju ogleda se u velikoj brzini obrade podataka, pouzdanoj pohrani informacija, dovoljnom

broju i pouzdanoj manipulaciji tim informacijama, podobnosti za međusobna povezivanja, prilagodljivosti prikaza podataka ovisno o svrsi s odgovarajućim ulaznim i izlaznim jedinicama. Znanstvena disciplina izuzetno interdisciplinarna jest CAD (Computer Aided Design). Ona je vezana za razvoj kompjutorskih sustava, pripadnih programa, te osobitih metoda kreiranja, modificiranja, analiza i optimizacija, što određuje polazišni problem definiranja ove discipline.

Svaki CAD sustav podrazumijeva uporabu sklopovske opreme koja sadrži procesnu jedinicu, jednu ili više radnih stanica, i periferne naprave te programsku opremu.



**Slika 4.3.-5** Računalna oprema za crtanje

Postoji nekoliko osnovnih razloga za primjenu CAD sustava, a to su:

- povećana produktivnost dizajnera-konstruktora kroz kraće vrijeme izrade projektne dokumentacije;
- poboljšana kvaliteta temeljitijom inženjerskom analizom s većim brojem alternativnih rješenja;
- poboljšanje komunikacije uz veću čitljivost i manje grešaka u dokumentaciji;
- stvaranje baze podataka za proizvodnju kao što su specifikacija materijala, geometrija i dimenzije proizvoda.

CAD sustav moguće je grupirati u 4 funkcionalna područja:

- geometrijsko modeliranje
- numerička analiza
- pregled nacрта i procjena
- automatizirano crtanje

Da bi bilo moguće CAD koristiti za geometrijsko modeliranje tj. grafički prikaz objekta, koriste se tri vrste naredbi. Prvom se stvaraju osnovni geometrijski elementi. Druga služi za postizanje mjerila, rotacija ili drugih transformacija ovih elemenata, dok treća vrsta naredbi omogućava udruživanje različitih elemenata u željeni oblik objekta.

U formulaciji svakog inženjerskog projekta potrebno je provesti neku od analiza koja može uključiti proračun unutarnjih naprezanja, proračun protoka topline ili upotrebu različitih jednadžbi za opis dinamičkog ponašanja sustava koji se projektira. Primjer ove vrste nalazi se u analizi svojstava konačnih elemenata. Analiza svojstava podrazumijeva analizu površinskih područja, mase, volumena, težišta i momenta inercije.

Metoda konačnih elemenata drugi je način provođenja analize, a sastoji se u dijeljenju objekta na veliki broj konačnih elemenata koji čine međuspajajuću mrežu koncentriranih čvorova. Određivanjem međusobnih ponašanja svih čvorova u sustavu moguće je odrediti ponašanje u čitavom objektu.

Jedna od procjena koje se mogu izvoditi pomoću nekog CAD sustava je kinematika. Kinematički programski paketi omogućuju animiranje pokreta.

Automatizirano skiciranje uključuje stvaranje inženjerskih crteža direktno iz CAD baze podataka. Neke karakteristike crteža u CAD sustavu imaju posebno značenje, a to su automatsko dimenzioniranje, tj. sposobnost razvijanja sekcionalnih pogleda i uvećanih pogleda i presjeka određenih detalja.

Poboljšanje produktivnosti u CAD-u u usporedbi s tradicionalnim procesom projektiranja ovisi o čimbenicima kao što su:

- kompleksnost tehničkog crteža
- razina potrebnog detaljiziranja crteža
- stupanj ponovljivosti dijelova crteža
- stupanj simetrije dijelova
- opsežnost baze podataka

Kako se povećava svaki od navedenih čimbenika, povećava se i produktivnost CAD-a.

Danas se na tržištu nude mnogobrojni programski paketi koji omogućavaju sve navedeno. AutoCAD je samo jedan od najstarijih i najpouzdanijih programskih paketa no ne i jedini. Postoje također i nadogradnje na osnovni program koji je pripremljen za pojedine struke s bazom podataka tj. često rabljenim simbolima. Za konstruktore drvne struke najpoznatiji su Moebel CAD i Pro LIGNUM koji omogućavaju brzo konstruiranje namještaja i opreme zgrada s bazom podataka spojeva i sastava i definiranim oznakama materijala. Za one koji se bave više programiranjem u programskom paketu kao što je AutoCAD moguće je programirati pomoću programskog jezika AutoLisp koji je namijenjen automatiziranom crtanju. Ostali računalni programi za crtanje primjereniji su grafičkoj struci.

Prikaz suvremeno uređenog radnog mjesta dizajnera i konstruktora. Sl.4.3.-6.



**Slika 4.3.-6.** *Suvremeno uređeno radno mjesto dizajnera i konstruktora*

Dok se CAD sustavno upotrebljava za opisivanje primjene računala u postupcima projektiranja i konstruiranja, CAM (Computer Aided Manufacturing – proizvodnja pomoću računala) je komplementarni dio sustava koji u sebi povezuje projektiranje i proizvodnju. CAD sustavi izgrađuju opis oblika i strukturu novih proizvoda, te definiraju način proizvodnje, a CAM sustav to prihvaća i izvršava putem elektronički upravljanih strojeva u okviru proizvodnih sustava na CNC – obradnim centrima za piljenje, glodanje, bušenje i dr. Prednosti uvođenja CAD/CAM sustava na klasičnu tehnologiju i njegovog odraza na proizvodnju ogleda se u:

- dizajnu alata i pribora za proizvodnju
- programiranju numeričke kontrole
- računalnom procesu planiranja
- listi sklopova i dijelova
- skupnoj tehnologiji - obradnim sustavima i njihovom planiranju
- skraćanju vremena proizvodnje
- izostavljanju složenih šablona i naprava

#### **4.3.2. Papir za crtanje, podjela, formati i odabiranje**

**Papir za crtanje** može biti bijel neproziran (za skiciranje, crteže u olovci, podloge za precrtavanje, fotokopiranje i sl.), te transparentan ili proziran, tzv. svijetli paus koji služi za tuširane crteže – matrice. Prozirni papir ima težinu

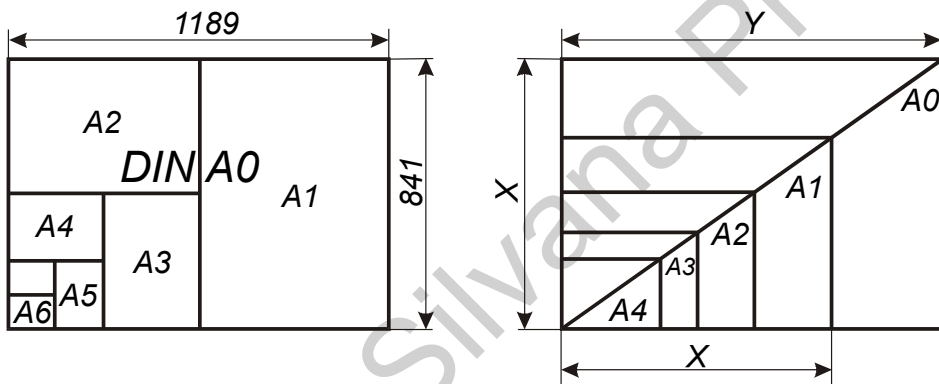
40 ... 170 g/m<sup>2</sup>, za crtanje je najbolji od 60 ... 95 g/m<sup>2</sup>, a za skiciranje 40 ... 55 g/m<sup>2</sup>.

Površine papira mogu biti glatke i matirane.

Postoje propisi za unutarnje ojačanje folijom ili vlaknima. Za vježbe crtanja može poslužiti ozalid (kopirni) i bijeli omotni papir (za pakiranje).

Papir za crtanje treba dobavljati u namotajima ili potrebnim formatima, tj. bez presavijenih mjesta.

Formati papira su normirani, te se kod njihove uporabe primjenjuje odgovarajuća oznaka. Npr. oznaka za format A3 znači da se radi o listu dimenzija 297 x 420 mm itd. Ishodišni format je A0, a iz njega proizlaze ostali manji formati (Slika 4.3.-7).



**Slika 4.3.-7.** Izvod A-reda formata papira **a)** dijeljenjem na pola;  
**b)** dijeljenjem po dijagonali.

Format papira odabire se na osnovi koncepcije rasporeda i veličine crteža.

Kod crtanja drvnih konstrukcija uobičajeni su formati papira prikazani u tablici 4.3.-2 i 4.3.-3:

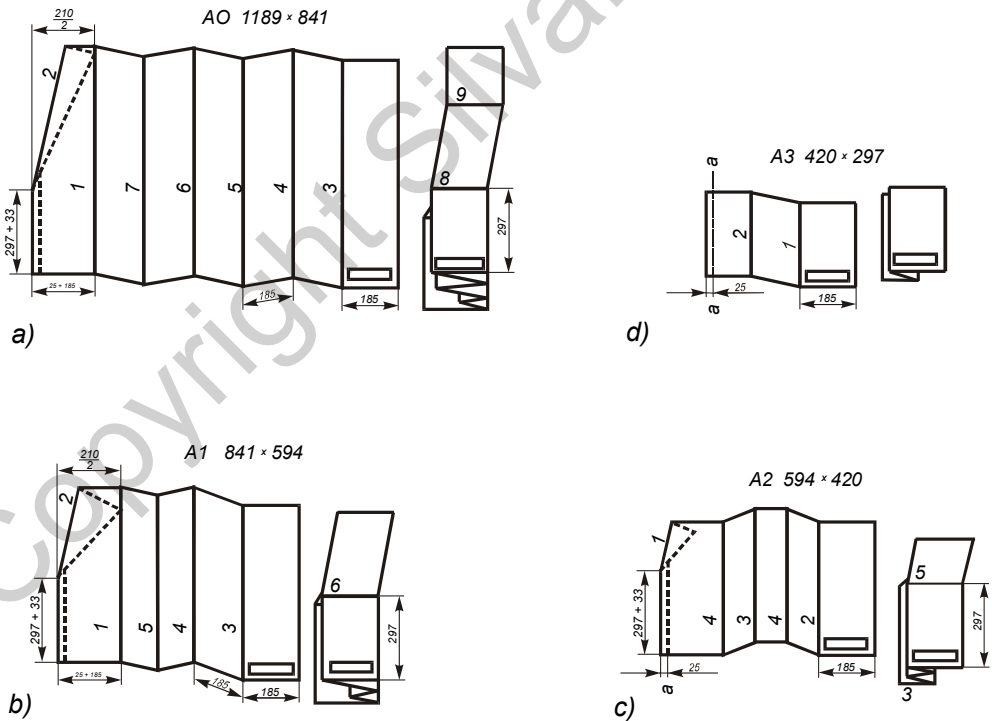
**Tablica 4.3.-2 :** Uobičajeni formati papira i namjena

Format	Dimenzije	Namjena za crtanje
A0	1189 x 841	Veliki ormari, stolovi, stolice i naslonjači u M 1:1 i 1:2
A1	841 x 594	Mali ormari, stolice i sitni namještaj
A2	594 x 420	Umanjeni proizvodi, sklopovi i dijelovi, detalji 1:1
A3	420 x 297	Umanjeni proizvodi i detalji (preporuka za vježbe iz konstrukcija)
A4	297 x 210	Umanjenja dijelova i sklopova, sastavnica montaže, tehnički opis
A5	210 x 148	Instrukcijski listovi, kratke sastavnice montaže, obrasci
A5/2	210 x 74	Predložci, skraćeni tehnički opisi, izdatnice materijala i sl.

**Tablica 4.3.-3** Formati papira razdiobe A, B i C

Format	A	B	C
0	841 x 1189	1000 x 1414	917 x 1297
1	594 x 841	707 x 1000	648 x 917
2	420 x 594	500 x 707	458 x 648
3	297 x 420	353 x 500	324 x 458
4	210 x 297	250 x 353	229 x 324
5	148 x 210	176 x 250	162 x 229
6	105 x 148	125 x 176	114 x 162
7	74 x 105	88 x 125	81 x 114
8	52 x 74	62 x 88	57 x 81
9	37 x 52	44 x 62	
10	26 x 37	31 x 44	
11	18 x 26	22 x 31	
12	13 x 18	15 x 22	

Crteži se dostavljaju na uporabu u obliku kopije na lako savitljivom papiru. Kopije se svode na format A4 radi jednostavnosti uvezivanja. Način presavijanja većih formata na format A4 prikazan je na slici 4.3.-8.

**Slika 4.3.-8.** Primjeri presavijanja formata papira A0, A1, A2, A3 na format A4



Kod rasporeda crteža prethodno se ucrtava unutarnji okvir širine 5 mm izuzev na strani uveza (lijevo) 20 mm za male formate (DIN 823 i 824) ili 25 mm za velike presavijene listove. U desnom donjem kutu ucrtava se sastavnica dimenzija 185 x 55 mm (DIN 6771). Unutarnja raspodjela i sadržaj sastavnice bit će iznesen u primjerima nacrtu proizvoda.

### 4.3.3 Vrste i širine crta







Prema DIN-u 15 crte u tehničkim crtežima se dijele na vrste po isprekidanosti i po širini. Kod crteža u drvnoj industriji rabe se skupine crta 0,5 ili 0,7. Skupini 0,5 pripadaju širine 0,5, 0,35 i 0,25 mm, dok liniji 0,7 pripadaju širine 0,7; 0,5 i 0,35 mm.

Stupnjevanje širina odgovara  $\sqrt{2}$ -redu.

( $0,35 \times \sqrt{2} = 0,5$ ;  $0,5 \times \sqrt{2} = 0,7$ ) širine crta usklađene su s visinom tehničkog pisma na šablonama.

Na slici 4.3.-4 iznesen je pregled po vrstama crta, njihovoj širini i namjeni.

**Tablica 4.3.- 4** Pregled po vrstama crta, njihovoj širini i namjeni

a	PUNA ŠIROKA CRTA  Rubovi proizvoda, sklopova i dijelova	0,50 ... 0,70 (0,70)
b	PUNA USKA CRTA  Mjerne crte, iscrtavanje, pomoćne crte	0,25
c	ISPREKIDANA CRTA – CRTKANA  Pokriveni rubovi, rubovi ispred označenog presjeka	0,35
d	CRTA – TOČKA (šira i kraća od e)  Označavanje presjeka	0,50
e	CRTA – TOČKA (uža i duža od d)  Crte oznake sredina, granice nacrtu	0,25
f	PROSTORUČNA CRTA  Oznake prikraćenja, iscrtavanje presjeka drva i drvnih materijala	0,10 ... 0,25 (0,25)

U praksi se ispisi točnih širina crta mogu postići tuš-olovkama, grafitnim minama određenog promjera te pisačima. Uobičajene su širine od 0,10 ... 0,80. Raspon širina crta primjenjuje se također kod prikazivanja gradbenih elemenata prema DIN-u 1356.

#### 4.3.4. Tehničko pismo

Za opisivanje crteža rabe se normirana kosa (kurzivna) nagnuta  $15^\circ$  i uspravna vertikalna pisma. Prema DIN-u postoje dva oblika tehničkog pisma.

- Oblik slova A :  $d = h/14$
- Oblik slova B :  $d = h/10$

( $d$  = debljina linije;  $h$  = visina slova 2,5 ... 20 mm.)

Slika 4.3.-9 prikazuje šablone s velikim slovima i brojevima, te malim slovima i znakovima.

Danas se raspolože brojnim sličnim oblicima slova – fontovima, te se pri obradi crteža na računalu usporedo upisuje oznaka, dimenzija i dr.



*Slika 4.3.-9. Slovna šablona s kosim slovima prema ISO standardu 3098*

Uvođenjem računala opisivanje slovnim šablonama i samoljepljivim slovima, tzv. "letraset" se napušta.

#### 4.3.5. Mjerila (M)

Drvni proizvodi su relativno velikih dimenzija, te se prikazivanjem u nacrtima umanjuju ili se crtaju u prirodnoj veličini, a samo izuzetno dolazi do potrebe uvećanja.

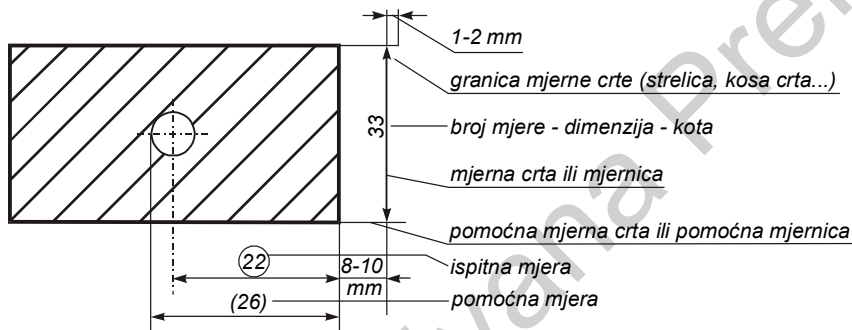
- Prirodna veličina: M 1 : 1 (proizvodi manjih dimenzija, detalji sustava)
- Umanjenja: M 1 : 2; M 1 : 2,5; M 1 : 5; M 1 : 10; M 1 : 20; (alt. 1 : 15) (nacrti proizvoda, sklopova i dijelova te jednostavniji detalji);  
M 1 : 50; 1 : 100 (skupine proizvoda, planovi rasporeda)
- Uvećanja: M 2 : 1; M 5 : 1; M 10 : 1 (vrlo sitni dijelovi, sastavi i okovi)

### 4.3.6. Upisivanje mjera u nacrt – kotiranje

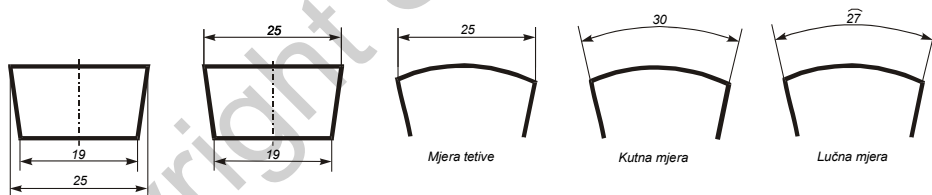
Unošenjem mjera u nacrt potrebno je zadovoljiti uvjet da korisniku nacrtu omogućimo informaciju o dimenzijama bez mjerenja ili računanja. Za unošenje mjera služimo se mjernim crtama koje su omeđene strelicama u kombinaciji s pomoćnim mjernim crtama i brojevima mjera.

Nazivi tih elemenata su na slici 4.3.-10.

Mjerne crte ili linije moraju biti obročane, tj. kotirane. Broj mjera postavlja se iznad mjerne crte, približno na sredini. Slika 4.3.-11 prikazuje nekoliko primjera.



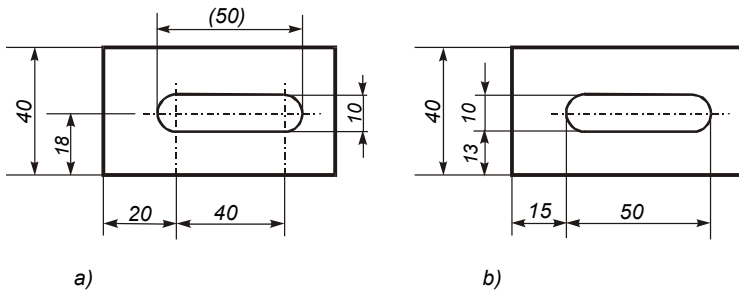
**Slika 4.3.-10.** Pojmovi kod unošenja mjera u nacrt



**Slika 4.3.-11.** Postavljanje mjernih i pomoćnih mjernih crta

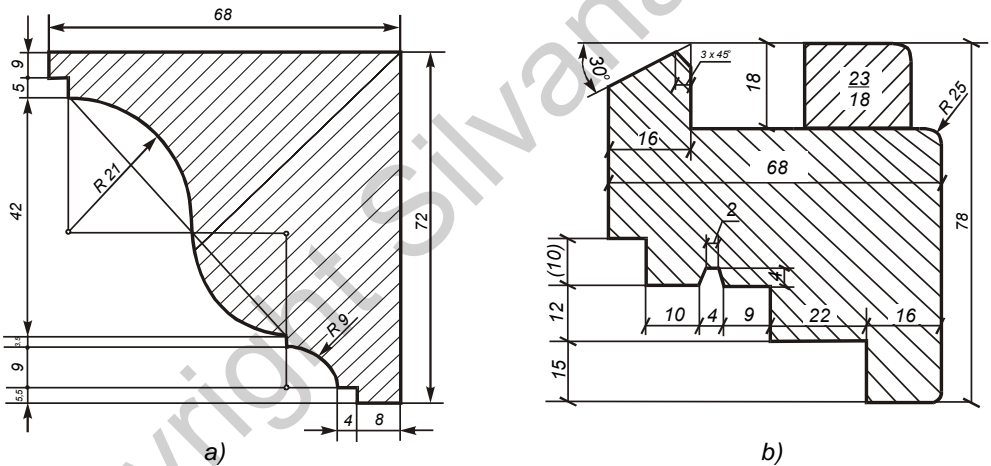
Postoji nekoliko vrsta mjernih crta:

- Logične mjerne crte služe za označavanje svijetlih otvora, modula, gabaritnih dimenzija i sl.
- Funkcionalne mjerne crte su usklađene s budućim izmjenama na mjere ugradnje te sadrže funkcionalne tolerancije.
- Proizvodne mjerne crte podešene su za korištenje u procesu obrade npr. kote simetrala rupa. Vidi sliku 4.3.-12.
- Ispitne mjerne crte podešene su za korištenje u procesu kontrole obradaka npr. kote dužine i širine rupe. Ispitni se broj mjere zaokružuje. Vidi sliku 4.3.-12.



**Slika 4.3.-12.** Postavljanje mjernih crta  
a) proizvodnih; b) ispitnih

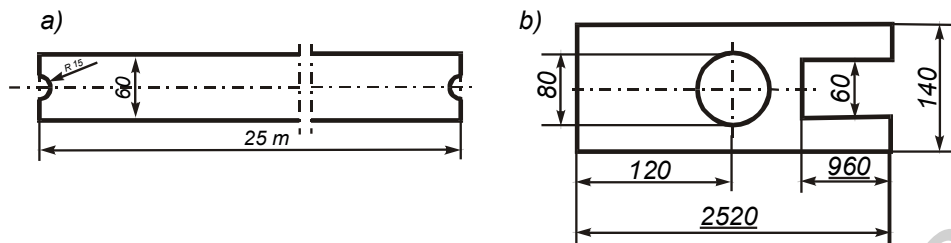
Idući primjer na slici 4.3.-13 prikazuje načine ograničavanja mjernih crta i njihov položaj.



**Slika 4.3.-13.** Ograničavanje mjernih crta  
a) strelicama i točkama;  
b) kosim crticama  $45^\circ$  prema DIN-u 919.

Jedinice mjera dimenzija (dužina, širina, visina itd.) kod drvnih proizvoda su milimetri. U graditeljstvu se kod mjerila  $M 1 : 100$  kotira u milimetrima i centimetrima, a kod mjerila  $M 1 : 50$  u centimetrima.

U nacrtima je uobičajeno da se dugi predmeti prikazuju prekinuto tj. prikraćeno. Kod kotiranja mjerne crte ne smiju biti prekinute. (Slika 4.3.-14a). Ukoliko predmet nije nacrtan u određenom mjerilu, kod označavanja dimenzija ispod broja mjere stavlja se vodoravna crta (Slika 4.3.-14b).

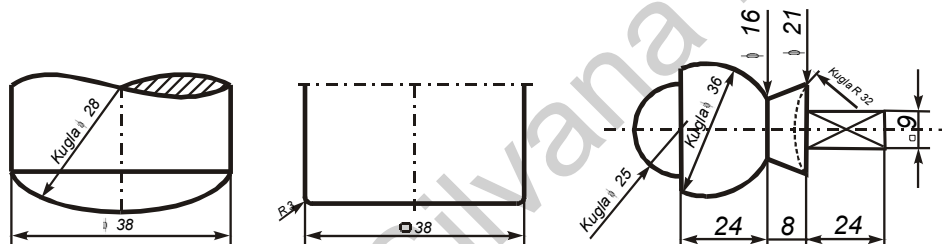


**Slika 4.3.-14** Unošenje mjera

a) kod prekinutih predmeta

b) kod predmeta koji nisu u mjerilu

Kod unošenja mjera na nacрте zakrivljenih predmeta koristimo se simbolima promjera  $\phi$ , polumjera i radijusa R, kugle, kvadrata i sl. Vidi sliku 4.3-15.



**Slika 4.3.-15** Označavanje simbolima za promjer, polumjer, kvadratni presjek, promjer i polumjer kugle

#### 4.3.7. Mjere, odstupanja mjera, dopuštena odstupanja – tolerancije i dosjedi

Primjena sustava dosjeda i dopuštenih odstupanja – tolerancija osnovni je uvjet provođenja industrijske proizvodnje sastavnih elemenata u serijama koji omogućavaju međusobnu zamjenjivost. Pod tolerancijom dimenzija se podrazumijeva dopušteno odstupanje od nazivne ili nominalne mjere.

U svijetu su razrađeni sustavi tolerancija i dosjeda koji su obuhvaćeni u okviru nekih državnih normi ili kao preporuke poznatih stručnjaka. Kod dosjeda postoje razrađeni sustavi na osnovi zajedničke osovine i zajedničkog otvora.

Tolerancije ili dopuštena odstupanja su povezane s nazivnom mjerom, tako je veći broj normi razvijen na osnovi ISO-a (International Organisation for Standardisation). Sustav je osnovan na osnovnom otvoru ili osnovnom čepu za područje od 0 ... 500 mm i od 500 ... 3150 mm s 18 razreda točnosti, odnosno razreda kvalitete.

U praksi se uz najveću pažnju i primjenu vrlo preciznih strojeva ne može postići točnost obrade koja bi jamčila međusobnu zamjenjivost dijelova i sklopova. U skladu s mogućnostima sredstava za rad i kontrolu obrade primjenjuje se

određen sustav dopuštenih odstupanja od nazivne mjere. U nekim zemljama izrađene su norme za sustav dosjeda i tolerancija i to u Rusiji GOST 6449 od 1983.; DIN 68100 preporuča tolerancije po međunarodnom ISO sustavu, koji je prihvaćen kao HRN, čija formula za drvo glasi:

$$i = 0,45 \cdot \sqrt[3]{D} + 0,001 \cdot D$$

i = jedinica tolerancije,

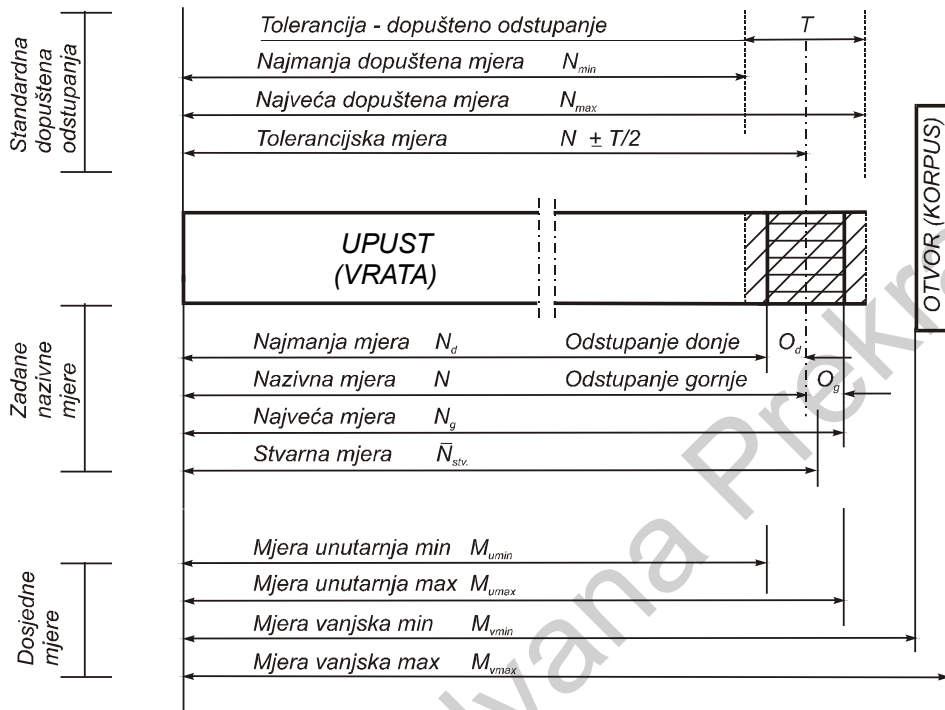
D = nazivna mjera (mm)

Sustav predstavlja problem u primjeni kod vrlo malih, odnosno, vrlo velikih dimenzija, jer se javljaju vrlo male ili vrlo velike vrijednosti odstupanja koje su za praktičnu primjenu nepodesne. U praksi je potrebno primijeniti tolerancijske kote do 1/10 mm točnosti i to na mjestima gdje je to neophodno, npr. kod debljina furniranih ploča, konstrukcijskih sastava i sl. Na razred kvalitete utječe i sadržaj vlage u drvu.

Dopuštenim odstupanjima i dosjedima se pristupa počevši od pojma mjere i odstupanja mjera.

#### **Definicije uz pojam - mjera**

Prema normi HRN D.A1. 100/95 određeni su pojmovi vezani za pojam mjere (redni broj 1 ... 16). Pojmovi idu uz sliku 4.3.-16.



Slika 4.3.-16. Shematski prikaz pojmova mjere, tolerancije i dosjeda

Tablica 4.3.-5 Termini i definicije mjera prema HRN D.A1. 100/95

Red. broj	Termin	Definicija s napomenom
1.	Dužinska mjera (kota) $M_L$	Fizikalna vrijednost duljine izražena brojem i izabranom jedinicom (L, mm)
2.	Stvarna mjera $M_S$ ( $\bar{N}_{stv}$ )	Mjera utvrđena mjerenjem predmeta
3.	Kutna mjera $M_K$	Fizikalna vrijednost kuta izražena brojem i izabranom jedinicom (krak L, mm; odklon OK, mm; alt. AT)
4.	Nazivna mjera (nominalna) N	Osnovna mjera prema kojoj se određuju odstupanja i granične mjere. (Dužinska, L; ili kutna AT koja se unosi u crteže.)
5.	Nulta linija O	Odgovara nazivnoj mjeri, a služi za teoretsko prikazivanje odstupanja. Iznad su pozitivna, a ispod negativna odstupanja
6.	Najmanja mjera $N_d$	Najmanja izvedena mjera: $N_d - O_d$ Donja granična mjera. – minimalna
7.	Najveća mjera $N_g$	Najveća izvedena mjera: $N_g - O_g$ Gornja granična mjera – maksimalna

8.	Granična mjera	Najveća, $N_g$ ili najmanja mjera $N_d$
9.	Potrebna mjera $N \pm$ ili tolerancijska mjera ili tzv. tolerancijska kota	Mjera koja se želi postići s dozvoljenim odstupanjima, bez obzira na standardna odstupanja (npr. optimalne mjere)
10.	Podešena mjera	Mjera utvrđena po podešavanju alata unutar tolerancijskog polja
11.	Srednja mjera $N_{sr}$	Aritmetička sredina između najmanje i najveće mjere. Ima teoretsko značenje.
12.	Srednja mjera stvarna $\bar{N}_{stv}$	Aritmetička sredina stvarnih izmjera. U praksi je $N_{sr} \neq N$
13.	Interval nazivnih mjera (normirani)	Područje ili raspon nazivnih mjera (u tablicama za očitavanje tolerancija nalaze se u 11 raspona). Za proračun osnovnih tolerancija uzima se srednja mjera.
14.	Tolerancijska mjera (standardna) ili mjera s dopuštenim odstupanjem $N \pm$	Nazivna mjera s pripadnim graničnim odstupanjima s obzirom na opće tolerancije (standardi za drvo)
15.	Dosjedna mjera (kontrolna) $M_d$	Najmanje i najveće mjere dosjednih površina otvora i upusta.
16.	Pomoćna ili približna mjera	Mjere bez graničnih odstupanja, često nisu geometrijski određene.

### Definicije uz pojam - odstupanje

**Tablica 4.3-6** Termini i definicije odstupanja mjera

Red. broj	Termin	Definicija s napomenom
1.	Odstupanje $O$	Razlika između neke srednje i maksimalne mjere i nazivne mjere ( $O = \bar{N} - N$ )
2.	Stvarno odstupanje $O_{st}$	Razlika između izmjere i nazivne mjere ( $O_{st} = N_x - N$ )
3.	Donje odstupanje $O_d$	Razlika između minimalne i nazivne mjere $O_d = N - N_d$
4.	Gornje odstupanje $O_g$	Razlika između maksimalne i nazivne mjere $O_g = N_g - N$
5.	Osnovno odstupanje za drvo $O_{td} (A_{td})$	Određuje položaj tolerancijskog polja, određeno je s najmanjim graničnim odstupanjem za drvo u sistemu tolerancija
6.	Odstupanje otvora donje, gornje $O_{ud}, O_{ug}$	Odstupanje unutarnje dosjedne mjere od bazne linije ili osi. $O_{ud} = M_{umin} - N$ ; $O_{ug} = M_{umax} - N$










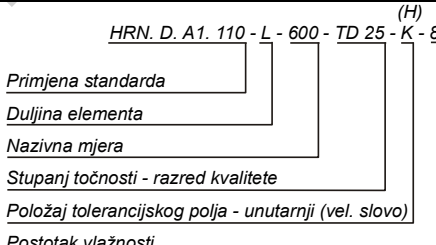
7.	Odstupanje upusta (čepa, uklade, vrata) donje, gornje $O_{vd}, O_{vg}$	Odstupanje vanjske dosjedne mjere od bazne linije ili osi (teoretsko). $O_{vd} = M_{vmin} - N$ ; $O_{vg} = M_{vmax} - N$
8.	Prosječno odstupanje otvora ili upusta $\bar{O}_v$ ; $\bar{O}_u$	Aritmetička sredina razlika odstupanja otvora, odnosno upusta: $\bar{O}_v = \frac{\sum(M_{vd} - M_{vg})}{n}$ $\bar{O}_u = \frac{\sum(M_{ud} - M_{ug})}{n}$

### Definicije uz pojam – dopuštena odstupanja ili tolerancije

**Tablica 4.3.-7** Termini i definicije dopuštenih odstupanja ili tolerancija mjera

Red. broj	Termin	Definicija s napomenom
1.	Tolerancija ili dopušteno odstupanje $T$	Dopuštena razlika između najveće i najmanje mjere. $T = N_{max} - N_{min}$
2.	Tolerancija mjere (dužinske mjere) $T_{u,v}$ unutarnje – vanjske	Razlika između dopuštenog najvećeg i najmanjeg odstupanja $T_{u,v} = M_{max} - M_{min}$
3.	Tolerancija oblika (forme) $T_f$	Određuje dopušteno odstupanje od zadanog geometrijskog oblika tzv. tolerancijskom zonom (Redni broj 4... 9)
4.	Tolerancija pravocrtnosti $T_p$ 	Određuje dopuštena odstupanja u jednom ili dva smjera prema baznoj liniji ili ravnini.
5.	Tolerancija ravnosti plohe $T_r$ 	Određuje dopuštena odstupanja između dvije usporedne ravnine razmaknute za $T_r$
6.	Tolerancija kružnosti linije $T_o$ 	Određuje dopušteno odstupanje između dvije koncentrične kružnice odnosno unutar kružnog prstena širine $T_o$
7.	Tolerancija cilindričnosti $T_c$ 	Određuje dopušteno odstupanje od dva koncentrična cilindra razmaknutih radijalno za $T_c$
8.	Tolerancija zakrivljenosti linije $T_z$ 	Određuje dopuštena odstupanja između dvije usporedno zakrivljene linije s razmakom $T_z$
9.	Tolerancija oblika površine – profila (hrapavosti) $T_h$	Određuje dopuštena odstupanja profila od geometrijski zadanih i

		naznačenih teoretskim mjerama
10.	Tolerancija položaja	Određuje dopušteno odstupanje od smjera i položaja (Redni broj 11)
11.	Tolerancija usporednosti (paralelnosti) $T_u$ 	Određuje dopušteno odstupanje linija (bridova) ili plohe od bazne linije i ravnine s razmakom $T_u$
12.	Tolerancija pravokutnosti $T_w$ 	Određuje dopušteno odstupanje linija (bridova) ili ravnina (ploha) od pravokutnosti za otklon $T_w$
13.	Tolerancija nagiba $T_n$ 	Određuje dopušteno odstupanje linija (bridova) ili ravnina (ploha) od zadanog kuta za otklon $T_n$
14.	Tolerancija položaja točke $T_t$ 	Određuje dopušteno odstupanje pozicije točke u jednom ili dva smjera između dvije paralelne linije ili ravnine u razmaku $T_t$
15.	Tolerancija simetričnosti $T_s$ 	Određuje dopušteno odstupanje linije ili ravnine simetrije od dviju paralelnih linija – ravnina s razmakom $T_s$
16.	Tolerancija koncentričnosti (koaksijalnosti) $T_x$ 	Određuje dopušteno odstupanje osi unutar cilindra promjera $T_x$ koji je koncentričan s baznom osi
17.	Tolerancija kuta $T_k$ (AT)	Određuje dopušteno odstupanje od zadanog kuta ( $^{\circ}$ " ") ili kao $\text{tg } \alpha$ tj otklon $T_k$ u odnosu na krak $L_1$
18.	Tolerancijsko područje (zona)	Područje dopuštene vrijednosti između najmanje i najveće mjere određeno je tolerancijom i položajem prema baznoj liniji
19.	Tolerancijsko polje TD	Interval između najmanje i najveće dopuštene mjere. Sustav tolerancija za drvo određen je s osnovnim odstupanjima za drvo TO (shematski prikaz na primjeru HRN D.A1.121)
20.	Položaj tolerancijskog polja	Određena je s najmanje dvije vrijednosti na mjernoj skali ili skali odstupanja. Izražava se najmanjom i najvećom mjerom, srednjom mjerom i tolerancijom, nazivnom mjerom i graničnim odstupanjem i sl.
21.	Sustav tolerancija za drvo	To je red sustavno dopuštenih odstupanja za obradu drva i drvnih materijala, koji za sve nazivne mjere ima jednaki stupanj točnosti – razred

		tolerancije
22.	Osnovna tolerancija za drvo (faktor tolerancije) TO	Osnovna tolerancija u sustavu tolerancija za drvo određena je u HRN D.A1.110 (DIN 6811/84) $TO = exp (a + b + c) \dots mm$ $exp \approx 4,23$ $a = \ln K - 0,1$ $b = \pi^{1/3} \cdot \ln N \cdot 10^{-1}$ $c = \gamma \cdot N^{exp} \cdot 10^{-4}$ TO za drvo svrstane su u 11 stupnjeva tolerancije (razreda kvalitete) od TD 6 ... TD 630 prema kojima se određuju tolerancije za 11 područja nazivnih mjera (na bazi 7000 mjerenja)
23.	Tolerancijski red	TO su pripadajuće tolerancije u određenom stupnju točnosti – razredu. Može se izraziti graničnim odstupanjem u obliku osnovnog odstupanja i osnovne tolerancije. Redovi su TD 6 ... Td 630
24.	Tolerancijski razred (stupanj točnosti ili kvalitete)	Ključ za izbor tolerancija koje u proizvodnji uvjetuju iste ili slične poteškoće u jednakim uvjetima
25.	Označavanje tolerancija za drvo	<div style="text-align: right;">(H)</div> $HRN. D. A1. 110 - L - 600 - TD 25 - K - 8$  <p>Primjena standarda</p> <p>Duljina elementa</p> <p>Nazivna mjera</p> <p>Stupanj točnosti - razred kvalitete</p> <p>Položaj tolerancijskog polja - unutarnji (vel. slovo)</p> <p>Postotak vlažnosti</p>

Tolerancije ili dopuštena odstupanja (T) od neke nominalne ili nazivne mjere (N) jesu razlike između gornje ili najveće mjere ( $G = N_{max}$ ) i donje ili najmanje mjere ( $D = N_{min}$ ). Stvarna odstupanja  $O_g - O_d$  su uvijek unutar ili izvan T.

Ova definicija prikazana je računskim primjerom na slici 4.3.-17.

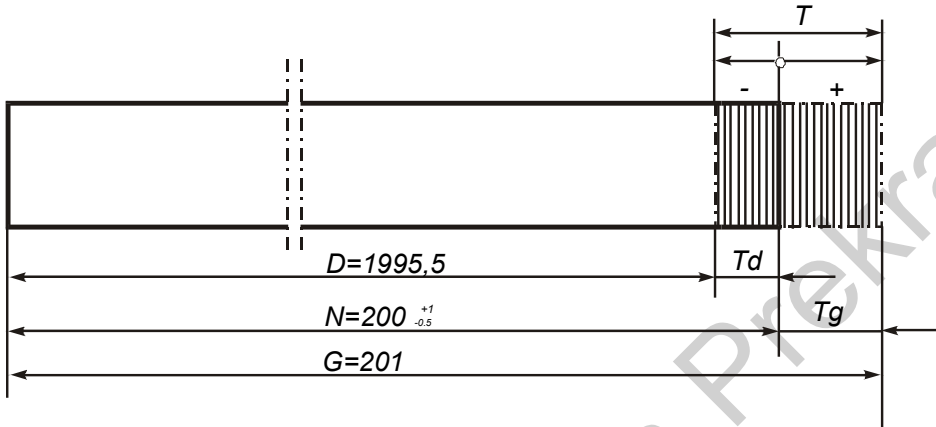
$$T = G - D$$

$$T = 201 - 199,5 = 1,5$$

ili

$$T = T_g - T_d$$

$$T = 1 - (-0,5) = 1,5$$



**Slika 4.3.-17** Primjer računanja dopuštenih odstupanja

Kako se vidi iz primjera, odstupanja od nazivne mjere na niže ( $T_d$ ) označavaju se predznakom (-), dok se odstupanja na više od nazivne mjere ( $T_g$ ) označavaju predznakom (+). Predznaci se postavljaju iza broja mjere i mogu biti:

$$= \pm \overline{\pm} \overline{\pm}$$

Gornja znamenka označava gornje odstupanje ( $T_g$ ), a donja donje odstupanje ( $T_d$ ).

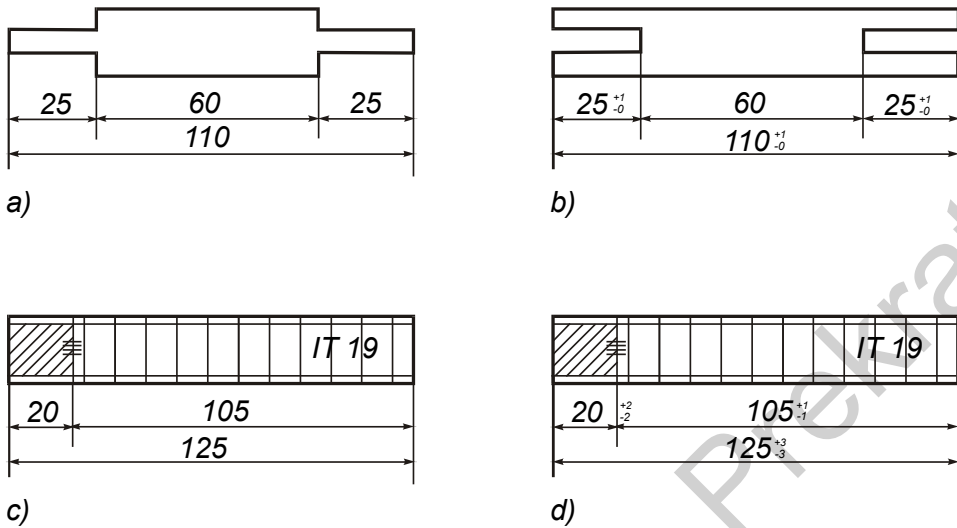
Prije primjene tolerancije potrebno je donijeti odluku što će biti predmet označavanja tolerancijskim kotama, koji sistem će se primijeniti i koji stupnjevi točnosti s obzirom na mogućnosti obrade i kontrole obradaka.

Kod crtanja i obilježavanja kota pojedinačnih konstrukcijskih dijelova rabe se:

- jedinične kote (slobodne mjere bez tolerancija)
- jedinične tolerancijske kote (slobodne mjere s dopustivim odstupanjima). Slika 4.3.-18 a; b.

Kod obilježavanja kota sklopova, tj. međusobno sastavljenih dijelova rabe se:

- sklopne kote
- sklopne tolerancijske kote (mjere s tolerancijom). Slika 4.3.-18 c, d.



**Slika 4.3-18.** Obilježavanje dimenzija a) jedinične, b) jedinične tolerancijske, c) sklopne, d) sklopne tolerancijske

Ako se obilježava u redoslijedu, tj. jedno iza drugog tako da čine zatvoreni krug, takav način naziva se **tolerancijskim nizom** ili **lancem**. Tolerancijski lanci mogu biti jedinični ili sklopni. Kriterij točne izrade dijelova i sklopova izražen je graničnim dimenzijama zapornog člana niza. Zaporni član je posljednji član čije dimenzije ovise o ostalim članovima.

Odstupanje zapornog člana jednako je sumi odstupanja svih članova niza.

Za primjer na slici 4.3.-18 će se izračunati granične dimenzije zapornog člana:

$$S_{max} = \sum P_{max} - \sum N_{min}$$

$$S_{min} = \sum P_{min} - \sum N_{max}$$

(P = pozitivne dimenzije, čijim povećanjem se zaporni član povećava),

(N = negativne dimenzije, čijim se povećanjem zaporni član smanjuje).

Podatke iz primjera (Slika 4.3.-19. ) unesene su u navedene jednadžbe:

$$S_{max} = 30,50 - (7,80 + 7,70) = 15,00$$

$$S_{min} = 29,60 - (8,35 + 8,40) = 12,85$$

Dimenzije zapornog člana mogu se izračunati podacima o tolerancijama, a da se dobije isti rezultat:

$$TG_s = \sum TG_p - \sum TD_n$$

$$TD_s = \sum TD_p - \sum TG_n$$

(TG = gornja tolerancija ili odstupanje, TD = donja tolerancija)

U jednadžbe su uvršteni podaci iz primjera (Slika 4.3.-19):

$$TG_s = 0,50 - (-0,20 - 0,30) = 1,00$$

$$S_{\max} = 14 + 1 = 15$$

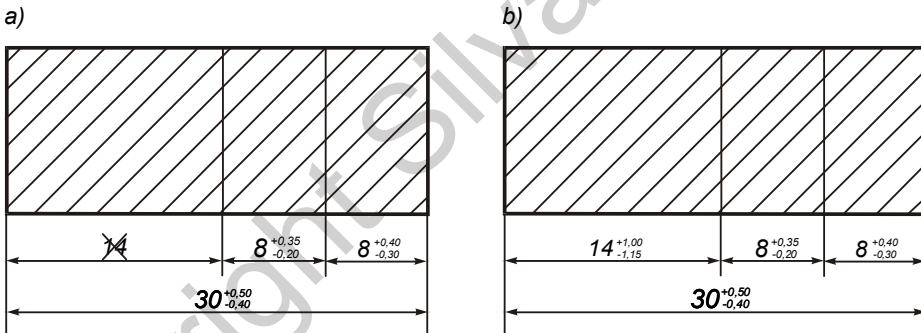
$$TD_s = -0,40 - (0,35 + 0,40) = 1,15$$

$$S_{\min} = 14 - 1,15 = 12,85$$

Kod velikog broja članova odstupanje zapornog člana dobiva nerealne vrijednosti koje se moraju korigirati.

Za konstrukcije je važno koji će se član proglasiti zapornim. Obično se uzima onaj koji se nalazi na naličju, tj. skrivenoj strani elementa, u utoru, odnosno tamo gdje njegova odstupanja nisu uvjetovana izričitom točnošću.

Za razliku od tolerancija dimenzija (dužine, širine itd.) razlikuju se i tolerancije kuteva. U Rusiji je izrađena norma za kutne tolerancije GOST 13 – 29 – 74.



a) jedinični niz

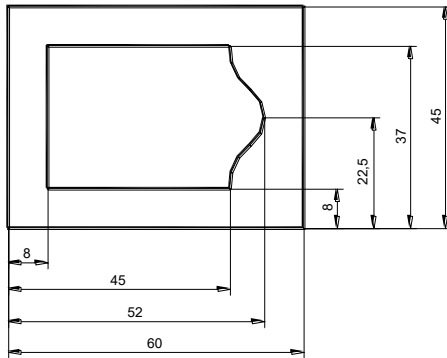
b) tolerancijski niz

**Slika 4.3.-19.** Obilježavanje mjera s tolerancijama

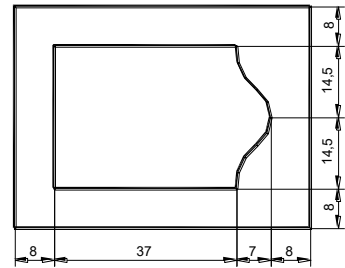
Tehnološka priprema za programiranje na numerički upravljanim strojevima uzrokuje odgovarajuća prilagođavanja nacrtu zahtjevima stroja, koja se nazivaju prema sustavu upravljanja NC (Numerical Control), CNC (Computerized Numerical Control), DNC (Direct Numerical Control).

Prilagođavanje nacrtu sastoji se u odabiranju i crtanju onih projekcija predmeta koje odgovaraju položaju obratka na radnom stolu stroja u procesu obrade. Nadalje, unošenje mjera ili kotiranje potrebno je izvršiti u skladu s mjernim sustavom stroja, tj. u relativnim (inkrementalnim) ili apsolutnim mjerama. Ukoliko se unaprijed ne zna na kojem će se stroju izvoditi obrada, konstruktor će unijeti mjere u apsolutnim koordinatama, te će na osnovi takvog crteža programer lakše izraditi program za stroj koji je opremljen s relativnim mjernim sustavom. S obzirom na sustav unošenja mjera razlikuje se:

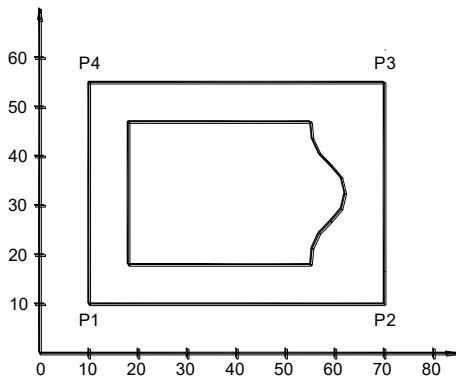
- paralelno kotiranje
- redno kotiranje
- pozicioniranje obratka na stroju
- tablični prikaz unošenja mjera za prethodni primjer je na slici 4.3.-20.



a) Paralelno kotiranje



b) Redno kotiranje



c) Pozicioniranje obratka na stroju

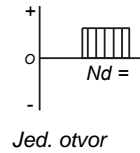
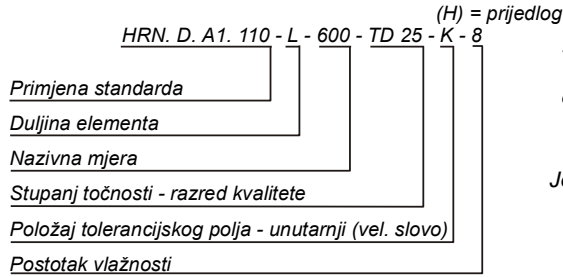
	APSOLUTNE MJERE		INKREMENTAL- NE MJERE	
	X	Y	X	Y
P <sub>1</sub>	10	10	0	0
P <sub>2</sub>	70	10	60	0
P <sub>3</sub>	70	55	0	45
P <sub>4</sub>	10	55	60	0

d) Tablični prikaz unošenja mjera za prethodni primjer

**Slika 4.3.-20** Primjeri prilagođavanja nacrtu elektroničkoj obradi

U tehničkim crtežima je potrebno za neke dijelove i sklopove navesti odstupanja za dužinske i kutne mjere u skladu s normama DIN-a koje su prihvaćene kao HRN.

**OZNAČAVANJE  
TOLERANCIJA ZA  
DRVO**  
(L = dužina)



**OZNAČAVANJE  
TOLERANCIJA ZA KUTOVE**  
(K = kut)  
(U = ugao)

(U)  
HRN D.E1.009 – K – TD 25 -10

**Slika 4.3.-21** Označavanje dopuštenih odstupanja ili tolerancija za drvo u tehničkoj dokumentaciji

**Tablica 4.3.-8.** Osnovne tolerancije za drvo prema HRN D.A1.121 (DIN 68100/84)

Područje nazivne mjere u mm od do		Osnovne tolerancije TO u mm kod redova tolerancija za drvo (TD)										
		TD - 6	TD - 10	TD - 15	TD - 25	TD - 40	TD - 60	TD - 100	TD - 160	TD - 250	TD - 400	TD - 630
1	3	0,06	0,10	0,15	0,25	0,40	0,60	-	-	-	-	-
3	10	0,07	0,12	0,18	0,30	0,50	0,70	1,4	2,2	3,5	-	-
10	30	0,08	0,14	0,21	0,36	0,55	0,83					
30	100	0,10	0,17	0,26	0,45	0,70	1,05	2,0	3,1	5,0	8	-
100	250	0,12	0,20	0,31	0,50	0,80	1,25					
250	500	0,14	0,24	0,36	0,60	0,95	1,45	2,4	3,8	6,0	10	15
500	1000	-	0,28	0,42	0,70	1,15	1,70	2,8	4,5	7,0	11	15
1000	2500	-	0,36	0,54	0,90	1,45	2,15	3,6	5,7	9,0	14	23
2500	5000	-	0,46	0,70	1,15	1,85	2,80	4,6	7,4	11,5	19	29
5000	10000	-	-	-	-	2,45	3,65	6,1	9,8	15,5	24	39
10000	25000	-	-	-	-	-	-	9,2	16,7	23,0	37	58

Izbor stupnja tolerancija: Npr. TD 25 (dopušta točnost stupnjeva).

Izbor reda tolerancije: Za nom. dim. 30- 100 mm kod TO 25 iznosi

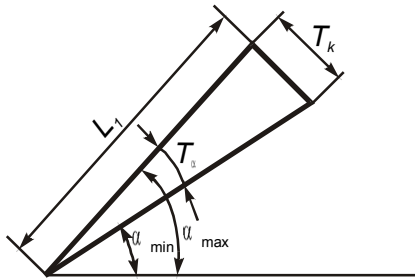
$T_o = 0,45$  mm.

Tablice sa  $\pm 10$  područja tolerancijskog polja

Grafički shematski prikazi vrsta dosjeda prikazani su na slikama 4.3.-29 i 4.3.-31.

Na slici 4.3.-22 prikazan je način označavanja tolerancije kuta.





$T_\alpha$  = zaokružena vrijednost veličine kuta

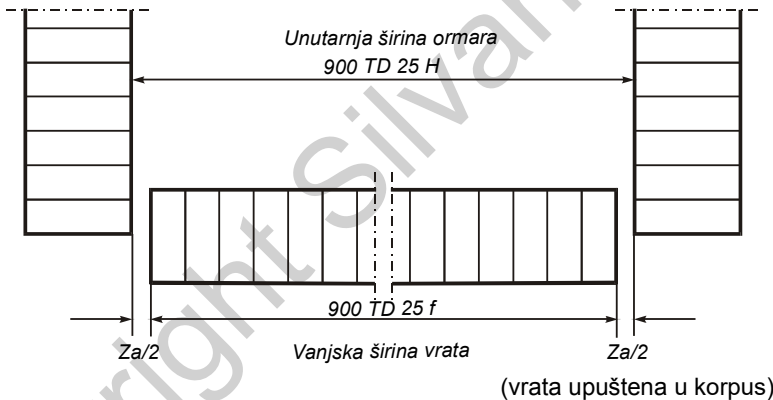
$T_k$  = tolerancija kuta izražena odklonom nasuprot kutu  $\alpha$  na udaljenosti  $L_1$

$$T_k = L_1 \operatorname{tg} (\alpha_{\max} - \alpha_{\min})$$

**Slika 4.3.-22** Kutna tolerancija

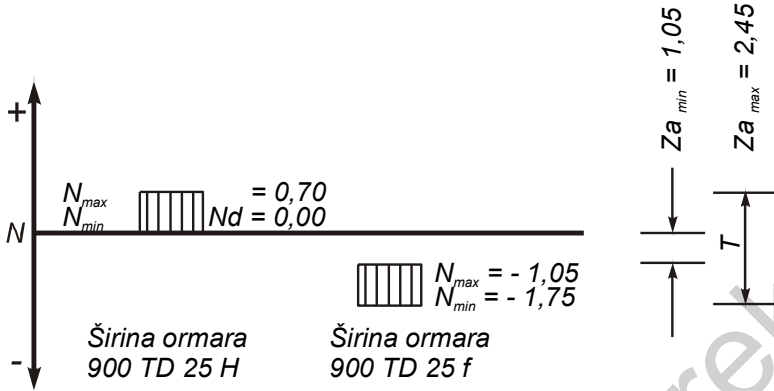
Na slici 4.3.-23 iznesen je primjer označavanja unutarnjih dimenzija s jednom nazivnom mjerom.

$N = 900$  mm, položaj tolerancijskog polja



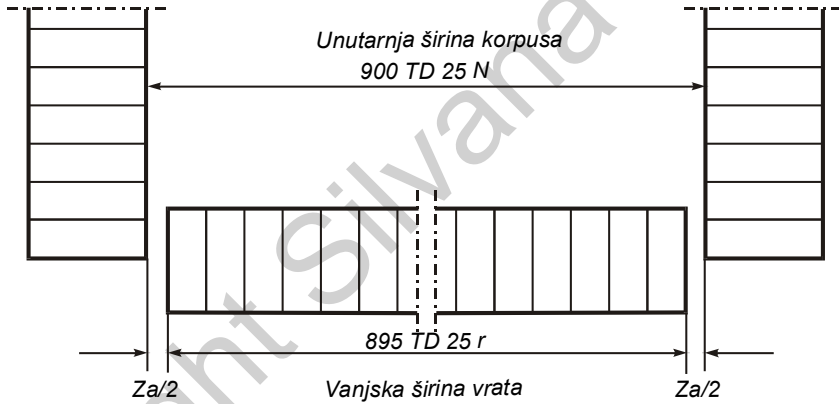
**Slika 4.3.-23** Primjer dosjeda za vrata s jednom nazivnom mjerom

Na slici 4.3.-24 naveden je primjer označavanja dimenzija s dvije nazivne mjere. Na slikama 4.3.-25. i 4.3.-26 izneseni su primjeri kotiranja s dvije nazivne mjere, tj. kako označava konstruktor, te kako provodi i provjerava tehnolog.



Slika 4.3.-24 Grafički prikaz položaja tolerancijskih polja kod ormara

KONSTRUKTOR

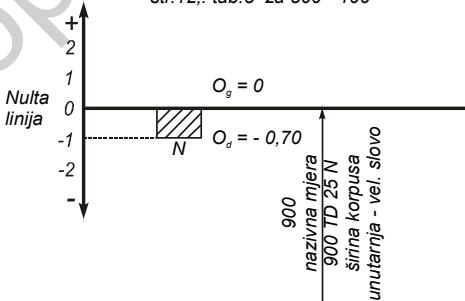


Slika 4.3.-25 Primjer dosjeda za vrata s dvije nazivne mjere

TEHNOLOG PROCESA

Očitavanje HRN. D. E1 010

str.12., tab.3 za 500 - 100



str.9, tab.2 za 500 - 100



Slika 4.3.-26 Grafički prikaz položaja tolerancijskih polja za korpus i vrata

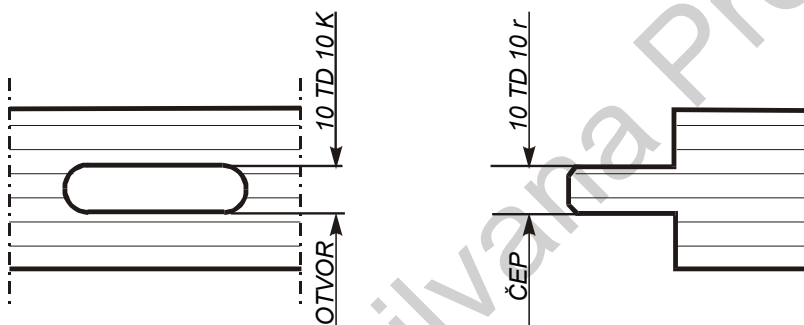
Min. zazor = Najmanji otvor – Najšira vrata

$$Za_{\min} = \begin{array}{r} 900 \\ - 0,70 \\ \hline 899,30 \end{array} - \begin{array}{r} 895 \\ + 1,75 \\ \hline 896,75 \end{array} = \underline{2,55}$$

Max. zazor = Najveći otvor – Najuža vrata

$$Za_{\max} = \begin{array}{r} 895 \\ + 1,05 \\ \hline 900,30 \end{array} - 896,05 = \underline{3,95}$$

Na slici 4.3.-27 iznesen je primjer unošenja tolerancijskih mjera pri sastavljanju okvirnica podužnom rupom i zaobljenim čepom.

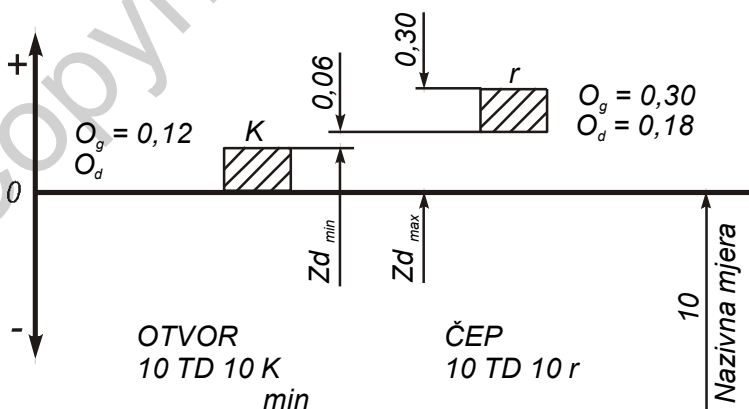


**Slika 4.3.-27** Primjer unošenja tolerancijskih mjera pri sastavljanju okvirnica

OČITANJE TOLERANCIJA HRN D.E1.010

za K str. 12 (5 ... 10)

za r str. 7 (5 ... 10)



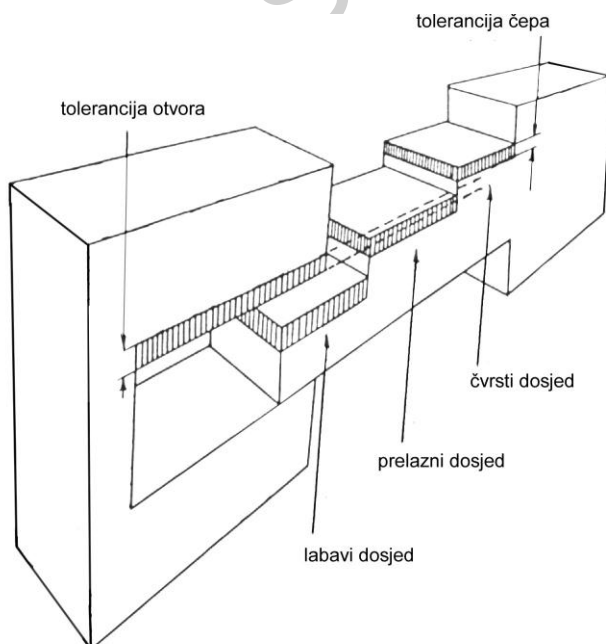
**Slika 4.3.28** Grafički prikaz položaja tolerancijskih polja

### Definicije uz pojam – dosjed

Definicije uz pojam dosjed iznesene su u tablicama 4.3.-9, 4.3.-10 te na slici 4.3.-29

**Tablica 4.3.-9** Termini i definicija dosjeda

Re. broj	Termin	Definicija s napomenom
1.	Dosjed	Dosjed je međusobni odnos mjera otvora i upusta na sastavnim dijelovima koji ovisno o njihovim dimenzijama omogućuju lakše ili teže upuštanje pri sastavljanju. Sastavni parovi su istih nazivnih mjera. (Rupa – čep, dovratnik – vrata, utor – pero, okvir – uklada itd.)
2.	Labavi dosjed (slobodni)	Između otvora i upusta (utora i pera) postoji zračnost ili zazor ( $Z_a$ )
3.	Čvrsti dosjed	Između otvora i upusta (utora i pera) postoji zador ( $Z_d$ ), tj. prilikom sastavljanja postoji stezanje ili uprešanost
4.	Prelazni dosjed	Prelazni dosjed je značajka manje zračnosti ili manjeg zadora, $Z_a/Z_d$ tj. naizmjenične pojave zadora i zazora.



**Slika 4.3.-29** Tolerancije i dosjedi (prema B. Ljuljki)

### Odstupanja mjera zbog promjene relativne vlage zraka

Različiti klimatski uvjeti u proizvodnji i na mjestu uporabe drvnog proizvoda utječu na promjenu sadržaja vlage drva, pa tako i na bubrenje ili utezanje u vremenu uspostavljanja vlage ravnoteže u drvu.

Promjene dimenzija koje nastaju u drvu potrebno je predvidjeti već pri samom konstruiranju proizvoda. Pri tome se za određenu vrstu drva i pretpostavlja relativna vlaga zraka koja se očekuje za duže razdoblje na mjestu uporabe proizvoda, određuje i promjena u postocima po postotku promjene relativne vlažnosti. Prema DIN-u 68100 promjene za neke vrste drva i drvnih materijala su sljedeće:

Vrsta drva	Kratica	Vlaga ravnoteže kod relativne vlage			Bubrenje-utezanje	
		$\varphi = 37\%$	$\varphi = 50\%$	$\varphi = 83\%$	p u %/%	
					radijalno - tang.	
Smrekovina	SM	7,0	9,0	12,7	0,19	0,39
Borovina	BO	7,0	8,4	15,3	0,19	0,36
Ariševina	AR	8,4	9,9	17,1	0,14	0,30
Bukovina	BU	7,3	8,7	15,7	0,20	0,41
Hrastovina	HR	8,9	10,3	17,2	0,16	0,36
Iverica trosl.	IT	6,0	10,0	15,0	0,70	0,035
Furnir. ploča	FP	5,0	10,0	15,0	0,30	0,015
Vlaknatica	VT	4,0	7,0	11,0	0,80	0,035

Veličina linearne promjene (radijalno - tangencijalno) se računa prema izrazu:

$$M = N \cdot \Delta u \cdot \frac{p}{100} \quad \dots \text{ mm}$$

gdje je: N = nominalna dimenzija, mm

$\Delta u$  = razlika vlage između  $u_1$  u proizvodnji i  $u_2$  na mjestu uporabe

$(u_1 - u_2)$ , %

p = promjena dimenzije, %/%

Mjere s dopuštenim odstupanjem - tolerancijska kota se unosi u nacrt kao širina ili debljina obratka:

$$B = N \pm M \quad \dots \text{ mm}$$

gdje je: M = odstupanje mjere zbog promjene vlage u drvu, mm

**Tablica 4.3.-10** Definicije uz pojam dosjedi, zazori i zadori

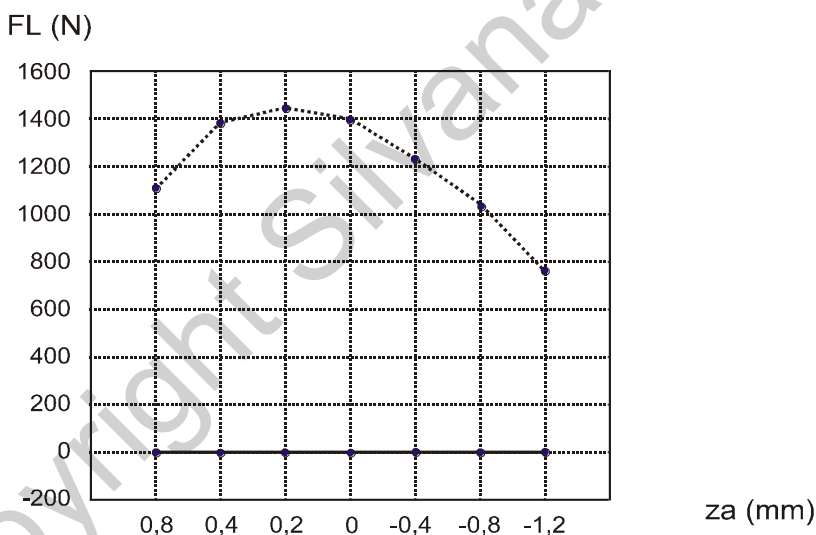
Re. broj	Termin	Definicija s napomenom
1.	Dosjedna površina unutarnja $A_u$	Površina sljublivanja sastavnog dijela u otvoru. Kod lijepljenja se naziva sljubnica.
2.	Dosjedna površina vanjska $A_v$	Površina sljublivanja sastavnog dijela na upustu (čepu i sl.). $A_u$ i $A_v$ priljubljene čine sljub (tzv. fugu).
3.	Ukupno odstupanje otvora – unutarnje $O_u (O_o)$	Razlika najveće i najmanje unutarnje mjere $O_u = M_{u\max} - M_{u\min}$ ( $O_u = M_{ug} - M_{ud}$ )
4.	Ukupno odstupanje upusta – vanjsko $O_v (O_č)$	Razlika najveće i najmanje vanjske mjere $O_v = M_{v\max} - M_{v\min}$ ( $O_u = M_{vg} - M_{vd}$ )
5.	Najveći zazor $Z_{amax}$	Razlika najvećeg otvora i najmanjeg upusta. $Z_{amax} = M_{u\max} - M_{v\min}$ u = otvor = d' ( $Z_{amax} = d'_{\max} - d_{\min}$ )        v = čep = d N = N <sub>stv.</sub>
6.	Najmanji zazor $Z_{amin}$	Razlika najmanjeg otvora i najvećeg upusta. $Z_{amin} = M_{u\min} - M_{v\max}$ ( $Z_{amin} = d'_{\min} - d_{\max}$ )
7.	Najveći zador $Z_{dmax}$	Negativna razlika najmanjeg otvora i najvećeg upusta. $Z_{dmax} = - (M_{u\min} - M_{v\max})$ ( $Z_{dmax} = - (d'_{\min} - d_{\max})$ )
8.	Najmanji zador $Z_{dmin}$	Negativna razlika najvećeg otvora i najmanjeg upusta. $Z_{dmin} = - (M_{u\max} - M_{v\min})$ ( $Z_{dmin} = - (d'_{\max} - d_{\min})$ )
9.	Srednji zazor $Z_{asr}$	$Z_{asr} = \frac{M_{u\max} + M_{u\min}}{2}$
10.	Srednji zador $Z_{dsr}$	$Z_{dsr} = \frac{M_{v\max} + M_{v\min}}{2}$
11.	Stvarni srednji zazor $\bar{Z}_a$	Razlika prosječnih odstupanja otvora i upusta, odnosno srednjih unutarnjih i vanjskih mjera $\bar{Z}_a = \bar{M}_u - \bar{M}_v$
12.	Stvarni srednji zador $\bar{Z}_d$	Negativna razlika prosječnih unutarnjih i vanjskih odstupanja: $\bar{Z}_d = -(\bar{M}_u - \bar{M}_v)$
13.	Optimalni zador	Služi za dimenzioniranje čepova za postizanje najveće čvrstoće spojeva. Ovisan je o konstruktivnom obliku.

Kod sastavljanja elemenata s čvrstim dosjedom zador uzrokuje veće ili manje stezanje, natiskivanje drva i deformacije koje ovise o građi drva, obliku konstrukcijskih sastava i veličini zadora. Zador veći od 0,3 mm uzrokuje kod spojeva neslijepljena mjesta, tzv. "gladni spoj", probijanje ljepljiva i dr.

S. A. Iljinski je ispitivao utjecaj čvrstoće spoja čepa i podužne rupe s obzirom na veličinu odstupanja, te je utvrdio da čvrsti spojevi s odstupanjem iznad 0,3 mm uzrokuju pukotine čiji udio raste s povećanjem zadora.

Odstupanja iznad 1 mm uzrokuju pukotine na 100 % sastava. Kod labavih spojeva sa zazorom većim od -0,4 mm utvrđeno je smanjenje čvrstoće koje se pripisuje debelom sloju ljepljiva, odnosno utjecaju kontrakcije ljepljiva u procesu otvrdnjavanja. Maksimalna čvrstoća spajanja čepa i podužne rupe zabilježena je kod zadora 0,2 mm na debljinu čepa. Maksimalna čvrstoća određena je silom loma.

Rezultati su prikazani dijagramom na slici 4.3.-30.

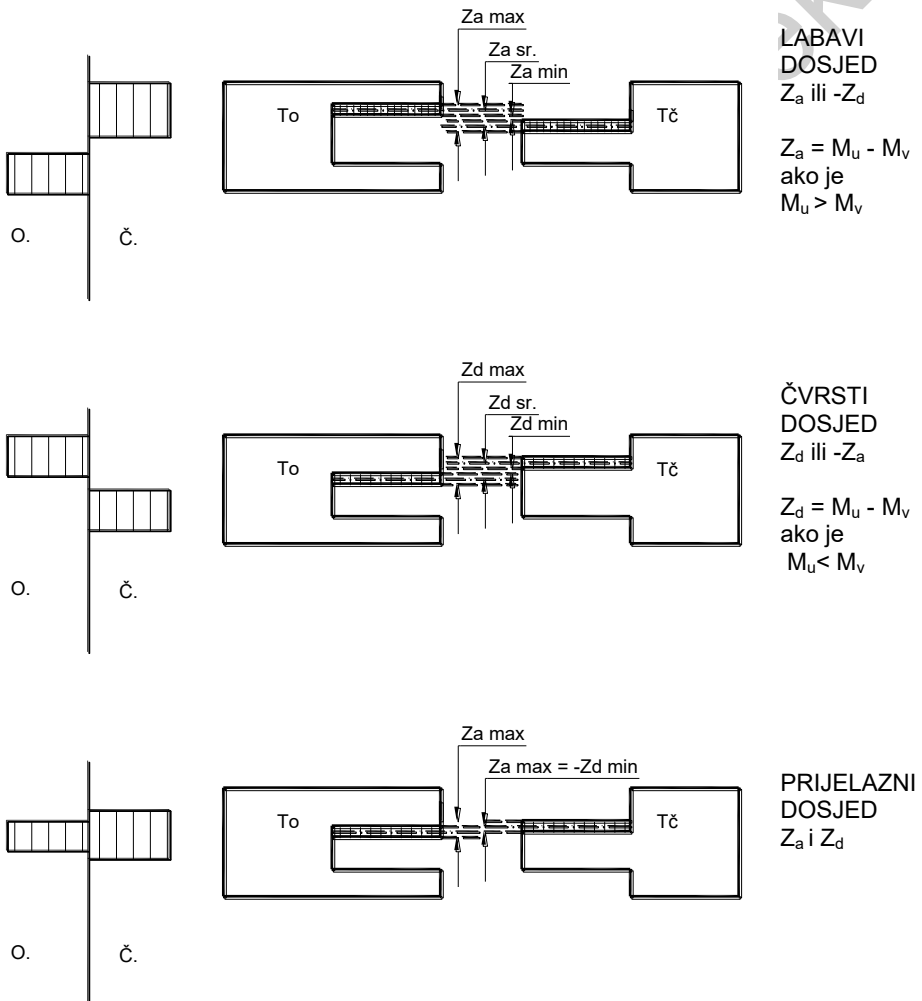


**Slika 4.3.-30** Dijagram odnosa maksimalne sile (sile kidanja) i načina dosjedanja kod spoja čep – rupa,  $F_{max} = 1,45 \text{ kN}$  kod zadora 0,2 mm (po S.A. Iljinskom)

Tkalec, S. je istražio utjecaj natisnutosti čepova i njihovog bubrenja navlaživanjem do razine optimalnog zadora, kada spojevi imaju najveću čvrstoću u odnosu na spojeve s nenatisnutim čepovima. Time je potvrđen značaj strojeva za natiskivanje čepova i moždanika prije lijepljenja.

U istraživanju utjecaja različitih načina dosjedanja u istom razredu točnosti obrade na čvrstoću spoja, Potrebić, M. je ustanovio da je razlika u čvrstoći spoja značajna samo u drugom razredu točnosti u okviru obuhvaćenog sustava tolerancija koje je autor razmatrao.

Veličina zadora, odnosno zadora u znatno većoj mjeri ovisi o dosjedanju nego o razredu kvalitete unutar iste vrste dosjedanja. Dosjedom je određen položaj tolerancijskog polja čepa u odnosu na tolerancijsko polje otvora. To znači ako postoji zavisnost između čvrstoće spoja i veličine zadora ili zadora, ona bi trebala u ovom slučaju biti izrazitija. Zaključuje se da vrsta dosjeda u izvjesnoj mjeri utječe na čvrstoću lijepljenog spoja, ali taj utjecaj nije toliko izrazit da bi u jednom od sustava tolerancije i dosjeda pokazivao zakonitost, već navodi na zaključak da se dobivena signifikantnost mogla javiti slučajno baš u drugoj klasi točnosti, ali isto tako se mogla javiti u bilo kojoj drugoj kombinaciji. Vrste dosjeda praktične za drvnotehnološku praksu prikazane su na slici 4.3.-31.

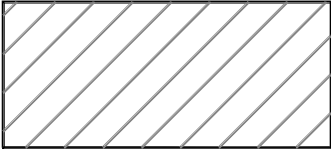
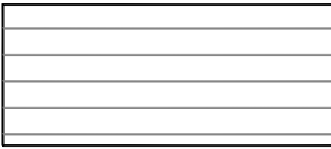
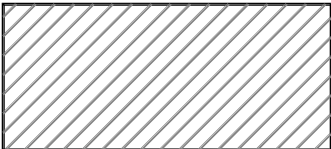
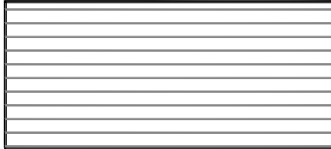


**Slika 4.3.-31** Shematski prikaz vrsta dosjeda a) labavi b) čvrsti c) prijelazni dosjed gdje je O=otvor, Č=čep, To=odstupanje otvora, Tč=odstupanje čepa



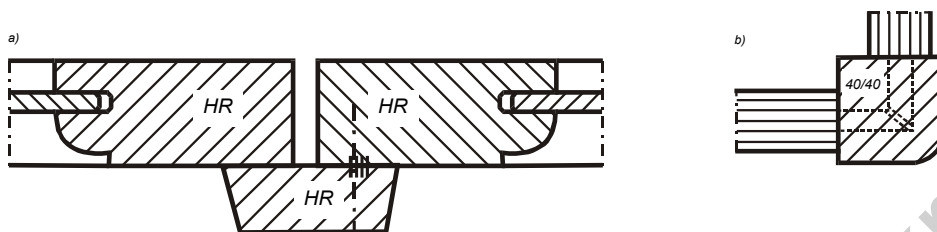
### 4.3.8. Prikazivanje i označavanje cjelovitog drva

Dijelovi, sklopovi od cjelovitog drva tzv. masiva nacrtani u pogledu, tj. kada nisu prikazani u presjeku, u pravilu se ne iscrtavaju – šrafiraju. Iznimno, a to je uobičajeno kod idejnih nacrti, perspektivnih crteža i dr., naznačuje se tekstura vanjskih ploha. Čelni presjeci drva iscrtavaju se kosim prostoručnim crtama 45° u razmaku 4 ... 5 mm (DIN 4076). Susjedni sastavni dijelovi imaju suprotni smjer iscrtavanja. Kod istovrsnog iscrtavanja potrebno je na presjeku označiti vrstu drva. Ukoliko nije potpuno definirana vrsta drva, presjek se može iscrtati s manjim razmakom 2 ... 3 mm ako se odnosi na tvrdu vrstu drva, a 4 ... 5 mm ako primjenjujemo meku vrstu drva. Iste crte i razmak upotrebljavaju se kod označavanja uzdužnog presjeka. Tada crte postavljamo paralelno s dužim stranicama, tj. u smjeru vlakana. Ovi razmaci odgovaraju nacrtima u mjerilu 1:1. Slika 4.3.-32. Umanjeni crteži se iscrtavaju (šrafiraju) uz prigodno umanjeње.

 <p>poprečni ili čelni presjek</p>	meko drvo	BO	borovina
		JE	jelovina
		JS	jela – smrekovina
 <p>uzdužni – radijalni ili tangencijalni presjek</p>	LI	lipovina	
	JO	johovina	
	TO	topolovina	
 <p>poprečni ili čelni presjek</p>	tvrdo drvo	BU	bukovina
		HR	hrastovina
		MA	mahagonijevina
 <p>uzdužni radijalni ili tangencijalni presjek</p>	OR	orahovina	
	TI	tikovina	
	TR	trešnjevina	

**Slika 4.3.-32.** Prikazivanje i označavanje cjelovitog ili masivnog drva za crteže u mjerilu 1:1

U primjeru na slici 4.3.-33a presjek tvrdog drva označen je iscrtavanjem u većem razmaku, ali je stavljena oznaka za vrstu drva. U idućem primjeru na istoj slici 4.4.-33b iscrtavanjem u manjem razmaku označava se tvrdo drvo, ali vrsta nije određena.



**Slika 4.3.-33** Primjeri označavanja dijelova od cjelovitog - masivnog drva

### 4.3.9 Prikazivanje i označavanje drvnih ploča






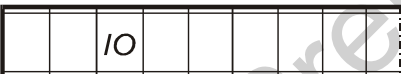


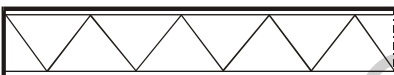

Oznake vrste i dimenzije debljine ploče u pravilu se stavlja na crtež presjeka. Obložene ploče prikazane u pogledu, mogu se označiti simbolom vrste ako na istom nacrtu nema pripadnog presjeka. Također se može označiti smjer furnira ili oplata, odnosno tekstura obloga. Presjeci svih drvnih ploča prikazuju se iscrtavanjem vertikalnih crta u odnosu na stranice u razmaku 5 ... 8 mm kod mjerila 1 : 1.

Na presjeku se upisuju oznake za vrstu ploče kao i smjer vlakanaca srednjice i obloge ako se radi o uslojenim konstrukcijama (slika 4.3.-34).

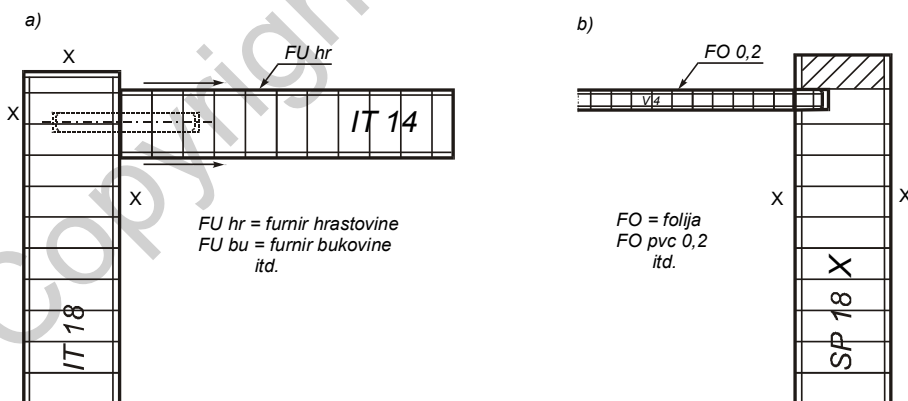
**Tablica 4.3.-11.** Oznake ploča koje su najviše u uporabi

ITo	Iverica troslojna oplemenjena	VM	Vlaknatica medijapan MDF
ITy	Iverica troslojna s povećanom čvrstoćom na savijanje	VT	Tvrda vlaknatica HDF
ITx	Iverica troslojna s povećanom čvrstoćom na raslojavanje	VI	Izolacijska vlaknatica – mekana
IK	Iverica konopljit – lanit	GK	Gips – karton ploča
IC	Iverica cementna	LP	Laminat ploče
IO	Iverica okal	FO	Furnirski otpresak
DNO	Drvonitni otpresak	IP	Plošno iverna ploča – OSB

Primjeri na slici 4.3.-35 ilustriraju način prikazivanja i označavanja furnirane iverice i furnirane stolarske ploče, te vlaknatice obložene folijom.










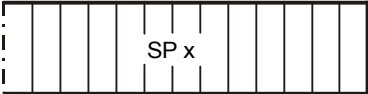
	
Stolarska ploča – srednjica je poprečno presječena	Stolarska ploča – srednjica je uzdužno presječena
	
Furnirska ploča troslojna središnji furnir je poprečno presječen	Furnirska ploča troslojna središnji furnir je uzdužno presječen
	
Iverica troslojna	Iverica "okal" furnirana
	
Vlaknatica - lesonit	Vlaknatica oplemenjena sintetskim smolama jednostrano
	
Ispunjene izolacijske ploče	Otpresak od iverja - jednoslojni

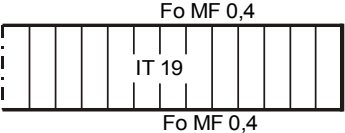

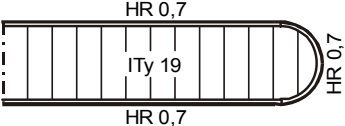
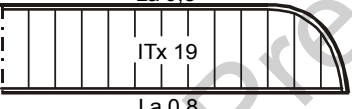

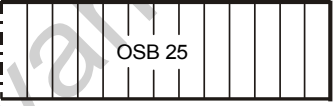
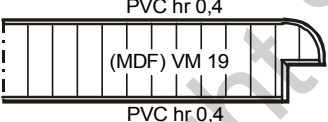
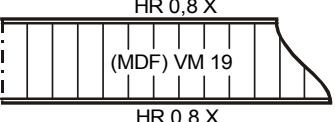
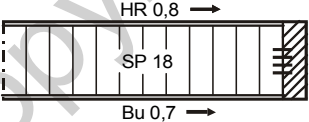
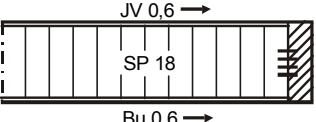
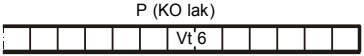

**Slika 4.3.-34** Prikazivanje i označavanje drvnih ploča

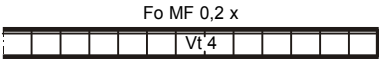
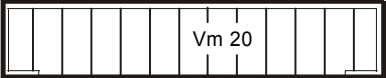
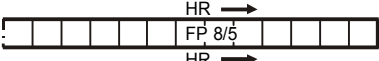
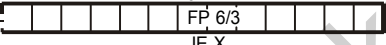
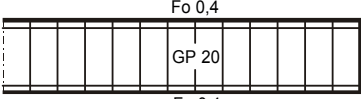
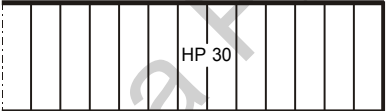
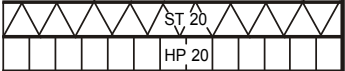
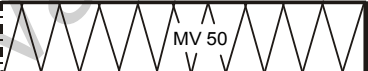


**Slika 4.3.-35** Primjeri označavanja obloženih ploča, a) furnirana iverica s okomitim i paralelnim smjerom furnira u odnosu na presjek; b) furnirana stolarska ploča vlaknatica obložena folijom

**Tablica 4.3.-12. Primjeri označavanja ploča po HRN D.E.01 (prijedlog 1988. DIN 919/86)**

Neoplemenjene ploče	 <p>Bu X (IL) IK 19 Bu X</p> <p>Iverica konopljit jednoslojna oplemenjena furnirom od bukovine naznačenog smjera</p>	 <p>Bu → (IO 30/ Φ20) IO 19 Bu →</p> <p>Iverica "okal", jednoslojna oplemenjena furnirom naznačenog smjera, alternativno s rupama naznačenog promjera</p>
	 <p>IT 19</p> <p>Iverica troslojna neoplemenjena - normalna</p>	 <p>ITx 19</p> <p>Iverica troslojna s povećanom čvrstoćom na raslojavanje</p>
	 <p>ITy 19</p> <p>Iverica troslojna s povećanom čvrstoćom na savijanje</p>	 <p>(IV) IPx 19</p> <p>Iverica peteroslojna, alternativno višeslojna ili bez izrazitih slojeva s povećanom čvrstoćom raslojavanja</p>
	 <p>(IC) ITp 19</p> <p>Iverica troslojna protupožarna, alternativno iverica cementna</p>	 <p>(OSB) IT -&gt;</p> <p>Iverica troslojna s usmjerenim iverjem naznačenog smjera</p>
	 <p>SP -&gt;</p> <p>Stolarska ploča naznačenog podužnog presjeka vlaknaca srednjice</p>	 <p>SP x</p> <p>Stolarska ploča poprečnog presjeka srednjice</p>

Oplemenjene ploče	 <p>Iverica troslojna dvostrano oplemenjena sintetskim smolnim folijama</p>	 <p>Iverica troslojna zaobljenih rubova trostrano obložena savitljivim laminatom jednostrano folijom (postupak omotavanja)</p>
Ploče za oplemenjivanje	 <p>Iverica troslojna dvostrano furnirana hrastovim furnirom (softforming), jednostrano bukov furnir</p>	 <p>Iverica troslojna naknadno obložena laminatom (postforming postupak) i jednostrano folijom</p>
	 <p>Vlaknatica "medijapan"</p>	 <p>Plošno iverna iverica OSB neoplemenjena</p>
	 <p>Vlaknatica "medijapan" ili MDF ploča oplemenjena četverostrano folijama (postupak omotavanja)</p>	 <p>Vlaknatica "medijapan" (dvoslojna) obložena trostrano furnirom (softforming)</p>
	 <p>Stolarska ploča s nalijepljenom rubnom letvicom obostrano furnirana u naznačenom smjeru</p>	 <p>Stolarska ploča furnirana u naznačenom smjeru s nalijepljenom rubnom letvicom</p>
	 <p>Vlaknatica tvrda s parafinskim slojem, alternativno lakirana ili bezparafinska</p>	 <p>Vlaknatica meka tzv. izolacijska ploča</p>

 <p>Vlaknatica tvrda jednostrano obložena folijom s naznačenim smjerom dekoracije – teksture</p>	 <p>Vlaknatica mekana ili izolacijska trostrano obložena PVC folijom s djelomičnim prijelazom na četvrtu stranicu</p>
 <p>Furnirska ploča debljine 8 mm iz pet slojeva i naznačenim smjerom vanjskih furnira</p>	 <p>Furnirska ploča 6 mm iz tri sloja, vanjski furnir poprečno presječen</p>
 <p>Sadrena ili gips ploča debljine 20 mm s ljepenkom obostrano</p>	 <p>Drvonitna ili "heraklit" ploča tzv. drvocementna ploča</p>
 <p>Kombinirana ploča sastavljena od stiropora i "heraklit" ploče</p>	 <p>Ploča od mineralne vune (dimenzije 1000 x 500 x 50 mm)</p>

Kratice kojima označavamo vrstu drva ili drvnih materijala zavise od nacionalnih normi tako da npr. DIN 4076/1 za komercijalne vrste drva koristi prva dva ili tri značajna slova imena vrsta drva na njemačkom jeziku. Isto se odnosi na ploče i sintetske materijale kao što su folije, ljepila, lakovi i dr. Također postoje kratice za latinske nazive vrsta drva. Uz oznaku često se stavljaju dimenzije debljine ili presjeka elementa.

**Tablica 4.3.-13 Pregled oznaka drvnih ploča i drugih materijala**

Oznaka ili kratica materijala	Naziv materijala
IK, IL	Iverica jednoslojna – konopljit, lanit
IO	Iverica okal, povećana čvrstoća na raslojavanje, smjer furnira se dodaje na slici kao i promjer rupe
IT	Iverica troslojna
ITx	Iverica troslojna, povećana čvrstoća na raslojavanje
ITy	Iverica troslojna, povećana čvrstoća na savijanje
IPy	Iverica peteroslojna, povećana čvrstoća na savijanje
ITc	Iverica cementna za graditeljstvo
ITp	Iverica troslojna protupožarna
OSB	Iverica troslojna s usmjerenim iverjem, plošno iverje
SP → , SP X	Stolarska ploča (smjer vlakanaca srednjice)
VT	Vlaknatica tvrda (lesonit)
VM	Vlaknatica meka, izolacijska
MDF	Vlaknatica (medijapan) srednje teška
HDF	Vlaknatica (medijapan) teška
FP	Furnirska ploča (debljina / br.slojeva) Smjer vlakanaca vanjskog furnira se dodaje na slici
MV	Mineralna vuna
DN (HP)	Drvonitna ploča, "Heraklit"
DN / ST	Kombinirana ploča, npr. drvonitna / stiropor
GK (GP)	Gips-karton ploča
La HR	Dekorativni laminat s teksturom
La 0,6	Dekorativna laminat ploča s oznakom debljine
PVC Fo, MF Fo	Folija PVC i melaminformaldehidna
P Fo	Papirna dekorativna folija
HR Fu 0,8	Furnir hrastovina
DNO	Drvonitni otpresak
FO	Furnirski otpresak (debljina / br. slojeva)

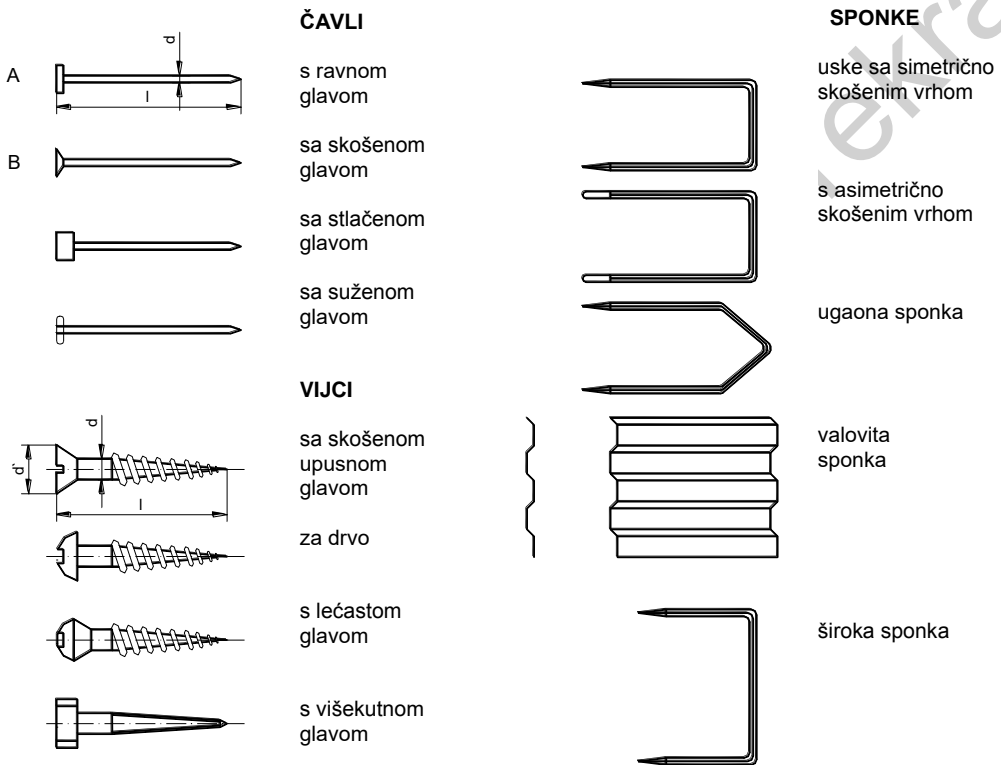
#### 4.3.10. Prikazivanje i označavanje nedrvenih materijala

Najbrojniji nedrvni ili tzv. pomoćni materijali za povezivanje ili oblaganje dijelova i sklopova su: čavli, vijci, razni okovi, plastični i metalni profili, staklo, keramika,

mramor i dr. U pravilu se složeni konstrukcijski oblici okova i vijaka ne crtaju, već se označavaju simbolima s naznakom dimenzija.

Nacrtom treba prikazati mjesto postavljanja, tj. ležište, upust ili uložak, sredine vijaka, otvore i sl.

Elementi za povezivanje i učvršćivanje obuhvaćaju: vijke za drvo i drvene ploče, vijke s maticom, čavle sa i bez glave, sponke, tzv. klamerice i dr. (Slika 4.3.-36).



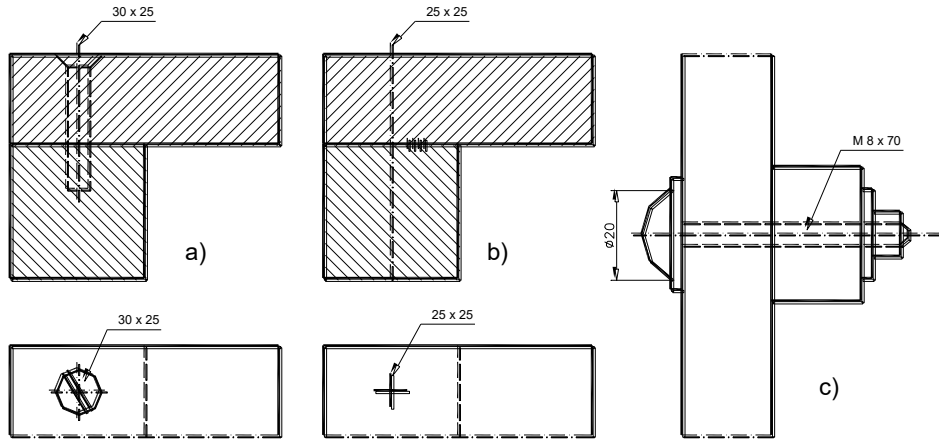
**Slika 4.3.-36** Metalni elementi za povezivanje i učvršćivanje: čavli, vijci i sponke



**Slika 4.3.-37** Vijak s asimetričnim "sidrenim" navojem "Confirmat"

Prikazivanje i označavanje sastava čavljanjem, vijcima i sponkama prikazano je na slikama 4.3.-36, 4.3.-38.

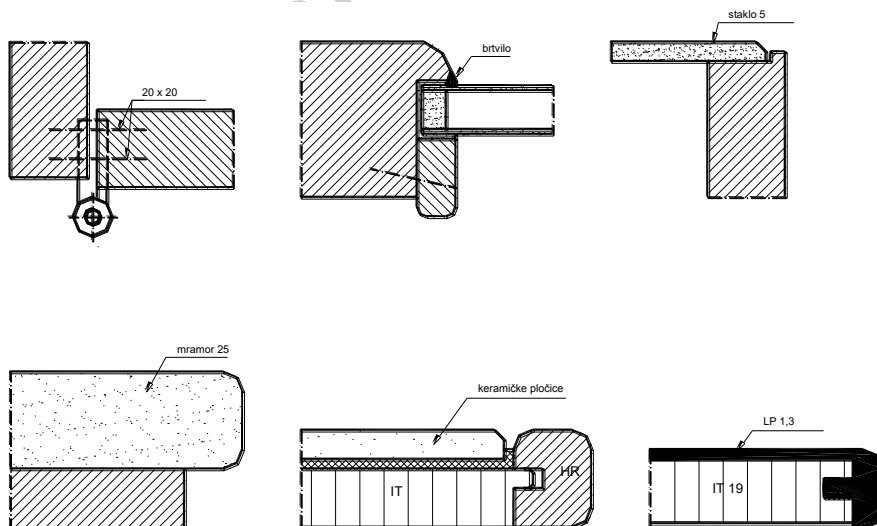




**Slika 4.3.-38** Prikazivanje i označavanje a) vijaka; b) čavala; c) vijaka s maticom.

Na sličan način kao i elemente za povezivanje označavaju se ostali pomoćni materijali. Uz pokazne crte navede se simbol određene vrste materijala, jedna ili dvije osnovne dimenzije (debljina, promjer i sl.), te pripadne norme. Na slici 4.3.-39 navedeno je nekoliko primjera označavanja nekih pomoćnih materijala.

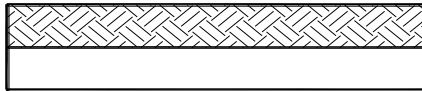
Pokazne linije se u pravilu primjenjuju na crtežima pogleda, dok se na presjecima mogu izbjegavati, a oznake stavljati uz simetralu veznog elementa. Oznake nije potrebno ponavljati na dvije ili tri projekcije istog detalja.



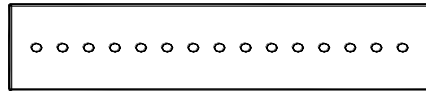
**Slika 4.3.-39** Načini označavanja raznih pomoćnih materijala pokaznim linijama - strelicama

### 4.3.11. Prikazivanje materijala u graditeljstvu

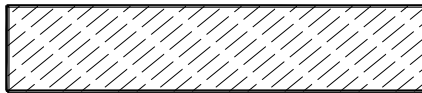
Kod crtanja ugrađenog namještaja od drva i drugih ugrađenih drvnih konstrukcija susrećemo se s potrebom prikazivanja ugradbenih elementa koji su u neposrednoj blizini ili u sastavu s drvnim konstrukcijama. Na slici 4.3.-40 izneseni su načini prikazivanja nekih građevinskih materijala prema DIN-u 1356.



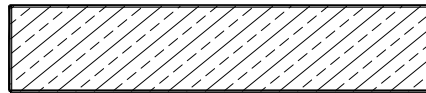
presjek površine zemlje



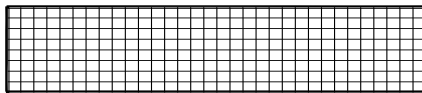
ispuna kod poda



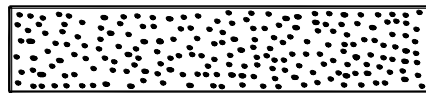
nearmirani beton



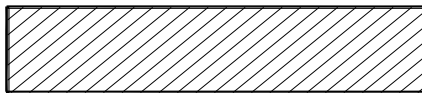
armirani beton



gotovi betonski elementi



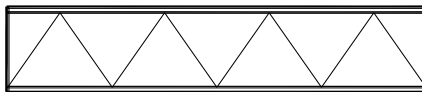
mort - žbuka - glazura



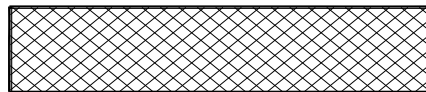
zidovi od opeke i sl.



hidro izolacija



izolacijske ploče protiv buke, topline i hladnoće



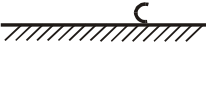









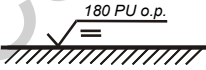
brtvila i izolirajući materijali

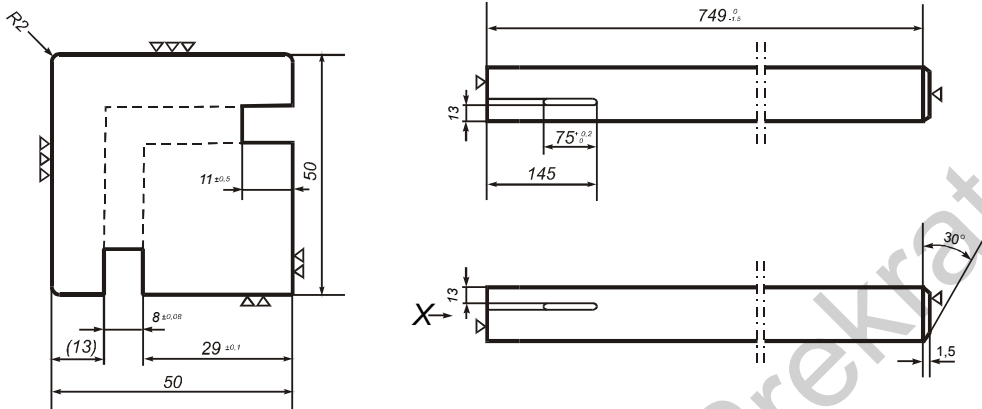
**Slika 4.3.-40.** Pregled načina prikazivanja nekih materijala u graditeljstvu

### 4.3.12. Tehnološke oznake završne mehaničke obrade

Finoća završne mehaničke obrade može se označiti simbolima kao što je prikazano u tablici 4.3.-14. Na taj način izbjegavamo složeno i nepregledno opisivanje u tehničkom opisu. Primjena tehnoloških oznaka finoće obrade brušenjem prikazana je na slici 4.3.-41.

Tablica 4.3.-14 Oznake i definicije završne mehaničke obrade

OZNAKA	KRAT.	OBRADA	DEFINICIJA
	grubi rez	grubi rez pile kod raspiljivanja ili okrajčivanja u pilani	obrađeno listovima pila trupčara, gatera, kružnih pila paralica i sl.
	fini rez	fini rez pile kod preciznog piljenja u finali	obrađeno listovima pila preciznih strojeva u finali
	najfiniji rez	blanjani rez pile kod vrlo preciznog piljenja u finali	obrađeno listovima za blanjani rez na specijalnim strojevima
	grubo glod - bl.	grubo glodano ili blanjano	$n < 4000 \dots 9000$ o/min $V_p = 6 \dots 12$ m/min radna glava 2 ... 4 noža
	fino glod - bl.	fino glodano ili blanjano	$n = 4000$ o/min $V_p > 12$ m/min radna glava 2 ... 4 noža
	najfin. glod - bl.	najfinije glodano ili blanjano	$n > 9000$ o/min $V_p < 6$ m/min radna glava 4 noža i više
	grubo bruš.	grubo brušeno brusnom trakom	granulacija brusnog sredstva do br. 80
	fino bruš.	fino brušeno brusnom trakom	granulacija brusnog sredstva br. 80 ... 150
	najfin. bruš.	najfinije brušeno brusnom trakom ili drugim sredstvom	granulacija brusnog sredstva br. 150 ... 250 ili brusni valjci, čelična vuna i sl.
	grubo izbrazdano	grubo izbrazdano žičanom četkom	žičani kolutovi za abraziju
	OZNAKA PREMA NAVODU		
	Primjer: Brušeno brusnom trakom br. 180, paralelno s vlakancima, lakirano PU lakom u izvedbi otvorenih pora		
	⊥ = okomito na vlakanca, X = u dva kosa smjera, Y = u svim smjerovima		



Slika 4.3.-41 Obilježavanje finoće obrade brušenjem na nozi od stola

#### 4.3.13. Tehnološke oznake spajanja ljepilom

Lijepljeni spojevi označuju se tako da se na crtu koja predstavlja sljubnicu prostoručno nacrtaju četiri paralelne okomite crtice dužine 3 ... 4 mm kod mjerila 1:1.

Vrsta ljepila može se obilježiti na način koji prikazuje slika 4.3.-38b. Vrstu ljepila označavamo kraticama na priloženoj tablici 4.3.-15. Predznak "L" obilježava ljepilo.

Tablica 4.3.-15 Oznake ljepila

LFF	Fenol-formaldehidno	LMF	Melamin-formaldehidno
LFFF	Fenol-formaldehidno kao film	LPVA	Polivinil acetatno
LRF	Rezorcin-formaldehidno	LPKP	Polokloroprensko
LKF	Karbamid-formaldehidno	LT	Taljivo ljepilo

#### 4.3.14. Tehnološke oznake površinske obrade

Tehnološkim oznakama prema navodu može se već u nacrtu obilježiti završnu mehaničku površinsku obradu brušenjem brojem brusnog sredstva. Uz ovu oznaku stavlja se i kratica površinskog materijala, npr. boje za drvo ili laka, te početna slova izvedbe npr.: o.p. = otvorene pore; z.p. = zatvorene pore; p.o. = poluotvorene pore; m = mat; pm. = polumat; s = sjajno. Alternativno se u nekim nacrtima unosi podatak o nanosu laka u  $g/m^2$  uz kraticu za materijal. Vrsta površinskog materijala označava se kraticama na priloženoj tablici 4.3.-16.

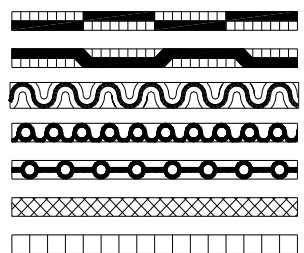
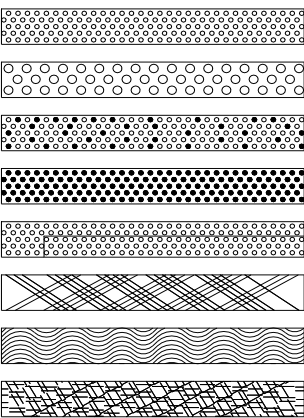
**Tablica 4.3.-16** Oznake materijala za površinsku obradu

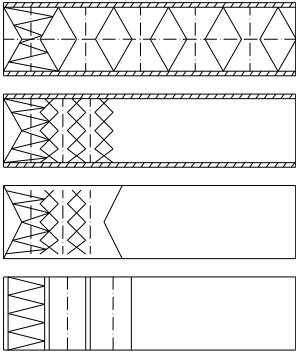
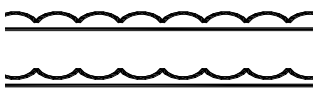
Oznaka	Vrsta premaza	Oznaka	Vrsta premaza
MB	Močeno bojom	KO	Kiseloootvrđivaјуći lak
UP	Uljni premaz	PU	Poliuretanski lak
VP	Voštani premaz	LP	Lazurni premaz
NC	Nitro celulozni lak	PL	Pigmentirana lak boja
PE	Poliesterski lak	VL	Vodeni lakovi

### 4.3.15. Tehnološke oznake tapetarskih materijala

Tapetarski materijali označavaju se slikovnim oznakama uz koje je potrebno opisati vrstu materijala skraćenicama (Tablica 4.3.-17).

**Tablica 4.3.-17** Oznake tapetarskih materijala

Namjena	Naziv	Oznaka (primjer)
<p><b>PODLUGE (Po)</b></p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>- trake od tekstila</li> <li>- trake od gume</li> <li>- valovite opruge</li> <li>- prešane (valjane) opruge</li> <li>- pletene žičane podloge</li> <li>- vlaknate podl. (kokos, retex)</li> <li>- drvni materijal (letve, lamele)</li> </ul>	<p>Po. t.20...80</p> <p>Po. t.g.30...60</p> <p>Po. s.o. ...</p> <p>Po. p.o. ...</p> <p>Po. p.ž. ...</p> <p>Po. d.m. ...</p> <p>Po ...</p>
<p><b>SPUŽVE ZA ISPUNU (Sp)</b></p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>- poliuretan (poliester) tvrdi</li> <li>- poliuretan (poliester) meki</li> <li>- PVC elastični</li> <li>- lateksna (gumena) spužva</li> <li>- kombinirana konstrukcija</li> <li>- vata ili vuna za oblaganje</li> <li>- perje za ispunu</li> <li>- usitnjena spužva</li> </ul>	<p>Sp.t. PU50 ...</p> <p>Sp.m. PU40 ...</p> <p>Sp. PVC 80</p> <p>Sp. LA</p> <p>Sp. m. PU 50/30</p> <p>Va ...</p>

Namjena	Naziv	Oznaka (primjer)
<b>OPRUGE I OPRUŽNE JEZGRE (Op)</b>  	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Opružna jezgra "Bonell"</li> <li>- Opružna jezgra "GR-GR"</li> <li>- Opružna jezgra "Štarafija"</li> <li>- Džepićasta opružna jezgra</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Op. j. BO</li> <li>Op. j. GR</li> <li>Op. j. ŠL</li> <li>Op. j. DŽEP</li> </ul>
<b>KRUTI POROZNI MATERIJALI ZA ISPUNU</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ekspandirani polistirol (stiropor) kg/m<sup>3</sup></li> <li>- Termoplastična pjena za lijevanje</li> <li>- Poliuretanska pjena</li> <li>- Polivinil klorid</li> <li>- Akril nikril-butadien stirenski kopolimer</li> <li>- Stirenbutadien kopolimer</li> <li>- Akrolester-stirol-akril nitril, itd.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>EPS 10 (do 300)</li> <li>TSG 600 (do 900)</li> <li>PU 100 (1100)</li> <li>PVC</li> <li>ABS</li> <li>SAN</li> <li>ASA</li> </ul>
<b>PRESVLAKE</b>  	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Prirodna ili sintetska koža</li> <li>- Tkanina za namještaj</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Ko ... (tip)</li> <li>Tk ... (tip)</li> </ul>

#### 4.4. Osnove prikazivanja predmeta

Konstruktor uz poznavanje tehnike crtanja drvnih konstrukcija, dimenzioniranja i oblikovanja konstrukcijskih rješenja, treba posjedovati sposobnost prostornog predočavanja trodimenzionalnog predmeta, i to crtežom na ravni. Taj crtež treba za sve korisnike biti čitljiv i pregledan – lako razumljiv, jednoznačan, te

estetski oblikovan u skladu s pravilima crtanja. Kako bi se zadovoljili navedeni uvjeti, projektanti i konstruktori trebaju poštivati osnovna zajednička pravila za predočavanje predmeta crtežima.

### Određivanje položaja predmeta

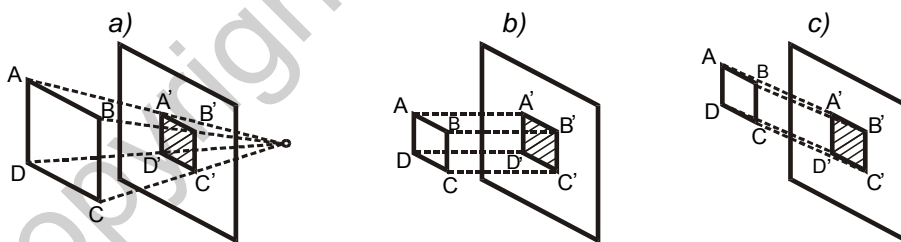
Određivanje položaja predmeta na crtežu ovisi o veličini i obliku predmeta, te mjerilu u kojem će se crtati. Potrebno je nastojati da ravne plohe budu paralelne ili okomite na ravnine projekcije. U pravilu predmeti se postavljaju u onaj položaj u kojem stoje u naravi.

### Izbor i broj projekcija

Projekcijama treba potpuno odrediti oblik i dimenzije predmeta. Svakom se projekcijom određuju dvije dimenzije, tj. s dvije se projekcije određuje trodimenzionalni predmet. Kod složenih predmeta, radi jasnije predodžbe i upotrebe crteža za izradu naprava i šablona, predmet se crta u tri projekcije. Kod toga se simetrični predmeti mogu prikazivati polovično, tj. lijevi i desni dio od središnjice.

Postoje tri metode projiciranja. One su:

- centralna projekcija ili perspektiva kod koje se zrake projiciranja sastaju u jednoj točki (npr. fotografija) (slika 4.4.-1a);
- ortogonalna projekcija kod koje su zrake projiciranja međusobno paralelne ili okomite u odnosu na ravninu projekcije (slika 4.4.-1b);
- kosa projekcija kod koje su zrake projiciranja međusobno paralelne ili kose u odnosu na ravninu projekcije (slika 4.4.-1c).

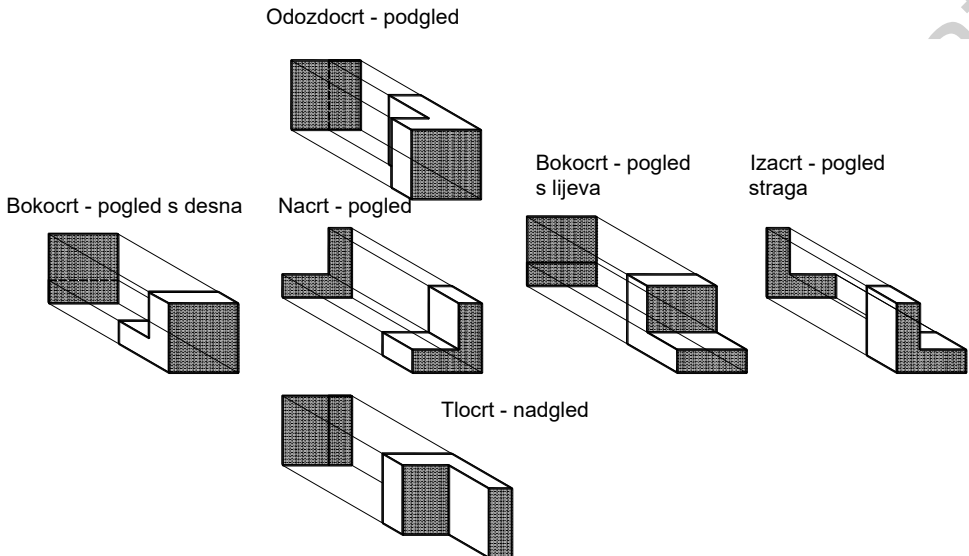


**Slika 4.4.-1** Metode projiciranja: a) centralna; b) ortogonalna ili pravokutna; c) kosa paralelna projekcija

#### 4.4.1. Pravokutna ili ortogonalna projekcija

U tehničkom crtanju najviše se primjenjuje metoda ortogonalnog projiciranja na dvije ili više ravnina, ovisno o tome koliko i kojih pogleda ili presjeka se želi prikazati. Crtanje projekcija izvodi se tako da se predmet postavi u prostorni pravokutni koordinatni sustav s određenim ishodištem. Slika 4.4.-2.

Projekcija tijela dobit će se tako da se projiciraju vrhovi dotičnog predmeta na jednu ili više ravnina, zatim se projicirani vrhovi međusobno spoje crtama onim slijedom kako su postavljeni bridovi tijela u prostoru. Predmet se postavlja u koordinatni sustav u takav položaj da se projiciranjem prikaže što veći broj bridova i kontura, tj. skup bridova koji odvajaju vidljive od nevidljivih ploha.



**Slika 4.4.-2** Pravokutna paralelna projekcija na nekoliko ravnina

## Pogledi

Označavanje u nacrtima prema normi DIN 6:

- |   |  |
|---|--|
| a) Pogled sprijeda, nacrt, pročelje, fronta | ( $C \uparrow$ ili $C \leftarrow$ )    |
| b) Pogled odozgo, tlocrt, nadgled           | ( $B \downarrow$ )                     |
| c) Bočni pogled, s lijeva, bokocrt lijevi   | ( $A \rightarrow$ )                    |
| d) Bočni pogled, s desna, stranocrt desni   | ( $A \leftarrow$ )                     |
| e) Pogled odozdo, odozdocrt, podgled        | ( $B \uparrow$ )                       |
| f) Pogled straga, izacrt, poleđina          | ( $C \downarrow$ ili $C \rightarrow$ ) |

Pravila za označavanje pogleda i presjeka

DIN 6	Naziv presjeka	Oznaka i smjer gledanja
c	Bokocrti presjek (vertikalni do 45 °)	A - A $\rightarrow$
d		A - A $\leftarrow$
b	Tlocrti presjek (horizontalni do 45 °)	B - B $\downarrow$
e	Odozdocrtni presjek	B - B $\uparrow$
a	Nacrti - pročelni presjek	
	(oznaka na desnom bokocrtu)	
f	sprijeda straga	C - C $\leftarrow$ ili C - C $\uparrow$ C - C $\rightarrow$ ili C - C $\downarrow$



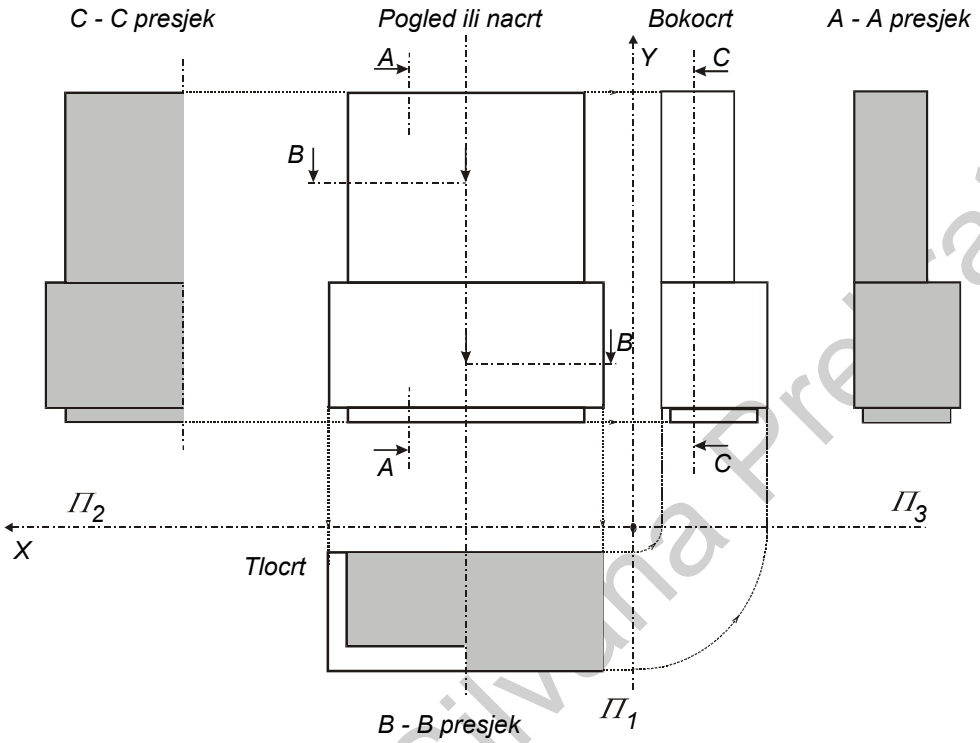
Kod iscrtavanja vidljivosti tijela u projekcijama vrijedi pravilo da se bridovi unutar kontura vide onda kada se vidi vrh iz kojeg ti bridovi izlaze.

### Označavanje presjeka

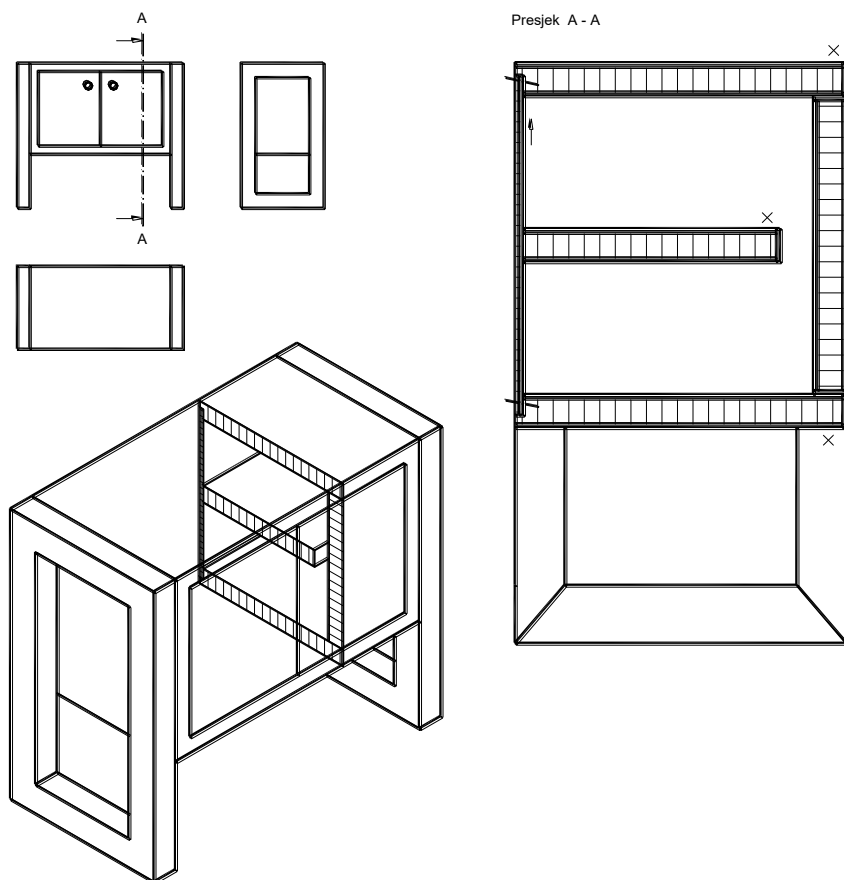
Crtanjem pogleda u nacrtu, tlocrtu ili bokocrtu može se dobiti predodžba o vanjskim oblicima predmeta. Vanjski oblici i dimenzije prioritetni su zadaci projektanta - dizajnera.

Struktura proizvoda, tj. konstrukcijsko oblikovanje, prikazuje se projiciranjem presjeka. Željeni dijelovi i sklopovi presijecaju se ravninama i projiciraju na osnovne ravnine projekcije. U tehničkom crtanju drvnih proizvoda primjenjuju se tri osnovne ortogonalne projekcije presjeka (Sl. 4.4.-3).

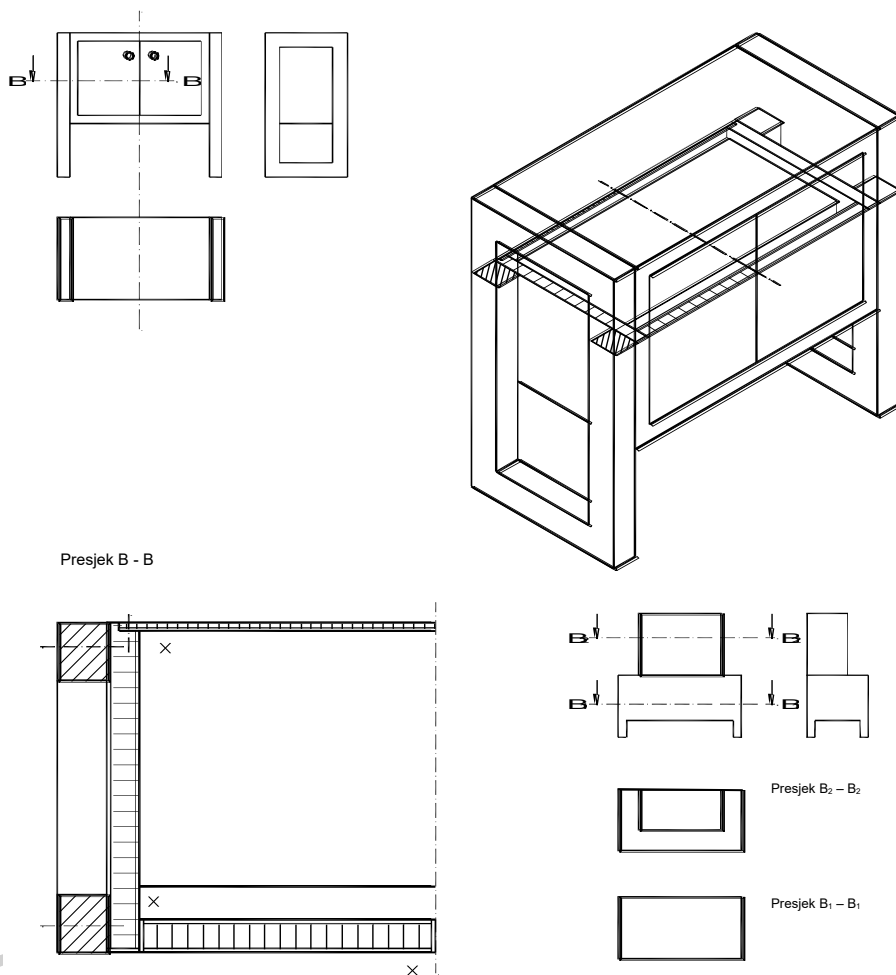
- Presjek A-A je vertikalni bočni presjek ili bokocrtni presjek. Slika ovog presjeka dobije se tako da se predmet presiječe ravninom okomitom na ravninu projekcije  $\pi_2$  i  $\pi_1$ , a paralelno s ravninom  $\pi_3$ . Linije se presjeka zatim projiciraju (sl. 4.4.-4) na ravninu  $\pi_3$ . Broj projekcija ovisi o broju željenih presjeka, a položaj projekcije o smjeru gledanja na presjek. Smjer gledanja s lijeva ili desna označavamo strelicama okomitim na ravninu presjeka. Ravnine se obilježavaju uz slovo A i rednim brojem, npr.  $A_1$ ,  $A_2$  itd. uz strelicu za smjer gledanja, a projekcije presjeka se obilježavaju s  $A_1 - A_1$ ,  $A_2 - A_2$  itd.
- Presjek B-B je horizontalni ili tlocrtni presjek. Projekcija ovog presjeka dobiva se tako da se predmet presiječe ravninom okomitom na ravnine projekcije  $\pi_2$  i  $\pi_3$ , a paralelno na ravninu  $\pi_1$ , a zatim se linije presjeka projiciraju na ravninu  $\pi_1$ . Smjer gledanja - projiciranja odozgo ili odozdo se označavaju strelicama. Bočni i tlocrtni presjek se označava u pogledu ili na nacrtu proizvoda (Sl. 4.4.-5).
- Presjek C-C je vertikalni čelni presjek ili frontalni presjek. Ova se projekcija dobiva tako da se predmet presiječe ravninom presjeka okomitom na ravninu presjeka  $\pi_1$  i  $\pi_3$ , a paralelno na ravninu  $\pi_2$ , a zatim se linije presjeka projiciraju na ravninu  $\pi_2$ . Smjer gledanja sprijeda ili straga označava se strelicama (Sl. 4.4.-6).



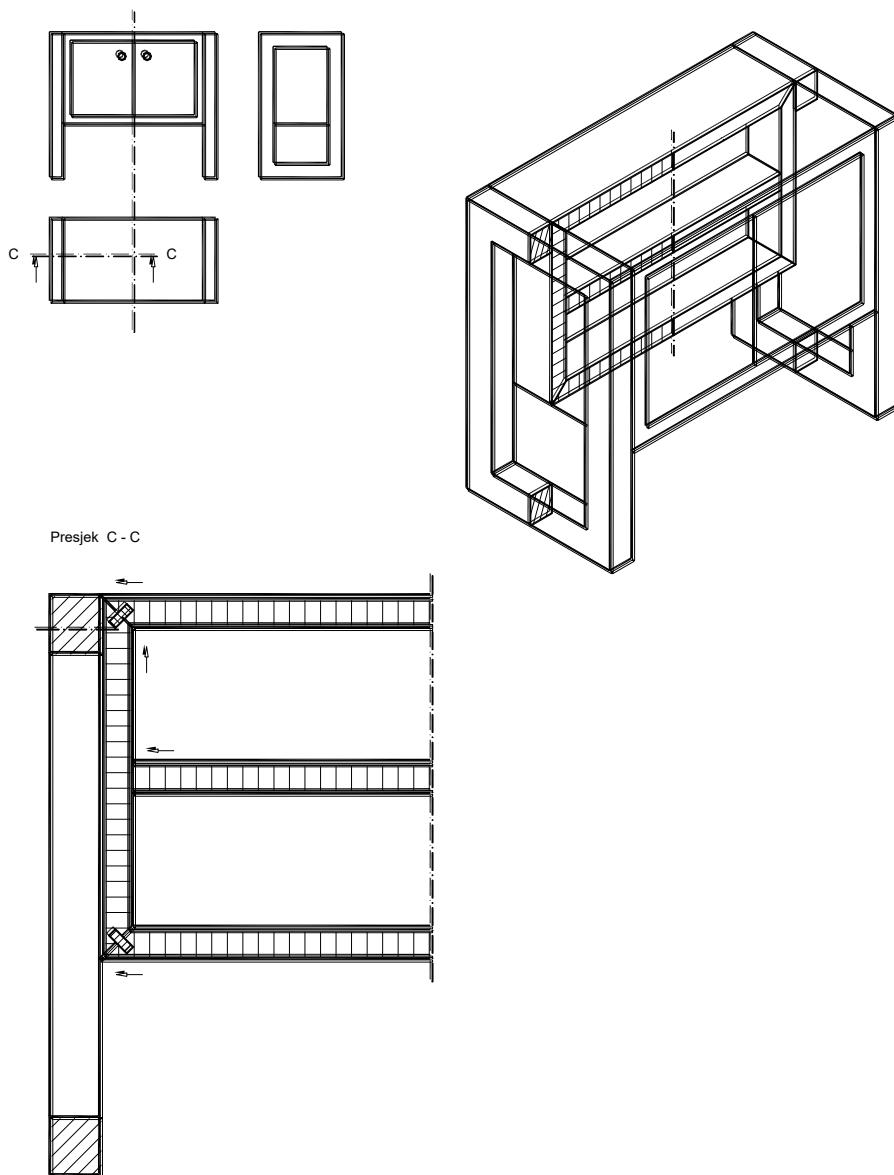
Slika 4.4.-3 Pravokutna paralelna projekcija na nekoliko ravnina



**Slika 4.4.-4** Presjek A-A, vertikalni bočni presjek ili bokocrtni presjek



**Slika 4.4.-5** Presjek B-B, horizontalni presjek ili tlocrtni presjek



**Slika 4.4.-6** Presjek C-C, vertikalni čelni presjek ili frontalni presjek

#### 4.4.2. Kosa paralelna projekcija - aksonometrija

Raznolike inačice prostornog prikazivanja geometrijskih tijela i praktičnih predmeta teorijski su određene pojmom i definicijom. Konstrukcijsko prikazivanje predmeta u mjerilu vezano je za okomite projekcije na dvije međusobno okomite ravnine u tzv. "ortogonalnoj projekciji". Predmeti i njihov međusobni položaj često se prikazuju po obliku i veličini u tzv. "aksonometrijskim metodama". Prikazivanje prema tim metodama vezano je za prostorni koordinatni sustav, koji će bilo koso bilo ortogonalno biti projiciran na jednu ravninu tzv. "ravninu slike". Taj koordinatni sustav ima ishodište O, te tri okomite osi x, y, z, a naziva se "osni križ" (Ox yz). Namjena ovog prikaza je isključivo pomoć u odabiru načina prikazivanja predmeta pri njegovom skiciranju, dok teorijske osnove treba potražiti u odgovarajućoj literaturi.

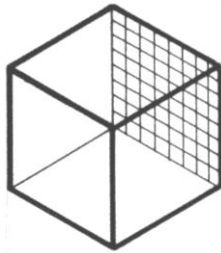
**Kosa aksonometrija** podrazumijeva usporedno koso projiciranje na ravninu slike usporedno s osima x i z kod kojeg su linije osnovice postavljene pod određenim kutom simetrično (npr.  $30^\circ$ ) bez prikrate stranica, tzv. izometrija (Slika 4.4.-7) ili su linije osnovice zaokrenute pod različitim kutovima, a stranice su prikraćene prema mjerilima proporcionalnosti (slika 4.4.-8.). Aksonometrijska slika se konstruira pomoću tlocrta i nacrta predmeta i koordinata pojedinih točaka koje se u skladu s mjerilima umanjena nanose na osi x, y i z. U skladu s prikratama za pojedine se osi primjenjuju i kutovi proporcionalnosti.

Određivanjem vidljivosti pojedinih ploha odnosno brisanjem pokrivenih linija, dobiva se poglede odozgo ili odozdo tj. na osnovicu izvana.

**Ortogonalna projekcija aksonometrija** ima koordinatne osi koje su međusobno okomite i nalaze se u kosom položaju prema ravnini slike, a projiciraju se sa svojim ishodištem na ravninu slike okomito. Projekcija osi z je vertikalni pravac, stoga su svi usporedni bridovi s osi z prikazani kao vertikalni. Položaj osnog križa može se postaviti po volji, kakav se pogled na predmet želi. Postupci konstruiranja ortogonalne aksonometrije se razlikuju s obzirom na konstrukciju osnog križa prema zadanim priklonim kutovima osi i zadanih prikrata. U primjeru na slici 4.4.-9. osni križ je postavljen iza ravnine slike kako bi se vidio prednji dio predmeta. Ortogonalna projekcija je također aksonometrijska projekcija u širem smislu, jer su zrake projiciranja u smjeru osi, ali su one tako odabrane da se ne dobiva trodimenzionalna slika u ravnini s dvije dimenzije.

Prema odabranom nagibu osi i odabranoj prikрати u smjeru pojedine osi postoje tri načina aksonometrijskih projekcija: **izometrija** s jednako smještenim osima pod kutom od  $120^\circ$  i bez prikrate na sve osi, **dimetrija** kod koje su dvije osi pod praktično istim kutom i s istom prikratom  $1/2$  i **kosa projekcija** koja je zapravo kosokutna dimetrija kod koje su dvije osi pod kutom od  $90^\circ$  kao prednja ravnina u ortogonalnoj projekciji i bez prikrate, a treća os pod jednim od kutova  $30^\circ$ -  $45^\circ$ -  $60^\circ$  i s proizvoljnom prikratom u smjeru te osi.

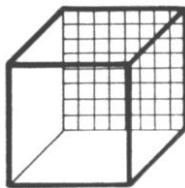
Pri svim aksonometrijskim projekcijama dužina x može biti smještena lijevo i desno.



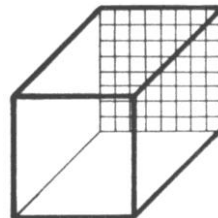
**Slika 4.4.-7** Izometrijski način prikazivanja

**Kosa projekcija** poseban je slučaj kose aksonometrije za koju se obično uzimaju osi  $x$  i  $z$ . Svi bridovi predmeta koji su usporedni s tim osima crtaju se u naravnoj veličini i međusobno su okomiti. Os  $y$  projicira se pod kutom, te je dužina stranice manja ili jednaka pravoj veličini, što ovisi o priklonom kutu zrake projiciranja. Npr. zadan je kut  $\alpha = 30^\circ$  i prikrate  $p = 1/2$  (sl. 4.4.-8), u drugom primjeru projekcija dužine na osi  $y$  je veća od njene prave veličine  $p = 3/2$ , a kut  $\alpha = 60^\circ$ . Najprirodnije slike dobiju se za  $\alpha = 30^\circ$  ili  $45^\circ$  te prikrate bridova usporednih s osi  $y$  za  $p = 1/2$  do  $2/3$ .

Kosa projekcija sl.4.4.-8 se u literaturi naziva i "kavalir perspektiva" gdje je kut  $\alpha = 45^\circ$ , a prikrate iznosi 25 do 50 %. Kosa projekcija prema sl. 4.4.-9 naziva se i "militer perspektiva". Postavljanjem osi  $y$  iznad osi  $x$  dobivamo sliku s pogledom odozgo, ali na lijevu stranicu predmeta.



**Slika 4.4.-8** Kosa projekcija s prikratom  $1/2$  u smjeru osi  $Z$



**Slika 4.4.-9** Kosa projekcija bez prikrate na sve tri osi

#### 4.4.3. Centralna projekcija – perspektiva

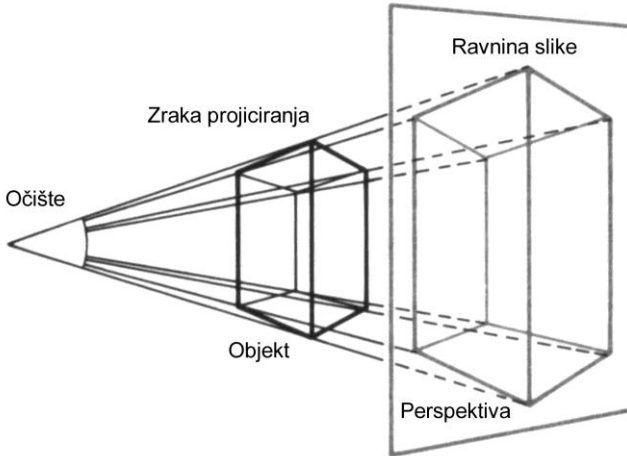
Centralna perspektiva predstavlja trodimenzionalnu sliku predmeta dobivenu na ravnini slike  $\pi$  kada spojnica povežemo točke nekog predmeta s očištem  $O$ , a probodišta tih spojnica s ravninom slike, kao i pridružene točke na predmetu međusobno se povežu. (Slika 4.4.-10).

U praksi ravnina slike se zamjenjuje crtaćim papirom, odnosno često i prozirnrom folijom ili staklom.

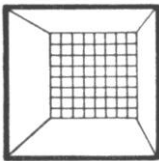
U primjeru na slici 4.4.-10 vidi se da su linije mreže na stražnjoj strani kocke usporedne, a točke zajedničkog cilja svih spojnica leže na horizontu iza objekta.

Perspektivna slika kocke u frontalnom položaju ili pročelna perspektiva kojom se najčešće prikazuju interijeri s rasporedom opreme, osim pogleda sprijeda često se koristi pogled odozgo tzv. "ptičja perspektiva" ili odozgo crtna

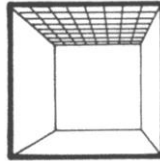
perspektiva sl. 4.4.-13. Ona se u iznimnim slučajevima pri prikazivanju pogleda na strop ili stubište može primijeniti kao tzv. "žablja perspektiva" s pogledom odozdo ili odozdočna perspektiva sl. 4.4.-12.



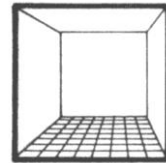
**Slika 4.4.-10** Prikaz centralne perspektive



**Slika 4.4.-11** Centralna perspektiva

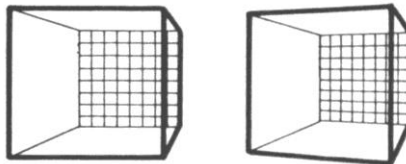


**Slika 4.4.-12** "Žablja" perspektiva



**Slika 4.4.-13** "Ptičja" perspektiva

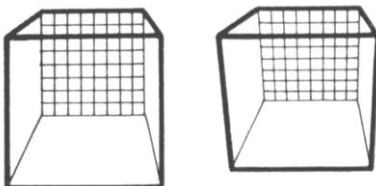
**Frontalna ili pročelna perspektiva** za razliku od centralne perspektive ovdje se nedogled pomiče u stranu, čime je smanjen prikaz lijeve i desne strane u odnosu na kosu projekciju. Pri ovakvom projiciranju potrebno je pripaziti na smještaj točke nedogleda, sl. 4.4.-14.



**Slika 4.4.-14** Frontalna ili pročelna perspektiva

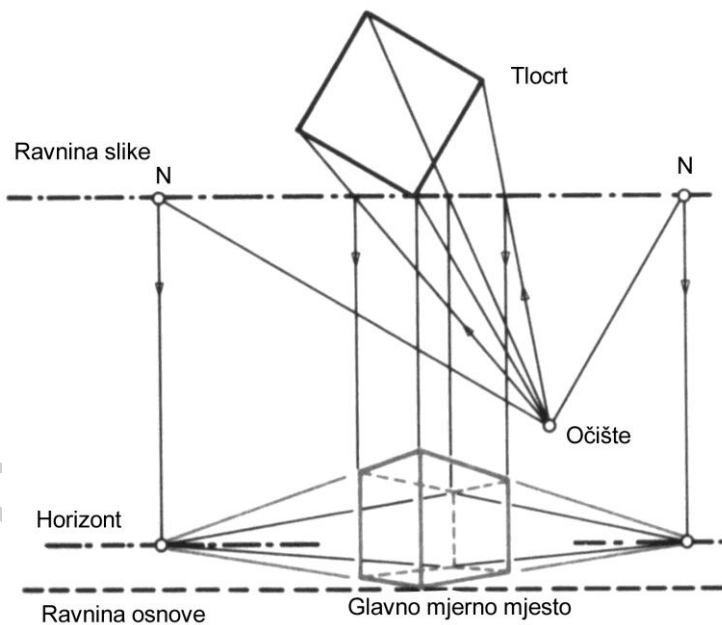


**Kosa centralna perspektiva** se razlikuje od predhodne u položaju nedogleda i očišta.

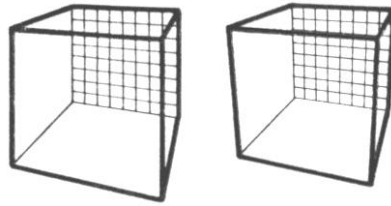


**Slika 4.4.-15** Kosa centralna perspektiva

Perspektivna slika zaokretne kocke ili kosa akcidentalna perspektiva razlikuje se od frontalne perspektive što se stranice predmeta nalaze u općem položaju u odnosu na ravninu slike. Ukoliko su dvije stranice (uz os  $x$ ,  $y$ ) zaokrenute pod određenim kutom, sve usporedne stranice se u produženju sastaju na horizontu u dva nedogleda.

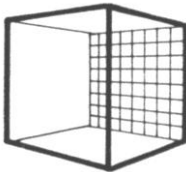


**Slika 4.4.-16** Prikaz kose akcidentalne perspektive

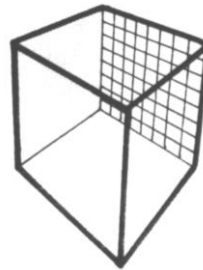


**Slika 4.4.-17** Akcidentalna perspektiva kocke u dva položaja

Ugaono skošena perspektiva prikazuje predmet gdje se jedan od bridova predmeta nalazi uz ravninu slike kao što je prikazano na slici 4.4.-17 gdje je to vertikalni ili horinzontalni brid kocke. Pomicanjem očišta u tlocrtu ili nacrtu kao i točke nedogleda ili fokusa dobiva se željena slika položaja predmeta. Slika 4.4.-19 pokazuje perspektivnu sliku kocke kod koje je horizont postavljen u sredini vertikalnih bridova. Na slici 4.4.-19 horizont je podignut iznad sredine vertikalnih bridova. To je tzv. "ptičja" akcidentalna perspektiva.



**Slika 4.4.-18** Ugaono skošena perspektiva



**Slika 4.4.-19.** "Ptičja" akcidentalna perspektiva

## 5. SUSTAV KONSTRUKCIJSKIH OBLIKA SASTAVLJANJA DRVNIH KONSTRUKCIJA

Konstruiranje drvnih i sličnih proizvoda je interaktivna djelatnost koja integrira likovno-oblikovna rješenja proizvoda, tehnološko-tehnička svojstva osnovnih i pomoćnih materijala s tehnološkim postupcima izrade, u cilju ostvarenja estetsko funkcionalne cjelovitosti gotovog proizvoda.

Svaki gotov proizvod koji je sastavljen od više sastavnih jedinica svrstava se prema svojoj strukturi i osnovnoj namjeni u skupinu **konstrukcijskih vrsta**. Na primjer namještaj za odlaganje ili pohranu stvari, namještaj za sjedenje, namještaj za ležanje, namještaj za rad, blagovanje tj. stolovi i dr.

Gotov se proizvod sastavlja od dijelova i sklopova po načelima sastavljanja osnovnih **konstrukcijskih oblika**.

Osnovni konstrukcijski oblik sastavljanja se određuje međusobnim položajem i brojem sastavnih elemenata različitih geometrijskih oblika i dimenzija. Međusobno sastavljanje dijelova i sklopova provodi se na više načina uz primjenu određene tehnologije obrade drva te raznim nedrvenim materijalima kao što su vezni elementi od metala i plastike, ljepila, sintetske smole i dr.

Sastavljati se može:

- slaganjem u **položene sastave** ili složajeve bez veznih elemenata ili sredstava za spajanje
- sastavljanje veznim elementima ili vezilima tj. čavlima, sponkama, vijcima, veznim okovom
- lijepljenjem raznim prirodnim i sintetskim ljepilima
- kombiniranim načinom povezivanjem i spajanjem.

Dijelovi i sklopovi međusobno se sastavljaju konstrukcijskim vezovima i konstrukcijskim spojevima.

Pod **drvnim konstrukcijskim vezovima** podrazumijevamo takvu obradu dijelova i sklopova koja omogućuje sastavljanje bez primjene ljepila, odnosno kod koje postoji mogućnost rastavljanja bez destrukcije sastavnih dijelova. Npr. načini sastavljanja pomoću okova s vijcima, ekscentrima i svornjacima nazivat će se **konstrukcijskim vezovima**.

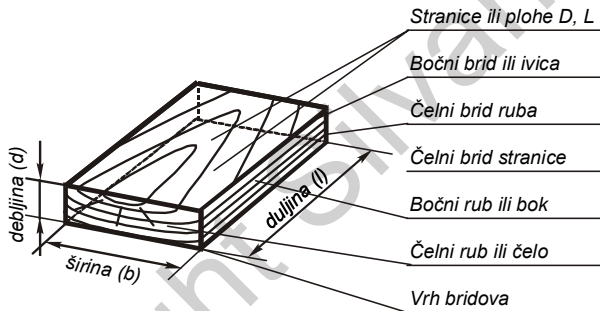
Konstrukcijski spoj je način sastavljanja dijelova i sklopova uz primjenu ljepila ili plastičnih masa, tj. bez mogućnosti rastavljanja ili tzv. demontaže. Najčešće u praksi primjenjujemo kombinacije povezivanja čistim vezovima ili raznim veznim elementima od drva, metala ili plastike, te spajanjem posredstvom ljepila. Takve kombinacije sastavljanja nazivamo **lijepljenim vezovima**.

Npr. načini sastavljanja raznim sljubnicama i vezovima ljepilom nazivat će se **konstrukcijskim spojevima ili lijepljenim vezovima**.

Konstruktivski oblici se izrađuju na pojedinim dijelovima ili sklopovima. Konstruktivski vez ili spoj može biti **simetričan** kao tupi sljub, umetnuto pero u utor i sl. ili **asimetričan** kao zupci, čep i rupa i sl.

**Konstruktivski sastav** čine najmanje dva simetrična ili asimetrična veza ili spoja. Takva dva veza možemo još nazvati parom vezova. Npr. na jednom sastavnom dijelu ili sklopu nalazi se utor, a na drugom je izrađeno pero. Sastavljanjem ta dva konstruktivska veza nastaje **sastav dijelova** koji čine podsklop ili sklop. Sastav sklopova određuje poluproizvod ili gotov proizvod. Termin **sastav** i **sklop** nisu po definiciji identični, jer sklop može sadržavati više konstruktivskih sastava. Sustavni pregled s osnovnim konstruktivskim oblicima sastavljanja nalazi se na slikama od 5.-3 do 5.-14. Nedovršeni sklop ili podsklop se javlja u neposrednoj izradi ili je predmet kooperacije s dobavljačima, stoga je i taj termin u uporabi.

U finalnoj obradi drva postoje uobičajeni stereometrijski nazivi za obratke drva i drvnih materijala. Radi boljeg razumijevanja idućih izlaganja evo popisa naziva na jednom čistom obratku od masivnog drva, vidi sliku 5.-1.

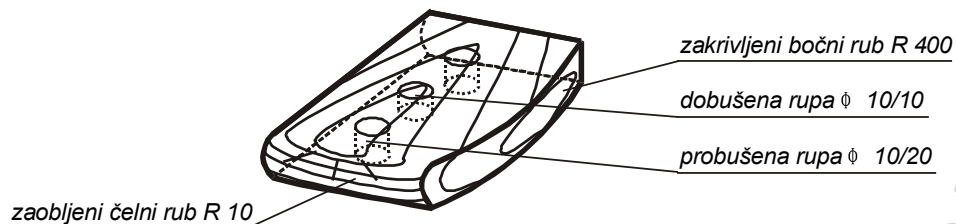


**Slika 5.-1** Stereometrijski nazivi čistog obratka

Plohe stranica nazivaju se samo stranice ili plohe, i to prema položaju godova desne (strane do srca) ili lijeve (strana od srca).

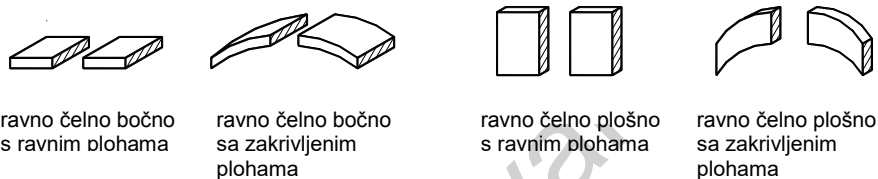
Bočne plohe s podužnim smjerom vlakana bočni su rubovi ili bokovi, odnosno čelne plohe s presječenim vlakancima čelni su rubovi ili čela.

Mjesta sastavljanja dviju ploha jesu bridovi ili ivice. Prema položaju obratka u prostoru plohe mogu biti: prednja ili stražnja, lijeva ili desna, donja ili gornja. Za ostale drvene materijale vrijede slična pravila, tako da se stranica višeg stupnja oplemenjenosti (vanjska) prikazuje kao desna, a unutarnja kao lijeva, šira se uzima za dužinu, a uža stranica za širinu. U pravilu se dužina plohe određuje prema smjeru vlakana.

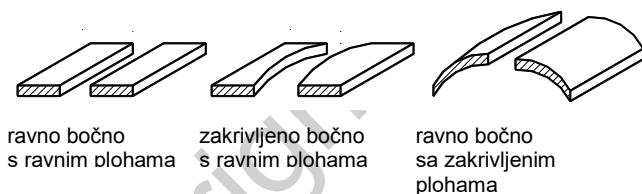


**Slika 5.-2** Nazivi obrađenog sastavnog dijela

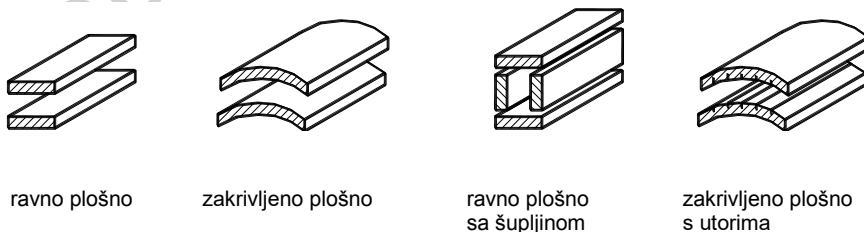
Na slikama 5.-3 do 5.-14 predstavljen je sustav osnovnih konstrukcijskih oblika sastavljanja.



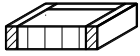
**Slika 5.-3** Dužinsko sastavljanje - I du



**Slika 5.-4** Širinsko sastavljanje - I ši



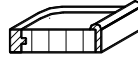
**Slika 5.-5** Debljinsko sastavljanje - I de



oblaganje ravnih rubova



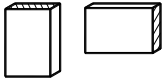
oblaganje zaobljenih i profiliranih rubova



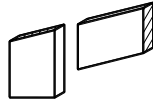
oblaganje ravnih rubova i zaobljenih uglova



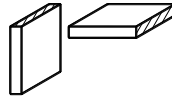
oblaganje zaobljenih rubova i uglova

**Slika 5.-6** Sastavljanje uz rubove i uglove - R, U

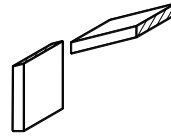
pravokutno bočno



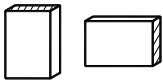
kosokutno bočno



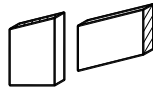
pravokutno plošno



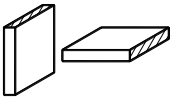
kosokutno plošno

**Slika 5.-7** Kutno dvokrako sastavljanje sa dva elementa - L

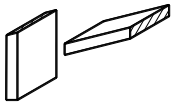
pravokutno bočno



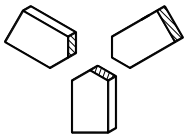
kosokutno bočno



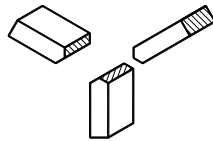
pravokutno plošno



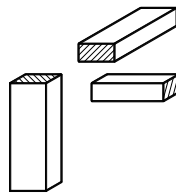
kosokutno plošno

**Slika 5.-8** Kutno trokrako priključno sastavljanje sa dva elementa - T

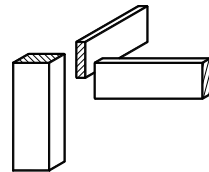
2D kosokutno bočno



kosokutno plošno

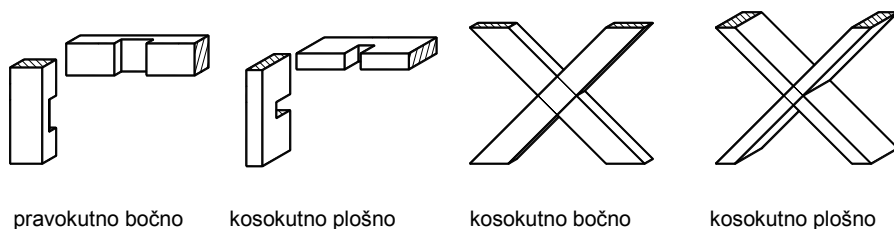


3D pravokutno bočno

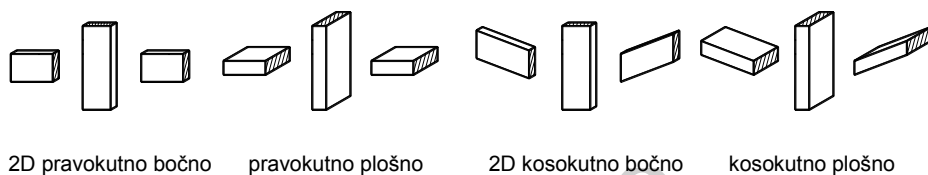


pravokutno plošno

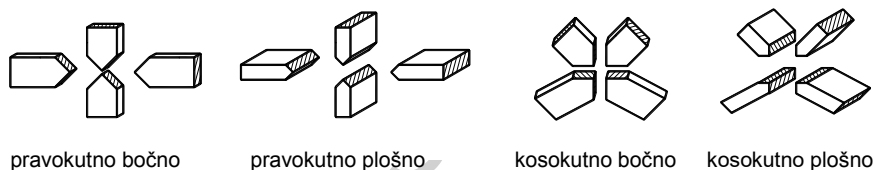
**Slika 5.-9** Kutno trokrako sastavljanje sa tri elementa - Y



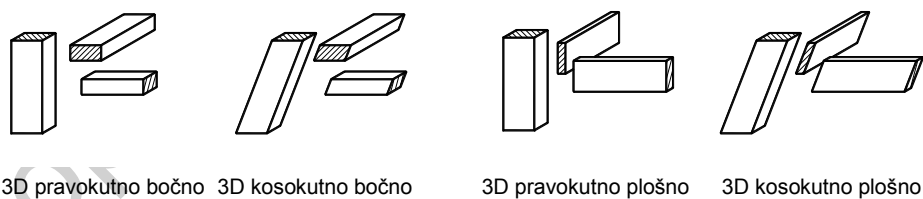
**Slika 5.-10** Kutno četverokrako sastavljanje sa dva elementa -  $X_2$



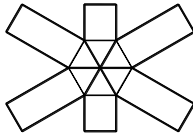
**Slika 5.-11** Kutno četverokrako sastavljanje sa tri elementa (2D) -  $X_3$



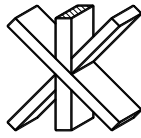
**Slika 5.-12** Kutno četverokrako sastavljanje sa četiri elementa (2D) -  $X_4$



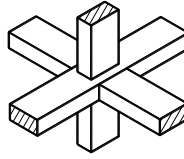
**Slika 5.-13** Kutno četverokrako sastavljanje sa tri elementa (3D) -  $K$



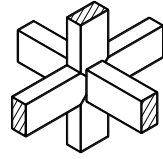
2D šestokrako bočno



2D šestokrako plošno

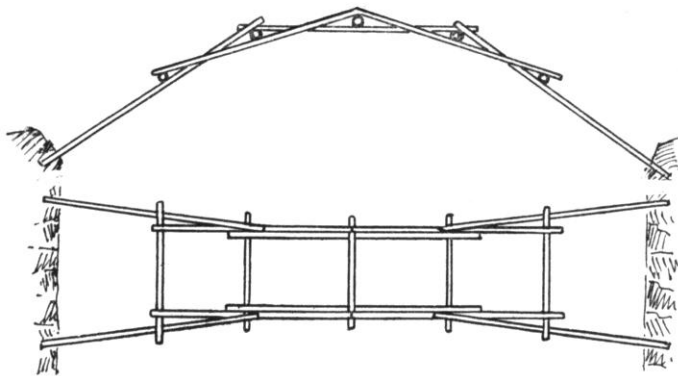
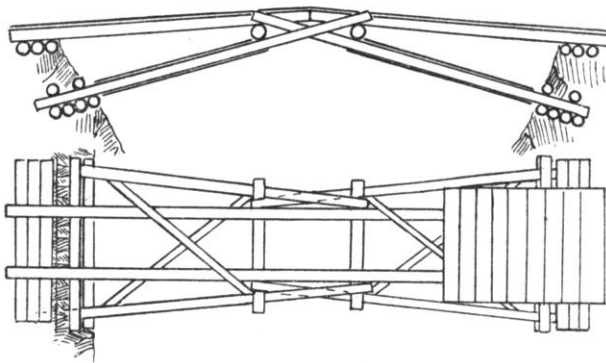


3D šestokrako bočno



3D šestokrako plošno

Slika 5.-14 Kutno višekrako sastavljanje - \*



Nasloživa konstrukcija – Leonardov most



## 5.1. DUŽINSKO SASTAVLJANJE - I

Dužinsko sastavljanje ili sastavljanje po dužini je sastavljanje obradaka cjelovitog drva i furnira u smjeru vlaknaca radi produženja kratkih obradaka u duge elemente. Dužinsko sastavljanje provodi se radi:

- dobivanja dugih elemenata ujednačenih tehničkih svojstava iz kraćih obradaka koji imaju ograničenu uporabu
- odstranjivanje neuporabljivih dijelova i grešaka drva
- uporabe niže vrijednih sortimenata, građe i kratica
- omogućivanje naknadnog sastavljanja vrlo dugačkih sklopova npr. elementi opreme objekata
- povećanje iskorištenja piljenih elemenata koje se postiže određenim tehnološkim postupcima.

Kod dužinskog sastavljanja razlikuju se lijepljeni dužinski spojevi i rastavljivi dužinski vezovi. Također se može kombinirati dužinsko-širinsko i dužinsko-debljinsko sastavljanje kako je opisano u poglavljima 5.2. i 5.3.

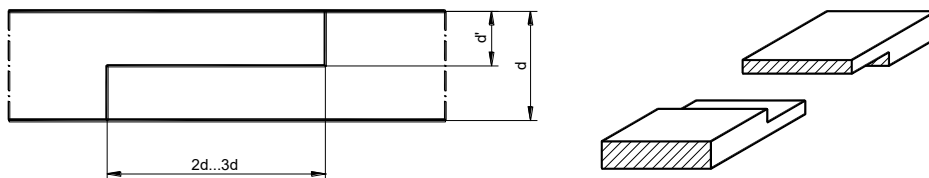
Osnovni problem koji je izrazitiji kod dužinskog sastavljanja nego kod ostalih konstrukcijskih oblika je smanjena čvrstoća na mjestu sastavljanja. Tako na primjer smanjenjem dužine zubaca ili preklopa slijepljenog spoja ili povezanog sastava vijcima i čavlima, kojima je ujedno smanjen broj mjesta učvršćenja, izravno utječemo na smanjenje čvrstoće na mjestima sastavljanja.

Prekidanje vlaknaca izradom sastava i utjecaj zarezata posebno smanjuju čvrstoću na vlak, torziju i savijanje.

Povećanjem sljubnice dužinskih spojeva povećava se površina lijepljenja, ali time se smanjuje iskorištenje drva te se dovodi u pitanje racionalnost nekih dužinskih sastava.

### 5.1.1. Dužinsko sastavljanje cjelovitog drva-masiva - I du

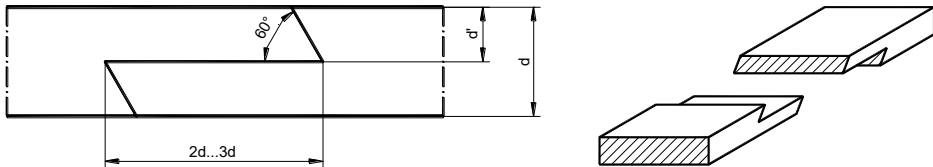
#### Dužinsko sastavljanje preklopima, urezima i prijevezima



**Slika 5.1.-1.** Dužinsko sastavljanje na ravni bočni preklop s ravnim sučeljem

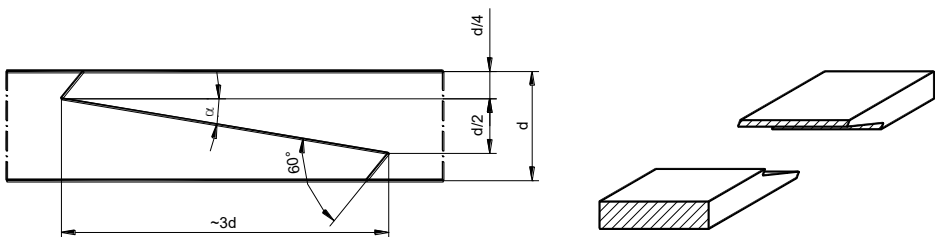
Elementi se izrađuju na čeparicama ravnih čepova kao simetričan sastav. Visina sučelja iznosi u pravilu  $d' = d/2$  radi jednostavnosti izrade. Sastav se

učvršćuje lijepljenjem ili veznim elementima. Čvrstoća spoja ovisi o dužini sljuba, odnosno o čvrstoći lijepljenja ili broja veznih elemenata. Veću primjenu nalazi kod tanjih obradaka  $d = 10 \dots 50 \text{ mm}$ . Kod debljih obradaka, greda i gredica može se povećati čvrstoća na vlak i savijanje postavljanjem vijaka uz sučelja. Primjenjuje se kod elemenata opreme objekata.



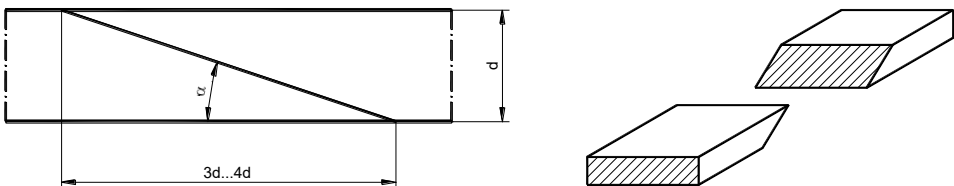
**Slika 5.1.-2.** Dužinsko sastavljanje na ravni bočni preklop s kosim sučeljem

U odnosu na spomenuti ravni preklop 5.1.-1 ovdje kosa sučelja neznatno povećavaju površinu sljubnice te imaju utjecaj na povećanje čvrstoće na savijanje u ravnini okomitoj na sučelja, odnosno u smjeru vlakanaca.



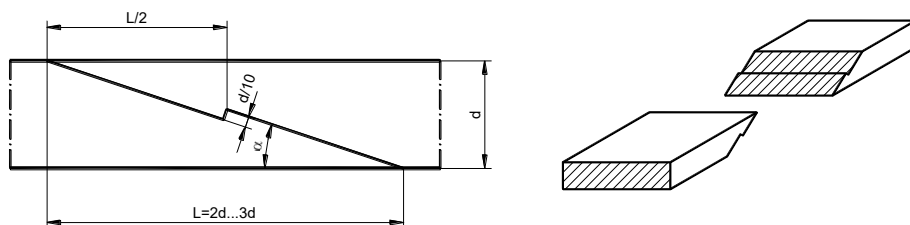
**Slika 5.1.-3** Dužinsko sastavljanje na kosi bočni preklop s kosim sučeljem

Na istom načelu kao ravni bočni preklopi izrađuju se kosi bočni preklopi koji zbog većeg kuta otklona vlakanaca daju slabiji lijepljeni spoj od sastava 5.1.-2 kod iste površine sljubnica. Rabi se kod debljih elemenata.



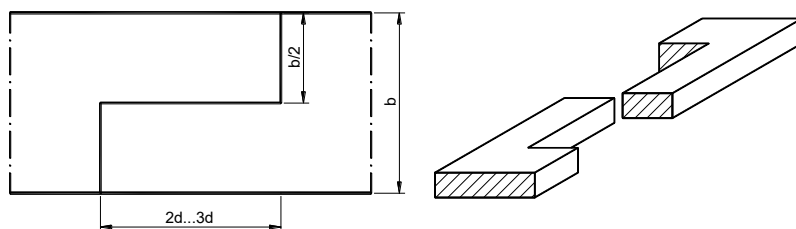
**Slika 5.1.-4** Dužinsko sastavljanje na kosi bočni sljub s nagibom kuta  $\alpha$

Dužinski spojevi s kosim sučeljima izrađuju se na kosoreznim pilama ili horizontalnim glodalicama s nagibom 1:3 ili 1:4.



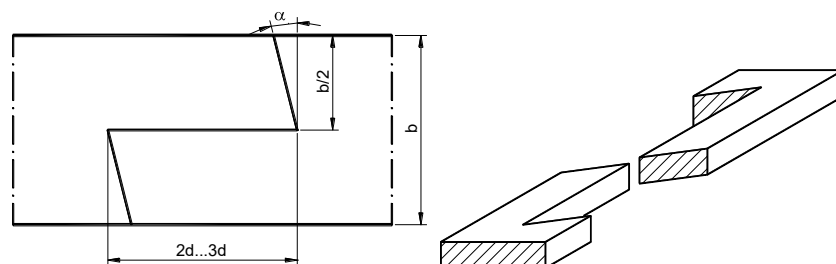
**Slika 5.1.-5** Dužinsko sastavljanje na kosi bočni kukasti sljub s nagibom  $\alpha$

Kukasti preklop može se izraditi glodalica. Tzv. “zub” u sredini sprječava klizanje obradaka prilikom stezanja kod lijepljenja ili drugog načina učvršćenja veznim elementima. Takav oblik spajanja primjenjuje se kod širinskog ili dužinskog spajanja tankih furnirskih i stolarskih ploča.



**Slika 5.1.-6** Dužinsko sastavljanje na ravni plošni preklop s ravnim sučeljem

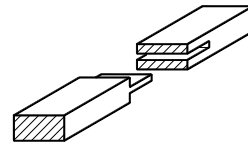
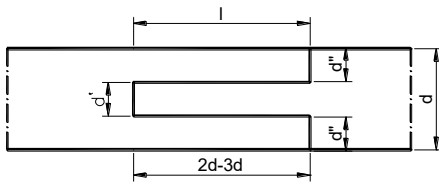
Sastav se izvodi na širokim obradcima (gredice, grede, nosači) s ravnim ili kosim sučeljem. Tanki obradci lijepe se dužinom sljubnice  $l = 2d \dots 3d$ , a deblji se učvršćuju veznim metalnim elementima. Kod podupiranja sastavljenih nosača treba oslonce postaviti ispod mjesta sastavljanja kako bi se spriječili lomovi u predjelu sučelja.



**Slika 5.1.-7** Dužinsko sastavljanje na ravni plošni preklop s kosim sučeljem

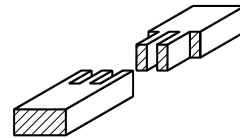
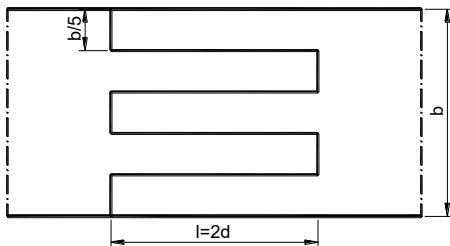
Ovaj način sastavljanja u odnosu na ravna sučelja 5.1.-6 je čvršći na savijanje pri opterećenju na bočne rubove.

### Dužinsko sastavljanje čepovima, umecima i veznim elementima



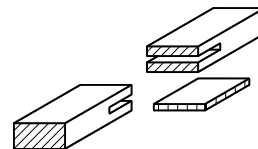
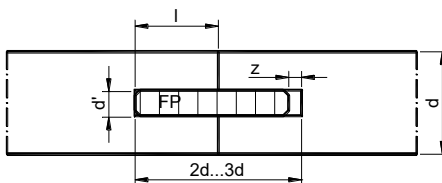
**Slika 5.1.-5** Dužinsko sastavljanje na ravni bočni čep i urez-raskol

Kod dimenzioniranja sastava s ravnim bočnim čepom i raskolom ili urezom treba nastojati uskladiti površine sučelja oba obratka, kako bi se ujednačile čvrstoće na kritičnim presjecima, tj.  $d'' \leq d'$ . Radi mogućnosti sastavljanja bez dodatnog stezanja sljubnica uzima se debljina čepa  $d' \geq d/3$  i dopuštena odstupanja za čep i raskol.



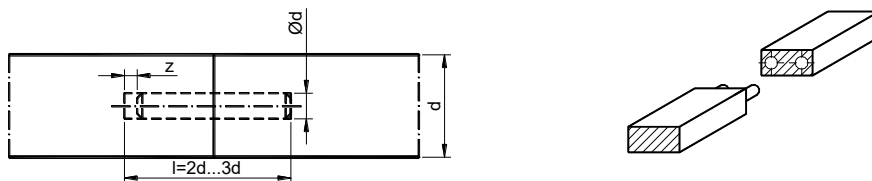
**Slika 5.1.-6** Dužinsko sastavljanje na ravni plošni višestruki čep i urez-raskol

Višestrukim ponavljanjem ravnog čepa i utora dobivamo ravne zupce kojima se služimo kod sastavljanja širokih obradaka. Dužina zubaca ovisna je o promjeru alata, odnosno o debljini obradaka. Kod tanjih elemenata  $l \leq 2d$ , a visina zubaca  $s' \approx b/5$  određuje se prema standardnoj širini glodala. Ovaj sastav služi kod izrade okvira, kada se istim alatom izrađuju "L" i "T" sastavi.



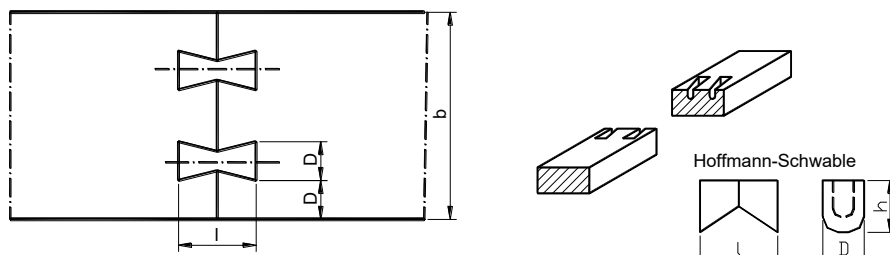
**Slika 5.1.-7** Dužinsko sastavljanje na ravni bočni urez s umetkom-perom

Na obradcima za dužinsko sastavljanje izrade se ravni utori za debljinu umetnutog pera  $d' = 0,2d \dots 0,3d$  i dužine  $l = d \dots 1,5d$ . Umetnuto se pero izrađuje od cjelovitog drva sa smjerom vlakana u smjeru sastavljanja ili od furnirske ploče. Kod sastavljanja gredica umetnuta pera mogu se postaviti križno ili višestruko usporedno.

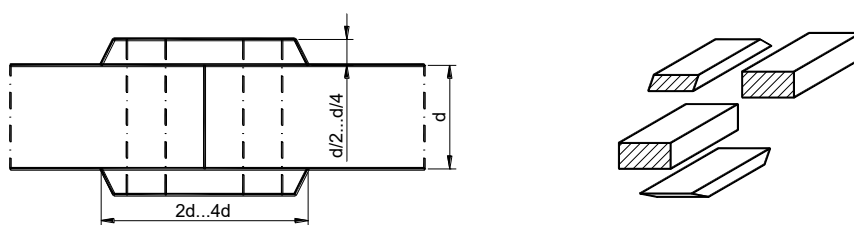


**Slika 5.1.-8** Dužinsko sastavljanje na ravno sučelje s ulijepljenim moždanicama

Primjenjuju se standardni promjeri moždanika nešto veće dužine  $l = 2d \dots 3d$  umanjeno za zazor. Broj i promjer moždanika određuje se prema zahtjevu čvrstoće, kod čega se ne smiju zaboraviti eksploatacijske veličine bušilice. Kod širokih obradaka veći broj moždanika može se staviti uz rubove, a manji prema sredini.

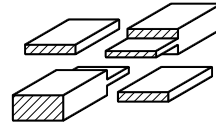
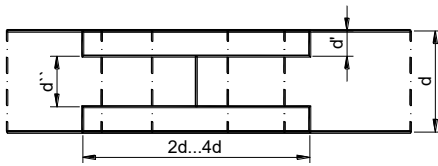


**Slika 5.1.-9** Dužinsko sastavljanje na ravno sučelje s jednostrano nasuprotno skošenim umecima



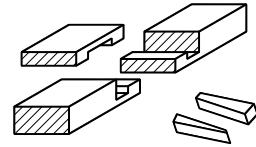
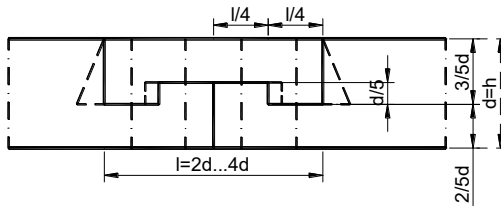
**Slika 5.1.-10** Dužinsko sastavljanje na ravno sučelje s dvostrukim položenim prijevozom

Učvršni elementi-prijevezi, s obzirom na zahtjeve čvrstoće, postavljaju se jednostrano, dvostrano, trostrano i četverostrano. Dužina prijeveza  $l = 2d \dots 4d$  ovisna je o dimenzijama presjeka sastavnih elemenata. Učvršćuju se vijcima ili kombinacijom vijaka ili čavala i ljepila. Prijevezni elementi trebaju imati povoljnu čvrstoću na cijepanje, da se ne bi razdvojili pri zabijanju čavala.



**Slika 5.1.-11** Dužinsko sastavljanje na ravno sučelje s dvostrukim upuštenim prijevazom

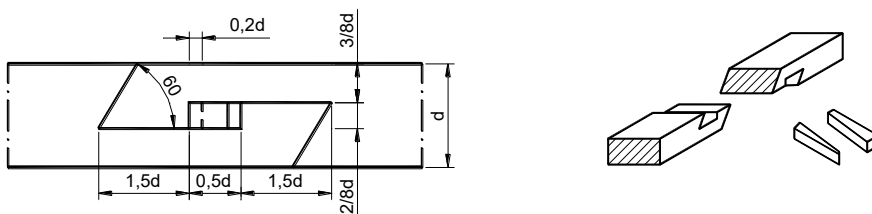
Da se zadrži konstantan presjek produženih elemenata, dijelovi za sastavljanje upuštaju se za debljinu  $d' = d/5 \dots d/4$  u izreze na elementima za sastavljanje. To se izvodi kad je ostatak elementa  $d'' \geq 2d'$ . Prijevezi se postavljaju dvostrano, trostrano i četverostrano.



**Slika 5.1.-12** Dužinsko sastavljanje na ravno sučelje s jednostranim kukastim upuštenim prijevazom

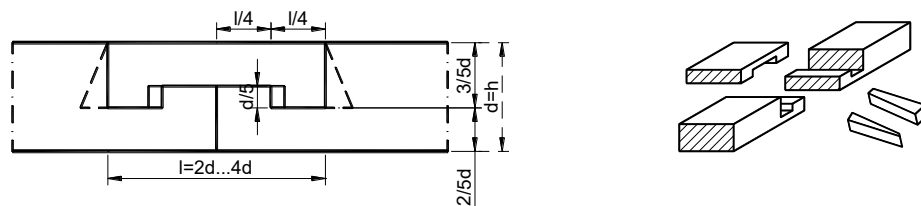
Sastav se primjenjuje na obradcima većih presjeka, a posebno kod drvenih građevinskih nosača. Izrada je moguća ručnim električnim alatima, te povlačnim pilama i horizontalnim glodalicama. Kod greda većih debljina ( $d$ ), odnosno visina ( $h$ ) kukasti preklop se stavlja dvostrano. Na upuštenom kukastom prijevazu sučelja mogu biti ravna ili skošena. Kod skošenih sučelja prijevez se može učvrstiti klinovima. Učvrstni dio – prijevez može biti djelomično upušten u grede koje sastavljamo, te može imati više poprečnih ureza i upusta tj. višestruki kukasti preklop.

Vezni elementi ovih sastava su vijci s maticom, okviri od plošnog željeza ili posebni pribitni kov.



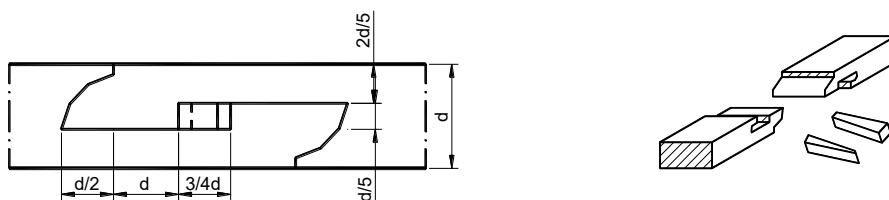
**Slika 5.1.-13** Dužinsko sastavljanje na kukasti preklop s kosim sučeljem i parom klinova tzv. "francuska zagvozda"

Sastav je poznat kao "francuska zagvozda". Koristi se kao rastavljiv sastav zbog mogućnosti zakljinjenja s dva nasuprotna klina. Lijepljenjem se postiže trajno čvrsti spoj. Pogodan je za izradu lučnih konstrukcija pri opremanju zgrada. Može se izvoditi kao bočni i plošni sastav.



**Slika 5.1.-14** Dužinsko sastavljanje na kukasti preklop s ravnim sučeljem i parom klinova tzv. "njemačka zagvozda"

Sastav je poznat kao "njemačka zagvozda". Nešto je manje čvrstoće na savijanje od sastava 5.1.-13 što ovisi od plošnih sljubnica.



**Slika 5.1.-15** Dužinsko sastavljanje na kukasti preklop sa zaobljenim sučeljem i parom klinova tzv. "hrvatska zagvozda"®

Obrada na suvremenim CNC nadstolnim glodalamicama odnosno uskotračnim tračnim pilama omogućena je izrada sastava "hrvatska zagvozda" koja se prvi put predstavlja u literaturi.

## Sastavljanje klinastim zupcima

Danas je tehnika podužnog spajanja klinastim zupcima masovno prihvaćena u industrijskoj proizvodnji, posebno u finalizaciji piljene građe niže kvalitete i kratica gdje se proizvode namjenski lijepljeni elementi tehnikama dužinskog, širinskog i debljinskog spajanja. Na taj se način želi oplemeniti drvna sirovina koja u novim konstrukcijskim oblicima ima poboljšana fizičko-mehanička svojstva u odnosu na cjelovito drvo.

Predviđa se da će dužinsko spajanje elemenata od cjelovitog drva zauzimati sve značajnije mjesto u industriji drvnih proizvoda i to zbog sve složenijih zahtjeva za oblikovanjem suvremenih konstrukcijskih rješenja koji pridonose većoj iskorištenosti drvne sirovine, njihovoj racionalnoj preradi i primjeni u izradi kvalitetnih proizvoda.

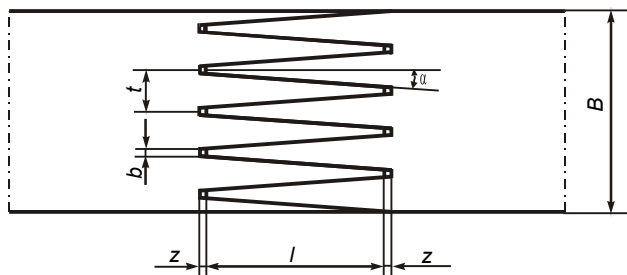
Čvrstoća lijepljenja zupčastih spojeva jedno je od najvažnijih tehničkih svojstava dužinski slijepljenih elemenata. Stoga posebnu pažnju treba posvetiti pravilnom izboru zupčastog sastava. Ispitana tehnička svojstva mogu se naći u literaturi koja je citirana na kraju udžbenika.

Dužinsko sastavljanje klinastim zupcima danas je tehnološki najviše unaprijeđeno te nalazi vrlo široku primjenu u drvenoj industriji. Uglavnom se klinasti zupci lijepe, te govorimo o spoju klinastim zupcima ili klinasto-zupčastom spoju. Prednost je pred ostalim dužinskim sastavima u postizanju velike čvrstoće spoja i u upotrebi obratka duljine od 150 mm, pa i manje, uz neznatno oduzimanje drvne mase za izradu klinasto-zupčastog sastava.

Prema DIN-u 68140 klinasti su zupci za sastave drvnih elemenata za graditeljstvo (DIN 1052) podijeljeni u dvije skupine s obzirom na naprezanje u uporabi.

- Skupina naprezanja I: visoka mehanička naprezanja (lijepljeni elementi zgrada).
- Skupina naprezanja II: srednja mehanička naprezanja (prozori, vrata, podovi, namještaj itd.).

Na slici 5.1.-16 obilježeni su parametri klinasto-zupčastog spoja.



**Slika. 5.1.-16** Parametri klinasto-zupčastog spoja "A" oblik



$l$  = duljina zubaca

$B$  = ukupna širina spoja

$t$  = podjela zubaca – korak

$b$  = širina temelja zupca – zatupljenje

$z$  = zazor zupca i temelja u spoju

$\alpha$  = kut nagiba zuba

$$e = \frac{z}{l} = \text{relativni zazor zupca}$$

$$v = \frac{b}{t} = \text{stupanj oslabljenja}$$

Za skupine naprezanja I i II norma predviđa sljedeće uvjete (tablica 5.1.-1):

**Tablica 5.1.-1 : Uvjeti za skupine naprezanja I i II**

Skupina naprezanja	$v$ , mm	$l$ , mm	$\alpha$ , °	$t/2 : l$
I	0,18	10	7,5°	(1:7,6)
		10	7,1°	(1:8)
II	0,25	10	7,5°	(1:7,6)
		10	7,1°	(1:8)

Za određenje skupine naprezanja norma preporuča sljedeće dimenzije zubaca (tablica 5.1.- 2):

**Tablica 5.1.-2 : Dimenzije zubaca po preporuci norme**

Skupina naprezanja	$l$ , mm	$t$ , mm	$b$ , mm	$v$ , mm
I i II	7,5	2,5	0,2	0,08
	10	3,7	0,6	0,16
	20	6,2	1	0,16
	50	12	2	0,17
	60	15	2,7	0,18
II	4	1,6	0,4	0,25
	15	7	1,7	0,24
	30	10	2	0,20

Širina pazuha zupca ili zatupljenja  $b$  do 5 mm dopuštena je kod srednjih naprezanja (II), ali ne smije prelaziti 10 % ukupne širine spoja ( $B$ ). Odnosi pojedinih veličina određeni su sljedećim uvjetima:

- kod duljine zubaca  $l = 10$ ; min.  $l = 3,6 t (1 - 2v)$
- kod duljine zubaca  $l = 10$ ; min.  $l = 4 t (1 - 2v)$

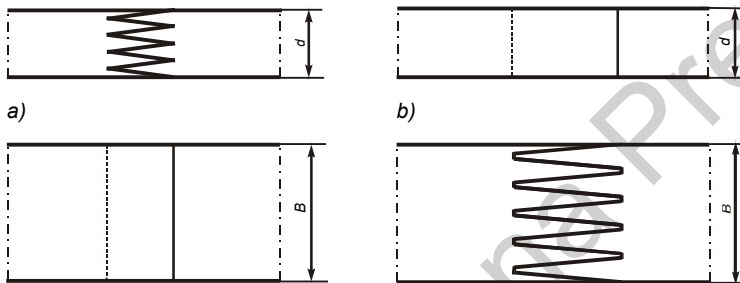
Razlikuju se dva oblika klinastih zubaca:

- "A" predstavlja oblik zubaca kod kojeg je ukupna širina spoja ( $B$ ) jednaka širini obratka, te kosi sljub izlazi na rubove ili stranice (sl. 5.1.-17a).

- “B” predstavlja oblik zubaca kod kojeg je ukupna širina zupčastog spoja manja od širine obratka, a krajnja zatupljenja zubaca su proširena u sučelju (sl. 5.1.-17b).

Zupce čiji su klinasti profili glodani u smjeru okomitom na stranice obratka (veće plohe) nazivaju se straničnim ili **plošnim** klinastim zupcima, za razliku od zubaca koji su glodani u smjeru okomitom na rubove obratka (manje plohe), tj. **bočnim** ili rubnim zupcima (sl. 5.1.-17).

Rubni i stranični zupci mogu biti oblika A ili B.



**Slika 5.1.-17** Osnovni oblici klinastih zubaca: a) rubni ili bočni zupci oblika “A”; b) stranični ili plošni zupci oblika “B”.

Kod određivanja klinasto-zupčastog spoja treba se služiti provjerenim podacima o čvrstoći ispitanih uzoraka prema opterećenjima u uvjetima primjene. Greške drva, različiti položaj godova susjednih dijelova, razlika u vlazi veća od 3 ... 5%, različite vrste drva i dr. negativno utječu na čvrstoću spoja. Zupci se odabiru prema katalogima proizvođača alata standardnog oblika i dimenzija. U sljedećoj tablici prikazana je podjela zubaca po veličini, a na tablici 5.1.-3 izneseni su podaci o dimenzijama zubaca jednog od domaćih proizvođača alata.

**Tablica 5.1.-3.** Dimenzije s obzirom na veličinu zubaca

DIMENZIJE ZUBACA (mm)	$l$	$t$	$b$
Mali zupci – mini	4 ... 10	1,6 ... 3,8	0,3 ... 0,6
Srednji zupci	10 ... 30	4 ... 10	0,6 ... 2,0
Veliki zupci - maxi	30 ... 60	12 ... 15	2,0 ... 2,7

**Tablica 5.1.-4** Dimenzije zubaca prema alatu

$l$	Mali i srednji zupci						Veliki zupci			
	10	15	2,0	25	30	35	35	40	50	60
$t$	3,8	6,2	6,2	10	11	10	12	10	12	15
$b$	0,3	0,8	1,3	2	2,7	2	2,7	2	2	2,7

Ukupna površina sljubnica približno iznosi:

$$A = \frac{n \cdot l \cdot B}{\cos \alpha}$$

Gdje je :  $n$  = broj zubaca

$\delta$  = širina ili debljina obratka

$\alpha = 7,1^\circ \dots 7,5^\circ$

Broj površina tj. stranica zubaca izračunamo izrazom:

$$n = \frac{2B}{t+b}$$

S obzirom na veličinu presjeka određuje se ukupna sila za stezanje spoja. Za zupce od 10 ... 60 mm duljine potreban je čelni pritisak 120 ... 20 daN/cm<sup>2</sup>. Bočni pritisci kod lijepljenja mogu se primijeniti kod dugih zubaca i uskih obradaka (DIN 68140).

Kod zubaca je potrebno odrediti i dopuštena odstupanja, jer veličina zadora i zazora utječe na čvrstoću spoja. S. A. Iljinski je utvrdio da unutar odstupanja od -0,15 mm do +0,10 mm nema većih utjecaja na smanjenje čvrstoće.

Kod srednjih i velikih zubaca ostavlja se zazor duljine  $z = 0,03 l$ , što omogućava potpuno dosjedanje u procesu lijepljenja.

Sila stezanja klinasto-zupčastog sastava određuje se obrascem:

$$F_s = d \cdot B \cdot p_s \dots \text{ daN}$$

gdje je:

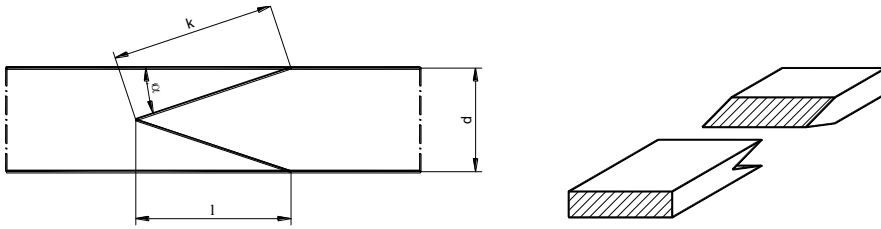
$d$  = debljina obratka, cm

$b$  = širina obratka, cm

$p_s$  = specifični pritisak ovisan o veličini zubaca, daN/cm<sup>2</sup> iz tablice 5.1.-5

**Tablica 5.1.-5 Pregled veličina zubaca i specifičnog pritiska**

Veličina zubaca	dužina, mm	$p_s$
mali	4 ... 10	120
	10... 20	100
srednji	20 ...30	80
	30 ... 40	60
veliki	40 ... 50	40
	50 ... 60	20



**Slika 5.1.-18** Dužinsko sastavljanje na kosi bočni urez s oštrim pazuhom i zupcem

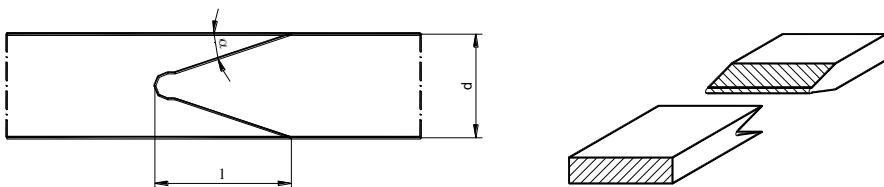
Sastav se izrađuje na čeparicama ili glodalicama alatom za kose ureze ili račvaste sastave. Čvrstoća spoja ovisi o površini sljubnice koja je obrnuto proporcionalna povećanju kuta. Površina lijepljenja iznosi:

$$A = 2 k b$$

Ukoliko je poznata dubina ureza koja iznosi  $l = 1,5 d \dots 2,5 d$ , kosina je jednaka:

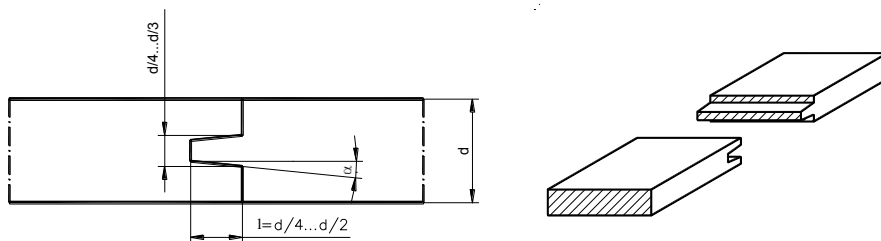
$$k = \frac{l}{\cos \alpha}$$

Modifikacija kosog ureza, tj. zatupljenjem bridova dobiva se klinasti čep. Radi ravnih sučelja na stranicama potrebno je kod sastavljanja stezati okomito na stranice i duž obradaka.



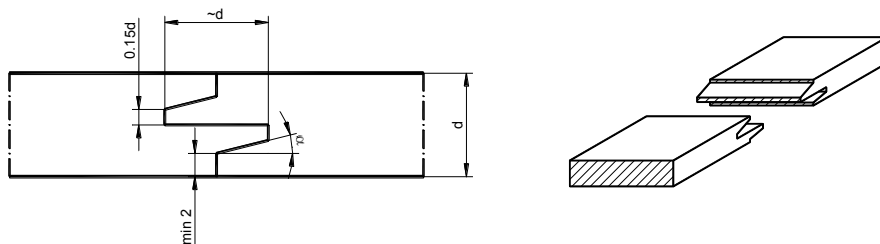
**Slika 5.1.-19** Dužinsko sastavljanje pravokutnim sučeljem na kosi bočni urez sa zaobljenim pazuhom i zupcem

Sastav je sličan 5.1.-18 s time da zaobljeni pazuh sprječava nastajanje raskola prilikom stezanja obradaka.



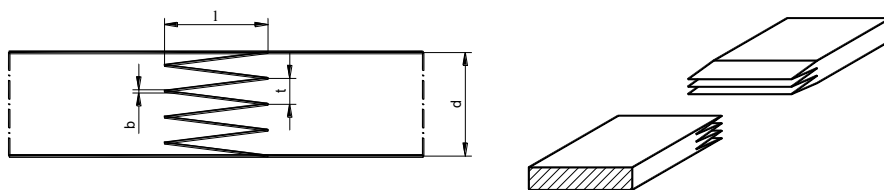
**Slika 5.1.-20** Dužinsko sastavljanje pravokutnim sučeljem kosim urezom i zupcem sa zatupljenim zubom (klinastim zupcem ili skošenim perom)

Jednozubic ili kosi utor i pero uobičajeni je naziv za ovaj oblik dužinskog sastavljanja koji se izvodi s različitim duljinom zupca zavisno od potrebne čvrstoće.

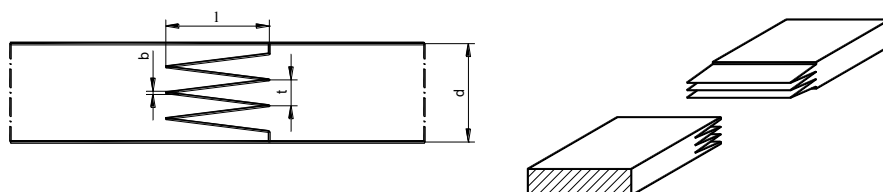


**Slika 5.1.-21** Dužinsko sastavljanje pravokutnim sučeljem na nasuprotni jednostrano skošeni bočni urez sa zatupljenim pazuhom i zupcima

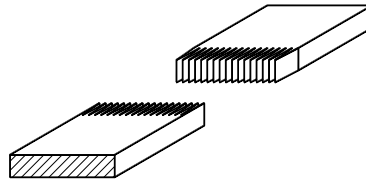
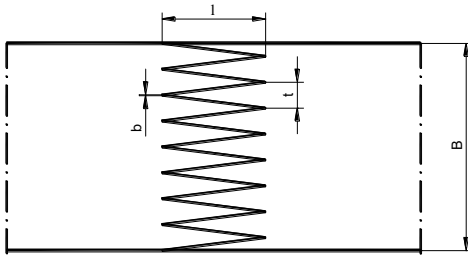
Nasuprotni zatupljeni zupci ili dvozubac složenija je inačica prema 5.1.-20 i daje čvršće spojeve.



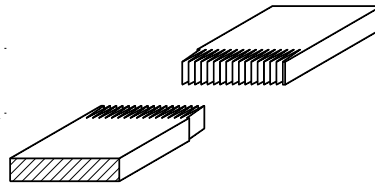
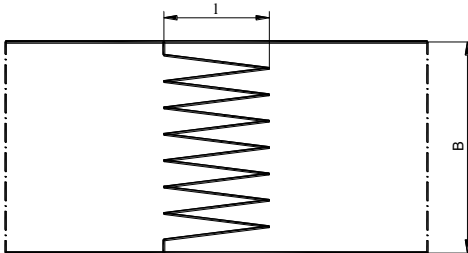
**Slika 5.1.-22** Dužinsko sastavljanje bočnim klinastim simetričnim zupcima A izvedbe



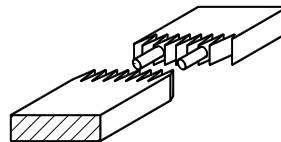
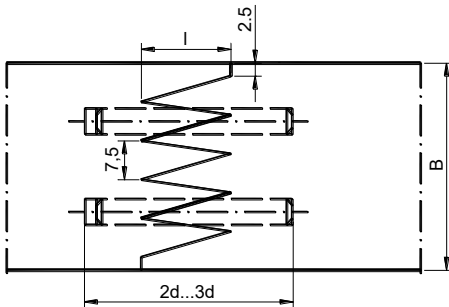
**Slika 5.1.-23** Dužinsko sastavljanje bočnim klinastim simetričnim zupcima B izvedbe



**Slika 5.1.-24** Dužinsko sastavljanje plošnim klinastim zupcima simetričnim A izvedbe



**Slika 5.1.-25** Dužinsko sastavljanje plošnim klinastim zupcima simetričnim B izvedbe

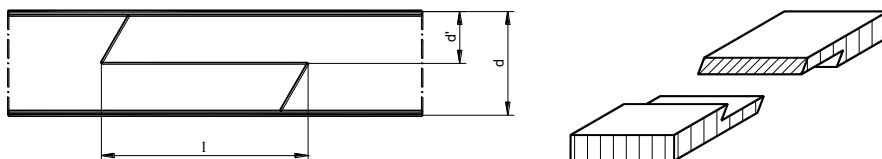


**Slika 5.1.-26** Dužinsko sastavljanje plošnim klinastim zupcima B izvedbe asimetričnim koji su ojačani moždanicima

Pri sastavljanju manjih presjeka dinamički opterećenih spojeva kao što je kod namještaja za sjedenje, potrebno je dodatno ojačanje uljepjivanjem moždanika posebno kod malih zubaca.

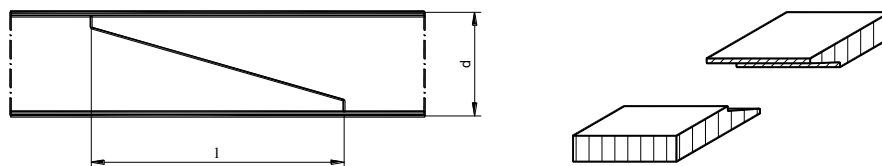
Sastav se izrađuje na stroju za glodanje, bušenje i uljepjivanje moždanika, a primjenjuje se u proizvodnji stolica i namještaja od masiva. Za zupce i rupe postoje standardni alati koji se određuju prema presjeku sastavnih dijelova, a zahtijevaju veću čvrstoću.

### 5.1.2. Dužinsko sastavljanje drvnih materijala – ploča



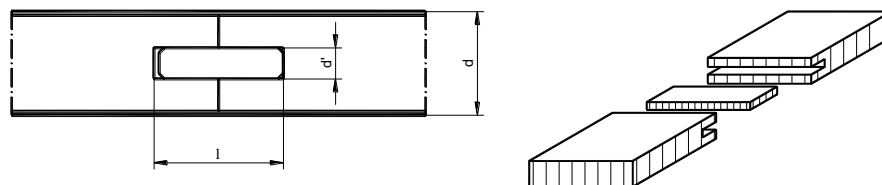
**Slika 5.1.-27** Dužinsko sastavljanje na ravni bočni preklop s kosim sučeljem

Dužinsko sastavljanje furnirskih i stolarskih ploča kao i ploča od cjelovitog drva ili širinski slijepljenih elemenata racionalno se može izvoditi glodanim preklopima i lijepljenjem. Kosim sučeljem omogućeno je dobro sastavljanje teksture furnira ili drugih obloga.



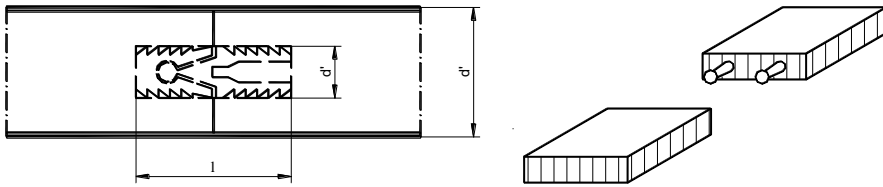
**Slika 5.1.-28** Dužinsko sastavljanje na kosi bočni preklop s ravnim ili kosim sučeljem

Tanke ploče oplemenjene furnirima, folijama ili laminatima spajaju se preklopom s ravnim sučeljem, dok je neoplemenjene ploče moguće zalijepiti po kosom sljubu radi sprječavanja proklizavanja.



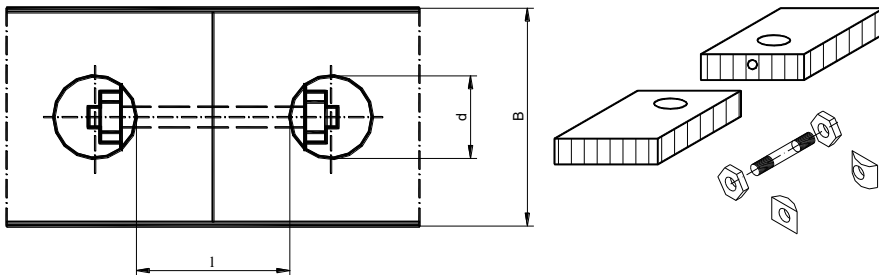
**Slika 5.1.-29** Dužinsko sastavljanje na ravno sučelje s utorom i slobodnim umetkom

Uobičajeno i jednostavno sastavljanje slobodnim perom od furnirske ploče  $d = 3 \dots 5$  mm mogu se iskoristiti manji formati ploča koji ostaju prilikom krojenja, čime se povećava iskorištenost ploča iverica, vlaknatica i dr.



**Slika 5.1.-30** Dužinsko sastavljanje na ravno sučelje s upuštenim pritisnim kopčama

Povezivanje raznim vrstama i oblicima pritisnim i prihvatnim kopčama primjenjuje se pri sastavljanju ploča u postupcima tzv. “suhe montaže” koja je praktična za namještaj koji se isporučuje u dijelovima, a korisnik ga sam sastavlja kod kuće bez alata za pritezanje.



D	5 ... 8 mm
l	60 ... 100 mm

**Slika 5.1.-31** Dužinsko sastavljanje povezivanjem veznim okovom – upušteni vijak s maticom

Pri povezivanju dijelova i sklopova kao što su ploče kuhinjskog i uredskog namještaja te kod razne opreme objekata, gdje je otežana primjena steznog alata, primjenjuju se razni oblici vijaka s jednostranim ili dvostranim navojem čiji se broj određuje prema dužini sljuba.



## 5.2. ŠIRINSKO SASTAVLJANJE - I ŠI

Širinsko sastavljanje ili sastavljanje po širini jest međusobno sastavljanje obradaka od cjelovitog drva po bočnim rubovima, kao i kod drvnih ploča i furnira, a provodi se radi toga da se dobiju plohe većih dimenzija, te povoljnija fizičko-mehanička svojstva u odnosu na široke piljenice. Kod ploča iverica, s obzirom na homogenost materijala u dva smjera, govori se o širinsko-dužinskom sastavljanju. Pojam dužine i širine kod iverica je relativan, i često se duža stranica uzima za dužinu, a kraća za širinu. Kod stolarske ploče dužina se mjeri u smjeru srednjice, odnosno vanjskog plemenitog furnira.

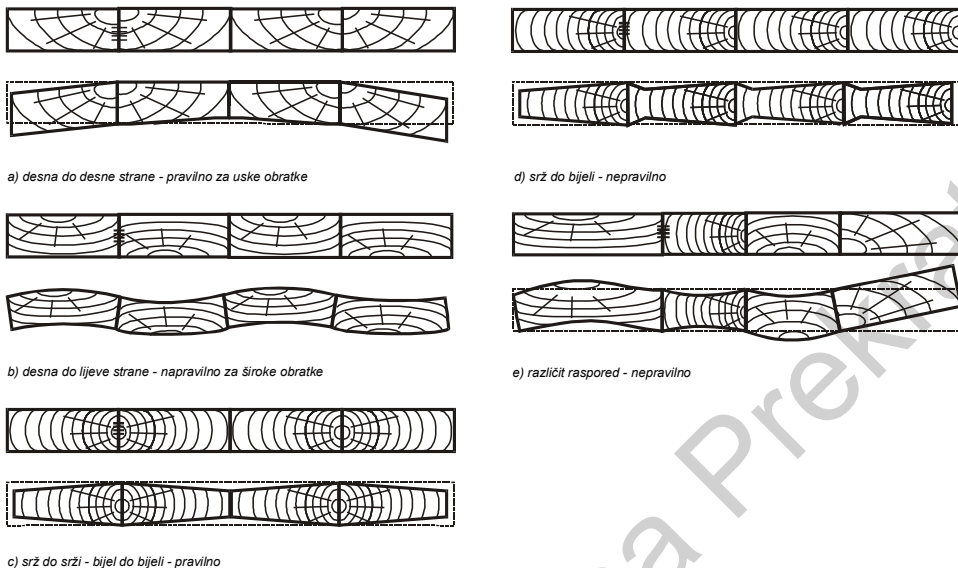
Kod furnira, kao i kod sastavljanja obradaka od cjelovitog drva, sastavljanje bočnica i blistača gdje je sljubnica na bočnom rubu, tj. u položaju debljine i dužine, naziva se širinskim sastavljanjem ili sastavljanjem po širini. Kod uporabe kratica često se kombinira dužinsko i širinsko sastavljanje.

### 5.2.1. Širinsko sastavljanje cjelovitog drva – masiva

Kod širinskog sastavljanja obradaka iz cjelovitog drva, potrebno je odrediti povoljnu širinu (b), s obzirom na pravilnost građe i veličinu utezanja – bubrenja koje se očekuje kao i pojavu koritavosti, vitoperenja i dr. Kod bočnica širina obradaka je najveća 100 mm, a kod blistača 120 mm. Prema nekim ruskim autorima širina ne bi trebala prelaziti 80 mm. Konstrukcijski vez ili spoj ovisan je o namjeni konstrukcijskog oblika. Kod dinamički opterećenih sastavljenih konstrukcija izbor profila sljubnica ovisit će o debljini obradaka. Tako npr. sjedalo stolice, debljine 22 mm, spojit će se sljepljivanjem kosim zupcima, dok će se deblji obradci spojiti lijepljenjem na ravni sljub. U pripremi obradaka potrebno je odstraniti nepodesne greške, a prije sastavljanja obratke treba razvrstati prema položaju godova, bijeli i srži, teksturi i dr. S obzirom na utezanje i bubrenje sastavljene konstrukcije određuje se najmanja i najveća dopuštena vlažnost pojedinih obradaka kod sastavljanja, a prema uvjetima vlage na mjestu korištenja konstrukcije potrebno je odabrati i prilagoditi konstrukcijske sastave. Razlika u vlazi susjednih sastavnih dijelova ne bi trebala prelaziti 2 %.

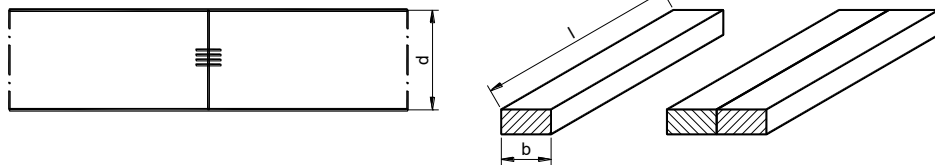
Pločasti sklop, lijepljen iz što užih dijelova, bit će znatno stabilnijih dimenzija i oblika. Za stabilnost posebno je važan međusobni položaj godova susjednih dijelova ili obradaka.

Na sljedećim slikama uvećano su prikazane moguće deformacije zbog utezanja kod bočno sastavljenih ploča, (vidi sl. 5.2.-1).



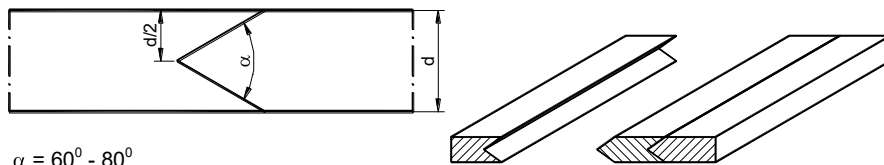
**Slika 5.2.-1** Deformacije zbog utezanja na širinski spojenim pločama s oznakama prirodnog položaja godova

### Širinsko sastavljanje bočnim profiliranim sljubnicama



**Slika 5.2.-2** Širinsko spajanje na ravni ili tupi sljub bočnih rubova

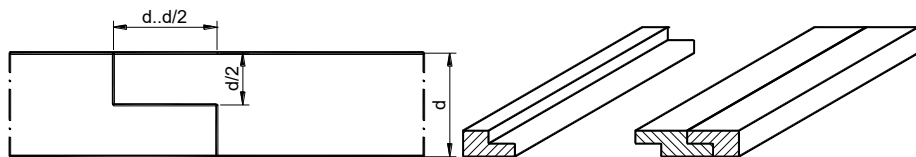
Ovo je najjednostavniji način sastavljanja po širini. Sljubnice se spajaju ljepilom ili su kao položeni sastav samo priljubljene, a dijelovi se učvršćuju na podlogu veznim elementima (vijcima, čavlima, moždanicima). Neravne sljubnice i zazori mogu se pokriti letvicama. Sljubnice se obrađuju piljenjem, tzv. "blanjanim" rezom, blanjanjem ili glodanjem te rezanjem noževima. Finoća obrade sljubnica i oblik sastavljanja bitno utječu na čvrstoću spoja. Tupi sljub se primjenjuje kod sastavljanja debljih ploča stolova, stolica i klupa, te tanjih ploča za uklade, police i poledine.



$\alpha = 60^\circ - 80^\circ$

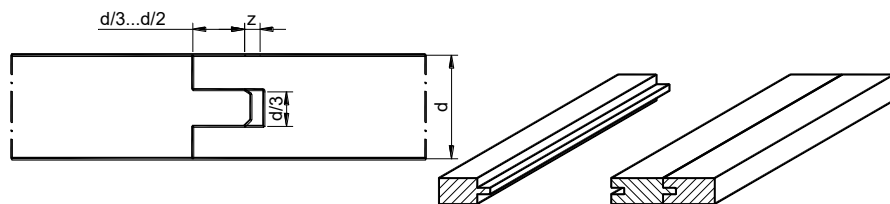
**Slika 5.2.-3** Širinsko sastavljanje kosim urezom s oštrim pazuhom na bočnim rubovima tzv. račvasti sastav

Na rubovima obradaka naizmjenično se glodanjem obradi urez i istak pod kutom od oko  $90^\circ$ . Sljubnice se spajaju ljepilom ili se samo priljubljuju. Slijepljeni spoj je čvršći od ravnog sljuba. Kod suhog sastavljanja (bez ljepila) izbjegnut je direktan prolaz svjetla, prašine i sl. između sljubnica. Primjenjuje se kod sastavljanja tanjih pločastih konstrukcija, te podova i oplata.



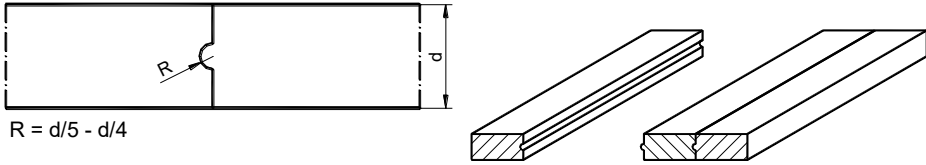
**Slika 5.2.-4** Širinsko sastavljanje ravnim bočnim preklopom s ravnim rubnim sljubom

Na obradcima se asimetrično izrade ravni poluutori ili se umjesto gornjeg vanjskog sljuba na širini  $d/2$  može izraditi profil, kosina ili razmak. Sastav nije pogodan za lijepljenje, jer je potrebno stezanje obradaka u dva smjera, tj. okomito na sve sljubnice. Za lijepljenje se može izvesti sastav s obostrano kosim sljubom. Pretežno se primjenjuje kod izrade uklada, poledina i oplata.



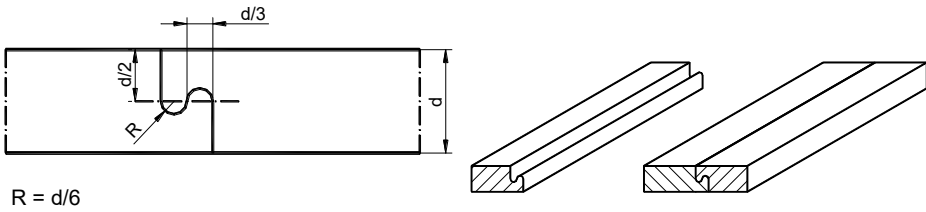
**Slika 5.2.-5** Širinsko sastavljanje ravnim utorom i perom na bočnom rubu

Po rubovima obradaka naizmjenično se izrađuje utor i pero. Vanjski ravni sljub može biti profiliran ili skošen. Sastavljeni obradci, s djelomično skošenim gornjim sljubom i zazorom s donje strane, nazivaju se "brodski pod". Ovaj sastav sa zazorom s donje strane primjenjuje se kod klasičnog parketa i gotovih parketnih podova. Vezovi se izrađuju na automatskim četverostranim ili dvostranim blanjalicama ili na stolnim glodalicama sa dva sloga alata. Često se primjenjuje u proizvodnji namještaja, vrata za sastavljanje ploča uklada, u zgradarstvu za podove, zidne i stropne obloge, u proizvodnji ambalaže i dr.



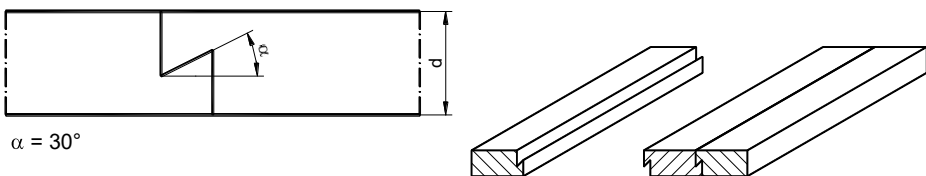
**Slika 5.2.-6** Širinsko sastavljanje na ravni žlijeb i zaobljeno pero na bočnom rubu

Žlijeb i polukružno pero služe za precizno određivanje položaja obradaka bez potrebe njegovog plošnog pritezanja. Primjena ovog načina sastavljanja slična je kao kod ranijih primjera.



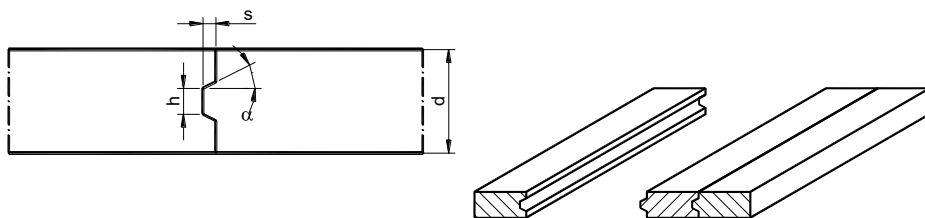
**Slika 5.2.-7** Širinsko sastavljanje na dvostruki ravni žlijeb – kukasti, na bočnom rubu

Dvostruki žlijeb služi za precizno određivanje položaja obradaka bez potrebe njegovog bočnog pritezanja, kao i povećanje slijepjenog sljuba. Primjena ovog načina slična je kao kod ranijih primjera.



**Slika 5.2.-8** Širinsko sastavljanje na preklop – kukasti, na bočnom rubu

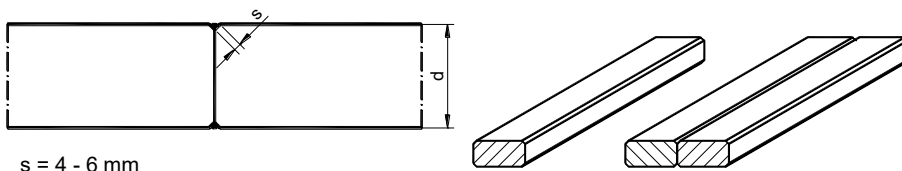
Značajke i primjena ovog načina sastavljanja slična je kao 5.2. – 7.



$$s = d/10 ; h = d/5 - d/7 ; \alpha = 30^{\circ}$$

**Slika 5.2.-9** Širinsko sastavljanje na ravno skošeno pero i utor na bočnom rubu

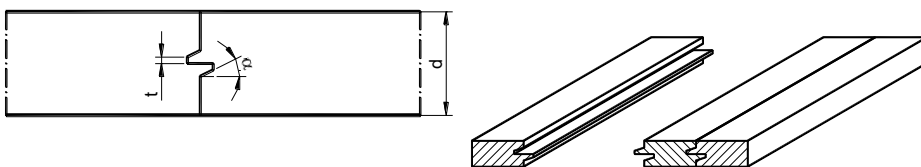
Značajke i primjena ovog načina sastavljanja slična je kao 5.2. – 6.



$$s = 4 - 6 \text{ mm}$$

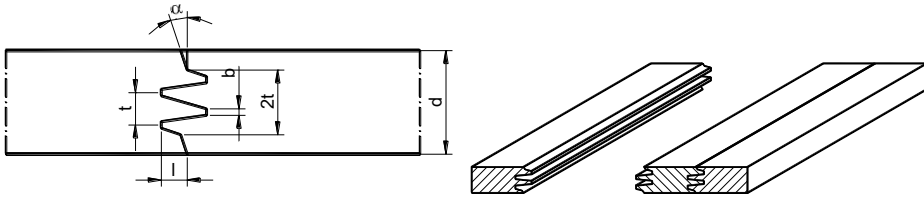
**Slika 5.2.-10** Širinsko sastavljanje na ravno obostrano skošenje bočnih bridova ljepljivom masom

Točkastim nanošenjem brzoveznog ljepila u žlijeb između bridova susjednih obradaka mogu se sastavljati pločasti elementi iz užih letvica potrebni za ambalažu i razne oplatae.



**Slika 5.2.-11** Širinsko sastavljanje jednostrukim nasuprotnim zupcima sa zatupljenim vrhom i pravokutnim sljubom – bočni dvozubac B

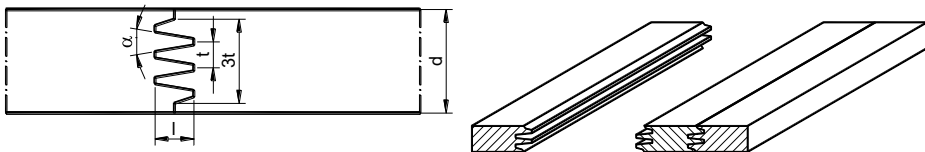
Na rubovima obradaka izrađuju se zatupljeni klinasti zupci tipa B sa složenim vanjskim sljubom. Svrha skošenog sljuba je manja mogućnost naknadnog otvaranja tog dijela sljubnice. Ovaj način spajanja čest je u izradi pločastih sklopova u industriji namještaja za sjedenje.



KORDUN - Karlovac	
d = 15 - 25 mm	
t = 5 mm	b = 1,5 mm
$\alpha = 30^\circ$	l = 4 mm

**Slika 5.2.-12** Širinsko sastavljanje dvostrukim nasuprotnim klinastim zupcima sa zatupljenim vrhom i skošenim sljubom – četverozubac B bočni

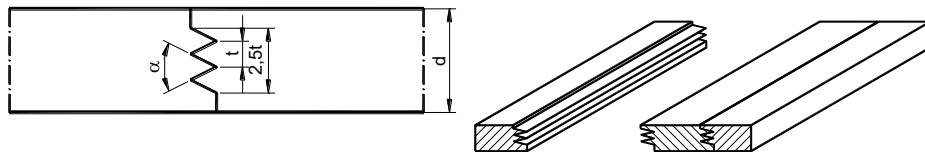
Na obradcima se izrađuju asimetrični zupci tipa B. Nastoji se da duljina (l) bude što manja, a površina lijepljenja što veća, radi uštede materijala, odnosno radi povećanja čvrstoće spoja. Sastav se može izraditi jednim alatnim slogom, okretanjem obratka lijevo – desno. Obraduje se na višestranim blanjalicama ili stolnim glodalicama. Primjenjuje se kod sastavljanja tanjih sjedala stolica i klupa, parketnih podova, te sklopova namještaja za odlaganje.



KORDUN	TRO
$\alpha < 60$	$\alpha < 55$
t = 8 mm	t = 8 mm
b = 1,5 mm	b = 1,5 mm

**Slika 5.2.-13** Širinsko sastavljanje dvostrukim nasuprotnim klinastim zupcima sa zatupljenim vrhom i pravokutnim sljubom – šesterozubac B bočni

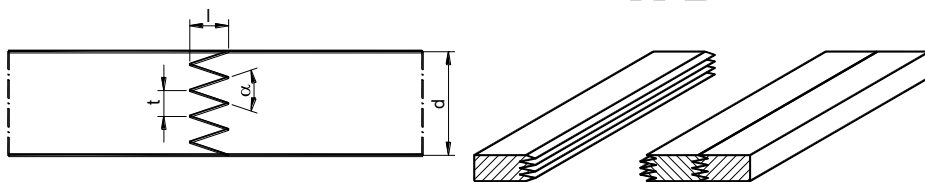
U odnosu na prethodno opisane sastave 5.2.-11 i 5.2.-12 većim brojem klinastih zubaca povećava se površina lijepljenja. Značajke i promjena slična je prethodno opisanim.



TRO
$d = 18 - 45$
$t = 5,6 \text{ mm}$
$l = 4 \text{ mm}$
$\alpha = 70^{\circ}$

**Slika 5.2.-14** Širinsko sastavljanje dvostrukim nasuprotnim klinastim zupcima sa pravokutnim sljubom – četverozubac B bočni

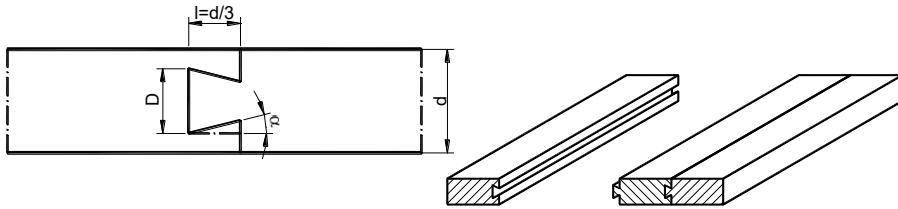
Kratki zupci velikog nagiba smanjuju potrebe velikih steznih sila po jedinici površine sljuba. To je značajka ovog načina sastavljanja s raširenom primjenom u praksi. Naknadna obrada je dopuštena do kosine prvog zupca.



TRO
$d < 95 \text{ mm}$
$l = 3 \text{ mm}$
$\alpha = 80^{\circ}$

**Slika 5.2.-15** Širinsko sastavljanje klinastim bočnim zupcima A izvedbe – simetričnim

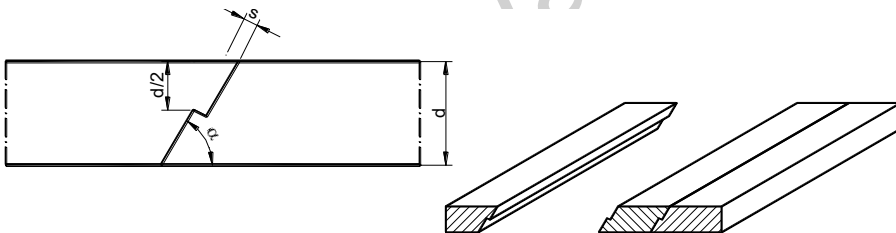
Izradom niza malih oštih zubaca maksimalno se smanjuje potrebna nadmjera za izradu širinskog sastava. Sastav se primjenjuje kod debljinskog lijepljenja kao kod ostalih zupčastih spojeva.



D	8	8	12	12	15	15	18	18	22	22
l	6	11,5	8,5	16,5	11	21	10	22	10	23
$\alpha$	15	7,5	20	10	20	10	25	10	15	10

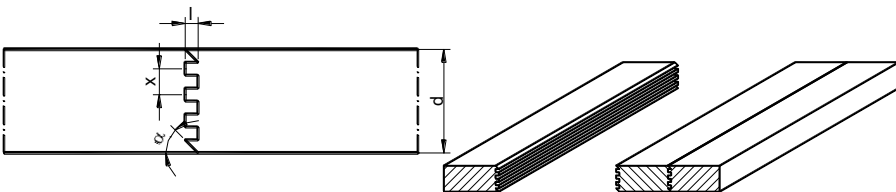
**Slika 5.2.-16** Širinsko sastavljanje kosim utorom i perom na bočnom rubu "lastin rep"

Čvrsto sastavljanje pločastih sklopova bez ljepljivosti ili veznih elemenata omogućuje "lastin rep". Naizmjeničnom izradom kosog utora i pera na obradcima te sastavljanjem po širini, dobiju se široke ploče. Kod debljih obradaka mogu se izraditi dva utora i pera. Kao čvrsti vez upotrebljava se kod izvlačnih ploča stolova za vodilice. Izrađuje se na stroju za zupce, a iznimno na nadstolnoj glodalici.



**Slika 5.2.-17** Širinsko sastavljanje kosim kukastim sljubom

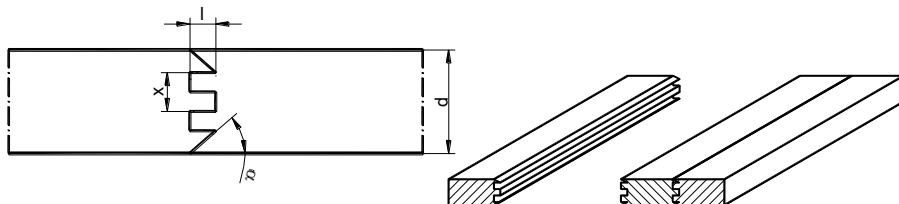
Sastav je pogodan zbog svoje jednostavnosti za spajanje tanjih elemenata i mogućnosti preciznog pozicioniranja po debljini.



**Slika 5.2.-18** Širinsko sastavljanje s višestrukim ravnim zupcima s kosim sljubom, šestozubac A – asimetrični

Sastav je prikladan za spajanje debljih elemenata jer zahtijeva manju silu stezanja od klinastih zubaca. Kosi sljub uz stranice ostvaruje manje vidljive zatore pri eventualnim greškama lijepljenja. Potreban je jedan alat za obradu.

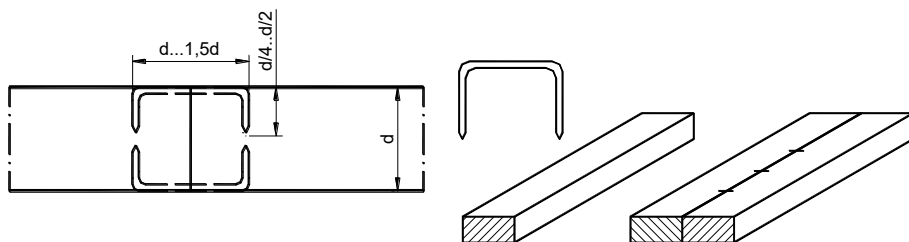




**Slika 5.2.-19** Širinsko sastavljanje s višestrukim nasuprotnim zupcima s kosim izlaznim sljubom, peterozubac A – simetrični

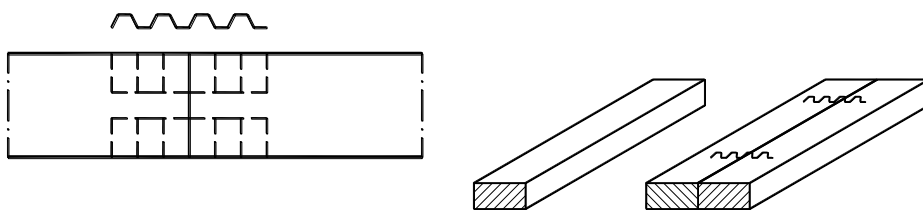
Značajke i primjena ovog načina sastavljanja je slična 5.2.-18. Potrebna su dva alata za obradu.

### Širinsko sastavljanje veznim elementima i umecima



**Slika 5.2.-20** Širinsko sastavljanje dvostrukim povezivanjem žičanim sponkama

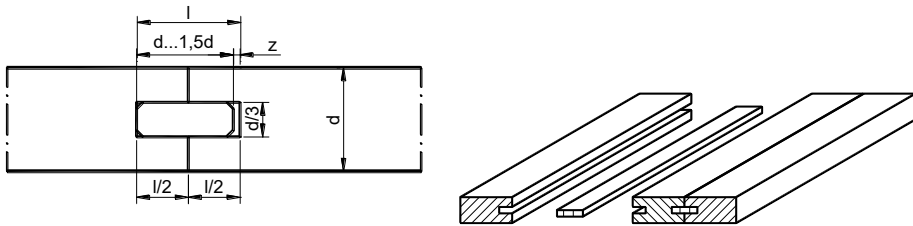
Kod sastavljanja tzv. "slijepih" okvira koji će se kasnije oblagati tankim pločama primjenjuju se načini sastavljanja sponkama (tzv. klamericama) ili valovitim sponkama. Ovdje je potrebna samo manipulativna čvrstoća za prijenos do operacije lijepjenja. Dimenzije i oblik šiljaka sponke uzimaju se prema standardu dobavljača. Zabija se pneumatskim čekićima – pištoljima, i to jednostrano ili dvostrano. Valovite sponke zabijaju se jednostrano. Broj sponki po dužini sljubnice ovisi o zahtijevanoj čvrstoći sastava.



**Slika 5.2.-21** Širinsko sastavljanje dvostranim povezivanjem limenim valovitim sponkama

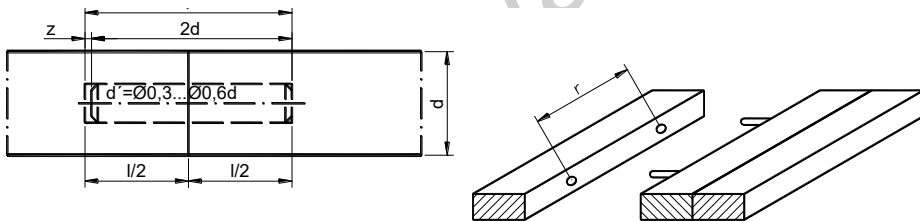
Valovite limene sponke daju znatno čvršće spojeve od žičanih sponki, a posebno pri obostranom zabijanju i primjeni ljepila.

Primjena ovog načina sastavljanja dolazi kod sklopova gdje su sastavi pokriveni i obloženi, te kod zahtjevnije optate i ambalaže.



**Slika 5.2.-22** Širinsko sastavljanje ravnim utorom i slobodnim perom na bočnom rubu

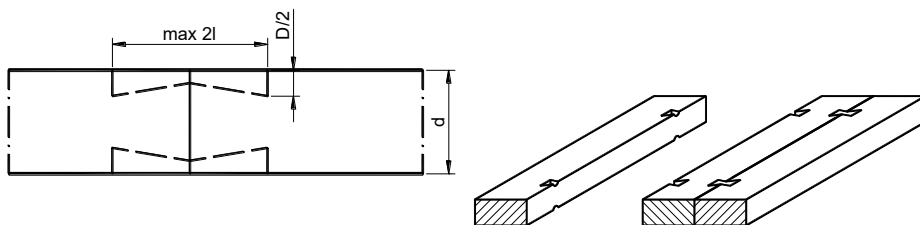
U izrađeni utor na rubovima obradaka stavlja se tanka letvica od cjelovitog drva, a za spojeve veće čvrstoće umetak od furnirske ploče. Primjena umetnutog pera smanjuje potrebu građe za izradu pera na obratku te povećava površinu lijepljenja. Smjer vlakanaca na vanjskom furniru pera usporedan je sa smjerom vlakanaca obradaka. Kod skošenih bridova pera ostavlja se jednostavno zazor ( $z$ ) za ljepilo i nečistoće 1 ... 1,5 mm, kod ravnih bridova pera 1,5 ... 2 mm. Prošireno ili ukrasno pero kod zidnih obloga slobodno stoji u utoru, obično se ne lijepi, već se obradci učvršćuju veznim elementima ili posebnim limenim okovom. Utori se izrađuju na višestranim blanjalicama istodobno s operacijom blanjanja ili na stolnim glodalicama. Na pločama stolova utori se ne izrađuju po cijeloj dužini obratka da se na čelnim presjecima ne bi vidjeli krajevi pera. Najveću primjenu nalazi kod sastavljanja zidnih i podnih obloga.



d	15	20	28	35	40	50	60
d'	6; 8	8; 10	10	10; 12	12; 6	12; 16	16

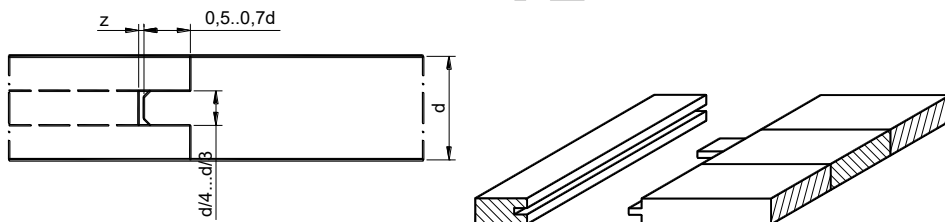
**Slika 5.2.-23** Širinsko sastavljanje na ravni sljub s moždanicama

Na čistim obradcima buše se simetrične rupe u koje se jednostrano uljepljuje moždanik (tzv. "tipl" od njem "Dübel"). Kod sastavljanja moždanici omogućuju međusobno pozicioniranje obradaka, a ujedno povećavaju čvrstoću veza ili spoja. Dužina moždanika je manja od ukupne dubine para rupa za zazor ( $z$ ) koji s obzirom na kut skošenja rubova moždanika iznosi 2 ... 3 mm. Za promjer moždanika ( $d'$ ) se odabire najbliža standardna dimenzija moždanika. Međusobni razmak rupa zavisi o zahtijevanoj čvrstoći sastava, te o rasporedu vretena na viševretenoj bušilici. Uobičajeni standardni raspored iznosi: 16, 32, 64, 96, 128, 160 itd. Prednost je ovog načina sastavljanja postizanje velike čvrstoće sastava i nepotrebna međumjera za izradu profilnog sastava. Obradak se priprema kao za ravni sljub.



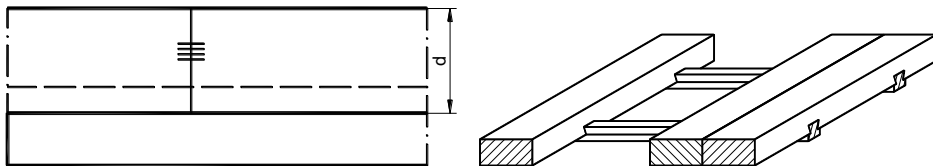
**Slika 5.2.-24** Ravni sljub s dvostrano skošenim umecima – lastin rep obostrano

Ovo je jedan od načina ukrasnog širinskog sastavljanja drvenim umecima u obliku dvostrukog lastinog repa. Upust i umetak izrađuju se na stroju za zupce ili na nadstolnoj glodalici. Dimenzije vezova usklađuju se s raspoloživim standardnim alatom. Umeci se učvršćuju lijepljenjem, a rjeđe i moždanicima. Umetak može biti i kružnog presjeka, tj. u obliku brojke 8. Tada se upusti buše cilindričnim svrdlom.



**Slika 5.2.-25** Širinsko sastavljanje utornom letvicom na sučelju s čelnim perom i pravokutnim čepom u sredini

Ploče od masiva, širinski sastavljene, često se na čelnim rubovima zatvaraju utorima da bi ploča ostala što ravnija i da bi se povećala čvrstoća na savijanje u smjeru utornih letvica. Letvica se učvršćuje ljepilom u sredini na nekoliko centimetara, ili se na tom mjestu izrađuje ravni čep i dublja rupa na letvici, tako da se omogući nesmetano utezanje – bubrenje pločaste konstrukcije.



**Slika 5.2.-26** Ravni sljub na elementima povezanim poprečnom letvicom u kosom utoru – "lastin rep"

Ploče stolova, stolica, klupa, komoda i sl. učvršćujemo poprečnim letvama utorenim u kosi utor. Time se omogućuje slobodan "rad" drvu, što je posljedica promjene vlage, a zadržava se ravnost plohe. Letva ujedno služi za učvršćenje ploče na stranice ormara ili na postolje stola ili stolice.

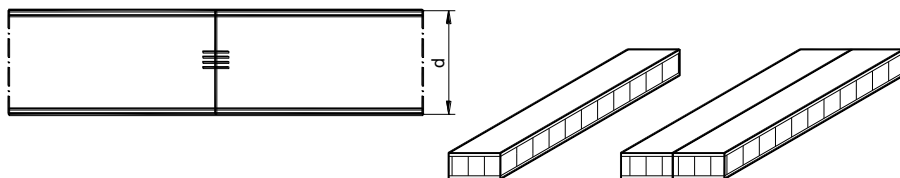
Redovito su dovoljne dvije poprečne letve, osim kod vrlo dugih ploča. Nakon upuštanja u utor, u ulazni otvor se ulijepi kratki umetak istog profila. Širina utorne letve ovisi o namjeni sastava i o širini utora, tj. o promjeru alata (5.2.-16.)

Dubina utora  $d' = d/4 \dots d/3$ .

## 5.2.2. Širinsko sastavljanje drvnih materijala - ploča

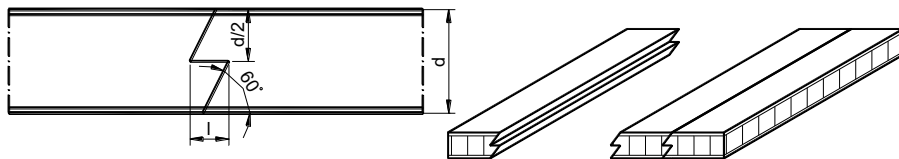
### Širinsko sastavljanje profiliranim sljubnicama

Potrebe za širinsko-dužinskim sastavljanjem ploča znatno su manje jer su formati ploča veliki i potrebni formati prikrojaka dobiju se u procesu krojenja ploča bez naknadnih doljepljivanja. Da bi se maksimalno iskoristili okrajci ploča, a osobito oplemenjenih ploča, pristupa se izradi najjednostavnijih sastava i lijepljenju. Alati s oštricama od tvrdog metala vrlo su skupi, te se nastoji primijeniti one sastave koji zahtijevaju minimalne nadmjere, a omogućuju dovoljno velike površine sljubnica. Svi navedeni načini sastavljanja mogu se također primijeniti i kod sastavljanja cjelovitog drva, s razlikom u izboru alata.



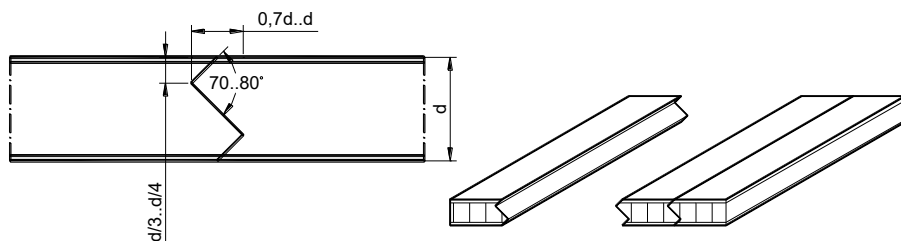
**Slika 5.2.-27** Širinsko sastavljanje na ravni ili tupi sljub

Sljubnice se posebno ne obrađuju već se obradci, kako kod krojenja napadaju, lijepe po širini. Namjenu ovako sastavljenih ploča treba posebno odrediti, jer one nemaju tehničke značajke kao cijele ploče. Za ovaj način sastavljanja treba primijeniti uređaj za stezanje u dva okomita smjera, kako bi se omogućilo poravnavanje ploha. Kod stolarskih ploča te kod "okal" ploča s rupama, ne mogu se sastavljati čela bez profiliranja sljubnica ili uljepljivanja umetaka.



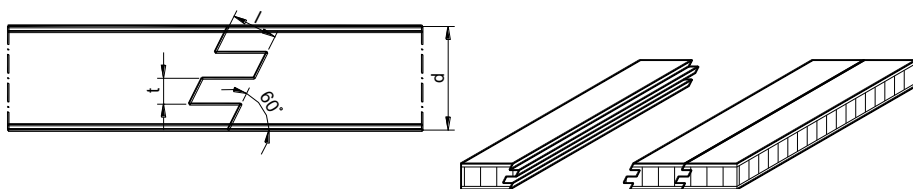
**Slika 5.2.-28** Širinsko sastavljanje na ravni bočni preklop s kosim sučeljem

Profil ovog sastava je vrlo jednostavan, dubine svega 12 mm. Primjenjuje se kod ploča debljine 12 ... 38 mm, a za alate domaće proizvodnje 16 ... 28 mm. Skošene sljubnice uz kukasti sljub omogućavaju precizno pozicioniranje susjednih ploha, a ujedno povećavaju površinu lijepljenja.



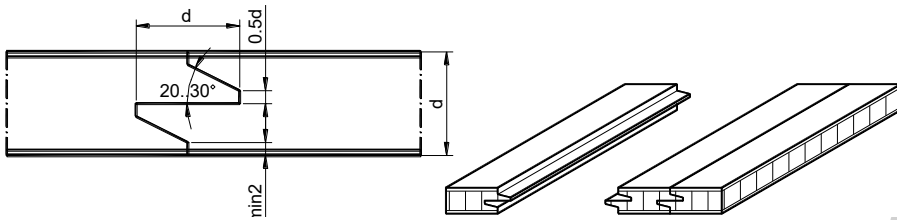
**Slika 5.2.-29** Širinsko sastavljanje kosim bočnim preklopom s kosim sučeljem

Rubni profili sastava izrađuju se jednim slogom alata okretanjem obradaka na glodalici. Sastav je pogodan za ploče koje će se naknadno oblagati furnirom ili folijom. Profil se može prilagoditi za ploče od 12 mm debljine na više. Kod lijepljenja steže se u bočnom smjeru.



**Slika 5.2.-30** Širinsko sastavljanje dvostrukim nasuprotnim utorom i perom s kosim sučeljem

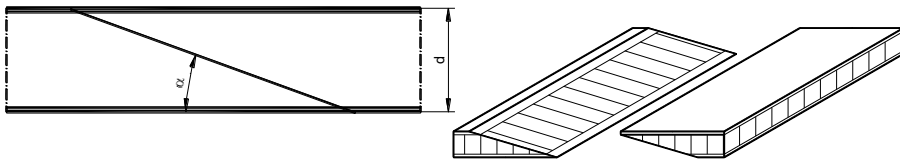
Sastav se ne primjenjuje kod jednoslojnih iverica (okal, konopljit) i poroznih troslojnih ploča, jer se unutarnje pero često lomi i otežava sastavljanje. Povoljan je kod stolarskih (panel) ploča i medijapan (MDF) vlaknatica. Alat se odabire prema debljini i vrsti ploče.



**Slika 5.2.-31** Širinsko sastavljanje s jednostranim nasuprotnim zupcima sa zatupljenim vrhom i pravokutnim sljubom – bočni dvozubac B

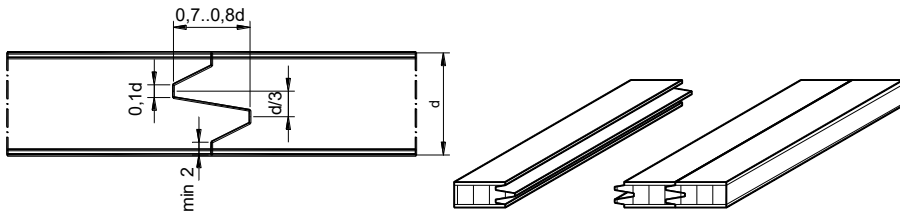
Sastav se izrađuje jednim slogom glodala na stolnim glodalicama, a steže se samo u jednom smjeru. Kod ovog veza nema zazora na drvu utora. Višak ljepila lako penetrira u relativno porozne iverice ili vlaknatice.

Primjenjuje se pretežno kod ploča 18 ... 25 mm.



**Slika 5.2.-32** Širinsko sastavljanje na kosi sljub

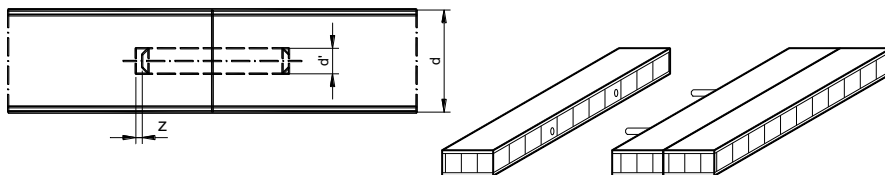
Industrijski način sastavljanja provodi se na automatskom stroju za produženje – proširenje svih vrsta drvnih ploča na kosi sljub kod kojeg je  $\alpha \approx 10^\circ$ . Stroj standardne izvedbe obrađuje ploče debljine  $d = 4 \dots 30$  mm (John). Faza obrade sadrži: glodanje kosine, nanošenje ljepila, podešavanje, stezanje do 18 daN/cm<sup>2</sup>, grijanje vrelim uljem ili VF strujom. Dužina sljubnice  $b \leq 3600$  mm. Sastavljene ploče koriste se za oplata, kontejnere, vagone, brodove, opremanje objekata itd.



**Slika 5.2.-33** Širinsko sastavljanje jednostrukim nasuprotnim klinastim zupcima sa zatupljenim vrhom i pravokutnim sljubom – dvozubac B

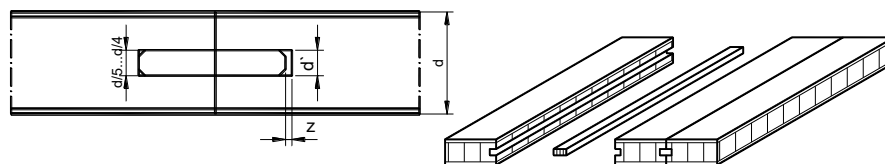
Sastav se primjenjuje kod sastavljanja ploča debljine 20 ... 30 mm. Ostalo kao kod 5.2.-31.

## Širinsko sastavljanje umecima i veznim elementima



**Slika 5.2.-34** Širinsko sastavljanje ravnim sljubom s moždanicima

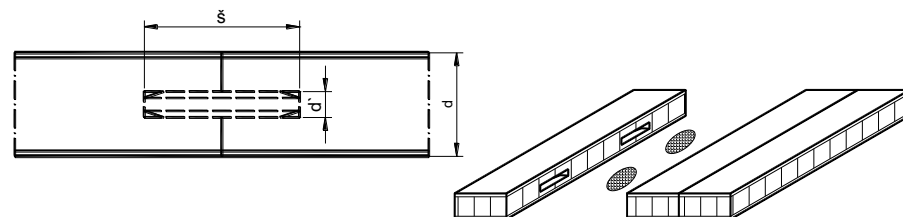
Ovakvo sastavljanje primjenjuje se kod debljih ploča i to pretežno tamo gdje se traži velika čvrstoća savijanja okomito na sljubnicu. Ravni sljub izrađuje se tehnikom piljenja.



d	12	16	18	20	25
d'	3	3	4	4	5

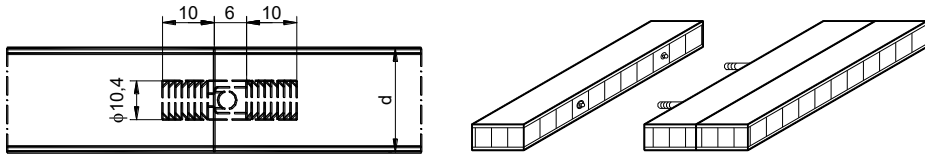
**Slika 5.2.-35** Širinsko sastavljanje ravnim sljubom s utorom i slobodnim perom

Primjenjuje se pretežno kod ploča debljih od 18 mm. Dosjed utora i pera ne smije biti čvrst kako ne bi došlo do raslojavanja ploča i odebljanja na mjestima ulijepljenog pera. To posebno vrijedi za ukrasna pera i neslijepljene sastave kada se sastavljaju površinski obrađene ploče većih dimenzija. Tada dosjed treba biti labav kako bi se moglo raditi bez steznih naprava.



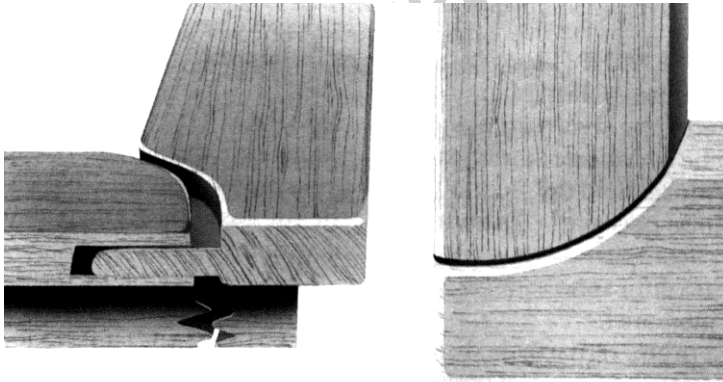
**Slika 5.2.– 36** Širinsko sastavljanje ravnim sljubom s utorima i lamelastim umecima

Rubove obradaka koje će se sastavljati treba obraditi kao za sastavljanje na ravni sljub. Prema željenoj čvrstoći sastava, pojedinačni utori se prave glodalom koje odgovara dimenzijama standardnog lamelastog umetka. Utori se izrađuju ručnom ili stolnom glodalicom uz mjernu letvu sa zaustavljačima. Za lamelasti umetak ne ostavlja se zazor. Sastav se primjenjuje za ploče debljine od 12 mm na više. Dimenzije umetka vidi u poglavlju 6.1.



**Slika 5.2.-37** Širinsko sastavljanje ravnim sljubom s upuštenim plastičnim pritisnim kopčama

Izrađuje se kao simetričan ili asimetričan rastavljiv vez. Na simetrično bušene rupe para obradaka upušta se plastični moždanik s glavom odnosno s čeljustima. Ukoliko plastične glave smetaju, obostrano se upuštaju moždanici s čeljustima, a umetak s dvojnog glavom (njem. Druckknopf) upušta se kod sastavljanja. Primjenjuje se kod izvlačnih ploča stolova, sastavljanja obrađenih obloga zidova i dr. Buši se viševretenim bušilicama za moždanike.



Kutno bočno spajanje okvirnica sa profiliranim rubom na utor i pero



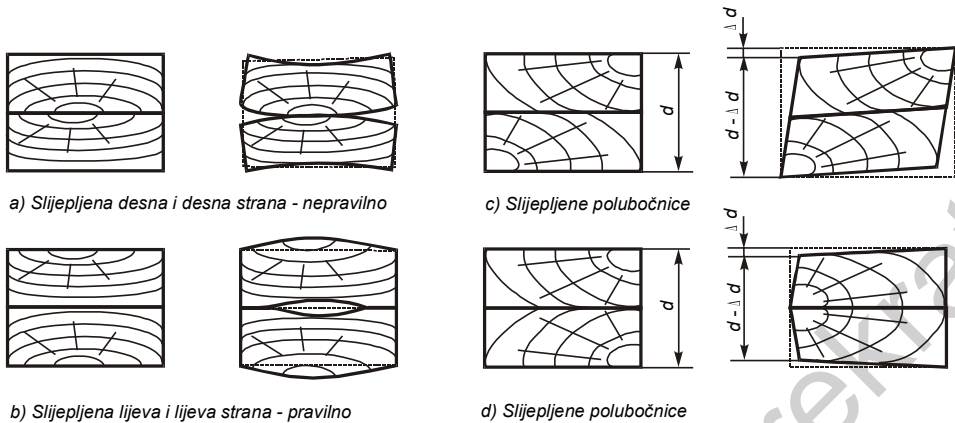
### 5.3. DEBLJINSKO ILI USLOJENO SASTAVLJANJE - I de

Debljinsko sastavljanje ili sastavljanje po debljini tj. uslojeno sastavljanje ili lameliranje po debljini je takav način sastavljanja obradaka drva, drvnih ploča i furnira kojim se dobiju znatno veći, tj. deblji i duži ili samo veći presjeci tako nastalih konstrukcija. Svrha debljinskog sastavljanja jest postizanje boljih fizičko-mehaničkih svojstava u odnosu na cjelovito drvo ili ploče prije svega odstranjivanjem grešaka u drvu, smanjenjem utroška skupih osnovnih materijala, upotrebom materijala niže kvalitete, poboljšanjem estetskih svojstava oblaganjem drugim materijalom i dr. U užem smislu može se debljinsko sastavljanje shvatiti kao međusobno sastavljanje obradaka kod kojih sljubnicu čine veće plohe, tj. stranice. Razlikuju se debljinski spojevi, tj. uslojene lijepljene konstrukcije i debljinski vezovi sastavljeni raznim veznim elementima.

#### 5.3.1. Debljinsko sastavljanje cjelovitog drva-masiva

Pripremni radovi kod određivanja dimenzija debljinski sastavljene konstrukcije sastoje se u izboru normiranih debljina građe, te određivanju maksimalnih debljina obostrano umjerene (blanjane) građe, odnosno obradaka za lijepljenje.

Ovisno o namjeni, potrebno je postaviti zahtjeve o vlažnosti, dopuštenim greškama, rasporedu po vrstama drva, položaju bijeli i srži u konstrukciji, položaju godova, načinu preciziranja ili učvršćenja do trenutka spajanja ljepilom i dr. Za složene uslojene konstrukcije, tj. za one kod kojih slojevi ili lamele nisu isključivo usporedne, već je potrebno nakon izrade prvog sastava obraditi sljubnice za drugi ili treći sustav, konstruktor je dužan provjeriti tehnološke mogućnosti raspoložive opreme te u skladu s tim uskladiti konstrukcijska rješenja. U proizvodnji namještaja debljinski sastavljene konstrukcije su uglavnom lijepljene. Kod nekih proizvoda za opremanje objekata (imitacija greda, doprozornici, dovratnici i sl.), te dijelova zgrada (grede, rešetkasti nosači i dr.) konstrukcije mogu biti čavlane, učvršćene vijcima ili okovima. Debljinski sastavljen sklop biti će stabilnijih dimenzija i oblika ako je lijepljen iz što tanjih obradaka. Ovo pravilo ne vrijedi za okivane i čavlane konstrukcije. Na slikama u prilogu prikazane su moguće deformacije zbog utezanja spojenih s obzirom na položaj godova (slika 5.3.-1).



**Slika 5.3.-1** Deformacije zbog utezanja na debljinski slijepljenim obradcima

Primjeri deformacija mogu biti od važnosti kada se radi o većim presjecima drva, kao i kod višeslojnog debljinskog spajanja.

### Debljinsko sastavljanje punih sklopova

Poravnani (blanjani ili brušeni) sastavni dijelovi od iste ili različite vrste drva lijepe se u dvoslojnu, troslojnu ili višeslojnu konstrukciju. Kod konstrukcija debljih od 60 mm često se javljaju pukotine i deformacije oblika, jer se takvi elementi teško suše. Broj obradaka – slojeva u konstrukciji ovisi o ukupnoj debljini sastava i standardnoj debljini građe. Kod  $d = 60$  mm;  $d' = d/2$  ili  $d/3$  itd. Debljina obratka  $d'$  iznosi koliko i standardna ili namjenska građa umanjena za nadmjeru poravnavanja i blanjanja na mjeru. U pravilu u srednje slojeve se stavljaju obradci niže kvalitete, ukoliko ne postoje zahtjevi za ujednačenošću mehaničkih ili estetskih svojstava.

Konstrukcije manjih dimenzija lijepe se u mehaničkim, pneumatskim i hidrauličkim prešama hladnim postupkom ili intenzifikacijom, tehnikom zagrijavanja VF strujom ili predgrijavanjem IC zrakama.

Stranice se međusobno najčešće spajaju tupim sljubom, te višestrukim nasuprotnim urezom ili zupcima. Zupci povećavaju lijepljenu površinu, te se smanjuje mogućnost otvaranja sljubnica.

Za veće širine debljinski spojenih obradaka vrijedi pravilo širinskog sastavljanja, te se izrađuju kombinirane konstrukcije širinskog i debljinskog spajanja.

Ove konstrukcije primjenjuju se kod izrade greda-nosača, nogu stolova, tokarenih predmeta većeg promjera, ploča većih formata i drugdje gdje su potrebna povoljnija mehanička svojstva i veća stabilnost oblika u odnosu na cjelovite obratke. Kod lijepljenja različitih vrsta drva potrebno je izabrati one koje se približno podudaraju u tehničkim svojstvima.



**Slika 5.3.-2** Dvoslojno usporedno spajanje ljepljom

Noge stolova ili drugi horizontalni i vertikalni sklopovi vidljivi sa svih strana sastavljaju se od istovrsnih dijelova, odnosno jednostrano vidljivi s vanjske se strane stavlja plemenitije drvo.



**Slika 5.3.-3** Dvoslojno usporedno spajanje klinastim zatupljenim zupcima

Povećana čvrstoća lijepljenja postiže se povećanjem sljuba raznovrsnih obradaka. Zupci se primjenjuju kod predmeta izloženih vanjskim klimatskim uvjetima, te dijelovima alata koji su dinamički opterećeni npr. stolarske blanje.



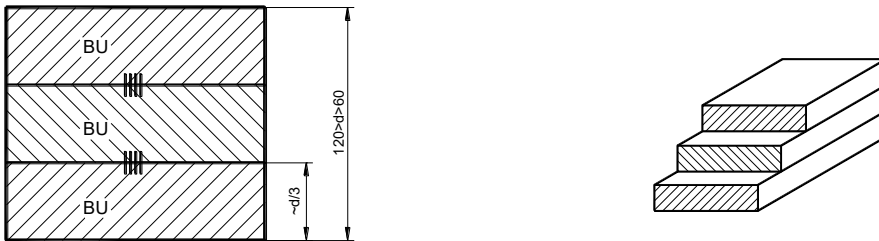
**Slika 5.3.-4.** Dvoslojno usporedno povezivanje upuštenim pritisnim kopčama

Dijelovi namještaja ili opreme koji se povezuju izvan radioničkih uvjeta ili koji se međusobno sljepljuju na mjestu uporabe, opremaju se priteznim pritisnim kopčama.



**Slika 5.3.-5** Dvoslojno usporedno povezivanje prihvatnom kopčom i vijkom s lećastom glavom

Namjena ovog načina povezivanja slična je kao 5.3.-4



**Slika 5.3-6** Troslojno usporedno spajanje ljepljom

Uz veću postojanost oblika uslojeno lijepljene konstrukcije postižu se i veće uštede na sušenju tanje građe iz kojih se izrađuju lamele. Poželjno je da konstrukcija bude simetrična ukoliko su vanjske lamele tanje.



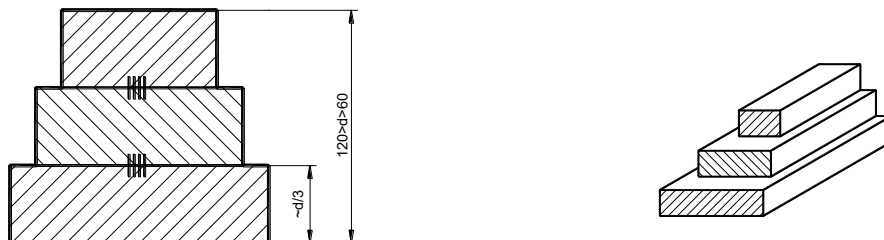
**Slika 5.3.-7** Troslojno usporedno jednostrano stubno asimetrično spajanje

Ovaj način sastavljanja uobičajen je kod raznih okvirnica s jednim ili više poluutora, kod čega se rabe elementi manjih dimenzija čija je hidrotermička i mehanička obrada racionalnija. Klasična obrada i izrada poluutora iz cjelovite prizme danas se sve više napušta kod proizvođača prozora. Kod lijepljenja u prešama potrebne su odstojne šablone za pozicioniranje obradaka različite širine.



**Slika 5.3.-8** Troslojno usporedno dvostrano stubno asimetrično spajanje

Namjena sličnih profila je kao pod 5.3.-7. Kod širokih obradaka prakticira se raspiljivanje da se dobije jednostrano stubno asimetrična konstrukcija.



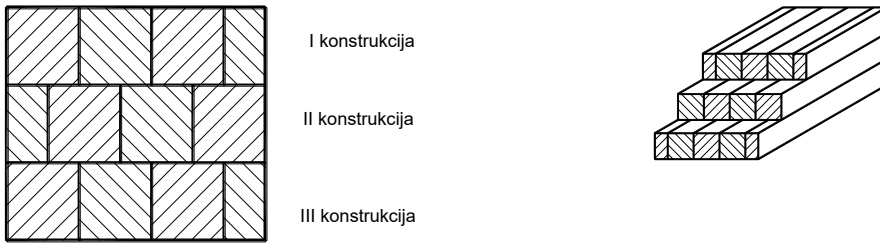
**Slika 5.3.-9** Troslojno usporedno dvostrano stubno simetrično spajanje

Namjena je kao kod 5.3.-7. posebno za međuokvirnice doprozornika.



**Slika 5.3.-10** Četveroslojno usporedno spajanje s jednom višeslojnom konstrukcijom

Radi povećanja čvrstoće na savijanje ova konstrukcija u donjoj zoni vlačnih naprezanja ima jednu ili dvije uslojene konstrukcije s okomitim sljubnicama čija je čvrstoća na vlak i savijanje znatno veća od ostalih obradaka, a posebno u gornjoj zoni, tj. zoni vlačnih naprezanja.



**Slika 5.3.-11** Troslojno usporedno spajanje s tri višeslojne konstrukcije

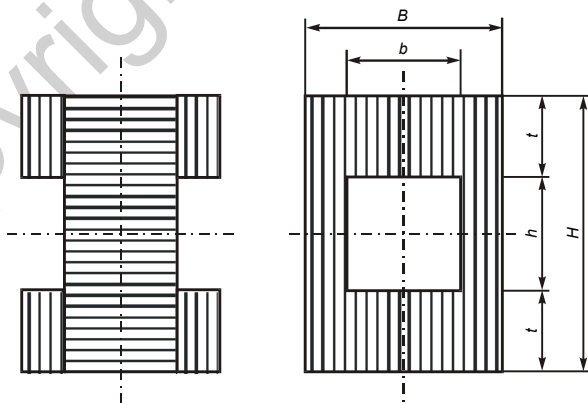
Bolja mehanička svojstva u oba smjera poprečnog presjeka postižu se konstrukcijama koje se sastavljaju s višeslojnim usporedno sastavljenim konstrukcijama. Ovaj način primjenjuje se kod izrade greda-nosača, sportskih sprava i rekvizita, kao npr. skija iz namjenski piljene jasenovine. Pojedini slojevi – konstrukcije izrađuju se odvojeno, a zatim se spajaju u cjeloviti sklop. U donji vlačni dio nosača stavlja se drvo velike čvrstoće na vlak i savijanje.

S gledišta čvrstoće sastavljena konstrukcija može imati iste statičke vrijednosti kao i cjelovita greda s tim da se kod lijepljenih konstrukcija izbjegava utjecaj grešaka i smanjuje utrošak materijala. U primjeru se daju skice dviju greda koje prema svojim dimenzijama imaju isti moment inercije  $I_x$  i moment otpora ( $W_x$ ). Slika 5.3.-12.

Površina presjeka:  $A = H \cdot B - h \cdot b \dots cm$

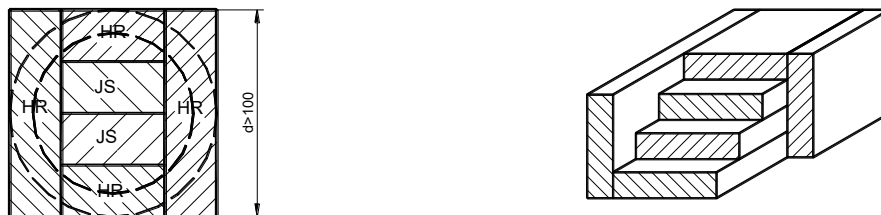
Razmak do težišta:  $\frac{H}{2} \dots cm$

Moment inercije:  $I_x = \frac{I}{6H} (B \cdot H^3 - b \cdot h^3) \dots cm$



**Slika 5.3.-12** Primjeri sastavljenih lijepljenih greda-nosača

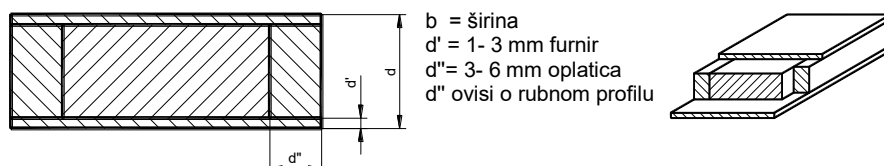
Konstrukcije lijepljenih nosača za graditeljstvo vrlo su različite i složene, te zahtijevaju poseban prikaz izvan ovog udžbenika.



**Slika 5.3.-13** Trosljedno usporedno spajanje sa srednjom četveroslojnom konstrukcijom

Konstrukcija se primjenjuje za sklopove kod kojih uz mehaničke funkcije dolazi do izražaja estetsko svojstvo drva. Uslojeni obradci daju često isprekidanu i bezizražajnu teksturu na bočnim stranicama. Da se to izbjegne, na te se stranice naljepljuju obradci neke plemenite vrste, tj. tekstura se usklađuje s ostalim vidljivim stranicama. Za tokarene predmete debljina plemenitih slojeva treba odgovarati najmanjem promjeru obrade tokarenjem.

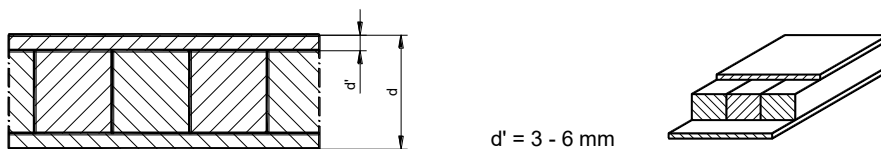
Na mjestima posebno većeg promjera a u cilju ušteda materijala, kraći obradci lijepe se samo u toj zoni.



**Slika 5.3.-14** Trosljedno usporedno spajanje sa trosljednog srednjicom

Skupocjene plemenite vrste drva mogu se racionalno koristiti jedino u obliku furnira i tankih piljenica tzv. oplatica. Ova se konstrukcija nalazi kod većine finalnih proizvoda kao namještaja, opreme zgrada, vrata, tamo gdje se žele istaći estetska svojstva drva, dok se srednjica supstituira jeftinijim vrstama kao pokriveni materijal. Tehnologija sastavljanja ovisna je o širini konstrukcije, kao i o tome je li srednji podsklop dvoslojan ili trosljedan.

Uske su konstrukcije do 150 mm (okvirnice, dovratnici itd.), a široke iznad 150 mm. Kod širokih konstrukcija postoji mogućnost koritanja i vitoperenja, stoga je srednjicu potrebno sastaviti iz više obradaka. Isto se odnosi na oplatu koja se sastavlja na načelu sastavljanja furnira.



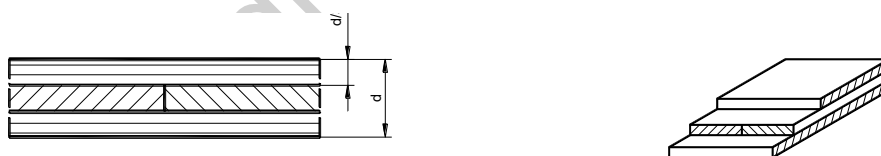
**Slika 5.3.-15** Troslojno usporedno spajanje sa srednjicom od širinski sastavljenih letvica

Konstrukcija je slična kao 5.3.-14., samo zbog srednjice od letvica obloga treba biti nešto deblja.



**Slika 5.3.-16** Troslojno križno spajanje konstrukcijskim furnirom sa srednjicom od sastavljenih letvica tzv. stolarska ili panel ploča

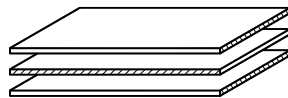
Na srednjicu ove konstrukcije obostrano je nalijepljena obloga od oplatice ili furnira i to okomitim smjerom vlaknaca prema letvicama srednjice. Konstrukcije na bazi konstrukcijskog furnira nazivaju se "panel" ili stolarske ploče. Uobičajene debljine su 18, 20 i 22 mm. Nalaze vrlo široku primjenu u proizvodnji namještaja i opreme objekata. Njihova je industrijska proizvodnja u opadanju zbog sve veće uporabe jeftinijih iverica i vlaknatica. Izrađuju se i ploče oplemenjene plemenitim furnirima.



**Slika 5.3.-17** Troslojno križno spajanje istovrsnih ili raznovrsnih dijelova

Ploče od slojeva širinski spojenih elemenata cjelovitog drva četinjača i listača osušenih na 8 ... 10% sadržaja vlage nalaze primjenu u proizvodnji tzv. masivnog namještaja. Elementi su piljeni ili podužno rezani, stoga osiguravaju dobru stabilnost oblika.





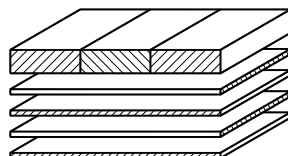
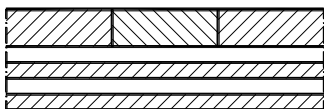
**Slika 5.3.-18** Troslojna furnirska ploča s ljuštenim konstrukcijskim furnirom

Klasična furnirska ploča tzv. "šperploča" veće je čvrstoće od današnjih surogata na bazi usitnjenog drva, stoga je često nezamjenjiva za sklopove debljine 3 mm na više. Od mikrofurmira se mogu izrađivati i tanje ploče.



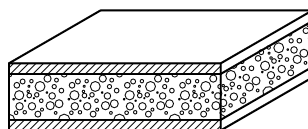
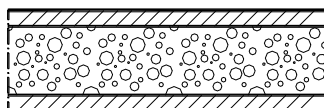
**Slika 5.3.-19** Peteroslojna ili višeslojna (multiplex) furnirska ploča s vanjskim konstrukcijskim ili plemenitim furnirom

Višeslojne ploče podnose velika dinamička opterećenja, npr. udarce, savijanje, vlak i dr. Ujednačena su im mehanička svojstva po duljini i širini.



**Slika 5.3.-20** Oplata od cjelovitog drva na asimetričnoj ili simetričnoj furnirskoj ploči

Na osnovu od jeftinijih vrsta drva npr. furnirske ploče od mekih listača naljepljuje se sloj plemenitog tvrdog drva za konstrukciju gotovih podnih obloga manjih formata.

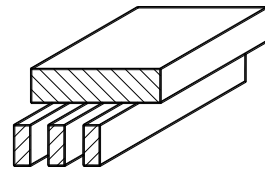
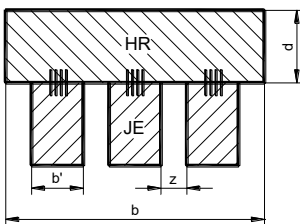


**Slika 5.3.-21** Ljuštena ili piljena oplatica (furnir) na izolacijskoj pjenastoj ploči

Izolacijske uslojene ploče izrađuju se u raznim debljinama. Srednjice su od poliuretanske ili slične upjenjene mase.

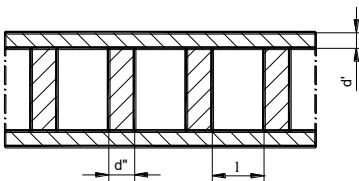
## Debljinsko sastavljanje šupljih sklopova

S gledišta štednje cjelovitog drva i materijala, te poboljšanja fizičko-mehaničkih svojstava izrađuju se relativno debele pločaste konstrukcije na načelu sastavljanja okvira s ispunom i tankih ploča. Okvir je najčešće od cjelovitog drva, a ispunje ili podloge od drvenih letvica s razmakom ili u obliku križne rešetke, papirnih saća, šupljih ploča i drugih materijala u različitim oblicima i kombinacijama. Ovako zatvarane konstrukcije u praksi se zovu "šperane" konstrukcije. Konstrukcije su pretežno sastavljene tehnikom lijepljenja u hidrauličkim etažnim prešama vrućim ili hladnim postupkom.

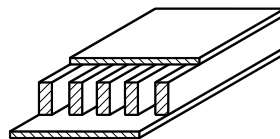


**Slika 5.3.-22** Dvoslojno usporedno spajanje jednostrano s razmaknutim letvicama

Tanke oplatice od tvrdog plemenitog drva lijepe se na podlogu od razmaknutih letvica. Razmak  $z$  ovisan je o debljini gornje oplatae tj. gaznog sloja kod gotovog parketnog poda (Costa).

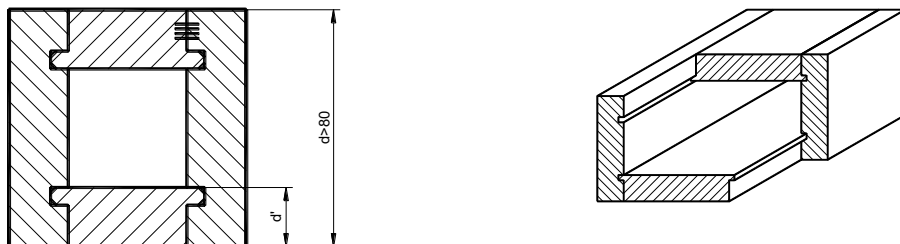


$l$  = razmak letvica  
 $d' = 4 - 10$  mm  
 $d'' > 5$  mm



**Slika 5.3.-23** Troslojno usporedno spajanje oplaticama na razmaknutim letvicama

Načelo sastavljanja ovih konstrukcija slično je kao 5.3.-22 s tim što je srednjica od razmaknutih letvica obložena obostrano. Veličina razmaka  $l$  utječe na ravnost površine obloge. Ovisno o vrsti obloge razmak može iznositi  $l = 2 \dots 5d'$ . Da bi se smanjilo skupljanje viška ljepila uz same bridove, kod širih letvica srednjice mogu se skinuti bridovi. Između letvica mogu se stavljati drugi materijali s izolacijskim svojstvima. Volumna masa ploča znatno je manja od stolarskih ploča. Konstrukcije su pogodne za vratna krila, debele ploče namještaja, pregradne stijene i dr.



**Slika 5.3.-24** Pravokutni četverodijelni šuplji sklop kutno spojen s utorom i perom, tzv. šuplja greda

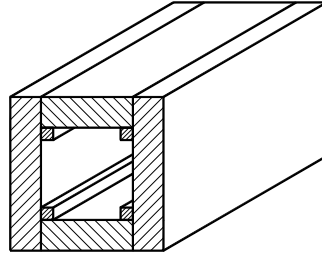
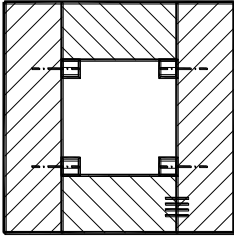
Sklopovi namještaja ili elementi opreme zgrada, kao razna postolja, stupovi, grede i sl., često imaju samo estetsku funkciju i pokrivaju nosače od metala i betona ili nemaju potrebe za većim mehaničkim funkcijama.

Takve šuplje konstrukcije nazivamo još "imitacijom greda". Vanjski oblici presjeka mogu biti različiti: pravokutni, kružni, trapezni itd. Debljina obradaka  $d'$  ovisi o debljini konstrukcija i odabranom ugaonom sastavu. Slične imitacije greda i stupova, koje nisu zatvorene sa svih strana, nazivaju se "kulisama" greda ili stupova. U izradi tih imitacija drvo se pokušava zamijeniti odljencima iz tvrde poliuretanske pjene, gdje se imitira izbrzdanost i raspucanost "stare" grede.



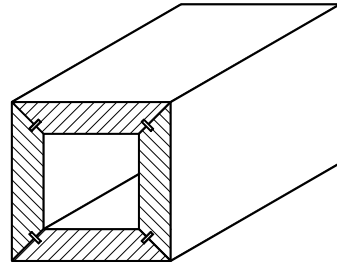
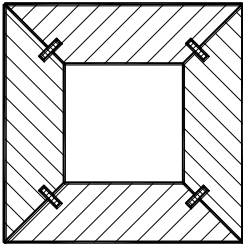
**Slika 5.3.-25** Pravokutni četverodijelni šuplji sklop kutno spojen u kosim urezima

Profili izrađeni na četverostranim blanjalicama spremni su za spajanje u šuplju gredu. Kosi urez pravilno pozicionira obratke pri stezanju. Primjenjuje se kod izrade nogu stolova, te raznih vertikalnih nosača.



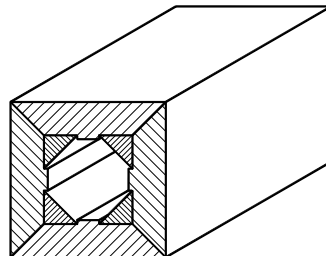
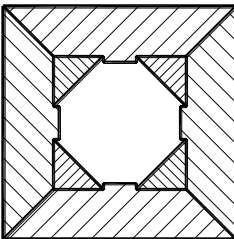
**Slika 5.3.-26** Pravokutni četverodijelni šuplji sklop kutno spojen na odstojnim letvicama

Primjena je slična kao kod 5.3.-25



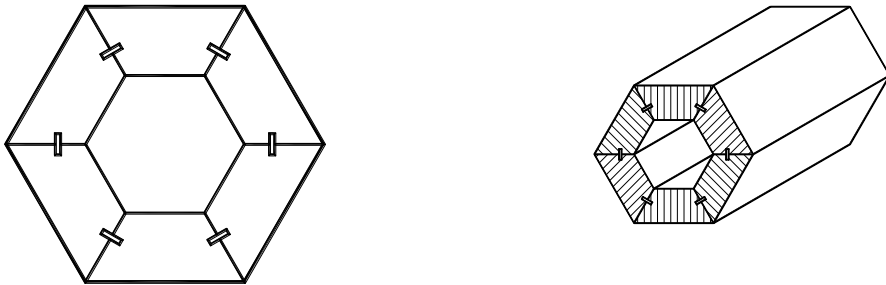
**Slika 5.3.-27** Pravokutni četverodijelni šuplji sklop kutno spojen kosim sljubom s utorom i slobodnim perom

Izrada i primjena je slična kao kod 5.3.-25



**Slika 5.3.-28** Pravokutni četverodijelni šuplji sklop kutno spojen kosim sljubom i kutnim trostranim letvicama

Izrada i primjena slična je kao kod 5.3.-26. Pri izradi kosoreza moguće je racionalno koristiti "lisičavu" građu.



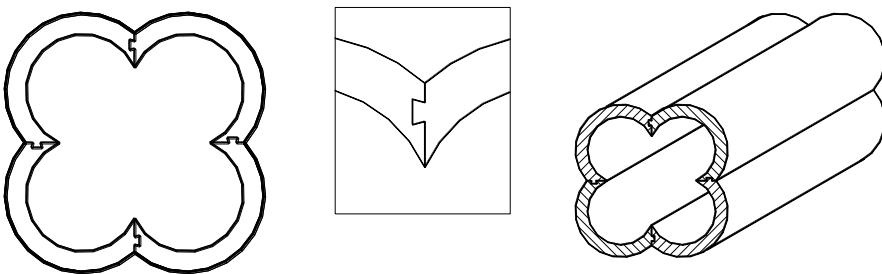
**Slika 5.3.-29** Šesterokutni šuplji sklop kutno spojen kosim sljubom s utorom i slobodnim perom

Izrada i namjena je slična kao kod 5.3.-27



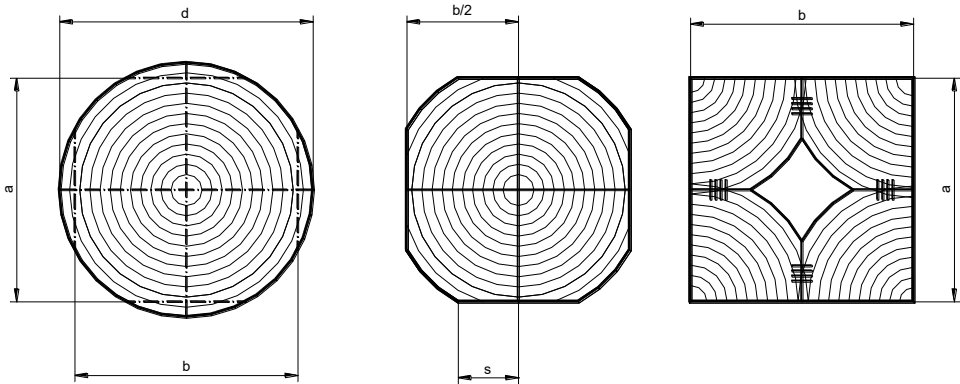
**Slika 5.3.-30** Cilindričan sklop od osam lučnih elemenata spojenih klinastim zupcima sa zatupljenim vrhom – trozubac

Izrada i namjena je slična kao kod 5.3.-24



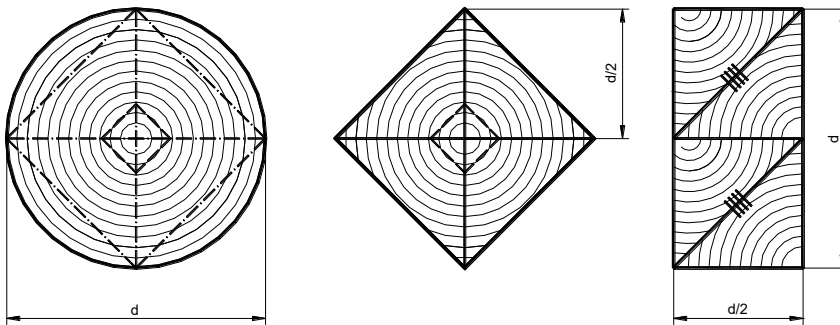
**Slika 5.3.-31** Šuplji sklop od četiri polukružna elementa spojena kosim utorom i perom - "lastinim repom"

Izrada i namjena je slična kao kod 5.3.-24



**Slika 5.3.-32** Šuplja pravokutna greda dobivena iz trupčića

Piljenjem trupčića na polovine, zatim na četvtine dobiju se peterostrane prizme kojima se nakon sušenja obrade sljubnice na dvostranoj blanjalici. Dijelovi se lijepe po stranicama širine  $s$  u četverostranu šuplju gredu presjeka  $a \times b$ .



**Slika 5.3.-33** Puna pravokutna greda dobivena iz trupčića

Piljenjem trupčića na polovine, zatim na četvtine dobiju se trostrane prizme kojima se nakon sušenja obrade sljubnice i lijepe u četverostrane prizme dimenzija  $d \cdot d/2$ . Po četverostranom blanjanju one se mogu dalje spajati međusobno. Srčika se također može odstraniti te se dijelovi mogu spojiti u šuplju gredu.

### 5.3.2. Debljinsko sastavljanje s drvnim materijalima – pločama

#### Debljinsko sastavljanje sklopova ravnih oblika

Široka primjena ovih konstrukcija koje nalazimo u proizvodnji tzv. punih ili glatkih “šperanih” vrata, u proizvodnji namještaja i elemenata opreme objekata, rezultira nizom povoljnih tehničkih svojstava. Kod konstruiranja višeslojnih konstrukcija potrebno je posebnu pažnju posvetiti izboru materijala te izbjegavati primjenu intenzivno higroskopskih materijala koji bitno utječu na deformacije pločastih materijala.

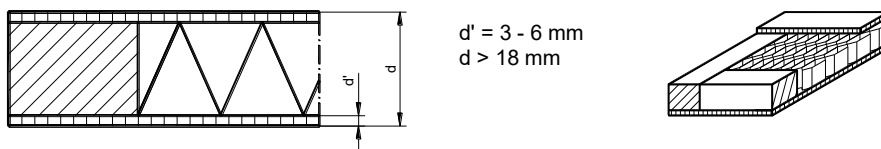
Veličina higrotermičke “elastičnosti” ovisna je o stupnju upijanja vodene pare, volumnom udjelu higroskopskog materijala i režimu mikroklima.

Na deformacije i stabilnost konstrukcija utječu veličina presjeka okvira, posebno širina okvirnica. Osnovno načelo konstruiranja treba biti sljedeće:

- planirati što bolju higroskopski-simetričnu konstrukciju
- kompletirati pojavu različito raspoređenih naprezanja u konstrukciji smanjivanjem debljina nestabilnih materijala i konkretnih površina dvaju materijala.

Danas se proizvode industrijski različite kombinacije ploča od drvnih i nedrvnih materijala. Na primjer za pregradne stijene izrađuju se iverice bez slobodnog formaldehida s izravno upjenjenom PU masom na ploču te dvostrano oplemenjenom folijom i sl.

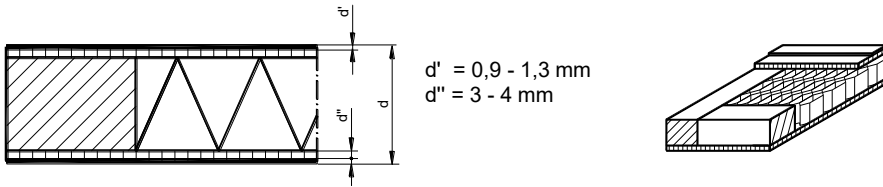
U nas su poznate tzv. “kombi-ploče” sa stiroporom na pločama od drvene mase ili gips-ljepenka na pločama.



**Slika 5.3.-34** Okvir od cjelovitog drva s ispunom, obložen tankim pločama

Konstrukcija se sastoji od tri usporedna sloja, kod čega je srednjica sastavljena od vanjskih okvira širine 30 ... 60 mm unutar kojeg je rastegnuto papirno saće sa standardnom nadmjerom po debljini radi utiskivanja kod prešanja. Obloge su od furnirskih ploča, tzv. “šperploča” od 3 mm na više, ploča vlaknatica tzv. “lesonita”, tankih iverica ili debljih laminata do 1,3 mm.

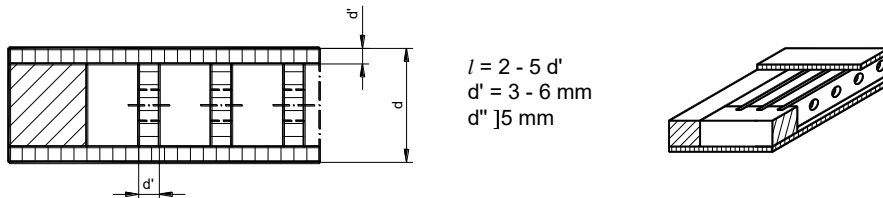
Neracionalno je izrađivati obložene konstrukcije ispod 18 mm debljine, jer su gotove pune ploče jeftinije. U procesu sastavljanja ljepilo se nanosi na ploče, a steže se u etažnim prešama.



**Slika 5.3.-35** Okvir od cjelovitog drva s ispunom obložen tankim pločama i laminatima

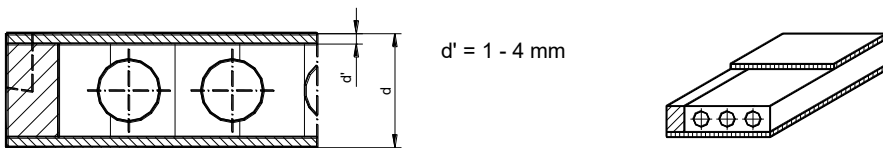
Za razliku od opisane konstrukcije 5.3.-34, ovo je peteroslojna ploča kod koje je prvi par obloga od tankih ploča ili konstrukcijskog furnira, tj. materijala bez vrednijih estetskih svojstava, dok je vanjski par obloga dekorativan, i to su plemeniti furniri, papiri sa tiskanom teksturom, laminati, folije, koža i sl.

Proces oblaganja ovisan je o svojstvima materijala te se izvodi u jednostupnom ili dvostupnom postupku.



**Slika 5.3.-36** Okvir od cjelovitog drva sa srednjicom od letvica obložen tankim pločama

Konstrukcija ispunne slična je kao u opisu 5.3.-35. Kod usporednog ili križnog slaganja letvice su složene u utore okvira čija širina odgovara debljini letvice. Letvice se izrađuju od drva ili tankih ploča od usitnjenog drva. Moguća je i izvedba letvica sa šupljinama radi bolje zvučne izolacije.

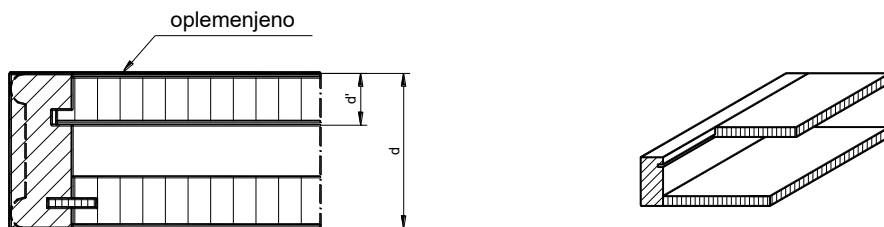


**Slika 5.3.-37** Okvir cjelovitog drva sa srednjicom od iverice sa šupljinama (okal) i rubnim letvicama, obložen furnirima ili laminatima

Iverice izrađene po okal-postupku debljine iznad 25 mm imaju u sredini paralelne šupljine radi poboljšanja nekih tehničkih svojstava i racionalnijeg procesa izrade. Da bi se omogućila obrada rubova, okivanje i zaštita od raslojavanja, rubovi se oblažu letvicama od masiva. Radi povećanja čvrstoće na savijanje, izrade dekorativne ili zaštitne osnove, ploče se oblažu plemenitim furnirom, konstrukcijskim furnirima, oplaticama, laminatima i dr.

Poželjno je smjer žice obloge postaviti okomito na smjer podužne simetralne rupa.

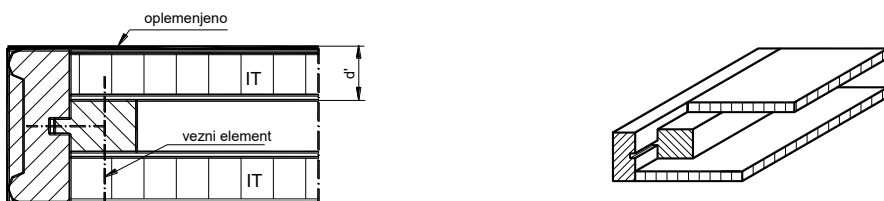




**Slika 5.3.-38** Ploče u razmaku povezane ili spojene rubnom letvom, utorom i perom ili veznim elementom

Razmak stranica ormara, pregradnih stijena, raznih pretinaca i dr. rješava se postavljanjem rubnih letava.

Ovisno o debljini, ploče iznad 10 mm mogu se sastavljati u određene formate rubnim odstojnim letvicama. Povezuje se ili spaja po rubovima ploča, pa one mogu imati vanjske stranice oplemenjene. Rubovi i letve se sastavljaju na utor i pero, moždanicama, vijcima i sl.



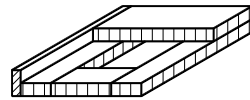
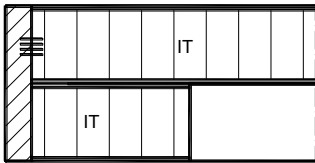
**Slika 5.3.-39** Ploče u razmaku povezane odstojnom letvicom i vanjskom rubnom letvicom

Ovo je inačica prikazanog načina u toč. 5.3.-38 koja je pogodna za međusobno sastavljanje korpusa ormara ili regala. Stranice se pritegnu vijcima uz odstojnu pernu letvicu, a zatim se postavlja utorna dekorativna letvica koja zatvara rubove.



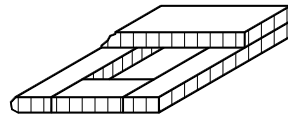
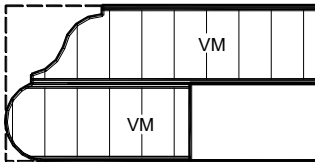
**Slika 5.3.-40** Ploče u razmaku postavljene u utor rubne letve

Kao i konstrukcija 5.3.-38 ovo je imitacija debele ploče ili stijene. Primjenjuje se u namještaju kao dvostruki pod ili dvostruka poleđina za konstrukciju uskih ili niskih pretinaca.



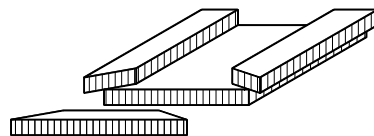
**Slika 5.3.-41** Odebljanje uz sastavljanje pločastih elemenata s rubnom letvicom

Ukručivanje većih formata ploča uz rubove i dobivanje optički deblje ploče bez zatvaranja s obje strane moguće je tehnikom naljepljivanja letvica od drva ili ploča od usitnjenog drva širine 20 ... 50 mm uz rub ploče. Preko oba ruba se naljepljuje dekorativna rubna letvica. Ovaj je način čest kod ploča stolova, polica, ploča raznog ormarnog namještaja, elemenata opreme objekata i dr.



**Slika 5.3.-42** Odebljanje uz rub sastavljanjem profiliranih pločastih elemenata

Za slične namjene kao konstrukcija 5.3.-39 provodi se odebljanje uz rub istim materijalom od kojeg je gornja ploča, s tim da se rub može završno mehanički i površinski obraditi. Od materijala to je vlaknatica "medijapan" i masivno drvo. Kod drva smjer vlakanaca naljepka mora biti paralelan s vlakancima ploče. Izborom profila nastoji se sakriti sljubnica.



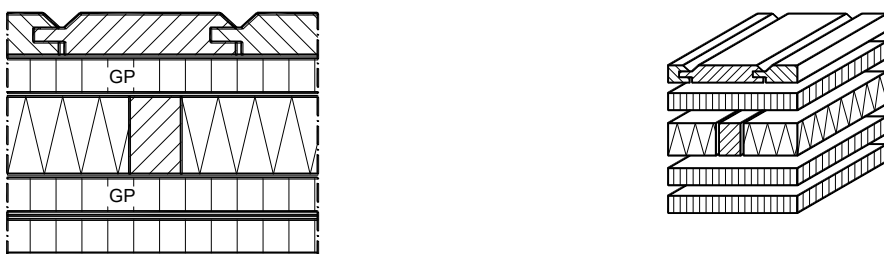
**Slika 5.3.-43** Odebljanje uz rub sastavljanjem profiliranih pločastih elemenata kosokutnim sljubom

Donožja, stropovi i stranice stilskih ormara, kreveta i poličara kao i sklopova drugog namještaja sadrže sklopove gdje su ukrasno profilirani elementi učvršćeni raznim veznim elementima, i to vijcima, kopčama, okovom i sl.



**Slika 5.3.-44** Jednostruko obložen okvir pregradne stijene s izolacijskim materijalom

Prekidanje tzv. zvučnih mostova postiže se razdvajanjem okvirnica za učvršćenje obložene konstrukcije, a između se stavlja mekana vlaknatica, mineralna vuna ili slična ispuna s vlaknatom strukturom.



**Slika 5.3.-45** Dvostruko obložen okvir pregradne stijene s izolacijskim materijalom

Jednostruko ili osnovno oblaganje pregradnih stijena provodi se tamo gdje će se naknadno po izboru oblagati raznim dekorativnim oblogama na obične ploče neoplemenjene iverice, gips ploče, plošno iverne OSB i dr.



**Slika 5.3.-46** Troslojna furnirska ploča na platnu s vanjskim plemenitim furnirom – posmične rebrenice

Lijepljene uslojene konstrukcije iz konstrukcijskih furnira ili furnirskih ploča služe za izradu debljih ploča posebnih namjena, npr. posmične rebrenice, radne stolove, razne oplate, te za izradu pomoćnih naprava i šablona u drvojoj industriji. Odlikuju se velikom čvrstoćom i postojanošću dimenzija. Izrađuju se pretežno iz križno lijepljenih konstrukcijskih furnira u jednoetažnim “blok” prešama. Tvornički se proizvode višeslojne tzv. “multiplex” u standardnim formatima i debljinama do 100 mm. Vodootporne ploče pogodne su za izradu opreme enterijera, npr. dječjih igrališta, sportskih naprava i dr.



**Slika 5.3.-47** Višeslojni furnirski otpresci s uljepljenim limenim umetkom za učvršćenje

Učvršćenje ploča tanjih dimenzija za postojeće ili drugi držač moguće je provesti uljepljivanjem limenih pločica s navojem u furnirski otpresak.

### Debljinsko sastavljanje zakrivljenih oblika

Sastavljanje zakrivljenih oblika uslojavanjem oplatica ili uslojeno savijeno spajanje jest način sastavljanja, najčešće spajanje obradaka po debljini uz istodobno savijanje radi dobivanja savijenih sklopova. Debljinski sastavljena konstrukcija iz furnira ili oplatica još se naziva lamelirano drvo.

Lamelirano drvo dobiva se tehnikom lameliranja ili međusobnog lijepljenja obradaka debljine 0,2 ... 8 mm koji su dobiveni rezanjem ili piljenjem. Najčešće se koriste furniri 0,7 ... 2,0 mm dobiveni tehnikom rezanja po obodu trupca - ljuštenjem.

Konstrukcije se izrađuju u kombinacijama raznovrsnih ili istovrsnih furnira s paralelnim smjerom vlaknaca. Furniri se mogu širinski i dužinski sastavljati radi korištenja otpacima iz proizvodnje furnira.

Lijepljene konstrukcije mogu biti iz furnira blistača i bočnica što utječe na veličinu utezanja i promjenu lijepljenih oblika.

Lamelirano drvo ima sljedeća pozitivna svojstva:

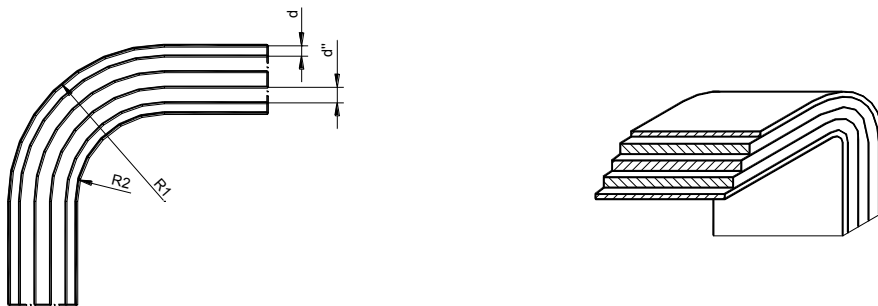
- Postiže se željeni oblik koji se ne da izraditi od cjelovitog drva.
- U odnosu na cjelovito masivno drvo ima povoljnija mehanička svojstva: čvrstoću na vlak i tlak u smjeru vlaknaca, čvrstoću na savijanje i elastičnost.
- Eliminiranjem grešaka građe postiže se jednoličnost svojstava konstrukcije na ravnim i zakrivljenim zonama.
- Oplemenjuje se drvo niže kvalitete i postiže veća iskorištenost. Plemenite vrste služe samo za vanjske stranice.
- Prije savijanja nije potrebna posebna hidrotermička obrada jer se radi o lakosavitljivim tankim listovima.
- Postoje velike mogućnosti standardizacije oblika za višestruku namjenu u okviru asortimana sličnih proizvoda tj. varijacije u oblikovanju asortimana proizvoda.

Navode se i neka negativna svojstva:

- Za obradu i lijepljenje savijenih konstrukcija potrebna je specifična i skupa oprema, npr. uređaji za visokofrekventno lijepljenje i složene hidrauličke preše s kalupima tzv. matricama i patricama.
- Od ostalih materijala najveću stavku u troškovima uz drvo čini ljepilo.
- Lijepljene konstrukcije nisu stabilnog oblika, tj. mijenja se početno slijepljen oblik.
- Troškovi finalne obrade su znatno veći u odnosu na obradu dijelova iz cjelovitog drva.
- Konačni estetski utisak s uslojenim rubovima danas je potpuno prihvaćen kao tehnološki uvjetovan.

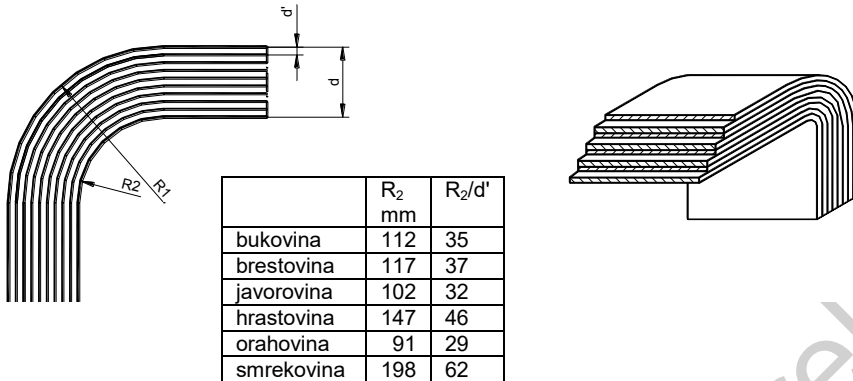
Promjena radijusa zakrivljenja u vezi je s brojem i debljinom slojeva – lamela. Promjene dimenzija manje su kod konstrukcija s većim brojem slojeva. Utjecaj građe lamela znatno utječe na vitoperenje slijepljene konstrukcije.

Kao podatak za konstruiranje važno je naglasiti da minimalni radijus zakrivljenja  $R_2$  ovisi o debljini obradaka  $d'$ , a zatim o vrsti drva i vlazi. U proizvodnji namještaja: stolice, naslonjači, stolovi, ležajevi i sl., uobičajena debljina konstrukcija iznosi 3 ... 30 mm. Uz sliku 5.3.-49 izneseni su neki podaci s odnosom minimalnog radijusa i debljine furnira.



**Slika 5.3-48** Uslojeno savijeno lijepljenje raznih vrsta i dimenzija oplatica – furnira

Lamelirane konstrukcije s usporednim smjerom vlaknaca mogu se izrađivati iz konstrukcijskih furnira jedne vrste i debljine npr. bukovine  $d''=1,5$  mm za srednje slojeve, dok se za vanjske slojeve rabi tanji plemeniti furnir prethodno brušen, npr. hrastovina  $d = 0,8$  mm.

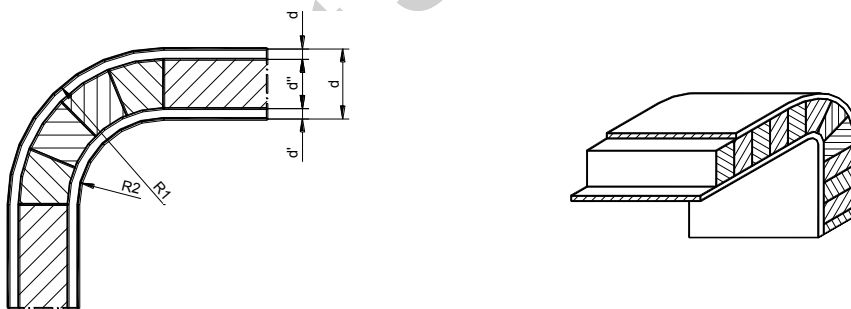


**Slika 5.3.-49** Uslojeno savijeno lijepljenje istovrsnih furnira

Konstrukcije s više slojeva furnira lijepljenih s usporednim smjerom vlaknaca daju znatno čvršće i elastičnije savijene konstrukcije.

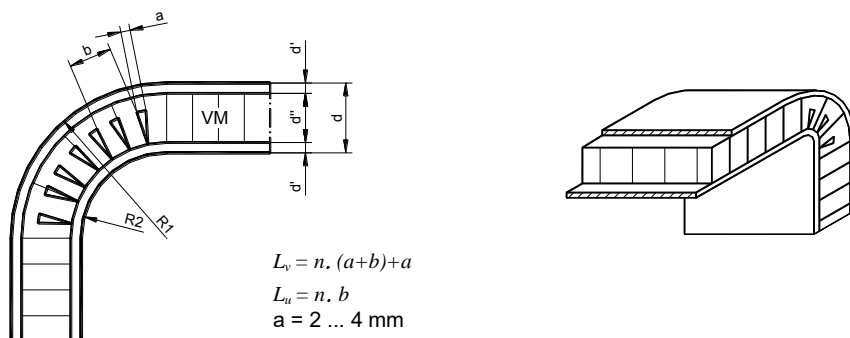
U ovoj konstrukciji su svi listovi iste debljine, ako se zanemari debljina odbruska vanjskih listova. Furniri su iste vrste. Važno je napomenuti da svaki konstrukcijski oblik i njegova namjena ima svoj optimalni izbor debljine, broja slojeva i vrstu materijala.

Lijepljenje konstrukcija nejednolikog presjeka provodi se kombinacijom dugih i kratkih listova furnira u naizmjeničnom i pomaknutom položaju.



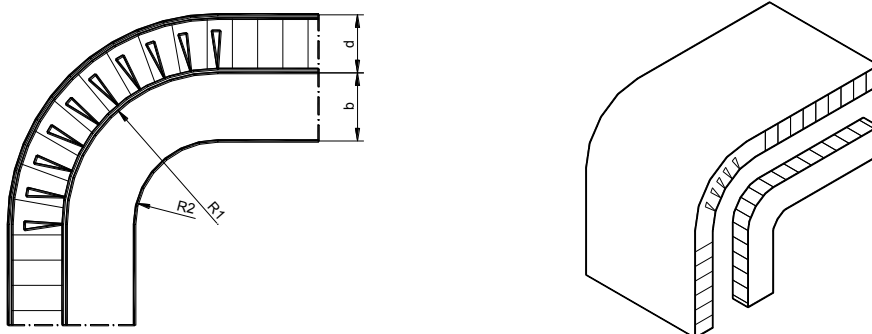
**Slika 5.3.-50** Uslojeno savijeno lijepljenje srednjice od letvica ili oplatice

Konstrukcija je sastavljena na načelu stolarske ploče i jedan je od starijih načina uslojenog savijenog lijepljenja. Da se omogući savijanje debele srednjice od masiva  $d''$ , potrebno je letvice srednjica zaobliti na željeni radijus  $R_1$  i  $R_2$ . Za razliku od lameliranih konstrukcija ovdje smjer vlaknaca furnira ide okomito u odnosu na vlakanca srednjice masiva. Za ove konstrukcije važi pravilo simetrije kao kod stolarskih ploča.



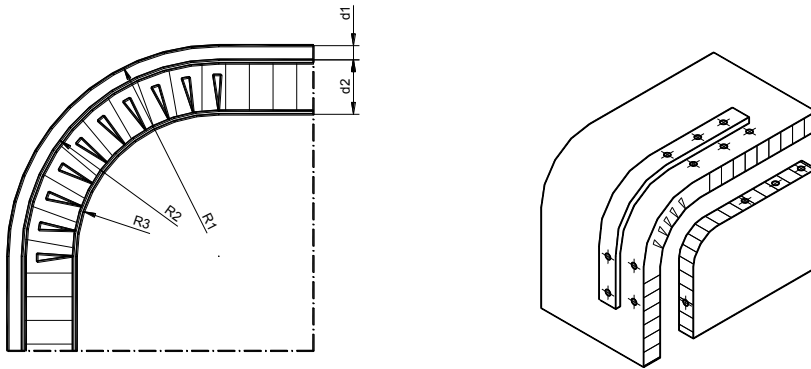
**Slika 5.3.-51** Uslojeno savijeno lijepljenje ploče s utorima i furnira

Na prethodno opisani način 5.3.-50 mogu se savijeno lijepiti i ploče. Jednostavniji način pripreme debele srednjice  $d$  jest taj, da se u zoni savijanja načini više paralelnih utora, širine  $a = 2 \dots 4$  mm, a dubine  $0,8d$ ". Broj utora ovisi o veličini luka zakrivljenja  $L$ . Unutarnji luk  $L_u$  dijeli se na  $n$  podjela širine  $b$ , odnosno vanjski luk  $L_v$  dijeli se na  $n \cdot (a+b) + a$ .



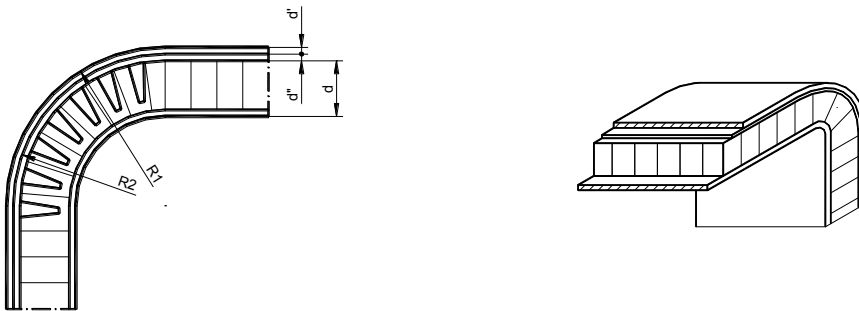
**Slika 5.3.-52** Savijena iverica ili vlaknatica na zakrivljenoj okvirnici

Oplemenjene višeslojne iverice savijaju se na načelu izrađenih utora na konkavnoj strani preko zakrivljene okvirnice od cjelovitog drva. Ploče se savijaju bez obzira na smjer vlakanaca vanjskog furnira, odnosno tekture PVC folije. Utori su širine  $2 \dots 3$  mm u razmaku  $8 \dots 12$  mm. Radijus zakrivljenja u vezi je s debljinom vanjskog furnira. Radijusi  $R \leq 200$  mm mogu se lagano savijati bez oštećenja na elastičnim oblogama. Na isti način mogu se obrađivati i stolarske ploče.



**Slika 5.3.-53** Savijena iverica ili vlaknatica na zaobljenoj ploči s ukrasnom letvom

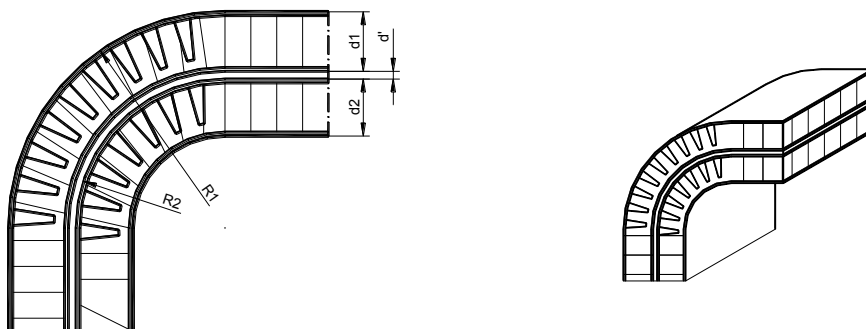
Oplemenjena višeslojna iverica s izrađenim utorima u zoni savijanja može se učvrstiti na zakrivljene rubove ploča vijcima izravno na savijenu ploču ili kroz savijenu ukrasnu letvu  $d_1 = 8 \dots 15$  mm debljine. Priprema ploče je ista kao kod 5.3.-52.



**Slika 5.3.-54** Savijena obložena iverica ili vlaknatica s nalijepljenim furnirom na konveksnoj strani

Stabiliziranje položaja savijene ploče s utorima moguća je nalijepljivanjem konstrukcijskog furnira s konveksne strane. Kod manjih radijusa  $R_2$  mogu se upotrijebiti plemeniti furniri debljine  $d' = 1 \dots 1,5$  mm, a kod većih konstrukcijskih furnira  $d' = 1,5 \dots 2$  mm debljine. Smjer vlaknaca furnira postavlja se okomito na uture koji su izrađeni s vanjske strane.



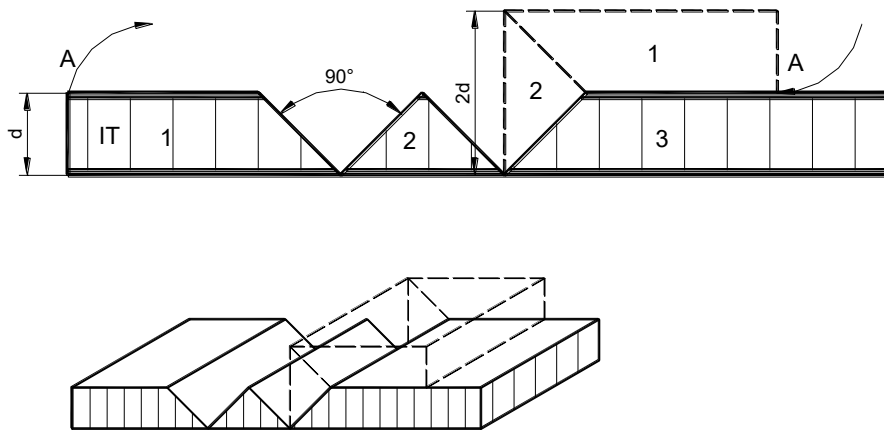


**Slika 5.3.-55** Savijeni oblik iz dvije iverice ili vlaknatice s međuslojem od furnira

Konstrukcija je slična kao 5.3.-54. Tanje ploče  $d = 10 \dots 16$  mm oplemenjene furnirom mogu se savijati na vanjski radijus  $R_1$ , tako da se na unutarnju ploču s radijusom  $R_2$  nalijepi konstrukcijski furnir debljine  $d' = 1 \dots 1,5$  mm, ovisno o veličini zakrivljenja, a istodobno se nalijepi i vanjska ploča. Utori su na unutarnjoj ploči s konveksne, a na vanjskoj s konkavne strane. Smjer vlaknaca srednjeg furnira okomit je na utore. Radi kombiniranja ukupne debljine konstrukcije debljine ploča  $d_1$  i  $d_2$  mogu se odabrati prema potrebi. Lijepljenje se obavlja u oblikovnim prešama. Kod radijusa zakrivljenja  $R_2 \leq 200$  mm suhe se ploče mogu kratkotrajno vlažiti ili pariti radi lakšeg savijanja. Tanke ploče 3-5 mm mogu se savijati i lijepiti bez izrade utora.

### Debljinsko sastavljanje preklapanjem

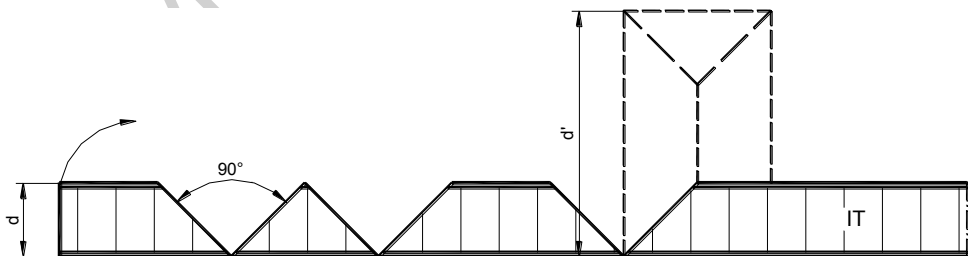
Tehnika preklapanja u kosi urez u praksi je poznata pod imenom "folding" (engl.) ili "falt" (njem.) sastav. Do sada opisani načini debljinskog sastavljanja gredica i greda, te odebljanja uz rub, relativno su složeni s gledišta procesa obrade. Racionalniji način izrade sličnih ali jednostavnijih konstrukcijskih oblika jest način preklapanja obrađenog cjelovitog obratka. Ploče za ovu konstrukciju trebaju biti površinski oplemenjene materijalom koji dopušta savijanje do određenog kuta ili radijusa. To znači da bridovi nisu posve oštri već zaobljeni na radijus debljine folije ili plemenitog furnira. Furnir se savija paralelno s vlakancima. Proces se sastoji u glodanju kosog ureza posebnom nadstolnom glodalicom ili piljenjem posebnim strojem s dva nagibna lista. U urez se nanosi ljepilo i konstrukcija se zatvara preklapanjem i eventualno stezanjem kod primjene sporoveznog ljepila. Uz poprečno i dužinsko preklapanje moguća je kombinacija, što se može objasniti na primjeru zvučne kutije. Uzdužnim preklapanjem izradi se odebljanje i profiliranje prednjih rubova, a poprečnim preklapanjem pod kutom  $45^\circ$  kutija se zatvori. Bridovi kutije mogu biti zaobljeni, ali tada se izrađuje složeni preklap, tj. u izrađeni se žlijeb prije faze preklapanja upušta zaobljena letvica. Kod toga se na furnir s vanjske strane stavlja ljepljiva folija koja sprječava pucanje furnira dok ljepilo ne otvrdne. Kod PVC folija ova zaštita nije potrebna.



**Slika 5.3.-56** Odebljanje uz rub oplemenjene ploče dvostranim preklapanjem uz kosi urez od  $45^\circ$

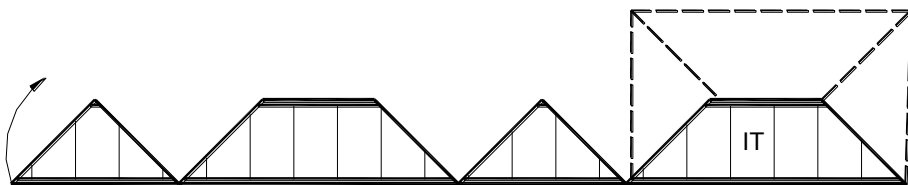
Na formatiziranim oplemenjenim pločama izrade se dva paralelna ureza s kutom od  $90^\circ$ . Preklapanjem  $2 \cdot 90^\circ = 180^\circ$  dobiva se rub debljine  $2d$ , oplemenjen kao i vanjska stranica. Rub može biti izveden poput raznostranične prizme, tj. može biti raznolinijski profiliran. Željeni oblik ruba ovisi o kutu, položaju i broju ureza.

Preklopne konstrukcije služe u proizvodnji namještaja, kod opremanja zgrada, u proizvodnji dovratnika, muzičkih kutija i dr.



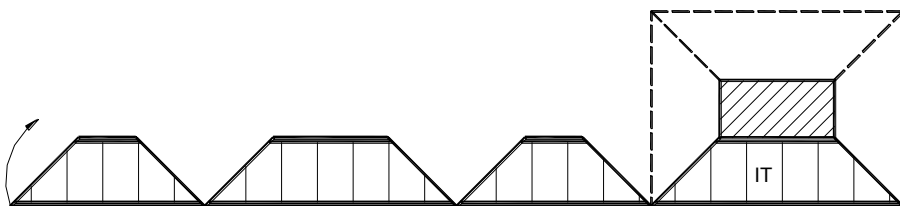
**Slika 5.3.-57** Višestruko odebljanje uz rub oplemenjene ploče trostrukim preklapanjem uz kosi urez od  $45^\circ$

Višestruko odebljanje sastoji se u višekratnom povećanju debljine u odnosu na debljinu ploče, tj. kada je  $d' > 2d$ . Ostali su podaci kao kod 5.3.-56.



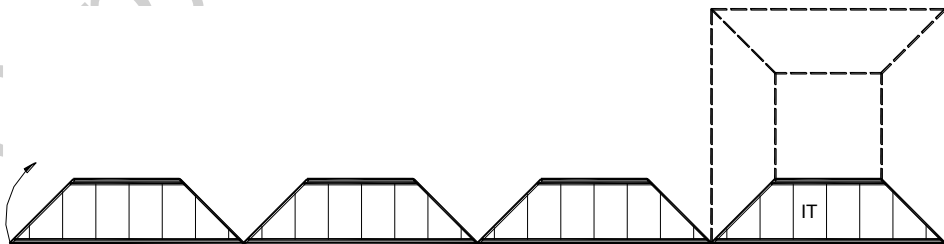
**Slika 5.3.-58** Četvrtača sastavljena od ploče četverostrukim preklapanjem uz kosi rez od  $45^\circ$

Na stroju se izrade tri ureza od  $90^\circ$  i kosi sljubovi od  $45^\circ$  na rubovima; preklapanjem, tj. zatvaranjem, dobivamo oplemenjenu četverostranu kompaktnu prizmu. Na taj se način iz ploče izrađuju letve i gređice četverostrano oplemenjene i pogodne za vertikalne nosače.



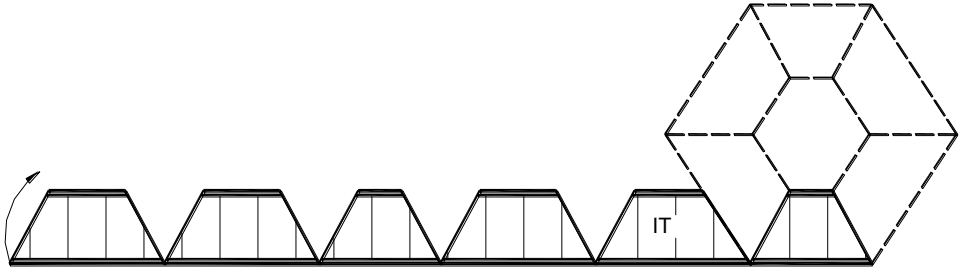
**Slika 5.3.-59** Četvrtača sastavljena od ploče četverostrukim preklapanjem uz kosi rez od  $45^\circ$  s upuštenom ispunom od drva ili plastičnom masom

Na sličan način kao kod toč. 5.3.-58 izrađuje se četverostrana šuplja prizma kod koje se u središnju šupljinu uljeppljuje cjelovito drvo zbog veće sposobnosti držanja vijaka i okova. Kod uporabe ovih sklopova za noge stolova sila izvlačenja vijaka znatno je veća nego u konstrukciji od čiste iverice.



**Slika 5.3.-60** Četvrtača sastavljena od ploče četverostrukim preklapanjem uz kosi rez od  $45^\circ$  bez ispune

Sastavljena šuplja gređa ima slične namjene kao konstrukcija od drva na slici 5.3.-61.

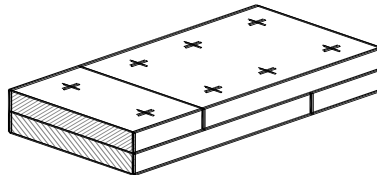


**Slika 5.3.-61** Šesterostrana prizma od ploče šesterostrukim preklapanjem uz kose ureze bez ispune

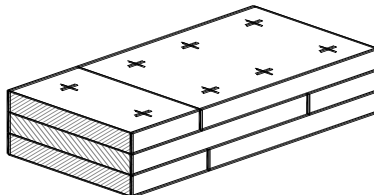
Primjenom kuta kosog ureza, tj. njegovim smanjenjem povećava se broj stranica prizme koja se želi dobiti. Spajanje se provodi nanošenjem brzoveznog ljepila i preklapanjem.

### 5.3.3. Dužinsko-debljinsko sastavljanje

Kombinacije debljinskih i dužinskih sastava koji se rabe istodobno u cjelovitom procesu sastavljanja nazivamo debljinsko-dužinskim sastavom. Navode se dva tipična primjera čavlanih konstrukcija. (Slika 5.3.-62 i 5.3.-63)



**Slika 5.3.-62** Dvoslojno-debljinsko u kombinaciji s dužinskim sastavljanjem na ravna sučelja (alternativno kosa) na načelu ravnog preklopa



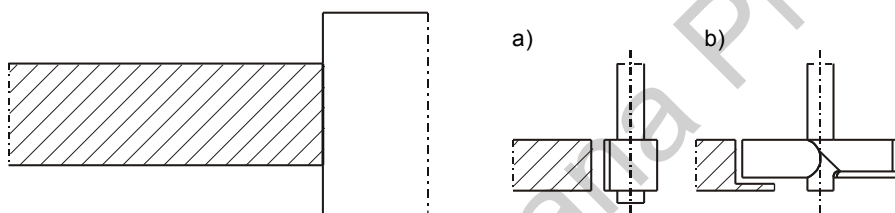
**Slika 5.3.-63** Troslojno-debljinsko u kombinaciji s dužinskim sastavljanjem na ravna sučelja na načelu ravnog ili plosnatog čepa i ureza

Okivani i čavlani vezovi nalaze širu primjenu kod izrade tzv. montažnih objekata, npr. krovne i stropne rešetke baraka, vanjske ograde i sl. Ovamo možemo ubrojiti i debljinsko-ugaono sastavljanje.

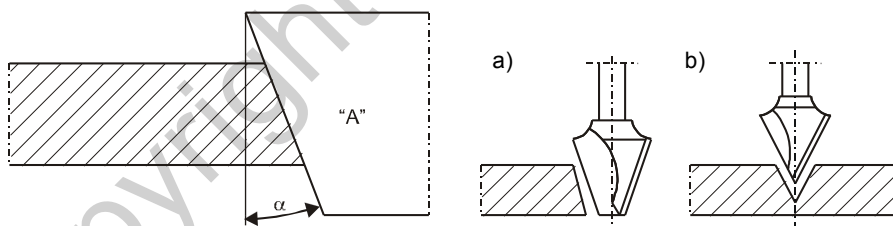
## 5.4. SASTAVLJANJE RUBNIM I UGLOVNIM DIJELOVIMA - OBLAGANJE RUBOVA I UGLOVA - R

### 5.4.1. Obrada i oblaganje rubova dijelova od cjelovitog drva - masiva

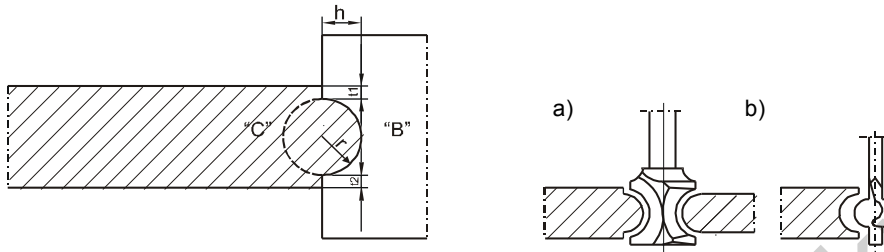
#### Osnovni oblici drvnih profila rubova i letvica



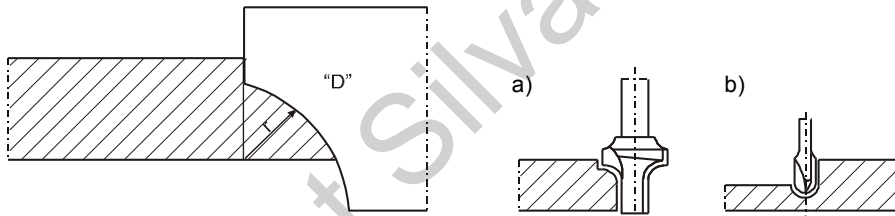
**Slika 5.4-1** Ravni ili okomiti profil a) za rubove b) za poluutore i utore



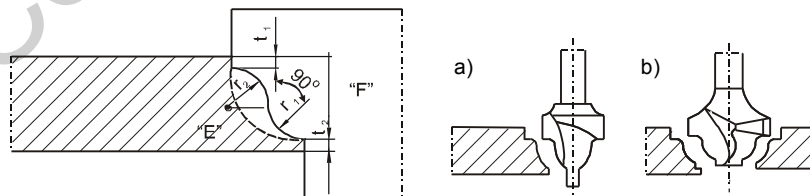
**Slika 5.4-2** Kosi profil (A - 20 DIN 68120;  $\alpha = 7^\circ, 10^\circ, 15^\circ, 20^\circ, 25^\circ, 30^\circ, 45^\circ$ )  
a) za rubove b) za utore



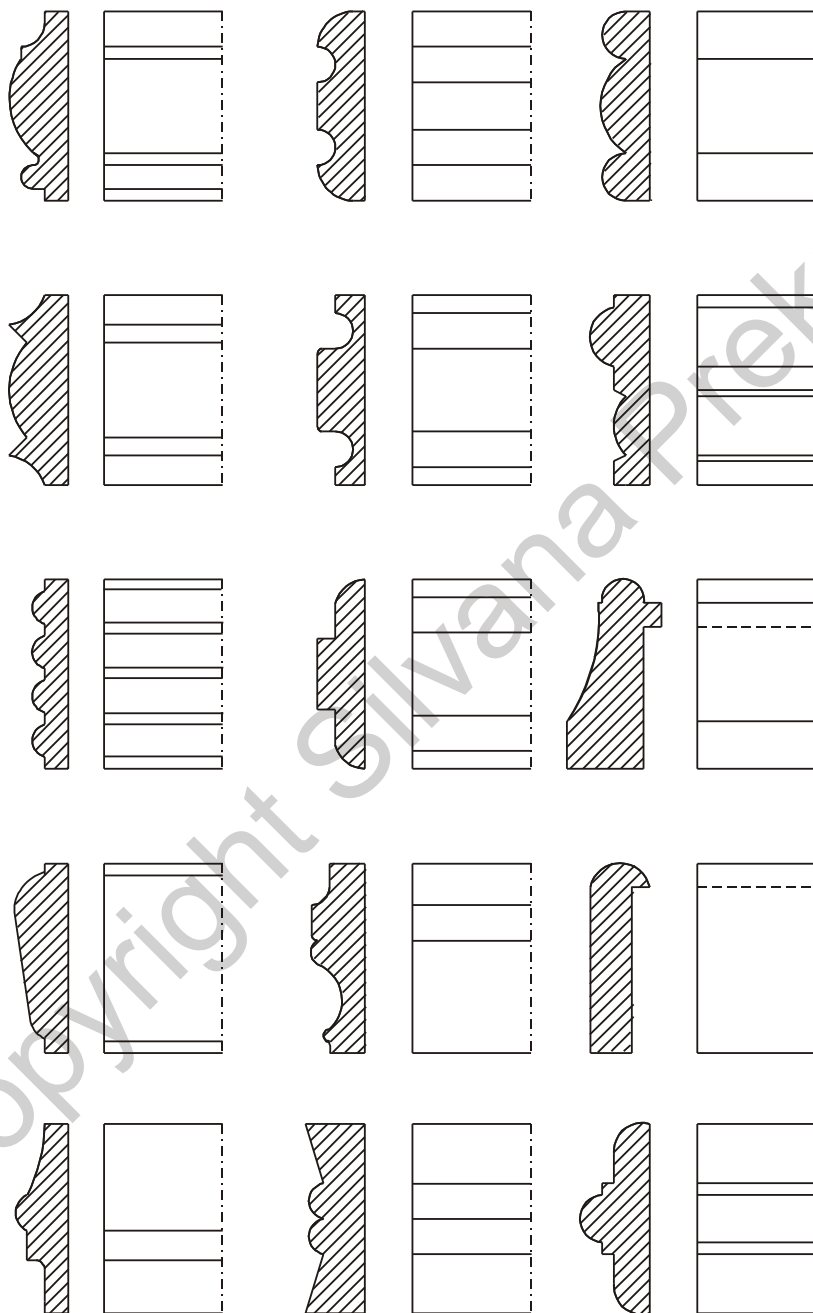
**Slika 5.4-3** Polukružni profil (B - 10 - 5 - 2 DIN 68120;  $r=4, 6, 8, 10, 12, 15, 18, 22$ )  
a) za profiliranje konvexnih oblika b) za profiliranje konkavnih oblika



**Slika 5.4-4** Četvrtkružni profil (D - 20 - 3 DIN 68120;  $r=4, 6, 8, 10, 12, 15, 18, 20, 25, 30, 40$ )  
a) za profiliranje konvexnih oblika b) za profiliranje konkavnih oblika - žljebova

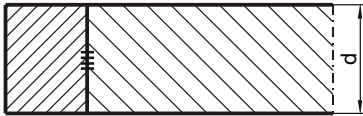


**Slika 5.4-5** Nasuprotni četvrtkružni profil (E - 15 - 2 DIN 68120)  
(F - A 20 68120;  $r=4, 6, 8, 10, 12, 15, 18, 20, 25, 30, 35, 40$ )

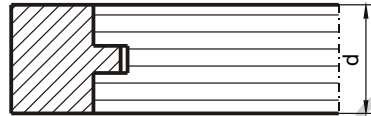


**Slika 5.4.-6** Blanjeni i glodani profili ukrasnih letvica za oblaganje

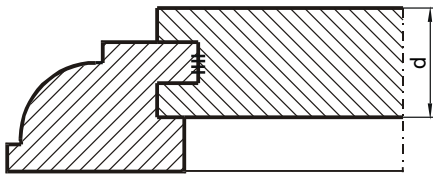
## Oblaganje rubova ploča od cjelovitog drva - masiva



**Slika 5.4-7** Rubna letvica s ravnim sljubom



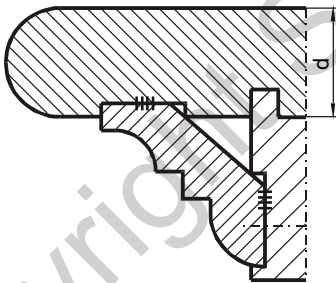
**Slika 5.4-8** Rubna letvica s perom i utorom na sučelje



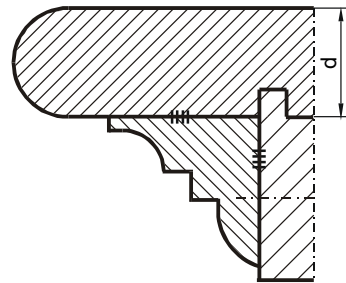
**Slika 5.4-9** Nasuprotni utor i pero



**Slika 5.4-10** Kosi utor i pero "lastin rep"



**Slika 5.4-11** Proširenje profila uz rub letvicom



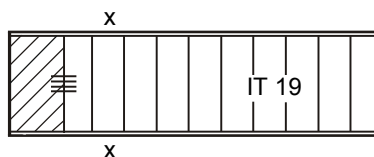
**Slika 5.4-12** Proširenje profila uz rub trostranim elementom

Svrha oblaganja rubova letvicama je racionalna primjena plemenitih vrsta drva i mogućnost industrijske obrade s normiranim alatima. Najveća ušteda na skupocjenom drvnom materijalu se provodi primjenom elemenata manjih presjeka i supstitucijom materijala niže vrijednosti za konstrukcijske, pokrivene dijelove.

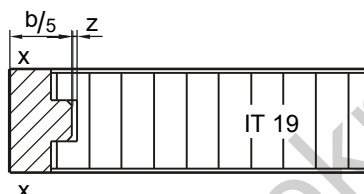


## 5.4.2. Oblaganje rubova ploča od usitnjenog drva

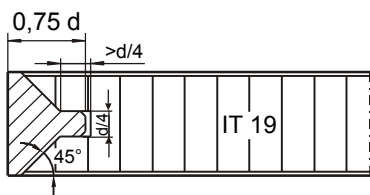
### Oblaganje rubnim letvicama, trakama i profilima



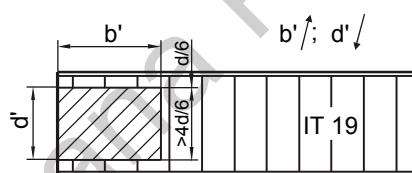
**Slika 5.4-13** Rubna letvica paralelno s vanjskim furnirom



**Slika 5.4-14** Rubna letvica s perom u utoru ploče



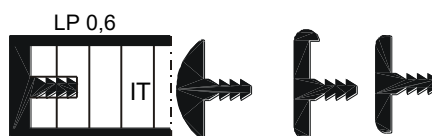
**Slika 5.4-15** Rubna letvica sa skošenim sljubnicama i perom



**Slika 5.4-16** Upuštena rubna letvica za učvršćenje okova

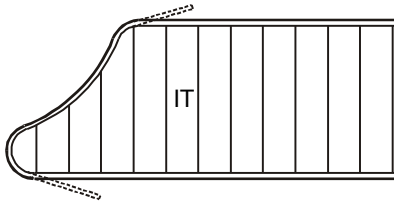


**Slika 5.4-17** Rubna traka s perom ili bez iz PVC mase ili aluminija

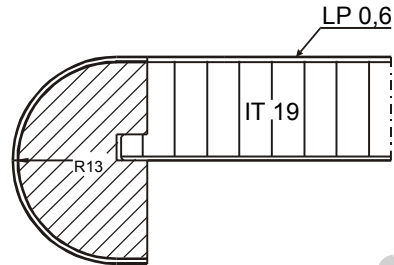


**Slika 5.4-18** Rubna letvica povezana nasuprotnim utorom i perom

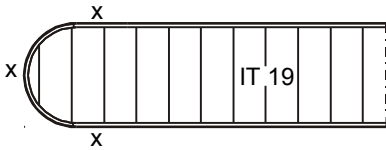
Osnovna svrha oblaganja rubova ploča od usitnjenog drva je zaštita od raslojavanja kao i mogućnost naknadne obrade prema željenim profilima. Tankim pločama povećava se i čvrstoća na savijanje, što je kod polica za namještaj posebno značajno.



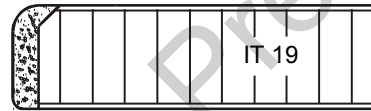
**Slika 5.4-19** Strojno furniranje profiliranog ruba furnirane ploče - *softforming*



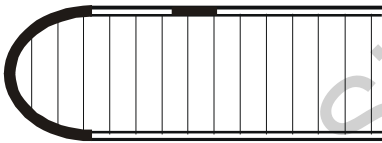
**Slika 5.4-20** Iverica s rubnom letvicom obložena laminatom - *postforming*



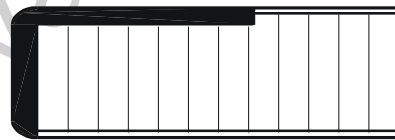
**Slika 5.4-21** Rubni furnir usporedan s vanjskim furnirom - *preforming*



**Slika 5.4-22** Rub oblikovan PUR masom



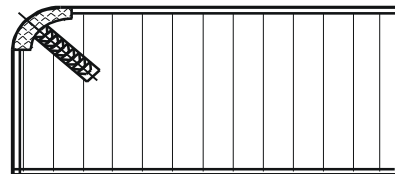
**Slika 5.4-23** Oblaganje folijama bočno i plošno



**Slika 5.4-24** Oblaganje profilima bočno i plošno

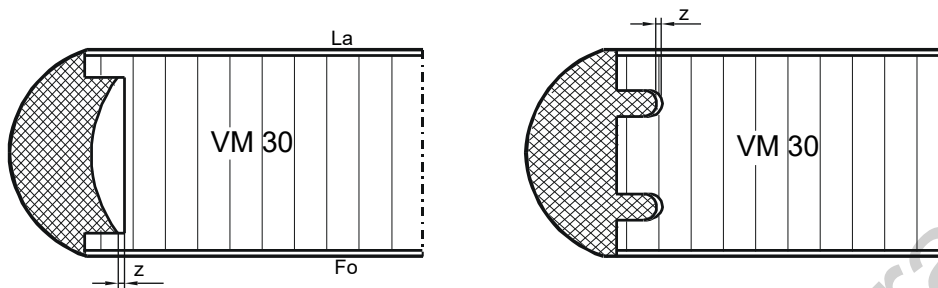


**Slika 5.4-25** Oblaganje dijela ruba "postforming" ploče plastičnim profilom

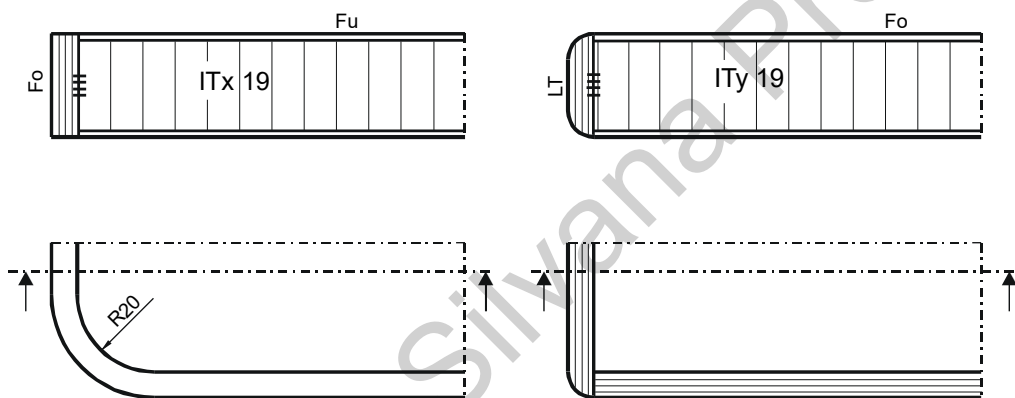


**Slika 5.4-26** Zaobljenje brida plastičnim profilom

Razlikujemo nekoliko suvremenih postupaka oblaganja zaobljenih rubova, to su: *softforming* za oblaganje folijama i furnirima, *postforming* i *fastforming* za savitljive laminatne, *preforming* za ranije obložene ploče, te razni savitljivi profili koji se lijepe na rubove, bridove i vidljive stranice.



**Slika 5.4-27** Oblaganje debelih oplemenjenih ploča širokim rubnim profilima od plastike

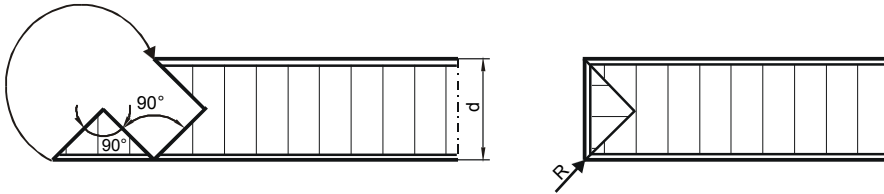


**Slika 5.4-28** Oblaganje rubova savijenim furnirskim otprescima

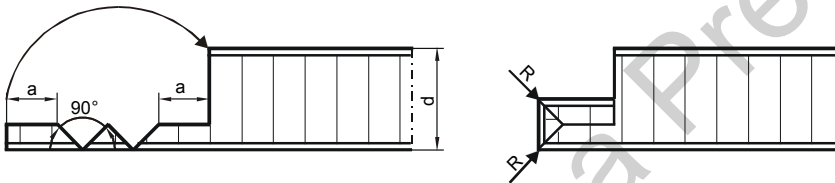
**Slika 5.4-29** Oblaganje rubova raznobojnim sintetskim trakama

Istodobno oblaganje stranica i profiliranih rubova te uglova termoplastičnim dekorativnim folijama omogućava postupak lijepljenja na tzv. "membran" preši ili tehnikama vakumiranja na "vacuum" prešama.

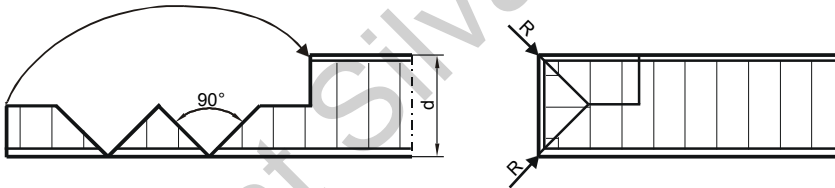
## Oblaganje rubova oplemenjenih ploča preklapanjem



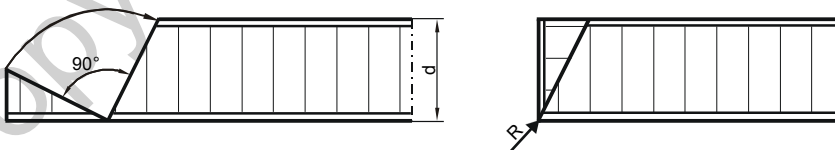
Slika 5.4-30 Trokutni rubni preklop u urez (njem. falt, engl. folding)



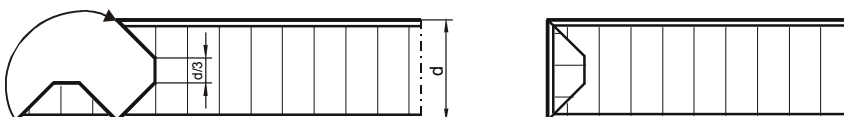
Slika 5.4-31 Trapezno - trokutni preklop sa suženjem ruba



Slika 5.4-32 Trapezno - trokutni preklop



Slika 5.4-33 Trapezni preklop na kosinu



Slika 5.4-34 Trapezni preklop u kosi utor

**Oblaganje stranica i rubova folijama i laminatima neobloženih i jednostrano obloženih ploča - fastforming**

*Slika 5.4-35 Oblaganje stranice i ruba preko jednog ili dva brida*



*Slika 5.4-36 Dvostrano oblaganje stranica s preklapanjem preko donjeg brida*



*Slika 5.4-37 Oblaganje stranice i rubova s poluutorom*

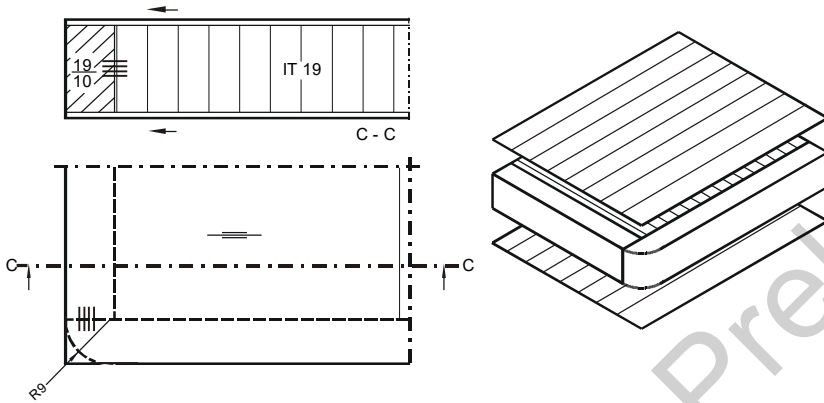


*Slika 5.4-38 Oblaganje stranice i rubova s utorom i perom*

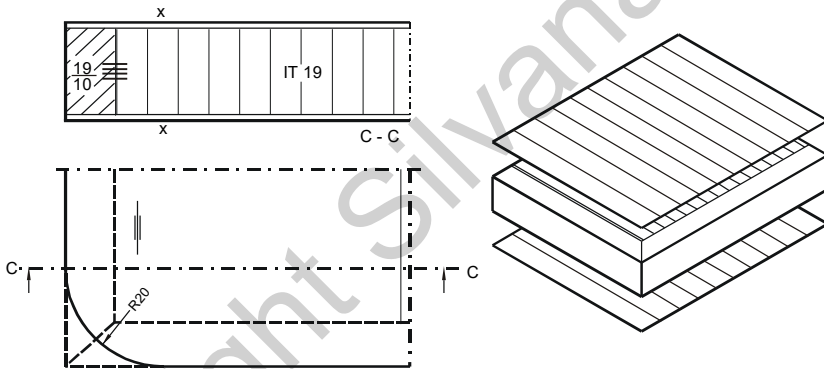


*Slika 5.4-39 Dvostrano oblaganje stranica s preklapanjem folije unutar poluutora*

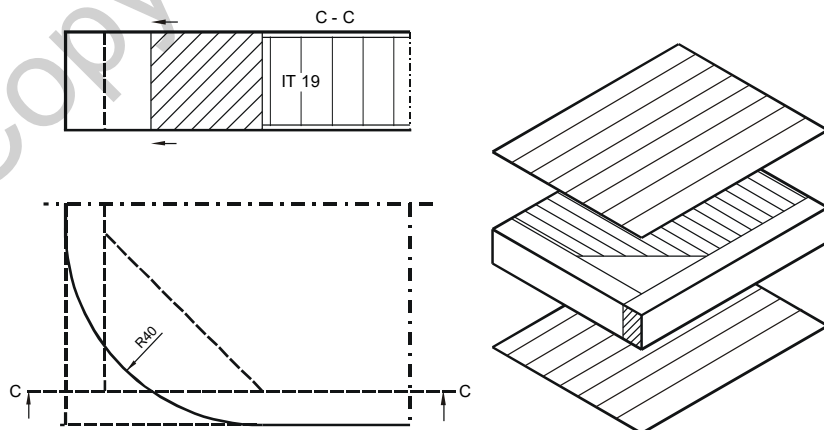
## Oblaganje i obrada rubova i uglova ploča



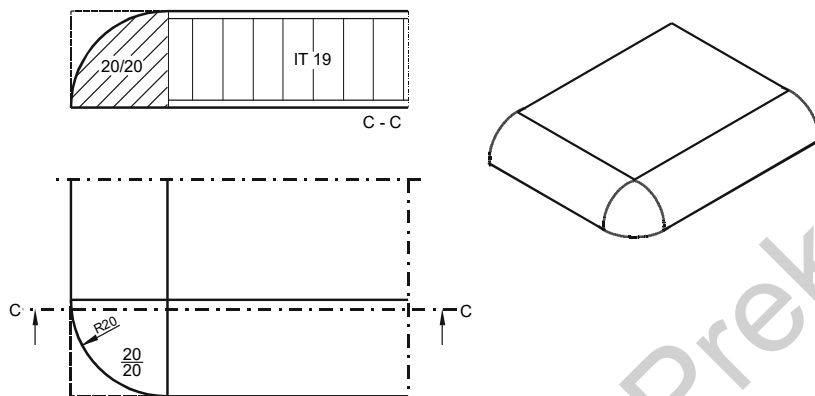
**Slika 5.4-40** Oblaganje rubnim letvicama na ravni sljub uz rub i sučelje



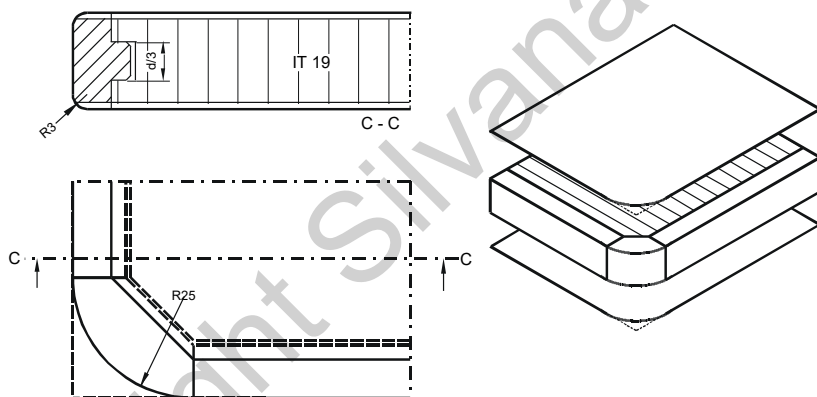
**Slika 5.4-41** Oblaganje rubnim letvicama na ravni sljub uz rub i kosorez na sučelju letvice s naknadnim zaobljavanjem ugla



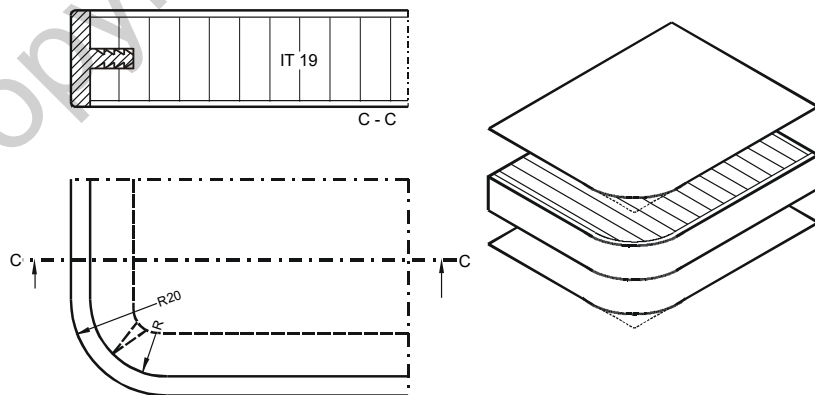
**Slika 5.4-42** Oblaganje rubnim letvicama na ravni sljub i sučelje letvice s trokutnim naljepkom na uglu te naknadnim zaobljavanjem



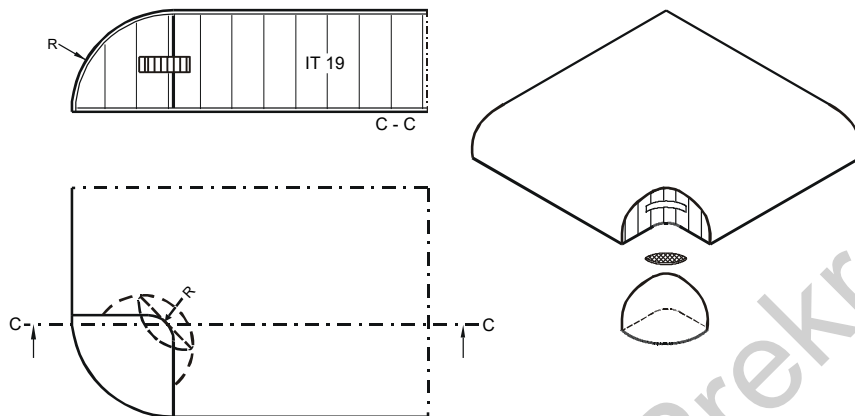
**Slika 5.4-43** Oblaganje rubnim letvicama na ravni sljub s četverokutnim naljepkom na uglu te naknadnim zaobljavanjem rubova i ugla



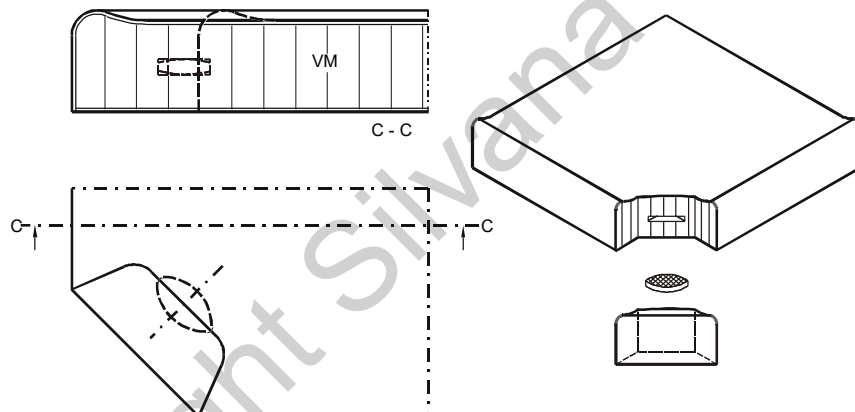
**Slika 5.4-44** Oblaganje rubnim letvicama s perom u utoru ruba i naljepkom na uglu te naknadnim zaobljavanjem



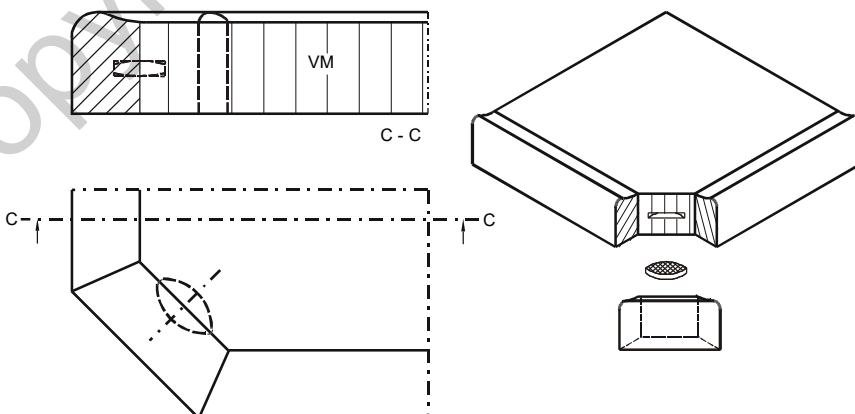
**Slika 5.4-45** Oblaganje ruba plastičnim savitljivim profilom na pero i utor



**Slika 5.4-46** Oblikovno izjednačavanje uglova zaobljenim naljepkom na "postforming" ploču uz lamelasti uljepak



**Slika 5.4-47** Oblikovno izjednačavanje uglova zaobljenim naljepkom na "postforming" ploču s povišenim rubnim zaobljenjem uz lamelasti uljepak



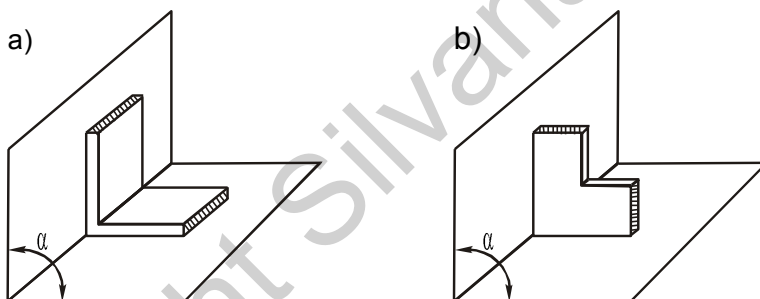
**Slika 5.4-48** Oblikovno izjednačavanje uglova istovrsnom rubnom letvicom i lamelastim uljepkom



## 5.5. KUTNO DVOKRAKO SASTAVLJANJE - L

Kutno ili ugaono sastavljanje u širem smislu obuhvaća sve konstrukcijske oblike ili sastave kod kojih su sastavni elementi međusobno sastavljeni pod određenim kutom. To mogu biti međusobno sastavljeni dijelovi, sklopovi i proizvodi ili kombinacije dijelova i sklopova, dijelova i proizvoda itd.

Najbrojniji su oni sastavi gdje su sastavni elementi spojeni ili pod pravim kutom ( $90^\circ$ ), te čine ugaone L, priključne T, križne X i kutne Y konstrukcijske sastave. To su ujedno oblici za sastavljanje korpusa iz pločastih elemenata i raznih okvira iz četvrtaca, tj. štapaste konstrukcije. Sastavljanje elemenata gdje su stranice u položaju ravnina međusobno pod određenim kutom ( $\alpha$ ) nazivamo kutno plošnim sastavljanjem (sl. 5.5.-1a) npr. sastavi korpusa, dok sastave elemenata kod kojih su rubovi obradaka u položaju ravnina koje stoje pod određenim kutom ( $\alpha$ ) nazivaju se kutno bočnim sastavljanjem (npr. razni okviri) (vidi sl. 5.5.-1b).



**Slika 5.5.-1** Kutno dvokrako sastavljanje a) plošno sastavljanje, b) bočno sastavljanje

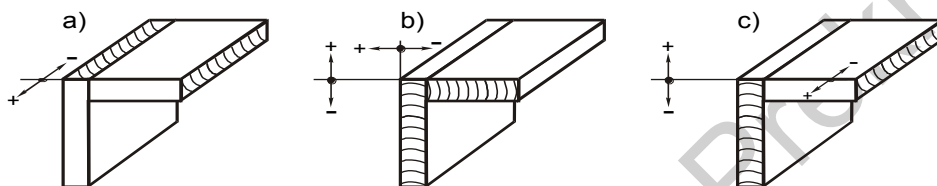
### 5.5.1. Kutno dvokrako sastavljanje cjelovitog drva – masiva

Skupina kutnih sastava cjelovitog drva je odvojena od kutnih sastava drvnih ploča, iako su neki sastavni oblici vrlo slični. Utjecaj na razlike u sastavnim oblicima i dimenzijama elemenata sastava imaju prije svega fizička i mehanička svojstva ovih materijala. Neka negativna svojstva ploča u odnosu na cjelovito drvo s gledišta kutnog sastavljanja jesu: veće upijanje vlage i bubrenje po debljini, osobito uz rubove, nejednolika gustoća, manja čvrstoća na vlak okomito na površine stranica (raslojavanje), manja čvrstoća na savijanje okomito i paralelno s dužinom obratka, manja čvrstoća na posmik paralelno i okomito na površine stranica obratka te obujamsku masu. Nadalje se ističu neka tehnološka svojstva: manja sposobnost obrade kod izrade sastava te manja sposobnost lijepljenja, držanja vijaka i čavala.

Ugaono sastavljanje cjelovitog drva čini dvije skupine konstrukcijskih oblika čiji se sastavi, tj. vezovi i spojevi znatno razlikuju. To je kutno plošno sastavljanje

bočnim i čelnim rubovima, kod čega je potrebno obratiti pažnju na veličinu utezanja i bubrenja, tj. potrebno je prema širini obratka ili elementa sastava odrediti apsolutne veličine promjene dimenzija koje se unose u konstrukcijska rješenja.

Oblik kutnog sastavljanja ovisit će i o međusobnom položaju obradaka s obzirom na smjer vlakanaca. Parovi sastavnih dijelova mogu se tako postaviti u tri različita položaja, kao što se vidi na sl. 5.5.-2.



**Slika 5.5.-2** Sastavni dijelovi od cjelovitog drva u tri različita međusobna položaja:  
a) čelni rubovi, b) bočni rubovi, c) čelni i bočni rub

Značajnije utezanje (tangencijalno ili radijalno) kod položaja prema slici 5.5.-2a javlja se samo u jednom smjeru, a razlike međusobnog utezanja obradaka u smjeru  $\pm$  male su. Obradci u položaju na slici 5.5.-2b mogu znatnije mijenjati svoje dimenzije u dva smjera, tj. okomito na rubove, a razlike međusobnog bubrenja – utezanja u smjeru  $\pm$  kod tankih obradaka nemaju većeg utjecaja na ugaono sastavljanje.

Položaj obradaka na slici 5.5.-2c. može imati velike razlike međusobnih utezanja. Ukoliko se ovdje zanemari longitudinalna promjena utezanja i bubrenja, veličina promjene dimenzija jednaka je veličini tangencijalnog i radijalnog utezanja tj. bubrenja desnog obratka. Što je širina obratka veća, to je moguća i veća apsolutna razlika dimenzija u odnosu na lijevi obradak. U ovakvim slučajevima odabrat će se vezovi, a rjeđe lijepljeni spojevi. Ukoliko se ovaj sastav lijepi, to se onda čini u jednoj manjoj zoni, i to uz prednje rubove ili na sredini da bi se omogućio nesmetan "rad" desnog obratka.

## Kutno dvokrako plošno sastavljanje - L p

Skupina kutno – plošnih sastava pretežno služi za sastavljanje korpusnih ili sandučastih sklopova, te se oni još nazivaju sastavi korpusa.

Vezovi i spojevi opisani u ovom poglavlju nisu isključivo namijenjeni za cjelovito drvo, već se mnogi od njih primjenjuju pri sastavljanju ploča.

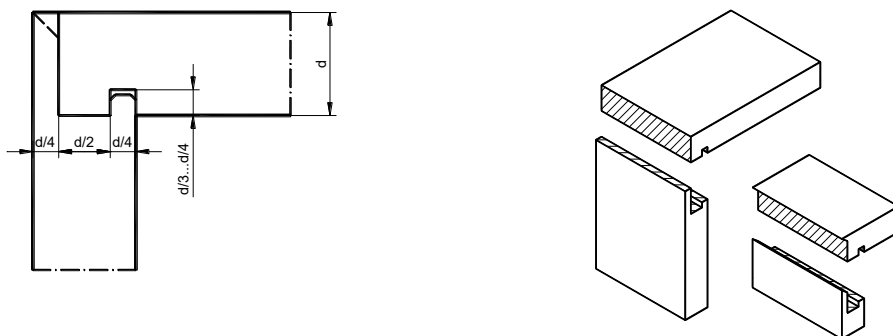


**Slika 5.5.-3** Kutno plošno sastavljanje pravokutnim sučeljem čelnih rubova utorom i perom

Sastav se može jednostavno izraditi na stolnim glodalicama ili čeparicama s dva različita alata. Kod sastavljanja čelnih rubova lijepljenjem čvrstoća spoja znatno je manja nego kod sastavljanja bočnih rubova. Debljina pera iznosi do  $d/4$  radi smanjenja mogućnosti zacijepljenja na potezu  $d'$  od dna utora do čelnog ruba. Kod sastavljanja vrsta drva male čvrstoće na cijepanje potrebno je izraditi labavi dosjed, dok se kod vrsta s velikom čvrstoćom na cijepanje može primijeniti čvrsti dosjed.

Sastavljanje bočnih rubova dopušta povećanje presjeka pera, i može iznositi  $d/2 \dots d/3$ .

Lijepljeni sastavi se primjenjuju u izradi namještaja za korpuse, ladice, donožja, nadalje u izradi dovratnika, sanduka, okvira kod oblaganja zidova i sklopova itd.

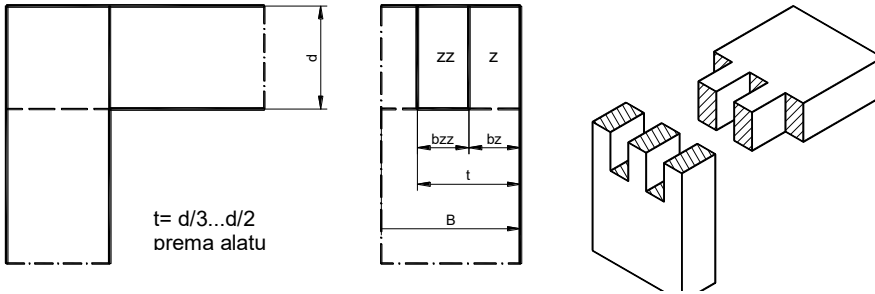


**Slika 5.5.-4** Kutno plošno sastavljanje pravokutnim sučeljem čelnih rubova nasuprotnim utorom i perom

Ovaj način sastavljanja ima slične značajke kao 5.5.-3. Njegova je prednost u mogućnosti pokrivanja čela obradaka kosim sučeljem.

Moguće je izvesti inačicu sastava da se potpuno izbjegne vidljivost čela, tako da se na čelnim rubovima izradi kosi sljub od  $45^\circ$  na debljini  $d/4$ .

Sastavljanje bočnih rubova primjenjuje se u izradi sastavljenih stupova i greda uz mogućnost zaobljenja bridova.



**Slika 5.5.-5** Kutno plošno sastavljanje pravokutnim sučeljem čelnih rubova ravnim otvorenim zupcima simetrične podjele

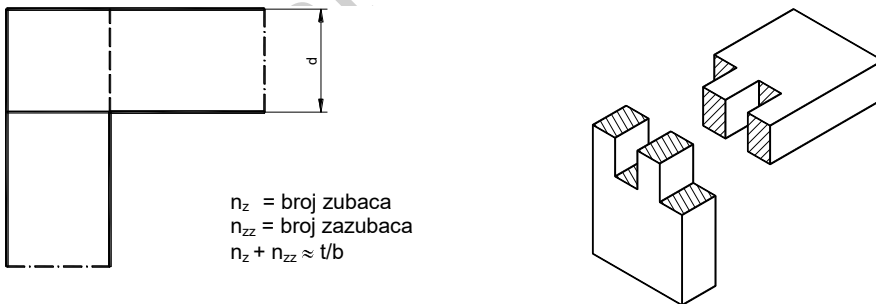
Ravni otvoreni zupci daju čvrste kutne sastave, a proces izrade vrlo je jednostavan. Jedan od nedostataka je taj da se nakon lijepljenja moraju dodatno obrađivati, tj. čistiti. Izrađuju se na strojevima za ravne zupce, čeparicama ili horizontalnim i vertikalnim glodalnicama. Podjela ili širina zubaca  $b$  ovisna je o zahtjevu dizajnera, tj. idejnom obliku odnosno standardnom alatu. Približno se određuje prema obrascu  $b = d/3 \dots d$ .

Što je  $b$  veći, broj sljubnica se smanjuje i čvrstoća sastava opada. Korak zubaca iznosi  $2t$ . Naziv zubac  $z$  odnosi se na elemente sastava koji počinju od ruba obratka. Elementi koji kod sastavljanja ulaze između zubaca nazivaju se zazupci  $zz$ . Broj zubaca jednak je  $n_z = n_{zz} + 1$ .

Zbroj zubaca i zazubaca odgovara podjeli:  $n_z + n_{zz} = B/b$ .

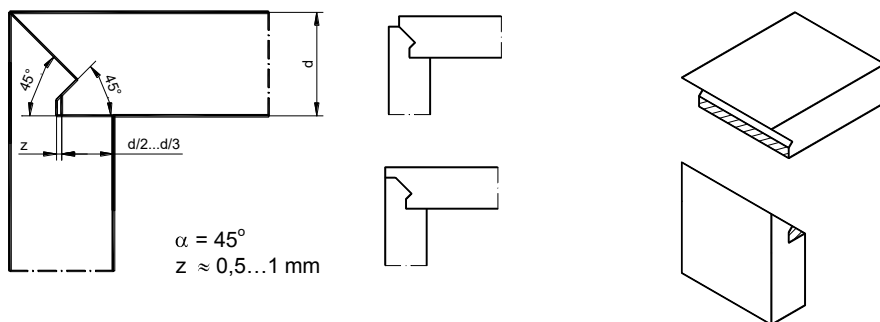
U pravilu je širina zubaca i zazubaca jednaka. To je tzv. korak zubaca  $t = b_z + b_{zz}$ , te se izrađuju istim slogom alata. U tom slučaju je  $b_z = b_{zz}$ .

Nalaze široku primjenu kod izrade ladica, okvira, donožja, sanduka i dovratnika.



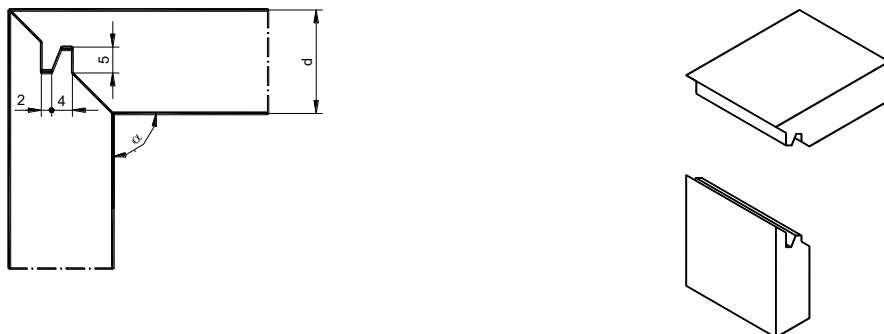
**Slika 5.5.-6** Kutno plošno sastavljanje pravokutnim sučeljem čelnih rubova ravnim otvorenim zupcima asimetrične podjele

Izrađuju se na sličan način kao i simetrični zupci. Broj zubaca jednak je broju zazubaca ( $n_z = n_{zz}$ ). Položaj prvih zubaca može biti od utjecaja na čvrstoću ugaonog sastava ukoliko su nasuprotne okvirnice na strani prvih zubaca bočno opterećene, a na susjednim okvirnicama su protuoslonci. Asimetrični zupci su jednostavniji za izradu zbog uporabe jednog sloga alata, odnosno bez pretpodešavanja alata. Primjenjuju se kod ladica, donožja, podova kreveta, sklopova proširenih dovratnika, doprozornika i sl.



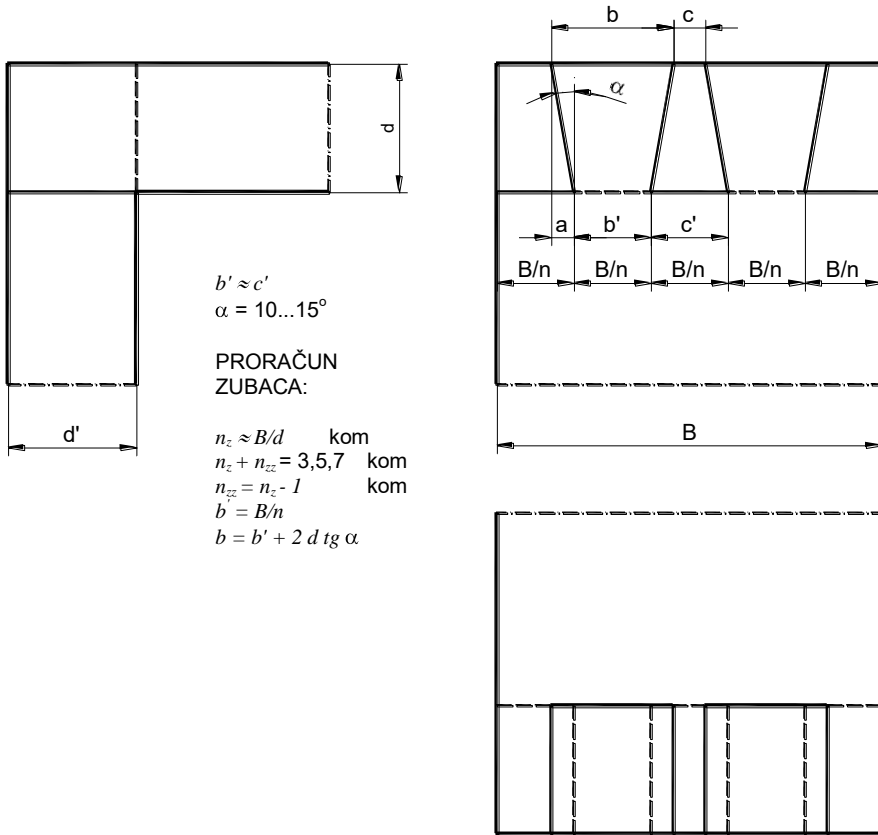
**5.5.-7** Kutno plošno sastavljanje kosim sučeljem čelnih rubova jednostrano skošenim perom i utorom

Profilirani čelni rubovi obradaka imaju veliki kut otklona vlaknaca, čime se može procijeniti znatno manja čvrstoća lijepjenog spoja u odnosu na sastavljanje bočnih rubova. Sastav se izrađuje glodalicama s dva različita alata. Razni korpusi i kutije mogu se sastavljati čelnim i bočnim rubovima. Sastav ima prednost pred kosim sljubom zbog lakšeg pozicioniranja, a moguće je primijeniti valovite sponke kao dodatno učvršćenje.



**Slika 5.5.-8** Kutno plošno sastavljanje kosim sučeljem čelnih rubova jednostrukim nasuprotnim zupcima sa zatupljenim vrhom – dvozubac

Sastav se izrađuje posebnim asimetričnim alatom na glodalicama ili profilerima. Pogodan je za tvrde vrste drva jer se kod nekih vrsta nasuprotna pera lome prilikom sastavljanja. Dimenzije utora i pera određuju raspon debljine obradaka. Alat odgovara za sastave gdje je  $\alpha = 45^\circ$ . Lijepljeni spoj nema čvrstoću kao umetnuto pero. Sastav se primjenjuje za elemente debljine  $d = 18 \dots 26$  mm.

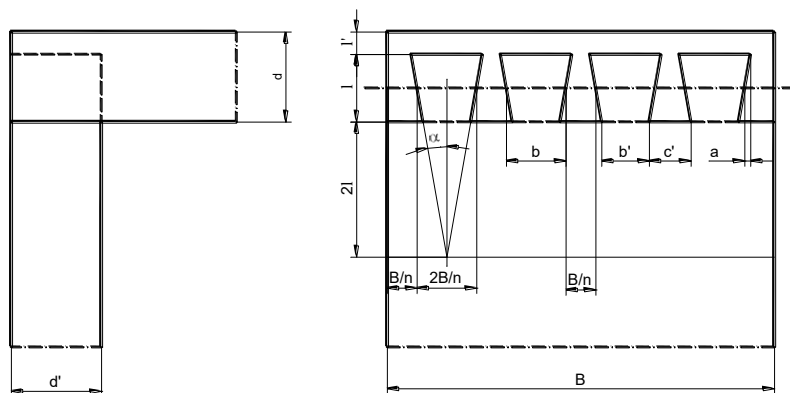


**Slika 5.5.-9** Kutno plošno sastavljanje pravokutnim sučeljem kosim otvorenim stolarskim zupcima

Stolarski zupci izrađuju se ručnim dlijetima te nemaju zaobljenja. U industriji se primjenjuju na mjestima gdje se traže određeni estetski efekti ili kod nestandardno velikih dimenzija. Kod konstruiranja ovih zubaca nastoji se približiti pravilu da površina presjeka zubaca i zazubaca u ravni pazuha bude jednaka  $A_z \approx A_{zz}$ . Razmak zazubaca u pazuhu  $c'$  manji je ili jednak širini zubaca uz pazuh  $b'$  ( $c' \leq b'$ ).

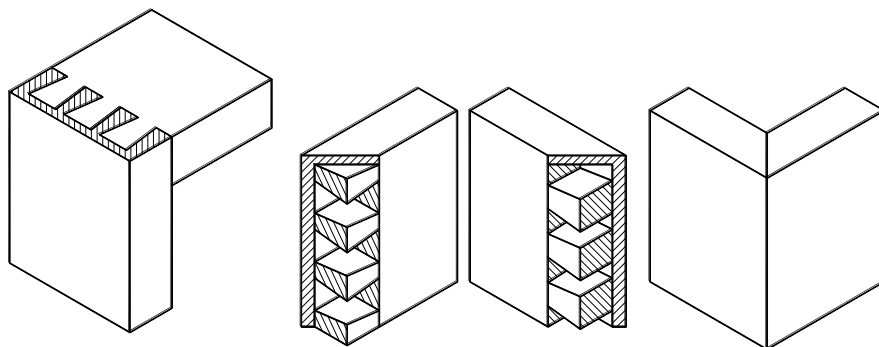
Postoji više načina konstruiranja od kojih će biti iznesen uobičajeni način (prema Nutschu) kada se podjela vrši na liniji pazuha, a širine zupca i zazupca su jednake  $b' = c'$ . Najprije se odredi približan broj zubaca prema obrascu  $n_z = B/d$ , a na osnovi dobivenog broja utvrdi se točan broj  $n = n_z + n_{zz}$ , tako da je  $n = 3, 5, 7$  itd. uz uvjet  $n_z = n_{zz} + 1$ .

Sada se odredi podjela  $b' = B/n$  koja se nanese na liniju pazuha, te se iz tih točaka povuku linije s nagibom  $\alpha = 10^\circ \dots 15^\circ$ .



a) Sastavljeni obradci s poluzatvorenim zupcima

b) Rastavljeni i sastavljeni obradci sa zatvorenim zupcima



**Slika 5.5.-10** Kutno plošno sastavljanje pravokutnim sučeljem čelnih rubova  
a) kosim polupokrivenim i b) pokrivenim stolarskim zupcima

Poluzatvoreni stolarski zupci vidljivi su samo s jedne strane jer visina zazubaca iznosi samo  $l = 2d/3 \dots 3d/d$ . Od nekoliko načina konstruiranja ukratko će biti opisan oblik zubaca gdje se srednja širina zupca  $bs$  odnosi prema srednjoj širini zazupca  $1 : 2$  tj.  $bs_z = B/n$ ;  $bs_{zz} = 2B/n$ .

Približan broj zubaca odredi se pomoću obrasca  $n_z = B/d$ . Kada se odabere paran ili neparan broj zubaca, odredi se ukupan broj zubaca i zazubaca  $n = n_z + 2n_{zz}$ . Osnovu za podjelu čini srednja širina  $bs_z$  na liniji koja prolazi

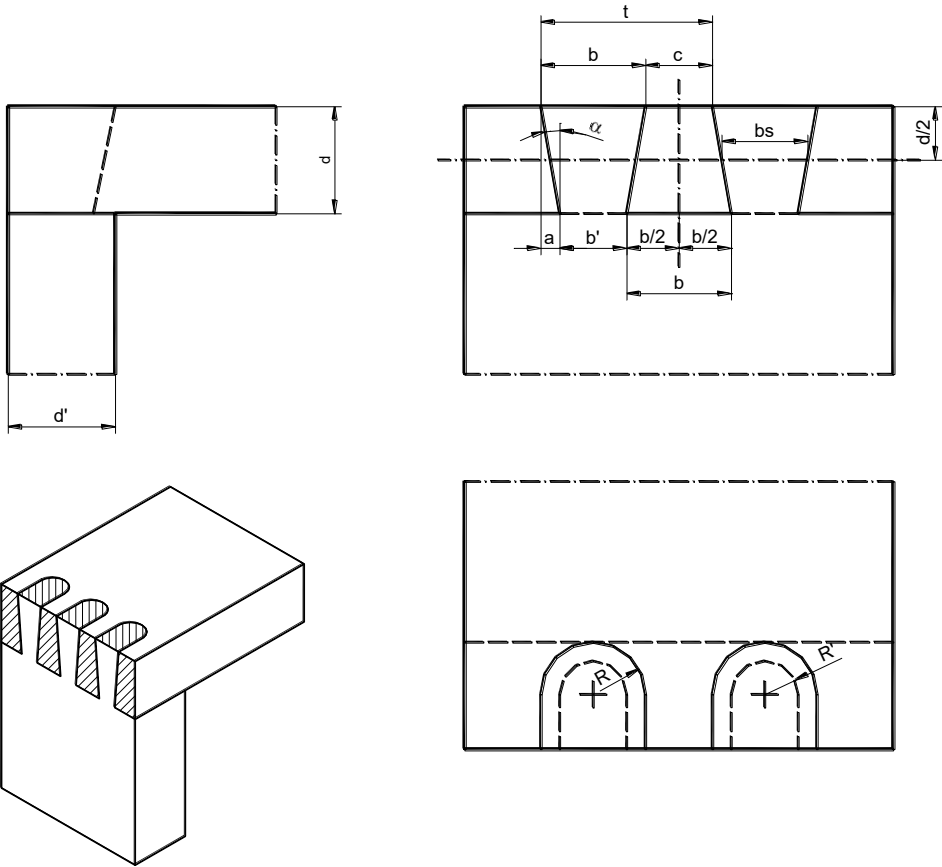
$$l' = d/3 \dots d/4$$

$$\alpha = 10^\circ - 15^\circ$$

sredinom visine zubaca. Praktično određivanje nagiba ide iz točke na simetrali zazupca udaljene od pazuha za dvije visine zazupca, tj.  $2l$ . Visina zubaca odgovara debljini obradaka sa zazupcima, dok visina zazubaca iznosi:

$$l = d - l' = d - (d/3 \dots d/4)$$

Zatvoreni zupci mogu biti strojni ili ručni. Konstruiraju se na jedan od opisanih načina. Na obradcima se prije izrade zubaca u debljini  $l'$  izradi kosi sljub od  $45^\circ$ . Sastavljanje bočnih rubova zupcima nije uobičajeno zbog poprečnog smjera vlakanaca prema visini zubaca.



$n_{zz} = B/l, 5 d \dots B/2d$  kom  
 $n_z = n_{zz} + 1$  kom  
 $b = b_s + a$  mm  
 $b_s = B/n$  mm

a	15	20	25	30	35
l	9	12	15	18	20
c	6	8	10	12	15
D	9	12	15	18	20
$\alpha$	$8^\circ \dots 10^\circ$				
tg $\alpha$		0,14	0,16	0,18	

$t = b + c$  (korak zubaca ili podjela)  
 $n_z$  = broj zubaca;  $n_{zz}$  = broj zazubaca;  $b$  = širina zupca - zazupca  
 $B$  = širina obratka (mm);  $d$  = debljina obratka sa zupcima  
 $d'$  = debljina obratka sa zupcima;  $R = b/2$ ;  $R' = b'/2$   
 $\alpha$  = kut skošenja zubaca;  $n = n_{zz} + n_z = 3,5,7 \dots$ ;  $a = d \operatorname{tg} \alpha$

**Slika 5.5.-11** Kutno plošno sastavljanje pravokutnim sučeljem čelnih rubova kosim otvorenim strojnim zupcima

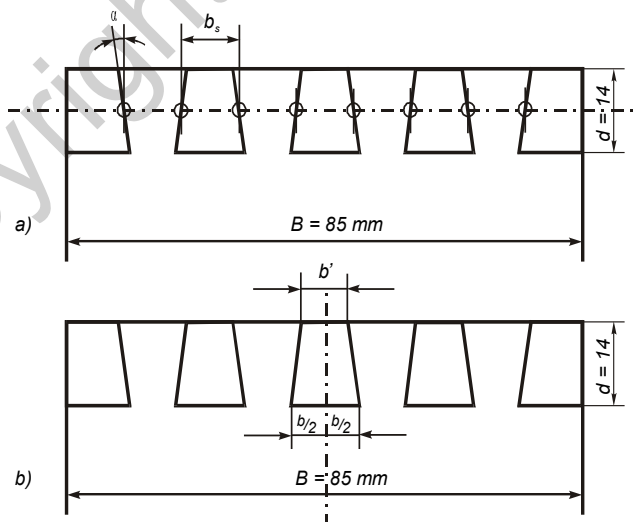


Osnovna razlika u odnosu na izvorne zupce ručne izrade sastoji se u tome što je pazuh kod strojnih zubaca zaobljen prema promjeru glodala  $D$ , tj. na isti način se obrađuje jedna strana zazubaca. Konstruiranje zubaca provodi se tako da se proračuna broj zazubaca  $n_{zz}$  prema slici 5.5.-9 ili prema posebnom zahtjevu dizajnera, a zatim broj zubaca  $n_z$ , širina zazubaca na čelnom rubu  $b$ , odnosno širina pazuha između zazubaca  $c$  koja je kod strojnih zubaca ista. Prema dobivenim podacima zupci se crtaju na jedan od dva uobičajena načina. Prvi način se sastoji u tome da se obradak podijeli simetrično po debljini, tj. da se na čelu obratka u smjeru širine povuče simetrala na koju se nanosi podjela zubaca  $b_s$ , a zatim se prema zadanom nagibu zubaca nacrtaju zupci i zazupci.

Kod drugog načina obradak se simetrično podijeli po širini, zatim na liniji pazuha zubaca (kod parnog broja zazubaca) nanese lijevo i desno  $b/z$  ili  $c/z$  ili  $b'$ , a potom se nanose linije nagiba zubaca, ponovo širina  $b$  i tako se nastavlja do rubova.

Primjer proračuna: Za profil obradaka  $B = 85$  mm,  $d = 14$  mm, potrebno je konstruirati strojne zupce. Odrednice za crtanje izračunat će se prema izmjerenim obrascima:

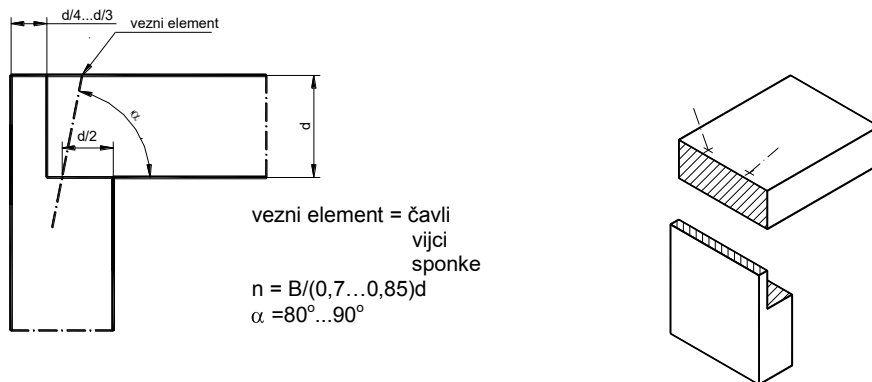
- broj zubaca i zazubaca:  $n = n_{zz} + n_z = 4 + 5 = 9$  kom.
- broj zazubaca:  $n_{zz} = B/1,7d = 85/1,7 \cdot 14 = 3,6 = 4$  kom.
- broj zubaca:  $n_z = n_{zz} + 1 = 4 + 1 = 5$  kom.
- podjela zubaca:  $b_s = B/n = 85/9 = 9,5$  mm
- širina zazubaca za  $\alpha = 9^\circ$ :  $b = b_s + d \cdot \operatorname{tg} \alpha =$   
 $9,5 + 14 \cdot 0,16 = 11,74$  mm  
 $b = b - b_a = 11,74 - 2 \cdot 2,24 = 7,26$  mm



**Slika 5.5.-12** Konstruiranje strojnih zubaca a) podjela srednjom širinom; b) nanošenjem širine zubaca

Prema izračunatim vrijednostima odabire se alat, i pristupa crtanju na dva opisana načina (vidi sl. 5.5.-12).

Podjela strojnih zubaca može se odrediti na sličan način pomoću obrasca:



**Slika 5.5.-13** Kutno plošno sastavljanje pravokutnim sučeljem čelnih rubova jednostranim poluutorom i veznim elementima

Svrha poluutora je da pozicionira obradak bez poluutora te da mu sakrije čelo. Čvrstoća čavlanog ili uvijenog sastava ovisi o nizu činilaca, a najviše o broju, vrsti i načinu postavljanja veznih elemenata, te o volumnoj težini, sadržaju vlage i smjeru vlakana. Ovdje se prije svega podrazumijevaju: čavli, vijci i sponke. Kod zabijanja čavala postoji pravilo da se dva susjedna čavla zabijaju pod suprotnim nagibom  $\alpha = 50 \dots 70^\circ$  u odnosu na smjer izvlačenja obratka. Čvrstoća sastava izražava se obrascem:

$$F_u = n \cdot F_i \cdot k_s \dots N$$

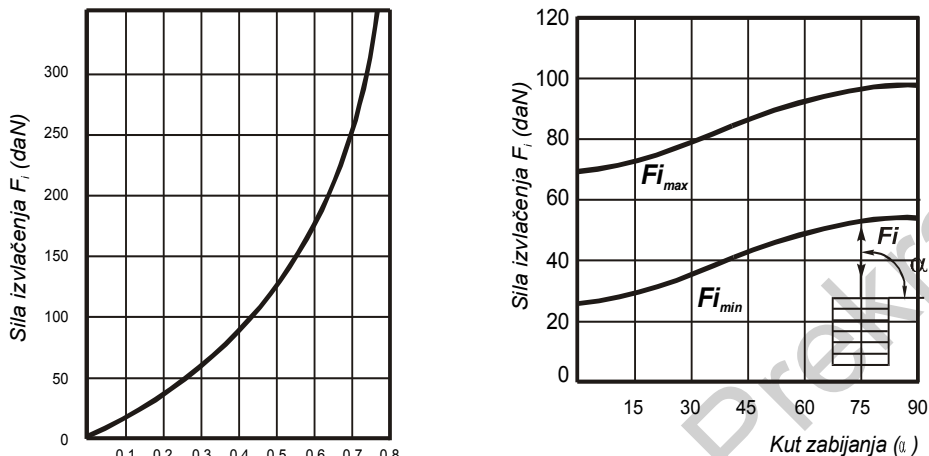
gdje je:  $n$  broj veznih elemenata,  $F_i$  sila izvlačenja jednog elementa,  $k_s$  koeficijent ovisan o smjeru zabijanja – uvijanja elemenata, npr. za čavle zabijene okomito na sastav  $k_s = 1$ .

Najpouzdanija je ona sila izvlačenja  $F_i$  koja je dobivena ispitivanjem, odnosno iz prospekta proizvođača sponki, vijaka i čavala. Približna vrijednost sile izvlačenja čavala može se dobiti sljedećim izrazom:

$$F_i = A \cdot p \cdot \mu \cdot k_o \dots N$$

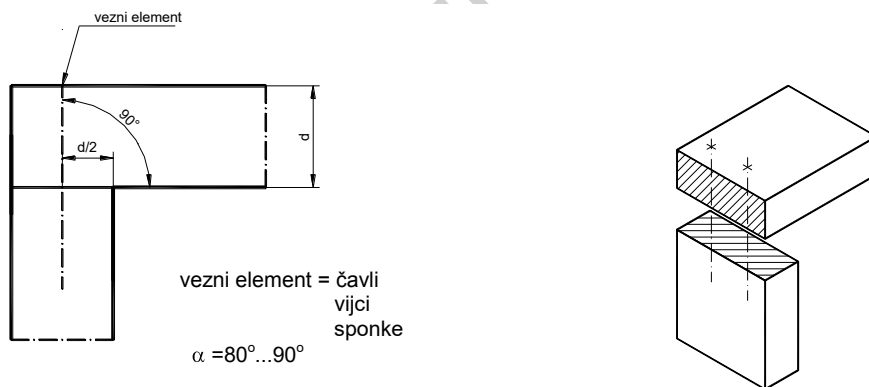
gdje je:  $A$  površina čavla u drvu  $\text{cm}^2$ ; specifični pritisak drva na čavao  $\text{N/cm}^2$ ;  $\mu$  koeficijent trenja mirovanja (npr. čelik – drvo suho  $\mu = 0,65$ );  $k_o$  koeficijent koji ovisi o obliku tijela i obradi (npr. glatki čavli kružnog presjeka imaju  $k_o = 1$ ).

Na slici 5.5.-14 prikazani su odnosi između sila izvlačenja i volumne težine, odnosno kuta zabijanja čavala.



**Slika 5.5.-14.** Odnosi između sila izvlačenja  $F_i$  i volumne težine drva i kuta zabijanja na obradak

U praksi se često rabi termin čvrstoća držanja čavla ili vijka i dopušteno opterećenje čavla ili vijka na izvlačenje, gdje je  $F_{idop} < F_i$ , ili dopušteno opterećenje na smik  $\tau_s = F/A \dots N/mm^2$  koje dolazi više do izražaja kod položenih sastava.



**Slika 5.5.-15** Kutno plošno sastavljanje pravokutnim sučeljem čelnih rubova upuštanjem veznih elemenata

Položeni kutni sastav s različitim položajem obradaka s obzirom na smjer vlaknaca najčešći je oblik povezivanja veznim elementima. Pravila učvršćivanja opisana su pod 5.5.-13.

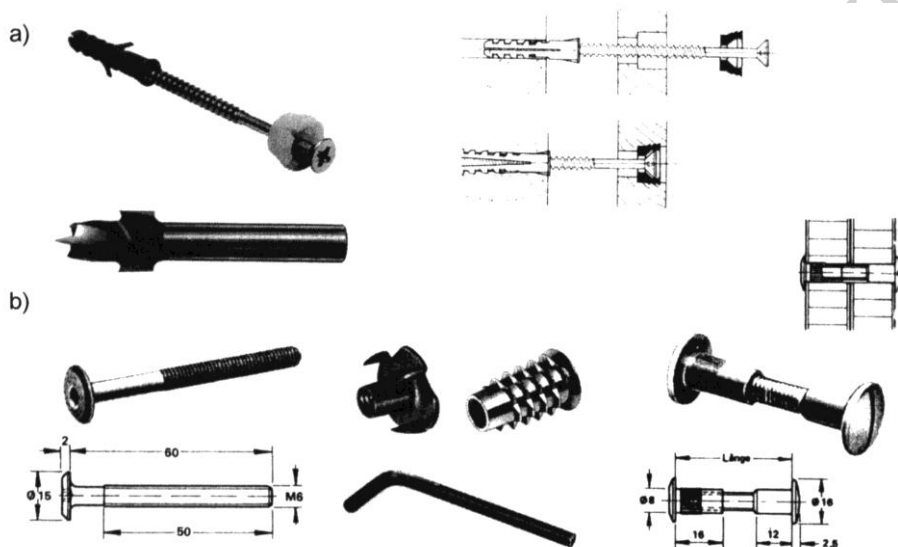
Sastav je jednostavan za izradu i primjenjuje se kod sastavljanja jednakih sklopova, i to najčešće sanduka, transportnih oboja, vrtnog namještaja, sportskih naprava i dr. U prethodnom poglavlju opisana su načela sastavljanja veznim elementima. Potrebno je naglasiti da se u pravilu vijcima postižu čvršći sastavi od čavala i sponki istih dimenzija.

Povećanjem promjera vijka povećava se i sila izvlačenja. Povećanje sile izvlačenja bez povećanja debljine vijka postiže se dvonavojnim maticama ili drugim ulošcima koji se upuštaju u drugi obradak.

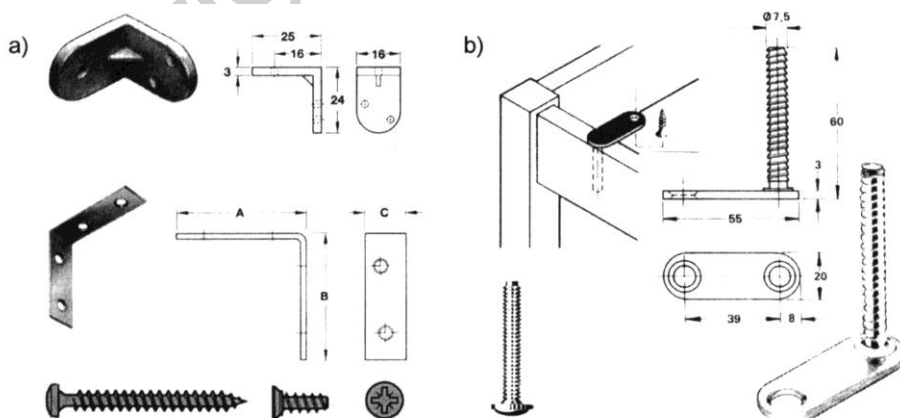
Na slici 4.3.-36 prikazano je nekoliko tipova vijaka za međusobno sastavljanje dijelova i sklopova.

Novije rješenje za sastavljanje vijaka jest jednodijelni vijak koji se upušta u rupu izbušenu dvostupanjskim svrdlom (sl. 4.3.-37).

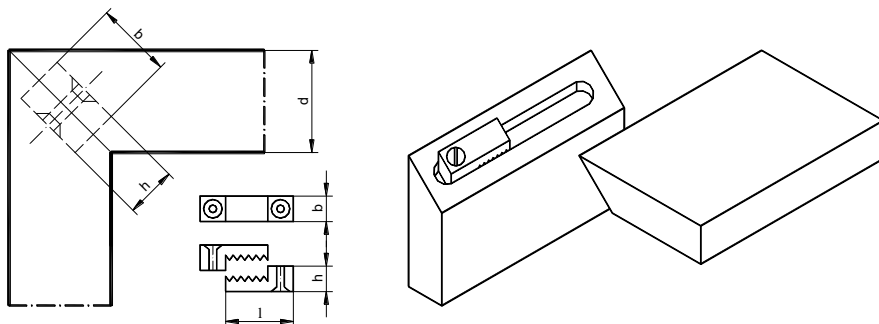
Na glavi je križni urez, a navoj je asimetričan, tzv. "sidreni". Čvrstoća izvlačenja može biti do 40 % veća nego u standardnog vijka za drvo istih dimenzija.



**Slika 5.5-16** Vezni elementi za međusobno povezivanje a) vijak za drvo u dvostubnoj rupi, b) vijci s navojnom maticom

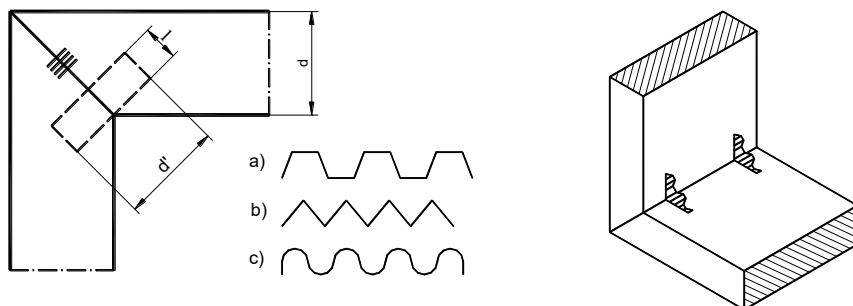


**Slika 5.5-17** Vezni elementi za međusobno povezivanje a) vezni plošni kutnici b) vezne limene pločice



**Slika 5.5.-18** Kutno plošno sastavljanje kosim sučeljem čelnih rubova nasuprotnim kopčama – trenjicama

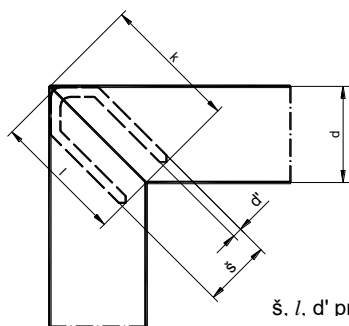
Nasuprotne kopče upuštaju se u izgledani utor na kosom sučelju, a kopče se učvrste vijcima nasuprotnim pritezanjem u smjeru bočnih rubova i dobiju se relativno čvrsti spojevi koji se mogu kasnije rastaviti. Broj kopči po sljubu ovisan je o širini (korpusa) koji se sastavlja.



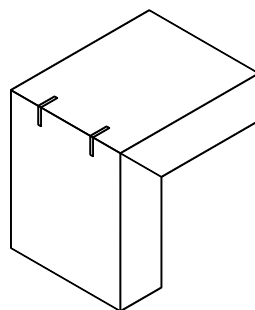
**Slika 5.5.-19** Kutno plošno sastavljanje kosim sučeljem čelnih rubova valovitim sponkama na unutarnje stranice

Sastavlja se lijepljenjem u steznom uređaju koji odgovara širini obradaka, i to tako da se s unutarnje strane omogući pristup pneumatskom čekiću za zabijanje valovitih sponki. Profil sponke može biti: a) trapeznog, b) trokutnog i c) polukružnog oblika.

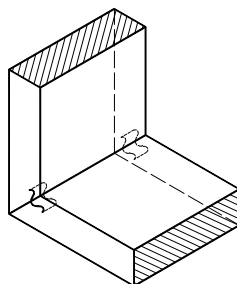
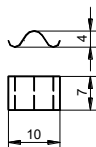
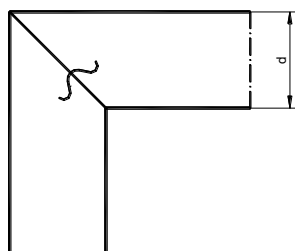
Unutarnji bridovi sljubnica manji su od kuta od  $45^\circ$  za  $2^\circ \dots 4^\circ$  radi mogućnosti boljeg sastavljanja sljubnica obradaka uz vanjski brid. Čvrstoća sastava ovisi pretežno o broju zabijenih sponki. Najčvršće sastave daju sponke trapeznog oblika. Dimenzije ovih sponki tvrtke BeA jesu sljedeće:  $d' = 20$  mm;  $l = 9, 12$  i  $15$  mm;  $d'' = 3 \dots 4$  mm. Primjenjuju se kod sastavljanja okvira, sanduka, lijesova i dr.



š. l. d' prema izboru alata

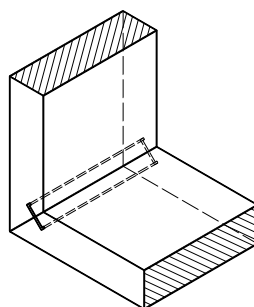
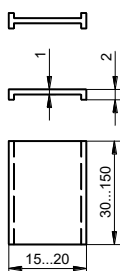
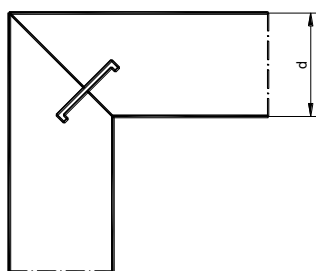


**Slika 5.5.-20** Kutno plošno sastavljanje kosim sučeljem čelnih rubova ugaonim sponkama na vanjske stranice



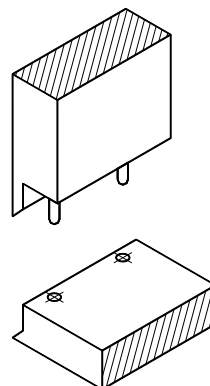
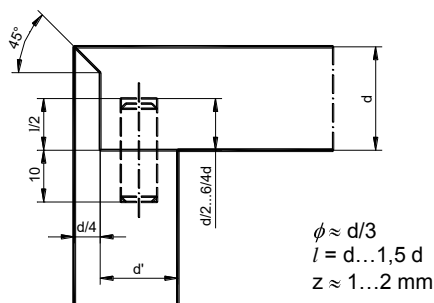
**Slika 5.5.-21** Kutno plošno sastavljanje kosim sučeljem čelnih rubova valovitim sponkama na bočne rubove

Učvršćenje kosog sučelja valovitim limenom sponkom okomito na rubni sljub dvostrano obavlja se pri čvrstom stezanju sastava bez ljeplila ili kombinirano s lijepljenjem.



**Slika 5.5.-22** Kutno plošno sastavljanje kosim sučeljem čelnih rubova plošno limenim trakama na bočne rubove

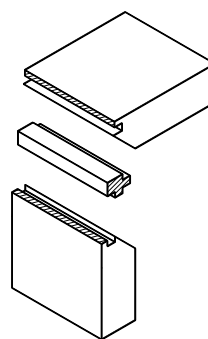
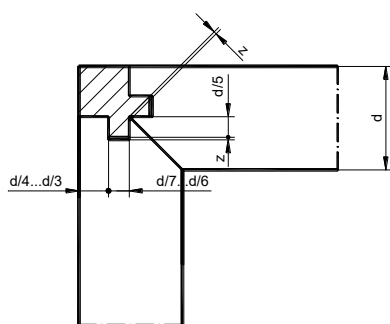
Znatno čvršći vez od 5.5.-21 postiže se limovima sa zavrnutim rubovima zabijanjem u uske uture. Široki elementi do 300 mm povezuju se s dva kratka obostrano utisnuta lima kombinirana ljepljom.



**Slika 5.5.-23** Kutno plošno sastavljanje kosim sučeljem čelnih rubova s jednostavnim poluutorom i ulijepljenim moždanikom

U procesu obrade rubova na profileru ili stolnoj glodalici izrađuje se poluutor sa skošenjem čelnog ruba na sastavnim elementima. Sastav je asimetričan, tj. potrebne su različite kombinacije alata. Rupe se buše na viševretenim bušilicama. Za automatsko uljepljivanje moždanika potreban je stroj za tu mogućnost. Upotrebljava se nekoliko kombinacija bez skošenog čelnog ruba. Moždanici su standardnih dimenzija (vidi sliku 5.5.-18). Promjer moždanika ovisi o dubini utora  $d' = 3d/d$  odnosno debljini obratka  $\phi = d/3$ . Duljina moždanika iznosi  $l = d \dots 1,5d - z$ .

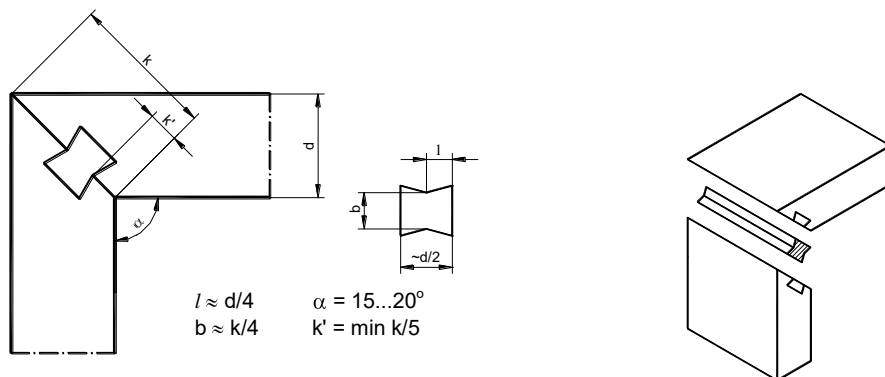
Sastav se često primjenjuje u sastavljanju korpusa ugrađenih ormara, u izradi raznih proizvoda za opremu objekata i dr.



**Slika 5.5.-24** Kutno plošno sastavljanje kosim sučeljem čelnih rubova ugaonom pernom letvicom i dva utora

Sastavljanje ugaonom pernom letvicom može se primijeniti kod sučeljavanja obradaka male širine, jer bi u protivnom utezanje ili bubrenje utjecalo na slabljenje lijepljenog spoja pri sastavljanju obradaka bočnim rubovima gdje su vlakanca usporedno s ugaonom letvicom dužine sljubnice. Dužina sljubnice ne utječe na smanjenje čvrstoće spoja jer se ne javljaju posmična naprezanja na sljubnicama kao kod sučelja. Perna se letvica može izraditi na maloj četverostranoj blanjalici u jednom prolazu. Sastav se primjenjuje kod izrade kutija, manjih korpusa, okvira i sl. Sastavljanje prethodno površinski obrađenih

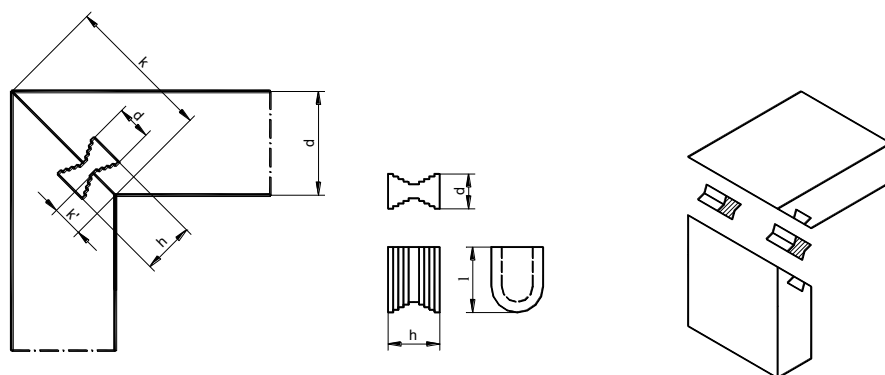
obradaka zahtijeva da se na letvici izradi poluutor koji će smanjiti isticanje sljubnice.



**Slika 5.5.-25** Kutno plošno sastavljanje kosim sučeljem čelnih rubova s upuštenom dvostrano skošenom letvicom "lastin rep"

Uobičajeni termin za ovaj sastav je "lastin rep". Približni parametri određuju se formulama:  $l = d/4$ ;  $b = k/4$ ; a kut  $15^\circ \dots 20^\circ$ ;  $k' = k/5 \dots k/4$ . Izvedbene dimenzije očitavaju se iz tablica alata (slika 5.2.-16 i 5.5.-11).

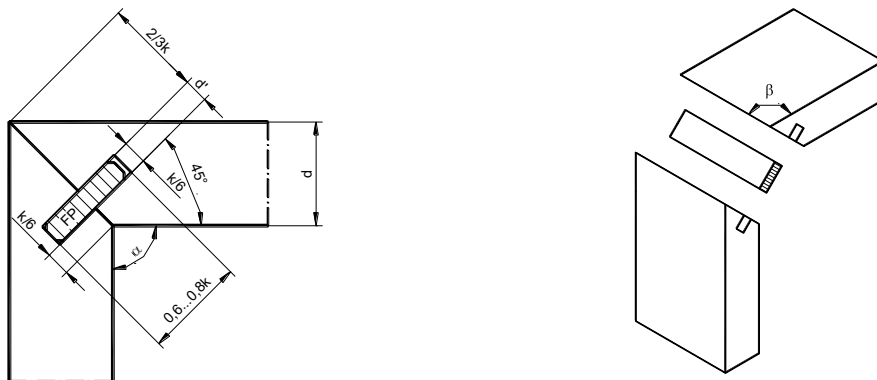
Kod jednostavno zatvorenih utora (obično na prednjim rubovima) rubna letvica se izrađuje nešto tanja, tj.  $d' = 2l - 2z$  radi što boljeg prianjanja kosog sljuba. Zazor  $z = 0,3 \dots 0,6$  ovisi o veličini sastava. Letvica se može lijepiti samo uz vanjski rub, i to u zoni  $10 \dots 30$  mm dužine utorne letvice. Sastav se primjenjuje kod raznih korpusa ormara gdje se nastoji izbjeći njegova vidljivost. Letvica može imati različite oblike presjeka.



**Slika 5.5.-26** Kutno plošno sastavljanje kosim sučeljem čelnih rubova s upuštenim dvostrano skošenim plastičnim umetkom



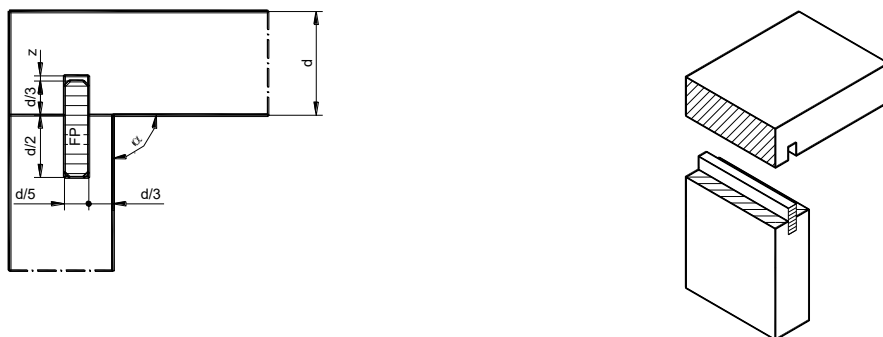
Dvostranim umecima koji su utisnuti u utore čvrstim dosjedom postižu se čvrsti spojevi ali uz vidljivi oblik različito obojenog plastičnog umetka.



**Slika 5.5.-27** Kutno plošno sastavljanje kosim sučeljem s ravnim utorom i slobodnim perom

Sastav se izvodi na kosoreznim pilama, jednostranim ili dvostranim profilerima i čeparicama. Širina pera ovisi o dužini kosog sljuba i kuta sastavljanja. Kad je  $\alpha \geq 90^\circ$ , pero je uže, dok se kod  $\alpha < 90^\circ$  pero proširuje, ali se istodobno površina sučelja smanjuje. Pero se izrađuje iz furnirskih ploča, tvrdih vlaknatica ili iz masivnog drva. Kod poprečnih letvica – pera, smjer vlaknaca ide u smjeru širine. Umjesto pera može se primijeniti "lamello" umetak eliptičnog oblika standardnih dimenzija. Debljina pera odabire se prema standardnim dimenzijama ploče, uobičajene su 3 ... 6 mm.

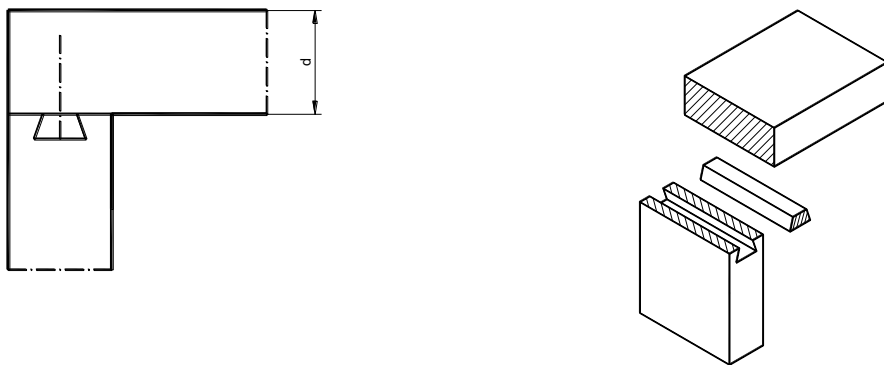
U inačicama čelnog i bočnog sastavljanja ovaj sastav ima široku primjenu u proizvodnji namještaja, opreme objekata, izradi sanduka itd. Pogodan je za sastavljanje stranica kada je kut  $\alpha = 90^\circ$ .



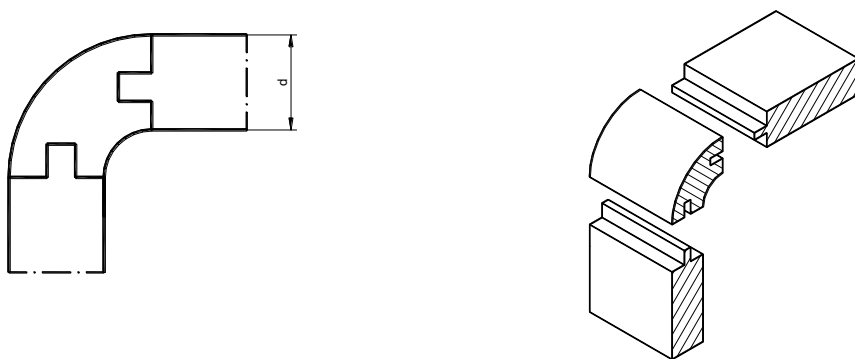
**Slika 5.5.-28** Kutno plošno sastavljanje pravokutnim sučeljem s utorom i slobodnim perom

Prednost pred ranije opisanim 5.5.-27 je u jednostavnijem načinu izrade, tj. samo u glodanju utora na precizno prikraćenim obradcima i izradi pera od

tankih ploča debljine 3 ... 6 mm. Kod vrlo širokih obradaka mogu se sastaviti dva pera. Sastav je pogodan kod sastavljanja kada je  $\alpha \neq 90^\circ$ . Primjenjuje se kod korpusa ugrađenih ormara, obloga zidova, donožja raznih okvira itd.



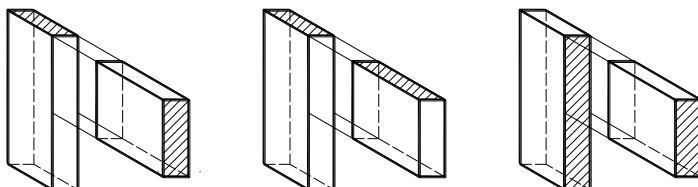
**Slika 5.5.-29** Kutno plošno sastavljanje pravokutnim sučeljem skošenom perom letvicom učvršćenom uz čelni rub stranice i kosim utorom "lastin rep"



**Slika 5.5.-30** Kutno plošno spajanje sa zaobljenim uglavnim umetkom na utor i pero

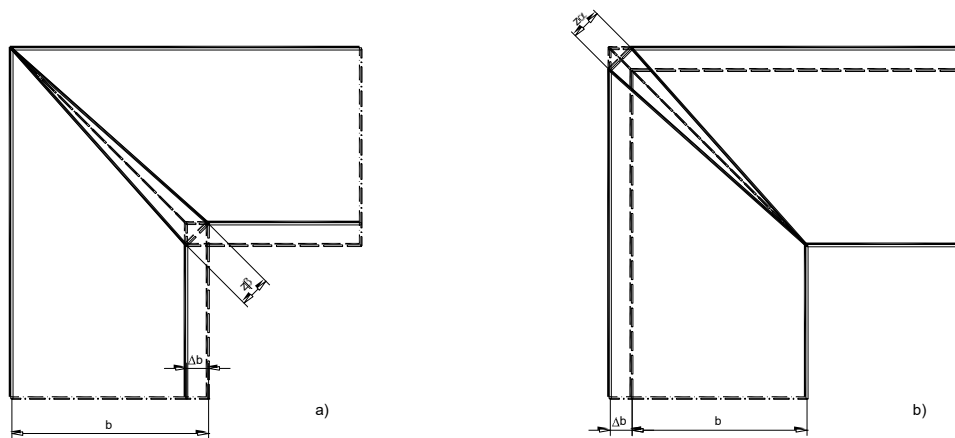
## Kutno dvokrako bočno sastavljanje - L b

Navedena skupina sastava naziva se još sastavima okvira jer im je primjena najmasovnija u izradi okvira ili prostornih okvirastih konstrukcija. Razlikuju se tri osnovna oblika s obzirom na položaj obradaka i smjer vlakana, vidi sliku 5.5.-31.



**Slika 5.5.-31** Položaj dijelova kod ugaono-bočnog sastavljanja; a) bočni i čelni rub, b) bočni rubovi, c) čelni rubovi.

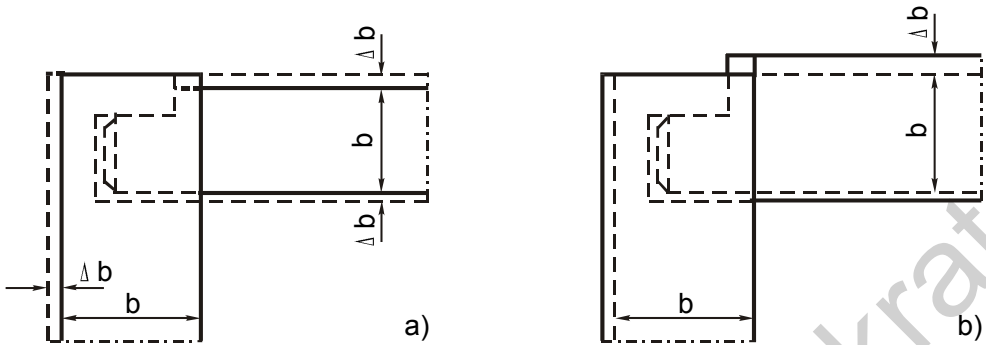
U primjerima iznesenim u ovom poglavlju sastavni oblici prikazuju mogućnosti sastavljanja pod kutom od  $45^\circ$  jer se u praksi ovi sastavi najviše primjenjuju. Utjecaj vlage, tj. utezanje i bubrenje može uzrokovati otvaranje sljubnice kod sastavljanja na kosi sljub, (vidi sl. 5.5.-32).



**Slika 5.5.-32** Deformacija sljubnica kosog sljuba; a) zbog utezanja, b) zbog bubrenja drva.

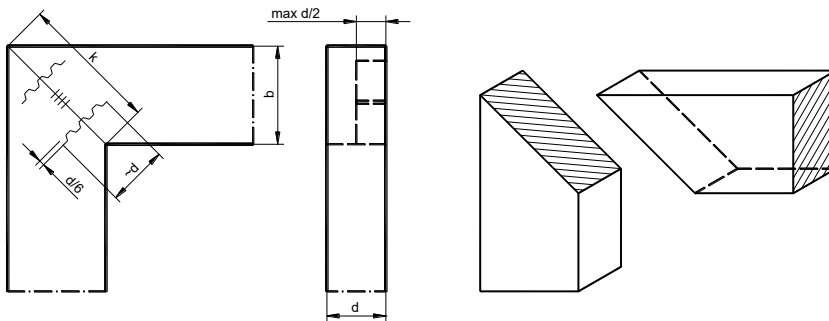
Veličina nastalog zazora zbog utezanja  $Z_\beta$  odnosno bubrenja  $Z_\alpha$  izračuna se po izrazu  $Z = \Delta b \cdot \sqrt{2}$ . Apsolutna vrijednost  $\Delta b$  računa se pomoću poznatih koeficijenata za radijalno ili tangencijalno utezanje određenih vrsta drva.

Kod sastavljanja bočnih i čelnih rubova okvira javljaju se uobičajene greške utezanja i bubrenja koje se nastoje izbjeći raznim konstrukcijskim rješenjima (vidi sl. 5.5.-33).



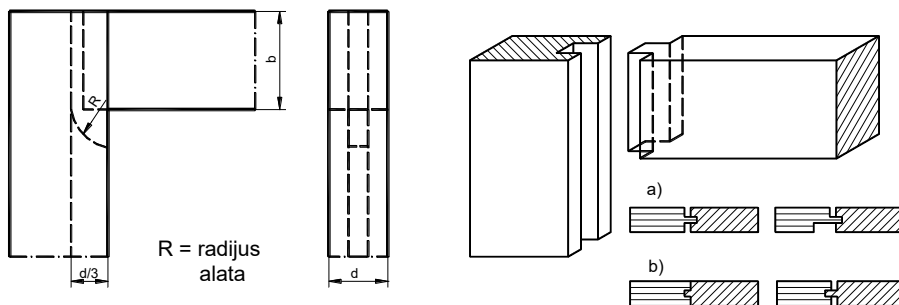
**Slika 5.5.-33** Promjene dimenzija na okvirnicama; a) zbog utezanja, b) zbog bubrenja

Neujednačeno utezanje ili bubrenje pojedinih okvirnica zbog različite građe, položaja godova, udjela vlage i dr. utječe na promjene oblika i dimenzije cijelog sklopa npr. okvira.



**Slika 5.5.-34** Kutno dvokrako bočno sastavljanje kosim sljubom i limenim valovitim sponkama jednostrano

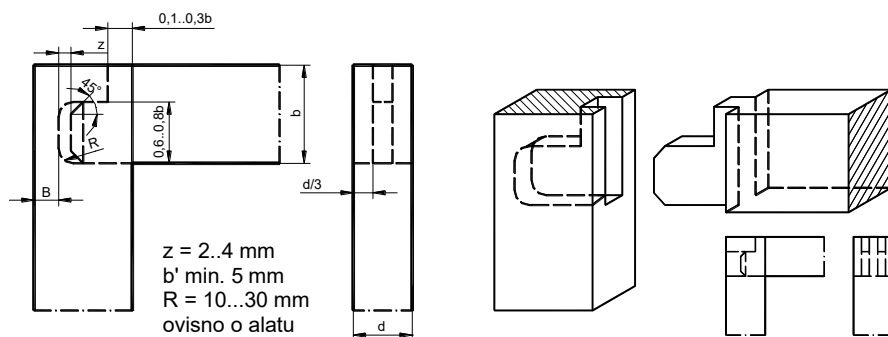
Nagib kosog sljuba ovisi o širini okvirnice  $b_1$  i  $b_2$ . Sastav se učvršćuje zabijanjem valovitih sponki u smjeru okomitom na sljubnicu i to jednostrano ili dvostrano. Za dvostrano zabijanje odabire se sponka dubine  $l = d/2$ . Čvršći vezovi postižu se u kombinaciji s ljepilom. Sastavi koji će se kasnije oblagati lijepljenjem mogu se privremeno učvrstiti brzoveznim taljivim ljepilom točkastim nanošenjem na rubne sljubnice. Položaj sponki potrebno je precizno odrediti jer prilikom obrade zatupljuju alat.



**Slika 5.5.-35** Kutno dvokrako bočno sastavljanje pravokutnim sljubom a) s utorom na bočnom rubu b) s utorom na čelnom rubu

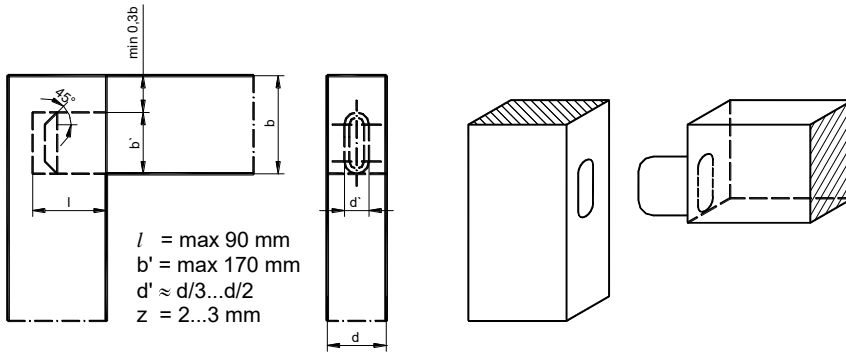
Utor se izrađuje na dužim okvirnicama i to djelomično na poziciji obratka s perom (obrada na glodalici ili dubilici) ili duž cijelog obratka (obrada na četverostranoj blanjali ili glodalici). Obradci s perom obrađuju se na čeparicama ili glodalicama. Sastav se upotrebljava kod "sljepih" okvira koji će se jednostrano ili dvostrano oblagati. Pogodan je jer su okvirnice za L i T sastave jednake.

U drugoj inačici ovog sastava pero dolazi na dužu okvirnicu a utor na međuokvirnicu (sl. 5.5.-35b). Povećani obostrani zazor za zračenje duž cijele okvirnice omogućava nešto šire pero (sl. 5.5.-35a). Dimenzije utora ovise o debljini obratka i vrsti drva. Kod mekog drva utori su plići.



**Slika 5.5.-36** Kutno dvokrako bočno sastavljanje pravokutnim sljubom s pravokutnim čepom koso prikraćenim u glodanoj ili dubljenoj rupi

Za ravni čep (pravokutni ili plosnati) izrađuju se rupe na dubilicama zajedno s utorom na dočep (priperak). Zaobljenja uz dno rupe eliptičnog su profila, te čep nije potrebno koso prikraćivati. Postavljanjem dva alata jednog iznad drugog moguće je istovremeno izdubiti dvije usporedne rupe. Izradom rupa na lančanoj glodalici dno rupe ima polukružni oblik, sl. 5.5.-35a, te je oblik čepa potrebno prilagoditi rupi prikladnim prikraćivanjem.



**Slika 5.5.-37** Kutno dvokrako bočno sastavljanje pravokutnim sljubom sa zaobljenim čepom – ovalnim u podužno bušenoj rupi

Zaobljeni ili ovalni čep u podužno ili poprečno bušenoj rupi na oscilirajućoj bušilici ili CNC glodalici najviše je zastupljen u industriji namještaja.

Osnovna značajka ovog čepa je zaobljenje njegovih bočnih rubova prema radijusu  $r = d/2$ . Oblik i dimenzije čepa prilagođavaju se upustu tj. podužnoj (u smjeru vlakancu) ili proširenoj rupi (okomito na smjer vlakancu). Upusti se obrađuju na oscilirajućim bušilicama, a čepovi na čeparicama zaobljenih čepova. S obzirom na smjer vlakancu obradaka koji se sastavljaju, najčvršći ugaoni spojevi dobiju se lijepljenjem okvirnica kada su vlakanca sljubnica rupe i sljubnice čepa međusobno usporedni ali okomiti. Ovo nije u vezi s teorijom lijepljenja, već sa smanjenjem čvrstoće čepa zbog povećanja kuta otklona vlakancu. Bez obzira jesu li okvirnice pod pravim kutom ili ne, standardna čeparica će izrađivati čepove koji su okomiti na dosjedne čelne rubove.

Točnost obrade stranice rupe ovisi o više činilaca, pa tako o vrsti i dimenzijama svrdla – glodala. Smanjenje promjera i povećanje duljine alata povećava vibracije, a time i neravnine kao i netočnost dimenzija na svim presjecima otvora.

Podešavanjem čeparice moguće je postići prilagođavanje čepa dimenzijama otvora. To se provodi na osnovi dokumentacije konstruktora koji proračunava potrebne dimenzije i dopuštena odstupanja u okvirima preporuke za optimizaciju konstrukcija. U novije vrijeme uvode se novije tehnike brazdanja, žljebljenja i natiskivanja čepova posebnim alatima kako bi se povećala čvrstoća lijepljenja.

Dimenzije zaobljenog čepa mogu se približno proračunati na osnovi poznatih vanjskih sila koje će djelovati na ovaj sastav. Na rezultate proračuna može bitno utjecati izvedba sastava i lijepljenja. Ipak proračunima se postiže brzo rješavanje problema u odnosu na eksperimentalno utvrđivanje rezultata.

Za ilustraciju proračuna daje se skraćena statička analiza spoja okvirnica sa zaobljenim čepom prema V. N. Mihajlovu i V. D. Bahtejarovu. Na slici 5.5.-38. prikazan je sastav okvirnice i međuokvirnice sa zaobljenim čepom u podužnoj rupi s označenom raspodjelom naprezanja.

Zaobljeni čep slijepljen je u podužnoj rupi, te ostvaruje određenu čvrstoću na smicanje  $\tau$  (N/cm<sup>2</sup>). Djelovanjem momenta  $M$  (Nm) nastoji se zaokrenuti čep u ležištu. Reaktivni momenti se javljaju na gornjem rubu čepa m-n, donjem rubu k-p i na donjem dijelu sučelja okvirnice r-t kao i obostrano slijepljene sljubnice (otpornost posmika) čepa i rupe m-k i n-p s površinom  $A = l \cdot h$  ... cm.

Reaktivni moment  $M_1$  na gornjem m-n i donjem rubu čepa k-p je :

$$M_1 = F_1 \cdot \frac{2}{3} \cdot l = \frac{l}{2} p_1 \frac{l}{2} d \cdot \frac{2 \cdot l}{3}$$

$$M_1 = p_1 \cdot \frac{l^2 \cdot d}{6} \quad \dots \quad Ncm$$

gdje je:  $F_1$  = rezultanta pritiska ležišta, N

$p_1$  = najveći pritisak u ležištu, N/cm<sup>2</sup>

$l$  = dužina čepa, cm

$d$  = debljina čepa, cm

Reaktivni moment  $M_2$  na sučelju međuokvirnice je:

$$M_2 = F_2 \cdot \frac{h}{3} = p_2 \cdot \frac{h}{4} \cdot (D - d) \cdot \frac{h}{3}$$

$$M_2 = p_2 \cdot \frac{h^2}{12} \cdot (D - d) \quad \dots \quad Ncm$$

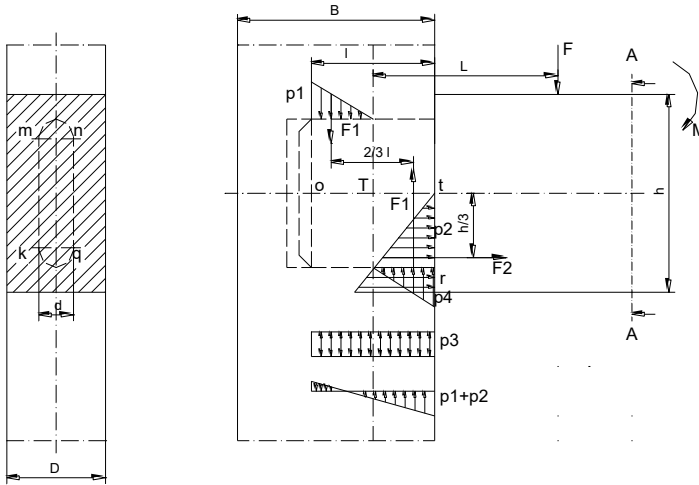
gdje je:  $F_2$  = rezultanta pritiska sučelja, N

$h$  = visina čepa, cm

$p_2$  = najveći pritisak u sučelju, N/cm<sup>2</sup>

$D$  = debljina obradaka, cm

$d$  = debljina čepa, cm



**Slika 5.5.-38** Raspodjela naprezanja kod spoja sa zaobljenim čepom

Reaktivni moment lijepljenih sljubnica pruža otpor u obliku momenta torzije oko osi čepa T. Najveće naprezanje bit će u točkama o i t. Svaka slijepljena strana čepa  $n = 2$  pružat će reaktivni moment jednak:

$$M_3 = n \cdot w_t \cdot \tau = 2 \cdot \alpha \cdot h \cdot l^2 \cdot \tau \quad \dots \quad Ncm$$

gdje je:  $w_t$  = torzioni moment otpora slijepljene plohe,

$\alpha$  = koeficijent ovisan o odnosu stranica  $h/l$ , a nalazi se u literaturi o otpornosti materijala.

$$\alpha = \frac{l}{\psi} \quad (\psi = \text{Saint-Venantov koeficijent})$$

$\tau$  = smicajna čvrstoća lijepljenja,  $N/cm^2$

Smicajna čvrstoća lijepljenih sastava kreće se u rasponu  $\tau = 200 \dots 1500 N/cm^2$ . Čvrstoća sastava uglavnom će zavisiti o kvaliteti lijepljenja i upravo je proporcionalna lijepljenoj površini i odnosu dimenzija stranica čepa  $l : h$ . Treba težiti da čep bude što veći.

Ukupni specifični pritisak kojem je podvrgnut donji rub čepa iznosi:

$$p = p_1 + p_3 = \frac{6M}{d \cdot l^2} + \frac{F}{d \cdot l} \quad \dots \quad N/cm^2$$

gdje je:  $F$  = reakcija oslonca koja djeluje duž osi okvirnice od donjeg ruba,  $N$

$p_3$  = specifični otpor na pritisak donje strane,  $N/cm^2$



Za uvjete ravnoteže vrijedi obrazac:

$$M = M_1 + M_2 + M_3 \dots Ncm$$

Kod slabo slijepljenih spojeva već kod početnih momentnih opterećenja izostaje reaktivni moment  $M_3$ , te će biti:

$$M = M_1 + M_2 \dots Ncm$$

Pri slabom učepljenju uz rubove čepa do izražaja prvenstveno dolazi čvrstoća lijepljenja. Stoga površine čepa trebaju biti što veće, uz odgovarajuće dosjede, potrebno je primijeniti ljepilo i režim lijepljenja koji će zadovoljiti zahtjevu čvrstoće.

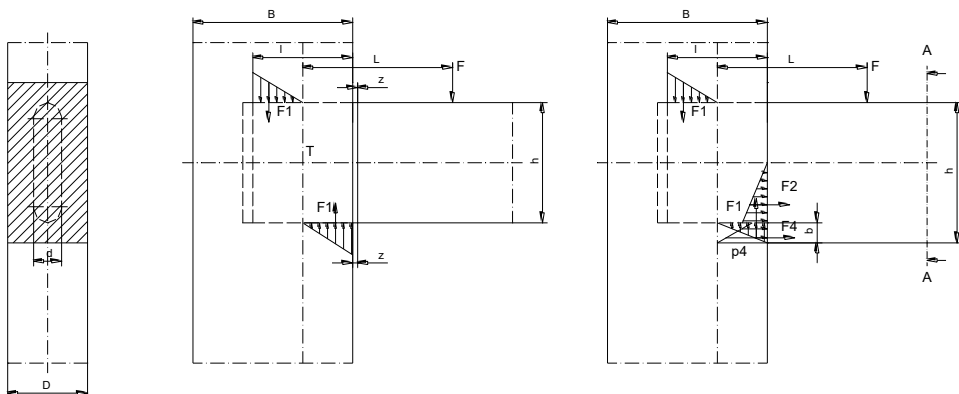
Ukoliko bočna sučelja uz čep ne naliežu na rub okvirnice sl. 5.5.-39a tj. zbog nekih smetnji dolazi do zazora, tada se isključuje reakciju  $F_2$  u početku djelovanja opterećenja, a ostaje otpor lijepljenih sljubnica i reakcija  $F_1$ .

$$M = M_1 + M_3 \dots Ncm$$

Ako se prema slici 5.5.-39b gdje sučelja naliežu na rub okvirnice uzme da na spoj djeluje sila  $F$  umjesto momenta  $M$ , tada će biti:

$$p = \frac{F}{d \cdot l} \cdot \left(6 \frac{L}{l} + 1\right) \dots N/cm^2$$

Ako je visina čepa veća od njegove dužine  $h \geq l$  tada je  $d/l^2 \leq h^3/d/l$ , tj. naprezanja zbog djelovanja momenta  $6M/dl^2$  postaje višestruko veće u odnosu na djelovanje sile  $F$ .



**Slika 5.5.-39** Varijante izvedbe spoja a) sa zazorom između bočnih sučelja  
b) na spoj djeluje sila  $F$ , javlja se pritisak na donje sučelje

U praksi je uobičajeno da se širina okvirnica s čepom ( $h$ ) izrađuje veće širine od širine čepa za  $b$  (cm), tada se javlja i reaktivni moment na tom dijelu

$$M_4 = F_4 \cdot \left( \frac{h}{2} - \frac{a}{3} \right) \quad \dots \quad Ncm$$

gdje je rezultanta pritiska

$$F_4 = \frac{I}{2} \cdot p_4 \cdot b \cdot D \quad \dots \quad N$$

$F_4$  = reakcija oslonca koja djeluje duž osi okvirnice od donjeg ruba, N

$p_4$  = pritisak donje strane sučelja-ležišta zbog reakcije  $F$ ,  $N/cm^2$

Za uvjet ravnoteže vrijedi izraz:

$$M = M_1 + M_2 + M_3 + M_4 \quad \dots \quad Ncm$$

Neke konstrukcije mogu imati funkcionalna opterećenja gdje rezultante opterećenja djeluju na izvlačenje čepa, a reakcija ili otpor je suprotnog smjera. U tom slučaju potrebno je zadovoljiti uvjet čvrstoće pri smicanju.

$$\tau = \frac{F}{A} \leq \tau_d$$

gdje je:  $F$  = sila izvlačenja čepa, N

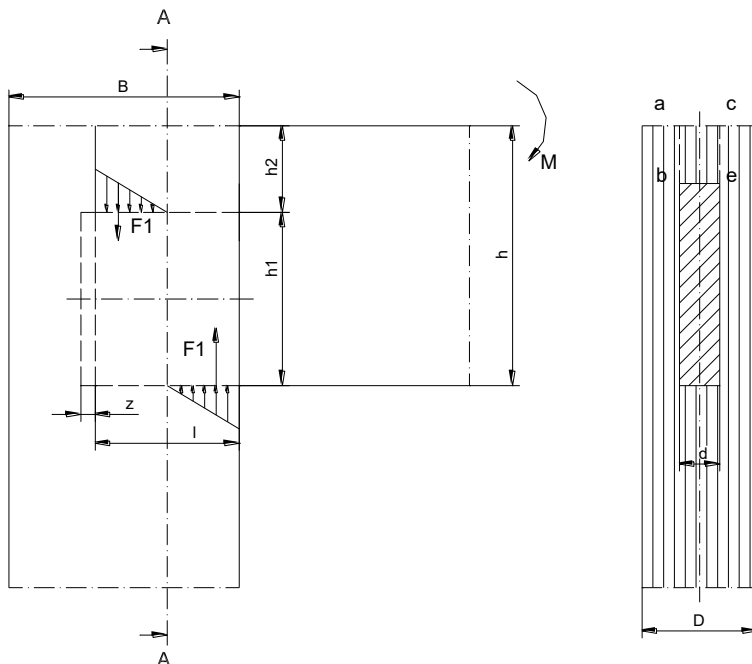
$A$  = ukupna površina sljubnice,  $cm^2$

$\tau_d$  = dopušteno naprezanje spoja,  $N/cm^2$

HRN H.K8.024 propisuje neke minimalne čvrstoće na smicanje u određenim uvjetima. Kod ugaonih L – sastava pravokutni čep je često uvučen od čelnog ruba okvirnice za  $h_2$  (Sl. 3.19). Zbog reakcije na silu  $F$  u području iznad čepa javljaju se naprezanja na smicanja u ravninama, e-f, a-b i c-d. Isklizak ima dimenzije:  $h \cdot 1/2 \cdot d' \dots (cm^3)$ .

Najveći moment savijanja uz pretpostavku jednoličnog opterećenja će biti:

$$M_{max} = F \cdot d'/12$$



**Slika 5.5.-40.** Ugaoni spoj s uvučenim čepom od čelnog ruba vertikalne okvirice

Prema odgovarajućem naprezanju na savijanje

$$\sigma_s = \frac{M}{W} = \frac{F \cdot d' \cdot 12}{12 \cdot h_1^2 \cdot l} = \frac{F \cdot d'}{h_1^2 \cdot l} \quad \dots \quad \text{N/cm}^2$$

visina iskliska se može izračunati prema izrazu:

$$h_2 = \sqrt{\frac{F \cdot d'}{l \cdot \sigma_s}} \quad \dots \quad \text{cm}$$

Ovdje nije uzeta u obzir slijepljenost sljubnice čepa, već pretpostavka, ukoliko ljepilo popusti, sastav se neće potpuno razdvojiti, jer će ga dovoljno dimenzioniran isklizak zadržati u zoni a-b, c-e na osnovi čvrstoće drva na smicanje  $\tau_{\parallel}$  (N/cm<sup>2</sup>).

Uz pretpostavku da sila F(N) djeluje samo na polovici dužine čepa l (cm) iskliska može se jednostavnije izraziti:

$$h_2 = \frac{F}{l \cdot \tau} \quad \dots \quad \text{cm}$$

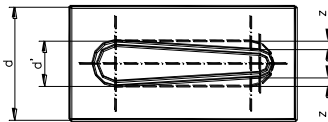
$\tau_{\parallel}$  = čvrstoća na smicanje usporedno s vlakancima (iznosi prema vrsti drva 400 ... 2000 N/cm<sup>2</sup>)

Kako bi trajno zadržao pravilan položaj čepa u otvoru primjenjuje se više praktičnih rješenja a to su:

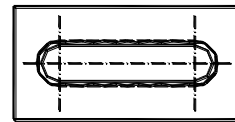
- zaklinjenje čepa uljepljivanjem drvenih klinova u čelni rub
- postavljanje kutnih pojačanja – tzv. kutnih kladica
- učvršćenje moždanicima kroz okvirnicu i čep okomito na sljubnicu - povećanje čvrstoće lijepljenja kombinacijama oblika čepa i postupka obrade.

Prilikom izrade čepova često dolazi do pogrešaka u obliku i dimenzijama podužne rupe ili čepa. Greške su prikazane na slikama 5.5.-41 i 5.5.-42.

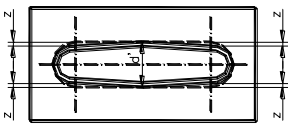
- a) neparalelnost stranica čepa po širini
- b) nejednolika debljina u sredini i na krajevima čepa
- c) premala širina čepa
- d) grubo obrađena površina stranica čepa – glodanjem, te pukotine od poprečnog rezanja ili deformacije oblika
- e) neparalelnost stranica čepa po dužini
- f) čep je uz osnovu zarezan



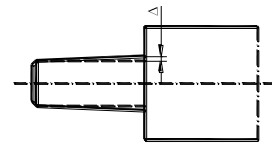
a)



d)



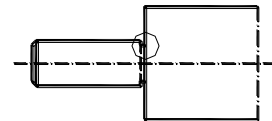
b)



e)



c)

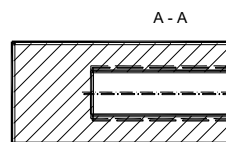
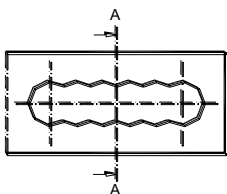
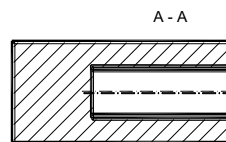
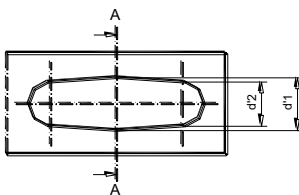
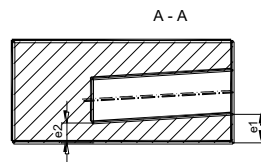
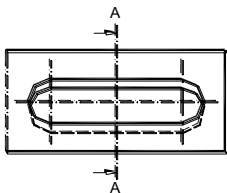
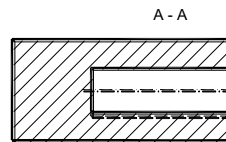
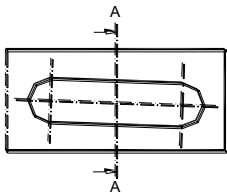
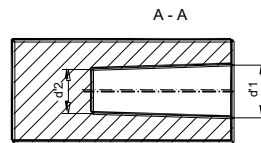
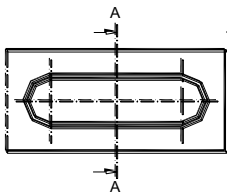


f)

**Slika 5.5.-41** Netočnost izrade kod zaobljenog čepa nastale pri obradi na čeparici zaobljenih čepova

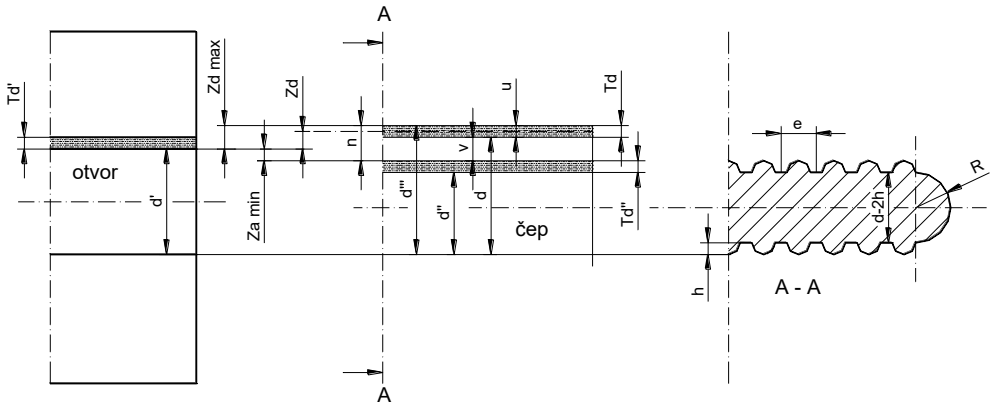
Pogreške koje se javljaju pri bušenju ili glodanju rupa:

- g) konična po dubini  $d_1' > d_2'$  – zbog vibracije alata
- h) nagnuta po duljini  $e_1 \neq e_2$
- i) nagnuta po dubini  $e_1 \neq e_2$
- j) različita širina po duljini  $d_1' \neq d_2'$
- k) grubo obrađena površina glodanjem – bušenjem



**Slika 5.5.-42** Pogreške oblika i dimenzija produžne rupe nastale pri obradi na viševretenoj oscilirajućoj bušilici

Na slici 5.5.-43 iznesen je shematski prikaz spoja zaobljeni čep – podužna rupa, obrađen tehnikom natiskivanja i brazdanja.



**Slika 5.5.-43** Shematski prikaz sastava čep – rupa obrađen tehnikom natiskivanja i brazdanja

Oznake koje se rabe na slici 5.5.-43 su sljedeće:

- $d$  = debljina čepa nakon glodanja
- $d'$  = visina otvora – rupe
- $d''$  = debljina čepa nakon natiskivanja
- $d'''$  = debljina čepa nakon bubrenja – lijepljenja
- $u$  = trajna utišnutost po debljini
- $\eta$  = natisnutost čepa prije lijepljenja
- $V$  = razlika ukupne i trajne natisnutosti – povrat
- $Za_{min}$  = minimalni zazor prije lijepljenja
- $Zd_{max}$  = maksimalni zador
- $Zd$  = zador nakon bubrenja – lijepljenja
- $h$  = dubina izbrazdanosti
- $e$  = razmak brazdi
- $Td'$  = odstupanje visine otvora-rupe
- $Td$  = odstupanje čepa nakon glodanja
- $Td''$  = odstupanje čepa nakon natiskivanja.

Zazor je karakteristika labavog i prijelaznog dosjeda, te se razlikuju:

$$Za_{min} = d'_{min} - d_{max} \dots mm$$

$$Za_{max} = d'_{max} - d_{min} \dots mm$$

Zador je karakteristika prijelaznog i čvrstog dosjeda te se razlikuju:

$$Zd_{min} = - (d'_{max} - d_{min}) \dots mm$$

$$Zd_{max} = - (d'_{min} - d_{max}) \dots mm$$

Na isti način izračunava se zador nakon bubrenja na osnovi bubrenja čepa i dočepa na dijelovima s otvorom, odnosno mjerenjem raspiljenih uzoraka po lijepljenju.

Za praktične se potrebe srednji zazor može izračunati na osnovi dobivenih izmjera i proračuna srednjih vrijednosti otvora i čepa:

$$\bar{Z}a = \bar{d}' - \bar{d}$$

odnosno zador:

$$\bar{Z}d = -(\bar{d}' - \bar{d})$$

Srednja natisnutost izračunana je na osnovi razlike nenatisnutih i natisnutih čepova:

$$\bar{n} = \frac{\sum (d - d'')}{N_i} \dots mm$$

Čvrstoća spoja izražena tangencijalnim naprezanjima može se izraziti:

$$\tau_L = \frac{M_L}{2\alpha hl^2} \dots N/cm^2$$

gdje je:

$$M_L = F_l \cdot l \dots Ncm$$

$$\alpha = 0,23 \text{ ako je } h/l = 40/26 = 1,54$$

$$\alpha = 0,20 \text{ ako je } h/l = 39,4/30,08 = 1,31$$

h = širina čepa, l = duljina čepa

Na tablici 5.5.-1 iznesene su srednje vrijednosti o maksimalnim posmičnim naprezanjima i pripadnim natisnutostima na svih pet uzoraka:

**Tablica 5.5.-1** Srednje vrijednosti maksimalnih posmičnih naprezanja

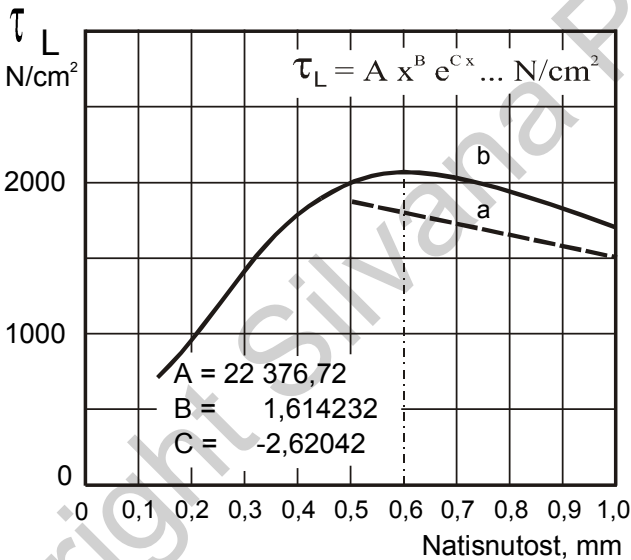
Uzorak	U-1	U-2	U-3	U-4	U-5
Broj uzoraka	20	23	12	12	12
$\tau_L, N/cm^2$	1081	1957	1997	1691	1527
n, mm	0,257	0,377	0,434	0,621	1,089

Izjednačenje podataka o silama loma ( $F_L$ ) za određenu natisnutost čepova ( $n$ ) izvršeno je eksponencijalnom krivuljom:

$$Y = A \cdot x^B \cdot e^{Cx}$$

Funkcija je izjednačena "linearizacijom" pomoću logaritmiranja, što inače ne daje optimalne rezultate u smislu metode najmanjih kvadrata. Odabrana krivulja približno aproksimira raspored točaka u dijagramu  $n - \tau_L$ , prema kojima u početku čvrstoća naglo raste, a iza maksimuma sporo opada.

Ovisnost čvrstoće lijepljenog spoja, izražena posmičnim naprezanjima ( $\tau_L$ ), o veličini natisnutosti zaobljenog čepa ( $n$ ) prikazana je na slici 5.5.-44. Grafički prikaz potrebno je razmatrati uz tablicu 5.5.-1.



**Slika 5.5.-44.** Ovisnost čvrstoće lijepljenog spoja ( $\tau_L$ ) o veličini natisnutosti čepova ( $n$ ):

- a) krivulja izjednačenja iz ranijih istraživanja  
b) krivulja izjednačenja iz sadašnjih istraživanja

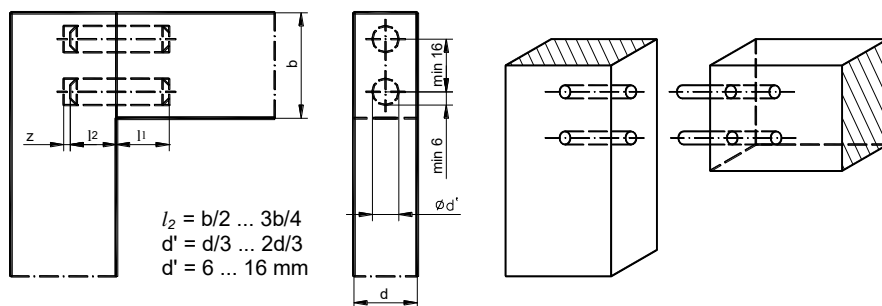
Na osnovi rezultata istraživanja o utjecaju obrade čepova tehnikom natiskivanja i brazdanja, koja su provedena na zaobljeno-plosnatim ili ovalnim čepovima, dobiveni su sljedeći rezultati.

- Natisnuti i izbrazdani čepovi daju čvršće spojeve od čepova izrađenih tehnikom glodanja bez natiskivanja. Uzorci s veličinom natisnutosti  $n = 0,25$  mm, u odnosu na  $n = 0,45$  mm, daju gotovo jedan put manju čvrstoću lijepljenja. Tako je uzorak U-3 za natisnutost 0,434 mm pokazao prosječnu čvrstoću lijepljenja od 1997 N/cm<sup>2</sup>.



- Dosadašnja istraživanja istog problema proširena su uzorcima s nižim vrijednostima natisnutosti npr. U-1, koji je pokazao znatno nižu prosječnu čvrstoću spojeva. To je bio uzrok da je krivulja izjednačenja pomaknula svoj maksimum, pa tako i interval optimalne natisnutosti u područje iznad 0,534 mm. Krivulja izjednačenja ima svoj maksimum kod  $n = 0,60$  mm, tj.  $\tau_L = 2036,39$  N/cm<sup>2</sup>.
- Podaci za natiskivanje moždanika i okruglih čepova ne mogu se primijeniti za okrugle čepove za koje vrijede druge metode obrade natiskivanja čepova.
- Točnost izrade ima znatan utjecaj na rezultate lijepljenja, to više što pri natiskivanju drva dolaze do izražaja elastične deformacije, tako da su zabilježene vrijednosti odstupanja srednjih zadora u intervalu  $Z_d = -0,05$  do  $-0,38$  mm. Dakako da na odstupanja utječe i netočnost izrade otvora.

Uvođenjem moderne i precizne opreme za izradu konstrukcijskih sastava, ostvaruju se pretpostavke za primjenu sistema dosjeda i tolerancija pri spajanju konstrukcija koje zahtijevaju visoku razinu kvalitete. Usporedo s prihvaćanjem sistema tolerancija za drvo treba uvoditi u praksu tehnologiju visoke točnosti obrade i usporedno preporuke za pravilno dimenzioniranje konstrukcijskih spojeva koje se temelje na utvrđenim znanstvenim rezultatima.



**Slika 5.5.-45** Kutno dvokrako bočno spajanje pravokutnim sljubom i ulijepljenim moždanikom

Ugaono sastavljanje okvirnice moždanicama jedan je od najbrojnijih sastavljanja okvira kod kojeg se ne traži posebno visoka izdržljivost na momente opterećenja. Ovo je ujedno racionalan način spajanja zbog utroška drvnih materijala, te zbog složenosti i troškova obrade. Za ovaj način spajanje L i T oblika bit će iznesen proračun promjera moždanika.

Ukoliko se želi usporediti čvrstoću pravokutnog i zaobljenog čepa uz uvjet da je  $A_1 = n \cdot A_2$ , tj. površina presjeka ravnog čepa je  $A_1 = h \cdot d'$ , a okruglog

$$A_2 = \frac{d^2 \pi}{4} \quad \text{tada je:}$$

$$n \cdot A_2 = h \cdot d'$$

$$A_2 = \frac{h \cdot d'}{n} = \frac{d^2 \pi}{4} \dots \text{cm}^2$$

a promjer moždanika je

$$d = \sqrt{\frac{n \cdot h \cdot d'}{\pi}} \dots \text{cm}$$

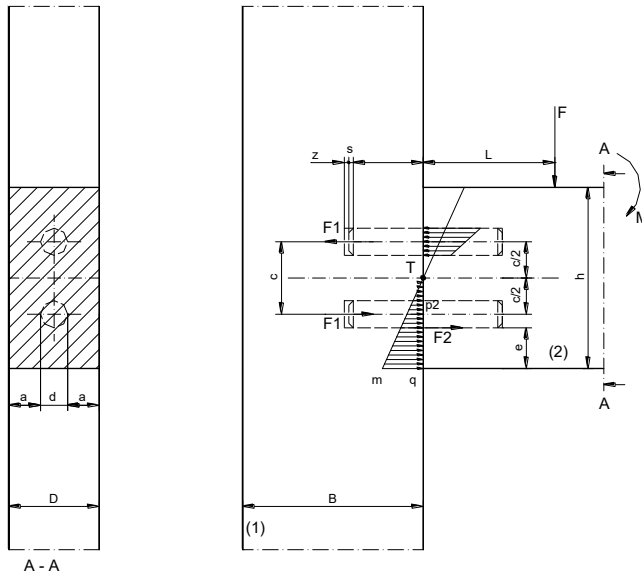
gdje je:  $n$  = broj moždanika

$d$  = promjer moždanika, cm

$d'$  = debljina čepa, cm

$h$  = širina čepa, cm

Iz proračuna je dobiveno da konstrukcija s dva moždanika daje nešto slabiji spoj.



**Slika 5.5.-46** Raspodjela naprezanja kod sastava s okruglim čepovima – moždanicama

Moždanici su čvrsto ulijepljeni u međuokvirnicu. Uz tu pretpostavku, odredit će se iz uvjeta na savijanje promjer moždanika  $d$ .

Moment savijanja ovog sastava je ( $W_1$  se odnosi na pravokutni čep, a  $W_2$  na okrugli).

$$W_2 = \frac{2I_2}{c+d} = \frac{2\pi^2(d^2 + 4c^2)}{32(c+d)} \dots \text{cm}^3$$

$$W_2 \approx \frac{0,2d^2(d^2 + 4c^2)}{c+d} \dots \text{cm}^3$$

gdje je:

$I_2$  = moment tromosti oko osi koja prolazi između moždanika. Za kružni presjek iznosi:

$$I_2 = \frac{d^2\pi}{32} (d^2 + 4c^2)$$

Moment otpora je to veći, što je razmak moždanika  $c$  veći. U praksi se taj razmak nastoji povećati primjenom dovoljno širokih okvirnica, te se uzima orijentaciono  $c=2d$ . Uz taj uvjet slijedi:

$$W_2 = \frac{3,4d^4}{3d} \approx 1,10d^3 \dots \text{cm}^3$$

Promjer čepa koji će čvrstoćom odgovarati čepu treba zadovoljiti uvjet  $W_1=W_2$ , tada je promjer moždanika:

$$\frac{d' \cdot h^2}{6} = 1,10d^3 \rightarrow d = \sqrt[3]{\frac{d' \cdot h^2}{6,6}} \dots \text{cm}$$

Ako se uvrsti  $h=3,5d$ , promjer moždanika je:

$$\frac{d' \cdot (3,5d)^2}{6} = 1,10d^3 \rightarrow d = 1,856d' \dots \text{cm}$$

Savijanjem međuokvirnica gornji moždanik će se naprezati na vlak, a donji na tlak, ako je uz raniju pretpostavku  $c \approx 2d$ .

$$M = F \cdot c \dots \text{Ncm}, \text{ odnosno}$$

$$F = \frac{M}{2d} \dots \text{N}$$

Na osnovi poznate čvrstoće lijepljenja ( $\tau_L$ ) i čvrstoće na vlak moguće je odrediti potrebnu dužinu moždanika  $l$  u okvirnici.

$$F = \pi \cdot d \cdot l \cdot \tau_L$$

Iz toga slijedi:

$$l = \frac{F}{\pi \cdot d \cdot \tau_L}$$

Prethodni proračuni se mogu uporabiti ako je čvrstoća lijepljenja manja od čvrstoće drva na savijanje.

Ako između okvirnica postoji zračnost (z) tada će posmično naprezanje iznositi:

$$\tau = \frac{F}{2A} = \frac{2F}{d^2\pi} \quad \dots \quad N/cm^2$$

gdje je:

$\tau$  = granično naprezanje za drvo,  $N/cm^2$

F = reakcija uporišta, N

$$A = \frac{d^2\pi}{4} \quad \dots \quad cm^2, \text{ presjek jednog moždanika}$$

Kada su spojevi izvedeni ulijepljenim okruglim čepom – moždanikom bez zazora, tada se javlja i reakcija uporišta i moment savijanja. Posmična naprezanja su kao u prethodnom izrazu.

Prema ranije iznesenoj formuli za  $W_2$  izlazi:

$$W_2 = \frac{d^2\pi(d^2 + 4c^2)}{16(c+d)} \quad \dots \quad N/cm^2$$

te uvrsti  $c=2d$ , tada moment otpora za dva moždanika iznosi:

$$W_2 = 11,3 \frac{\pi \cdot d^3}{32} \quad \dots \quad cm^3$$

Veličina naprezanja iznosi:

$$\sigma_s = \frac{M}{W_2} = \frac{M}{11,3 \frac{\pi d^3}{32}}$$

odnosno:

$$\sigma_s = \frac{M}{1,11 \cdot d^3} \quad \dots \quad N/cm^2$$

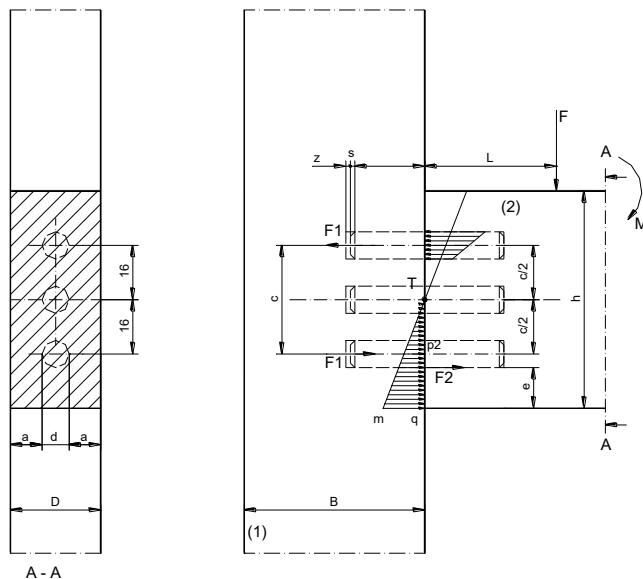
Iz navedenog izraza slijedi da je promjer moždanika

$$d = \sqrt[3]{\frac{M}{1,11 \cdot \sigma_s}} \quad \dots \quad cm$$

Kod preopterećenja ovdje lom nastaje po lijepljenim sljubnicama čepa i rupe, iako se u praksi češće javljaju lomovi moždanika i to kad nije ispunjen uvjet da je čvrstoća na savijanje manja ili jednaka dopuštenom naprezanju:

$$\sigma_s \leq \sigma_d$$

U praksi je uobičajeno sastavljanje s tri moždanika kao što je prikazano na slici 5.5.-47.



**Slika 5.5.-47** Raspodjela naprezanja kod ugaonog sastava s tri moždanika

Moment otpora za 3 moždanika:

$$I_2 = \frac{d^2 \pi}{64} (3d^2 + 8c^2)$$

$$W_2 \approx 0,1 \frac{d^2 (3d^2 + 8c^2)}{c + d}$$

Uz pretpostavku da je razmak  $c=2d$

$$W_2 \approx 0,1 \frac{d^2 \cdot 35d^2}{3d} = \frac{3,5d^3}{3} = 1,17d^3$$

Veličina naprezanja se ovdje neznatno smanjuje:

$$\sigma_s = \frac{M}{W_2} = \frac{M}{1,17d^3} \quad \dots \quad \text{N/cm}^2$$

Iz navedenog će izraza promjer moždanika biti:

$$d^3 = \frac{M}{1,17\sigma_s} ; \quad d = \sqrt[3]{\frac{M}{1,17\sigma_s}} \quad \dots \quad \text{cm}$$

Proračunom promjera na osnovi čvrstoće drva na savijanje ( $\sigma_s$ ) dobiju se male dimenzije promjera koji su za izvedbu i primjenu nepraktični. Zbog male površine lijepljenja, dolazi u pitanje i čvrstoća lijepljenja.

Ako se pretpostavi da će jedan dio moždanika u uporabi imati nepovoljan kut otklona vlakana koji smanjuje čvrstoću na savijanje, može se putem koeficijenta sigurnosti ( $\nu$ ) korigirati promjer te odabrati prvi veći promjer koji je uobičajen i uveden u praksi ili za njih postoje standardni alati, to su promjer: 6,8,10,12,14 i 16 mm.

Koeficijent sigurnosti izvodi se iz podataka o odnosu kuta vlakana i čvrstoće na savijanje. Prema Kolmanu, ako je  $s_{0^\circ} = 920 \text{ daN/cm}^2$ , tada će  $s_{45^\circ}$  biti oko  $130 \text{ daN/cm}^2$  za prosušenu bukvinu. To znači da će za dopušteni otklon vlakana do  $45^\circ$  koeficijent sigurnosti iznositi  $\nu = 920/130 = 7$ . Ovaj koeficijent znatno bi povećao promjer moždanika, stoga je potrebno kontrolom letvica za moždanike prije tokarenja odabrati one s otklonom do  $20^\circ$  gdje je čvrstoća oko  $350 \text{ daN/cm}^2$ . Ako se proračunava s ovom vrijednosti kao najnižom nije potrebno primjenjivati koeficijent sigurnosti, ali je potrebno odabirati letvice. V. N. Mihajlov izveo je jednadžbu na osnovi koje se može izraziti promjer moždanika. Uz pretpostavku da je  $h = 3,5d$  moment sile iznosi:

$$M = \frac{d^3 \pi}{2} \cdot \sigma + 1,78 \cdot d^2 \left( D - \frac{\pi \cdot 3,5d}{25} \right) \sigma \quad \dots \quad Ncm$$

gdje je:

$\sigma$  = normalno naprezanje u čepu,  $\text{N/cm}^2$

$D$  = debljina okvirnice, cm

$d$  = promjer moždanika, cm

Ako je  $D = 1,45 \cdot d$ , tada je izraz pojednostavljen:

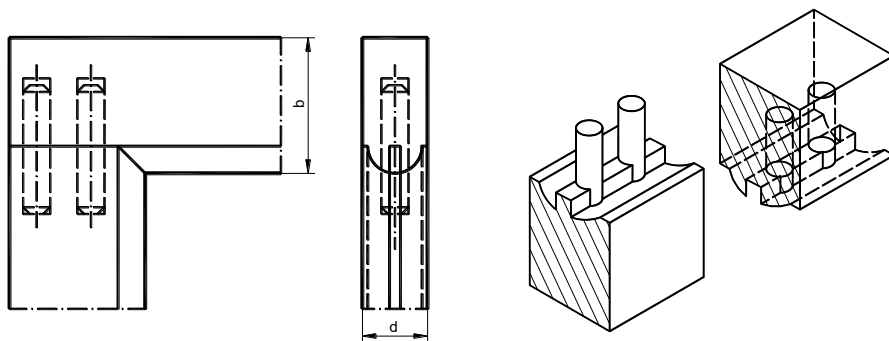
$$M = 1,57d^3 \sigma + 1,78 d^3 \sigma \quad \dots \quad Ncm$$

Iz pribrojnika je vidljivo da je prvi član koji predstavlja otpornost čepova znatno manji od drugog koji predstavlja reakciju čela međuokvirnice, koja je prikazana rezultantom  $F_2$  na udaljenosti  $2/3$  od osi međuokvirnice. Položaj osi krajnjih moždanika trebaju se podudarati s pravcem djelovanja rezultanti vlačnih i tlačnih sila.

Pojednostavljen izraz za proračun promjera moždanika:

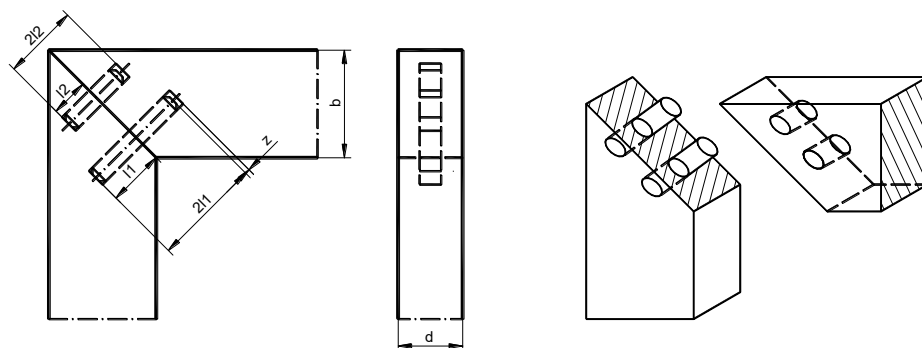
$$d = \sqrt[3]{\frac{M}{3,35 \cdot \sigma}} \quad \dots \quad cm$$

Na osnovi izraza izvode se i neke inačice proračuna.



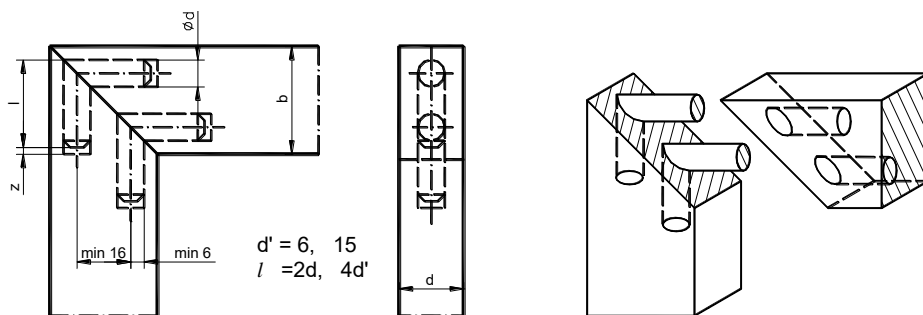
**Slika 5.5.-48** Kutno dvokrako bočno spajanje pravokutnim profiliranim sljubom s utorom u bočnom rubu i perom na čelnom rubu te ulijepljenim moždanicima ili lijepljenjem bez moždanika

Sastavljanje rubno profiliranih okvirnica najjednostavnije je ravnim utorom i perom, ali takav sastav ne daje čvrste spojeve, stoga se dodaju moždanici. Odgovarajućim profilom nastoji se ujedno eliminirati zazor koji se javlja kod opterećenih okvira, npr. uklađenih vrata ormara.



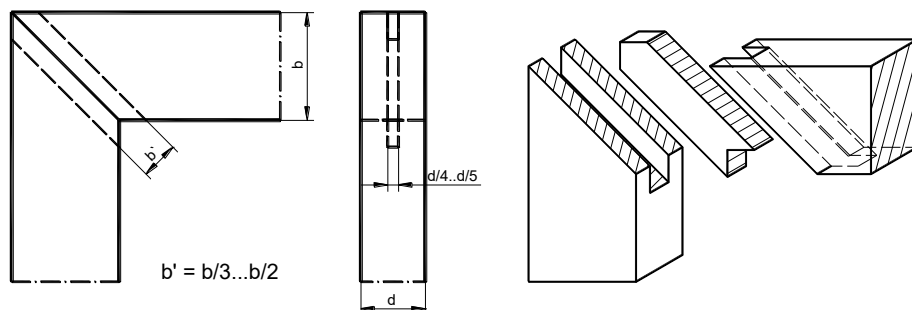
**Slika 5.5.-49** Kutno dvokrako bočno spajanje kosim sljubom i ulijepljenim moždanicima

Kod postavljanja moždanika okomito na sljubnicu ograničena je duljina moždanika. Za pritezanje sljubnica potrebne su posebne stezaljke ili kososljubna preša.



**Slika 5.5.-50** Kutno dvokrako bočno spajanje kosim sljubom i ulijepljenim kutnim moždanicima

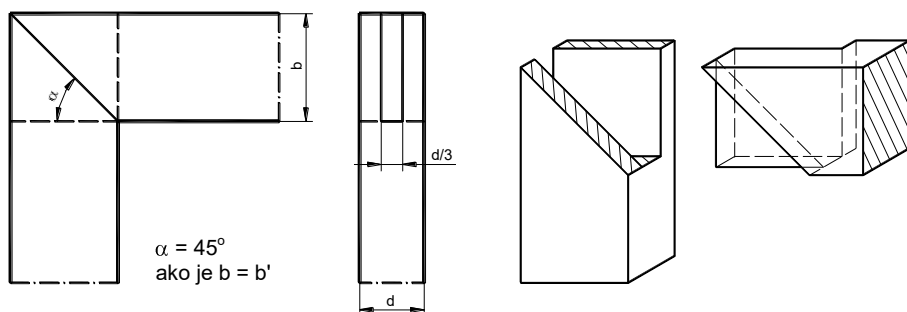
Ugaoni moždanici su skuplji, ali daju čvršće spojeve. Moždanici se izrađuju od višeslojne furnirske ploče odnosno od plastičnih masa.



**Slika 5.5-51** Kutno dvokrako bočno spajanje kosim sljubom s utorom i umetnutim prilagođenim perom

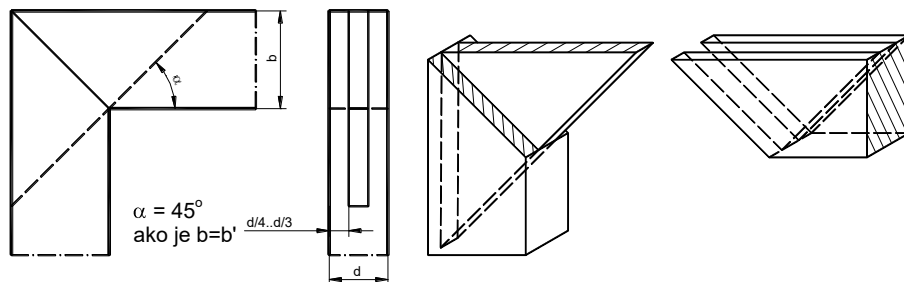
U glodani utor uz kosi sljub uljepljuje se pero od furnirske ploče. Čvrstoća uglavnom ovisi o čvrstoći lijepljenja. Postupci lijepljenja su kao kod ostalih okvirnih konstrukcija s kosim sljubom. Ako utor ne izlazi na ugao, tako da se pero ne vidi, ono je prikraćeno prema radijusu glodala za izradu utora.





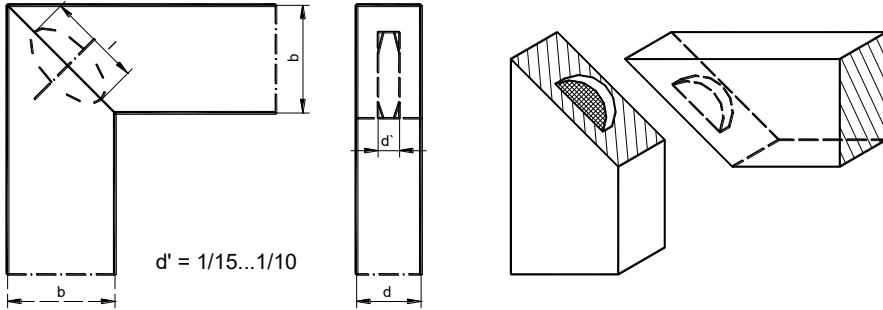
**Slika 5.5.-52** Kutno dvokrako bočno spajanje pravokutnim i kosim sljubom s polučepom i raskolom – urezom

Primjenjuje se kod ukrasnih okvira, ne odlikuje se posebno većom čvrstoćom, te ga je potrebno ojačati s manje vidljive strane sponkama ili igličastim čavlima.



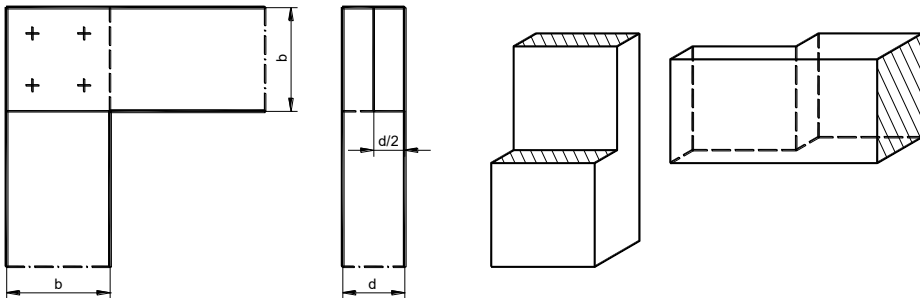
**Slika 5.5.-53** Kutno dvokrako bočno spajanje kosim sljubom s utorom i ulijepljenim trokutnim ili pravokutnim umetkom

Na okvirnicama se nakon preciznog prikraćivanja izrađuje raskol za četverokutni ili trokutni umetak. Umetak je od cjelovitog drva tako da vlakanca idu u smjeru okomitom na kosi sljub, odnosno na vanjski furnir furnirske ploče od koje je umetak.



**Slika 5.5.-54** Kutno dvokrako bočno spajanje kosim sljubom s utorom i ulijepljenim lamelastim umetkom

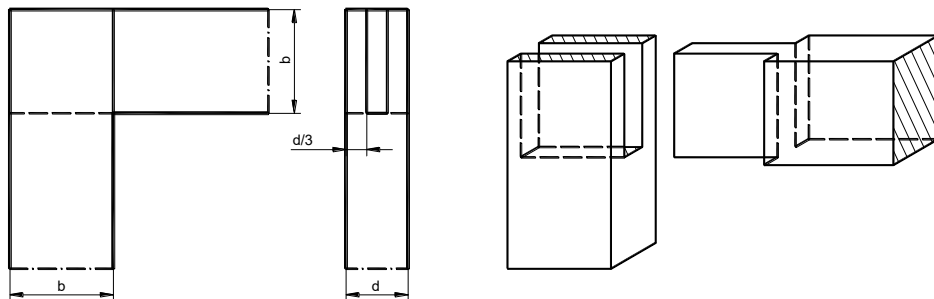
Primjena lamelastog eliptičnog umetka kod kutnih bočnih sastava ne daje veliku čvrstoću kao ostala umetnuta pera koja daju veće površine lijepljenja. Prednost "lamella" je da je sakriven. Tehnološki sustav obrade uputa glodalicama usavršen je za obrtništvo i industriju. Dimenzije umetka vidi u poglavlju 6.1.



**Slika 5.5.-55** Kutno dvokrako bočno povezivanje pravokutnim preklopom s  $d/2$  okvirnice učvršćene veznim elementima

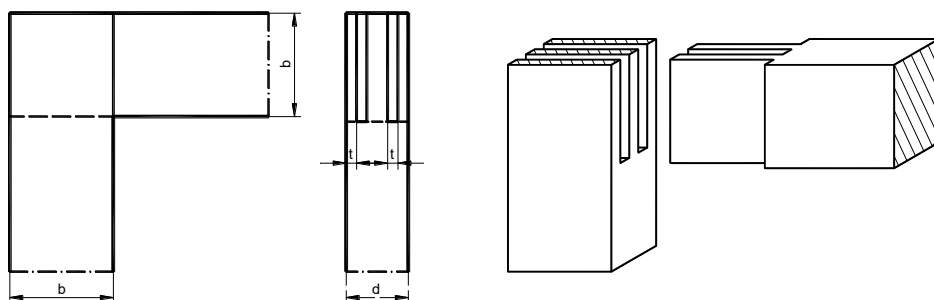
Primjenjuje se u izradi okvira za srednjice pri debljinskom oblaganju, okvira za sanduke, oboje i podloge za oplata. Sastav se učvršćuje veznim elementima: čavlima, vijcima, sponkama i dr. Vez se može pojačati lijepljenjem.

Danas se za ovu namjenu izrađuju razni elementi od lima u obliku obujmica s ugrađenim čavlima ili rupama za vijke. Vezni okovi za položene sastave, preklope, te razna kutna bočna sastavljanja primjenjuju se pretežno u konstrukcijama unutarnje opreme zgrada, te pri gradnji drvenih kuća i baraka.



**Slika 5.5.-56** Kutno dvokrako bočno spajanje pravokutnim sljubom s pravokutnim čepom u raskolu – urezu

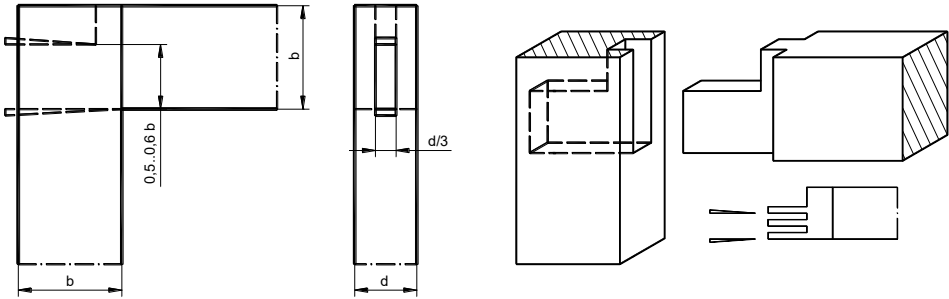
Zbog mogućnosti praktične izrade na strojevima, ovaj sastav nalazi široku primjenu kod sastavljanja okvirnica doprozornika i prozorskih krila. Za čvrstoću spoja odlučna je čvrstoća na smicanje koja ovisi o ljepilu i veličini sljubnice. Ovisno o veličini momenta koji djeluje na slijepljeni okvir proračuna se dimenzija okvirnice. Povećanje čvrstoće na smicanje uobičajeno je naknadnim zabijanjem križnih čavala, sponki ili uljepljivanjem drvenih klinaca.



d, mm	t
30 ... 50	d/5
50 ... 70	d/7

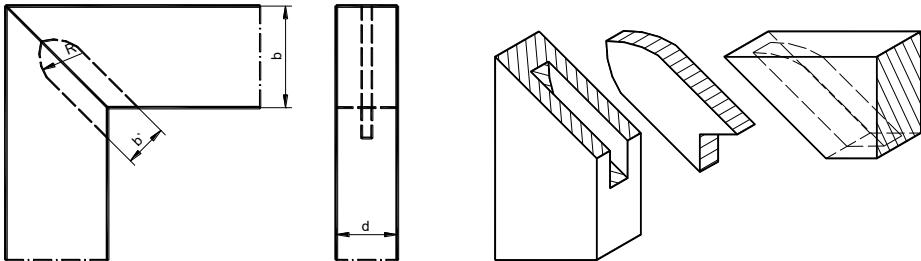
**Slika 5.5.-57** Kutno dvokrako bočno spajanje pravokutnim sljubom s dvostukim pravokutnim čepom u raskolima – urezima

Racionalizacija presjeka (profila) okvirnice utječe na smanjenje površine lijepljenja ugaonih sastava. Iz tog razloga se kod debljih okvirnica izrađuju dva čepa, odnosno ureza – raskola.



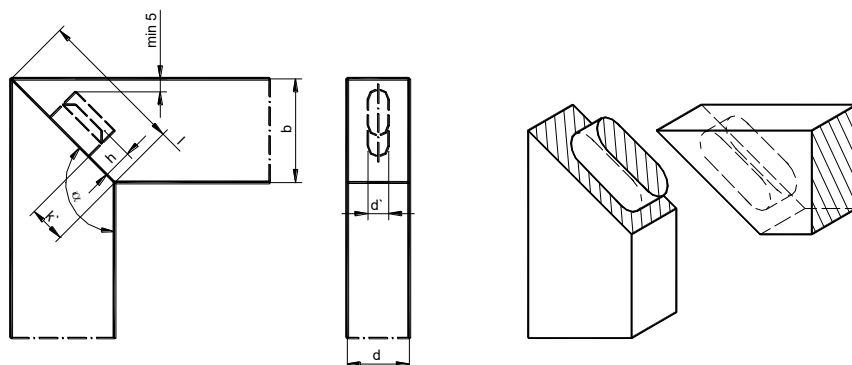
**Slika 5.5.-58** Kutno dvokrako bočno spajanje pravokutnim sljubom s pravokutnim čepom u glodanoj rupi dubine  $b$  i ulijepljenim klinovima

Povećanje ukrute ovog spoja postiže se uljepljivanjem drvenih klinova uzduž bočnih rubova čepa koji se utiskuje uz bočna sučelja u četvrtaste rupe. Poželjno je da su klinovi od tvrdog drva. Drugi način uljepljivanja klinova provodi se na izrađene pripiljke na čepu.



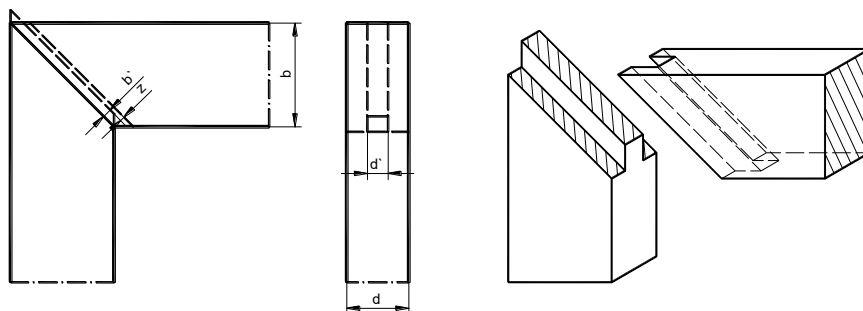
**Slika 5.5.-59** Kutno dvokrako bočno spajanje kosim sljubom s djelomičnim utorom i umetnutim prilagođenim perom

Ako se želi da utor ne izlazi na ugao kao kod 5.5.-51, tako da se pero ne vidi na bočnim rubovima okvirnica, ono se prikraćuje prema radijusu glodala za izradu utora.



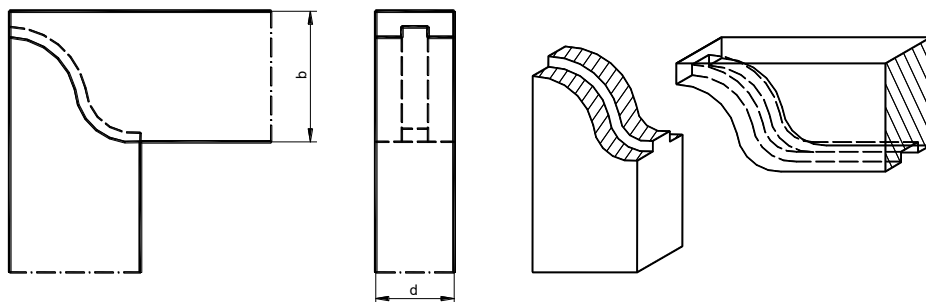
**Slika 5.5.-60** Kutno dvokrako bočno spajanje kosim sljubom sa zaobljenim – ovalnim čepom u proširenoj rupi

Ovaj sastav daje čvrste spojeve, stoga se primjenjuje kod okvira koji su dinamički opterećeni, kao što su stolice, vrata s ukladama, rukonasloni naslonjača, stolići za posluživanje i dr. Moguća je takva izvedba da se na obje okvirnice izradi podužno proširena rupa u koju se upusti zaobljeni čep na načelu spajanja s moždanicima. Čep se izrađuje profiliranjem i prikraćivanjem letava.



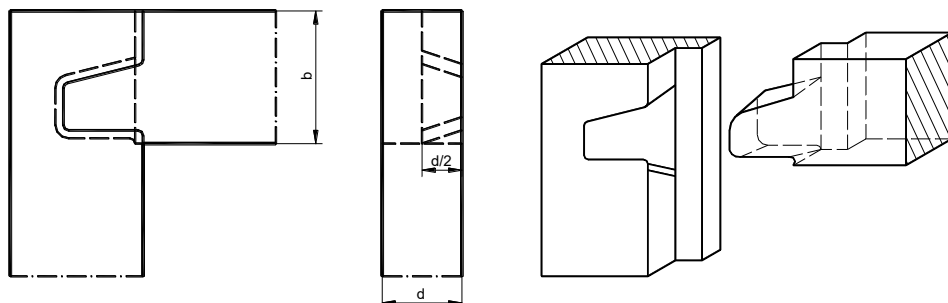
**Slika 5.5.-61** Kutno dvokrako bočno spajanje kosim sljubom s utorom i perom

Sastav je opisan uz sliku 5.5.-35. Primjenjuje se za izradu okvira koji će se oblagati tankim pločama, odnosno za okvire kod oblaganja zidova i stropova.



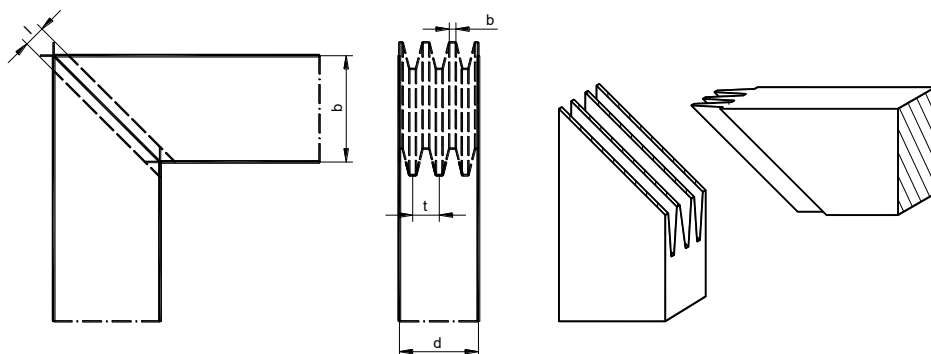
**Slika 5.5.-62** Kutno dvokrako bočno spajanje zakrivljenim sljubom s utorom i perom

Preciznim vođenjem glodala za izradu utora i pera na CNC glodalica mogu se izvoditi različiti zakrivljeni oblici sljubnica na okvirnicama. Debljina pera odnosno širina utora često se produžuje po unutrašnjim rubovima radi upuštanja uklade.



**Slika 5.5.-63** Kutno dvokrako bočno spajanje pravokutnim sljubom kosokutnim zaobljenim priklopom

Stolarski način sastavljanja ravnim bridovima zamijenjen je zaobljenim bridovima zbog mehanizirane izrade na CNC glodalica. Zakrivljeni priklop uz nanešeno ljepilo daje čvrsti spoj, a namijenjen je okvirnim konstrukcijama za namještaj i opremu objekata.



**Slika 5.5.-64** Kutno dvokrako bočno spajanje kosim sljubom od  $45^\circ$  s malim i srednjim klinastim zupcima

Provedena su ispitivanja bukovine sa spojevima klinastim zupcima 7,5 i 10 mm duljine na kojima je ispitivana izdržljivost na statička i dinamička opterećenja. Statički moment sile kod zubaca 7,5 mm bio je 35,7 % veći od zubaca duljine 10 mm. Tijekom dinamičkih opterećivanja veličina momenata sile različito je utjecala na veličinu otklona okvirnice i izdržljivost spojeva na broj impulsa sila. Nagibna krutost spojeva kao odnos momenata sile i otklona okvirnice, veća je kod manjih nego kod većih zubaca za 18,4 %.

Ispitivanja na dinamičko-statička opterećenja su pokazala da zamaranja spojeva djelovanjem kratkotrajnih naizmjeničnih momenata neznatno gube na čvrstoći na statička opterećenja. Optimalna početna čvrstoća klinastih spojeva kod četinjača dobivena je kod zubaca 6 mm duljine prema DIN-u 68140. Zupci od 10 mm duljine kod istog presjeka okvirnice imaju nešto manju površinu lijepljenog sljuba što utječe na čvrstoću spoja, kod relativno male promjene kuta otklona vlakana. Spajanje klinastim zupcima nalazi sve veću primjenu u izradi prozorskih i vratnih okvira, te u izradi namještaja iz okvirastih konstrukcija kao što su vrata ormara, stolovi i stolice i dr. Izrada zubaca je jednostavna, racionalna po utrošku drva, a daje vrlo čvrste i elastične spojeve.

### 5.5.2. Kutno dvokrako sastavljanje drvnih materijala – ploča

Sastavni oblici kod drvnih ploča razlikuju se od ugaonih sastava cjelovitog drva različitim tehničkim svojstvima materijala. Značajka kutnog sastavljanja ploča je plošno sastavljanje  $L_p$ , dok se bočna sastavljanja  $L_b$  primjenjuju izuzetno, i to kod okvirnih konstrukcija koje se učvršćuju oblaganjem ploča i sl. Sastavi L i T oblika u proizvodnji korpusnog namještaja pretežno se izrađuju s veznim elementima za sastavljanje izrađenim od metala i plastike. Manji korpusi, npr. kuhinjskog i kupaoničkog namještaja, sastavljaju se drvnim veznim elementima i ljepilom ili ubrizgavanjem tekućih plastičnih masa u rupe ili utore koji skrućivanjem tvore vrlo čvrste spojeve. Kod lijepljenih sastava L – oblika ispitivanjem je utvrđeno da čvrste kutne spojeve na kosom sljubu od  $45^\circ$  daju sastavi na utor i pero, ugaoni moždanici i "lamelasti" umeci.

## Kutno dvokrako plošno sastavljanje

Za sastavljanje relativno velikih dijelova i sklopova od ploča, kao što su višedijelni garderobni ili kombinirani ormari, industrija pratećih pomoćnih materijala tj. veznih elemenata od metala i plastike proizvodi širok asortiman tih proizvoda koji se zbog sličnih namjena, tehničkih značajki i velike brojnosti inačica ne mogu prikazati u ovom udžbeniku. Ovdje su izneseni predstavnici pojedinih skupina veznih elemenata koji imaju najveću primjenu u industriji namještaja, te zadovoljavaju minimalno normirane uvjete kvalitete. Za sastavljanje manjih korpusa mogu se primjenjivati slijepljeni sastavi slični spajanju dijelova od cjelovitog drva.

Za izbor kutnog sastava najvažnija je njegova čvrstoća. Međusobno uspoređivanje čvrstoće određenih kutnih sastava bit će najobjektivnije na osnovi rezultata ispitanih uzoraka izrađenih od različitih osnovnih materijala.

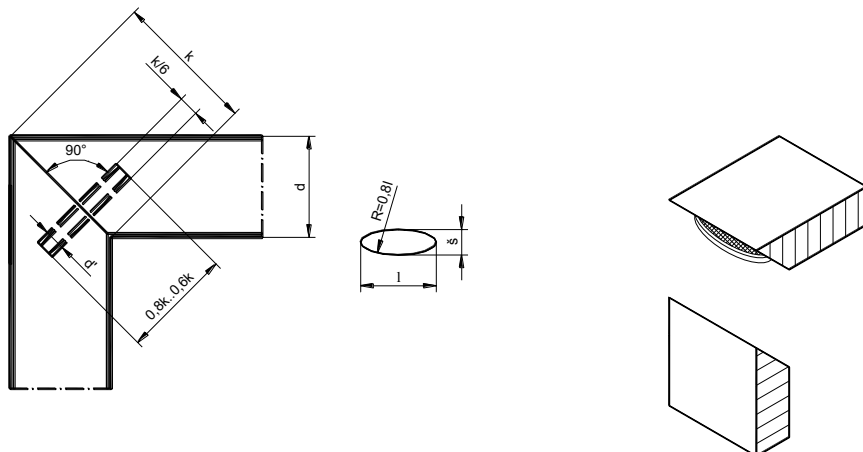
Uspoređivanje različitih sastava na uzorcima iz jednovrsnog osnovnog materijala, može se obavljati jedino uz pretpostavku određenih konstantnih dimenzija vezova ili spojeva, jer i manje izmjene u dimenzioniranju spojeva mogu znatno utjecati na promjene čvrstoće.

Istraživanja G. Mettea i J. Schmalenberga pokazuju da čvrstoća istovrsnog sastava na različitim pločastim materijalima može znatno odstupati. Takva odstupanja su još veća kad se radi o različitim konstrukcijskim sastavima na istovrsnom materijalu. Rezultati su izneseni u tablici 5.5.-2.

**Tablica 5.5.-2** Odstupanja prosječnih sila lomova kod spojeva različitih pločastih materijala

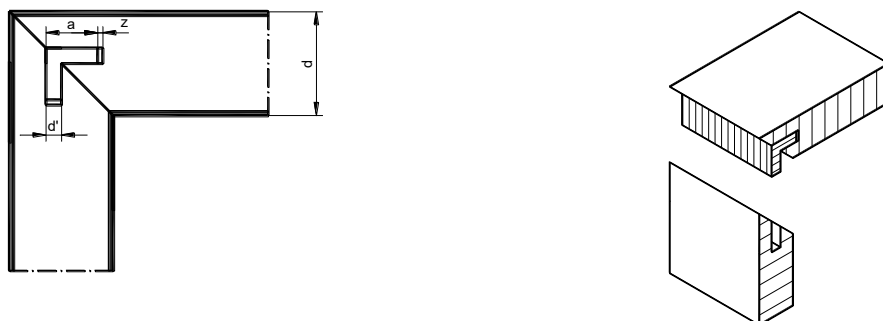
Schema ispitivanja	KOSI SLJUB od 45° S UTOROM I PEROM OD FURN. PLOČE	KOSI SLJUB S UGAONIM UMETNUTIM PEROM	RAVNI SLJUB S MOŽDANICIMA $\phi$ 8 mm	KOSI SLJUB S UGAONIM MOŽDANICIMA PVC $\phi$ 8	RAVNI SLJUB S LAMELLO UMETKOM 20 mm	KOSI SLJUB od 45° S LAMELLO UMETKOM od 20 mm
VRSTA PLOČE debljina = 19 mm	Prosječna sila loma $F_L$ (N)					
Troslojna iverica (IT) V20, DIN 68763 RAL	100,8	95,7	34,3	71,7	30	99,2
Stolarska ploča (SP)	103,5	228	58,9	145,7	41,9	141,1
Iverica oplemenjena melaminskom folijom KF3 po DIN- u 68765	111,2	135	48,5	99	45,7	104,5
Peteroslojna iverica	102,7	90,9	44,8	75,7	24,7	62,7





**Slika 5.5.-65** Kutno plošno spajanje kosim sljubom i lamelastim umetkom u polukružnom utoru

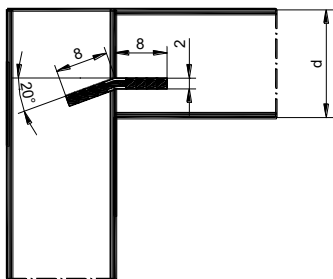
Pri spajanju ploča od usitnjenog drva posebno je važno pri izradi utora pravilno postavljanje utora od unutarnjeg ruba sljubnice na udaljenosti  $d'' = k/10 \dots k/6$ . Izbor lamelo umetka predstavljen je u poglavlju 6.1.



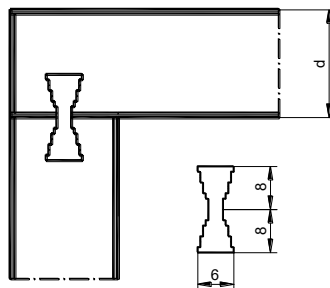
**Slika 5.5.-66** Kutno plošno spajanje kosim sljubom i kutnim umetkom u utoru

Spajanjem ploča kutnim umetkom od višeslojne furnirske ploče postižu se čvrsti i točni spojevi. Važno je odabrati dimenziju umetka i utore pozicionirati u sredinu ploče. Kod vrlo debelih ploča  $d > 30$  mm mogu se umeci postaviti dvoredno.

a)

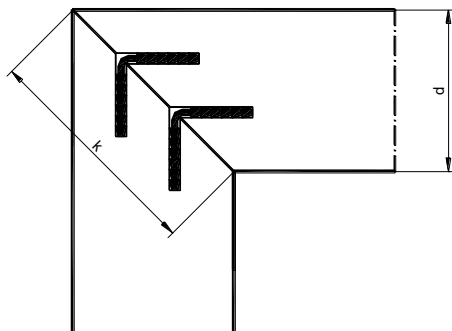
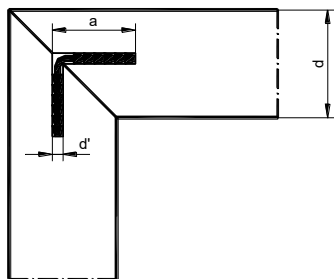


b)



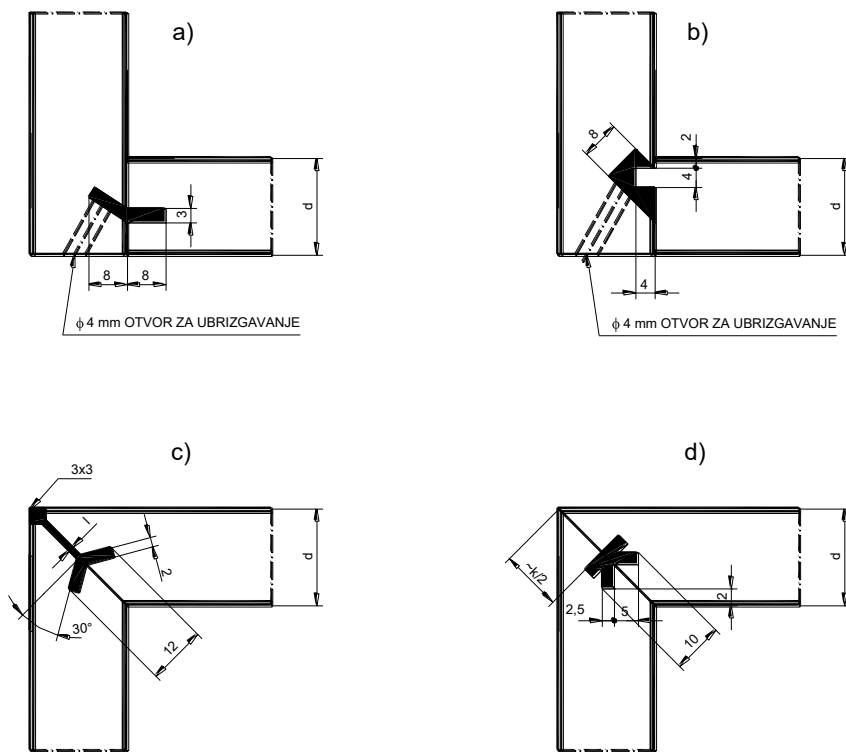
**Slika 5.5.-67** Kutno plošno spajanje pravokutnim sljubom i nazubljenim plastičnim perom u utoru

U izrađene uske ravne ili skošene utore upuštaju se plastični profili s nazubljenjem u smjeru izvlačenja. Trajni spojevi dobiju se sljepljivanjem.



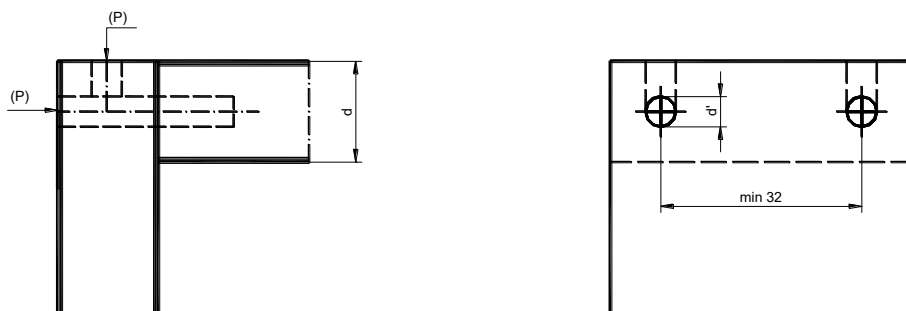
**Slika 5.5.-68** Kutno plošno spajanje kosim sljubom i nazubljenim kutnim plastičnim perima u utoru

Na kosim sljubnicama se izrađuju uski utori prema dimenzijama pravokutnih nazubljenih plastičnih pera. Čvrsti spojevi dobiju se sljepljivanjem.



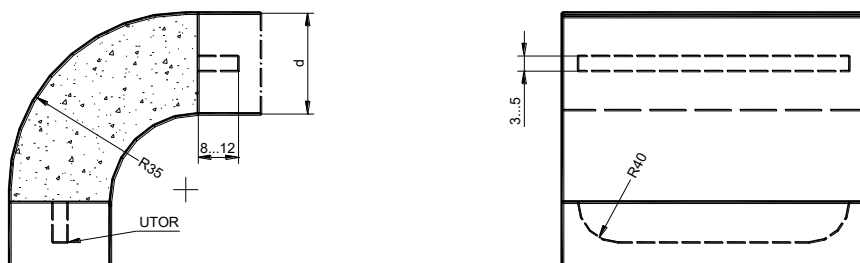
**Slika 5.5.-69** Kutno plošno spajanje kosim sljubom i ubrizganom plastičnom masom u utore (PUR, PVC, POLYAMID)

Plastična masa ubrizgava se kroz otvor u izrađene utore pri spajanju pravokutnih sastava sl. 5.5.-69 a,b. Kod kosokutnih sljubova izrađuju se simetrični utori na obje sljubnice sl. 5.5.-69 b,c.



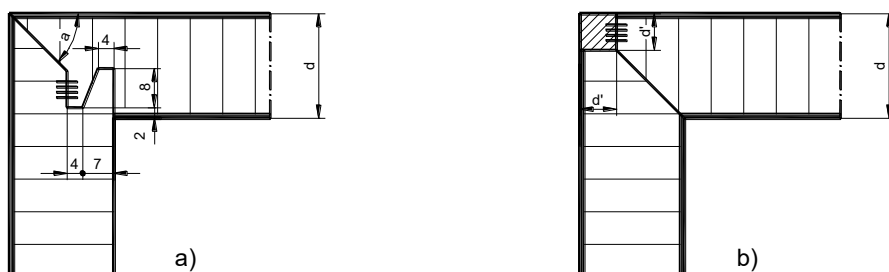
**Slika 5.5.-70** Kutno plošno spajanje pravokutnim sljubom s rupama ispunjenim plastičnom masom u utore (PUR, PVC, POLYAMID)

Bušenjem rupa i ubrizgavanjem plastične mase koja skrutne postiže se efekt spajanja ulijepljenim moždanicima. Skrutnjavanje se vrši u višetažnim prešama.



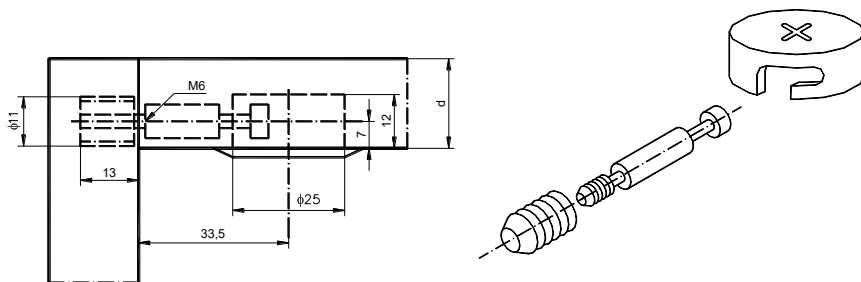
**Slika 5.5.-71** Kutno plošno spajanje oblicima od plastične mase povezanim u rubnim utorima

Na sličnom načelu kao 5.5.-70 mogu se ubrizgavanjem PUR mase oblikovati kutna i uglova zaobljena s istodobnim spajanjem stranica, podova i stropova raznih kućišta – korpusa. Ulazni i izlazni otvori nalaze se na kalupima.



**Slika 5.5.-72** Kutno plošno spajanje profiliranim sljubnicama ili drvenim umecima  
a) nasuprotnim zupcima b) uglovnom letvicom

Oplemenjene ploče sastavljaju se raznim slijepljenim spojevima. Oblici profila prilagođuju se vrsti ploče od usitnjenog drva. Tako se npr. za troslojnu ivericu ne preporuča oblik sastavljanja a. već jedan od načina sastavljanja preklopima. Stolarska ploča se srednjicom usporedno-usporedno može uspješno spojiti prema slici a. Spojevi se primjenjuju kod relativno malih korpusa: ormarića, kutija, sanduka i sl.

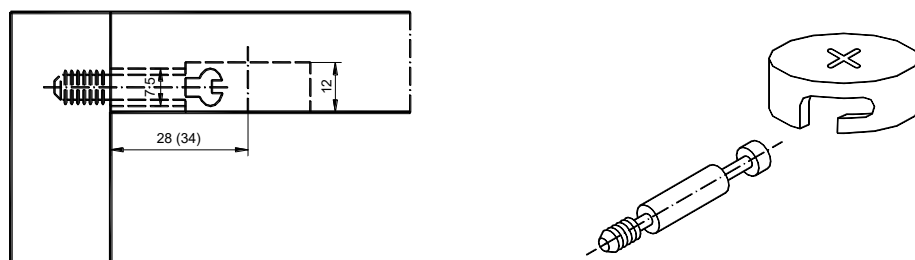


**Slika 5.5.-73** Kutno plošno povezivanje pravokutnim sljubom jednostranim svornjakom i navojem, navojnim uloškom i upuštenim uloškom sa zaokretnim klinom

Kod primjene okova i veznih elemenata razlikuje se kutne L-vezove i T-vezove. Stranice, podovi i stropovi sastavljaju se veznim elementima koji su namijenjeni L-obliku kutnog sastavljanja, dok se T-oblici ili tzv. priključni vezovi primjenjuju u kombinaciji na međustranicama, međupodovima i sl.

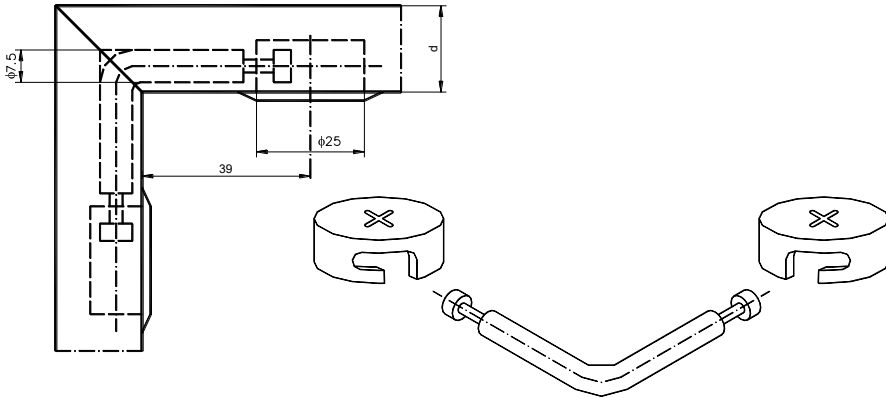
Mnoge tvrtke isporučuju na tržište nove plastične i metalne elemente tzv. okove za sastavljanje korpusnog namještaja na načelu svornjaka i prihvatnog steznog uložka.

Osnovna prednost pred sličnim veznim elementima jest jednostavno rukovanje pri sastavljanju – rastavljanju sklopova na mjestu uporabe tj. u stanu korisnika, a o prednosti transporta u rastavljenom stanju ne treba raspravljati.



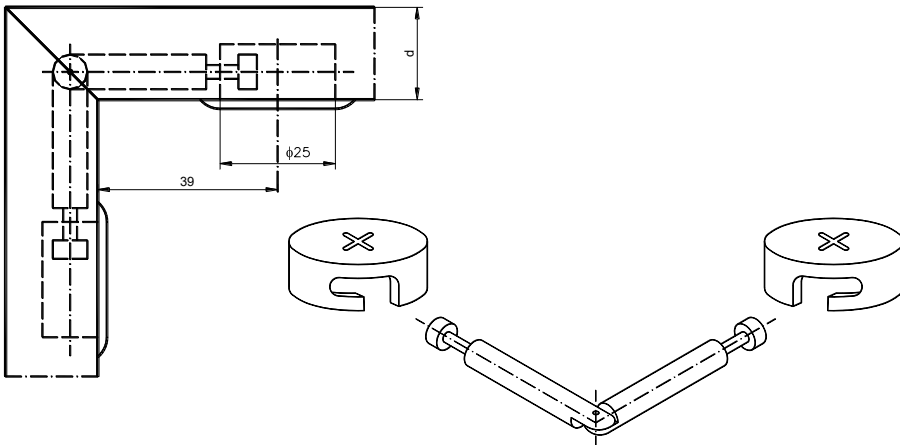
**Slika 5.5.-74** Kutno plošno povezivanje pravokutnim sljubom jednostranim svornjakom i navojem za drvo, te upuštenim steznim uloškom sa zaokretnim klinom

Primjena svornjaka s navojem dolazi kod ploča s povećanom čvrstoćom na raslojavanje. To su posebne višeslojne iverice i vlaknatice, te ploče sa srednjicom od cjelovitog ili slijepljenog drva npr. letvice u stolarskoj ploči. U protivnom svornjak se uvija u dvonavojni metalni ili plastični uložak.



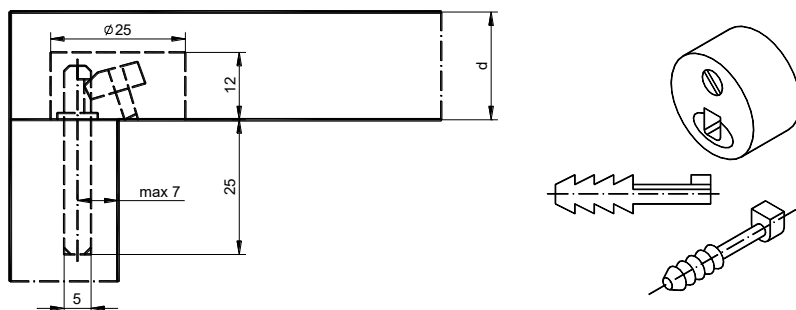
**Slika 5.5.-75** Kutno plošno povezivanje kosim sljubom s dvostranim pravokutnim svornjakom i dva upuštena zaokretna klina

Pritezanje sljubnice kod sastavljanja kosim sljubom zahtijeva pritezanje dvostranim kutnim svornjakom kod kojeg se svaka strana priteže steznim uloškom tj. zaokretnim klinom. Okovi starijeg datuma pritežu se maticama na prilagođenoj podložnoj pločici.



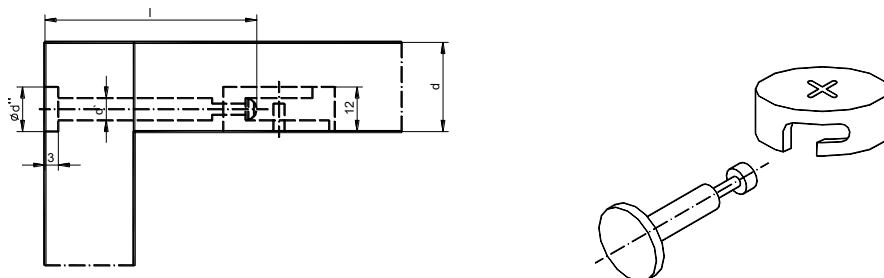
**Slika 5.5.-76** Kutno plošno povezivanje kosim sljubom dvostranim zglobnim svornjakom od  $90^\circ \dots 180^\circ$

Ako kutni sastav nije pravokutan, primjenjuje se dvostrani zglojni svornjak s mogućnošću podešavanja kuta  $\alpha = 90^\circ \dots 180^\circ$ . Stezni ulošci se postavljaju sa svake strane svornjaka. Broj steznih elemenata određuje se prema širini ploče i potrebne krutosti korpusa.



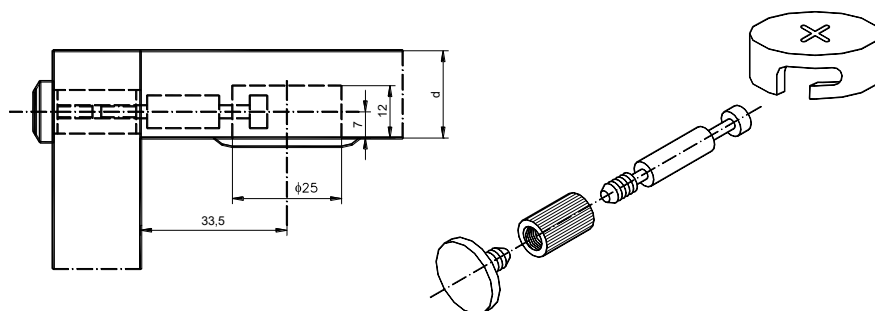
**Slika 5.5.-77** Kutno plošno povezivanje pravokutnim sljubom jednostranim svornjakom i upuštenim zakretnim klinom te uvijenim navojnim uloškom i ukrasnim vijkom izvana

Čvršći način povezivanja tanjih ploča postiže se ukrasnim vijkom čija je glava većeg promjera.



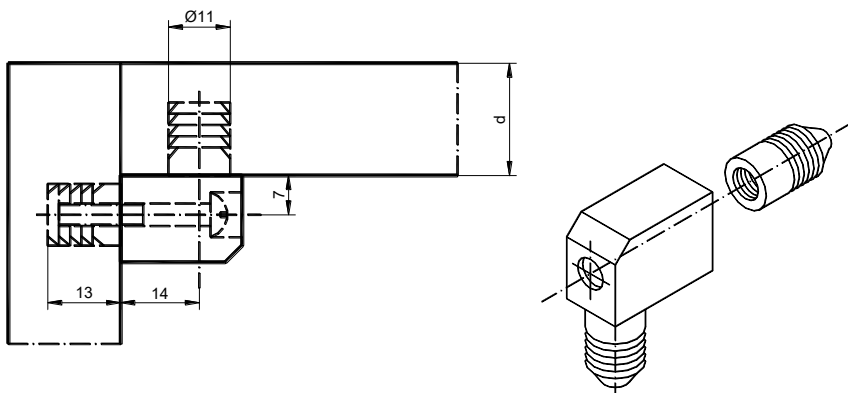
**Slika 5.5.-78** Kutno plošno povezivanje pravokutnim sljubom jednostranim svornjakom s upuštenom ukrasnom glavom i upuštenim zakretnim klinom

Za nesmetano slaganje korpusa jednog do drugog, glave vijaka na stranicama trebaju biti upuštene.

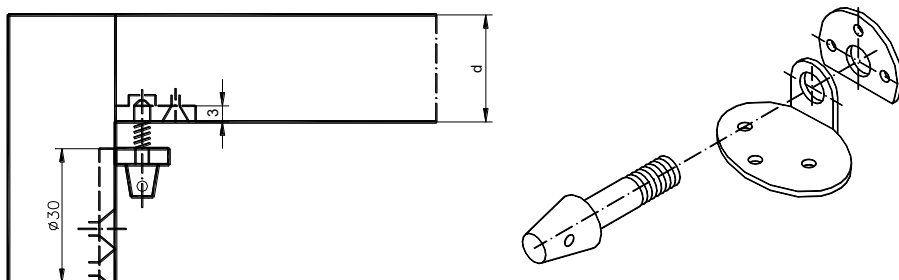


**Slika 5.5.-79** Kutno plošno povezivanje pravokutnim sljubom s navojnim uloškom, ukrasnim vijkom te svornjakom i zakretnim zasunom

Pritezanje poda – stropa o rub stranice omogućava plastični moždanik sa zubom uz koji se postavlja uložak sa zakretnim zasunom.

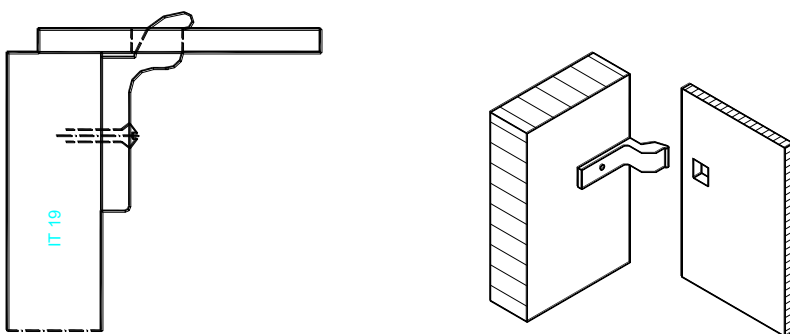


**Slika 5.5.-80** Kutno plošno povezivanje pravokutnim sljubom plastičnim kutnim držačem s moždanikom dodatno učvršćenim vijkom u navojnom ulošku



**Slika 5.5.-81** Kutno plošno povezivanje ravnim sljubom uvijenim metalnim kutnikom te vijkom u upuštenoj pločici s navojem

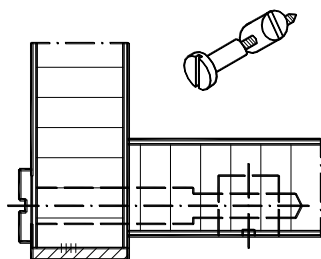
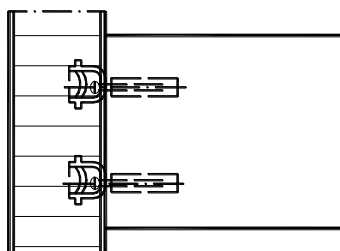
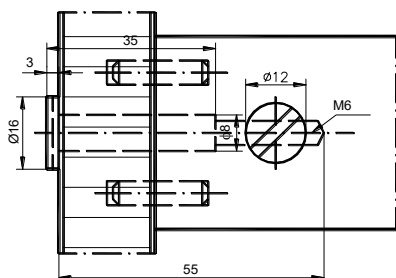
Pločica je učvršćena vijcima za drvo.



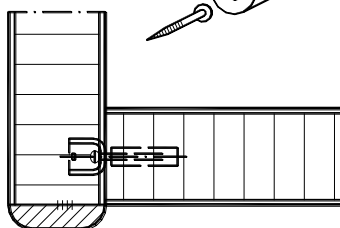
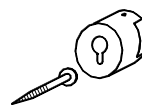
**Slika 5.5.-82** Kutno plošno povezivanje tanke ploče uz rub deblje ploče plastičnom kvačicom

Unutarnja kvačica za poleđinu praktična je za učvršćenje tankih ploča gdje je otežano ili nepotrebno uvijanje vijaka ili zabijanje čavala ili sponki.



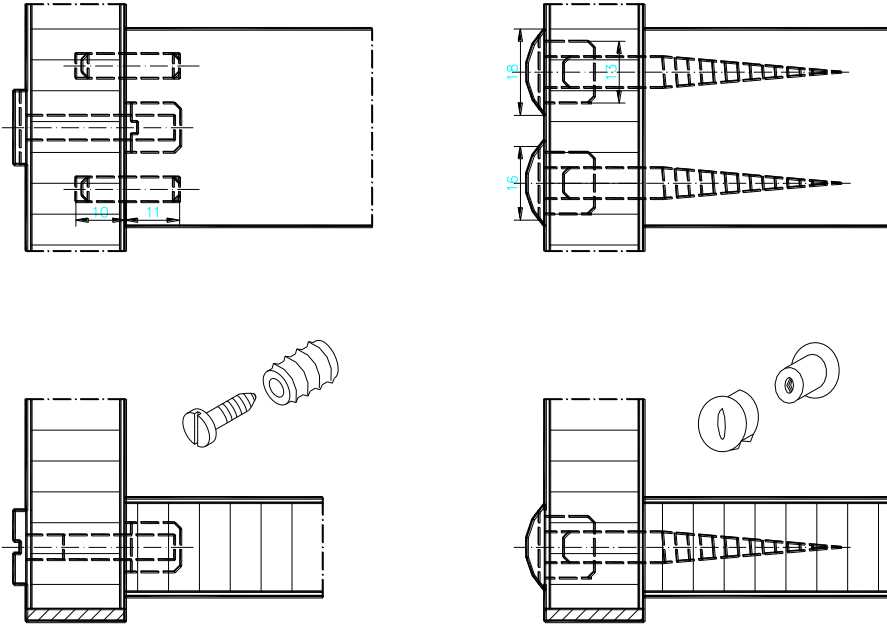


**Slika 5.5.-83** Kutno plošno povezivanje s vertikalnim nosačem s vijkom s ukrasnom glavom u ulošku s navojem



**Slika 5.5.-84** Kutno plošno povezivanje s vertikalnim nosačem s vijkom u plastičnom ulošku i upuštenim uloškom s ušicom za prihvat vijka

Učvršćenje horizontalnih nosača ormarića ili polica s većim teretom potrebno je izvesti vijcima većeg promjera 5.5.-83 ili ih treba udvostručiti kao na primjeru 5.5.-84. Stezni uložak se postavlja s manje vidljive strane, a može se sakriti pokrovnom kapićom.



**Slika 5.5.-85** Kutno plošno povezivanje s vertikalnim nosačem vijkom s ukrasnom glavom u dvonavojnom ulošku

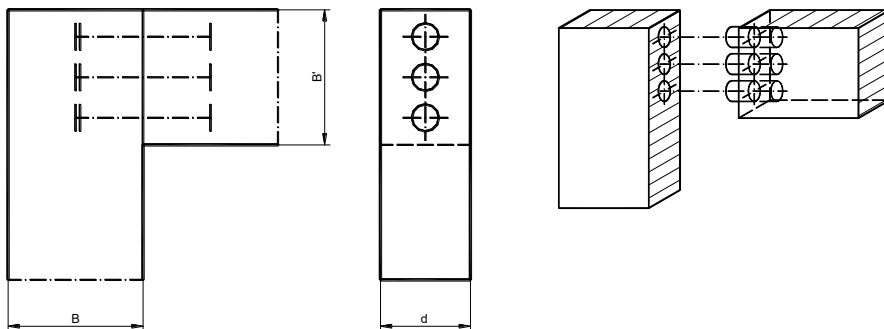
**Slika 5.5.-86** Kutno plošno povezivanje s vertikalnim nosačem dvonavojnim vijkom i ukrasnom maticom

Učvršćenje horizontalnih nosača s pritezanjem vijaka na stranici izvana s moždanicima za pozicioniranje 5.5.-85 ili drugi način kojim se sastav pozicionira uvijenim dvonavojnim vijcima 5.5.-86

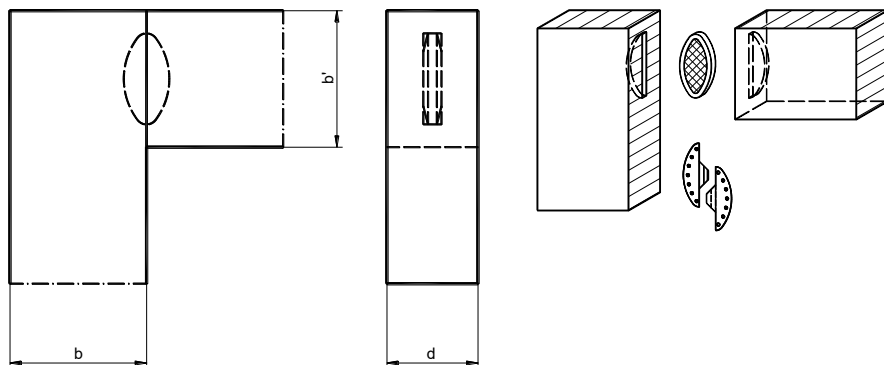
Sastavi prikazani na slikama 5.5. -83 ... -86 mogu se svrstati u skupinu bočno – plošnog sastavljanja.

### Kutno dvokrako bočno sastavljanje

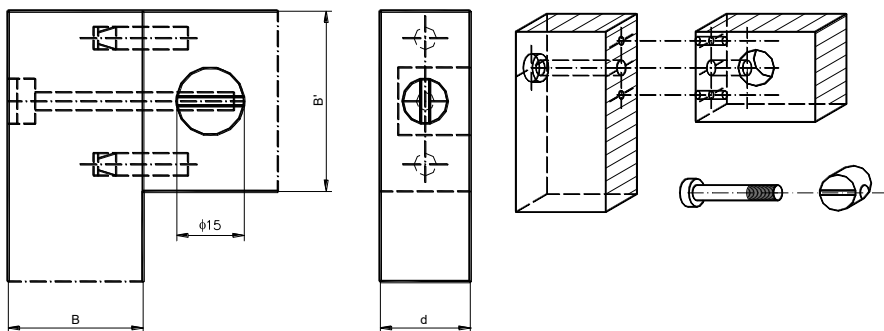
Kutno dvokrako bočno sastavljanje ploča se najčešće obavlja moždanicima ili lamelastim umecima 5.5.-87 Oplemenjeni dijelovi tj. površinski obrađeni sastavljaju se veznim vijcima, kopčama i sl. 5.5.-88.



**Slika 5.5.-87** Kutno dvokrako bočno spajanje na pravokutni sljub i ulijepljenim moždanicima



**Slika 5.5.-88** Kutno dvokrako bočno spajanje na pravokutni sljub ulijepljenim umetkom ili povezivanje lamelastim kopčama ( Knapp)



**Slika 5.5.-89** Kutno dvokrako bočno povezivanje na pravokutni sljub ukrasnim vijkom i uloškom s navojem (Häfele, Blum, Hetich, Schachermeyer)

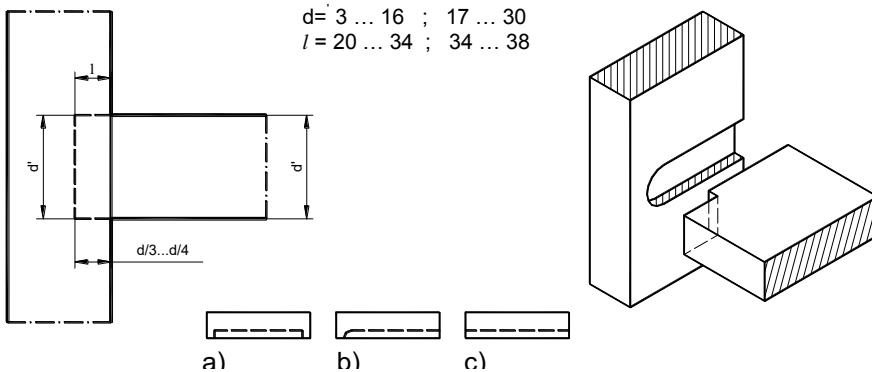
## 5.6. KUTNO TROKRAKO PRIKLJUČNO SASTAVLJANJE - T

Kutno trokrako sastavljanje ili T-sastavi izrađuju se pri sastavljanju 2 sastavna dijela T-2D u ravni, te se još nazivaju priključni sastavi, odnosno mogu se sastavljati iz tri sastavna dijela T-3D.

Priključni sastavi ili T-sastavi služe u konstrukcijskim oblicima najčešće u kombinacijama s prethodno pokazanim kutnim L-sastavima, i to na međustranicama, međuokvirnicama ili međupodovima, međusklopovima i raznim pregradama. Kod izbora T-sastava potrebno je uskladiti sve sastavne oblike konstrukcija proizvoda sa standardnim, istim ili sličnim alatom, odnosno postupcima obrade. Npr. ako je L-sastav izveden strojnim zupcima, T-sastav se izvodi kosim utorima i sl.

### 5.6.1. Kutno trokrako sastavljanje cjelovitog drva – masiva T-2D

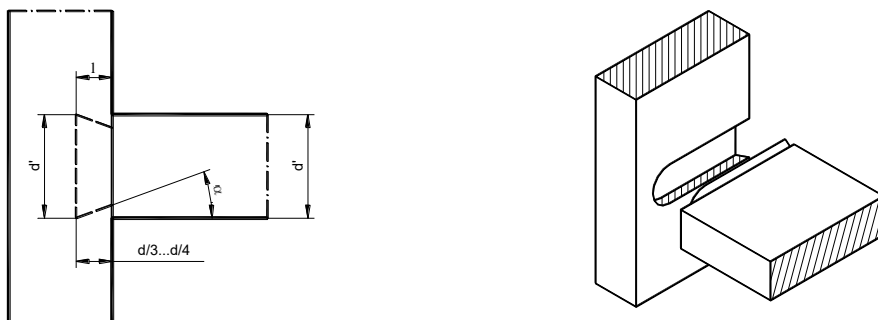
#### Kutno trokrako plošno sastavljanje



**Slika 5.6.-1** Kutno trokrako sastavljanje na ravni utor s ugaonim izrezom priključnog dijela

Ravni utor izrađuje se djelomično ili po čitavoj širini obratka i to horizontalnom i nadstolnom glodalicom ili povlačnom pilom, unutar širine obratka kako bi se izbjegla vidljivost utora na rubovima (stolnom ili nadstolnom glodalicom tehnikom upuštanja alata). Rabi se kod stranica manjih dužina, u protivnom je potrebno sastav učvrstiti ljepljom ili veznim elementima, npr. moždanicima. Na mjestima gdje utor ne izlazi na rub, na priključnom obratku se izrađuje ugaoni izrez. Širina utora  $d'$  odgovara debljini  $d$  potpuno površinski obrađenom priključnom obratku.

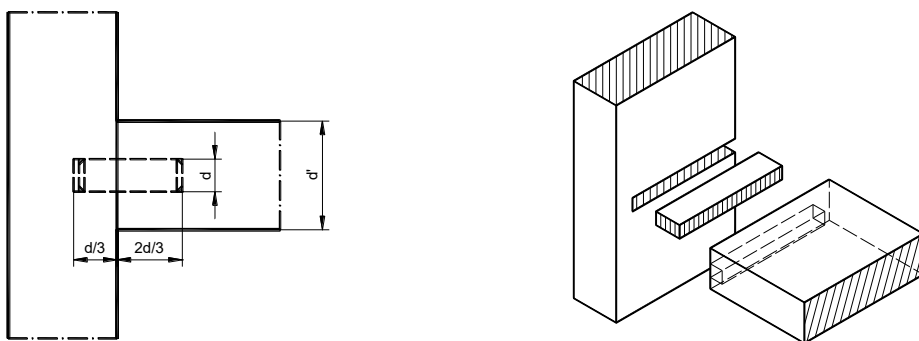
Razne kombinacije utora rabe se kod izrade stubišta, regala, međuokvirnica i sl.



**Slika 5.6.-2** Kutno trokrako plošno sastavljanje na kosi utor tzv. "lastin rep"

Kosi utor tzv. "lastin rep" izrađuje se po čitavoj širini obratka ili je utor jednostrano otvoren. Utor i pero izrađuje se na stroju za zupce u dvije odvojene operacije. Ovim sastavom najčešće se učvršćuju širinski sastavljene ploče stolova, komoda, sjedala klupa i stolica, poklopci škrinja itd. Smjer vlakanaca kod poprečno utorenih letava ide u smjeru utora. Kod obostrano vidljivih rubova utor se uz rub zatvara lijepljenjem umetka uz uvjet da se do letve ostavi potreban zazor. Sastavljanje kosim utorom izvodi se u pravilu bez lijepljenja, a ako se žele izbjeći posljedice utezanja ili bubrenja, ljepilo se nanosi samo u jednoj zoni i to 10 ... 30 mm dužine utora. Npr. kod korpusa ormara ljepilo se nanosi na kraju utora uz prednji rub stranica. Stranice utora su skošene  $15^\circ$  ...  $20^\circ$  za razliku od alata za zupce čiji je kut nešto manji. Ovo je ujedno jedan od najčvršćih priključnih sastava.

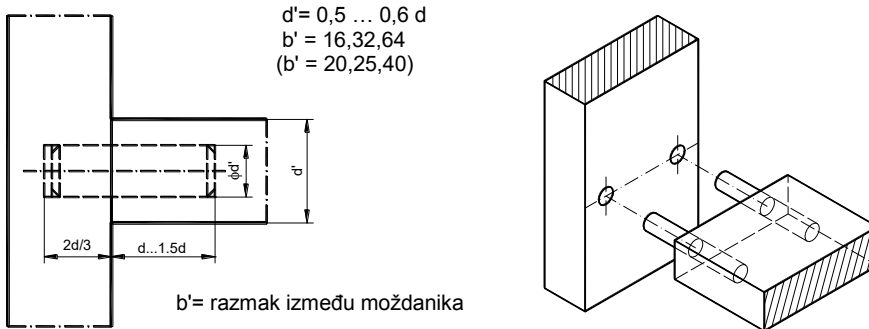
Kod ručne izrade utor i pero se mogu izraditi suženi u obliku klina, gdje je širina utora na kraju 1 ... 2 mm uža, te je moguće tijesno zaklinjenje.



**Slika 5.6.-3** Kutno trokrako plošno sastavljanje s ravnim utorom i umetnutim perom

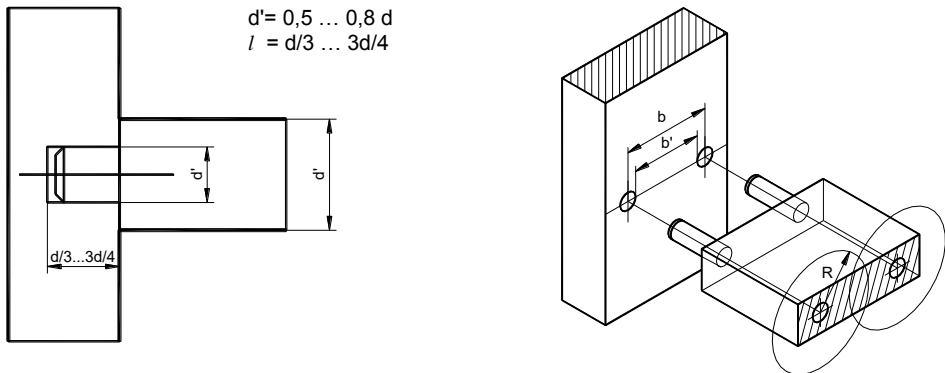
Na stranicama se izrađuje utor na horizontalnim glodalicama te povlačnim ili podstolnim pilama, dok se utor na čelima pravi glodalicama. Pero je od furnirske

ploče ili masivnog drva. Smjer vlaknaca pera je povoljniji ako je okomit na utor, ali je takva pera u cijelosti teže izraditi.



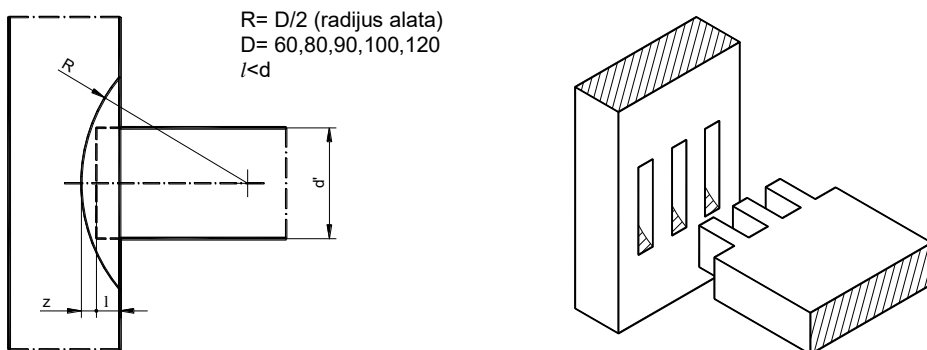
**Slika 5.6.-4** Kutno trokrako plošno sastavljanje s moždanicima

Sastavljanje ulijepljenim moždanicima ima prednost zbog jednostavnosti obrade koja se sastoji od bušenja iskrojenih obradaka i lijepljenja moždanika standardnih dimenzija. Kod širokih obradaka ne smiju se sastavljati obraci s međusobnom razlikom u vlazi većom od 3 % da se izbjegne mogućnost grešaka zbog naknadnog utezanja npr. pukotine uz čela.



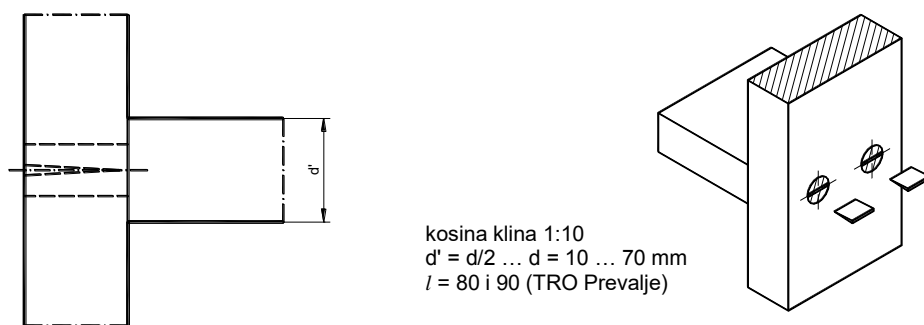
**Slika 5.6.-5** Kutno trokrako plošno sastavljanje glodanim okruglim čepovima

Za razliku od ulijepljenog čepa – moždanika, kod ovog sastava čepovi se glođu na čelnim rubovima međuobratka cilindričnim ili pločastim glodalima. Pločasta glodala s rupom u sredini mogu se postaviti na bušilice, na kojima se po istom rasporedu buše rupe na stranice. Najveća prednost sastava je u odnosu na ulijepljeni moždanik što je  $d = d'$ . Vanjski promjer glodala određuje najmanji razmak čepova  $b'$ . Izrađuju se radne skupine s 4 ... 6 vretena  $d' = 8 \dots 12$  mm za sastave na ladicama i sl. Obrada čepova cilindričnim svrdlima iziskuje dodatnu obradu čelne sljubnice. Sastav se rabi kod ladicica, raznih okvira za masivni namještaj, kod sastavljanja sitnog komadnog namještaja i igračkaka.



**Slika 5.6.-6** Kutno trokrako plošno sastavljanje ravnim zupcima u glodanim utorima

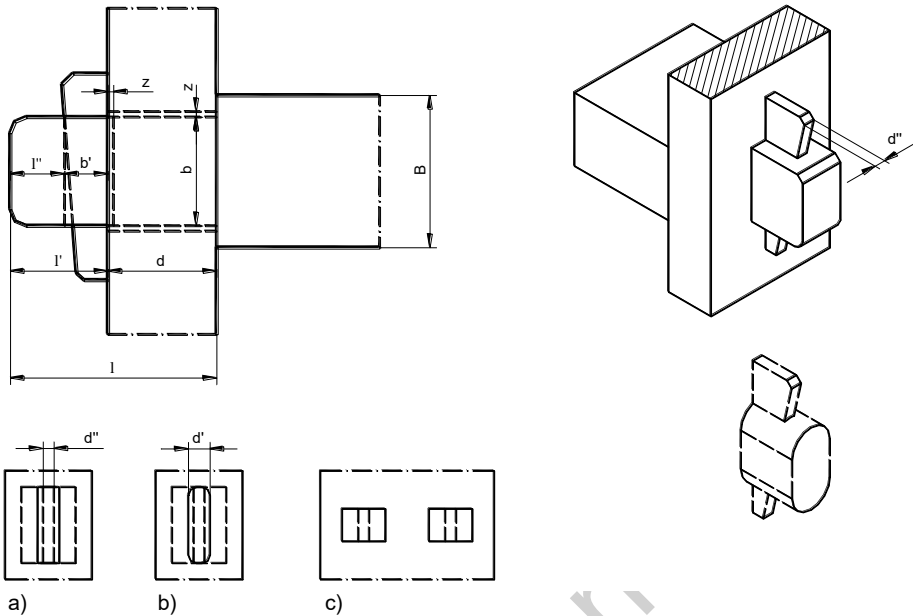
Ravni zupci i utori izrađuju se ravnim slogom glodala u dvije izvedbe. Kod prve je dubina utora manja od debljine stranice  $d - (l + z)$ , dok u drugoj izvedbi utor izlazi na drugoj strani obratka, a visina zubaca je jednaka debljini obratka  $l = d$ . Kod ovog načina sastavljanja sve međuokvirnice mogu biti jednake. Primjena sastava je kod raznih nevidljivih okvira, npr. tapetarskih proizvoda, zidnih i stropnih obloga, podova za krevete itd. Sastav se kombinira s L-sastavima s ravnim zupcima.



**Slika 5.6.-7** Kutno trokrako plošno sastavljanje okruglim čepovima uklinjenim izvana

Ovo je slično kao 5.6.-5, samo su čepovi većih dimenzija  $d' = 10 \dots 70$  mm. Radi povećanja čvrstoće na čepu se izrađuje propiljak do 2 mm za uljepljivanje klina.

Rabi se kod nožišta stolova, klupa, ograda, ljestvi, stuba, raznih međuokvirnica i dr.



**Slika 5.6.-8** Kutno trokrako plošno sastavljanje produženim zaklinjenim čepom izvana a) četvrtasti, b) zaobljeni i c) dvostruki čep

Podužne ili proširene rupe izrađuju se na stranicama oscilirajućom dubilicom ili lančanom glodalicom kao pravokutne rupe, slika 5.6.-8a, odnosno oscilirajućim bušilicama ili nadstolnim glodalicama kao zaobljene – ovalne rupe, slika 5.6.-8b. Na međuobratku se obostrano obrade čepovi prema obliku rupe: pravokutni na čeparici ravnih čepova ili zaobljeni na čeparici zaobljenih čepova.

Dužina čepa  $l$  uskladi se s mogućnostima alata i potrebama čvrstoće sastava koja je u vezi s dimenzijama elemenata sastava. Širina čepnjaka  $B = 2 \dots 4d$ ; dužina čepa  $l = d + l'$ , dužina čepa izvan stranice  $l' = l'' + b'$ ; prosječna širina klina  $b' = 20 \dots 50$  mm; slobodni istak čepa  $l'' = d \dots 2d$ ; debljina čepa  $d' = 3d''$ ; širina rupe za klin  $d'' = 6 \dots 18$  mm. Kod proširene je rupe širina čepa znatno veća od njegove debljine, te navedene preporuke ovdje ne važe.

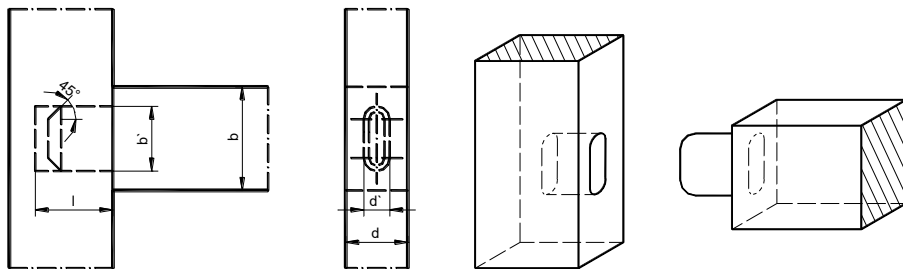
Kod vrlo širokih čepnjaka mogu se izraditi na svakoj strani po dva sastava, tzv. dvojni zaklinjeni čep, slika 5.6.-8c. Primjena sastava je najčešća kod nožišta rustikalnih stolova, stolica i ormara. Klinovi mogu biti i polukružnih oblika, te se mogu postavljati i horizontalno. Postoje i tzv. "lažna zaklinjenja" kod kojih su prečke pritegnute vijcima, a klinovi služe kao ukras.

### Kutno trokrako bočno sastavljanje

Ova skupina T-sastava u praksi se često nalazi kao sastavi okvira a pretežno dolazi u kombinaciji s bočnim L-sastavima kod konstrukcija okvira. Dimenzioniranje sastavnih elemenata slično je ranije opisanim L-sastavima. Za razliku od načina sastavljanja četvrtaca, tj. okvirnica pravokutnog presjeka kao i

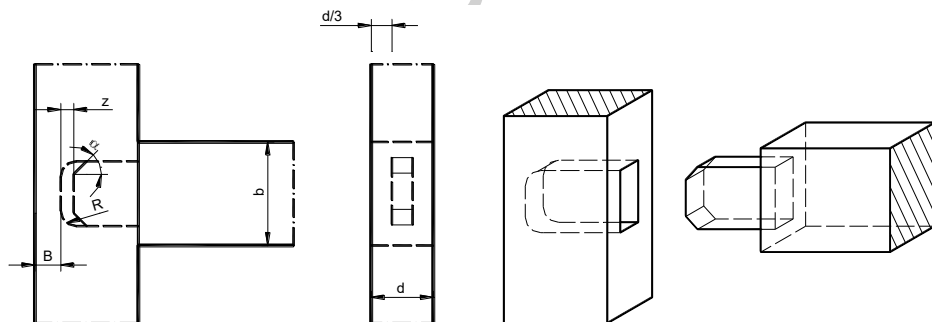


tokarene okvirnice uglavnom kružnog presjeka razlikuju se u načinu priključivanja. Ovdje je potrebno čelne sljubnice horizontalnih obradaka prilagoditi tokarenom obliku vertikalne ili kose okvirnice s upustima za plosnate ili zaobljene čepove ili s jedno i dvostepenim rupama za okrugle čepove. Tokareni dijelovi često se lakiraju prije izrade upusta i rupa, stoga je potrebno prilagoditi način sastavljanja spojevima čijom izradom se neće oštetiti obradak.



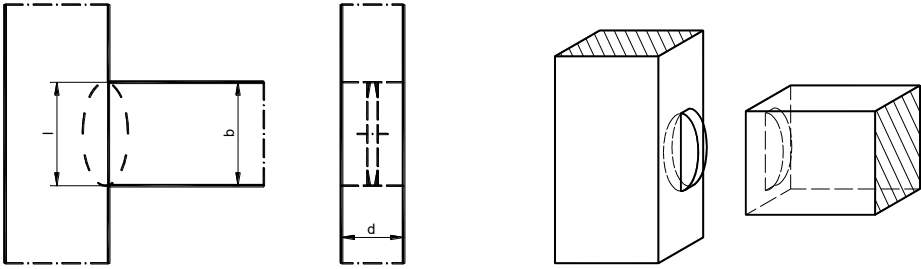
**Slika 5.6.-9** Kutno trokrako bočno sastavljanje zaobljenim čepom u podužnoj rupi

Podaci kao u opisu 5.5.-37.



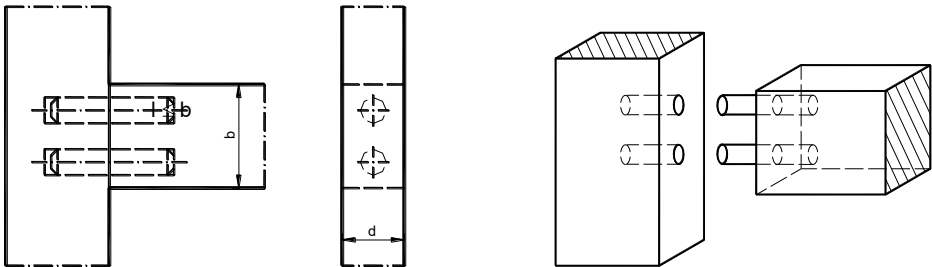
**Slika 5.6.-10** Kutno trokrako bočno sastavljanje pravokutnim čepom u dubljoj ili glodanoj rupi

Podaci kao u opisu 5.5.-36.



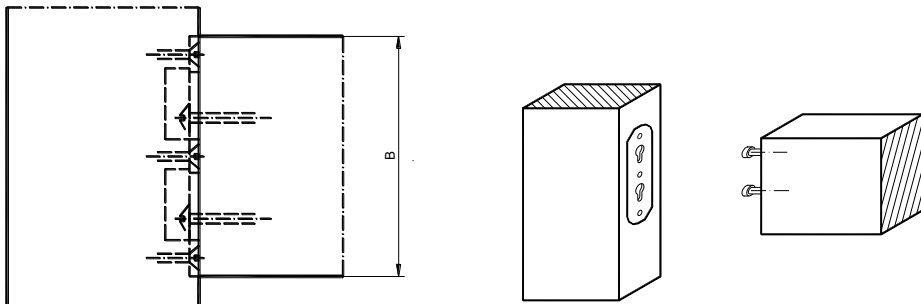
**Slika 5.6.-11** Kutno trokrako bočno sastavljanje lamelastim umetkom

Podaci kao u opisu 5.5.-54.



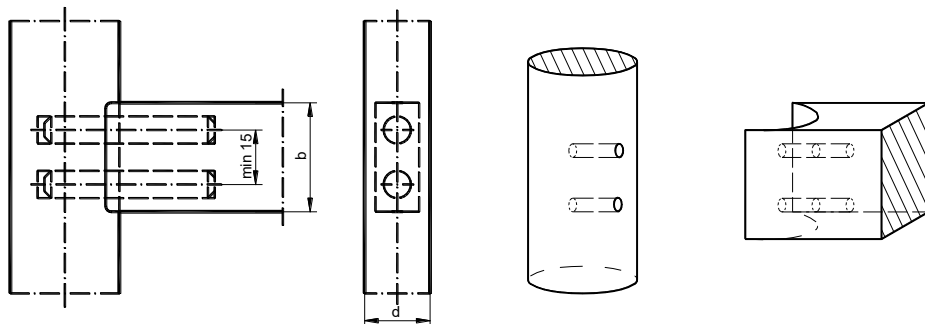
**Slika 5.6.-12** Kutno trokrako bočno sastavljanje ulijepljenim moždanicima

Podaci kao u opisu 5.5.-45.

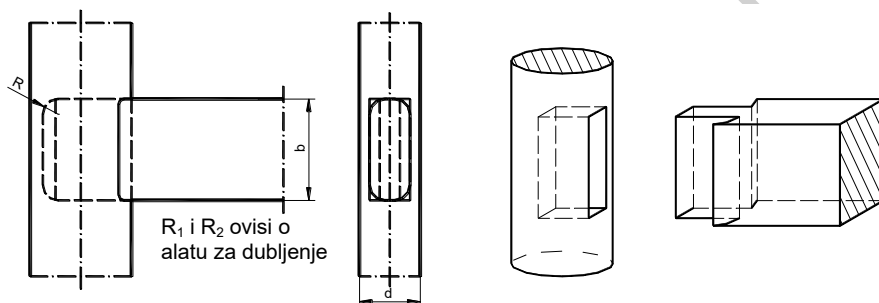


**Slika 5.6.-13** Kutno trokrako bočno sastavljanje okovima i veznim elementima

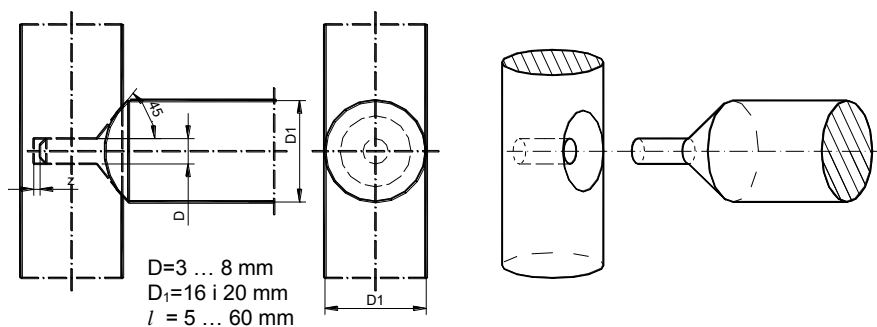
Razni dobavljači okova za namještaj imaju u svojim ponudama brojna rješenja za povezivanje drvenih dijelova i sklopova. Rješenje na slici zahtijeva način povezivanja vijcima za drvo s poluokruglom glavom koji se upuštaju u ušice limenog držača.



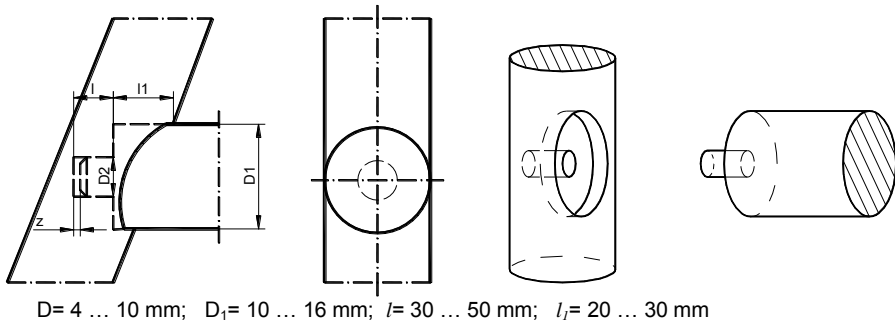
**Slika 5.6.-14** Kutno trokrako bočno sastavljanje tokarenih dijelova moždanicima



**Slika 5.6.-15** Kutno trokrako bočno sastavljanje tokarenih dijelova pravokutnim čepom u dubljenoj rupi



**Slika 5.6.-16** Kutno trokrako bočno sastavljanje tokarenih dijelova okruglim čepom i rupom sa skošenim upustom



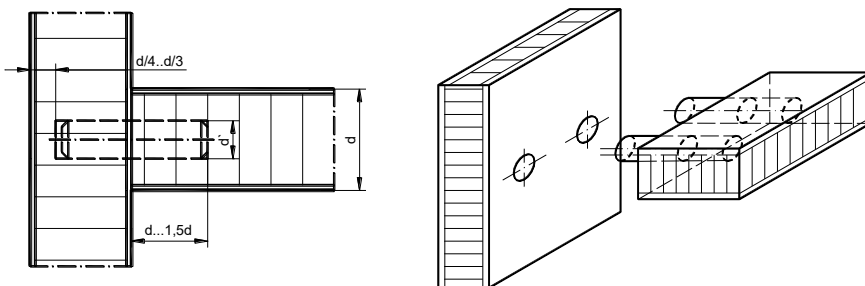
**Slika 5.6.-17** Kutno trokrako bočno sastavljanje tokarenih dijelova okruglim čepom i dvostrukom rupom različitih promjera

### 5.6.2. Kutno trokrako sastavljanje drvnih materijala – ploča T-2D

Kod sastavljanja ploča postoji veća mogućnost primjene L-kutnih sastava za trokrako sastavljanje nego kod cjelovitog drva.

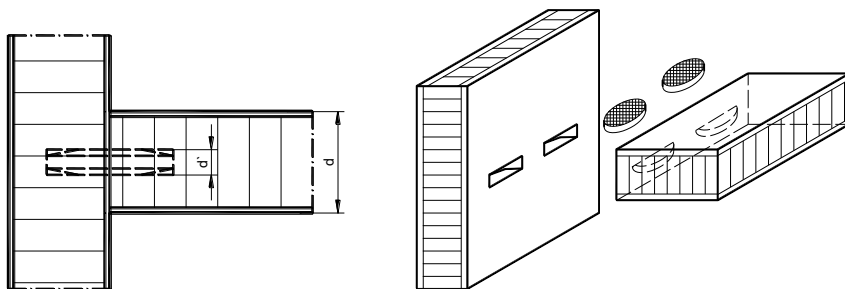
Vezni element za povezivanje stranica i međustranica međupodovima i međustropovima jest dvostrani svornjak. Prednost ovog okova je mogućnost naknadnog postavljanja tih sklopova, kada je osnova korpusa sastavljena. Sastoji se od podložne pločice kao nosača police koji se učvršćuje na vertikalnu stranicu, dok se prihvatni uložak sa steznim uloškom postavlja s donje strane police ili međustropa. Kod modela prihvatni stezni uložak se postavlja na jednostrani svornjak koji je uvijen u vertikalni nosač. Namijenjen je opterećenijim policama, te je prihvatni uložak pojačan jednim moždanikom. Kombinacije primjene mogu se proširiti raznim varijantama svornjaka i uložnih matica.

#### Kutno trokrako plošno sastavljanje



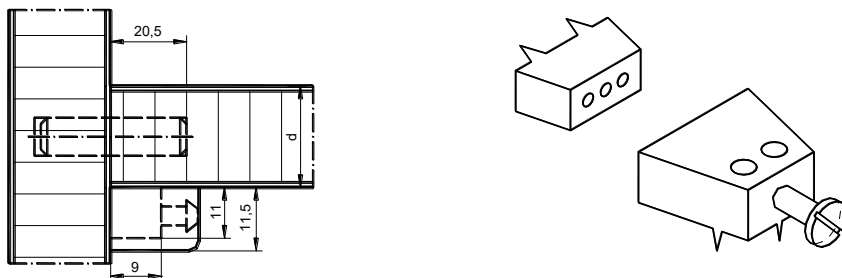
**Slika 5.6.-18** Kutno trokrako plošno sastavljanje uljepljenim moždanicima

Podaci kao u opisu 5.5.-23.



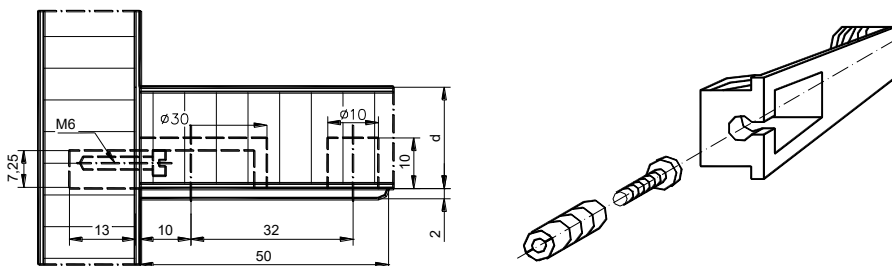
**Slika 5.6.-19** Kutno trokrako plošno sastavljanje ulijepljenim lamelastim umecima

Podaci kao u opisu 5.5.-65.



**Slika 5.6.-20** Kutno trokrako plošno sastavljanje s pribitnim držačem i učvršnim vijkom u navojnom uvijenom podlošku

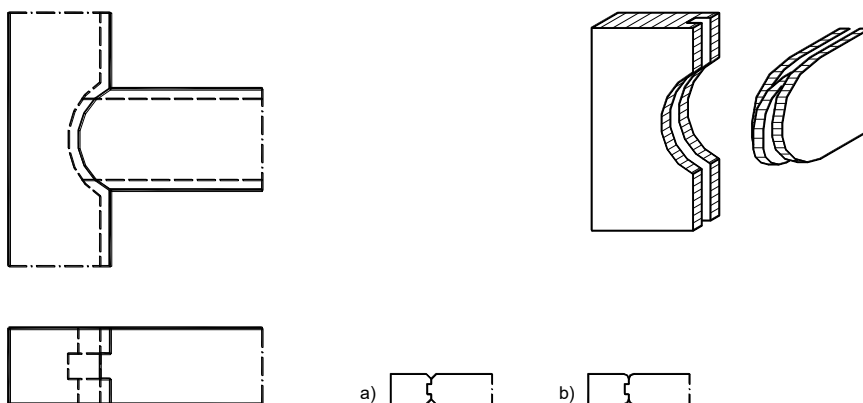
Podaci kao u opisu 5.5.-80.



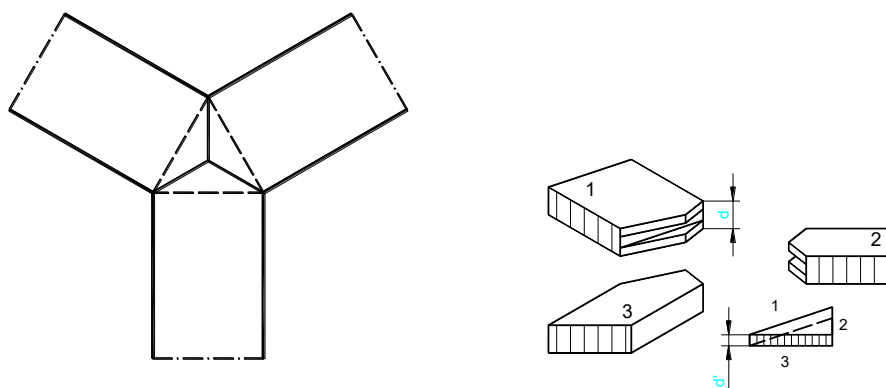
**Slika 5.6.-21** Kutno trokrako plošno sastavljanje s upuštenim plastičnim držačem s moždanikom i vijkom u navojnom ulošku

## Kutno trokrako bočno sastavljanje

Spajanje i povezivanje T-sastava dijelova i sklopova drvnih ploča kao što su ploče iverice, vlaknatice, drvonitne i plošnoiverne ploče (IT, MDF, FH, OSB) može se provesti prema ranijim predlošcima za cjelovito drvo 5.5.-45 ...5.5.-54, kao i za ploče od usitnjelog drva 5.5.-87...5.5.-89.



**Slika 5.6.-22** Kutno trokrako bočno sastavljanje s utorom i perom uz zakrivljeni sjub, a) sa skošenim bridom b) sa zaobljenim bridom



**Slika 5.6.-23** Kutno trokrako bočno sastavljanje s tri sastavna elementa na utor i trokutni umetak od furnirske ploče debljine  $d/3$ .

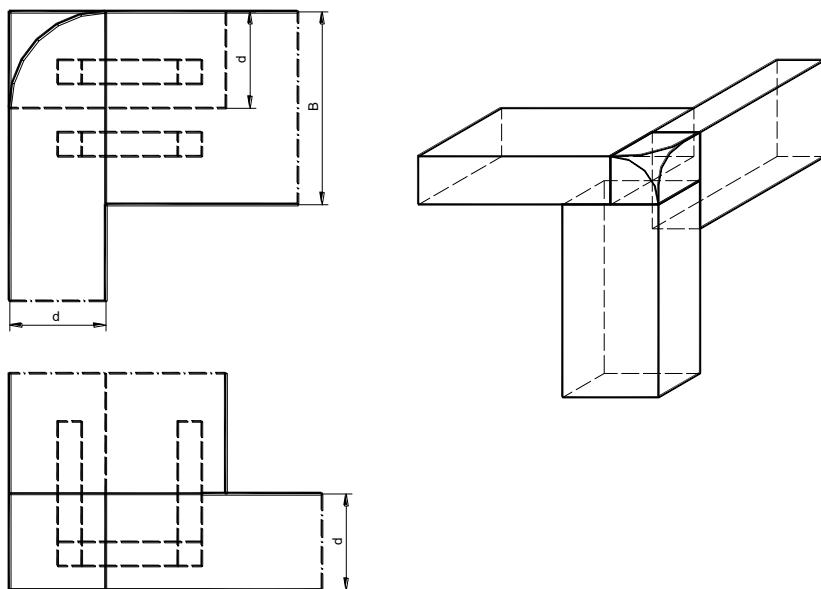
## 5.7. KUTNO TROKRAKO PROSTORNO SASTAVLJANJE - Y

Kutno trokrako prostorno sastavljanje ili Y-sastavi izrađuju se pri sastavljanju 3 sastavna dijela Y-3D u tri različita pravca. Nazivaju se i sastavi s vertikalnim nosačem. Njihova je primjena najčešća u proizvodnji namještaja za sjedenje kao što su nožišta stolaca, stolica, naslonjača i klupa, zatim postolja stolova, nožišta namještaja za odlaganje i pohranu i dr.

### 5.7.1. Kutno trokrako prostorno sastavljanje cjelovitog drva – masiva Y-3D

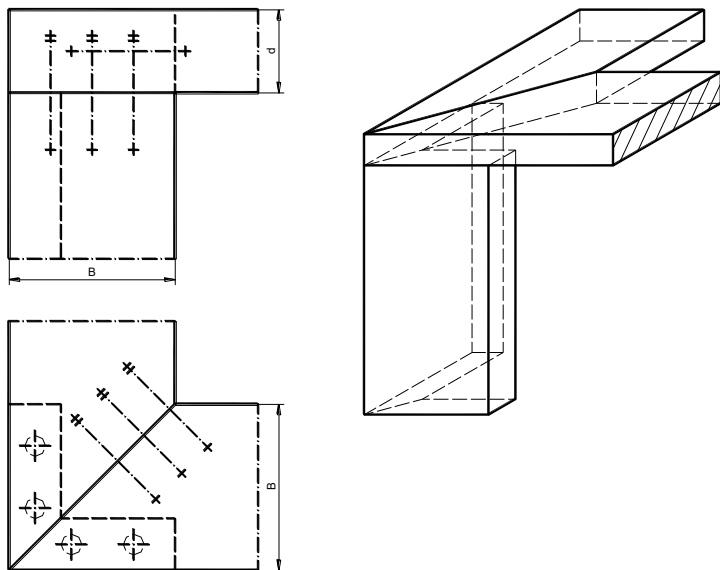
Porastom primjene uslojenih ploča – lameliranih od cjelovitog drva porasla je potreba za konstrukcijskim rješenjima sastavljanja bočnih i plošnih sastava tehnikom spajanja.

#### Kutno trokrako plošno sastavljanje



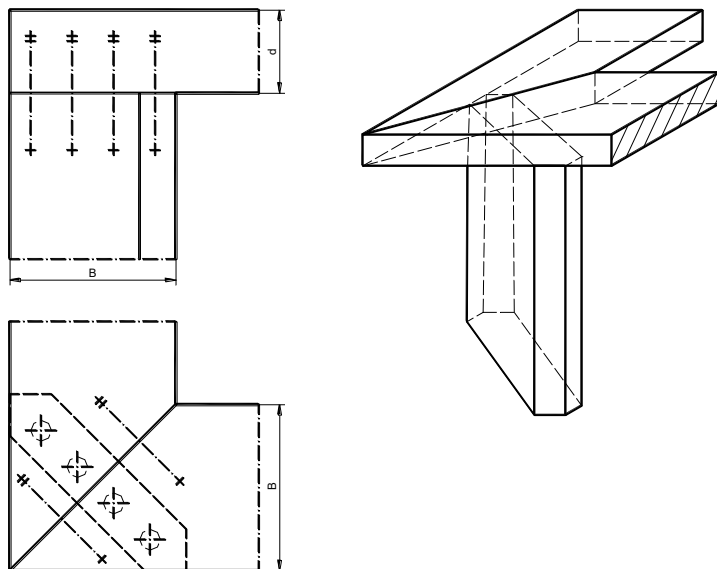
**Slika 5.7.-1** Kutno trokrako plošno sastavljanje ulijepljenim moždanicima kružnog ili kvadratičnog presjeka.

Za bušenje četvrtastih rupa potrebna je posebna bušilica s mogućnosti bušenja i zasijecanja.



**Slika 5.7.-2** Kutno trokrako plošno spajanje ulijepljenim moždanicima u kosi sljub te ravno sučelje uspravnog sklopa.

Primjenjuje se kod stolica i pročelja malih ormara.



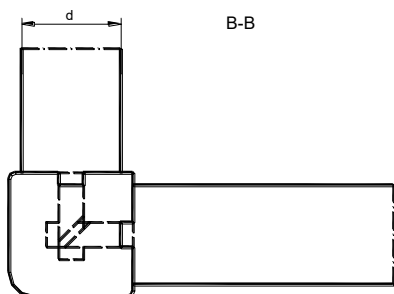
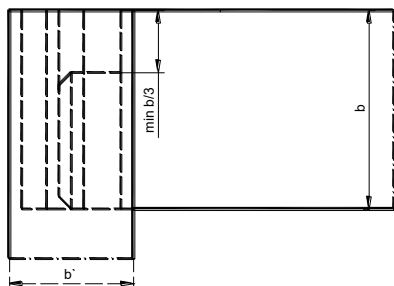
**Slika 5.7.-3** Kutno trokrako plošno spajanje ulijepljenim moždanicima kosim sljubom, i ravnim sučeljem uspravnog dijela

Primjenjuje se kod malih stolica u dodano učvršćenje police ili prečke u postolju.



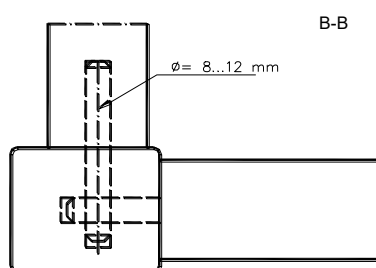
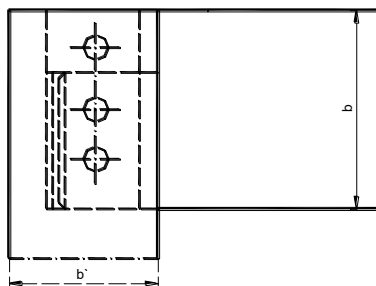
## Kutno trokrako bočno sastavljanje

Kutno trokrako bočno sastavljanje obuhvaća sastave gdje su tri sastavna dijela spojena ili povezana u prostorno složenu konstrukciju uz bočne ili čelne rubove. Jedan od dijelova obično služi kao vertikalni nosač. Ovaj način sastavljanja najčešća je kombinacija ranije prikazanih L-bočnih sastava u poglavlju 5.5.



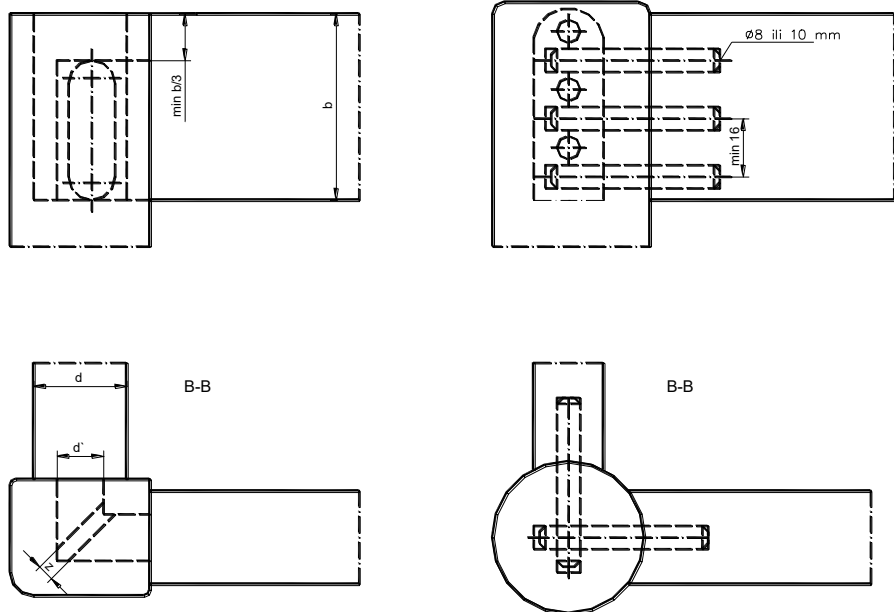
**Slika 5.7.-4** Kutno trokrako bočno sastavljanje pravokutnih sučelja sa zaobljenim koso prikraćenim čepom u podužnim rupama

Primjenjuje se pri spajanju okvirnica nožišta stolova, stolica i ostalog namještaja.



**Slika 5.7.-5** Kutno trokrako bočno sastavljanje pravokutnih užljebljenih sučelja s moždanicima i tokarenim dijelom naizmjenično izbušenim rupama

Primjenjuje se pretežno kod nožišta i postolja s tokarenim dijelovima.

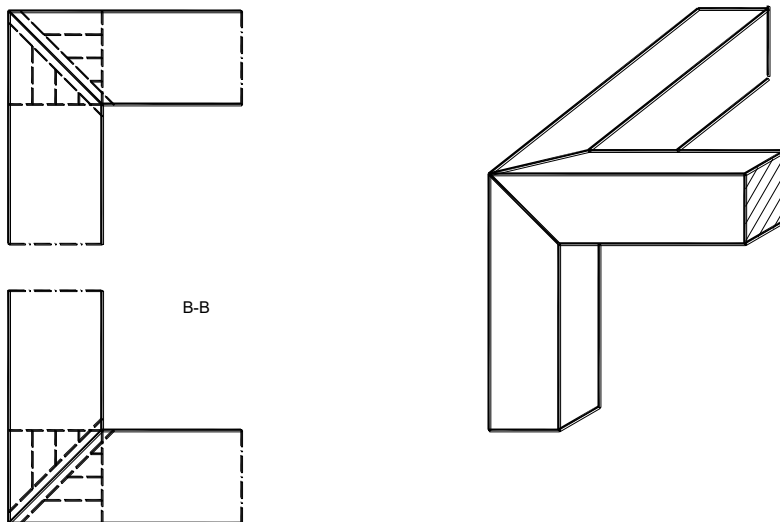


**Slika 5.7.- 6** Kutno trokrako bočno sastavljanje pravokutnim čepom s dočepom u dubljenoj ili glodanoj rupi

Primjenjuje se pretežno kod nožišta i postolja radnih stolova.

**Slika 5.7.- 7** Kutno trokrako bočno sastavljanje zaobljenim čepom u podužnoj rupi u kombinaciji s prodorom moždanika ulijepljenih u drugu okvircicu

Ova kombinacija daje vrlo čvrste spojeve kod stolova i stolica.

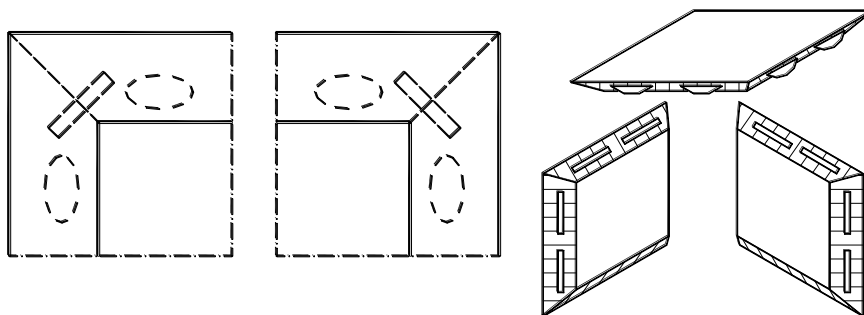


**Slika 5.7.- 8** Kutno trokrako bočno sastavljanje na kose sljubove malim klinastim zupcima izrađenim na glodalicama.

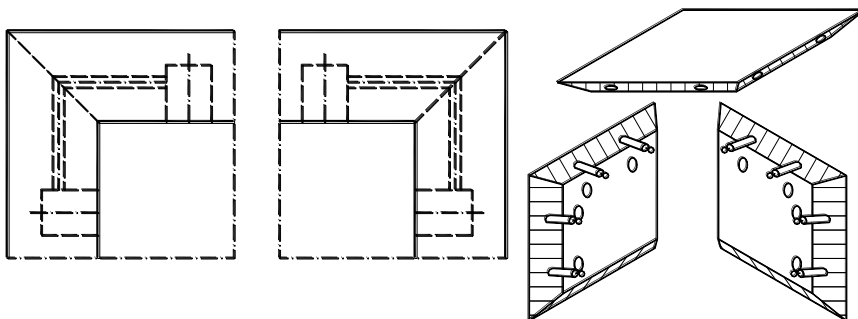
### 5.7.2. Kutno trokrako prostorno sastavljanje drvnih materijala – ploča Y-3D

Ugaono sastavljanje s vertikalnim nosačima kod ploča uglavnom se razlikuje, jer se ovdje javljaju Y-oblici u bočno plošnom položaju. Ovi se sastavi primjenjuju kod cjelovitog drva ili kod kombinacija s drvnim pločastim materijalima. Ploče se pretežno sastavljaju veznim elementima, tj. raznim vijcima i okovima u kombinaciji s moždanicima od drva ili plastike. Oblikovanje i dimenzioniranje sastava izvodi se prema vrsti opterećenja, položaju u prostoru i njihovoj veličini.

#### Kutno trokrako plošno sastavljanje

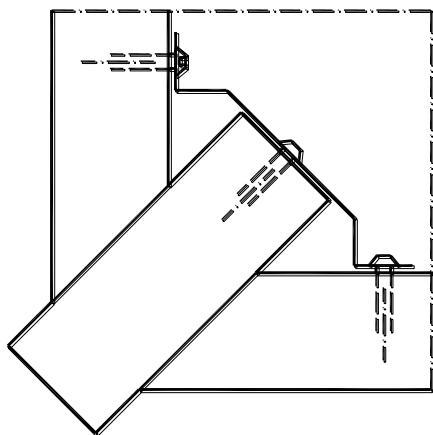
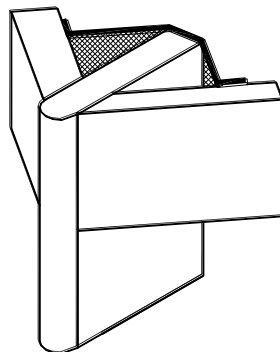
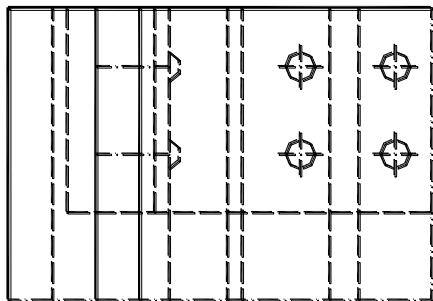


**Slika 5.7.-9** Kutno trokrako plošno sastavljanje na sljub od 45° s ulijepljenim lamelastim umecima



**Slika 5.7.-10** Kutno trokrako plošno sastavljanje kosim sljubom od  $45^\circ$  s dvokrakim pravokutnim svornjacima i zakretnim steznim ulošcima

### Kutno trokrako bočno sastavljanje



**Slika 5.7.-11** Kutno trokrako bočno sastavljanje pravokutnog nosača s kosim sljubom okvirnica, veznim limom i vijcima za drvene ploče

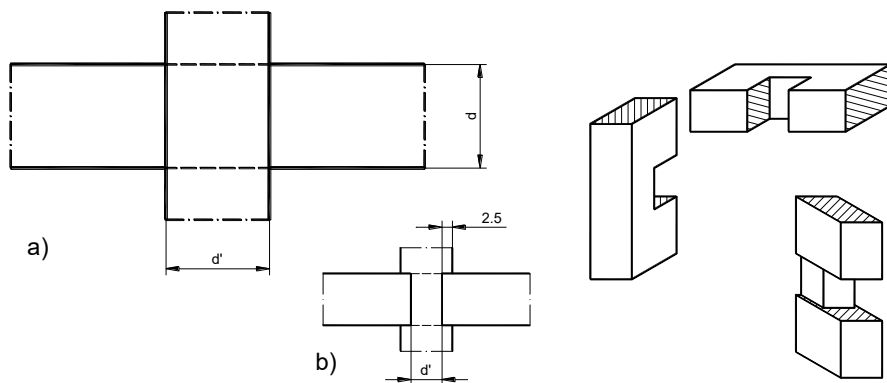
## 5.8. KUTNO ČETVEROKRAKO SASTAVLJANJE - X

Kutno četverokrako sastavljanje u ravnini ili križno sastavljanje s oznakom X razlikuju se po broju sastavnih dijelova, a time i prema konstrukcijskim oblicima plošnih i bočnih sastava. Razlikujemo sastave s dva, tri i četiri sastavna dijela ili sklopa.

### 5.8.1. Kutno četverokrako sastavljanje cjelovitog drva – masiva

Plošno križni sastavni oblik najčešće dolazi u sklopovima u kombinaciji s T i L – sastavima. Križno sastavljanje cjelovitog drva karakteristično je za relativno uske ubratke. Na točnost dimenzija i oblika sastavljenih sklopova znatno utječu nekontrolirane tolerancije i veći sadržaj vlage od dopuštenog. To posebno vrijedi za sklopove sa više uzastopnih križnih sastava o kojima ovisi apsolutna vrijednost odstupanja.

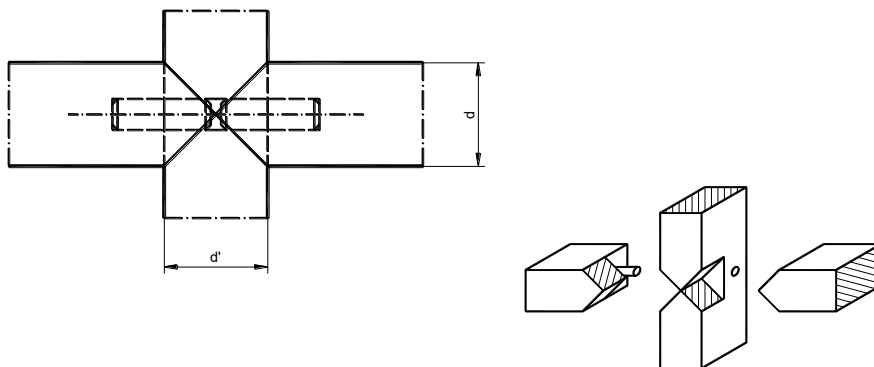
#### Kutno četverokrako plošno sastavljanje cjelovitog drva



**Slika 5.8.-1** Kutno četverokrako plošno sastavljanje na križni preklap s ravnim sučeljem

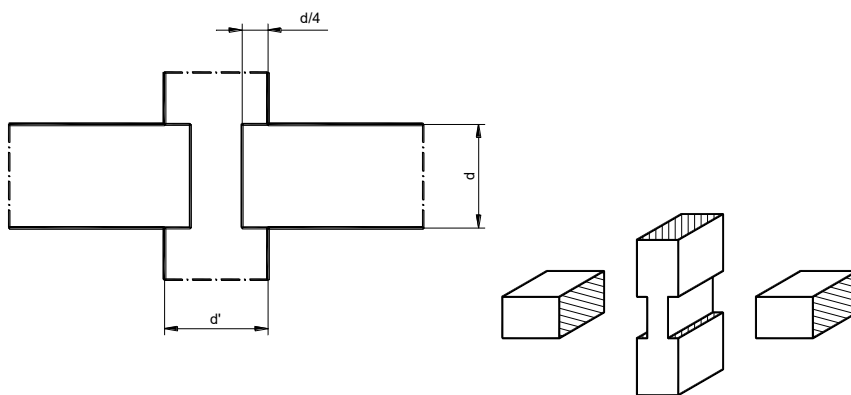
Utori za križno sastavljanje preklapanjem izrađuju se na horizontalnim glodalicama ili specijalnim višelisnim pilama, a iznimno na povlačnim pilama zbog manje točnosti obrade. Kod običnog križnog preklopa slika 5.8.-1a, širina utora je jednaka debljini drugog obratka  $d'=d$ . Kod širokih ili plošno opterećenih elemenata dodatno se obostrano izrađuje utor dubine 2 ... 5 mm, te se naziva jednostrano suženim križnim preklopom, slika 5.8.-1b.

Sastav se koristi u izradi "sačastih" ispuna za debljinski lijepljene konstrukcije (puna vrata, pregradne izolacijske stijene, regali i sl.).



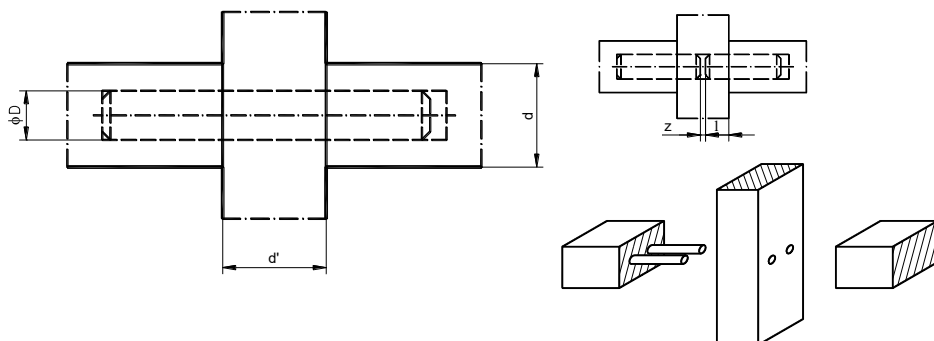
**Slika 5.8.-2** Kutno četverokrako plošno sastavljanje s dvije međuokvirnice s kosim sučeljima i moždanicama u upust na okvirnici

Sastavljanje se sastoji u bušenju obradaka za moždanike, te jednostranom ili dvostranom uljepljivanju moždanika u rupe na čelnim rubovima. Kod tanjih međustranica mogu se primijeniti duži moždanici koji zahvaćaju sva tri obratka, ili ulijepljeni u svaki međuobradak ali s naizmjenično izbušenim rupama na međustranici. Ovdje su dubine rupa nešto manje od debljine međustranice. Kod debljih međustranica moždanici su ulijepljeni u međuokvirnice simetrično, te se sastaju u sredini međustranice. Dužina moždanika izvan međuobratka iznosi  $d/2 - z/2$ . Sastav se koristi za sastavljanje dovratnika ormara i stolova, međupodova ili međustropova korpusa ormara, regala, pregradnih stijena i sl.



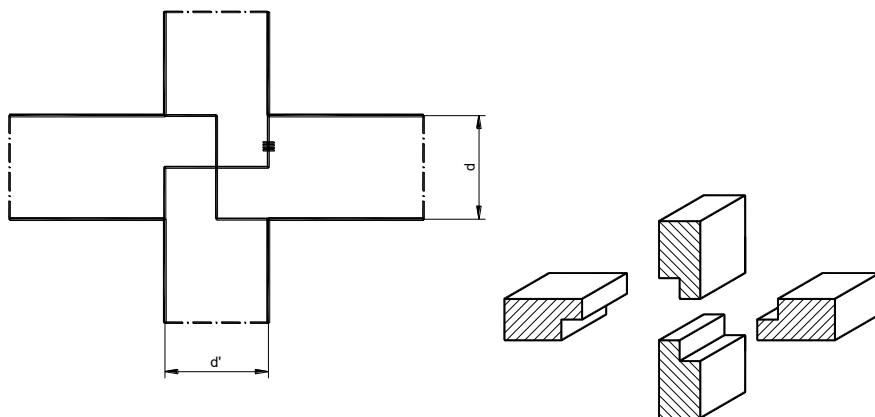
**Slika 5.8.-3** Kutno četverokrako plošno sastavljanje s dvije međuokvirnice u pravokutnim otvorima okvirnica

Izvedba i primjena ovog sastava odgovara već ranije opisanom koji se izrađuje u tri opisane inačice. Dvostrani ravni utor dolazi na međustranicama, međupodovima ili međustropovima ormara ili drugih proizvoda. Učvršćuje se kutnim sponkama ili lijepljenjem.



**Slika 5.8.-4** Kutno četverokrako plošno sastavljanje s dvije međuokvirmice s jedno ili dvostrano ulijepljenim moždanicama na čelnim rubovima

Izvedba i primjena sastava odgovara opisanom sastavu 5.8.-2. Raspored rupa može biti simetričan, tada se uljepljuju drugi moždanici jednostrano ili nasuprotno dvostrano u međuobratku, i to tako da je dužina ulijepljenog moždanika izvan obratka  $l \approx d'/2 - z/2$ . Raspored rupa može biti asimetričan, tada se moždanici uljepljuju naizmjenično, a dužina je moždanika izvan obratka  $l \approx 2d'/3 \dots 3d'/4$ .



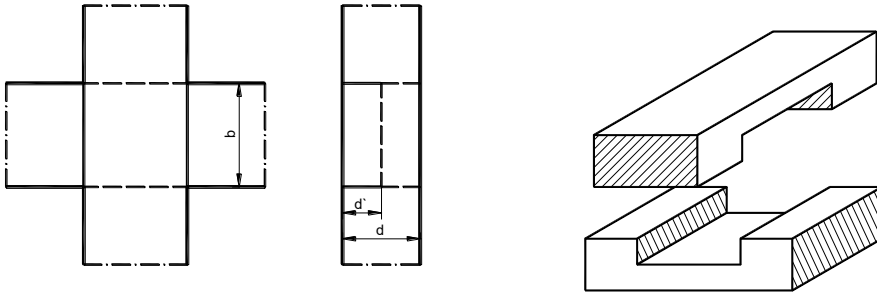
**Slika 5.8.-5** Kutno četverokrako plošno sastavljanje u poluutore na bočnim rubovima s četiri sastavna dijela.

Slijepljeni križni stupovi pogodni su za postolja stolova i druge vertikalne nosače.

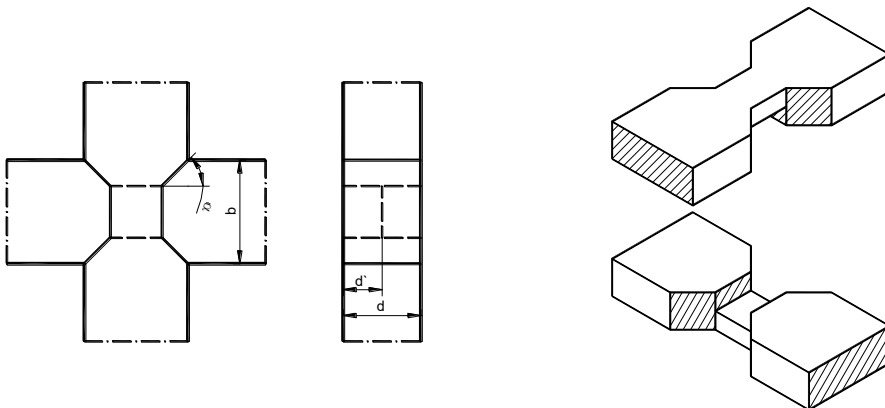
## Kutno četverokrako bočno sastavljanje cjelovitog drva

Križno sastavljanje ili X-sastavi koriste se u konstrukcijama višedijelnih okvira koji su podijeljeni međuokvirnicama. Križni sastavi se izrađuju kao preklopi ili se primjenjuju varijante T-sastava, odnosno položeni sastavi koji su učvršćeni veznim elementima.

Križno sastavljanje profiliranih okvirnica kod ustakljenih vrata ormara uglavnom se izvodi običnim preklapom dubine  $d/2$ . Ako je okvirnica profilirana, dubina preklopa je najviše  $d'=2d/3$ . Kod asimetričnih preklopa potrebno je paziti da ne dođe do čvrstih dosjeda koji uzrokuju krivljenje međuokvirnica. Preklopni profili se izrađuju na horizontalnim glodalicama ili na obracima manjih presjeka na noževima za zasijecanje letvica.

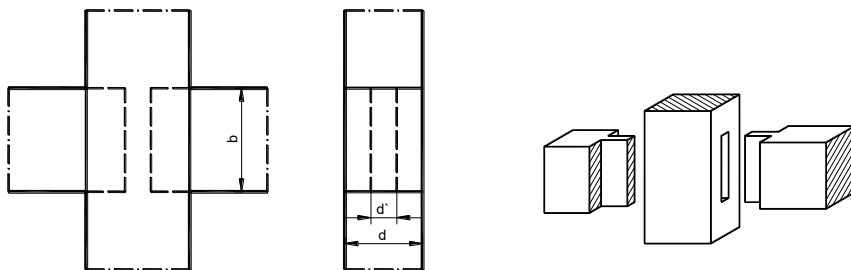


**Slika 5.8.-6** Kutno četverokrako bočno sastavljanje na križni preklop s ravnim sučeljem

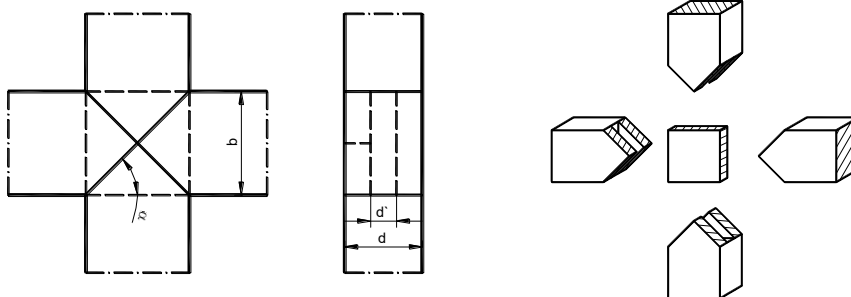


**Slika 5.8.-7** Kutno četverokrako bočno sastavljanje na križni preklop s kosim sučeljem tzv. križni šprljak

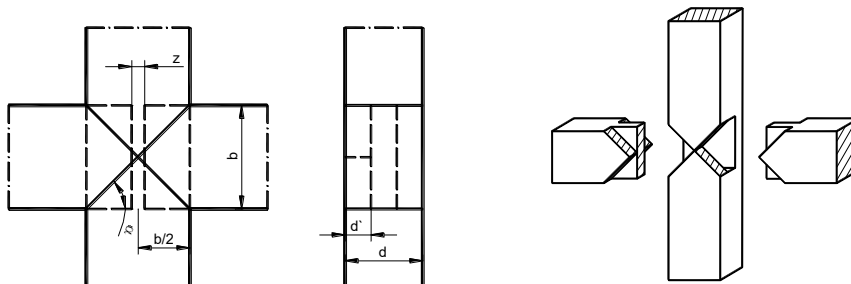




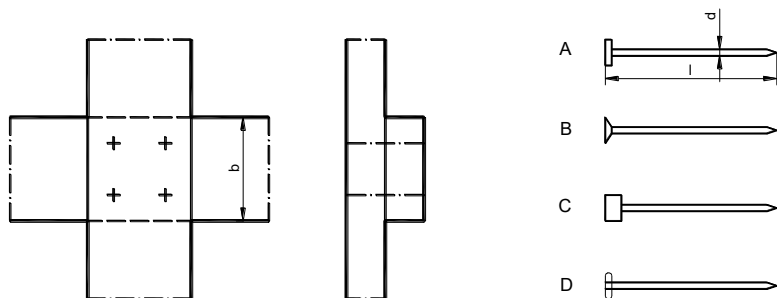
**Slika 5.8.-8** Kutno četverokrako bočno sastavljanje ravnim čepovima na među - okvircama iza okvircica s dubljenim ili glodanim četvrtastim rupama



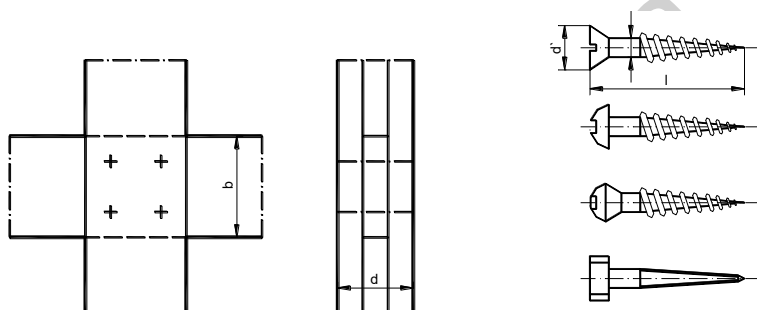
**Slika 5.8.-9** Kutno četverokrako bočno sastavljanje na četiri kosa sučelja s urezom i ulijepljenim kvadratnim umetkom od furnirske ploče  $d' = d/3 \dots d/4$ .



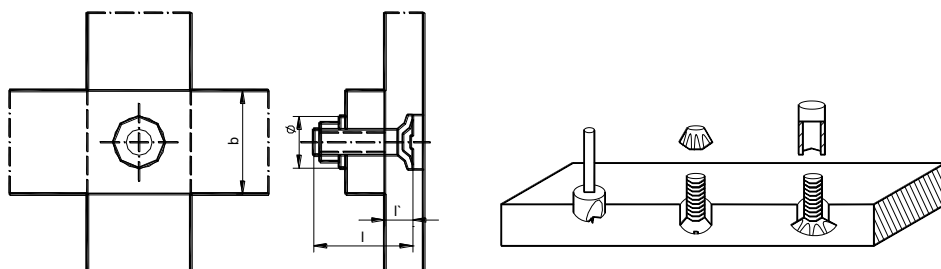
**Slika 5.8.-10** Kutno četverokrako bočno sastavljanje ravnim čepovima na međuokvircama te jednostranim kosim križnim sučeljem



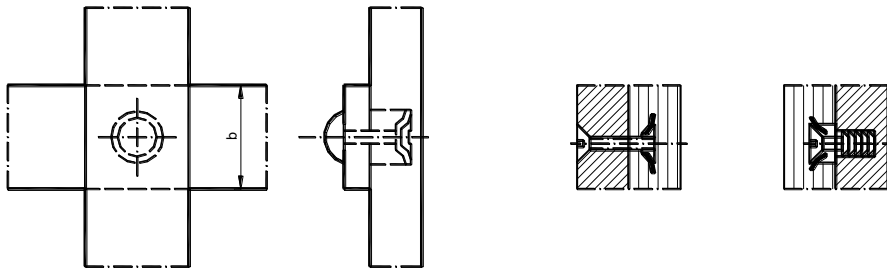
**Slika 5.8.-11** Križno položeni sastav učvršćen veznim elementima i raznim oblicima čavala



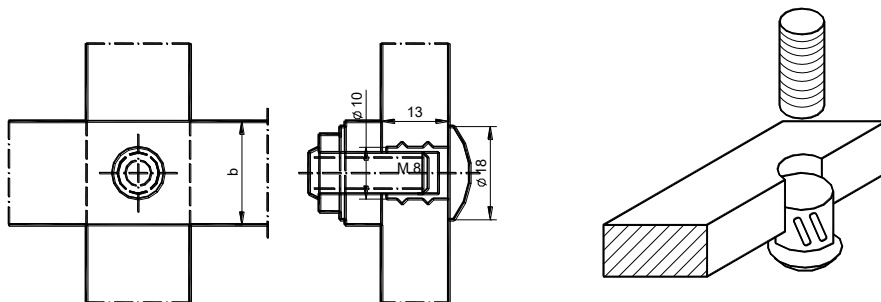
**Slika 5.8.-12** Križno položeni sastav učvršćen veznim elementima – vijcima za drvo



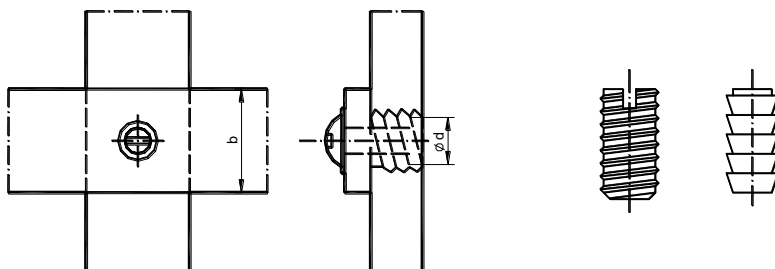
**Slika 5.8.-13** Križno položeni sastav učvršćen maticom na navojnom vijku u "kandža" usidrenoj sponki (Hä)



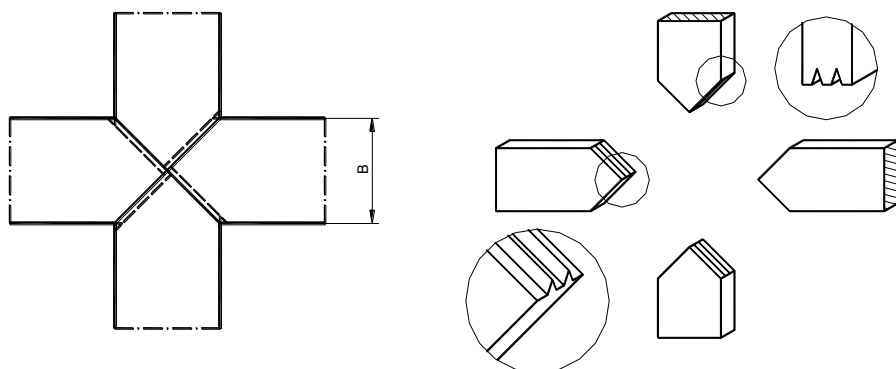
**Slika 5.8.-14** Križno položeni sastav učvršćen zakovanim navojnim vijkom u "kandža" usidrenoj sponki



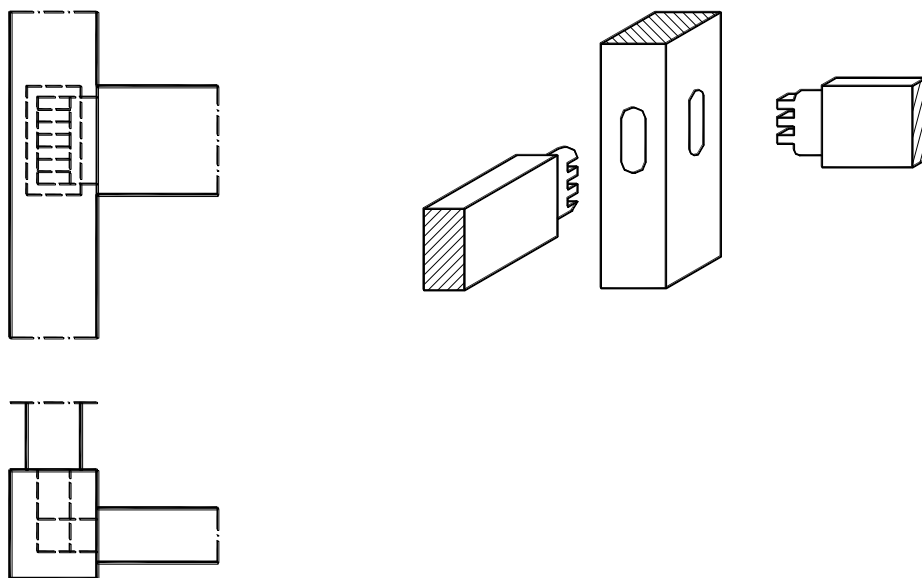
**Slika 5.8.-15** Križno položeni sastav učvršćen navojnim vijkom u matici s ukrasnom kapicom



**Slika 5.8.-16** Križno položeni sastav učvršćen navojnim vijkom u dvonavojnoj matici ili ulošku s navojem, a izvana nazubljenjem



**Slika 5.8.-17** Kutno četverokrako bočno sastavljanje na četiri kosa sučelja od  $45^\circ$  s malim klinastim zupcima



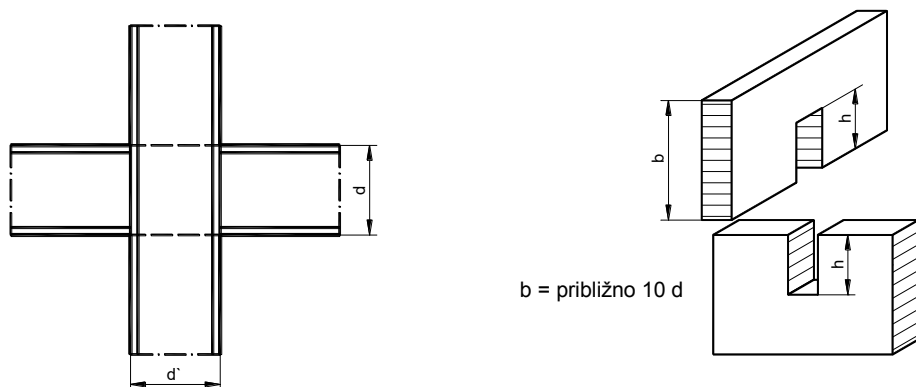
**Slika 5.8.-18** Kutno četverokrako bočno prostorno sastavljanje zaobljenim čepom i ravnim zupcima

Kutno četverokrako bočno prostorno sastavljanje poseban je oblik koji se nastavlja na sastave iz poglavlja 5.7. gdje je opisano trokrako prostorno sastavljanje. Na slici je primjer spajanja nogu i nožišta kod stolica i stolova zaobljenim čepom i ravnim zupcima.

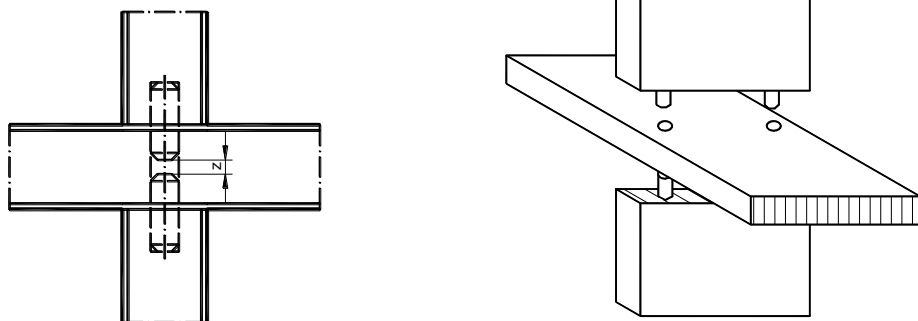
## 5.8.2. Kutno četverokrako sastavljanje drvnih materijala – ploča

### Kutno četverokrako plošno sastavljanje

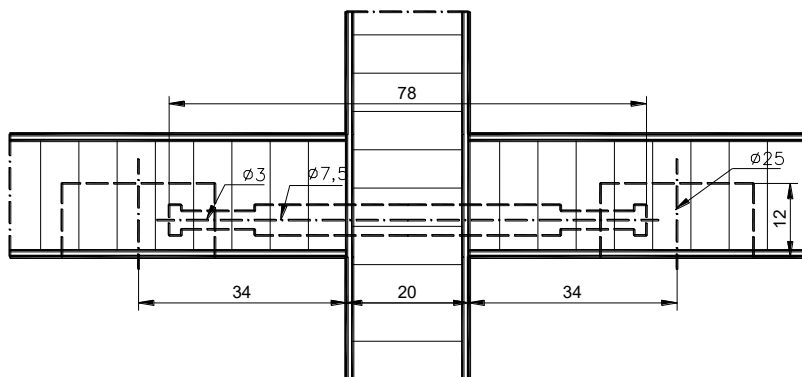
Križno sastavljanje ploča u sklopove iz dva ili tri sastavna dijela vrlo je često pri izradi pretinaca u korpusima ormara za odlaganje, postolja stolova, oblaganju stupova itd. Sastav se još naziva križni plošni preklop.



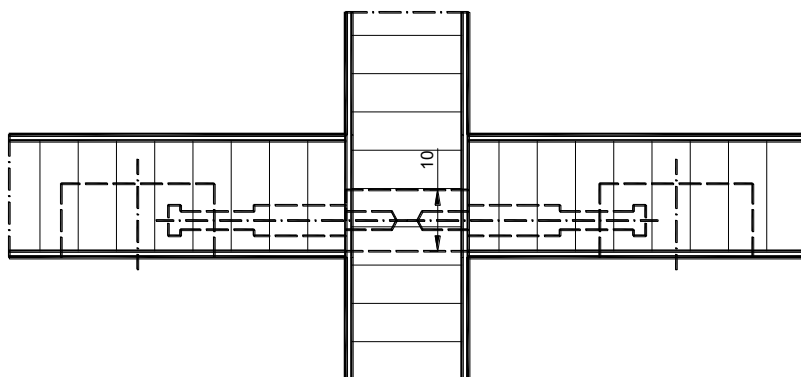
**Slika 5.8.-19** Kutno četverokrako ili križno plošno sastavljanje ploča s dva sastavna dijela



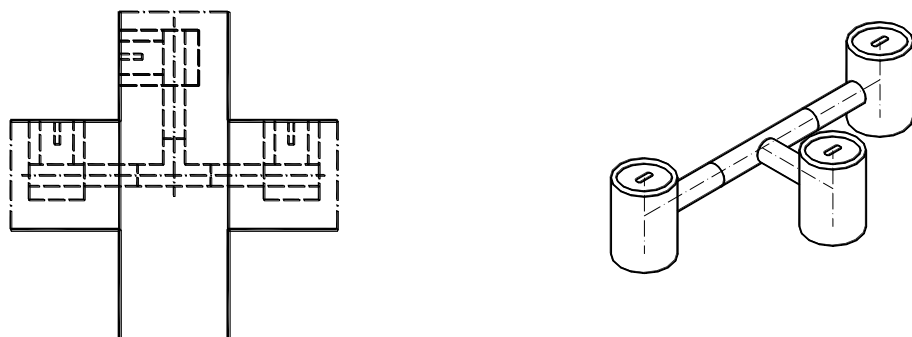
**Slika 5.8.-20** Kutno četverokrako ili križno plošno sastavljanje s tri sastavna dijela učvršćena moždanicima



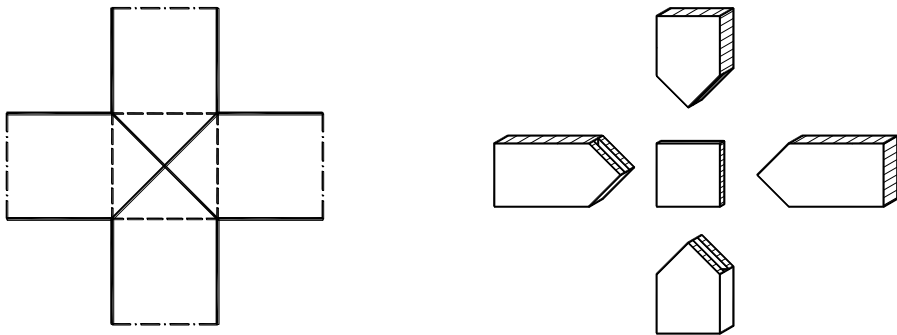
**Slika 5.8.-21** Kutno plošno četverokrako sastavljanje dvostranim svornjakom i zakretnim klinovima u ulošcima



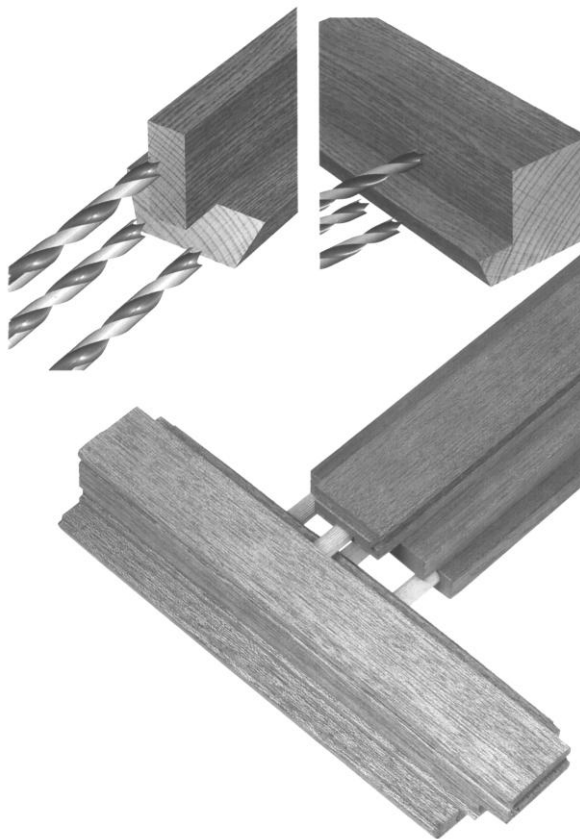
**Slika 5.8.-22** Kutno plošno četverokrako sastavljanje jednostranim svornjacima u navojnom ulošku i upuštenim zakretnim klinovima



**Slika 5.8.-23** Kutno plošno četverokrako sastavljanje s tri elementa trokrakim svornjakom i upuštenim zakretnim klinovima

**Kutno četverokrako bočno sastavljanje**

**Slika 5.8.-24** Kutno četverokrako bočno sastavljanje na četiri kosa sučelja s urezom i ulijepljenim kvadratnim umetkom od furnirske ploče

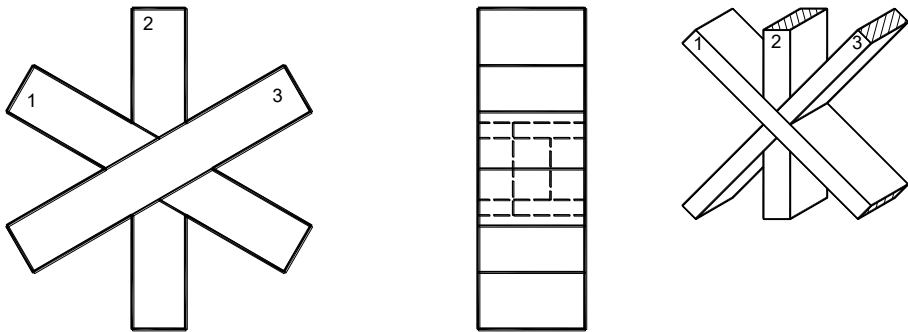


Kutno trokrako - T spajanje profiliranih okvirnica s moždanicima

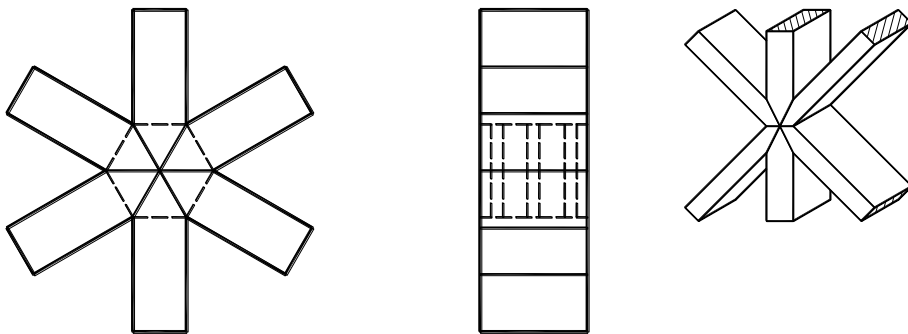
## 5.9. KUTNO VIŠEKRAKO SASTAVLJANJE - ZVJEZDASTO - T

Kutno višekrako sastavljanje sadrži više od četiri kraka od mjesta učvršćenja. Smjerovi pojedinih krakova mogu biti raspoređeni u ravnini 2D ili prostorno 3D. Još se nazivaju zvjezdasti sastavi, zbog višesmjernog rasporeda krakova. Višekrako sastavljanje nema veliko praktično značenje u sastavima ploča, stoga su u navedenim primjerima izneseni jednostavniji sastavi od cjelovitog drva.

### 5.9.1. Kutno višekrako plošno sastavljanje cjelovitog drva

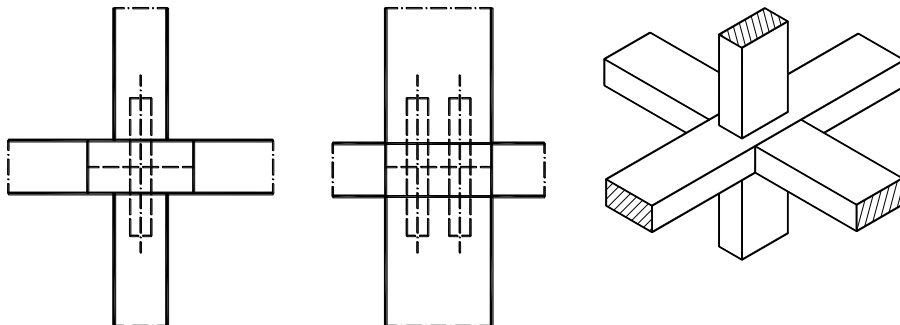


**Slika 5.9.-1** Kutno šesterokrako plošno sastavljanje u ravnini s tri sastavna dijela na dvostruki preklap



**Slika 5.9.-2** Kutno šesterokrako plošno sastavljanje u ravnini sa šest sastavnih dijelova na koso sučelje s utorima i šesterostranim ulijepljenim umetkom od furnirske ploče

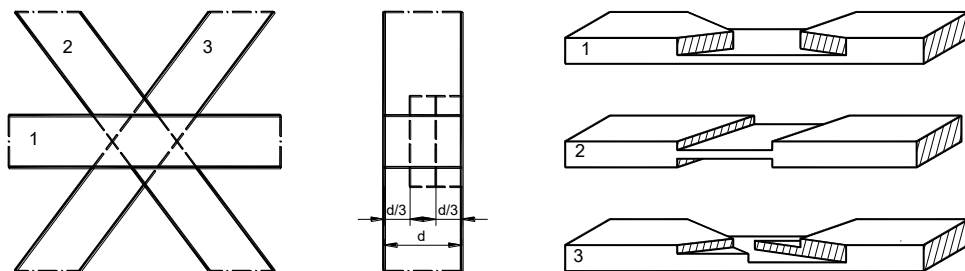




**Slika 5.9.-3** Kutno šesterokrako plošno sastavljanje 3D sa četiri sastavna dijela, na jednostruki preklap i ulijepljene moždanike

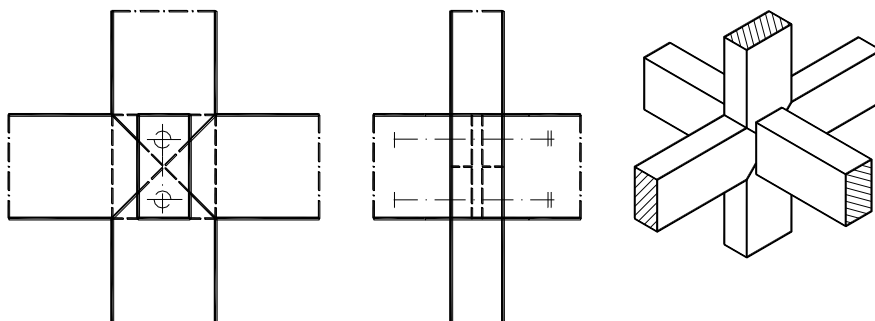
Umjesto moždanika mogu se izraditi četvrtasti čepovi i dubljene ili bušene rupe.

### 5.9.2. Kutno višekrako bočno sastavljanje cjelovitog drva



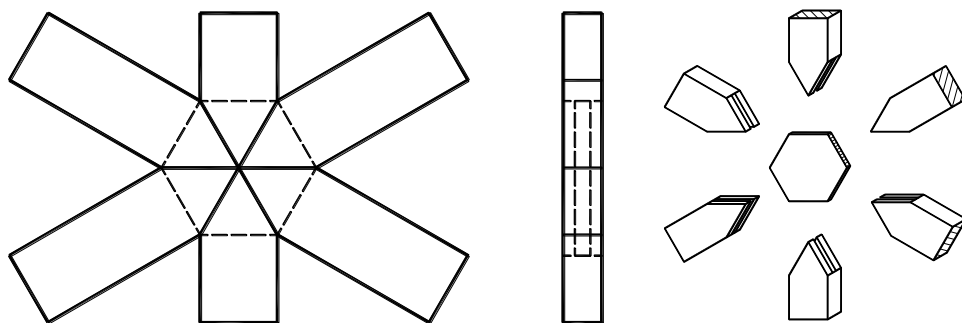
**Slika 5.9.-4** Kutno šesterokrako bočno sastavljanje u ravnini s tri sastavna dijela na dvostruki preklap

Sastav se lijepi ili učvršćuje vijcima.



**Slika 5.9.-5** Kutno šesterokrako bočno sastavljanje 3D sa šest sastavnih dijelova uz kosa sučelja s umetkom i moždanicima

Elemente se može povezati jednim trostranim i jednim dvostranim svornjakom i steznim ulošcima.



**Slika 5.9.-6** Kutno šesterokrako bočno sastavljanje 2D sa šest sastavnih dijelova na kosa sučelja s utorom i umetkom od furnirske ploče

## 6. ELEMENTI ZA SPAJANJE I POVEZIVANJE, OKOVI I UKRASI

Vežni elementi za sastavljanje, funkcionalni okovi i razni ukrasi mogu se podijeliti u više skupina, iako pojedini elementi istodobno ispunjavaju više funkcija. Primjerice, zglobnice za vrata ormara mogu služiti kao vežni element učvršćenja vrata za stranicu, zatim kao okov kutnog sastava vertikalne i horizontalne okvirnice, a ujedno mogu služiti kao ukras s obilježjem nekog povijesnog stila i sl. Sustavna podjela vežnih elemenata i okova razvrstana je u katalogima proizvođača na više načina.

Kod jednog od najvećih ponuđača okova koji u svom katalogu sadrži više od 300 000 artikala razvrstavanje je izvršeno u devet skupina:

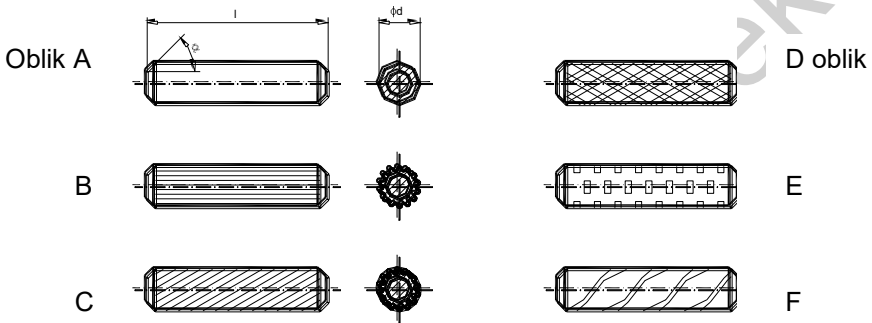
- izvlačni okov za namještaj (prihvatnici od drva, plastike i metala)
- brave i uređaji za zatvaranje, višenamjenski vežni vijci i okovi, vješalice i nosači police za upuštanje u kućište te okovi za krevete
- zglobnice (tzv. petlje ili šarniri) odmične i rastavljive za zaokretna, otklopna, zaklopna, sklopiva, zaokretno-upusna i druga vrata
- okovi za posmična i kotrljajuća vrata, izvlačne vodilice za ladice, sustav okova i uređaja za uredski namještaj
- sustav okova i opreme za kuhinjski i laboratorijski namještaj i to od dijelova i opreme ladica, do opreme za odlaganje pribora i izvlačnih, zaokretnih i drugih košarica za povrće, posuđe i dr.
- postolja namještaja za odlaganje, stalaka, stolova, stolića i drugih proizvoda, zatim kotačići za namještaj, okov za uredske stolove i pristole (noge), te uredske stolice i uredske naslonjače s mehanizmima
- okov za opremanje specijaliziranih trgovina za odlaganje, sustav okova za police i ormare poličare (regale), zatim profilirane letvice za oblaganje rubova, pokazivanje raznih utora i dr.
- ugradbena oprema i linije za rasvjetu, garderobne vješalice i kuke za vješanje, rasvjetna tijela za namještaj s pripadajućom instalacijom i priborom
- pomoćni pribor i materijali za pričvršćivanje i povezivanje: vijci, upusni moždanici, razne navojne matice, zaštitne i ukrasne kapice, razne kopče od metala i plastike i dr.

Okovi za namještaj ranije su se izrađivali od raznih metala, a danas se sve više rade iz kombinacije s plastičnim masama ili isključivo od plastike.

U narednim priložima prikazuje se funkcionalna podjela vežnih elemenata i okova za namještaj i unutarnju opremu zgrada.

## 6.1. ELEMENTI ZA SPAJANJE I POVEZIVANJE OD DRVA

Elementi za spajanje od drva i drvnih materijala primjenjuju se uz ranije navedene konstrukcijske oblike sastavljanja. To su okrugli čepovi – moždanici, površinski izbrazdani na različite načine (6.1.-1). Uz strojno obrađene moždanike, još se primjenjuju drveni višestračni moždanici, tzv. klinči, zatim čepovi koji se uljepljuju na mjesta izbušenih kvrga, te klinovi za zaklinjenje raznih oblika lijepljenih čepova. Moždanici za uljepljivanje označavaju se s C10/35 BU.

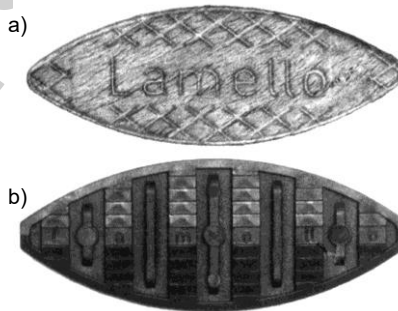


**Slika 6.1.-1** Moždanici različitih oblika, glatki, izbrazdani i užlijebljeni

U novije vrijeme sve se više primjenjuje eliptični lamelasti umetak dobiven isijecanjem iz furnirske ploče debljine 3 ... 5 mm, dužine 30 ... 65 mm te širine 12 ... 25 mm tzv. "lamello" umetak.

Široku primjenu nalazi u industriji namještaja od ploča, slika 6.1.-2.a.

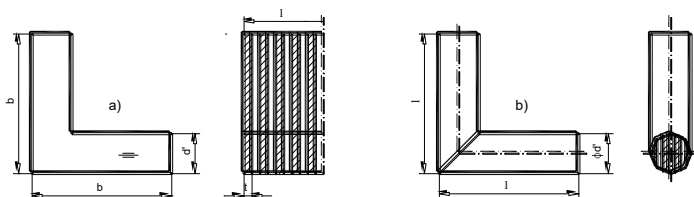
Metalna ili plastična lamelasta trenjica ima klinaste nareze koji sprječavaju ispadanje umetka iz utora, slika 6.1.-2.b.



**Slika 6.1.-2.** Lamello umetak

a) drveni b) metalni ili plastični

Ugaoni umetak (slika 6.1.-3) izrađen je iz višeslojne furnirske ploče, tj. križno debljinski lijepljene konstrukcije od furnira. Iz iste konstrukcije načinjen je ugaoni moždanik kružnog presjeka, koji se alternativno izrađuju od plastike.

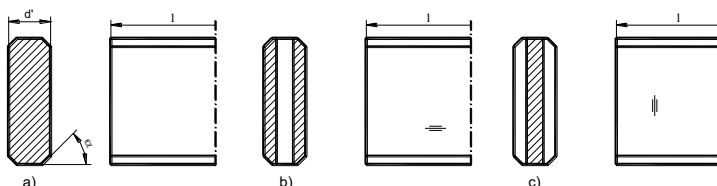


d	3	4	5	6	8	10
b	10	12	14	16	18	35

d	6	8	10	12
l	18	20	22	26

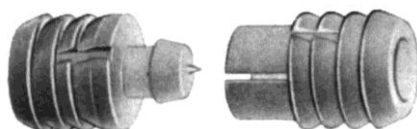
**Slika 6.1.-3** Ugaoni umetak a) pravokutnog, b) okruglog presjeka

Pravokutne utorne letvice, tzv. utorna pera, izrađuju se iz otpadaka furnirskih ploča po mogućnosti sa skošenim bridovima ili od cjelovitog drva gdje to konstrukcijski sastav dopušta (slika 6.1.- 4). Za širinsko lijepljene elemente primjenjuju se letvice od cjelovita drva (slika 6.1.-4a) i od furnirske ploče (slika 6.1.-4b), a za dužinsko lijepljene elemente primjenjuje se letvica od furnirske ploče (slika 6.1.-4c)



**Slika 6.1.-4.** Utorne letvice za spajanje a) od drva, b) od furnirske ploče

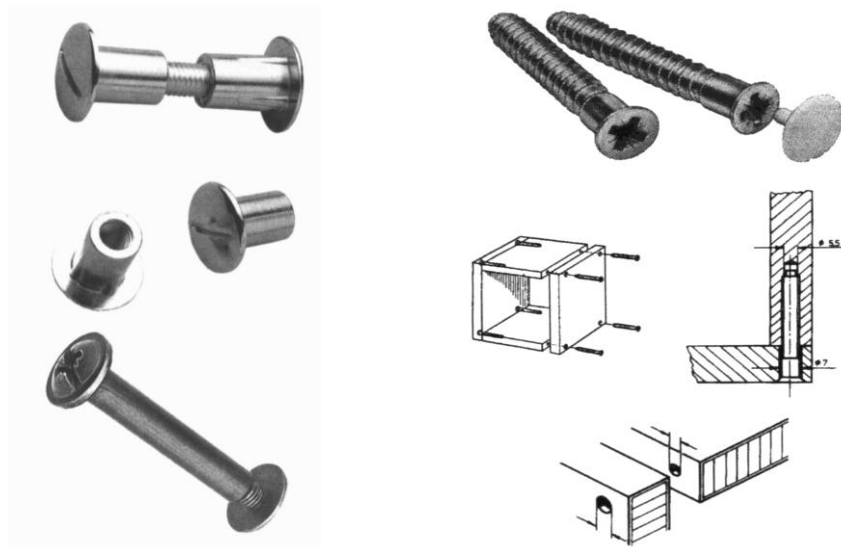
U skupinu veznih elemenata za spajanje dijelova i sklopova ubrajaju se veznici izrađeni od različitih materijala obično metala i plastičnih masa, a svojstvo im je da služe za rastavljive sastave. Jedan od takvih je pritisna kopča izrađena od nylona koja podnosi izvlačnu silu od 150 N. Kopča je rastavljiva. (Slika 6.1.-5)



**Slika 6.1.-5.** Pritisna kopča

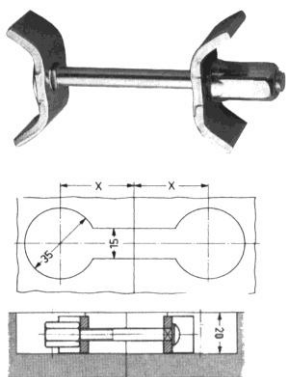
Vezni vijci s uložnom maticom su također vezni elementi za rastavljive vezove, izrađeni od metala normiranih dimenzija primjenjivi za elemente debljina od

28 ... 51 mm, a time i različitih debljina vijaka u rasponu od 4 ... 8 mm.  
(Slika 6.1.-6)



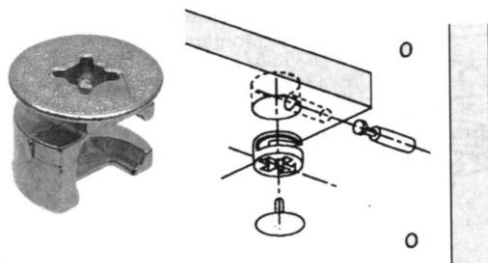
**Slika 6.1.-6** Vezni vijci s uložnom maticom i bez uložne matice (Häfele)

Vezni vijci bez uložne matice (Confirmat), slika 6.1.-6. služe za povezivanje korpusnih elemenata pločastog namještaja, a prednost im je u jednostavnosti i brzini sastavljanja, a izrađuju se u duljinama 40 i 50 mm, promjera 7 mm.

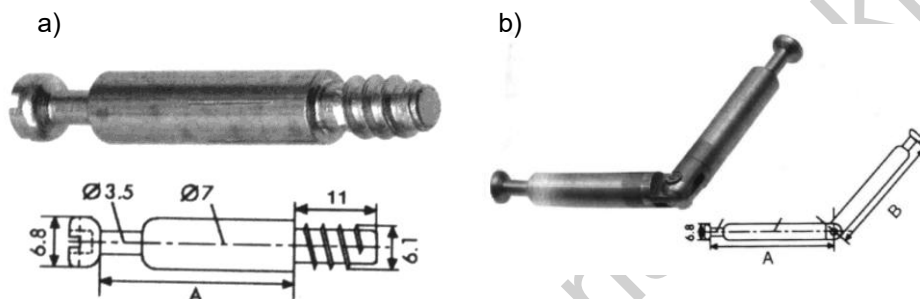


Okov za povezivanje ploča služi za širinsko - dužinsko sastavljanje tupim sljubom kakav se primjer može naći pri povezivanju radnih kuhinjskih ploča izrađenih od iverice. Spoj se ostvaruje bušenjem rupa okomito na ploču s donje strane ploča promjera 35 mm i horizontalnim provrtom promjera 15 mm.

**Slika 6.1.-7** Spona s vijkom i podložnim navojnim pločicama za sastavljanje radnih ploča



**Slika 6.1.-8** Uložak sa zakretnim klinom za prihvat svornjaka tzv. "ekscentar"



**Slika 6.1.-9** Ravni jednostruki svornjak i dvostruki gibljivi svornjak za kutove od  $30^\circ$

Povezivanje svornjacima u kombinaciji sa zakretnim ulošcima primjenjuje se pri sastavljanju pravokutnih konstrukcija. Promjeri uložaka su različiti i izrađuju se od metala u raznim bojama promjera 15, 20 i 35 mm različitih visina koje ovise o debljini ploča koje se spajaju i koje mogu varirati od 16...19 mm (sl. 6.1.-9.a).

Gibljivi svornjaci (slika 6.1.-9b) su posebno pogodni za spojeve pločastih elemenata koji međusobno tvore kut različit od  $90^\circ$ .



Kopče za prikriveno povezivanje (slika 6.1.-10) koriste se pri ugaono plošnom sastavljanju pločastih elemenata namještaja ili zidnih i stropnih obloga. Koriste se jednako za spajanje tupim sljubom pod  $90^\circ$  kao i za povezivanje pod  $45^\circ$ , takozvanim "gerungom".

Okov se sastoji od dva istovrsna dijela pločica izvedenih od aluminija ili plastike s naizmjeničnim kukama.

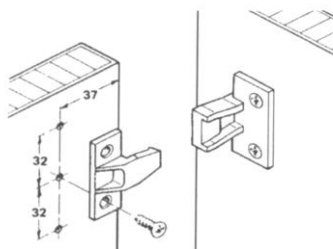
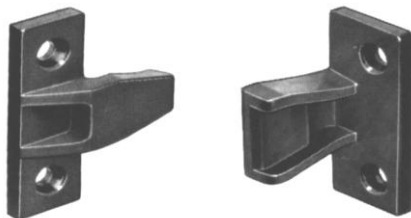
Prednost ovog načina povezivanja je u primjeni glodala za lamello umetak kojim se izglođe upust za spomenutu kopču i upušta se u utor na načelu opisane lamelaste trenjice.

**Slika 6.1.-10** Lamelasta dvodijelna kopča za ugaono povezivanje

Kutna prihvatno-izvlačna kopča izrađena je od plastične mase i služi za kutno plošno povezivanje pločastih elemenata.

Kopča je izvedena iz dva dijela i to od upusne kuke i prihvatne školjke (slika 6.1.-11).

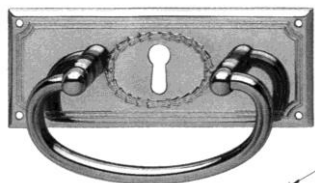
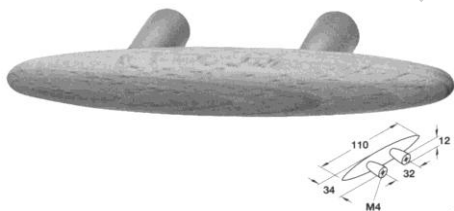
Učvršćenje oba dijela kopče ostvaruje se pomoću vijaka.



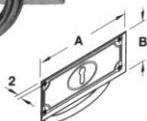
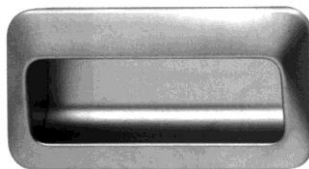
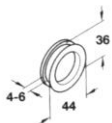
**Slika 6.1.-11** Kutna prihvatno-izvlačna kopča

## 6.2. PRIHVATNICI ZA OTVARANJE – ZATVARANJE

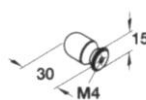
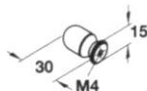
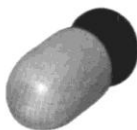
Prihvatnici za otvaranje zaokretnih i odmičnih vrata te ladica obuhvaćaju: izvlačne ručke za otvaranje (Slika 6.2.-1), prihvatne školjke (Slika 6.2.-2) prihvatna dugmad - prihvatne gumbe (6.2.-3), profilne prihvatnike, ključeve i štitnike ključanica za otvaranje (6.2.-4). (Häfele, Schachermayer)



**Slika 6.2.-1** Izvlačne ručke za otvaranje

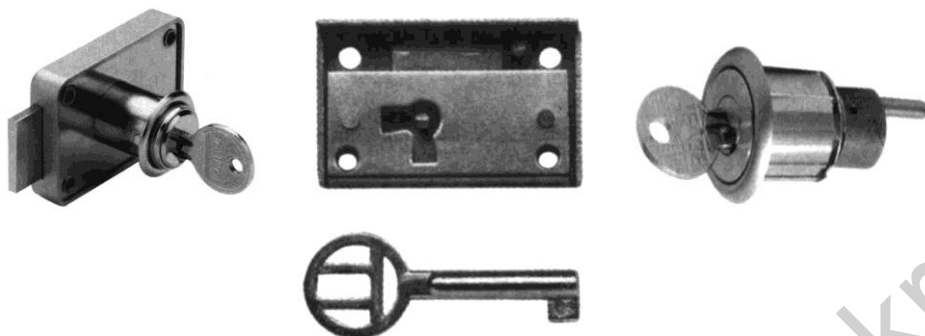


**Slika 6.2.-2** Prihvatne školjke



**Slika 6.2.-3** Prihvatna dugmad - gumbi





**Slika 6.2.- 4** Bravice s ključevima i štitnicima za vrata i ladice namještaja

### 6.3. OKOV ZA ZATVARANJE I ZAKLJUČAVANJE

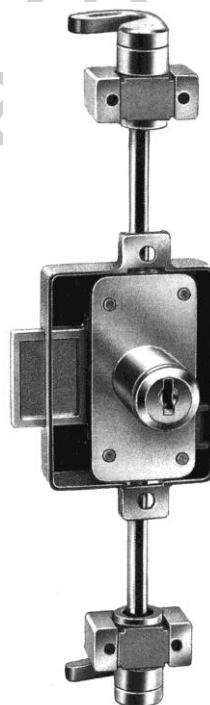
Okov za zatvaranje i zaključavanje vrata i ladica (slika 6.3.-1) obuhvaća: razne brave po namjeni koje su položene, djelomično upuštene i upuštene, odnosno obične ili cilindrične. Za zatvaranje vrata upotrebljavaju se zasuni ili mehaničke prihvatne kopče tzv. "škljocaljke"), a u novije vrijeme sve su više u uporabi magnetni držači s ugrađenim permanentnim magnetom sile držanja 20 ... 50 N. Veličina i broj držača određuje se prema potrebnoj sili zadržavanja zatvorenih vrata.

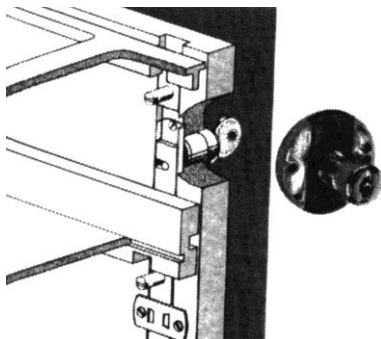
Središnji uređaj za zaključavanje koristi se najviše kod vertikalnih nizova ladica u uredskom namještaju (slika 6.3.-2).

Jednom bravom i polužnim mehanizmom istodobno se zaključavaju sve ladice.

Najnovije elektroničke brave mogu naći mjesto i u proizvodnji namještaja.

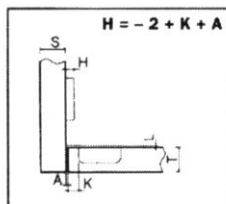
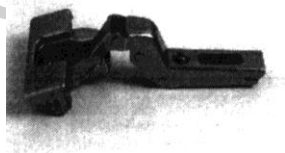
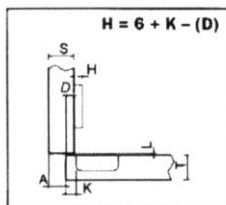
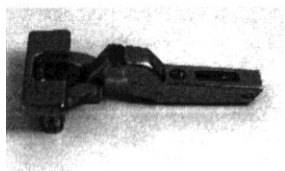
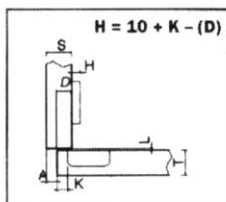
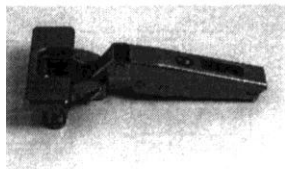
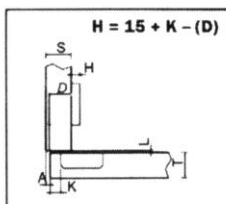
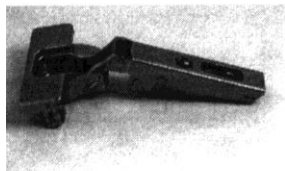
**Slika 6.3.-1** Bravica sa zakretnim šipkama i zasunima za vrata ormara, okov za zaključavanje





Slika 6.3.-2 Središnji uređaj za zaključavanje ladica

#### 6.4. ZGLOBNICE – PETLJE ILI “ŠARNIRI”



Zglobnice, zakretne spone ili petlje popularno se još nazivaju “šarniri” ili “panti”, a služe za zatvaranje – otvaranje zakretnih i otklopno-zaklopnih vrata.

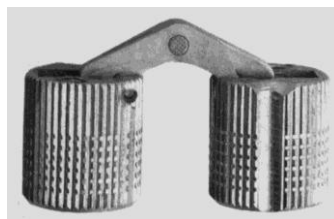
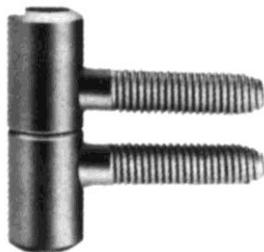
Primjena iverica u proizvodnji namještaja bitno je izmijenila konstrukciju zglobnica, tako da se pretežno primjenjuju odmične ili tzv. “lončaste” zglobnice (slika 6.4.-1). Takve se zglobnice postavljaju s unutarnje strane vrata u izbušenu rupu  $\phi$  20 – 35 mm, a na stranice se učvršćuju vijcima na podložne pločice. Inačice se izvode s obzirom na način postavljanja vrata na korpus, kut otvaranja, način učvršćenja na vrata, vrstu i debljinu vrata itd. Razlikuju se ravne, polusavijene i savijene odmične zglobnice, već prema položaju postavljenih vrata u odnosu na pročelne rubove kućišta, tj. korpus ormara.

Slika 6.4.-1 Odmične zglobnice za položena i upuštena vrata

Cilindrične zglobnice tzv. "anuba", imaju veću primjenu kod namještaja od cjelovitog drva i u proizvodnji vrata (slika 6.4.-2). Cilindrične upusne prikrivene zglobnice (slika 6.4.-3) koriste se za preklopne ploče stolova, preklopna ili sklopiva vrata, te za višekrilna vrata ormara.

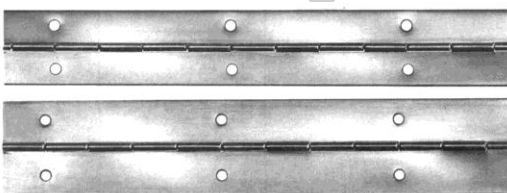


**Slika 6.4.-2** Cilindrične zglobnice tzv. "anuba"

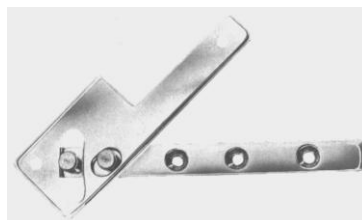


**Slika 6.4.-3** Upusna zglobnica

Obične rastavljive zglobnice "šarniri", vidljive s vanjske strane, učvršćuju se vijcima uz rubove vrata i stranica, a mogu se strojno upuštati ukoliko su kružnog oblika. Klavirske zglobnice (slika 6.4.-4) postavljaju se po cijeloj dužini vrata, a mogu biti jednodjelne i rastavljive, te ravne i kutne. Zglobnice s čepom vide se samo djelomično na vratima koja se postavljaju na korpus između poda i stropa (slika 6.4.-5).

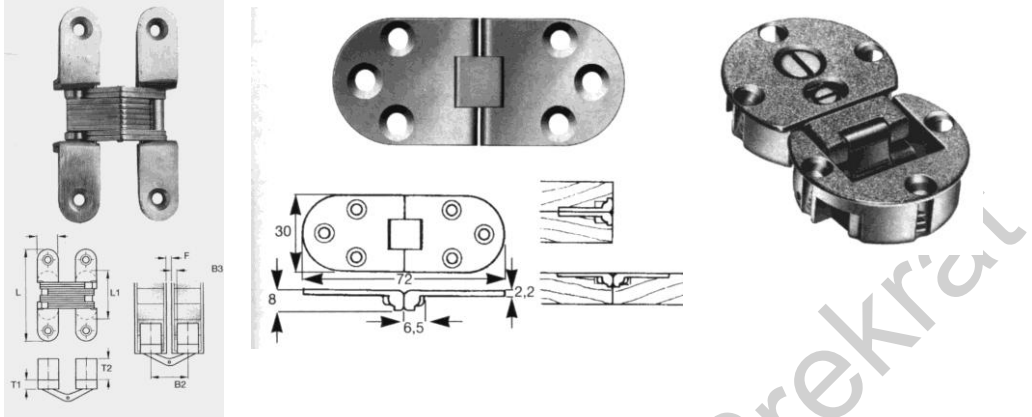


**Slika 6.4.-4** Klavirska zglobnica



**Slika 6.4.-5.** Zglobnica s čepom

Zglobnice otklopnih vrata (slika 6.4.-6) učvršćuju se s unutarnje strane u izrađena ležišta, slično kao i odmične. Za otklopna vrata mogu se upotrebljavati klavirske, rastavljive i sl. zglobnice.

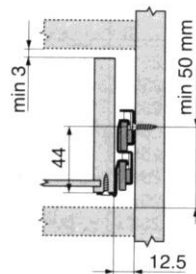
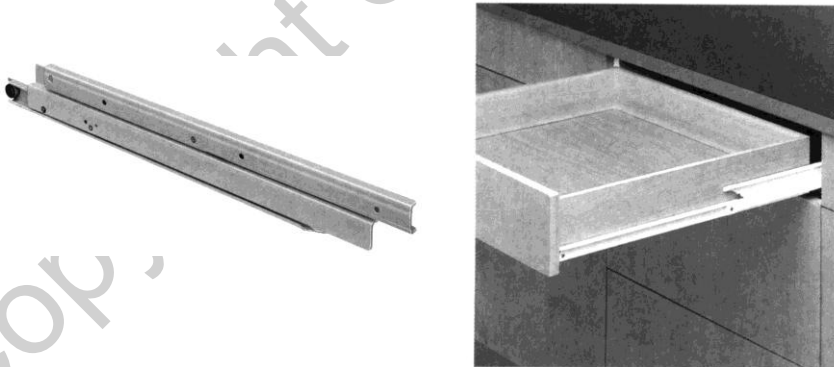


**Slika 6.4.-6** Zglobnice otklopnih vrata ili ploča stolova

## 6.5. TRAČNICE I VODILICE ZA ODMIČNO POMICANJE

Posmični ili klizni i kotrljajući okov obuhvaća razne vodilice za vrata, ladice, police i dr. za jednosmjerno (posmična vrata) ili višesmjerno pomicanje (zavojite rebrenice). Izrađuje se od metala i djelomično od plastike na načelu kliznih vodilica i vodilica kotrljajućim elementima – tzv. kugličnim vodilicama.

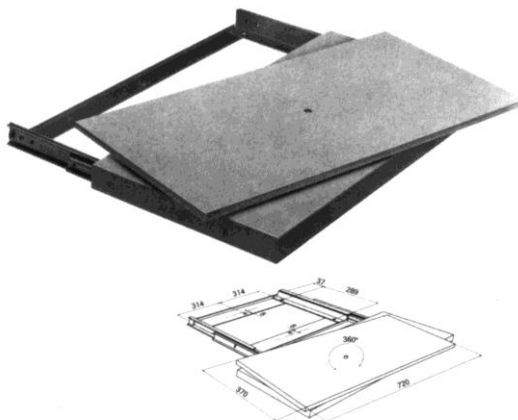
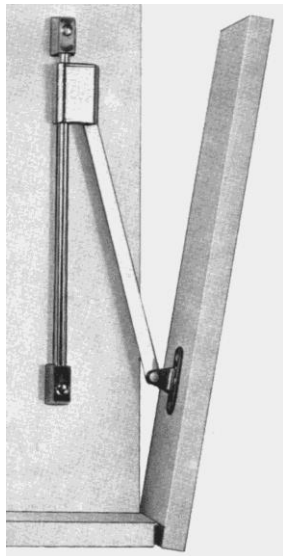
Okov za posmična vrata većih dimenzija je kotrljajući, dok je za mala vrata i vrata od rebrenica uglavnom klizni. Vodilice ladica odabiru se prema dimenzijama ladica, prema težini sadržaja, dužini izvlačenja i konstrukcijskom obliku ladice, tj mjestu postavljanja i učvršćenja vodilice (6.5.-1).



**Slika 6.5.-1** Vodilice ladica

Otklopna i zaklopna vrata okivaju se kliznim zaustavnim i raznim polužnim mehanizmima (slika 6.5.-2).

Izvlačne vodilice polica i ploča (slika 6.5.-3), te izvlačne vješalice za garderobu, kuhinjske potrepštine i sl. na istom su načelu kao i vodilice ladica.



**Slika 6.5.-2** Klizni zaustavni mehanizam s kočnicom **Slika 6.5.-3** Izvlačno-zakretna ploča ormara za TV

## 6.6. POSTOLJA I NOSAČI

Raznovrsna postolja i nosači dijelova i sklopova nalaze se gotovo u svim konstrukcijskim vrstama koja su najčešće vezana za određene funkcionalne značajke i tehničku kvalitetu gotovog proizvoda ili sustavnih sklopova za opremanje objekata.

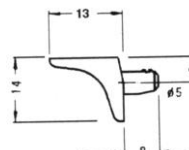
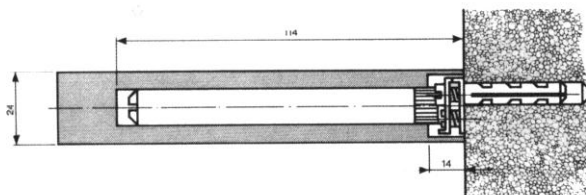
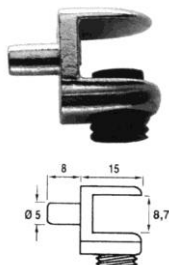
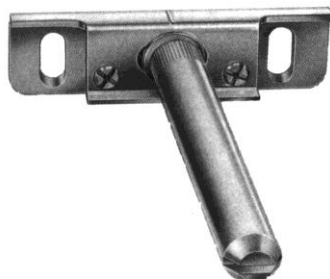
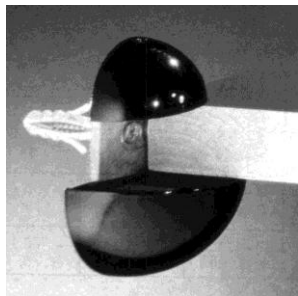
Stolice i naslonjači često se izrađuju i isporučuju u rastavljenom ili djelomično rastavljenom stanju. U tu svrhu se izrađuju vezni okovi, uređaji za podešavanje sjedala i naslona, rasklopni mehanizmi za naslonjače s ležajem, kuglasti kotači i dr.

Nožišta stolica i stolova s podiznim mehanizmom jedan je od najbrojnijih sklopova u proizvodnji uredskih stolica i naslonjača (slika 6.6.-1).



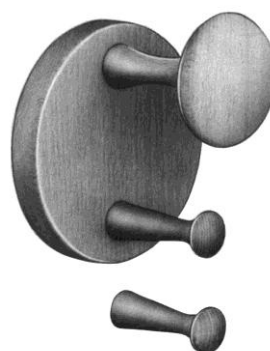
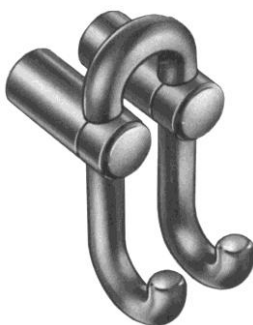
**Slika 6.6.-1** Mehaniizam za podizanje sjedala i nagibanje naslona uredske stolice

Namještaj za pohranu redovito je opreman policama za odlaganje koje se polažu na različite oblike nosača policama (slika 6.6.-2)



**Slika 6.6.-2** Pregled različitih nosača policama

Kod namještaja za odlaganje nalaze se elementi za vješanje odjeće tj. razne kuke i vješalice (slika 6.6.-3).



**Slika 6.6.-3** Pregled različitih elemenata za vješanje odjeće

Postolja stolova osobito onih s mehanizmima za podizanje ploče ili premještanje u prostoru razvrstavaju se za primjenu u uredima, domaćinstvu, u nastavnim ustanovama i drugdje (slika 6.6.-4).



*Slika 6.6.-4 Postolja stolova*

## 6.7. POSEBNI FUNKCIONALNI OKOVI

Za određene konstrukcijske vrste namijenjeni su posebni funkcionalni okovi drvnih proizvoda. Za ormare postoje detaljno razrađeni sustavi okova, npr. "varijante 32" koja obuhvaća sve spojne i vezne elemente te opremu prilagođenu rasponu izbušenih rupa od 32, 64 ili 96 mm. (Häfele)

Također za kutno sastavljanje okvirnica razrađen je okov za povezivanje prema debljini okvirnice "Acro" i "Duo" na načelu pritezanja vijcima. (Knapp.)

Za pojedine konstrukcijske vrste proizvoda tj. unutarnjeg i vanjskog namještaja te drvnih proizvoda za opremanje u graditeljstvu postoji niz rješenja za sastavljanje konstrukcija drvnih proizvoda.

- Za krevete i ležajeve namijenjeni su razni otklopni i podizni mehanizmi, te uređaji za podešavanje ležajeva i sl.
- Blagovaonički stolovi opremanju se posebnim kliznim vodilicama za produženje stolova, izvlačenje produžnih stolova raznim uređajima, za mehaničko podizanje i spuštanje ploča i dr.
- Vanjska i unutarnja vrata zgrada, garažna i sobna vrata, zaštitna vrata, prozori i prozorske stijene, pregradne stijene, stropovi i zidne obloge, stubišta kao i ostali elementi opremanja zgrada koriste se različitim funkcionalnim veznim elementima – okovima prema odabiru iz brojnih ponuda ponuđača – dobavljača. O pravilnom izboru najbolje odlučuje konstruktor.

## 7. NAČELA KONSTRUIRANJA DRVNIH PROIZVODA

Pod načelom konstruiranja neki autori podrazumijevaju osnove konstruiranja s pregledom elementarnih konstrukcijskih oblika, odnosno pristup intuitivnim ili znanstvenim načelima u koncipiranju i konstruiranju elementarnih sastava konstrukcije proizvoda. U ovom su udžbeniku načela obrađena kao pravila u pristupu konstruiranju i interaktivnim djelatnostima prema oblikovanju proizvoda, izboru i primjeni materijala za izradu, stupnju tehnološkičnosti i racionalne izrade, kao i prema optimalnoj kvaliteti koju propisuju zahtjevi korisnika i norme.

### 7.1. NAČELA KONSTRUIRANJA PREMA DJELATNOSTIMA OBLIKOVANJA

Osnovna načela konstruiranja podijeljena su na aspekte oblikovanja proizvoda, njegovih svojstava i kvalitete, kao i aspekte tehnološkičnosti i racionalne izrade.

Osnovna načela konstruiranja prema djelatnostima oblikovanja su sljedeća:

#### **Načelo prihvaćanja zadatka za konstruiranje**

Idejno oblikovno rješenje dizajnera–projektanta konstruktor prihvaća kao osnovu za konstrukcijsku razradu, odnosno kao zadatak za konstruiranje. Podloga ili osnova za projektiranje naziva se projektni zadatak.

#### **Načelo izrade tehničke dokumentacije**

Tehnička dokumentacija (nacrti, opisi, uzorci) treba odgovarati pravilima prikazivanja i označavanja prema prihvaćenim normama, a u cilju mogućeg korespondiranja, informiranja i jednoznačnog razumijevanja.

#### **Načelo inačica konstrukcijskih rješenja**

Jedno oblikovno rješenje proizvoda može imati više konstrukcijskih rješenja. Najpovoljnije rješenje dobije se vrednovanjem odgovarajućim kriterijima, što je pretpostavka za provođenje optimizacije konstrukcija, tj. izbora najpovoljnije inačice.

#### **Načelo rizika jednog rješenja**

Oblikovno rješenje često u sebi sadrži i konstrukcijsku koncepciju. Prihvaćanje samo jednog konstrukcijskog rješenja može potvrditi ekspertna analiza ili pozitivan plasman proizvoda. Međutim inačice i njihovo vrednovanje smanjuju rizik proizvodnje i plasmata.

#### **Načelo razine razrade tehničke dokumentacije**

Dizajner u pravilu izrađuje projekt do razine izvedbene dokumentacije za model ili uzorak – prototip. Konstruktor u pravilu izrađuje izvedbenu dokumentaciju za



potrebe industrijske proizvodnje. Način i razina konstrukcijske razrade uglavnom ovisi o organizacijskoj razini proizvodnje. Dokumentacija konstruktora sastavni je dio dokumentacije proizvodnog ili radnog naloga za proizvodnju.

### **Načelo izmjene tehničke dokumentacije**

Konstrukcijsko rješenje i proces izrade ne smije izmijeniti oblikovno i funkcionalno rješenje dizajnera. Promjene idejnog oblikovnog rješenja konstruktor može provesti jedino u suradnji s dizajnerom ili dizajnerom i tehnologom.

## **7.2. NAČELA KONSTRUIRANJA PREMA SVOJSTVIMA DRVA, DRVNIH I NEDRVNIH MATERIJALA**

Osnovna načela konstruiranja sa stanovišta primjene materijala su sljedeća:

### **Načelo zamjenjivosti materijala**

Inačice rješenja konstrukcijske strukture proizvoda ne smiju utjecati na mijenjanje estetsko - oblikovnih i funkcionalno – uporabnih svojstava proizvoda, pa tako i na izbor materijala za izradu koji na njih utječu.

### **Načelo uporabe tehničkih svojstava materijala**

Konstrukcijska rješenja primijenjena na drvo, drvne i nedrvne materijale trebaju omogućiti najveću mogućnost iskorištenja povoljnih tehničkih svojstava, a njihova nepovoljna svojstva treba svoditi na najmanju mjeru (promjene dimenzija, smanjenje mase itd.).

### **Načelo primjene materijala prema njegovoj kvaliteti**

Drvo i drvne materijale više tehničke kvalitete potrebno je primijeniti na adekvatno vrijedne proizvode.

Drvu i drvnim materijalima niže tehničke kvalitete treba raznim konstrukcijskim rješenjima i tehnikama oplemenjivanja poboljšati tehnička svojstva radi povećanja područja primjene, te njihova iskorištenja.

### **Načelo izbora materijala**

U cilju racionalne primjene drva i drvnih materijala treba konstrukcijske elemente pravilno dimenzionirati i to na osnovi zahtjeva eksploatacije (tj. dimenzioniranje presjeka, debljine obloga, debljine sloja za habanje, broj spojeva i vezova), te se odlučiti za pravilan izbor prema zahtjevima kvalitete.

## Načelo primjene normiranih materijala

Konstruktor primjenjuje normirane dimenzije drva i drvnih materijala, odnosno potiče stvaranje potrebnih internih normi građe, elemenata i poluproizvoda s ciljem unapređenja proizvodnje (uštede na nadmjeri, mogućnost specijalizacije i kooperacije i dr.). Norme ne umanjuju kreativne mogućnosti dizajnera već ih usmjeravaju ekonomičnoj proizvodnji.

## 7.3. NAČELA KONSTRUIRANJA PREMA TEHNOLOGIČNOSTI I RACIONALNOJ IZRADI

Tehnologičnost konstrukcije može se opisati kao stupanj podudarnosti određenih konstrukcijskih oblika s tehnologijom razvojnog stupnja u okviru koje će se obavljati obrada. U tom smislu proizvod je osnova za određivanje tehnološkog procesa njegove izrade, odnosno izbora tehnologije tj. opreme na kojoj će se ona obaviti.

U procesu konstruiranja provodi se prilagođavanje zahtjeva konstrukcijskih rješenja mogućnostima obrade alatima i strojevima, iz čega proizlaze načela prema tehnologičnosti.

### Načelo tehnologičnosti

Konstrukcijska rješenja trebaju biti tehnologična, tj. trebaju omogućiti racionalnu izradu i to:

- po **inovativnom** načelu gdje se novim konstrukcijskim rješenjima prilagođava nova tehnologija koja ima kvalitativne i ekonomske prednosti. Ovdje se oprema prilagođava konstrukciji;
- po **konvencionalnom** načelu zahtjevi obrade prilagođavaju se mogućnostima raspoložive tehnologije. Konstrukcije se prilagođavaju postojećim alatima i strojevima.

Razlikuju se **primarna** i **sekundarna** tehnologičnost. Sekundarnu čine finalni proizvodi, te njihovi sastavni dijelovi i sklopovi, dok primarnu čine piljena građa i elementi, te furniri i ploče. Primarna tehnologičnost zavisi od sekundarne. Stoga ako se želi racionalno iskoristiti osnovna sirovina, primarna i polufinalna proizvodnja treba uvažavati zahtjeve finalne proizvodnje.

### Načelo konstrukcijske složenosti asortimana proizvoda ili proizvodnog programa

Konstrukcijsku složenost proizvodnog programa određuje raznovrsnost materijala za izradu, brojnost sastavnih dijelova i sklopova, složenost geometrijskih oblika za obradu i dr. Konstrukcijska složenost neposredno utječe na **tehnološku složenost**, odnosno na složenost tehnološkog procesa, angažiranost tehnološke opreme i dr.

## **Načelo racionalne izrade**

Načelo racionalne izrade podrazumijeva težnju ka visokoj tehnološčnosti koja se postiže na suvremenim strojevima, tj. veća točnost obrade, uštede i povećanje produktivnosti. U cilju ravnomjernog opterećenja kapaciteta tehnološke opreme, njezinog boljeg iskorištenja, jednostavne izvodljivosti tehnološkog procesa, skraćanja proizvodnog ciklusa i dr., projektirani proizvodi, tj. njihovi sastavni elementi trebaju biti tako konstruirani da omoguće ekonomičnu izradu, tj. optimalni proizvodni proces. U tom smislu potrebno je koristiti specijalizirane fleksibilne tehnologije, mogućnosti kooperacije, suvremenu tehnološku opremu do razine neometanja projektiranih svojstava kvalitete ili planirane ekonomičnosti.

## **7.4. NAČELA KONSTRUIRANJA PREMA KVALITETI KONSTRUKCIJE PROIZVODA**

U praksi se određuje kvaliteta na osnovi razine ispitanih svojstava konstrukcije koja sadrži činitelje kvalitete. Promjene nastale tijekom ispitivanja uspoređuju se s normiranim kriterijima, te se prema tome donose procjene i zaključci. Ispitivanja su direktna, tj. na gotovim proizvodima i indirektna ili parcijalna na dijelovima i sklopovima proizvoda. Aktivnosti dizajnera i konstruktora vezane su za kvalitetu od njezinog planiranja, pa do njezine praktične provjere, stoga se ovdje navode neka osnovna načela:

### **Načelo određivanja stupnja kvalitete**

Stupanj kvalitete određen je zahtjevima normi i tržišta tj. kupca i ne može ga mimo tih zahtjeva određivati dizajner ili konstruktor. Vrednovanje činitelja kvalitete ili određivanje njihove razine, započinje u fazi razvoja ideje o novom proizvodu, stoga je njezina procjena posebno važna, jer su kasnije promjene razine kvalitete sve skuplje. Ispunjenje zahtjeva kvalitete u svezi je s cijenskim razredom u koji će se proizvod svrstati na tržištu ponude.

### **Načelo uvažavanja zahtjeva korisnika**

Konstruktivna rješenja trebaju biti u funkciji kvalitete gotovog proizvoda, odnosno zahtjeva njegove primjene, tj. korisnika. Viša razina kvalitete ne podnosi niti djelomične zamjene (nadomjestke) tako se npr. pod namještajem od cjelovitog drva podrazumijeva namještaj isključivo od cjelovitog drva bez kombinacija s drvnim materijalima, ivericama i vlaknaticama.

### **Načelo kontrole kvalitete proizvoda**

Pouzdanost činitelja kvalitete ovisi o točnosti metode kojom se utvrđuje, zatim o pravilnom izboru činitelja i njihovom broju. Standardne metode ispitivanja prihvaćaju se ukoliko daju objektivne procjene.

Svaka metoda provjere kvalitete treba obuhvatiti kriterije točnosti mjerenja, mjerno područje, područje promjena ili odstupanja, realno vremensko trajanje, mogućnost automatizacije ispitivanja i obrade podataka, uvjete okoline i ponovljivost ispitivanja.

## LITERATURA

1. Adam, H.: FORM KONSTRUKTION VON GESELLENSTÜCKEN EINZELMÖBEL, Deutsche Verlags - Anstalt, Stuttgart 1980.
2. Bandel, A.: COLLANTI E TECHNOLOGIE DI INCOLLAGGIO PER L'INDUSTRIA DEL LEGNO, Ribera Editore - Milano, 1984.
3. Breis, F., Drabek, E., Gruber, R., Hauke, H., Maier, H., Ottenschläger, J., Rottmar, W., Schwarz, P.: DER TISCHLER 2, Bohman Verlag, Wien, 1995.
4. Bruči, V., Jambreković, V.: PLOČE IVERICE I VLAKNATICE, Šumarski fakultet, Zagreb, 1996.
5. Döring, P.: PERSPEKTIVEZEICHNEN, Augustus Verlag, Augsburg, 1989. Frede - Altendiker: EINFÜHRUNG IN DAS PROJEKTIONSZEICHNEN, Verlag W. Girardet, Essen, 1975.
6. Figurić, M.: ORGANIZACIJA RADA U DRVNOJ INDUSTRIJI, Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, 1987.
7. Grbac, I.: ISTRAŽIVANJE TRAJNOSTI I ELASTIČNOSTI RAZLIČITIH KONSTRUKCIJA LEŽAJA, magistarski rad, Šumarski fakultet, Zagreb, 1984.
8. Göggel, M.: BEMESSUNG IM HOLZBAU, Bauverlag GmbH, Wisbaden und Berlin 1981.
9. Horvat, I. i Krpan, J.: DRVNOINDUSTRIJSKI PRIRUČNIK, Tehnička knjiga, Zagreb, 1976.
10. Jackson, A., Day D.: HANDBUCH DER HOLZ BEARBEITUNG, Ravensburger Buchverlag, 1994.
11. Karg, F.: MÖBEL AUS MASSIVHOLZ, Deutsche Verlags - Anstalt, Stuttgart, 1979.
12. Keidel, W.: FACHZEICHNEN FÜR TISCHLER, I UND II Teil, Ernst Klett Verlag, Stuttgart, 1983.
13. Kovač, B.: TEHNIČKO CRTANJE U STROJARSKOJ PRAKSI I NAČELA KONSTRUIRANJA, Školska knjiga, Zagreb, 1975.
14. Labude, M. i dr.: FRIEDRICHS TABELLENBUCH HOLZTECHNIK, Technisches Zeichnen/ Tehnische Kommunikation, Ferd., Dümlers Verlag, Bonn, 1994.

15. Ljuljka, B.: TEHNOLOGIJA PROIZVODNJE NAMJEŠTAJA, Šumarski fakultet, SIZ odgoja i usmjerenog obrazovanja šumarstva i drvne industrije Hrvatske, Zagreb, 1981.
16. Martin, E. i dr.: HOLZTECHNIK FACHKUNDE, Verlag Europa - Lehrmittel, Haan - Gruiten, 1995.
17. Noll, T.: HOLZVERBINDUNGEN - das komplette Handbuch, Verlag Paul Haupt, Bern - Stuttgart - Wien, 1998.
18. Nutsch, W.: HANBUCH DER KONSTRUKTION: MÖBEL UND EINBAUSCHRÄNKE, Deutsche Verlags - Anstalt, Julius Hoffman Verlag, Stuttgart, 1999.
19. Nutsch, W.: HANBUCH TECHNISCHES ZEICHNEN UND ENTWURFZEICHNEN - HOLZ, Deutsche Verlags - Anstalt, Julius Hoffman Verlag, Stuttgart, 1999.
20. Oberšmit, E.: OSNOVE KONSTRUIRANJA - skripta, Fakultet strojarstva i brodogradnje, Zagreb, 1983.
21. Pfingsten, O.: TEHNISCHES ZEICHNEN FÜR HOLZBERUFE, Hermann Schrödel Verlag KG, Hannover 1979.
22. Popp, I.: KONSTRUKCIJE STOLARSKIH PROIZVODA - skripta, Šumarski fakultet, Zagreb, 1967.
23. Pracht, K.: MOBEL UND INNENAUSBAU, HANBUCH DER HOLZKONSTRUKTIONEN, Verlagsanstalt Alexander Koch Leinfelden - Echterdingen 1983.
24. Prekrat, S.: ČVRSTOĆA SPOJEVA U KONSTRUKCIJAMA STOLICA, magistarski rad, Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, 1996.
25. Ratti, C.: TECHNOLOGIA DEL LEGNOCURVATO, Ribera Editore - Milano, 1983.
26. Reddig, R. i dr. HOLZTECHNIK GRUND - UND FACHSTUFE - Technisches Zeichen für Tischler und Holzmechaniker, Verlag Handwerk und Technik G.m.b.H., Hamburg, 1989.
27. Robotić, V.: DIZAJN I RAZVOJ PROIZVODA, zbornik radova, Poslovna zajednica šumarstva, prerade drva i prometa, Osijek 1984.
28. Rodenacker, W.G.: METHODISCHES KONSTRUIREN, Springer Verlag, Berlin - Heidelberg - New York, 1971.

29. Rozman, V.: KONSTRUKCIJE V LESARSTVU 2 - OSNOVNE KONSTRUKCIJE, Zveza društev inženjirjev in tehnikov gozdarstva i lesarstva, Ljubljana, 1989.
30. Rüchel - Müller: FACHZEICHNEN HOLZ, VEB Fachbucherverlag, Leipzig, 1979.
31. Spannagel, F.: DER MÖBELBAU, Otto Maier Verlages, Hannover, 1983.
32. Tkalec, S.: UTJECAJ KONSTRUKCIJSKIH SPOJEVA NA KVALITETU STOLICA, disertacija, Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, 1985.
33. Tkalec, S.: KONSTRUKCIJE NAMJEŠTAJA, Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, 1985.
34. \*\*\* Časopisi BAU UND MÖBELSCHREINER, DER DEUTSCHE SCHREINER UND TISCHLER, HOLZ UND KUNSTSTOFF-BEARBEITUNG, FURNITURE MANUFACTURER
35. \*\*\* Katalozi tvrtki: HETTICH (D), REHAU (D), HÄFELE (D), ELCO-KUNSTSTOFFE (D), HEINZE (D), LEITNER DESIGN (A), BLUM (A), ONI (D), HUWIL (D), GRASS (A), LAUTENSHLAIGER (A), LAMA (SLO), KIT (S), BEA (D), EXPORTDRVO (HR), EGGER (A), INTERSPAN (H), KAINDL (A), REPRO-RAD (HR), SCHACHERMAYER (A), IVERPAN (HR), LEITZ (D), STEHLE (D), FREUD (I), KOHNLE (D), TRO (SLO), KORDUN (HR), AGEFA (D), THOMAS (D), MLINAR (HR), FINK (I), STARK (I), UNTENSILEGNO (I), FANTACCI (I), OPPOLD (D), LEUCO