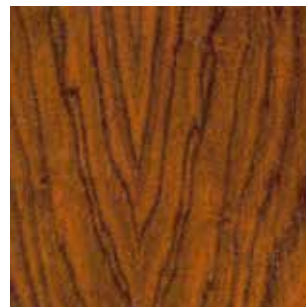




Mirko GERŠAK

Les in tvoriva



Mirko GERŠAK

Les in tvoriva

LESARSKA TEHNOLOGIJA 1

Ljubljana, 2018

Les in tvoriva

Avtor: Mirko Geršak, univ. dipl. inž. les.

Recenzenti: prof. dr. Jože Resnik, univ. dipl. inž. les.

mag. Majda Kanop, univ. dipl. inž. les.

Franc Sedej, univ. dipl. inž. les.

dr. Bogdan Šega, univ. dipl. inž. les. – za poglavja: napake lesa,
hlodovina in žagan les

Lektor: Jože Šemrov, prof. slovenščine

Konzultant: Andrej Grošelj, inž. les.

Ovitek in priprava za tisk: Stane Kočar

Tisk: Tiskarna knjigoveznica RADOVLJICA

Izdano v samozaložbi: Miroslav Geršak, Srednje Gameljne 37a, 1211 Ljubljana

Naklada: 800

Knjigo je sofinanciralo Ministrstvo za izobraževanje, znanost in šport.

© Mirko Geršak, vse pravice pridržane

Strokovni svet Republike Slovenije za poklicno in strokovno izobraževanje
je na svoji 165. seji, dne 23. 2. 2018, sprejel sklep št. 013-19/2018/2
o potrditvi učbenika Les in tvoriva.

CIP - Kataložni zapis o publikaciji

Narodna in univerzitetna knjižnica, Ljubljana

674(075.3)

GERŠAK, Mirko

Lesarska tehnologija. 1, Les in tvoriva / Mirko Geršak. - Ljubljana :
samozal., 2018

ISBN 978-961-288-355-3

294324480

PREDGOVOR

Pred vami je prva knjiga **LES IN TVORIVA**. Sledili ji bosta še dve:

KONSTRUIRANJE LESNIH IZDELKOV IN KONSTRUKCIJSKA DOKUMENTACIJA ter
LESNOOBDELOVALNI STROJI IN TEHNOLOGIJA OBDELAVE.

Vse tri knjige bodo tvorile zaokroženo snov **LESARSKE TEHNOLOGIJE**.

Tehnologija je veda, ki obravnava pridobivanje surovin, obdelavo in predelavo materiala v izdelke. Je ključni dejavnik za uspešno proizvodnjo in s tem uspešnost podjetja. Še tako dobra marketinška mreža ne more popraviti škode, ki jo lahko povzroči slab izdelek.

Knjige so **učbeniki**, saj so znanja in cilji prilagojeni srednjemu izobraževanju (program lesarski tehnik). Zaradi povezave teoretičnih vsebin s prakso so primerne tudi za uporabo pri vsakdanjem praktičnem delu.

Posamezne knjige so povsem samostojne enote, vendar so hkrati povezane in enovite.

Lesarske pojme smo zajeli v **abecednem kazalu**, ki bi ga lahko imenovali tudi *terminološki slovar*. Samo s točno opredeljenimi izrazi lahko nedvoumno izrazimo svojo misel in se sporazumevamo brez zapletov. Poleg pravilnega slovenskega izraza sta navedena še ustrezna nemški in angleški izraz.

Avtorja, Mirko Geršak in Andrej Grošelj,

se z obravnavano tematiko in pisanjem strokovnih knjig ukvarjata že več kot trideset let. Najprej kot zaposlena v gospodarstvu in nato kot učitelja v srednjem strokovnem izobraževanju. Oba sta uveljavljena avtorja, ki sta s svojimi publikacijami in delom v šoli in praksi zaznamovala lesarsko stroko.

Svoje dosedanje delo sta nadgradila z delom *Lesarska tehnologija*, kjer sta svoje bogate izkušnje in znanje prenesla na papir s težnjo po strokovnem, jasnem in zanimivem prikazu, kako priti do kakovostnih izdelkov.

Mogočni hrast zraste iz drobnega želoda, mogočno znanje pa iz majhnih pojmov.

KAZALO

PREDGOVOR.....	3	3.3.1 Branike in letnice	48
KAZALO	4	3.3.2 Jedrovina in beljava.....	49
OKRAJŠAVE IN OZNAKE SLIK.....	10	3.3.2.1 Diskoloriran les	51
UVOD.....	11	3.3.3 Stržen in srce.....	51
1. UPORABA LESA	13	3.3.4 Les iglavcev	51
1.1 Les kot surovina	15	3.3.5 Les listavcev.....	52
1.1.1 Standardizacija proizvodov.....	16	3.3.5.1 Venčasto porozni listavci	52
1.2 Uporaba lesa je okolju prijazna.....	16	3.3.5.2 Raztreseno porozni listavci.....	53
1.2.1 Uporaba lesa blaži izpuste ogljikovega dioksida ..	18	4. LASTNOSTI LESA	56
1.2.2 Uporaba lesa za gradnjo izdelkov in objektov.....	19	4.1 Estetske lastnosti lesa.....	56
1.2.3 Odslužen les	20	4.1.1 Tekstura lesa.....	56
1.2.4 Gozdno-lesna veriga	21	4.1.2 Barva lesa	58
2. GOZD IN DREVO.....	23	4.1.3 Vonj lesa	58
2.1 Gozd	23	4.1.4 Sijaj lesa	58
2.1.1 Razširjenost gozdov	23	4.2 Fizikalne lastnosti lesa	59
2.1.2 Gozdovi v Sloveniji	25	4.2.1 Voda v lesu	59
2.1.3 Funkcije gozda.....	28	4.2.1.1 Vlažnost lesa	59
2.1.4 Certifikacija gozdov	29	4.2.2 Ugotavljanje lesne vlažnosti.....	61
2.2 Drevo	30	4.2.2.1 Metoda tehtanja ali gravimetrična metoda.....	61
2.2.1 Rast drevesa	31	4.2.2.2 Metoda merjenja električnih lastnosti lesa	61
2.2.1.1 Fotosinteza	32	4.2.3 Gostota lesa.....	63
2.2.2 Korenine.....	32	4.2.3.1 Poroznost	63
2.2.3 Deblo.....	33	4.2.3.2 Gostota vrst lesa	64
2.2.4 Krošnja drevesa	35	4.2.3.3 Ugotavljanje gostote.....	65
2.2.4.1 List.....	36	4.2.4 Higroskopsnost	68
3. ZGRADBA LESA	39	4.2.4.1 Klima zraka.....	68
3.1 Prerezi lesa	39	4.2.4.2 Ravnovesna lesna vlažnost.....	68
3.2 Celična (mikroskopska) zgradba lesa.....	39	4.2.4.3 Les v okolju (klimi).....	70
3.2.1 Celična stena	40	4.2.5 Krčenje in nabrekanje.....	70
3.2.1.1 Kemična zgradba celične stene	41	4.2.5.1 Skrčki	71
3.2.1.2 Celuloza.....	41	4.2.5.2 Izračun dejanskega skrčka	73
3.2.1.3 Lignin.....	42	4.2.5.3 Nabrek	75
3.2.1.4 Hemiceluloza	43	4.2.6 Akustične lastnosti lesa	76
3.2.1.5 Ekstraktivne snovi.....	43	4.2.6.1 Hitrost zvoka	76
3.2.2 Vrste anatomskih elementov.....	43	4.2.6.2 Dušenje zvoka.....	76
3.2.2.1 Traheide.....	44	4.2.6.3 Resonančni les.....	77
3.2.2.2 Traheje	45	4.2.7 Električne lastnosti lesa	78
3.2.2.3 Lesna vlakna	45	4.2.8 Toplotne lastnosti lesa	79
3.2.2.4 Lesni trak.....	45	4.2.8.1 Toplotna prevodnost.....	79
3.2.2.5 Aksialni (osni) parenhim.....	46	4.2.8.2 Prehod toplote	80
3.2.2.6 Smolni kanal	46	4.2.8.3 Kalorična vrednost lesa	83
3.2.3 Piknja	46	4.3. Fizikalno-kemične spremembe lesa.....	84
3.2.4 Celična zgradba iglavcev in listavcev.....	47	4.3.1 Gorljivost lesa	84
3.3 Makroskopska zgradba lesa	48	4.3.2 Proliza.....	85
		4.3.3 Svetlobne lastnosti lesa	85
		4.4 Mehanske lastnosti lesa	86
		4.4.1 Trdota lesa	86
		4.4.1.1 Trdota vrst lesa	88
		4.4.1.2 Obrabljivost lesa	88

4.4.2. Trdnost	89	6.3.3 Zavita rast (zavitost) drevesa	126
4.4.2.1 Vplivi na trdnost lesa	89	6.3.4 Naklon vlaken pri žaganem lesu	127
4.4.2.2 Napetost	90	6.3.5 Valovita rast in valovitosti letnic	128
4.4.2.3 Deformacije	91	6.3.6 Reakcijski les	128
4.4.2.4 Modul elastičnosti	92	6.3.7 Smolike	130
4.4.2.5 Trdnostne lastnosti posameznih vrst lesa	93	6.3.8 Stržen	130
4.4.2.6 Natezna, tlačna in uklonska trdnost	95	6.3.9 Vrasla skorja	130
4.4.2.7 Strižna trdnost	96	6.4 Razpoke in spremembe oblike žaganega lesa	130
4.4.2.8 Upogibna trdnost	96	6.4.1 Razpoke žaganega lesa	131
4.4.2.9 Torzijska trdnost	97	6.4.2 Sprememba oblike žaganega lesa	132
4.4.2.10 Dimenzioniraje	97	6.4.2.1 Koritavost	132
4.4.2.11 Cepilna trdnost	98	6.4.2.2 Ukrivljenost	132
4.5 Trajnost lesa	100	6.5 Napake proizvodnje žaganega lesa	133
4.5.1 Trajnost drevesnih vrst	100	6.5.1 Lisičavost	133
4.5.2 Čas sečnje	101	6.6 Napake barve lesa in trohnobe	134
4.5.3 Mesto in način uporabe lesa	101	6.6.1 Dvojna beljava	134
5. LESNI ŠKODLJIVCI	103	6.6.2. Strženove pege	134
5.1 Lesne glive	103	6.6.3 Ugotavljanje (merjenje) napak	134
5.1.1 Obarvanje lesa zaradi gliv	103	6.7 Poškodbe zaradi insektov	136
5.1.2 Trohnobne glive	104	7. HLODOVINA	137
5.1.2.1 Piravost	105	7.1 Merjenje hlodovine	138
5.1.3 Hišne gobe	105	7.1.1 Izračun prostornine	139
5.2 Lesni insekti	106	7.2 Razvrščanje okroglega lesa po dimenzijah	140
5.2.1 Insekti v drevesu	107	7.3 Ocenjevanje kakovosti hlodov	140
5.2.2 Insekti v lesu na prostem	107	7.3.1 Kakovostni razredi	141
5.2.3 Insekti v vgrajenem lesu	108	8. ŽAGAN LES	143
5.3 Lesni morski škodljivci	109	8.1 Vrste žaganega lesa po obliki prečnega prereza ..	143
6. NAPAKE LESA	110	8.1.1 Tram (greda), gredica	143
6.1 Nepravilnosti v obliki debla	112	8.1.2 Žaganica	144
6.1.1 Koničnost debla	112	8.1.3 Letev	145
6.1.2 Krivost hloda	113	8.2 Žagani les po položaju v deblu in teksturi	145
6.1.3 Ovalen (eliptičen) prerez	114	8.2.1 Bleščica	145
6.1.4 Ekscentričnost debla	115	8.2.2 Bočnica	146
6.1.5 Žlebast prerez	116	8.2.3 Polbleščica	146
6.2. Poškodbe debla zaradi fizikalnih		8.3 Stopnja obdelave žaganic	146
in mehanskih vplivov	116	8.4 Razvrščanje žaganega lesa	148
6.2.1 Kolesivost	116	8.4.2 Razvrščanje konstrukcijskega (gradbenega) lesa	149
6.2.2 Notranje (srčne) razpoke	117	8.4.2.1 Razvrščanje po standardu SIST DIN 4074-1 ..	150
6.2.3 Mrazne razpoke	117	8.4.2.3 Trdnostni razredi	153
6.2.4 Obodne in čelne razpoke debla	118	8.5 Merjenje žaganega lesa	154
6.2.5 Dvojno srce	118	8.5.1 Izračun prostornine	155
6.2.6 Poškodbe drevesa	119	8.5.2 Določanje dimenzij pri 20 % vlažnosti lesa	156
6.3 Nepravilnosti v anatomske zgradbi lesa	119	8.6 Žagarski ostanki	157
6.3.1 Grče	119	8.7 Izkoristek pri žaganju hlodov	158
6.3.1.1 Zraslost grč	121	9. FURNIR	161
6.3.1.2 Zdravost grč	122	9.1 Vrste furnirjev	161
6.3.1.3 Velikost grč	122	9.1.1 Načini izdelave furnirja	161
6.3.1.4 Oblika grč	123	9.1.2 Tekstura furnirja	162
6.3.1.5 Lega in razporeditev grč	123		
6.3.1.6 Grčavost	124		
6.3.2 Širina branike	126		

9.1.2.1 Pridobivanje zelene teksture furnirja	163	10.3.4.1 Nehlapne sestavine	190
9.1.3 Vrsta furnirja po načinu ali namenu uporabe	164	10.3.4.2 Hlapne sestavine	191
9.1.4 Sušenje furnirja	165	10.3.4.3 Utrjevanje lakov	192
9.1.4.1. Sušilnik furnirja	166	10.3.4.4 Laki, lastnosti, uporaba	193
9.1.5 Način zlaganja – razvrščanja furnirja	167	10.3.4.4.1 Nitrocelulozni lak (NC)	193
9.1.6 Obdelava furnirja	167	10.3.4.4.2 Alkidni laki (AK)	193
9.1.7 Fineline furnir	167	10.3.4.4.3 Akrilni laki (AC)	194
9.2 Merjenje furnirja.....	168	10.3.4.4.4 Vodni laki.....	194
9.3 Skladiščenje	168	10.3.4.5 Lazure	195
10. POLIMERNI MATERIALI.....	169	10.3.4.6 Laki s kislimi utrjevalci (KU)	196
10.1 Sintetični polimeri	169	10.3.4.7 Poliuretanski laki (PU).....	196
10.1.1 Organske ogljikove spojine	169	10.3.4.8 Poliesterski laki (UP).....	197
10.1.2 Pridobivanje sintetičnih polimerov	170	10.3.4.9 Epoksidni laki.....	198
10.1.2.1 Razporeditev polimernih verig	172	10.3.5 Naravna premazna sredstva.....	198
10.1.3 Vrste polimerov	172	10.3.5.1 Olja in firneži.....	198
10.1.3.1 Termoplasti (plastomeri)	172	10.3.5.2 Voski	199
10.1.3.2 Duroplasti (duromeri).....	173	10.3.5.3 Premazi iz naravnih smol	199
10.1.3.3 Elastomeri (elastoplasti).....	173	11. LESENE PLOŠČE.....	201
10.1.4 Lastnosti in pregled osnovnih polimerov	173	11.1 Vrste in dimenzije lesenih plošč.....	201
10.2 Lepila	176	11.1.1 Dimenzije plošč.....	202
10.2.1 Zgradba lepila	176	11.2 Vezan les	203
10.2.1.1 Dodatki lepilom	177	11.2.1 Furnirne plošče	203
10.2.2 Utrjevanje lepil	177	11.2.1.1 Postopek proizvodnje furnirnih plošč.....	204
10.2.3 Lastnosti lepilnega spoja	178	11.2.1.2 Lastnosti in vrste furnirnih plošč	204
10.2.4 Sintetična lepila	178	11.2.1.3 Uporabnostni in kakovostni razredi.....	205
10.2.4.1 Osnovne vrste sintetičnih lepil.....	178	11.2.1.4 Oblikovane furnirne plošče	206
10.2.4.2 Razvrščanje lepil z vidika uporabe	179	11.2.1.5 Furnirne plošče z umetno smolo	206
10.2.4.3 Polimerizacijska lepila	180	11.2.2 Mizarske (panelne) plošče	207
10.2.4.3.1 Polivinilacetatno lepilo.....	180	11.2.3 Opažne plošče.....	208
10.2.4.3.2 Neoprensko (kontaktno) lepilo.....	181	11.2.4 Furnirni slojnat les.....	209
10.2.4.3.3 Talilno lepilo.....	181	11.2.4.1 Oblikovan slojnat furnirni les	209
10.2.4.4 Polikondenzacijska lepila.....	181	11.2.5 Masivni slojnat les.....	210
10.2.4.4.2 Melaminformaldehidno lepilo	183	11.2.6 Masivne lesene plošče.....	210
10.2.4.4.3 Melamin-ureaformaldehidno lepilo.....	183	11.2.7 Križno lepljene plošče	211
10.2.4.4.4 Fenolformaldehidno lepilo.....	183	11.2.8 Votle (sataste) plošče	212
10.2.4.4.5 Resorcinolformaldehidno lepilo	184	11.2.9 Priprava lesa za lepljenje	212
10.2.4.5 Poliadiacijska lepila.....	184	11.3 Iverne plošče.....	212
10.2.4.5.1 Poliuretanska lepila.....	184	11.3.1 Postopek proizvodnje ivernih plošč	213
10.2.5 Naravna lepila.....	184	11.3.2 Razvrstitev ivernih plošč.....	213
10.2.5.1 Klej.....	185	11.3.2.1 Plošče z iverjem, razporejenim pravokotno na površino.....	214
10.2.5.2 Kazeinsko lepilo	185	11.3.2.2 Plošče z iverjem, razporejenim vzporedno s površino	214
10.3 Sredstva za površinsko obdelavo	185	11.3.2.3 Iverne plošče z vidika uporabe.....	215
10.3.1 Kiti in polnilci por	186	11.3.3 Iverne plošče za splošne namene	215
10.3.2 Belilna sredstva.....	186	11.3.4 Oblikovani izdelki iz iverja	217
10.3.3 Lužila	187	11.3.5 Iverne plošče z usmerjenim iverjem.....	217
10.3.3.1 Barvna lužila	187	11.4 Vlaknene plošče	218
10.3.3.1.1 Vodna lužila.....	188	11.4.1 Postopek proizvodnje vlaknenih plošč.....	218
10.3.3.1.2 Lužila na osnovi organskih topil	188	11.4.2 Lahke vlaknene plošče.....	219
10.3.3.2 Kemična lužila.....	189	11.4.3 Srednje goste vlaknene plošče	219
10.3.3.3 Kombinirana lužila	189	11.4.4 Trde vlaknene plošče	220
10.3.3.4 Substratna lužila.....	189		
10.3.4 Laki	189		

11.5 Oplemenitene plošče	221	13.7.2.5 Ugotavljanje notranjih napetosti v lesu.....	256
11.5.1 Papirne folije.....	221	13.7.3 Spremembe barve lesa (obarvanja).....	257
11.5.2 Termoplastične folije	222	13.7.4 Iztekanje smole	258
11.5.3 Dekorativni laminati.....	222	13.8 Sušenje lesa na prostem	258
12. ZAŠČITA LESA.....	224	13.8.1 Zračno suh les.....	259
12.1 Naravna zaščita lesa	224	13.8.2 Čas naravnega sušenja.....	260
12.1.1 Konstrukcijska zaščita	224	13.8.3 Skladišče na prostem	260
12.2 Kemijska zaščita lesa.....	226	13.8.3.1 Skladovnica	261
12.2.1 Kemijska zaščitna sredstva (impregnacije)	227	13.8.3.2 Letvičenje	262
12.2.2 Premazi.....	228	13.8.4 Lope	263
12.2.2.1 Laki	228	13.8.5 Značilnosti naravnega sušenja	263
12.2.3 Nanašanje zaščitnih sredstev	229	13.9 Konvencionalno sušenje lesa.....	264
12.2.4 Izbira zaščitnih sredstev – sistemi zaščite.....	230	13.9.1 Komorska sušilnica s prečnim kroženjem	
12.2.4.1 Sanacijska zaščita	230	zraka	264
12.2.5 Protipožarna zaščita lesa	230	13.9.1.1 Ohišje sušilnice.....	265
12.2.5.1 Kemična sredstva za zaščito lesa		13.9.1.2 Naprave za gretje.....	266
proti gorenju	231	13.9.1.3 Ventilatorji	269
12.2.6 Varna uporaba zaščitnih sredstev	231	13.9.1.4 Naprave za uravnavanje relativne	
13. SUŠENJE LESA	234	vlažnosti zraka	270
13.1 Veličine zraka pri sušenju.....	234	13.9.1.5 Naprave za polnjenje in praznjenje sušilnic ..	271
13.1.1 Temperatura zraka	235	13.9.1.6 Naprave za merjenje in regulacijo	
13.1.2 Zračna vlažnost	236	klime zraka	272
13.1.2.1 Relativna zračna vlažnost.....	237	13.9.2 Tehnološki postopek sušenja	272
13.1.2.2 Merjenje relativne zračne vlažnosti	237	13.9.2.1 Priprava zložajev za sušenje.....	272
13.1.3 Hitrost zraka	239	13.9.2.2 Segrevanje	273
13.2 Sušenje zraka.....	240	13.9.2.3 Faza sušenja	273
13.2.1 Izmenjava in gretje zraka	240	13.9.2.4 Izenačevanje in kondicioniranje	274
13.2.2 Kondenzacija vodnih par in gretje.....	241	13.9.2.5 Hlajenje	275
13.3 Vlaženje zraka	241	13.9.2.6 Klimatiziranje (aklimatiziranje).....	275
13.4 Vpliv zgradbe lesa na sušenje	242	13.9.3 Režimi sušenja	275
13.5 Vpliv lastnosti lesa na sušenje	242	13.9.3.1 Režimi na osnovi časa sušenja.....	275
13.5.1 Točka nasičenosti celičnih sten	243	13.9.3.2 Režimi na osnovi vlažnosti lesa	275
13.5.2 Izločena masa vode pri sušenju.....	243	13.9.3.3 Optimiranje režima sušenja.....	278
13.5.3 Določanje ravnovesne vlažnosti lesa		13.9.4 Regulacija klime zraka.....	281
pri sušenju	244	13.9.4.1 Ročna regulacija	281
13.5.3.1 Merjenje ravnovesne vlažnosti lesa		13.9.4.2 Avtomatska regulacija	281
v sušilnici	247	13.9.5 Čas sušenja	282
13.5.4 Ugotavljanje vlažnosti lesa v sušilnici.....	247	13.9.6 Tehnični podatki	283
13.5.4.1 Metoda tehtanja v sušilnici	248	13.9.6.1 Velikost sušilnice.....	284
13.5.4.2 Naprave za električno merjenje vlažnosti		13.9.6.2 Zmogljivost sušilnice	285
lesa v sušilnici.....	250	13.9.7 Oblika žaganega lesa.....	286
13.6 Gibanje vode v lesu	251	13.9.8 Značilnosti konvencionalnega sušenja.....	286
13.6.1 Padec vlažnosti in ostrina sušenja	253	13.9.9 Kanalska sušilnica (kanal).....	287
13.7 Napake lesa pri sušenju	254	13.9.10 Predsušenje	288
13.7.1 Kolaps	254	13.9.11 Sušilnica za drva.....	288
13.7.2 Napake zaradi napetosti lesa	254	13.9.12 Delo (dolžnosti) sušilničarja	289
13.7.2.1 Razpoke.....	254	13.9.13 Vzdrževanje sušilnice	291
13.7.2.2 Deformacije prečnega prereza.....	255	13.10 Kondenzacijsko sušenje.....	291
13.7.2.3 Ukrivljenost sortimentov sušenja	255	13.10.1 Značilnosti kondenzacijskega sušenja.....	292
13.7.2.4 Zaskorjenost	255	13.11 Vakumsko sušenje.....	293
		13.11.1 Vakumska sušilnica s kontinuiranim	
		vakuumom in z grelnimi ploščami.....	294

13.11.2 Vakumska sušilnica z diskontinuiranim vakumom in brez grelnih plošč	295
13.11.3 Kontinuirano vakumsko sušenje v pregreti pari.....	296
13.11.4 Značilnosti vakumskega sušenja	296
13.12 Visokofrekvenčno sušenje lesa	297
13.12.1 Sušilnik lesa z visoko frekvenco	297
13.12.2 Mikrovalovno sušenje lesa	298
13.13 Sušenje lesa s sončno energijo.....	298
13.13.1 Solarne sušilnice.....	299

14. HIDROTERMIČNA OBDELAVA LESA300

14.1 Parjenje lesa.....	300
14.1.1 Spremembe barve lesa	300
14.1.2 Plastifikacija lesa	300
14.1.3 Sterilizacija lesa	300
14.1.4 Sprememba lastnosti.....	301
14.1.5 Načini parjenja	301
14.1.6 Proces parjenja	301
14.1.6.1 Parilne jame	301
14.1.6.2 Parilnice za žagan les	302
14.1.6.3 Kotel za parjenje.....	303
14.2 Termično modificiran les	304
14.2.1 Lastnosti termično modificiranega lesa	304

PRILOGA: Drevesne vrste306

Domači iglavci

(bor, jelka, macesen, smreka, tisa).....	306
--	-----

Domači listavci

(brest, breza, bukev, češnja, gaber, hrast, hruška, javor, jelša, jesen, kostanj pravi, lipa, oreh, robinija, topol, vrba).....	309
---	-----

Druge domače drevesne vrste

(bezeg, brin, brek, breskev, bodika, češplja, enovrati in navadni glog, jerebika, platana, ruj, skorš)	
--	--

Tuji iglavci:

(duglazija, klek ali tuja, sekvoja).....	325
--	-----

Tuji listavci:

(afrormozija, balza, iroko, limba, mahagoni, makore, meranti, okume, paduk, rio palisander, ramin, tik)	326
---	-----

Palme330

ABECEDNO KAZALO LESARSKIH POJMOV.....331

VIRI IN LITERATURA343

PRIKAZ VIROV ILUSTRACIJ OZNAČENIH Z (X)345

VIRI SLIK v PRILOGI: DREVESNE VRSTE.....346

VIRI PREGLEDNIC347



Detajl iz Semeniške knjižnice v Ljubljani — barok (1720), foto: Marjan Smerke.

OKRAJŠAVE IN OZNAKE SLIK

V besedilu smo za navedbo virov slikovnega gradiva uporabili okrajšave in oznake. Pri vsaki sliki, risbi ali fotografiji je v oklepaju zapisana okrajšava ali oznaka, ki se nanaša na vir slikovnega gradiva.

V nadaljevanju je pojasnjen način navajanja virov.

(1.: št. strani) Prva številka se nanaša in je enaka zaporedni številki, ki jo ima določeno delo na seznamu uporabljenih del **Viri in literatura**, druga pa na stran, na kateri se slika v tem viru nahaja.

(Z. S.) Okrajšava za avtorico risb in fotografij **Zagorko Simić**.

(S. K.) Okrajšava za avtorja risb in fotografij **Staneta Kočarja**.

(A. S.) Okrajšava za avtorja fotografij **Antona Suhadolca**.

(U. G.) Okrajšava za avtorja fotografij **Uroša Geršaka**.

(M. G.) Okrajšava za avtorja fotografij **Mirka Geršaka**.

(X) Oznaka (X) pomeni, da je vir slikovnega gradiva naveden v poglavju **Prikaz virov ilustracij** na koncu knjige.

UVOD

Knjiga (učbenik) *Les in tvoriva* zajema obsežno snov o masivnem (naravnem) lesu in lesnih tvorivih.

Po *Slovarju slovenskega knjižnega jezika* je izraz tvorivo sopomenka za material ali gradivo. Lesarji pa s pojmom tvorivo označujemo izključno materiale iz lesa, ki so namenjeni nadaljnji predelavi in uporabi: vsi polizdelki iz masivnega žaganega lesa (na primer lepljeni nosilci), furnir in vse vrste lesenih plošč.

V začetnem poglavju *Les kot surovina* prikažemo vedno večji pomen in uporabnost lesa ter gozda, kjer nastaja ta starodavni material. V nadaljevanju obravnavamo naravni les, njegovo zgradbo, lastnosti, napake in tudi njegovo zaščito. Predstavimo hlodovino, žagan les in furnir. Spoznamo polimere, lepila in materiale za površinsko obdelavo lesa. Sledijo poglavja o vseh vrstah plošč. Razpravljamo o postopkih sušenja in parjenja lesa, ki pripravita les za nadaljnjo obdelavo. Snov zaključimo s prikazom domačih in tujih drevesnih vrst.

Do iskanega pojma ali podatka pridemo hitro z *abecednim kazalom*. Poleg slovenskega izraza sta navedena še ustrezni nemški in angleški izraz.

Knjiga obravnava znanja, uporabna v izobraževanju in praksi. Zasnovana je sodobno, vsebuje veliko ilustracij, pojasnil, izračunov in primerov, ki snov utemeljijo. Omogoča, da pridemo do potrebnih podatkov in znanja o lesu na enostaven in hiter način. Predstavlja zanesljivo oporo, če smo kaj pozabili ali morda nismo prepričani v svoje vedenje.

Sledili smo novim usmeritvam in spoznanjem v tehnologiji materialov. Upoštevali smo veljavne slovenske in evropske standarde in vključili precej podatkov in napotkov, ki so prvič objavljeni v slovenski literaturi.

Učbenik *Les in tvoriva* pokriva učno snov o lesu in lesnih tvorivih, sprejet pa je bil za programa:

- lesarski tehnik za srednje strokovno izobraževanje (SSI); moduli: Les in lastnosti lesa (LEL); Materiali v lesarstvu (MAL); Žagarstvo in sušenje (ŽIS);
- lesarski tehnik za poklicno-tehniško izobraževanje (PTI); modula: Žagarstvo in sušenje (ŽIS); Tvoriva (TVO).

Učitelju lajša delo in mu je v pomoč pri uvajanju sodobnejših in zanimivejših metod pouka, ki motivirajo dijake. Učenec lahko iz učbenika pripravlja svoje zapiske, podčrtuje snov, rešuje naloge, prerisuje in konstruira risbe, razlaga nove pojme, išče zanimivosti ... Dijak, ki ni vajen pisane besede, ni sposoben razumeti, kaj bere, zato ne premišlja in ne sklepa o tematici vsebine. Skratka, dijaka je potrebno učiti, kako pridobiti znanje in informacije, kar pa ni mogoče brez gradiva, ki celovito zajema predstavljeno snov. Šele nato bo lahko, na primer, poiskal in obvladal znanje ter podatke s spleta in jih kritično obravnaval. Elektronski, razdrobljeni sestavki, praviloma ne navajajo na sistematično branje in osvajanje znanja. Samo bralno ozaveščena oseba bo prilagodljiva in spretna v vse hitreje spreminjajočem se svetu.

Nekatere vsebine smo obravnavali širše ali bolj poglobljeno kot predvideva učni načrt. Tako se lahko vsebina prilagodi sposobnostim in interesom posameznega dijaka. Na koncu vsakega poglavja so zanje predvidene krajše naloge, ki jih navajajo na uporabo literature in samostojno iskanje rešitev.

Les je edina pomembna surovina, ki jo premore Slovenija. Z njim moramo ravnati pravilno in odgovorno, izkoristiti ga moramo za izdelavo izdelkov z višjo dodano vrednostjo.

Poznavanje osnovnega materiala je porok za uspešno delo v naši stroki. Prepričan sem, da pričujoča vsebina nudi ustrezne odgovore pri študiju in praksi.

1. UPORABA LESA

Les je eden prvih materialov, ki ga je človek začel uporabljati. Že pračlovek si je iz lesa naredil pripomočke, orodja in ga uporabljal kot vir energije (ogelj). Od nekdaj je v življenjskem okolju človeka, vsestransko je uporaben in lahko ga je obdelovati. Upravičeno domnevamo, da je bistveno pripomogel k razvoju človeštva. Les pridobimo iz dreves, živih rastlin, zato je naravna in obnovljiva surovina. Kljub skokovitemu razvoju novih materialov je les konkurenčen, saj ustreza sodobnim smernicam in zahtevam o varovanju okolja.

V tej knjigi bomo poudarili **tehnološko rabo lesa**, v katero štejemo predelavo debel dreves, izgradnjo lesenih konstrukcij in izdelavo vseh vrst končnih izdelkov.

Raznovrstnost uporabe lesa bomo pojasnili z navedbo **lesarskih poklicev** (dvajset): tesar, pohištveni mizar, stavbni mizar, žagar, strugar, kolar, sodar, pletar, coklar, modelar, drvar, parketar, krstar, roletar, glasbilar, pipar, čolnar, rezbar in pozlatar, tapetnik za oblazinjeno pohištvo, suhorobar (suha roba obsega približno 385 gospodinjstskih in gospodarskih izdelkov).

K poklicnemu lesarskemu delu lahko štejemo izdelovalce: kopit za puške, kopit za čevlje, držal za ščetke in metle, čopičev, svinčnikov, obešalnikov, gumbov, meril, pribora za tekstilne stroje (utenzilij), vžigalic, ogradij za ure, zabojev (embalaže), železniških pragov, vrste športnih izdelkov ...

Les je ozelenela narava in nam je kot tak blizu in prijeten, v prispodobi pa rečemo, da je živ material. Kos lesa je del individualnega organizma (drevesa) in velja, da vsak kos lesa ni nikoli popolnoma enak drugemu. Ima svoj karakter glede barve, dekorativne teksture, vonja, trajnosti, trdnosti, obdelovalnosti in akustičnosti. Njegov značaj izrazito poudarijo umetniška dela iz lesa.



a) Oskar Kogoj, oljčni list miru (73 cm x 36 cm, oreh) – svetopisemski simbol najvišje človeške vrednote

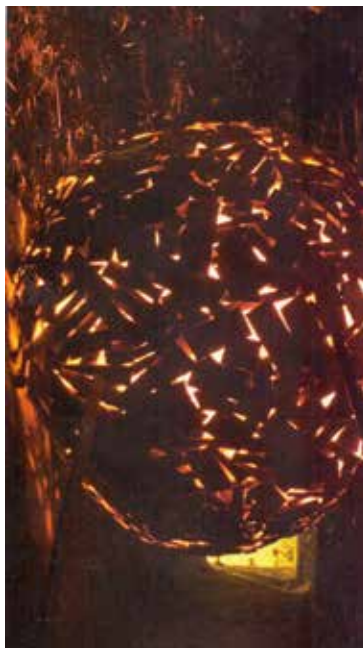


b) Stane Jarm, Palček, lesen kip nam približa življenje

Pletarski izdelki so del slovenske tradicije. Žlah-ten, oblazinjen naslonjač iz pletene vrbe je zasnoval arhitekt in oblikovalec Jože Mesar, pristaš bauhausovskega modernizma.



c) Jože Mesar, naslonjač za dedke



č) André Bahna: Zate sem shranil sončni zahod

Iz kosov lesa izdelana skulptura, ki osvetljena s svojo obliko, evocira prisotnost sonca, ki nikoli ne zaide.

Razstava: Svetlobna gverila: narava // 16.–18. junij 2016 Ljubljana, Galerija Vžigalica.

Slika 1: Les v umetnosti (X)

Skulptura je bila postavljena ob stavbi št. 6 na Novem trgu v Ljubljani. V tej stavbi je domovalo podjetje J. J. NAGLAS (1847–1960), naše odlično organizirano in najuspešnejše mizarstvo, ki je izdelovalo pohištvo najvišjega kakovostnega razreda.

Preblisk: morebiti bo skulptura skupaj z napisom na stavbi, ki je še ostal, in ujetim soncem v krogli osvetlila tudi naše naslednje lesarske rodove.

1.1 Les kot surovina

Les je naravna in obnovljiva surovina. Njegova raznolikost obsega:

a) okrogli les – neposredna upora- ba debla			- drogov - koli - okrogel les – gradnja	
	- stebri	- piloti		
b) žagani (rezani) kosi in ploskovni deli z nespremenjeno strukturo lesa				- furnir - mizarske plošče - lameliran les - plošče iz desk - gradbeni les ...
	- žagan les	- vezane plošče		
c) les, zdrobljen v iveri			- izolacijske plošče iz lesne volne - briketi - izdelki iz iverja	
	- iverne plošče	- peleti		
č) mehansko ločena (razvlaknjena) vlakna lesa			- izolacijske plošče iz lesnih vlaken - papir - karton	
	- vlaknene plošče	- lesovina		
d) ločitev kemičnih sestavin iz celične stene lesa			- karton - lignin (lepilo) - celuloza za kemično industrijo ...	
	- papir (celuloza)	- tekstil		
e) izločitev ekstraktivnih snovi iz lesa			- kavčuk - barvila - drevesni sirup ...	
	- smola	- tanin		
f) kemijska razgradnja lesa			- ksiloza - zdravila - alkohol - furforal ...	
	- goriva (bioolja)	- bioplastika		
g) termična razgradnja lesa			- oglje - lesni plin - kemične snovi	
		- drva, sekanci		
h) biološka razgradnja lesa			- bioplín - ksiloza - zastirka	
		- kompost, zemlja		

Slika 2: (a - h) Uporaba lesa kot surovine (Z. S.)

1.1.1 Standardizacija proizvodov

Cilj standardizacije je poenotenje proizvodov oziroma doseganje optimalne stopnje urejenosti na danem področju.

Standard je dogovor o obliki, velikosti, kakovosti, merah, metodi preizkušanja, poimenovanju (terminologiji), varnosti in podobnih dogovorjenih znakih ter merah za najrazličnejše izdelke. Standardi omogočajo bolj gospodarno proizvodnjo in s tem pocenitev izdelka, poenostavljajo sporazumevanje, definirajo pojme, olajšujejo izbiro, povečujejo varnost, omogočajo izmenljivost in združljivost delov, poenostavljajo konstruiranje, lajšajo vzdrževanje ... Nekateri standardi so obvezni, drugi priporočljivi.

Mednarodna organizacija za standarde je ISO (International Organization for Standardization).

Standardi posameznih držav imajo svoje označbe: **Slovenija**–SIST, Nemčija–DIN, Avstrija–ÖNORM, Hrvaška–HRN, Italija–UNI ...

V Evropski zvezi izdaja standarde CEN (European Committee for Standardization) s sedežem v Bruslju, označi pa jih s kratico EN (Euronorm). Izvirni slovenski nacionalni standard ima oznako SIST (Slovenski standard), lahko pa prevzamemo evropski, nacionalni in mednarodni standard. Če je bil standard privzet, se pred oznako privzetega standarda doda kratica SIST. Referenčna oznaka standardov navaja tudi letnico izdaje tega standarda v Sloveniji, na primer: SIST EN 1611:2003 in SIST DIN 4074-1:2009.

Standarde stalno dopolnjujejo in prilagajajo novim zahtevam. Pri nas so vsi standardi na brezplačno razpolago v knjižnici *Slovenskega inštituta za standardizacijo (SIST)*, Šmartinska cesta 152, SI-1000 Ljubljana. Lahko jih tudi naročimo in kupimo.

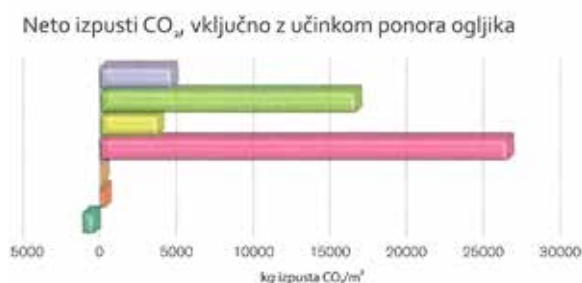
Slovenski inštitut za standardizacijo razvršča standarde glede na predmet standardizacije v šest skupin:

- *Osnovni standard* – obravnava široko področje ali vsebuje splošna določila za določeno področje.
- *Terminološki standard* – obravnava izraze, ki jih ponavadi spremljajo definicije, včasih pa tudi pojasnila, ilustracije in primeri.
- *Preskuševalni standard* – obravnava preskusne metode, ki jih včasih dopolnjujejo druga določila, povezana s preskušanjem kot na primer vzorčenje, uporaba statističnih metod in zaporedje preskusov.
- *Standard za proizvod* – specificira zahteve, ki jih mora izpolnjevati proizvod ali skupina proizvodov z namenom, da se zagotovi njegova (njihova) ustreznost namenu. Na primer, lesni proizvodi navedeni na sliki 2 so standardizirani.
- *Procesni standard* – specificira zahteve, ki jih mora izpolnjevati proces, da se zagotovi njegova ustreznost namenu.
- *Storitveni standard* – specificira zahteve, ki jih mora izpolnjevati storitev, da se zagotovi njena ustreznost namenu.

Pri posameznih poglavjih te knjige bomo spoznali standarde za obravnavane lesne proizvode.

1.2 Uporaba lesa je okolju prijazna

Les je naravna in obnovljiva surovina, ki je ni treba pridobivati iz rud, zato za njeno predelavo v izdelke potrebujemo manj energije, kar pomeni manj izpustov CO₂ pa tudi drugih škodljivih snovi. Takšne materiale imenujemo *nizkoogljive* in so materiali prihodnosti, za razliko od intenzivnih ogljikovih materialov (PVC, železo, aluminij ...), ki potrebujejo veliko energije za predelavo.



Slika 3: Neto emisija v okolje oz. absorpcija CO₂ na kubik materiala (42.: 36)

Iz slike 3 razberemo, da se pri proizvodnji 1 m³ plastike v ozračje sprost 5 ton CO₂, pri železu več kot 15 ton ... 1 kubični meter lesa v končnem izračunu zmanjša za 2 tona CO₂ v ozračju. Pri obdelavi lesa lahko dosežemo odličen izkoristek, saj lahko vse ostanke koristno uporabimo, na primer za iverne in vlaknene plošče, celulozo, biomaso in kemično predelavo. Posebnost predelave lesa je, da lahko osnovna surovina (les) tehnološkega procesa hkrati služi kot vir toplotne in električne energije. Lesna proizvodnja je tako v ugodnem energetskega položaju.

Varovanje okolja

Varovanje okolja pred škodljivimi plini in onesnaževanjem je vsaj v razvitem svetu urejeno in živimo v mnogo bolj čistem okolju kot pred tridesetimi ali petdesetimi leti.

Problem je *dvig povprečne temperature na Zemlji*, ki se je v zadnjem stoletju zvišala za okoli 0,85 ± 0,2 °C. Temperature se bodo do konca stoletja zvišale še za 0,3–4,8 °C, če človeštvo ne bo ukrepalo. Višje temperature povzročajo razne ekstremne vremenske pojave (orkani, tornadi ...), dvig morske gladine (potopljena bi bila vele mesta in otoške države), spremembe v naravi (puščave) in pridelavi hrane, skratka lahko se poslovimo od sveta, kot ga poznamo danes.

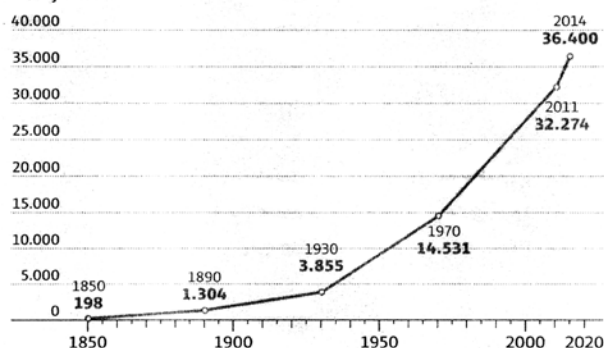
Prekomerno segrevanje zemlje je povzročila večja vsebnost *toplogrednih plinov* (TGP) v ozračju, ki je od sredine prejšnjega stoletja skokovito narasla (diagram na sliki 4). V toplogred-

nih plinih je daleč največ ogljikovega dioksida (CO₂), sledijo metan, klorfluoroglikovodiki, dušikovi oksidi ...

Povečana vsebnost toplogrednih plinov (predvsem CO₂) pomeni, da na Zemlji ostane preveč toplote sonca – učinek tople grede. Temperature na zemlji so prijazne, če toliko energije, kot jo dobi od sonca, tudi seva v atmosfero (energijska bilanca).

Svetovne emisije ogljikovega dioksida

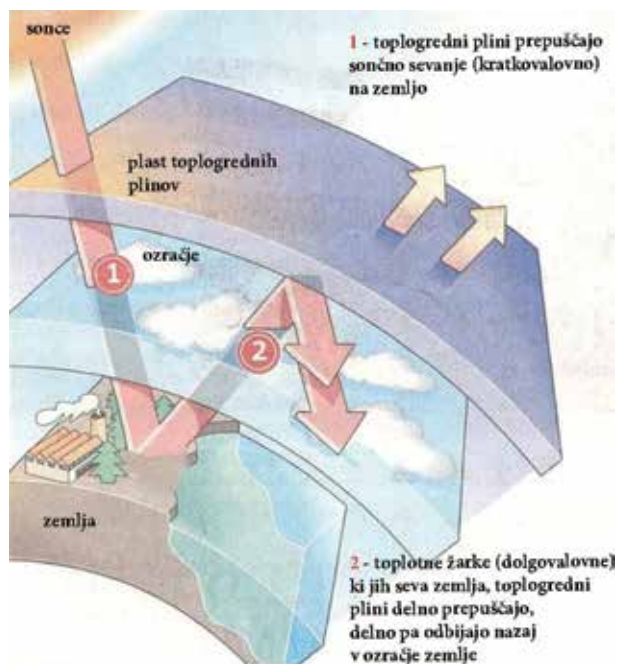
v milijonih ton



Slika 4: Svetovne emisije ogljikovega dioksida (X)

Učinek tople grede

Pojav segrevanja zemlje je poimenovan po lastnosti rastlinjakov (topli gredi), kjer steklena streha prepusti svetlobo, zadrži pa toploto.



Slika 5: Učinek tople grede (X)

Toplogredni plini v ozračju prepuščajo sončno sevanje (kratkovalovno) na Zemljo, absorbirajo pa toplotne žarke (dolgovalovne), ki jih seva Zemlja, in zato zavirajo ohlajanje Zemlje. Posledica je večje segrevanje Zemlje.

Največ izpustov ogljikovega dioksida (CO_2) v ozračje nastane zaradi izgorevanja fosilnih goriv (premog, nafta, plin), ki služijo za pridobivanje energije in za transport. K povečanju koncentracije CO_2 v ozračju veliko prispeva uničevanje tropskih gozdov, saj so gozdovi velik ponor ogljika.

Podnebni sporazumi

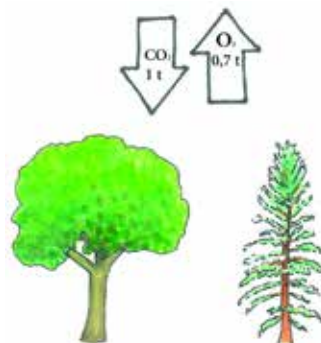
V zadnjih dveh desetletjih se človeštvo čedalje bolj zaveda učinka, ki ga ima povečana koncentracija toplogrednih plinov na podnebje našega planeta. Razni dogovori in sklepi o znižanju emisij toplogrednih plinov (*Kjotski protokol iz leta 1997*) niso bili uspešni, ker jih ni sprejel ves svet. Na *pariški podnebni konferenci* – decembra leta 2015 – je bil sprejet prvi podnebni dogovor 196 držav. Osnovni cilj je zmanjšanje dviga povprečne globalne (svetovne) temperature, ki se lahko poviša za največ 2 °C (oziroma 1,5 °C) v prihodnjih desetletjih, glede na predindustrijsko revolucijo. Pomemben dosežek je dogovor o opuščanju fosilnih goriv (predvsem premog, nafta) in usmeritev v nizkoogljično prihodnost.

Uporaba lesa kot tipičnega nizkoogljičnega materiala je enostaven način zmanjševanja emisij ogljikovega dioksida (CO_2) v ozračje in s tem tudi doprinos k blaženju podnebnih sprememb.

1.2.1 Uporaba lesa blaži izpuste ogljikovega dioksida

K zmanjševanju izpustov ogljikovega dioksida (CO_2) veliko doprinese uporaba lesa, in to zaradi naslednjega:

1. Drevo za fotosintezo potrebuje ogljikov dioksid iz ozračja. Za prirast drevesa za 1 m³ lesa porabi drevo 1 tona ogljikovega dioksida iz ozračja, v zrak pa izloči 0,7 tone čistega kisika.



Slika 6: Učinek fotosinteze na ozračje pri 1 kubiku prirastka (Z. S.)

2. V samem deblu (lesu) drevo skladišči ogljikov dioksid (ponor CO_2). V substanci enega 1 m³ lesa je vsebovana približno (ekvivalent) 1 tona ogljikovega dioksida.

Seštevek obeh postavk je, da 1 m³ lesnega izdelka prispeva k znižanju CO_2 v ozračju približno za (ekvivalent) 2 tona (2000 kg/m³).

Primer:

Koliko prispeva izdelek z volumnom lesa 0,02 m³ k znižanju CO_2 v ozračju?

$$\text{Znižanje } \text{CO}_2 = 0,02 \text{ m}^3 \cdot 2000 \text{ kg/m}^3 = 40 \text{ kg } \text{CO}_2$$

Skladiščenje CO_2 v lesu ni trajno – po koncu uporabe izdelka se približno ena tona CO_2 vrne v ozračje, če izdelek strohni ali če zgori. V primeru, da les zgori, pridobimo koristno toploto; les pa je nadomestilo za fosilno gorivo, ki bi pri izgorevanju sprostil svoj CO_2 .

1.2.2 Uporaba lesa za gradnjo izdelkov in objektov

Les lahko porabimo ali posekamo toliko, kot ga v gozdovih priraste. V Sloveniji in Evropski uniji imamo trenutno dovolj lesa, ker gozdni prirastek presega posek. Torej lahko porabimo več lesa. Večja uporaba lesa ima še vrsto prednosti: *izkoristimo naravno bogastvo, zmanjšujemo se izpusti ogljikovega dioksida, ustvarjajo se nova delovna mesta, spodbuja se ekonomija ...* Zaradi navedenega so v Evropski uniji uvedene razne dejavnosti in spodbude za večjo uporabo lesa. V Sloveniji je izdelan *Akcijski načrt za povečanje konkurenčnosti gozdno-lesne verige do leta 2020*. Od leta 2011 velja *Uredba o zelenem javnem naročanju*, ki daje prednost materialom in gradnji, ki manj obremenjujejo (onesnažujejo) okolje in v to skupino spadata tudi izdelava lesenega pohištva in gradnja lesenih stavb.

Najučinkoviteje les uporabimo pri gradnji lesenih konstrukcij: vse vrste bivalnih stavb, šol, vrtcev, športnih in kulturnih dvoran, raznih hal in razstavišč, skednjevi, kozolcev, vrtnih hišic ... pa tudi mostov, brvi, protihrupnih ograj, škarp.



Slika 7: Osrednja opazovalnica, Naravni rezervat Škocjanski zatok pri Bertokih, Koper (M. G.)

Poleg tega, da smotrno izkoristimo razpoložljivo surovino, ima gradnja lesenih objektov naslednje značilnosti in prednosti:

1. Hitra in enostavna gradnja objekta

Lastnik pripravi samo temeljno ploščo in komunalne priključke, vsa druga dela opravi

proizvajalec lesene hiše. Objekt je po postavitvi suh in možna je takojšnja vselitev. Lesena konstrukcija je lahka, zato omogoča enostavnejšo gradnjo na tleh slabše nosilnosti in nadgradnjo obstoječih (starejših) objektov. Leseni objekti imajo lahko več etaž.

2. Dober toplotni izolator

Prevajanje toplote po lesu je slabo, kar pomeni dobro toplotno izolacijo. Leseno steno lahko še dodatno izoliramo, priporočamo pa naravne izolacijske materiale (plošče iz lesne volne – preglednica 13). Za gradnjo nizkoenergjskih ali pasivnih hiš je les zelo primeren.

3. Prijazen do okolja

Za pridobitev lesne surovine, predelavo in obdelavo potrebujemo malo energije. Gradnja takšnega objekta je okolju prijaznejša, ker je manj odpadkov, manj prevozov na gradbišče in traja krajši čas. Lesne ostanke gradnje lahko koristno uporabimo in z njimi ne onesnažujemo okolja.

4. Topel material

Les je topel material, ki omili klimatske posebnosti zaradi letnih časov, predvsem vdor vročine poleti in mraza pozimi. Za ugodno počutje je pomembna tudi ugodna površinska temperatura vseh sten prostora (sevalna temperatura). Na leseni steni ne prihaja do kondenzacije vlage in s tem možnosti nastanka plesni.

5. Zdravo in prijetno bivalno okolje

Lesena stena prepušča zrak, kar pripomore k prijetni klimi v prostoru. Les vpija vlago, če je zrak vlažen, in jo oddaja, če je presuh. Prijetno diši, ne povzroča alergij in je antistatičen (ne privlači prahu). V lesenem objektu je tudi dobra akustika.

6. Dobra protipotresna varnost

Les je lahek, a ima kljub temu veliko nosilnost. Prenese nateg in tlak, upogib, vezi so gibljive, zato lesena konstrukcija prenese močnejše potresne sunke kot zidana, poškodbe pa so precej manjše.

7. Enaka protipožarna varnost lesenega in zidanega objekta.

Les najprej gori na površini. Ker pa je slab prevodnik toplote, ta površina poogleni in napredovanje gorenja je upočasnjeno. Notranjost konstrukcijskega elementa ostane sorazmerno dolgo nedotaknjena in tako dlje obdrži svojo nosilnost kot drugi konstrukcijski materiali (beton, jeklo). Gasilec z manj tveganja vstopi v stavbo lesene konstrukcije in gasi, ker je gorenje počasnejše in predvidljivo.

8. Življenjska doba je dolga

Pri izdelavi sestavnih delov in gradnji objektov upoštevamo različne predpise in standarde, ki jih kontrolirajo neodvisni inštituti, kar zagotavlja njihovo kakovost in trajnost. Nekateri proizvajalci nudijo na konstrukcijo 50-letno garancijo. Pri nas stojijo hiše, grajene iz hrasta in bukve, stare nekaj stoletij, in so pomemben del preteklosti, zaščitene pa so kot objekti arhitekturne in kulturne dediščine.



Slika 8.: Lesena hiša je trajna (M. G.)



Slika 9: Naravnemu okolju ustreza lesen objekt (X)

1.2.3 Odslužen les

Praksa in razne študije so pokazale, da ob rušenjih ali obnovi hiš gradbeni les (tramovi, gredice, letve, razni nosilci) ... ostane zdrav, enako velja za lesena okna, parket, obloge in dele pohištva. Po več desetletjih uporabe ali celo stoletju se lahko odsluženi les ponovno uporabi.

Cilji ponovne uporabe (recikliranja):

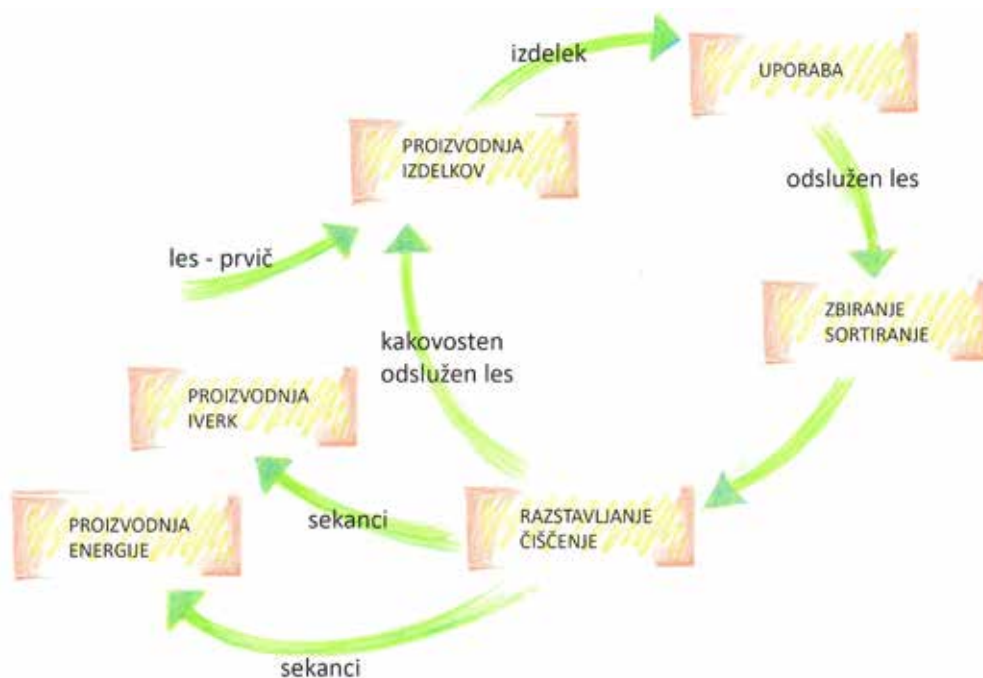
- zmanjšanje porabe sveže lesne surovine,
- zmanjšanje energije za proizvodnjo in transport,
- preprečevanja onesnaženja zraka (gnitje, sežig),
- zmanjšanje onesnaževanja vode in zemlje (odlaganja na divjih odlagališčih),
- zmanjšanje izpustov toplogrednih plinov – CO₂ (poglavje 1.2.1).

Največja težava pri ponovni uporabi je, da ima les vrsto nezaželenih primesi (lepila, laki, biocidni premazi) in tudi razno okovje. V gradbeništvu pa vsebuje tudi delce betona in železa. Odsluženi les se zbira v ustreznih podjetjih, kjer se očisti vseh primesi – onesnažil.

Reciklažna podjetja za odsluženi les obstajajo tudi pri nas. Največkrat pa predelajo les v sekance, ki se uporabijo za izdelavo ivernih plošč, proizvodnjo celuloze in proizvodnjo energije (kurjenje).

Iz večji kosov odsluženega lesa lahko izdelamo kose manjših dimenzij, ki se uporabijo za izdelavo primernih izdelkov ali pa se lepijo skupaj v lepljence, na primer za okenske profile.

Sodobni razvoj uporabe lesa sledi tako imenovani **kaskadni rabi lesa**. Kaskadna raba lesa podaljšuje življenjsko dobo lesa, predvideva pa uporabo lesa najmanj v treh fazah, oziroma isti les se uporabi trikrat. Prvič in drugič za kosovni izdelek, tretjič pa za iverne plošče, v energetski namen ali za kemijsko predelavo ... Uporaba lesa se podaljša na več kot sto let in v tem času je v njem tudi skladiščen ogljikov dioksid.



a) potek ponovne uporabe

b) znak za recikliran les

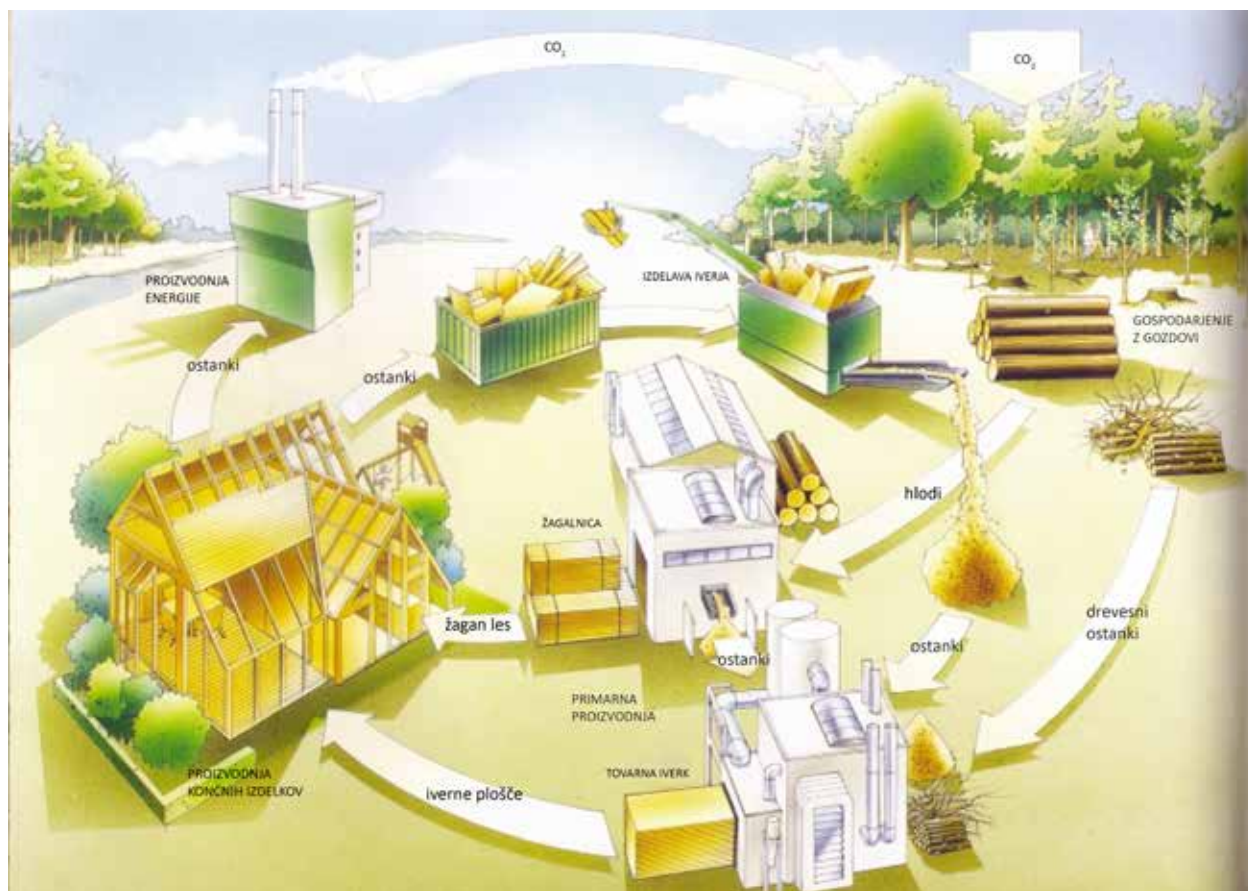
Slika 10: Recikliranje lesa (Z. S.)

Recikliranje pomeni ponovno uporabo že uporabljenih, odpadnih snovi v proizvodnem procesu, za prvotni namen ali druge namene

Lesarstvo je gospodarska dejavnost, ki se ukvarja z nabavo, obdelavo in predelavo lesa. Strokovnjaki, ki se ukvarjajo z omenjeno dejavnostjo pa so lesarji. Izraz lesarstvo se je pojavil z razvojem lesne industrije (po drugi svetovni vojni), kajti izraz mizarstvo in tesarstvo je bil preozek.

1.2.4 Gozdno-lesna veriga

Les je gozdna dobrina. Med gozdom in lesom je usodna povezanost. Brez uspešne lesne predelave ne bomo imeli uspešnega gozdarstva. Gozdno-lesna veriga (slika 11) lesno surovino izkoristi v celoti. Gozdarji gospodarijo z gozdovi, posekajo drevesa in jih spravijo do skladišča hlodovine ob žagalnici, ki je na tem območju. Lesarji, glede na zahteve proizvodnje končnega izdelka, hlode optimalno krojijo (prižagajo na dolžino) in jih pripravijo za primarno predelavo – razžagovanje hlodov. Žagarski sortimenti (deska, tram ...), iverna plošča so polizdelki, ki jih prodajo ali uporabijo za izdelavo končnih izdelkov. Pri vsakem členu verige nastanejo odpadki lesa, ki se lahko koristno uporabijo, zato jih imenujemo **ostanki**. Ostanke pri predelavi lesa se koristno uporabijo za izdelavo ivernih ali vlaknenih plošč, za manjše predmete, za celulozo ali za kemično predelavo. Samo manj vredne ostanke predelave lesa in manj vredne drevesne ostanke je smotno uporabiti za lesno biomaso oziroma za kurjenje (proizvodnjo toplotne energije).



Slika 11: Gozdno-lesna veriga za gradnjo objektov (42.: 50)

Prikazano je tudi kroženje ogljikovega dioksida (CO₂). Pri zgorevanju lesnih ostankov (biomase) je količina emitiranega CO₂ v ozračje enaka količini porabljenega CO₂ za fotosintezo – nevtralna emisija CO₂ pri izgorevanju lesa.

*Naloge:

- Opredelite, razložite in zapišite, zakaj je les surovina prihodnosti. Zakaj se spodbuja večja raba lesa in lesnih izdelkov na ravni naše države in Evropske unije? Uporabite tudi druge strokovne vire.
- Sestavite in skicirajte gozdno-lesno verigo za proizvodnjo lesnih izdelkov po vaši izbiri. Opišite tudi izkoriščanje vseh ostankov.

** Naloge so podane na koncu vsakega poglavja. Njihov namen je, da učenci (ali bralci) z večjim zanimanjem preučujejo snov, razmišljajo o njej, jo analizirajo ... Rešitve nalog naj učenci beležijo v poseben zvezek. Priporočamo tudi, da rešujete računske naloge na osnovi enačb in primerov v knjigi. Podatke izberejo učenci sami ali s pomočjo učitelja.*

2. GOZD IN DREVO

2.1 Gozd

Gozd (hosta, loza) je sklenjen sestoj gozdnega drevja ali združba olesenelih rastlin z visokimi debli in krošnjami. V tej združbi dreves uspeva tudi grmovje in mnogotere prizemne rastline. V gozdu so doma tudi številne živali. Vsak nepravilen poseg človeka v ta zapleten naravni sestoj živih in neživih dejavnikov poruši občutljivo naravno ravnovesje in povzroči razdejanje.

2.1.1 Razširjenost gozdov

Gozd pokriva približno tretjino (30 %) kopne zemeljske površine, od tega okoli polovico v tropskih predelih. Svetovna gozdna površina je prikazana v preglednici 1.

Preglednica 1: Svetovna gozdna površina

Celina/Regija	Površina gozda (Mha)	Površina gozda (%)
vsa Evropa (z Rusijo)	1001	25,3
Afrika	635	16,1
Azija	572	14,5
Severna Amerika	677	17,1
Južna in Srednja Amerika	860	22,8
Oceanija	206	5,2
Svet	3951	100
Evropski gozdovi brez Rusije	192	4,9
Rusija	809	20,4

Čeprav evropski gozdovi obsegajo le 4,9 % svetovne površine, zagotavljajo 23 % industrijske porabe hlodovine na svetu.

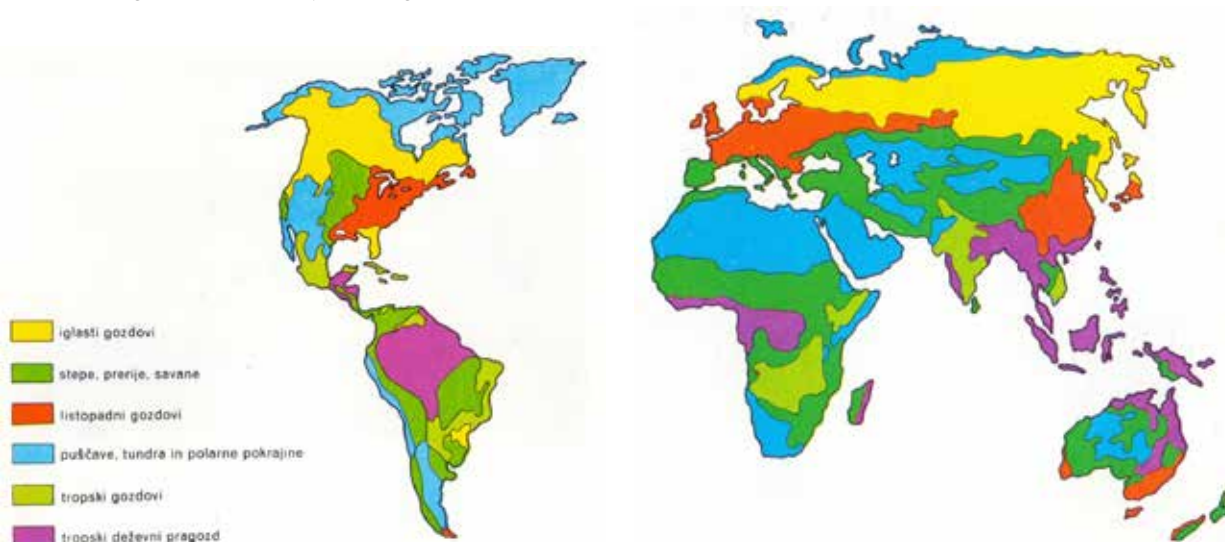
iglavci 50 %	listavci 25 %
	mešani 25 %

Slika 12: Sestava gozdov v Evropi (brez Rusije) (M. G.)

Na Zemlji je okoli 100 000 različnih vrst dreves, ki predstavljajo 25 % vseh rastlinskih vrst.

Gozdni pasovi po svetu

Drevesa rastejo v zelo različnih podnebnih razmerah, ki se jim prilagodijo. Bolj groba razdelitev svetovnih gozdov sestavlja štiri gozdne pasove.



Slika 13: Zemljevid gozdnih pasov (21.: 12–13)

• Iglasti (severni – borealni) gozdovi – tajga

Razprostirajo se skoraj okrog celotnega severnega pasu Zemlje. Zime so dolge in ostre, poletja pa kratka in vlažna. Rastejo smreka in bor, tudi macesen; od listavcev predvsem breza in topol, ki še uspevata pri nizkih temperaturah. Tajga je po površini največji gozd (in tudi biotop) na svetu, pokriva pa 11 % Zemljinega površja.

• Listnati gozdovi zmernega pasu

Razširjeni so v zmerno toplem pasu (v zahodni in srednji Evropi, v vzhodni Aziji ter vzhodni Severni Ameriki). V listnatih gozdovih vsako leto odpade listje (listopadni gozd). Prevladujejo domače vrste (hrast, bukev, javor, brest, jesen, kostanj, lipa ...). Skupaj z listavci dobro uspevajo tudi nekateri iglavci: jelka, smreka, bor ...

• Tropski (subtropski) gozdovi

Razprostirajo se dlje od ekvatorja. Izmenjujeta se dve dobi: deževna in sušna. Podnebje je toplo, celotna količina padavin pa precejšna. Rastejo zimzelene in listopadne vrste dreves, ki jih množično izkoriščajo.

• Tropski deževni gozdovi

Uspevajo ob ekvatorju, kjer letnih časov ni. Padavine so obilne, temperatura ne pade pod 27 °C, vlažnost zraka pa je visoka. Večina vrst dreves je zimzelenih (kritosemenke – palme) z večjimi listi, raste pa jih več kot 7000 vrst. Gozd sestavlja vrsta različnih slojev, spodaj je podrast, sledijo nižja drevesa, srednje visoka in visoka (~ 50 m), gosti sloj krošenj teh dreves pa prodrejo posamezna visoka drevesa, ki zrastejo do 60 (70) m visoko. Krošnje so tako strnjene, da skozi njih skoraj ne prodre sončna svetloba. Po drevesih rastejo druge rastline (na primer orhideje), po deblih pa se vzpenjajo različne ovijalke in liane.



a) iglasti severni gozdovi



b) listnati gozdovi zmerne pasu (Svete gore in soteska Zagaj, Obsotelje)



c) tropski (subtropski) gozdovi



č) tropski deževni gozdovi

Slika 14: Gozdni pasovi (X)

subtropski in tropski deževni gozd 49 %	iglasti gozd 35 %
	listnati gozdovi zmerne pasu 16 %

Slika 15: Gozdni fond na svetu (M. G.)

Ginko (*Ginkgo biloba*) je najstarejša še živeča drevesna vrsta na planetu. Star je več kot 200 milijonov let. Uvrščamo ga med golosemenke in je soroden iglavcem. Visok je lahko do 40 m in je premera do 200 cm. Krošnja je razširjeno stožčasta, listi so pahljačasti, dvokrpi. Na Kitajskem in Japonskem rastejo drevesa, ki so stara preko 1000 let, smatrajo pa jih za svete. Tudi v Sloveniji raste ginko v parkih, vrtovih ali ob ulicah. Ginko ima izredne zdravilne lastnosti, predvsem za boljšo prekrvavljenost možganov, zato pa ima tudi ime "drevo spomina".

2.1.2 Gozdovi v Sloveniji

Ozemlje Slovenije spada v zmerno topli pas, kjer uspevajo listnati in iglasti gozdovi. V listnatih gozdovih vsako leto odpade listje (listopadni gozd). V Slovenski Istri, Krasu rastejo tudi sredozemske zimzelene listnate vrste (oljka, lovor, hrast – črnika, bodika).

V Sloveniji gozd obsega približno 60 % površine. Za Finsko in Švedsko smo tretja najbolj gozdnata država v Evropi. V samostojni Sloveniji se je izrazito spremenila lastniška sestava gozdov: 75 % je v zasebni, 22 % v državni in 3 % v lasti lokalnih skupnosti.



Slika 16: Gozdna površina v Sloveniji in njena lastniška sestava (S. K.)

Slovenske gozdove odlikuje velika biotska raznovrstnost živalskega in rastlinskega sveta. Smo ena od redkih evropskih držav, v katerih lahko srečamo vse tri velike evropske plenilce: rjavega medveda, volka in risa. V največjem delu so naši gozdovi naravni, kar pomeni, da se pomlajujejo sami in so dobro ohranjeni. Z njimi gospodarimo dosledno ekosistemsko (sonaravno), zdržno in večnamensko. Lesna zaloga na hektar se povečuje, kar je zaželeno, vendar proizvodna funkcija ne sme biti najvažnejša. Skrbimo tudi za varovalni gozd in za pragozdove, kjer se gozd razvija naravno, brez človeških posegov ali vplivov.

Državna ustanova, pristojna za gozdove, je *Zavod za gozdove Slovenije*, ki upravlja državne gozdove, v zasebnih gozdovih pa je za lastnike svetovalna in nadzorna služba.

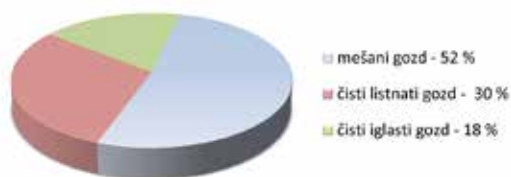
Pri nas uspeva 71 različnih domačih (avtohtonih) drevesnih vrst. Od tega je 10 vrst iglavcev in 61 vrst listavcev. Najbolj pogosti drevesni vrsti sta bukev in smreka.

Preglednica 2: Drevesna sestava gozdov v Sloveniji

Drevesna vrsta	Odstotek (%)
<i>Bukev</i>	32,2
<i>Smreka</i>	30,9
<i>Drugi trdi listavci</i> : poljski javor, beli in črni gaber, kostanj, glog, bodika, lovor, lesnika, terebint, rešeljika, čremsa, hruška, cer, oplutnik, črnika, puhasti hrast, robinija, mokovec, jerebika, skorš, brek, dolgopeceljati brest	8,4
<i>Jelka</i>	7,5
<i>Hrast</i> : dob in graden	7,0
<i>Bor</i> : rdeči in črni bor	5,7
<i>Plemeniti listavci</i> : ostrolistni in gorski javor, vsi jeseni, oreh, češnja, lipovec, lipa, poljski in gorski brest	5,2
<i>Mehki listavci</i> : črna in siva jelša, navadna in puhasta breza, vsi topoli, vse vrbe	1,7
<i>Macesen</i> : evropski in japonski macesen	1,2
<i>Drugi iglavci</i> : brin, duglazija, cemprin, grška jelka, pacipresa, tisa, zeleni bor	0,3

Glede na drevesne vrste poznamo:

- čiste gozdove – ene drevesne vrste je več kot 90 % in
- mešane gozdove – zastopane so različne drevesne vrste listavcev in iglavcev.



Slika 17: Vrste gozdov v Sloveniji (S. K.)

V preglednici 3 so podani osnovni podatki o gozdovih pri nas, vendar se le-ti spreminjajo iz leta v leto.

Preglednica 3: Osnovni podatki o slovenskih gozdovih (Zavod za gozdove Slovenije, 2014)

Površina Slovenije	2 025 469 ha	
Površina gozdov	1 181 943 ha	58,4 %
Lesna zaloga	346 100 000 m ³	
Lesna zaloga – listavci	183 433 000	53 %
Lesna zaloga – iglavci	162 667 000	47 %
Povprečna lesna zaloga	293 m ³ /ha	
Letni prirastek	7 985 300 m ³	
Letni posek (etat)	3–4 000 000 m ³	

Na leto posekamo okoli 3 do 4 milijone m³ lesa, glede na prirastek dreves in ob upoštevanju gozdno gospodarskih načrtov pa bi lahko letno posekali vsaj 5 milijonov m³.

Grm

Olesenela rastlina v gozdu ali ob njegovem robu je tudi grm. Grm zraste do višine 3 (5) m. Ima več enako močnih debel, lahko pa eno samo, ki ima že pri tleh stranske poganjke. Grmovje je uporabno predvsem kot biomasa.



Slika 18: Svarilo pri poseku (X)

Prvi zgodovinski zapis o gozdovih na našem ozemlju je bila darilna listina nemškega cesarja, ki je leta 1004 blejsko posest podaril briksenškemu škofu in s tem obširna gozdna posestva.

Naši predniki so bili z gozdom in lesom tesno povezani skozi stoletja. Z gozdom smo vseskozi umno gospodarili in se ponašali z razvito predelavo lesa in izdelavo raznoterih izdelkov. Gozd in les sta globoko vtkana v našo identiteto in sta odločilno vplivala na naš gospodarski in družbeni razvoj. Svojevrsten dokaz je risba na sliki 18. Risbo je v starih arhivih našel gozdarski zgodovinar Boštjan Anko. Lahko pomeni svarilo pred nevarnostjo (nesreče) pri poseku ali pa pred pretirano sečnjo.

Organizacija Združenih narodov za izobraževanje, znanost in kulturo (UNESCO) je 7. 7. 2017 na seznam svetovne dediščine uvrstila 63 novih območij starodavnih in prvinskih bukovih gozdov v 10 državah. Med njimi sta tudi slovenska gozdna rezervata pragozd Krokar in Snežnik – Ždrocle. Uvrstitev na seznam je pomembno priznanje za dobro nego bukovih gozdov pri nas in pomeni tudi zavezo za prihodnje varstvo obeh gozdnih rezervatov.

2.1.3 Funkcije gozda

Gozd je v našem okolju ohranjena narava in ima veliko večji pomen, kot se zavedamo. Ima številne vloge, ki jim pravimo funkcije gozda. Po Zakonu o gozdovih se funkcije gozda delijo na:

- ekološke (okoljske),
- socialne in
- proizvodne.



Slika 19: Gozd v barvah (S. K.)

Ekološka funkcija izhaja iz lastnosti gozda, da sam zgradi svoj način življenja (ekosistem) in varuje zemljišče in drevje, kjer živijo pestre rastlinske in živalske vrste. Drevesa prispevajo k varovanju zemljišč pred erozijo zlasti v visokogorju, ob rekah, na pobočjih ter tudi k ugodnejšim klimatskim razmeram.

Gozdovi nas varujejo pred vetrom, viharji, plazovi, lavinami, pozebo in zmanjšujejo hrup.

Zrak v gozdu ima nižjo temperaturo in višjo relativno vlažnost, vsebuje precej manjšo količino prahu in škodljivih snovi, ker strnjene krošnje delujejo kot filter. Hlapi zraka vsebujejo eterična olja, ki blažilno delujejo na človeka.

Ekologija je veda o odnosih med živimi bitji in živim ter neživim okoljem in je ozko povezana z varstvom okolja.

Poleti svež in čist zrak prodira iz gozda in izpodrine pregrete in onesnažene zračne plasti nad mesti. Tako blaži temperaturne razlike.

Gozdovi zadržujejo padavinske vode in uravnava vajo krogotok vode med nebom in zemljo.

Strnjen sloj drevesnih krošenj prestreže okoli 44 % vseh padavin, ki tako ne padejo na tla in iz dreves izhlapijo nazaj v ozračje. Ostali del padavin doseže in pronica v tla ter odteče v vodotoke. Voda z gozdnih površin odteka veliko počasneje kot na golih tleh, zato vodotoki v gozdu le počasi naraščajo. Brez zadrževanja padavin v gozdu bi Slovenija, ki ima veliko padavin in razvejano vodno mrežo, opustela v nekaj letih. V sušnem obdobju se voda talnica dalj časa zadržuje v gozdu. Ohranjajo se tudi podzemni tokovi ter viri pitne vode.

Veje in listi zadržijo prah in škodljive snovi ter zrak očistijo. Vendar to filtriranje zraka plačamo pozneje. Onesnažen (strupen) zrak naprej uničuje liste, ki porumenijo in prej odpadajo. Dež izpere strupene snovi. S krošnje v gozdna tla, ki postanejo zastrupljena. Ostali trdni delci (nestrupeni) pa se v tleh postopoma očistijo.

Gozdovi so pomemben vir ponora (skladiščenja) ogljikovega dioksida. Drevesa za fotosintezo potrebujejo ogljikov dioksid, ki ga dobijo iz ozračja, pri tem pa sproščajo kisik in bogatijo zrak. Tako pomembno zmanjšujejo učinek tople grede (segrevanja zemlje) in grozečih podnebnih sprememb (poglavje 1.2).

Socialna funkcija pomeni, da je gozd zdrav, ugodno okolje za človeka in družbo. Gozd blagodejno vpliva na človekovo psiho in počutje. Nudi možnost različnih dejavnosti: rekreacijo, šport, raziskovalne dejavnosti, pouk. Oddih v gozdu je priporočljiv posebej za ljudi, ki živijo v mestu, oziroma v hrupu, slabšem zraku, imajo težje (neurejene) delovne razmere ...

Gozdovi dajejo krajini značilno podobo, lepoto in privlačnost. Ohranjena narava in skrbno gospodarjenje z naravnimi viri sta hkrati pogoja za uspešno turistično dejavnost.



Slika 20: V gozdu (X)

Proizvodna (gospodarska) funkcija je v sposobnosti gozda, da pridobimo gozdne proizvode. Glavni in najpomembnejši pridelek gozda je les oziroma gozdni lesni sortimenti (hlodovina, okrogel industrijski les, les za kurjavo, okrogel les za celulozo in plošče). Ob umnem gospodarjenju nas gozd nepretrgano oskrbuje s svojimi proizvodi. Izkoriščanje gozda daje delo številnim ljudem.

Med stranske proizvode štejemo: divjad, gozdne sadeže in plodove, zelišča, smolo, razna olja, čebelji med, drevesno skorjo (pluto) ...

2.1.4 Certifikacija gozdov

Sekanje na črno, trgovanje z lesom na črno, slabo in škodljivo ravnanje z gozdom, goloseki ... so privedli do sistema certificiranja gozdov. Razvitih je več standardov certificiranja. Pri nas se uporabljata:

- Programme for the Endorsement of Forest Certification (PEFC). PEFC je namenjen predvsem lastnikom manjših gozdov, ki trajnostno gospodarijo z gozdom.
- Forest Stewardship Council (FSC), ki je namenjen predvsem večjim lastnikom gozdov in podjetjem.

Oba certifikata zagotavljata, da je sekanje lesa legalno, da je gozd upravljan trajnostno. S tem gozdovi ohranjajo biotsko raznovrstnost, proizvodnost, sposobnost obnavljanja in vitalnost. Spoštujejo se vse funkcije gozda (ekološke, socialne in proizvodne) na lokalni, nacionalni in svetovni ravni. Posek ne sme preseči prirastka lesa, pesticidi so prepovedani. Ščitijo tudi gozdne delavce, avtohtone prebivalce (domorodce) in lastnike gozda.

V Sloveniji so po shemi FSP certificirani gozdovi, ki so v lasti države, in nekateri gozdovi v lasti Cerkve. Certificiranje gozdov v zasebni lasti se vzpostavlja po shemi PEFC. Enkrat letno se preverja spoštovanja pravil. V primeru kršenja pravil se lahko certifikat odvzame. Pridobljen certifikat zagotavlja sistem preglednega nadzora gospodarjenja z gozdovi in sistem sledljivosti lesa od gozda do končnega proizvoda. Kupec pozna poreklo in ima garancijo, da je nabavljen proizvod iz ekološko neoporečnega lesa.



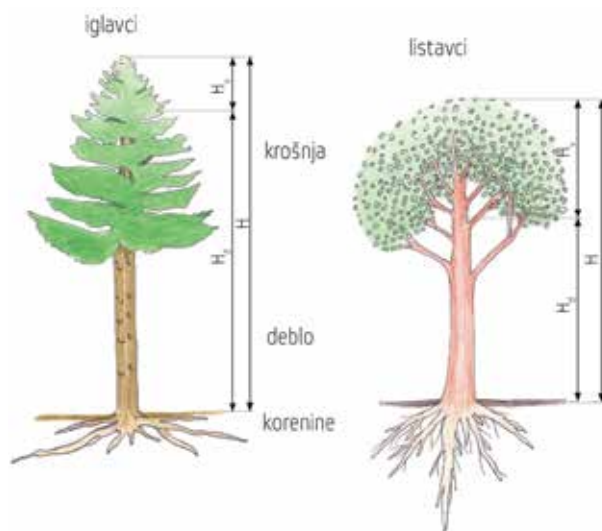
Slika 21: Sledljivost lesa od gozda do končnega izdelka (X)

*Lesnate rastline (drevesa) proučuje znanost – **dendrologija** (gr. dendros – les, drevo; logos – beseda, znanost).*

2.2 Drevo

Drevo je trajna, najvišja in olesenela rastlina. Sestavljajo ga:

- korenine,
- deblo in
- krošnja.



H – višina drevesa

H_d – dolžina debla (tehnični les)

H_v – dolžina vrhača (drva)

Slika 22: Drevesni deli in osnovne oznake (Z. S.)

Obstajata dve glavni vrsti dreves:

- **Golosemenke** (*Gymnospermae*) – semena ležijo nezaščitena na plodnih luskah storža. V to skupino spadajo naši **iglavci**, ki jih lahko imenujemo tudi storžnjaki. Iglavci

imajo enostaven list (iglico), ki je zmrzal ne poškoduje in je na drevesu več let (zimzelena drevesa), razen pri macesnu.

- **Kritosemenke** (*Angiospermae*) – semena so skrita v plodnici cveta. Delimo jih glede na število kličnih listov v semenu – v *enokaličnice* in *dvokaličnice*.

Med enokaličnice uvrščamo **palme**.

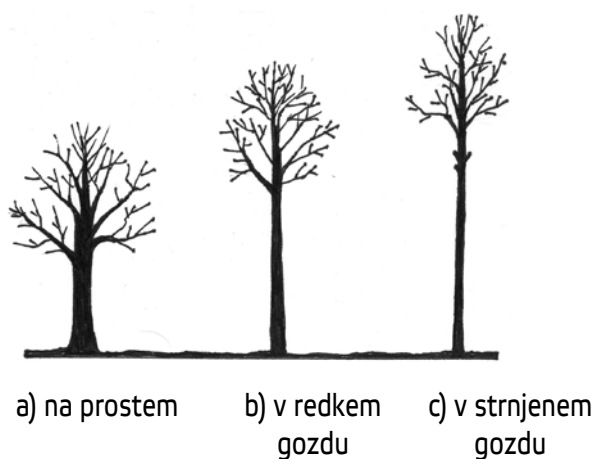
Med dvokaličnice spadajo **listavci**, ki imajo ploščate liste, ki pozno v jeseni odpadejo (listopadna drevesa), spomladi pa ponovno zrastejo iz popkov. Nekaj vrst je zimzelenih (oljka, bodika), pri katerih listi v jeseni ne odpadejo.

Socialni položaj drevesa (cenotski status)

Drevo sili k soncu, k svetlobi, zato njihovo obliko oblikuje okolica. Drevesa, ki rastejo v strnjem gozdu, imajo visoko polnolesno deblo in ozko krošnjo. V redkem gozdu so drevesa nižja, debelejša in bolj razvejena. Če pa rastejo posamično, so nizka s kratkim deblom in z razvejano krošnjo (slika 23).

V kakšnem gozdu drevo raste, je izredno pomembno za razvoj drevesa in prirastek lesa. Kako so drevesa razmeščena, razdalje med njimi (gostota), višina drevesa in debla ter velikost krošnje označimo kot cenotski status oziroma socialni položaj drevesa. Pri sonaravnem gospodarjenju z gozdovi, ki je temeljna usmeritev slovenske gozdarske stroke, lahko uravnamo socialni položaj drevesa z ustreznimi ukrepi (redčenje, sajenje ...).

V skoraj vseh zgodnjih mitologijah in kulturah ljudstev obstaja drevo, ki je vir življenja (sveto drevo, drevo življenja, bivališče božanstva), in v to drevo se vračajo tudi duše umrlih. Vsekakor ima drevo v simboliki osrednjo vlogo. Vzrok je preprost. Trdno je zasidrano v zemljo, sega pa visoko v nebo in je zato vez med nebom in zemljo. Če je nebo prisposodba duha, je torej drevo tudi duhovno bitje, ki ima duhovno moč in zdravi bolezni duha ter hkrati še bolezni telesa.



Slika 23: Videz drevesa glede na položaj rasti (Z. S.)

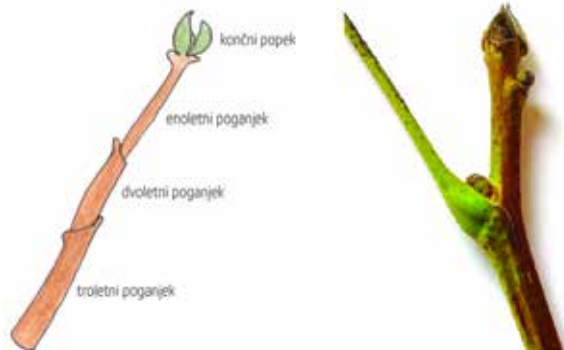
2.2.1 Rast drevesa

V našem zmerno toplem pasu drevo pospešeno raste spomladi, poleti in delno jeseni. Pozimi pa miruje. Rast omogočajo tvorna tkiva, katerih celice se pogosto in hitro delijo. Domače drevesne vrste rastejo:

- v višino (*primarna rast*) in
- v debelino (*sekundarna rast*).

Rast v višino

V višino drevo raste z drobnim enoletnim stebelnim poganjkom (mladiko). **Popek** na vršič-



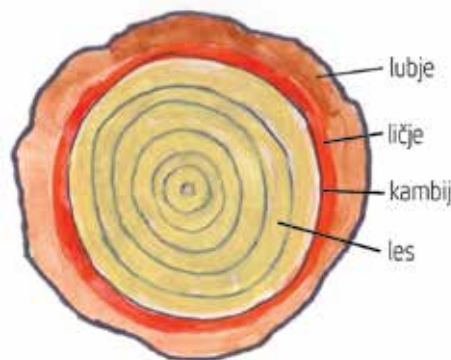
Slika 24: Rast v višino (Z. S.)

ku vejice (končni) povzroči rast stebelnega poganjka v dolžino, ki lahko zraste do dva centimetra na dan. Iz drugih stranskih popkov na vejicah zrastejo listi in cvetovi. Popki se oblikujejo že pred zimskim počitkom. Na pomlad se popki odprejo in njihove tvorne (meristematske) celice se stalno delijo in rastejo.

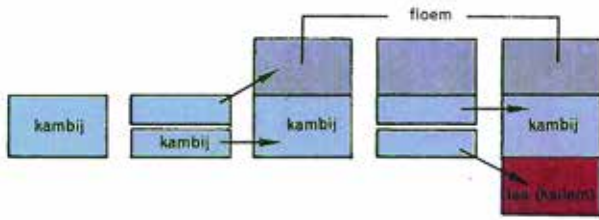
Rast v debelino

Nižje, pod enoletnim poganjkom, veje in deblo rastejo v debelino (poveča se premer) zaradi delitve kambija, ki tvori nove celice.

Kambij je zelo tanka plast živih celic (meristematsko tkivo), ki obdaja deblo in veje kot nekakšen plašč. Je med ličjem in lesom. Celice kambija imajo trajno sposobnost delitve in rasti. Delijo se na eni strani (navznoter) in tvorijo novi les, na drugi strani, proti zunanemu delu debla pa tvorijo ličje. Rasti v debelino sledi tudi obseg kambija. Kambij in žive celice dobijo hrano (glukozo) nastalo s fotosintezo, ki jo porabijo za rast in razvoj novih celic. Nastale celice v enem letu tvorijo **braniko** (poglavje 3.3.1). Od intenzivnosti delitve in rasti kambija drevesa je odvisna širina branike, ki predstavlja vsakoletni prirastek lesa. Branika je zgrajena iz ranega in kasnega lesa.



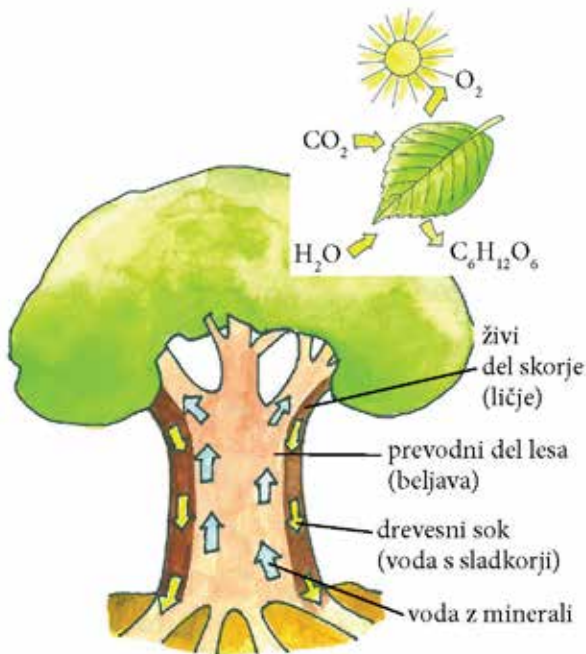
Slika 25: Položaj kambija (Z. S.)



Slika 26: Shema delitve kambija (21.: 19)

2.2.1.1 Fotosinteza

Za rast drevo potrebuje vodo iz prsti, zrak in sončno energijo, s pomočjo katerih ustvari hrano, ki jo potrebuje za rast in delitev celic. Najprej koreninski laski v zemlji črpajo vodo in v njej raztopljene rudninske (mineralne) snovi. Voda se prevaja po tankih cevastih nizih lesa (ksilema) debla in vej v liste.



Slika 27: Fotosinteza in prevajanje vode iz korenin v liste ter soka iz listov v druge dele drevesa (Z. S.)

Voda (H_2O) se v zelenih listih s pomočjo energije sonca in ogljikovega dioksida (CO_2) iz zraka razkroji in veže v organske skupine ($C_6H_{12}O_6$ – glukoza ali sladkor), ki se po ličju (floemu) vračajo v obliki drevesnega soka v deblo in korenine ter so osnovna hrana za rast drevesa oziroma za nastanek lesa. Ob tem nastaja kisik

(O_2), ki gre skozi listne reže v okolni zrak. Opisano kemično reakcijo imenujemo **fotosinteza**; formula se glasi: $6CO_2 + 6H_2O = C_6H_{12}O_6 + 6O_2$. Zelena snov na površini lista se imenuje klorofil. Klorofil sprejema sončno energijo in poganja fotosintezo.

Drevesni sok (organske snovi) prevajajo žive celice okoli kambija v ličju in tudi lesu in ga porabijo za življenje, preostanek pa skladiščijo.

Fotosinteza (asimilacija) poteka v vseh zelenih rastlinah, ki so edine sposobne iz enostavnih anorganskih snovi ustvariti organsko hrano, ki je nujna za življenje vseh organizmov. Fotosinteza je edini naravni kemični proces za shranjevanje energije sonca.

2.2.2 Korenine

Korenina (*radix*) je podzemeljski del drevesa, ki ima naslednje naloge:

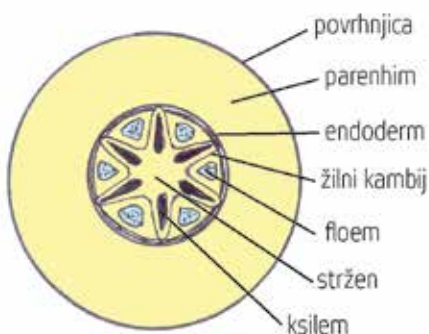
- pritrdjevanje drevesa v tla, da lahko stoji;
- črpanje in prevajanje vode z anorganskimi snovmi po deblu do listov in
- shranjevanje rezervnih snovi, ki nastanejo pri fotosintezi.

Po kalitvi semena najprej zraste glavna korenina, iz nje pa stranske. Stranske korenine se delijo na koreninice s koreninskimi laski. Nastane sistem, ki je značilen za določeno drevesno vrsto. Poznamo naslednje tipe koreninskih sistemov:

- z močno razvito glavno korenino, ki sega globoko v zemljo (bor, macesen, oreh),
- z razvitimi stranskimi koreninami, ki segajo globlje v zemljo in se izenačijo z glavno korenino (jelka, bukev, hrast) in
- s plitvimi in močno razvejanimi koreninami (smreka, jelša).

Na sliki 22 je prikazan iglavec s plitko korenino in listavec z globoko.

Rast korenine je primerljiva z rastjo nadzemnega dela drevesa. Najprej v globino raste glavna korenina z deljenjem celic v koreninskem vršičku (primarna rast). Vršiček je prekrit s posebno varovalno čepico, nato se razvijejo stranske korenine s koreninicami in koreninskimi laski, ki črpajo vodo. Vršiček korenine se drugo leto sekundarno odebeli s kambijalnim obročem. Za razliko od zgradbe debla so prevodna tkiva ksilem in floem raztresena po prečnem preseku korenine. Ksilem in floem tvorita *koreninsko žilo* in sta v osredju korenine, obdaja pa ju skorja. Kot pri deblu vodo prevaja ksilem (les); floem (ličje) pa drevesni sok. Ksilem in floem se v prehodu korenine v deblo povežeta s ksilemom in floemom drevesa in tako poteka prevodno tkivo vse do vrha drevesa in do listov. V območju starejših delov korenine nastane debela plast celuloze in stene parenhima se tudi lignificirajo.



Slika 28: Prečni prerez korenine (dvokaličnice) (Z. S.)

Koreninski sistem drevesa je razvejan, zemlja je prepletena z mrežo korenin in koreninic, ki segajo dlje kot krošnja in lahko načrpajo več sto litrov vode na dan. Za rast drevesa je pomembno, da je prst prekrita z odmrlim listjem, vejicami ... da so pod površino mikroorganizmi in žuželke, ki razgrajujejo odmrle živali in rastline in s tem poskrbijo za bogato hrano drevesa. Za razvoj drevesa mora nastati tudi podzemno sožitje – mikoriza.

Mikoriza

Korenine so prekrte z nitasto mrežo majhnih gliv, katerih hife prodrejo kar v notranjost korenine. Glive koreninskim laskom pomagajo zbirati hranljive snovi (dušik, fosfor, kalij, vitamini) iz prsti, korenine pa jih oskrbujejo z drevesnim sokom, da lahko živijo. Navedeni pojav se imenuje mikoriza in pomeni sožitje (simbiozo) med glivami in višjimi rastlinami. Glive v prsti, preperelem listju in lesu pospešujejo razkroj organskih spojin v spojine (hranila), ki so sprejemljive za rastline in zagotavljajo boljšo preskrbo z vodo.

2.2.3 Deblo

Deblo (olesenelo steblo) je nadzemni in največji del drevesa brez vej. Deblo je lahko izrazito do vrha drevesa ali pa osrednja os drevesa izgine na začetku krošnje. Spodnji del debla je razširjen in ožlebljen, pravimo mu koreničnik (korenovec). Dolžina koreničnika je od 0,5 do 1 m in jo je težko natančno določiti. Na primer **koreničnik oreha** ima slikovito (lisasto) strukturo in iz njega izdelamo plemeniti furnir; pri boru pa služi za ekstrakcijo smole.

Panj (štor) je najspodnejši del debla višine do 30 cm, ki po poseku drevesa ostane v zemlji.

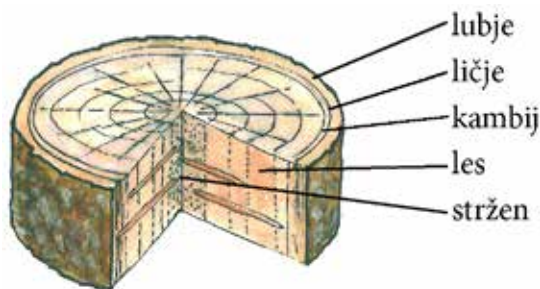
Odžagani del debla pri vrhu je **vrhač**, ki služi za drva ali sekance.

Glavni osrednji del debla tvori hlodovino (poglavje 7.), zato je pomembno, da je v obliki valja (polnolesno), da je čisto (ima malo vej ali grč) in da je ravno.

Zgradba debla

Deblo sestavlja več plasti, ki so vidne na njegovem prečnem prerezu. Na sliki 29 so prikazane od zunanjega oboda navznoter:

- mrtvi del skorje (lubje),
- živi del skorje (ličje, floem),
- kambij,
- les (ksilem) in na sredini stržen.



Slika 29: Prerez debla (Z. S.)

Les ali ksilem (grško: xylon–les), osrednji del debla, nastaja zaradi delovanja kambija. Vsako leto zraste ena prirastna plast celic, ki je razporejena v kolobarju – *branika*. Mejo med branikami imenujemo *letnica*. Les je zgrajen iz celic, ki v procesu rasti postopoma olesenijo. V notranjosti drevesa sčasoma celice lesa odmrejo in nastane *jedrovina*, v zunanjem obodu – *beljavi* pa les prevaja vodo in hranljive snovi. Osnovna delitev je na les iglavcev in listavcev. Podrobnejši opis sledi v nadaljevanju, 3. poglavje.

Stržen je ostanek enoletnega poganjka, zato je na sredini debla. Postane rjave barve in ne oleseni.

Skorja

Tkiva zunaj kambija imenujemo *skorja*. Ločimo:

- živi notranji del (ličje) in
- mrtvi zunanji del (lubje).

Ličje (živi del skorje, floem) nastaja enako kot les (delitev kambija nazven), vendar se kolobarji celic stisnejo v zelo tanke branike, ki jih ne razločimo, vidimo samo rdečkasto ali rožnato obarvano plast. Ima zelo pomembno vlogo, saj prevaja in razporeja hrano drevesa–drevesni sok.

Lubje (mrtvi del skorje, ritidom) nastane iz zunanjih celic ličja in ščiti deblo pred škodljivci, močnimi sončnimi žarki in nizkimi temperaturami. Pri lubju ločimo relief (obliko površine),

barvo, trdoto in debelino. Kdaj nastane lubje, je odvisno od starosti drevesa in od rastišča. V mladosti (~ 10 – 30 let) je lubje tanko in gladko, pozneje pa se odebeli in razpoka. Pri bukvi in belem gabru skorja ne odmre in ostane gladka.

Na primer: lubje pri jesenu je gladko do ~ 40 let in svetlozelenkastosivo, pozneje vzdolžno razpoka ter dobi rumenosivo barvo; češnja ima v mladosti gladko lubje z značilnimi vodoravnimi lenticelami (prezračevalnimi odprtini) in se lupi v vodoravnih pasovih; pri starejših drevesih pa lubje globoko razpoka.

Po lubju razpoznamo posamezno drevesno vrsto, posebej pozimi. Za lažjo razpoznavo so na sliki 30 najznačilnejše oblike lubja. Slike lubja posameznih dreves so podane v prilogi *Drevesne vrste*.



Slika 31: Hrast plutovec (X)

Hrast plutovec (*Quercus suber*) raste v Južni Evropi. Iz njegove skorje pridobivajo pluto. Debelina lubja je do 20 cm, odstranjuje pa se vsakih 10 do 15 let.

Celična stena je prepustna za vodo in pline. Primarna celična stena lubja plutovca pa je prepojena s snovjo *suberin*, zato je neprepustna za vodo in pline (plutovinasti zamaški).



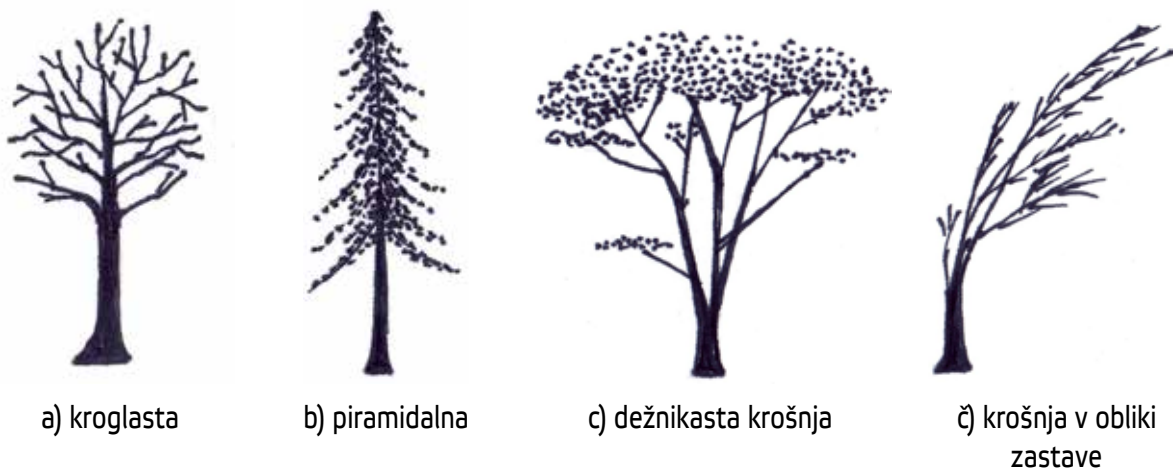
Slika 30: Oblike lubja (Z. S.)

2.2.4 Krošnja drevesa

V krošnjo štejemo zgornji, vejnati del drevesa, sestavlja pa jo vrh debla, veje in vejice. Vejice nosijo liste, popke, cvetove, plodove in seme. Oblika krošnje je značilna za posamezno drevesno vrsto, po njej prepoznamo drevesa. Iglavci imajo krošnje zlasti v mladosti piramidalne oziroma konične (pozimi se lažje otresejo snega), listavci pa ovalne ali kroglaste oblike. Večina iglavcev ima izrazito deblo do vrha krošnje, veje pa so razporejene v vencu (vretencih), so tanjše in bolj ravne, vrasni kot vej pa je topi. Veje listavcev nimajo navedenih značilnosti. V Sredozemlju iglavci razvijejo značilno piramidalno krošnjo (na primer pinija), krošnja v obliki zastave pa nastane zaradi stalnega vetra (slika 32).

Posebej pozimi opazimo na vejicah *popke*. Popke na vršičku, iz katerega se spomladi razvijejo novi poganki za rast v višino, smo že poudarili. Pod njim so zalistni popki, iz katerih se razvijejo novi listi, pri nekaterih vrstah pa tudi cvetje (slika 24).

List je najbolj značilen dendrološki znak za prepoznavanje drevesnih vrst v naravi.

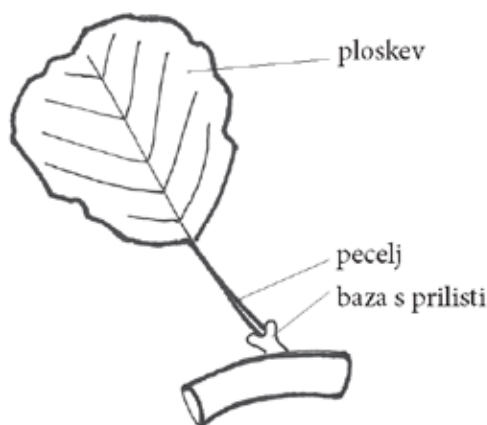


Slika 32: Krošnje (Z. S.)

2.2.4.1 List

V zelenem listu drevesa poteka fotosinteza, dihanje in izločanje vode (transpiracija).

List ima tri dele: listno bazo, pecelj in listno ploskev. Z bazo je pritrjen na steblo in se nadaljuje v daljši ali krajši listni pecelj, ki nosi listno ploskev. Če so listi brez peclja jim pravimo sedeči.



Slika 33: List (Z. S.)

Listna ploskev (*lamina*) je enostavna, enostavno deljena in sestavljena. Rob ploskve je lahko gladek (celorob), napiljen (ostre zarez med

zobci) ali nazobčan. Listne žile se v listni ploskvi razvejijo ali pa so vzporedne. Za list je značilna tudi oblika dna listne ploskve in vrh, razlikujejo pa se tudi po barvi. Pri večini listov je zgornja površina bolj zelena in gladka kot na spodnji strani. Razporeditev listov po poganjku je:

- premenjalna, listi stojijo v spirali ali je na vsakem kolencu list in
- dvovrstna, na poganjku je par (ali trojica) nasproti nameščenih listov.

Ločimo tri osnovne skupine listov:

- **Enostavni list**, čigar pecelj nosi samo eno listno ploskev, ki je različnih oblik.
- **Enostavni deljeni list** ima listno ploskev bolj globoko zarezano in razdeljena na krpe (roglje). Ločimo:
 - dlanasto krpast (deljeni) list in
 - pernato krpast (globoko deljeni list).
- **Sestavljeni list**, čigar pecelj nosi več lističev, listna ploskev je torej sestavljena iz manjših lističev.

					
IGLICA	SULIČASTA	JAJČASTA	ELIPTIČNA	SRČASTA	OKROGLASTA
(SMREKA)	(BELA VRBA)	(BELI GABER)	(SLIVA)	(LIPOVEC)	(TREPETLIKA)

a) enostavni listi

			
DLANASTO KRPAST (5 KRP)	DLANASTO KRPAST (4 KRP)	PERNATO KRPAST	PERNATO KRPAST (GLOBOKO ZAREZAN)
(POLJSKI JAVOR)	(TULIPOVEC)	(HRAST)	(ENOVRTI GLOG)

b) enostavni deljeni listi

		
DLANASTO SESTAVLJEN LIST	PERNATO SESTAVLJEN LIST - LIHI	PERNATO SESTAVLJEN LIST - SODI
(NAVADNI DIVJI KOSTANJ)	(ROBINIJA)	(ROŽIČEVEC)

c) sestavljeni listi

Slika 34: Oblike listov (Z. S.)

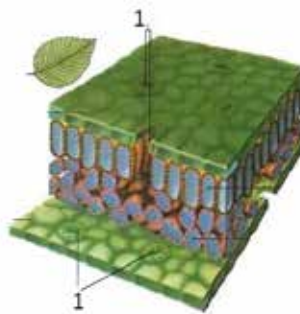
Listne reže

Listna ploskev je prepletena z majhnimi odprtlinami, *listnimi režami*, ki so večinoma na spodnji strani lista. Režo obdajata dve celici zapiralki, ki jo lahko odpreta ali zapreta. Na svetlobi je reža široko odprta zaradi fotosinteze. Skozi njo list intenzivno dobiva ogljikov dioksid (CO_2) iz zraka in oddaja kisik (O_2). V temi se reža zapre, kljub temu pa drevo skozi njo diha, kar pomeni, da sprejema zrak (kisik) in oddaja nastali CO_2 . Sprejema kisika in oddajanja CO_2 na svetlobi (odprti reži) sploh

ni možno zaznati. Listi pri fotosintezi sprejmejo veliko več CO_2 in oddajo veliko več kisika v zrak, kot je izločanje CO_2 in sprejem kisika pri dihanju, ki je intenzivneje ponoči.

Skozi listne reže drevo izgublja tudi odvečno vodo, ki jo korenine nenehno črpajo (transpiracija). Voda izhlapeva v okolni zrak, če pa je ta zrak nasičen, se izloča v obliki kapljic.

V jeseni, ko se zniža temperatura, v listu razpade klorofil. Listi postanejo rdečkaste in rumenkaste barve, končno pa rjave, nato odpadejo. Drevo pozimi počiva, njegove presnovne funkcije se izredno zmanjšajo. Listi zimzelenih dreves odpadejo le zaradi starosti.



1 - listne reže

Slika 35: Prerez lista (povečano) (X)

Dihanje pomeni sproščanje energije, ki jo rastline (živa bitja) potrebujejo za življenje. Proces presnove sladkorja (hrane) omogoča kisik. Rastline se ne gibajo, zato porabijo manj energije kot živali in človek, njihovo dihanje pa je posledično šibko ter neopazno.

Naloge:

- Prikažite drevesno sestavo gozdov Slovenije v stolpičnem diagramu.
- Dobro preučite poglavje 2.1.3 in utemeljite pomen gozda za življenje človeka in okolje oziroma zapišite nevarnosti, ki grozijo človeštvu zaradi pretirane sečnje gozdov. Upoštevajte tudi dejstvo, da lahko samo rastlinski organizem pretvarja anorganske snovi v organske (hrano za živali in človeka).
- Skicirajte in opišite, kako drevo ustvarja les in ličje.

3. ZGRADBA LESA

Obravnavanje zgradbe pomeni določitev sestavnih delov lesa, njihovo razporeditev in medsebojne odnose. Zgradba pojasni lastnosti lesa, le-te pa nam narekujejo pravilno ravnanje z lesom in njegovo uporabo.

Zgradbo lesa obravnavamo na treh nivojih:

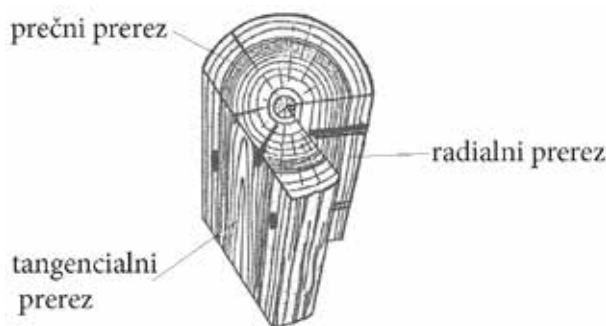
- *Mikroskopska zgradba*; vidna je z običajnim optičnim mikroskopom (~ stokratna povečava). Opazujemo celično (anatomsko) zgradbo lesa.
- *Submikroskopska zgradba*, ki jo vidimo z elektronskim mikroskopom (~ stotisočkratna povečava). Razločimo sestavo celične stene.
- *Makroskopsko zgradbo*, ki je vidna s prostim očesom (branike in letnice, črnjava in beljava, stržen, trakovi, pore).

3.1 Prerezi lesa

Zgradbo lesa opazujemo na treh osnovnih prerezih, ki najboljše prikažejo anatomske elemente in njihovo razporeditev. Tekstura na prerezih je opisana v poglavju 4.1.1.

Osnovni prerezi lesa:

- prečni,
- radialni in
- tangencialni.



Slika 36: Prerezi lesa (X)

Prečni (čelni) prerez

Za nastanek prečnega prereza je smer odrezovanja lesa prečna (čelna). Deblo prerežemo pravokotno na os drevesa – navpično na potek vlaken. Na prečnem prerezu (čelu) so branike in letnice v koncentričnih krogih.

Radialni prerez

Deblo prerežemo vzdolžno skozi sredino – v smeri radia oziroma trakov. Na radialnem prerezu so branike in letnice razporejene kot vzporedne črte – *črtasti videz lesa*.

Tangencialni prerez

Deblo prerežemo vzdolžno, vendar izven sredine – v smeri tangente na letnico). Na tangencialnem (obodnem) prerezu letnice potekajo kot zakrivljene črte, približno v obliki narobe obrnjenih črt U, V in elipse – *marogasti videz lesa*.

3.2 Celična (mikroskopska) zgradba lesa

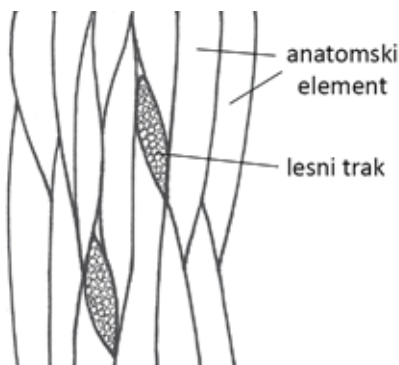
Les je zgrajen iz rastlinskih celic, ki nastanejo z delitvijo kambija. Celica ima živi del (protoplasma) in neživi del (celična stena). Takšna celica je sposobna delitve in rasti. Podrobnejši opis živih delov celice in delitev celic se obravnava pri biologiji. Z rastjo celice odmirajo živi deli, celična stena pa se debeli in gradi celulozni skelet. Proti koncu rasti se med celulozo in hemicelulozo začne nalagati lignin, (lignifikacija), stena postane trdna, živi del celice pa »izginja«. Celice se postopoma začnejo razločevati po funkciji in odmrejo (poglavje 3.1.2). Neživo celico lesa (les) torej izgrajuje debela olesenela stena, ki obdaja prazen prostor (lumen), kjer se nahaja voda ali zrak. Odmrlim in specializiranim lesnim celi-

cam pravimo **anatomski elementi**.

Večina celic (anatomskih elementov) poteka po dolžini debla – vzdolžno (slika 37a), povezane pa so tako, da se njihovi konci prekrivajo. Med njimi prečno potekajo celice lesnega traku. Na prečnem prerezu so lahko vzdolžne celice različnih oblik (slika 37b).

Če je več celic skupaj in opravljajo enake naloge, jih imenujemo *tkivo*, na primer lesni trakovi, prevodni elementi, ličje, kambij ... Z izrazom *vlakno* označimo vsak anatomski element s poudarjeno dolžino.

Razlikujemo celično zgradbo iglavcev in listavcev (poglavje 3.2.5).



a) tangencialni prerez



b) prečni prerez elementov različnih oblik

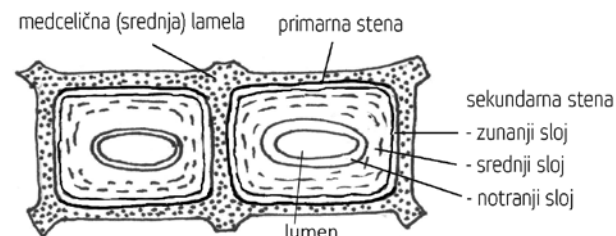
Slika 37: Anatomski elementi (Z. S.)

3.2.1 Celična stena

Zgradba celične stene (submikroskopska) nam razkrije kompleksnost lesa in pojasni lastnosti, ki niso povzročene z anatomsko zgradbo ali kemičnim sestavom lesa.

Olesenela stena anatomskega elementa (celice) je zgrajena iz:

- primarne stene,
- srednje (medcelične) lamele in
- sekundarne stene.



Slika 38: Celici v prerezu (Z. S.)

Med delitvijo kambijeve celice nastaneta najprej dve novi primarni steni, ki omejujeta nastali celici. Primarna stena je direktno vezana na srednjo lamelo.

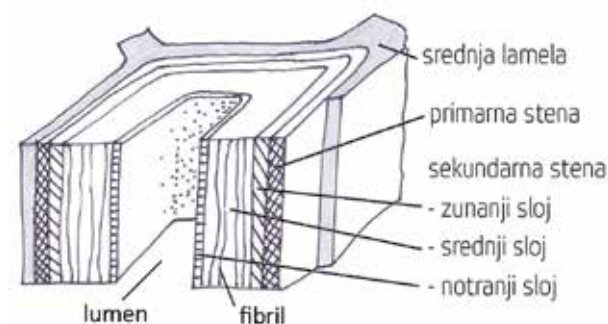
Srednja lamela združuje sosednje celice, sestavljena pa je predvsem iz pektina in lignina. Pektin veže celice med sabo. Topen je v kislinah ter lugih, kar omogoča razvlaknjevanje lesa.

Primarna stena izgrajuje mlado in rastočo celico. Zgrajena je iz molekul celuloze, ki potekajo neurejeno, pektina in hemiceluloze. Po končani rasti primarne stene se na njeni notranji strani postopoma formira sekundarna stena.

Sekundarna stena je zgrajena iz celuloznega ogrodja (poglavje 3.2.1.2), v katerega se nalaga lignin, razvija pa se proti sredini celice. Je precej debelejša od primarne stene in je sestavljena iz treh slojev:

- zunanji,
- srednji in
- notranji sloj.

Srednji sloj sekundarne stene predstavlja večino lesa.



Slika 39: Shema zgradbe celične stene (Z. S.)

Pri spoju dveh celic nastanejo votlinice, ki jih imenujemo *medcelični prostor*. V njem se nahajajo ekstraktivne snovi in tudi voda.

3.2.1.1 Kemična zgradba celične stene

V kemičnem pogledu je les organska ogljikova spojina. Sestav kemičnih elementov je praktično enak pri vseh drevesih vrstah iglavcev in listavcev.

Kemični elementi lesa

Osnovni elementi lesa so: ogljik (C), kisik (O), vodik (H), dušik (N). Les vsebuje tudi neorganske ali mineralne elemente: kalcij (Ca), kalij (K), natrij (Na), magnezij (Mg), silicij (Si) – preglednica 4. Količina in vrsta mineralnih snovi je odvisna od drevesne vrste, rastišča ... Pri sežigu lesa ostanejo kot *pepel*, saj so negorljivi.

Preglednica 4: Kemični elementi v celični steni (lesu)

Kemični elementi	Vsebnost (%)
ogljik (C)	49–50
kisik (O)	43–44
vodik (H)	6
dušik (N)	0,1–0,3
mineralni el.: Na, Ca, K, Mg, Si	0,1–1

Kemične sestavine lesa

Kemični elementi v celični steni sestavljajo več kemičnih sestavin:

- celuloza,
- lignin in
- hemiceluloza.

Preglednica 5. Kemične sestavine v lesu

Kemična sestavina	celuloza (%)	lignin (%)	hemi-celuloza (%)
Vsebnost	40–50	20–30	24–35

3.2.1.2 Celuloza

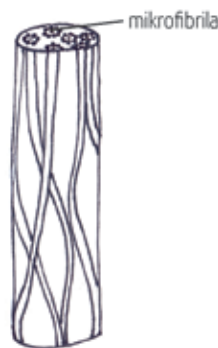
Pri fotosintezi nastanejo molekule sladkorja (glukoza). S polimerizacijo se med seboj poveže več kot tisoč molekul glukoze v makromolekulo – celulozo ($(C_6H_{10}O_5)_n$).

Celulozna makromolekula je nitasta (verижne oblike), poteka pa vzdolžno glede na os debla. Molekule se med seboj vežejo v snopič, imenovan **mikrofibrila**, in so najmanjše enote celične stene. Premer je okoli 10–30 nm, dolžina pa 30–60 nm. Petnajst do dvajset mikrofibril se združuje v večje snope – **makrofibrila** (fibrila).

Mikrofibrili so ogrodje celične stene, delno so v amorfnem, delno pa v kristaliničnem stanju. V *amorfnem področju* je nitasta celuloza razporejena naključno, brez reda in se prepleta s sosednjimi. V kristalnem pa ima strukturo urejeno, verige tečejo v pravilni obliki, povezujejo pa jih medmolekulske vezi.



a) celulozne molekule v celični steni



b) makrofibrila

Slika 40: Submikroskopska zgradba celične stene (Z. S.)

Sloj celične stene nastane z združevanjem makrofibrilov v večje enote. Nastane zapleten celulozni skelet, ki se utrdi (poveže) z nalaganjem lignina. Zaradi takšne zgradbe ima les trdnost, prožnost, trajnost ... in ne razpade pri navlažitvi. Sloji sekundarne stene se razlikujejo po orientaciji združenih fibrilov. Srednji sloj ima fibrile postavljeno osno (vzdolžno) pod majhnim kotom (slika 39), kar na primer povzroči večje krčenje v prečni smeri kot v vzdolžni.

Med fibrili celuloze nastanejo prazni prostori, ki so različne velikosti. V najmanjših (širine do 1 nm) se lahko nahaja vezana voda, v večjih pa se nahaja lignin. Najmanjši prazni prostori med fibrili tvorijo ogromno **notranjo površino celične stene**. Zaradi teh prostorov nastopijo sile, ki "vežejo" vodo na les – nastane pojav higroskopičnosti (vpijanja in oddajanja vezane vode), kar povzroča krčenje in nabrekanje lesa.

Pri vpijanju vode se mikrofibrili delno razmaknejo in volumen lesa se poveča, pri oddajanju vode pa se mikrofibrili približajo.

Celuloza ima veliko uporabno vrednost. Uporablja se za proizvodnjo papirja, umetnih vlaken, celulozida, lakov, etanola ...

3.2.1.3 Lignin

Lignina je v lesu 20–30 %. Je amorfna, polimer-na makromolekula iz fenilpropanskih monomerov. Proti koncu rasti celice se začne v mrežasto razporeditev celuloze kot tudi v medcelične prostore nalagati lignin, kar imenujemo *olesnitev (lignifikacija) stene*. Poimenovanje za lignin izhaja iz latinske besede lignum, kar pomeni les. V celični steni je navzkrižno povezan s celulozo in hemicelulozo.

Uporabnost lignina je manjša od celuloze. Uporabljajo ga za izdelavo lepil za les, raznih kemičnih snovi in gorivo.

Umestna je primerjava lesa z železobetonom. Železna armatura so dolga vlakna celuloze, ki prevzamejo natezne obremenitve, beton pa predstavlja lignin, ki je krajši in utrdi celulozo ter da lesu tlačno trdnost.

3.2.1.4 Hemiceluloza

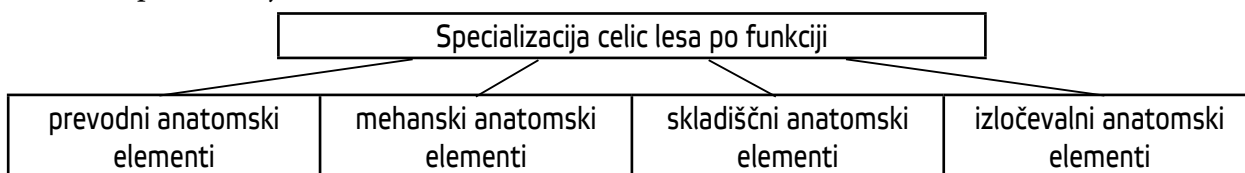
Pri nastajanju celuloze in njene skeletne oblike je prostor tudi za hemicelulozo, ki jo uvrščamo v polisaharide. Les vsebuje približno 24–35 % hemiceluloz, veliko jo je v primarnem sloju stene, v sekundarnem sloju pa se nahaja med fibrili. Njena verižna struktura je kratka in še ni povsem pojasnjena.

3.2.1.5 Ekstraktivne snovi

Les vsebuje še naslednje organske snovi: škrob, smole, olja, voske, tanine, barvila, alkaloidi ... ki pa ne izgrajujejo lesne snovi. Nahajajo se v celičnih lumnih in v medceličnih prostorih, predvsem v črnjavi. Pravimo jim ekstrakti (izvlečki), ker jih iz lesa izločimo z različnimi postopki. Količina teh snovi je zelo odvisna od vrste, rastišča, podnebne pasu ... Vsebnost teh snovi v lesni masi je lahko 0,5–10 %. Vplivajo na barvo in vonj lesa, povečujejo gostoto in trdnost, predvsem pa odpornost proti glivam in insektom. Pri obdelavi so velikokrat nezaželeni snovi, ki mažejo in krhajo rezila, otežujejo površinsko obdelavo, nastali prah (alkaloidi) pa je lahko škodljiv za zdravje ljudi. Pri naših vrstah je pomemben ekstrakt iz lesa kostanja in hrasta – tanin, ki služi za strojenje kože, manj pa smola iz lesa bora.

3.2.2 Vrste anatomskih elementov

Celice lesa se v času rasti postopoma razločujejo (diferencirajo), ko prevzemajo različne naloge v drevesu (specializacija).

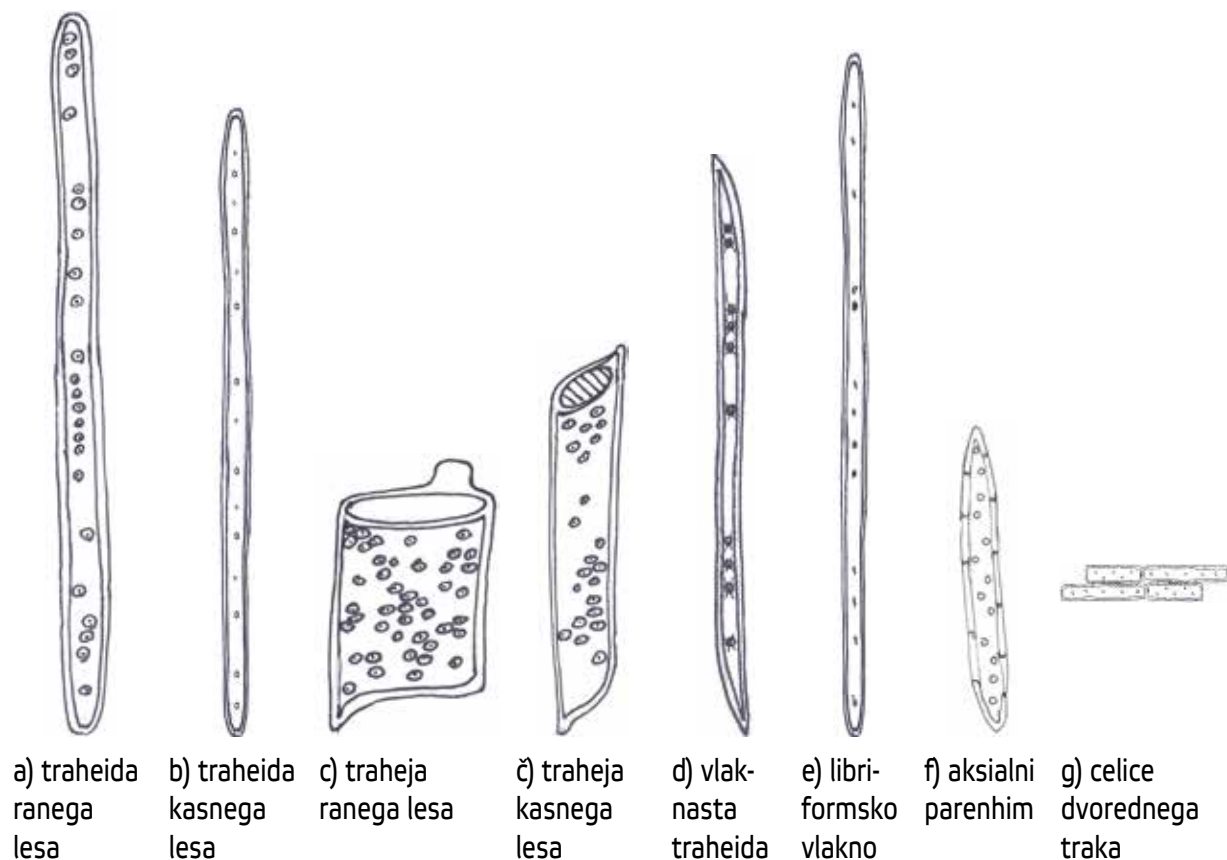


Dokončno izoblikovani anatomske elementi v drevesu opravljajo naslednje naloge:

- **Prevodno nalogo** opravljajo elementi, ki prevajajo vodo po drevesu. Imajo tanjše celične stene in večje praznine (lumne). Pri lesu iglavcev je to traheida ranega lesa, pri listavcih pa traheja.
- **Mehansko (oporno) nalogo** imajo elementi z debelejšo celično steno in majhnim lumnom. V lesu listavcev so mehanski elementi lesna vlakna (vlaknasta traheida, libriformsko vlakno), v lesu iglavcev pa traheida kasnega lesa.
- **Prevajalno in skladiščno nalogo** za rezervne hranilne snovi (asimilate) opravljajo lesni trakovi in aksialni parenhim.

Jantar je okamenela smola izumrlih dreves pred desetimi milijoni let. Grude jantarja so v mlečno belih, rumeno-oranžnih-rdečih tonih ... so svetlikajoče, lahko prosojne in prijetne na otip. Jantar je edinstven naravni material, ki se uporablja za nakit in razne spominke. Nakit naj bi posedoval nadnaravno moč oziroma zdravilnost. Že v prvem tisočletju pred našim štetjem je prišel v naše kraje (arheološka najdišča v Novem mestu) po Jantarjevi poti, ki je vodila s severa Evrope proti Sredozemlju.

- **Izločevalno (sekrecijsko) nalogo** imajo elementi, ki izločajo različne končne produkte presnove (smolni kanali v lesu iglavcev).



Slika 41: Anatomski elementi (vzdolžni prerezi) (Z. S.)

3.2.2.1 Traheide

So osnovni in prevladujoči anatomski elementi lesa iglavcev.

Razlikujemo:

- **Traheide ranega lesa**, ki imajo tanjše celične stene in večje lumne ter številne obokane piknje, zato je njihova glavna funkcija prevajanje vode.
- **Traheide kasnega lesa**, imajo debele celične stene in drobne lumne, zato je njihova funkcija mehanska (oporna).

Traheide imajo prečni prerezi pravokotni, njihov niz je pravilen in urejen ter predstavljajo večino, zato je les iglavcev homogen. Imajo dolžino, ki je lepo vidna s prostim očesom, vendar je ne vidimo zaradi majhne širine, ki je ~ 100-krat manjša.

Podatki: dolžina: 2,0–5,0 mm, premer 0,02–0,06 mm, vsebnost v lesu 89–95 %.

3.2.2.2 Traheje

Traheja je tipični element listavcev za prevajanje vode v liste. Ima tanjše celične stene in večje praznine (lumne) ter številne piknje. Traheje so posamične ali postavljene ena nad drugo in tvorijo cevasti niz, ki je dolg več metrov. Prečne stene trahej v nizu so perforirane (slika 41č) ali popolnoma odprte (slika 41c).



Slika 42: Trahejni niz (Z. S.)

Večje traheje so na prečnem prerezu vidne kot drobne luknjice in jim pravimo **pore**; na vzdolžnem pa so vidne kot brazde. Po velikosti in razporedu por v braniki se listavci delijo na venčasto porozne in raztreseno porozne.

Podatki:

- *Venčasto porozni listavci* imajo dolžino trahej ranega lesa: 0,2–0,8 mm in premer 0,1–0,4 (0,5) mm; traheje kasnega lesa pa so 2 do 10-krat manjše.
- *Traheje raztreseno poroznih listavcev* so približno enako velike po celi braniki, njihove dimenzije precej variirajo, dolžina je okoli 0,15 mm, premer pa do 0,1 mm. (Poro premera 0,1 mm še lahko vidimo s prostim očesom.) Delež trahej v lesni masi je okoli 10–35 %.

V jedrovini so traheje lahko neprevodne, če v njej nastane tila (poglavje 3.3.2).

3.2.2.3 Lesna vlakna

S pojmom lesno vlakno označimo anatomske element listavcev izrazito podolgovate oblike z debelo celično steno in majhnim lumnom. Vlakna imajo piknje maloštevilne in reducirane, zato vode ne prevajajo več. Opravljajo torej mehansko nalogo in dajejo lesu trdnost, trdoto ...

Les z več vlakni ima visoko gostoto, odlične mehanske lastnosti, se pa težje suši in se bolj krči.

Lesna vlakna poudarjajo raznolikost lesa listavcev. Ločimo več vrst vlaken, predvsem pa **vlaknasto traheido in libriformsko vlakno**. Libriformsko vlakno prevladuje v snovi lesa in opravlja izključno mehansko nalogo. Vrste lesnih vlaken se med sabo malo razlikujejo, podatki pa so: dolžina: 0,5–2,0 mm, premer 0,01–0,05 mm, vsebnost v lesu listavcev 35–75 % (prevladujoča).

Parenhimske celice

Parenhimske celice sestavljajo osnovno (začetno) trajno tkivo pri rasti drevesa. So značilne zidakaste oblike. Imajo tanke celulozne stene, ki običajno slabo, lahko pa tudi močnejše oleseni in številne enostavne piknje. V beljavi lesa so parenhimske celice žive in povezane z ličjem, saj prevajajo in skladiščijo hranilne snovi (glukoza), ki nastanejo pri fotosintezi. Omogočijo življenje drevesa pozimi in v začetku vegetacijskega obdobja. Dimenzije celic so manjše kot pri drugih anatomskih elementih in so združene v nize (tkiva). Izgrajujejo pa:

- lesne trakove,
- aksialni parenhim in
- epitelne celice smolnega kanala.

3.2.2.4 Lesni trak

Lesni trak sestavljajo parenhimske celice, shranjuje pa rezervne snovi drevesa.

Lesni trakovi ne potekajo osno, ampak prečno na os debela; od kambija (skorje) proti strženu pravokotno na letnice (v radialni smeri). Prvi trakovi segajo do stržena, z odebelitvijo drevesa pa od določene letnice do kambija.

Pri iglavcih so trakovi običajno enoredni (ena parenhimska celica v tangencialni smeri), zato niso vidni in nimajo vpliva na lastnosti lesa. Pri listavcih so lahko večredni (več parenhimskih celic v tangencialni smeri), najpogosteje so 2–4 redni in so vidni s prostim očesom. Izrazite trakove imajo na primer hrast, bukev, gaber. Na radialni teksturi žaganic (obdelovancev) so prerezani po višini, zato jih vidimo kot svetleče lise ali zrcala (poglavje 4.1.1). Les z več trakovi pogosteje poka in ima večjo cepljivost.

Vsebnost trakov v lesu iglavcev 4–8 %; v lesu listavcev pa 5–25 %.

3.2.2.5 Aksialni (osni) parenhim

Aksialni parenhim je razporejen vzdolžno ali osno glede na rastno os drevesa kot vsi drugi elementi, razen lesnih trakov. Sestavljajo ga parenhimske celice, ki imajo shranjevalno funkcijo.

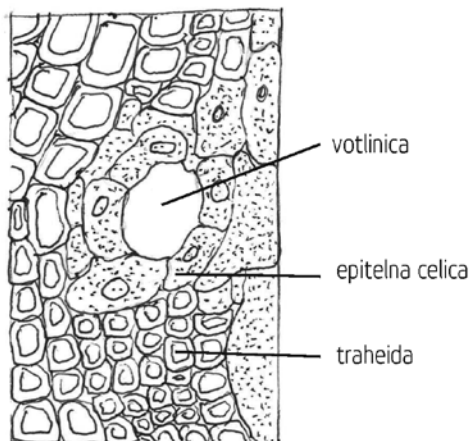
V lesu naših vrst iglavcev ima osni parenhim samo macesen do 0,9 %, pri listavcih pa je njegov delež v lesu 1–18 %.

3.2.2.6 Smolni kanal

Smolni kanal je valjasta votlinica, obdana z obodnimi celicami (epitelni parenhim). Nastane v praznem prostoru med celicami. Epitelne celice proizvajajo smole (balzame), ki jih izločajo v te votlinice smolnega kanala. Smolni kanal je anatomski element v lesu iglavcev; nahaja pa se v lesu smreke, bora, macesna, jelka pa jih ima samo v skorji. Večina smolnih kanalov poteka vzdolžno (aksialno) in so na prečnem prerezu vidni kot svetleče pike, saj so premera 0,1–0,6 mm. Smolni kanali potekajo tudi v radialni smeri in so drobnejši, manj številni ter velikokrat vključeni v lesni trak.

Po smolnih kanalih lahko razlikujemo smrekovino od jelovine. Smola lahko izteka na površino lesa. Moti strojno in površinsko obdelavo in kvari estetsko površino lesa.

Delež smolnih kanalov v lesu bora znaša okoli 1,0 %, pri drugih vrstah pa je manjši.



Slika 43: Smolni kanal (prečni prerez) (Z. S.)

V lesu s smolnimi kanali včasih nastanejo **smolni žepi ali smolike**, napolnjene s smolo, ki jih obravnavamo pri napakah lesa.

Navedene dimenzije in delež anatomskih elementov so variabilne in značilne za posamezno drevesno vrsto. Podane so srednje, povprečne vrednosti za evropske vrste.

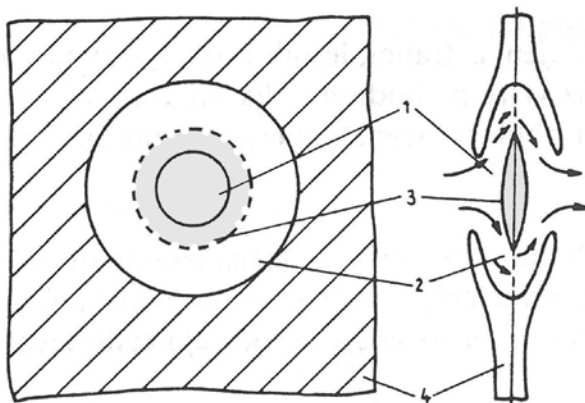
3.2.3 Piknja

Pri stiku s sosednjo celico (anatomskega elementa) nastane v obeh stenah "okogla vrzel", ki jo imenujemo piknja. Piknja poveže lumna obeh celic in celična stena postane veliko lažje prehodna, tako da voda ter v njej raztopljeni snovi potujejo vse do listov drevesa. Pikenjska odprtina (luknja) nastane v sekundarnem sloju, srednja lamela in primarna stena (pikenjska membrana) pa sta močno stanjšani. Piknje imajo vse vrste anatomskih elementov, največ pa elementov ranega lesa.

Razlikujemo: enostavne, obokane in polobokane piknje (slika 45).

Enostavne piknje imajo parenhimske celice. Pri prevodnih celicah pa je piknja obokana in pretok vode iz celice v celico se lahko uravnava ali zapre.

Obokane piknje imajo pikenjsko membrano na sredini lečasto odebeljeno (torus), ki je neprepusten za vodo, preostali del membrane (margo) pa je prepusten. Odprtino v sekundarni steni imenujemo porus.



1 – odprtina (porus)

2 – margo

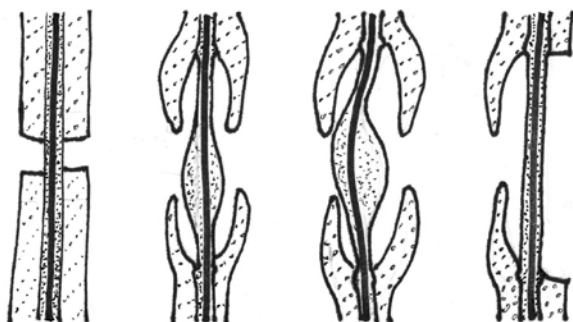
3 – torus

4 – celična stena

Slika 44: Obokana pikenja traheide ranega lesa (9.: 47)

Torus piknjo zapre tako, da se nasloni ob notranji obok sekundarne stene in zapre porus (slika 45 c). Do zaprtja piknje (aspiracije) pride, če nastopi prevelika razlika tlakov vode v lumnih obeh celic.

Polobokane piknje se razvijejo na mestih dotika med živimi (parenhimskimi) in prevodnimi (mrtvimi) celicami.



a) enostavna b) obokana c) obokana - zaprta č) polobokana

Slika 45: Piknje (Z. S.)

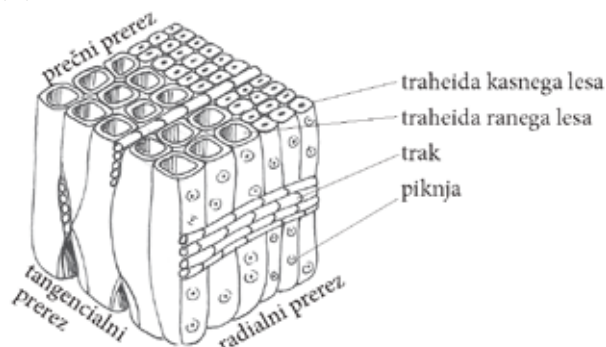
Piknje niso pomembne samo za živa drevesa, ampak tudi za sortimente, saj je tudi od njih odvisno prevajanje vode pri sušenju lesa. Traheide iglavcev imajo veliko pikenj in les se lahko in hitro suši. Pri nepravilnem sušenju vlažnega lesa nastopi zaprtje pikenj in sušenje se upočasni. Zaprte piknje povzročijo probleme tudi pri impregnaciji lesa.

3.2.4 Celična zgradba iglavcev in listavcev

Celična zgradba iglavcev se precej razlikuje od zgradbe listavcev.

Celična zgradba iglavcev

Iglavci imajo enostavnejšo in homogenejšo zgradbo lesa kot listavci. V glavnem jo sestavljajo anatomske elementi – traheida ranega lesa in traheide kasnega lesa, ki potekajo v osni smeri. Traheide imajo prečni prerez pravokoten in so urejeno razporejene. Strženovih trakov je malo. Nekateri iglavci (smreka, bor, macesen) vsebujejo smolne kanale.

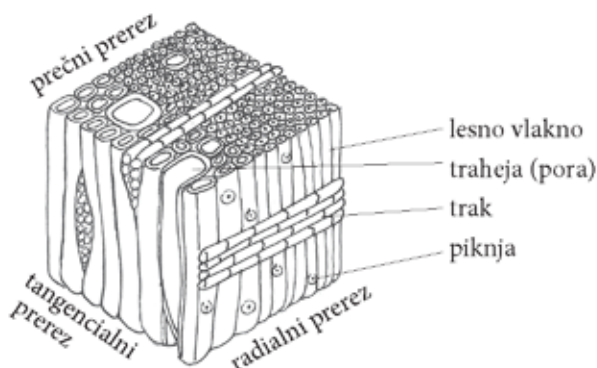


Slika 46: Celična zgradba iglavcev (Z. S.)

Celična zgradba listavcev

Les listavcev je zgrajen iz anatomskega elementov, ki imajo specializirane funkcije in so po braniki bolj neenakomerno razporejeni kot pri iglavcih. Prevodno funkcijo opravlja traheja, ki je na prečnem prerezu lahko opazna kot luknjica (pora). Traheje so sodčkaste oblike, postav-

ljene ena nad drugo in tvorijo dolge cevaste nize po dolžini debla. Lesna vlakna imajo večkoten prečni prerez in debelo celično steno. Trakovi so večji kot pri iglavcih, obenem je večja tudi njihova vsebnost v lesu.



Slika 47: Celična zgradba listavcev (Z. S.)

3.3 Makroskopska zgradba lesa

S prostim očesom ali z običajno lupo na površini lesa vidimo:

- branike in letnice,
- črnjavo in beljavo,
- stržen.

Opazimo tudi lesne trakove, pore (traheje) in nepravilnosti v zgradbi (napake).

3.3.1 Branike in letnice

Drevo se debeli tako, da mu pod skorjo po cellem obsegu rastejo nove celice lesa (poglavje 2.2.1).

Branika

Vsako leto zraste v koncentričnem krogu ena prirastna plast celic, ki jo imenujemo branika.

Branika je zgrajena iz:

- ranega in
- kasnega lesa.

Rani les nastane spomladi, ker je prevajanje vode in anorganskih snovi iz korenin v liste intenzivnejše. Ima večje praznine v celicah, stene pa tanjše, zato je les mehkejši in svetlejši barve.

Kasni les nastane poleti in jeseni, ko rast drevesa v višino preneha. Celice imajo debele stene in ozke praznine (lumne), zato je les trši in temnejši.

Iglavci imajo rani les širši in svetlejši kot listavci. Pri listavcih v začetku spomladi najprej požene listje, šele nato začne rast v debelino.

Različni anatomske elementi so po braniki neenakomerno razporejeni, zato je les po zgradbi raznovrsten (**heterogen**).

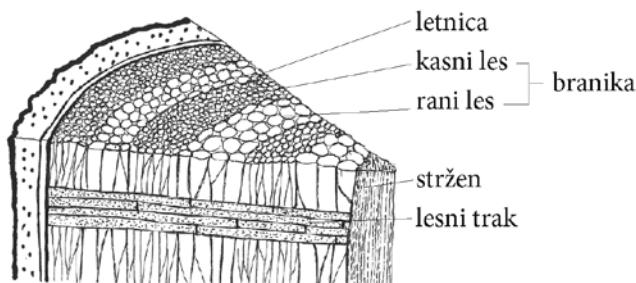
Dendrokronologija (gr. dendros – les, drevo; chronos – čas).

Proučuje starost branik lesa. V času rasti so branike in letnice neizbrisani zapis podnebnih razmer in dogodkov v tedanji klimi zraka. V ožjem pomenu dendrokronologija ugotavlja starost lesenih predmetov in s tem tudi starost vseh drugih predmetov iz tega obdobja. Osnovo predstavlja zveza med rastnimi dejavniki in širino branik. Metoda je zahtevna, vendar precej natančnejša kot znano določanje starosti z radioaktivnim izotopom ogljika C 14.

Dendrokronologijo izvaja Oddelek za lesarstvo Biotehniške fakultete in zanesljivo določajo starost lesenih objektov, pohištva, umetniških predmetov ... iz naše bogate zgodovine lesarstva. Na primer datirana je starost kolesa z osjo, najdenega na Ljubljanskem barju – 5150 let.

Letnica

Letnica je črta med lanskim kasnim lesom in letošnjim ranim lesom. Po poseku drevesa lahko preštejemo letnice in s tem ugotovimo starost drevesa.



Slika 48: Klinasti kos triletnega debla (Z. S.)

Širina branike pomeni večji ali manjši prirastek lesa. Drevo, ki hitro raste, ima široke branike (na primer topol). Počasi rastoče vrste imajo ozke branike (na primer tisa). Seveda pa na širino branike vplivajo rastne in podnebne razmere ter dednost. Če je kakšna branika ožja, pomeni, da so bili tisto leto slabši pogoji za rast.

Širina in potek branike imata odločilen vpliv na lastnosti lesa, kar bomo spoznali v poglavju 3.3.4 in 3.3.5. Pri hitri rasti lesa nastanejo široke branike, les ima manjšo gostoto in slabše mehanske lastnosti. Preširoke branike spadajo v napake lesa (poglavje 6.3.2).

Les brez branik

V subtropskih gozdovih drevesa neprekinjeno rastejo celo leto, zato ne obstajajo izrazito ločene branike. Slabo se razlikujejo samo cone lesa med suhim in deževnim obdobjem.

3.3.2 Jedrovina in beljava

Pri odraslem drevesu razlikujemo starejšo valjasto plast lesa v središču (jedrovino) in mlajši kolobarni plašč na obodu (beljava).

Beljava

Beljava je obodni (zunani, periferni) del drevesa, ki ima še žive parenenhimske celice. Les je fiziološko

aktiven, prevaja vodo in shranjuje produkte fotosinteze, izloča smolo ... Navadno je svetlejše barve, zato mu pravimo beljava. Obsega približno 3–20 zunanjih branik.

Jedrovina

Jedrovina je osrednji del debla, ki je fiziološko mrtev.

Ojedritev ali nastanek jedrovine je starostni in dedni pojav, ki nastane v osrednjem delu debla posameznega drevesa. Pri ojedritvi žive celice odmrejo. Pride do odlaganja različnih jedrovinskih snovi (čreslovine, maščobe, voski ...) v celične stene in lumne, zaprejo se piknje in pri nekaterih vrstah nastanejo tile, zato se prekine transport vode.

Ta osrednji del debla ima samo mehansko nalogo, pravimo mu jedrovina. Lahko pride do takšnih kemičnih sprememb, da se jedrovina debla temneje obarva in takšno imenujemo **črnjava**.

Jedrovina ima precej nižjo vlažnost od beljave in les je trdnjši. Odporna je proti biološkemu škodljivcem. Praviloma nastane v obdobju 20–40 let rasti drevesa.

S fiziološkega vidika je za nastanek jedrovine merodajno odmrtje celic parenhima.

Konvencionalna delitev drevesnih vrst glede na barvo jedrovine:

- Drevesne vrste, ki imajo osrednji del debla temnejši in obarvan (črnjava). Meja med beljavo in črnjavo poteka po letnici.
- Drevesne vrste, kjer ni barvne razlike med osrednjim delom (jedrovino) in periferijo (beljavo). Les v osrednjem delu ima lastnosti jedrovine. Pri svežem lesu je lahko jedrovina opazna zaradi nižje vlažnosti.
- Drevesne vrste brez jedrovine imajo po celem prerezu debla lastnosti in barvo beljave. Jedrovina se morebiti razvije zelo pozno (na primer jesen), lahko pa nastane diskoloriran les (poglavje 3.2.2.1).

Preglednica 6: Drevesne vrste glede na barvo jedrovine

Drevesne vrste z obarvano jedrovino – s črnjavo	Drevesne vrste z neobarvano jedrovino – brez črnjave	Drevesne vrste brez jedrovine
bor, macesen, tisa, duglazija, hrast, brest, oreh, robinija, češnja, pravi kostanj	smreka, jelka, bukev, gaber, hruška, vrba	javor, breza, jesen, lipa, topol, jelša



a) z obarvano jedrovino



b) z neobarvano jedrovino



c) brez jedrovine

Slika 49: Vrste jedrovin (Z. S.)

a) jelka z neobarvano jedrovino
Slika 50: Jedrovina (S. K.)

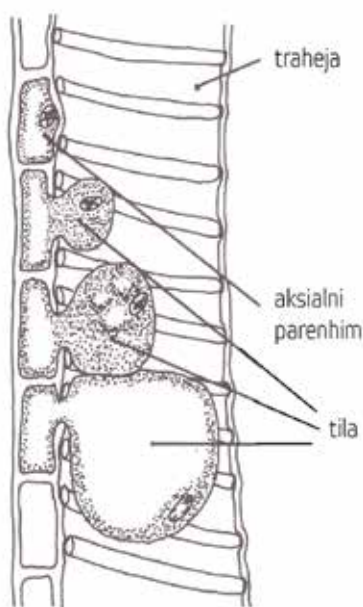
b) črnjava in ozka beljava pri macesnu

Tile

Posebne jedrovinske tvorbe so tile. So izrastki živih parenhinskih celic, ki se vraščajo skozi piknje v lumne trahej. Tam se tila še razraste in popolnoma zapre trahejo.

Imajo jih:

hrast, brest, oreh, robinija, murva, manj til pa imata domači kostanj in jesen. Zatiljen les se najtežje suši, posebej na začetku, ko izhaja prosta voda.



Slika 51: Tile (28.: 42)

Značilnosti jedrovine z vidika uporabe

Naložene jedrovinske snovi v celični steni in lumnih izpodrinejo vodo, zato je jedrovina manj vlažna kot beljava in se pri sušenju manj krči, pri navlažitvi pa manj nabreka. V jedrovini se upočasni gibanje vode, zaradi česar se takšen les težje suši. Posebej težko se suši, če je les zatiljen. Vrste lesa z obarvano jedrovino so trajnejše, ker jedrovinske snovi ščitijo les. Pred izdelavo izdelkov iz lesa s črnjavo (hrast ...) beljavnega dela praviloma ne uporabimo.

3.3.2.1 Diskoloriran les

Diskoloriran les spada v napake v barvi lesa (poglavje 6.6); obravnavamo pa ga pri tem poglavju, ker zelo spominja na črnjavo, zato mu rečemo tudi »**neprava črnjava**«.

Diskoloriran les nastane v osrednjem delu debla in ima temnejšo barvo. Obarvanost osrednjega dela debla je neenakomerna, ni centrična in ne meji na črte letnic ter ima višjo vlažnost. Nastane zaradi zunanjih dejavnikov (poškodbe, ranitve drevesa, izpostavitve kisiku in infekcije z glivami) pri vrstah, ki ne tvorijo črnjave: bukev, breza, gaber, javor.

Najpogosteje se pojavi pri bukvi in ga imenujemo **rdeče srce**.

Pri topolu, javorju in gabru lahko nastane **rjavo srce**, pri jelki pa **mokro srce** (mokrina), ki ima precej višjo vlažnost, zaradi česar je sušenje dolgotrajnejše.

Mokri žepi nastanejo pri topolu samo na delu debla, vendar precej otežujejo sušenje.



Slika 52: Diskoloriran les – rdeče srce pri bukvi (6.: 24)

3.3.3 Stržen in srce

Stržen (slika 48) je enoletni poganjek drevesa in je zato v središču debla. Stržen ne oleseni, obkroža pa ga mladostni les (okoli 15–20 let), kar skupaj s strženom imenujemo srce.

Srce vsebuje nekvaliteten les, ki rad poka. (Glejte še poglavje 6.3.8).

3.3.4 Les iglavcev

Les iglavcev gradijo predvsem traheide ranega in kasnega lesa. Na obdelani površini lesa iglavcev s prostim očesom lepo vidimo branike in letnice. Kasni les je trši in temnejše barve (običajno rdečkasto do rumenkaste barve). Rani les je svetlejši in mehak, v kasni les prehaja postopoma, zato daje videz enakomerne strukture. Pri smreki in jelki je prirast kasnega lesa konstanten ne glede na širino branike. Če je

branika širša, ima večji delež ranega lesa, zato je les mehkejši in manj kakovosten. Les iglavcev je bolj fin in boljši, če je širina branike ožja. Trakovi ne vplivajo na lastnosti lesa.

Les iglavcev je lažji, mehkejši in ga lažje obdelujemo. Morebitne težave pri obdelavi povzroča velika razlika v trdoti med ranim in kasnim lesom. Lahko in hitro se suši. Ima dobre mehanske lastnosti, posebej upogibno trdnost. Nekateri iglavci (smreka, bor, macesen) vsebujejo smolne kanale. Smola pri sušenju lahko izteka, kar moti obdelavo.

Les iglavcev je uporaben za vse izdelke, najpogostejše kot gradbeni material za vse od embalaže do stavbnega in bivalnega pohištva do vrhunskih glasbenih instrumentov ...



Slika 53: Les iglavcev (smreka) (U. G.)

3.3.5 Les listavcev

Les listavcev je zgrajen iz anatomskih elementov, ki imajo specializirane funkcije, so različnih oblik in bolj neenakomerno razporejeni po braniki (heterogenost) kot pri iglavcih.

Glede na razpored trahej (por) delimo listavce na:

- **venčasto porozne:**

hrast, jesen, brest, murva, robinija, domači kostanj;

- **raztreseno porozne:**

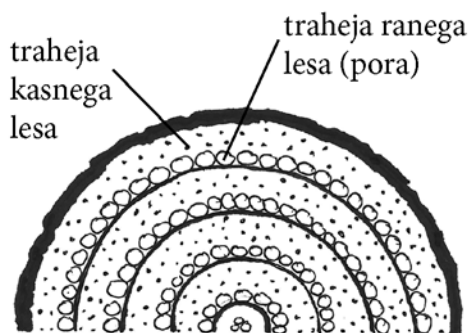
bukev, gaber, lipa, javor, hruška, vrba, breza, jelša, topol;

- **polvenčasto porozne:**

oreh, češnja.

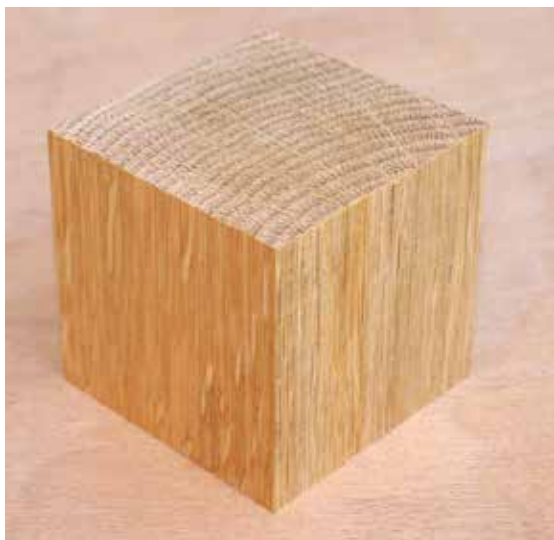
3.3.5.1 Venčasto porozni listavci

Imajo izrazito teksturo in črnjavo in so cenjene vrste lesa. Po zgradbi so izrazito nehomogeni. Traheje ranega lesa so velike, imajo zelo tanko celično steno, vidimo jih s prostim očesom. V braniki so krožno ali venčasto razporejene – ena poleg druge. Večino lesa sestavljajo lesna vlakna, ki imajo debele celične stene in ne prevajajo vode. Lesni trakovi so pri nekaterih vrstah izraziti.



Slika 54: Prikaz venčasto poroznih listavcev na prečnem prerezu (Z. S.)

Za venčasto porozne listavce velja, da je prirast ranega lesa v braniki konstantna in ozka. Ko je branika široka, prevladuje prirast kasnega lesa. Les s širokimi branikami je gostejši, vendar je bolj homogen in se zato lažje obdeluje in suši. Takšen les je težji, trd, trden in trajen. Suši se počasi, posebej če so traheje zapolnjene s tilami (hrast). Obstaja tudi nevarnost deformacije tankih celičnih sten trahej.

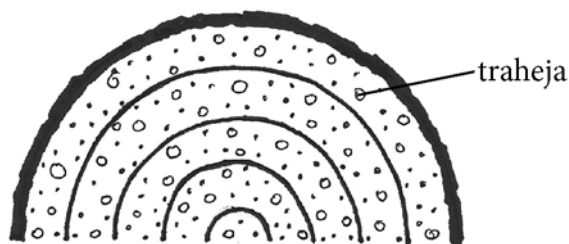


Slika 55: Les venčasto poroznih listavcev (hrast) (U. G.)

3.3.5.2 Raztreseno porozni listavci

Raztreseno (difuzno) porozni listavci imajo manjše in številnejše traheje. Traheje se v ranem in kasnem lesu skoraj ne razlikujejo po velikosti, po braniki pa so raztresene. Imajo homogenejšo zgradbo kot venčasto porozni listavci, zato jih lažje obdelujemo in sušimo. Po drugih lastnostih so difuzno porozni listavci precej različni:

- Bukev, gaber, javor, hruška imajo anatomske elemente z debelimi celičnimi stenami, les pa je težji, trši in trden.
- Breza, jelša, lipa, topol, vrba so lažji, mehkejši in manj trajni, po lastnostih pa so bližje iglavecem kot trdim listavcem.
- Češnja in oreh imata traheje, raztresene po celi braniki, vendar so večje in številnejše. Nekateri avtorji jih označujejo kot polvenčasto porozne listavce.



Slika 56: Prikaz raztreseno poroznih listavcev na prečnem prerezu (Z. S.)

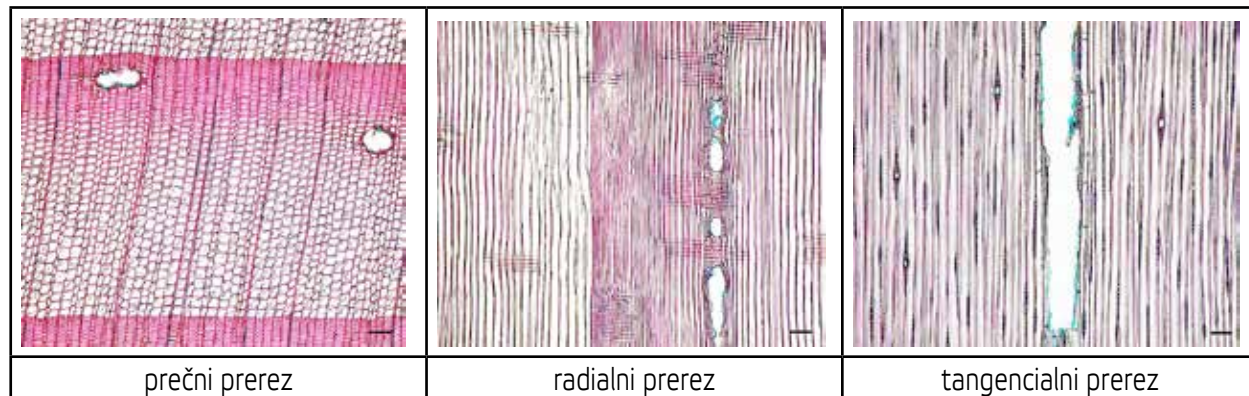


Slika 57: Les raztreseno poroznih listavcev (bukov) (U. G.)

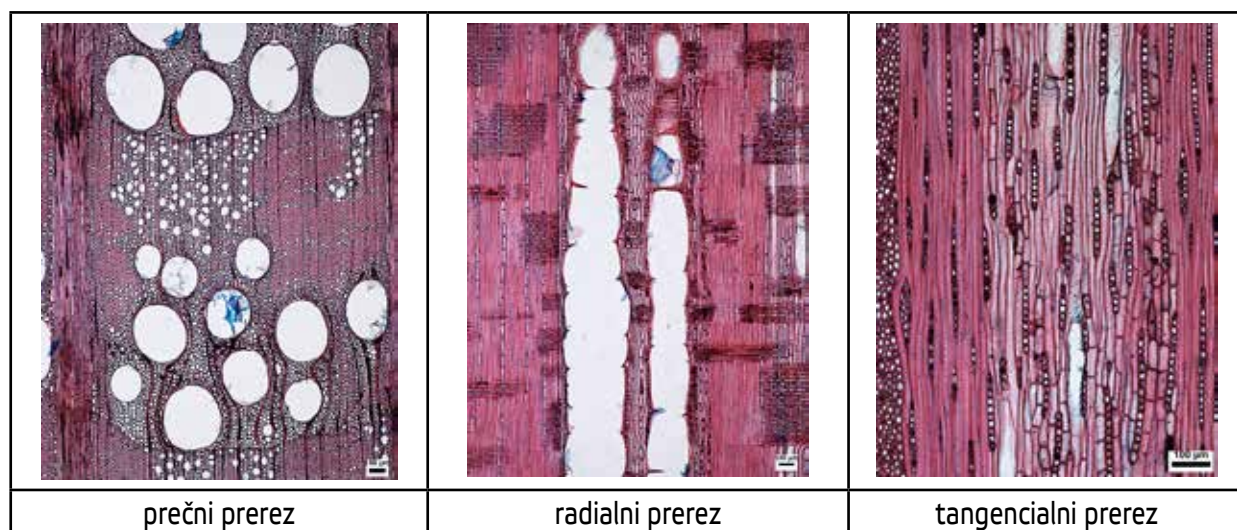


Slika 58: Les polvenčasto poroznih listavcev (oreh) (U. G.)

Prikazali bomo še **mikroskopske slike** smreke, bukve in hrasta na značilnih prerezih lesa zaradi boljšega razumevanja obravnavane zgradbe. Za lažjo določitev položaja potekanja – razporeditve anatomskih elementov glejte še naslednje poglavje 4.1.1.



a) mikroskopska zgradba lesa smreke



b) mikroskopska zgradba lesa hrasta



c) mikroskopska zgradba lesa bukve

Slika 59: Mikroskopske slike (X)

Za vse vrste lesa velja, da lesni trakovi kot prečni elementi ločijo ostale vzdolžne anatomske elemente in slabijo njihovo povezanost. Les z izrazitimi trakovi (hrast, bukev) pogosteje poka in ima večjo cepljivost.

Kvaliteta lesa je odvisna tudi od starosti drevesa. **Mlad (juvenilni) les** (starost do okoli 20 let) ima vse lastnosti slabše kot **zreli (adultni) les**. Tudi za **stari les (senescentni)** velja, da mu je kvaliteta upadla. Drevo je treba torej posekati, ko je v zreli dobi.

Naloge:

- Na sliki 59a, b, c označite in imenujte vidne anatomske elemente.
- Vse obravnavane anatomske elemente vpišite v preglednico in izpolnite rubrike.

Naziv anatomskega elementa	Funkcija	Velikost (viden s prostim očesom)	Drevesna vrsta	Potek v deblu, značilnosti

- Zapišite, kateri pojav definira ojedritev oziroma katere snovi jedrovina ne vsebuje. Narišite in zabeležite razlike med drevesno vrsto z obarvano jedrovino, z neobarvano jedrovino in brez jedrovine ter med diskoloriranim lesom.

4. LASTNOSTI LESA

Lastnosti lesa opredeljujejo les, njegovo obdelavo in namen uporabe. Poznamo:

- estetske lastnosti,
- fizikalne lastnosti,
- fizikalno-kemične,
- mehanske lastnosti in
- trajnost.

4.1 Estetske lastnosti lesa

Estetske (lepotne) lastnosti zaznavamo z našimi čutili na mehansko obdelani površini lesa.

Estetske lastnosti so:

- tekstura,
- barva,
- vonj in
- sijaj.

4.1.1 Tekstura lesa

Les sestavljajo številni anatomske elementi, ki priraščajo v kolobarjih, zato ima les v raznih prerezih (ravninah) različen izgled (teksturo) in različne fizikalne lastnosti, kar označimo kot **anizotropnost**.

Videz lesa na obdelanih površinah imenujemo tekstura. Glede na osnovne prereze lesa (poglavje 3.1) ločimo teksturo:

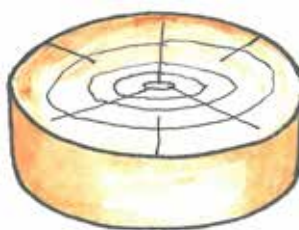
- prečnega,
- radialnega in
- tangencialnega prereza.

Teksture prerezov se med seboj razlikujejo in kažejo izjemnost lesa kot materiala.

Prečna tekstura

Branike in letnice so v koncentričnih krogih. Pri iglavcih dobro vidimo rani in kasni les, smolne kanale pa kot svetle pike. Tudi pri nekaterih listavcih so letnice dobro vidne, v ranem lesu pa opazimo luknjice (pore), ki so lumni trahej.

Strženovi trakovi lahko potekajo od stržena ali od poljubne branike do oboda. Vidimo jih po debelini in celi dolžini.



Slika 60: Prečna tekstura (Z. S.)

Radialna tekstura

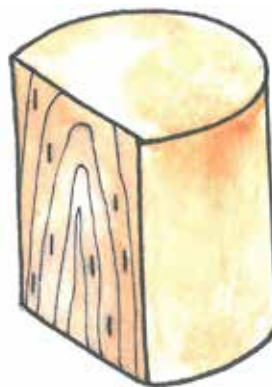
Branike in letnice so razporejene kot vzporedne črte – črtasti videz lesa. Lesni trakovi potekajo pravokotno na letnice. Prepoznavni so po dolžini in višini ter so lahko kot svetleče lise ali zrcala, zato deske imenujemo *bleščice*.



Slika 61: Radialna tekstura (Z. S.)

Tangencialna tekstura

Branike in letnice potekajo kot zakrivljene črte, približno v obliki narobe obrnjenih črt U, V, elipse ("floder" tekstura). Trakovi so presekani prečno, lahko vidimo njihovo debelino in višino ter številnost. Sortiment, izžagani izven središča hloda (tangencialno), imajo na zunanji (levi) ploskvi drugačen izgled kot na notranji (desni) ploskvi, saj je le-ta odvisen od položaja v hlodu. Žaganice so bočnice.



Slika 62: Tangencialna tekstura (Z. S.)



a) prečna tekstura



b) radialna tekstura



c) tangencialna tekstura

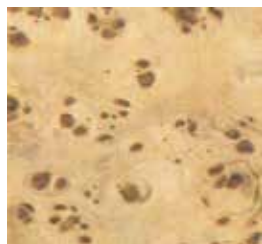
Slika 63: Tekstura na osnovnih prerezi (bukev) (M. G.)

Neizrazita tekstura je slabo vidna in ni privlačna, imajo pa jo lipa, topol, vrba ...

Slikovita (nepravilna, posebna) tekstura se razlikuje od navedenih in predstavlja poseben videz lesa. Poznamo: rebrasto, cvetlično, ikravo, progasto ... teksturo (slika 64), ki nastane zaradi posebnosti (anomalij) pri rasti drevesa. Posebna tekstura se pojavi tudi, ko korenina prehaja v deblo (oreh). Ima posebne estetske učinke in dekorativnost, zato je zelo cenjena. Iz lesa debela s posebno strukturo običajno izdelamo furnir, ki se uporablja za visoko cenjeno pohištvo in pri izdelavi umetniških, dekorativnih predmetov, intarzije.



a) oreh iz korena



b) ikrasti topol



c) cvetlični jesen



č) rebrasti javor



d) javor iz korena

Slika 64: Slikovita tekstura lesa (24.: barvna priloga)



Slika 65: Progasta tekstura tropskega lesa (mahagoni) (X)

Teksturo lahko opredelimo glede na premer trahej na:

- grobo teksturo, premer trahej je večji od 0,2 mm in so vidne s prostim očesom, kot tudi trakovi;
- srednjo teksturo, premer trahej je 0,1–0,2 mm in jih še vidimo;
- fino teksturo, premer trahej je do 0,1 mm in niso vidne s prostim očesom.

4.1.2 Barva lesa

Barva dopolnjuje teksturo lesa in oplemeniti vizualni izraz izdelka iz lesa. Vsaka vrsta lesa ima drugačen barvni ton, zato lahko že po barvi razpoznamo vrste lesa (determinacija). Barvo lesa določamo pri posušenem lesu, pri vrstah z jedrovino pa je to barva črnjave. Barva lesa ima estetski pomen v proizvodnji pohištva in furnirja, v rezbarstvu, intarzijah ... Pomembna je tudi za presojanje kvalitete in zdravosti lesa.

Izrazite barve imajo nekatere tropske vrste lesa, tako da so ponekod prešla v pregovor, na primer "črn kot ebenovina" ali ima "rdeče lase kot mahagoni". Vsako drevo, čeprav iste vrste, ima vsaj malo drugačen ton barve lesa, kar je problem pri izdelavi pohištva, ker mora biti les na prednji strani (fronti) omare enake barve in teksture. Problem rešimo tako, da uporabimo les oziroma furnir samo iz enega hloda (bursa), ki ima popolnoma enako barvo in teksturo.

Barvo lesa lahko spremenimo s postopki termične obdelave (parjenje), kot tudi s postopki površinske obdelave.



Slika 66: Les oljke – preplet barv (A. S.)

4.1.3 Vonj lesa

Vse vrste lesa dišijo "po lesu". Vonj je lahko prijeten ali neprijeten, močan ali komaj zaznaven. Vrste lesa, ki imajo prepojene celice s smolami, eteričnimi olji, alkaloidi, čreslovinami ... imajo intenzivnejši vonj. Iglavci, ki vsebujejo smolo (smreka, bor, macesen), imajo prijeten vonj, od listavcev pa lipovina, oljčni les, cedra ... Lesene pripomočke za kuhanje in embalažo za živila izdelujemo iz lesa z neizrazitim vonjem. Neprijeten vonj ima les čremse (*Prunus padus*) in predvsem les nekaterih grmov. V skrinje iz lesa kafrovca so spravljali krzna, saj vonj po kafri menda odganja molje in črve.

Po vonju lahko tudi prepoznamo nekatere vrste lesa.

4.1.4 Sijaj lesa

Gladko obdelane površine odbijajo svetlobo in nastane poseben videz, ki mu pravimo sijaj. Sijaj je lahko moten, svetleč, kovinski ... kar pri pohištvu dosežemo z lakiranjem. Sijajen les je pravzaprav samo na radialnem prerezu, kjer so lesni trakovi presekani po višini in nastanejo svetleče lise ali zrcala (slika 187b). Sijaj na radialnem prerezu poveča tudi progasta tekstura zaradi menjaje zavite rasti, kar je značilno za nekatere tropske vrste (mahagoni in njegove nadomestne vrste).

4.2 Fizikalne lastnosti lesa

Fizikalne lastnosti so:

- voda v lesu (vlažnost),
- gostota,
- higroskopnost lesa,
- krčenje in nabrekanje,
- akustične lastnosti,
- toplotne in
- električne lastnosti.

4.2.1 Voda v lesu

V lesu drevesa je voda v lumnih in stenah celic. Predelava in uporaba lesa je možna, če znaten del te vode odstranimo (sušenje lesa).

Voda v lesu je:

- prosta in
- vezana.
- **Prosta ali kapilarna voda** se nahaja v lumnih anatomskih elementov in ni vezana na celično steno, tako da ne vpliva na fizikalne lastnosti lesa, razen na njegovo gostoto. Prevodna beljava vsebuje precej več proste vode kot jedrovina. Prosta voda lahko izhaja iz lesa. Težje izhaja iz vrst, ki imajo tile, in iz črnjave iglavcev. Prosto vodo ima les z vlažnostjo nad $\approx 30\%$, pod to vlažnostjo pa vsebuje vezano vodo.
- **Vezana ali higroskopska** voda je vpita v celične stene. Nahaja se v intermicelarnih prostorih stene. Les veže vodo z veliko silo zaradi velike notranje površine, ki jo imajo intermicelarni prostori (fizikalni pojav adsorpcije vodnih par-plina v trdno telo).

Točka nasičenja celičnih sten (TNCS)

Vlažnost lesa, ko ima še vso vezano vodo, lumni anatomskih elementov pa so prazni, imenujemo točko nasičenja celičnih sten (TNCS).

Točka je pri vrstah lesa različna, giblje se 22–35 %, najpogosteje pa je vlažnost lesa okoli 30 %. To vrednost (30 %) običajno upoštevamo pri sušenju in izračunu krčenja lesa.

Točka nasičenja celičnih sten je zelo pomembna, ker pod to stopnjo vlažnosti (TNCS) izhaja samo vezana voda, kar pa povzroči spremembe lastnosti lesa:

- začne se krčenje (delovanje lesa) in nastane nevarnost krivljenja in pokanja lesa,
- spremenijo se vse lastnosti, večja pa je trdota in trdnost lesa,
- zmanjša se teža,
- poveča se kurilna vrednost,
- boljša (možna) je obdelava,
- manjša kot je vlažnost lesa, težje les oddaja vezano vodo, sušenje postane počasnejše in več energije je potrebno za sušenje. (Glejte še poglavje 13.5.1).

4.2.1.1 Vlažnost lesa

Količino vode v lesu označimo kot vlažnost lesa ali lesno vlažnost, izrazimo pa jo z odstotkom vlažnosti. Lesna vlažnost je pomemben podatek, ki ga moramo poznati pred in med obdelavo ter pri uporabi.

Odstotek vlažnosti lesa u (%)

Odstotek vlažnosti lesa (lesna vlažnost) je razmerje med maso vode, ki je v lesu, in maso absolutno suhega lesa.

$$u(\%) = \frac{m_{H_2O}}{m_o} \quad \text{ali} \quad u(\%) = \frac{m_u - m_o}{m_o}$$

u (%)..... odstotek vlažnosti lesa

m_o (g)..... masa absolutno suhega lesa – absolutno suh les ne vsebuje vlage (vode)

m_u (g)..... masa vlažnega lesa

$m_{H_2O} = m_u - m_o$ (g)..... masa vode v lesu

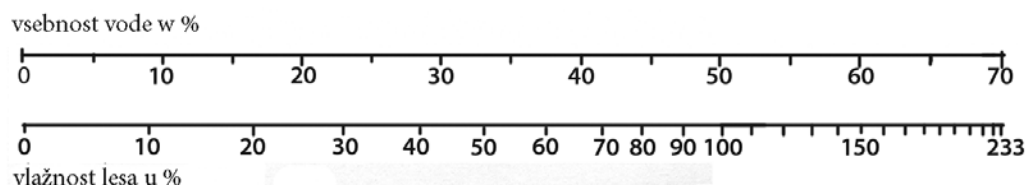
Osnova za izračun vlažnosti je absolutno suh les, zato je odstotek vlažnosti lesa lahko večji kot 100 %. Na primer vlažnost lesa 15 % nam pove, da 1 kg absolutno suhega lesa vsebuje 0,15 kg vode, vlažnost 150 % pa, da vsebuje 1,5 kg vode. Vlažnosti na osnovi absolutno suhega lesa pravimo tudi *atro*.

Vsebnost vode w (%)

V energetiki je vlažnost lesa drugače določena kot v lesarstvu. Imenujemo jo vsebnost vode (w). Osnova za izračun ni absolutno suh les, ampak vlažen les, zato jo izračunamo takole:

$$w(\%) = \frac{m_{H_2O}}{m_v} 100 \quad \text{ali} \quad w(\%) = \frac{m_u - m_o}{m_v} 100$$

Razmerje med vlažnostima je prikazano na sliki 67. Do večje razlike pride pri višji vlažnosti, na primer pri vlažnosti lesa $u = 100$ % je vsebnost vode $w = 50$ %.



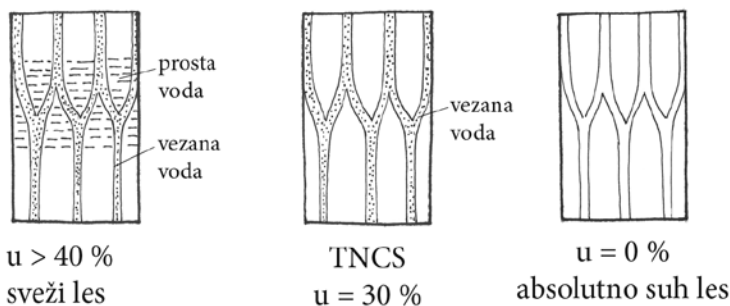
Slika 67: Pretvorba vlažnosti lesa (u) v vsebnost vode (w) (S. K.)

Vlažnostna stanja lesa

Po poseku drevesa ima les visoko vlažnost in se suši. Razlikujemo naslednje stopnje vlažnosti:

Preglednica 7: Stopnje vlažnosti lesa

Vlažnostno stanje	Odstotek vlažnosti (%)	Stanje lesa
sveži les	40–150	les pri poseku
polsveži les	22–40	les sušen v gozdu oz. v skladišču
zračno suhi les	12–20	les posušen na prostem
suhi les	8–12	les posušen v sušilnicah
absolutno suh les	0	vzorec posušen v lab. sušilniku
točka nas. cel. sten (TNCS)	22–35 (30)	les vsebuje samo vso vezano vodo



Slika 68: Shematičen prikaz vlažnosti lesa (Z. S.)

4.2.2 Ugotavljanje lesne vlažnosti

Vlažnost lesa v praksi ugotavljamo na dva načina:

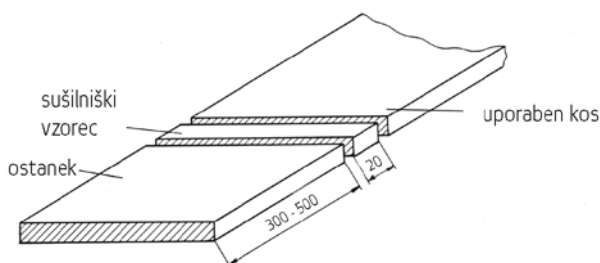
- z metodo tehtanja in
- z metodo merjenja električnih lastnosti lesa.

Ugotavljanje lesne vlažnosti je standardizirano: standard SIST EN 13183-1:2003 velja za metodo tehtanja, standard SIST EN 13183-2:2003 za metodo merjenja uporovnih električnih lastnosti, standard SIST EN 13183-3:2005 pa za metodo električne kapacitivnosti.

4.2.2.1 Metoda tehtanja ali gravimetrična metoda

Za to metodo potrebujemo natančno tehtnico in laboratorijski sušilnik. Iz sortimenta (deske), ki mu želimo ugotoviti vlažnost, izberemo kontrolno desko. Kontrolna deska naj predstavlja ostali les. Pri večjih količinah moramo izbrati več desk, da ugotovimo povprečno vlažnost lesa.

Iz kontrolne deske odžagamo 300–500 mm od čela sušilniški vzorec, debeline > 20 mm (slika 69).



Slika 69: Prikaz izdelave sušilniškega vzorca (8.: 55)

Vzorec takoj stehtamo (najmanj na 0,1 g natančno). Tako dobimo maso vlažnega lesa (m_v). Po tehtanju vložimo vzorec v laboratorijski sušilnik in ga sušimo pri temperaturi $103 \pm 2^\circ\text{C}$. Sušimo ga daljši čas (lahko nekaj ur). Nato ga v izbranih časovnih razmakih stehtamo. Ko vzorec teže ne spreminja več (običajno po dveh zaporednih tehtanjih), dobimo *maso absolutno suhega lesa* (m_o).

Metoda je natančna v celotnem območju vlažnosti lesa, zahteva navedeno opremo, je dolgotrajna in z njo poškodujemo (skrajšamo) obdelovanec. Opozarjamo, da moramo vzorec takoj stehtati, ker lahko hitro izgubi ali pridobi vlago.



Slika 70: Laboratorijski sušilnik (M. G.)

Obstaja tudi *laboratorijski sušilnik s tehtnico*, kjer lahko vzorec lesa v sušilniku tudi stehtamo.

Absolutno suh les

Absolutno suh les ne vsebuje proste in vezane vode. Pridobimo pa ga z zgoraj opisanim sušenjem v laboratorijskem sušilniku. Pojem je pomemben za izračune gostote in primerjavo gostot med vrstami lesa ter za določanje vlažnosti.

Primer:

Sušilniški vzorec za ugotavljanje vlažnosti lesa pred začetkom sušenja tehta 50,5 g. Ko ga posušimo do absolutno suhega stanja, pa 44,3 g. Izračunajmo odstotek vlažnosti lesa.

$$u(\%) = \frac{m_u - m_o}{m_o} \cdot 100 \quad u = \frac{50,5 \text{ g} - 44,3 \text{ g}}{44,3 \text{ g}} \cdot 100\% = 14\%$$

4.2.2.2 Metoda merjenja električnih lastnosti lesa

Metoda temelji na osnovi odvisnosti električnih lastnosti lesa glede na vlažnosti lesa (poglavje 4.2.7). Z električnimi merilniki vlažnost lesa hitro in enostavno izmerimo. Pomanjkljivost je, da je meritev natančna samo pri vlažnosti pod točko nasičenja celičnih sten (30 %).

Merimo z:

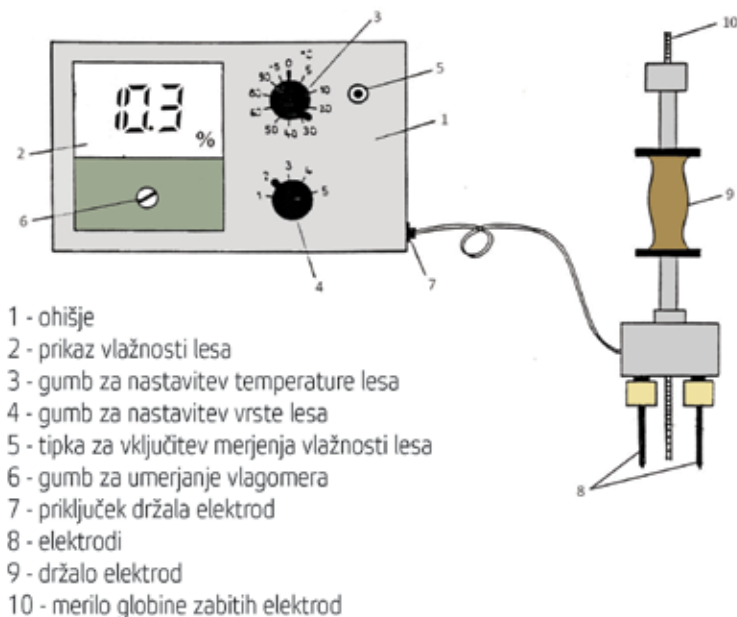
- električnim uporovnim vlagomerom in
- kontaktnim električnim vlagomerom.

Električni uporovni vlagomer

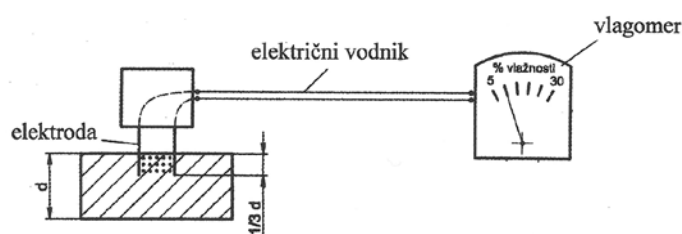
Z uporovnim vlagomerom merimo električno upornost lesa, ki je odvisna od vlažnosti lesa. Sprememba vlažnosti lesa namreč zelo vpliva na spremembo električnega upora. Les, ki je vlažen, dobro prevaja električni tok. Z nižanjem vlažnosti se manjša prevodnost oziroma se večja upornost. Vlažnost lesa ugotavljamo z merjenjem električnega upora. Instrument za merjenje električnega upora umerimo na odstotek vlažnosti lesa, ki jo potem neposredno merimo in odčitamo.

Električni uporovni vlagomer je natančen $\pm 1 \%$ samo v področju vlažnosti med 7 in 25 % (30 %). Pri višji vlažnosti lesa namreč ni več premo sorazmernosti med vlago v lesu in električnimi lastnostmi, pri nižji od 7 % pa je upornost previsoka.

Vlagomer ima sicer lahko skalo za večjo vlažnost, vendar moramo vedeti, da meritve niso več natančne.



a) shema vlagomera



b) merjenje vlažnosti lesa

Slika 71: Električni uporovni vlagomer (8.: 61, 62)

Merjenje vlažnosti:

Elektrodi (igle) uporovnega vlagomera zabijemo prečno glede na lesna vlakna, zabijemo pa jih do 1/3 debeline lesa. Tako izmerimo povprečno vlažnost lesa. Merimo vsaj 300–500 mm od čela deske.

Električni upor lesa ni odvisen zgolj od vlage lesa, ki jo merimo, ampak v manjši meri tudi od:

- temperature lesa,
- vrste (gostote) lesa in
- smeri lesnih vlaken.

Vlagomer je umerjen na sobno temperaturo (20 °C), zato moramo pri drugačnih temperaturah lesa to odčitavanje korigirati, tako da s posebnim gumbom nastavimo železno temperaturo.

Vrsto lesa lahko upoštevamo na ta način, da odčitano vrednost na vlagomeru korigiramo s pomočjo preglednice glede na vrsto lesa. Običajno so vse vrste lesa razdeljene v štiri skupine, tako da lahko nastavimo gumb na tisto skupino lesa, v kateri je les, ki mu merimo vlažnost.

Smer lesnih vlaken upoštevamo tako, da elektrode zabijemo prečno glede na lesna vlakna – električni tok mora steči prečno na smer vlaken.

Dober vlagomer omogoča uporabo različnih elektrod. Običajne elektrode so v obliki žebnja ali igle, ki jih z obteženim držalom zabijemo v les.

Uporabljamo lahko tudi izolirane elektrode, ki merijo vlažnost samo na svoji konici. Z njimi izmerimo vlažnost lesa samo na globini, do katere so zabite.

Kontaktni ali kapacitivni električni vlagomer

S kontaktnim električnim vlagomerom merimo dielektrične lastnosti lesa (poglavje 4.2.7).

Deluje na osnovi medsebojne odvisnosti dielektričnosti lesa in vlažnosti lesa. Vlažnost lesa prikaže na zaslonu. Vlagomer ima kontaktne (ploščate) elektrodi, ki jih pri merjenju pritisnemo na površino lesa. Primerni so za hitro merjenje, pri čemer ne poškodujejo površine lesa.



Slika 72: Kontaktni (kapacitivni) vlagomer (6.: 25)

4.2.3 Gostota lesa

Gostota lesa (ρ) je razmerje mase lesa (m) njegove prostornine (V).

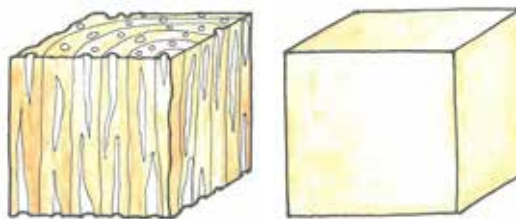
$$\rho_u \left(\text{kg/m}^3 \right) = \frac{m_u}{V_u}$$

ρ_u (kg/m³)....gostota lesa pri določeni vlažnosti
 m_u (kg).....masa lesa pri določeni vlažnosti
 V_u (m³).....prostornina lesa pri določeni
 vlažnosti

Pri lesu je masa in prostornina odvisna od vlažnosti lesa, zato gostoto vedno navajamo pri določeni vlažnosti lesa (u). Na primer ρ_8 pove, da je gostota pri vlažnosti lesa 8 %; ρ_o pa gostoto absolutno suhega lesa. Poudarimo – gostota iste vrste lesa je odvisna od količine vode v celičnih prostorih (vlažnosti lesa). V nadaljevanju bomo za gostoto navajali enoto v kg/m³, kar je skladno z veljavnim sistemom (SI) merskih enot. Velikokrat se uporablja tudi manjša enota v g/cm³. Na primer: gostota lesa je 500 kg/m³ ali 0,5 g/cm³.

Gostota čiste lesne snovi

Ugotovljena je tudi gostota samo celičnih sten brez praznih prostorov oziroma gostota čiste lesne snovi, ki je za vse drevesne vrste enaka in znaša 1500 kg/m³.



a) gostota lesa

b) gostota čiste lesne snovi

Slika 73: Gostota (Z. S.)

Vpliv gostote na lastnosti lesa

Gostota vpliva na lastnosti lesa. Les z večjo gostoto ima:

- bolj fino teksturo (drobnejše pore),
- večjo maso,
- večjo trdoto in običajno tudi trdnost,
- praviloma večje krčenje in nabrekanje,
- težje in počasnejše sušenje,
- večjo trajnost lesa.

Obdelava gostejšega lesa je zahtevnejša. Potrebna je večja obdelovalna sila, orodje hitreje otopi. Gostota lesa je odvisna od rasti pogojev, položaja v deblu ... zato je pri isti drevesni vrsti lahko precej variabilen podatek.

4.2.3.1 Poroznost

Gostota lesa vpliva na poroznost (luknjičavost) lesa. Poroznost tvorijo celični lumni, medcelični prostori in prostori v celični steni. (V ožjem smislu je pora drobna luknjica – lumen traheje je viden s prostim očesom). Pri evropskih vrstah lesa je odstotek poroznosti 55–75 %, kar pomeni, da je prostornina praznih prostorov večja od prostornine čiste lesne snovi. Drevesne vrste z nižjo gostoto imajo večjo poroznost ali

odstotek prostornine por (smreka ~ 72 %) kot vrste z višjo gostoto (hrast ~ 56 %).

Poroznost lahko ugotovimo tako, da najprej izračunamo prostornino celičnih sten (V_c) in nato prostornino por (V_{por}).

Enačbi za prostornino celičnih sten in prostornino por:

$$V_{c.s.}(\%) = \frac{\rho_o}{1500} \cdot 100 \qquad V_{por}(\%) = 100 - V_{c.s.}$$

$V_{c.s.}(\%)$ odstotek prostornine celičnih sten

$V_{por}(\%)$ odstotek prostornine por

ρ_o (kg/m³) gostota absolutno suhega lesa

1500 kg/m³ gostota čiste lesne snovi

V poglavju 4.1.1 smo glede na premer trahej oziroma por opredelili les z grobo, srednjo in fino teksturo. Pore so lahko v braniki krožno razporejene (venčasto porozne vrste) ali raztresene (raztreseno porozne vrste).

4.2.3.2 Gostota vrst lesa

Gostota evropskih vrst pri vlažnosti lesa 12 % niha med 390 do 900 kg/m³.

Nekatere tropske vrste imajo gostoto prek 1000 kg/m³ in ne plavajo na vodi. Gvajak je najgostejši les z $\rho_{12} \approx 1230$ kg/m³, za najlažji les pa velja balza z $\rho_{12} = 70\text{--}260$ kg/m³.

V preglednici 8 navajamo gostoto absolutno suhega lesa (ρ_o) in zračno suhega lesa (ρ_{12-15}). Zaradi variabilnosti gostote navajajo najmanjšo, srednjo in največjo vrednost. Vrste lesa so razdeljene v naslednje skupine gostot: izjemno nizka, nizka, srednja, visoka, zelo visoka in izjemno visoka (po kriterijih Torelli 1989). Uvrstitev je glede na srednjo vrednost gostote pri vlažnosti lesa 12–15 %, ki jo tudi običajno uporabljamo pri izračunih in primerjavah.

Preglednica 8: Gostota vrst lesa

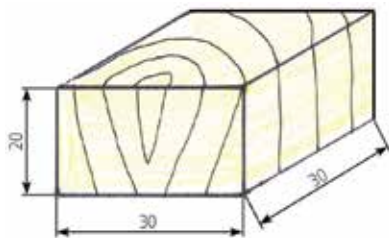
Skupine gostot (kg/m ³)	Vrsta lesa	Gostota lesa (kg/m ³)	
		absolutno suh (ρ_0)	vlažnost ($\rho_{12,15}$)
izjemno nizka < 300	balza	50–130	70–260
nizka 300–450	vrba	270–330–380	290–350–420
	topol	370–410–520	410–450–560
	jelka	320–410–710	350–450–750
	smreka	300–430–640	330–470–680
srednja 460–650	bor, rdeči	300–490–860	330–510–890
	lipa	320–490–560	350–530–600
	jelša	450–510–600	490–550–640
	macesen	400–550–820	440–590–850
	kostanj, pravi	530–590	590–620–660
	češnja	490–590–670	600–630–690
	javor	480–590–750	530–630–790
	breza	460–610–800	510–650–830
visoka 660–800	brest	440–640–820	480–680–850
	oreh	450–640–750	570–680–810
	jesen	410–650–820	450–690–860
	hrast	390–650–930	430–690–960
	bukev	490–680–880	540–720–910
	hruška	650–700–760	690–740–800
zelo visoka 810–1000	gaber, beli	500–790–820	540–830–860
izjemno visoka > 1000	azobe	900–1020–1100	970–1120–1150
	greenhart	950–1040–1140	1000–1080–1150
	gvajak	950–1200–1300	970–1230–1310

4.2.3.3 Ugotavljanje gostote

Gostoto ugotavljamo z manjšim vzorcem lesa, ki ga stehamo in dobimo maso. Volumen lahko izračunamo iz dimenzij vzorca, v laboratoriju pa se običajno ugotovi s potapljanjem v tekočino. Izmerimo vlažnost lesa in izračunamo gostoto pri tej vlažnosti lesa ρ_u (kg/m³).

Primer:

Vzorec vlažnosti 10 % tehta 98,5 g, dimenzije pa so podane na sliki 74. Kolikšna je gostota lesa?



Slika 74: Vzorec – primer (Z. S.)

$$V_{10} = 3 \text{ cm} \cdot 3 \text{ cm} \cdot 2 \text{ cm} = 18 \text{ cm}^3$$

$$\rho_{10} = \frac{m_{10}}{V_{10}} = \frac{98,5 \text{ g}}{18 \text{ cm}^3} = 5,47 \text{ g/cm}^3 = 547 \text{ kg/m}^3$$

Za ugotavljanje gostote absolutno suhega lesa moramo vzorec posušiti na absolutno suho stanje.

Gostota vlažnega lesa na osnovi gostote absolutno suhega lesa.

Izračunamo jo po odstotnem računu in se glasi:

$$\rho_u (\%) = \rho_o + \frac{\rho_o \cdot u}{100}$$

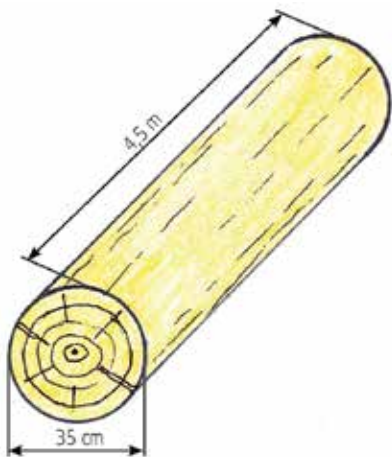
ρ_u (kg/m³)..... gostota vlažnega lesa

ρ_o (kg/m³)..... gostota absolutno suhega lesa

u (%)..... odstotek vlažnosti lesa

Primer 1:

Smrekov hlod ima premer 35 cm in dolžino 4,5 m, vlažnost pa 20 %. Kolikšni sta gostota, masa lesa, prostornina celičnih sten in prostornina por pri tej vlažnosti?



Slika 75: Hlod – primer (Z. S.)

Gostota absolutno suhega lesa smreke je iz preglednice 8: $\rho_o = 430 \text{ kg/m}^3$. Upoštevamo srednjo vrednost!

Gostota lesa pri vlažnosti 20 %:

$$\rho_{20} = \rho_o + \frac{\rho_o \cdot u}{100} = 430 \text{ kg/m}^3 + \frac{430 \text{ kg/m}^3 \cdot 20\%}{100\%} = 430 \text{ kg/m}^3 + 86 \text{ kg/m}^3 = 516 \text{ kg/m}^3$$

(1 m³ smreke vsebuje pri tej vlažnosti 86 kg vode.)

$d = 0,35 \text{ m}$ (premer hloda)

$l = 4,5 \text{ m}$ (dolžina)

Prostornina hloda (valja):

$$V = \frac{\pi \cdot d^2}{4} l = \frac{3,14 \cdot (0,35 \text{ m})^2}{4} 4,5 \text{ m} = 0,433 \text{ m}^3$$

Masa hloda:

$$\rho_{20} = \frac{m_{20}}{V_{20}} \rightarrow m_{20} = \rho_{20} \cdot V_{20} = 516 \text{ kg/m}^3 \cdot 0,433 \text{ m}^3 = 223,5 \text{ kg}$$

Prostornina celičnih sten in prostornina por smrekovine:

$$V_{c.s.} = \frac{\rho_o}{1500} \cdot 100 = \frac{430 \text{ kg/m}^3}{1500 \text{ kg/m}^3} \cdot 100\% = 28,7\%$$

$$V_{por} (\%) = 100 - V_{c.s} = 100\% - 28,7\% = 71,3\%$$

Primer 2:

Koliko kubikov žaganega lesa hrasta lahko pelje tovornjak z nosilnostjo 10 ton?

Les je posušen na vlažnost 10 %.

Odčitamo gostoto absolutno suhega lesa hrasta iz preglednice: $\rho_o = 650 \text{ kg/m}^3$

$$\rho_{10} = \rho_o + \frac{\rho_o \cdot u}{100} = 650 \text{ kg/m}^3 + \frac{650 \text{ kg/m}^3 \cdot 10\%}{100\%} = 715 \text{ kg/m}^3$$

$$\rho_{10} = \frac{m_{10}}{V_{10}} \rightarrow V_{10} = \frac{m_{10}}{\rho_{10}} = \frac{10000 \text{ kg}}{715 \text{ kg/m}^3} = 14 \text{ m}^3 \rightarrow \text{lesa hrasta sprejme tovornjak!}$$

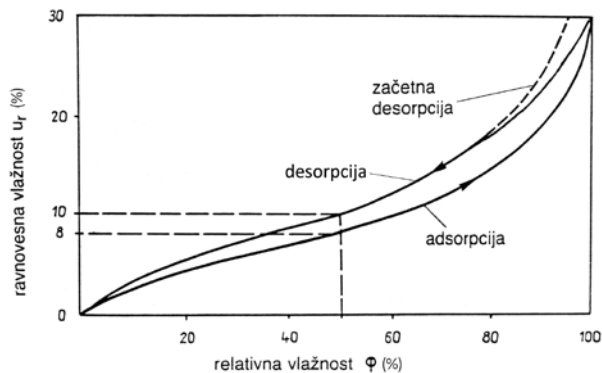
Namesto gostote lahko uporabljamo tudi specifično težo (N/m³), ki je teža na enoto prostornine. Na primer, les gostote 600 kg/m³ ima specifično težo 6000 N/m³. (To pomeni, da 1 m³ lesa tehta 6000 N, njegova masa pa je 600 kg.)

4.2.4 Higroskopnost

Les je za razliko od kovin, umetnih mas, kamna ... higroskopen, kar pomeni, da vpija vlago iz zraka (se navlaži) ali oddaja vlago zraku (se osuši), ko so zato ustrezni klimatski pogoji. Les je higroskopen pod točko nasičenja sten.

Vlažnost lesa se spreminja v odvisnosti od temperature in vlažnosti okolnega zraka (klime zraka). Les je higroskopen zaradi fine poroznosti celične stene (velike notranje površine), ki nastane, ko les izgubi prosto vodo, to pa je pod točko nasičenosti celičnih sten (30 %). Pod točko sušenje (desorpcijo) spremlja krčenje lesa (zmanjšanje dimenzij), pri sprejemanju vlage (adsorpciji) pa les nabreka (povečuje dimenzije). Za krčenje in nabrekanje uporabljamo tudi pojem delovanje lesa.

Na sliki 76 je prikazano sušenje in navlaženje lesa v odvisnosti od relativne vlažnosti zraka pri konstantni temperaturi. Posebnost lesa je, da so ravnovesne vlažnosti pri sušenju (desorpciji) vselej višje od ravnovesnih vlažnosti, doseženih pri vlaženju lesa (adsorpciji), vendar pa tvorijo zaključeno zanko. Ta pojav imenujemo histereza. Zaradi histereze je pravilno, da les posušimo na nižjo vlažnost, saj bo manj nabrekli pri morebitni navlažitvi, kot se bo skrčil, če je bil posušen na višjo vlažnost.



Slika 76: Sorpcijski izotermi – prikazeta histerezo lesa (8.: 38)

4.2.4.1 Klima zraka

Zrak v naravi vedno vsebuje določeno količino vodnih par. Sposobnost zraka za sprejemanje vodne pare je odvisna od njegove temperature in relativne vlažnosti (klime).

Temperatura zraka (T) je toplotno stanje zraka. Merimo jo s termometri, v stopinjah Kelvina (K) ali Celzija ($^{\circ}\text{C}$). Pri višji temperaturi zrak lahko sprejme več vodnih hlapov in pri sušenju vlaga hitreje izhaja iz lesa.

Relativna zračna vlažnost (φ) opredeli vlažnost zraka. Če je 100 %, je zrak nasičen. Relativna vlažnost, manjša od 100 %, pomeni, da zrak ni nasičen in lahko sprejema vlago. Relativna vlažnost zraka je odvisna od temperature. Če mu zvišamo temperaturo, se njegova relativna vlažnost zmanjša, zrak je bolj suh. Če pa znižamo temperaturo, se relativna vlažnost zviša, zrak je bolj vlažen. Pri nadaljnjem ohlajanju zrak postane nasičen, odvečni vodni hlapi pa se kondenzirajo (na primer pojav jutranje rose ali orositev okenske šipe).

Merilnik relativne vlažnosti zraka je **higrometer**. Sodobni elektronski vlagomeri zraka merijo tudi temperaturo.

Podrobnejši opis lastnosti zraka je v poglavju 13.1.



Slika 77: Termohigrometer (6.: 26)

4.2.4.2 Ravnovesna lesna vlažnost

Les torej lahko z adsorpcijsko silo privlači vodne hlapce iz zraka – se vlaži. Če pa so sile srkanja zraka večje, potem les vlago oddaja – se suši. Pri izenačenih silah pa nastopi higroskopsko ravnovesje, kar pomeni, da les iz okolice vlage ne sprejema in je ne oddaja. Vlažnost lesa pri higroskopskem ravnovesju ima zaradi izredne

pomembnosti svoje ime, in sicer **ravnovesna (ravnotežna) vlažnost lesa**.

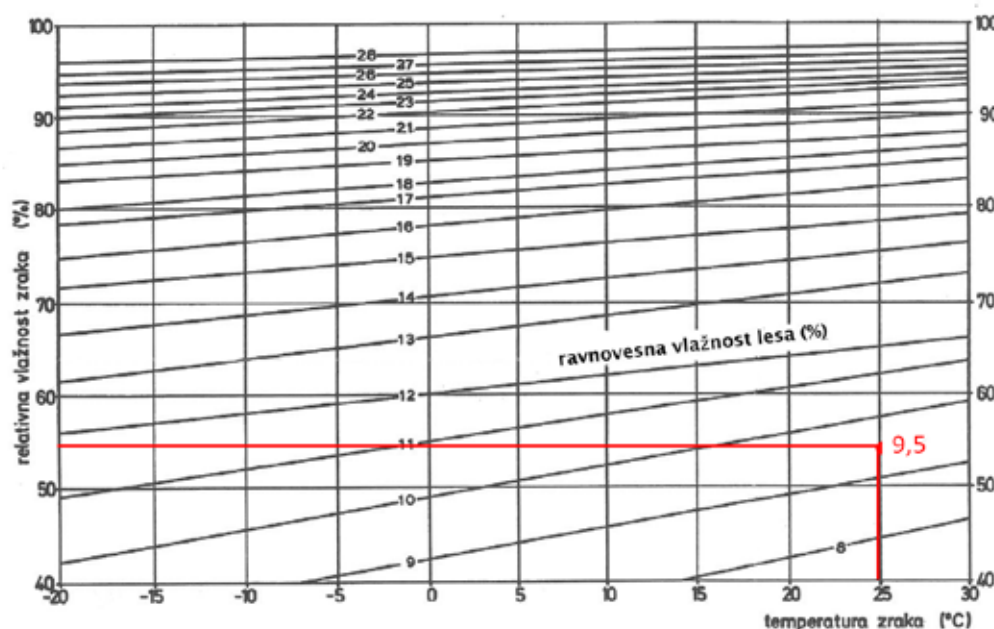
V naslednji preglednici bomo navedli podatke za naše klimatske razmere (srednjeevropsko klimo), kjer je povprečna ravnovesna vlažnost oziroma vlažnost, ki jo morajo imeti lesni izdelki naslednja:

Preglednica 9: Ravnovesna (končna) vlažnost lesa na mestu uporabe

Izdelek	Ravnovesna vlažnost (%)
- gradbeni les	16–20
- vrtno pohištvo	13–16
- okna in zunanja vrata	12–15
- pohištvo, notranja vrata:	
a) v prostorih z odprtimi pečmi	8–12
b) v prostorih s centralno kurjavo	6–9
- parket, ohišja za radio, glasbeni instrumenti	6–8
- furnir za vezane, lamelirane plošče	5–7
- moziki	3–5

Ravnovesno vlažnost ugotovimo tako, da izmerimo temperaturo in relativno vlažnost zraka, lesno ravnovesno vlažnost pa odčitamo iz psihrometrskega diagrama ali preglednice.

Ravnovesna lesna vlažnost se spremeni, če se spremenita relativna vlažnost ali temperatura zraka.



Slika 78: Loughborough - Kelywerthov psihrometrski diagram (4.: 68)

Primer:

Temperatura zraka je 25 °C, relativna vlažnost pa 54 %. Kolikšna je ravnovesna vlažnost lesa?

Na psihrometrskem diagramu (slika 78) poiščemo presečišče obeh vrednosti za zrak in odčitamo ustrezno ravnovesno vlažnost lesa, ki je 9,5 %. Primer je označen na diagramu slika 78 (glejte sliko

298, 299 in preglednico 40.

Les z ravnovesno vlažnostjo ne bo vpiljal ali oddajal vlage zraku in ne bo spreminjal dimenzij, zato mora pri uporabi imeti le-to vlažnost, ki jo označimo tudi kot končno vlažnost lesa. Les posušimo na ravnovesno vlažnost, ki najbolj ustreza klimi zraka, v kateri se bo nahajal.

4.2.4.3 Les v okolju (klimi)

Vlažnost lesa se hitro spremeni, če se spremeni klima zraka. Les namreč prilagodi svojo vlažnost vlažnosti in temperaturi zraka. Sprememba vlažnosti lesa pod TNCS pa povzroča tudi krčenje in nabrekanje lesa, to je delovanje lesa, kar je vzrok za večino napak in za razne težave pri izdelavi lesnih izdelkov. Furnir na primer v nekaj minutah prilagodi svojo vlago klimi zraka, za debelejši les pa to traja več dni, lahko tudi tednov. Les se hitreje navlaži, kot pa posuši.

Naslednja risba ponazarja "obnašanje" lesa v različnih klimatskih pogojih.



Slika 79: Les v različnih klimah zraka (S. K.)

Risbo ponazorimo še z naslednjimi podatki:

- Povprečna temperatura zraka 18 °C in relativna vlažnost 64 % (povprečni pogoji za stavbno pohištvo). Na psihrometrskem diagramu (slika 78) poiščemo ustrezno ravnovesno vlažnost lesa, ki je 12 %. V primeru, da je trenutna vlažnost lesa 17 %, bi se le-ta osušil (oddajal vlago) za 5 %.
- Povprečna temperatura zraka je 20 °C in relativna vlažnost 50 %, ustrezna ravnovesna vlažnost lesa pa je 9 % (odčitano iz diagrama na sliki 78). Les ima vlažnost 9 %, kar pomeni, da ne sprejema in ne oddaja vlage – miruje.
- Povprečna temperatura zraka 24 °C – relativna vlažnost je 75 %. Ustrezna ravnovesna vlažnost lesa je 14 % (odčitano iz diagrama na sliki 78). Izmerjena vlažnost lesa je 10 %. Les bo sprejemal vlago iz zraka in se navlažil za 4 %.

Na prostem, lahko tudi v stanovanjih, imamo večje spremembe vlažnosti in temperature zraka, kar povzroči delovanje lesa. Pojavijo se napake izdelkov, kar bomo spoznali v nadaljevanju.

4.2.5 Krčenje in nabrekanje

Krčenje in nabrekanje je posledica sušenja in vlaženja lesa pod točko nasičenosti celičnih sten (30 %).

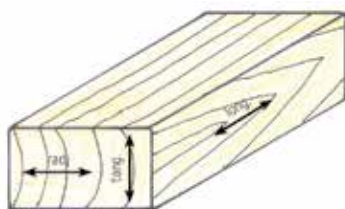
- Krčenje povzroči zmanjšanje dimenzij lesa zaradi oddajanja vezane vode iz celičnih sten.
- Nabrekanje povzroči povečanje dimenzij lesa zaradi vpijanja vode v steno.
- Delovanje lesa opiše krčenje ali nabrekanje.

Med velikostjo krčenja in nabrekanja lesa je zanemarljiva razlika. Obravnavali bomo predvsem

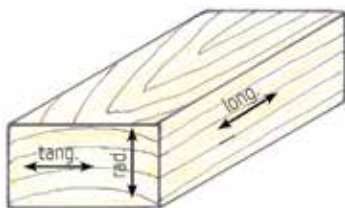
krčenje, vendar vsa vsebina velja tudi pri nabrekanju.

Krčenje v anatomskih smereh je različno:

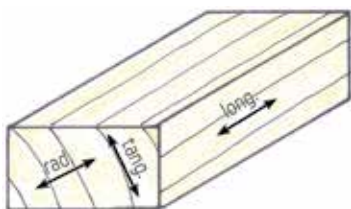
- Osno (v vzdolžni ali longitudinalni smeri debla) je najmanjše ~ 0,1–0,3 %.
- Prečno (v prečni smeri na os debla) je lahko:
 - radialno (v smeri radija ali trakov), ki je približno ~ 5 % in
 - tangencialno (v smeri tangente na letnice), ki pa je največje in znaša ~ 10 %.



a) bleščica (sredica)



b) bočnica



c) polbleščica

long. – krčenje v vzdolžni smeri

rad. – krčenje v radialni smeri

tang. – krčenje v tangencialni smeri

Slika 80: Smeri krčenja pri žagarskih sortimentih (Z. S.)

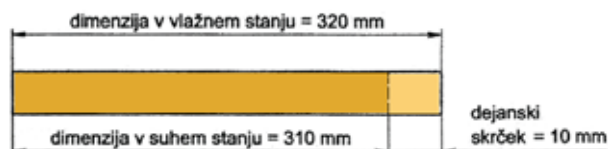
Delovanje lesa je lastnost, ki lahko povzroča nastanek številnih napak. Delovanje moramo upoštevati pri izbiri lesa za določen izdelek, skladiščenju, transportu, sušenju lesa, pri konstruiranju, izdelavi in uporabi izdelkov.

Uveden je tudi pojem dimenzijska stabilnost lesa, ki ima pomen pri končnih izdelkih.

Ponazori spremembe dimenzij in oblik zaradi spremembe klime okolnega zraka. Temelji na več kazalnikih: velikosti krčenja ali nabrekanja, razliki med tangencialnim in radialnim krčenjem, sorpciji lesa.

4.2.5.1 Skrčki

Dejanski skrček (mm) nam pove, za koliko se je zmanjšala dimenzija (debelina, širina, dolžina kosa) zaradi osušitve. Dejanski (absolutni) skrček izmerimo.



Slika 81: Prikaz dejanskega skrčka (S. K.)

Odstotek krčenja

Odstotek krčenja β (%) prikaže maksimalno krčenje lesa pri padcu vlažnosti od točke nasičenosti do absolutno suhega lesa (30–0 %). Ugotovimo ga z enakim vzorcem kot za določanje gostote lesa (slika 74), lahko ima večjo dolžino. Izmerimo dimenzije vzorca pri vlažnosti nad točko nasičenja celičnih sten in dimenzije po osušitvi na absolutno suhost. Dimenzije (dolžina, širina, višina) vzorca merimo v vzdolžni, radialni in tangencialni smeri in izračunamo njihov odstotek krčenja:

$$\beta(\%) = \frac{Dim_{vl} - Dim_o}{Dim_{vl}} 100$$

β (%) odstotek krčenja

Dim_{vl} (mm) ... dimenzija svežega lesa

Dim_o (mm) ... dimenzija absolutno suhega lesa

V naslednji preglednici (10) so podani odstotki krčenja (maksimalni) za važnejše vrste lesa.

Veljajo za osušitev od vlažnosti 30–0 %). Podano je tudi volumensko (prostorninsko) krčenje, kjer ugotovimo volumen svežega in absolutno suhega lesa in izračunamo odstotek krčenja kot pri posamezni dimenziji.

Natančnejši viri navajajo minimalni in maksimalni odstotek krčenja, za prakso pa zadošča srednja vrednost, ki je podana v preglednici 10.

Preglednica 10: Odstotki krčenja

Vrsta lesa	Krčenje od 30 na 0 % vlažnosti			
	osno β_l	radialno β_r	tangencialno β_t	volumensko β_v
	(%)	(%)	(%)	(%)
bor	0,4	4,0	7,7	12,4
jelka	0,1	3,8	7,6	11,7
macesen	0,3	3,3	7,8	11,8
smreka	0,3	3,6	7,4	12,0
brest	0,3	4,6	8,3	13,8
breza	0,6	5,3	7,8	14,2
gaber, beli	0,5	6,8	11,5	19,7
bukev	0,3	5,8	11,8	17,5
hrast	0,4	4,9	9,4	14,1
hruška	0,4	~ 4,6	~ 9,1	~ 14,4
javor	0,5	3,0	8,0	11,8
jelša	0,4	4,3	9,3	13,6
jesen	0,2	5,0	8,0	13,6
kostanj, pravi	0,6	4,3	6,4	11,6
lipa	0,3	5,5	9,1	14,4
oreh	0,5	5,4	7,5	13,9
vrba	0,5	3,9	6,8	11,5
topol	0,3	5,2	8,3	14,3
abahi (samba)	0,2	3,2	5,6	9,5
balza	-	3,0	3,7	7,3
gvajak	0,1	5,6	9,3	15,0
mahagoni, pravi	0,3	3,2	5,1	11,0
okume	0,2	43,8	5,7	11,0
tik	0,6	2,9	5,2	9,4

Diferencialni skrček q (%/%) je kvocient odstotka krčenja z območjem vlažnosti osušitve (30 %). Pove, za koliko se spremeni dimenzija, če se spremeni vlažnost lesa za 1 %.

$$q(\%/ \%) = \frac{\beta}{30}$$

Na primer jelša ima tangencialno krčenje 9,3 %, diferencialni skrček je:

$$q_t = \frac{\beta_t \%}{30\%} = \frac{9,3\%}{30\%} = 0,31(\%/ \%)$$

V nekaterih preglednicah je lahko naveden diferencialni skrček q (%/%), namesto odstotka krčenja β (%).

4.2.5.2 Izračun dejanskega skrčka

Dejanski skrček nam pove, za koliko se les skrči v mm. Izračunamo ga s pomočjo odstotka krčenja. Krčenje v osni smeri je neznatno, zato ga lahko zanemarimo, predvsem pri krajših obdelovancih.

Delni odstotek krčenja

Odstotek krčenja od 30 % do končne (želene) vlažnosti lesa imenujemo delni (parcialni) odstotek krčenja $\beta_{\Delta u}$, ki ga izračunamo:

$$\beta_{\Delta u}(\%) = \frac{\beta \cdot \Delta u}{30} = q \cdot \Delta u$$

$\beta_{\Delta u}(\%)$ delni odstotek krčenja

$\beta(\%)$ odstotek krčenja

$q(\%/ \%)$ diferencialni skrček

$\Delta u(\%)$ razlika vlažnosti:

$\Delta u(\%) = 30 - u_k$, če je začetna vlažnost lesa (u_z) večja od točke nasičenosti (30 %)

$\Delta u(\%) = u_z - u_k$, če je začetna vlažnost (u_z) manjša od točke nasičenosti

$u_z(\%)$ začetna vlažnost lesa

$u_k(\%)$ končna vlažnost lesa

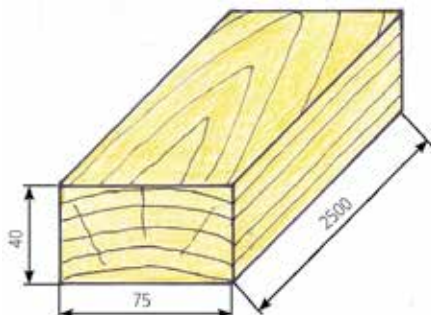
Dejanski skrček:

$$\text{SKRČEK (mm)} = \frac{\text{DIMENZIJA}^* \cdot \beta_{\Delta u}}{100}$$

* dolžina, širina, debelina v mm

Primer 1:

1. Bukova gredica z bočno strukturo (slika 82) širine 75 mm, debeline 40 mm in dolžine 2,5 m ima vlažnost 40 %. Posušimo jo na 10 % vlažnost. Izračunajmo skrčke in dimenzije gredice po osušitvi.



Slika 82: Bukova gredica – primer 1 (Z. S.)

Iz preglednice 10 odčitamo odstotke krčenja: $\beta_l = 0,3 \%$, $\beta_r = 5,8 \%$, $\beta_t = 11,8 \%$.

Razlika vlažnosti:

Razlika vlažnosti:

$$\Delta u = 30 - u_k = 30 - 10\% = 20\%$$

• Dejanski odstotek krčenja po dolžini deske:

$$\beta_{\Delta u l} = \frac{\beta_l \cdot \Delta u}{30} = \frac{0,3\% \cdot 20\%}{30\%} = 0,2\%$$

$$\text{SKRČEK (mm)} = \frac{\text{DIMENZIJA} \cdot \beta_{\Delta u l}}{100} = \frac{2500 \text{ mm} \cdot 0,2\%}{100\%} = 5 \text{ mm}$$

Dolžina gredice = 2500 mm – 5 mm = 2595 mm.

• Gredica z bočno strukturo se po širini krči v tangencialni smeri (smer letnic):

$$\beta_{\Delta u t} = \frac{\beta_t \cdot \Delta u}{30} = \frac{11,8\% \cdot 20\%}{30\%} = 7,87\%$$

$$\text{SKRČEK} = \frac{75 \text{ mm} \cdot 7,87\%}{100\%} = 5,9 \approx 6 \text{ mm}$$

Širina gredice = 75 mm – 6 mm = 69 mm.

• Po debelini gredice pa računamo radialno krčenje (smer trakov):

$$\beta_{\Delta u r} = \frac{\beta_r \cdot \Delta u}{30} = \frac{5,8\% \cdot 20\%}{30\%} = 3,87\%$$

$$\text{SKRČEK} = \frac{40 \text{ mm} \cdot 3,87\%}{100\%} \approx 1,5 \text{ mm}$$

Debelina gredice = 40 mm – 1,5 mm = 38,5 mm.

Primer 2:

Na žagi je kupec prevzel 18 m³ smrekovih žaganic z vlažnostjo 40 %. Po skladiščenju in sušenju na zračno vlažnost 16 % je nastala izguba prostornine lesa. Zaradi sušenja izračunajmo kalo!

Iz preglednice 10 odčitamo volumenski skrček: $\beta_v = 12\%$.

$$\Delta u = 30\% - 16\% = 14\%$$

$$\beta_{\Delta u v} = \frac{\beta_v \cdot \Delta u}{30} = \frac{12\% \cdot 14\%}{30\%} = 5,6\%$$

$$\text{SKRČEK} = \frac{V_{40} \cdot \beta_{\Delta u v}}{100} = \frac{18 \text{ m}^3 \cdot 5,6\%}{100\%} = 1,0 \text{ m}^3$$

Izguba prostornine (kalo) je torej 1 m³ in kupec ima samo 17 m³ lesa. V poglavju 8.5.2 je podano, kako ugotavljamo prostornino svežega lesa, da ne pride do zapletov zaradi zmanjšanja prostornine lesa pri sušenju.

4.2.5.3 Nabrek

Pri navlažitvi lesa nastane nabrek, ki ga prištejemo dimenziji v suhem stanju. Nabrek lahko izračunamo enako kot skrček. Tak izračun ni povsem pravilen, ker pač upoštevamo odstotek skrčka (β). Upoštevati bi namreč morali odstotek nabreka (α), ki ga lahko najdemo v znanstveni literaturi. Iz odstotka skrčka lahko izračunamo odstotek nabreka po naslednji enačbi:

$$\alpha(\%) = \left(\frac{1}{1 - \frac{\beta}{100}} - 1 \right) \cdot 100$$

Primer 1:

Radialni odstotek krčenja oreha $\beta_r = 5,4\%$ – preglednica 10.

$$\alpha_r = \left(\frac{1}{1 - \frac{5,4\%}{100\%}} - 1 \right) \cdot 100\% = 5,7\%$$

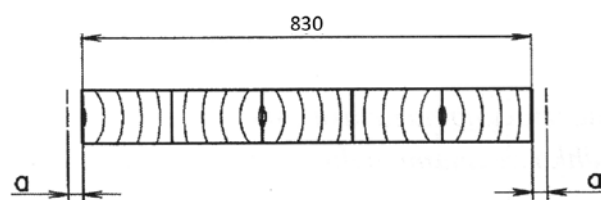
Med skrčkom in nabrekom je torej razlika zanemarljiva, posebej če imamo v vidu variabil-

nost lesa, zato bomo v naslednjem primeru izračunali nabrek z odstotkom skrčka (β).

Primer 2:

Mizna plošča iz širinsko zlepljenih lipovih sredic (elementi z radialno strukturo) je široka 830 mm. Pri izdelavi mize je imel les 8 % vlažnost. Miza se nahaja na terasi, kjer je povprečna temperatura 16 °C, relativna zračna vlažnost pa 65 %.

Izračunajmo širino in nabrek (a) na vsako stran plošče mize (slika 83). Nabrek bomo računali kot skrček.



Slika 83: Mizna plošča – primer 2 (10.: 37)

V navedeni klimi zraka se bo mizna plošča navlažila do ravnovesne (končne) vlažnosti lesa. Ravnovesno vlažnosti odčitamo iz slike 78: $u_r = 12\% = u_k$

Razlika vlažnosti:

$$\Delta u = u_k - u_z = 12\% - 8\% = 4\%$$

Plošča se po širini krči radialno. Iz preglednice 10 za lipo odčitamo: $\beta_r = 5,5\%$

$$\beta_{\Delta u r} = \frac{\beta_r \cdot \Delta u}{30} = \frac{5,5\% \cdot 4\%}{30\%} = 0,73\%$$

$$\text{NABREK} = \frac{\text{DIMENZIJA} \cdot \beta_{\Delta u r}}{100} = \frac{830 \text{ mm} \cdot 0,73\%}{100\%} = 6 \text{ mm}$$

$$\text{Širina plošče} = 830 \text{ mm} + 6 \text{ mm} = 836 \text{ mm}$$

$$a = \frac{\text{NABREK}}{2} = \frac{6 \text{ mm}}{2} = 3 \text{ mm}$$

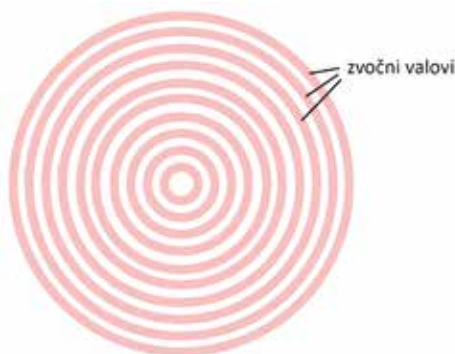
Sklep: mizna plošča mora biti na podnožje tako pritrjena (grebenasta letev, žabice), da omogoči njeno nabrekanje. Če mizo prenesemo v zaprt in ogrevan prostor, kjer je ravnovesna vlažnost 8 %, se bo skrčila na prvotno širino.

4.2.6 Akustične lastnosti lesa

Akustične (zvočne) lastnosti upoštevamo pri gradnji bivalnih lesenih objektov, dvorah, halah, oknih, vratih, podih, stopnicah ... Najbolj pridejo do izraza pri izdelavi glasbenih instrumentov. Pri vgradnji v glasbila les doseže najvišjo stopnjo vrednosti in oplemenitenja.

Les ima zaradi nehomogenosti, anizotropije in napak težje določljive akustične lastnosti.

Zvok nastane pri nihanju telesa, ki povzroči valovanje zraka, ki se razširi enakomerno na vse strani. Zvočni valovi pridejo do ušesa in povzročijo vsiljeno nihanje bobniča (sprejemnik zvoka) in slišimo zvok. Slišimo samo zvok, katerega valovi imajo frekvenco 12–20 000 Hz. Zvočni valovi se širijo tudi po tekočinah in trdnih telesih.



a) po zraku (okoljski zrak se na določenih mestih zgosti, na določenih pa razredči)



b) po trdnih snoveh (atomi, molekule trkajo drug ob drugega)

Slika 84: Širjenje zvoka (Z. S.)

Glasbene vilice držimo v roki in jih udarimo, da zanihajo, njihov zvok je komaj slišen, ko pa jih postavimo na mizo, zvok postane glasen in ga dobro slišimo. Zanihala je namreč tudi plošča mize, ki zvalovi večjo plast zraka kot vilice in zato nastane večja jakost zvoka. Tako je tudi pri glasbilih, hoji po lesenih tleh, stopnicah ...

4.2.6.1 Hitrost zvoka

Glede na trdna telesa se zvok po zraku prenaša počasi, les pa dobro prevaja zvok. Hitrost zvoka je odvisna od smeri lesnih vlaken, od gostote in vrste lesa, pravilnosti zgradbe, vlažnosti, elastičnosti.

Preglednica 11. Hitrost zvoka

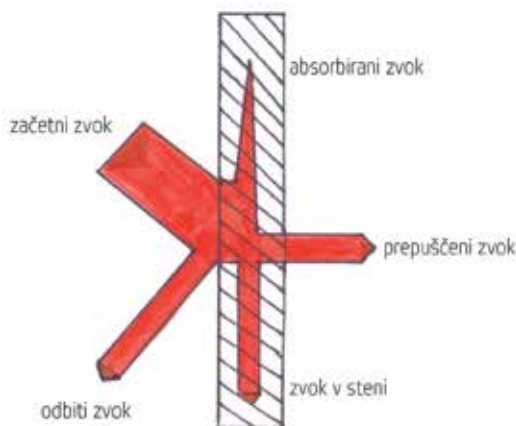
Material	Hitrost zvoka (m/s)
zrak	340
les – vzdolžna smer vlaken	3500–6000
les – prečna smer vlaken	1000–1500
voda	1550
jeklo	5000

Dobro prenašanje zvoka po lesu je za izdelavo glasbil odlična lastnost, za dušenje zvoka v gradbenih konstrukcijah pa slaba.

4.2.6.2 Dušenje zvoka

Dušenje zvoka oceni za koliko se zmanjša jakost zvoka, ki se širi skozi steno, strop ... iz enega v drugi prostor – ali drugače povedano dušenje zvoka je razlika v jakosti začetnega in prepuščenega zvoka.

Ko zvočni val zadane ob oviro, na primer steno, se en del zvoka odbije in vrača, drugi del pa gre v snov, kjer se absorbira (izgubi) ali prenaša dalje, tretji del pa se prepusti (prodre) skozi steno.



Slika 85: Širjenje zvoka skozi steno (Z. S.)

Les ima za zvok bolj slabe dušilne (izolacijske) lastnosti, zato je pravilna izvedba celotne konstrukcije, ki je odporna na hrup, zahtevna naloga. Potrebno je tudi uporabiti dodatne materiale za zvočno izolacijo sten in podov, tesnilne trakove pri stiku elementov in podobno.

Vpijanje (absorpcija) zvoka

V prostoru je zaželeno, da stene vpijejo čim več zvoka, ker del zvoka, ki se odbije, moti slišnost v prostoru. Porozne snovi vpijejo več zvoka kot snovi z zaprto površino. Les zadovoljivo vpija zvok, slišnost v prostoru, obloženim z lesom, je primerna.

(Če je razdalja več kot 17 m, slišimo odbiti zvok kot ponovljeni glas – odmev).

4.2.6.3 Resonančni les

Resonančni les je sinonim za les, ki se uporablja pri izdelavi glasbil. Drevesa z resonančnim lesom so redka, gozdarji tako drevo iščejo, že ko raste, tako da poslušajo zvok lesa drevesa, ki ga udarijo z železnim kladivom, ugotavljajo pa tudi smer zavivosti lesnih vlaken. Drevo (enako hlod) je lahko resonančno, če ob udarcu zazveni glasno, jasno in zvok traja določen čas.

Resonančni les je odločilen za zvok pri godalih, kjer so strune pritrjene na leseni pokrov. Ko po struni vlečemo lok, struna zaniha, z njo pa tudi leseni pokrov, ki zvalovi večjo plast zraka in tako

nastane večja jakost zvoka. Za zvočne deske (pokrove) godal (violina, violončelo in kontra-bas) in za resonančno dno klavirja se uporablja izključno smrekovina, ki raste v visokogorju. Znano je, da mora imeti enakomerno ozke (1–2 mm) branike z majhnim deležem kasnega lesa (25 %). Biti mora brez grč, smolnih žepov in drugih napak, vendar skrivnost lesa, ki daje odličen zven, ni povsem odkrita in raziskana. Zaželena je tudi smreka leščarka, ki ima valovite letnice na prečnem prerezu. Resonančna smreka praviloma raste na višjih planotah v Alpah, pri nas pa na Jelovici, Pokljuki, Solčavskem. Dno, obod godal je iz gorskega javorja (posebej javor rebraš), ki se veliko uporablja tudi za druge dele vseh glasbil.

Ime resonančni les izhaja iz pojma resonanca. Zvok glasbila je bolj glasen ter jase, ko imata (dobita) struna in pokrov enako frekvenco – sta v resonanci. Leseni pokrov zvok tudi absorbira, prevaja, prepušča, zato je pomembna gradnja celotnega glasbila. Akustične lastnosti (oddani zvok) glasbila so težje določljive in še ne povsem pojasnjene. Odvisne so od izdelovalca glasbila, njegovega talenta, znanja in občutka.



Slika 86: Violina goslarstva Demšar (X)

Glasbilo, ki ima ime po lesu, je ksilofon (gr. xy-lon, les). Ksilofon ustvarja zvok z udarjanjem po lesenih ploščicah različnih dolžin, ki zato nihajo in povzročijo valovanje zraka in močnejši zvok. Lesene ploščice so iz jesenovine, bukovine, tropskega lesa ...



Slika 87: Ksilofon (X)

Najboljši zvok godal je uspelo pričarati mojstrom glasbilarjem Stradivariju, Guarneriju in Amatiju iz italijanske Cremona (v letih 1650–1750). Iz njihovih violin prihaja prodorni in božanski zvok, ki ga ni preseglo nobeno pozneje izdelano godalo. Na njih so igrali in igrajo najslavnejši violinisti, vredne pa so več milijonov evrov.

4.2.7 Električne lastnosti lesa

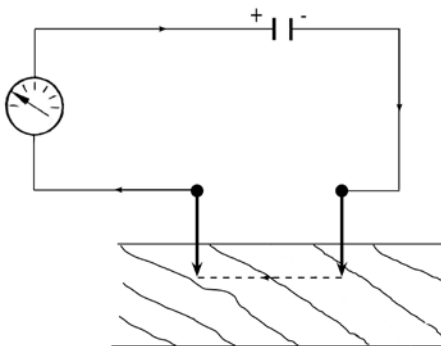
V začetku razvoja elektrotehnike se je les uporabljal tudi kot izolator električnega toka, za kar pa ni najbolj primeren material (higroskopsnost, nehomogenost, neodpornost na ogenj ...).

Električna prevodnost lesa

Popolnoma suh les ne prevaja električnega toka. Z vlažnostjo lesa prevodnost narašča do točke nasičenosti celičnih sten (30 %). Nadaljnje povečanje vlage lesa nima več vpliva na prevodnost.

Pri električni prevodnosti moramo vedeti:

- čim nižja je vlažnost lesa, tem manjša je prevodnost in obratno (velja do vlažnosti 30 %);
- v osni smeri lesa je prevodnost približno dvakrat večja kakor v pravokotni smeri;
- prevodnost je različna pri posameznih lesnih vrstah;
- prevodnost za električni tok je odvisna od temperature lesa.



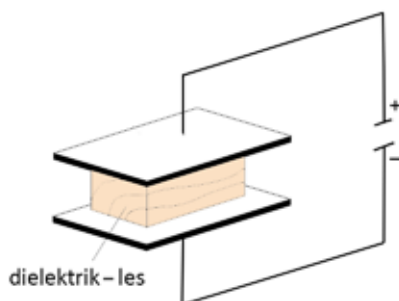
Slika 88: Električni tokokrog (S. K.)

Na osnovi električne prevodnosti oziroma električne upornosti lesa merimo njegovo vlažnost (poglavje 4.2.2.2).

Dielektrične lastnosti lesa

Dielektrik je izolirna snov, ki se nahaja med ploščama kondenzatorja. Če kondenzator priključimo na enosmerni tok, se napolni, ker je nastopila polarizacija. Ko izključimo napetost in plošči kratko spojimo, se izprazni v obliki iskre. V primeru, da je kondenzator priključen na izmenični tok, se kondenzator izmenično polni in prazni, dielektrik (les) pa se segreje. Pri visoki frekvenci električnega toka (običajno dovoljena 13,56 MHz) pa se močno segreva.

Vlažen les je dielektrik. V njegovi notranjosti nastane med ploščami kondenzatorja gibanje ionov – trenje – les se segreva od notranjosti proti površini (glejte še poglavje 13.12).



Slika 89: Princip dielektričnega segrevanja (8.: 182)

Dielektrično segrevanje lesa izkoriščamo pri visoko frekvenčnem sušenju in lepljenju ter tudi za merjenje vlažnosti lesa.

4.2.8 Toplotne lastnosti lesa

Toplotne (termične) lastnosti lesa pridejo do izraza pri delovanju zunanjih toplotnih vplivov.

Specifična toplota je toplota, ki segreje 1 kg neke snovi za 1 K (1 °C). Vsaka snov ima različno specifično toploto:

Preglednica 12: Specifična toplota snovi

Material	Specifična toplota (J/kgK)
absolutno suh les	1350
les pri vlažnosti 15 %	1700
les pri vlažnosti 30 %	1900
voda	4200
jeklo	450

Za segrevanje lesa torej porabimo precej več energije, kot na primer za segrevanje kovin. Pri sušenju v sušilnicah les najprej segrevamo na

predvideno temperaturo, za kar porabimo precej energije. Les segrevamo tudi v stiskalnicah pri vročem lepljenju in podobno.

Linearni temperaturni razteznostni koeficient (α)

Z rastočo temperaturo se snovi raztezajo, pri lesu je raztezek zaradi temperature (dilatacija) zelo majhen in ga ni potrebno upoštevati. Upoštevamo ga pri oceni obnašanja lesa v lesenih konstrukcijah pri požaru. V temperaturnem območju od -50 do +50 °C ima na primer smreka v smeri vlaken linearni temperaturni razteznostni koeficient (α) $3,1 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1}$, prečno na vlakna pa $32 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1}$.

4.2.8.1 Toplotna prevodnost

S toplotno prevodnostjo λ (W/mK) merimo prevodnost trdne snovi. Toplotna prevodnost je toplotni tok, ki se prevede skozi snov ploskve 1 m² in debeline 1 m pri temperaturni razliki 1 stopinje kelvina (Celzija).

Preglednica 13: Toplotne prevodnosti snovi

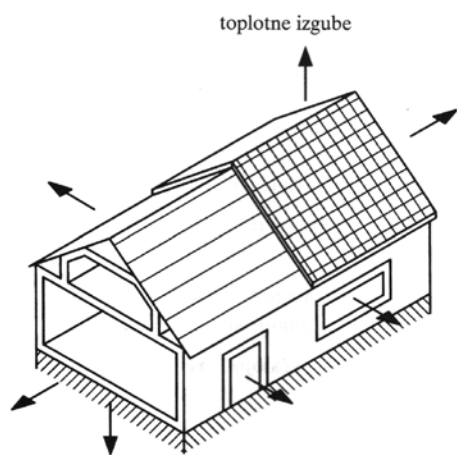
Skupina	Snov	Gostota ρ (kg/m ³)	Toplotna prevodnost λ (W/mK)
Les	bor, smreka (v osni smeri)	~ 520	~ 0,38
	bor, smreka (prečno na os)	~ 520	~ 0,14
	hrast, bukev (v osni smeri)	~ 700	~ 0,38
	hrast, bukev (prečno na os)	~ 700	~ 0,20
Tvoriva	iverne plošče	650	0,13
	trde vlaknene plošče	900	0,17
	vezane plošče	550	0,15
Izolacije	plošče iz lesne volne	~ 400	0,10
	plošče iz lesnih vlaken	~ 180	0,039–0,045
	mineralna, steklena volna	150–300	0,041
	stiropor, fenolne plošče	15–60	0,041
	poliuretanske plošče	30–40	0,035
Steklo	steklo	2500	0,81
Kovine	jeklo	7850	58,5
	baker	9000	380,0

Kovine imajo zelo dobro toplotno prevodnost ($\lambda = 10 - 400 \text{ W/mK}$). Slabi prevodniki so toplotni izolatorji ($\lambda \leq 0,1 \text{ W/mK}$). Običajno dobri prevodniki toplote tudi dobro prevajajo elektriko in obratno; slabi prevodniki toplote so torej tudi električni izolatorji. Mirujoč zrak je izolator, posebno če je v več plasteh. Toplotna prevodnost je odvisna tudi od gostote snovi, pri lesu pa tudi od smeri vlaken.

4.2.8.2 Prehod toplote

Toplotna prevodnost pove samo prevajanje toplote v trdni snovi, za ugotovitev toplotnih izgub pri konstrukciji pa je pomemben prehod toplote skozi stene, strop, tla, okna, streho ...

Prehod toplote narekuje toplotno zaščito vseh stavb in objektov ter drugih nosilcev toplote.



Slika 90: Toplotne izgube (prehod toplote) (10.: 233)

Prehod toplote skozi snov nam pove toplotna prehodnost (k) v $\text{W/m}^2\text{K}$. Toplotna prehodnost je bila najprej označena kot koeficient toplotne prehodnosti. Tako jo skrajšano označimo kot k -vrednost.

Prehod toplote skozi steno izračunamo s toplotno močjo (tokom).

$$P = S \cdot k \cdot (T_2 - T_1) \quad \text{in} \quad P = \frac{Q}{t}$$

P (W, J/s)..... toplotna moč ali toplotni tok

S (m^2)..... ploščina stene, skozi katero se prevaja toplota

k ($\text{W/m}^2\text{K}$)..... toplotna prehodnost (k -vrednost)

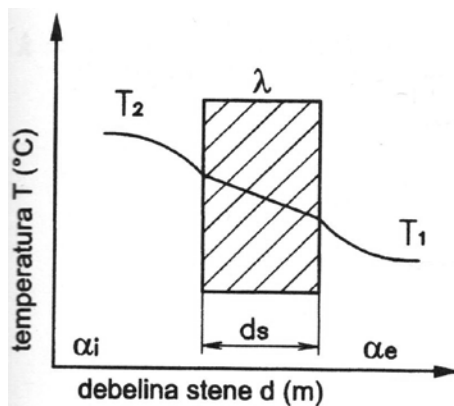
$T_2 - T_1$ (K, $^{\circ}\text{C}$).. temperaturna razlika

Q (J)..... toplota

t (s)..... čas

Prehod toplote je sestavljen iz:

- prestopa toplote notranjega zraka v prostoru na notranjo steno prostora,
- prevoda toplote skozi steno (trdno snov) in
- prestopa toplote z zunanje stene v zunanji zrak.



Slika 91: Prehod toplote skozi steno (10.: 233)

Toplotno prehodnost (k) izračunamo:

$$\frac{1}{k} = \frac{1}{\alpha_i} + \frac{d_s}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_e} \quad \text{enoslojna stena, slika 91}$$

k ($\text{W/m}^2\text{K}$)..... toplotna prehodnost

d_s (m)..... debelina stene

λ (W/mK)..... toplotna prevodnost – navedena v preglednici 13

α ($\text{W/m}^2\text{K}$)..... toplotna prestopnost

Toplotna prehodnost (k -vrednost) izraža količino toplote, ki v sekundi odteče iz notranjosti prostora skozi kvadratni meter površine stene v zunanjo, če je temperaturna razlika med notranjim in zunanjim zrakom en kelvin (ena stopinja Celzija). Izraža torej izgube toplote skozi stene ali določeno snov (toplotne izgube).

Za izračun toplotne prehodnosti potrebujemo še vrednost za toplotno prehodnost.

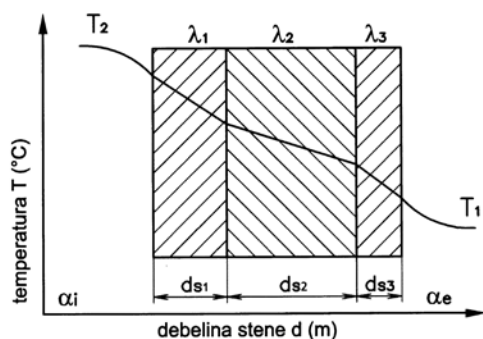
Toplotna prestopnost (α) ni konstanta, odvisna je od več dejavnikov. Uporabljali bomo toplotno prestopnost, ki velja za vse dele stanovanjskih stavb:

$\alpha_i = 8 \text{ W/m}^2\text{K}$ – toplotna prestopnost pri prestopu zraka na notranjo steno in

$\alpha_e = 23 \text{ W/m}^2\text{K}$ – toplotno prestopnost z zunanje strani stene na zunanji zrak.

Pri izračunu toplotne prehodnosti skozi večslojno (večplastno) steno se v obrazcu za » k « upoštevajo toplotne prevodnosti vseh slojev.

$$\frac{1}{k} = \frac{1}{\alpha_i} + \frac{d_{s1}}{\lambda_1} + \frac{d_{s2}}{\lambda_2} + \frac{d_{s3}}{\lambda_3} \dots + \frac{1}{\alpha_e}$$

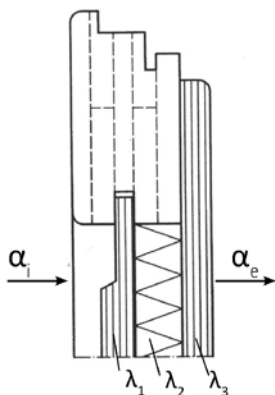


Slika 92: Prehod toplote skozi večslojno (večplastno) steno (10.: 234)

Primer:

Vhodna vrata so zgrajena iz borovega polnila debeline 18 mm, izolacije iz stiroporovih plošč debeline 25 mm in zunanje obloge iz hrasta debeline 16 mm (glejte sliko 93).

Izračunajmo toplotno prehodnost vrat.



Toplotne prevodnosti odčitamo v preglednici 13 in znašajo:

borovo polnilo	$\lambda_1 = 0,15 \text{ W/mK}$	$d_{s1} = 0,018 \text{ m}$ (prečno)
plošče stiropora	$\lambda_2 = 0,041 \text{ W/mK}$	$d_{s2} = 0,025 \text{ m}$
hrastova obloga	$\lambda_3 = 0,20 \text{ W/mK}$	$d_{s3} = 0,016 \text{ m}$ (prečno)

Slika 93. Vhodna vrata – primer (10.: 235)

$$\frac{1}{k} = \frac{1}{\alpha_i} + \frac{d_{s1}}{\lambda_1} + \frac{d_{s2}}{\lambda_2} + \frac{d_{s3}}{\lambda_3} + \frac{1}{\alpha_e}$$

$$\frac{1}{k} = \frac{1}{8 \text{ W/m}^2\text{K}} + \frac{0,018 \text{ m}}{0,14 \text{ W/mK}} + \frac{0,025 \text{ m}}{0,041 \text{ W/mK}} + \frac{0,016 \text{ m}}{0,20 \text{ W/mK}} + \frac{1}{23 \text{ W/m}^2\text{K}} = 0,987 \frac{\text{m}^2\text{K}}{\text{W}}$$

$$k = \frac{1 \text{ W}}{0,978 \text{ m}^2\text{K}} = 1,0 \text{ W/m}^2\text{K}$$

Izračunajmo še, kakšen toplotni tok P prehaja skozi vrata s površino $S = 2 \text{ m}^2$, če je temperatura v prostoru $T_2 = 22 \text{ °C}$, zunanja pa $T_1 = -16 \text{ °C}$. Ugotovimo tudi toplotne izgube Q v enem dnevu $t = 24 \text{ h}$.

$$P = S \cdot k \cdot (T_2 - T_1)$$

$$P = 2 \text{ m}^2 \cdot 1 \text{ W/m}^2\text{K} \cdot (20 \text{ K} - (-16 \text{ K})) = 72 \text{ W}$$

$$P = \frac{Q}{t} \quad Q = P \cdot t = 72 \text{ W} \cdot 24 \text{ h} = 1728 \text{ Wh} = 1728 \cdot 3600 \text{ Ws} = 6,22 \text{ MJ}$$

Večja toplotna prehodnost pomeni večji prehod toplote in s tem večje izgube. Zidovi, stropi, tla, okna, vrata, toplovodi ... so bolj izolirani, čim manjša je njihova toplotna prehodnost.

Primeri toplotne prehodnosti:

- stena debeline 40 cm, zgrajena iz stiroporja (izolator), ima toplotno prehodnost $k = 0,10 \text{ W/m}^2\text{K}$, kar pomeni zelo malo izgubo toplote skozi steno;
- 40 cm debeli opečnat zid ima $k = 1,25 \text{ W/m}^2\text{K}$ in izgubi se veliko toplote;
- stena iz lesa bora, debeline 20 cm, ima pri prehodu toplote prečno na os $k = 0,63 \text{ W/m}^2\text{K}$, kar pa je slabo (varčna hiša ima $k = 0,30 \text{ W/m}^2\text{K}$ ali manj);
- okna naj imajo toplotno prehodnost do $1,7 \text{ W/m}^2\text{K}$, obstajajo pa tudi okna s $k = 0,8\text{--}0,5 \text{ W/m}^2\text{K}$.

Toplotna prehodnost (U -vrednost)

Za ugotavljanje toplotnih izgub se poleg k -vrednosti uporablja tudi U -vrednost (unit of heat-transfer). S fizikalnega stališča načeloma ni razlike med toplotno prehodnostjo, U -vrednostjo in k -vrednostjo, drugačen pa je izračun. U -vrednost je novejšega datuma in določena samo za gradbene elemente in konstrukcije. Pri nas jo predpisuje Pravilnik o učinkoviti rabi energije v stavbah (Uradni list RS, št. 93/2008).

Enako kot za k -vrednost velja, da pri gradbenem materialu z $U = 1 \text{ W/m}^2\text{K}$ prehaja skozi kvadratni meter površine pri temperaturni razliki ene stopinje en vat toplote.

U -vrednost so uvedli, ker pri izračunu upošteva še dodatne faktorje, na primer pri oknu toplotni most, delež okvirja v celotni zasteklitvi ... zato je natančnejša od k -vrednosti.

Običajno je U -vrednost okoli 5 % višja kot je k -vrednost, pri oknih pa je razlika lahko večja.

4.2.8.3 Kalorična vrednost lesa

Kalorična (kurilna) vrednost lesa je količina toplote, ki se sprosti pri popolnem zgorevanju 1 kg lesa (goriva). Pri zgorevanju goriva (ogljikovodikov) nastaja tudi vodna para, ki se pojavi v dimnih plinih. Toplota vodne pare v dimnih plinih se lahko izkoristi samo, če se kondenzira, na primer v kondenzacijskih kotlih. Tako razlikujemo med dvema kaloričnima vrednostnima goriva:

- kurilnostjo in
- zgorevalno toploto.

Kurilnost

Kurilnost (spodnja kalorična vrednost) je toplota, ki nastane pri zgorevanju 1 kg goriva, voda iz goriva pa se pojavi kot vodna para v dimnih plinih. Pri podatkih o kalorični vrednosti je to vedno kurilnost.

Preglednica 14: Kurilnost (podatki za les so srednje vrednosti.)

Gorivo	Kurilnost
Les (vlažnost $u = 25\%$)	14,4 MJ/kg
Les (vlažnost $u = 15\%$)	16,6 MJ/kg
Peleti	19,4 MJ/kg
Ostanki les. plošč ($u = 10\%$)	15,2 MJ/kg
Lahko kurilno olje	41,5 MJ/kg (38,6 MJ/l)
Naravni plin	36,0 MJ/m ³

Zgorevalna toplota

Zgorevalna toplota (zgornja kalorična vrednost) je skupna toplota, ki jo vsebuje 1 kg goriva. Dobimo jo, če kurilnosti prištejemo toploto ($\sim 2,5$ MJ/kg), ki se sprosti pri kondenzaciji vodnih par v dimnih plinih.

Kurilnost je odvisna od vlažnosti lesa

Vlaga v lesu zmanjša kurilnost. Z delom toplote se uparja voda v lesu, ki tudi zmanjša gorljivo maso goriva. Les za kurjavo je treba čimbolj posušiti. Če se lesu zmanjša vlažnost za 10 %, se

kurilnost lesa poveča za približno 2,16 MJ/kg ali 0,6 kWh/kg. Zračno suh les ima kurilnost približno 16,6 MJ/kg. V primerjavi s kurilnostjo kurilnega olja 41,5 MJ/kg izračunamo, da 2,5 kg lesnih ostankov nadomesti 1 kg kurilnega olja, vendar pri tem izračunu ni upoštevano, da ima les slabši izkoristek pri izgorevanju kot olje, zato velja:

- 1 kg kurilnega olja $\sim$ 3 kg lesa,
- 1 l (liter) kurilnega olja $\sim$ 2,5 kg lesa,
- 1 l kurilnega olja $\sim$ 2 kg peletov.

V nasprotju s splošnim prepričanjem imajo iglavci malo višjo kurilnost kot listavci. Kljub temu pa je res, da so najboljše drva iz gabra in bukve, ki imajo večjo gostoto lesne mase, počasneje gorijo in imajo žerjavico, ki traja dalj časa.

4.3 Fizikalno-kemične spremembe lesa

Fizikalno-kemične spremembe se pojavijo, kadar na les delujejo sile ali vplivi, ki spreminjajo njegovo zgradbo in s tem lastnosti. K njim prištevamo:

- gorljivost,
- pirolizo in
- svetlobne lastnosti.

4.3.1 Gorljivost lesa

Gorljivost (termični razkroj lesa) je lastnost lesa (trdne snovi), da gori. Gorenje je oksidacija (kemični proces) ali spajanje kisika s snovmi iz goriva. Pri tem pa se sprošča toplotna energija.

- V začetku gorenja se les segreva in oddaja vodo, zato nastane krčenje in pokanje lesa.
- Pri temperaturi blizu 100 °C se prične termični razkroj lesa in nastanejo kemične spremembe, les pa potemni in poka.
- Pri višjih temperaturah iz njega izhajajo gorljivi plini (vodik in kisik), ki se pri

~ 240 °C vnamejo, če so izpostavljeni vžigalnemu plamenčku. Les gori na površini, ki poogleni (ogljje je slab prevodnik toplote) in lahko tudi preneha goreti, če odstranimo vir gorenja.

- Pri temperaturi vžiga ~ 280 °C–340 °C se les že uplinja in plini se vnamejo sami od sebe. Gori samostojno, termično razpada do zgorevanja lesnega oglja. Gorenje oglja (ogljika) je končno zgorevanje in lahko se razvije najvišja temperatura do okoli 1200 °C.

Negorljive mineralne snovi v lesu ostanejo v obliki **pepela**.

Gorljivost lesa je odvisna od gostote, vlažnosti, kemične sestave in velikosti kosov lesa. Gostejši les (hrast in bukev) se težje vname kot redkejši iglavci in na primer topol. Vлага v lesu izrazito slabo vpliva na gorljivost, dobro pa vpliva vsebnost smol.

Preglednica 15: Produkti zgorevanja

Kemični element v lesu	Produkti zgorevanja
Vodik, H	$2H_2 + O_2 = 2H_2O$
Ogljik, C (popolno zgorevanje)	$C + O_2 = CO_2$
Ogljik, C (nepopolno zgorevanje)	$2C + O_2 = 2CO$

Pri gorenju lesa se vodik veže s kisikom in nastane voda, ki je v obliki pare in jo vidimo kot bel dim. Ogljik zgori v ogljikov dioksid, ki je brezbarven plin, brez vonja in nestrupen. Za popolno izgorevanje je potrebno dobro mešanje goriva in kisika. Če ni dovolj zraka za zgorevanje, ogljik ne zgori do konca, nastane ogljikov monoksid in razvije se precej manj toplote. Pri dovolj visoki temperaturi (800 °C) ogljikov monoksid zgori v ogljikov dioksid (CO₂).

Ogljikov monoksid je zelo strupen plin brez barve, vonja in okusa, zaznamo ga lahko samo z ustrežno napravo. Zato je izredno nevaren, zastrupitev z ogljikovim monoksidom pa je smrtna.

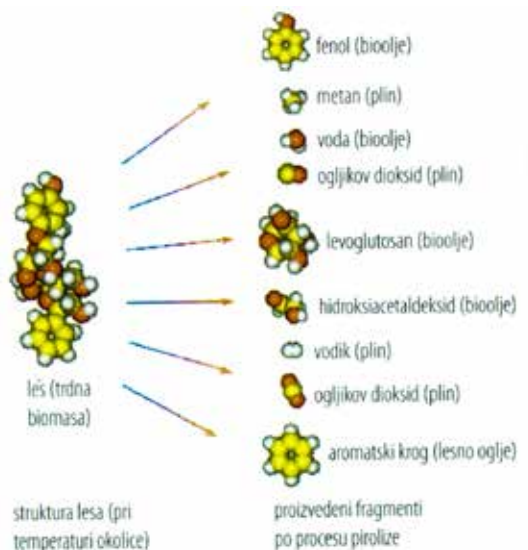
Pri prenizki temperaturi (nepopolnem izgorevanju) se ogljik izloča v obliki saj (trdnih delcev), ki jim rečemo tudi črni ogljik.

Saje v atmosferi vplivajo na podnebne spremembe in na zdravje človeka.

Z ogljikovim dioksidom je možna zadušitev človeka. Na primer ogljikov dioksid se sprošča pri vrenju mošta v kleti. Je lažji od zraka, ki ga izpodrine, in dihanje človeka je onemogočeno.

4.3.2 Piroliza

Piroliza (suha destilacija) je postopek razgradnje lesa pri višjih temperaturah brez dostopa zraka, da ne pride do sežiga. Proces termičnega razkroja lesa se začne pri temperaturi blizu 100 °C in traja vse do okoli 600 °C. Produkti pirolize so številne organske molekule (razna bioolja, metan, vodik, voda, ogljikov dioksid), stranski proizvod pa je lesno oglje.



Slika 94: Produkti hitre pirolize lesa (X)

Biogoriva so snovi biološkega izvora. Iz biomase pridobimo bioetanol, biodizel in lesni plin, ki lahko služijo za pogon motorja z notranjim izgorevanjem.

4.3.3 Svetlobne lastnosti lesa

S svetlobnimi lastnostmi opišemo vplive sončne svetlobe (osončenosti) na les.

Svetloba je elektromagnetno sevanje z različnimi valovnimi dolžinami, ki so vidne za človeško oko. Pri sončni svetlobi ločimo ultravijolične žarke (UV-svetloba), vidno svetlobo in tople infrardeče žarke (IR-svetloba).

Vidna svetloba vpliva na fotosintezo rastlin in omogoči življenje.

Infra rdeči (IR) žarki (del sončne svetlobe) se vpijejo v površino lesa in pretvorijo v toplotne, zato se lahko poviša temperatura površine za 40 °C nad temperaturo okolice. Hitre spremembe temperature povzročajo napetosti na lesni površini, skupaj z napetostmi zaradi sušenja in krčenja pa večje ali manjše razpoke. Razpoke omogočijo dostop vode v notranjost lesa, ki se navlaži. Zato se ustvarijo ugodni pogoji za razvoj gliv.

Ultravioleтни žarki (UV) sprožijo kemični razkroj vseh glavnih sestavin lesa. Najprej se razgradi lignin v produkte, ki se v vodi topijo in se zato s površine zlahkoto izpirajo. Na površini ostajajo proti UV-svetlobi odpornejša celulozna vlakna. Rani (mehkejši) les branike se prej razgradi in izpere kot kasni (gostejši), zato površina lesa postane sčasoma rebrasta (reliefna).

Posledica UV sevanja sonca so tudi barvne spremembe (abiotska obarvanja) lesa. Pri razgradnji

lignina postane površina lesa najprej rumena, nato pa rjava (temnordeča), če je konstrukcijsko zaščiten pred padavinami. V primeru, da je površina lesa izpostavljena dežju, ki izpira lignin, ostanejo samo rumenkasto-bela celulozna vlakna. Celulozna vlakna sčasoma postanejo značilno sive barve. Na sliki 95 je les iglavcev pod nadstreškom zaščiten pred padavinami, zato ostane temnordeč.



Slika 95: Les, izpostavljen svetlobi (S. K.)

Če je les krajši čas izpostavljen soncu (na primer na skladišču žaganega lesa), se spremembe barve in plitke razpoke odstranijo s skobljanjem.

Rentgenski žarki prodirajo skozi les in omogočijo detekcijo (odkrivanje) napak v lesu, kar se lahko uporablja pri strojnem sortiranju žaganic.

4.4 Mehanske lastnosti lesa

Z mehanskimi lastnostmi razložimo (ocenimo) spremembe, ko na leseno telo (konstrukcije) delujejo zunanje sile (obremenitev). Zunanje sile na telo povzročijo notranje sile, ki preprečujejo spremembo oblike in dimenzij obremenjenega telesa. Notranje sile na prerezu telesa imenujemo napetost.

Mehanske lastnosti lesa so:

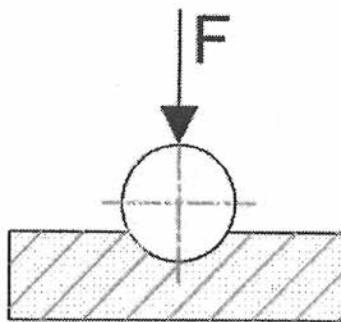
- trdota,
- obrabljenost,
- elastičnost,
- plastičnost,
- žilavost,
- trdnost (natezna, tlačna, strižna, upogibna, torzijska, uklonska) in
- cepilna trdnost.

4.4.1 Trdota lesa

Trdota je odpor materiala proti vdiranju drugega tršega telesa s površine v njegovo notranjost (na primer zabijanje žebila v les). Trdota ima veliko praktično vrednost, kar dokazuje precejšnje število metod za merjenje, ki imajo ime po avtorjih (Brinell, Vickers, Rockwell, Shor ...). Postavljena je tudi Mohsova trdotna lestvica, ki ima samo oznake 1 (trdota lojevca) do 10 (trdota diamanta).

Merjenje trdote

Uveljavljena metoda za merjenje trdote mehkejših materialov in tudi lesa je po Brinellu (oznaka HB), samo za les pa po Janki. Obe temeljita na vtiskanju jeklene kroglice v les.



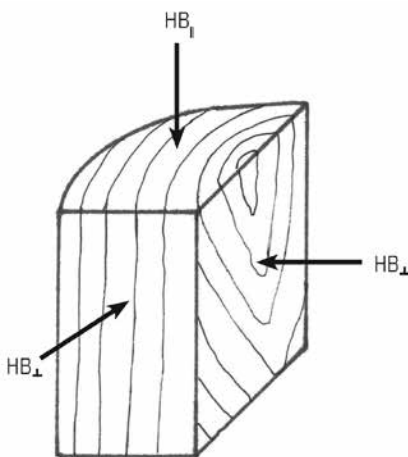
Slika 96: Princip merjenja trdote (6.: 40)

Trdoto merimo s trgalnim strojem, tako da jekleno kroglico z določenim premerom, s silo potisnemo v les. Velikost sile odčitamo, površino vtisa pa izmerimo po navodilih postopka. Trdota je razmerje med uporabljenno silo in vtisnjeno površino. Enota je enaka enoti tlaka ali napetosti, in to je Pa (N/m^2), običajno pa vzamemo večjo enoto $10^6 \text{ Pa} = \text{MPa} = \text{N/mm}^2$.

Pri lesu trdoto merimo:

- na prečnem prerezu, kjer kroglica prodira v les vzporedno z lesnimi vlakni in
- na vzdolžnem prerezu (ploskvi), kjer kroglica prodira prečno (pravokotno) na radialno ali tangencialno ploskev, vendar ju ne ločujemo zaradi male razlike.

Trdoto na prečnem prerezu vzdolžno z vlakni označimo s $HB_{\parallel}$ (indeks $\parallel$); trdota na vzdolžnem (radialnem in tangencialnem) prerezu pravokotno na vlakna pa ima oznako $HB_{\perp}$ (indeks $\perp$).



Slika 97: Smeri merjenja trdote (Z. S.)

Za trdoto lesa velja:

- trdota je približno 2,5–1,5-krat večja na prečnem prerezu lesa kot v vzdolžni smeri;
- gostejši lesovi so tudi bolj trdi, zato je v praksi velikokrat poimenovanje lesa z majhno gostoto “mehak” in lesa z večjo gostoto “trd”;
- kasni les v braniki je trši od ranega;
- vlažen les ima manjšo trdoto kot posušen.

Preglednica 16: Odvisnost trdote od vlažnosti lesa

Vlažnost (%)	0	10	20	25	30	40	50
Trdota HB (%)	100	75	40	35	30	30	30

Pomen trdote

Trdota vpliva na izbiro lesa za načrtovani izdelek. Za nekatere izdelke moramo uporabiti trd les, za druge pa mehak. Iz trdega lesa izdelujemo izdelke ali dele izdelkov, ki so izpostavljeni obrabi, udarcem in razam. To so: podi, parketi, stopnice, stoli, pragi in delovne ploskve. Iz mehkih lesov lahko izdelamo prav takšne izdelke, vendar pri tem tvegamo večje in zgodnejše površinske poškodbe. Za gradbene konstrukcije se večinoma uporablja mehak les (iglavci), ki ima manjšo lastno težo, primerno trdnost in lažjo obdelavo.

Trd les se bolj upira prodiranju rezila kot mehak in zato pri odrezovanju porabimo več energije. Pri odrezovanju (posebej brušenju) se vlakna mehkega lesa vtisnejo v lesno površino, ker niso odrezana (niso trda in ne nudijo dovolj odpora). Vlakna, vtisnjena v pore, ovirajo prodiranje lepila v les (adhezijo). Pri vlaženju oziroma pri površinski obdelavi se ta vlakna dvignejo in po osušitvi površina postane hrapava.

4.4.1.1 Trdota vrst lesa

V preglednici 17 je les razvrščen po trdoti na prečnem prerezu v pet razredov: zelo mehak les, mehak les, srednje trd les, trd les, zelo trd les (po kriterijih Torelli, 1989). Vrednosti so za zračno suh les (u_{12-15}) v enoti MPa (N/mm²). Zaradi variabilnosti trdote se merijo najmanjša, srednja in največja vrednost. Navedli bomo srednjo vrednost, ki jo običajno uporabljamo.

Preglednica 17: Trdota lesa

Razredi lesa po trdoti u_{12-15} (%) in $HB_{ }$ (MPa)	Vrsta lesa	Trdota lesa po Brinellu (MPa)	
		na prečnem prerezu $HB_{ }$	na vzdolžnem prerezu $HB_{\perp}$
zelo mehak les < 35	balza	7	-
	jelka	30	16
	smreka	32	12
	topol	24-37	10-15
mehak les 35-40	kostanj, pravi	38	18
	lipa	38	16
	breza	49	35
	jelša	33-38	7-8-(17)
srednje trd les 41-50	bor	40	19
	češnja	51-59	31
trd les 51-70	macesen	53	19
	hruška	60-97	-
	javor	62	27
	brest	~ 64	-
	jesen	65	37-41
	hrast	66	34
	oreh	70	52
zelo trd les > 70	bukev	72	34
	gaber, beli	71-89	29-36
	gvajak	~ 161	-

4.4.1.2 Obrabljivost lesa

Odpor lesa proti obrabi je v tesni zvezi s trdoto lesa. Obrabljivost lesa je odpor lesa proti sili trenja, ki skuša s površine odstraniti vlakna lesa. Dejavniki, ki vplivajo na obrabljivost, so enaki kot pri trdoti. Les iglavcev ima veliko razliko med trdoto ranega in kasnega lesa, zato se rani les med obrabo prej odstrani kot kasni in na površini nastanejo žlebiči. Z obrabljivostjo se srečujemo pri pragih vrat, vseh podih, stopnicah in podobnih izdelkih.

Leseni tlak, ki ima dele lesa (leseni čoki) postavljene v smeri drevesne osi (vzdolžno), je najbolj odporen na obrabo, ker je na prečnem prerezu

večja trdota. V preteklosti so s čoki tlakovali pohodne površine v vežah gradov, ulicah, delavnicah in hlevih. Zdaj jih zopet vgrajujemo v pohodne poti vrtov in okolice stavb, saj tako dosegamo večjo skladnost okolja z naravo.



Slika 98: Prag (hrast) (S. K.)



Slika 99: Tlak iz čokov (6.: 40)

Obrabljivost lesa vpliva na raskanje, ki je posebna priprava površine pri površinski obdelavi. Pri raskanju z jeklenimi krtačami odstranimo rani les branike (iglavci) ali poglobljamo pore (hrast, jesen). Raskana površina ima reliefni videz, ki je značilen za star les ali pa je le bolj slikovita.

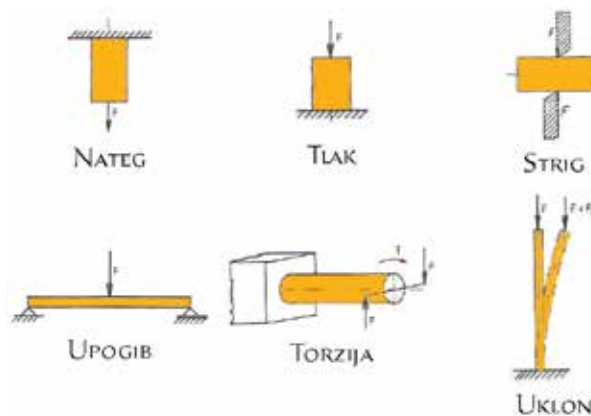
4.4.2 Trdnost

Nauk o trdnosti (trdnost) je del mehanike, ki obravnava ravnotežje med zunanjimi in notranjimi silami trdnih teles.

Trdnost je odpor konstrukcijskega telesa proti delovanju zunanjih sil oziroma proti spremembi oblike in porušitvi. Zunanje sile v telesu povzročijo notranje sile (napetosti), ki preprečujejo spremembo oblike in dimenzij obremenjenega telesa. Naloga izračuna trdnosti je določiti konstrukcijskem telesu takšne dimenzije in obliko, da prenese zunanje sile (obremenitve), upoštevajoč varnost in ekonomičnost konstrukcije.

Razlikujemo:

- natezno,
- tlačno,
- strižno,
- upogibno,
- torzijsko in
- uklonsko trdnost.



Slika 100: Vrste obremenitev (7.: 34)

Na telo lahko delujejo sile tako, da povzročijo v materialu hkrati različne napetosti, ki jih imenujemo sestavljene ali kombinirane napetosti.

4.4.2.1 Vplivi na trdnost lesa

Na trdnost lesa vplivajo: gostota, vlažnost lesa, smer lesnih vlaken, napake lesa in vrste obremenitev.

• Gostota (vrsta) lesa

Gostejši les ima boljše mehanske lastnosti, ker ima debelejšo celično steno in manjšo poroznost. Pri tem je trdnost lesa odvisna tudi od deleža kasnega lesa v braniki in prepletenosti lesnih vlaken. Iglavci (npr. smreka) z ozkimi branikami imajo dobre trdnostne lastnosti, čeprav imajo nižjo gostoto. Les ima v primerjavi z drugimi materiali nizko lastno maso, zato dodatno ne obremenjuje konstrukcije, kar je posebej pomembno za nosilce, ki so obremenjeni na upogib.

• Vlažnost lesa

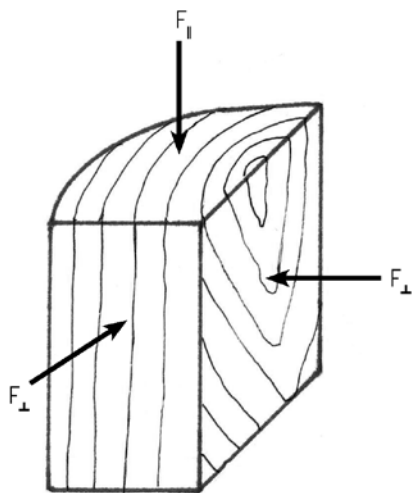
Vlažen les nad 30 % (TNCS) ima slabše mehanske lastnosti, ker so vse praznine v celičnih stenah zapolnjene z vezano vodo. Pri osušenem lesu pod 30 % so lastnosti boljše. Priporočena vlažnost za konstrukcijski les je 15 % oziroma vsaj 18 %, vsekakor pa pod vlažnostjo 20 %, da ga ne napadejo glive.

Navedeno vlažnost lesa lahko dosežemo z naravnim sušenjem, ki lahko pri debelejšem in gostejšem lesu traja več let. Za sušenje debelejšega gradbenega lesa obstajajo večje vakumske sušilnice, v katerih se les hitreje posuši. Ustrezno posušen in v konstrukcijah uporabljen les poka v najmanjši meri, seveda pa ima tudi večjo nosilnost.

• Smer lesnih vlaken (anizotropija)

Lesna vlakna potekajo v smeri drevesne osi ali vzdolžno, zato je trdnost lesa v tej smeri izrazito večja kot prečno ali pravokotno na os.

Kot že vemo, ima les prerezan vzdolžno (v smeri osi), dva osnovna prereza: radialnega in tangencialnega. Po strukturi in krčenju je med njima precejšna razlika. Manjša (zanemarljiva) razlika je pri mehanskih lastnostih, trdnosti so malo višje v radialni smeri. V inženirski praksi ju ne ločujemo. Obravnavamo torej le lastnosti v vzdolžni in prečni smeri.



$F_{||}$ – vzdolžna sila

$F_{\perp}$ – prečna sila – radialno/tangencialno

Slika 101. Prikaz delovanja obremenitve odvisno od smeri (Z. S.)

• Napake lesa

Grče, širina branike, razpoke, naklon vlaken, obarvanost, trohnoba, rovi insektov, stržen ... lahko zmanjšajo trdnost lesa. Za kvaliteto konstrukcijskega (nosilnega) lesa obstajajo

standardi, ki določajo dovoljene napake in s tem njegovo uporabo.

• Vrste obremenitev

Les dobro prenaša kratkotrajne, ponavljajoče se obremenitve. Dolgotrajne obremenitve (statične) pa zmanjšujejo trdnost lesa, zlasti upogibno.

4.4.2.2 Napetost

Telo, ki ga obremenjujejo zunanje sile, se tej spremembi upira z notranjimi silami. Razmerje med notranjo silo in prerezom telesa imenujemo napetost. (Notranja sila F_n je enaka zunanji F .)

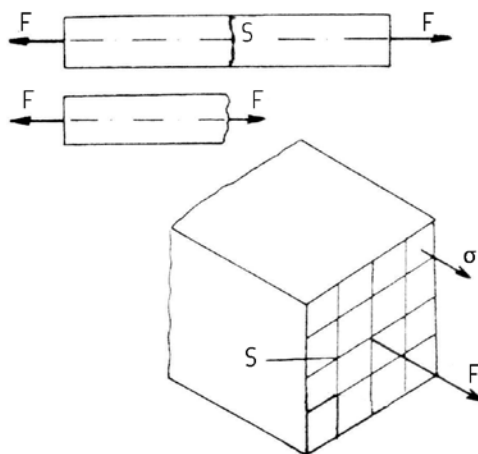
$$\sigma \text{ (MPa)} = \frac{F}{S}$$

σ (MPa) normalna napetost

F (N) sila na prerez (zunanja sila ali obremenitev)

S (m²) površina prereza

Enota za napetost je N/m² = Pa, vendar se običajno uporablja N/mm² = MPa, za les pa lahko tudi N/cm².



Slika 102: Prikaz napetosti (7.: 33)

4.4.2.3 Deformacije

Zaradi delovanja zunanje sile telo spremeni svojo obliko – se deformira. Deformacija je značilna za vsako vrsto obremenitev, na primer v smeri osi je vzdolžna deformacija, pojavi se pri nategu (raztezek) in tlaku (skrček).

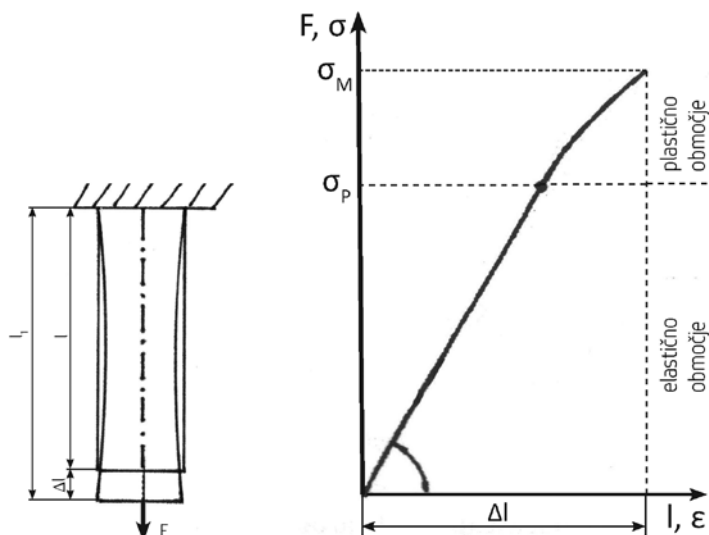
Elastičnost je mehanska lastnost, ko se material po obremenitvi vrne v prvotno obliko; prikaže pa jo modul elastičnosti (poglavje 4.4.2.4). Material lahko obremenimo samo v elastičnem območju.

Plastičnost je lastnost, da se material po obremenitvi ne vrne v prvotno obliko, ampak se trajno deformira.

σ - ε diagram

Mehanske lastnosti se preizkušajo s trgalno-testirnim strojem. Najvažnejši preizkus je preizkus na nateg. Preizkusne palice (preizkušanci) so normirane. Pri trdim jih v vpenjalne čeljusti stroja in obremenimo na nateg s silo, ki postopoma narašča. Hkrati pa merimo raztezek (deformacijo) palice. Preizkušane obremenimo do loma; kar je ponazorjeno v σ - ε diagramu (natezno-deformacijski diagram) – slika 103b.

Proporcionalna napetost (σ_p) označi mejo proporcionalnosti, ker je raztezek palice premo sorazmeren napetosti. V tem območju je material elastičen. Pri lesu meja proporcionalnosti namreč pade v mejo elastičnosti. Pri nadaljnji obremenitvi deformacije naraščajo in les je še vedno elastičen, vendar ne proporcionalno. Postopoma preide v plastično območje, kjer pa se trajno deformira. Pri maksimalni napetosti σ_M se zlomi (poruši), raztezek pa je maksimalen.



a) shema natega preizkušanca b) dejanski σ - ε diagram

Slika 103: Preizkus trdnosti za nateg – vzporedno z vlakni lesa (Z. S.)

Pri preizkusu ugotovimo tudi raztezek (vzdolžno natezno deformacijo) palice (Δl) in izračunamo specifični raztezek (ε).

$$\varepsilon (\%) = \frac{l_1 - l}{l} \cdot 100 = \frac{\Delta l}{l} \cdot 100$$

ε (%) specifični raztezek

l_1 (mm) nova dolžina telesa

l (mm) prvotna dolžina telesa

Δl (mm) raztezek

Hookov zakon

Hookov zakon pravi, da je raztezek premo sorazmeren z napetostjo. Torej velja samo v območju proporcionalnosti. Veličina proporcionalnosti je modul elastičnosti. Z zakonom izračunamo raztezek pri nategu, skrček pri tlaku, na splošno deformacijo pri obremenitvi, velja pa v elastičnem območju materiala.

$$\sigma (\text{MPa}) = E \cdot \varepsilon = E \cdot \frac{\Delta l}{l}$$

σ (N/mm²) napetost

E (N/mm²) modul elastičnosti

ε (%) specifični raztezek

Δl (mm) raztezek

l (mm) prvotna dolžina telesa

Primer:

Smrekov steber kvadratnega prereza s stranico 8 cm in dolžine 1,8 m obremenimo z natezno silo 45 kN.

Izračunajmo dejansko napetost v stebru in raztezek!

$$\sigma_{dej} = \frac{F}{S} = \frac{45000 \text{ N}}{6400 \text{ mm}^2} = 7,03 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} (\text{MPa}) \quad S = a^2 = (80 \text{ mm})^2 = 6400 \text{ mm}^2$$

Modul elastičnosti za smreko je 11 000 MPa – preglednica 18

$$\sigma_{dej} = E \cdot \frac{\Delta l}{l} \quad \Delta l = \frac{\sigma_{dej} \cdot l}{E} = \frac{7,03 \text{ MPa} \cdot 1800 \text{ mm}}{11000 \text{ MPa}} = 1,15 \text{ mm}$$

Žilavost

Z nateznim preizkusom se ugotavljajo tudi podatki o žilavosti lesa. Žilavost je definirana kot količina energije, ki jo material absorbira pred zlomom. V žilav material moramo vložiti več dela, da ga zlomimo. Pred tem se raztegne in prenaša tudi spremembo svoje oblike. Mehkejši in raztegljivi materiali so žilavi in se ne zlomijo pri večkratni deformaciji (na primer upogibanje mehke žice). Na splošno je les žilav, kar se izkorišča pri tehnologiji krivljenja. Večjo žilavost ima les z zavito rastjo, les koreničnika, poveča pa se tudi s toplotno obdelavo (parjenjem).

4.4.2.4 Modul elastičnosti

Modul elastičnosti E je teoretična napetost, pri kateri bi dosegli 100 % raztezek. Enota za modul elastičnosti je enaka kot pri napetosti: Pa ali MPa.

Z njim izračunamo deformacije in tudi lahko dimenzioniramo telesa pri upogibni obremenitvi in izračunu uklona. Elastični modul je pomemben pri izbiri materiala za konstrukcije. Nekatere metode strojnega razvrščanja konstrukcijskega lesa v sortirne razrede temeljijo na merjenju vrednosti elastičnega modula (poglavje 8.4.2).

Pri obremenitvi modul elastičnosti prikaže odpor telesa proti spremembi oblike. Višja vrednost modula pomeni manjšo spremembo oblike in nasprotno.

Elastičen les (jesen, bukev, hikori) se uporablja za izdelavo športnega orodja, smuči, stolov in vozil.

Vrste lesa pri vlažnosti lesa 12 % so razdeljene po velikosti modula elastičnosti v osni smeri, v pet stopenj (po kriterijih Torelli – 1989):

zelo nizka < 10 000 MPa

nizka 10 000–12 000 MPa

srednja 13 000–15 000 MPa

visoka 16 000–20 000 MPa

zelo visoka > 20 000 MPa

Vrednosti modula elastičnosti za posamezne vrste lesa v osni in prečni smeri so podane v preglednici 18.

Vplivi na modul elastičnosti lesa

- Modul je večji, ko sila deluje v osni (vzdolžni) smeri ($E_{\parallel}$). V vzdolžni smeri je do 10-krat večji kot v prečni.
- Praviloma višja gostota lesa pomeni večji modul in nasprotno.
- Z višjo vlažnostjo lesa se modul elastičnosti znižuje; približno velja, da se modul zmanjša za 2 %, če se vlažnost lesa poveča za 1 %.
- Pri višanju temperature se modul elastičnosti znižuje. Nominalna vrednost modula (100 %) je podana pri 20 °C, na primer pri temperaturi 100 °C (parjenje) pa pade na 60 %.
- Zavistost lesnih vlaken, grče in druge napake zmanjšujejo modul elastičnosti. Na primer 10 % zavistost zmanjša modul na 65–85 % v primerjavi z ravnimi vlakni (100 %).

4.4.2.5 Trdnostne lastnosti posameznih vrst lesa

V preglednici 18 so podane vrednosti za natezno, tlačno, upogibno in strižno trdnost ter modul elastičnosti za zračno suh les (u_{12-15}). Navedene so srednje maksimalne vrednosti (trdnost) σ_M , pri katerih se les začne rušiti. Podane so v enoti MPa (N/mm²).

Znak $\parallel$ pomeni vrednost v osni (vzdolžni) smeri, znak $\perp$ pa prečno (pravokotno) na os poteka lesnih vlaken.

Preglednica 18: Vrednosti za trdnosti lesa in modul elastičnosti

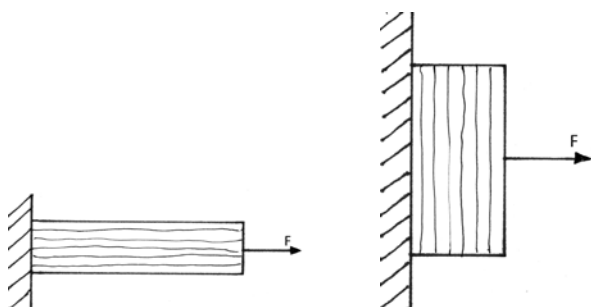
Vrsta lesa	Smer vlaken	Nateg (MPa)	Tlak (MPa)	Upogib (MPa)	Strig (MPa)	Modul elast. (MPa)
Iglavci						
bor	$\parallel$	104	55	100	10	12 000
	$\perp$	3	7,7	5,7	21	460
jelka	$\parallel$	84	47	73	5	11 000
	$\perp$	2,3	4,2	-	27,5	490
macesen	$\parallel$	107	47	99	9	13 800
	$\perp$	2,3	6	7,5	25	-
smreka	$\parallel$	90	50	78	6,7	11 000
	$\perp$	2,7	5,8	4,6	22	550
Listavci						
brest	$\parallel$	80	46	72	7	11 000
	$\perp$	-	-	-	-	-
breza	$\parallel$	137	43	125	12	16 500
	$\perp$	7	11	-	-	800
bukev	$\parallel$	135	63	125	15	16 000
	$\perp$	10,7	10	14,2	35	1 500
gaber, beli	$\parallel$	135	66	130	8,5	16 200
	$\perp$	24,5	12	-	32	-

Vrsta lesa	Smer vlaken	Nateg (MPa)	Tlak (MPa)	Upogib (MPa)	Strig (MPa)	Modul elast. (MPa)
hrast		90	65	100	11	13 000
	⊥	4	11	13,5	32	1 000
hruška		~ 100	54	98	13,2	8000
	⊥	4,5	-	-	-	-
javor		100	53	117	9	11 300
	⊥	3,5	3,5	-	33	1 100
jelša		94	55	85	4,5	11 700
	⊥	2	6,5	-	-	-
jesen		165	44	120	12,8	13 400
	⊥	11	10	11,3	-	1 100
kostanj		~ 135	52	77	8	9 000
	⊥	-	-	-	-	-
lipa		85	44	106	4,5	7 400
	⊥	8,6	1,8	-	21,5	250
oreh		100	72	147	7	12 500
	⊥	3,5	12	-	-	-
topol		77	35	65	6,5	8 800
	⊥	-	3,3	-	-	-
Eksote						
balza		do 7,5	3,5	3,9	2	2 600
	⊥	1	1,3	-	-	-
hikori		155	52	119	11	16 700
	⊥	9,7	12	-	-	-
mahagoni		-	50	99	10,4	13 500
	⊥	2,5	7	-	-	-
okume		25	34	82	-	3 000
	⊥	1,8	5,4	-	-	-
tik		119	68	105	9	13 000
	⊥	9	11	-	-	-

4.4.2.6 Natezna, tlačna in uklonska trdnost

Natezna trdnost (nateg) σ_t nastopi, ko sila deluje v smeri osi (vlaken) in hoče palico raztegniti, zato v palici nastanejo natezne napetosti. Nateg se pojavi pri vrveh, nateznih palicah v paličju, raznih nosilcih, vijakih, ojesu in podobno.

Les ima v smeri lesnih vlaken (vzdolžno) veliko natezno trdnost, prečno ali pravokotno na os (vlakna) pa zelo majhno (30–50-krat manjšo), zato ga v tej smeri praviloma ne smemo obremeniti na nateg. Napake v lesu, zavrtost vlake, grče ... izrazito zmanjšajo natezno trdnost, pri tlaku pa nimajo takšnega vpliva.

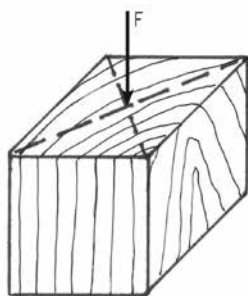


a) vzporedno z vlakni b) pravokotno na vlakna

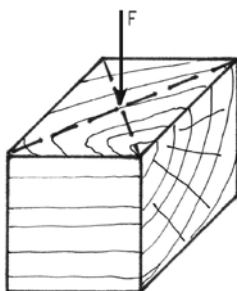
Slika 104: Natezna obremenitev (Z. S.)

Tlačna trdnost (tlak) σ_c se pojavi, ko na telo (element) na vodoravni podlogi deluje sila navpično na podlogo in tlači telo, ki ga stlači (deformira). Tlak se pojavi v vseh temeljih, ogradjih, kratkih stebrih in podobno.

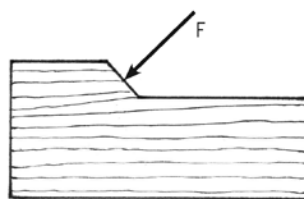
Trdnost na tlak pravokotno na vlakna (prečno na os) je 5–8-krat manjša od tlaka vzporedno z vlakni. Pri tlaku prečno na os lahko pride do vtisnjenja lesa (ni še loma), kar pa tudi ni dovoljeno. Pri svorniku, vijaku ... lahko tlačno površino povečamo z večjimi podložnimi ploščicami. Pri dimenzioniranju upoštevamo tudi tlak poševno na vlakna.



a) vzdolžna



b) prečna

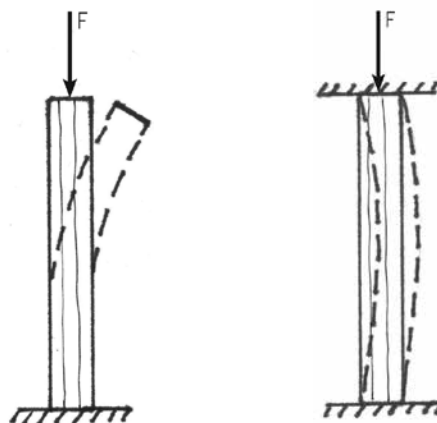


c) poševno na vlakna

Slika 105: Tlačna obremenitev (Z. S.)

Za napetosti in dimenzioniranje pri nategu in tlaku veljajo enake zakonitosti, le da se pri nategu pojavi raztezek, pri tlaku pa skrčec obremenjenega telesa.

Uklon ali centrični tlak nastopi pri vitkih elementih, ki so obremenjeni s tlačno silo. Nosilec se prej izmakne (odkloni od vertikale), kot se zruši zaradi tlačne obremenitve. Uklon nastopi v raznih konstrukcijah, stebrih in podobno. Dimenzioniranje temelji na osnovni enačbi za tlačno napetost, vendar ima vrsto posebnosti. Konstrukcijske elemente iz lesa, obremenjene s tlačno silo v osni smeri, moramo preveriti še na uklon.



a) enostransko vpetje (drog) b) dvostransko vpetje (podporni steber)

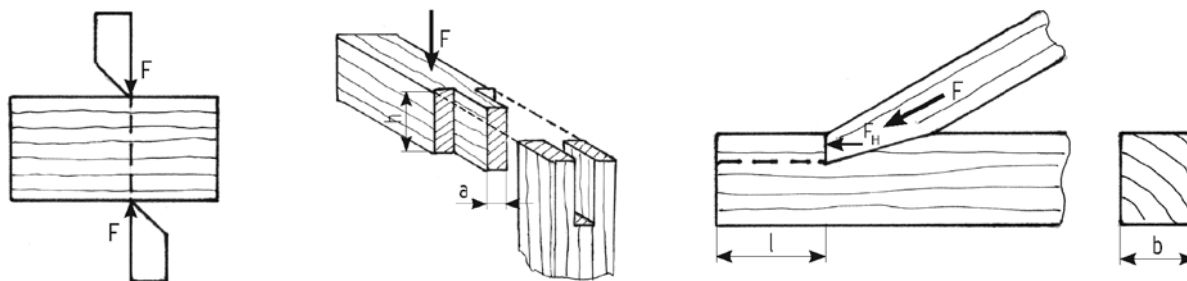
Slika 106: Obremenitev pri uklonu (Z. S.)

4.4.2.7 Strižna trdnost

Strižna trdnost (strig) nastopi, ko sila deluje pravokotno na os telesa in ga skuša prerezati. Strig nastopi pri vseh veznih elementih (čepi, mozniki ...), lepljenih spojih, zatičih, kratki konzoli ... V konstrukcijah vezne spoje lahko

ojačimo s kovinskimi deli, kot so skobe (penje), svorniki, kotniki, obloge iz pločevine, vijaki in žebliji ...

Strižna trdnost pravokotno na lesna vlakna je 3–4-krat večja kot vzporedno (v smeri) vlaken.



a) strižna obremenitev b) ploskev čepa $a \times h$ je obremenjena na strig pravokotno na vlakna c) ploskev trama $b \times l$ je obremenjena na strig vzporedno z vlakni

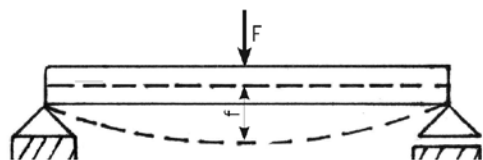
Slika 107: Strig (Z. S.)

4.4.2.8 Upogibna trdnost

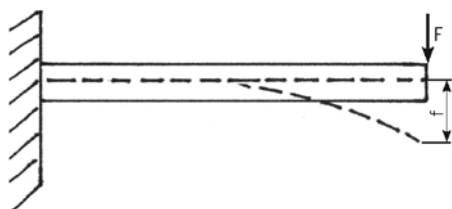
Upogibna trdnost (upogib) je posledica upogiba, če pri tem deluje sila F prečno na vzdolžno os telesa (nosilca), ki je oprt na dve podpori ali vpet v steno na eni strani. Nosilec je telo, pri katerem ena dimenzija (dolžina) znatno presega preostali dve.

Pri *prostoležečem nosilcu* (najpogosteje na dveh podporah) se telo ukrivi tako, da se zgornji del skrajša (deluje tlačna sila), spodnji pa podaljša (deluje natezna sila).

Konzolni nosilec (konzola) je vpet samo na enem koncu, pri obremenitvi pa se ukrivi, tako da so zgornja vlakna podaljšana (nateg), spodnja pa skrajšana (tlak).



a) prostoležeči nosilec



b) konzolni nosilec

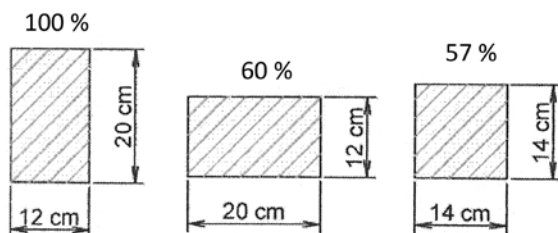
Slika 108: Obremenitev na upogib (Z. S.)

Notranje napetosti niso enakomerno porazdeljene po prerezu, temveč se spreminjajo, hkrati pa se spreminjajo tudi po dolžini. Pri upogibu je deformacija povs (f) (slika 108). Dovoljeni povs je pri lesenih nosilcih predpisan in se praviloma izračuna ter preveri, če je ustrezen.

Les je bil najpomembnejši gradbeni material davnine in edini material, ki je prenesel velike upogibne obremenitve. Zaradi velike upogibne trdnosti pri majhni masi je les še danes zelo primeren za vse gradbene konstrukcije (stropniki, špirovci, lege, konzole), ki so obremenjene na upogib.

Zanje običajno uporabljamo smrekov les, ki ima odlično upogibno trdnost pri majhni lastni masi (mase lesenega nosilca pri preračunu sploh ne upoštevamo).

Velikost upogibne trdnosti je odvisna tudi od oblike prečnega prereza nosilca in od tega, kako je obrnjen, kar je prikazano na naslednji sliki. Velikost trdnosti je prikazana v odstotkih.

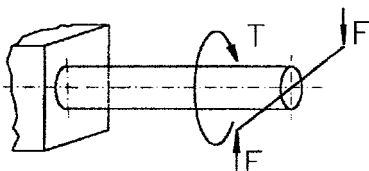


Slika 109: Primer upogibne trdnosti lesenih nosilcev (6.: 39)

Leseni lepljeni nosilci (lamelirani) so primerni tudi za največje razpone, pri čemer ohranjajo eleganco oblik.

4.4.2.9 Torzijska trdnost

Torzija (vzvoj) nastane, če hoče dvojica sil zasukati telo okoli vzdolžne osi (slika 110). Torzijske napetosti rastejo z razdaljo od osi in so na obodu telesa največje. Na torzijo so obremenjene gredi strojev in enostransko (ekscentrično) obremenjeni nosilci. Pri lesnih konstrukcijah se pojavi izjemoma. Za dimenzioniranje je dopustna napetost na torzijo za les enaka strižni napetosti v osni smeri.



Slika 110: Torzijska trdnost (7.: 34)

4.4.2.10 Dimenzioniraje

Dimenzioniranje pomeni izračun potrebnih dimenzij konstrukcijskega elementa (telesa), da prenaša predvidene obremenitve (zunanje sile). Tematika je obsežna in se obravnava samostojno; izračun (dimenzioniranje) pa morajo opraviti pooblaščen strokovnjaki.

V nadaljevanju se bomo samo dotaknili navedene tematike.

Konstrukcijski element ne smemo obremeniti do njegove maksimalne trdnosti, ki so podane v preglednici 18, ampak ga obremenimo do dopustne napetosti, ki je manjša, upoštevajoč varnost.

Dopustna (dovoljena) napetost (σ_{dop}) je napetost, do katere lahko obremenimo material. Nahaja se vedno v območju elastičnih napetosti (preglednica 28).

Enačba dimenzioniraja:

$$\sigma_{dej} < \sigma_{dop}$$

Dejanska napetost (σ_{dej}) je manjša ali enaka dopustni (dovoljeni) napetosti (σ_{dop}).

Evrokod 5

Slovenija je sprejela sodobne evropske standarde za projektiranje gradbenih konstrukcij pod imenom Evrokodi. Evrokodi so skupni vsem konstrukcijam iz različnih materialov, za les pa imajo oznako Evrokod 5. Zajemajo naravni (masivni) les, vse lesne plošče, lepljen lameliran les, kratka materiale, ki so anizotropni, po strukturi so vlaknasti in izpostavljeni spremembam vlage in trajanju obtežb.

Dimenzioniranje po Evrokodu 5 je zasnovano na najnovejših spoznanjih in je zahtevnejše od predhodnega. Zajema ali predpisuje tudi druge standarde, ki jih je potrebno upoštevati, na primer: razvrščanje konstrukcijskega lesa v sortirne in trdnostne razrede, predpise o lastnostih in kvaliteti materiala, razrede uporabnosti ... Dimenzioniranje je zasnovano po metodi mejnega stanja nosilnosti, ki zahteva, da so izpolnjene zahteve po nosilnosti in uporabnosti lesene konstrukcije oziroma vsakega njenega elementa.

Vsekakor novi predpisi bolje kot predhodni upoštevajo mehanske lastnosti lesa.

Upoštevan je standard SIST EN 338:2016, kjer so trdnostni razredi masivnega lesa določeni glede na vrsto lesa in kvaliteto. Pri določitvi vrednosti za dimenzioniranje (dopustna napetost) moramo upoštevati tudi več raznih koeficientov in faktorjev, ki v izračunu zajamejo razne vplive na trdnost. Glejte še poglavje 8.4.2.3 in preglednico 27 ter 28.

Primer:

Okrogla bukova palica mora prenesti natezno silo 15 000 N. Palica je dolga 1,2 m, napetost (dopustna), do katere jo lahko obremenimo, določimo po veljavnih predpisih, za naš primer:

$\sigma_{t||dop} = 12 \text{ MPa}$. (Osnovna vrednost za napetost je podana v preglednici 28.)

Izračunajmo premer palice in raztezek!

$$\sigma_{dej} < \sigma_{dop}$$

$\sigma_{tdej} = \sigma_{t||dop}$ Material najbolje izkoristimo, če je dejanska napetost enaka dopustni.

$$\sigma_{tdej} = \frac{F}{S} \quad \underline{S} = \frac{F}{\sigma_{tdej}} = \frac{15000 \text{ N}}{12 \text{ N/mm}^2} = 1250 \text{ mm}^2$$

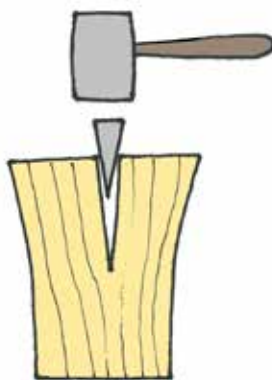
$$S = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \quad d = \sqrt{\frac{4 \cdot S}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 1250 \text{ mm}^2}{\pi}} = 40 \text{ mm}$$

Elastični modul za bukev odčitamo iz preglednice 18: $E_{||} = 16 000 \text{ MPa}$

$$\sigma_{dej} = E \cdot \frac{\Delta l}{l} \quad \Delta l = \frac{\sigma_{dej} \cdot l}{E} = \frac{12 \text{ MPa} \cdot 1200 \text{ mm}}{16000 \text{ MPa}} = 0,9 \text{ mm}$$

4.4.2.11 Cepilna trdnost

Cepljenje (kalanje) lesa nastopi zaradi prodiranja klina v les, lahko z udarcem (dinamična sila) ali postopoma s povečevanjem statične sile (strojno cepljenje). Klin ne prereže lesnih vlaken, jih samo razdvoji in tako ostanejo vlakna lesa neprerezana. Cepimo vedno v vzdolžni smeri, prečno na vlakna pa se lesa ne da cepiti, ampak se samo tlači.



Slika 111: Cepljenje (Z. S.)

Cepilna trdnost (cepljivost) je odpor proti razdvajanju lesnih vlaken, ki se samo ločijo, ne pa zlomijo. Izračunamo jo po znani enačbi za napetost:

$$\sigma_{cep} \text{ (MPa)} = \frac{F_{max}}{S}$$

σ_{cep} (MPa) cepilna napetost

F_{max} (N) maksimalna sila

S (m²) površina prereza cepljenja

Preglednica 19: Cepilna trdnost (srednje vrednosti)

Vrsta lesa	Cepilna trdnost (MPa), $u = 12 - 15 \%$	
	radialno	tangencialno
bor, rdeči	0,37	0,36
smreka	0,25	0,34
bukev	0,67	0,96
gaber	0,45	-
hrast, dob	0,53	0,62
hrast, graden	0,60	0,78

Na cepljivost vplivajo:

- zgradba lesa; vrste lesa z ravnim potekom lesnih vlaken in z izrazitimi trakovi se lažje cepijo; zavita rast in grče otežujejo cepljenje;
- smer cepljenja (anizotropija); v radialni smeri je les lažje cepljiv, kot v tangencialni.

- gostota; odpor proti cepljenju narašča z gostoto lesa;
- vlažnost lesa; vpliv vlage ni povsem enoznačen; nedvomno se bukev, gaber, smreka, macesen lažje cepijo pri višji vlažnosti.

S cepljenjem les pripravljamo predvsem za kurjavo. Nastanejo pa cepanice, polena in drva. Izdelujemo tudi predmete, kjer vlakna ne smejo biti prerezana: doge za sode, skodle, vinogradniške kole ... Cepanice danes izdelujejo strojno, ročno pa še vedno cepimo skodle za pokrivanje streh.

Cepljivost lesa upoštevamo pri obdelavi. Na primer: pri rezanju proti lesnim vlaknom nastanejo zacepitve in hrapava površina. Žebelj moramo zabiti od roba (čela) poševno, da les ne počí in podobno. Pri luščenju furnirja je nevarnost cepljenja furnirja, ko nož prodira v hlod, preprečimo pa jo s tlačno letvijo.

Primer:

Cepimo bukovino po ploskvi širine 18 cm in dolžine 50 cm, v radialni smeri.

Kolikšna je sila cepljenja?

Iz preglednice 19 odčitamo za bukev $\sigma_{cep} = 0,67 \text{ MPa}$.

$$\sigma_{cep} = \frac{F_{max}}{S} \quad F_{max} = \sigma_{cep} \cdot S$$

$$F_{max} = 0,67 \frac{N}{mm^2} \cdot 180 \text{ mm} \cdot 500 \text{ mm} = 60300 \text{ N} = 60,3 \text{ kN}$$

4.5 Trajnost lesa

Trajnost lesa je časovno obdobje, v katerem les ohrani svoje naravne lastnosti oziroma ustrezno služi svojemu namenu ali uporabi. Čas je različno dolg in ga bomo spoznali v nadaljevanju. Daljša trajnost pomeni večjo uporabno vrednost lesa. Za najstarejšo leseno zgradbo na svetu ~1400 let velja budistični tempelj Hōryū-ji v japonskem mestu Nara. V poglavju obravnavamo naravno trajnost – odpornost, ki jo ima zdrav nezaščiten les.

Naravna trajnost lesa je odvisna od:

- lastnosti posamezne drevesne vrste,
- časa sečnje,
- abiotskih (neživih) dejavnikov, ki so predvsem atmosferski kisik, padavine, visoke in nizke temperature ter sončna svetloba. Povzročajo majhne in počasne poškodbe lesa, ki se razvijejo šele čez nekaj let in zmanjšajo trajnost.
- biotskih (živih) dejavnikov, to pa so predvsem glive in insekti, povzročajo pa razkroj in degradacijo lesa (poglavje 5).

Abiotski in biotski dejavniki so odvisni od pogojev uporabe les; torej od mesta in načina uporabe.

4.5.1 Trajnost drevesnih vrst

Drevesne vrste lesa imajo različno naravno odpornost. Razlike pa so tudi med predstavniki iste vrste. Trajnost je prirojena, največji vpliv pa imajo ekstraktivne snovi v lesu, zgradba (hidrofobnost celične stene), širina branik, gostota lesa ... Vrste, ki imajo obarvano jedrovino, so trajnejše, ker jedrovinske (ekstraktivne) snovi in tile zaščitijo les. Beljava nima jedrovinskih snovi, ima pa hranljive snovi (glukoza), ki so hrana za glive in insekte.

Daljšo trajnost imajo tudi iglavci, ki vsebujejo smolo. Kasni les je trajnejši od ranega lesa, zato je, na primer, smreka z ozkimi branikami trajnejša od smreke s širokimi branikami.

Po evropskem standardu SIST EN 350 – 2:1994 je les za gradbene konstrukcije razvrščen v pet trajnostnih razredov (preglednica 20). Podatki veljajo za jedrovino, beljava vseh lesov je manj trajna in spada v najnižji odpornostni razred (5).

Preglednica 20: Trajnostni razredi

Razred odpornosti	Oznaka	Trajnost lesa na prostem v letih	Drevesne vrste
zelo odporne	1	20 +	robinija (1–2), iroko, tik
odporne	2	15–20	hrast (dob), kostanj, tisa
zmerno odporne	3	10–15	macesen, oreh, bor (3–4), duglazija
neodporne	4	5–10	smreka, jelka, brest
zelo občutljive	5	< 5	bukev, javor, topol, breza, lipa, gaber

Zelo odporna vrsta je robinija, ki je pri nas povsem udomačena, sledi pa hrast. Obe vrsti imata izrazito črnjavo in tile. Najbolj sta primerni za konstrukcije, ki so zunaj, v vodi in na/v zemlji.

4.5.2 Čas sečnje

Priporočljiv čas podiranja dreves je pozimi, ker vsebuje les manj vode in sokov, pa tudi temperatura zraka ni ugodna za razvoj lesnih škodljivcev. Les, posekan pozimi, je zato trajnejši. Po izročilu naših prednikov je čas podiranja dreves ob “stari luni”, ki je v drugi polovici decembra, januarja in prvi polovici februarja. Les so sekali tudi v drugi polovici avgusta – po 15. 8. (Veliki Šmaren), ko se vegetacijski proces umiri.

Priporoča se, da je sečnja bukve končana do meseca maja, ker jo sicer zelo hitro napadejo glive. Po sečnji je za trajnost pomembna manipulacija z lesom, da se les ne okuži s trosi gliv, da ga pravilno skladiščimo, da čim prej zagotovimo pravilno sušenje, da je čim manj napak in razpok, ki omogočijo vdor škodljivcev v les.

4.5.3 Mesto in način uporabe lesa

Evropski razredi izpostavitve lesa glede na mesto uporabe (SIST EN 335:2013) so podani v naslednji preglednici 21.

Preglednica 21: Razredi izpostavitve lesa glede na uporabo

Razred izpostavitve	Mesto uporabe	Vlažnost lesa	Izdelki
I	nad tlemi, pokrito, stalno suho	pod 20 %	pohištvo
II	nad tlemi, pokrito, nevarnost močenja	občasno nad 20 %	stavbno pohištvo
III	nad tlemi, nepokrito, nevarnost močenja	pogosto nad 20 %	vrtno pohištvo
IV	v tleh ali vodi, stalno vlažno	stalno nad 20 %	koli, pragovi
V	v morski vodi	stalno nad 20 %	piloti

Trajnost bivalnega pohištva je največja, ker je les posušen na nizko vlažnost in ni pogojev za razvoj gliv (razred izpostavitve I). Insekti se lahko razvijejo tudi v lesu pod vlažnostjo 20 %, vendar se ne pojavijo v ogrevanih, prezračevanih, bivalnih prostorih.

Trajnost stavbnega pohištva (okna, vrata) je krajša (razred izpostavitve II), ker je pohištvo na zunanji strani izpostavljeno močenju in soncu.

Manj traja les, ki je občasno v toplem okolju, izpostavljen padavinam in soncu (razred izpostavitve III).

Kratko trajnost ima les, ki je v dotiku s površino zemlje (razred izpostavitve IV), na primer drogovi zakopani v zemljo, železniški pragovi, koli ..., ker so stalno vlažni nad 20 %, najslabša trajnost lesa pa je v morski vodi (razred izpostavitve V) zaradi morskih škodljivcev.

Verodostojne podatke o trajnosti lesa nam dajo razni laboratorijski in terenski testi, s katerimi določimo razred odpornosti za posamezno drevesno vrsto.



a) terenski test naravne odpornosti lesa – III. razred izpostavitve



b) terenski test naravne odpornosti lesa – IV. razred izpostavitve

Slika 112: Terenska testa naravne odpornosti lesa na Oddelku za lesarstvo, Biotehniška fakulteta, Univerza v Ljubljani (X)

Les, posušen pod 20 % vlažnosti, je torej odporen proti delovanju gliv. Les z visoko vlažnostjo ali napojen les je povsem zaščiten, saj se glive in insekti v njem ne morejo razviti. Les, ki je stalno pod sladko vodo ali v blatu, ne propade, ker je zaščiten pred vsemi škodljivci in ni v stiku z zrakom. Les z barjanskih kolišč je star okoli 5000 let, leseno pohištvo iz grobnice kraljice Heteferes v Gizi pa je staro 4500 let in je v odličnem stanju.



Slika 113: Leseno kolo z osjo s kolišča Stare gmajne pri Vrhniki – staro 5150 let (X)

Naloge:

- Pridobite kvadratna vzorca lesa iz smrekovine in hrastovine. Les naj bo vsaj zračno suh.
 - Opišite njune estetske lastnosti. Poudarite razliko med teksturo listavcev in iglavcev.
 - Določite maso obeh vzorcev s tehtanjem in izmerite dimenzije. Izračunajte njuni gostoti.
- Vzorca za daljši čas potopite v vodo.
 - Ponovno ju stehtajte, izmerite in izračunajte gostoto.
 - Ugotovite maso vode, ki sta jo sprejela vzorca.
 - Izračunajte delna odstotka nabrekanja.
- Pojasnite, zakaj se spremeni vlažnost lesa, če se v prostoru spremeni temperatura zraka?
- Opredelite les kot energetski vir (pomagajte si z ustrežno literaturo in spletom). Napišite tudi s kakšnimi trdimi delci, pri gorenju, les onesnažuje zrak.
- Skicirajte oba nosilca, ki prenašata upogibno obremenitev in navedite razliko med njima. Označite vrste napetosti po prerezu.
- Utemeljite, zakaj bukovina ni naravno odporna proti vremenskim vplivom.

5. LESNI ŠKODLJIVCI

Med lesne škodljivce uvrščamo dejavnike, ki les poškodujejo, razkrojijo in tudi uničijo.

Razlikujemo abiotske in biotske dejavnike.

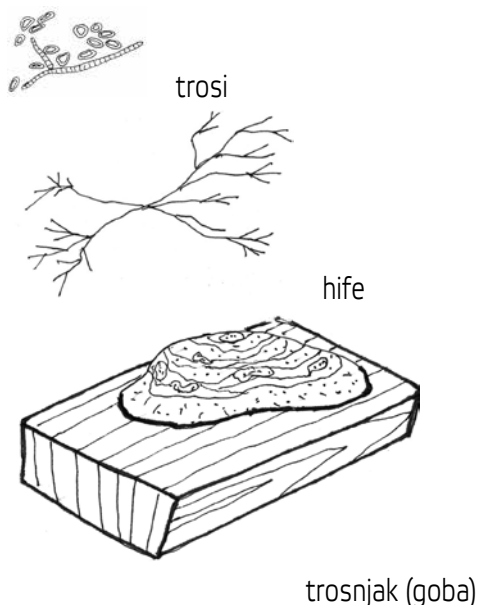
- Abiotski (neživi) dejavniki so predvsem atmosferski kisik, padavine, visoke in nizke temperature ter sončna svetloba. Izpostavljenemu lesu najprej povzročajo spremembo naravne barve, nato (čez nekaj let) pa degradacijo površine lesa. Les na prostem, ki je izpostavljen soncu, je obravnavan v poglavju 4.3.3. Les propada tudi zaradi kemičnih in toplotnih vplivov.
- Biotski (živi) dejavniki so živi organizmi, ki razkrajajo in poškodujejo les ter mu tako skrajšajo dobo uporabe. Obravnavali bomo:
 - glive,
 - insekte in
 - morske škodljivce.

5.1 Lesne glive

Glive (Fungi) so mikroorganizmi rastlinskega sveta, ki napaden les precej hitro razkrajajo. Zmanjšajo se njegove mehanske in druge lastnosti, na koncu pa se les drobi in razpade.

Glive se predvsem razmnožujejo s trosi (sporama), ki so v ozračju, če je v bližini razvit trosnjak (goba) oziroma okužen les. Trosi ohranijo kaljivost tudi do enega leta. Iz trosov gliv vznikajo nitkaste hife, te pa prodirajo v lesne celice. Hife izločajo encime, ki predelajo sestavine lesa. Porabijo jih za svojo rast, les pa pri tem trohni in propada. Gliv je mnogo vrst, razvijajo pa se samo v ugodnih pogojih, ki so:

- vlažnost lesa 20–60 %,
- temperatura –35 °C in
- prisotnost zraka (kisika).



Slika 114: Razvoj gliv (Z. S.)

Glive so paraziti (zajedalci), saj za svojo rast potrebujejo organsko snov, ki jo pridelajo zelene rastline s klorofilom. Nujne so za življenje v naravi (gozdu) in ekološko ravnovesje, saj lahko popolnoma razkrojijo lesno snov brez škodljivih stranskih produktov. Glive z okuženega lesa se hitro prenesejo na zdrav les. Vse glive spremenijo barvo lesa, kot glive »barvarke« pa označimo samo tiste, ki ne povzročajo trohnobe.

Obravnavali bomo:

- obarvanja lesa zaradi gliv,
- trohnobne glive in
- hišne gobe.

5.1.1 Obarvanje lesa zaradi gliv

Glive "barvarke" spremenijo samo barvo lesa, povzročajo estetske spremembe lesa, vse ostale lastnosti pa se ne spremenijo. Najbolj pogoste napake so:

- modrivost,
- rjavo-rdeče proge,
- obarvanost beljave,
- obarvanje zaradi plesni.

Barva lesa se spremeni tudi zaradi trohnobnih gliv, ki povzročajo rjavo in belo barvo lesa (poglavje 5.1.2).

Modrivost

Modrivost povzročijo glive modrivke (obarvane so hife). Les postane umazano modre barve (sive do modre). Glive modrivke se hranijo z vsebino parenhinskih celic, ne razkrajajo pa celuloze in lignina. Modrivost se pojavi na lesu, ki je vlažen in neustrezno skladiščen (ni gibanja zraka in sušenja). Nastaja pogosteje pri boru in drugih iglavcih, redkeje pri listavcih. Pogosta modrivka je *Aureobasidium pullulans*. Modrivost ni trohnoba, je le estetska napaka, ki se pojavlja tudi na vgrajenem lesu.



Slika 115: Modrivost (smreka) (U. G.)

Rjave in rdeče proge

Rjave in rdeče proge so prva faza trohnenja. Vzrok pa so razne saprofitske glive, ki za svoj razvoj potrebujejo več vlage. Napadejo les iglavcev in so pogostejše pri vrstah, ki imajo mokro srce (jelka) v neustrezno skladiščenih hlodih. Pojavijo se lahko v središčnem delu ali se razvijajo v notranjost proti zunanosti debla. Rjave in rdeče proge preidejo v rjavo trohnobo, vendar so v začetni fazi in v manjšem obsegu dovoljene pri konstrukcijskem lesu (poglavje 6.6.3).

Obarvanost beljave

Obarvanost beljave povzročijo glive (njihove hife), ki lesa ne razkrajajo. Les obarvajo modro, zeleno, v obliki rumenih, oranžnih, rjavih madežev ... Obarvanost je globoka, če preseže globino 2 mm.



Slika 116: Obarvanost beljave (M. G.)

Obarvanje lesa zaradi plesni

Obarvanje povzročijo razraščeni skupki micelij gliv (plesnivke) na površini lesa. Micelij (puhasta prevleka) ponavadi obarva les s progami različnih barv (siva, modra, zelena). Nastane pri višji vlažnosti lesa in slabem gibanju zraka (zatohel prostor). Obarvanje sortimentov zaradi plesni se lahko odstrani že s plitkim skobljanjem.

5.1.2 Trohnobne glive

Trohnobne glive (razkrojevalke) se prehranjujejo s sestavinami celičnih sten in razkrajajo celulozo ali lignin. Les najprej spremeni barvo, nato začne trohneti in nazadnje razpade v obliki kock, prahu, lusk, torej je popolnoma uničen. Že po nekaj tednih delovanja gliv se občutno zmanjša trdnost, trdota, elastičnost in gostota lesa, poveča pa se poroznost in s tem večja sposobnost vpijanja vode, skratka tak les postaja neuporaben. Vedno se spremeni barva in tekstura lesa, trajnost pa se seveda bistveno skrajša. Zmanjša se tudi kalorična vrednost lesa.

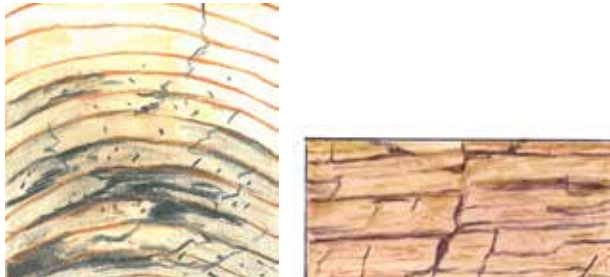
Trohnobne glive razlikujemo po barvi:

- glive, ki povzročajo trohnobo rjave barve, in
- glive, ki povzročajo trohnobo bele barve.

Rjava trohnoba

Rjavo trohnobo (rjavost) povzroča več vrst gliv, ki razkrajajo celulozo (lignin rjave barve ostane). Najbolj pogoste so pri iglavcih, listavce pa redko napadejo. Napredujejo hitro, les pos-

tane temorjave barve, razpade pa v obliki kock ali prizem. Najškodljivejša je rjava tramovka (*Gleophyllum abietinum*). V prvi fazi se spremeni barva, primer pa je rjavost pri smreki, ki se pojavi v deblu ali kasneje pri sortimentih.



Slika 117: Rjava tramovka (Z. S.)

Bela trohnoba

Belo trohnobo povzročajo skupine gliv, ki razgradijo lignin, celulozni skelet pa ostane dlje časa. Prepoznamo jo po beli barvi, praviloma napade listavce. V belo trohnobo spada tudi piravost.



Slika 118: Bela trohnoba (Z. S.)

5.1.2.1 Piravost

Bela trohnoba je tudi piravost. Je neenakomerno razporejena v lesu. Nekateri deli lesa so strohnili, poleg njih pa je sloj zdravega lesa. Glive, ki povzročajo piravost, napadejo posekan les bukve, pa tudi les breze, gabra in javorja. Najprej se pojavi rdeče obarvanje (rdeče srce), ki je opazno na čelnem prerezu, nato pa se okužba z glivami zelo hitro koničasto širi v notranjost. Pojavijo se bele, rdečkaste, rjave in črne linije, kjer les zelo hitro propada.

Podiranje bukve meseca maja ali poleti, ko so ugodni pogoji za razvoj gliv, ni priporočljivo (včasih ni bilo dovoljeno).



Slika 119: Piravost (M. G.)

5.1.3 Hišne gobe

Hišne gobe so nevaren uničevalec vgrajenega lesa. Napadajo konstrukcijski les lesenih hiš, lesene pode, podboje in tudi pohištvo. Najbolj pogoste so: bela hišna goba (*Poria vaillantii* ali *Fibroporia vaillantii*), kletna goba (*Coniophora puteana*) in siva hišna goba ali solzivka (*Serpula lacrymans*). V splošnem so si hišne gobe podobne. Razmnožujejo se s trosi in tudi s hifami, ki so združene v vrvice (rizomorfe). Kemijsko razkrajajo celulozo (ostane lignin), zato je les najprej rjave barve, razpade pa kockasto. Hišna goba je "zahrbtna", saj jo velikokrat opazimo prepozno: ko se les napne, ko postaja valovit, ko začne odstopati lak ali pa opazimo blazinice podgobja (bele ali sive barve). Hišna goba se razvije v zatohlih in vlažnih prostorih (kleti) hiše, pa tudi če vgradimo prevlažen les – nad točko nasičenosti lesnih vlaken (30 %). Iz vlažnega dela se hife lahko razširijo tudi v suhe dele vgrajenega lesa. Gobo težko uničimo, ker lahko delčki gob (ostanki hif, trosi) ponovno oživijo, če nismo zelo skrbno in strokovno opravili sanacije stavbe. Nevarnost pojava gobe je tudi po poplavih, če počí vodovodna cev ... Takrat se leseni deli navlažijo in glive jih napadejo ali se razvijejo.



a) kletna goba (Z. S.)



b) siva hišna goba (solzivka) (X)



c) bela hišna goba (X)

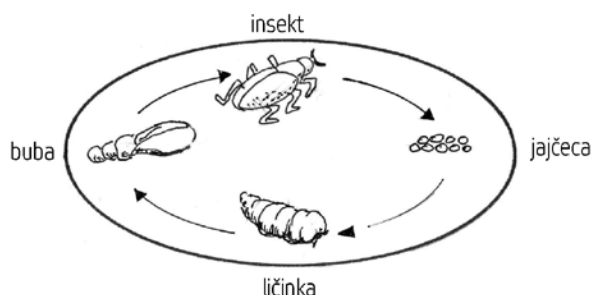
Slika 120: Hišne gobe

Še enkrat poudarimo, da je les zaščiten pred napakami zaradi delovanja gliv, ko je posušen pod vlažnost 20 %.

5.2 Lesni insekti

Lesni insekti (žuželke) vrtajo v les rove. Tako povzročajo mehanske poškodbe, ki najprej zmanjšajo vrednost lesa, lahko pa ga celo uničijo. Za razliko od gliv insekti napadajo tudi suh les.

Razvoj insektov poteka v štirih stopnjah. Samica odloži jajčeca. Iz njih se razvijejo ličinke, ki se hranijo z lesom (celulozo), tako da v njem dolbejo rove. Ličinke (larve) se zapredejo v bubo. Iz bube pa se razvije insekt (imago), ki običajno zapusti les skozi izletne odprtine, ki so opazne na površini lesa kot luknjice. Trdovratnost insektov kaže razvojno obdobje ličinke, ki traja več let in v tem času uničuje les.



Slika 121: Razvojni cikel lesnih insektov (Z. S.)

Najugodnejša temperatura za aktivnost insektov je približno 27 °C, pri približno 45 °C pa insekti že odmro. Pri nižjih temperaturah intenzivnost delovanja upada in preneha pri 4 °C, ko insekt otrpne. Praviloma je višja zračna vlažnost (in s tem višja vlažnost lesa) ugodna za razvoj insektov. Prostori, ki so suhi, pozimi ogrevani in prezračevani, niso ustrezni za razvoj lesnih insektov.

Veliko insektov živi v sožitju z glivami (biotske glive). Glive in insekti skupaj povzročijo še hitrejši razkroj in popoln razpad lesa.

Insekti napadejo:

- rastoča drevesa (primarni insekti),
- posekan les na prostem (sekundarni insekti),
- posušen les v izdelkih (terciarni insekti).

5.2.1 Insekti v drevesu

Insekti v drevesu (primarni), ki raste, živijo v drevesu pod lubjem v območju ličja, kambija in lesa, kjer izvirajo rove. Prehranjujejo se s sokovi drevesa, po poseku drevesa pa ličinke praviloma poginejo. Najbolj znani in razširjeni so **podlubniki** (*Ipidae*), družina majhnih hroščev (0,5–12 mm), ki živijo v ličju drevesa. Opazimo jih, ko se pojavijo luknjice na lubju ali pod luskami lubja, črvina pa je dobro vidna na lubju in korenčniku. Pozneje se okoli luknjic nabira smola, iglice drevesa spremenijo barvo in odpadajo, v končni fazi pa drevo propade.

Najnevarnejši podlubniki so **lubadarji** (*Ipinae*), ki v slovenskih gozdovih uničujejo smreko.

Najnevarnejša sta osmerozobi in šesterozobi (slika 122). Podlubniki napadajo predvsem obolela drevesa, višja temperatura ozrača in suša pa bistveno vplivajo na hitrost razvoja lubadarjev. Napadena drevesa moramo takoj posekati in odpeljati iz gozda in predelati v sortimente. Če ostanejo debla v gozdu, se morajo olupiti na ponjavo. V vsakem primeru je nujno uničenje zalege (sežig lubja, sečnih ostankov in vej). Podlubniki (beljavarji) imajo tudi odločilno vlogo pri razširjenju glivične bolezni na brestih (holandska bolezen).



a) šesterozobi



b) osmerozobi

Slika 122: Smrekov lubadar in njegov rovni sistem (X)

5.2.2 Insekti v lesu na prostem

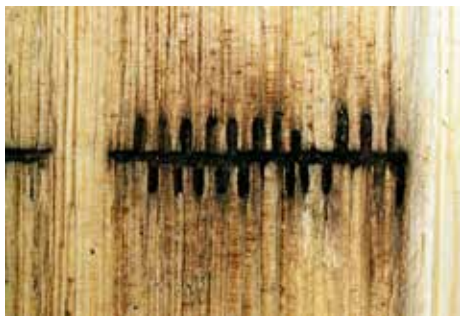
Insekti v lesu na prostem (sekundarni) ali insekti svežega lesa napadajo posekano drevje in se prehranjujejo s snovmi v ličju (škrob) in s celulozo v lesu. Insekti, ki so v lesu in živijo v sožitju z glivami, se imenujejo ambrozijski hrošči. Vhodne odprtine rovnega sistema imajo premer okoli 1,5–2 mm (mušičavost lesa), značilna pa je tudi prisotnost črvine. Ambrozijski hrošči propadejo, ko se les posuši.

Najbolj znana in pogosta hrošča te skupine sta:

- progasti lestvičar in
- hrastov strženar.

Progasti lestvičar (*Xyloterus lineatus*) napada les iglavcev, zlasti smreko in jelko; hrastov strženar (*Platypus cylindrus*) pa hrast in bukev. Rove vrtata v beljavo pa tudi jedrovino lesa in lahko povzročita večjo škodo. Ambrozija hrošči propadejo, ko se les posuši. Zato je zelo pomembno da posekan les takoj spravimo iz gozda, ga pravilno skladiščimo in čimprej razžagamo in sušimo.

Lesne ose (primer *Sirex juvencus*) najraje napadejo posekan les iglavcev. Vrtajo rove, ki so polni črvine in jih zato težje opazimo. Mlada osa izgrize okroglo izletno odprtino, premera 4–7 mm. V primeru, da uporabimo napaden les, se ose prenesejo v konstrukcijo in delujejo naprej. Insekti se prebijejo na prosto tudi skozi različne materiale, če je les prekrit. Gradbena konstrukcija je ogrožena, skozi izletne odprtine pa pride tudi do zamakanja lesa, če je le-ta izpostavljen padavinam.

a) progasti lestvičar (*Xyloterus lineatus*) (X)

b) lesne ose (M. G.)

Slika 123: Insekti na prostem

5.2.3 Insekti v vgrajenem lesu

Insekti v vgrajenem lesu (terciarni) napadajo suh les: vse vrste pohištva, konstrukcije, ostrešja, umetniške kipe in predmete ... Les razkrajajo z lastnimi encimi, nekateri pa v svojih rovih gojijo celo simbiotske glive. Glive in insekti skupaj povzročijo še hitrejši razkroj in popoln razpad lesa. Terciarni insekti napadajo ali poškodujejo suh les v daljšem časovnem obdobju in v njem živijo več generacij. Zapustijo pa ga takrat, ko je povsem uničen. Pri nas so pogosti insekti iz družine kozličkov in trdoglavcev. Najbolj razširjeni so:

- hišni kozliček,
- navadni trdoglav,
- parketar in
- termiti.

Hišni kozliček

Hišni kozliček (*Hylotrupes bayulus*) napada suh les iglavcev. Ličinka je dolga 20–30 mm, izvrtja pa rove premera do 10 mm in lahko povzroči zmanjšanje trdnosti ali celo porušitev lesenega dela. Je najnevarnejši škodljivec gradbenega

lesa. Ker je velik, ne napade izdelke manjšega prereza, na primer letve.



Slika 124: Hišni kozliček (X)

Navadni trdoglav

Navadni trdoglav (*Anobium punctatum*) napade les iglavcev in listavcev v pohištvu ali stavbnem lesu. Rad napade tudi star les in povzroča veliko škodo na umetniških predmetih naše kulturne dediščine. Ugodni pogoji za njegov razvoj so zatohli in vlažni prostori. Premer rogov je približno 1–2 mm. Značilni so kupčki črvine na poškodovanem lesu. Ob ugodnih pogojih se trdoglavci pojavijo množično in lahko v nekaj letih izvrtajo toliko rogov, da je izdelek popolnoma uničen.



Slika 125: Navadni trdoglav (Z. S.)

Parketar (beljavar)

Parketar (*Lyctus brunneus*) uničuje beljavo lesa listavcev (hrast, kostanj, jesen, javor, brest). Les zgrize v droben prah, ki ostane v rovih, jedrovi- na pa je nedotaknjena. Premer rogov je približno 1–1,5 mm. Pogosto napade parket, če deščice vsebujejo beljavo.



Slika 126: Parketar (M. G.)

Termiti

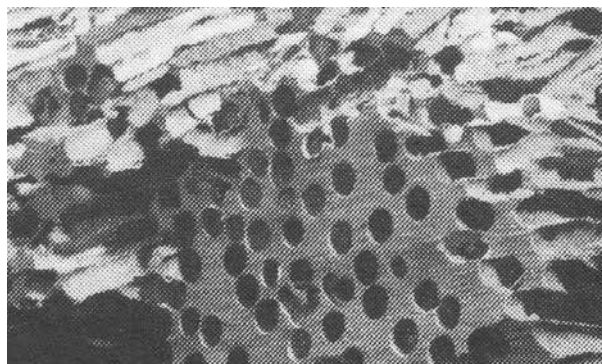
Termiti (Isoptera) so red žuželk, ki živi v tropih in subtropih in se prehranjujejo z lesom. Ob jadranski obali se pojavlja rumenovrati termit ali termit suhega lesa, ki napada obdelan les, in zemeljski termit ali termit vlažnega lesa.

V tropih in subtropih so termiti razširjeni in lahko uničijo večje lesene objekte. Prebivajo v ter-

mitnjakih, ki jih izgradijo iz prežvečenega blata in svojih izločkov. Organizirani pa so podobno kot mravlje, zato jim pravijo tudi bele mravlje.

5.3 Lesni morski škodljivci

V morju živijo organizmi, ki se prehranjujejo z lesom. Najbolj razširjena je ladijska svedrovka (*Teredo navalis*) imenovana tudi ladijski črv. Svedrovka je školjka, ki vrta v lesene ladje, čolne, pilote, priveze, skratka napade vse vrste lesa, ki so stalno v morju. Rovi so eden poleg drugega, dolgi, premera pa 5–10 mm. Stene rova obda z apnencem. Napaden les povsem in hitro propade.



Slika 127: Ladijska svedrovka (28.: 119)

Naloge:

- Skicirajte razvojne faze gliv in imenujte njihove posamezne dele. Definirajte in pojasnite pogoje za razvoj gliv.
- Zakaj lahko hišna goba napade tudi suh les? Napad skicirajte (potek hif).
- Skicirajte razvojni cikel insektov in posebej označite razvojno obliko, ki uničuje les.
- Opišite postopke za preprečevanje razvoja in uničenja insektov v lesu (glejte še poglavje Parjenje lesa).

6. NAPAKE LESA

Napake lesa otežujejo njegovo predelavo in uporabo, zmanjša pa se tudi uporabnost in s tem vrednost lesa. So osnova za sortiranje (razvrščanje) lesa v kvalitetne razrede, upoštevati jih je potrebno pri predelavi in uporabi lesa.

Nekatere napake nastanejo pri normalni rasti drevesa (grče, koničnost, žlebast prerez ...), druge pa so povzročene z neugodnimi pogoji rasti drevesa, nepravilnimi postopki pri vzgoji gozdov ali predelavi lesa, napadom škodljivcev ... Napake se lahko zmanjšajo s pravilno vzgojo dreves v gozdu in z ustreznimi postopki pri spravilu ter predelavi lesa.

Razvrstitev, definicija, merjenje napak je lahko različno, za eno napako lahko obstajajo dve, tri ali več pravil.

Nadaljnja vsebina je večinoma opredeljena s standardi (poglavje 1.1.1).

Za hlode bomo upoštevali pravila za napake, povzete po *Pravilniku o merjenju in razvrščanju gozdnih lesnih sortimentov iz gozdov v lasti Republike Slovenije RS* (Ur. list št. 30/2017). Pravilnik olajša delo, saj so različna določila in pravila za določanje napak zbrane na enem mestu, sledi pa uvrščanje hlodov v kakovostne razrede.

Pravilnik je narejen na osnovi slovenske prakse, povzema pa tudi Evropske standarde (EN).

Za žagan les bomo navajali napake po veljavnih SIST EN, SIST DIN standardih. Žagan les razvrščamo v kakovostne, sortirne in trdnostne razrede.

NAPAKE OKROGLEGA LESA

Nepravilnosti v obliki debla (pogl. 6.1)

- koničnost
- krivost
- ovalen prerez
- ekscentričnost
- žlebast prerez

Poškodbe debla zaradi fizikalnih in mehanskih vplivov (pogl. 6.2)

- kolesivost
- notranje (srčne) razpoke debla
- mrazne razpoke
- obodne in čelne razpoke debla
- dvojno srce
- poškodbe drevesa

NAPAKE OKROGLEGA IN ŽAGANEGA LESA

Nepravilnosti v anatomske zgradbi lesa (pogl. 6.3)

- grče
- širina branike
- zavita rast debla
- naklon vlaken
- valovita rast
- reakcijski les
- smolike
- stržen
- vrasla skorja

Razpoke in sprememba oblike žaganega lesa (pogl. 6.4)

- razpoke žaganega lesa
- koritavost
- ukrivljenost

Napake pri proizvodnji žaganega lesa (pogl. 6.5)

- lisičavost

Napake v barvi lesa in trohnobe (pogl. 6.6)

- spremembe naravne barve lesa zaradi gliv: modrivost, rjave in rdeče proge, obarvanost beljave in srca, obarvanje zaradi plesni
- diskoloriran les in mokrina
- bela ter rjava trohnoba
- strženove (parenhiske) pege
- dvojna beljava

Poškodbe zaradi insektov (pogl. 6.1)

- vse vrste rovov – izletnih odprtín

6.1 Nepravilnosti v obliki debla

Različne oblike debla (okroglega lesa) nastanejo pri rasti drevesa in so: koničnost, krivost, ovalen prerez, ekscentričnost in žlebast prerez.

Pojasnilo:

Definicija in merjenje napak v tem poglavju sta povzeta po Pravilniku o merjenju in razvrščanju gozdnih lesnih sortimentov iz gozdov v lasti Republike Slovenije.

- Premer čela hloda je srednji premer čela. Meritev se opravi najmanj 5 cm vstran od čela.
- Premer hloda pomeni srednji premer na polovici dolžine hloda.
- Premer na mestu merjenja pomeni srednji premer na mestu merjenja napake.
- Srednji premer D se meri dvakrat navzkrižno (največji D_{max} in najmanjši D_{min} premer). Merjeno vrednost pa zaokrožimo navzdol na celi centimeter (cm). Izračunamo:

$$D = \frac{D_{max} + D_{min}}{2}$$
 Rezultat tudi zaokrožimo navzdol na centimeter (cm) natančno. (Glejte še naslednje poglavje 7.1.)
- Pri sortimentu s korenovcem se območje korenovca ne upošteva pri merjenju napak.

6.1.1 Koničnost debla

Koničnost je odstopanje oblike debla od oblike valja in pomeni upadanje premera po dolžini debla ali hloda.



Slika 128: Koničnost debla (Z. S.)

Merjenje in izračun koničnosti

Koničnost lahko določimo na več načinov. Običajno (in tudi po standardu EN 1310: 2001) jo določimo s padcem premera (pp) glede na dolžino debla.

Padec premera:

$$pp(\text{cm/m}) = \frac{D_1 - D_2}{L}$$

Koničnost je razlika med premeroma čel, ki ju delimo z dolžino, glede na premer večjega čela. Koničnost do 1 % ni napaka.

Enačba:

$$\text{koničnost} = \frac{pp}{D_1} 100(\%)$$

pp (cm/m)..... padec premera (na dolžini 1m)

D_1 (cm)..... premer debelejšega čela hloda

D_2 (cm)..... premer tanjšega čela hloda

L (m)..... dolžina hloda

Debla z manjšim padcem premera od 1 cm/m imenujemo polnolesna, tista z večjim pa malolessna. Polnolesno drevo raste v strnjenem gozdnem sestoju, ima majhno krošnjo, deblo je visoko in valjasto, ima malo grč, les pa je kvaliteten. Malolessno drevo raste zunaj gozda (poglavje 2.2).

Primer:

Navzkriž izmerjena premera na debelejšem čelu hloda sta 46 cm in 44 cm, na tanjšem koncu pa 40 cm in 38 cm (izmere so zaokrožene navzdol). Dolžina hloda znaša 380 cm.

Izračunajmo koničnost in padec premera.

$$D_1 = \frac{D_{1\max} + D_{1\min}}{2} = \frac{46 \text{ cm} + 44 \text{ cm}}{2} = 45 \text{ cm}$$

$$D_2 = \frac{D_{2\max} + D_{2\min}}{2} = \frac{40 \text{ cm} + 38 \text{ cm}}{2} = 39 \text{ cm}$$

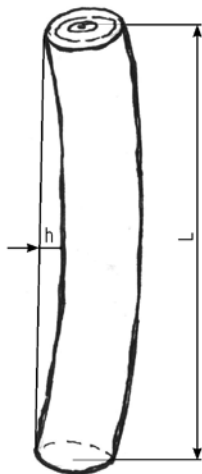
$$\text{Padec premera: } pp = \frac{D_1 - D_2}{L} = \frac{45 \text{ cm} - 39 \text{ cm}}{3,8 \text{ m}} = 1,58 \text{ cm/m}$$

$$\text{koničnost} = \frac{pp}{D_1} 100(\%) = \frac{1,58 \text{ cm}}{45 \text{ cm}} 100\% = 3,5\%$$

6.1.2 Krivost hloda

Krivost (enostranska) je odklon vzdolžne osi hloda ali debla od ravne črte. Hlod ima obliko loka. Merjenje je prikazano na sliki 129.

Krivo deblo zmanjša izkoristek, otežuje žaganje, žagan les pa ima zaradi prerezanih vlaken manjšo trdnost. Če je le smotrno, prežagamo kriv hlood na dva dela.



Slika 129: Krivost (Z. S.)

Merjenje in izračun krivosti

Krivost podamo takole:

- Krivost je največja višina loka glede na dolžino hloda, na kateri jo merimo. Višino loka merimo na milimeter natančno. Podamo jo v cm/m.
- Izrazimo jo v odstotkih srednjega premera z enačbo:

$$\text{krivost} = \frac{h \text{ (cm)}}{L \text{ (cm)}} \quad \text{ali} \quad \text{krivost (\%)} = \frac{h}{D} 100$$

h (cm).....višina loka

L (cm, m)...dolžina hloda

D (cm).....srednji premer hloda

Primer:

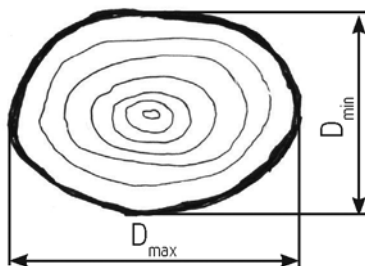
Premer hloda je 30 cm, dolžina 350 cm, višina loka pa 4,5 cm. Kolikšna je krivost?

$$\text{krivost} = \frac{h}{L} 100 = \frac{4,5 \text{ cm}}{350 \text{ cm}} 100 = 1,3\% \quad \text{ali} \quad \frac{4,5 \text{ cm}}{3,5 \text{ m}} = 1,3 \text{ cm/m}$$

$$\text{krivost} = \frac{h}{D} 100 = \frac{4,5 \text{ cm}}{30 \text{ cm}} 100\% = 15\%$$

6.1.3 Ovalen (eliptičen) prerez

Ovalnost debla je odstopanje prereza (čela) debla od krožne oblike. Pomeni, da ima prečni prerez večjo razliko med največjim in najmanjšim premerom debla. Praviloma ga imajo debela, ki imajo nesimetrično krošnjo in stržen debela ni v sredini prereza (ekscentričnost).



Slika 130: Ovalen prerez (Z. S.)

Merjenje in izračun ovalnosti

Razlika med večjim in manjšim premerom hloda glede na srednji premer na sredini hloda je ovalnost.

$$\text{ovalnost (\%)} = \frac{D_{\max} - D_{\min}}{D} 100$$

$D_{\max}$ (cm) večji premer hloda – merjen na sredini dolžine hloda

$D_{\min}$ (cm) manjši premer hloda – merjen na sredini dolžine hloda

D (cm) srednji premer hloda

Ovalnost > do 10 % (1/10) ni napaka.

Primer:

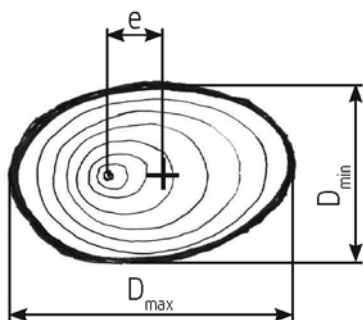
Izmerjen je največji premer hloda 58 cm in najmanjši 53 cm. Kolikšna je ovalnost?

$$D = \frac{D_{\max} + D_{\min}}{2} = \frac{58 \text{ cm} + 53 \text{ cm}}{2} = 55,5 \text{ cm}$$

$$\text{ovalnost} = \frac{D_{\max} - D_{\min}}{D} 100 (\%) = \frac{58 \text{ cm} - 53 \text{ cm}}{55,5 \text{ cm}} 100 \% = 9 \%$$

6.1.4 Ekscentričnost debla

Ekscentričnost nastane pri enostranski obremenitvi drevesa, na primer zaradi stalnega vetra ali rasti na pobočju. Pojavi se na prerezu debla, ko stržen debla ni v sredini prereza. Običajna je pri deblu ovalne oblike. Na eni strani so branike ožje, na drugi pa širše. Pri sušenju se les krivi.



Slika 131: Ekscentričnost debla (Z. S.)

Merjenje in izračun ekscentričnosti

Na enem čelu izmerimo razdaljo med strženom in geometričnim središčem preseka, ekscentričnost pa izrazimo v cm ali kot odstotni delež premera preseka. Meri se na čelu, kjer je napaka največja.

$$\text{ekscentričnost} (\%) = \frac{e}{D} 100$$

e (cm) odmik stržena od geometrijskega centra hloda

D (cm) premer hloda na čelu

Primer:

Hlod ovalne oblike ima največji premer čela 42 cm, najmanjšega pa 30 cm. Odmik stržena od geometrijskega centra hloda znaša 8 cm. Izračunajmo ekscentričnost.

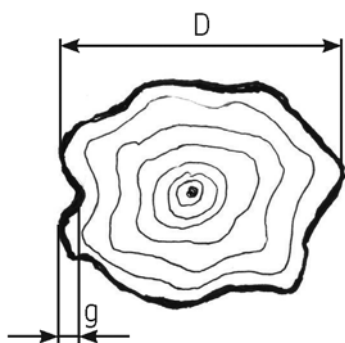
$$\text{premer čela} = \frac{D_{\max} + D_{\min}}{2} = \frac{42 \text{ cm} + 30 \text{ cm}}{2} = 36 \text{ cm}$$

$$\text{ekscentričnost} = \frac{e}{D} 100 = \frac{8 \text{ cm}}{36 \text{ cm}} 100 \% = 22 \%$$

6.1.5 Žlebast prerez

Žlebast prerez (žlebatost) ima deblo z vzdolžnimi poglobitvami – žlebovi (kanelurami), letnice pa potekajo nepravilno valovito. Velikokrat nastopi na spodnjem delu drevesa (koreničniku); značilen je za gaber, pojavi se tudi pri robiniji, tisi in brinu.

Hlodovina z nepravilnim prečnim prerezom je slabše kvalitete. Les ima slabše mehanske lastnosti, praviloma bolj poka in se krivi. Izkoristek pri predelavi v žagan les je manjši od hlodov s pravilnim prečnim prerezom.



Slika 132: Merjenje žlebatosti (Z. S)



Slika 133: Žlebast prerez pri gabru (M. G.)

Merjenje in izračun žlebatosti

Žlebatost je največja globina žleba hloda glede na premer na mestu merjenja; ugotavlja se, kjer je največja.

$$\text{stopnja žlebatosti (\%)} = \frac{g}{D} 100$$

g (cm) globina žleba (največja)

D (cm) premer hloda

Stopnja žlebatosti < 5 % (1/20) ni napaka.

Primer:

Premer hloda je 36 cm, globina žleba pa 1,8 cm. Kolikšna je žlebatost?

$$\text{stopnja žlebatosti} = \frac{g}{D} 100 = \frac{1,8 \text{ cm}}{36 \text{ cm}} 100 \% = 5 \%$$

6.2 Poškodbe debla zaradi fizikalnih in mehanskih vplivov

Napake zaradi fizikalnih in mehanskih vplivov nastanejo v času rasti debla, po poseku in pri predelavi lesa. Te napake so: kolesivost, notranje (srčne) razpoke debla, mrazne razpoke, obodne in čelne razpoke debla, dvojno srce in poškodbe drevesa.

6.2.1 Kolesivost

Kolesivost (okrožljivost) je krožna razpoka debla, ki poteka po letnici (med branikami), nastane pa zaradi rastnih napetosti predvsem v spodnjem delu debla in bistveno zmanjša izkoristek pri predelavi debla. Nastane lahko pri vseh drevesnih vrstah, pogosteje pri jelki, hrastu, pravem kostanju, jesenu in topolu.

Razlikujemo:

- delna kolesivost, pojavi se le na delu letnice in zajema manj kot 50 % (1/2 oboda) premera čela hloda;
- popolna kolesivost zajema več kot 50 % (1/2 oboda) premera čela hloda. Če les odstopi po celem krogu letnice, je 100 % kolesivost;
- dvojna ali večkratna kolesivost, les odstopi po dveh ali več letnicah hkrati.

a) popolna kolesivost
(28.: 101)b) večkratna kolesivost
(M. G.)

Slika 134: Kolesivost

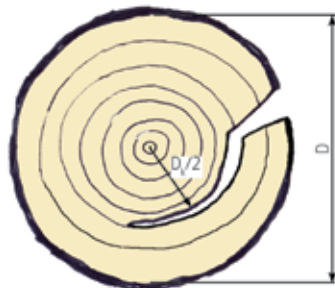
Merjenje in izračun kolesivosti

- popolna kolesivost: premer kolesivosti glede na premer čela hloda;
- delna kolesivost: premer predvidenega premera krožne razpoke glede na premer čela hloda.

$$\text{kolesivost (\%)} = \frac{D_k}{D} 100$$

D_k (cm)..... premer kolesivosti

D (cm)..... premer čela hloda



Slika 135: Merjenje kolesivosti (Z. S.)

Primer:

Premer čela hloda je 44 cm, premer kolesivosti pa 18 cm. Kolikšna je kolesivost?

$$\text{kolesivost} = \frac{D_k}{D} 100 (\%) = \frac{18 \text{ cm}}{44 \text{ cm}} 100\% = 41\%$$

Kolesivost znaša 41 % čelnega premera.

6.2.2 Notranje (srčne) razpoke

Notranje razpoke imajo svoj začetek v srcu (strženu), kjer so najširše in se raztezajo radialno proti obodu. Nastanejo pri rasti drevesa, posebej pri starejših drevesih, in sicer zaradi notranjih napetosti v deblu, ki jih povzročijo: osvetlitev drevesa zaradi poseka sosednjih dreves, močan veter ... Lahko so enojne, križne, zvezdaste.



a) enojna

b) križna

c) zvezdasta

Slika 136: Notranje razpoke debla (Z. S.)

Merjenje razpok

- enojna razpoka, meri se dolžina razpoke od središča proti obodu;
- križne, zvezdaste, meri se dolžina najdaljše razpoke od središča proti obodu.

6.2.3 Mrazne razpoke

Mrazna razpoka (zimavost) poteka v vzdolžni smeri od prve debelejšje veje navzdol do korenin. Deblo počni na obodu v radialni smeri in razpoka se zožuje proti notranjosti. Nastane pozimi pri zelo nizkih temperaturah, ob močnem glasu (poku). Ščasoma drevo razpoko zaraste, opazna pa ostane izbočena zarastlina. Pogostejše se pojavijo pri listavcih z izrazitimi trakovi.

Meri se kot obodne razpoke.

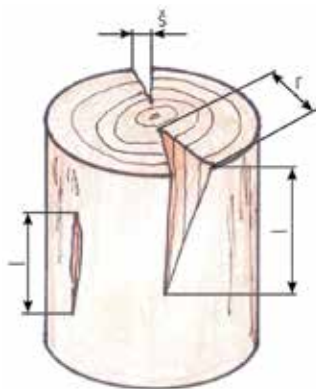


Slika 137: Mrazna razpoka debla (Z. S.)

6.2.4 Obodne in čelne razpoke debela

Pojavijo se po poseku drevesa. Lahko so posledica notranjih rastnih napetosti v drevesnem deblu ali pa sušenja (krčenja) lesa. Nastanejo, ker se zunanji del lesa hitreje osuši kot ostali les, in tudi ker se zunanji les (beljava) bolj krči kot notranji. Hitrost izhajanja vode je na čelih večja kot na ostalih površinah, zato so razpoke na čelih pogoste.

Razpoke zmanjšajo uporabnost hloda in bistveno zmanjšajo izkoristek pri predelavi. Za kvaliteto so odločilne dimenzije razpok in število. Skozi razpoke lahko vdrejo v notranjost debela razni lesni biološki škodljivci.



r (cm) globina, merimo v radialni smeri

$š$ (cm) širina, na obodu hloda

l (cm) dolžina, merimo v vzdolžni (osni) smeri

Slika 138: Čelne in obodne razpoke hloda (Z. S.)

Merjenje **obodne razpoke**, pokline in zimavosti: globina razpoke glede na premer čela hloda.

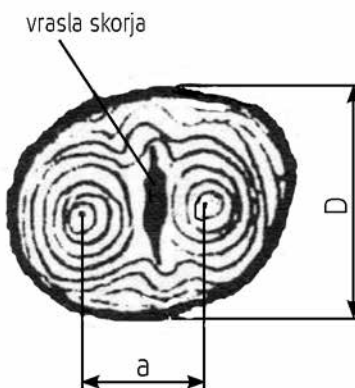
Merjenje čelne razpoke: dolžina razpoke (v smeri lesnih vlaken) glede na premer čela hloda (razen če ni drugače določeno v kakovostnih razredih).

Na primer: čelne razpoke – po ena na čelo skupne dolžine do velikosti srednjega premera hloda.

6.2.5 Dvojno srce

Na prečnem prerezu debela sta vidna dva stržena. Deblo drevesa je sestavljeno iz dveh debel, ki sta se v letih zrastle skupaj. Na mestih, kjer so se debela sprva le stikala, je še vedno ostanek skorje. Dvojno srce predstavlja veliko napako. Hlod z dvojnimi srcem se razvrsti v najnižje kvalitetne razrede.

Pri nekaterih vrstah (oreh ...) obstaja možnost izdelave furnirja z nepravilno teksturo, ki pa je cenjena zaradi posebnega estetskega učinka.



Slika 139: Dvojno srce (Z. S.)

Merjenje in izračun

Merimo razmik med centroma stržena glede na premer čela hloda.

$$\text{dvojno srce (\%)} = \frac{a}{D} 100$$

a (cm) razdalja med strženoma

D (cm) premer hloda

Primer:

Premer hloda je 54 cm, razdalja med strženoma pa 18 cm. Izračunajmo napako!

$$\text{dvojno srce} = \frac{a}{D} 100 = \frac{18 \text{ cm}}{54 \text{ cm}} 100\% = 33\% \text{ ali } 1/3$$

6.2.6 Poškodbe drevesa

Zaradi zunanjih dejavnikov nastanejo v času rasti drevesa. Poškodujeta ali ranita se lubje in les. To so raztrganine, odrgnine, razcepljena in polomljena debla, polomljene veje in podobno. Vse poškodbe zmanjšujejo kakovost lesa, nastanejo pa zaradi:

- naravnih pojavov: strele, toče, žleda, snega, vetra, plazov in
- mehanskih, ki nastanejo zaradi delovanja:
- človeka pri gradnji gozdnih cest, poseku in spravilu debel;
- divjadi, ki jedo vršičke mladih dreves in lubje;
- bomb in nabojev (vojna, lov);
- vrezovanje imen, znakov ...

Vsaka poškodba lubja in lesa omogoči vnos gliv v drevo in s tem trohnenje okolnega lesa.

Večje poškodbe lahko povzročijo odmrtnje drevesa, manjše pa drevo preraste, vendar se na tem mestu pojavi strukturna sprememba lesa in napad gliv.

Drevesni rak (bula na deblu) nastane pri odpadli veji ali poškodbi strukture lesa, ki jo drevo preraste. Les bule se težko obdeluje, možna pa je uporaba zaradi posebne teksture lesa za stružene izdelke ali za furnir s posebno teksturo (intarzije).



Slika 140: Drevesni rak (M. G.)



a) ranitev debla



b) svež udar strele

Slika 141: Poškodbi debla (M. G.)

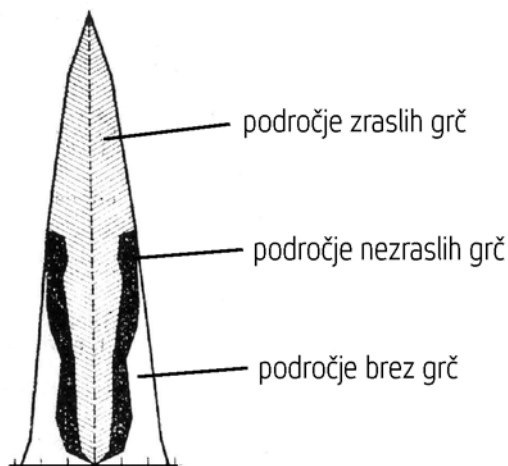
6.3 Nepravilnosti v anatomski zgradbi lesa

Napake v strukturi (zgradbi) lesa so: grče, širina branike, zavita rast debla, naklon vlaken, valovita rast, reakcijski les, smolike, stržen in vrasla skorja. Obravnavali bomo napake v deblu in pri sortimentih lesa.

6.3.1 Grče

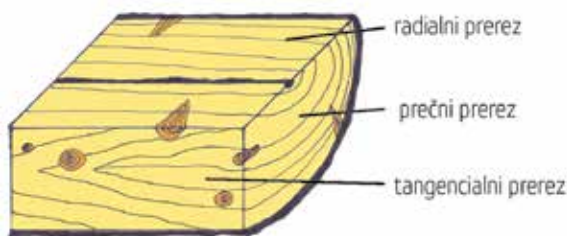
Grče so deli vej v deblu, nastale so z rastjo drevesa in njegovih vej. Spremenijo izgled in lastnosti lesa. Grče so pomemben dejavnik pri razvrstitvi hlodov in žaganic v kakovostne razrede. Grče imajo odločilen vpliv na upogibno trdnost sortimentov žaganega lesa.

Položaj grč v deblu drevesa prikazuje slika 142.



Slika 142: Področja grč debla (16.: 488)

Grča v deblu ima približno obliko konice (stožca), ki poteka pravokotno (radialno) na vzdolžno os, zato ima na obodu debla in na tangencialnem prerezu okroglo obliko, na radialnem in prečnem prerezu pa je oblika podobna ozkemu trikotniku.



Slika 143: Grče na osnovnih prerezih lesa (Z. S.)

Grče lahko razporedimo v naslednje skupine:

Zraslost grč (pogl. 6.3.1.1)	Zdravost grč (pogl. 6.3.1.2)	Velikost grč (pogl. 6.3.1.3)	Oblika grč (pogl. 6.3.1.4)	Lega in razporeditev grč (pogl. 6.3.1.5)
- zrasle - nezrasle - prerasle (slepice)	- zdrave - nagnite - trhle (gnile)	- grčice - male grče - srednje - velike	- okrogle - ovalne - krilaste	- na širši, bočni ploskvi in na robu - posamezne - v skupini (vencu)

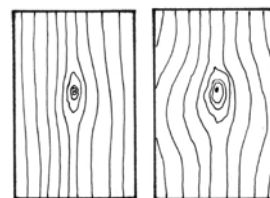
S pravočasnim kleščanjem mladih vej na drevesu uspešno omejimo število in predvsem velikost grč.

Vpliv grč

Les grče ima ožje branike, je gostejši in trši, se močnejše krči ter je temnejše barve. Tkivo grč poteka približno pravokotno na vzdolžna vlakna lesa. Letnice (vlakna) lesa potekajo okoli grče, kar povzroči izkrivljenost vlaken. Grčav les težko obdelujemo, pri tem obdelana površina ni gladka. Obstaja nevarnost za lom rezila in povzročitev iskre. Zaradi večjega krčenja grča pri sušenju rada počí, lahko tudi izpade. Grče bistveno zmanjšajo mehanske lastnosti lesa. Vplivajo na izgled (teksturo) lesa. Načeloma je les brez grč v mizarstvu najbolj cenjen in ima najvišjo ceno. Zdrave grče v lesu (iglavci) pa so lahko izredno dekorativne in poživijo videz izdelka.



a) vlakna okoli grče
(U. G.)



b) zavrtost vlaken pri
mali in večji grči (Z. S.)

Slika 144: Grča in okolni les

6.3.1.1 Zraslost grč

Grče so ostanki živih in mrtvih vej drevesa, zato poznamo:

- zrasle, nezrasle in vrasle grče.

• Zrasle grče

Pri rasti drevesa kambij in prirastne plasti veje sklenjeno prehajajo v kambij debla, so torej nadaljevanje tkiva debla, zato takšno grčo imenujemo zrasla. Zrasla grča raste in živi do odmrta veje, zato ji pravimo tudi živa ali zdrava grča. Seveda pa zdrava grča ne izpade in je neizpadna.

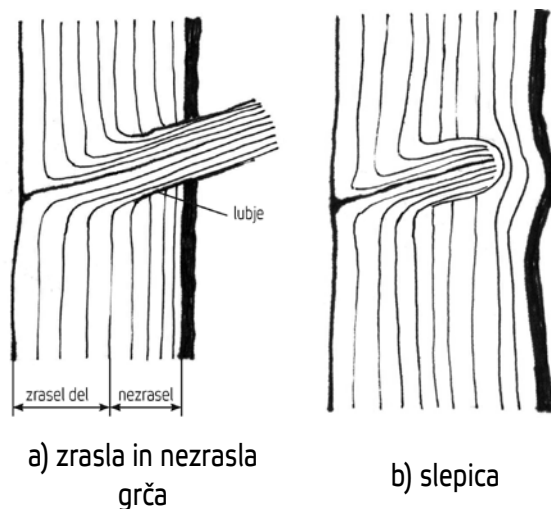
Kot **zraslo grčo** upoštevamo, če je najmanj tri četrtine (3/4) prereza obsega zraslo z okolnim lesom.

• Nezrasle grče

Ko veja odmre, se prekine povezanost veje z debelnim kambijem in tkivom lesa; okolni les pa grčo samo počasi obrašča in nastane nezrasla grča. Imenujemo jo tudi mrtva in torej ni povezana z okolnim lesom.

• Prerasle grče (slepice)

Odmrle veje sčasoma odpadejo in na deblu ostane samo štrcelj. Do odmrta veje je začetek grče zrasel s tkivom debla potem pa pri odebelitvi debla del grče (štrcelj veje – slika 147b) postane nezrasel. Ko štrcelj veje postopoma preraste les in lubje, je grča skrita – slepica.

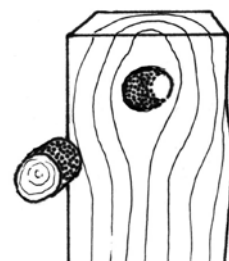


Slika 145: Grče po zraslosti (Z. S.)

Ko nezraslo grčo odžagamo od zraslega dela, po osušitvi lesa izpade iz žaganice. Izpadna grča je črna zaradi svoje skorje, ki jo preraste les debla. Iz žaganice izpade zaradi večjega obodnega krčenja grče od okolnega lesa.



a) nezrasla (U. G.)



b) izpadna (Z. S.)

Slika 146: Mrtvi grči

Odmrle veje

Pri iglavcih odmrle veje dolgo ostanejo na deblu, okolni les jih počasi obrašča. Zato dalj časa štrlijo iz debla, v deblu pa nastanejo daljše nezrasle grče. Enako kot veje so grče pri večini vrst razporejene v vencu in razvrščene po deblu približno v isti višini.

Pri listavcih se veja odlomi tik ob deblu in štrcelj hitro preraste okolni les ter nastane grča slepica, ki je opazna samo po manjši okrogli ali ovalni izboklini na deblu – bradavici. Izbokline so značilne za drevesno vrsto imajo celo različna imena. Ob odlomu veje nastanejo na skorji brazgotine, ki so pri bukvi in tudi lipi, gabru

zelo značilne in jim pravimo kitajski brki (slika 147b). Kitajski brki so sprva močno navzdol ukrivljeni, z debelitvijo debla pa se razširijo in bolj izravnavajo, zato lahko iz njihovega naklona in oblike izbokline – oziroma iz razmerja med višino in širino bradavice – sklepamo globino in premer slepice.



a) kitajski brki pri bukvi



b) štrclji vej pri smreki

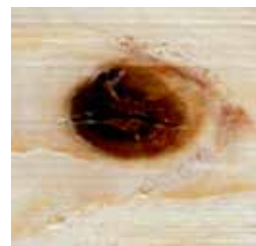
Slika 147: Odmrle veje (M. G.)

6.3.1.2 Zdravost grč

Grče so zdrave, nagnite in gnile. Suha, odlomljena veja začne trohneti, odlom veje omogoči tudi vnos gliv v grčo in le-ta se najprej omehča, nato pa začne trohneti; nastane naprej nagnita (tretjina grče je gnila) in nato gnila ali trhla grča. Pojem zdrava grča pomeni, da na njej ni sledi napada gliv ali preperelosti, barva pa je rožnata.



a) prečni prerez



b) vzdolžni prerez

Slika 148: Zdrava grča (smreka) (U. G.)

6.3.1.3 Velikost grč

Velikost grč merimo na dva načina:

- osnovni, ki pove velikost grče in ga upošteva-
mo predvsem pri nekonstrukcijskem lesu in
- alternativni, ki ga uporabljamo pri tramovih
(konstrukcijskem) lesu.

Osnovni način

Velikost grče poda premer ali srednji premer grče (d), ki ga izračunamo:

$$d = \frac{d_{\min} + d_{\max}}{2} (\text{mm})$$

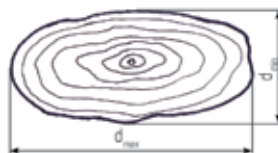
d (mm) premer (srednji) grče

$d_{\max}$ (mm) največji premer grče

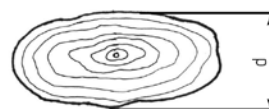
$d_{\min}$ (mm) najmanjši premer grče

Alternativni način

Grče pri konstrukcijskem lesu merimo samo pravokotno na lesna vlakna oziroma na dolžino sortimenta (slika 149b). Izmerjeni premer vpliva na trdnost elementa.



a) osnovni način



b) alternativni način

Slika 149: Merjenje velikosti grče (premera) (Z. S.)

V naslednji preglednici je razvidna razporeditev grč po velikosti, ki pa ni več standardizirana, vendar jo navajamo zaradi lažje predstave.

Preglednica 22: Velikost grč

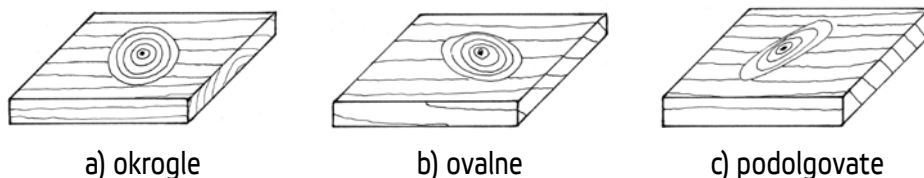
Velikost grč	Iglavci	Listavci
grčice	do 6 mm premera	do 10 mm premera
male grče	od 7 do 20 mm premera	od 11 do 20 mm premera
srednje grče	od 21 do 40 mm premera	od 21 do 40 mm premera
velike grče	nad 40 mm premera	nad 40 mm premera

Velikost grče je zelo pomembna za mehanske lastnosti, saj je prečni prerez oslabljen za toliko, kolikor je grča velika. Zrasle grčice malo vplivajo na kvaliteto lesa. Negativen vpliv na lastnosti lesa ima tudi zavrtost vlaken okoli grče (slika 144b), ki je tem večja, čim večja je grča.

6.3.1.4 Oblika grč

Grče so na tangencialnem prerezu in obodu debla okrogle, žagan les pa ima velikokrat prehodne prereze, zato so grče tudi ovalne in podolgovate.

Oblika grč po SIST EN 844-9:2003 je naslednja:



Slika 150: Oblika grč pri žaganem lesu (Z. S.)

- Okrogla grča je tista, pri kateri razmerje med največjim d_{max} in najmanjšim premerom d_{min} ni večje kot 1,5.
- Ovalna grča nastane pri takšnem prerezu žaganega lesa, da je razmerje med največjim in najmanjšim premerom večje kot 1,5 in manjše kot 4.
- Podolgovata grča ima razmerje med največjim in najmanjšim premerom (diagonalo) večje kot 4.

Primer:

Izmerili smo največji premer grče 42 mm in najmanjši 19 mm. Ugotovimo obliko grče in srednji premer.

$$d = \frac{d_{min} + d_{max}}{2} = \frac{19 \text{ mm} + 42 \text{ mm}}{2} = 30,5 \text{ mm}$$

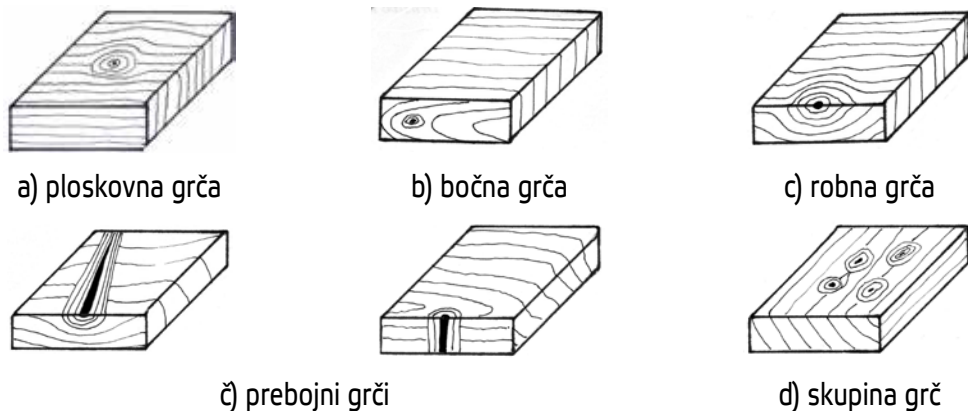
$$\text{razmerje} = \frac{d_{max}}{d_{min}} = \frac{42 \text{ mm}}{19 \text{ mm}} = 2,2 \text{ grča je ovalna}$$

6.3.1.5 Lega in razporeditev grč

V žaganici so grče na širši (ploskovne) in na bočni (bočne) ploskvi ter na robu. Lahko so posamezne grče ali v skupini (gneздо grč) in prebojne grče. Prebojna grča se razteza po celi širini ali debelini ploskve.

Brkasta grča nastane pri dveh nasprotnih vejah. Grči sta lepo vidni na radialnem prerezu (slika 152). Tudi če je vidna samo ena, jo še vedno imenujemo brkasta oziroma krilasta.

Položaj grče lahko bistveno vpliva na uporabno vrednost lesa, na vidno teksturo, obdelavo, mehanske lastnosti in podobno.



Slika 151: Položaj grč (Z. S.)

Pri sortimentih, širših od 150 mm, je grča posamična, če je razdalja v vzdolžni smeri med dvema sosednjima grčama večja od 150 mm. Pri ožjih sortimentih mora biti razmik od sosednje grče večji, kot je širina sortimenta. Če so grče bližje skupaj, je to skupina ali gnezdo grč.



Slika 152: Brkasta grča (S. K.)

6.3.1.6 Grčavost

Vpliv grč na lastnosti sortimentov je odločilen, podan pa je s pojmom grčavost (A).

Grčavost pri hlodih izrazimo s premerom grče. Praviloma merimo manjši premer grče na oboju okroglega lesa. Okolni kalus (zachelina) grče se ne upošteva.

Grčavost žaganega lesa

Na sliki 143 so prikazane grče na osnovnih prerezih lesa. Položaj žagarskega sortimenta v hlođu ali pozneje kot sortimenta žaganega lesa je običajno drugačen, kar pomeni, da se spreminja tudi izgled grč in njihov vpliv na lastnosti lesa. Grčavost odločilno vpliva na mehanske lastnosti, predvsem na upogibno trdnost.

Grčavost žaganega lesa je v veljavnih standardih različno podana, osnovna enačba pa je definirana kot razmerje med velikostjo grče (premer d) in širino ploskve (b), na kateri se ta grča nahaja.

$$A = \frac{d}{b}$$

A grčavost

d (mm) premer grče

b (mm) širina ploskve

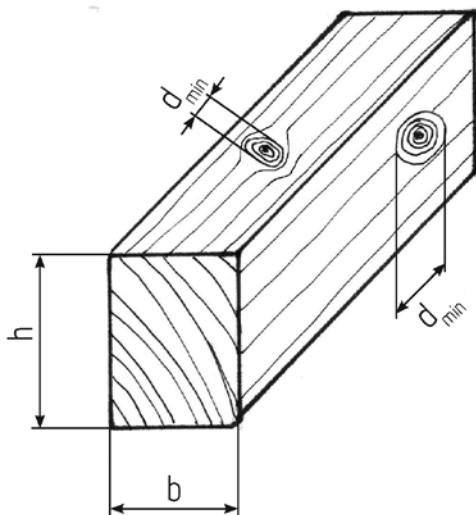
Določanje in merjenje grčavosti obravnavajo posamezni standardi, ki razvrščajo žagarske sortimente v kakovostne in sortirne razrede.

Za konstrukcijski les velja prevzeti standard SIST DIN 4074-1:2009, ki določa grčavost glede na vrsto sortimenta (tram, žaganica, letev) in za posamično grčo, skupino grč ter bočno grčo. Za celovito obravnavo grčavosti in tudi drugih napak bi morali upoštevati standard v celoti, kar pa ni

naš namen, ampak samo razumevanje osnovnih pravil. Navedli bomo še tri primere za grčavost z upoštevanjem standarda SIST DIN 4074-1.

Primer 1:

Tram širine 100 mm in višine 160 mm ima na svoji širinski ploskvi grčo premera 20 mm, na višinski pa grčo premera 40 mm. Kolikšna je grčavost?



Slika 153: Grče pri tramu – primer 1 (Z. S.)

Upošteevamo najmanjši premer grče ali premer, če je grča povsem okrogla, grčavost pa izračunamo:

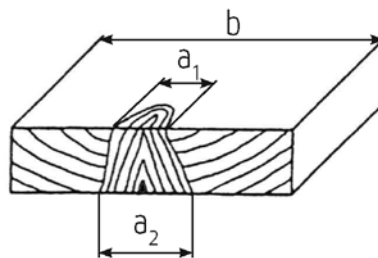
$$A = \frac{d_{\min}}{b} = \frac{20 \text{ mm}}{100 \text{ mm}} = 0,2 \text{ ali } \frac{1}{5}$$

$$A = \frac{d_{\min}}{h} = \frac{40 \text{ mm}}{160 \text{ mm}} = 0,25 \text{ ali } \frac{1}{4}$$

Za razvrščanje v sortirne razrede upošteevamo večjo grčavost.

Primer 2:

Na zunanji strani žaganice (deska, plošč) je premer grče 42 mm, na notranji pa 24 mm. Deska je široka 16 cm. Kolikšna je grčavost?



Slika 154: Grčavost pri žaganici – primer 2 (Z. S.)

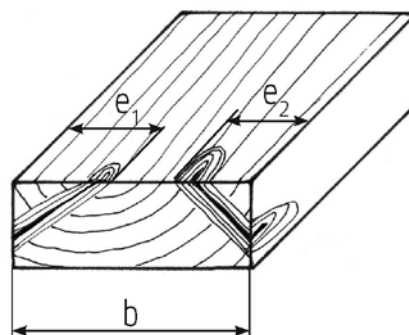
Pri posamezni grči na ploskvi izmerimo premera (a_1 in a_2), kot kaže slika 154, in izračunamo njuno srednjo vrednost (a). Grčavost izračunamo tako, da srednjo vrednost premerov delimo s širino žaganice (b).

$$a = \frac{a_1 + a_2}{2} \quad A = \frac{a}{b} = \frac{a_1 + a_2}{2 \cdot b}$$

$$A = \frac{a_1 + a_2}{2 \cdot b} = \frac{42 \text{ mm} + 24 \text{ mm}}{2 \cdot 160 \text{ mm}} = 0,2 \text{ ali } \frac{1}{5}$$

Primer 3:

Na deski izmerimo dolžino dveh najdaljših bočnih grč. Prva sega 4,5 cm, druga pa 6,5 cm v širino deske, ki je 33 cm.



Slika 155: Bočni grči – primer 3 (Z. S.)

Pri bočnih grčah upošteevamo projicirano (predvideno) najdaljšo dolžino grč (e) na širši ploskvi (slika 155), ker najbolj oslabita prečni prerez. Grčavost označimo s črko E .

$$E = \frac{e_1 + e_2}{b} = \frac{4,5 \text{ cm} + 6,5 \text{ cm}}{33 \text{ cm}} = 0,33 \text{ ali } \frac{1}{3}$$

6.3.2 Širina branike

Preširoke branike se obravnavajo kot napaka, nastanejo pa pri prehitri rasti drevesa. Upoštevamo srednjo (povprečno) širino branike. S širino branike ocenimo pravzaprav gostoto lesa.

Merjenje branik okroglega lesa (debla) in izračun srednje širine

Meri se širina branik na enem čelu debla v območju brez srca. Povleče se linija pravokotno (v radialni smeri) na letnice (slika 156) in prešteje mo letnice. Štejemo zunanje branike na območju 75 % ali 3/4 čelnega polmera ($D/2$).

Enačbi:

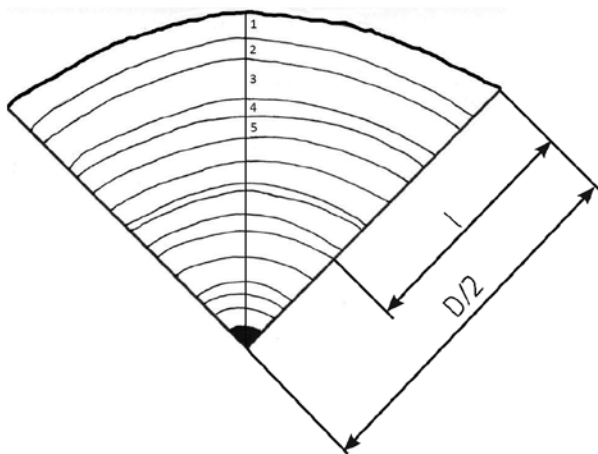
$$l = \frac{75\%}{100\%} D/2$$

$$\text{širina branike (mm)} = \frac{l}{n}$$

l (mm) dolžina, na kateri štejemo letnice

n število letnic

D (mm) čelni premer debla



Slika 156: Merjenje širine branike hloda (Z. S.)

Primer:

Premer hloda je 40 cm. Na dolžini l (slika 156) smo prešteli 36 branik. Izračunajmo dolžino l in povprečno širino branike.

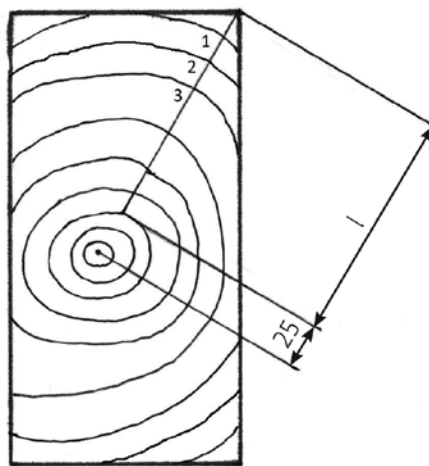
$$l = \frac{75\% \cdot D}{100\% \cdot 2} = \frac{75\% \cdot 400 \text{ mm}}{100\% \cdot 2} = 150 \text{ mm}$$

$$\text{srednja širina branike} = \frac{l}{n} = \frac{150 \text{ mm}}{36} = 4,2 \text{ mm}$$

Merjenje širine branike žaganega lesa

Pri žaganem lesu, ki vsebuje stržen, ne upoštevamo območja okoli stržena v širini 25 mm.

Določitev dolžine l je prikazana na sliki 157, izračun srednje branike pa je enak kot pri hlodu.



Slika 157: Merjenje širine branike pri tramu (Z. S.)

6.3.3 Zavita rast (zavitost) drevesa

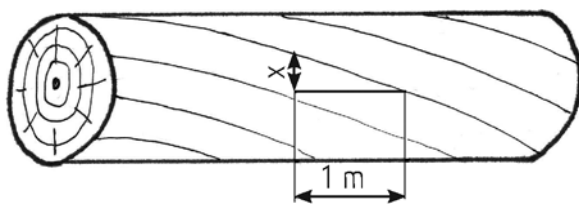
Anatomski elementi v deblu potekajo vzdolžno – približno vzporedno z osjo drevesa. V primeru odklona vlaken od navpične osi drevesa nastane zavita rast. Elementi se spiralno ovijajo okoli osi drevesa. Največja zavitost je na oboju debla. Vlakna so lahko zavita levo ali desno. Zavitost na radialnem prerezu je vidna kot progavost. Pri nekaterih vrstah dreves so vlakna izmenično zavita, nekaj branik ima odklon, na primer v levo, naslednja cona je zavita desno ali pa ravna, kar povzroči progasto teksturo, ki je zelo dekorativna, vendar zavitost ne sme biti prevelika. Progasta tekstura je bolj značilna za tropske vrste lesa, kar že poznamo (slika 64 f). Zavitost bistveno zmanjša trdnost lesa. Zaviti les se težje obdeluje, pri sušenju nastopi veženje,

pri veliki zavitosti pa je povsem neuporaben. Zavita rast se pojavlja pri številnih drevesnih vrstah (divji kostanj, bukev, macesen, bor, javor, hrast, jablana, hruška ...). Na zunaj jo opazimo po razpokani skorji ali morebitnih žlebovih, ki so zaviti. Pri olupljenih deblih pa je vidna po razpokah, ki tečejo zavito.

Merjenje odklona vlaken in izračun zavitosti

Največji odklon vlaken (x) od osi hloda na dolžini enega metra glede na srednji premer večjega čela hloda v odstotkih. Izbere se 1 m dolg kos oboda, kjer je zavitev največja.

Izmerjeni odklon (x) prikažemo tudi v centimetrih na meter.



Slika 158: Merjenje odklona vlaken (Z. S.)

$$\text{zavistost}(\%) = \frac{x}{D} 100$$

x (cm) odklon vlaken
(na metru dolžine)

D (cm) srednji premer hloda
na večjem čelu

Primer:

Na debelejšem koncu hloda smo izmerili največji premer 57 cm, najmanjši pa 51 cm. Na dolžini 1 m pa smo izmerili odklon vlaken 2,5 cm. Kolikšna je zavistost?

$$\text{Premer čela} = \frac{D_{\max} + D_{\min}}{2} = \frac{57 \text{ cm} + 51 \text{ cm}}{2} = 54 \text{ cm}$$

$$\text{zavistost} = \frac{x}{D} 100 = \frac{2,5 \text{ cm}}{54 \text{ cm}} 100\% = 4,6\%$$

Zavistost lahko izrazimo kot 2,5 cm/m.



Slika 159: Zavistost (hrast) (M. G.)

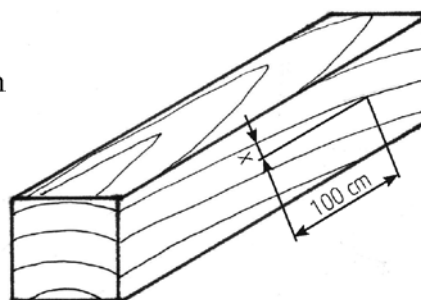
6.3.4 Naklon vlaken pri žaganem lesu

Naklon vlaken nastane zaradi zavite rasti in tudi kot posledica različne orientiranosti vlaken (letnic) sortimenta v deblu in kosa v deski. Lokalne zavitosti vlaken, na primer okoli grče, ne upoštevamo. Les z naklonom vlaken se težje obdeluje in ima slabše mehanske lastnosti. Pri osušitvi lesa les počni v smeri v vlaken in je zavistost dobro vidna.

Merjenje in izračun naklona vlaken

Izračunamo jo kot naklon vlaken (x) v cm od ravne osi sortimenta na dolžini 100 cm in jo izrazimo v odstotkih.

$$\text{naklon vlaken} = \frac{x(\text{cm})}{100(\text{cm})} 100\%$$



Slika 160: Merjenje naklona vlaken (Z. S.)

Primer:

Na dolžini 1 m smo izmerili naklon vlaken 8,5 cm. Izračunajmo naklon!

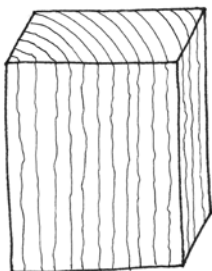
$$\text{naklon vlaken} = \frac{x(\text{cm})}{100(\text{cm})} 100\% = \frac{8,5 \text{ cm}}{100 \text{ cm}} 100\% = 8,5\%$$

6.3.5 Valovita rast in valovitosti letnic

Pri valoviti rasti in valovitosti letnic potekajo vlakna vzporedno z vzdolžno osjo debla in so valovita. Praviloma teh lastnosti ne štejemo za napako.

Valovita rast

Vlakna v vzdolžni smeri ne potekajo ravno, temveč so linije bolj valovite in lahko tudi prepletene. Izrazito se vidijo na radialnem prerezu. Povzročijo zelo lepo teksturo (poglavje 4.1.1). Iz hlodov z valovitimi letnicami običajno izdelujemo furnir, ki je izredno cenjen in iskan. Pojavi se pri javorju (rebraš), jesenu, brestu, brezi, orehu, smreki, boru ... V gozdu je drevo z valovito rastjo težko prepoznati, morebiti po bolj grobo razpokanem lubju. Šele, ko drevo posekamo in mu odstranimo lubje, vidimo les, ki je zgrbančen.



a) shematski prikaz (Z. S.)



b) javor rebraš (X)

Slika 161: Valovita rast

Valovitosti letnic

Valovitost letnic je vidna na prečnem prerezu lesa. Najbolj znana je pri smreki leščarki, ki velja za resonančni les (les za zvočne deske godal).



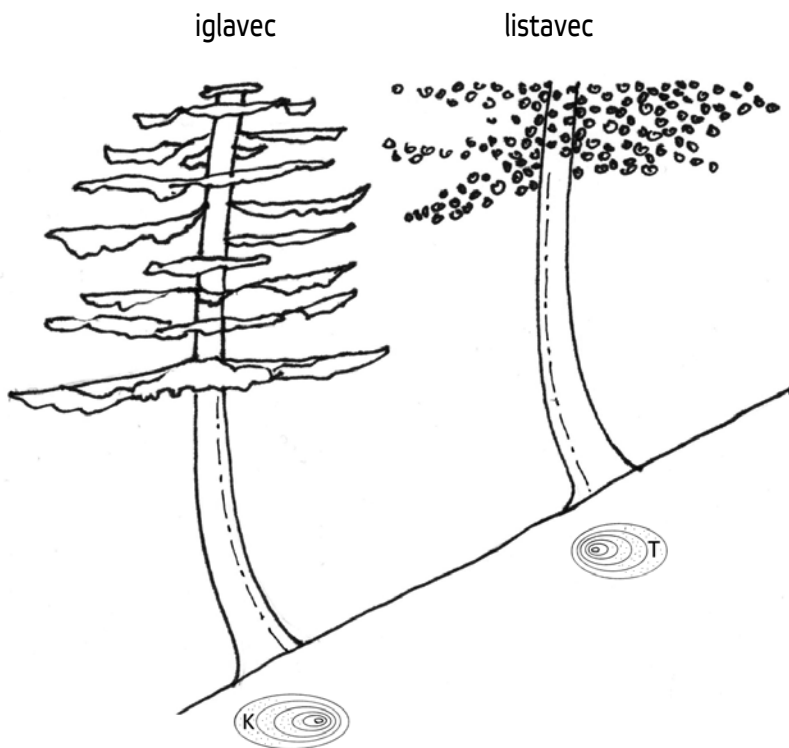
Slika 162: Valovitost letnic (skorš) (M. G.)

6.3.6 Reakcijski les

Reakcijski les nastane v času rasti drevesa – kot »reakcija« na delovanje vetra, naklona rastišča, premikov tal ... Pri iglavcih imenujemo reakcijski les kompresijski, pri listavcih pa tenzijski.

1. Kompresijski les (K) nastane na tlačni strani ukrivljenih debel in vej iglavcev. Obremenjen je na tlak (stiskanje – kompresijo) in zato vsebuje več lignina. Lignin povzroči značilno rdečkastorjavo barvo tudi ranega lesa. Večja je gostota in trdota kot pri normalnem lesu. Les je krhek. Elastični modul, žilavost in natezna trdnost so manjši.

2. Tenzijski les (T) nastane na zgornji strani debel in vej listavcev. Zaradi obremenitve na nateg vsebuje več celuloze, zato je svetlejši, površina desk je »volnata«, ker se zelo težko gladko obdelava. Ima slabše mehanske lastnosti. Najbolj pogosto se pojavi pri topolu.



Slika 163: Reakcijski les (Z. S.)

Skupne značilnosti:

Reakcijski les se ponavadi pojavi v spodnjem delu debla, ki je ekscentrično in krivo. Zgradba lesa je anomalna. Les ima veliko vzdolžno krčenje (do 7 %), zato se pojavi veženje, obdelava pa je otežena. Branike reakcijskega lesa so širše (slika 163).



Slika 164: Kompresijski les (Z. S.)

Primer:

Ploh debeline 50 mm in širine 20 cm ima tenzijski les v širini 10 cm. Izračunajmo delež napake.
obseg prereza = $2 \cdot 5 \text{ cm} + 2 \cdot 20 \text{ cm} = 50 \text{ cm}$

$$\text{kompresijski les} = \frac{\text{širina komp. lesa}}{\text{obseg}} = \frac{10 \text{ cm}}{50 \text{ cm}} = 0,2 \text{ ali } 1/5$$

Merjenje in izračun

Pri hlodih napake ne merimo, ampak jo samo zaznamo in je lahko predmet obravnave pri prevzemu.

Pri žaganem lesu reakcijski les merimo in je kriterij razvrščanja v sortirne razrede.

Merimo ga na ploskvi na mestu maksimalne širine pravokotno na vzdolžno os. Če je več pasov reakcijskega lesa, upoštevamo vse njihove širine in jih podamo na obseg prereza.

Enako merimo tudi napako: rjavo in rdečo progavost (slika 176). Kosi z večjim deležem reakcijskega lesa so neuporabni.

6.3.7 Smolike

Smolika (smolni žep) so votlinice v lesu, napolnjene s smolo. Nahajajo se v lesu iglavcev s smolnimi kanali. Jelka in tisa torej nimata smolik. Smolni žepi potekajo v smeri vlaken, s tem da so vlakna okoli njih malo zvita. Smola iz smolike lahko izteka na površino lesa in moti obdelavo. Kviri tudi estetiko površine. Večje in številnejše smolike precej zmanjšajo uporabnost lesa.

Meri se širina smolike na najširšem mestu in dolžina. Po velikosti razlikujemo:

- drobne (do 2 mm x 20 mm),
- male (do 5 mm x 50 mm),
- srednje (do 10 mm x 100 mm),
- velike (dolžine več kot 100 mm, ne glede na širino).



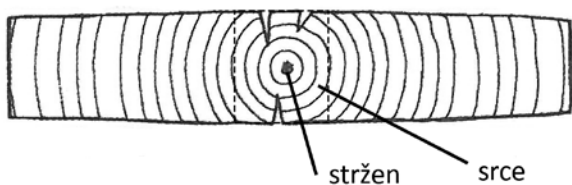
Slika 165: Smolika (U. G.)

6.3.8 Stržen

Stržen kot napako obravnavamo samo pri žaganem lesu. Stržen (poglavje 3.3.3) obkroža mladostni (juvenilni) les (okoli 15–20 let), kar skupaj s strženom imenujemo srce.

Srce vsebuje nekvaliteten les, ki rad poka. V deskah, plohih, letvah ga izločimo ali prerežemo, če je to le mogoče. Stržen v sredini nosilca (trama) ne oslabi njegove upogibne trdnosti, saj v sredinski osi nosilca napetosti ne nastopijo.

Stržen ne merimo, ampak ga samo registriramo.



a) stržen in srce (6.: 54)



b) vrasla skorja (sibirski macesen) (U. G.)

Slika 166: Napaki v zgradbi lesa

Gozdarska veda s pojmom srce označi sredinski (notranji) del hloda (glejte še poglavje 7.3).

6.3.9 Vrasla skorja

Vrasla skorja je del skorje obrasel z lesom in nastane pri zraščanju dveh debel v eno samo (slika 139), pri nezraslih grčah (slika 166b) in tudi zaradi drugih vzrokov med rastjo drevesa. Razlikujemo vraslo skorjo, ki je vidna samo na eni strani sortimenta in skorjo, ki je prodrla na dve strani sortimenta. Napako samo ugotovimo in je ne merimo. Na primer za prvi kvalitetni razred žaganic vključek skorje ni dovoljen, nižji pa jo lahko vsebuje.

6.4 Razpoke in spremembe oblike žaganega lesa

Deblo ima po poseku visoko vlažnost. Vlažen je tudi žagan les iz takšnega debela. Med sušenjem pod točko nasičenosti lesnih vlaken (30 %) zaradi krčenja nastanejo notranje napetosti v lesu, ki povzročijo spreminjanje dimenzij in oblike ter razpoke sortimentov.

Napake zaradi izgubljanja vode (sušenja) nastanejo:

- zaradi različnega krčenja v tangencialni, radialni in osni smeri (anizotropnosti) in
- zaradi hitrejšje osušitve zunanjih plasti lesa, ki se prej in močneje krčijo kot notranje.

Podrobnejša razlaga in druge napake zaradi napetosti v lesu so obravnavane pri poglavju 13.7.2.

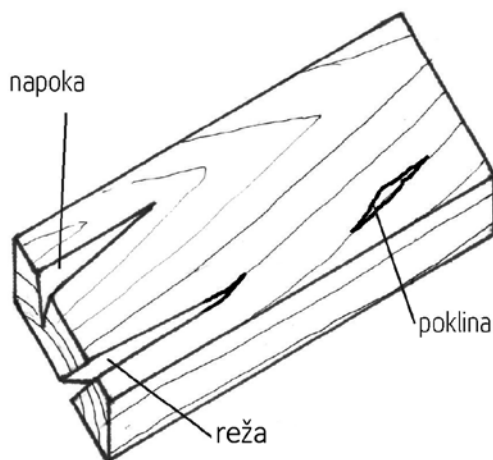
Razpoke v žaganem lesu so lahko tudi zaradi kolesivosti, strele ... vendar niso dovoljene.

Če je bil les sortiran pred osušitvijo, ga je zaradi napak zaradi sušenja potrebno ponovno (pred vgradnjo) razvrstiti v ustrezen sortirni razred.

6.4.1 Razpoke žaganega lesa

Razpoke v sortimentih žaganega lesa nastanejo takrat, ko so natezne napetosti v lesu zaradi krčenja (sušenja) tako velike, da plast lesa počí.

Čelna razpoka na sortimentu (žaganici) nastane zaradi hitrejšega gibanja vode v vzdolžni smeri. Čelni razpoki, ki ne sega skozi vso debelino sortimenta, pravimo napoka. Če žaganica počí po vsej debelini, nastane reža, pokline pa so na površini lesa.

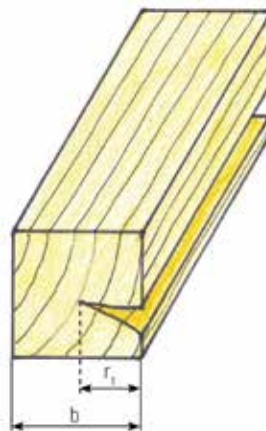


Slika 167: Razpoke žaganice (Z. S.)

Razpoke zunanjega dela trama (nosilni les pravokotnega prereza) se pojavijo predvsem zaradi večjega krčenja oboda (beljave) od lesa v sredi-ni (jedrovine) in tudi zaradi hitrejše osušitve. Beljava se močneje krči, ker jedrovinske snovi ne zapolnijo toliko notranjih prostorov v celični steni kot pri črnjavi. Les počí v radialni smeri. Razpoka je vidna na prečnem in vzdolžnem prerezu.

Merjenje in izračun razpok trama

Razpoke se merijo in upoštevajo pri sortiranju. Na prečnem prerezu se meri samo njihova globina vzporedno z vodoravno osjo ali ravnino (slika 168). Pri razpokah iz obeh strani globini seštejemo. Razpok, ki so krajše od 1/4 dolžine trama ali od 1 m, ne merimo oziroma jih ne upoštevamo.



a) z ene strani



b) z dveh strani

Slika 168: Merjenje razpok trama (Z. S.)

$$R = \frac{r_1}{b} \quad R = \frac{r_1 + r_2}{b}$$

R (-) razpoka

r_1 in r_2 (mm) .. projicirana globina razpoke

b (mm) širina trama

Primer:

Pri tramu širine 20 cm smo izmerili projicirano globino razpoke 12 cm. Kolikšna je razpoka?

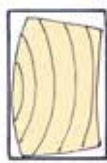
$$R = \frac{r_1}{b} = \frac{12 \text{ cm}}{20 \text{ cm}} = 0,6 \text{ ali } \frac{3}{5}$$

6.4.2 Sprememba oblike žaganega lesa

Spremembe oblike nastanejo zaradi različnega krčenja v anatomskih smereh. Na sliki 169 bomo prikazali deformacijo prečnega prereza trama, ki nastane zaradi večjega krčenja v tangencialni smeri.



a) tram, izžagan iz hloda



b) tram, izžagan iz polovice hloda



c) tram, izžagan iz četrtine hloda

Slika 169: Sprememba oblike trasa (Z. S.)

Pri določanju kvalitete žaganega lesa veljavni standard navaja:

- koritavost žaganice – ukrivljenost žaganice po širini,
- ukrivljenost – ukrivljenost v vzdolžni smeri (dolžini).

6.4.2.1 Koritavost

Koritavost je pogosta napaka, ki jo pri deskah z bočno strukturo (bočnicah) ne moremo prebrati. Zunanja stran (leva) bočnice, gledano od stržena, se pri sušenju in krčenju vboči (postane konkavna). Notranja stran deske (desna), gledano od stržena, pa se izboči (postane konveksna). Koritavost nastane, ker ima zunanja ploskev bočnice izrazito tangencialno strukturo in se bolj krči kot notranja stran, ki ima deloma radialno strukturo. Takšna žaganica je neuporabna za izdelavo kvalitetnega pohištva, uporabna pa je za konstrukcijski (gradbeni) les pri manj zahtevni uporabi.

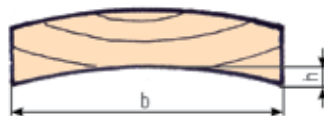
Merjenje in izračun koritavosti

Izmerimo največje odstopanje (h) glede na širino žaganice.

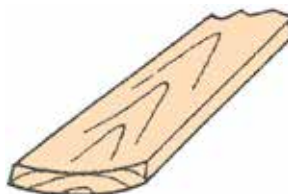
$$\text{koritavost} = \frac{h}{b}$$

h (mm) višina ukrivitve

b (mm) širina žaganice



a) merjenje



b) bočnica se vedno vboči proti zunanji strani debla

Slika 170: Koritavost (Z. S.)

Primer:

Deska širine 220 mm se po širini ukrivi za 15 mm. Izračunajmo koritavost!

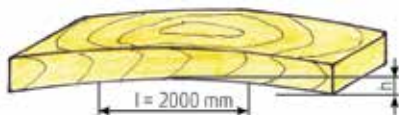
$$\text{koritavost} = \frac{h}{b} = \frac{15 \text{ mm}}{240 \text{ mm}} = \frac{1}{16}$$

6.4.2.2 Ukrivljenost

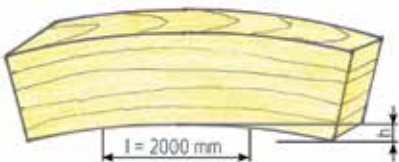
Ukrivljenost (veženje) žaganega lesa nastane zaradi rastnih napetosti in pri lesu z večjim vzdolžnim krčenjem (zavita rast, reakcijski les) pa tudi zaradi napačnega zlaganja desk v skladovnice.

V to skupino napak sodijo:

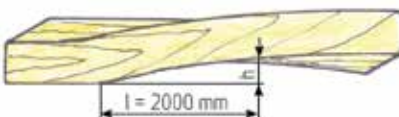
- lok ali vzdolžna ukrivljenost po širši ploskvi,
- sabljavost (sablja) ali vzdolžna ukrivljenost po bočni ploskvi in
- zvitost ali spiralna zavitev.



a) lok



b) sabljavost



c) zvitost

Slika 171: Napake zaradi razlik v krčenju v osni smeri (Z. S.)

Merjenje napake

Merimo največjo deformacijo (h v mm) na dolžini 2000 mm, kot kaže slika 171a in b.

Na primer: vzdolžna ukrivljenost (h) je lahko do 8 mm.

Pri zvitosti merimo največjo deformacijo (h) na zavitem pasu ploskve širine 25 mm (slika 171c). Na primer, če smo izmerili 2 mm, je zvitost: 2 mm/25 mm širine.

6.5 Napake proizvodnje žaganega lesa

V proizvodnji žaganega lesa lahko nastanejo napake zaradi neustreznih postopkov žaganja, notranjih napetosti lesa, transporta, sušenja, skladiščenja ...

Morebitne napake:

- neravna, valovita žagana ploskev,
- globoke raze na površini ploskve,

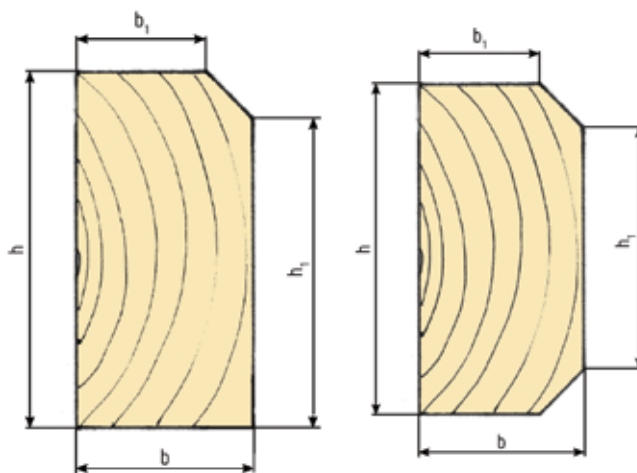
- hrapava površina,
- razpoke, ukrivljenost,
- prevelika odstopanja po debelini sortimenta in
- lisičavost.

6.5.1 Lisičavost

Namerno, zaradi boljšega izkoristka, lahko hlod žagamo tako, da nastane napaka – lisičavost. Če na robljeni žaganici, gredici in tramu, en del bočne ploskve ni v celoti obžagan, ostane oblika hloda, kar imenujemo lisičavost ali obličavost. Lisičavost je lahko samo na delu ali pa po celi dolžini.

Merjenje in izračun lisičavosti

Napako merimo enako pri tramih, deskah, plohih in letvah. Izmerimo najmanjšo širino ploskve zaradi lisičavosti, kot kaže slika 172, dolžina lisičavosti se ne upošteva.



a) enostranska

b) dvostranska

Slika 172: Lisičavost (Z. S.)

Lisičavost označimo s K in izračunamo:

$$K = \frac{h - h_1}{h} \quad \text{in} \quad K = \frac{b - b_1}{b}$$

K (-) lisičavost

h (mm) višina (širše ploskve) prereza

h_1 (mm) višina z odšteto lisičavostjo

b (mm) širina prereza

b_1 (mm) širina z odšteto lisičavostjo

Primer:

Tram s širino prereza 100 mm in višino 180 mm ima najmanjšo širino zaradi lisičavosti 75 mm, višino pa 120 mm. Kolikšna je lisičavost na ožji in širši stranici prereza?

$$K = \frac{h - h_1}{h} = \frac{180 \text{ mm} - 120 \text{ mm}}{180 \text{ mm}} = 0,33 \text{ ali } 1/3$$

$$K = \frac{b - b_1}{b} = \frac{100 \text{ mm} - 75 \text{ mm}}{100 \text{ mm}} = 0,25 \text{ ali } 1/4$$

Lisičavost 1/3 pomeni, da je ravne površine 2/3 (67 %).

Lisičavost 1/4 pomeni, da je ravne površine 3/4 (75 %).

Pri sortiranju se upošteva večja lisičavost, v našem primeru 1/3.



Slika 173: Dvojna beljava (Z. S.)



Slika 174: Strženove pege (breza) (A. S.)

6.6 Napake barve lesa in trohnobe

Les s spremenjeno naravno barvo lesa ni uporaben za stanovanjsko pohištvo ali opremo, kjer je vidna površina in je barva (videz) lesa odločilna lastnost. Estetske napake niso pomembne za zakrite elemente, gradbene in podobne konstrukcije.

Napake v barvi lesa in trohnobe smo že spoznali. Sledijo:

- spremembe naravne barve lesa zaradi gliv (modrivost, rjave rdeče proge, obarvanost beljave in srca, obarvanje zaradi plesni) in trohnobe (poglavje 5.1),
- diskoloriran les in mokrina (poglavje 3.3.2.1).

Pri rasti drevesa lahko nastanejo tudi obarvanja, ki ju nismo navedli:

- dvojna beljava in
- strženove pege.

6.6.1 Dvojna beljava

Dvojna beljava (mesečev kolobar) se pojavi pri vrstah lesa s črnjavo. Na čelu hloda vidimo ožji kolobar (do 3 cm širine) beljave vsebovan, v sami črnjavi. Napaka je redka in značilna za hrast.

6.6.2. Strženove pege

Med spremembe barve lesa uvrščamo tudi strženove (parenhinske) pege, ki nastanejo zaradi delovanja insekta muhe minerke. Muha živi v območju kambija, med lesom in skorjo drevesa, kjer so ugodni pogoji za njen razvoj. Poškoduje kambij in povzroča nastanek peg pri jelši, brezi in trepetliki. Pege se lepo vidijo na vzdolžni teksturi in označujejo vrsto lesa.

6.6.3 Ugotavljanje (merjenje) napak

Merjenje in izračun barvnih napak in trohnob pri hloilih:

- sprememba naravne barve na obodu hloda – poda se z razmerjem odnosom globine spremembe barve glede na premer čela;
- sprememba naravne barve v osrednjem delu (srcu) debela: poda se s premerom obarvanega dela glede na premer čela;

- diskoloriran les (neprava črnjava) – povprečni premer obarvanega dela glede na premer čela;
- trohnoba (rjava, bela) na obodu hloda – globina strohnelega dela oboda glede na premer čela;
- trohnoba (rjava, bela) v osrednjem delu debla (srcu) – premer strohnelega dela glede na premer čela.

Primer:

Premer čela hloda je 45 cm, premer osrednje trohnobe pa 27 cm. Kolikšna je napaka?



a) sprememba barve na obodu

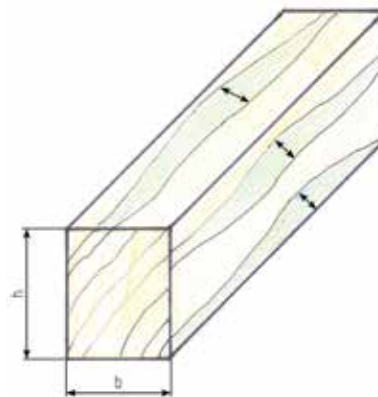


b) trohnoba v osrednjem delu

Slika 175: Barvne napake pri hlokih (M. G)

Ugotavljanje barvnih napak in trohnob pri žaganem lesu

Merimo rjavo in rdečo progavost, ki je povzročena z napadom trohnobnih gliv in zmanjša trdnost lesa. Proge se začnejo na čelih in se v obliki pasov nadaljujejo bolj ali manj globoko v les, morajo pa biti še »zdrave in čvrste« pred začetkom razkroja lesa (trohnobe).



Slika 176: Progavost (Z. S.)

Izmerimo in seštejemo širine obarvanih pasov (merimo največjo širino pasa) na vseh vzdolžnih ploskvah in seštevek podamo kot kvocient obsega prereza.

Rjava in bela trohnoba nista dovoljeni.

Modrivost je dovoljena in je ne ugotavljamo.

Primer:

Tram prereza 14/20 cm ima rjave pasove v skupni širini 27 cm. Kolikšna je progavost?

$$\text{progavost} = \frac{\text{skupna širina pasov}}{\text{obseg}} = \frac{27 \text{ cm}}{68 \text{ cm}} = 0,4 \text{ ali } 1/2,5$$

6.7 Poškodbe zaradi insektov

Poškodbe zaradi insektov so rovi in luknje oziroma izletne odprtine v lesu. Ličinke vrtajo v les rove in ga močno in trajno poškodujejo. Ogrožena je trdnost in s tem nosilnost lesa. Rovi so različne oblike, velikosti in tudi različne globine. Napolnjeni so s črvino ali so prazni. Les za končne izdelke ne sme biti poškodovan od insektov. Morebitne poškodovane dele moramo odstraniti. V kvalitetni hlodovini in žagarskih sortimentih niso dovoljene luknje ali rovi insektov, za manj kvalitetno pa so delno dovoljeni in določeni s kakovostnimi kriteriji.

Pri poškodbah od insektov se ugotavlja:

Hlodi:

- rovi ličink: majhni do premera 3 mm (mušičavost) in veliki premera več kot 3 mm;
- število rogov na tekoči meter.

Žagan les:

Dopustni rovi ličink (izletne odprtine) so dovoljeni do premera 2 mm.



Slika 177: Rovi insektov (Z. S.)

Naloge:

- Pojasnite, zakaj je izraz napaka neustrezen.
- V gozdu, na bližnjem skladišču ali žagi fotografirajte in opredelite napake okroglega in žaganega lesa.
- Zapišite nekaj primerov predelave žaganega lesa v izdelke, s katerimi lahko zmanjšamo vpliv napak in tako povečamo izkoristek.
- Skicirajte koritavost in razložite njen nastanek. Ali koritavost lahko preprečimo?

7. HLODOVINA

Hlodovina je okrogel les, ki ga izžagamo iz debla podrtega drevesa. Za hlodovino in ostale gozdne sortimente velja Pravilnik o merjenju in razvrščanju gozdnih lesnih sortimentov iz gozdov v lasti Republike Slovenije RS /52./, ki ga je izdalo Ministrstvo za kmetijstvo in gozdarstvo.

Pravilnik delno upošteva in se tudi sklicuje na standarde SIST EN za okrogel les, vendar se v nekaterih postavkah in kvalitetnih razredih razlikuje od evropskih norm.

Gozdni lesni sortimenti debla so opredeljeni:

- Hlodovina je okrogel les, ki se uporablja za proizvodnjo žaganega lesa (vključno z železniškimi pragovi) in za proizvodnjo furnirja. V hlodovino se uvrščajo gozdni lesni sortimenti, ki jih je mogoče uvrstiti v katerega koli izmed predpisanih kakovostnih razredov.
- Les za celulozo in plošče je ves okrogel les, razen hlodov, ki se uporabljajo za proizvodnjo celuloze, ivernih in vlaknenih plošč.
- Drug okrogel industrijski oziroma tehnični les je okrogel les, ki se uporablja predvsem za droge, pilote, stebre, ograje, jamske opornike, pridobivanje tanina, destilacijo, vžigalice in lesno galanterijo.
- Les za kurjavo je les iz debla in vej, ki se uporablja kot kurivo ali gorivo.

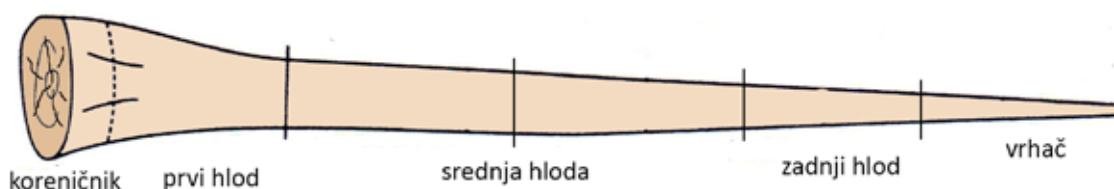
Hlodovina je torej osnovna surovina za predelavo lesa, pridobimo jo preko gozdarskih družb.



Slika 178: Hlodovina (U. G.)

Hlod (krlj) je odžagan, debelejši del debla in ga lahko uvrstimo v predpisan kakovostni razred. Po sečnji deblo krojimo, kar pomeni, da določimo in odmerimo, kje se naj prežaga v ustrezne sortimente.

Krojenje debla je zahtevno. Krojilec mora dobro poznati značilnosti gozdnih sortimentov, standard za hlodovino, napake lesa, razmere na trgu ... Za lesarsko predelavo je osnovna surovina hlodovina, vendar je pravilno, da gozdarji krojijo deblovino skladno z zahtevami lesarjev, če je to le mogoče. Krojiti se začne pri spodnjem debelejšem delu debla in konča na vrhu debla. Pomemben je položaj hloda v deblu. Prvi hlod je najkvalitetnejši, saj ima najmanj grč in je zrel les (slika 179). Lahko vsebuje **koreničnik** (**korenovec**), ki ga kasneje odžagamo, ker ima zveržena vlakna in ni primeren za žagarske sortimente. **Vrhač** je tanjši od 8 cm.



Slika 179: Krojenje debla (32.: 33)

7.1 Merjenje hlodovine

Ob prevzemu hlode izmerimo, izračunamo njihovo prostornino, ugotovimo kakovostni razred in drevesno vrsto. Navedeno moramo poznati zaradi plačila in tudi za načrtovanje proizvodnje in sortiranja hlodov pred uporabo. Merimo ročno ali avtomatsko. Podali bomo merjenje po standardu SIST EN 1309-2:2006, ki ga predpisuje tudi Pravilnik o merjenju in razvrščanju gozdnih lesnih sortimentov iz gozdov v lasti Republike Slovenije.

Merjenje premera

Premer se meri brez lubja (skorje) na sredini dolžine hloda. Merimo ga dvakrat navzkrižno (največji in najmanjši premer) in zaokrožimo navzdol na centimeter (cm) natančno. Izračunamo aritmetično sredino, ki jo tudi zaokrožimo navzdol.

Za hlode do premera 19 cm velja enako pravilo kot za debelejšje hlode, s tem da merimo premer samo enkrat. Dobljeni premer je srednji premer hloda, vendar ga lahko označimo samo kot premer hloda (D).

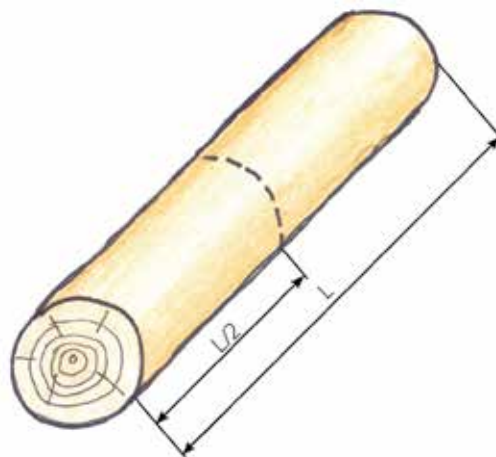
$$D = \frac{D_{\max} + D_{\min}}{2}$$

D (cm).....premer (srednji) hloda

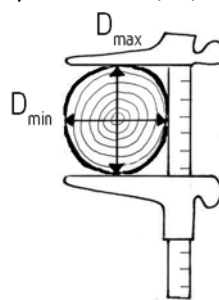
$D_{\max}$ (cm)...največji premer hloda na sredini dolžine hloda

$D_{\min}$ (cm)...najmanjši premer hloda na sredini dolžine hloda

V primeru, da je v sredini hloda napaka oblike (bula ali zožitev), merimo premer pred in za napako in tako dobimo štiri meritve, katerih aritmetična sredina je ustrezen premer, ki ga ravno tako zaokrožimo navzdol na cele centimetre.



a) mesto merjenja – sredina hloda



b) navzkrižno merjenje

Slika 180: Merjenje premera hloda s premerko (Z. S.)

Premer merimo z leseno klupo (premerko), vedno bolj pa se uporablja elektronska premerka, kjer s pritiskom na tipko zabeležimo premer, možne pa so tudi razne aplikacije. V sodobnih žagarskih obratih merijo hlod z elektronsko merilno napravo kar na strojni liniji.

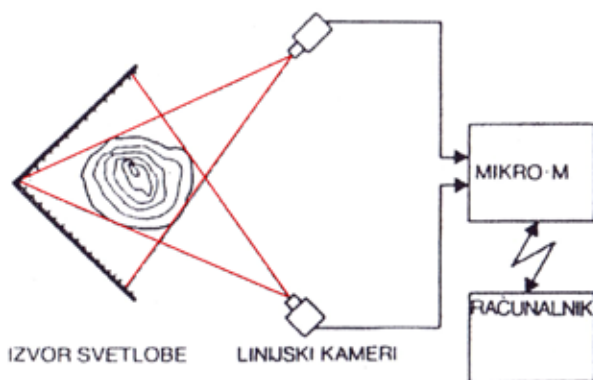
Pri merjenju premera lahko lubje na mestu merjenja odstranimo. Če merimo hlod z lubjem, se od premera odšteje dvakratna debelina lubja. Skuša se ugotoviti dejanska debelina skorje, ki je odvisna tudi od rastišča.



Slika 181: Merjenje premera čela hloda – 5 cm od konca (X)

Orientacijske vrednosti dvojne debeline skorje v odvisnosti od premera okroglega lesa:

Smreka	
srednji premer s skorjo do 26 cm	1 cm
srednji premer s skorjo 27–50 cm	2 cm
srednji premer s skorjo 51 cm in več	3 cm
Jelka	
srednji premer s skorjo do 22 cm	1 cm
srednji premer s skorjo 23–38 cm	2 cm
srednji premer s skorjo 39–55 cm	3 cm
srednji premer s skorjo 56 cm in več	4 cm
Bukev	
srednji premer s skorjo do 41 cm	1 cm
srednji premer s skorjo 42 cm in več	2 cm
Hrast	
srednji premer s skorjo do 20 cm	1 cm
srednji premer s skorjo 21–31 cm	2 cm
srednji premer s skorjo 32–42 cm	3 cm
srednji premer s skorjo 43–53 cm	4 cm
srednji premer s skorjo 54 cm in več	5 cm

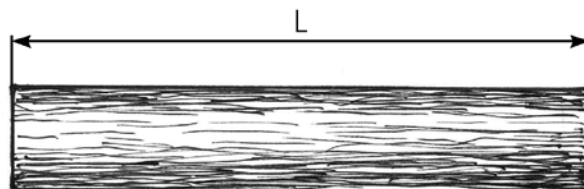


Slika 182: Avtomatsko merjenje premera hloda z elektronsko napravo (X)

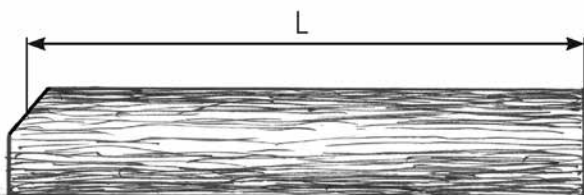
Merjenje dolžine

Dolžino merimo na najkrajšem mestu hloda na centimeter natančno. Pri krivem hlodu merimo tetivo loka hloda. Pri hlodu z zaseko od podiranja upoštevamo za dolžino sredino zaseke.

Rezultat meritve podamo v metrih in ga zaokrožimo na eno decimalno mesto.



a) dolžina hloda



b) dolžina hloda z zaseko

Slika 183: Merjenje dolžine hloda (Z. S.)

Pri merjenju dolžine upoštevamo nadmero, ki znaša minimalno 1 % dolžine hloda. Pri izračunu prostornine upoštevamo tržno dolžino, ki je zaokrožena navzdol na 10 cm oziroma na nominalno mero.

7.1.1 Izračun prostornine

Prostornino (volumen) hloda izračunamo kot prostornino valja.

Dobljeni rezultat v m³ zaokrožimo na tri decimalna mesta natančno. Za π upoštevamo štiri decimalna mesta.

$$V_H = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot L$$

V_H (m³)..... prostornina hloda

D (m)..... premer (srednji) hloda

L (m)..... dolžina (tržna) hloda

$\pi = 3,1416$

Primer:

Navzkriž smo izmerili premera hloda brez lubja 41,3 cm in 38,8 cm. Dolžina hloda z nadmero je 427 cm. Kolikšna je prostornina hloda?

Dimenzije zaokrožimo po zgornjih navodilih!

Premer hloda:

$$D = \frac{D_{\max} + D_{\min}}{2} = \frac{41 \text{ cm} + 38 \text{ cm}}{2} = 39,5 \text{ cm} = 39 \text{ cm}$$

$$V_H = \frac{\pi \cdot D^2}{4} L = \frac{3,1416 \cdot (0,39 \text{ m})^2}{4} 4,2 \text{ m} = 0,502 \text{ m}^3$$

7.2 Razvrščanje okroglega lesa po dimenzijah

Razvrščanje okroglega lesa po dimenzijah podajamo po standardu SIST EN 1315:2010 na podlagi srednjega premera – preglednica 23. Če se premer meri z lubjem, mora prodajalec podati tudi odbitek lubja. Dolžina hloda je predpisana v kvalitetnem razredu in ne vpliva na razvrstitev. Delitev razredov na a in b se lahko razširi tudi na ostale razrede, pri tem moramo upoštevati pravilo, kot je pri nižjih razredih.

Preglednica 23: Razvrstitev okroglega lesa v debelinske razrede

Razred brez lubja	Razred z lubjem	Srednji premer (cm)
D0	R0	< 10
D1a	R1a	10–14
D1b	R1b	15–19
D2a	R2a	20–24
D2b	R2b	25–29
D3a	R3a	30–34
D3b	R3b	35–39
D4	R4	40–49
D5	R5	50–59
D6	R6	60–69
D7	R7	70–79
D8	R8	≥ 80

7.3 Ocenjevanje kakovosti hlodov

Ocenjevanje kakovosti hlodov oziroma razvrščanje v kakovostne razrede pri nas predpisuje že omenjeni Pravilnik o merjenju in razvrščanju gozdnih lesnih sortimentov iz gozdov v lasti Republike Slovenije RS. Pravilnik je izviren, upošteva pa tudi več ustreznih evropskih standardov za okrogli les. Predpisuje razvrščanje hlodovine v štiri kvalitetne razrede, in to na osnovi dimenzij (minimalna dolžina in minimalni premer) in kvarnih vplivov napak oziroma dovoljenih napak.

Napake, njihovo merjenje in določanje smo obravnavali v poglavju 6.1. Poznati moramo še naslednje pojme:

- napake v srcu, ki so: trohnoba, sprememba (naravne) barve lesa (na primer: rdeče srce pri bukvi, mokro srce pri jelki, rjavost pri smreki), ekscentričnost, dvojno srce in klevsivost in
- napake oboda, ki so obodna trohnoba, obodna sprememba naravne barve lesa, mehanske poškodbe in žlebatost.

Merjenje grč pri hlokih:

Meri se premer grče na obodu okroglega lesa. Razlikujemo pa merjenje grč pri iglavcih in listavcih:

- grče pri iglavcih – zrasle in nezrasle grče: meri se najmanjši premer grč;
- zdrave grče pri listavcih – meri se premer grče;
- trohneče grče pri listavcih – meri se premer grče;
- slepice – meri se globina in premer pred zaraščanjem (polovica višine bradavice).

(Navedeno je citat iz omenjenega Pravilnika, glejte še poglavje 6.3.1.1.)

7.3.1 Kakovostni razredi

Najpomembnejša uvrstitev hlodov je v štiri kakovostne (kvalitetne) razrede: A, B, C in D, ki so določeni posebej za listavce in iglavce.

Kakovostni razred z oznako A postavlja najvišje zahteve glede kvalitete in dimenzije hlodov, najnižje pa razred D.

Za proizvodnjo železničarskih pragov pri listavcih obstaja še kakovostni razred P.

Razred A pri listavcih opredeli hlode za proizvodnjo furnirja, pri iglavcih pa so to hlodi za resonančni les.

Razredi B, C in D so namenjeni za žagarske sortimente, najnižje kakovosti so hlodi z oznako D.

Za razumevanje in pojasnilo bomo navedli prvi kakovostni razred A1 za listavce in razred C za iglavce.

LISTAVCI

Kakovostni razred A1 – hrastovi hlodi za proizvodnjo rezanega furnirja prve kakovosti (HFLh A1)

V ta kakovostni razred spadajo hlodi izjemne kakovosti za proizvodnjo rezanega furnirja: zdravi, sveži, polnolesni in ravni hlodi, pravilnega okroglega preseka in brez napak. Hitrost rasti (širina branike) je lahko največ 3,3 mm (3 branike na cm).

a) Dimenzije:

- minimalna dolžina: 2,3 m;
- napredovanje dolžine: 0,10 m;
- nadmera: 10 cm;
- minimalni premer: 45 cm.

b) Dovoljene napake:

- enostranska krivost – višina loka do 2 % dolžine hloda;
- koničnost – do 3 % premera na večjem čelu hloda;
- ovalnost – do 20 %;

- žlebatost – globine do 3 % premera na mestu merjenja;

- čelna razpoka na enem čelu hloda do globine 10 cm.

Na hlodu za furnir prve kakovosti so dovoljene največ 4 napake.

IGLAVCI

Razvrščanje hlodov za proizvodnjo žaganega lesa glede na dolžino z minimalnimi premeri je za vse iglavce enako:

Dimenzije:

- dolžina: 3, 4 in 5 m;
- napredovanje dolžin po 1,0 m;
- srednji premer hloda od 20 cm naprej brez skorje;
- mnogokratniki hlodov: 6–10 m; srednji vršni premer najmanj 17 cm;
- dolga hlobovina: nad 10 m, napredovanje dolžin po 1,0 m; srednji vršni premer najmanj 14 cm;
- kratki hlodi: 2 m in 2,5 m; srednji premer hloda od 20 cm naprej brez skorje;
- nadmera: 1–2 % dolžine hloda, minimalna nadmera 5 cm, maksimalna nadmera 20 cm.

Kakovostni razred C – hlodi za proizvodnjo žaganega lesa druge kakovosti (HŽI C)

a) Zahteve in pojasnila:

- zdrav in svež les;
- v ta kakovostni razred spadajo hlodi, ki ne ustrezajo kakovostnim zahtevam za B-kakovost.

b) Dovoljene napake:

- zrasle grče: do srednjega premera brez skorje 19 cm, neomejeno število grč do premera 4 cm, od srednjega premera brez skorje 20–29 cm, neomejeno število grč do premera

- 6 cm, od srednjega premera brez skorje 30 cm in več, neomejeno število grč do premera 7 cm;
- nezrasle grče: do srednjega premera brez skorje 19 cm, neomejeno število grč do premera 3 cm, od srednjega premera brez skorje 20–29 cm, neomejeno število grč do premera 4 cm, od srednjega premera brez skorje 30 cm in več, neomejeno število grč do premera 5 cm;
 - koničnost: do srednjega premera brez skorje 19 cm, 2 cm na meter od srednjega premera brez skorje 20–29 cm, 2,5 cm na meter, od srednjega premera brez skorje 30–44 cm, 3 cm na meter, od srednjega premera 45 cm in več, 4 cm na meter; pri mnogokratnikih: 1,5 cm na meter;
 - krivost: pri enojni krivosti višina loka pod 20 % srednjega premera hloda, pri dvojni krivosti višina loka pod 10 % srednjega premera hloda;
 - reakcijski les: dovoljen do vključno 40 % srednjega premera na čelu (oziroma 33 % srednjega premera na čelu v primeru velike grčavosti z več kot petimi smolnimi žepi);
 - zavitost vlaken: do premera 29 cm, dovoljena zavitost vlaken 8 cm na meter, od premera 30 cm in več dovoljena zavitost vlaken 10 cm na meter;
 - smolni žepi/smolike: največ 5 smolnih žepov nad 2 cm na čelu ali največ 8 smolnih žepov nad 2 cm na hlod;
 - insekti: rovi lesnih os in kozličkov (npr. Siricidae, Cerambycidae) niso dovoljeni, rovi lestvičarjev (Scolytinae npr. *Trypodendron lineatum*) niso dovoljeni;
 - širina branik brez omejitev;
 - kolesivost: do 20 % srednjega premera čela;
 - čelna razpoka: dovoljena v območju dolžine nadmere;
 - obarvanost (površinska rjava obarvanost, modro obarvanje zaradi gliv modrivk): ni dovoljena;
 - trohnoba ni dovoljena.

Naloge:

- V *Virih in literaturi* je naveden elektronski naslov *Pravilnika o merjenju in razvrščanju gozdnih lesnih sortimentov iz gozdov v lasti Republike Slovenije*. Preglejte pravilnik in izberite poglavje ter zanj napišite krajši povzetek.
- Skicirajte deblo z možnimi napakami in označite postopek krojenja. Sklepajte, zakaj je krojenje listavcev zahtevnejše od krojenja iglavcev.
- Napišite kriterije za razvrščanje hlodovine v kakovostne razrede.

8. ŽAGAN LES

Žagan (rezan) les je pridobljen z vzdolžnim žaganjem hlodov. Obsega več proizvodov (žagarski sortimenti), ki so polizdelki in jih uporabljamo za izdelavo končnega izdelka.

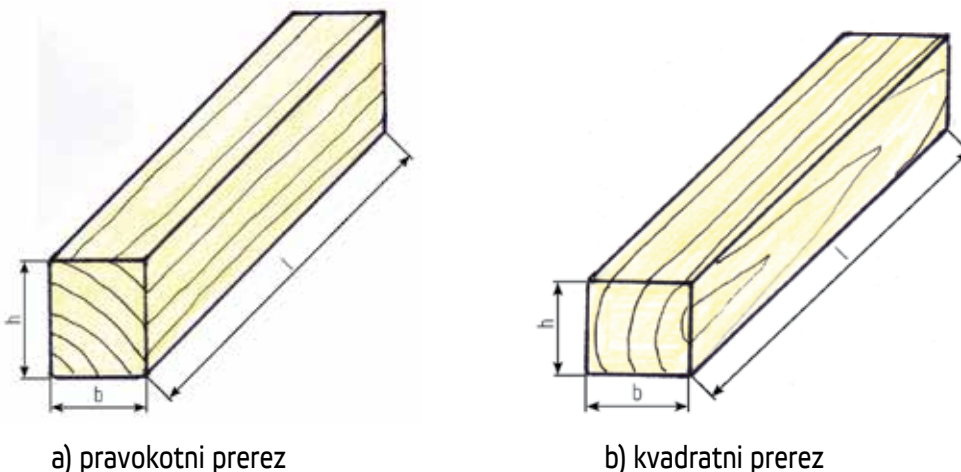
Žagan les opredeljujejo:	
Drevesna vrsta	bukev, smreka, hrast ...
Oblika prečnega prereza	žaganice (deske in plohi), grede ali trami, gredice, letve
Dimenzije	debelina, širina in dolžina
Položaj v deblu	notranji ali sredinski les, zunanji ali bočni les, krajnik
Tekstura (potek letnic)	bleščice, polbleščice in bočnice
Stopnja obdelave	nerobljene, robljene, enostransko robljene žaganice, bulsi
Vlažnost	predpisane dimenzije – pri določeni (referenčni) vlažnosti 20 %
Napake	opredelijo razvrstitev v kvalitetetne razrede

8.1 Vrste žaganega lesa po obliki prečnega prereza

Vrste žaganega lesa po obliki prečnega prereza sortimenta predstavljajo osnovno razporeditev. Navedli bomo tudi dimenziji prereza in dolžino, ki so običajne (trgovske) dimenzije.

8.1.1 Tram (greda), gredica

Tram ali greda, gredica in drugi nosilni žagarski sortimenti za gradbene konstrukcije imajo kvadratni ali pravokotni prerez.



Slika 184: Tram, gredica (Z. S.)

Tram (greda) štirikotni žagarski sortiment, ki ima najvišje dimenzije.

Tramovi se običajno žagajo po naročilu – trgovske mere:

Širina (b) 8 do 22 cm, narašča po 1 cm

Višina (h) 8 do 30 cm, narašča po 1cm

Dolžina (l) od 3,00 m naprej, narašča po 25 cm

Gredica

Gredica (moral, tramič) štirikotni žagarski sortiment.

Pogoste trgovske dimenzije b/h (širina/višina) v mm: 38/48, 38/76, 48/48, 48/76, 76/76 ...

Dolžine od 2,00 m naprej naraščajo po 25 cm.

8.1.2 Žaganica

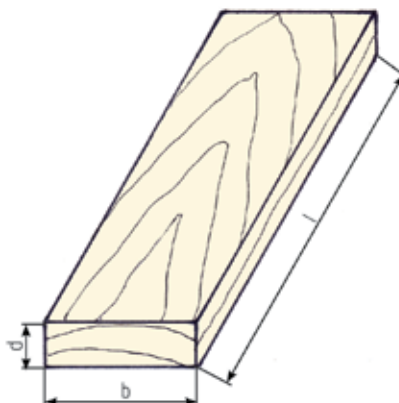
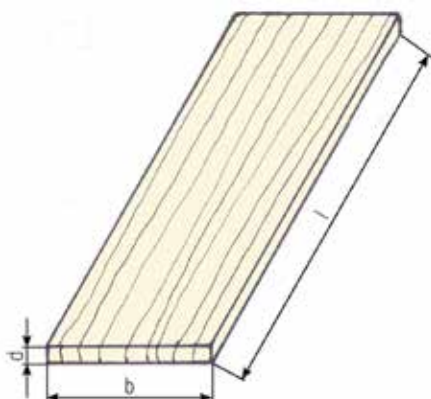
Žaganica je daljši ploščat kos lesa iz podolžno razžaganega hloda. Osnovna delitev je po debelini na deske in plohe. Deske so do debeline 40 mm, debelejši pa so plohi.

Preglednica 24: Dimenzije žaganic – trgovske mere

Debelina žaganic (mm)					
iglavci (smreka, jelka)		bor, macesen		listavci (hrast, bukev)	
deska	ploh	deska	ploh	deska	ploh
18	48 (50)	20	50	20	45
20	60	25	60	25	50
24	66	40	76	32	60
28	70		80	38	80
38	80				

Minimalna širina žaganic je 8 cm

Dolžina žaganic (m)	
Dolžine naraščajo po 25 cm.	
Iglavci	Listavci
kratice do 0,95	kratice od 0,5 do 0,9
kratke deske 1,00 do 2,75	kratke deske 1,00 do 1,90
normalne dolžine 3,00 do 6,00	normalne dolžine 2,00 in več



a) deska

b) ploh

8.1.3 Letev

Letev, ožji kos žaganega lesa pravokotnega ali kvadratnega prereza, do 40 mm debeline, širine do 80 mm. Po SIST DIN 4074-1:2009 so letve do površine prereza 40 x 80 mm.

Pogoste trgovske dimenzije b/h v mm: 6/24, 12/38, 12/48, 18/38, 18/48, 24/24, 24/38, 24/48, 28/38, 28/48.

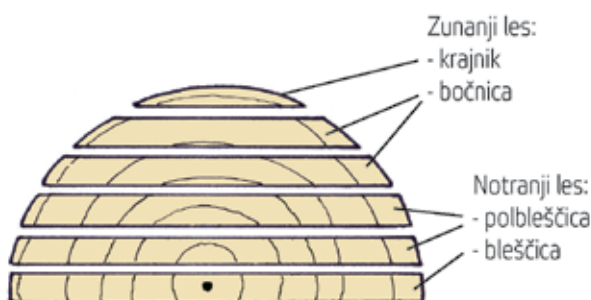
Dolžine od 1,00 m naprej naraščajo po 25 cm.

V trgovini z lesom je znan tudi pojem četrtak (moral), po merah debelejši od letve in drobnejši od grede.

8.2 Žagani les po položaju v deblu in teksturi

Položaj žaganice v deblu vpliva na kakovost, lastnosti in teksturo lesa. Razlikujemo:

- Notranji ali sredinski les ima radialno ali polradialno teksturo in večino jedrovine, zato je precej kvalitetnejši kot zunanji ali bočni les. Žaganice so bleščice in polbleščice.
- Zunanji ali bočni les ima tangencialno teksturo in beljavo. Žaganice pa imenujemo bočnice.

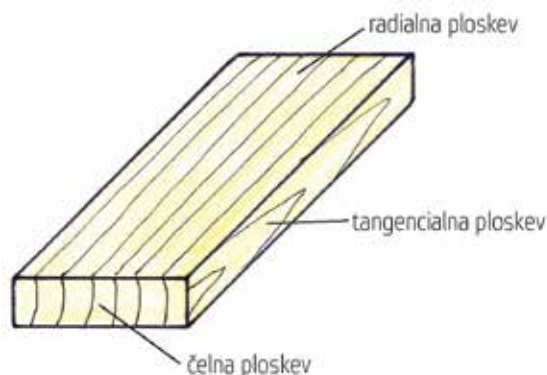


Slika 186: Vrste žaganega lesa po položaju in teksturi (Z. S.)

8.2.1 Bleščica

Bleščica (sredinska deska, plošč) je žaganica (žagarski sortiment) izžagana iz sredine hlo-da (v smeri radija). Zato ima radialno teksturo.

Pravimo ji tudi radialna deska. Letnice na obeh širših (radialnih) ploskvah potekajo enako in so vzporedne (kot črte), na prečnem prerezu pa navpično "stojijo" k širši ploskvi deske. Na radialni ploskvi večje trakove prerežemo po njihovi višini, zato jih vidimo kot svetleče lise ali zrcala (slika 187 b), zato takšnim deskam pravimo bleščice (sredice, zrcalnice). Bočna (ozka) ploskev ima tangencialno teksturo. Deske ali sortimenti (bleščice) so najkvalitetnejši les, ki je dimenzijsko stabilen. Bleščica se po širini krči radialno, kar pomeni, da pri parketu po morebitni osušitvi nastanejo enkrat manjši vmesni prostori (reže), kot če imamo bočnice. Bleščice se ne koritijo ali zvijajo in so primerne za lepljenje v elemente (profili, plošče). Površina je bolj trda, zato se lepše skoblja, brusi in površinsko obdeluje.



a) potek letnic (Z. S.)

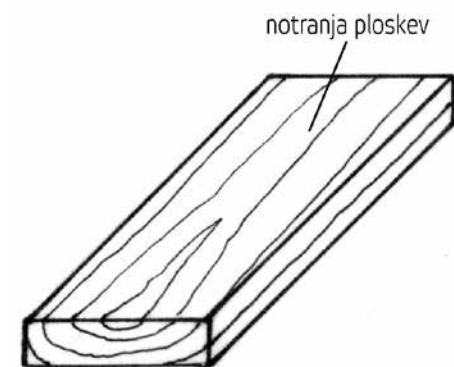


b) svetleče lise hrasta (S. K.)
Slika 187: Bleščica

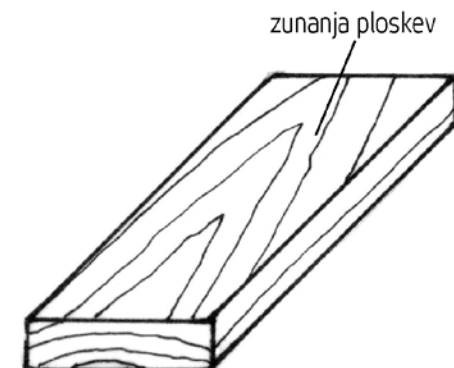
Bleščica lahko vsebuje stržen (slika 166a). Stržen (srce) je nekvaliteten les, ki rad poka. V sortimentih ga je potrebno izločiti ali prerezati, če je to le mogoče. Žaganice s prežaganim srcem so kvalitetne.

8.2.2 Bočnica

Žaganico s tangencialno teksturo izžagamo iz bočnega dela hloda, zato jo imenujemo bočnica, pa tudi tangencialna deska. Letnice na čelnem prerezu "sledijo" širši ploskvi – "ležijo". Na širši ploskvi bočnice pa ločimo zunanjo (levo) in notranjo (desno) ploskev (stran), ki imata različno teksturo, odvisno od položaja v hlodu. Zunanja stran ima izrazito tangencialno ("flover") teksturo. Notranja pa ima bolj radialno. Bočne deske so slabše kvalitete, se koritijo, zato so za izdelavo pohištva nezaželeni.



a) notranja (desna) ploskev



b) zunanja (leva) ploskev

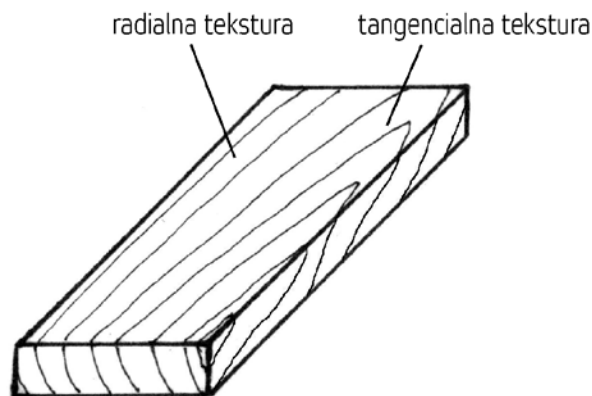
Slika 188: Bočnica – prikaz obeh strani (Z. S.)

8.2.3 Polbleščica

Pri polbleščici je potek letnic na širši ploskvi deloma vzporeden, deloma pa marogast, zato jo imenujemo tudi polradialna žaganica ali ploh.

Če na čelnem prerezu letnice "stojijo in ležijo" oziroma potekajo bolj poševno glede na širšo ploskev deske, tako desko imenujemo "pol-

bleščica". Polbleščica ima levo (zunanjo) in desno (notranjo) ploskev (stran), ki imata različno teksturo. Polbleščice so kvalitetni sortimenti. Uporabljamo jih lahko pri vseh zahtevnih delih in sklopih zunanjega in notranjega pohištva.

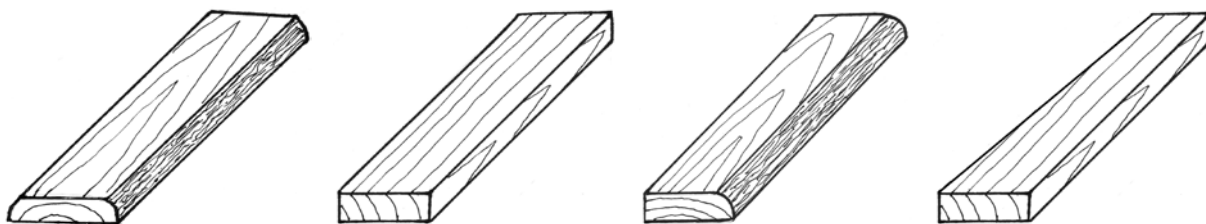


Slika 189: Polbleščica (Z. S.)

8.3 Stopnja obdelave žaganic

Žaganice so lahko robljene in nerobljene ali pa zložene v buli:

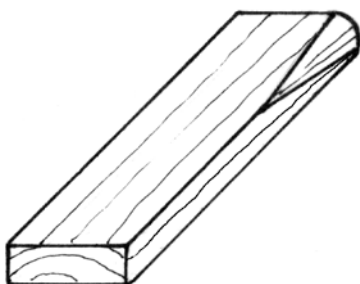
- **Nerobljene žaganice** (neobžagane) imajo na bočni (ožji) ploskvi oblo površino hloda (lahko skupaj s skorjo).
- **Robljene žaganice:**
 - dvostransko vzporedno robljena – obžagana sta oba vzdolžna roba žaganice in tako nastane pravokotnik z ostrimi robovi med ploskvami;
 - enostransko robljene žaganice, ki so obžagane samo po eni strani;
 - dvostransko konično robljene, kjer se širina deske zmanjšuje proti ožjem koncu.



a) nerobljena b) dvostransko vzporedno robljena c) enostransko robljena č) dvostransko konično robljena

Slika 190: Žaganice (Z .S.)

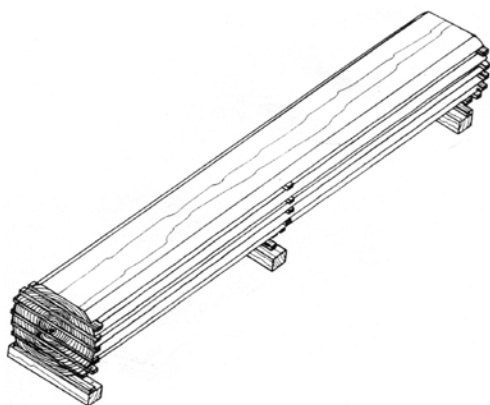
Na robljeni žaganici (žagarskem sortimentu) lahko ni v celoti obžagan en del bočne ploskve. Ostane oblika hloda, kar imenujemo lisičavost (pogl. 6.5.1).



Slika 191: Žaganica z delno lisičavostjo (Z. S.)

Bouls (klada, hlodarka)

Nerobljene žaganice iz enega hloda so zložene skupaj tako, kot so bile v hlodu, zato se prodajajo samo kot celota. Žaganice imajo enako barvo in teksturo, kar je pomembno, ker mora biti les na prednji strani (fronti) omare enake barve in teksture. V bulse se žaga samo najboljša hlodovina, izdelava je dražja in se uporabljajo za najbolj vredno pohištvo.



Slika 192: Bouls (X)

8.4 Razvrščanje žaganega lesa

Razvrščanje (sortiranje) žaganega lesa pomeni, da mu določimo kvaliteto in/ali trdnost ter nato les razvrstimo v:

- kakovostne,
- sortirne in
- trdnostne razrede.

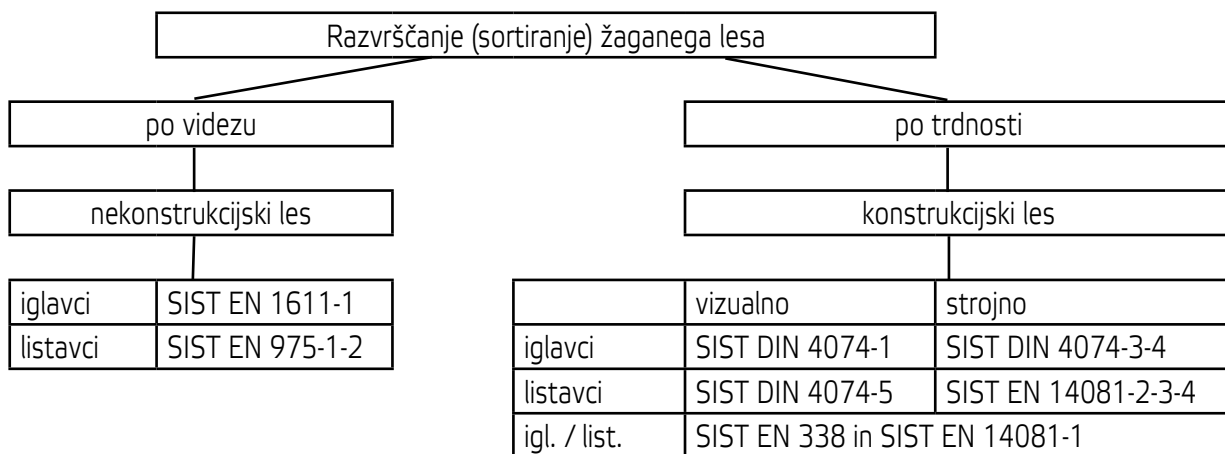
Razvrstitev žaganega lesa v razred opredeli njegovo uporabo oziroma zakaj in kje se bo uporabljal. Vsi razredi so določeni s standardom. Obstajajo nacionalni in evropski (EN) standardi, ki poenotijo pravila o razvrščanju žaganega lesa.

Pri razvrščanju razlikujemo:

- nekonstrukcijski (običajen, mizarski) les, kjer je bolj pomemben videz;
- konstrukcijski (stavbni, gradbeni) les, kjer je odločilna trdnost lesa.

Razvrščanje pa je lahko:

- vizualno, ki temelji na vidnem opazovanju značilnosti lesa (napak) in
- strojno, ki temelji na zvezi med izmerjenimi lastnosti lesa in njegovo trdnostjo.



8.4.1 Razvrščanje nekonstrukcijskega lesa

Nekonstrukcijski (mizarski) les se razvršča v kakovostne razrede po videzu, ne obstaja pa enotni standard.

Evropski standard za iglavce je SIST EN 1611-1:2003, za bukev in hrast SIST EN 975-1:2009, samo za topol pa SIST EN 975- 2:2005.

Standardi predpisujejo dimenzije žagarskih sortimentov, določanje napak in dovoljene napake. Napake so v standardih lahko različno opredeljene. Predvidene so vse vrste napak, ki so opisane in

razložene pri poglavjih: 6.2; 6.3; 6.4; 6.5; 6.6; 6.7. Poudarimo, da standard glede na stanje grč razlikuje zdrave, zrasle, mrtve ali delno zrasle, okrogle, podolgovate ...

Mizarski les mora biti zdrav, odločilne so esetske lastnosti, delno tehnološke, manj pa mehanske lastnosti. Pomembno je tudi, če se obarvanje lahko odstrani s skobljanjem.

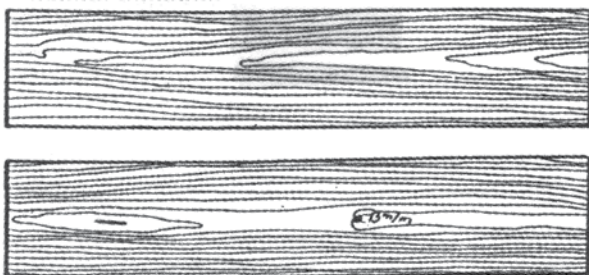
Pojasnili bomo pri nas prevzeti **evropski standard SIST EN 1611-1**. *Žagani les – Razvrščanje iglavcev po videzu – 1. del: Evropske smreke, jelke, bori, duglazije in macesni.*

Standard predvideva pet kakovostnih razredov (0, 1, 2, 3, 4). Razred 0 definira najvišjo kakovost, razred 4 pa pomeni najslabšo kakovost žaganic.

Podana sta dva postopka razvrščanja v kvalitetne razrede:

- G2, pri katerem ocenjujemo obe širši ploskvi (grče in ostale napake) in
- G4, pri katerem ocenjujemo obe širši ploskvi in obe bočni (ožji) ploskvi (običajno v Skandinaviji). Kakovostni razredi so torej:
G2-0, G2-1, G2-2, G2-3, G2-4 in
G4-0, G4-1, G4-2, G4-3, G4-4.

Podali bomo še risbe za smrekov/jelov les, ki ponazarjajo najkakovostnejši in najslabši razred.



Slika 193: Prednja in hrbtna stran žaganice – kakovostni razred G2-0 (14.: 48)



Slika 194: Prednja in hrbtna stran žaganice – kakovostni razred G2-4 (14.: 48)



Slika 195: Širša ploskev deske (M. G.)

8.4.2 Razvrščanje konstrukcijskega (gradbenega) lesa

Konstrukcijski les se uporablja za izdelavo vseh vrst gradbenih konstrukcij: hiše, šole, vrtci, športne in kulturne dvorane, ostrešja, razna razstavišča, mostovi, brvi, ograje, škarpe ...

Vrste konstrukcijskega lesa, ki prevladujejo, so: iglavci (smreka, jelka, bor, macesen) in manj hrast, bukev in topol. Poraba lesa za gradnjo je obsežna in narašča.

Pri konstrukcijskem lesu so najvažnejše mehanske lastnosti, predvsem trdnosti in elastični modul. Mehanske lastnosti so odvisne od napak v lesu. Največji vpliv imajo grče, nato gostota lesa, širina branike, razpoke, lisičavost, zavistost.



Slika 196: Skeletna lesena konstrukcija (M. G.)

V evropskih državah se uporablja več nacionalnih standardov za razvrščanje konstrukcijskega lesa po trdnosti, navedli bomo nekatere: v Nemčiji, Avstriji, Češki in Sloveniji DIN 4074-1, v Italiji UNI 11035-1, v skandinavskih državah INSTA 142:1997, v Veliki Britaniji BS4978:2007.

Vendar morajo nacionalni standardi upoštevati evropski standard SIST EN 14081-1:2016, ki predpiše:

- značilnosti (kriterije), zaradi katerih je zmanjšana trdnost lesa: grče, naklon vlaken, gostota, hitrost rasti in razpoke;
- geometrijske značilnosti: lisičavost, ukrivljenost (veženje);
- značilnosti biološke razgradnje lesa: obarvanost, trohnobe, poškodbe od žuželk;
- druge značilnosti: reakcijski les, mehanske poškodbe in podobno.

Standarde morajo projektanti strogo spoštovati, saj je od njegovih določil o kvaliteti konstrukcijskega lesa odvisna stabilnost in varnost konstrukcije.

Vizualno razvrščanje temelji na osnovi značilnosti lesa (napak), ki so vidne in žagan les se razporedi v sortirni razred. Upoštevanje so vse napake, ki vplivajo na mehanske lastnosti. Povsem je odvisno od ocenjevalca (človeka).

V Sloveniji uporabljamo prevzeta standarda SIST DIN 4074-1:2009, ki velja za iglavce, in SIST DIN 4074-5:2009, ki velja za listavce.

Strojno razvrščanje se izvaja z različnimi napravami, tako da lesa ne porušimo (nedeaktivna metoda), lastnosti pa izmerimo. Temelji na zvezi med lastnostmi lesa in njegovo trdnostjo. Obstaja več metod oziroma postopkov. Omenimo:

- metoda merjenja gostote lesa in elastičnega modula,
- metoda frekvenčnega odziva, kjer merimo nihajne in akustične lastnosti v lesu,
- metode na osnovi električne upornosti in dielektričnih lastnosti lesa.

Uporabljajo tudi klasično preizkušanje trdnosti (običajno upogib) žaganega lesa. Veliki žagarski obrati lahko iščejo napake in druge lastnosti z rentgenskimi žarki ... Strojno sortiranje se lahko izvaja po SIST DIN 4074-3,4 z ustreznimi napravami.

Strojno razvrščanje je hitro in bolj objektivno, potrebna pa so precejšnja sredstva za nabavo opreme. Zahteva tudi dodatno vizualno oceno značilnosti sortimenta, ki jih z napravami ne moremo izmeriti.

8.4.2.1 Razvrščanje po standardu SIST DIN 4074-1

Standard SIST DIN 4074-1:2009, ki smo ga že večkrat navedli, opredeli tudi napake lesa, ki so obravnavane in razložene pri poglavjih 6.2; 6.3; 6.4; 6.5; 6.6; 6.7.

Standard za konstrukcijski žagan les razvršča v sortirne razrede, pri tem pa razlikuje tramove, plohe in deske ter letve.

Razdelitev po dimenzijah je prikazana v preglednici 25.

Preglednica 25: Razdelitev konstrukcijskega žaganega lesa po dimenzijah

Vrsta sortimenta	Debelina d oziroma višina h	Širina b
Letev	$d \leq 40$ mm	$b < 80$ mm
Deska ¹ Ploh ¹	$d \leq 40^2$ mm $b > 40$ mm	$d \geq 80$ mm $b > 3 d$
Tram, gredica	$b \leq h \leq 3 b$	$b > 40$ mm
¹ Pokončno postavljene deske in plohe, ki so upogibno obremenjeni po robu, razvrščamo kot tramove, označimo pa s črko K pri sortirnem razredu, na primer S 7K. ² Ta omejitev ne velja za deske za lepljen lameliran les (BSH).		

Sortirni razredi

Tramove, gredice (nosilci, špirovci ...), deske in plohe uvrstimo v tri sortirne razrede: S 7, S 10, S 13; letve pa razvrščamo v dva sortirna razreda: S 10 in S 13.

Preglednica 26: Vrste sortirnih razredov

Vrsta sortimenta	Sortirni razred
tram, gredica ploh, deska	S 7, S 10, S 13;
letev	S 10 in S 13.

Standard tudi navaja:

- Kriteriji razvrščanja veljajo pri ≤ 20 % vlažnosti lesa.
- Standard SIST DIN 4074-1 predpisuje dovoljena odstopanja dimenzij po standardu SIST EN 336:2013, in sicer za njegov prvi razred odstopanja. To pomeni:
 - dimenzija prečnega prereza (debelina, širina) ≤ 100 mm; dovoljeno + 3 mm / -1 mm
 - dimenzija prečnega prereza (debelina, širina) > 100 mm; dovoljeno: + 4 mm / -2 mm
 - za dolžino: odstopanja v minus niso dovoljena, odstopanja v plus pa je potrebno določiti v pogodbi.
- Pri vseh sortimentih in razredih niso dovoljene napake: razpoke zaradi strele, raznih poškodb in kolesivost.
- Pri vseh sortimentih in razredih je dovoljeno modrenje in rovi od sekundarnih insektov, če so rovi premera do 2 mm.
- Konstrukcijski les ima lahko po dolžini različno velike prereze zaradi lisičavosti, premera grč ... Največje napetosti nastanejo v prerezu, ki je najmanjši, napaka pa seveda največja. Standard zato upošteva največjo napako oziroma najslabšo možnost.

Za razumevanje in pojasnilo standarda bomo navedli sortirni razred S 10.

Sortirni razred S 10**• Tramovi, gredice**

1. Grčavost: do 2/5*
2. Naklon vlaken: do 12 %
3. Stržen: dovoljen
4. Širina branike: splošno do 6 mm, duglazija do 8 mm
5. Razpoke zaradi krčenja: do 1/2
6. Lisičavost: do 1/4
7. Ukrivljenost (vzdolžna): do 8 mm
- 7.a Zvitost: 1 mm/25 mm višine
8. Obarvanost – »čvrste« rjave, rdeče proge: do 2/5
9. Kompresijski les do 2/5

* Velikost grč do 1/2 če je širina branike pri smreki do 4 mm in pri duglaziji do 5 mm. Delež v eni pošiljki ne sme preseči 25 %.

• Deske in plohi

1. Grčavost – posamezna grča: do 1/3
- 1.a Grčavost – skupina grč: do 1/2
- 1.b Grčavost – bočne grče: do 1/3
2. Naklon vlaken: do 12 %
3. Stržen: dovoljen
4. Širina branike: splošno do 6 mm, duglazijado 8 mm
5. Razpoke: dovoljene
6. Lisičavost: do 1/3
7. Ukrivljenost (vzdolžna): do 8 mm
- 7.a Zvitost: 1 mm/25 mm višine
- 7.b Koritavost: 1/30
8. Obarvanost – »čvrste« rjave, rdeče proge: do 2/5 (modrenje dovoljeno, trohnobe niso dovoljene)
9. Kompresijski les do 2/5

• Letve

1. Grčavost: do 1/2, pri boru 2/5*
2. Naklon vlaken: do 12 %
3. Stržen: dovoljen samo pri smreki
4. Širina branike: splošno do 6 mm, duglazija do 8 mm
5. Razpoke zaradi krčenja: dovoljene
6. Lisičavost: do 1/3
7. Ukrivljenost (vzdolžna): do 12 mm
- 7.a Zvitost: 1 mm/25 mm višine
8. Obarvanost »čvrste« rjave, rdeče proge: do 3/5 (modrenje dovoljeno, trohnobe niso dovoljene)
9. Kompresijski les do 3/5

* pri prerezu $\geq 40 \times 60$ mm do 1/2

8.4.2.3 Trdnostni razredi

Sortirne razrede prevedemo v trdnostne razrede žaganega lesa, ki jih potrebujejo projektanti pri izračunu posameznih konstrukcij.

Z dimenzioniranjem lesenih konstrukcij se ukvarjajo gradbeni inženirji ali tudi iz drugih strok s posebnim izpitom.

Po standardu SIST EN 338:2016 so trdnostni razredi masivnega lesa pri iglavcih označeni: (*Conifereus*) s črko C, pri listavcih (*Deciduous*) pa s črko D. Poleg črke je številka, ki pomeni karakteristično upogibno trdnost za ta razred. Na primer trdnostni razred C30 pomeni les iglavcev z upogibno trdnostjo 30 MPa, D40 pa les listavcev z upogibom 40 MPa. Za iglavce obstaja 12 razredov, za listavce pa 6.

V preglednici 27 bomo navedli samo tri običajne trdnostne razrede (C16, C24, C30), ki so najpogostejši, ker največ konstrukcijskega lesa pade v te tri razrede.

Dimenzioniranje je po Evrokodu 5 (glejte še poglavje 4.4.2.10).

Preglednica 27: Prevedba sortirnih razredov v trdnostne razrede po SIST EN 1912:2012

Sortirni razred po SIST DIN 4074-1	Trdnostni razredi po SIST EN 338
S7	C16
C18 (smreka)	
S10	C24
S13	C30

V preglednici 28 bomo podali vrednosti za mehansko fizikalne lastnosti, ki so osnova za dimenzioniranje. Lastnosti lesa veljajo pri vlažnosti lesa, ki jo les doseže pri temperaturi 20 °C in 65 % relativni vlažnosti zraka. Ravnoesna vlažnost lesa pri tej klimi zraka je 12 % (slika 78).

Preglednica 28: Karakteristične lastnosti lesa po SIST EN 338

Lastnosti	Trdnostni razred		
	C16	C24	C30
Trdnost (MPa, N/mm²)			
upogib	16	24	30
nateg, vzporedno	10	14	18
nateg, pravokotno	0,5	0,5	0,6
tlak, vzporedno	17	21	23
tlak, pravokotno	2,2	2,5	2,7
strig	1,8	2,5	3
Togostne lastnosti (MPa)			
elastični modul, vzporedno	8000	11000	12000
elastični modul, pravokotno	270	370	400
Gostota (kg/m³)			
karakteristična	310	350	380
povprečna	370	420	460

Vsi lesni proizvodi, namenjeni stalni uporabi v konstrukcijah, morajo biti označeni z oznako CE (slika 197). Oznaka CE je v obliki žiga odtisnjen na površino, z njim proizvajalec potrjuje, da je izdelek skladen s tehnično specifikacijo, ki je za konstrukcijski žagan les predpisana po SIST EN 14081-1:2016.



Slika 197: Oznaka CE za žagan konstrukcijski les (X)

8.5 Merjenje žaganega lesa

Merimo debelino (d), širino (b) in dolžino (l) žaganic.

Pravila merjenja bomo podali po SIST EN 1309-1:2000, določanje prostornine pa po EN 1312:1997. Pri izmerjenih dimenzijah je potrebno navesti tudi dejansko vlažnost lesa pri merjenju.

• Debelina

Debelino merimo z merilno napravo (kljunasto merilo), ki omogoči merjenje do 0,1 mm natančno. Merimo trikrat – na obeh koncih robljenih žaganic – najmanj 150 mm od čela in še med omenjenima mestoma (velikokrat na sredini). Merilo postavimo pravokotno na širšo ploskev žaganice.

Za debelino vzamemo najmanjšo izmerjeno debelino; izrazimo jo v milimetrih na eno decimalno natančno.

• Širina

Širino žaganice merimo s togim merilom (metrom), ki ima skalo v milimetrih in le-te odčitamo. Merilo postavimo pravokotno na vzdolžno os. Merimo na 1 mm natančno.

Paralelno robljene žaganice merimo na treh mestih, dve sta oddaljeni od čela najmanj

150 mm, tretja pa je kjerkoli med tema dvema (enako kot pri debelini). Upoštevamo samo najmanjšo izmerjeno širino v centimetrih na eno decimalno mesto natančno.

Pri nerobljenih žaganicah merimo širino na polovici dolžine žaganice in na sredini žamanja brez lubja.

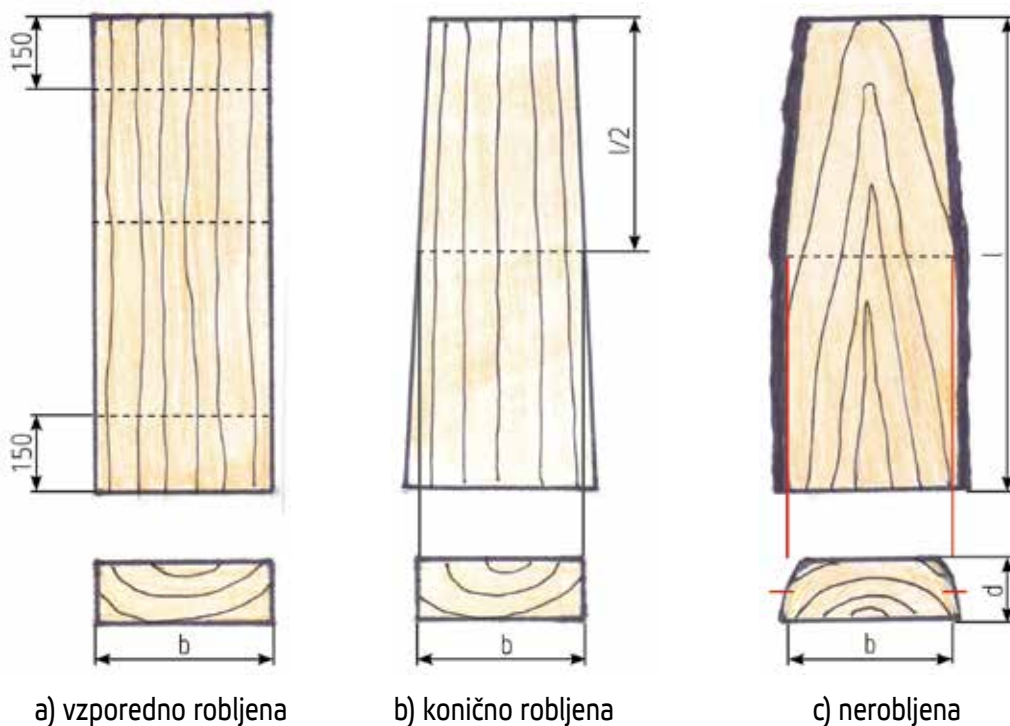
Pri konično robljenih deskah merimo širino na sredini dolžine.

Kadar je na sredini napaka, merimo pred in za napako in izračunamo srednjo vrednost.

• Dolžina

Dolžino žaganice merimo z merilnim trakom najmanj na 5 mm natančno. Je najkrajša razdalja med koncema žaganice (čeloma), če žaganica ni popoln pravokotnik. Lahko pa merimo dolžino največjega možnega pravokotnika, ki ga narišemo na ploskev. Dolžino izrazimo v metrih, na dve decimalni mesti natančno, zaokrožimo pa jo navzdol na cele centimetre.

Označevanje izdelkov z oznako CE (Conformite European) je obvezno za vse članice Evropske unije (EU). Označeno mora biti vse industrijsko blago. Oznaka CE jamči, da je izdelek varen in je v skladu s tehničnimi zahtevami evropske zakonodaje. Proizvajalec nadzoruje delovni proces in izpolnjuje določene predpise, zahteve, standarde ... Oznaka CE torej ni znak kvalitete, ampak je minimalni pogoj, ki omogoča prost dostop do enotnega trga EU.



Slika 198: Merjenje žaganic (Z. S.)

8.5.1 Izračun prostornine

Prostornino (volumen) žaganega lesa izračunamo kot prostornino kvadra:

$$V_z \text{ (m}^3\text{)} = d \cdot b \cdot l$$

$V_z \text{ (m}^3\text{)}$prostornina žaganice

$d \text{ (m)}$debelina žaganice

$b \text{ (m)}$širina žaganice

$l \text{ (m)}$dolžina žaganice

Pri izračunu vstavimo dimenzije v metrih, in sicer na tri decimalke natančno; dobljeni rezultat v m^3 pa tudi zaokrožimo na tri decimalna mesta natančno (po pravilu zaokroževanja: do števila 4 navzdol, od števila 5 pa navzgor).

Primer:

Nerobljenemu plogu smo izmerili debelino 50,7 mm in dolžino 3,5 m. Širino smo izmerili takole: širina na ožji (zunanj) ploskvi je 43,1 cm in na širši ploskvi 47,9 cm.

Izračunajmo prostornino žaganice. Vlažnost lesa je 20 %.

$$b = \frac{b_1 + b_2}{2} = \frac{431 \text{ mm} + 479 \text{ mm}}{2} = 455 \text{ mm}$$

$$V_z = d \cdot b \cdot l = 0,050 \text{ m} \cdot 0,455 \text{ m} \cdot 3,50 \text{ m} = 0,080 \text{ m}^3$$

8.5.2 Določanje dimenzij pri 20 % vlažnosti lesa

Standard predpisuje dimenzije žaganemu lesu pri referenčni vlažnosti lesa 20 %. Običajno se žagajo hlodi z višjo vlažnostjo, zato moramo predpisanim dimenzijam dodati nadmero (»prid, pridatek«), da se kompenzira izguba zaradi osušitve po debelini in tudi po širini sortimenta.

Zračno osušeni žagarski sortimenti imajo nižjo vlažnost od 20 %. Posledično lahko imajo žaganice manjše dimenzije od predpisanih.

Spremembe dimenzij zaradi krčenja že znamo izračunati (poglavje 4.2.5.1). Veljavni standard SIST EN 1313-1:2010 pa izračun malo poenostavi.

Dogovorjena (referenčna) vlažnost lesa je torej 20 %. Če je vlažnost višja od 20 % in do TNCS (30 %), velja, da debelina in širina lesa poraste za 0,25 % pri vsakem 1 % spremembe vlažnosti. Pod 20 % pa za 1 % spremembe vlažnosti dimenzija pade tudi za 0,25 % krčenja.

Te vrednosti veljajo za vse vrste lesa in predvidevajo za radialno in tangencialno krčenje enoten diferencialni skrček/nabrek $q = 0,25 \text{ \%}/\%$ ali odstotek krčenja $\beta = 7,5 \text{ \%}$. Neupoštevanje smeri delovanja in vrste lesa je delno upravičeno zaradi anizotropnosti lesa. Pri večini žaganic krčenje tudi ni povsem radialno ali tangencialno, razen pri bočnici in sredinski deski.

Primer:

Žaganica pri vlažnosti 20 % mora imeti debelino 60 mm in širino 400 mm. Izračunajmo ustrezno debelino in širino pri vlažnosti 30 % in več ter pri vlažnosti 10 %.

Razlika vlažnosti:

$$\Delta u = 10\% (30\% - 20\%) \text{ in } (20\% - 10\%)$$

Dejanski odstotek delovanja (skrček/nabrek) za debelino in širino:

$$\beta_{\Delta u} = \frac{\beta \cdot \Delta u}{30} = q \cdot \Delta u = 0,25\%/ \% \cdot 10\% = 2,5\%$$

$$\text{SKRČEK} = \frac{\text{DEBELINA} \cdot \beta_{\Delta u}}{100} = \frac{60 \text{ mm} \cdot 2,5\%}{100\%} = 1,5 \text{ mm}$$

Ustrezna debelina žaganice pri vlažnosti 30 % (TZLV) in več = 60 mm + 1,5 mm = 61,5 mm, pri vlažnosti 10 % pa je 60 mm – 1,5 mm = 58,5 mm.

$$\text{SKRČEK} = \frac{\text{ŠIRINA} \cdot \beta_{\Delta u}}{100} = \frac{400 \text{ mm} \cdot 2,5\%}{100\%} = 10 \text{ mm}$$

Širina žaganice pri vlažnosti 30 % = 400 mm + 10 mm = 410 mm, pri vlažnosti 10 % = 400 mm – 10 mm = 390 mm

8.6 Žagarski ostanki

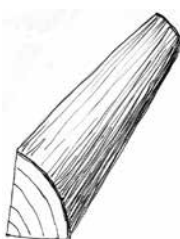
Žagarski ostanki pri predelavi lesa se koristno uporabijo za izdelavo ivernih ali vlaknenih plošč, za celulozo, za biomaso (toploto) in kemično predelavo.

Ostanki pri žaganju hlodov so:

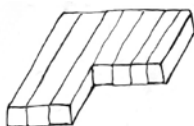
- **Krajnik** (bočni del hloda) je iz boka hloda odžagana deska. Ima eno ravno žagano ploskev, na drugi pa zadrži obliko hloda. Krajnik ima lahko dolžino enako hlodu, velikokrat pa je krajši, posebej če ima hlod večji padec premera.
- **Žamanje** (obrezline) je ostanek pri robljenju deske. Za dolžino žamanja velja enako kot za dolžino krajnika.
- **Očelek** nastane pri prečnem obžagovanju (čeljenju) hlodov in žaganic.
- **Žagovina** (žaganje) nastane zaradi delovanja žaginih listov. Uporabljamo jo za izdelavo ivernih plošč, briketov, peletov, lahko pa jo dovajamo (pnevmatski ali mehanični transporterji) v kurišče parnega kotla.



a) krajnik



b) žamanje



c) očelek



č) žagovina

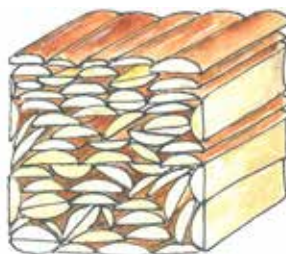
Slika 199: Ostanki pri žaganju (Z. S.)

Prostorninski meter

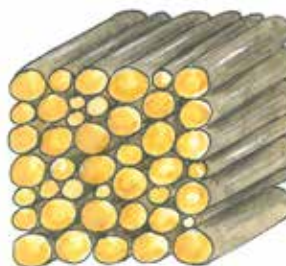
Za drva in žagarske kosovne ostanke običajno uporabljamo mersko enoto: prostorninski meter (prm ali pm).

Skladovnica lesa dimenzij 1 m x 1 m x 1 m (kocka) vključno z zračnimi vmesnimi prostori je en prostorninski meter. Večja enota je klafta, ki ima prostornino 4 prm (4 m x 1 m x 1 m).

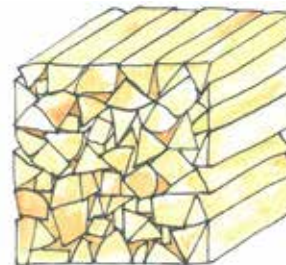
Prostornina lesa v kubikih (m^3) je odvisna od oblike kosov ter od velikosti in razporeditve posameznih kosov lesa v skladovnici. Pretvornik za spremembo prostorninskega metra v kubični meter in obratno razberemo iz slike.



a) krajniki: 1 prm = 0,60 m^3 lesa
(1,00 m^3 = 1,66 prm)



b) okroglice: 1 prm = 0,75 m^3 lesa
(1,00 m^3 = 1,33 prm)



c) cepanice: 1 prm = 0,70 m^3 lesa
(1,00 m^3 = 1,40 prm)

Slika 200: Skladovnica – en prostorninski meter (prm) (Z. S.)

Sekanci

Kosovne ostanke (krajniki, žamanje, očelki) s sekalnikom predelamo v sekance.

Razlikujemo:

- drobne sekance dolžine 4–25 (30) mm in debeline nekaj mm,
- grobe ali velike sekance, dolge 25–80 mm in debele približno 20 mm.

Sekanci so gorivo (biomasa) za večje kotlovne enote, v zadnjem času pa tudi za stanovanjske hiše. Veliko se uporabljajo za proizvodnjo ivernih plošč (fino iverje), za vlaknene plošče in celulozo. Sekanci se enostavno transportirajo, na primer: s tračnim, polžastim ali pnevmatskim transporterjem, s tovarnjaki – cisternami.

Nasuti (kubični) meter (nasuti m³)

Nasuti meter uporabljamo za mero prostornine nasutja lesnih sekancev, za razno iverje, redko pa tudi za nasutje drv. Ko sekance stresemo na kup nastanejo med delci lesa praznine, ki so odvisne od velikosti sekancev, oblike, vlažnosti ...

Za drobne sekance velja, da:

- iz 1 m³ lesa dobimo (nastane) 2,5 nasutih m³ sekancev oziroma iz 1 prm cepanic dobimo 1,75 nasutih m³ sekancev.

Za grobe sekance velja, da:

- iz 1 m³ lesa dobimo (nastane) 3,0 nasutih m³ sekancev oziroma iz 1 prm cepanic dobimo 2,1 nasutih m³ sekancev.



Slika 201: Sekanci (U. G.)

8.7 Izkoristek pri žaganju hlodov

Pri žaganju hlodov nastanejo izgube. Pomembno je, da iz hlodovine dobimo čim več žaganega lesa (sortimentov), kar nam pove količinski izkoristek. Izkoristek je odvisen od številnih dejavnikov: premera, dolžine in oblike hloda, načina žaganja, širine reže, velikosti nadmere, stopnje obdelave žaganega lesa ... Na splošno je izkoristek večji pri debelejših hlodih, če je debelina žaganic proti sredini večja kot na obodu. Pri prizmiranju je izkoristek nižji kot pri enkratnem žaganju. Izkoristek se giblje od 50–80 %, lahko je manjši, redko pa je večji.

Izkoristek hloda izračunamo po odstotnem računu.

$$\eta_H (\%) = \frac{V_Z \cdot 100}{V_H}$$

Prostornina ostankov nastane zaradi širine žagalne reže in kosovnih ostankov. Upoštevati je potrebno še nadmero (V_{nad}) oziroma skrček lesa.

$$V_{OH} = V_H - V_Z - V_{nad} \quad (\text{m}^3)$$

$$\eta_{OH} = \frac{V_{OH} \cdot 100}{V_H} (\%) \quad \text{ali} \quad \eta_{OH} = 100 - \eta_H (\%)$$

V_H (m³) prostornina hloda (poglavje 7.1.1)

V_Z (m³) prostornina žaganega lesa (poglavje 8.5.1) pri $u_r = 20 \%$

V_{OH} (m³) prostornina ostankov

V_{nad} (m³) prostornina nadmere

η_H (%) izkoristek hloda

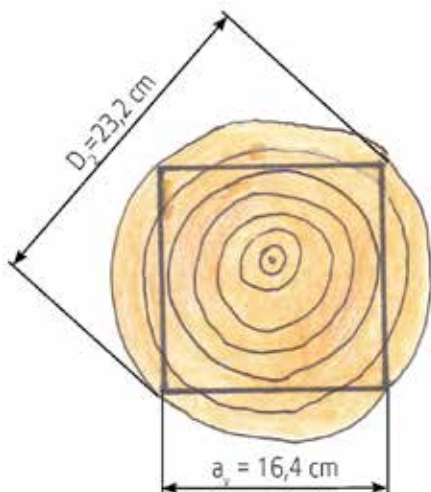
η_{OH} (%) ostanek v odstotkih

Primer:

Hlod je dolg 5 m. Iz njega želimo izžagati ostrorobi tram kvadratnega prereza s stranico 16 cm. Vlažnost hloda je $\geq 30\%$.

Izračunajmo:

- potreben premer (srednji) hloda,
- izkoristek in
- ostanek pri žaganju.



Slika 202: Kvadratni tram – primer (Z. 5.)

Standard (poglavje 8.5.2) predpisuje dimenzije žagarskih sortimentov pri vlažnosti 20 %.

$$\Delta u = 30\% - 20\% = 10\%$$

$$q = 0,25\%/ \%$$

Dejanski odstotek skrčka:

$$\beta_{\Delta u} = q \cdot \Delta u = 0,25\%/ \% \cdot 10\% = 2,5\%$$

$$\text{SKRČEK} = \frac{a \cdot \beta_{\Delta u}}{100} = \frac{16 \text{ cm} \cdot 2,5\%}{100\%} = 0,4 \text{ cm}$$

Stranica kvadrata z nadmero (žagarska mera) je:

$$a_v = 16 \text{ cm} + 0,4 \text{ cm} = 16,4 \text{ cm}$$

Želimo ostrorobi tram po celi dolžini, zato izračunajmo premer kroga tanjšega konca hloda (D_2), ki ga opiše kvadrat s stranico 16,4 cm.

$$D_2 = a \cdot \sqrt{2} = 16,4 \text{ cm} \cdot \sqrt{2} = 23,2 \text{ cm}$$

Premer debelejšega konca hloda (D_1) bomo izračunali z običajnim padcem premera (pp), ki je 1 cm/m (poglavje 6.1.1).

$$pp(\text{cm/m}) = \frac{D_1 - D_2}{L}$$

$$D_1 = D_2 + pp \cdot l = 23,2 \text{ cm} + 1 \text{ cm/m} \cdot 5 \text{ m} = 28,2 \text{ cm}$$

Srednji premer hloda: $D = \frac{D_1 + D_2}{2} = \frac{28,2 \text{ cm} + 23,2 \text{ cm}}{2} = 25,7 \text{ cm}$

Uporabiti moramo hlood srednjega premera 26 cm!

Prostornina hloda:

$$V_H = \frac{\pi \cdot D^2}{4} l = \frac{3,1416 \cdot (0,26 \text{ m})^2}{4} \cdot 5 \text{ m} = 0,265 \text{ m}^3$$

Prostornina trama:

$$V_Z = a^2 \cdot l = (0,16 \text{ m})^2 \cdot 5 \text{ m} = 0,128 \text{ m}^3$$

Izkoristek hloda:

$$\eta(\%) = \frac{V_Z \cdot 100}{V_H} = \frac{0,128 \text{ m}^3 \cdot 100\%}{0,265 \text{ m}^3} = 48,3\%$$

Izguba zaradi nadmere:

$$V_{nad} = (0,164 \text{ m})^2 \cdot 5 \text{ m} - (0,16 \text{ m})^2 \cdot 5 \text{ m} = 0,134 \text{ m}^3 - 0,128 \text{ m}^3 = 0,006 \text{ m}^3$$

$$\% \text{ nadmere} = \frac{0,006 \text{ m}^3}{0,265 \text{ m}^3} \cdot 100\% = 2,3\%$$

Prostornina ostankov:

$$V_{OH} = V_H - V_Z - V_{nad} = 0,265 \text{ m}^3 - 0,128 \text{ m}^3 - 0,006 \text{ m}^3 = 0,131 \text{ m}^3$$

$$\eta_{OH} = \frac{V_{OH} \cdot 100}{V_H} = \frac{0,131 \text{ m}^3 \cdot 100\%}{0,265 \text{ m}^3} = 49,4\%$$

$$\text{Celotna izguba} = 49,4\% + 2,3\% = 51,7\%$$

Naloge:

- Na prečnem prerezu debla skicirajte položaj bleščice, bočnice in polbleščice.
- Opredelite izbiro žaganic za proizvodnjo oken. Upoštevajte možne napake in teksturo žaganic. Skicirajte njihov prečni prerez!
- Izpolnite preglednico za sortirni razred S 10 (poglavje 8.4.2.1).

Kriteriji razvrščanja (napake)	Sortirni razred S 10		
	Tramovi, gredice	Deske, plohi	Letve

- Ugotovite »pasti« pri izračunu izkoristka (poglavje 8.7).

9. FURNIR

Furnirji so tanki listi lesa, pridobljeni z odrezovanjem iz hloda. Imajo enak videz (teksturo) kot masivni les. Liste furnirja sestavljamo (lepimo) na različne načine, tako da dobimo furnir v velikosti ploskve, ki jo furniramo, in tudi večji estetski učinek. Služijo za oplemenitenje manj kakovostnega lesa in ivernih ter vlaknenih plošč.

Uporaba furnirja je ekološko in ekonomsko upravičena. Iz enega kubika (m^3) lesa izdelamo na primer vse zunanje površine (»fronte«) za šestnajst običajnih spalnic. Furnir je sodoben naravni material, ki daje oblikovalcu možnost, da izrazi najvišje estetske zahteve izdelka.

Zgodovina furnirjev sega v stari vek, saj so v egipčanskih piramidah našli dobro ohranjeno furnirano pohištvo staro okoli 4500 let. Furnirje so izdelovali z žaganjem ali cepljenjem.

9.1 Vrste furnirjev

Furnir razlikujemo po:

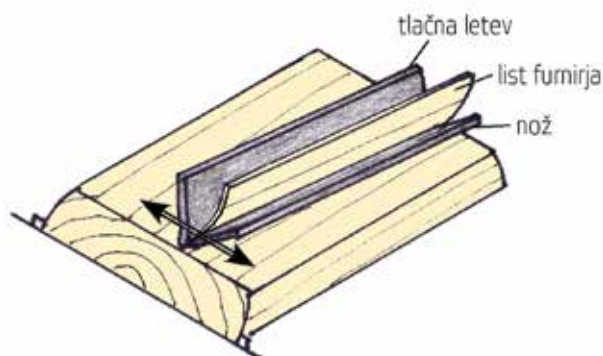
- načinu izdelave,
- teksturi,
- načinu ali namenu uporabe,
- načinu zlaganja in
- obdelavi.

9.1.1 Načini izdelave furnirja

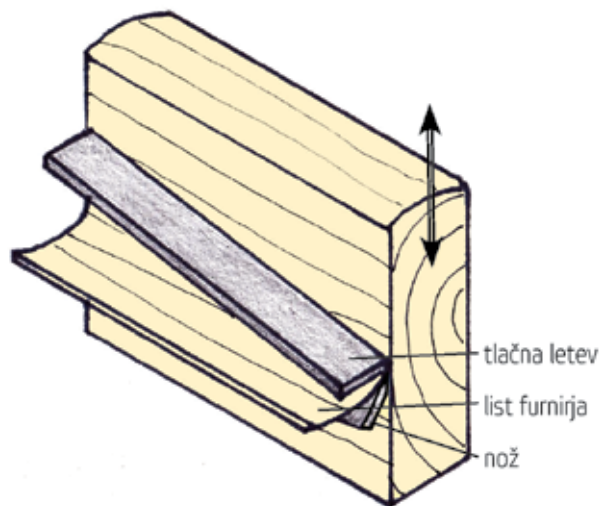
Furnir pridobimo iz najplemenitejše hlodovine (poglavje 7.3), ki jo toplotno obdelamo v pari ali vroči vodi (poglavje 14.1.6.1).

Furnir proizvedemo z rezanjem (rezalnik furnirja), luščenjem (luščilnik) in tudi z žaganjem. Po izdelavi furnirskih listov sledi sušenje, likanje, obrezovanje, pakiranje, merjenje, označevanje in skladiščenje furnirja.

- **Rezani furnir** pridobimo s premočrtnim odrezovanjem noža (rezanjem prizme). Poznamo vodoravno in vertikalno rezanje. Prevladalo je vertikalno rezanje, ker ima vrsto prednosti pred vodoravnim in omogoča tudi večjo kapaciteto (preko 100 listov/min).



a) vodoravno rezanje



b) vertikalno rezanje

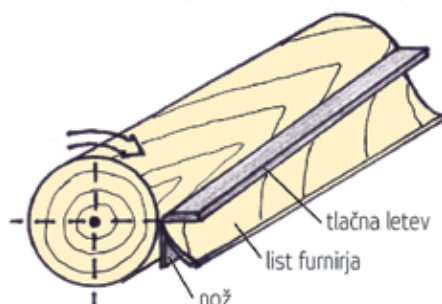
Slika 203: Rezanje furnirja – shema (Z. S.)

- **Luščeni furnir** izdelamo s krožnim odrezovanjem noža (luščenjem hloda), razlikujemo pa: centrično luščenje, s katerim se izdelava slepi furnir, in ekscentrično, ki omogoči izdelavo več vrst furnirja.

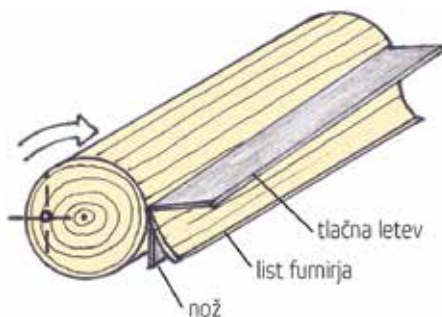
Pri **Stay-log** luščenju (rezanju) je hlod ali prizma po celi dolžini pritrjen s posebno napravo za

vpenjanje. Stay-log vpenjanje omogoča večji radij rezanja in s tem različne teksture. Uporablja se za rezanje hlodov manjšega premera, polovic in četrtin. Zaradi manjšega ostanka vpetega dela hloda se doseže boljši izkoristek.

Luščenje na **brezvretenskem luščilniku** omogoči luščenje do premera ostanka le 5 cm, kar doprinese k precej boljšemu izkoristku. Namesto vpenjalnih vreten ima stroj tri gnane valje, ki hlood pozicionirajo, držijo in vrtijo proti fiksnemu nožu (slika 204 d). Brezvretenski luščilnik se uporablja za luščenje tanjših hlodov.



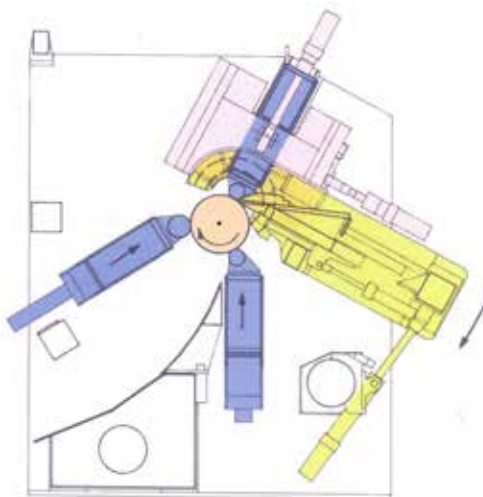
a) centrično luščenje (Z. S.)



b) ekscentrično luščenje (Z. S.)



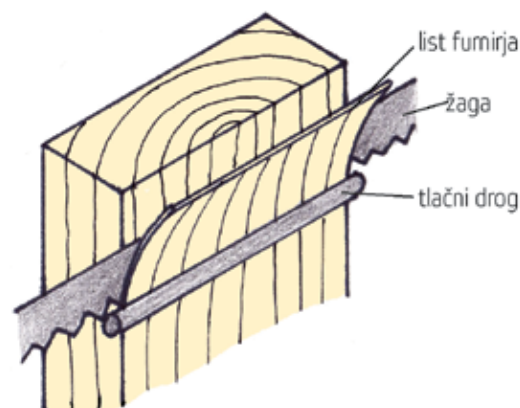
c) Stay-log luščenje (Z. S.)



d) luščenje brez vpenjalnih vreten (25.: 140)

Slika 204: Luščenje furnirja

- **Žagani furnir** z žagalnim strojem (polnojarmenik za furnir in krožni žagalni stroj za furnir) izžagamo iz prizme. Žagani furnir se uporablja zelo redko (za glasbila in dele dragocenega pohištva ...). Izdelava je draga, izkoristek pa slab.



Slika 205: Žaganje furnirja – shema (Z. S.)

9.1.2 Tekstura furnirja

Pri rezanem (plemenitem) furnirju je to tekstura lesne površine, ki jo že poznamo. Glejte poglavje 4.1.1 in tudi 8.2). Kljub temu bomo navedli:

- bleščice z radialno (črtasto, zrcalno),
- bočnice s tangencialno (v obliki črk U, V, elipse ...) in

- polbleščice (polbočnice) z radialno in delno tangencialno teksturo.

Posebej so cenjeni rezani furnirji s slikovito (nepravilno) teksturo (ikrasti topol, oreh iz korena, cvetlični jesen, rebrasti javor ...). (Glejte sliko 64.)

Centrično luščeni furnir ima nepravilno marogasto (spiralno) teksturo, ki nima estetske vrednosti.



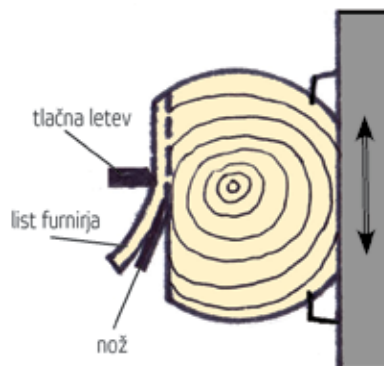
Slika 206: Tekstura luščenega furnirja (Z. S.)

9.1.2.1 Pridobivanje zelene texture furnirja

Želena teksturo rezanega (plemenitega) furnirja pridobimo s krojenjem hloda v določen oblikovani del in z ustreznim rezanjem furnirja glede na potek lesnih vlaken (slika 207 in 208).

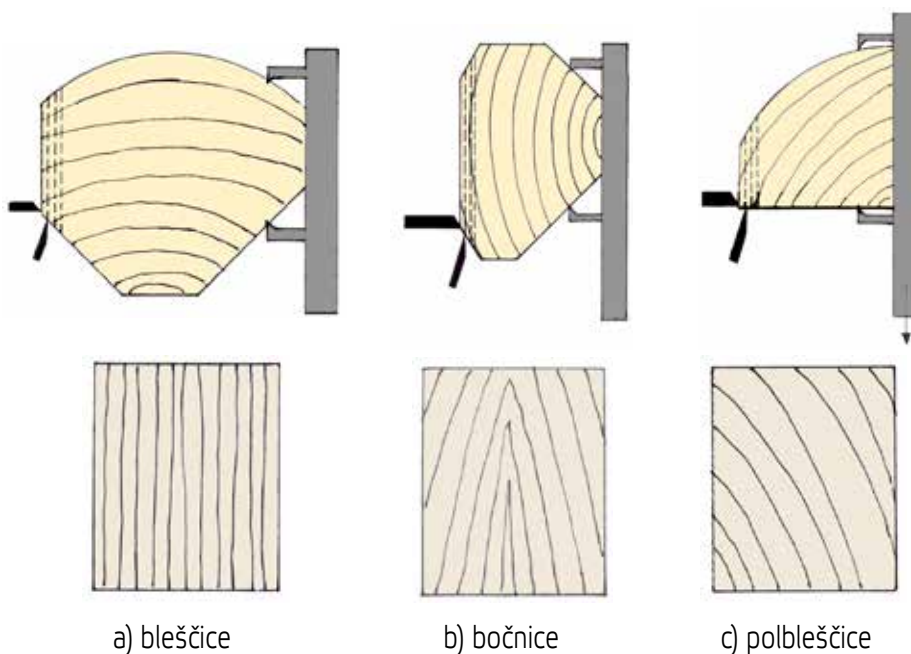
- Hlod do premera od 40–50 cm krojimo v prizmo. Na začetku rezanja pridobimo najprej

polbleščice in nato bleščice z radialno teksturo. Če hlood krojimo tako, da je prizma višja, je tekstura furnirja na začetku rezanja (iz zunanje strani prizme) bočna (tangencialna).



Slika 207: Rezanje prizme (Z. S.)

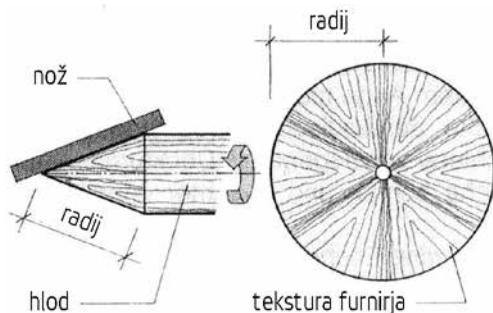
- Hlodom večjega premera od 50 cm obžagamo boke in jih razpolovimo na polovice. Z rezanjem polovice nastanejo polbleščice in bleščice.
- Hlode večjega premera od 60 cm lahko krojimo v četrtine, kar imenujemo četrtinsko (kartje) žaganje. Četrtine hloda režemo praviloma za furnir bleščice, lahko pa jih režemo tudi tangencialno za bočen furnir in za polbleščice.



Slika 208: Rezanje četrtin (Z. S.)

Furnir s slikovito teksturo pridobimo tudi z ekscentričnim luščenjem, ker letnice režemo pod različnimi koti.

Pri luščenju hloda, ki je pripravljen v obliki stožca, pri vsakem obratu nastane okrogli list z luknjo na sredini. Listi služijo za furniranje okroglih miz in tudi drugih površin pohištva.



Slika 209: Luščenje stožca (princip »šilčka«) (1.: 122)

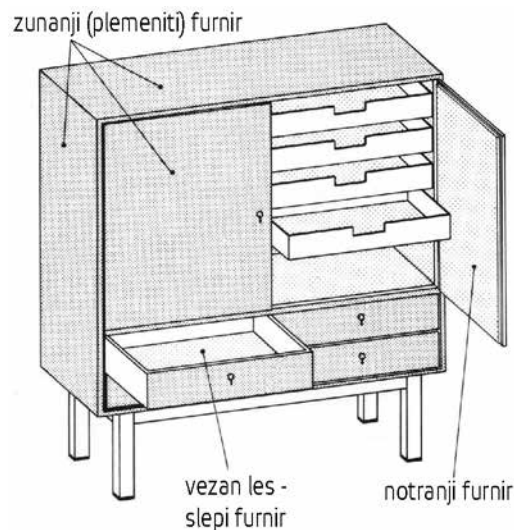
9.1.3 Vrsta furnirja po načinu ali namenu uporabe

Uporabo furnirja določa predvsem njegova tekstura.

- **Zunanji furnir** je pridobljen z rezanjem. Lepimo ga na zunanje, vidne ploskve pohištva. Je izrazite teksture, lepe barve in leska. Z njim oplemenitimo vse vrste plošč (vezane, iverne, vlaknene, lepljene lesene plošče), zato mu pravimo tudi **plemeniti furnir**. Liste furnirja sestavljamo (lepimo) na različne načine, tako da dobimo furnir velikosti ploskve, ki jo furniramo, pa tudi estetski efekt.
- **Notranji furnir** lepimo na notranje ploskve pohištva, je manj izrazite teksture (dekorativen), mora pa biti enake debeline kot zunanji in nalepljen v isti smeri. Veliko se uporablja furnir s tangencialno teksturo.

- **Podložni furnir** je nalepljen na osnovno ploščo pod zunanjim furnirjem. Služi za izravnavo, stabiliziranje površine, kompenzira delovanje plošče iz masivnega lesa.
- **Slepi furnir** je pridobljen z luščenjem (luščeni furnir), saj so pri njem pomembne mehanske lastnosti lesa. Zato ga uporabljamo za proizvodnjo vezanih in panelnih plošč, slojnatega lesa, za embalažo ..., pa tudi na primer za izdelavo vžigalic. Označi se tudi kot **konstrukcijski furnir**. Cepljenje (pokanje) furnirja pri rezanju preprečuje tlačna lettev, kljub temu pa ima luščeni furnir na spodnji strani male (fine) razpoke.

Prevladuje proizvodnja slepega furnirja, saj se na svetu z luščenjem izdela približno 90 % vsega furnirja, samo 10 % z rezanjem, žaganje pa je zanemarljivo.



Slika 210: Uporaba furnirja (X)

Preglednica 29: Uporaba, vrsta in debelina furnirja

Debelina*	Vrsta	Način izdelave	Uporaba
4 mm (izjemoma do 10 mm)	slepi	centrično luščenje	embalaža (zaboji), vžigalice, podložni furnir ...
1–4 mm	slepi	centrično luščenje	vezan les, plošče, slojnat les ...
0,50–1 mm (pogosto 0,50–0,75 mm); iglavci 0,90–1,0 mm	zunanj notranji podložni	rezanje, ekscentrično luščenje	furniranje vseh vrst pohištva in raznih izdelkov, intarzije ...
0,55–0,65 mm	slikoviti	rezanje, ekscentrično luščenje	furniranje dragocenega pohištva, intarzije, umetniška dela ...
0,1 mm (tudi manj)	zunanj, notranji	rezanje, ekscentrično luščenje	lepljenje na papir; oplasčanje letvic, avionski vezan in slojnat les, platnice knjig ...

* debelina furnirja se meri pri vlažnosti 11–13 %

9.1.4 Sušenje furnirja

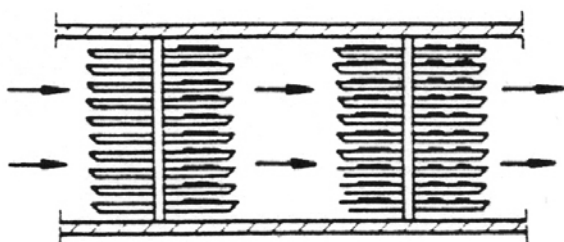
Furnir ima po izdelavi visoko vlažnost 50–100 %, kar je odvisno od načina toplotne obdelave hlodov. Posušiti ga moramo takoj po izdelavi, da ne pride do napak, predvsem plesni in spremembe barve.

Slepi furnir sušimo na vlažnost 5–7 %, plemeniti pa na 8–12 %.

Furnir sušimo naravno ali tehnično (v sušilnikih).

Naravno sušenje furnirja je v zaprtih prostorih, ki imajo na vseh straneh okna zaradi boljše izmenjave zraka. Furnir je položen na vodoravna stojala (regale). Posuši se lahko na vlažnost do 12 %, izjemoma do 10 % ob ugodnih klimatskih pogojih, ki so v vročem in suhem poletju. Naravno sušenje je bolj počasno in odvisno od zunanje klime zraka. V hladnih obdobjih se sušenje celo ustavi, zato je potrebno segrevanje prostora in prisilno kroženje zraka.

Za sušenje je potreben velik prostor, ročno zlaganje je zelo zamudno, porabimo manj energije, furnir pa ohrani naravno barvo ter gladkost.



Slika 211: Naravno sušenje furnirja (9.: 242)

Tehnično sušenje poteka v sušilnih kanalih (sušilnikih), ki imajo lahko več etaž.

Tehnologija sušenja furnirja v sušilnikih se razlikuje od sušenja žaganega lesa. Furnir sušimo z visoko temperaturo zraka (100–180 °C), da se voda v furnirju uparja in takoj preide v okolni zrak, ki mora imeti veliko hitrost (~ 30 m/s), da jo odstrani s površine. Furnir je tanek, zato ne pride do padca vlage ter napetosti po debelini.

Čas sušenja je odvisen od začetne in končne vlažnosti, vrste in debeline furnirja ter veličin zraka (predvsem temperature in hitrosti zraka). Merimo ga v minutah, uravnavamo pa s hitrostjo pomika furnirja skozi sušilnik.

9.1.4.1. Sušilnik furnirja

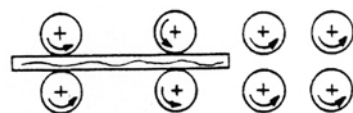
Ima sestavne dele enake, kot so pri konvencionalnih sušilnicah (poglavje 13.9), izveden pa je kot sušilni kanal. Furnir se neprekinjeno transportira skozi sušilnik od enega konca proti drugemu in izide posušen na želeno vlažnost.

Glede na klimo zraka je kanal razdeljen na posamezne cone: segrevanje, sušenje in hlajenje. Cona sušenja ima visoko temperaturo, zrak pa se giblje z veliko hitrostjo. V coni hlajenja se furnir ohladi in tudi klimatizira.

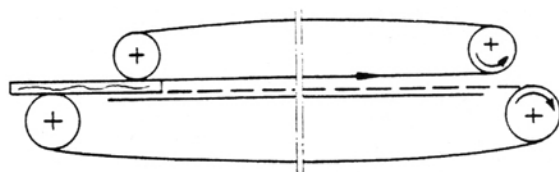
Proces sušenja je avtomatsko krmiljen s stalnim merjenjem vlažnosti furnirja.

Transportne naprave so prilagojene tankim listom furnirja. Razlikujemo:

- valjni transporter in
- tračni transporter.



a) valjni



b) tračni

Slika 212: Transporter pri sušilniku za furnir (9.: 243)

Sušilnik z valji je manj primeren za tanke in krajše furnirje, ker se lahko ti zataknejo za valje, čeprav so med valji postavljena posebna vodila za furnir.

Sušilnik s tračnim transporterjem ima brezkončen trak iz pletene žice.

Zgornji valji ali trak so prestavljivi po višini glede na debelino furnirja. Postavimo se tako, da

pritiskajo na furnir, da se ne zvija. Hitrost pomika furnirja se brezstopenjsko uravnava.

Sušilnik za plemeniti furnir ima lahko tudi cono »likanja«. Furnir potuje preko segretyh valjev (premer ~ 800 mm), kjer se izravna in postane bolj gladek.

Sušilnik polnimo in praznimo ročno ali pa je postopek avtomatiziran z vlagalnikom furnirja. Poznamo dva načina:

- vlagalnik iz zložaja mehanično potisne furnir na transporter,
- z vakumskimi šobami se furnir dvigne in položi na transporter sušilnika (avtomatsko).



Slika 213: Vlagalnik v sušilnik furnirja (X)

Pri sušenju se lahko pojavijo napake: valovitost furnirja, razpoke čel, razpoke po površini, koritavost, zvitost in sprememba barve.

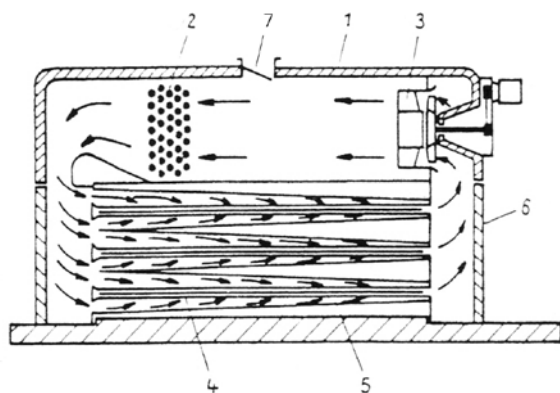
Valovitost na koncih furnirja se pojavi, ker se furnir na koncih suši hitreje kot v sredini. Omilimo jo, če pri vlaganju na trak sušilnika prekrivamo robove furnirja. Sušilnik z valji ima lahko napravo, da se pri pomiku čela furnirja avtomatsko prekrijejo, približno na dolžini 20 cm.

Sušilnikov je več vrst in tipov. Razlikujemo sušilnike za rezan in luščen furnir.

Luščen furnir se običajno suši v neprekinjenem traku. Na posamezne liste se kroji po sušenju. Sušilnik ima valjne transporterje in temperatura zraka je višja kot pri sušilniku za rezan furnir. Vlaganje rezanega furnirja je ročno ali polavtomatsko.

Na sliki 214 bomo prikazali trietažni sušilnik s šobami. Ventilatorji sušilnika potiska-

jo zrak preko grelnika skozi posebne šobe, da zrak z večjo hitrostjo doseže površino furnirja. Uravnava se temperatura zraka in hitrost pomika furnirja, relativna vlažnost pa je določena s presekom kanalov za izmenjavo zraka.



- 1 - ogrodje
- 2 - grelnik
- 3 - ventilator
- 4 - zračni kanal s šobami
- 5 - transportni valj
- 6 - vratca
- 7 - kanal za izmenjavo zraka

Slika 214: Sušilnik za furnir (prerez) (9.: 243)

9.1.5 Način zlaganja – razvrščanja furnirja

Po izdelavi furnirja po vrsti zložimo v pakete, ki so povezani z vrvico. Vsebujejo pa do 32 listov. Razlikujemo:

- **bulse (hlodarke)**, kjer so paketi furnirja istega hloda zloženi skupaj tako, kot so bili v hlodu, in
- **povezan furnir**, kjer paketi furnirja niso zloženi tako, kakor so bili rezani iz hloda.

9.1.6 Obdelava furnirja

Po načinu obdelave je lahko:

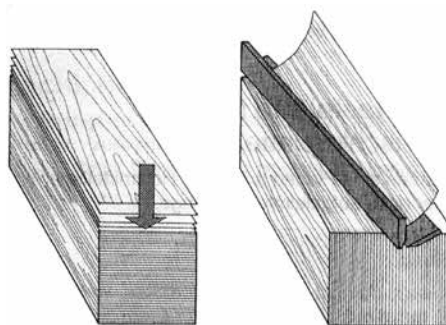
- neobrezan furnir in
- obrezan furnir – paket furnirja je obrezan na končne dimenzije (širina, dolžina), izrezane so napake na robu in paket ima po dolžini isto širino.



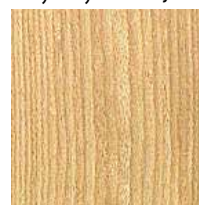
Slika 215: Paketi furnirja (M. G.)

9.1.7 Fineline furnir

Pridobimo ga tako, da liste luščenega furnirja, ki jih lahko globinsko obarvamo, zlepimo v klado – prizmo. Klado nato razrežemo s furnirskim nožem v liste debeline do 0,7 mm. Industrijska proizvodnja sestavljalivega furniranega pohištva porabi velike količine furnirja enake teksture in barve. Takšnih lastnosti plemeniti furnir nima, jih ima pa fineline. Fineline furnir vsebuje precej lepila in je pravzaprav nadomestek naravnega furnirja. Furnirje lahko zlepimo v vbočeno klado in z različnimi tehnikami rezanja (na primer »šilčka«) pridobimo furnir zelo različnih in slikovitih tekstur.



a) lepljenje klade (1.: 122) b) rezanje klade (1.: 122)



c) tekstura (X)

Slika 216: Fineline furnir

9.2 Merjenje furnirja

Furnirski listi so zloženi v paket (sveženj) po vrstnem redu, kot pridejo iz stroja.

Število furnirskih listov v svežnju je največkrat 16, 24 ali 32, število naj bo deljivo s 4.

Na dveh ali treh mestih so povezani z vrvico ali trakom. Vsak paket mora imeti napisane podatke: naziv proizvajalca, označbo, drevesno vrsto, številko paketa, število listov v paketu, dolžino in širino paketa v cm ter skupno ploščino listov v m².

Dolžino paketa furnirja merimo na 2 centimetra (cm) z zaokroževanjem navzdol.

Širino merimo pri:

- obrezanem furnirju na zgornjem listu paketa, na polovici dolžine na polne cm (zaokroženo do 5 mm navzdol, nad 5 mm pa navzgor);
- neobrezanem furnirju na zgornjem in spodnjem listu paketa na polovici dolžine. Izračunamo aritmetično sredino in jo zaokrožimo na cele cm (do 5 mm navzdol, nad 5 mm pa navzgor).

Debelino merimo z mikrometrskimi merilniki in mora biti enaka po vsej dolžini lista.

Ploščino furnirskih listov v paketu izračunamo v m², na dve decimalki natančno.

Primer:

Izmerili smo dolžino neobrezanega furnirja 423 cm, širino paketa zgoraj 13,6 cm, spodaj pa 15,2 cm. Paket vsebuje 24 listov. Kolikšna je ploščina furnirjev? Dolžino in širino zaokrožimo.

$$b = \frac{15,2 \text{ cm} + 13,6 \text{ cm}}{2} = 14,4 = 14 \text{ cm}$$

$$S = l \cdot b \cdot N = 4,22 \text{ m} \cdot 0,14 \text{ m} \cdot 24 = 14,18 \text{ m}^2$$

9.3 Skladiščenje

Povezane pakete furnirja skladiščimo na konzolnih regalih. V skladišču moramo vzdrževati ustrezno zračno vlažnost in temperaturo, da ima furnir stalno (ravnovesno) vlažnost. V presuhem zraku postane furnir krhek in lomljiv, v prevlažnem pa valovit ter plesniv. Plemeniti, predvsem radialni furnir skladiščimo med lesenima ploščama, da ne postane valovit. Prostor mora biti zatemnjen, da furnir ne spremeni barve.



Slika 217: Skladiščenje furnirja (M. G.)

Naloge:

- Narišite, kako pridobimo značilne teksture furnirja. Upoštevajte tudi luščenje.
- Skicirajte furnirano omaro doma ali v šoli. Pripišite drevesno vrsto furnirja, teksturo in vrsto furnirja po namenu uporabe.
- Furnirju v skladišču šolske delavnice ali prodajalne furnirja preprišite in razložite listek s paketa.

10. POLIMERNI MATERIALI

Polimerne materiale ali krajše polimere pogosto imenujemo tudi plastika, umetne mase in sintetične snovi. So organske (ogljikove) spojine, ki so zgrajene s povezavo sto ali več tisoč monomerov (mono = eden in mer = del, delec) v makromolekulo (makro = velik). Po nastanku razlikujemo:

- naravne polimere (škrob, celuloza $(C_6H_{10}O_5)_n$, lignin, hitin, kavčuk $(C_5H_8)_n$),
- polysintetične polimere, ki jih dobimo iz naravnih s kemično predelavo (celuloza, klorkavčuk ...) in
- sintetične polimere, ki so dobljeni s sintezo iz monomerov (polietilen, polivinilklorid, poliamid, sintetični kavčuk ...).

Uporaba

Polimeri so zelo raznoliki materiali in raznoliko je tudi njihovo področje uporabe.

Okoli 60 % proizvodnje polimerov (sintetičnih snovi) se uporabi za proizvodnjo oblikovanih izdelkov, kot so: cevi, obloge, plošče, folije, toplotni izolatorji, posode, okovje, embalaža (vrečke), armature, ohišja raznih naprav in strojev, okna in bivalno pohištvo ter deli pohištva, laminati. Okoli 40 % proizvodnje polimerov pa služi kot: osnovna surovina za lepila, lake, barve in zaščitna sredstva, izolacijske mase (kiti), tekstilna vlakna ...

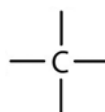
10.1 Sintetični polimeri

Sintetični polimeri so zaznamovali sodobni svet in veliko prispevali k razvoju in napredku 20. stoletja. Pripravijo se s kemično sintezo iz enostavnih gradnikov – ogljikovodikov.

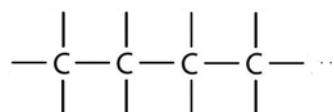
10.1.1 Organske ogljikove spojine

Organske spojine so ogljikove spojine, ki jih sestavlja ogljik in vodik ter pogosto tudi kisik, dušik, žveplo ... V organskih molekulah se ogljikovi atomi lahko vežejo v krajše, daljše, bolj ali manj razvejane verige in v obročje (ciklične spojine).

ogljikov atom
(štirivalenten)



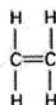
ogljikova
molekula



Sintetične polimere tvorijo ogljikovodiki:

- Nasičeni ogljikovodikovodiki: metan (CH_4), etan (C_2H_6), propan (C_3H_8) ... z enojno vezjo med ogljikovimi atomi. Vsebujejo reakcijsko sposobne funkcionalne skupine, ki so: alkoholna ($-OH$), karboksilna ($-COOH$), aldehydna ($-CHO$), amino ($-NH_2$), vinilna ($-CH=CH_2$), izocianatna ($-N=C=O$) ...
- Nenasičene ogljikovodikove spojine imajo dvojne vezi, na primer eten (C_2H_4), ali trojne, na primer etin (C_2H_2), in ciklične ogljikovodikove spojine (na primer benzen C_6H_6 in iz njega pridobljeni fenol C_6H_5OH). Zaradi nestabilnosti so kemijsko reaktivne in se med seboj spajajo v velike molekule.

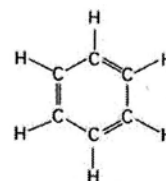
Ogljikove spojine – nenasičene



eten (etilen)

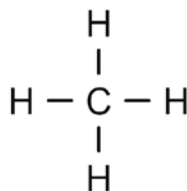


etin (acetilen)

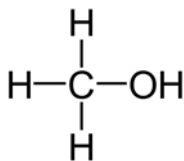


benzen (benzol)

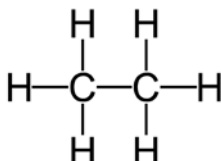
Ogljikove spojine – nasičene



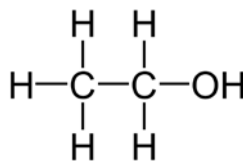
metan



metanol



etan



etanol

Funkcionalne skupine imajo odločilen vpliv na kemijske in fizikalne lastnosti organskih spojin (topnost v vodi, kislost oziroma bazičnost, reaktivnost) in dajejo celi skupini podobne lastnosti, na primer alkoholi, karboksilne kisline ...

Preglednica 30: Razvrstitev nekaterih organskih spojin

Spojina	Funkcionalna skupina	Primeri
alkani (enojna vez)	$-\text{C}-\text{C}-$	metan (CH_4), etan (C_2H_6) ...
alkeni (dvojna vez)	$\text{C}=\text{C}$	eten (C_2H_4), propen (C_3H_6) ...
alkini (trojna vez)	$-\text{C}\equiv\text{C}-$	etin (C_2H_2), propin (C_3H_4) ...
alkoholi	-OH	metanol (CH_3OH), etanol ($\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$)
fenoli	-OH	fenol ($\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}$)
aldehidi	-CHO	etanal (acetaldehid) (CH_3CHO)
ketoni	=CO	acetan (propanon) (CH_3COCH_3)
karboksilne kisline	-COOH	ocetna (etanojska) kislina (CH_3COOH)
etri	-O-	dietileter ($\text{C}_2\text{H}_5\text{OC}_2\text{H}_5$)
estri	-COO-	etilacetat ($\text{CH}_3\text{COOC}_2\text{H}_5$)
amini	-NH ₂	etilamin ($\text{C}_2\text{H}_5\text{NH}_2$)
amidi	-CONH ₂	acetamid (etanamid) (CH_3CONH_2)

10.1.2 Pridobivanje sintetičnih polimerov

Za izdelavo polimerov so surovine: nafta, premog in zemeljski plin. Osnovni element je ogljik (C), sledi vodik (H) ter kisik (O) in/ali dušik (N), redkeje pa silicij (Si) žveplo (S), klor (Cl) in fluor (F). Središče organskih spojin je ogljik, ki nastopa v raznolikih molekulah, in njegovi atomi, ki se med seboj in z drugimi elementi vežejo v dolge verige (makromolekule). Izjema je umetna masa silikon, pri kateri je najpomembnejši silicij, ki je anorganski element.

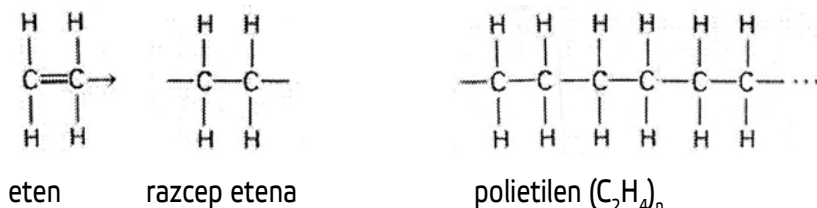
Makromolekule (polimeri) se pridobijo s kemično reakcijo (sintezo). Zaradi različne narave monomerov poteka tvorba makromolekul na tri načine:

- polimerizacijo,
- polikondenzacijo in
- poliadicijo.

Polimerizacija je reakcija, pri kateri se enakovrstne organske spojine (monomeri) povezujejo (nagajajo ena poleg druge) v makromolekule. Je najbolj razširjen postopek sinteze termoplastičnih mas. Najprej se razcepijo dvojne (ali trojne) vezi nenasičenih ogljikovih spojin. Po razpadu dvojnih vezi polimerizirajo v dolge linearne molekule, pri čemer se ne izloča noben stranski produkt. Na primer iz etena nastane polietilen ali polietilen. Reakcija poteka pod vplivom toplote, reakcijskih snovi ... Nastale snovi imenujemo polimerizati, pomebnejši pa so: polietilen, polivinilklorid, polivinilacetat, polistiren ... Polimeri imajo oznako, ki je izpeljanka iz njihovega kemijskega imena, na primer: polietilen PE, polivinilklorid (PVC), polistiren (PS) ...

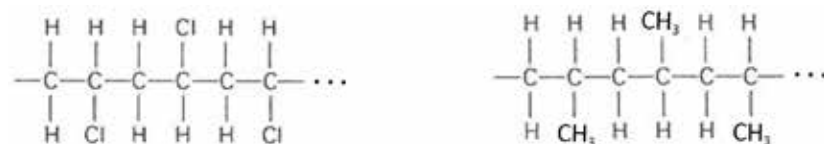
(Penjeni polistiren je znana izolacija z imenom stiropor.)

Nastanek polimerne verige polietilena:



Če vodikove atome zamenjamo, na primer s klorovimi, pridobimo polivinil klorid ...

Del verige polivinil klorida in polipropilena:



- polivinil klorid (C_2H_3Cl)_n

- polipropilen (C_3H_6)_n

Polikondenzacija je spajanje različnih monomerov v makromolekule ob odcepljanju vode ali neke druge enostavne snovi (alkohol ...).

Na primer: fenol + formaldehid = fenolna smola + molekule vode, ki izstopijo.

Nastali polikondenzati imajo smolnate lastnosti in so: fenolna smola, aminoplasti (sečninska in melaminska smola), poliestri ...

Reakcijo polikondenzacije lahko nadzorujemo in prekinemo na določeni stopnji, preden je končana. S trdilcem ali toploto prekinjen proces ponovno oživimo in pripeljemo do končne kondenzacije, kar je potrebno za lepila in lake.

Poliadicija je reakcijski proces, pri katerem nastanejo makromolekule s spajanjem različnih enostavnih monomerov, brez odcepljanja vode ali kakšne enostavne snovi.

Na primer: skupini dialkohola ($C_6H_8(OH)_2$) + diizocianat ($C_6H_{12}(CNO)_2$) = poliuretan.

Pomembni poliadukti so poliuretani in epoksidne smole.

Z navedenimi kemičnimi procesi nastanejo daljše verige, sestavljene iz med seboj povezanih malih molekul. Le-teh je lahko nekaj deset, sto ali tisoč, pa tudi sto tisoč in več. Proces poteka pod vplivom toplote/sevanja. Zaradi uspešnejše sinteze dodajajo katalizatorje, emulgatorje, obarjalna sredstva, trdila in pospeševala. Velikokrat vsebujejo še dodatke, s katerimi lahko izboljšamo več lastnosti: mehanske in žilavost, odpornost proti razpadanju in vnetljivosti, lahko jih obarvajo, razna polnila pa jih pocenijo.

10.1.2.1 Razporeditev polimernih verig

Za polimerne materiale je značilna notranja zgradba oziroma medsebojna povezanost makromolekul.

Amorfni polimeri imajo makromolekule razporejene naključno (mrežasto), brez reda, seveda pa jih povezujejo medmolekulske vezi. So togi, bolj krhki in prenesejo višjo temperaturo.

Kristalinični polimeri imajo strukturo prostorsko urejeno, dolge verige tečejo v pravilni obliki. Sile med verigami v kristalinitih niso posebno močne, zato se zmehčajo pri povišani temperaturi.

Delno kristalinični imajo kristalna in amorfna območja, verige prehajajo iz ene oblike v drugo in vezi so bolj okrepljene. Polimeri imajo največkrat delno kristalinično ali amorfno zgradbo (slika 218).

Celuloza v lesu ima obliko verig, ki potekajo skozi območja amorfности in kristaliničnosti (slika 40). Zaradi delno amorfne zgradbe ima les manjše delovanje, prožnost in ne razpade. Verige celuloze so vzdolžno orientirane glede na os debla, kar pojasni njihovo večjo trdnost in elastičnost v tej smeri.

10.1.3 Vrste polimerov

Polimere glede na njihovo makromolekulsko zgradbo in lastnosti razvrstimo v:

- termoplaste,
- duroplaste in
- elastomere.

10.1.3.1 Termoplasti (plastomeri)

Termoplasti se pri segrevanju zmehčajo, ko se ohladijo, pa ponovno otrdiijo.

Imajo nitaste ali lahko razvejene verige makromolekul, ki imajo molekule med seboj trdno povezane s kovalentnimi vezmi.

Makromolekule so razporejene različno, so v amornem ali delno kristalinskem stanju. Verige (makromolekule) med seboj niso povezane ali pa so delno povezane – zamrežene (slika 218).

Na slikah so makromolekule so prikazane v obliki nitk.

Pri naraščanju temperature postanejo termoplasti najprej prožni (linearne molekule so lahko gibljive), nato plastični, zato jih lahko oblikujemo. Pri še višji temperaturi postane snov židka (težko tekoča), nato pa razpade. Pri nizki temperaturi so trdi in krhki.

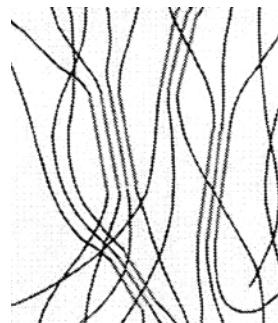
Slabost termoplastov torej je, da so neodporni na visoko temperaturo, nekateri so trdi do 80 °C, nekateri pa preko 100 °C, razkroj nastopi pri okoli 250 °C.

Po proizvodnji in uporabi so termoplasti najbolj razširjene sintetične snovi. Njihove odpadne materiale lahko recikliramo, kar pomeni možnost večkratne predelave in ni potrebno, da onesnažujejo okolje.

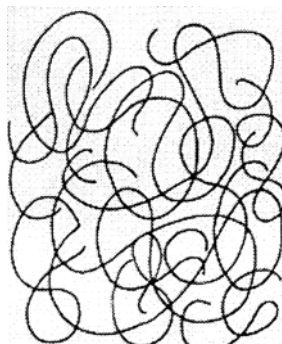
Izdelke lahko preoblikujemo v toplem stanju. Dobro se odrezujejo, lepijo, varijo in obarvajo.



a) pretežno linearne, amorfne



b) pretežno linearne, delno kristalinske



c) delno zamrežene, amorfne



č) delno zamrežene, delno kristalinske

Slika 218: Termoplasti – razporeditev makromolekul (36.: 260)

10.1.3.2 Duroplasti (duromeri)

Duroplasti (latinsko: durus, trd) imajo makromolekule prostorsko razporejene in na stiku med seboj trdno povezane (zamrežene). Verige so razporejene naključno (amorfno).

Duroplaste odlikuje predvsem velika trdnost, trdota in temperaturna obstojnost. Pri višji temperaturi zadržijo svojo obliko, pri nadaljnjem segrevanju pa razpadejo, ne da bi se zmehčali. Odporni so na organska topila. Ne moremo jih reciklirati.

Duroplasti so lahko končni izdelki (laminati, obloge, posode ...), ki se pridobijo z različnimi tehnološkimi postopki (ulivanje, oblikovno stiskanje, brizganje ...). Možna je oblika penaste mase (poliuretanska izolacija). V lesarski proizvodnji pa imajo velik pomen kot surovina za proizvodnjo lepil in lakov.

Izdelke ni mogoče preoblikovati, jih pa odrezujemo, varimo in lepimo.



Slika 219: Duroplasti – molekularna zgradba je zamrežena (Z. S.)

10.1.3.3 Elastomeri (elastoplasti)

Elastomeri (elastoplasti) so polimeri, ki so elastični, kar pomeni, da se po prenehanju zunanje raztezne sile vrnejo v prvotno obliko. Raztegnejo se lahko na večkratno začetno dolžino. Vsebujejo zamrežene makromolekulske verige (v amornem stanju), ki omogočijo navedeno elastičnost (mesta zamreženja se razvlečejo, vendar se plastično ne deformirajo). Pri zelo nizki temperaturi so bolj trdi, pri običajni temperaturi so mehko gumasto elastični, pri visokih pa se razkrojijo kot vsi polimeri. Elastoplasti so vse vrste kavčukov. Iz kavčuka se z vulkanizacijo pridobi guma.

Elastomere ne moremo preoblikovati in tudi ne variti.



Slika 220: Elastomeri – molekularna zgradba je amorfna ali delno zamrežena (Z. S.)

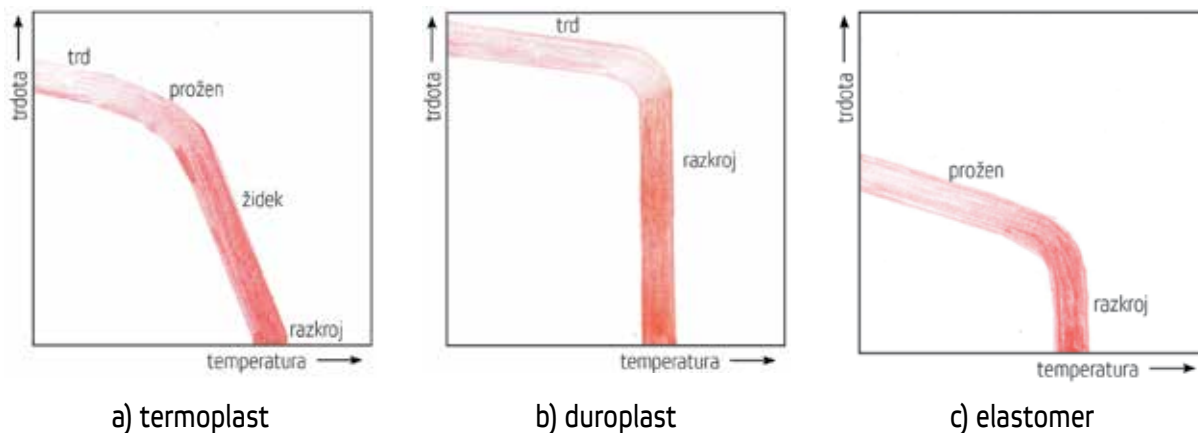
10.1.4 Lastnosti in pregled osnovnih polimerov

Osnovne lastnosti termoplastov, duroplastov in elastomerov so že navedene, navedli bomo še nekaj njihovih skupnih značilnosti:

- nizka gostota, ki je 850–2000 kg/m³;
- so električni in toplotni izolatorji;
- so odporni proti koroziji in v glavnem tudi proti kemikalijam;
- imajo majhno trdnost in togost;
- so obstojni proti atmosferskim vplivom;
- niso porozni in ne prepuščajo plinov in tekočin, na primer leseni izdelek pakiran v plastični vreči je zaščiten pred vodnimi hlapi in s tem pred delovanjem lesa;
- lahko se obarvajo ali pa površinska obdelava sploh ni potrebna;
- lahko jih žagamo, rezkamo, pilimo, vrtamo, oblikujemo in precejšno število tudi lepimo ter varimo;
- podvrženi so staranju (kemični razpad polimerov);
- nekateri imajo neprijeten vonj;
- duroplasti ne propadejo in zato trajno onesnažujejo okolje;
- termoplasti se lahko ponovno predelajo (reciklirajo).

Pri gorenju se razvijejo zdravju škodljivi plini in neprijeten vonj. Razlikujemo snovi, ki se težko

vžgejo in ugasnejo po odstranitvi plamena (polivinil klorid, formaldehidna/melaminskoformaldehidna smola, poliamid). Snovi (polietilen, polistiren, poliuretan, polimetilmetakrilat, celulozni acetat) pa sami nadaljujejo gorenje in so požarno zelo nevarne.



Slika 221: Vpliv temperature na trdoto polimerov (Z. S.)

Za proizvodnjo polimerov se porabi precej energije in zaradi onesnaževanja okolja se priporoča varčna uporaba sintetičnih mas. Razvili so tudi polimere, ki so biološki razgradljivi (biorazgradljivi poliestri). Zaenkrat jih srečamo samo v obliki vrečk, ki se razgradijo v okolju.

Preglednica 32: Pregled polimerov

POLIMERI		
Termoplasti	Duroplasti	Elastomeri
polimerizacija PE, PVC, PVAC, PS, PMMA, PP	polimerizacija UP polikondenzacija PF, UF, MF, RF	polimerizacija CR polikondenzacija Q (SI)
Polikondenzacija PA	poliadicija PUR-trd, EP	poliadicija PUR-mehak

Kavčukovec (Hevea brasiliensis) je tropsko drevo, visoko do 18 m, in je doma v Braziliji. Iz zareze v lubju drevesa, ki sega do floemske plasti, priteče bel mleček (lateks), iz katerega pridobivajo kavčuk.

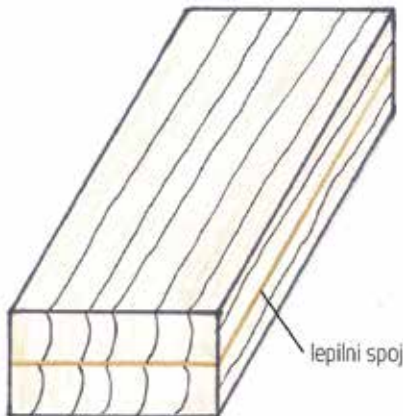
Preglednica 31: Polimeri (umetne mase) v lesarstvu

Skupina	Naziv	Uporaba
Termoplasti	polietilen (PE) - visokotlačni (LDPE) – mehak - nizkotlačni (HDPE) – trd	nakupovalne vrečke, razne plastenke, vse vrste posod, gibljive cevi, električne izolacije, gradbene in zaščitne folije, pohištveno okovje, sedeži
	polivinilklorid (PVC)	1. trd PVC: okna, vrata, vrtno pohištvo; predali 2. mehki PVC: talne obloge, razni robni profili, folije, ročaji, tesnila pri oknih in vratih, tekstil – skaj
	polivinilacetat (PVAC)	polivinilacetatno lepilo – belo lepilo
	polistiren (PS)	deli pohištvenega okovja, predali, embalaža, v (penjeni) obliki: toplotni izolator – stiropor
	polimetilmetakrilat (akrilat) (PMMA)	akrilne ali ekspandirane poliakrilne barve, lazure in laki; trdna oblika: akrilno (pleksi) steklo (kupole)
	polipropilen (PP)	embalaža, sedežna in hrbtna ploskev stola v enem kosu, ohišja naprav
	poliamid (PA)	vijaki, pohištveno okovje, sedežne ploskve, jermeni gonil, zobniki
Duroplasti	fenolne smole (PF)	impregnacija papirja pri dekorativnih laminatih in papirnatih folij, za lepila in lake (fenolformaldehidna in resorcinolformaldehidna lepila)
	aminski smoli: - melaminska (UF) in - sečninska (urea, karbamid) smola (MF)	impregnacija papirja pri dekorativnih laminatih, papirnatih folijah, talnih oblog; za lepila (ureaformaldehidna in melaminformaldehidna lepila) in lake
	epoksi smole (EP)	lepila za les, kovine in steklo; kakovostni laki; trdni epoksidi za posode, deli vozil
	nenasičene poliesterske smole (UP)	laki za les, lepila, barve, izravnalne mase, kiti; s steklenimi vlakni ojačani poliestri (kompoziti) služijo za ogrodja pohištva, letala, jadrnice, strešne kritine
	alkidne smole (alkidi) – nasičeni poliestri	premazi izpostavljeni vremenskim vplivom, predvsem lazure
	poliuretanske smole (PUR)	1. poliuretanski laki in lepila 2. poliuretanska pena (Moltopren) – odličen izolacijski material; za blazine in polnilo za kavče – mehka in elastična 3. trdna oblika za razne izdelke – tudi pohištvo in umetno usnje (skaj).
Elastomeri	kloroprenski kavčuk (CR)	neoprensko (kontaktno) lepilo, profilna tesnila (okna), različne gumene cevi, izolacija žic
	silikonski kavčuk (Q)	silikonske tesnilne mase (kiti) za tesnenje stekel, špranj in silikonska guma, ki služi za tesnenje oken, vrat
	butilni kavčuk (IIR)	razna tesnila za okna, zračnice, zračne blazine

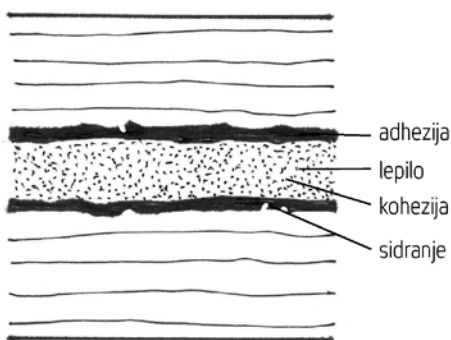
10.2 Lepila

Lepilo je tekoča snov, ki se strdi med dvema ploskvama zepljenca. Spoji ju zaradi skupnega delovanja adhezije in kohezije. Zato mora lepilo omočiti les in prodreti vanj, da so lepilni spoji trdni (neločljivi). Lepilna mešanica naj bo enostavna za pripravo in uporabo. Priporočena sta daljši čas uporabnosti lepila in kemična nevtrálnost, da ne spremeni barve lesa. Željeno je, da čim manj obrablja rezila, da so zdravju človeka ter okolju neškodljiva in tudi ekonomsko sprejemljiva. Za poseben namen so lepila lahko tudi trdna in v obliki paste.

So izredno pomembno vezivo. Uporabljajo se pri proizvodnji vseh vrst plošč, za lepljen konstrukcijski les, za vse lesne vezi in spoje, za različne vrste furniranja (edini možen način) ... Povezujejo pa tudi druge materiale z lesom, na primer lepljenje parketa na beton.



a) vezava z lepilom



b) lepilne sile v spoju

Slika 222: Lepljenje (Z. S.)

Glede na osnovno sestavino (zgradbo) razlikujemo osnovni vrsti lepil:

- **Naravna lepila** – makromolekule so živalskega ali rastlinskega porekla.
- **Sintetična lepila** – makromolekule so sintetične (polimerne) smole.

10.2.1 Zgradba lepila

Lepilo je dvokomponentni sistem, ki ga sestavljata:

- makromolekularna snov in
- topilo.

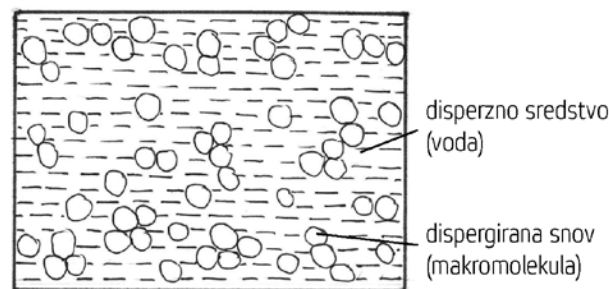
• **Makromolekularna snov** je razpršena (dispergirana) v topilu. Je prva sestavina lepila in ima sposobnost vezave – tvori vezivni film. To so makromolekule, ki so lahko naravnega ali sintetičnega izvora (poglavje 10.). Po osnovni lepilni sestavini imajo lepila tudi ime.

- **Topilo** je druga komponenta. Pri lepilih v lesarstvu je to voda, razen pri neoprenskem, kjer je topilo organsko.

Lepilo lahko opredelimo kot disperzni sistem ali krajše **disperzija**!

V disperziji so zelo majhni delci makromolekularne snovi razpršeni (dispergirani) v topilu, ne da pri tem prišlo do kemijske spremembe obeh snovi.

Disperzijo označujemo tudi z imenom nepravna raztopina ali koloidna raztopina. Prikaz je na sliki 223.



Slika 223: Disperzni sistem (lepilo, lak) (Z. S.)

10.2.1.1 Dodatki lepilom

Velikokrat vsebuje lepilo tudi dodatne snovi (aditive), s katerimi vplivamo na vrsto lepilnih lastnosti. Lahko so dodane lepilu že v proizvodnem postopku ali pa jih sami primešamo pri pripravi lepila pred lepljenjem.

Osnovni dodatki:

- **Trdilec** (utrjevalec) – dodatek lepilu (disperziji), ki pospeši ali sproži kemijsko reakcijo utrjevanja, da snov utrdi. Utrjevalci so kisline ali njihove soli (na primer amonklorid). Obvezni so za skupino polikondenzacijskih lepil.
- **Aktivna polnila** so fino mlete organske snovi – razne moke, ki vsebujejo škrob ... Povečajo maso lepila, imajo pa tudi vezivne lastnosti. Poleg tega zvišajo viskoznost, izboljšajo elastičnost lepilnega spoja in preprečujejo preboj lepila skozi tanek furnir. V lepilno disperzijo jih lahko dodamo največ do 20 %, večja količina pa bi znatno zmanjšala vezivno trdnost lepila.
- **Neaktivna polnila** (zmleta kreda, lesna moka) povečajo maso lepila ("povečevalci volumna") in ga tako pocenijo. Zmanjšajo vezivno trdnost lepila, vendar lahko zmanjšajo napetosti lesa zaradi krčenja in preboj lepila. Običajno se dodajajo samo polivinilacetatnem lepilu za debele spoje.
- **Mehčala** povečajo elastičnost lepilnega spoja, kar je pomembno zaradi delovanja lesa. Njihov dodatek mora biti natančno določen.
- **Zgoščevala** uravnavajo viskoznost, ki je pogoj za uspešen nanos lepila.
- **Biocidi** povečajo odpornost proti glivam in insektom.
- **Omočila** povečajo sposobnost lepila, da popolnoma omoči površino lesa in se enakomerno razlijejo po celotni površini.
- **Stabilizatorji** preprečujejo predčasne reakcije in staranje polimerov.
- **Razrečila** znižujejo viskoznost in vplivajo na koncentracijo lepil.
- **Pospeševalci ali katalizatorji** omogočajo oziroma pospešujejo kemično reakcijo v lepilu.
- **Barvila** spremenijo barvo lepila. Uporablja jo se, na primer pri furniranju, da zakrijejo preboj lepila skozi furnir.

Proizvajalec lahko na zahtevo uporabnika pripravi lepilo z dodatki, ki ustreza želenim pogojem lepljenja in lastnostim utrjevanja lepila.

10.2.2 Utrjevanje lepil

Utrjevanje je prehod iz tekočega lepila v želatinasto (gel) in nato v trdno stanje. Pri tem lepilo prodre v les, se tam zasidra, utrdi in poveže lepljenca. Proces traja določen čas. Na utrjevanje vpliva več dejavnikov:

- vrsta lepila,
- temperatura lepljenja,
- vlažnost lesa in
- način utrjevanja lepila.

Načini utrjevanja:

- **Fizikalno** – lepilni spoj nastane, ker iz lepila (polivinilacetatna, neoprenska in talilna lepila) izhaja voda (topilo), ki pronica v suh les, potem pa tudi iz lesa. Privlačne sile nastopijo med molekulami lepila in tudi med lepilom ter lesom.

Viskoznost je odpor tekočine proti pretakanju, odvisna pa je od notranjih sil (trenja med molekulami). Nižja viskoznost olja pomeni, da tekočina hitreje teče in je tudi bolj redka. Bolj viskozna tekočina pa se počasneje pretaka, pravimo, da je gostejša.

- **Kemijsko** poteka v lepilu tako, da iz izhodiščnih snovi s kemičnimi reakcijami nastanejo zamrežene makromolekule (poliuretanska lepila). Reakcija je nepovratna, energija kemijske vezi je deset in večkrat večja od fizikalne vezi, spoj pa ima visoko trdnost in odpornost.
- **Fizikalno-kemijsko utrjevanje** je sočasni potek fizikalne in kemijske reakcije. V lepilnem spoju se pospeši kemična reakcija polikondenzacije, topilo pa izide iz lepilne mešanice in lepilo utrdi. Poteka pri lepilih, kot so ureaformaldehidna, melaminformaldehidna, fenolformaldehidna, resorcinolformaldehidna.

Za fizikalno utrjevanje je ustrezen izraz tudi sušenje. V nadaljevanju bomo uporabljali izraza sušenje in utrjevanje, s tem da oba pomenita prehod lepila (enako tudi laka) v trdno stanje.

10.2.3 Lastnosti lepilnega spoja

Lastnosti lepil so odvisne od osnovnih sestavin in vrste kemične reakcije sinteze. Pri uporabi lepila oziroma njegovi izbiri za lepljenje elementov upoštevamo poleg drugih, tri osnovne lastnosti:

- Odpornost strnjenega lepilnega spoja proti vodi (vlagi) in povišani temperaturi vpliva na področje rabe lepila (preglednica 34).
- Trdota strnjenega lepilnega spoja. Lepilo v spoju je lahko mehko in s tem elastično ali pa je trdo in krhko. Zelo trdo lepilo v spoju ni elastično in lahko počí, če les deluje. Trdo sintetično lepilo, na primer v ivernih ploščah, hitro obrablja rezila iz najboljšega jekla.
- pH lepila. Lepilo (disperzija) je lahko kislo, bazično in nevtravno. Kisle in bazične lepilne disperzije lahko kemično reagirajo predvsem z ekstraktivnimi snovmi v lesu in obarvajo okolico lepilnega spoja. pH vrednost ima pomembno vlogo pri reakciji polikondenzacije lepil, saj utrjevanje lepila pospešimo z dodatkom kislega katalizatorja.

10.2.4 Sintetična lepila

Prva sintetična (polimerna) lepila so se pojavila v začetku 20. stoletja in so zamenjala lepila rastlinskega in živalskega izvora. Sintetična lepila so kvalitetna, enostavna, cenejša, saj zagotavljajo trdne spoje tudi v neugodnih razmerah uporabe ...

10.2.4.1 Osnovne vrste sintetičnih lepil

Sintetična lepila so izdelana iz enakih smol kot sintetične (polimerne) mase (poglavje 10.1).

Enako kot pri polimerih poznamo tri osnovne vrste:

- polimerizacijska,
- polikondenzacijska in
- poliadiacijska lepila.

S polimerizacijo nastanejo lepila, ki imajo termoplastične lastnosti (pri povišani temperaturi se zmehčajo in so omejeno odporna proti vodi).

S polikondenzacijo in poliadiacijo pridobimo lepila, ki so duroplastična. Imajo visoko trdnost in odpornost proti povišani temperaturi in vlagi.

Pripadajoča posamezna lepila, ki jih bomo obravnavali, so razvidna iz preglednice 33.

Preglednica 33: Vrste sintetičnih lepil

Sintetična lepila		
Polimerizacijska	Polikondenzacijska	Poliadicijska
Termoplastična	Duroplastična	
• polivinilacetatna • neoprenska • talilna lepila	• aminoplastična lepila: - ureaformaldehidna, - melaminformaldehidna, - melaminureaformaldehidna. • fenolformaldehidna; • resorcinolformaldehidna.	• poliuretanska • epoksidna

10.2.4.2 Razvrščanje lepil z vidika uporabe

Lepila za les razdelimo v dve osnovni skupini:

- za nekonstrukcijsko (nenosilno) uporabo in
- za konstrukcijsko (nosilno) uporabo.

Lepila za nekonstrukcijsko (nenosilno) uporabo uporabljamo za lepljenje pohištva in lesnih delov (konstrukcij), za katere ne veljajo standardi za projektiranje nosilnih konstrukcij. Delimo jih na:

- termoplastična lepila (plastomeri), ki obsegajo štiri trajnostne razrede D1, D2, D3 in D4, po standardu SIST EN 204:2016 in
- duroplastilčna lepila (duromeri) s trajnostnimi razredi C1, C2, C3, C4, po standardu SIST EN 12765:2016. (Glejte preglednico 34.)

Lepila za konstrukcijsko (nosilno) uporabo so za lepljenje nosilnih gradbenih konstrukcij. Opre-
deli jih standard EN 301:2013; razvrščena pa so v dva razreda z oznako Tip I in Tip II. Pogoje za
konstrukcijsko uporabo zadovoljijo samo duroplastična lepila, ker je lepilni spoj izpostavljen večjim
obremenitvam ali povišani temperaturi. (Glejte preglednico 35.)

Izbor lepila je odvisen od vplivov okolja. Pri tem so pomembni: vlažnost in temperatura zraka,
prisotnost vode in trajanje teh okoljskih obremenitev.

Preglednica 34: Trajnostni razredi uporabe lepil za nekonstrukcijsko uporabo

Lepila za nekonstrukcijsko uporabo	
Trajnostni razred	Področje uporabe in primer klimatskih pogojev
D1/C1	Notranja uporaba, kjer je ravnovesna vlažnost lesa $u_r < 15\%$.
D2/C2	Notranja uporaba z občasnimi kratkotrajnimi izpostavitvami kondenzirani vodi in/ali občasno visoki ravnovesni vlažnosti lesa, kjer je $u_r < 18\%$.
D3/C3	Notranja uporaba s pogostimi kratkotrajnimi izpostavitvami tekoči in kondenzirani vodi in/ali visoki ravnovesni vlažnosti. Zunanja uporaba v pokritih prostorih.
D4/C4	Notranja uporaba s pogostimi dolgotrajnimi izpostavitvami tekoči in kondenzirani vodi. Zunanja uporaba, kjer so izdelki izpostavljeni neposrednim vremenskim vplivom, so pa površinsko zaščiteni.

Preglednica 35: Razvrstitev lepil za konstrukcijsko uporabo

Lepila za konstrukcijsko uporabo			
Temperatura med uporabo	Pogoji okolja	Primer	Tip lepila
$> 50\text{ }^{\circ}\text{C}$	Niso določeni	Daljša izpostavitve visoki temperaturi.	I
$\leq 50\text{ }^{\circ}\text{C}$	$u_r > 85\text{ }\%$ pri $20\text{ }^{\circ}\text{C}$	Polna izpostavitve vremenskim vplivom.	I
	$u_r \leq 85\text{ }\%$ pri $20\text{ }^{\circ}\text{C}$	Ogrevani in zračeni prostori. Zunaj zaščiteno pred vremenskimi vplivi. Kratke izpostavitve vremenskim vplivom.	II

10.2.4.3 Polimerizacijska lepila

S polimerizacijo nastanejo lepila, ki se pri povišani temperaturi zmečajo (termoplastičnost) in so omejeno odporna proti vodi. So enostavna za uporabo.

10.2.4.3.1 Polivinilacetatno lepilo

Polivinilacetatno lepilo (PVAC lepilo) je vodna disperzija polivinilacetata. Vsebuje lahko še druga veziva, mehčala topila, polnila ... Nahaja se v obliki mlečnobeke vodne disperzije, zato mu pravimo »belo lepilo« pa tudi »hladno«, ker ga velikokrat uporabljamo pri hladnem lepljenju. Utrjuje fizikalno z oddajanjem vode, vsebuje pa okoli 50 % suhe snovi.



Slika 224: Polivilacetatno lepilo (X)

Lepilo je že pripravljeno v tekoči obliki in ga pred uporabo samo premešamo. V primeru težjega nanosa lahko dodamo malo vode ($< 5\text{ }\%$), vendar moramo paziti, da lepila preveč ne razredčimo. Priporočena vlažnost lesa je 5–12 %. Utrjevanje lepila pri bolj vlažnem lesu je počasnejše in tudi trdnost spoja je slabša.

PVAC lepilo je vodna disperzija in v vlažen les prodira počasneje kot v suh.

PVAC lepila so lahko precej odporna proti vodi in višji temperaturi, če jim pri pripravi umešamo posebne dodatke, vendar potem utrjujejo fizikalno-kemijsko.

Lastnosti:

- enostavna priprava in uporaba,
- spoj je dovolj trden in elastičen,
- neodporna na višjo temperaturo in vlago (termoplastična),
- primerna za hladna, topla in vroča lepljenja,
- nizek tlak stiskanja 0,2 (0,3) MPa,
- ne krhajo rezil,
- niso škodljiva človeku in okolju,
- odporna na mikroorganizme,
- lepila so kisl.

Uporaba

Lepilo je vsestransko uporabno za vse vrste lepljenja. Lepijo tudi tekstil, usnje, papir, sintetične mase.

Velikokrat ga uporabljamo za različna montažna lepljenja spojev pohištva, lepljenje parketa, za dolžinsko in širinsko lepljenje elementov iz masivnega lesa. Pri ploskovnem pohištvu za lepljenje moznikov pa tudi za ročno furniranje ploskev in robov. PVAC lepila niso namenjena za lepljenje lesenih stavbnih konstrukcij.

Glede na uporabo lahko vsebujejo dodatke, ki

izboljšajo določene lastnosti lepila. Tako poznamo PVAC lepila za:

- montažna lepljenja – imajo čim krajši čas strjevanja,
- furniranje – nanos je z lopatico ali valjčkom,
- lepljenje oken – predvsem so bolj odporna na vlago.

10.2.4.3.2 Neoprensko (kontaktno) lepilo

Surovina za pridobivanje neoprenskega lepila je kloroprenski kavčuk (preglednica 31), topilo pa je organsko (acetone, metiletilketon ...).

Priprava lepila

Lepilo je že pripravljeno v bolj gosti disperziji. Lepilo nanese na obe površini. Lepljenja združimo, šele ko organsko topilo skoraj v celoti izhlapi (pri poizkusu s prstom vidimo na lepilu razločen prstni odtis).

Lastnosti:

- enostavna priprava in uporaba,
- spoj je dokaj trden in elastičen,
- lepilo je termoplastično,
- tlak lepljenja je nizek ($< 0,1$ MPa),
- utrjevanje lepila traja kratek čas (nekaj minut),
- ni primerno za lepljenje konstrukcij,
- ne krha rezil,
- izhlapevajoče topilo razgradi določene kemične snovi, na primer stiropor,
- izhlapevajoče topilo je zdravju škodljivo in je lahko eksplozivno,
- vnetljivo, če vsebuje gorljivo topilo – v tem primeru je ustrezno označeno.

Uporaba

Uporabljamo ga za lepljenje stekla, kovine, gume, duroplastičnih mas in pen, tekstila (tapetništvo), papirja v notranjih prostorih. Primerno je za lepljenje različnih materialov, na primer: gume, tekstila ... na les.

10.2.4.3.3 Talilno lepilo

Talilno lepilo (»hot-melt«) je kombinacija raznih sintetičnih smol in dodatkov za izboljšanje lastnosti, spada pa v skupino termoplastov. Razvili so ga za lepljenje robnih trakov na plošče pri robnem pretočnem stroju za furniranje, kjer je nujen zelo kratek čas utrjevanja lepila.

Priprava lepila

Lepila so v obliki granulata (zrn), ki se stalijo v ogrevalni napravi stroja pri temperaturi 160–220 °C. Po nanosu (z valjčkom ali šobo) se pri ohlajanju zelo hitro strdijo. Lahko jih segrejemo tudi v posebni pištoli za nanos lepila. Lepilo ne vsebuje vode oziroma topil (suha snov je 100 %).

Lastnosti:

- kratek čas utrjevanja (nekaj sekund),
- elastičen lepilni film,
- lepilni spoj je termoplastičen in le delno odporen proti vlagi,
- površina lepljenja mora biti popolnoma čista.

Uporaba

Uporabljamo ga za lepljenje robnih trakov (furnir, folije, letvice) na boke plošč, ki se podajajo skozi stroj za robno furniranje. Z lepilom oplašamo (oplemenitimo) zaobljene in profilirane letve s furnirjem ali folijami na stroju, ki opravi vse operacije med pretokom obdelovanca.

Talilno lepilo se uporablja za hitra montažna (hobi) lepljenja, kjer lepilo segrejemo v ročni pištoli za nanos.

10.2.4.4 Polikondenzacijska lepila

V lesarstvu imajo največji pomen polikondenzacijska lepila, in sicer aminoplastična (ureaformaldehidna, melaminformaldehidna, melaminureaformaldehidna). V preglednici 33 so navedena še fenolformaldehidna in resorcinolformaldehidna lepila. Zgrajena so iz sintetičnih smol in formaldehida. Formaldehid je zdravju zelo škodljiv in predstavlja problem predvsem pri ivernih ploščah (poglavje 11.3.3).

Potrebno je uporabljati novejša lepila z nizko vsebnostjo prostega formaldehida.

Polikondenzacijska lepila spadajo v skupino duroplastov, proces sinteze je nepovraten (irverzibilni – lepila ni možno ponovno predelovati), utrjujejo pa fizikalno-kemično.

Uporabimo jih tam, kjer je lepilni spoj izpostavljen večjim obremenitvam, vlagi in povišani temperaturi. Uvrščajo se v trajnostne razrede C4/D4 in tip I ter tip II, razen ureaformaldehydnega lepila (preglednica 34). Na razpolago (trgu) so v tekoči in prašnati obliki, nekatera pa tudi v obliki lepilnih filmov.

Pri polikondenzaciji lepila (združevanju nizkomolekularnih v visokomolekularne spojine) nastanejo tri faze:

- faza A ali rezol-stanje, produkti so topni v vodi;
- faza B ali rezitol-stanje, produkti so netopni, vendar nabrekajo in se talijo;
- faza C ali rezit-stanje, produkti so netopni, ne nabreknejo in se ne talijo.

Tekoče lepilo je pred uporabo v rezol-stanju, vendar je polikondenzacija upočasnjena oziroma prekinjena samo za krajši čas in zato je čas skladiščenja lepil omejen (nekaj mesecev). Samo v tem stanju (ob ustrezni viskoznosti) lahko raztopino nanašamo na ploskev v tankih plasteh. Procesu pravimo tudi predkondenzacija – snovi (predkondenzati) so topne v vodi.

Pri lepljenju se kemijska reakcija (kondenzacija) pospeši z dodatkom trdilca (utrjevalca), ki ga dodamo lepilni disperziji neposredno pred uporabo, pospeši pa jo tudi toplota. Lepilo preide v rezitol-stanje, postaja gosto, viskoznost se torej viša. Sledi rezit-stanje, ko se reakcija zaključi, lepilo je dokončno utrjeno in otrdelo.

Lepilo torej sestoji iz dveh ločenih komponent, ki jih zmešamo pred uporabo. Mešanica dvo-komponentnega lepila ima omejen čas uporabe – nekaj ur (podatek proizvajalca).

10.2.4.4.1 Ureaformaldehydno lepilo

Ureaformaldehydno lepilo (UF lepilo) imenujemo tudi sečninskoformaldehydno ali karbamidno lepilo. Nastane s polikondenzacijo uree (sečnine, karbamida) in formaldehida v vodni raztopini. Je vsestransko lepilo in se veliko uporablja.

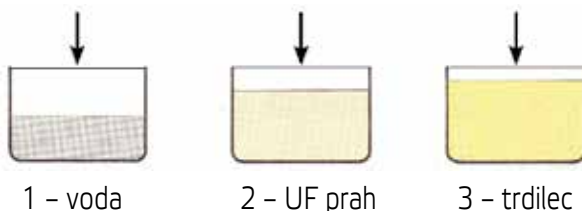
Priprava lepila

Lepilo je v obliki vodne disperzije ali v prašnati obliki. Življenjska doba tekočih lepil je dva do tri mesece, za lepila v prahu pa eno leto (čas skladiščenja). Lepilo pripravimo po navodilih proizvajalca v posebnem prostoru – »lepilni kuhinji«.

Splošna pravila za pripravo so:

- Lepilo v prahu moramo najprej mešati z vodo v razmerju, ki ga predpiše proizvajalec. V vodo stresamo lepilni prah ob stalnem mešanju, da ne nastajajo grudice. Raztapljanje lepila traja približno 10–20 min; nato dodamo predpisano količino utrjevalca (trdilca).
- Tekoče lepilo vlijemo v mešalnik in dodamo predpisano količino utrjevalca (trdilca), po potrebi pa tudi polnilo in druge dodatke glede na vrsto lepljenja ... Predpisano viskoznost dosežemo z dodajanjem vode.

Mešalnik mora biti izdelan iz materiala, ki ne korodira. Mešamo z vrtilno hitrostjo do 400/min, mešanica se ne sme speniti, mora pa biti dobro premešana. Pripravljena lepilna mešanica ima omejen čas uporabe (pot life).



Slika 225: Umešanje lepila v prahu (S. K.)

Lastnosti lepila:

- tvorijo trden lepilni spoj, ki je brezbarven,
- primerna so za hladna, topla in vroča lepljenja,

- dobro se mešajo z drugimi lepili in dodatki,
- ne povzročajo madežev na lesu,
- odporna so proti vlažnemu zraku,
- pri vročem lepljenju imajo kratek čas utrjevanja (furniranje v pretočni stiskalnici < 1 min),
- cenovno so ugodna,
- niso odporna proti vlagi (vodi) in vremenskim vplivom (glavna pomanjkljivost),
- sproščajo formaldehid (emisije prostega formaldehida morajo biti v dovoljenih mejah),
- obrabljajo (krhajo) jekleno rezalno orodje,
- po preboju lepila skozi furnir utrjenega lepila ni možno odstraniti,
- imajo razmeroma kratek čas uporabnosti (raztopina 1–3 mesece, v prahu pa do 1 leta),
- primerna so za lepljenje suhega lesa (6 ~ 10 %),
- lepilo je slabo kislo.

Lepilo je primerno za uporabo samo v notranjih (pokritih) prostorih.

Uporaba:

- za lepljenje plošč (iverne, vezane, mizarske),
- za furniranje in kaširanje,
- za lepljenje masivnega lesa,
- za lepljenje polizdelkov za zahtevna montažna lepljenja.



Slika 226: Stabilni mešalnik lepila (X)

10.2.4.4.2 Melaminformaldehidno lepilo

Melaminformaldehidno lepilo (MF lepilo) uvrščamo skupaj z ureaformaldehidnimi lepili v skupino aminoplastov, ker imata določene skupne lastnosti, vendar so melaminformaldehidna lepila kakovostnejša. Odporna so celo proti vroči vodi, raznim kemikalijam in ostrim vremenskim pogojem. Spoji so trdni, krhki, brezbarvni, otopijo pa rezila iz jekla. Uporabljajo se za zahtevna lepljenja, za izdelavo vodo-odpornih vezanih plošč in lameliranega lesa, za montažna lepljenja, furniranje in proizvodnjo plovil, motornih vozil ter letal, skratka za izdelke za zunanjo uporabo. Lahko so mešana z drugimi lepili (na primer polivinilacetatnimi) in tudi s polnili, da so cenejša. Lepilo je nevtravno. Izdeluje se v tekoči, prašnati obliki in v obliki lepilnega filma.

10.2.4.4.3 Melamin-ureaformaldehidno lepilo

Melaminformaldehidno lepilo je drago in zato se redko uporablja. Ustrezno nadomestilo je melamin-ureaformaldehidno lepilo (MUF lepilo), v katerem je del melamina nadomeščen z ureo. Za zadostno vodno odpornost lepila je razmerje med melaminom in ureo 50 : 50 in 30 : 70.

Melamina je lahko tudi manj, saj že majhni deleži melamina izboljšajo odpornost proti vodi pa tudi trdnost spoja.

Obstajajo še druge različice ureaformaldehidnih lepil, kot so melaminureaformaldehidno (MUFF), fenolureaformaldehidno (FUF) ... Vse pa spadajo v skupino aminoplastičnih lepil in so predvsem lepila za konstrukcijsko uporabo.

10.2.4.4.4 Fenolformaldehidno lepilo

Fenolformaldehidno lepilo (FF lepilo) nastane z reakcijo fenolnih smol in formaldehida. Imajo temno rdečkasto rjavo barvo in značilen vonj. Znana fenolna smola je bakelit, ki se uporablja v elektrotehniki in je dober izolator. Uporablja se pri lepljenju lesnih plošč, ki so odporne proti vlagi, za lepljenje konstrukcij, v ladjedelništvu,

izdelavi športne opreme ... Lepilni spoj je trden in elastičen in odporen proti vodi in večini kislin, topil. Vidna je barva spoja (rdečkastorjava). Doba skladiščenja je kratka (okoli dva meseca), med utrjevanjem se spošča formaldehid, ki je zdravju škodljiv. FF lepila so tudi v obliki lepilnega filma (Tego-film), ki ga samo vložimo med lepljenje in stisnemo pri temperaturi najmanj 130 °C.

10.2.4.4.5 Resorcinolformaldehidno lepilo

Resorcinolformaldehidno lepilo (RF lepila) spadajo v najkvalitetnejša lepila za lepljenje. Utrjujejo fizikalno-kemično, tudi pri nižjih temperaturah, utrjevanje pospeši temperatura, ki pa ne sme biti višja od 80 °C. Največ se uporabljajo za lepljenje lesenih konstrukcij, lameliranega lesa in v ladjedelništvu. Primerna so za lepljenje keramike in različne plastike na les. Spoj ima veliko vezivno trdnost in elastičnost. Lepila so odporna proti vlagi (tudi vroči vodi), ostri klimi in kemičnim snovem ter mikroorganizmom (tudi termitom). Spoj je rdečerrjav oboarvan. Lepilo je drago.

10.2.4.5 Poliadiacijska lepila

Poliadiacijska lepila so poliuretanska in epoksidna. Nastanejo s poliadiacijo in vežejo – utrjujejo s kemično reakcijo, brez odcepljanja vode ali kakšne enostavne snovi. Spadajo v duroplaste in imajo odlične lastnosti. V lesarstvu se uporablja predvsem poliuretansko lepilo.

10.2.4.5.1 Poliuretanska lepila

Poliuretansko lepila (PU lepila) so lahko: enokomponentna ali dvokomponentna.

1. Enokomponentna poliuretanska lepila so pripravljena za nanos. Utrjujejo s pomočjo vlage iz lesa in zraka – relativna zračna vlažnost mora biti vsaj 40 %. Čas utrjevanja pa je 30–60 min.
2. Dvokomponentna poliuretanska lepila sestavljata dve komponenti, ki ju pred uporabo

pomešamo v natančno predpisanem razmerju (navodilo proizvajalca), utrjujejo pa se s kemično reakcijo, ki je lahko hitra.

Lastnosti lepil:

- tvorijo trden in elastičen lepilni spoj,
- so vodoodporna tudi proti vroči vodi,
- obstojna so pri najvišjih temperaturah,
- odporna so proti UV-žarkom, kemikalijam, topilom in mikroorganizmom,
- imajo dobro oprijemljivost na različne materiale,
- odporna so proti staranju, vendar jih moramo skladiščiti v suhih in hladnih prostorih,
- vlažnost lesa ne sme preseči 12 %,
- so strupena in zdravju škodljiva*,
- trajanje pripravljenega dvokomponentnega lepila je največ par ur (podatek proizvajalca).

**Poliuretanska lepila vsebujejo izocianate, ki dražijo kožo in sluznice, otežujejo dihanje, povzročajo glavobol ... Zato je pri delu treba uporabljati osebna zaščitna sredstva in upoštevati varnostne predpise.*

Uporaba

PU lepila so zelo kakovostna, vendar dražja. Uporabljamo jih za zahtevna montažna lepljenja, lepljenje parketa, folij ... Na različnih podlogah uspešno lepimo poleg lesa tudi kovine, keramiko, plastiko, gumo in tekstil.

10.2.5 Naravna lepila

Naravna lepila so se uporabljala pri vseh starih civilizacijah. Danes pa se še uporabljata:

- glutinsko in
- kazeinsko lepilo.

Z njimi lepimo pri restavriranju pohištva iz stilnih obdobjih in pri izdelavi glasbenih instrumentov ... Zaradi neškodljivosti za okolje so pomembna tudi za širšo uporabo in so prava biolepila.

10.2.5.1 Klej

Klej je glutinsko lepilo, pridobljeno iz vlaknatih proteinov (beljakovin), ki so v živalskih kožah, kitah in kosteh. Lepilno disperzijo pripravimo tako, da klej, ki je v obliki ploščic, lusk, zrn ali prahu, najprej namakamo v vodi in nato kuhamo pri temperaturi 60–70 °C, da se glutin v vodi raztopi. Toplo raztopino lepila naneseemo in toplo stisnemo.



Slika 227: Klej (zrna) (X)

Čas utrjevanja kleja je dolg, vsaj en dan, ko odda vodo v les in se popolnoma ohladi.

Zaradi organskega izvora lepilo ni odporno proti vodi, višji temperaturi in mikroorganizmom (glive, plesen, bakterije). Lepilni spoj ima veliko vezivno trdnost, pri temperaturi 40 °C pa se začne utrjeno lepilo mehčati. Primerno je to-

rej za lepljenje, ki se nahajajo v suhih notranjih prostorih.

Klej je nekakšen simbol stare mizarske obdelave. Mizarji so klej uporabljali za vse vrste lepljenja; za njegovo pripravo (kuhanje) pa so skrbeli vajenci.

10.2.5.2 Kazeinsko lepilo

Izdelano je iz kazeina (sirnine) – visokomolekularne beljakovine, ki se izloča pri kisanju mleka. Razmaščeni sirnini dodajo razne dodatke, obvezno pa apno (do 25 %), ki poveča vodoodpornost lepilnega spoja. Kazeinsko lepilo je v obliki prahu belkaste barve, ki je higroskopičen, zato mora biti v neprodušni embalaži. Pred lepljenjem ga samo umešamo z vodo v predpisanem razmerju. Lepljenje je lahko hladno ali vroče. Lepilni spoj prenese večje obremenitve. Slabo/delno je odporen proti vlagi, neodporen pa na mikroorganizme (plesen). Apno lahko obarva les, ki vsebuje ekstraktivne snovi (hrast). Kazeinsko lepilo je primerno za lepljenje konstrukcij, ki so vremensko manj izpostavljene, na primer napušči, ostrešja, stavbno pohištvo in za vezan les.

10.3 Sredstva za površinsko obdelavo*

Za površinsko obdelavo lesa uporabljamo:

- kite in polnilce por,
- belilna sredstva,
- lužila,
- lake,
- lazure,
- olja in firneže,
- voske.

* Poglavje sta napisala Andrej Grošelj in Mirko Geršak.

Namen površinske obdelave je poudarjanje ali sprememba naravne barve lesa, zaščita lesa pred klimatskimi vplivi, vplivi umazanije, vode in kemikalij, lesnimi škodljivci, UV-žarki in delno pred mehanskimi poškodbami.

10.3.1 Kiti in polnilci por

Površinske vdolbine in neravnost izravnavamo s kiti. Kitanje je nanašanje debelejšega filma in njegovo vtiskovanje v vdolbine ter glajenje celotne površine z lopatico ali valjem.

Kite sestavljajo:

- veziva, ki so raztopljena v organskih topilih,
- polnila in
- barvni pigmenti (barvni kiti).

Poliesterske ali akrilne U- kite za strojno nanašanje sestavljajo smola, občutljiva na UV utrjevanje, visok odstotek transparentnih polnil in nekaj pigmentov. Uporabljamo ga za kitanje iverne in vlaknene plošče pred lakiranjem.

Poliuretanske kite sestavljajo sintetične smole v organskih topilih, polnila, pigmenti in pospeševalec. Pred uporabo primešamo raztopino utrjevalca. Mešanica je uporabna nekaj ur. Namenjena je ročnemu nanašanju z lopatico. Utrjujejo se fizikalno-kemično z oddajanjem topila in kemično reakcijo, ki jo sproži utrjevalec.

Polnilci por, ki imajo podobno sestavo kot kiti, le da imajo višjo viskoznost, vsebujejo manj veziva. Uporabljajo se kot osnova za obdelavo na sijaj s politurami ali z nitrolaki.

Kite nanašamo ročno z lopatico ali strojno z valjčnim strojem za kitanje.



Slika 228: Kitanje (U. G.)

10.3.2 Belilna sredstva

Z beljenjem bolj ali manj posvetlimo naravno barvo površinskega dela lesa. S tem postopkom lahko pripravimo tudi površino za luženje.

Za beljenje uporabljamo vodikov peroksid, oksalno kislino, citronsko kislino, klorovodikovo kislino in belilno lužilo.

Beljenje je kemični proces oksidacije ali redukcije. Oksidacijska belila sta peroksid in belilno lužilo, redukcijska pa oksalna, citronska in klorovodikova kislina.

Belilno sredstvo	Proces beljenja
vodikov peroksid	Vodikov peroksid zaradi učinkovanja svetlobe, vodne raztopine amonijaka in drugih aktivatorjev razpade v vodo in kisik. Odcepljeni kisik beli les. Uporabljamo 30 % raztopino v vodi. Z vodikovim peroksidom belimo les fine strukture: javor, breza, bukev, brest, jelša ...
oksalna kislina in sol oksalne kisline	Primerna je za beljenje lesa, ki vsebuje taninske kisline. Hrast z oksalno kislino posvetlimo. Oksalna kislina je zdravju škodljiva. Nanašamo vročo raztopino predpisane koncentracije. Ostanki na površini lesa po beljenju lahko slabo vplivajo na nadaljno površinsko obdelavo.
citronska kislina	Raztopina je manj nevaren nadomestek oksalne kisline.
klorovodikova kislina	Je jedka in strupena. Primerna je za beljenje lesa z večjo vsebnostjo smole. Ostanki na površini lesa po beljenju lahko slabo vplivajo na nadaljno površinsko obdelavo.
belilno lužilo	Osnova lužila je vodikov peroksid, v katerem so raztopljena barvila. Čas uporabnosti pripravljenega lužila je nekaj ur. Takšna lužila belijo in lužijo obenem. Z njimi lužimo les oreha in češnje.

10.3.3 Lužila

Z lužili spremenimo naravni barvni ton lesa, tako da ostane njegova tekstura vidna. Poudarimo torej estetske lastnosti lesa, poživimo/spremenimo naravno barvo, izenačimo jo po celi površini. Z luženjem lahko videz lesa postaramo (rustikalno, starinsko pohištvo).

Lužila so sestavljena iz:

- barvil in/ali barvnih pigmentov in
- vode ali organskih topil.

Lahko vsebujejo tudi manjše količine veziva (naravne ali umetne smole) in dodatke za izboljšanje razprševanja pigmentov, zmanjšanje usedanja barvil, za boljše pronicanje lužila v les, za povečanje trajnosti ...

Poznamo dve osnovni skupini lužil:

- barvna in
- kemijska lužila.

10.3.3.1 Barvna lužila

Barvna lužila so disperzijske raztopine sintetičnih barvil in dodatnih snovi ali mikroniziranih pigmentov in veziv.

Pri pigmentnem luženju vezivo fiksira netopne pigmente na lesna vlakna. Dodatne snovi poskrbijo, da barvila penetrirajo v lesna vlakna. Zato struktura lesa pri luženju z barvili ni prekrita, s pigmentnimi lužili pa je nekoliko prekrita z njimi.

Glede na vrsto topila, v katerem so nosilci barve raztopljene (oziroma dispergirane), ločimo:

- vodna lužila (topilo je voda),
- lužila na osnovi organskih topil.

Po nanosu lužila pigmenti ali barvila prepojijo les (0,5–1,0 mm) globoko pod površino. Topilo

izhlapi. Rani les branike, ki je bolj porozen, vpije več lužila (barvila) kot gostejši kasni les, zato se močnejše obarva in tako nastane negativna (obratna) barvna slika texture lesa. Rani les postane temnejši kot kasni.



a) pozitivna barvna slika b) negativna barvna slika

Slika 229: Prikaz lužene površine (S. K.)

Lužila, ki ne prodrejo globoko v les, niso odporna proti vplivom okolice, kar pa ni potrebno, saj jih po osušitvi prekrijemo z lakom.

10.3.3.1.1 Vodna lužila

Vodna lužila so 5–10 % disperzije ali raztopine sintetičnih barvil, lahko tudi z dodatkom transparentnih pigmentov. Na trgu so v prahu ali že pripravljena. V prašnati obliki jih pripravimo z dodatkom mlačne vode, pripravljena vodna lužila pa samo nanesemo na površino, največkrat z brizganjem.

Vodna lužila:

- dobro obarvajo les,
- niso škodljiva za okolje,
- obstojna so proti svetlobi,
- močnejše dvigajo vlakna lesa in tako povzročijo hrapavost površine,
- posode, pribor za luženje so iz nerjavečega materiala,
- v primerjavi z lužili, ki vsebujejo topila, se dolgo sušijo.

Sodobna vodna lužila vsebujejo razne dodatke za izboljšanje lastnosti. Znano je lužilo, ki vsebuje akrilno vezivo, razredčeno v vodi (vodno lužilo z akrilnim vezivom). Nabrekanje lesa in dvigovanje vlaken je manjše, imajo daljši čas trajanja, primerna so za luženje masivnega lesa in furniranega pohištva.

10.3.3.1.2 Lužila na osnovi organskih topil

Lužila na osnovi organskih topil so iz sintetičnih barvil in/ali transparentnih pigmentov, dispergiranih v razredčeni raztopini veziva v organskih topilih z različnimi dodatki.

Praviloma so že pripravljena za nanos ali pa jih pred uporabo razredčimo s pripadajočim topilom. Pripravljena so za določeno vrsto nanašanja (brizganje, mazanje, valjanje, potapljanje ...).

Lužila na osnovi organskih topil:

- so v številnih barvnih odtenkih,
- ne vsebujejo vode in zato manj dvigajo lesna vlakna kot vodna lužila,
- sušijo se hitro in film nanesenega lužila je bolj obstojen zaradi veziva,
- pri sušenju oddajajo organska topila, ki onesnažujejo zrak.

Glede na snov, v kateri je barvilo raztopljeno, razlikujemo:

- **Nitrolužila** so izdelana na osnovi nitroceluloze, ki nastopi kot vezivo in topilo. Uporabljajo se za luženje masivnega lesa.
- **Akrilna lužila** so podobna nitrolužilu, vsebujejo pa akrilno smolo kot vezivo.
- **Oljna lužila** poleg barvil vsebujejo zmesi različnih olj (terpentin) in organskih topil. Slabše prodirajo v les, zato so slabše odporna. Pri nas so se nekdaj veliko uporabljala za luženje kolonialnega pohištva za ameriški trg.
- **Alkoholna lužila** imajo barvne snovi, raztopljene v alkoholu (špiritu), seveda pa vsebujejo tudi veziva in dodatke. Hitro se sušijo, ker tvorijo tanko plast in tudi zato malo dvigajo vlakna.
V alkoholna lužila spadajo »kombinacijska lužila«, ki se redčijo z vodo. Ekološko so sprejemljiva in veljajo za kvalitetna lužila.

10.3.3.2 Kemična lužila

Kemična lužila so eno- ali dvo-komponentna. Imenujemo jih tudi reakcijska.

Dvokomponentna so iz predlužil in lužil. Predlužila so sestavljena iz tanina. Lužila so iz soli težkih kovin.

Predlužila so raztopine sredstev, ki vsebujejo taninsko kislino in jih lahko med seboj mešamo. To so:

- taninska kislina iz lubja hrasta ali granatnih jabolk,
- pirogallol iz katrana,
- katehin iz smrekovega lubja, sintetično pride lan.

Lužila so bolj ali manj strupene soli težkih kovin, ki so sposobne reakcije s predlužilom. To so: kalijev karbonat, natrijev karbonat, bakrov sulfat, kalijev kromat, kalijev karbonat.

Pri luženju z dvokomponentnimi kemičnimi lužili na površino najprej nanesemo predlužilo, nanj pa lužilo, ki reagira s tanini v predlužilu. Dvokomponentna lužila (indirektna lužila) so primerna za luženje lesov z manjšo vsebnostjo taninov.

Enokomponentna kemična (pozitivna) lužila vsebujejo snovi, ki reagirajo predvsem s tanini (čreslovinami), ki so že v lesu (hrast, kostanj, oreh, češnja ...).

Kemična lužila:

- so bolj odporna kot barvna,
- ne povzročijo negativne teksture lesa – rani les ostane svetlejši,
- poudarijo kasni les in zato nastane izrazita tekstura,
- zaradi dvojnega nanosa se dolgo časa razvija,
- sestavine so škodljive okolju, zato takšen način luženja redko uporabljamo.

Dimljenje

Hrastu, ki vsebuje tanin, lahko spremenimo barvo z dimljenjem. Les dimimo z amonijakovi hlapi iz raztopin amonijaka. Po reakciji amonijaka s taninom hrast porjavi v temno rjavih barvnih tonih. Les lahko dimimo več mm globoko, odvisno od koncentracije hlapov in trajanjem dimljenja. Ta način luženja ne uporabljamo več, izjemoma le še pri restavriranju.

10.3.3.3 Kombinirana lužila

Kombinirana lužila vsebujejo raztopljena barvila, kemikalije, ki tvorijo barve, pigmente in veziva. Ta lužila vsebujejo topila in so že pripravljena za luženje. Redčimo jih lahko z manjšo količino vode. Takšni sta lužili na osnovi voska in vodnih lakov.

10.3.3.4 Substratna lužila

Substratna lužila so barvna lužila, ki vsebujejo poleg barvil brezbarvni vpojni substrat. Substrat je fin prah iz umetne snovi. Pri raztapljanju v lužilu se obarva, pri nanosu na les se odlaga v porah in tam fiksira z vezivom. Imenujejo ga zaradi poudarjanja por lužilo za pore ali rustikalno lužilo. To lužilo po nanosu tvori na površini tanko prekrivno plast.

10.3.4 Laki

Najpogostejša tekoča premazna sredstva za površinsko obdelavo so laki. Laki imajo zaščitno in dekorativno nalogo.

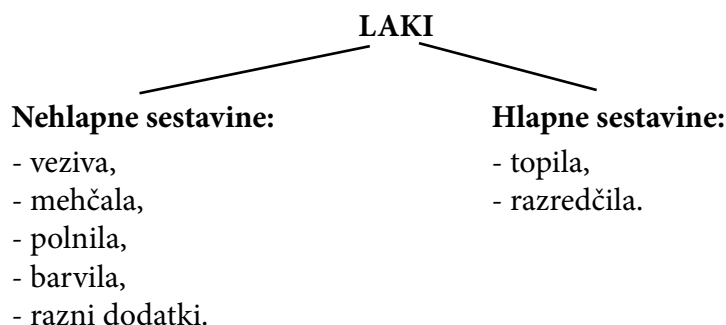
Pri izbiri laka za površinsko obdelavo z dano tehnologijo lahko preverjamo ustreznost laka s kriteriji:

Kriterij	Laki
namen uporabe	za notranje pohištvo, stavbno pohištvo, plovila ...
vrsta veziva laka	nitro, poliuretanski, poliesterski, alkidni lak, vodni ...
delež suhe snovi	z nizkim, s standardnim, srednjim ali z visokim deležem suhe snovi
namen premazovanja	impregnacija, izolacija; temeljni, prekrivni, enoslojni, večslojni ...
tehnika nanosa	za zračno, brezračno brizganje, polivanje, potapljanje, valjanje ...
poroznost utrjenega laka	za odprte, polodprte, zaprte pore
utrjevanje	fizikalno, kemično, fizikalno kemično
utrjevalci	kislina, kisik, višja temperatura, IR ali UV-sevanje ...
utrjen lak	prozorni, motni, s svilnatim sijajem, visoko sijani, efektni, hrapavi ...
okoljska sprejemljivost	vodni, praškasti, z visoko vsebnostjo suhe snovi ...
po dekorativnem učinku	brezbarvni ali prozorni, prosojne ali transparentne lake, ki vsebujejo manjšo količino barvil in les obarvajo, vendar ne prekrijejo teksture; barvne ali pigmentirane lake – emajle, ki obarvajo les in popolnoma prekrijejo teksturo lesa

Lake sestavljajo:

- veziva (naravna ali sintetična smola) in
- topila (alkohol, aceton, benzen, etilacetat, terpentini, voda ...).

Vezivo je nehlapna sestavina, topilo pri utrjevanju laka (sušenju) izhlapi in je hlapna sestavina. Laki lahko vsebujejo še dodane nehlapne in hlapne sestavine, ki vplivajo na njegove lastnosti.



10.3.4.1 Nehlapne sestavine

Glavna nehlapna sestavina laka je vezivo, druge pa so: mehčala, polnila, barvila in razni dodatki za izboljšanje lastnosti laka.

Veziva

Najpomembnejša sestavina laka je vezivo, ki po utrjevanju ostane na površini in tvori prevleko (film) ter povezuje ostale nehlapne sestavine. Večino lakov poimenujemo po vezivu, ki je lahko:

- naravna snov (smole, olja in voski),
- polysintetična snov (nitrati celuloze in acetati) in
- sintetična smola (polimeri).

Vsa veziva so polimerne snovi (makromolekule), nastanejo pa predvsem s polimerizacijo in polikondenzacijo (poglavje 10.1.2). Večino lakov poimenujemo po osnovni vrsti veziva ali po polimeru, ki

nastane s kemično reakcijo med utrjevanjem filma.

Mehčalo poveča elastičnost filma. Običajno so to estri organskih kislin ali pa olja.

Elastičnost filma je pomembna zaradi delovanja lesa in odpora proti obrabi. Zelo trd film ne more biti elastičen in je običajno krhek ter razpoka, če les že malo deluje.

Polnila vplivajo na več lastnosti. Polnila pri lakih (fino mleti naravni in sintetični aluminosilikati, dolomit, kreda ...) omogočajo hitrejše sušenje laka, lažje brušenje, preprečujejo usedanje pigmentov, zapolnijo pore na površini lesa.

Barvila (pigmenti) drobnozrnati delci sintetičnega ali naravnega izvora, ki lak delno ali povsem obarvajo. Barvni (pokrivni) laki imajo tolikšno količino pigmentov, da po nanosu prekrijejo strukturo lesa.

Razni dodatki služijo za izboljšanje sijaja, razlivanja, utrjevanja, oprijemljivosti suhega laka, obstojnosti na svetlobo, za povečanje trajnosti lesa (biocidi) ... Pri nekaterih lakih je pomemben utrjevalec (trdilec), ki povzroči, da kemična reakcija utrjevanja poteka hitreje, makromolekule se povežejo med seboj in se zamrežijo. Reakcija se začne takoj po dodatku utrjevalca, zato je čas mešanice omejen oziroma kratek in jo moramo porabiti v predvidenem času.

Suha snov

Nehlapne sestavine, ki ostanejo na površini ploskve, tvorijo film premaza. Imenujemo jih suha snov. Vsebnost suhe snovi v laku je pomembna, ker je od nje odvisna debelina suhega filma. Če je vsebnost suhe snovi manjša, je potrebno več nanosov laka, da dobimo primerno debelino sloja. Delež suhe snovi se navaja v odstotkih in je podatek posameznega laka.



Slika 230: Odvisnost debeline utrjenega laka od suhe snovi (S. K.)

10.3.4.2 Hlapne sestavine

Hlapne sestavine pri utrjevanju laka (sušenju) izhlapijo v okolni zrak, pomembna so topila in razredčila.

Topila

Topilo so tekočine ali zmes tekočin, ki raztopijo in razpršijo vezivo in druge netopne snovi. Vplivajo na:

- viskoznost,
- nanos disperzije,
- omakanje, razlivanje in sijaj,
- postopek sušenja,
- električne lastnosti ...

Najbolj pomembna lastnost topil je njihova polarnost. Topila raztapljajo filmotvorne snovi le, če je polarnost obeh snovi enaka.

Razredčila (redčila)

Upravljajo viskoznosti premaza. Z njimi pri pripravi lak redčimo, da dobi nižjo viskoznost za boljše razlitje po površini. Razredčilo je lahko že dodano topilu, vendar ne raztaplja veziva laka, služi za optimalno nanašanje na površino. Prirejeno je posamezni vrsti laka, pri vodnih je to voda. Razredčilo služi tudi za čiščenje opreme.

Vrste topil in razredčila

Glede na kemično zgradbo delimo topila in razredčila na anorganska in organska.

Anorgansko topilo: Voda je okolju prijazno topilo in razredčilo in ni škodljiva zdravju. Z vodo lahko raztapljajo v vodi topna veziva t. i. vodnih lakov. Ti laki manj obremenjujejo okolje. Trajanje sušenja je praviloma daljše kot pri lakih z organskimi topili in razredčili.

Organska topila in razredčila:

Kemijska zgradba	Topilo, razredčilo
čisti ogljikovodiki	lak – bencin, terpentinska olja, tetralin, dekalin ...
aromatski ogljikovodiki	toluen, stiren, ksilen ...
alkoholi	butanol, etanol, metanol, benzil – alkohol ...
ketoni	aceton, butanon, izoforen...
estri	metiletil, butil, metilglikol ...
etri	tetrahidrofuran, etilglikol ...

Delež hlapnih sestavin (organska topila) v laku je velik in pri hlapenju v okolje (zrak) lahko ob nepačnem ravnanju pomenijo nevarnost za zdravje, v nekaterih primerih lahko povzročijo eksplozijo in požar. Hlapne organske sestavine v kombinaciji z dušikovimi oksidi tvorijo snovi, ki zvišujejo koncentracijo ozona v zraku. Emisije organskih spojin so omejene. Predpisane so dovoljene količine izpustov na ravni države.

10.3.4.3 Utrjevanje lakov

Lak po nanosu prehaja iz tekočega v trdno stanje – utrjevanje (sušenje).

Proces utrjevanja je:

- Fizikalen – lak odda hlapljive sestavine, delci veziva ostanejo na površini tesno drug na drugem, med njimi je fizikalna povezava.
- Fizikalno-kemičen – lak odda hlapne sestavine in med delci veziva se lahko nadaljuje kemična reakcija (polimerizacija, polikondenzacija) in s tem makromolekulne zamrežitve.
- Kemičen – kemično utrjujejo laki v katerih kemični proces utrdi lak oziroma poveže sestavine brez izhlapevanja hlapnih oziroma z zanemarljivo količino hlapov. V tej skupini so tudi laki, ki se utrjujejo oksidativno s sprejemanjem vlage iz zraka, UV-sevanjem.

Za hitrejša utrjevanja se lahko doda lakom utrjevalec (trdilec) ali pa se delovanje pospeši v sušilnikih laka z višjo temperaturo, z IR-sevanjem in UV-sevanjem ...

Lak	Fizikalno utrjevanje	Pretežno kemično utrjevanje	Fizikalno kemično utrjevanje
nitrocelulozni			
alkidni			
akrilni			
vodni			
poliesterski			
poliuretanski			
kislino trdilni			
epoksi			

Osnovne lastnosti za ocenjevanje utrjenega filma laka so:

- oprijemnost,
- trdota,
- elastičnost,
- odpornost proti mehanskim obremenitvam,
- odpornost proti toploti,
- odpornost proti vodi,
- odpornost proti kemičnim obremenitvam ...

Omenjene lastnosti ugotovijo s preizkusi utrjenih filmov na površini lesa. Preizkusne pogoje sredstva in tehnike preverjanja predpisujejo standardi. Po ugotovljenih lastnostih razvrstijo lake v odpornostne skupine.

Na primer:

Za obnašanje pri obremenitvi s 27 preizkusnimi kemikalijami (vrsta, pogoji, število preizkusov ...) po standardu EN ISO 12720 razvrsti lake v razrede glede na spremembe na lakiranih površinah:

- 1A-ni vidnih sprememb;
- 1B-komaj vidne spremembe sijaja ali barve;
- 1C-rahle spremembe sijaja ali barve;
struktura preizkusne površine ni spremenjena;
- 1D-vidne so močne sledi; struktura preizkusne površine je v veliki meri nepoškodovana;
- 1E-vidne so močne sledi; struktura preizkusne površine je spremenjena;
- 1F-preizkusna površina je uničena.

10.3.4.4 Laki, lastnosti, uporaba

10.3.4.4.1 Nitrocelulozni lak (NC)

Vezivo nitroceluloznih lakov (nitrolakov) je nitroceluloza, ki je polimer naravnega izvora. Glede na vsebnost dušika razlikujemo dve vrsti nitroceluloze. Ena je topna v alkoholu, druga pa v estru. Prva oblikuje vezivo za politure in matiranje, druga pa za pigmentirane lake. Topilo in razredčilo veziva so poleg omenjenih tudi aceton, etilacetat, butilacetat ...

NC-lak je enokomponenten sistem. Pred uporabo preverjamo njegovo viskoznost in jo po potrebi spremenimo z redčenjem. Hlapnih sestavin v laku je 60–75 %.

Utrjevanje (sušenje) je fizikalno z izhlapevanjem hlapnih sestavin. Na površini torej ostane samo 25–40 % nehlapnih sestavin (suhe snovi). Za debelejši film je potrebno več nanosov (trije).

Lastnosti:

- enostavna priprava laka,
- nanašamo jih predvsem z brizganjem,
- hitro se sušijo,
- film je relativno trd in krhek (z dodatkom mehčala je bolj elastičen),
- pri preobilenem nanosu temeljnega laka lahko to povzroči motnost temeljnega in prekrivnega filma,
- relativna vlažnost zraka nad 60 % pri nanosu povzroča sivenje laka,
- utrjeni filmi so nagnjeni k rumenenju in so lahko vnetljivi,
- manjša je njihova odpornost proti kemikalijam, vlagi, toploti in mehanski obremenitvi,
- morebitna popravila že lakirane površine je nezahtevna,
- velika nevarnost eksplozije hlapnih snovi, ki so tudi ekološko oporečne.

Uporaba

Za vse vrste izdelkov, ki se nahajajo v notranjih prostorih, pri katerih se ne zahteva visoka kakovost, in za površine, ki so manj izpostavljene, obrabi. Nitrocelulozni lak je združljiv z drugimi laki in je lahko samo temeljni (izolacijski) sloj.

10.3.4.4.2 Alkidni laki (AK)

Laki na osnovi alkidnih smol so z olji oz. maščobnimi skupinami in drugimi komponentami modificirane poliesterske smole. Glede na modifikacije se laki sušijo fizikalno ali pa utrdijo z oksidacijo – kemično.

Alkide velikokrat mešajo z drugimi snovmi za lake: celulozni nitrat, epoksidna

smola, silikon, poliamidi ... Topila so organska ali voda.

Alkidni laki so kvalitetni, vsebujejo pa okoli 50 % suhe snovi. Njihova sestava in s tem lastnosti so prilagojeni namenu in tako imajo raznolike lastnosti.

Lastnosti:

- enostavna priprava laka,
- nanašamo jih s premazovanjem, brizganjem, potapljanjem, oblivanjem, polivanjem,
- čas sušenja je odvisen od debeline nanosa, sestave laka in temperature in traja 1–48 ur,
- zaradi različnih sestavin imajo utrjeni laki različne lastnosti, potrebne za dano uporabo,
- dobro se oprijemajo podlage,
- pigmentirani laki so odporni proti vremenskim vplivom,
- slabo so odporni proti kemikalijam.

Uporaba

Uporabljajo se za zaščito oken, vrat, balkonskih ograj, fasadnih oblog, vrtnega pohištva (lazure) in za lakiranje parketa, kuhinjskega ter kopalniškega pohištva.

10.3.4.4.3 Akrilni laki (AC)

Akrilni laki obsegajo več skupin lakov (enokomponentni, dvokomponentni, vodni enokomponentni in dvokomponentni in laki, prilagojeni utrjevanju z UV-žarki, mat ali sijajni, barvni). Osnovna surovina so estri akrilne (propenske) in poliakrilne kisline, topila so zelo različna (organska, voda). Vsebujejo 20–40 % suhe snovi in spadajo v termoplaste.

Lastnosti:

- imajo dobro oprijemljivost, so trši, vendar kljub temu ne pokajo,
- odporni so proti vodi in alkalijam,
- akrilni laki, ki se utrjujejo z obsevanjem so okolju prijazni,
- delo z njimi je enako kot delo z alkidnimi laki.

Uporaba:

Uporabljajo jih za zaščito stavbnega lesa pod splošnim imenom lazurni premazi. Akrilni laki se dobro obarvajo in so odlični barvni laki (uporaba tudi v slikarstvu).

10.3.4.4.4 Vodni laki

Vodni laki so pravzaprav skupina sodobnih lakov, pri katerih je topilo in razredčilo voda.

Zgrajeni so na osnovi:

- poliakrilatnih ali
- poliuretanskih in tudi
- poliesterskih smol ...

Voda je glavno topilo in razredčilo navedenih smol, organskih topil je malo 3–10 %. Vsebnost suhe snovi je okoli 35 %.

V uporabi so še drugi polimeri in razne medsebojne variante.

Vodni laki so lahko:

1. enokomponentni – utrjuje fizikalno, voda izhlapi, zato je čas utrjevanja (sušenja) odvisen od vlažnosti, temperature in gibanja zraka v prostoru;
2. dvokomponentni – utrjujejo fizikalno-kemično in imajo dodane utrjevalce;
3. UV-utrjujoči vodni laki so prirejeni za utrjevanje z UV-žarki.

Vodni laki visoke kakovosti so dvokomponentni laki z dodanimi utrjevalci, ki povečajo kemično zamreženje molekul in s tem njihovo večjo odpornost.

Lastnosti:

- okolju so bolj sprejemljivi kot laki z organskimi topili in ni nevarnosti za požar (eksplozijo),
- film je primerno trd,
- odporni so proti vodi, blagim kemikalijam, obrabi,
- imajo dobro oprijemljivost,
- nimajo neprijetnega vonja,

- redčijo se z vodo,
- enostavna je obdelava na odprte pore,
- so skoraj pH nevtralni,
- bolj dvigajo lesna vlakna (zato je več brušenja),
- pri nekaterih drevesnih vrstah pride do izluženja čreslovin (hrast),
- zahtevnejše je čiščenje embalaže, opreme za lakiranje, ki mora biti iz nerjavečih materialov,
- hrapavost obdelanih površin zaradi močnejšega dvigovanja lesnih vlaken.

Uporaba

Zaradi raznovrstnosti vodnih lakov so le-ti primerni za vse izdelke iz lesa, ovira je samo višja cena. Uporabljajo se za lakiranje parketa, raznih podov, stopnic, igrač, ploskovnega pohištva, stolov in preostalega sedežnega pohištva, pisarniške opreme ...

10.3.4.5 Lazure

Lazure so prosojni (transparentni) obarvani zaščitni premazi. Vsebujejo prozorne pigmente. Zato ostane struktura lesa po premazovanju vidna, naravna barva lesa je delno spremenjena. Lazurni premazi vsebujejo veziva na osnovi oksidativno sušecih alkidnih smol ali v vodi razredčenih akrilatov. Lazure so razredčene s topili ali z vodo (lazurne disperzije). Vsebnost suhe snovi je 20–40 %.

Vse več se uporabljajo lazure na osnovi akrilatih smol, raztopljenih z vodo, saj so okolju bolj prijazne. Alkidna smola je duroplast, akrilna pa termoplast (poglavje 10.1.2 in 10.1.3).

Lazure tvorijo film, ki odbija tekočo vodo (deževnico), omili vpliv sončnega sevanja, prepušča pa vodne hlapne. Prepuščanje vodnih hlapov v les ali iz lesa pomeni, da les deluje (krči ali nabreka), kar pa mora omogočiti tudi konstrukcija.

Pigmenti v lazuri delno ščitijo les pred UV-žarki, ki povzročajo sivenje.

Razlikujemo:

- impregnacijske lazure in
- lak lazure.

Impregnacijske (tankoslojne) lazure

Impregnacijske lazure so nizko viskozne in z relativno majhno vsebnostjo suhe snovi. Po nanosu prodirajo okoli 1 mm globoko v les.

Površino lesa ne »zaprejo«, ostane paroprepustna. Les se lahko ob navlažitvi skozi premaz osuši ali ponovno navlaži. Paropropustnost prepreči, da na premazu sčasoma ne nastanejo mehurji in da se lak ne začne luščiti. Tankoslojne lazure so namenjene za premazovanje lesa na prostem, zato morajo vsebovati UV-filte in UV-absorberje ter barvila. Po nekaj letih (2–4) moramo premazane površine obnoviti.

Lak lazura

Lak lazura je debeloslojna. Vsebuje več suhe snovi in je bolj viskozna kot impregnacijska.

Slabše prodira v les in je manj prepustna za vodne hlapne. Primernejša je za zaščito notranjih in pokritih površin lesa.

Lastnosti:

- nanašamo jih s premazovanjem, brizganjem, potapljanjem, valjanjem, oblivanjem;
- impregnacijske lazure nimajo lastne notranje napetosti, zato ne pokajo in se ne luščijo;
- površina je motna do svilnato motna;
- oprijemanje, trdota, elastičnost in odpornost proti kemikalijam so zadovoljive, glede na rabo izdelkov, premazanih z njimi.

Uporaba

Lazure uporabljamo predvsem za zaščito stavbnega pohištva, raznih konstrukcij, ograj ...

Velika prednost lazur je v enostavnem in hitrem obnavljanju. Preden nanesemo obnovitveni sloj, površino rahlo o brusimo.

10.3.4.6 Laki s kislimi utrjevalci (KU)

Laki s kislim utrjevalcem (kislini laki) imajo za vezivo urea, melaminsko in fenolno smolo, lahko so kombinirani z alkidno smolo in nitrocelulozo (nitro-kombi lak). Kot topila in katalizatorji nastopijo različne organske kisline, zato so laki kisli. Suhe snovi v mešanici je okoli 30–50 %.

Pri utrjevanju laka najprej izhlapijo hlapne sestavine, nato pa poteka polikondenzacija smole, pri kateri se sprostijo formaldehid in druge sestavine, ki se odcepijo (voda). Formaldehid se sprošča tudi po utrditvi, zaradi česar je danes uporaba laka omejena, saj je formaldehid zdravju zelo škodljiv plin.

Laki so lahko:

- enokomponentni in
- dvokomponentni.

Enokomponentni laki so že pripravljene za nanos. Trdilec (utrjevalec) je že primešan, zato imajo omejen rok skladiščenja 3–6 mesecev.

Dvokomponentni laki imajo vezivo in topilo za eno komponento, druga pa je trdilec, ki ga primešamo pred nanosom. Mešanica je obstojna 8–24 ur.

Lastnosti:

- delež suhe snovi je velik;
- utrjeni laki so lahko motni ali sijajni;
- trdota in odpornost laka proti obrabi je velika, elastičnost je slaba;
- lak je odporen proti vodi, kemikalijam, vključno s topili in razredčili, če delujejo kratek čas;
- niso primerni za obdelavo površin, ki so izpostavljene vremenskim vlivom;
- vsebnost kisline v laku lahko povzroči obarvanje (smreka, macesen, bukev, češnja);
- zaradi dolgotrajnega izločanja formaldehida po utrditvi ni okolju prijazen;
- kisline iz laka povzročijo korozijo tehnike za pripravo in nanašanje.

Uporaba

Kislini lak se uporablja za lakiranje mehansko obremenjenega pohištva. Lakirane površine prenesejo večje obremenitve, na primer vse vrste stolov, kuhinjsko pohištvo, parket, obloge ...

10.3.4.7 Poliuretanski laki (PU)

Poliuretanski laki (stara oznaka DD-laki) imajo značilnosti poliuretanov, torej utrjujejo fizikalno in kemično. Osnovna smola je poliesterska (s trgovskim imenom desmofen), utrjevalec je diizocianat (desmodur). So kakovostni premazi, vsebujejo 30–50 % (lahko do 70 %) suhe snovi.

Laki so:

• Enokomponentni

Utrjevanje:

- z oksidativnim sušenjem na zraku pri temperaturi do 80 °C,
- z vlago iz zraka pri sobni temperaturi,
- z zmesmi za utrjevanje z vlago pri sobni temperaturi.

Utrjevanje fizikalno sušecih lakov:

- termoplastični poliuretani se sušijo pri sobni temperaturi, vsebujejo topila;
- poliuretanska disperzije se sušijo pri sobni temperaturi, topilo je voda.

• Dvokomponentni

Utrjevanje:

- fizikalno-kemično pri sobni ali višji temperaturi, vsebujejo pa organska topila;
- fizikalno-kemično pri sobni temperaturi in so vodni sistemi (čas uporabnosti mešanice je 2–10 ur).

• Posebne oblike PUR-lakov

Utrjevanje:

- akrilatni se sušijo fizikalno ali utrjujejo kemično;
- UV-utrjujoči vsebujejo tako imenovane fotoiniciatorje, ki omogočajo utrjevanje z UV-žarki.

Lastnosti:

- čas sušenja je razmeroma kratek;
- glede na zahteve so lahko trdi ali elastični;
- imajo dobro oprijemljivost na vse vrste podlag, razen na les, ki vsebuje olje (tik);
- odporni so proti obrabi, udarcem in kemikalijam;
- niso primerni za površine, ki so izpostavljene vremenskim vplivom, vendar je površina odporna proti vlagi;
- porumenijo pod vplivom UV-svetlobe in če je predhodno površina beljena z vodikovim peroksidom;
- glede na sijaj so laki mat (motni), ploskajni in sijajni, primešamo jim lahko tudi barvilo;
- zelo hitro utrjujejo z UV-žarki, če vsebujejo fotoiniciatorje. UV utrjujoči PU-laki imajo malo hlapnih sestavin, zato so okolju prijaznejši;
- lak nanašamo z brizganjem, s polivanjem.

Uporaba

Poliuretanski laki se uporabljajo za lakiranje kvalitetnega notranjega pohištva, posebej tam kjer je obremenitev velika (sedežno, laboratorijsko, kuhinjsko, kopalniško in šolsko pohištvo, na stopnicah, opazih in podih).

10.3.4.8 Poliesterski laki (UP)

Osnovna surovina je poliesterska smola (vezivo), ki se zamreži z ustreznim topilom (utrjevalcem) in pospeševalcem, ki sta ločeno pakirana (tri komponente). Nekateri proizvajalci poenostavijo pripravo tako, da dodajo pospeševalec vezivu in pred uporabo zmešamo skupaj samo dve komponenti. Čas uporabnosti pripravljene mešanice je kratek (do ene ure). Poliesterski laki imajo visoko vsebnost suhe snovi (okoli 95 %) in lahko tvorijo debelejšje filme. Razlikujemo:

- parafinski,
- brezparafinski in
- lak za utrjevaje z UV-sevanjem.

Parafinski lak vsebuje parafin, ki pri utrjevanju izplava na površino in tvori neprepusten sloj, da lahko lak dokončno utrdi. Ko lak popolnoma utrdi (12–24 ur), parafin odbrusimo in površino poliramo na visok sijaj. Lakiramo v lakirnici s temperaturo 20–25 °C in relativno vlažnostjo zraka okoli 65 %. Vlažnost lesa mora biti nižja od 12 %. Pri lakiranju in sušenju mora biti površina vodoravna, da lahko parafin enakomerno izplava.

Poliranje je brušenje in glajenje laka, poteka pa na stroju za poliranje s polirnimi valji, ki vsebujejo polirno pasto s finimi brusnimi zrci.

Brezparafinski lak je enostavnejši, omogoča obdelavo na motno ali sijajno površino (brez poliranja) in na odprte ter zaprte pore.

Laki za utrjevaje z UV-sevanjem imajo lastnost kot brezparafinski, utrdijo pa se z UV-žarki zelo hitro v nekaj sekundah ali minutah.

Dvokomponentni lak nanašamo z dvokomponentnimi napravami za brizganje, polivalnimi stroji z dvema glavama, z valjanjem pri UV-utrjevanju.

Lastnosti:

- filmi so zelo trdi in so posledično krhki,
- so odporni proti obrabi, razenju,
- so težko vnetljivi,
- dobro so odporni proti vlagi, kemikalijam, svetlobi in toploti,
- sloj laka ima slabo oprijemljivost, zato naj bo površina lesa brušena, popolnoma čista in brez olja, masti ...
- nevarnost požara je prisotna, posebej moramo paziti, da skupaj ne lakiramo poliesterskih in nitroceluloznih lakov, ker lahko pride do samovžiga delov nitrolaka.

Uporaba

Največ se uporabljajo za površinsko obdelavo kakovostnega sobnega, pisarniškega pohištva v visokem sijaju. Primerni so tudi za oplemenitenje vlaknenih in ivernih plošč, pa tudi za glasila.

10.3.4.9 Epoksidni laki

So skupina dvokomponentnih lakov. Utrjujejo kemično s poliadicijo, po umešanju obeh komponent. Utrjeni film je dovolj elastičen in tudi trd, odlično odporen proti kemikalijam, manj pa proti vremenskim vplivom (ni odporen na UV-žarke), velikokrat je obarvan. Za les se izjemoma uporabljajo, predvsem na željo naročnika (notranji del ladij, parket, oprema hotelov).

10.3.5 Naravna premazna sredstva

Naravna premazna sredstva so sestavljena iz naravnih snovi rastlinskega ali živalskega izvora in ne vsebujejo sintetičnih škodljivih snovi. Tovrstni premazi so stara površinska zaščita, ki ponovno pridobivajo na veljavi zaradi ohranitve za človeka zdravega bivalnega in čistejšega okolja ("bio premazi"). Naravne premaze vseskozi uporabljajo restavratorji, saj mora biti starinsko pohištvo obnovljeno z materiali in po metodah mojstrov, ki so ga izdelali.

Pomanjkljivosti tovrstnih premazov so v slabših odpornostnih lastnostih obdelanih površin oziroma manjši zaščiti. Postopek obdelave je zamudnejši, ni prilagojen (primeren) za večjo proizvodnjo, premaz je treba pogosto obnavljati. V naravne premaze uvrščamo:

- olja in firneže,
- voske ter
- premaze iz naravnih smol (politure).

10.3.5.1 Olja in firneži

Olja

Naravna olja so rastlinskega ali živalskega izvora. Za premaze so primerna olja, ki tvorijo po določenem času na površini bolj ali manj trd film. Olje utrdi zaradi reakcije s kisikom iz zraka (oksidativno), zato ga nanašamo v tankem sloju, predhodna plast pa mora biti popolnoma suha. Olje prepoji površino lesa in jo zaščiti, vendar ostane prepustna za vodno paro, les lahko deluje. Najpomembnejša olja za lesne premaze so:

- tungova (lesna), pridobimo jih iz plodov mlečkovk (*Euphorbiaceae*) in
- tikovo olje, ki ga pridobimo iz semen tikovega drevesa.

Navedena olja so »čista« – nimajo primesi in so primerna za malo obremenjene površine iz masivnega lesa v notranjih prostorih. Tungovo olje velja za bolj obstojno kot laneno in se uporablja za zaščito bolj obremenjenih površin.

Velikokrat so olja mešanice različnih olj in raztopljenih naravnih smol, voskov in dodatkov. Označimo jih kot trda ali kompaktna olja. Tovrstna olja so primerna za močnejše obremenjene površine, kot so parket, stopnice in bivalno pohištvo iz masivnega lesa.

Olja, ki imajo razne sintetične dodatke, so delno odporna na atmosferske vplive in se uporabljajo za vrtno pohištvo, lesene konstrukcije, za ograje, stavbno pohištvo, lesene terase, igrala in čolne. Najbolj znano je tikovo olje, ki je v tem primeru mešanica naravnih in sintetičnih olj ter smol s sintetičnimi dodatki.

Firneži, barve

Firneži so olja, ki so posebej toplotno obdelana in imajo dodane sikative. Sikativi so spojina kovin, pogosto kobalta, svinca in mangana s kislinami, ki skrajšajo utrjevanje olj (sušenje). Pri zaščiti lesa je najpogostejši laneni firnež. Čisto laneno olje se namreč zelo dolgo suši (vsaj en teden), firnež pa 12–24 ur. Firnež so najpogostejše uporabljali za stavbno pohištvo in obloge. Pod vplivom sončne svetlobe porumeni.

Če ima firnež dodane barvne pigmente nastane oljna barva, ki se je včasih uporabljala za poslikavo kmečkega pohištva (skrinje, omare), notranjih vrat in lesenih oblog.

V našo kulturno dediščino spada tudi posebna tehnika priprave in nanosa oljne barve, ki ji pravimo maroganje ali »flodranje« (nemško: fladern, pljuniti). S flodranjem barva prekrije osnovno strukturo lesa, vendar tako, da je nanosen sloj imitacija teksture lesa, ki je marogasta (tangencialna).



Slika 231: Flodran okvir vrat in poslikana polnila (iz srede 19. stoletja) (X)

Z oljem ali firnežem prepojene krpe za nanašanje in vtiranje olja so vnetljiva in se lahko vnamejo same. Pri sušenju olj, ki se sušijo oksidativno, se namreč sprošča toplota. Shraniti jih moramo v tesno zaprti posodi, po izrabi pa sežgati.

10.3.5.2 Voski

Voski so estri višjih maščobnih kislin in nasičenih alkoholov. Za površinsko obdelavo lesenih izdelkov se uporablja raztopina voskov. Vosek v vodi ni topen, delno je v alkoholu (toplem), dobro pa v drugih organskih topilih (terpenin, bencin, benzen). So naravne ali sintetično pridobljene snovi.

Naravna voska sta:

- čebelji vosek (živalski – satje čebel), tališče 60–65 °C in
- karnauba vosek (rastlinski – listi brazilske karnauba palme), tališče 80–90 °C.

Na pripravljeno površino lesa vosek nanašamo s krpo, čopičem ... oziroma enako kot druge premaze (na primer z brizganjem). Posušen sloj vtiramo in drgnemo s krtačo iz žime in nato gladimo z laneno ali volneno krpo do motnega sijaja. Trde voske pred nanosom segrejemo, da se utekočinijo. Obnova površine je enostavna,

vosek ponovno nanesemo. Povoščena površina ni odporna proti obrabi, načenja jo voda in kemične snovi, ne prenese povišane temperature in se hitro umažejo.

Vosek je primeren za zaščito lesa iglavcev in poroznega lesa listavcev (hrast) ter praviloma za manj obremenjene površine v notranjih prostorih. Včasih se je veliko uporabljal za parket, potrebno pa je bilo redno čiščenje in voskanje.

10.3.5.3 Premazi iz naravnih smol

Naravne smole (šelak, kopal, damar, kolofonija ...), raztopljene v alkoholnih topilih, tvorijo kvalitetne premaze – **politure**. S polituro dosežemo povsem gladko in sijajno površino s posebnim estetskim učinkom.

Za pohištvene politure se uporablja predvsem **šelak** (nemško, Schellack). Šelak je izloček insektov (štitastih uši), ki največkrat živijo na drevesu sveti figovec (*Ficus religiosa*), ki je sveto drevo med hinduisti, budisti in džainisti. Na trgu je v obliki lističev, ki jih raztopimo v špiritu (etanol, metanol). Raztopino (polituro) nanašamo in vtiramo na površino lesa s krpo v zaporednih nanosih (4–8), da so pore popolnoma zapolnjene in sloj primerno debel. Lakirana površina je trda, odporna proti obrabi, toploti, manj pa proti vodi in kemikalijam. Politiralo se je najvrednejše pohištvo.



Slika 232: Herman Hus, naslonjač (1935), politirano, art deko (X)

Naloge:

- Na primeru ogljika napišite in pojasnite pojma monomer in polimer.
- Preglejte preglednico 31 in označite umetne mase, ki jih prepoznate oziramo ste jih že srečali.
- S pomočjo literature in lastnih opažanj opišite onesnaževanje okolja s plastiko.
- Skicirajte in razložite disperzijsko (nepravo) raztopino. Kakšna je prava raztopina?
- Izpolnite preglednico z vrstami lepil, ki smo jih obravnavali. Lepilom ocenite odpornost proti zunanjim vplivom z da ali ne.

Vrsta lepila	Odpornost proti povišani temperaturi	Odpornost proti vodi	Odpornost proti glivam in insektom

- Napišite hlapne in nehlapne sestavine lakov in opredelite njihovo vlogo.
- Zapišite značilnosti lazur in njihove prednosti pred laki.
- Izpolnite preglednico z vrstami lakov, ki smo jih obravnavali. Lakom ocenite lastnosti z boljša ali slabša.

Vrsta laka	Trdota	Elastičnost	Kemična odpornost	Toplotna odpornost	Obrabna odpornost

Po drugi svetovni vojni se je kultura bivanja spremenila, pojavilo se je večnamensko sobno pohištvo enostavnih linij, sodobna kuhinja, različne omare velikih dimenzij pa nujnost (stanovanja v blokih). Povpraševanje po pohištvu je skokovito naraslo, kar je narekovalo serijski način proizvodnje, le-ta pa je za gradnjo zahtevala enostavnejše in cenejše materiale kot je masivni les. Po letu 1950 se tako začne »doba pohištva« iz ivernih (vlaknenih) plošč.

11. LESENE PLOŠČE

Lesene plošče so ploščati in štirioglat polizdelek iz lesa. S ploščami enostavno pridobimo velike enotne površine, ki so primerne za izdelavo bivalnega in stavbnega pohištva, za gradbene konstrukcije in transportna sredstva. Proizvodnja končnih izdelkov s pomočjo plošč je enostavna, hitrejša in velikokrat je izdelek kvalitetnejši. Lesene plošče niso zaznamovale samo proizvodnjo pohištva in pomenijo napredek tudi za vse druge veje industrije, posebej pa pri gradnji vseh vrst objektov.

Sodoben postopek proizvodnje je mehaniziran in avtomatiziran, kar poceni izdelavo plošč in njihovo raznolikost.

11.1 Vrste in dimenzije lesenih plošč

Razlikujemo tri vrste osnovnih plošč:

1. VEZAN LES

2. IVERNE PLOŠČE

3. VLAKNENE PLOŠČE

Navedene osnovne plošče so lahko še **4. OPLEMENITENE** (prevlečene, obložene) s furnirjem, folijami, laminati in barvami. Za oplemenitenje uporabljamo tudi izraz furniranje.

Poznamo še: **lesno-cementne, lesno-mavčne, mavčno-kartonske, vlaknasto-mavčne plošče in še druge, vendar teh plošč ne bomo obravnavali; omenili pa bomo lesne izolacijske plošče.**

Lesni kompoziti

Lesni kompoziti so vezane, iverne, vlaknene plošče, slojnat les, lesno-cementni izdelki ... Poimenovanje lesni kompoziti je znanstveno in se v praksi redko uporablja.

V novejšem času so se pojavili kompoziti **polimer/les**, kjer je običajno osnova polietilen, ki so mu vmešana lesna vlakna. Lesa je lahko nekaj več ali manj kot 50 %. Imajo približen izgled naravnega lesa. So stabilen material, ki ne poka in se ne zvija, je zelo odporen, ni ga potrebno zaščititi, obdelujemo pa ga enako kot les. Največ se uporabljajo na prostem kot talne obloge teras in okolice bazenov, vrtno pohištvo, ograje balkonov ...

Za izdelavo kuhinjskih, delovnih in kopalniških pultov, umivalnikov, zidnih oblog, okenskih polic ... se uporablja kompozitni material (plošče) **kerok** (kerrock). Osnovni sestavini keroka sta aluminijev hidroksid in polimerno vezivo na bazi akrila. Je različnih barv in imitacij kamna, keramike, teraca ... Kerok je gladek, neporozen, topel na dotik, odporen na kemikalije, udarce, odporen na vročo posodo, zdravstveno neoporečen, čiščenje je enostavno. Obdelujemo ga kot les. Izdelki imajo nevidne spoje.

Definicija: kompoziti so sestavljeni iz dveh ali več komponent, ki so med sabo jasno ločene in med njimi ni kemične reakcije ali raztapljanja. Običajno izgrajuje kompozit matrica ali osnova, ki ji dodajajo drugo (utrditveno) snov. Njihove lastnosti presegajo lastnosti posameznih materialov, iz katerih so sestavljeni.

11.1.1 Dimenzije plošč

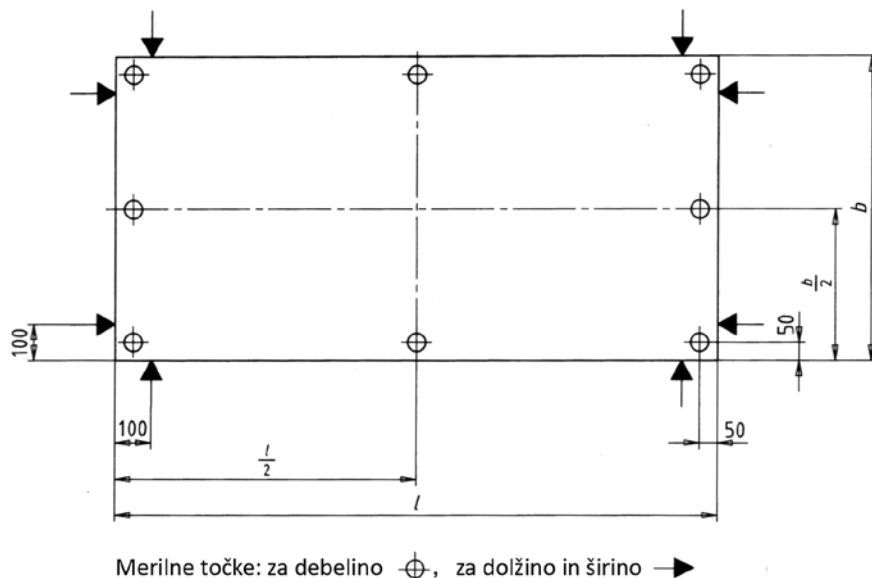
Debelina plošče je razdalja med zgornjo in spodnjo površino, merjena je pravokotno na površino. Dolžina plošče se meri v smeri vlaken zunanjega sloja.

Širina plošče se meri pravokotno (prečno) na smer vlaken zunanjega sloja.

Navedeno merjenje dimenzij velja za masivni les in za vse plošče (produkte), ki imajo viden potek lesnih vlaken.

Določanje dimenzij plošč

Povzeli bomo standard o določanju dimenzij vseh vrst plošč. Merjenje dimenzij plošč je pomembno v proizvodnji in pri prevzemu. Predpisuje jih standard SIST EN 324-1:1996.



Slika 233: Merjenje dimenzij plošč (X)

- Merjenje debeline

Debelino merimo z merilno uro, ki meri na 0,05 mm natančno.

Merimo 50 mm od roba na vsakem vogalu in na sredini plošče, torej na osmih merilnih točkah (slika 233), na 1% natančno, toda ne manj kot na 0,1 mm.

Za vsako ploščo izračunamo aritmetično sredino izmerjenih vrednosti in podamo vrednost na 0,1 mm.

- Merjenje dolžine in širine

Dolžino in širino merimo z jeklenim metrom, ki ima skalo razdeljeno na 1 mm.

Merimo v dveh linijah vzporedno z robom in na oddaljenosti 100 mm od roba (slika 233) na 0,1 % natančno, toda ne manj kot na 1 mm.

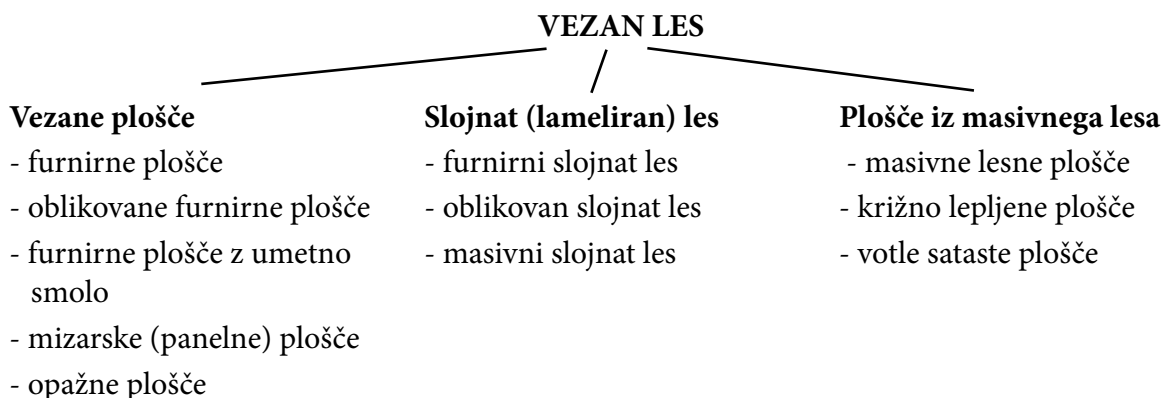
Za vsako ploščo izračunamo aritmetično sredino izmerjenih vrednosti in podamo vrednost na 1 mm.

11.2 Vezan les

Vezan les je skupno ime za produkte, ki so zlepljeni skupaj iz več slojev lesa. Vezan les je poznan že dolgo časa (stari Egipt), industrijska proizvodnja in razmah pa se začne po prvi svetovni vojni.

Osnovna delitev je na:

- vezane plošče, ki imajo sosednje sloje lesa (liste furnirja), glede na smer vlaken, položene križno;
- slojnat les ima sloje lesa (lamеле) ali liste furnirja vedno zlepljene po debelini vzporedno s smerjo lesnih vlaken (vzdolžno) in
- plošče iz masivnega lesa, ki pa so različno sestavljene (lepljene) iz letvic.



11.2.1 Furnirne plošče

Furnirna plošča je križno zlepljena (pod kotom 90 °) iz lihega števila luščenih furnirskih listov oziroma slojev. V primeru, da so posamezni listi furnirja ožji, jih v sloj spojimo po širini. Dolžina sloja ali plošče je dolžina hloda, iz katerega je furnir luščen.

Za furnirno ploščo je udomačen izraz vezana plošča ali iz nemščine povzeta »šperplata«, kar pa ni pravilno poimenovanje.



Slika 234: Furnirna plošča (M. G.)

Sloji so križno zloženi, so najmanj trije (3), pet (5), sedem (7), devet (9) in izjemoma več. Število plasti je vedno neparno, da so plošče simetrične po prerezu, kar je pogoj za stabilnost.

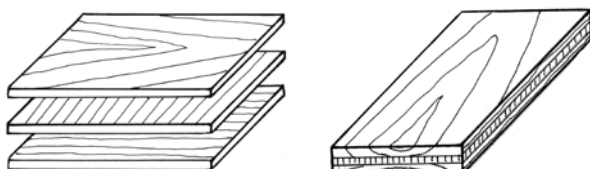
Delež lepila v plošči znaša ~ 5 %.

Zgradba plošče vpliva na lastnosti: Možne so številne različne kombinacije glede na debelino furnirjev in število slojev. Lahko so zgrajene iz več vrst lesa, vendar je vedno potrebno upoštevati simetrijo. Od sredine plošče navzven morajo biti listi simetralno enake debeline, enake drevesne vrste, vlažnosti ..., sicer se plošče deformirajo. V sredini plošče se nahaja furnir slabše kvalitete, za vidno stran (lice) pa je najboljše kakovosti.

Debelina posameznih furnirjev je različna. V sredini je debelejši furnir, zrcalni pa so tanjši. Možne so številne kombinacije debelin furnirjev, na primer:

- za trislojno ploščo debeline 4 mm: $1,1 + 2,2 + 1,1 = 4,4$ mm in
- za petslojno debeline 8 mm: $1,4 + 1,1 + 3,6 + 1,1 + 1,4 = 8,6$ mm.

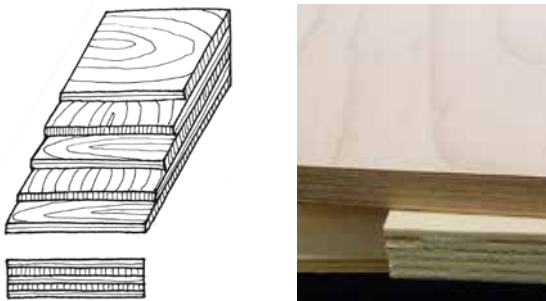
Debelina zloženih slojev pred lepljenjem mora biti večja od predpisane debeline plošče zaradi izgube debeline pri stiskanju in brušenju.



a) sestava

b) zlepljena

Slika 235: Zgradba trislojne furnirne plošče (S. K.)



a) sestava petslojne plošče (Z. S.)

b) plošče iz več slojev (M. G.)

Slika 236: Večslojne furnirne plošče

11.2.1.1 Postopek proizvodnje furnirnih plošč

V spodnji tabeli je prikaz tehnološkega zaporedja proizvodnje vezanih plošč. Toplotno pripravo hlodovine smo že obravnavali (poglavje 14.1.6.1) kot tudi furnir (poglavje 9.).

Za izdelavo furnirnih in slojnatih plošč najpogosteje uporabljamo bukovino, brezovino, topolovino in smrekovino.

Potek (faze) tehnološkega procesa proizvodnje vezanih plošč

1 – Mehanska in toplotna priprava hlodovine
2 – Luščenje furnirja
3 – Krojenje furnirja na mokrih škarjah
4 – Sušenje furnirja ($u = 6-10 \%$)
5 – Spahovanje robov furnirja
6 – Spajanje furnirja po širini v sloj
7 – Zlaganje furnirja (slojev) v ploščo
8 – Nanos lepila na sloje furnirjev
9 – Stiskanje in lepljenje plošč ($T \sim 150 \text{ }^{\circ}\text{C}$, $p = \text{do } 2,5 \text{ MPa}$)
10 – Kondicioniranje plošč
11 – Formatni obrez plošč
12 – Brušenje plošč

11.2.1.2 Lastnosti in vrste furnirnih plošč

Lastnosti:

- Zaradi križne sestave imajo furnirne plošče bistveno manjše delovanje v vzdolžni in prečni smeri. Odstotek krčenja je okoli 0,1–0,4 %. Po debelini krčenja znaša do 5 %.
- Mehanske lastnosti so boljše od lesa, iz katerega so izdelane, in skoraj izenačene v vzdolžni in prečni smeri.
- Gostota plošč je nekaj večja, kot je gostota lesa, iz katerega so izdelane, to pa zaradi lepila in zgostitve lesa pri stiskanju ($450-800 \text{ kg/m}^3$).
- Plošče so kompaktne in ne pokajo, v rob lahko zabijemo žebelj.
- Vodoodporne furnirne plošče prenesejo vlažno okolje.
- Možna je izdelava oblikovanih (krivljenih) plošč.

Furnirne plošče obdelujemo kot masivni les. Odrezovati jih moramo z orodji iz karbidnih trdin, diamanta ..., saj sintetično lepilo v ploščah hitro krha rezila iz jekla.

Pri furniranju mora smer vlaken plemenitega furnirja potekati pravokotno na potek vlaken zunanega furnirja plošče. Zaradi simetrije furniramo obe ploskvi.

Vrste furnirnih plošč

Glede na zgradbo in uporabo furnirnih plošč poznamo tri vrste plošč:

- **Furnirne plošče**

Običajne furnirne plošče so trislojne debelin: 4, 6, 8, 10 do največ 12 mm.

Uporabljamo jih za hrbtišča omar, dna predalov, opaže, igrače, modele ...

- **Multipleks plošče**

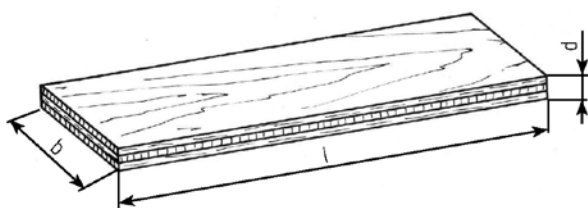
Multipleks plošče imajo najmanj pet slojev, debeline pa so 15, 18, 22, 25, 30, 35, 40, 50, 80 mm. Uporabljajo se za vse vrste delovnih plošč, razne nosilne dele pohištva, klavirjev ...

- **Gradbene furnirne plošče**

Izdelujejo se v debelinah 15, 18, 22, 25, 30, 35, 40, 50 mm. Uporabljajo se za opaže, pregradne stene, delovne odre, razne dele konstrukcij, nosilce ter za pregrade kamionov, prikolic, kontejnerjev, vagonov, plovil. Pogoje predpisuje standard SIST EN 13986:2005/kFprA1:2014.

Dolžine in širine se gibljejo 1220–3050 mm. Na trgu se uporabljajo različni formati.

Dimenzije so navedene v naslednjem vrstnem redu: dolžina x širina x debelina v mm, na primer: 2050 x 1530 x 5.



Slika 237: Dimenzije furnirnih plošč (S. K.)

11.2.1.3 Uporabnostni in kakovostni razredi

Uporabnostni razredi

Standard SIST EN 636:2013+A1:2015 predpisuje tri uporabnostne razrede (klase), ki so odvisne od vrste lepila (kvalitete lepljenja).

Razred 1 – suho območje (klima)

Vezane plošče so obstojne pri temperaturi 20 °C in relativni vlažnosti zraka, ki lahko samo za en teden v letu preseže vrednost 65 %. Ravnovesna vlažnost je manjša ali enaka 12 %. Uporabljajo se torej v sobni klimi (pohištvo) in niso odporne proti vremenskim vplivom. Največkrat so lepljene z ureaformaldehidnim lepilom.

Razred 2 – vlažno območje

Temperatura zraka je 20 °C, relativna vlažnosti okolnega zraka pa lahko samo za en teden v letu preseže vrednost 85 %. Ravnovesna vlažnost je manjša ali enaka 18 %. Uporabljajo se lahko v prostorih (podstrešje, neogrevani prostori), kjer so izpostavljene višji vlažnosti zraka. Lepljene so z lepilom, ki prenese navedene klimatske pogoje.

Razred 3 – zunanje območje

Pojavlja se višja vlažnost zraka kot v razredu 2, plošče pa so izpostavljene ostrejšim vremenskim vplivom. Uporabljajo se za zunanje gradbene dele, ki so konstrukcijsko zaščiteni. Lepljene so z vodoodpornim lepilom.

Razredom 1, 2, 3 se lahko doda oznaka G ali S. Na primer za suho območje razred 1 G pomeni nenosilno ploščo, razred 1 S pa nosilno.

Kakovostni razredi

Glede na kvaliteto vrhnjega in spodnjega vidnega furnirja so vezane plošče razvrščene v štiri kakovostne razrede: Po SIST EN 635-1:1996.

E – furnir je brez napak lesa (brezhiben)

I – površina brez razpok, grče ostanejo komaj vidne (pri prozornem laku)

II – napake pri prekrivnem premazu (tudi pri zaščitnem papirju) niso opazne

III – nepokrite ali popravljene napake lesa, po prekrivnem premazu ostanejo skrite

IV – površina brez zahtev glede izgleda

Vrhnji furnir je lahko višje kvalitete kot spodnji. Na primer razred E/II pomeni, da je vrhnji furnir kvalitete E, spodnji pa II.

Furnirne plošče E in I kvalitete se uporabljajo za izdelavo pohištva.

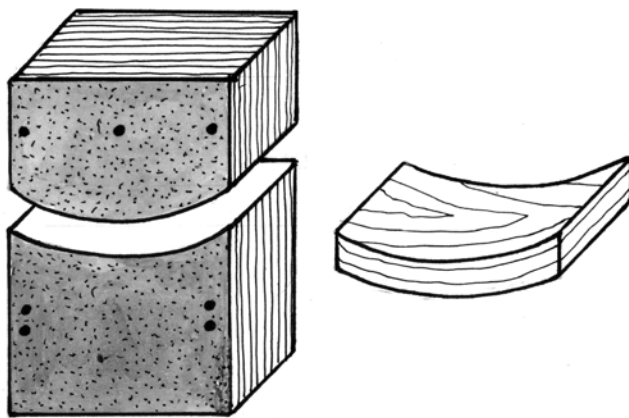
Furnirna plošča je varna in v skladu s tehničnimi zahtevami evropske zakonodaje, če je označena z znakom CE, ki vsebuje: identifikacijsko številko priglašene organa, naslov proizvajalca, čas proizvodnje, številko standardov, formaldehidni emisijski razred, kakovostni razred, upogibno trdnost in upogibni elastični modul.

11.2.1.4 Oblikovane furnirne plošče

Oblikovane (krivljene, upognjene) furnirne ali vezane plošče so deli pohištva, največkrat kot sedeži in nasloni stolov in tudi ogrodja stolov ter foteljev, sedalne školjke, lopate za sneg, ohišja radijskih aparatov in podobno. Postopek izdelave je enak kot za ravne plošče. Le stiskanje (lepljenje) je v kalupih (modelih) želene oblike, ki so nameščeni v stiskalnico, kjer se sestavljena plošča ukrivi, zlepi in lepilo utrdi. Postopek je kratek, če je stiskalnica z visokofrekvenčnim sušenjem.

Kalup je običajno izdelan iz medsebojno zlepljenih vezanih plošč, ki so še dodatno povezane z vijaki. Pri nas so izdelane iz bukovega furnirja.

Kulni izdelek naše lesne industrije (Stol Kamnik) je zložljivi stol Rex iz upognjenega vezanega bukovega lesa, oblikovalca Nika Kralja.



a) kalup

b) ukrivljena plošča

Slika 238: Oblikovana furnirna plošča (Z. S.)



Slika 239: Niko Kralj, stol Rex (1954) (S. K.)

11.2.1.5 Furnirne plošče z umetno smolo

Furnirni les z umetno smolo (lignostone) je zlepljen iz bukovih furnirjev, prepojenih s fenolno smolo. Bukov luščen furnir se potopi v fenolno smolo, nato delno osuši, da se lahko stiska v stiskalnici. V ploščo se listi zložijo vzporedno ali pravokotno. V stiskalnici so listi stisnjeni z visokim specifičnim tlakom pri visoki temperaturi. Pore lesa se prepoji z umetno smolo, zato se sloji furnirja zelo trdno povežejo (zlepijo). Debelina plošč je 4–100 mm. Mehansko ga obdelujemo enako kot lesene plošče. Zaradi fenolne smole dobi les rjavo barvo, ima pa odlične mehanske lastnosti in odpornost proti obrabi. Odporen je na vodo, lug in šibke kisline. Furnirni les z umetno smolo je odličen izolator električnega toka (uporaba v transformatorjih) in tudi dober toplotni izolator. Obstojeen je na mrazu in vročini.

Uporabljamo ga za izdelavo: lesenih kladih, pladnjev, lupin za sedeže, dele glasbil ... Uporablja pa se tudi za izdelavo šablon pri nadmiznem rezkalniku in drugih kopirnih strojih kot tudi za dele pri obdelovalnih strojih, kjer je potrebna trdota in odpornost proti obrabi (delovne mize, vodila, ležaji).



Slika 240: Furnirni les z umetno smolo (lignostone) (X)

11.2.2 Mizarske (panelne) plošče

Panelne plošče so najprej izdelovali mizarji v svojih delavnicah, da so dobili večje in stabilne površine, nato pa so jih furnirali s plemenitim furnirjem. V novjšem času poteka izdelava izključno industrijsko v velikih količinah.

Za mizarske plošče veljajo enaki standardi kot za furnirne, ki so navedeni v prejšnjem poglavju.



Slika 241: Mizarska plošča (M. G.)

Zgradba

Mizarska plošča je sestavljena iz treh plasti. Sredica je sestavljena iz letvic, na sredico pa je prečno in obojestransko nalepljen slepi furnir

debeline najmanj 2 mm. Slepí pokrivni furnir je običajno bukov, topolov, brezov ...

Letvice sredice so iz mehkega (lahkega) lesa, najpogosteje iz smrekovine, jelovine ali topolovine. Za letvice običajno uporabijo manj vredne žagarske sortimente, kot so kratice, ozke deske ..., vendar jim izrežemo večje napake. Posamezne letvice se povežejo po širini in dolžini v sredico največkrat z lepili, lahko pa tudi z vrvico in s kovinskimi sponkami. Sredica se obloži s slepim furnirjem in stisne ter zlepi v hidravlični stiskalnici.

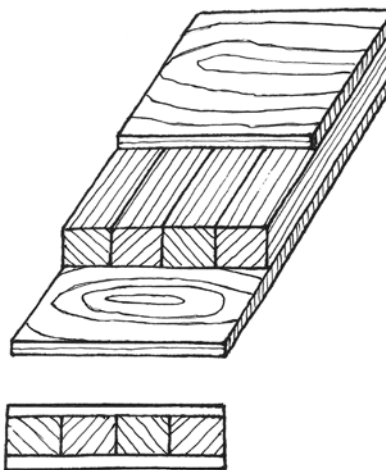
Glede širine letvic razlikujemo dve vrsti plošč:

- mizarske plošče z običajno širino letvic od 24 do največ 30 mm,
- plošče z ožjimi letvicami 5–8 mm in
- plošče iz letvic luščenega furnirja debeline 7 mm.

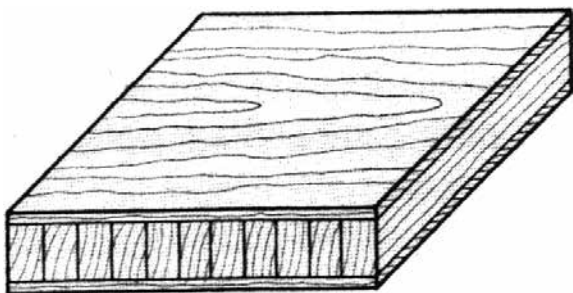
Plošče z ožjimi letvicami so dimenzijsko stabilnejše kot plošče s sredico iz širših letvic.

Mizarske plošče so lahko oplemenite s plemenitim furnirjem ali folijo in so tako petslojne.

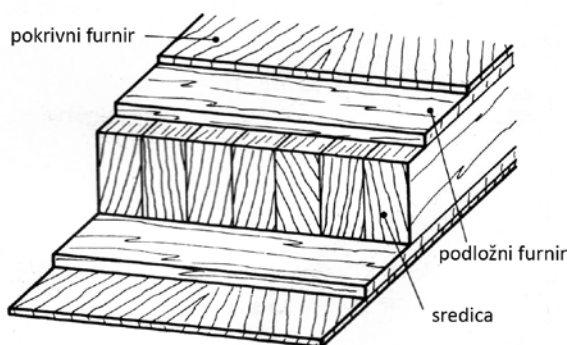
Pokrivni (zunanji) furnir se vedno položi prečno na smer vlaken sredice. Za tanjše plošče je furnir debeline 2 mm, z debelino sredice pa narašča do 5 mm.



Slika 242: Mizarska plošča – sredica iz širših letvic (Z. S.)



Slika 243: Mizarska plošča – sredica iz ozkih letvic (Z. S.)



Slika 244: Mizarska plošča – petslojna – furnirana s plemenitim furnirjem (Z. S.)



Slika 245: Mizarska plošča – zunanji sloj iz ultratanke vlaknenke (HDF) (25.: 162)

Debeline mizarskih plošč so različne, običajno 13–40 mm.

Dolžina se meri v smeri vlaken zunanjšega sloja, širina pa pravokotno (prečno) na smer vlaken zunanjšega sloja.

Lastnosti

- Mizarske plošče imajo bistveno manjše delovanje v vzdolžni in prečni smeri, po dolžini in širini približno največ 0,4 %, po debelini pa 5 %.

- Mehanske lastnosti so dobre in skoraj izenačene v vzdolžni in prečni smeri.
- Gostota plošč – običajno: 450–650 kg/m³.
- Plošče so kompaktne in ne pokajo. V rob lahko zabijemo žebelj, vogali in robovi so trdni.

Obdelava

Plošče obdelujemo kot masivni les oziroma kot vezane plošče. Odrezovati jih moramo z orodji iz karbidnih trdin, diamanta ..., saj sintetično lepilo v ploščah hitro krha rezila iz jekla. Pri furniranju mora smer vlaken plemenitega furnirja potekati pravokotno na potek vlaken zunanjšega furnirja plošče. Na bočne (robne) ploskve nanesemo robne letve ali jih furniramo.

Uporaba

Mizarske plošče se največ uporabljajo za ploskovne elemente pri proizvodnji vseh vrst pohištva (obod omare, vrata, police, plošče miz). Takšno pohištvo je kvalitetno in spada v višji cenovni razred. Primerne so za obloge sten, za vgradno pohištvo, vratna krila ...

Uporabljajo se tudi v gradbeništvu, ladjedelništvu in pri opremljanju avtomobilskih prikolic, bivalnikov in podobno. Pogoje predpisuje standard SIST EN 13986:2005+A1:2015.

11.2.3 Opažne plošče

Opažne plošče so izdelek lesne industrije. Uporabljajo pa se za izdelavo opažev pri betoniranju sten, stropov, podpornikov in drugih konstrukcij.

Izdelane (zlepljene) so iz treh slojev letev ali lamel. Posamezni sloji so širinsko zlepljeni. Sredica je debelejša in postavljena prečno, zunanja sloja pa potekata v vzdolžni smeri. Letvice so smrekove ali jelove, lepljene pa so z vodoodpornimi lepili. Plošča je uokvirjena z vzdolžnimi in čelnimi zaključnimi letvicami, obrušena in gladka. Površina je premazana s posebnim oljem ali impregnirana s fenolnimi ali melaminskimi smolami. Tako je odporna proti betonskim alkalijam. Čela plošč so lahko okovana z aluminijastim T-profilom.

Zaradi križnega lepljenja je delovanje plošč minimalno. Mehanske lastnosti so dobre, posebej na upogib.

Običajna debelina je 21 in 27 mm, širina 500 mm, dolžina pa 1000, 1500, 2000 in 2500 mm.

Gradnja opažev s ploščami je enostavna in hitrejša; površina betona je gladka, plošče pa lahko uporabimo večkrat.



Slika 246: Opažna plošča (X)

11.2.4 Furnirni slojnat les

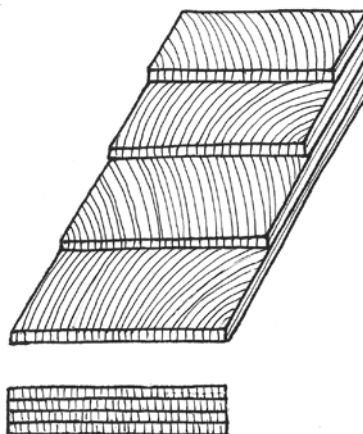
Furnirni slojnat (lameliran) les ima liste furnirja lepljene vzporedno s smerjo lesnih vlaken (vzdolžno), le izjemoma so lahko nekatere plasti prečne. Proizvodnja luščenega furnirja, priprava furnirja in lepljenje v ploščo je enaka kot pri vezanih ploščah.

Pri nas (Srednja Evropa) uporabljamo predvsem bukov furnir debeline 0,5–1,5 mm, plošča pa ima gostoto okoli 800 kg/m³. Število plasti je lahko veliko in debeline plošče so 4–100 mm.

Kratica (oznaka) za furnirni slojnat les je LVL (Laminated Veneer Lumber). Lameliran les ima odlične mehanske lastnosti, predvsem na upogibno in natežno trdnost. Uporabljajo ga pri izdelavi športnega orodja, modelov (šablon), stopnic, za nosilne gradbene elemente in v industriji vozil.

V Združenih državah Amerike se v gradbeništvu veliko uporablja tudi PARALLAM, izdelan iz trakov furnirja.

V preteklosti so lamelirane in vezane plošče veliko uporabljali za gradnjo letal (debeline furnirja ~ 0,1 mm, debelina plošče 3,6 mm in smrekovina).



Slika 247: Zgradba furnirnega slojnatega lesa (Z. S.)

11.2.4.1 Oblikovan slojnat furnirni les

Pri lepljenju v stiskalnici lahko slojnat izdelek istočasno ukrivimo in dobimo oblikovane laminirane elemente. Te elemente ne smemo zamenjati z oblikovanimi furnirnimi elementi (poglavje 11.2.1.4). Veliko se uporabljajo za krivljeno sedežno pohištvo in krive elemente pri drugem pohištvo.



Slika 248: Alvar Aalto – naslanjač Paimio, model št. 41 (1932) (X)

Sloviti finski arhitekt in oblikovalec pohištva Alvaar Aalto je prvi uporabil krivljeno slojnato brezovino za svoje previsne naslanjače, ki so kultni izdelki in pomenijo prelomnico v dizajnu pohištva.

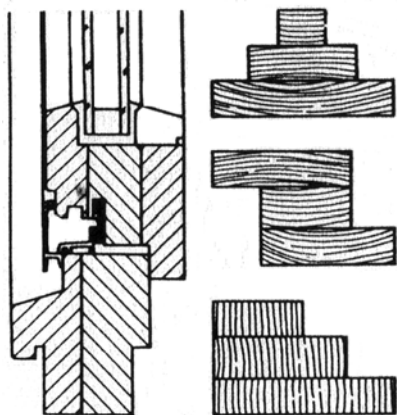
11.2.5 Masivni slojnat les

Masivni slojnat (laminatni) les pridobimo z lepljenjem več slojev lesa, ki so lepljeni vzporedno s smerjo vlaken lesa. Lepljeni elementi so dimenzijsko stabilnejši. Mehanske lastnosti so boljše in enakomernejše kot pri masivnem lesu. V masivni slojnat les uvrščamo elemente, pri katerih prevladuje dolžina:

- lepljene nosilce in
- lepljene elemente (profili za okna, deli pohištva ...).

Osnovni sestavni deli so debelejši kosi masivnega lesa različnih debelin, ki jih imenujemo lepljenci. Elemente – lepljence lepimo po dolžini in po širini (robni ploskvi) v format končnega izdelka, kar pa predstavlja en sloj lesa (lamelo). Posamezne sloje zlepimo skupaj po debelini – najmanj tri sloje, ali pa je slojev več. Upoštevamo simetrijo po debelini in vrsti lesa kot pri vezanih ploščah. Pri trislojnim lesu imamo notranji sloj in dva zunanja sloja.

Pri lepljenih nosilcih in profilih za okna prevladuje les iglavcev (smreka). Lepljeni elementi za pohištvo so iz lesa iglavcev ali listavcev. Njihova debelina naj ne presega 40 mm, širina pa ne 80 mm.



Slika 249: Zgradba masivnega slojnatega lesa – profili za okna (Z.: 66)

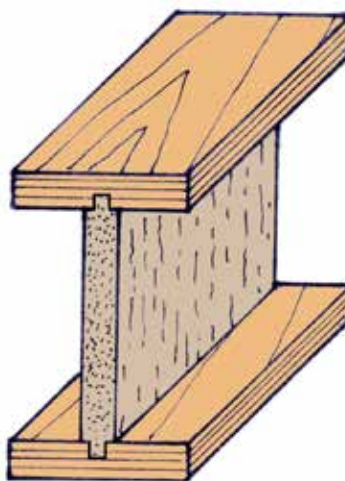
Lepljeni nosilci iz masivnega lesa so izrazit gradbeni element, primeren tudi za največje razpone. Lahko so ravni, ločni ali drugačne (želene) oblike. Sloji ali lamele so med sabo

dolžinsko spojeni na topi, poševni in zobati spoj.



Slika 250: Lepljeni nosilec (X)

Za lesene konstrukcije obstajajo še razni lepljeni nosilci. Pogosti so nosilci I-profila (slika 251). Zgornji in spodnji ploščati del je iz lamiranega lesa. Polnilo pa je lahko masivni, vezan les ... največkrat je iverna plošča z usmerjenim iverjem – OSB (poglavje 11.3.5). Uporabljajo se predvsem za konstrukcije stropov in vseh nosilnih elementov v lesenih konstrukcijah.



Slika 251: I-nosilec LVL/OSB (Z. S.)

11.2.6 Masivne lesene plošče

Plošča je izdelana iz širinsko zlepljenih ožjih delov lesa, ki so brez napak (napake izrežemo). Na ta način plošči zmanjšamo deformacije zaradi delovanja lesa, zaradi česar je plošča dimenzijsko stabilnejša. Namenjene so za izdelavo ploskovnih delov pohištva, pregradne stene in

razne konstrukcijske elemente. Tanjše plošče so enoslojne, debelejšje pa večslojne, največkrat so trislojne.

Plošče, ki se uporabljajo v gradbeništvu, opredeljuje standard SIST EN 13986:2005+A1:2015.

• Enoslojna plošča

Lepljena je samo po širini in je praktično kot masivni les. Pri enoslojni plošči je delovanje lesa nespremenjeno, plošča pa se ne deformira, če je pravilno sestavljena.

Za lepljenje lahko uporabljamo samo radialni les (bleščice) ali radialno-tangencialni (polbleščice).

Obstajajo pa tudi plošče iz ožjih in krajših (bukovih) letev, ki so dolžinsko in širinsko zlepljene.

- **Trislojne plošče** so sestavljene iz treh slojev, ki so navzkrižno lepljeni. Sloji lesa so vedno iz iste drevesne vrste. Zunanji sloj je iz lesa boljše kvalitete in je običajno samo širinsko lepljen, srednji sloj pa je dolžinsko in širinsko lepljen. Taka plošča ima lastnosti kot vezan les.

Obstaja več vrst in tipov plošč različnih dimenzij, izdelane pa so iz lesa iglavcev ali listavcev. Plošče v prodaji so obrušene.



Slika 252: Enoslojna masivna plošča (M. G.)



Slika 253: Trislojna masivna plošča (X)

11.2.7 Križno lepljene plošče

Križno lepljene plošče (oznake: CLT, KLH, Xlam) so lepljene iz elementov masivnega lesa (desk, širših letev) in se uporabljajo za grad-

njo lesenih konstrukcij. So debelejši ploskovni leseni gradbeni elementi (paneli) z veliko nosilnostjo, tako da se lahko uporabljajo pri gradnji večnadstropnih stavb.

Sestavljene so iz križno zloženih desk (lamel) po enakem principu kot vezane plošče. Število slojev je liho (3, 5, 7 ali več), kar je odvisno od uporabe in zahtev po nosilnosti. Medsebojni sloji se torej križajo pod kotom 90°, prečni prerez pa je simetričen. Uporablja se les iglavcev. Prevladuje pa smrekovina, ki je posušena na 12 % vlažnost. Sloji so zlepljeni pod zelo visokim tlakom s poliuretanskim lepilom, ki je zdravju in okolju neškodljivo.



Slika 254: Križno lepljene plošče (X)

Plošče so izdelane v različnih dimenzijah, v formatu velikosti do 50 m² oziroma po naročilu.

Velikost formata lahko ustreza velikosti cele stene, odprtine pa se izrežejo.

Običajna debelina plošč je 9–12 cm. Konstrukcija je identična za vse elemente stavb; stena, plošča ali streha se razlikuje samo po dimenziji panelov.

Lastnosti:

- imajo mnogo enakomernejše in boljše mehanske lastnosti kot enosmerno lepljeni elementi iz masivnega lesa; obtežbo lahko prenašajo vodoravno in pravokotno;
- delovanje lesa je zanemarljivo, razen po debelini;
- omogočajo ustrezno in odlično povezavo elementov (na primer z jeklenimi kotniki) v celotno konstrukcijo;
- glede na jeklo ali beton imajo majhno lastno maso.

Konstrukcije iz križno lepljenih plošč se zelo dobro obnašajo v primeru potresa in požara in so nizkoenergijske. Primerne so za gradnjo večstanovanjskih objektov z več etažami, ki so potresno in požarno varni. V zadnjih letih je bilo v Evropi zgrajenih iz križno lepljenih plošč več 9-etažnih stavb, v Avstriji 10-etažna, v ZDA pa načrtujejo 42-etažni objekt. Križno lepljene plošče se uporabljajo tudi pri protipotresni in energetske sanaciji stavb.

11.2.8 Votle (sataste) plošče

Votle plošče so trislojne, zgrajene pa so iz:

- lesenega okvirja,
- polnila in
- dveh zunanjih oblog.

Med letvami okvirja je polnilo, na okvir pa je na vsako stran nalepljena zunanja obloga.

Okvir je izdelan iz lesenih letev, pri večjih dimenzijah ima vmesne prečne letve.

Polnilo je največkrat papirnato satovje, zvitki trakov furnirja ... Lahko so polnila tudi razni izolacijski materiali, protipožarni materiali in podobno.

Zunanje obloge so tanke plošče: vezane, iverne in vlaknene, ki so lahko tudi oplemenitene.



Slika 255: Satasta plošča (X)

Sataste plošče so lažje. Obdelujejo, furnirajo, lakirajo ... se kot ostale lesene plošče. Izdelane so namensko za določen proizvod. Uporabljajo se za izdelavo vseh vrst omarastega pohištva, notranjih vrat, plošč miz ...

11.2.9 Priprava lesa za lepljenje

Lepljenja lesa je predmet tehnologije, vendar bomo kljub temu navedli nekaj zahtev.

Les, ki ga lepimo (lepljenec), mora biti:

- pravilno posušen na ustrezno lesno vlažnost (ravnovesno), ki se mora vzdrževati med postopkom izdelave vezanega, slojnatega in masivnega lesa in tudi v uporabi;
- klimatiziran dovolj časa, da se napetosti po sušenju umirijo;
- s čisto in ravno površino, da se lepilni ploskvi čimbolje prilegata; površina lesa ne sme biti zelo gladka (lahko je raskava), da nastopi adhezija lepila;
- masivne plošče samo z radialno (bleščice) in polradialno (polbleščice) teksturo in
- iz povsem zdravega lesa, večje napake pa moramo izločiti.

11.3 Iverne plošče

Iverne plošče (iverke) so iz iverja lesa ali drugih lignoceluloznih snovi (na primer pazderja, ki so oleseneli deli stebelc lanu ali konoplje, bambusa), povezanih z lepilom, pod vplivom toplote in tlaka. Iverje pridobimo z odrezovanjem, struktura lesa pa ni spremenjena.



Slika 256: Iverna plošča (M. G.)

Razmah ivernih plošč se je začel po letu 1950. Po drugi svetovni vojni se je kultura bivanja spremenila, pojavilo se je večnamensko sobno pohištvo enostavnih linij, sodobna kuhinja se je dokončno uveljavila, različne omare velikih dimenzij pa so postale nujnost. Iverna plošča je ustrezala izdelavi takega pohištva, zato je hitro postala osnovno gradivo novo nastajajoče sodobne industrije. Istočasno je gradbena industrija začela uporabljati ta izdelek za notranjo gradnjo, kar je povzročilo velikansko proizvodnjo plošč v današnjem času.

Ne smemo zanemariti tudi dejstva, da so žagarski in gozdni ostanki in vsi ostanki predelave lesa surovina za proizvodnjo ivernih plošč, ki se tako uporabijo za izdelek precej višje vrednosti. Podroben opis (specifikacije) iverk poda standard SIST EN 312:2011.

Uporaba

Za ploskovne elemente pri proizvodnji vseh vrst pohištva (obod omare, vrata, police, plošče miz) in druge notranje opreme. Iz njih izdelujemo razne elemente stavbnega pohištva in oblog. Veliko se uporabljajo v gradbeništvu, za izdelavo embalaže, montažnih hiš, transportnih sredstev in podobno.

Iverne plošče, lepljene z vodoodpornim lepilom in z različnimi dodatki so odporne na povišano zračno vlago in ekstremne vremenske pogoje ter na glive in insekte. Izdelujejo tudi plošče, odporne proti ognju in gorenju.

11.3.1 Postopek proizvodnje ivernih plošč

Plošče proizvajamo iz lesa iglavcev in listavcev. Zaradi daljših vlaken, dobrega oblepljanja in manjše mase prevladujejo iglavci. Začetek industrijske proizvodnje ivernih plošč (pod imenom Novopan) sega v leto 1943.

Prikaz zaporedja tehnološkega procesa proizvodnje trislojnih ivernih plošč

1 – Izdelava iverja
1a – direktno iverjenje tanjšega okroglega lesa in večjih ostankov lesa v iverje za zunanji sloj (debelina iverja ~ 0,1–0,3 mm)
1b – izdelava sekancev
1c – iverjenje sekancev za iverje srednjega sloja (debelina iverja ~ 0,3–0,6 mm)
2 – Sušenje iverja ($u = 3\text{--}5\%$)
3 – Sortiranje iverja
4 – Mešanje iverja z lepilom (olepljenje) (lepilo = 6–12 %)
5 – Oblikovanje iverne preproge
6 – Stiskanje oz. lepljenje preproge v ploščo ($T \sim 200\text{ }^{\circ}\text{C}$; $p = \text{do } 3,5\text{ MPa}$)
7 – Hlajenje plošč
8 – Klimatiziranje plošč
9 – Formatni obrez plošč
10 – Brušenje plošč

11.3.2 Razvrstitev ivernih plošč

Iverne plošče določa postopek izdelave (oblepljanje, natresanje, stiskanje iverja) in tudi velikost iverja (debelina, širina, dolžina). Plošč je veliko vrst, možne so tudi kombinacije s cementom in mavcem.

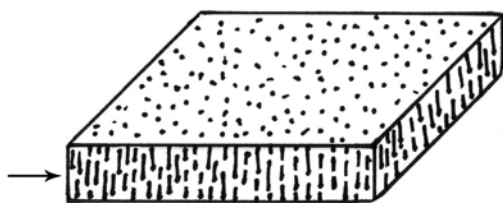
Razlikujemo plošče:

- Po legi iverja
 - iverje je pretežno orientirano pravokotno na površino (batno stiskane plošče) in

- iverje je razporejeno vzporedno s površino plošče (ploskovno stiskane plošče).
- Po strukturi (številu slojev)
 - enoslojne,
 - trislojne in tudi petslojne ter
 - plošče s postopnim preходом iverja.
- Po obliki
 - ravne in
 - oblikovane plošče.
- Po stanju površine
 - groba, obrušena in
 - oplemenitena.
- Po gostoti plošč:
 - 500–800 kg/m³ – splošna uporaba in
 - do 500 kg/m³ (lahke plošče) – uporaba predvsem kot ekološka toplotna in zvočna izolacija.

11.3.2.1 Plošče z iverjem, razporejenim pravokotno na površino

Iverje imajo razporejeno pravokotno na zunanji ploskvi plošče. Ploščam pravimo tudi OKAL plošče (po postopku pridobivanja). Izdelajo se s kontinuiranim postopkom, kjer poseben bat tlači iverje v ogrevanem kanalu (stiskalnici) po bočni (ožji) ploskvi plošče. Izdelajo se lahko kot polne in votle.



a) risba (Z. S.)



b) votla plošča (X)

Slika 257: Iverna plošča z navpično lego iverja (okal)

Plošče imajo zelo majhno upogibno trdnost in niso uporabne kot samostojni elementi. Če se obložijo z furnirjem, folijo ... ali vložijo v okvir, se poveča njihova trdnost. Najbolj so uporabne debelejšše votle plošče za predelne stene in obloge, praznine pa služijo za namestitvev raznih inštalacij. Imajo dobre izolacijske lastnosti. Gostota plošč je 500–600 kg/m³.

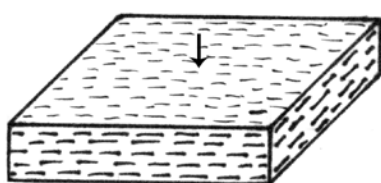
Opredeli jih standard SIST EN 14755:2006.

11.3.2.2 Plošče z iverjem, razporejenim vzporedno s površino

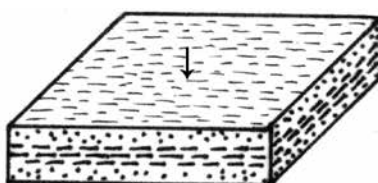
Stiskane so po široki ploskvi med vročimi ploščami v stiskalnici, lahko jih imenujemo tudi plosko stiskane iverne plošče in so v splošni uporabi.

Po strukturi razlikujemo:

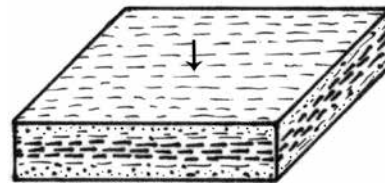
- **Enoslojne plošče** so izdelane iz iverja približno ene velikosti, ki je enakomerno razporejeno. Imajo slabe mehanske lastnosti in se ne uporabljajo kot samostojni nosilni deli pohištva, ampak za polnila. Služijo tudi kot izolacijske plošče (predvsem proti hrupu in tudi toploti). Praviloma so lahke, saj imajo gostoto do 500 kg/m³.
- **Trislojne plošče** imajo zunanja sloja iz finega iverja, srednji sloj pa je iz bolj grobega. Nanos vsakega sloja na iverno preprogo je posebej.
- **Petslojne plošče** so zgrajene kot trislojne, vendar imajo še dva zunanja sloja iz zelo drobnega iverja oziroma lesnega prahu. Lahko jih lakiramo neposredno ali pa so prepojene z umetno smolo in podobno.
- **Plošče s postopnim preходом iverja** imajo po debelini postopen prehod iverja od finega na površini do bolj grobega v sredini plošče. Formiranje preproge je s pomočjo zračnega toka, v katerem lažje in drobno iverje leti v daljšem loku in prvo pada na trak preproge. Bolj grobo iverje in težje iverje pada v manjšem loku in postopno oblikuje srednji sloj.



a) enoslojna



b) trislojna



c) plošča s postopnim prehodom iverja

Slika 258: Plosko stiskane iverne plošče po strukturi (Z. S.)

11.3.2.3 Iverne plošče z vidika uporabe

Po standardu SIST EN 312:2011 so iverne plošče razdeljene v sedem vrst z oznakami P1–P7.

Preglednica 36: Iverne plošče z vidika uporabe

Splošna uporaba plošč – nenosilne v statičnem pomenu	Splošna uporaba plošč – tudi nosilne v statičnem pomenu	Visoko obremenjene plošče – nosilni gradbeni deli v statičnem pomenu
P1 – za obloge v suhem območju (klimi)*	P4 – suho območje	P6 – suho območje
P2 – za pohištvo in notranjo opremo v suhem območju		
P3 – v vlažnem območju*	P5 – vlažno območje	P7 – vlažno območje

*Suho in vlažno območje je opredeljeno v poglavju 11.2.1.3 (uporabnostni razredi).

11.3.3 Iverne plošče za splošne namene

Iverne plošče za splošne namene spadajo v razreda P1 in P2; uporabljajo se lahko surove ali oplemenitene, največ pa za razne obloge, pohištvo in drugo notranjo opremo. Proizvodnja teh plošč je najbolj obsežna.

Njihove karakteristike:

- gostota okoli 650 kg/m^3 ,
- iverje je razporejeno vzporedno s površino plošče,
- trislojne ali plošče s postopnim prehodom iverja,
- obstojne so v ogrevanih prostorih,
- lepljene so z ureaformaldehidnim lepilom.

Dimenzije

V prodaji so iverne plošče naslednjih debelin: 8, 9, 10, 12, 13, 14, 15, 16, 18, 19, 22, 24, 25, 28, 32, 35, 38 in 40 mm. Obstajajo pa tudi ekstra tanke do 2,5 mm in ekstra debele do 80 mm.

Format: do $6700 \times 2500 \text{ mm}$.



Slika 259: Furnirano pohištvo iz ivernih plošč (X)

Lastnosti

- Iverne plošče nimajo smeri, kot jih poznamo pri lesu; lastnosti po smereh so izenačene. Pri razrezu (obdelavi) in podobno ni potrebno upoštevati smeri obdelave.
- Delovanje lesa je zanemarljivo, plošča je dimenzijsko stabilna, vendar lahko malo nabrekne po debelini. Je higroskopična in v vlažni klimi ali v stiku z vodo nabreka. Mera za debelinsko nabrekanje je maksimalni nabrek in je razlika med debelino plošče in debelino plošče po 24-urnem namakanju v vodi. Debelinsko nabrekanje je razmerje med nabrekom plošče in debelino plošče, v odstotkih pa znaša približno 8–12 %. Nabrek je manjši pri večjem deležu lepila in je večji pri ploščah z večjo gostoto.
- Gostota plošč ($500\text{--}800\text{ kg/m}^3$; največkrat $\sim 650\text{ kg/m}^3$) vpliva na upogibno in razslojno trdnost plošče ter na odpornost proti vpijanju vlage. Večja je gostota, boljše so omenjene lastnosti. Gostota mora biti debelinsko enakomerna po celi površini plošče, zlasti na robovih.
- Mehanske lastnosti so dovolj velike za samonosilne konstrukcije pri pohištvu, čeprav so precej manjše kot pri lesu. Postopki ugotavljanja in merjenja so enaki kot za druge materiale ter so predpisani s standardi SIST EN 310:1996.
- Za iverne plošče je pomembna razslojna ali razplastna trdnost, ki izraža trdnost zlepljenih slojev ivernih plošč po debelini. Preizkušamo jo na trgalnem stroju, kjer s posebnimi kleščami razslojimo

vzorec plošče po debelini. Lom običajno nastopi v srednjem sloju. Predvsem je odvisna od kakovosti lepljenja, znaša pa približno $0,25\text{--}0,47\text{ MPa}$ – pri tankih ploščah je večja.

- Robovi in vogali plošče v izdelanih elementih so krhki in krušljivi, zato jih moramo zaščititi (furnir, robne letve, robni trakovi).
- Plošče, lepljene z ureaformaldehidnim lepilom, sproščajo formaldehid.

Formaldehid

Formaldehid (CH_2O ali HCHO) je toksičen, alergen, karcinogen in mutagen plin. Nahaja se v obliki plina v samem lepilnem spoju, preide pa tudi v celice lesa. Formaldehid se iz plošče sprošča še dolgo časa po izdelavi. Zaradi ostrega vonja ga lahko z vohom zaznamo.

V Evropi so dovoljene iverne plošče samo prvega emisijskega razreda – E1, ki niso zdravju škodljive in imajo emisijo prostega formaldehida:

- do $0,1\text{ ppm}^*$ ali
- perforator v vrednost do $10\text{ mg CH}_2\text{O}/100\text{ g}$ absolutno suhe plošče (atro), ugotovljenega po perforator metodi, ki se tudi pogosto uporablja.

Plošče emisijskega razreda E2 imajo lahko emisijo $0,1\text{--}0,2\text{ ppm}$, plošče E3 pa več kot $1,0\text{ ppm}$. Ugotavljanje vrednosti prostega formaldehida po različnih metodah določa standard SIST EN 717-3:1977 in SIST EN 717-1:2005.

**ppm (parts per milion) – delcev na milijon delcev zraka; $1\text{ ppm} = 1,2\text{ mg CH}_2\text{O}/\text{m}^3$ zraka pri normalnih pogojih.*

Obdelava

Sintetično lepilo v plošči obrablja rezila iz jekla, zato jih moramo obdelovati z rezili s karbidnimi trdinami ali še boljšimi materiali za odrezovanje. Žagamo, rezkamo,

lepimo, lakiramo, brusimo, furniramo ... jih kot naravni les. Pritrjujemo ali spajamo jih z ivernimi vijaki in s posrednimi vezmi (mozni-ki). Zaradi krhkih robov in površine jih obdelujemo (žagamo, rezkamo, vrtamo) z orodjem za iverne plošče. Pritrjevanje z žebli ni priporočljivo kot tudi ne vijačenje blizu roba.

Iverokal plošča (luknjasta iverna plošča) ima po celotni dolžini gosto razporejene luknje in zato manjšo maso (slika 260) kot polna plošča. Luknje potekajo po širini plošče. Uporabimo jo kot polnilo za vratna krila večjih dimenzij, za pregradne stene ...



Slika 260. Iverokal plošča (M. G.)

11.3.4 Oblikovani izdelki iz iverja

Poleg ravnih ivernih plošč se proizvajajo tudi plošče z zakrivljenimi deli. Iverje stiskamo v kalupih želene oblike in pridobimo razne profilne letve, WC-deske, kuhinjske pulte, robne letve ... Uporabljeno lepilo je vodoodporno, običajno iz melaminske smole. Izdelki so lahko oplašeni s folijo oziroma oplemeniteni s prekrivnimi materiali.



Slika 261: Oblikovan izdelek iz iverja – Inka paleta za enkratno uporabo (X)

11.3.5 Iverne plošče z usmerjenim iverjem

Iverne plošče z usmerjenim iverjem OSB (Oriented Strand Board) imajo zunanja sloja izdelana iz tankega večjega iverja (dolžine 60–120 mm), ki je razporejeno v vzdolžni in prečni smeri, iveri v srednjem sloju pa so usmerjene pretežno pravokotno na površino.

Imajo precej boljše mehanske lastnosti, predvsem pa večjo upogibno trdnost kot druge vrste iverk. Zaradi dobrih mehanskih lastnosti se uporabljajo predvsem za izdelavo lesenih konstrukcij, montažnih hiš, predelnih sten, reklamnih panojev ...

Za gradbeništvo so bile razvite še razne plošče, izdelane iz iverja večje dolžine, omenimo samo **ploščo LSL** (Laminated Strand Lumber) z iverjem dolžine do 300 mm.



a) OSB plošča z utorom (M. G.)



b) LSL plošča (X)

Slika 262: Plošče z dolgim iverjem

11.4 Vlaknene plošče

Vlaknene plošče (vlaknenke) so izdelane iz lesnih vlaken ali iz drugih lignoceluloznih vlaken (pazder, bambus, sladkorni trs ...). Vlakna in tudi snopiči vlaken se med seboj povežejo z vezivnimi snovmi, ki so v lesu. Med postopkom izdelave plošč lahko dodamo tudi vezna sredstva (lepilo) in razne dodatke. Dodano lepilo je običajno ureaformaldehidno ali fenolformaldehidno. Dodatki so parafin ali vosek za povečanje hidrofobnosti plošč, razna olja za povečanje trdote, biocidi za povečanje odpornosti proti glivam in insektom. Dodajajo lahko še druge snovi, če se zahteva posebna lastnost plošče.

V slovenščini vlaknenim ploščam pravimo tudi **lesonit** – po proizvajalcu tovarni



Slika 263: Vlaknene plošče
(srednje goste) (M. G.)

Lesonit v Ilirski Bistrici, ki je začela obratovati po 2. svetovni vojni.

Iznajdba vlaknenih plošč sega v leto 1915 v Minnesoto (ZDA), kjer so izdelali prvo vlakneno ploščo – trdo (angl. hardboard – HB).

Osnovni standard za vlaknene plošče je SIST EN 316:2000, ki plošče definira, klasificira in navaja okrajšave.

Vlaknenih plošč je več vrst, osnovna razvrstitev pa je glede na gostoto:

- **lahke (porozne) plošče** (gostota do 400 kg/m^3),
- **srednje goste plošče** (gostota do $400\text{--}800 \text{ kg/m}^3$) in
- **trde (zelo goste) plošče** (gostota višja od 800 kg/m^3).

11.4.1 Postopek proizvodnje vlaknenih plošč

Iz definicije vlaknenih plošč razberemo, da so proizvedene z lepilom ali brez lepila (dodatkov).

Vlakna pridobimo tako, da lesne sekance kuhamo ali parimo. Zaradi temperature nad 100°C in nasičenosti pare pride do kemičnih sprememb v lesu, les potemni (rjavkasta barva) in se delno razgradi. Sledi mehnično razvlaknjevanje v defibratorju, ki les razvlakni na posamezna vlakna. Pri oblikovanju vlaken v preprogo (tepih) razlikujemo dva postopka:

- **Mokri postopek**, s katerim se vlakna v vodi ustrezno razporedijo in oblikujejo v preprogo, voda pa se v stiskalnici iztisne in odpari. Da voda lahko odteče, je na spodnji plošči stiskalnice žična mreža, ki pusti odtis na hrbtni ploskvi vlaknene plošče.
- **Suhi postopek**, s katerim vlakna posušimo in razpršimo v zračnem toku. Dodajo jim lepilo. Preprogo vlaken stisnejo v ploščo z visokim specifičnim tlakom do 7 MPa in temperaturo okoli 200°C . Plošče so obojestransko gladke.

Po končanem stiskanju so plošče presuhe, zato jih v klima komori navlažijo na vlažnost $5\text{--}7\%$ in stabilizirajo. Sledi brušenje in formatni obrez.

Prikaz faz tehnološkega procesa proizvodnje vlaknenih plošč – suhi postopek

1 – Izdelava sekancev
2 – Sortiranje, pranje, skladiščenje sekancev
3 – Parjenje sekancev
4 – Razvlaknjevanje sekancev
5 – Doziranje parafinske emulzije in dodatkov v vlakna
6 – Doziranje veziva
7 – Sušenje vlaken
8 – Natresanje preproge (neprekinjene) in predstiskanje
9 – Prerez preproge
10 – Stiskanje plošč ($T \sim 200\text{ }^{\circ}\text{C}$; $p = \text{do } 7\text{ MPa}$)
11 – Klimatiziranje plošč
12 – Brušenje plošč
13 – Formatni obrez plošč

11.4.2 Lahke vlaknene plošče

Lahke (izolacijske, porozne) plošče (oznaka: HFD) z gostoto $150\text{--}400\text{ kg/m}^3$ so predvsem toplotni in zvočni izolator. Toplotna prevodnost $\lambda = 0,09\text{ W/mK}$ in manj. Proizvedene so po mokrem postopku, vendar preproge ne stiskamo, ampak jo samo posušimo, zato jim pravimo tudi nestiskane vlaknenke. Plošče so lahko impregnirane s kolofonijo, bitumenom (asfaltom) in raznimi vodoodpornimi snovmi. Tako so izolacija proti vlagi (bitumenske plošče).

Lahke vlaknenke se uporabljajo za srednji sloj raznih kombiniranih plošč in konstrukcij, največ pa za izolacijo notranjih in zunanjih sten, izolacijo strehe, stropov, tal pri lesenih in tudi pri drugih konstrukcijah.

Novejši material so **izolacijske plošče iz lesnih vlaken**, ki imajo dodana mineralna veziva in tudi druge dodatke za izboljšanje lastnosti. So odličen toplotni izolator (enakovreden stekleni volni, stiroporju), zelo lahke (preglednica 13) in so uporabne tudi kot zvočni izolator. Te plošče so negorljive, omogočajo prehod vodne pare in so zdravstveno ter ekološko neoporečne.

Za izolacijske plošče iz lesnih vlaken in lesne volne za stavbe velja standard SIST EN 13171:2013+A1:2015. Plošče veljajo za naraven material in pridobivajo na pomenu, posebej pri gradnji lesenih stavb.



Slika 264: Izolacijska vlaknenka (X)

11.4.3 Srednje goste vlaknene plošče

Srednje goste plošče (oznaka: MDF) imajo gostoto od $400\text{ do }800\text{ (900) kg/m}^3$. Znane so tudi pod imenom »mediapan« (angl. medium density fiberboard). Plošče so alternativa ivernim ploščam, vendar veljajo za bolj kakovostno gradivo. Običajno vsebujejo dodatek lepila in s tem formaldehida. Količina sproščenega plina je majhna in plošče spadajo v emisijski razred E1. Za gradbene namene se uporabljajo plošče z gostoto 560 kg/m^3 , za pohištvo pa so gostejše $\sim 650\text{--}800\text{ kg/m}^3$.

Debelina in formati plošč so različni in odvisni od proizvajalca, na primer:

- debeline 3, 4, 5, 6, 8, 10, 12, 16, 19, 22, 25, 28, 32, 35, 40, 50 mm in
- formati 2600 x 2200 mm, 2800 x 2200 mm, 3050 x 2130 mm, 4150 x 2200 mm.



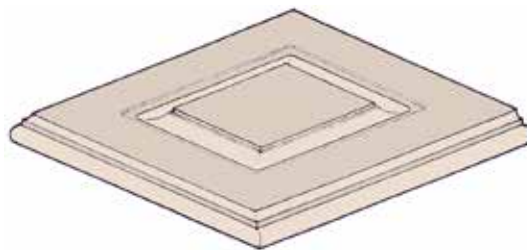
Slika 265: Srednje gosta vlaknena plošča (zadaj iverne plošče) (M. G.)

Lastnosti (veljajo tudi za trde plošče):

- Vlaknene plošče so homogene. Pri razrezu (obdelavi) ni potrebno upoštevati smeri obdelave.
- Krčenje po širini in dolžini je približno do 0,5 %, po debelini pa nekaj več, plošča je dimenzijsko stabilna.
- Imajo kar veliko natezno, tlačno in upogibno trdnost. Predvsem upogibna trdnost je precej (~ dvakrat) večja kot pri iverni plošči za pohištvo. Dobro prenesejo tudi udarce.
- Površina vlaknenih plošč je bolj zaprta in gladka kot tista pri ivernih ploščah.
- Lahko se lužijo, barvajo in lakirajo.
- Robovi in vogali se ne krušijo kot pri ivernih ploščah in so gladki. Robove in površine lahko profilno rezkamo.
- Na površini in bočni ploskvi dobro držijo vijake in žeblje.
- Z dodatki so precej odporne proti vlagi.

Obdelava

Srednje goste vlaknene plošče žagamo, rezkamo, lepimo, lakiramo, brusimo, furniramo ... kot naravni les. Za odrezovanje se priporočajo rezila s karbidnimi trdinami ali diamantom. Lahko jih rezkamo po površini, bočni ploskvi. Vanjo tudi vtiskamo ornament. Lakiramo jih s pokrivnim lakom.



Slika 266: MDF plošča rezkana (1.: 126)

Uporaba

Srednje goste (MDF) plošče se uporabljajo v iste namene kot iverne plošče, torej za bivalno pohištvo in stavbno pohištvo (vrata, predelne stene, talne, stenske in stropne obloge), za izdelavo igrač, modelov, šablon. Veliko se uporabljajo tudi pri izdelavi montažnih hiš, vozil in v ladjedelništvu ...

11.4.4 Trde vlaknene plošče

Trde vlaknene plošče (oznaka HFH) so zelo goste plošče z gostoto 800–1200 kg/m³. Proizvedene po mokrem postopku imajo gladko vrhno stran (zaradi dodanega parafina), na spodnji strani pa brazde od mreže v stiskalnici. Izdelujejo se tudi z luknjami, utori raznih oblik ... seveda so lahko tudi oplemenitene.

Pri pohištvu se uporabljajo predvsem za hrbet omar, dna predalov in za zunanje obloge satstih plošč in vrat.

Debelina se giblje 1,5–8 mm, format pa je na primer 2650 x 2050 mm, 5300 x 2050 mm.



Slika 267: Trda vlaknena plošča (M. G.)

Ultra tanke vlaknene plošče (HDF) so debeline 1–3 (4,5) mm, uporabljajo pa se za enak namen kot trde plošče in tudi za zunanji sloj mizarske plošče (slika 245).

11.5 Oplemenitene plošče

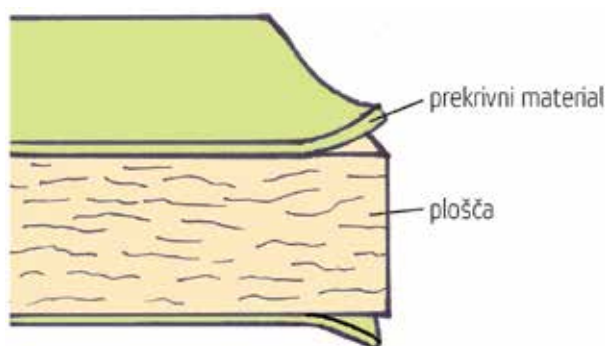
Oplemenitene plošče so obložene s furnirjem, raznimi folijami, dekorativnimi laminati in premazi. Z oplemenitenjem zakrijemo osnovno površino plošče. S tem dosežemo:

- zelen (spremenjen) estetski videz ali potrebne dekorativne lastnosti,
- večjo odpornost proti vlagi, toploti in kemičnim vplivom raznih čistil in kemikalij,
- povečano odpornost površine na udarce, obrabo in raze,
- večjo dimenzijsko stabilnost plošče.

Oplemenitimo lahko vse vrste plošč (iverne, vlaknene, mizarske, vezane, slojnate, masivne, votle ...). Pomembna je samo njihova površina, ki mora biti ravna, gladka in primerna za lepljenje. Na primer pred furniranjem moramo gladko stran trde vlaknene plošče obrusiti. Z enakimi materiali obložimo tudi bočne ploskve (robove).

Plošča (nosilni material, podloga) se obloži s prekrivnimi materiali, ki so:

- furnirji,
- papirne folije,
- termoplastične folije,
- laminati in
- premazi.



Slika 268: Oplemenitena plošča (Z. S.)

Furnir in premazi (barve, laki) so obravnavani pri drugih poglavjih.

Oblaganje plošč je lahko v sami proizvodnji pohištva, lahko pa v tovarni plošč – industrijsko proizvedene oplemenitene plošče.

11.5.1 Papirne folije

Papirne folije so izdelane iz kvalitetne celuloze in impregnirane z umetnimi smolami. Izdelujejo tudi neimpregnirane papirne folije. Pravimo jim tudi dekorativni papir ali umetni furnir.

Za pohištvo in drugo notranjo opremo so pomembne papirne folije, impregnirane z melaminskimi smolami in manj tiste s poliestrskimi. Osnovni podatek folij je gramatura ali površinska gostota (g/m^2). Razlikujemo:

- mikrofolije z gramaturo 40–100 g/m^2 ,
- srednje težki papirji: 80–200 g/m^2 in
- težki papirji: 120–300 g/m^2 .

Dekoratívni papirji so po videzu:

- z imitacijo lesne teksture,
- s fantazijskimi vzorci in
- obarvani s široko paleto barvnih nians.

Dekoratívni papirji – predvsem mikrofolije – z imitacijo lesne teksture - zelo dobro posnemajo furnir, lahko imajo vtisnjene pore, prijetno barvo, sijaj ... Na površino plošč jih lepimo z lepili ali pa so samolepilni (posebej za robne ploskve). V večini primerov jih po oblaganju površinsko obdelamo, lahko pa so že lakirani.

Pri izdelavi pohištva in notranje opreme prevladuje oplemenitena iverna plošča s papirno folijo, impregnirano z melaminom in z zelo različnimi dizajni. Opredeli pa jo standard SIST EN 14322:2004.



Slika 269: Obložena iverna plošča s folijo (imitacija bukve) (M. G.)

Iveral plošča je iverna plošča, oplemenitenjena z raznimi papirnimi folijami, največkrat z barvnimi. Zaradi enostavnejše izdelave in krajšega izdelovalnega časa se veliko se uporabljajo za cenejše ploskovno pohištvo.



Slika 270: Iveral plošča (M. G.)

11.5.2 Termoplastične folije

Termoplastične folije so polivinilkloridne, polietilenske, akrilne ... (poglavje 10.3). Folije so neprepustne za vodo, odporne proti kemikalijam in staranju, niso pa odporne na višjo temperaturo. Tudi če ima folija imitacijo teksture lesa, videz pokaže, da je to umetna snov.

Akrilne MDF-plošče so v različnih barvah, imajo visok sijaj. Odporne so na razne vplive, tudi na sončni svetlobi ne zbledijo. Uporabljajo se za laboratorijsko, kopalniško, kuhinjsko pohištvo in podobno.



Slika 271: Akrilna MDF-plošča (M. G.)

11.5.3 Dekorativni laminati

Dekorativni laminat (HPL-plošča, ultraplas) je tanka in trda plošča, izdelana (stisnjena pod visokim tlakom in temperaturo) iz več slojev impregniranega papirja, predvsem z melaminsko smolo. Jedro laminata je iz kraft papirja, ki je žilav, velike trdnosti in rjave barve, število listov pa določa debelino plošče (slika 271). Laminatne plošče se nalepijo na surovo furnirno, iverno, vlakneno ... ploščo.

Izdelujejo jih v raznih barvah, vzorcih in imitacijah lesa. Površina je lahko sijajna ali motna in je v svoji končni obliki – ni potrebna površinska obdelava.

Laminati so primerni za tiste površine, ki so pogosto izpostavljene različnim udarcem, agresivnim kemikalijam in čiščenju s kemičnimi sredstvi. Odporni so tudi na toploto, vlago, razno umazanijo. Uporabljajo se za kuhinjske pulte in omarice, mizne površine, laboratorijsko pohištvo, vrata, obloge ... Za njih velja standard SIST EN 438-1:2016.



Slika 272: Zgradba laminata (Z. S.)



Slika 273: Mizna plošča iz ultrapasa (S. K.)

Industrijsko so izdelane tudi razne plošče, oplemenitene z barvami.

Pri nas je znana MDF-vlaknena plošča debeline 3,2 mm, enostransko prevlečena z barvo (emajlom). Imenujemo jo »lesomal«. Uporablja se za izdelavo hrbtišč omar, dna predalov in za razne obloge.

Naloge:

- V preglednico na kratko vpišite zahtevane podatke.

Vrsta plošč	Gostota (kg/m ³)	Delovanje	Mehanske lastnosti	Lastnosti bočne ploskve	Obdelava

- Kosu iverne plošče za splošne namene izmerite dimenzije in maso. Kos vsaj 24 ur namakajte v vodi. Po namakanju kos ponovno izmerite in stehajte. Izračunajte maso vode, ki jo je kos vpil, in navedite debelinsko nabrekanje v mm. Zapišite tudi svoja opažanja glede stanja površin široke in bočne ploskve.
- Opišite, zakaj oplemenitimo površino lesnih plošč.

12. ZAŠČITA LESA

Zaščita lesa obsega vse ukrepe za preprečevanje propadanja lesa. Naravno odpornost lesa že poznamo (poglavje 4.5; preglednica 20). Če želimo podaljšati trajnost lesa oziroma preprečiti njegovo razkrajanje, ga zaščitimo, za kar obstajata dva načina:

- naravna (konstrukcijska) in
- kemijska zaščita lesa.

Ukrepi za zaščito so lahko preprečevalni (preventivni), da preprečimo razvoj škodljivcev v lesu, ali sanacijski (kurativni, represivni), ko uničimo škodljivce, ki so se že naselili v lesu.



Slika 274: Nezaščiten les skozi čas (S. K.)

12.1 Naravna zaščita lesa

Naravna zaščita lesa obsega postopke, ki upoštevajo naravne fizikalne, kemične lastnosti ... lesa in konstrukcijske rešitve, ki preprečujejo propadanje lesa. Je enostavnejša, ni škodljiva okolju in je lahko učinkovitejša ter cenejša kot kemijska zaščita.

Upoštevanje lastnosti lesa za zaščito pred propadanjem se začne že s primernim časom sečnje (pozimi), spravičom iz gozda, ustreznim skladiščenjem, sušenjem, predelavo in s pravilno vgradnjo oziroma uporabo lesa. Vgradimo vedno zdrav les in izločimo beljavo.

Vlažnosti lesa je zelo pomembna za njegovo zaščito. Les, posušen na vlažnost pod 20 %, je varen pred napadom vseh vrst gliv, ki so najpomembnejši vzrok razkroja lesa.

Propadanju je najbolj izpostavljen gradbeni les, na katerega neposredno delujejo vremenski vplivi. Zatekanje vode na leseno konstrukcijo zviša vlažnost lesa.

12.1.1 Konstrukcijska zaščita

Lesene konstrukcije naj bodo načrtovane in izdelane tako, da les ni izpostavljen direktnim vremenskim vplivom. Meteorna voda in sneg naj po padavinah odtečeta, da voda na lesu ne zastaja. Posebej na prečnem prerezu (čelu) les skozi pore absorbira vodo in se hitro navlaži.

Konstrukcijsko zaščito bi morali spoštovati pri vseh lesenih konstrukcijah, izpostavljenim vremenskim vplivom.

Navodila za konstrukcijsko zaščito:

1. Lesen element ne sme biti v neposrednem stiku z zemljo ali betonom oziroma mora biti izoliran, da se ne vlaži. Zaradi nemotenega gibanje zraka je potrebno okoli elementa zagotoviti prostor.

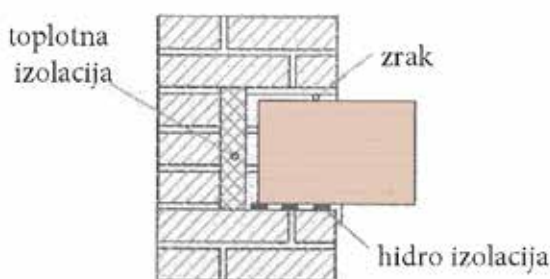


a) pritrditev na betonski podstavek



b) pritrditev na zid

Slika 275: Pritrditev lesenega stebra (M. G.)



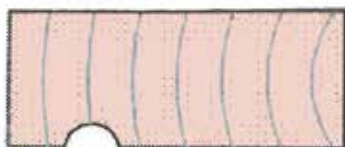
Slika 276: Izolirana gred v notranjem zidu (6.: 46)

2. Lesene zunanje stene, okna in vrata zaščitimo pred dežjem z nadstreškom.



Slika 277: Ustrezen nadstrešek (M. G.)

3. Okna in vrata naj bodo vgrajena čim globlje v fasado. Predvideti moramo dobro odtekanje vode prek odkapnih površin ali z montažo kovinskih odkapnikov.



Slika 278: Odkapni profil (6.: 47)

4. Zgornje čelne ploskve zunanjega vodornega opaža moramo izvesti pod naklonom, da meteorna voda odteka; utor pa zgoraj, da voda ne zastaja.

Zaradi sušenja morajo podložne letve omogočiti pretok zraka. Opaž naj bo dvignjen od tal približno 30 cm, da se prepreči škropljenje lesa s podlage. Za pritrditev uporabljamo nerjaveče vijake, saj tako prepreči-

mo korozijo vijakov in s tem tudi morebitno obarvanje lesa okoli vijaka. Ob vijakih ne sme zastajati voda; če je le možno, vijačimo z notranje (neizpostavljene) strani.

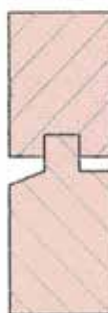


pravilno

a) brazdna vez (Z. S.)

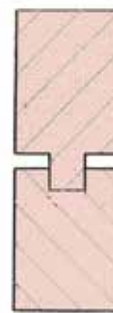


nepravilno



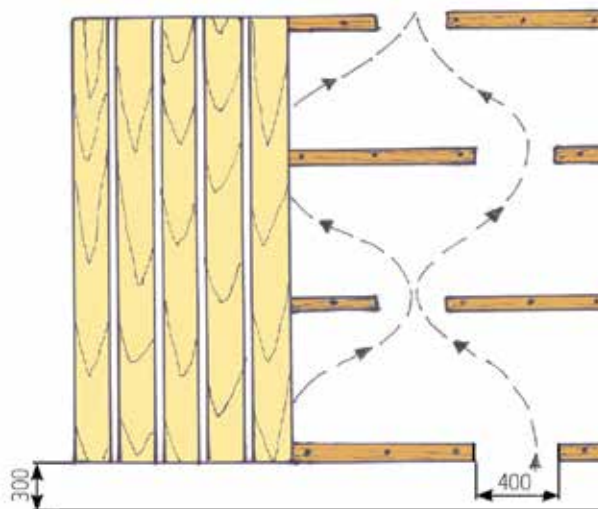
pravilno

b) peresna vez (6.: 47)



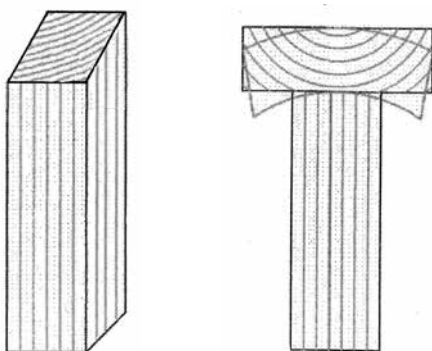
nepravilno

Slika 279: Vodoravni leseni opaž



Slika 280: Vertikalni leseni opaž - zračenje (Z. S.)

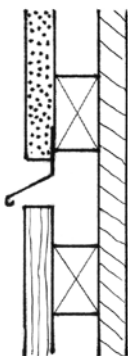
5. Z ustrezno izolacijo sten, strehe ... preprečimo kondenzacijo zračne pare. Tako vlaga ne moči lesa. Omogočeno mora biti tudi gibanje zraka.
6. Pred polaganjem parketa, podnic, zidnih oblog naj bo vlažnost podloge (betona) tal takšna, da se les ne bo navlažil. Zaradi prevelike vlažnosti tal les nabreka in se izboči, lahko ga napadejo lesni škodljivci.
7. Čela stebra izdelamo pod kotom 45°, robove pa zaobljimo. Zgornjo površino lesa (čela) lahko zavarujemo pred padavinami z deščico ali s pločevino.



a) s poševnim čelom b) pravilna lega zaščitne deščice

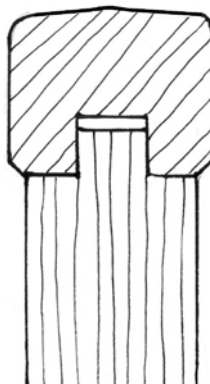
Slika 281: Leseni steber (6.: 47)

V primeru, da čela zaščitimo z daljšo deščico z bočno strukturo lesa, upoštevamo koritavost. Deščico obrnemo z notranjo stranjo navzgor, da se izboči (risba) in tako voda lahko odteka. Postavitev kovinske obrobe pa je prikazana na sliki 182.



Slika 282: Zaščita zgornje površine lesa s kovinsko obrobo (Z. S.)

10. Pri kotni čepni vezi, na primer stebra in preklade, mora biti pero na vrhu stebra, zareza pa v spodnjem del preklade. Preklada je zgoraj malo zaobljena, vsi robovi so posneti, sega pa čez steber. Pri tej konstrukciji so čela stebra zaščitena, voda pa s preklade nemoteno odteka oziroma ne zateka v stik med stebrom in preklado.



Slika 283: Vez stebra in preklade na prostem (Z. S.)

11. Za izpostavljene lesene dele (ograje, balkoni) izberemo trajnejši les (hrast, macesen, kostanj ...). Les mora biti brez beljave. Imeti mora čim manj napak, na primer razpoka omogoči prodiranje vode v notranjost, iz smolike izteka smola, ki dvigne premaz in podobno.
12. Naravna zaščita lesa je tudi premazovanje površine z voskom (čebelji), naravnimi olji (laneno, tungovo), parafinom, smolami ..., ki so vodoodbojni (hidrofobni). Preprečujejo prekomerno navlaževanje lesa, zaščita pa traja samo določeno časovno obdobje in jo moramo pogostejše obnavljati (vsako leto).

12.2 Kemijska zaščita lesa

Premazi in impregnacije vsebujejo kemična sredstva za uničevanje bioloških škodljivcev (glive in insekti) in ščitijo tudi proti vremenskim vplivom.

Kemijska zaščita lesa je interdisciplinarna znanstvena dejavnost. Z njo se ukvarjajo lesarji, bi-

ologi in kemiki. Postala je posebna industrijska veja v okviru kemijske panoge, zanimiva širokemu krogu uporabnikov lesa. Proizvajalci zaščitnih sredstev nudijo bogato paleto zaščitnih sredstev. V današnjem času stremimo k uporabi sredstev, ki so okolju prijaznejša in povzročajo manj težav tudi po koncu uporabne dobe zaščitenega lesa.

Kakovost zaščite lesa je odvisna od vrste kemičnega sredstva, ustrezne izbire sredstva glede na vrsto lesa, priprave površine lesa, pravilnega nanašanja, globine penetracije in tudi od pravočasnega obnavljanja premaza.

Za vsa zaščitna sredstva na vodni osnovi velja, da so prijaznejša do okolja, nimajo neprijetnega vonja. Vse pripomočke očistimo z vodo in detergentom pa tudi posamezni nanosi se hitreje posušijo.

Pri uporabi razlikujemo:

- kemijska zaščitna sredstva (impregnacije),
- premaze in
- sredstva za zaščito lesa proti gorenju.

12.2.1 Kemijska zaščitna sredstva (impregnacije)

Kemijska zaščitna sredstva (pripravki), ki ščitijo les pred napadom živih škodljivcev ali pa jih v lesu uničijo, so biocidi. **Biocidi** se delijo na **fungicide**, ki preprečujejo razvoj in/ali uničujejo glive, in na **insekticide**, ki preprečujejo razvoj in/ali uničujejo insekte. Snovi za zaščito lesa morajo vsebovati fungicide in insekticide, zato so to biocidna sredstva. Les prepojimo s kemičnimi sredstvi (impregniramo), da dosežemo večjo zaščito.

Kemijska zaščitna sredstva (impregnanti) ne ščitijo lesa pred propadanjem zaradi vpliva vlage, UV-žarkov ... (abiotičnih dejavnikov), zato jih uporabljamo v kombinaciji s premazi. Kemijsko sredstvo za daljši čas prepreči napad škodljivih organizmov, naj bo varno pri uporabi, ekonomično, brez vonja, nekorozivno ...

Kemijsko sredstvo vsebuje biocidne snovi, ki so

raztopljene v topilu in še razne dodatke. Najpomembnejši so: dodatki za povečanje topnosti, za fiksacijo (trdno namestitev oziroma za netopnost snovi, ko so v lesu) in pravilna razporeditev soli glede na prodiranje v les (penetracijo).

Uporabo biocidnih proizvodov ureja UREDBA (EU) št. 528/2012 EVROPSKEGA PARLAMENTA IN SVETA z dne 22. maja 2012 o dostopnosti na trgu in uporabi biocidnih proizvodov. Uredba določa vse potrebne ukrepe za varno uporabo biocidnih sredstev in zaščito človeka.

Po sestavi kemijska zaščitna sredstva delimo na:

- **anorganska** in
- **organska zaščitna sredstva**.

Anorganska zaščitna sredstva za les

Anorganska zaščitna sredstva za les so vodotopne soli (prava raztopina). Voda je topilo, nosilec soli v les, iz katerega potem izhlapi. Soli morajo učinkovati fungicidno, insekticidno in vodoodbojno. Običajno so solna sredstva zmes več soli zaradi večje učinkovitosti in vsestranskosti. Znane anorganske biocidne snovi so na osnovi kovin: bakra, kroma, cinka, bora (polkovina) ... Označujejo se s kraticami aktivnih elementov.

Skozi zgodovino (od leta 1933) je verjetno najpomembnejša CCA sol (baker/krom/arzenat).

Baker deluje fungicidno, arzen insekticidno, krom pa služi za fiksiranje v les. Predvsem zaradi strupenosti arzena je le-tega nadomestil bor. Tako je nastala CCB sol (baker/krom/bor). Njihova fiksacija v les je slabša, saj se hitreje izpirajo iz lesa. Primerna je predvsem za smrekovino. Les postane po nanosu rjavozelene barve.

Bakrovi pripravki (soli) so še danes najpomembnejši biocidi za zaščito lesa. V teh pripravkih ima baker predvsem fungicidno vlogo, borove spojine pa insekticidno.

Obstajajo številne sestavine kot baker-etanolaminski pripravek, ki je primeren za zaščito konstrukcij na prostem in v stiku z zemljo.

Borove soli so insekticidne in v višjih koncentracijah tudi fungicidne. Les ščitijo tudi pred vremenskimi vplivi. So brez vonja, ne vplivajo na mehanske lastnosti in na naravno barvo lesa; povečajo pa protipožarno odpornost. Borove soli se slabše fiksirajo v les in se zato hitreje izpirajo. Primerne so predvsem za zaščito pokritih lesenih konstrukcij in ostrešij.

Organska zaščitna sredstva za les

Katransko olje – kreozot je najstarejše organsko sredstvo (že več kot 120 let) za zaščito lesa. Pridobivali so ga iz premoga pri proizvodnji koksa, pozneje pa z destilacijo nafte. Njegova uporaba je zaradi škodljivosti za zdravje človeka in okolja sedaj prepovedana. Kljub temu navedimo, da ga poznamo po neprijetnem vonju in temni barvi pri zaščiti (impregniranju) železniških pragov in električnih ter PTT-drogov, saj dobro zaščiti les v stiku z zemljo.

Prepovedani sta tudi verjetno največkrat uporabljeni spojini: naftna raztopina pentaklorofenola (PCP), ki je brezbarven in lindan (gama-heksaklorcikloheksan).

Pomembno zaščitno sredstvo so organokovinske spojine, in sicer: organokositrove, organobakrove, organoborove, organoaluminijeve ... Imajo dobre fungicidne in insekticidne lastnosti. Kot topilo se uporabljajo organska topila, za nekatere pa tudi voda.



Slika 284: Ostrešje zaščiteno pred insekti, trohnenjem in modrenjem (X)

Omenili bomo bakrov naftenat, ki je zelene barve in uničuje tudi termite. Od organokositrovih spojin je znan tributilkositrov oksid (TBTO).

Nadaljnji razvoj prinaša alkiamonijevo spojino (AAC) in razna okolju prijaznejša zaščitna sredstva (piretroidi, triazoli, karbamati, izatiazolini ...), ki imajo različna komercialna imena.

12.2.2 Premazi

V premazna sredstva uvrščamo:

- lake in
- lazure.

12.2.2.1 Laki

Laki so obravnavani v poglavju 10.3.4. V preteklosti so jih veliko uporabljali za zaščito lesenih elementov, ki so delno izpostavljeni vremenskim pogojem (okna, zunanja vrata, balkonske ograje ...), vendar je zaščita z laki manj primerna. Zaščitni sloj (film) prej ali slej razpoka (zaradi vremenskih vplivov, delovanja lesa, staranja premaza ...). Skozi razpoke v les vdre voda, les se navlaži, težko pa se posuši. Vлага (vodna para) v lesu prehaja na spodnjo stran zaščitnega filma laka in izvaja pritisk, kar povzroči odstopanje premaza od podlage, zato je potrebno premaz obnoviti. Pred nanašanjem obnovitvenega sloja laka se mora star nanos popolnoma odstraniti, kar pa zahteva precej dela in težav.

Pri zaščiti lesa razlikujemo:

- brezbarvni lak in
- pokrivni (barvni) lak.

Brezbarvni lak

Brezbarvni laki niso pigmentirani oziroma obarvani. Na lesu naredijo film, ki ščiti površino, lepa tekstura lesa pa je po premazovanju vidna. Če so izdelki izpostavljeni sončnem sevanju (UV-sevanje), žarki prodrejo skozi premaz, ga starajo in razkrajajo površino lesa.

Pokrivni lak

Pokrivni laki (emajli) vsebujejo obarvane pigmente in popolnoma prekrijejo teksturo lesa – obarvajo površino. Les je bolje zaščiten s pokrivnim slojem zaradi pigmentov. V primerjavi z brezbarvnimi laki ima nekaj trajnejšo zaščito. Priporoča se uporaba svetlejših barv lakov, na primer osončena bela površina doseže temperaturo 40 °C, črna pa 80 °C.



Slika 285: Pokrivni lak – propade (M. G.)

Lazure

Lazure poznamo iz pogavja 10.3.4.5. Uporabljajo se za zaščito lesa, ki je izpostavljen vremenskim vplivom: stavbno in vrtno pohištvo, lesne konstrukcije, opaži, podi, ograje ...

Preden je lazura izrabljena ali poškodovana jo moramo obnoviti. Vremenskim vplivom ne sme biti izpostavljena gola površina lesa.



Slika 286: Obnova površine, premazane z lazuro (U. G.)

12.2.3 Nanašanje zaščitnih sredstev

Pred nanašanjem zaščitnih sredstev naj bo les primerno pripravljen (predvsem gladka in čista površina, ustrezna vlažnost). Pri nanašanju upoštevamo navodila proizvajalca zaščitnih sredstev (način nanašanja, količina nanosa, čas sušenja posameznega sloja ...).

Postopki nanašanja so:

- **globinsko impregniranje** (vedno industrijsko),
- **potapljanje, oblikanje,**
- **brizganje, mazanje.**

Globinska impregnacija poteka pod tlakom in vakuumom v posebnih kotlih, zato zaščitno sredstvo prodre v globino in trajno zaščiti les. Impregniramo s kemijskimi zaščitnimi sredstvi (biocidi), torej les zaščitimo le pred napadom bioloških škodljivcev (glive, insekti ...). Za učinkovito zaščito gradbenega lesa in za razne izdelke na prostem je impregniranje nujno.



a) površinska

b) globoka

c) popolna

Slika 287: Globine penetracije zaščitnega sredstva v les (Z. S.)

Potapljamo v koritih. Les se v impregnacijo potopi v celoti. Potapljanje lahko traja nekaj minut, več ur ali dni. Sredstvo prodre v les 1 mm in več kot 1 cm globoko, kar je odvisno od časa potopitve in vrste lesa oziroma njegove permeabilnosti (prevodnosti).

Pri premazovanju s čopičem, z valjčkom ali brizganjem les impregniramo do okoli 1 mm globoko. Glede na način nanašanja navadno izberemo površinske premaze (lake, pokrivne barve ali lazure). Impregnacije, ki vsebujejo biocide, običajno nanašamo s čopiči ali z valjčki.

12.2.4 Izбира zaščitnih sredstev – sistemi zaščite

Izbira zaščitnega sredstva je odvisna od izpostavljenosti lesa in od zelenega videza površine (lazura, lak ali pokriven premaz).

Evropski razrede izpostavitve lesa glede na mesto uporabe že poznamo (poglavje 4.5.3). V nadaljevanju bomo navedli ustrezen sistem zaščite:

I. Sistem zaščite:

- lazura ali
- temeljni premaz za les + pokrivni lak.

Zaščita je primerna za razred izpostavitve I.

Les se nahaja v suhih prostorih (pohištvo, opaž). Lesenih elementov ni potrebno impregnirati, ogrožajo jih samo insekti. Površinski premaz ščiti površino pred različni vplivi in jo lahko dekorativno obarva.

II. Sistem zaščite:

- impregnacija z biocidi + lazura ali
- (impregnacija z biocidi) + temeljni premaz za les + pokrivna barva.

Uporablja se za razred izpostavitve II.

Vremensko izpostavljen les (pokrit), ki ni v stiku z zemljo. Les je zaščiten pred stalnim navlaževanjem (na primer napušči, ostrešja, stavbno pohištvo). Zadostuje samo kemijska zaščita pred insekti.

III. Sistem zaščite:

- impregnacija z biocidi + temeljni premaz za les + lazura (pokrivna barva).

Primerna za razred izpostavitve III.

Les je na prostem, vendar ni v stiku z zemljo (ograje vrtov, balkonske ograje, vrtno pohištvo). Lahko se za dalj časa navlaži preko 20 %. V tem primeru uporabimo impregnacijo, ki les ščiti pred modrenjem, trohnenjem in insekti. Uspešna je tudi globinska impregnacija, ki pa ni dekorativna.

IV. Sistem zaščite:

- globinsko (vakuumsko) impregniranje.

Priporoča se za razred izpostavitve IV.

Les je izpostavljen vremenskim pogojem in je v stalnem stiku z zemljo (steber, zabit v zemljo, prag), vlažnost je stalno nad 20 %. V teh pogojih les ogrožajo vsi škodljivci, je najbolj podvržen propadanju, zato je priporočena zaščita s kemičnimi sredstvi.

12.2.4.1 Sanacijska zaščita

Sanacijski (kurativni, represivni) ukrepi pomenijo uničevanje lesnih škodljivcev (insekti, glive trohnikovke, modrivke ...), ki so že v lesu. Uničimo jih s posebnimi impregnacijami (biocidi), ki so namenjene uničevanju določene vrste škodljivca. Če škodljivci (glive, modrivke) niso prodrli globlje v les, zadostuje premazovanje. Pri tem s sredstvom temeljito zapolnimo tudi razpoke lesa.

Enostaven način vnašanja zaščitnega sredstva v les je skozi izvrtine. Izvrtine izvrtamo v napaden les ter jih napolnimo s sredstvom. Lahko uporabimo tudi injekcijske brizgalke. Način je primeren za zatiranje insektov, na primer hišnega kozlička v gradbenem lesu.

Za ohranjanje predmetov kulturne dediščine ima prednost nekemična represivna zaščita. Predmet postavimo v neprodušno zaprto komoro, kjer ni zraka. Škodljivci nimajo kisika za življenje in propadejo. Uporabljamo tudi segrevanje ali zmrzovanje lesa, izpostavitvev podtlaku ali nadtlaku, obdelavo z mikrovalovi, gama žarki, rentgenskimi žarki ...

12.2.5 Protipožarna zaščita lesa

Les spada med lahko gorljive materiale. Slabo prevaja toploto. V notranjosti posebej debelejšega lesa je segrevanje počasnejše. V začetni fazi gorenja na površini nastane plast oglja, ki ima izolativne lastnosti in ščiti notranjost lesa. Lese ni deli konstrukcij med gorenjem tako ostanejo dalj časa nosilni in stabilni. Gorenje konstruk-

cije je počasnejše, enakomerno in predvidljivo, kar omogoča nadzor.

Protipožarni ukrepi, podobno kot pri zaščiti lesa, zajemajo:

- konstrukcijske rešitve (naravni ukrepi) in
- zaščito s kemičnimi sredstvi.

Konstrukcijski ukrepi so vgraditev lesa, ki se težje vname in ima večje dimenzije. Les mora biti odmaknjen od vira toplote, lahko ga tudi obložimo s protipožarnimi oblogami.

Gorljivost lesa smo obravnavali v poglavju 4.3.1.

12.2.5.1 Kemična sredstva za zaščito lesa proti gorenju

Protipožarne kemikalije (antipireni) so vedno preprečevalne (preventivne). Z njimi les postane precej težje gorljiv in upočasni se širjenje požara, samega gorenja pa ne preprečijo. Protipožarna sredstva so v preglednici 37.

Preglednica 37: Protipožarna sredstva

Protipožarna sredstva		
Po sestavi	Po načinu delovanja	Po nanosu
- anorganska	- nenabrekajoča	- kotelski postopek
- organska	- nabrekajoča	- premazovanje

Anorganska sredstva vsebujejo amonijeve soli, fosfate, borate in tudi druge anorganske snovi, ki učinkovito zaščitijo les. Vodotopne soli učinkujejo tudi proti biološkemu škodljivcu, vendar niso odporne proti izpiranju. Sredstva vnašamo v les s kotelskimi postopki impregnacije, redkeje ročno.

Organska sredstva so po sestavi različne amino smole, z dodanimi organskimi komponentami. V primerjavi z anorganskimi so manj učinkovite, se pa težje izpirajo. Površina lesa je lepša. Lahko se oplemeniti z nanosom različnih dekorativnih premazov.

Nenabrekajoča sredstva so v obliki impregnacij in pri povišani temperaturi zmanjšujejo gorljivost lesa.

Nabrekajoča sredstva pri povišani temperaturi tvorijo debelo izolativno peno (ekspandirajo). Tako ščitijo les pred povišano temperaturo ter gorenjem.

Sredstva proti gorenju, skladno s predpisi, največ uporabljamo pri zaščiti lesa v javnih stavbah. Protipožarni elementi (vrata, okna, predelne stene ...) morajo imati atest o njihovi učinkovitosti.

Na sliki 288 vidimo lesena vrata med testiranjem požarne odpornosti v Požarnem laboratoriju Zavoda za gradbeništvo Slovenije. Obstaja več razredov požarne odpornosti. Minimalna odpornost je, da vrata zdržijo (zadržijo ogenj v prostoru) 30 min pri temperaturi 180 °C.



Slika 288: Testiranje protipožarnih vrat (X)

12.2.6 Varna uporaba zaščitnih sredstev

Za pravilno in varno uporabo zaščitnih sredstev vedno upoštevamo navodila proizvajalcev. Pri uporabi biocidnih zaščitnih pripravkov se moramo zaščititi z: zaščitnim oblačilom, zaščitno masko za dihala, rokavicami, očali (pri brizganju).

Sredstva skladiščimo v originalni embalaži in v prostoru, ki ni dostopen nepooblaščenim osebam. Ostanki premazov in prazna embalaža spadajo med nevarne odpadke. Smemo jih odložiti samo v občinskem zbirnem centru za odpadke.

Pri delu v notranjih prostorih je potrebno prezračevanje. Uživanje hrane ter pijače v tem prostoru ni dovoljeno. Šele po preteku časa, ki je potreben, da organska topila izhlapijo, je prostor varen. V primeru slabosti, glavobola ... gremo takoj na svež zrak pa tudi k zdravniku. Po delu se preoblečemo, temeljito umijemo roke, obraz ... Poznati moramo tudi dokumentacijo, ki spremlja pripravke in znake, ki so na embalaži.

Znaki za nevarne lastnosti izdelkov

Izdelki (pripravki), ki vsebujejo nevarne kemikalije, morajo biti označeni z znaki ali s stavki/besedami, ki opozorijo na nevarnost pripravkov za zaščito lesa:

a) smrtno nevarno/zelo strupeno Izdelek (kemikalija) lahko povzroči smrt, če jo zaužijemo ali vdihavamo. Če jo uporabljamo brez ustrezne zaščite, močno poškoduje kožo.	
b) škodljivo/dražljivo Kemikalija draži oči, kožo, dihala. Če pride v prebavni trakt, lahko draži ali celo razje sluznico, ima narkotične učinke.	
c) jedko Kemikalija povzroči razjede na koži in hude poškodbe oči.	
č) različni škodljivi vplivi na zdravje Opozarja na več različnih nevarnosti, na primer: nevarnost pri vdihavanju snovi, mutagenost, rakotvornost, povzroča alergije in drugo.	
d) nevarno za okolje Izdelki vsebujejo kemikalije, ki ogrožajo žive organizme v vodi in na kopnem.	

e) eksplozivno V izdelku so kemikalije, ki lahko zaradi udarca ali trenja eksplodirajo.	
f) vnetljivo Izdelek vsebuje kemikalije, ki se, če so blizu toplotnega vira ali določene snovi, hitro vnamejo, oziroma kemikalije, ki v stiku z vodo ali drugo kemikalijo sproščajo pline.	
g) oksidativno Fizikalna lastnost pripravka, da se lahko v stiku s kisikom oziroma zrakom vžge.	

Slika 289: Znaki za nevarne snovi (X)

Naloge:

- Izberite in skicirajte ali fotografirajte lesen objekt in opredelite zaščito lesa:
 - predvidite preprečevalne ukrepe in
 - naknadne (represivne) ukrepe. Izberite kemijska zaščitna sredstva (navodila o sredstvih pridobite v prodajalni ali na spletu), način nanosa, čas obnavljanja ...
- Določite in opišite postopek nanosa zaščitnega sredstva za les, izpostavljen vremenskim vplivom.

13. SUŠENJE LESA

Sušenje je proces izhajanja vode (vlage) iz lesa, zato se vlažnost lesa zmanjša.

Po poseku drevo vsebuje veliko vode in les moramo osušiti. S sušenjem dosežemo veliko izboljšanje lastnosti prevlažnega lesa:

- krčenje se konča pred predelavo in uporabo lesa,
- izboljšajo se mehanske lastnosti (trdota, trdnost),
- zaščiti se proti delovanju gliv,
- zmanjša se njegova masa,
- omogočijo se mehanska obdelava, lepljenje in površinska obdelava,
- poveča se kalorična vrednost lesa,
- spremenijo se toplotne, električne in akustične lastnosti lesa.

Les v svojih prazninah vedno vsebuje določeno količino vode, ki je odvisna od vlažnosti in temperature okolnega zraka (pojav higroskopičnosti). Vlažnost lesa se lahko hitro spremeni, če se spremeni klima zraka oziroma se lahko posušen les ponovno navlaži.

Les posušimo na vlažnost (ravnovesna vlažnost), ki ustreza klimi prostora, v katerem se bo nahajal (sobno pohištvo, okna, vrtno pohištvo). Nepravilna vlažnost je glavni vzrok slabe kakovosti izdelkov iz lesa.

Na prostem lahko posušimo les na okoli 15 % vlažnost (v suhem toplem poletju do 12 %), vendar traja dalj časa. Osušitev lesa na zahtevano nižjo vlažnost pa je možna samo v sušilnicah.

Na sušenje lesa vpliva veliko dejavnikov, zato ga ne moremo povsem natančno uravnavati, traja dalj časa, zanj pri tehničnem sušenju porabimo veliko toplotne in električne energije. Nepravilno sušenje (pojav napak) povzroči večjo materialno škodo, posebej kadar naenkrat sušimo velike količine lesa.

Osnovni vrsti sušenja lesa sta:

- sušenje na prostem (naravno) in v lopah,
- tehnično sušenje v sušilnicah.

Postopki sušenja lesa

Sušenje na prostem (naravno) in v lopah

Tehnično sušenje v sušilnicah:

- konvencionalno sušenje lesa (sušenje z izmenjavo zraka),
- kondenzacijsko sušenje,
- vakumsko sušenje,
- sušenje z visoko frekvenco,
- posebni postopki sušenja.

13.1 Veličine zraka pri sušenju

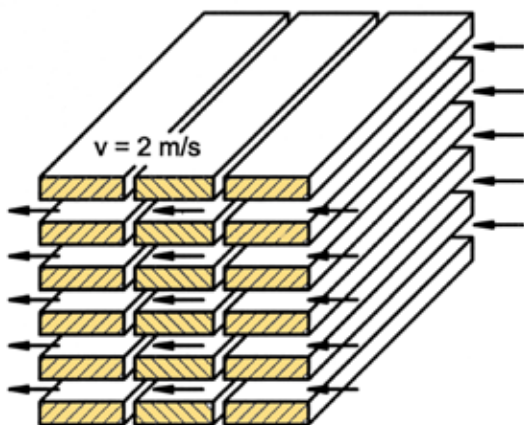
Pri vseh načinih sušenja je pomemben dejavnik zrak. Zrak je sestavljen iz kisika (21 %), dušika (78 %), žlahtnih in lahkih plinov (1 %). Takšen zrak je absolutno suh. Zrak v naravi vedno vsebuje določeno količino vodnih par. Gostota zraka je $1,29 \text{ kg/m}^3$ – pri normalnih pogojih: temperatura zraka 0°C in tlak 1013 hPa ($1,013 \text{ bara}$).

Vlažnost zraka se v okolju stalno spreminja, kar vpliva na vlažnost lesa, saj je les higroskopičen. Za sušenje so pomembne naslednje veličine stanja zraka:

- temperatura,
- relativna vlažnost in
- hitrost.

Navedene veličine imenujemo tudi (sušilna) **klima zraka**. Opredelijo lastnosti zraka in jih moramo dobro poznati.

Pri sušenju lesa zrak oddaja lesu toploto (segreva les); iz lesa pa sprejema vlago, ki izhlapeva s površine, in jo odstrani.



Slika 290: Gibanje zraka skozi letvičen zložaj (8.: 14)

Veličine zraka moramo meriti (ugotoviti dejansko vrednost), da jih lahko uravnavamo (spreminjamo) po vnaprej določenih vrednostih (režimu sušenja).

Merimo jih lahko pri vходу zraka v zložaj ali na izhodu zraka iz zložaja (slika 290). Zrak se pri gibanju skozi zložaj ohladi, navlaži in izgubi nekaj hitrosti. Na izhodni strani zložaja torej izmerimo najmanjše vrednosti klime zraka.

Vsi merilni instrumenti v sušilnici morajo biti zaščiteni, da nanje ne padajo kapljice kondenziranih hlapov zraka.

13.1.1 Temperatura zraka

Temperatura (T) je mera za toplotno stanje telesa (zraka) in jo merimo kelvinih (K) ali stopinjah Celzija ($^{\circ}\text{C}$). Sušenje lesa je hitrejše, če je temperatura zraka in s tem temperatura lesa višja. V običajnih sušilnicah je temperatura 40–100 $^{\circ}\text{C}$. Zrak, ki se segreje, postane lažji in se dviga, na njegovo mesto pa prihaja težji hladnejši zrak – nastopi naravna izmenjava zraka.

Merjenje temperature

Pri spremembi toplotnega stanja se pri telesih spreminjajo njihove lastnosti, na primer dimenzije ali električne veličine, kar uporabljamo za merjenje temperature.

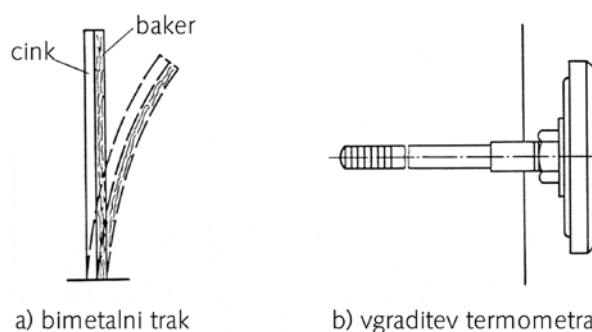
Pri sušenju lesa merimo temperaturo vsaj na 1 $^{\circ}\text{C}$ natančno.

Pri direktnem merjenju temperature v sušilnici uporabljamo živosrebrni ali bimetalni termometer.

Živosrebrni termometer ima zaprto stekleno cev, v kateri je živo srebro, ki se pri segrevanju hitro in enakomerno razteza.

Bimetalni termometer

Bimetalni termometer oziroma trak je sestavljen iz dveh kovin z različno razteznostjo, ki sta spojeni po dolžini. Pri segrevanju se ena kovina bolj raztegne kot druga in trak se ukrivi. Velikosti ukrivitve ustreza določena temperatura, na kar umerimo temperaturno skalo.



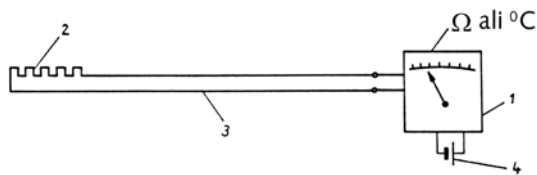
Slika 291: Bimetalni termometer (8.: 15)

Daljinski termometri

Temeljijo na merjenju električnih lastnosti tipala. Tipalo je v sušilnici, kazalni instrument pa na poljubni razdalji izven nje. Običajno so povezani z napravo za avtomatsko regulacijo temperature in vodenje sušenja lesa. Daljinski termometri so električni uporovni termometer, termoelementi, termistorji.

Električni uporovni termometer

Pri električnem uporovnem termometru je merilno tipalo iz niklja ali platine. Tipalu se električni upor menja linearno s temperaturo, na primer pri 0 $^{\circ}\text{C}$ = 100 Ω , pri 100 $^{\circ}\text{C}$ = 138,5 Ω . To spremembo upora registrira galvanometer, ki je umerjen s temperaturno skalo.



- 1 - kazalni inštrument (galvanometer)
- 2 - merilno tipalo (upor)
- 3 - električni vodnik (poljubne dolžine)
- 4 - izvor električne energije (6–24 V)

Slika 292: Električni uporovni termometer (8.: 16)

13.1.2 Zračna vlažnost

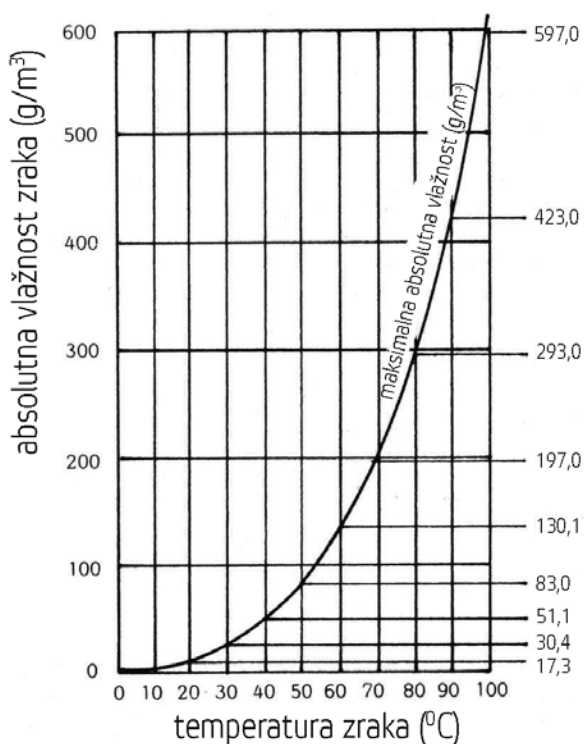
V atmosferskem zraku so vodni hlapi (pare), saj je zrak vedno vlažen. Vlažnost zraka se spreminja in bistveno vpliva na lastnosti zraka.

Vlažnost zraka lahko izrazimo tako, da ugotovimo, koliko vodne pare v gramih (g) je v 1 kubičnem metru (m^3) vlažnega zraka. Navedena vrednost (g/m^3) je delna gostota vodne pare v zraku, ki jo tudi imenujemo absolutna vlažnost zraka. Razlikujemo:

- maksimalno absolutno vlažnost a_s (g/m^3) in
- dejansko absolutno vlažnost a (g/m^3).

Maksimalno absolutno zračno vlažnost (a_s) ima zrak, ki v določenem prostoru in pri določeni temperaturi vsebuje največjo možno količino vodnih par. Zrak je nasičen in sušenje ni možno.

Maksimalna vlažnost zraka je zelo odvisna od temperature; čim višja je temperatura zraka, tem več vodne pare zrak lahko sprejme (preglednica 38 in slika 293).



Slika 293: Prikaz maksimalne absolutne vlažnosti zraka glede na njegovo temperaturo (23.: 149)

Iz preglednice in diagrama je razvidno, da sposobnost zraka za sprejemanje vlage skokovito narašča z višanjem temperature.

Dejansko absolutno zračno vlažnost (a) ima zrak, ki pri določeni temperaturi in prostornini še lahko sprejme vodne hlape. Takšen zrak je nenasičen, postane pa tudi lažji, saj so hlapi lažji od samega suhega zraka.

Če zrak ohlajamo, se mu manjša kapaciteta za vodno paro, pri določeni temperaturi (**rosišče**) pa postane nasičen. Pri nadaljnji ohladitvi se začneja vodna para izločati v obliki kapljic (kondenzirati). Pri ponovnem segrevanju zrak postane nenasičen.

Preglednica 38: Temperatura nasičenosti (rosišče) in maksimalna absolutna vlažnost zraka

T (°C)	-10	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
a_s (g/m^3)	2,2	4,9	9,4	17,3	30,4	51,1	83,0	130,1	197,0	293,0	423,0	597,0

Primer:

Nasičen zrak prostornine 1 m^3 s temperaturo 30°C ohladimo na 10°C . Koliko vode se izloči? V preglednici 38 odčitamo, da 1 m^3 nasičenega zraka pri temperaturi 30°C vsebuje $30,4 \text{ g}$ vodnih par, zrak s temperaturo 10°C pa $9,4 \text{ g/m}^3$. Izračun za izločeno (kondenzirano) vodo je $30,4 \text{ g/m}^3 - 9,4 \text{ g/m}^3 = 21 \text{ g/m}^3$.

Absolutna vlažnost pomaga razumeti, pojasniti pojave, vendar pa vlažnost zraka opredeli relativna zračna vlažnost.

13.1.2.1 Relativna zračna vlažnost

Relativna zračna vlažnost (φ) podaja nasičenost zraka v odstotkih. Relativna vlažnost je razmerje med dejansko absolutno vlažnostjo a in maksimalno vlažnostjo a_s .

$$\varphi(\%) = \frac{a}{a_s} 100$$

$a_s (\text{g/m}^3)$ maksimalna absolutna vlažnost

$a (\text{g/m}^3)$ dejanska absolutna vlažnost

Kadar je dejanska absolutna vlažnost enaka maksimalni, je relativna vlažnost 100% , zrak je nasičen (temperatura in prostornina sta konstantna) in izhlapevanje (sušenje) ni možno.

Relativna vlažnost, manjša od 100% , pa pomeni, da je zrak nenasičen in je sušenje možno.

Če zraku zvišamo temperaturo, se relativna vlažnost zraka zmanjša, saj lahko sprejme več vodne pare.

Za vsako temperaturo obstaja točka, pri kateri zrak ne more več sprejemati vlažnosti ($\varphi = 100\%$). To točko označujemo kot točko nasičenosti ali rosišče. Od tu dalje se pri ohladitvi zračna vlaga delno kondenzira (nastane rosa, megla).

Primer 1:

Zrak temperature 40°C ima dejansko absolutno vlažnost $a = 25 \text{ g/m}^3$. Izračunajmo relativno zračno vlažnost.

Maksimalno vlažnost: $a_s = 51,1 \text{ g/m}^3$, odčitamo iz preglednice 38.

Relativna vlažnost zraka:

$$\varphi = \frac{a}{a_s} 100 = \frac{25 \text{ g/m}^3}{51,1 \text{ g/m}^3} 100\% = 49\%$$

Primer 2:

Nasičen zrak s temperaturo 20°C segrejemo na temperaturo 30°C .

Kolikšna je relativna vlažnost segretega zraka?

Odčitamo (preglednica 38):

Pri 20°C ima nasičen zrak maksimalno absolutno vlažnost $17,3 \text{ g/m}^3$, pri segrevanju pa ta količina vodnih par ostane nespremenjena (postane dejanska absolutna vlažnost), zrak temperature 30°C pa ima maksimalno absolutno vlažnost $30,4 \text{ g/m}^3$.

Relativna vlažnost:

$$\varphi = \frac{a}{a_s} 100 = \frac{17,3 \text{ g/m}^3}{30,4 \text{ g/m}^3} 100\% = 57\%$$

Nasičeni zrak (100%) se je osušil na 57% vlažnost.

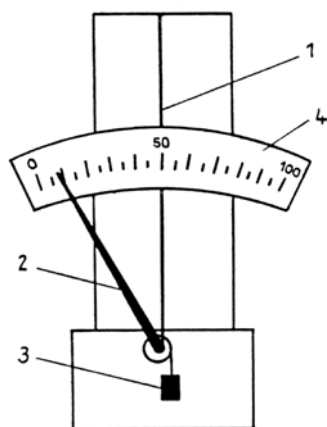
13.1.2.2 Merjenje relativne zračne vlažnosti

Relativno vlažnost merimo:

- s higrometrom,
- s psihrometrom,
- z daljinskim psihrometrom.

Higrometer

Higrometer deluje na osnovi krčenja in raztezanja las pri spremembi vlage v zraku. Lasje se pri višji vlagi v zraku raztezajo in pri nižji krčijo, kar izkoristimo za merjenje relativne zračne vlažnosti.



- 1 - nekaj las (povezani s kazalcem)
- 2 - kazalec
- 3 - utež (na niti)
- 4 - skala relativne vlažnosti zraka v %

Slika 294: Higrometer (8.: 17)

Lase je potrebno razmastiti in v uporabi večkrat navlažiti (regenerirati), kar naredimo tako, da higrometer zavijemo v mokro krpo in po 10 minutah mora kazati relativno vlago 97 %. Če ne kaže te vrednosti, se kazalec nastavi na to vrednost. Higrometer se ne more uporabljati pri višjih temperaturah kot 60 °C, zato se v sušilnicah ne uporablja. Uporabljajo pa se higrometri v delavniških prostorih, skladiščih lesa in podobno. Relativno vlažnost zraka odčitamo iz diagrama na sliki 78.

Termohigrograf imenujemo inštrument, ki zapiše na registrirni valj temperaturo in relativno zračno vlažnost. Registrirni valj poganja ura.

Psihrometer

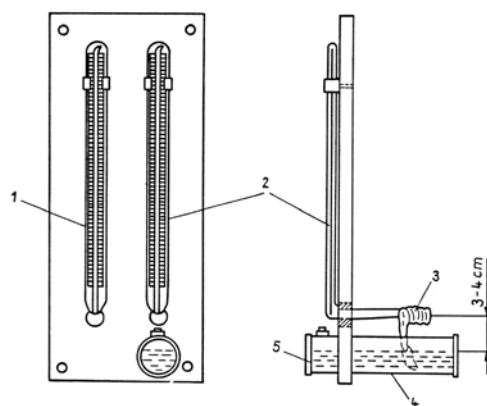
Psihrometer se sestoji iz dveh enakih termometrov. Bučka (tipalo) desnega termometra je ovita z bombažno krpico, ki je namočena v destilirano vodo in stalno moči bučko termometra.

Suhi termometer kaže temperaturo zraka T v prostoru, vlažni termometer kaže t. i. vlažno (moko) temperaturo T_v , ki je manjša od suhe, ker voda okoli bučke vlažnega termometra

izhlapeva in za izhlapevanje porablja toploto.

Razliko temperatur ($T - T_v$) imenujemo psihrometrška razlika (diferenca), ki je večja, če je zrak suh in je izhlapevanje večje, in obratno, če je zrak vlažnejši, je razlika manjša. Pri nasičenem zraku oba termometra kažeta enako, ker ni izhlapevanja vode, in to pomeni 100 % relativno vlažnost.

Iz izmerjenih temperatur odčitamo relativno vlažnost zraka iz splošnih psihrometrskih preglednic ali diagramov. V lesarstvu je tem diagramom in preglednicam dodana še lesna ravnovesna vlažnost lesa, ki je odločilnega pomena pri sušenju. Diagrami in preglednice so podani v poglavju 13.5.3.



- 1 - suhi termometer
- 2 - mokri termometer
- 3 - bombažna tkanina
- 4 - posoda z destilirano vodo
- 5 - kontrolno steklo

Slika 295: Psihrometer sušilnice (8.: 18)

Pri mokrem termometru mora voda izhlapevati, zato se mora prek tipala gibati zrak s hitrostjo vsaj 2 m/s, kar se v sušilnici doseže s pravilno postavitvijo psihrometra.

Psihrometer v sušilnici je nameščen nekje 100–150 mm od zida pri vhodu zraka v skladovnico. Prek mokrega termometra se torej giblje zrak, vlaga lahko izhlapeva in merjenje je pravilno.

Vsak dan je potrebno kontrolirati nivo destilirane vode in bombažasto tkanino, da prepušča

vodo. Pogosto je potrebno krpico oprati ali zamenjati. Če snamemo krpico, morata oba termometra kazati enako temperaturo, oziroma dovoljena razlika je največ 1 °C. Nad psihihrometrom namestimo pokrov, da je zaščiten pred kapljami kondenzirane vode.

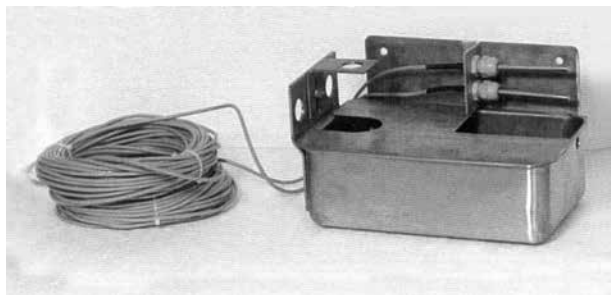
Za merjenje v običajnem prostoru se uporablja **Assmanov (aspiracijski) psihihrometer**, ki ima majhen ventilator na vzmet ali elektromotor. Ventilatorček sesa zrak skozi obe cevi, v katerih sta suhi in mokri termometer. Približno po treh minutah odčitamo temperaturi, relativno vlažnost pa določimo iz psihihrometrskega diagrama.

Daljinski psihihrometer

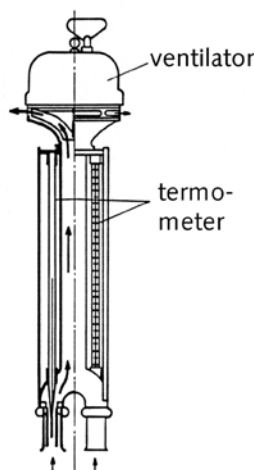
Pri avtomatski regulacije klime zraka uporabljamo daljinski psihihrometer, ki ga sestavljata dva daljinska električna uporovna termometra. Tipali termometra sta v sušilnici, temperaturo pa odčitamo na krmilni plošči sušilnice. Na sliki 296a ni prikazano, da mora biti spodnje tipalo (vlažni termometer) ovito z bombažno krpo, ki je namočena v posodo z destilirano vodo.

Kapacitivni psihihrometer

Kapacitivni vlagomer ima za tipalo kondenzator, ki ima med elektrodama tanek sloj higroskopičnega dielektrika, ki se navlaži glede na zrak, ki ga obdaja. Relativno vlažnost zraka direktno odčitamo.



a) daljinski psihihrometer



b) Assmanov psihihrometer

Slika 296: Psihihrometer (8.: 21)

13.1.3 Hitrost zraka

V klimo sušenja spada poleg temperature in relativne vlažnosti tudi hitrost gibanja zraka. Gibanje zraka v sušilnici zagotavljajo ventilatorji. Pri sušenju na prostem gibanje zraka skozi skladovnico nastane zaradi spremembe njegove teže zaradi segrevanja in sprejema vlage, povzroči ga tudi veter. Hitrost zraka ima velik vpliv na izhlapevanje vode s površine lesa. Zrak mora praviloma odstranjevati vlago s površine s takšno hitrostjo, s kakršno prihaja vlaga iz notranjosti lesa na površino, da je gibanje vlage nemoteno. Pri manjši hitrosti se vlaga ne bi odstranjevala in les bi se sušil počasi. Pri večji hitrosti pa se površina preveč osuši, kar povzroči napake lesa. Torej pri zelo vlažnem lesu in pri lesu, kjer vlaga lahko izhaja (na primer tanki sortimenti iglavcev), ima hitrost zraka velik vpliv in je smotrno, da je večja.

Običajna hitrost zraka v sušilnicah je konstantna in znaša 2 m/s oziroma 1,5–4 m/s pri prečnem kroženju zraka skozi zložaj (skladovnico). Za orientacijo nam služi vrednost 1 m/s hitrosti zraka za vsak meter širine skladovnice. Pri vzdolžnem kroženju zraka skozi skladovnico pa je hitrost večja, 4–8 m/s. Čim hitreje zrak kroži, tem večja je poraba energije.

Zrak se prečno giblje med deskami skozi zložaj lesa (slika 290). Pri manjši hitrosti je gibanje zraka laminarno, na sredini toka je najhitrejše, na površini lesa pa tok zraka zastaja. Vlaga iz površine lesa se hitreje odvaja, če je gibanje zraka turbulentno (zvrtničeno). Turbolentno gibanje zraka je zapleten pojav. Nastopi pri večji hitrosti. Odvisno je od zlaganja desk (razmiki med posameznimi deskami), menjanju smeri pretoka zraka skozi zložaj in podobno.

Merjenje hitrosti zraka

Hitrost zraka merimo z napravami, ki jih imenujemo anemometri. Meri se na več mestih v sušilnici pri izhodu zraka iz zložaja.

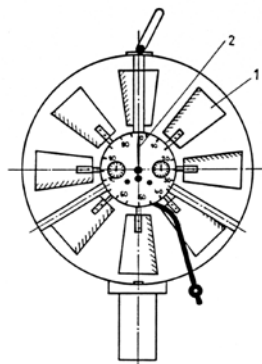
Za občasna merjenja hitrosti se uporabljata:

- krilni anemometer ali
- anemometer v obliki zavite cevi.

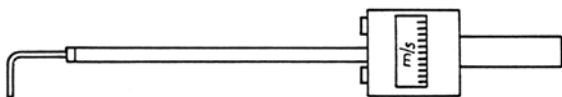
Za stalno merjenje hitrosti zraka v sušilnici pa se uporablja anemometer na žarilno nitko.

Krilni anemometer

Krilnega anemometra ne uporabljamo za merjenje hitrosti zraka med deskami v zložaju.



- 1 - propeler
2 - kazalec hitrosti
a) krilni anemometer



- b) anemometer v obliki zavite cevi
Slika 297: Anemometer (8.: 22)

Anemometer v obliki zavite cevi

Anemometer v obliki zavite cevi se uporablja za merjenje hitrosti zraka med deskami v zložaju. Zaviti del cevi postavimo med deske in na skali odčitamo hitrost zraka v m/s.

Anemometer na žarilno nitko

Anemometer na žarilno nitko se uporablja za stalno in daljinsko merjenje hitrosti zraka med deskami. Tipalo anemometra je električno ogrevana žica, ki se v odvisnosti od hitrosti zraka bolj ali manj hladi. Meri se upornost te žice, ki je odvisna od temperature, in hitrosti zraka, ki jo direktno odčitamo v m/s. Stalno merjenje je potrebno, če želimo uravnavati hitrost zraka med sušenjem.

13.2 Sušenje zraka

Zrak, s katerim sušimo les, se navlaži, ker sprejema vlago iz lesa, in postane nesposoben za sušenje. Zato zraku znižamo relativno vlažnost, da lahko zopet sprejema vlago iz lesa.

Sušimo ga na dva načina:

- z izmenjavo (mešanjem) zraka in gretjem in
- s kondenzacijo vodnih hlapov in gretjem.

13.2.1 Izmenjava in gretje zraka

Del toplega in vlažnega zraka v sušilnici izpuščimo po posebnih ceveh (zračnikih) na prosto. Na njegovo mesto dovajamo zunanji hladnejši zrak, ki ima nižjo dejansko absolutno vlažnost v g/m^3 (glejte preglednico 38). Mešanica zraka ima tako nižjo dejansko absolutno vlažnost in po gretju postane nenasičena.

Običajno so cevi za izmenjavo zraka v fazi sušenja nekoliko odprte, zrak se stalno izmenjuje in suši (recirkulacija zraka). Pomanjkljivost je v določeni izgubi toplote, ker izpuščamo na prosto segret zrak.

Sušenje zraka z izmenjavo bomo ponazorili s primerom:

1 m³ nasičenega zraka ($\varphi = 100\%$) ima temperaturo 60 °C. Polovico tega zraka nadomestimo z nasičenim zrakom temperature 20 °C. Obe polovici zraka se zmešata in ohladita, vendar zrak v sušilnici segrejemo na začetno temperaturo (60 °C).

Kolikšna je relativna vlažnost po izmenjavi zraka (mešanju) in gretju?

Maksimalno absolutno vlažnost (a_s) odčitamo iz preglednice 38.

$$\text{Mešanica zraka vsebuje: } a = \frac{a_s(60^\circ\text{C})}{2} + \frac{a_s(20^\circ\text{C})}{2} = \frac{130,1\text{ g/m}^3}{2} + \frac{17,3\text{ g/m}^3}{2} = 37,7\text{ g/m}^3$$

$$\text{Relativna vlažnost } \varphi = \frac{a}{a_s} 100 = \frac{37,7\text{ g/m}^3}{130,1\text{ g/m}^3} 100\% = 56,6\%$$

13.2.2 Kondenzacija vodnih par in gretje

Vlažen topel zrak v sušilnici ohladimo pod točko nasičenosti (rosišče), odvečni vodni hlapi se kondenzirajo in odtečejo iz sušilnice. Zrak ponovno segrejemo na temperaturo sušilnice. Tako postane bolj nenasičen. V sušilnici kroži stalno isti zrak.

Primer:

Nasičen zrak ($\varphi = 100\%$) temperature 40 °C ohladimo na 10 °C. Odvečna vlaga se kondenzira, razlika maksimalnih absolutnih vlažnosti je izločena voda iz zraka (kondenzat).

Iz preglednice 38 odčitamo maksimalni absolutni vlažnosti:

$$a_s(40^\circ\text{C}) = 51,1\text{ g/m}^3$$

$$a_s(10^\circ\text{C}) = 9,4\text{ g/m}^3$$

$$\text{Izločena voda} = 51,1\text{ g/m}^3 - 9,4\text{ g/m}^3 = 41,7\text{ g/m}^3.$$

Zrak temperature 10 °C ima torej maksimalno absolutno vlažnost $a_s = 9,4\text{ g/m}^3$. Ta zrak segrejemo nazaj na 40 °C, da postane nenasičen (sposoben sušenja), njegova relativna zračna vlažnost pa je:

$$\varphi(\%) = \frac{a}{a_s} 100 = \frac{9,4\text{ g/m}^3}{51,1\text{ g/m}^3} 100\% = 18,4\%$$

13.3 Vlaženje zraka

Če je zrak presuh, ga vlažimo tako, da brizgamo v zrak skozi posebne šobe vodo ali vodno paro. Vlažnost zraka se spremeni glede na sprejeto količino vode ali pare. Prva faza sušenja lesa je segrevanje zraka in lesa v sušilnici. Les se pri tem ne sme sušiti, zato je nujno intenzivno vlaženje zraka. Med sušenjem je vlaženje zraka in lesa potrebno tudi zaradi popraviljanja napak, izenačevanja vlažnosti lesa po debelini ...

Vlaženje s paro je učinkovito, ker se zrak zelo dobro meša s paro in se ne ohladi. Para je nasičena (mokra) z nadtlakom 0,1–0,5 bara, kar pomeni temperaturo 102–110 °C. Pri vlaženju s paro se lahko temperatura sušilnice dvigne nad dovoljeno. Temu se izognemo tako, da temperaturo pred začetkom vlaženja znižamo vsaj za približno 10 °C.

Vlažilnik na vodo razprši vodo v drobne kapljice, ki izhlapijo v zrak. Tlak mora biti 4–6 barov, da se voda razprši. Lahko brizgamo toplo vodo in s tem preprečimo ohladitev zraka in toplotne izgube. Vodo je potrebno mehčati, da se luknjice vlažilnika ne zamašijo zaradi nabiranja vodnega kamna. Paro ali vodo ne brizgamo direktno na les, ker to povzroči barvne madeže.

Primer:

1 m³ zraka ima pri temperaturi 60 °C relativno zračno vlažnost 45 %. Zrak je presuh, želimo ga navlažiti na 70 % relativno vlažnost. Koliko vode moramo dovesti?

Preglednica 38: a_s (60 °C) = 51,1 g/m³; dejanska absolutna vlažnost (a) pri temperaturi 60 °C je:

$$\varphi(\%) = \frac{a}{a_s} 100$$

$$a = \frac{\varphi \cdot a_s}{100} = \frac{45\% \cdot 51,1 \text{ g/m}^3}{100\%} = 23,0 \text{ g/m}^3$$

Pri relativni zračni vlažnosti 70 % ($T = 60$ °C) je dejanska absolutna vlažnost zraka:

$$a = \frac{\varphi \cdot a_s}{100} = \frac{70\% \cdot 51,1 \text{ g/m}^3}{100\%} = 35,8 \text{ g/m}^3$$

Dovesti moramo torej 35,8 g/m³ – 23,0 g/m³ = 12,8 g/m³.

13.4 Vpliv zgradbe lesa na sušenje

Zgradbo lesa smo spoznali v poglavju 3. Tukaj bomo poudarili samo njen vpliv na sušenje. V prilogi *Drevesne vrste* so pri vsaki vrsti lesa na kratko opisane njihove lastnosti pri sušenju.

Les iglavcev se lahko in hitro suši. Traheide imajo številne obokane piknje, ki omogočajo hitro prevajanje vode. Sušimo jih z višjo temperaturo oziroma z ostrejšim režimom. Nekaj težje se suši les, ki ima izrazito razliko v debelini celičnih sten med ranim in kasnim lesom.

Nekateri iglavci (smreka, bor, macesen) vsebujejo smolne kanale; smola pri sušenju lahko izteka, kar pa preprečimo z nižjo temperaturo sušenja.

Venčasto porozni listavci (hrast, jesen, brest, domači kostanj, robinija) se sušijo počasi in se pri tem močno krčijo. Traheje ranega lesa so velike, imajo zelo tanko celično steno. Večino lesa sestavljajo mehanski elementi, ki imajo debele celične stene in ne (slabo) prevajajo vode. Obstaja tudi večja nevarnost napak zaradi krčenja, spremembe barve in deformacije tankih celičnih sten trahej. Traheje so lahko zapolnjene s tilami (izrazito hrast). Zato so neprevodne, kar močno otežuje sušenje.

Raztreseno porozni listavci se lažje sušijo kot venčasto porozni. Traheje so manjše in številnejše, nahajajo se v ranem in kasnem lesu. Voda se prevaja po trahejah in ostalih elementih preko pikenj. Med raztreseno poroznimi vrstami so velike razlike:

- Bukev, gaber, javor, hruška, oreh imajo anatomske elemente z debelimi celičnimi stenami in se težje sušijo in bolj krčijo. V to skupino spada tudi večina tujih drevesnih vrst, ki se uporabljajo pri nas.
- Breza, jelša, lipa, topol imajo nižjo gostoto in so po lastnostih bližje iglavcem. Sušijo se lažje in hitreje, razen pri pojavu mokrih žepov (topol).

Pri listavcih imajo velik vpliv na sušenje tudi trakovi. **Trakovi** ločijo ostale vzdolžne elemente (potekajo med njim), zato les z izrazitimi trakovi pri sušenju rad poka (hrast, bukev, platana).

13.5 Vpliv lastnosti lesa na sušenje

- **Gostota lesa** ima velik vpliv na sušenje; čim večja je gostota, tem težje in počasneje se les suši. Les z večjo gostoto ima debelejša celična stena, skozi katere težko prehaja voda; obe-

nem vsebuje tudi več vezane vode (v kg), ki pa izhaja počasi, zato povzroča krčenje lesa ter s tem nevarnost pojava napak zaradi krčenja. Gostota ima torej odločilen vpliv na sušenje, čeprav je izhajanje vode iz lesa odvisno tudi od povezanosti votlega sistema v lesu in jedrovine.

- **Vlažnost lesa** – prosta ali kapilarna voda se nahaja v lumnih anatomskih elementov in ni vezana na celično steno, zato pri sušenju lahko in hitro izhaja iz lesa. Količina proste vode je odvisna od naloge lesa. Prevodna beljava vsebuje precej več proste vode kot jedrovina. Prosta voda težje izhaja pri vrstah, ki imajo tile. Vezana ali higroskopska voda je vpita v celične stene, zato počasi in težko izhaja. Nižji ko je odstotek vlažnosti, težje izhaja. Sušenje traja dalj časa, čim večja je razlika med začetno in končno vlažnostjo lesa.
- **Higroskopnost lesa**, ravnovesno vlažnost, histerezo, točko nasičenosti celičnih sten ... poznamo iz poglavja 4.2.4. V nadaljevanju bomo poudarili vsebino, pomembno za sušenje lesa.

13.5.1 Točka nasičenosti celičnih sten

Točka nasičenosti celičnih sten (TNCS) je pri sušenju lesa pomembna, saj se pod to točko začne higroskopnost lesa. Izhaja samo vezana voda, ki je s silami adsorpcije vezana v steno, zato izhaja počasneje, obenem pa potrebujemo več toplotne energije. Čim manj je vezane vode, tem

težje in dalj časa traja sušenje. Sušenje pod točko nasičenosti celičnih sten povzroči krčenje lesa in s tem nevarnost napak zaradi krčenja. Izboljšujejo pa se mehanske lastnosti lesa in lahko dvigamo temperaturo sušenja.

Pri sušenju nad točko nasičenosti celičnih sten ne smemo dvigniti začetne temperature sušenja, predvsem zaradi pojava kolapsa (vdora celičnih sten).

Pri sušenju bi morali upoštevati dejansko točko nasičenosti. Evropske vrste lesa razdelimo glede na točko nasičenosti celičnih sten na štiri skupine.

Preglednica 39: Točka nasičenosti celičnih sten

Skupina	Vrsta lesa	TNCS (%)
1	Raztreseno porozni listavci z neobarvano jedrovino: bukev, lipa, topol, breza, jelša in beljava vrst lesa v skupini 4.	32–35
2	Iglavci z neobarvano jedrovino: jelka, smreka in beljava iglavcev s črnjavo v skupini 3.	30–34
3	Iglavci s črnjavo in normalno količino smole: bor, macesen, duglazija.	26–28
4	Venčasto porozni listavci in polvenčasto porozni listavci, ki imajo črnjavo: hrast, jesen, domači kostanj, robinija, oreh, češnja.	22–25

13.5.2 Izločena masa vode pri sušenju

Med sušenjem les odda precejšnjo količino vode. Izračunamo jo po naslednji enačbi:

$$m_{H_2O} = \rho_o \cdot \frac{u_z - u_k}{100} \cdot V$$

m_{H_2O} (kg) masa vode, ki izide iz lesa

ρ_o (kg/m³) gostota absolutno suhega lesa

u_z (%) začetna vlažnost lesa

u_k (%) končna vlažnost lesa

V (m³) volumen lesa

Primer:

Koliko vode izide iz 2,5 m³ smrekovine, če se posuši s 60 % na 10 % vlažnost?

Gostota smreke: $\rho_0 = 430 \text{ kg/m}^3$ (preglednica 8)

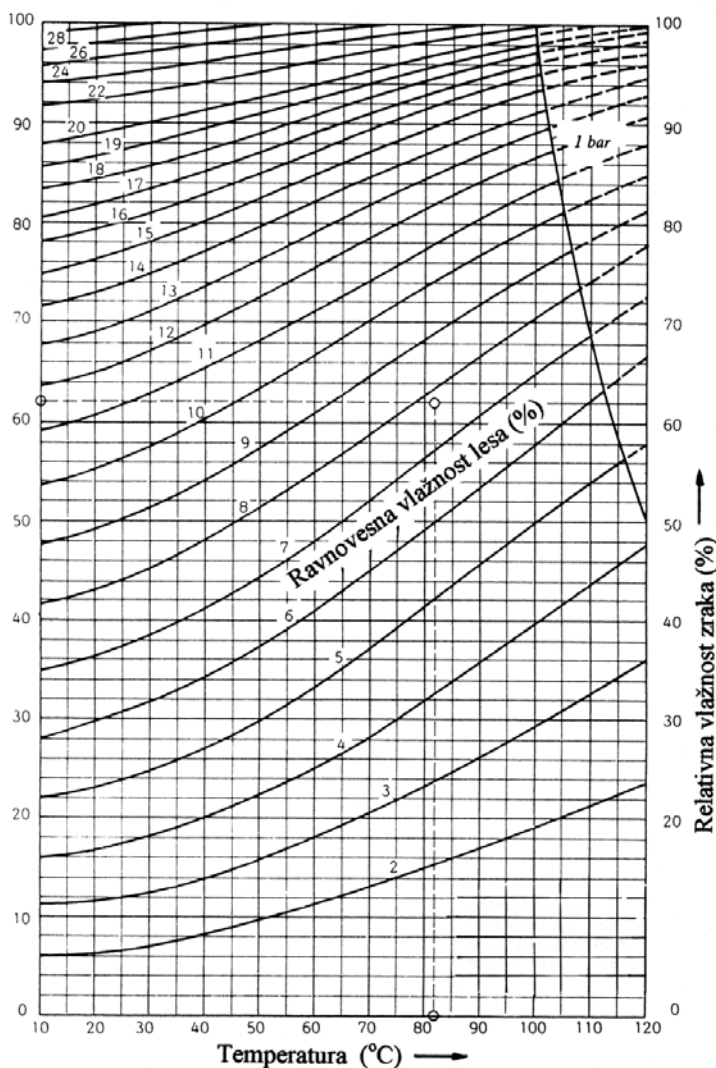
$$m_{H_2O} = \rho_0 \cdot \frac{u_z - u_k}{100} \cdot V = \frac{430 \text{ kg/m}^3 (60\% - 10\%) 2,5 \text{ m}^3}{100\%} = 537,5 \text{ kg}$$

13.5.3 Določanje ravnovesne vlažnosti lesa pri sušenju

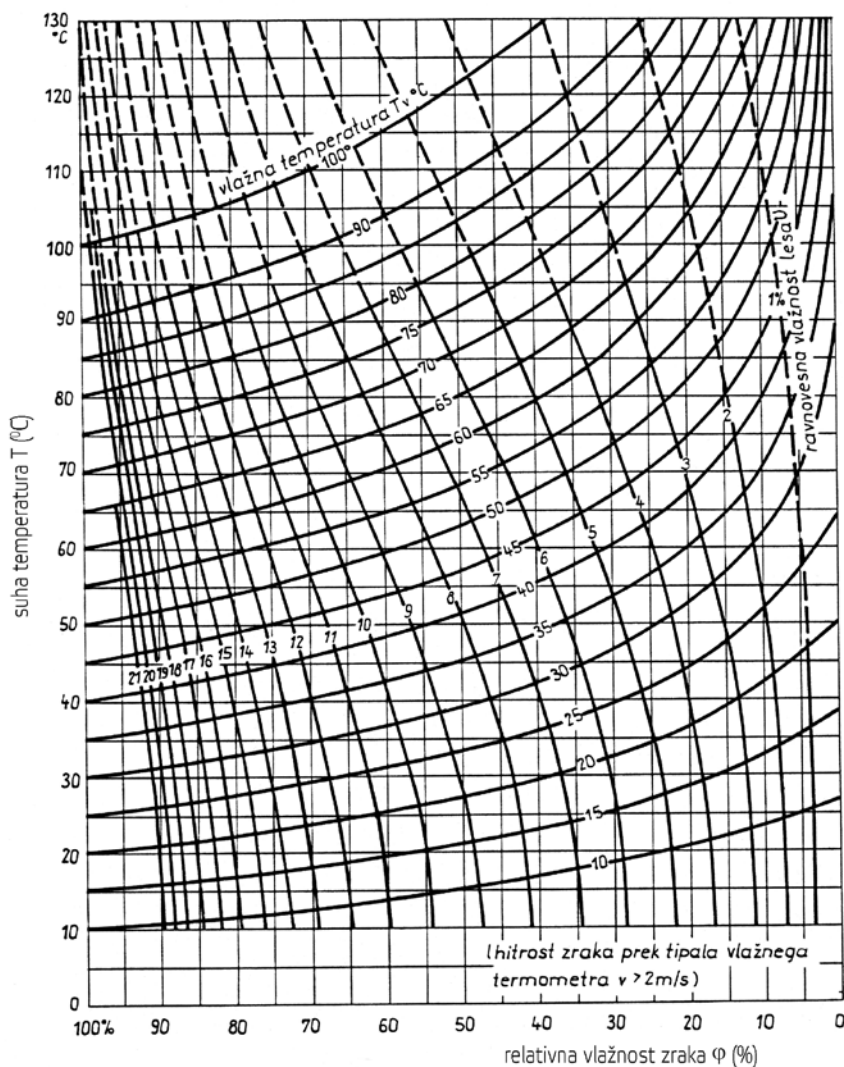
Kot že vemo, je lesna ravnovesna vlažnost (u_r) odvisna od temperature in relativne vlažnosti zraka. V procesu sušenja in proizvodnje lesenih izdelkov moramo poznati ravnovesno vlažnost lesa zaradi delovanja lesa in pojava napak. V procesu sušenja pa ravnovesna vlažnost vpliva še na:

- vodenje sušenja, saj določa ostrino sušenja in
- vlažnost, do katere se les posuši. To pa je končna vlažnost.

Ravnovesno vlažnost lesa pri sušenju določimo s preglednico 40 ali z diagramom (slika 298 in 299), ki so primerni za določanje v sušilnici. V preglednici so vrednosti za ravnovesno vlažnost lesa zaokrožene na 0,5 %, kar je običajno tudi pri odčitku iz diagrama.



Slika 298: Psihrometrski diagram z ravnovesno lesno vlažnostjo, odvisno od relativne zračne vlažnosti in temperature zraka (8.: 45)



Slika 299: Psihrometrski diagram z ravnovesno lesno vlažnostjo, odvisno od suhe in vlažne temperature zraka (8.: 46)

Primer 1:

Suha temperatura $T = 45\text{ }^{\circ}\text{C}$

Relativna vlažnost zraka $\varphi = 55\%$

Na diagramu (slika 298) poiščemo presečišče temperature in relativne zračne vlažnosti ter odčitamo ravnovesno lesno vlažnost 9 %. Enake vrednosti lahko odčitamo tudi iz preglednice 40.

Primer 2:

Suha temperatura $T = 65\text{ }^{\circ}\text{C}$

Vlažna temperatura $T_v = 50\text{ }^{\circ}\text{C}$

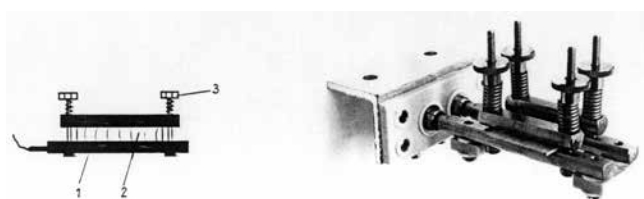
Na diagramu (slika 299) poiščemo sečišče obeh temperatur in odčitamo ravnovesno lesno vlažnost, ki je 6,5 %, ter relativno vlažnost zraka 45 %.

V preglednici 40 pa enake vrednosti za lesno ravnovesno vlažnost in relativno vlažnost zraka odčitamo s pomočjo psihrometske razlike: $\Delta T = 65\text{ }^{\circ}\text{C} - 50\text{ }^{\circ}\text{C} = 15\text{ }^{\circ}\text{C}$.

13.5.3.1 Merjenje ravnovesne vlažnosti lesa v sušilnici

Ravnovesno vlažnost lesa v sušilnici lahko merimo neposredno s posebnim električnim merilnikom. Le-ta deluje na osnovi tankega lističa lesa, ki je pritrjen v posebni elektrodi (slika 300). Vlažnost lističa merimo neprestano.

Držalo lističa (merilno mesto) mora biti na strani vstopa zraka v skladovnico lesa, pri sušilnici z reverzibilnim kroženjem zraka mora biti na obeh straneh sušilnice.



- 1 - elektroda
- 2 - listič lesa
- 3 - vijak za pritrditev lističa

Slika 300: Držalo lističa za merjenje ravnovesne vlažnosti lesa (8.: 65)

Vlaga tega tankega lističa lesa je tudi ravnovesna vlaga, ker hitro prilagodi svojo vlago klimi zraka v sušilnici in je z njo v ravnovesju. Visoki relativni zračni vlažnosti ustreza visoka ravnovesna lesna vlažnost in obratno. Naprava tudi avtomatsko upošteva temperaturo. Za listič lesa se uporablja les limbe (frake) ali čiste celuloze, debel približno 1 mm. Limba in celuloza imata točko nasičenosti celičnih sten 30 %. Po vsakem sušenju je listič priporočljivo zamenjati.

Torej ravnovesno vlažnost odčitamo neposredno, brez uporabe psihrometrskega diagrama ravnovesne lesne vlažnosti. Z merjenjem temperature in ravnovesne lesne vlažnosti je torej znana tudi relativna zračna vlažnost v sušilnici. Merilnik ravnovesne lesne vlažnosti torej lahko nadomesti psihrometer.

Primer:

Izmerjena temperatura (suha) v sušilnici je 60 °C, ravnovesna vlažnost pa 15 %. Kolikšna je relativna vlažnost zraka?

Iz psihrometrskega diagrama (slika 298 in 299) ali preglednice 40 odčitamo $\varphi = 85 \%$.

13.5.4 Ugotavljanje vlažnosti lesa v sušilnici

Pri sušenju ugotavljamo vlažnost lesa:

- pred sušenjem, da lahko izberemo pravilni režim (program) sušenja (začetna vlažnost),
- med sušenjem, da uravnavamo potek sušenja in
- po sušenju, da ugotovimo končno vlažnost lesa.

Določanje vlažnosti lesa že poznamo, v sušilnici pa je samo prilagojena razmeram pri sušenju.

Ravnovesna vlažnost oziroma končna vlažnost, na katero se les suši, je podana v preglednici 9 – kratek pregled:

- bivalno pohištvo 8 %, dovoljeno odstopanje je $\pm 2 \%$;
- gradbeni les 16–20 %;
- vrtno pohištvo 13–16 %;
- okna in zunanja vrata 12 %.

Kontrolne deske

V sušilnici sušenje vodimo po vlažnosti lesa oziroma spremembah vlažnosti sledilnih (kontrolnih) kosov. Les, ki ga sušimo skupaj v eni sušilnici, mora biti:

- enake drevesne vrste,
- enake debeline,
- približno enake začetne vlažnosti in
- približno enake zgradbe (bočnice, sredice).

Če to iz katerih koli razlogov ni možno, sušimo skupaj vrste, ki imajo podobne karakteristike sušenja.

Kontrolne deske izberemo tako, da glede na navedene karakteristike (vrsta, debelina, začetna vlažnost in struktura lesa) čim boljše predstavljajo les, ki ga sušimo skupaj. Vedno izberemo bolj vlažne kontrolne deske. Za

približno ugotavljanje njihove vlažnosti pa si lahko pomagamo z električnim vlagomerom.

Iz kontrolnih desk izžagamo sledilni kos in sušilniške vzorce, kot kaže slika 301.

Število kontrolnih desk je odvisno predvsem od velikosti sušilnice in tudi od lastnosti lesa, ki ga sušimo. Praviloma izberemo 3–4 kontrolne deske za velikost sušilnice do 50 m³ in 5–10 desk za velikost sušilnice do 250 m³.

Merjenje vlažnosti lesa v sušilnici je v principu enako kot merjenje vlažnosti lesa, ki ga že poznamo (poglavje 4.2.2). Ugotavljamo jo na ista načina:

- z metodo tehtanja (gravimetrijska metoda) in
- z metodo merjenja električnih lastnosti.

13.5.4.1 Metoda tehtanja v sušilnici

Vlažnost lesa spremljamo med sušenjem. Metoda tehtanja je zato prilagojena pogostemu merjenju.

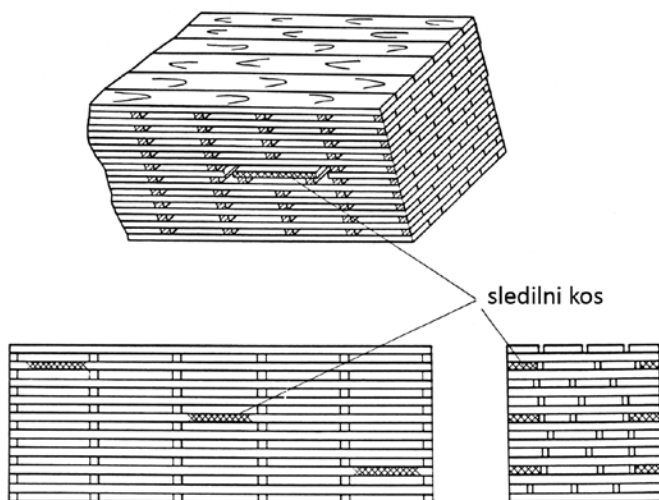
Iz kontrolnih desk se izžagajo sušilniški vzorci in sledilni kos (slika 301).

Sušilniški vzorci služijo za določanje začetne vlažnosti lesa (poglavje 4.2.2.1), s sledilnim kosom pa ugotavljamo vlažnost med sušenjem.



Slika 301: Prikaz izdelave sledilnega kosa in sušilniških vzorcev iz kontrolne deske (8.: 57)

Čela sledilnih kosov premažemo. S tem preprečimo prehitro izhlapevanje vode. Uporabljamo premaze na osnovi polivinilacetata (belo lepilo), umetnih smol z dodatkom barve, da je premaz viden. Uporabljamo tudi parafin, ki ga pri nanosu segrejemo, da je tekoč. Nato sledilne kose steh-tamo, izmerimo maso pred začetkom sušenja (M_v) in jih označimo zaradi poznejše kontrole. V skladovnico jih postavimo tako, da so dostopni. Tako jih lahko jemljemo iz sušilnice zaradi tehtanja in ugotavljanja vlažnosti. Po skladovnici so razporejeni, kot kaže slika 302.



Slika 302: Položaj sledilnih kosov v zložaju (8.: 57)

Za ugotavljanje vlažnosti lesa med sušenjem sledilni kos vzamemo iz zložaja, ga stehtamo in vlažnost izračunamo po enačbi:

$$u_1 (\%) = \frac{M_1}{M_v} (100 + u_z) - 100$$

u_1 (%)..... vlažnost lesa pri prvem ugotavljanju vlažnosti lesa v sušilnici

M_v (g)..... masa sledilnega kosa pred začetkom sušenja

M_1 (g) masa sledilnega kosa pri prvem tehtanju

u_z (%)..... začetna vlažnost lesa (%)

Pri drugi kontroli pa maso sledilnega kosa označimo z M_2 in izračunamo u_2 enako kot zgoraj vlažnost u_1 .

$$u_2 (\%) = \frac{M_2}{M_v} (100 + u_z) - 100$$

Na enak način nadaljujemo pri vsakokratnem ugotavljanju vlažnosti lesa. Navedena enačba je izpeljana iz osnovne enačbe za ugotavljanje vlažnosti lesa.

Sušilnice imajo vgrajena manjša vratca, skozi katera sušilničar jemlje sledilne kose.

Povprečna vlažnost vseh sledilnih kosov je vlažnost lesa v sušilnici. Sušenje lahko vodimo tudi po najbolj reprezentativnem sledilnem kosu.

Enačba za maso sledilnega kosa (M_k) pri končnem odstotku vlažnosti (u_k) je:

$$M_k = M_v \frac{100 + u_k}{100 + u_z}$$

Ko doseže sledilni kos izračunano maso, je sušenje končano. Les se je posušil na končno vlažnost.

Pri ročnem vodenju sušilnega procesa vlažnost lesa ugotavljamo dnevno.

Primer:

Iz kontrolne deske smo odžagali sledilni kos dolžine 1 m, na vsaki strani kosa pa sušilniški vzorec za ugotavljanje začetne vlažnosti.

Masa sušilniških vzorcev je: $m_{v1} = 46,1$ g, $m_{v2} = 43,0$ g. Po sušenju v sušilniku je masa sušilniških vzorcev v absolutno suhem stanju: $m_{o1} = 30,2$ g in $m_{o2} = 28,1$ g.

Sledilni kos ima na začetku sušenja maso $M_v = 6783$ g, pri prvem tehtanju pa 6172 g.

Izračunajmo:

- začetni odstotek vlage,
- vlažnost lesa pri prvem tehtanju sledilnega kosa in
- maso sledilnega kosa pri končnem odstotku vlažnosti, ki je 10 %.

Začetni odstotek vlage

$$u_{z1} = \frac{m_{v1} - m_{o1}}{m_{o1}} 100 = \frac{46,1\text{g} - 30,2\text{g}}{30,2\text{g}} 100\% = 52,6\%$$

$$u_{z2} = \frac{m_{v2} - m_{o2}}{m_{o2}} 100 = \frac{43,0\text{g} - 28,1\text{g}}{28,1\text{g}} 100\% = 53,0\%$$

Vlažnosti se praktično ne razlikujeta, vlažnost sledilnega kosa na začetku sušenja je 53 %.

Vlažnost lesa med sušenjem

$$u_1(\%) = \frac{M_1}{M_v}(100 + u_z) - 100 = \frac{6172 \text{ g}}{6783 \text{ g}}(100 + 53\%) - 100\% = 39\%$$

Masa sledilnega kosa pri 10 % vlažnosti

$$M_k = M_v \frac{100 + u_k}{100 + u_z} = 6783 \text{ g} \frac{100\% + 10\%}{100\% + 53\%} = 4877 \text{ g}$$

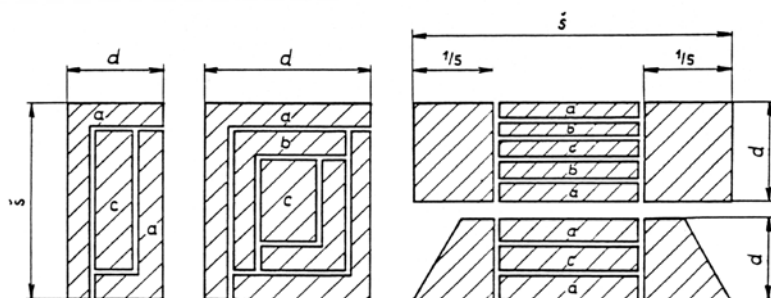
Pri sušenju krojenega lesa (friz) po istih pravilih izberemo obdelovance, ki so kar sledilni kosi. Vzorec za začetno vlažnost pa vzamemo iz drugega obdelovanca z isto vlažnostjo. Na koncu sušenja je priporočljivo kontrolirati končno vlažnost z več sušilniškimi vzorci iz desk, ki so razporejene na različnih mestih sušilnice, in tudi iz sredine sledilnih kosov

Ugotavljanje razporeda vlažnosti po debelini lesa (prečnem prerezu)

Iz sušilniškega vzorca lahko ugotovimo vlažnost lesa po debelini (padec ali gradient vlažnosti) tako, da vzorec izžagamo, kot kaže slika 303. Vzorec odžagamo 300–500 mm od čela poljubne deske v sušilnici ali iz sledilnega kosa na koncu sušenja.

Vlažnost lesa ugotovimo za vsak sloj posebej. Iz razlike med vlažnostjo notranjega in zunanje sloja izračunamo padec vlažnosti (poglavje 13.6. 1). Na osnovi tega podatka lahko sklepamo o napetostih v lesu in o morebitnih napakah.

Na koncu sušenja mora biti vlažnost po prerezu čim bolj izenačena.



L - vzorci krojenega lesa

d - debelina žaganice

š - širina žaganice

L - vzorci širokih sortimentov (desk)

a - zunanji sloj

b - srednji sloj

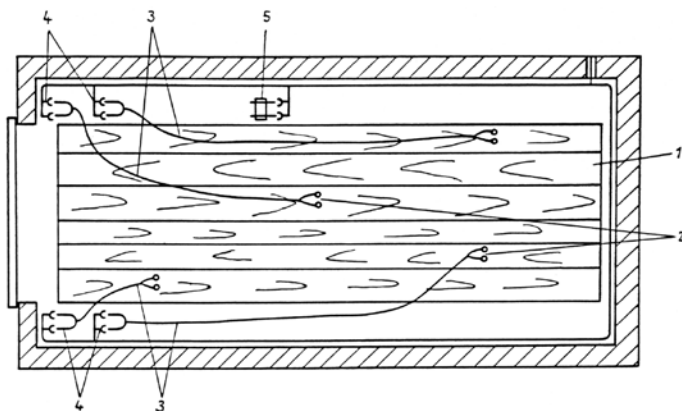
c - notranji sloj

Slika 303: Prikaz izdelave vzorca za ugotavljanje vlažnosti po debelini (8.: 60)

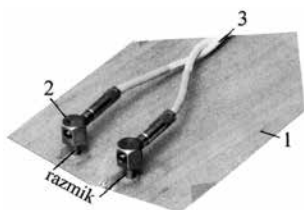
13.5.4.2 Naprave za električno merjenje vlažnosti lesa v sušilnici

Električno merjenje vlažnosti lesa je izpopolnjeno tako, da imamo stabilno napravo za merjenje vlažnosti lesa, ki ima elektrode stalno pritrjene v lesu, tako da lahko odčitamo vlažnost na krmilnem pultu v vsakem trenutku, oziroma posreduje podatke za krmilno napravo, ki vodi sušenje. Na kontrolne deske v predhodno izvrtane luknjice namestimo elektrode. Za namestitev elektrod veljajo enaka pravila kot pri električnem uporovom vlagomeru, paziti pa moramo tudi na pravilen razmik med njima in globino (slika 304b, c). Ena naprava ima lahko do 12 merilnih mest, kar

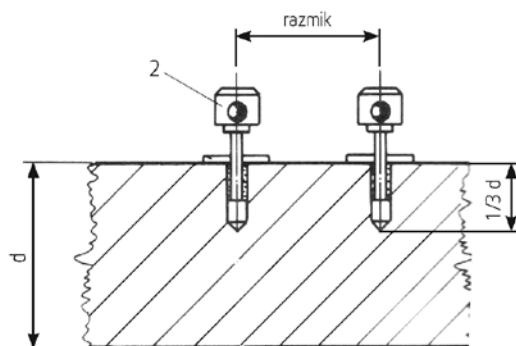
je odvisno od velikosti sušilnice. Merjenje vlažnosti lesa je povsem natančno v higroskopskem področju. Priporoča se nadziranje vlažnosti z metodo tehtanja. Merilna naprava tudi stalno meri ravnovesno lesno vlažnost.



a) tloris sušilnice s prikazom položaja elektrod v skladovnici lesa



b) kontrolna deska z elektrodami



c) položaj elektrod po debelini

- 1 - kontrolna deska
- 2 - elektrodi (sondi)
- 3 - električni vodnik
- 4 - priključek za elektrode
- 5 - merilno mesto ravnotežne vlažnosti

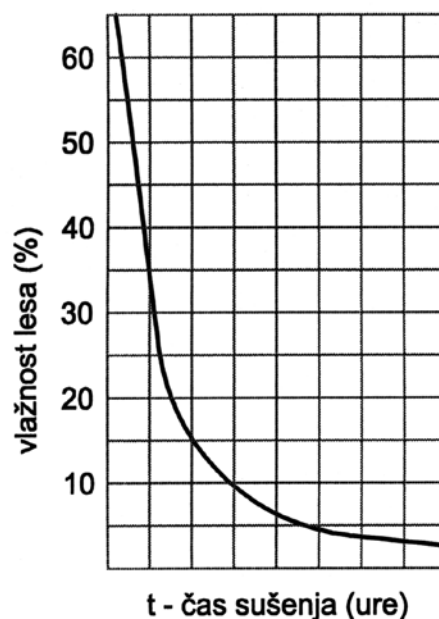
Slika 304: Električno merjenje vlažnosti lesa v sušilnici (8.: 64)

Merilniki dejanske vlažnosti lesa in ravnovesne vlažnosti so povezani s krmilno napravo za vodenje sušenja. Prevladala je naprava z mikroprocesorjem, ki poleg merjenja in prikaza vseh merilnih parametrov na monitorju vodi celoten proces sušenja, kar bomo spoznali v nadaljevanju.

Pri merjenju vlažnosti obdelovancev v pretoku, na primer pri kanalski sušilnici, pri proizvodnji plošč in podobno, se vlažnost meri z električno kapacitivno metodo, radiovalovi ali z mikrovalovi.

13.6 Gibanje vode v lesu

Med sušenjem se prosta in vezana voda gibljeta proti površini lesa, kjer izhlapi v okolni zrak. Od gibanja vode je odvisno, kako hitro se les suši. Gibanje vode je zapleten ter še ne popolnoma raziskan pojav. Hitrost poteka izhajanja vode je grafično prikazana na sliki 305.



Slika 305: Krivulja sušenja (8.: 50)

- Od visoke začetne vlažnosti pa do približno povprečne vlažnosti 40 % izhaja prosta voda, ki hitro in enakomerno izide – hitrost sušenja je konstantna.
- Od 40 % do približno 20 % se gibljeta prosta in vezana voda, hitrost sušenja je bolj počasna.
- Od povprečne vlažnosti 20 % pa do končne vlažnosti se giblje samo vezana voda, hitrost sušenja je še počasnejša in upada, čim nižji odstotek vlažnosti ima les.

Prosta voda se nahaja v lumnih anatomskih elementov in v zunanjih plasteh (nad točko nasičenosti). Giblje se zaradi tlaka v kapilarah (površinske napetosti vode) proti površini, kjer izhlapi. Hitrost gibanja vode je konstantna in precej hitra. Zunanje plasti se tako prej posušijo kot notranje – nastane padec vlažnosti od sredine proti površini lesa (slika 306).

Gibanje vezane vode (pod točko nasičenosti) je difuzija, ki nastane zaradi razlike v vlažnosti zunanjih in notranjih plasti. Voda se giblje z mesta višje vlažnosti (višjega tlaka pare) na mesto nižje tem hitreje, čim večji je padec vlažnosti. Vezana voda v obliki pare prehaja skozi lumne celice. Na celični steni se kondenzira in kot tekočina preide steno, kjer izhlapi v lumen sosednje celice. Difuzija je odvisna od:

- gostote (vrste) lesa,
- smeri lesnih vlaken,
- debeline,
- vlažnosti lesa in
- temperature.

Difuzija je najbolj odvisna od gostote lesa, to je od debeline celičnih sten in ojedritve. Je približno obratno sorazmerna z gostoto lesa. Čim večja je gostota lesa, tem težje izhaja voda in obratno. Difuzija vode v smeri lesnih vlaken je približ-

no desetkrat hitrejša kot prečno na vlakna. Pri sušenju žaganic je površina čel majhna in skoraj vsa voda se giblje pravokotno na vlakna.

Pri debelih in kratkih obdelovancih ima velik vpliv tudi vzdolžno gibanje vode, ki povzroči prehitro osušitev čel. Zato moramo čela premazati s snovjo, ki zapre les. Voda se giblje prečno, zato je pri debelih sortimentih pot vode daljša, čim debelejši so.

Vezana voda v lesu se težje giblje, čim nižja je vlažnost lesa (sile adsorpcije so večje), zato potrebujemo več toplotne energije. Les se počasneje suši, čim nižji odstotek vlažnosti ima.

Na difuzijo vode vpliva kot zunanji dejavnik samo temperatura. Višja temperatura zelo pospeši gibanje vezane vode. Za bor velja, da je pri temperaturi 80 °C gibanje vode trikrat hitrejšo kot pri temperaturi 50 °C.

Difuzijo vode spremljajo napake zaradi napetosti v lesu (krčenja).

Glede na hitrost gibanja vode v lesu razlikujemo:

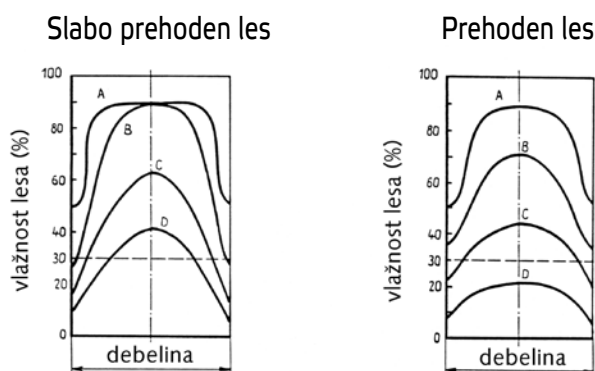
- **Prevoden (permeabilen) les** ima votli sistem lesa (lumni celic so povezani s piknjami) prehoden. Pri prevodnem lesu se prosta voda giblje zaradi kapilarnosti vse od sredine obdelovanca, kar povzroči hitro sušenje. Tudi vezana voda hitreje izhaja kot pri slabo prevodnem lesu. Les ima tako manjši padec vlažnosti po debelini in s tem manjše napetosti.
- **Slabo prevoden les (nepermeabilen)** ima večji padec vlažnosti; v sredini lesa ostane dolgo časa visoka vlažnost. Večina vode prehaja iz lesa z difuzijo, zato se le-ta počasi in težje suši. Obstaja veliko večja nevarnost napak zaradi krčenja. Prosta voda v srednjem sloju nepermeabilnega lesa se mora prebijati skozi celice v zunanji plasti, ki so že bolj suhe. Pri tem dobi značaj vezane vode.

13.6.1 Padec vlažnosti in ostrina sušenja

Padec vlažnosti

Padec vlažnosti ali vlažnostna razlika pomeni razliko med vlažnostjo notranjih in zunanjih plasti lesa.

Razlika med vlažnostjo notranjih in zunanjih plasti povzroči difuzijo vezane vode, ki je tem hitrejša, čim večja je ta razlika. Pri velikem padcu vlažnosti se površina (zunanja plast) preveč posuši, kar povzroči napake zaradi napetosti. Če je padec vlažnosti premajhen, je gibanje vode prepočasno in sušenje lesa ni gospodarno. Padec vlažnosti oziroma razporeditev vlage po debelini (prečnem prerezu) vidimo na sliki 306.



A – porazdelitev vlage lesa po debelini v začetku sušenja
B, C, D – porazdelitev vlage po debelini pri napredovanju sušenja

Slika 306: Porazdelitev vlage po debelini lesa (vlažnostni profil) (8.: 52)

Razliko med vlažnostjo zunanjih in notranjih plasti ponazori tudi sušilna ostrina.

Ostrina sušenja

Ostrina sušenja ali gradient sušenja (o) je razmerje med dejansko (merjeno) vlažnostjo lesa (u) in ravnovesno vlažnostjo (u_r) pri določeni klimi zraka.

$$o = \frac{u}{u_r}$$

Primer:

Izmerjena (povprečna) vlažnost lesa je 40 %, temperatura suhega termometra 50 °C, vlažnega pa 42 °C. Ugotovimo ostrino sušenja.

Iz diagrama na sliki 299 ali v preglednici 40 odčitamo $u_r = 10$ %.

$$o = \frac{u}{u_r} = \frac{40\%}{10\%} = 4$$

Vlažnost zunanjeja sloja lesa se bliža ravnovesni vlažnosti, za naš primer 10 %, medtem ko ima sredina lesa višjo vlažnost kot 40 %. To pa pomeni, da se zunanji sloj najprej posuši in tudi najprej krči, čemur se upirajo notranje plasti, ki imajo višjo vlažnost in se še ne krčijo. Tako stanje v lesu povzroči notranje napetosti in napake. Poznavanje te razlike (oziroma napetosti), ki jo pove ostrina, je zelo pomembno za pravilno sušenje.

Ostrina se torej izrazi s števkami in $o = 1$ ($u_r = u$) pomeni, da se les ne suši.

Večja ostrina pomeni:

- ostrejše in hitrejšo sušenje lesa (zrak je bolj suh) in
- večji padec vlažnosti.

Pri sušenju lesa poznamo in upoštevamo ostrino sušenja, ki je določena (ugotovljena) za posamezne vrste lesa. Približno velja:

$o = 1,4$ do $2,5$; če se les težje suši in močneje krči in

$o = 3,0$ do $4,4$ za vrste lesa, ki se malo krčijo in lažje sušijo.

Če predpisano ostrino sušenja prekoračimo, se pod točko nasičenosti celičnih sten pojavijo napake zaradi napetosti v lesu.

Novejši režimi sušenja predpisujejo stalno ostrino sušenja, ki zagotavlja sušenje lesa brez večjih napak.

13.7 Napake lesa pri sušenju

Napake lesa, ki smo jih spoznali v poglavju 6.4, nastanejo tudi pri načrtovanem sušenju lesa v sušilnici. Pojavijo se hitreje in izraziteje zaradi ostrejške klime zraka.

Napake pri sušenju lesa v sušilnicah so:

- kolaps,
- napake zaradi napetosti lesa,
- zaskorjenost,
- sprememba barve lesa (obarvanja),
- iztekanje smole.

Nevarnost nastajanja napak se zmanjšuje s pravilnim sušenjem, z obtežitvijo zložajev, s počasnejšim sušenjem in tudi s sušenjem na prostem pred sušenjem v sušilnici.

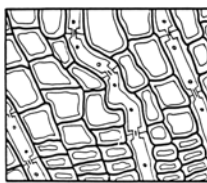
13.7.1 Kolaps

Kolaps ali udrta površina nastane v začetni fazi sušenja sortimentov listavcev v sušilnicah zaradi prehitrega sušenja (izhajanja proste vode). Celične stene se deformirajo, vtisnejo v lumne, površina lesa postane nagubana, prerez obdelovanca pa je nepravilen.

Prvi znak vdora celičnih sten nastane pri vlažnosti lesa 50–60 %, vsekakor pa pri vlažnosti lesa nad točko nasičenosti celičnih sten. Pojavi se pri intenzivnem sušenju, to pa je pri temperaturi nad 50 °C in nizki relativni vlažnosti zraka.

Napako morebiti lahko popravimo s parjenjem lesa z nasičeno paro temperature 100 °C. Les mora sprejemati vlago, postopek (rekondicioniranje) pa traja 4–8 ur.

Kolaps se lahko razvije v notranje razpoke, ki nastanejo v radialni smeri (sataste razpoke); takšni obdelovanci pa so popolnoma neuporabni. Vrste, podvržene kolapsu, so: hrast, bukev, brest, cipresa, evkalipt, meranti, hikori. Zaradi nevarnosti kolapsa les sušimo z nizko temperaturo, dokler je v njem še prosta voda.



a) videz celičnih sten b) videz prečnega prereza

Slika 307: Kolaps (8.: 67)

13.7.2 Napake zaradi napetosti lesa

Neizogibno je, da so pri sušenju v lesu napetosti. Preprečiti pa moramo, da te ne povzročijo napak. Napetosti (napake) nastanejo, ko začne izhajati vezana voda zaradi:

- različnega krčenja in nabrekanja v tangencialni, radialni in osni smeri (anizotropnosti) in
- padca vlažnosti. Zunanje plasti lesa se prej in bolj posušijo ter tudi prej in bolj krčijo kot notranje plasti lesa, ki so bolj vlažne in se zato manj ali pa se sploh ne krčijo.

Ta dva vzroka povzročita v lesu najprej notranje napetosti (na nateg ali tlak), kasneje pa lahko tudi napake. Pri vrstah lesa, ki se močno krčijo, in vrstah, ki imajo večjo razliko med tangencialnim in radialnim krčenjem, je možnost napak večja. Nevarnost napak zaradi krčenja je nenehna tudi pri pravilno posušenem lesu (na ravnovesno vlažnost), saj les obdaja zrak, v zraku pa se lahko vlažnost hitro spremeni in nastopi delovanje lesa.

Notranje napetosti, ki spremljajo sušenje lesa, lahko povzročijo naslednje napake:

- razpoke,
- deformacijo prereza,
- ukrivljenost sortimentov in
- zaskorjenost.

13.7.2.1 Razpoke

Razpoke so čelne, vzdolž sortimenta, površinske in notranje razpoke. Nastanejo takrat, ko so natezne napetosti v lesu zaradi krčenja (sušenja) tako velike, da plast lesa počí.

Čelna razpoka na sortimentu nastane zaradi hitrejšega gibanja vode v vzdolžni smeri. Čelni razpoki, ki ne sega skozi vso debelino sortimenta, pravimo napoka. Če pa žaganica počí po vsej debelini, nastane reža, pokline pa so na površini lesa. Obravnavane so že v poglavju 6.4.1 in prikazane na slikah 167, 168.



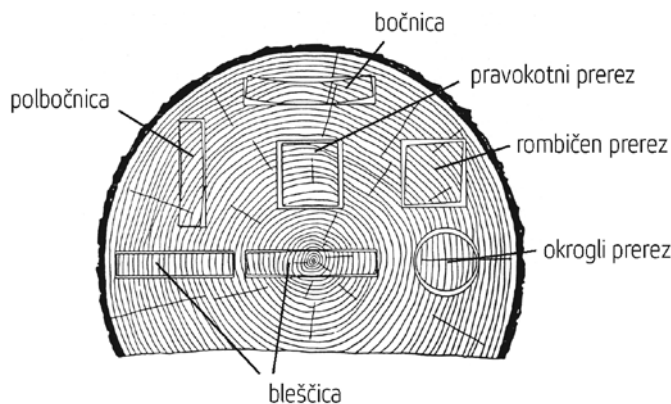
Slika 308: Razpoka pri lesu z zavito rastjo (M. G.)

13.7.2.2 Deformacije prečnega prereza

Deformacije prečnega prereza nastanejo pri osušitvi zaradi tega, ker je v tangencialni smeri krčenje približno 1-krat večje kot v radialni. Izrazito so vidne na prečnem prerezu, potekajo pa po celi dolžini sortimenta.

Na sliki 309 je prikazan položaj sortimentov v hlotu in njegove deformacije: krčenje bleščice, ki je večja po debelini in na obodu zaradi beljave, koritavost bočnic in manjša deformacija polbočnic kot tudi deformacije kvadratnega prereza elementov. Kvadraten prerez z radialno teksturo postane pravokotnik. Če letnice tečejo diagonalno, postane romb. Okrogli prerez se spremeni v eliptičen. Tudi pri različnih drugih prerezih razberemo večje zmanjševanje dimenzij v tangencialni smeri.

Pri sušenju vlažnega krojenega lesa moramo velikost krčenja in deformacije prečnega prereza upoštevati pri nadmeri surovca za osušitev.



Slika 309: Deformacije prečnega prereza sortimentov (17.: 220)

13.7.2.3 Ukrivljenost sortimentov sušenja

Ukrivljenost (veženje) lesa (lok ali vzdolžna ukrivljenost, sabljavost ali bočna zakrivljenost, zvitost ali spiralna zavitost) smo spoznali pri poglavju 6.4.2.2 in sliki 171.

13.7.2.4 Zaskorjenost

Zaskorjenost se pojavi pri nepravilnem in intenzivnem tehničnem sušenju lesa, izjemoma pa tudi pri sušenju na prostem. Je izrazita napaka, ki nastane zaradi pojava napetosti v lesu.

Pod točko nasičenosti celičnih vlaken (30 %) se zunanje plasti lesa sortimenta hitreje in prej posušijo kot notranje plasti ter se prej začnejo krčiti kot notranje; skratka zunanje plasti se hočejo krčiti, vendar jih zadržujejo notranje plasti lesa, ki se še ne krčijo ali pa se manj. Tako nastane v zunanjih plasteh lesa natezna napetost in tudi razpoke. V notranjih pa je napetost tlačna. Če so zunanje plasti dalj časa preobremenjene na nateg, otrdijo in kot »skorja« obdajo les, kar pa je **zunanja zaskorjenost**.

Notranja zaskorjenost lahko nastane pri nadaljnjem sušenju, ker se notranje plasti ne morejo krčiti, saj jih ovirajo otrdele zunanje plasti lesa. Pride celo do obrata napetosti, da so notranje plasti obremenjene na nateg, zunanje pa na tlak – zunanje razpoke se zaprejo, v notranjosti pa lahko nastanejo notranje razpoke.

Notranje razpoke zaradi zaskorjenosti nastanejo na koncu sušenja (pri nizki vlažnosti), tak les pa je popolnoma neuporaben za nadaljnjo obdelavo. Na sliki 310 vidimo, da les počí v smeri strženovih trakov (radialno) in da je površna lesa degradirana.

Zaskorjen les se težko posuši do končne vlažnosti (8 %). Zaskorjenost se izrazito pokaže šele pri obdelavi, kjer les poka, se krivi in je praktično neuporaben.

Zunanja zaskorjenost lahko nastane tudi pri sušenju na prostem, v poletnih mesecih in pri vrstah lesa, ki se hitro sušijo.

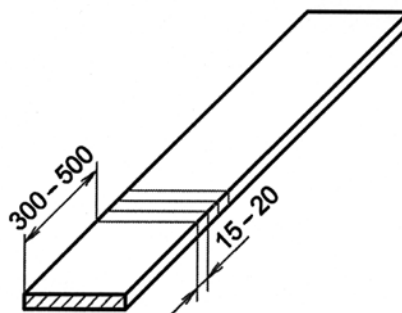
Zaskorjenost lahko preprečimo, če pravočasno (pred koncem sušenja) vlažimo zunanje plasti lesa oziroma sušimo z manjšo ostrino. Vlažimo jih tako, da je ravnovesna vlažnost lesa v komori enaka povprečni vlažnosti lesa (zunanje plasti se navlažijo). Faze vlaženja ponavljamo, na primer vlažimo 2 uri, sušimo 5 ur in ponovno vlažimo.



Slika 310: Zaskorjen les z notranjimi razpokami (X)

13.7.2.5 Ugotavljanje notranjih napetosti v lesu

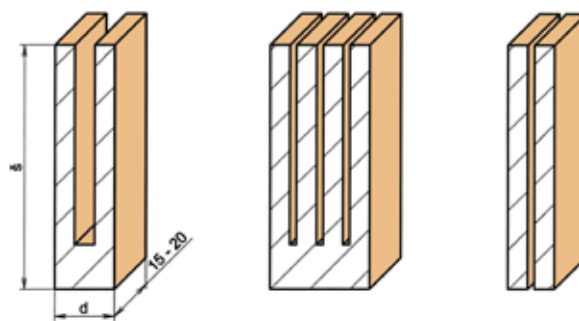
Med sušenjem notranje napetosti na nateg ali tlak ugotovimo s pomočjo **tankih lamel** (deščic), ki jih izrežemo po debelini vzorca lesa (kot pri ugotavljanju vlažnosti lesa po debelini). Tako ločimo (»osvobodimo«) zunanjo plast lesa od notranje in napetosti pridejo do izraza. Če odžagana lamela postane krajša, kot je bila v kosu lesa, pomeni, da je bila v kosu obremenjena na nateg; če se podaljša, je bila obremenjena na tlak.



Slika 311: Položaj vzorcev za ugotavljanje napetosti (8.: 72)

Vilice

Med sušenjem notranje napetosti običajno ugotavljamo z vzorci, ki jih izžagamo iz deske v obliki vilic. Pri izdelavi vilic med sušenjem vzamemo poljubno desko ali element krojenega lesa iz sušilnice. V razdalji 300–500 mm od čela odžagamo 15–25 mm široke vzorce za vilice ter običajno tudi vzorec za ugotavljanje lesne vlažnosti (slika 312).



a) vilice b) vilice v obliki rogljev c) deščice

d – debelina deske (vzorca)

š – širina deske

Slika 312: Vzorci za ugotavljanje napetosti (8.: 73)

Vzorec najprej položimo na papir in zarišemo njegov oris. Nato ga na majhni tračni žagi izžagamo v obliko vilic. Lahko ga samo nažagamo v roglje ali prežagamo v deščice (slika 312). Tako ločimo (»osvobodimo«) zunanjo plast lesa od notranje. Posamezni zobje vilic se skrajšajo (pri obremenitvi na nateg), podaljšajo (pri obremenitvi na tlak) ali pa ustrezno ukrivijo.

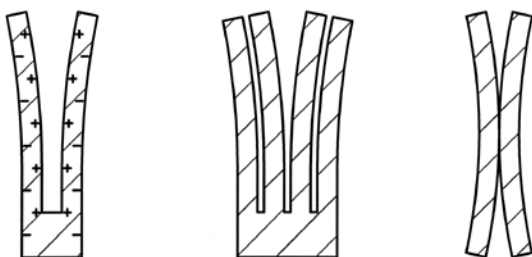
Po velikosti deformacije sklepamo o nevarnosti zaskorjenosti in prilagodimo režim sušenja (temperaturo in relativno vlažnost zraka).

Takoj po žaganju ugotovimo, če sta se zoba vilic upognila na zunanjo ali na notranjo stran. Če se upogneta na zunanjo stran, pomeni, da so na nateg napete zunanje plasti – zunanja zaskorjenost.

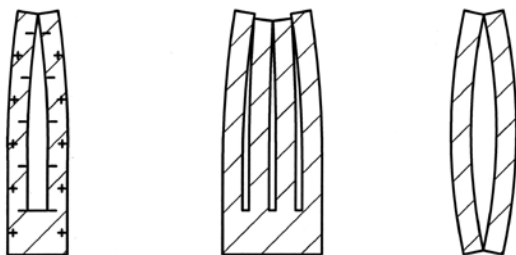
Če sta se zoba upognila na notranjo stran, pomeni, da so na nateg napete notranje plasti lesa – notranja zaskorjenost.

Napetosti v lesu ni, če oba zoba ostaneta ravna.

Na sliki 313 in 314 je nateg označen z (-), tlak pa s (+).



Slika 313: Zunanja zaskorjenost (8.: 74)



Slika 314: Notranja zaskorjenost (8.: 74)

Med sušenjem so v lesu vedno napetosti. Sušilničar mora po ukrivitvi zob vilic presoditi, kdaj obstaja nevarnost zaskorjenja. Če se zoba hitro in močno ukrivita, je nevarnost zaskorjenja velika. Ugotavljanje zaskorjenja z vilicami je odvisno od presoje, torej ni natančno določeno.

Med sušenjem pogosteje kontroliramo napetosti, če sušimo nepoznani les ali les, ki se težko

suši (hrast), ali če spremenimo režim sušenja.

Na koncu sušenja (po kondicioniranju) pa z vilicami ugotovimo, ali v lesu ni več napetosti. Vzorec lahko vzamemo iz sredine sledilnega kosa.

13.7.3 Spremembe barve lesa (obarvanja)

Pri sušenju prihaja do različnih sprememb osnovnega barvnega tona lesa. Nastanejo predvsem abiotska obarvanja.

Biotska obarvanja se pojavijo pri sušenju z nizkimi temperaturami (pod 35 °C) in z vlažnim zrakom, če kroženje zraka v sušilnici ni zadostno ali je ovirano z nepravilnim zlaganjem in postavitvijo zložajev ter podobno. Kot je znano, se biotska obarvanja pod vlažnostjo lesa 20 % ne pojavijo več (poglavji 5.1.1 in 6.6).

Abiotska obarvanja pri sušenju

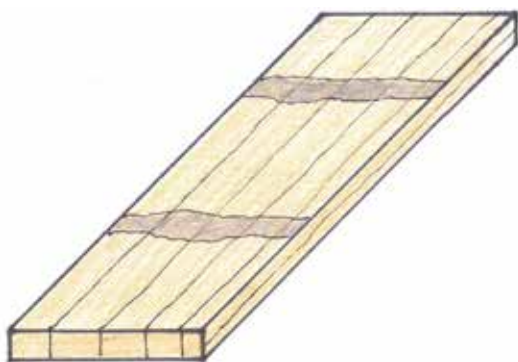
Spremembe barve nastanejo pri previsoki temperaturi in visoki relativni zračni vlažnosti predvsem v lesu, ki ima višjo vlažnost. Pojavljajo se:

- na površini in
- v notranjosti.

Nevarnost spremembe barve obstaja do vlažnosti lesa 20 %–15 %.

- **Spremembe barve na površini** so razna oksidativna obarvanja:
 - Kondenzacijska lisa je sivi madež, ki nastane zaradi kondenzacije vodne pare ali kapljajoče vode na površini lesa.
 - Čreslovinsko obarvanje: rjave do modro-črne lise na površini vrst lesa, ki vsebuje čreslovine, nastanejo zaradi izpiranja in oksidacije čreslovinskih snovi.
 - Črnilasti madeži (modročrno obarvanje površine lesa), ki nastanejo pri stiku čreslov in lesu z železom (žebli, povezovalni trakovi) ali z vodo, ki ima raztopljeno železo.
- **Letvična progavost** je sivo, modro ali rjavo obarvanje, ki poteka prečno po površini

žaganice, kjer pride le-ta v stik z distančnimi letvicami. Ta napaka seže tako globoko, da je ne odstranimo s strojno obdelavo, vidna ostane predvsem pri svetlejšem lesu. Letvica na mestih naleganja zavira sušenje, kar zmanjšujejo posebne distančne letve, ki imajo manjšo površino naleganja, se manj navlažijo in podobno. Prikazane so pri sušenju na prostem (slika 322).



Slika 315: Letvična progavost (Z. 5)

- **Spremembe barve v notrajnosti lesa** so lahko po vsej notranjosti ali v obliki lis. To je velika napaka, kadar je pomemben estetski videz lesa (pohištvo). Pri vlažnem lesu in višji temperaturi nastanejo različni procesi in medsebojne reakcije snovi v lesu, katerih posledica je sprememba barve. Pri sušenju vlažnega lesa nad točko nasičenosti celičnih sten ima na spremembo barve največji vpliv temperatura.
 - Pri temperaturi, višji od 30 °C, lahko hrast postane rjav do sivo lisast.
 - Pri temperaturi, višji od 60 °C, postane javor rdečkast, breza in lipa siva in lisasta, bukev rdeča do sivo rjava, oreh in jelša sivo lisasta, brest rdeč, hruška in češnja siva.
 - Pri temperaturi, višji od 90 °C, pa postanejo iglavci rumenkaste do sive barve.
- **Mokra pega** nastane običajno na meji med beljavo in črnjavo, kjer se ta del lesa ne posuši. Pojavi se pri sušenju tropskih lesov in tudi pri hrastu, nastane pa iz nepojasnjenih vzrokov.

13.7.4 Iztekanje smole

Pri vrstah lesa, ki imajo smolo, začne ta iztekati na površino pri višji temperaturi od 60 °C. Če ne želimo, da smola izteka, je maksimalna temperatura sušenja 55–60 °C. Iztekanje smole se ne upošteva kot napaka pri sušenju. Smola se odstrani s skobljanjem vendar povzroča zamaščenost orodja in lahko moti tudi poznejšo obdelavo (lepljenje).

Nekateri tropski lesovi vsebujejo smolne in oljne kanale, zato zbiranje ter strjevanje teh snovi v zunanjih plasteh ovira gibanje vlage v lesu. To lahko povzroči kolaps ali mokre pege v notranjosti lesa.

13.8 Sušenje lesa na prostem

Pri sušenju lesa na prostem (naravnem sušenju) je les izpostavljen atmosferskemu zraku, to je vremenu. Žaganice (deske, plohi) so zloženi v letvičeno skladovnico, da je omogočeno gibanje zraka med žaganicami in sušenje. Sušenje je negotovo, ker se vreme (klima) stalno spreminja.

Med temperaturo, relativno vlažnostjo in hitrostjo zraka obstoja precejšna soodvisnost. Na primer: pri zvišanju temperature se poveča količina vodnih hlapov, ki jih lahko zrak sprejme (preglednica 38), kar pomeni, da je relativna vlažnost zraka direktno odvisna od temperature zraka. Sprememba temperature povzroči tudi prerazporeditev zračnega tlaka in s tem gibanje zraka.

Podatki o srednji temperaturi in relativni vlažnosti zraka so za tri naše kraje navedeni v naslednji preglednici 41. Merjeni so na višini dveh metrov nad travnato površino, v meteorološki hišici, ki omogoča dober pretok zraka in preprečuje, da bi na termometre sijalo sonce. Relativna vlažnost je pri zemlji največja, nato pa z višino pada. Navedeno pojasni, zakaj se žaganice v zgornjem delu skladovnice prej in bolj posušijo kot v spodnjem delu.

Poleg obravnavanih veličin zraka na naravno sušenje vplivajo še ostali atmosferski pojavi. Velik vpliv pa imajo:

- **Padavine** (dež, sneg, rosa) doprinesejo dodatno vlago v zrak. Ob padavinah je zrak skoraj nasičen, kar velja tudi za meglo. Les se ne suši oziroma se vlaži, tudi če je pokrit. Padavine po-
daljšujejo sušenje.
- **Veter** je pomemben dejavnik, ker iz lesa izhaja večinoma prosta voda, ki mora čimprej izhlapati v okolni zrak. Poleg jakosti je pomembna tudi smer vetra, ki naj prepriha skladovnico.
- **Insolacija ali osónčenost** je obsevanje Zemeljske oble (površine) s sončnimi žarki. Daljše trajanje sončnega obsevanja povzroči hitrejše sušenje, saj je prejeta več sončne energije. Pri oblačnosti ali položaju lesa v senci je sušenje počasnejše.

Les moramo pred sončnimi žarki zaščititi, da ne sijajo direktno na les. Žarki se pretvorijo v toplotne, ko zadenejo trdno površino in pospešijo sušenje na površini lesa, kar lahko povzroči napetosti, razpoke, spremembo barve in razkroj sestavin lesa (poglavje 4.3.3). V kombinaciji z vetrom lahko povzročijo tudi zunanjo zaskorjenost.

13.8.1 Zračno suh les

Zračno suh les ima vlažnost od 15–20 %. V dolgem, vročem in suhem poletju se lahko tanjši sorti-
menti iglavcev posušijo na vlažnost 12 %. V zimskih mesecih se les posuši na okoli 20 %.

Do katere vlažnosti se les lahko osuši na prostem, nam povedo meteorološki podatki o temperaturi in relativni vlažnosti zraka. Navedli smo podatke o klimi zraka za 20-letno obdobje v Ljubljani, Mariboru in Kopru (preglednica 41).

V preglednici so za vsak mesec (označen z rimsko številko) podani naslednji podatki:

t_{sr} (°C) – srednja temperatura zraka,

φ_{sr} (%) – srednja relativna vlažnost zraka,

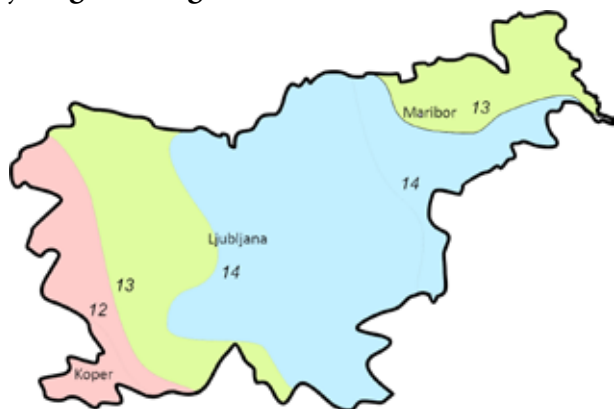
u_r (%) – končna vlažnost – ravnovesna vlažnost lesa – odčitana je s slike 78 – Loughborough –
Kelywerthov psihrometrski diagram.

Preglednica 41: Meteorološki podatki in odstotki končne vlažnosti lesa na prostem

Meteorol. postaja	Podatki	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Ljubljana Bežigrad	t_{sr} (°C)	-1,2	1,2	5,2	9,6	14,7	17,9	19,8	19,0	15,3	10,1	5,3	0,0
	φ_{sr} (%)	87	80	75	72	76	72	71	76	80	82	85	88
	u_r (%)	20,0	16,5	14,8	13,9	14,7	13,5	13,1	14,5	15,8	16,8	18,7	20,5
Maribor	t_{sr} (°C)	-1,5	0,7	4,6	9,9	14,5	17,8	19,3	18,5	14,7	9,7	4,9	-0,1
	φ_{sr} (%)	83	77	74	69	69	70	69	75	79	80	83	84
	u_r (%)	18,2	15,6	14,6	13,1	12,9	12,9	12,7	14,2	15,5	16,1	17,7	18,5
Koper Se- medela	t_{sr} (°C)	5,1	5,9	8,5	12,6	17,0	20,4	22,9	22,5	19,	14,6	10,4	6,4
	φ_{sr} (%)	70	68	65	65	67	68	64	66	69	70	72	70
	u_r (%)	13,6	13,1	12,5	12,4	12,5	12,6	11,8	12,2	12,7	13,1	13,6	13,5

Iz preglednice 41 je vidno, da se les osuši na najnižjo vrednost v mesecu juliju. V Kopru Seme dela je to 11,8 %, v Mariboru 12,9 %, v Ljubljani Bežigrad pa 13,1 %. Ugotovimo tudi razliko (letno amplitudo) med največjo in najmanjšo ravnovesno vlažnostjo. Za Ljubljano je razlika 20,5 % (december) – 13,1 % (julij) = 7,4 %.

Navedene vrednosti v preglednici lahko na zemljevidu prikažemo grafično. Uveljavljene so črte, ki spajajo mesta z enakim povprečnim letnim odstotkom ravnovesne (končne) vlažnosti lesa. Izdelane pa so za vsak mesec. Imenujemo jih **lignoizohigre**.



Slika 316: Lignoizohigre za Slovenijo v juliju (8.: 81)

13.8.2 Čas naravnega sušenja

Čas naravnega sušenja je odvisen od vremena (klime zraka), letnega časa, v katerem se suši, vrste lesa, debeline lesa, načina zlaganja žaganic ... Žaganice iglavcev in mehkih listavcev lahko pri običajni klimi posušimo v času enega poletja na približno vlažnost 15 % in tudi manj, za trde listavce pa lahko sušenje traja več let.

Vremenska napoved za daljše obdobje je nezanesljiva (ugibanje). Nezanesljiv je tudi čas sušenja.

V primeru znanega podatka lahko uporabimo proporce sušenja. Velja:

- žaganica debeline 50 mm, se suši 2-krat dlje kot žaganica debeline 25 mm;
- sušenje trdega lesa traja tudi 2-krat dlje kot sušenje mehkega lesa.

13.8.3 Skladišče na prostem

Na skladišču poteka naravno sušenje žaganega lesa, zato mora ležati na prostem, da ni ovirano naravno gibanje zraka. Biti mora ravno, suho, utrjeno, brez trave in omogočiti mora nemoteno manipulacijo z lesom.

Plevel, trava, ostanki lubja in delcev lesa so leglo gliv in insektov. Površina naj bo ravna, da lahko meteorna voda odteka po odvodnjavnih kanalih. Če ni dovolj suho mora biti drenažirano. Posuto naj bo z gramozom ali ugaski, najbolje pa je asfaltirano ali betonirano.

Skladovnice postavimo pravokotno na smer stalnega vetra. Med njimi mora biti primeren razmik, da je gibanje zraka nemoteno.

Skladišče je razdeljeno na polja z vzdolžnimi in s prečnimi potmi zaradi možnosti transporta posameznih skladovnic, zaradi boljšega gibanja zraka in tudi zaradi protipožarne varnosti. Širina poti je odvisna od načina transporta: bočni ali čelni viličar ali portalni žerjav s previsom.

Čelni viličar ima dvigalno napravo spredaj. Zložaj na vilicah leži prečno, zato je širina ceste odvisna od najdaljših žaganic (do 8 m). Dolgo breme na vilicah ni stabilno in za manipulacijo je potrebno več prostora.

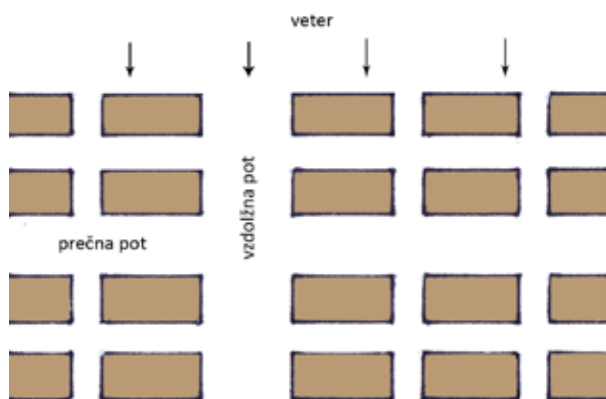
Bočni viličar ima dvigalno napravo ob strani (boku), ki se pri nakladanju pomakne navzven pod breme, ki ga dvigne in nato potegne na plato, kjer breme med vožnjo leži. Breme je med vožnjo stabilno, zato je primeren za transport

Preglednica 42: Časi naravnega sušenja do vlažnosti 20 % in za žaganice debeline 25 mm

Vrsta	bor	smreka	bukev	hrast	javor	jesen	oreh	mahagoni
Čas (dnevi)	60–200	80–200	70–200	100–300	50–200	60–200	70–200	60–150

daljših kosov (žaganice, trami). Širina ceste je odvisna samo od širine viličarja. Za manipulacijo potrebuje manj prostora, vendar več časa kot čelni viličar.

Portalni žerjav je primeren za največje kapacitete, zato se na skladišču žaganega lesa uporablja zelo redko.



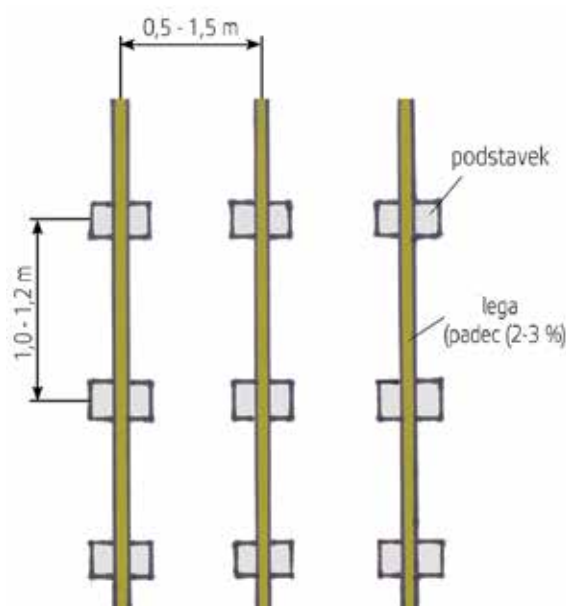
Slika 317: Tloris dela skladišča – omogočen je dostop do vsake skladovnice (Z. S.)

13.8.3.1 Skladovnica

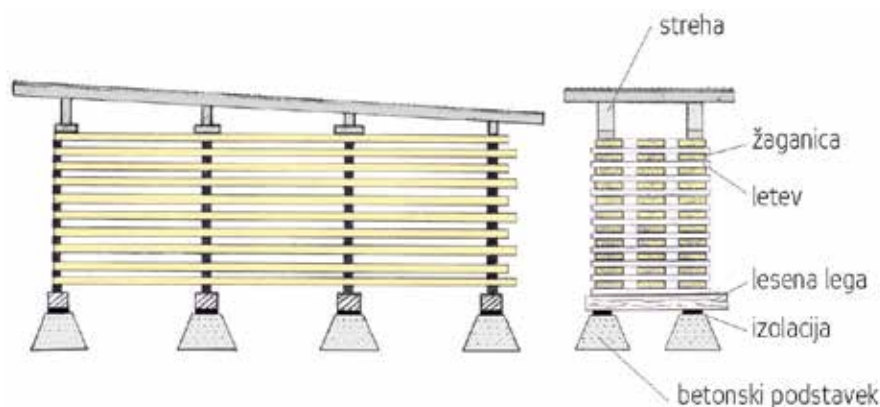
Skladovnico sestavljajo žaganice (deske, plohi), zložene ena poleg druge v vrsto, ki so med seboj ločene z letvicami. Letvice so postavljene prečno na žaganice in omogočajo gibanje zraka skozi skladovnico v prečni smeri. Skladovnica naj bo usmerjena tako, da jo stalni veter prepiha.

Skladovnica ima obliko kvadra, dimenzije pa so odvisne od dimenzij lesa, transporta in tudi dimenzij sušilnice. Položimo jo na jekleno ali leseno lego, ki leži na betonskih podstavkih, ki so visoki 40–50 cm. Lesena lega naj bo izolirana od

betonskega podstavka, da se ne vlaži. Priporoča se nagib leg in s tem skladovnice (2–3 cm na 1 meter), da deževnica po deskah lahko odteka. Skladovnica naj bo pokrita s prenosno streho, da je les zaščiteno pred padavinami in direktnimi sončnimi žarki. Strehe so različnih izvedb: enostavna je valovita pločevina, deske pokrite s folijo ali pločevino, valovite kritine iz umetnih mas ... Streha mora biti dvignjena vsaj za 10 cm od žaganih, da je zagotovljen prost dostop zraka. Postavljena pa mora biti pod zadostnim naklonom, da meteorna voda odteče. Zaradi pogoste menjave menjave mora biti pritrditev strehe enostavna.



Slika 319: Podnožje (tloris) – skladovnica leži prečno (Z. S.)



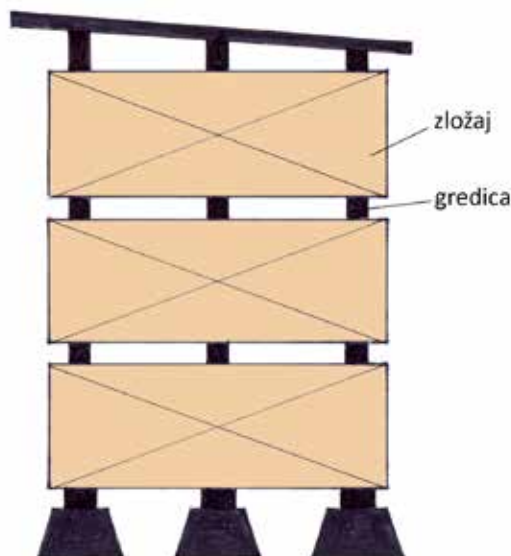
Slika 318: Skladovnica (Z. S.)

Širša ploskev nerobljenih žaganic je vedno na spodnji strani. Bočnica pa naj ima notranjo stran navzgor, da meteorna voda spolzi po širini v primeru izbočenja le-te (slika 320).



Slika 320: Pravilna lega žaganic na letvah (Z. S.)

Pri transportu z viličarjem skladajo deske v letvičene zložaje, ki so nižji od višine skladovalnice. Tako je skladovalnica sestavljena iz dveh ali treh zložajev, ki ležijo drug nad drugim in so med seboj ločeni z gredicami, da je med njimi prostor za vilice viličarja. Običajno so skladovalnice visoke 4–6 m.



Slika 321: Skladovalnica, sestavljena iz zložajev (Z. S.)

Gibanje zraka v skladovalnici

Sušenje lesa je zelo odvisno od gibanja zraka skozi skladovalnico, ki mora biti nemoteno. Najintenzivnejše je sušenje, ko piha veter, vendar gibanje zraka v skladovalnici povzroči tudi sprememba temperature in vlažnost zraka.

V primeru sušenja je zrak toplejši od lesa, zato mu odda toploto ter prevzame vlago. Ko se zrak ohladi in postane težji, istočasno pa sprejme tudi vlago ter postane lažji. Če zrak postane

težji, se giblje navzdol in nasprotno. Zato se pri naravnem sušenju priporoča, da so deske v vodoravni vrsti skladovalnice razmaknjene med seboj (do ~ 5 cm), da se lahko zrak giblje vertikalno med njimi. Skladovalnica mora biti dvignjena od tal, da veter lahko odnese zrak, ki se giblje navzdol. Enako mora biti dvignjena streha, da se dvigajoči vlažni zrak lahko odstrani, da v zložaj pride sveži zrak ter se sušenje nadaljuje.

13.8.3.2 Letvičenje

Zlaganje žaganic v skladovalnico imenujemo letvičenje, ki je ročno ali strojno. Moramo pa paziti, da so:

- letve zložene natančno druga nad drugo, da se žagance zaradi teže ne zvijajo in so
- čela žaganic poravnana (vsaj na eni strani skladovalnice) in vertikalna.

Letve za letvičenje (distančne letve) so običajno iz smrekovine ali jelovine, ki ne povzročajo obarvanja drugih vrst lesa. Njihova vlažnost naj bo 8–10 %.

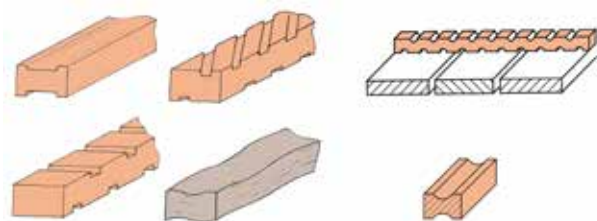
Letvice so lahko kvadratnega ali pravokotnega prereza. Pomembna je debelina, ki je odvisna od debeline žaganic.

Preglednica 43: Dimenzije letev

Debelina žaganic (mm)	Debelina letev (mm)		Razmik med letvami (mm)
	Iglavci	Listavci	
15–20	18	15	400–700
20–30	22	18	600–800
30–40	25	20	800–1000
40–60	30	25	1000–1200
60–80	35	30	1200–1400
80–120	40	35	1300–1600

Letve v skladovalnici pritiskajo na les in zavirajo sušenje, zato je les pod njimi bolj vlažen in lahko nastane že znana napaka letvična progavost. Ker so položene prečno na žagance, preprečujejo gibanje zraka v vzdolžni smeri in odtok

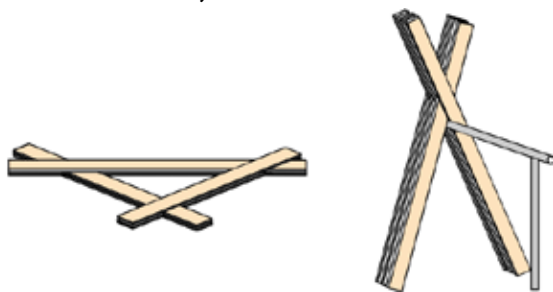
meteorne vode. Navedeno preprečimo s perforiranimi letvicami, ki imajo utore različnih oblik (slika 322). Letvice so lahko tudi kovinske, iz nerjavečega jekla ali aluminija in v obliki valovitega traku. Imajo manjšo površino naleganja, niso vlažne in omogočen je pretok zraka tudi v vzdolžni smeri ter odtok vode po deski.



Slika 322: Perforirane letve (8.: 91)

Da je les pod letvijo bolj vlažen pa je zaželeno na čelih, ki se hitreje sušijo. Priporoča se, da se letve na čelih malo izvlečejo, ker so tako čela delno zasenčena, uporabiti pa moramo širše čelne letve. Pri transportu daljših zložajev s čelnim viličarjem lahko letvice na čelih padejo iz zložaja. V takem primeru jih moramo pomakniti od čela v zložaj.

Žaganice lahko zlagamo tudi v vertikalni smeri – pokončno. Primerno je za zelo vlažen les, ker prosta voda hitreje izhaja, nato pa ga zložimo v vodoraven zložaj.



Slika 323: Pokončno zlaganje (8.: 89)

13.8.4 Lope

Priporočeno je naravno sušenje v lopah, ki so pokrite. Na straneh je prostor odprt. Les je tako na suhem in zaščiteno pred vremenskimi ujmami. Zato se hitreje suši, manj je podvržen napakom, manipulacija z njim je lažja in delavcem bolj prijazna.

V lopah se priporoča sušenje dragocenih vrst lesa pa tudi vrst, ki se hitro navlažijo (bukev, lipa, jelša, breza).

Lope so lahko tudi zaprte, vendar z možnostjo odpiranja sten za temeljito menjavo zraka. Za prepričevanje skladovnic se lahko uporabljajo aksialni ventilatorji (**pospešeno naravno sušenje**).

V lope skladiščimo tudi naravno posušen les. Skladovnico lahko razletvičimo in žaganice zložimo v paket brez letvic, vendar mora vlažnost (ravnovesna) lesa približno ustrezati klimi okolnega zraka, da se les ponovno ne navlaži.

13.8.5 Značilnosti naravnega sušenja

Prednosti:

- Pri sušenju na prostem je infrastruktúra minimalna. Nimamo dragih sušilnic, ne trošimo toplotne in električne energije in nimamo zahtevnih merilnih ter regulacijskih naprav.
- Ne potrebujemo sušilničarja in vzdrževanja naprav.

Slabosti:

- Dosežena vlažnost lesa je pri sušenju odvisna od vremena v času sušenju.
- Sušenje je dolgotrajno in negotovo, v običajni klimi lahko posušimo les na 15–20 % vlažnost.
- Lesa ne moremo posušiti na vlažnost (8–12 %), ki ustreza lesu v bivalnih prostorih (pohištvo).
- Skladišče zavzema veliko površino.
- Sredstva, vložena v nabavo lesa, so dolgo časa vezana.
- Izgube lesa zaradi napak (glive, insekti, razpoke, ukrivljenost) so večje kot pri tehničnem sušenju.

Razlike v kvaliteti med naravno posušenim lesom in lesom, posušenim v sušilnicah, po ugotovitvah (meritvah) ni. Dejstvo pa je, da les

pri naravnem sušenju počasi izgublja vodo in so napetosti zaradi krčenja precej manjše, da ni podvržen višji temperaturi in da ostane struktura bolj »naravna«. Les je po osušitvi takoj primeren za mehansko obdelavo.

Naravno posušen les lahko uporabljamo za gradbene elemente, ki so vremensko izpostavljeni.

13.9 Konvencionalno sušenje lesa

Od postopkov tehničnega sušenja je konvencionalno (običajno) sušenje najstarejše. Tudi danes posušimo na tak način približno 90 % vsega žaganega lesa. Imenujemo ga tudi normalno temperaturno sušenje.

Poteka v sušilnici, kjer merimo in uravnavamo klimo zraka:

- temperaturo zraka 35 (40)–90 °C,
- relativno vlažnost zraka 20–100 % in
- hitrost zraka 1,5–4 m/s (največkrat 2 m/s).

Za segrevanje zraka se uporabljajo grelniki, kroženje toplega zraka (konvekcija) skozi letvičen zložaj pa zagotovijo ventilatorji. Zrak se posuši z izmenjavo in mešanjem, navlaži pa z vlažilniki.

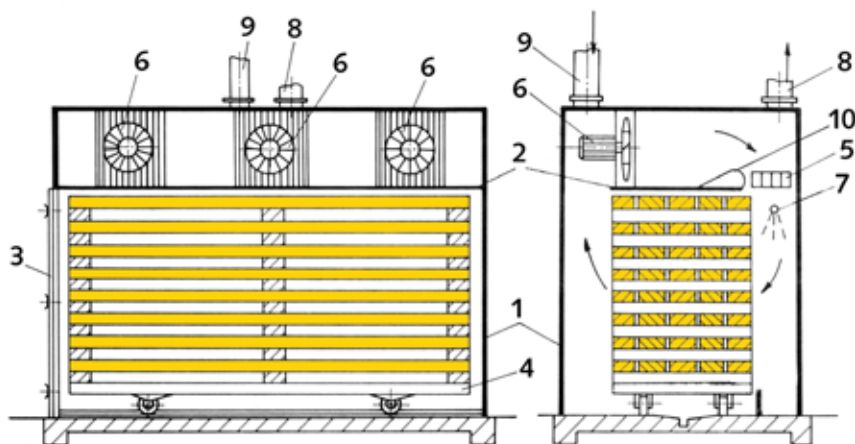
V konvencionalno sušenje uvrščamo še:

- nizkotemperaturno sušenje pri temperaturi zraka 25–40 °C in
- sušenje lesa v kanalskih sušilnicah, kjer les potuje skozi sušilno napravo.

13.9.1 Komorska sušilnica s prečnim kroženjem zraka

Komorska sušilnica (komora) se splošno uporablja in je primerna za vse vrste lesa. Les v komori miruje, menja se klima zraka glede na vlažnost lesa po režimu za vrsto in debelino lesa, ki je v komori.

Polnjenje in praznjenje sušilnic z lesom traja določen čas, zato je potreben prostor za menjava skladovnic. Komorske sušilnice se razlikujejo po izvedbi (konstrukciji), velikosti, dimenzijah zložaja lesa, ki ga lahko sprejmejo, načinu pol-



- | | |
|-----------------------------|---------------------------------|
| 1 - ogrodje | 6 - aksialni ventilator |
| 2 - predelni strop | 7 - vlažilnik |
| 3 - vrata | 8 - odvodni zračnik |
| 4 - voziček z zložajem lesa | 9 - dovodni zračnik |
| 5 - grelnik | 10 - usmerjevalna krivina zraka |

Slika 324: Sušilnica z zgornjimi ventilatorji in s prečnim kroženjem zraka (8.: 95)

njenja in praznjenja, opremi za merjenje in regulacijo, ventilatorjih ter kroženju zraka.

Komorska sušilnica z zgornjimi ventilatorji in prečnim kroženjem zraka je prikazana na sliki 324. V njej namreč dosežemo dobro in enakomerno kroženje zraka in s tem enakomerno sušenje. Pri montažni gradnji se po dolžini lahko poljubno sestavljajo. Največje sušilnice sprejmejo okoli 100 m³ lesa.

Sušilnica ima predelni strop, v zgornjem delu so ventilatorji, grelniki in zračniki, pod stropom pa vlažilnik. V spodnjem delu sušilnice so zložaji lesa in merilniki, polni in prazni se s tirnim vozičkom.

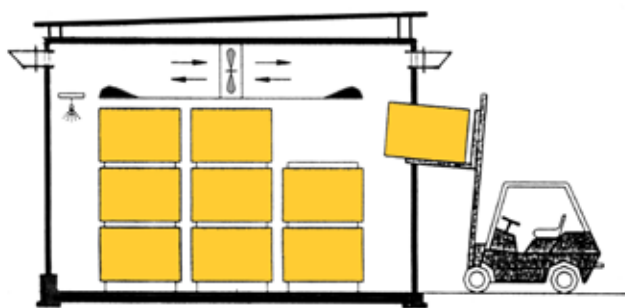
Ventilator (6) zagotavlja kroženje zraka v sušilnici. Pri prehodu skozi grelnik (5) se zrak ogreje na želeno temperaturo. Pri gibanju skozi letvičen zložaj (4) zrak segreva les (konvekcija). Ogret les se začne sušiti, vlaga s površine lesa izhlapeva v zrak, ki se zato navlaži. Zrak posušimo z izmenjavo: skozi odvodni zračnik (8) izide del vlažnega in toplega zraka, na njegovo mesto pa skozi dovodni zračnik (9) vsesamo zunanji zrak, ki po gretju na temperaturo sušilnice postane nenasičen (poglavje 13.2.1). V primeru, da je zrak presuh, ga navlažimo z vlažilnikom (7).

Na sliki 325 je prikazana **sušilnica z veliko prostornino lesa** (> 100 m³), ki se polni in prazni z viličarjem (čelnim ali bočnim).

Ventilatorji so dvosmerni. Zrak tako prepiha zložaje z obeh strani, kar je običajno in nujno, če so letvice masivne.

Zračniki za izmenjavo zraka so pritrjeni na steno sušilnice.

Vsaka sušilnica mora imeti urejen odtok vode zaradi kondenzacije vodnih hlapov. Kondenzirana voda lahko vsebuje ekstraktivne snovi, ki so izšle iz lesa.

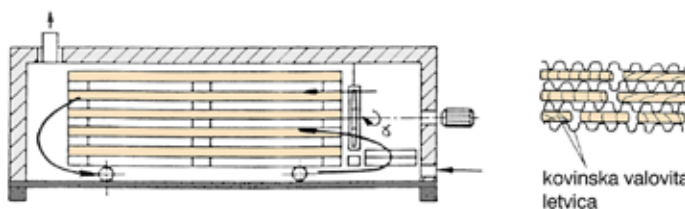


Slika 325: Polnjenje sušilnice s čelnim viličarjem (8.: 98)

Sušilnica z vzdolžnim kroženjem zraka

Manjše komorske sušilnice (2–11 m³) imajo lahko tudi vzdolžno kroženje zraka. Zložaj je letvičen z valovitimi kovinskimi letvami, da je možno gibanja zraka.

Aksialni ventilator je na čelu sušilnice in potiska zrak skozi zložaj po dolžini, pod zložajem pa ga sesa nazaj. Hitrosti zraka so večje kot pri drugih sušilnicah (do 10 m/s).



Slika 326: Sušilnica z vzdolžnim kroženjem zraka (8.: 99)

13.9.1.1 Ohišje sušilnice

Ohišje sušilnice je lahko zidano ali kovinsko. V obeh primerih mora tvoriti za paro neprepusten prostor. Vzdržati mora visoke temperature in tudi pogostne velike razlike v temperaturi ter relativni vlagi zraka. Material mora biti odporen proti koroziji, ker je zaradi izhajanja kislih snovi iz lesa pri sušenju, postane zrak v sušilnici agresiven. Potrebni sta dobra toplotna izolacija in tesnitev s koeficientom toplotne prehodnosti vsaj 0,3 W/m²K.

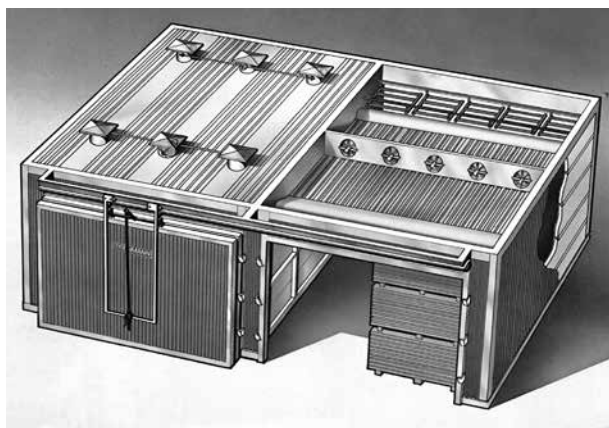
Zidane sušilnice so lahko iz armiranega betona ali opeke. Sušilnica, zgrajena iz opeke, ima notranji zid iz klinker opeke. Betonska sušilnica ali betonska plošča mora biti dobro toplotno izolirana (npr. s stekleno volno). Notranji zid mora biti premazan z ustreznim

premazom, ki preprečuje difuzijo vodne pare v steno (posebni bitumenski premaz).

Zidano sušilnico zgradimo po načrtu proizvajalca sušilnic, ki svojo opremo tudi vgradi.

Kovinske (montažne) sušilnice imajo ohišje običajno izdelano iz aluminijaste (nelegirane ali legirane) pločevine in profilov, ki so odporni proti koroziji. Steno in strop sestavljajo pločevini, med katerima je izolacija (na primer steklena volna). Gradnja je praviloma modularna. Sušilnica se sestavi (montira) iz posameznih elementov (modulov), v katerih sta predvideni inštalacija in namestitvev vseh sestavnih delov. Montažna sušilnica se postavi na betonski temelj, ki ga pripravi kupec po načrtu proizvajalca sušilnice. Običajno se postavi v halo ali nadkrit prostor ali na prostem, saj vsak proizvajalec sušilnic nudi tudi samonosilno streho nad objektom (slika 325). Sistem gradnje omogoča sestavljanje več enot v celoto, hitro montažo in kasnejše dograjevanje.

Glede na zidano sušilnico ima slabšo toplotno stabilnost (sušilnica se hitreje ohladi).

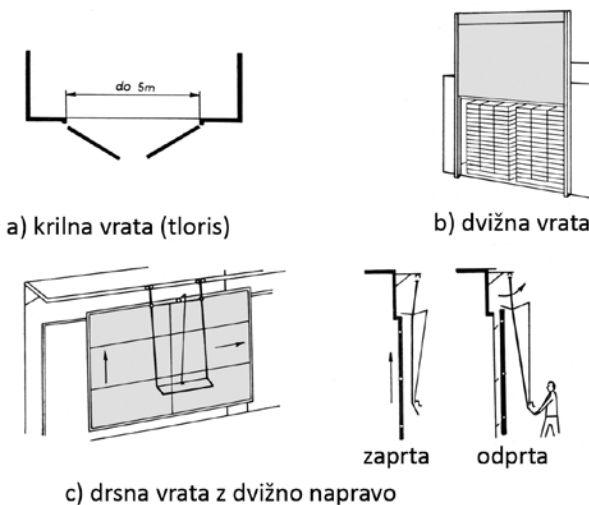


Slika 327: Kovinski sušilnici, desna v prerezu (8.: 102)

V ogrodje sušilnice so vgrajena **vrata**, ki morajo ustrezati načinu transporta lesa. Vrata sušilnice morajo biti lahka, enako toplotno izolirana kot stene sušilnice in morajo dobro tesniti.

Krilna vrata sušilnice se uporabljajo pri polnjenju in praznjenju s tirnimi vozički.

Pri polnjenju in praznjenju sušilnice z viličarjem so primerna večja vrata, na primer dvizhna. Pogosto se uporabljajo drsna vrata s posebno dvizhno napravo, ki omogoča enostavno odpiranje in zapiranje, zagotovljeno pa je tudi dobro tesnjenje.



Slika 328: Vrata sušilnic (8.: 103)

Sušilnica ima tudi posebna manjša nadzorovalna vratca, ki omogočajo jemanje sledilnega kosa za ugotavljanje vlažnosti lesa.

13.9.1.2 Naprave za gretje

Napravo za gretje zraka v sušilnici sestavljajo cevna mreža, razdelilnik ogrevalnega medija, ventili in grelniki. Sušilnica se priključi na parni kotel, kjer se toplota prek ogrevalnega medija prenaša v sušilnico. Sušilnice so največji porabnik toplote v obratu, zato je priporočljivo, da so postavljene blizu parnega kotla, ker so tako toplotne izgube pri prenosu manjše.

Ogrevni mediji so:

- topla voda (brez nadtlaka) temperature 95–100 °C, ogrevanje je enostavno;
- vroča voda z nadtlakom 130 °C in več, ogrevanje je zahtevnejše – veljajo strogi varnostni predpisi;
- para z nizkim ali visokim tlakom – para je dober prenosnik toplote, vendar se temperatura težje uravnava;

- termo olje (brez nadtlaka) – pri nizkem tlaku ima olje visoko temperaturo in je zato ogrevanje nizkotlačno in enostavnejše.

Za manjše sušilnice, in kadar ni na razpolago vroče vode ali pare, se sušilnica lahko ogreva z električnim tokom, dobro pa je treba preveriti ekonomičnost.

Največ toplote se porabi v začetku sušenja, ker je potrebno segreti sušilnico in les, več toplote porabimo pozimi. Sušilnica naj bi se segrela 20–80 °C v času 3 ur.

Poraba toplote je pomemben podatek, saj je sušilnica velik porabnik toplote, poznati pa jo moramo tudi za določanje stroškov sušenja. Porabo toplote natančno ugotovimo z vgrajenim kalorimetrom.

Za izračun (izparilne) toplote Q navajamo specifično porabo toplote (r) v MJ/kg in kWh/kg, ki je potrebna, da se 1 kg vode izloči iz lesa, in tudi porabo pare (0,5 barov nadtlaka) v kg na 1 kg izločene vode (preglednica 44).

$$Q = m_{H_2O} \cdot r$$

Preglednica 44: Poraba toplotne energije na 1 kg vode, ki je izšla iz lesa

Vrste lesa	Poraba toplote (MJ/kg)	Poraba toplote (kWh/kg)	Poraba pare (kg/kg)
Za prosto vodo:			
trdi listavci	4,6–8,1	1,28–2,25	2,0–3,5
iglavci, mehki listavci	3,5–4,6	0,97–1,28	1,5–2,0
Za vezano vodo:			
trdi listavci	6,9–10,4	1,92–2,89	3,0–4,5
iglavci, mehki listavci	4,6–8,1	1,28–2,25	2,0–3,5

Primer:

Sušimo 15 m³ lesa vrbe, ki ima začetno vlažnost 30 %. Posušimo ga na končno vlažnost 8 %. Izračunajmo maso vode, ki izide pri sušenju, in potrebno toploto pri sušenju.

Maso vode, ki izide iz lesa, znamo izračunati – poglavje 13.5.2.

V preglednici 8 odčitamo gostoto vrbovine: $\rho_0 = 330 \text{ kg/m}^3$

$$m_{H_2O} = \rho_0 \cdot \frac{u_z - u_k}{100} \cdot V = \frac{330 \text{ kg/m}^3 (30\% - 8\%) \cdot 15 \text{ m}^3}{100\%} = 1089 \text{ kg}$$

Iz preglednice 44 vzamemo (izberemo med 4,6 do 8,1 MJ/kg) porabo toplote 5,5 MJ/kg.

$$Q = m_{H_2O} \cdot r = 1089 \text{ kg} \cdot 5,5 \text{ MJ/kg} = 5989,5 \text{ MJ}$$

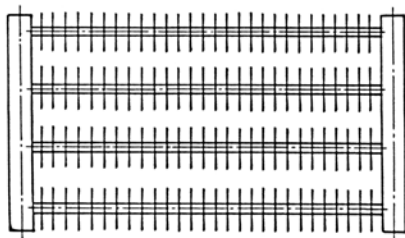
Grelniki

V grelnik doteka vroč ogrevalni medij, ki ga segreva, njegova toplota pa prestopa v zrak v prostoru (konvekcijsko gretje).

V sušilnicah se kot grelniki uporabljajo rebraste cevi, ki so samostojne ali združene v register.

Jeklene rebraste cevi so vijačno ovite s pločevino ali obroči, ki so nataktnjeni in utrjeni na cevi s ciljem povečanja za toploto prenosne površine. Bimetalno rebrasto cev na primer sestavlja jeklena cev, na katero je nataktnjena aluminijasta rebrasta cev. Takšna cev ima boljšo oddajo toplote in

je odporna na korozijo, ki nastaja zaradi agresivnega zraka v sušilnici.



Slika 329: Grelnik (register), sestavljen iz rebrastih cevi (8.: 106)

Posamezni grelniki so z odvodnimi in dovodnimi cevmi povezani v grelno skupino sušilnice, ki enakomerno ogreva zrak po celi komori (slika 330).

Grelnik na paro mora imeti na izstopu pare iz grelnika posebno varovalo, **odvajalnik kondenzata** (kondenzatni lonec), ki ne prepušča pare, prepušča pa vodo in zrak. Toplota pare se izkoristi tako, da se v grelniku ohladi in kondenzira ter v obliki kondenzata izstopi iz grelnika, kar zagotovi odvajalnik kondenzata.

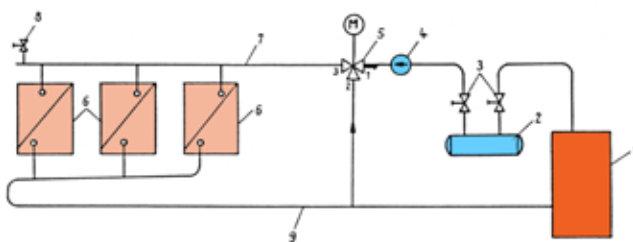
Razdelilnik ogrevnega medija

Vodo ali paro (medij) vodimo preko cevi iz parnega ali vročevodnega kotla do razdelilnika, ki jo usmeri v posamezne grelnike, do katerih mora priti istočasno. Na razdelilniku se nahajajo merilniki in ventili za regulacijo temperature v sušilnici. Nameščen je ob zunanji steni sušilnice oziroma med sušilnicami.

Na sliki 330a je prikazano ogrevanje s toplo vodo, pri katerem reguliramo temperaturo, tako da mešamo s tripotnim ventilem ohlajeno povratno vodo z vodo iz kotla. Na dovodu v razdelilnik (pred ventili) se nahaja lovilnik nečistoč, imamo pa tudi termometer za merjenje temperature vode. Kroženje vode poganja črpalka.

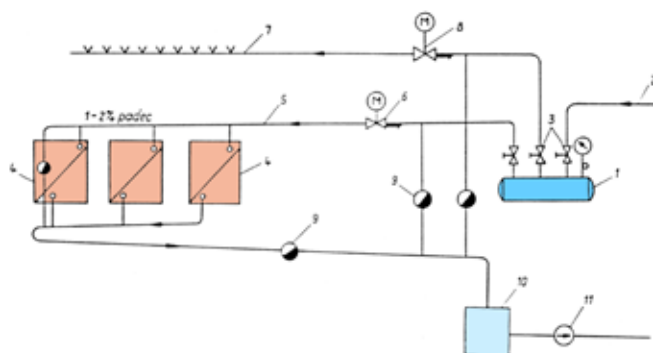
Na sliki 330b je prikazano ogrevanje in vlaženje zraka s paro. Toplota pare se izkoristi tako, da se v grelniku ohladi in

kondenzira, kar pa zagotovi kondenzatni lonec, ki ne prepušča pare, prepušča pa vodo in zrak.



- 1 - vročevodni kotel
- 2 - razdelilnik vode
- 3 - ročni ventil
- 4 - obtočna črpalka
- 5 - motorni tripotni ventil
- 6 - grelnik
- 7 - vod h grelniku
- 8 - odzračevalni ventil
- 9 - povratni vod

a) shema razvoda tople vode



- 1 - razdelilnik pare
- 2 - glavni parni vod
- 3 - ročni ventil
- 4 - grelnik
- 5 - parni vod h grelni veji
- 6 - motorni ventil grelnikov
- 7 - vlažilnik na paro
- 8 - motorni ventil za vlažilnik
- 9 - kondenzatni lonec
- 10 - zbiralnik kondenzata
- 11 - črpalka za vračanje kondenzata

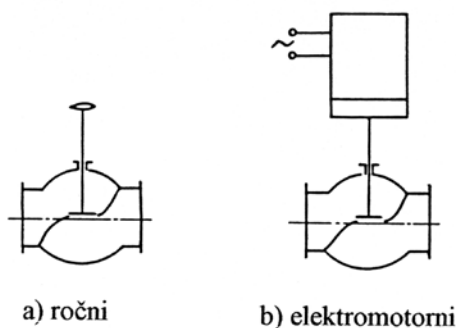
b) shema razvoda pare

Slika 330: Razdelilnik ogrevnega medija (8.: 107)

Če ima podjetje parno postrojenje, lahko vročo vodo pridobimo tako, da para prek prenosnika para/voda ogreva vodo, ki služi za ogrevanje sušilnic. Regulacija temperature v sušilnici preko vroče vode je natančna. Tako lažje dosežemo želene temperature.

Ventili

Služijo za zapiranje dovoda pare ali vode in s tem regulirajo temperaturo zraka v sušilnici. Pri ročni regulaciji so ročni ventili, ki jih ročno zapiramo ali odpiramo glede na temperaturo v sušilnici. Pri avtomatski regulaciji so to motorni ventili, ki so daljinsko krmiljeni in se zapirajo ali odpirajo s pomočjo elektromotorja.



Slika 331: Ventili (8.: 108)

13.9.1.3 Ventilatorji

Za gibanje zraka skozi skladovnico so v sušilnicah ventilatorji, ki jih poganjajo elektromotorji. Ventilatorji zagotovijo predpisano hitrost zraka skozi vse zložaje lesa v sušilnici. V običajni sušilnici je hitrost zraka konstantna. Obstajajo tudi sušilnice, v katerih lahko uravnavamo hitrost zraka. Spremembo hitrosti zraka dosežemo z uravnavanjem vrtilne hitrosti ventilatorjev, na primer pri manjši vrtilni hitrosti ventilatorjev je manjša hitrost zraka in tudi manjša poraba energije. Uravnavanje hitrosti zraka je lahko stopenjsko ali brezstopenjsko. Stopenj-

ske regulacije omogočajo že elektromotorji s preklapljanjem polov motorja. Za brezstopenjsko regulacijo vrtilne hitrosti ventilatorjev potrebujemo elektronski frekvenčni pretvornik, običajna pa je samo pri avtomatski regulaciji sušenja.

Vrednosti za priključno moč ventilatorjev na 1 m³ lesa pri hitrosti zraka 2 m/s:

iglavci, mehki listavci.....0,25–0,4 kW

trdi listavci.....0,15–0,3 kW

Elektromotor se skupaj z ventilatorjem nahaja v sušilnici, zato mora biti zaščiten proti visoki vlagi in temperaturi.

Poznamo dve vrsti ventilatorjev:

- aksialni ventilator in
- radialni ventilator.

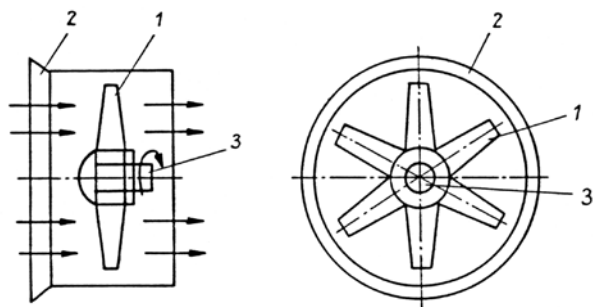
Aksialni ventilator

Pri njih se zrak giblje v smeri pogonske osi. Uporabljajo se za manjše tlake oziroma hitrosti. V gibanje lahko spravijo velike količine zraka.

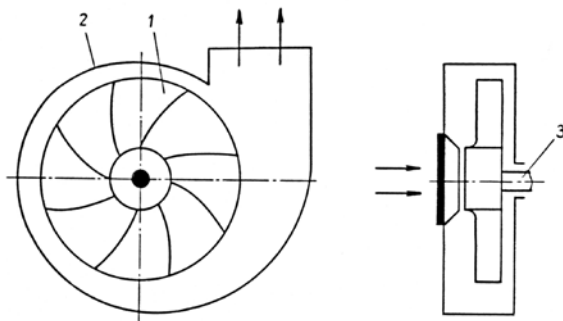
Aksialni ventilator je lahko dvosmerni (reverzibilni), kjer se smer gibanja zraka menja glede na smer vrtenja rotorja ventilatorja. Smer gibanja zraka (in smer vrtenja rotorja) se avtomatsko menja vsake štiri ali dve uri, praviloma pa dosežemo hitrejšo in enakomernejšo sušenje. Dvosmerni ventilator ima slabši izkoristek kot enosmerni.

Radialni ventilator

Pri radialnih ventilatorjih se zrak giblje v rotorju radialno in pritiska na ohišje, zato nastane večji tlak in večja hitrost zraka. Konstrukcija ventilatorja je zahtevna, menjava smeri gibanja zraka (reverzibiliranje) pa ni možna. Radialni ventilatorji se v sušilnicah uporabljajo redko oziroma samo pri večjih hitrostih zraka.



a) aksialni ventilator



b) radialni ventilator

- 1 - ohišje
- 2 - rotor z lopaticami
- 3 - pogonska gred

Slika 332: Ventilator (8.:109, 110)

13.9.1.4 Naprave za uravnavanje relativne vlažnosti zraka

Les sušimo z zrakom predpisane relativne vlažnosti, ki jo vzdržujemo z zračniki za izmenjavo zraka in vlažilniki zraka.

Pri sušenju izhaja iz lesa voda in zrak se navlaži. Posušimo pa ga z izmenjavo in gretjem zraka (poglavje 13.2.1). Zrak izmenjamo preko zračnikov za izmenjavo zraka. Če je zrak presuh, na primer v fazi segrevanja sušilnice, ga navlažimo z vlažilniki zraka.

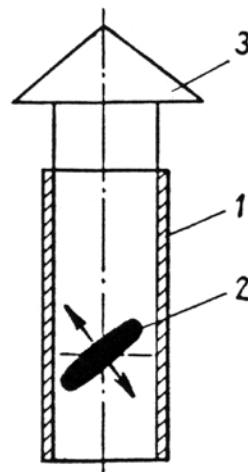
Zračniki za izmenjavo zraka

Zračnik je izdelan v obliki cevi, skozi katero je komora povezana z atmosfero.

Na sliki 324 je zračnik, pritrjen na strop sušilnice, na sliki 325 pa na steno sušilnice.

Na tlačni strani ventilatorja je nameščen odvodni zračnik, na sesalni strani ventilatorja pa dovodni zračnik.

Zračnik ima loputo, s katero uravnavamo izmenjavo zraka. Loputa mora dobro tesniti. Vse lopute so s posebnimi vzvodi povezane skupaj, tako da z eno ročico odpiramo ali zapiramo zračnike. Odpiramo jih lahko ročno ali avtomatsko prek posebnega motorja, ki je daljinsko krmiljen. Premikanje lopute mora biti brezstopenjsko.



a) shema (8.: 110)



b) izgled (X)

- 1 - cev
- 2 - loputa
- 3 - zaščitna kapa

Slika 333: Zračnik z loputo za izmenjavo zraka

Pri izmenjavi zraka izpuščamo topel ali vroč zrak neizkoriščen v atmosfero. Energijo tega zraka se lahko izkoristi v prenosniku toplote, v katerem ta topli (uporabljeni) zrak segreje svež zrak na vhodu v sušilnico.

Vlažilniki

Zrak vlažimo tako, da spuščamo vanj nasičeno vodno paro ali brizgamo vodo. Vlaženje zraka je najbolj potrebno pri segrevanju lesa, kondicioniranju in pri odpravljanju napak (kolaps).

Vlažilnik na paro – pršilna cev je cev z luknjicami po celi dolžini, iz katere izhaja para. Para mora biti nasičena s tlakom 0,1–0,2 bar, kar

pomeni temperaturo do 105 °C. Pri razdelilniku pare imamo ventil, s katerim reguliramo vlaženje, in sicer ročni ventil pri ročni regulaciji in motorni ventil pri avtomatski regulaciji.

Vlažilnik na vodo ima na cevi nameščene šobe, ki vodo razpršijo v drobne kapljice, da lahko izhlapijo v zrak. Razpršilne šobe so nameščene pred ventilatorji – tako dosežemo dobro mešanje z zrakom in hitro vlaženje. Vlaženje je z mrzlo ali toplo vodo. Vlaženje z mrzlo vodo znižuje temperaturo zraka v sušilnici. Vodo je potrebno mehčati, da se luknjice šobe ne zamašijo zaradi nabiranja vodnega kamna. Nabiranje vodnega kamna preprečimo tudi z izpihavanjem posebnih razpršilnih šob s komprimiranim zrakom (slika 334b).

Vlažilnik je nameščen pred vstopom zraka v skladovnico, para ali voda pa se ne sme brizgati direktno na les, ker to povzroči barvne madeže. Kadar zrak vlažimo, morajo biti lopute zaprte.



a) na paro (8.: 112)



b) na vodo s komprimiranim zrakom (X)

Slika 334: Vlažilnik

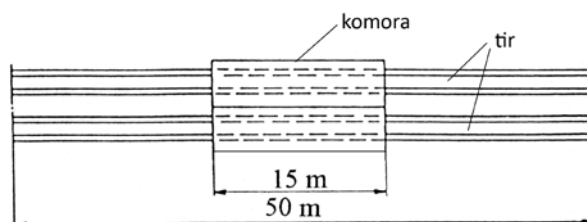
13.9.1.5 Naprave za polnjenje in praznjenje sušilnic

Naprave za polnjenje in praznjenje sušilne komore morajo omogočiti hitro in varno menjavo lesa v sušilnici. Pri načrtovanju ustreznih naprav je potrebno upoštevati transportno situacijo podjetja, pogostost polnjenja in praznjenja sušilnice, vrste, število komor ...

Uporabljamo:

- naprave za tirnični transport (tirnični vozički),
- naprave za transport brez tračnic (viličarji).

S tirničnim vozičkom je polnjenje in praznjenje sušilnic zelo hitro in enostavno, posebej v primeru pretočne sušilnice. Zahteva pa skladiščni prostor pred sušilnico in za njo.



Slika 335: Dvotirna sušilnica s tirničnimi vozički, ki gredo skozi komoro (tloris) (8.: 113)

Prednost tirničnih vozičkov je tudi, da je položaj zložajev lesa v komori določen oziroma pravilen glede na kroženje zraka. Obstajajo še razni dvigalni tirnični vozički, ki ne ostanejo v sušilnici.

Čelni ali bočni viličar ne zahteva dodatnih transportnih naprav (vozičkov, tračnic ipd.) ter prostora za pripravo lesa. Komora mora imeti večja vrata, ki pa se pri vožnji z viličarjem lahko zadenejo in poškodujejo. Menjava lesa traja dalj časa, zato težje povsem izpolnimo prostor sušilnice. Polnjenje je lahko s čelne ali z bočne strani sušilnice.

Gnani ali negnani valjčni transporterji se redko uporabljajo. Potrebna je večja investicija, vzdrževanje valjev v sušilnici pa je zahtevno. Prednost je zelo hitra menjava zložajev. Značilnosti so enake kot pri tirničnem vozičku.

13.9.1.6. Naprave za merjenje in regulacijo klime zraka

V sodobni sušilnici so merilne in regulacijske naprave povezane, ker sušenje vodimo po izmerjenih podatkih. Nahajajo se v posebnem prostoru ob sušilnici.

Merilne naprave

Merilne naprave že poznamo iz predhodnih poglavij. Še enkrat bomo poudarili, da je pomanjkljivost električnega merjenja vlažnosti, da je natančno samo pod točko nasičenosti vlaken in da na merjenje vplivajo razne snovi v lesu. Priporoča se občasno »ročno« merjenje vseh parametrov v sušilnici, saj s tem kontroliramo daljinske merilne naprave in zagotovimo njihovo pravilno delovanje.

Regulacijska naprava

Regulacijska naprava regulira klimo zraka glede na trenutno vlažnost lesa. Z regulacijo klime zraka v sušilnici vzpostavimo takšno stanje zraka, da se les pravilno in hitro suši. Zaradi nižanja vlažnosti lesa moramo sproti regulirati (uravnavati):

- temperaturo in
- relativno vlažnost zraka, kot to predpisuje režim sušenja.

Temperaturo zraka v sušilnici reguliramo z odpiranjem ali zapiranjem ventila grelnikov. Pri nižji temperaturi od predpisane ventil grelnika odpiramo. Zapiramo pa ga, če je temperatura previsoka.

Relativno vlažnost zraka uravnavamo tako, da odpiramo ali zapiramo lopute zračnikov in zapiramo ali odpiramo ventil vlažilnika. Če je zrak prevlažen, lopute odpiramo. Običajno so lopute v fazi sušenja nekoliko odprte, da se zrak stalno izmenjuje in suši (recirkulacija zraka). Če je zrak presuh, lopute zapremo. Kadar to ni dovolj, odpremo še vlažilnik (pri segrevanju lesa, kondicioniranju in odpravljanju napak). Vlažilnik seveda odpremo le tedaj, ko so lopute zaprte.

V nekaterih sušilnicah merimo in uravnavamo tudi hitrost gibanja zraka.

Hitrost zraka uravnavamo z menjavo vrtilne hitrosti ventilatorjev. V začetku sušenja in višji vlažnosti lesa je hitrost zraka višja, nato pa nižja. Način delovanja (reguliranja) naprave – glejte poglavje 13.9.4.

Električna naprava

Pri sušilnici je tudi nameščena električna naprava, ki ima obliko omare. Sestavljajo jo vsi elementi za zaščito in dobro delovanje elektromotorjev in ostalih električnih porabnikov.

13.9.2 Tehnološki postopek sušenja

Tehnološki postopek obsega pred sušenjem pripravo zložajev, sledilnih kosov, namestitvev merilnih tipal ... Sušilni postopek v sušilnici poteka v naslednjih fazah:

- segrevanje,
- sušenje,
- izenačevanje,
- kondicioniranje in
- ohlajevanje.

Po končanem sušenju je treba les pred nadaljnjo predelavo še klimatizirati.

13.9.2.1 Priprava zložajev za sušenje

Za pripravo zložaja (letvičenje) za sušenje v sušilnici veljajo enaka pravila in se uporabljajo enake letvice kot pri sušenju na prostem. Smotno je, da že za sušenje na prostem oblikujemo zložaj takšnih dimenzij, kot so predpisane za sušilno komoro. Tak zložaj lahko prenesemo z viličarjem direktno v sušilnico ali pa ga položimo na tirnični voziček, tako da ni potrebno ponovno zlaganje desk za sušilnico.

Zložaj mora imeti obliko kvadra. Zapolniti mora sušilnico, samo tako je gibanje zraka v sušilnici pravilno. Pri sušilnici z zgornjimi ventilatorji in s prečnim kroženjem zraka mora biti skladovnica naložena do vrha (do vmesnega stropa), sicer se zrak ne giblje skozi skladovnico, ampak nad njo. Nepravilno gibanje zraka lahko preprečimo

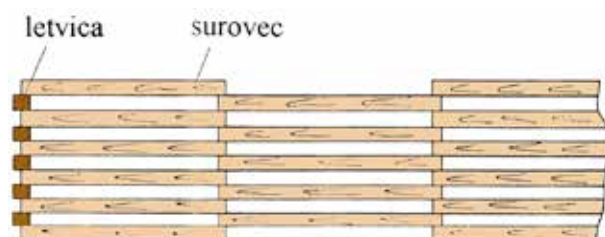
tudi s posebnimi zavesami in z usmerjevalnimi pločevinami.

Pri poglavju 13.5.4 je bilo poudarjeno, da mora biti les, ki ga sušimo v eni sušilnici, enake vrste in debeline ter mora imeti približno enako začetno vlago in zgradbo. Če to ni možno in naenkrat sušimo v sušilnici različne sortimente, se vedno postavi režim, ki upošteva najneugodnejše okoliščine sušenja. Na primer, če sušimo skupaj v eni komori smreko in bukev, moramo vzeti režim sušenja za bukev.

Pri zlaganju desk oziroma pred sušenjem izberemo kontrolne deske za ugotavljanje in kontrolo vlažnosti lesa, določimo mesto za sledilne kose in namestimo elektrode za električno merjenje vlažnosti. Vsak zložaj pregledamo, ocenimo kakovost lesa in zabeležimo napake.

Zlaganje krojenega lesa

Krojeni les (krajši elementi, surovci) zlagamo tako, da se elementi na koncih malo prekrivajo, na čelu zložaja pa so vstavljene letvice (slika 336). Zelo priporočljivo je, pravzaprav je obvezno, premazati čela elementov.



Slika 336: Skladovnica krojenega lesa (8.: 117)

Zložaj lahko tudi obtežimo, da se zgornje deske ne ukrivijo (veženje). Za obtežbo uporabljamo betonske plošče, lahko tudi vpenjalne naprave, ki pritiskajo na deske prek vzmeti.

Delo pri letvičenju je težko in zamudno, obstaja pa že veliko avtomatskih naprav za letvičenje zložajev.

13.9.2.2 Segrevanje

V fazi segrevanja se les ne sme pričeti sušiti zaradi nevarnosti nastanka napetosti in napak.

Ločimo dve stopnji segrevanja:

- ogrevanje zraka in komore na začetno temperaturo sušenja in
- segrevanje lesa po debelini, da sredina lesa doseže začetno temperaturo.

Voda v lesu se giblje z mesta višje vlažnosti na mesto nižje vlažnosti in tudi z mesta višje temperature na mesto nižje temperature, zato je pomembno, da je sredina obdelovanca segreta.

Les segrevamo z nasičenim zrakom, ki ima največjo dopustno psihrometrsko razliko 1–2 °C (relativno vlažnost zraka ~ 95–90 %). Pri naravno posušenem lesu je psihrometrska razlika lahko 2–4 °C.

Temperaturo v sušilni komori zvišujemo postopno do začetne temperature sušenja in približno polovico časa, ki je predviden za segrevanje. Zaradi višanja temperature postaja zrak nenasičen, in ker se les ne sme sušiti, moramo odpirati vlažilnik, da se zrak nasiči, lopute zračnikov pa so pri tem zaprte.

Pri segrevanju barvno občutljivih vrst lesa (na primer javor, bukev, jesen) se vlaženju poskušamo izogniti oziroma vlažimo postopoma.

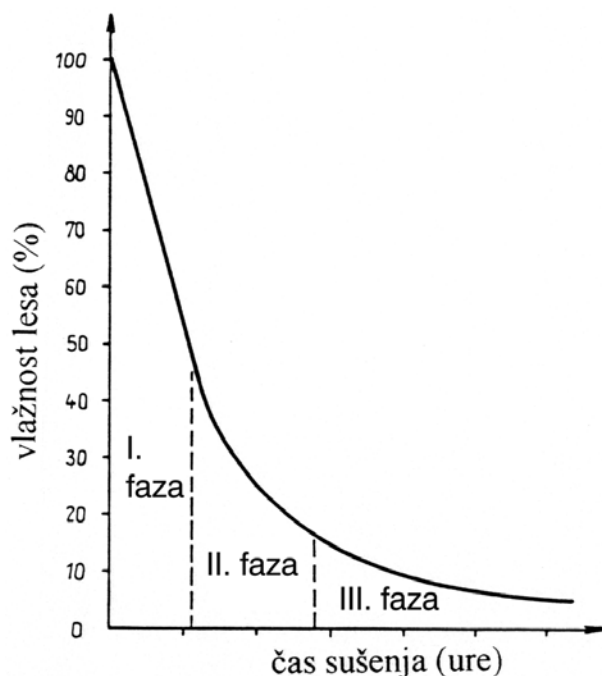
Na hladnejšem lesu se kondenzirajo vodne pare (rosišče). Tako se les hitreje navlaži.

Za segrevanje sušilnice porabimo precej energije (posebej pozimi), zato je smotrno, da sušilnica obratuje 24 ur na dan.

13.9.2.3 Faza sušenja

V fazi sušenja les oddaja vodo. Samo gibanje vode in tudi izhlapevanje v zrak že poznamo iz predhodnih poglavij. Glede na vlažnost lesa sušenje razdelimo na tri teoretične faze sušenja.

Na sliki 337 je grafični prikaz poteka sušenja lesa z označenimi fazami.



Slika 337: Sušilna krivulja in faze sušenja (8.: 119)

Prva faza sušenja

Začetek izhajanja vode iz lesa pomeni tudi začetek prve faze sušenja. Vsepovsod po lesu se giblje prosta ali kapilarna voda, ki s površine izhlapeva v zrak. Prva faza sušenja traja do trenutka, ko zunanje plasti dosežejo točko nasičenosti lesnih vlaken. Hitrost sušenja je pri nespremenljivih razmerah stalna in je praviloma odvisna samo od izhlapevanja. Izhlapevanje pa je odvisno od relativne vlažnosti in hitrosti zraka. Zaradi nevarnosti pojava napak (kolaps, sprememba barve) je temperatura nižja in konstantna, relativna vlažnost pa višja.

Večja hitrost zraka zelo pospeši izhlapevanje in s tem sušenje, vendar mora biti izhlapevanje uravnovešeno s hitrostjo dotoka proste vode iz notranjosti lesa na površino. Ta faza je razmeroma kratka, razen za vrste lesa, ki imajo tile.

Druga faza sušenja

Druga faza sušenja se začne, ko začne padati vlažnost površine lesa pod točko nasičenosti celičnih sten in traja toliko časa, da sredina lesa doseže točko nasičenosti. Voda naj se giblje iz sredine navzven, da vlaži zunanje plasti, ki se ne

smejo preveč izsušiti. Če se površina lesa preveč posuši, nastanejo napake zaradi napetosti.

Hitrost sušenja začne upadati in sprva jo pospešimo tako, da sušimo z bolj suhim zrakom, pozneje pa se temperatura lahko dvigne.

Tretja faza sušenja

V tretji fazi sušenja izhaja samo vezana voda, vlažnost vsega lesa je padla pod točko nasičenosti celičnih sten. Tretja faza traja do konca sušenja, praviloma do takrat, ko najbolj suh sledilni kos doseže za 2 % nižjo vlažnost od končne vlažnosti. Z nižanjem vlažnosti hitrost sušenja hitro upada, zato je ta faza najdaljša. Temperatura se postopoma dviguje in večja se tudi psihrometerska razlika oziroma relativna vlažnost zraka se zmanjšuje.

Proti koncu sušenja sta temperatura in relativna vlažnost zraka najvišji možni glede na izbrani režim sušenja. V tej fazi obstaja velika nevarnost napak zaradi napetosti v lesu (krčenja).

Naravno posušen les je v tretji fazi sušenja in v sušilnicah nadaljujemo s to fazo.

13.9.2.4 Izenačevanje in kondicioniranje

Faza izenačevanja se začne po koncu tretje faze sušenja. Z njo izenačimo vlago med posameznimi kosi lesa v sušilnici. Žaganice imajo na koncu sušenja različno vlažnost. S postopkom izenačevanja je potrebno doseči dovoljeno odstopanje ± 2 % od končne vlažnosti.

Kondicioniranje ima namen izenačiti vlago po prečnem prerezu obdelovancev in s tem odpraviti notranje napetosti lesa. Dovoljeni vlažnostni gradient po prerezu lesa je 2 %/cm.

V praksi se običajno predvidi samo ena faza, ki jo imenujemo tudi **kondicioniranje**. Ta faza se začne, ko je povprečna vlažnost lesa dosegla končno vlažnost (samo sušenje je končano). Njeno trajanje se časovno predvidi. Določitev kondicioniranja (pravzaprav izenačevanja in kondicioniranja):

- suha temperatura je nespremenjena, lahko pa se zniža do 15 °C;
- ravnovesna vlažnost se postavi za 1–2 % višje od končne vlažnosti ali je enaka končni vlažnosti.

13.9.2.5 Hlajenje

Po sušenju moramo les nekaj ur hladiti v sušilnici. V primeru, da sušilnico takoj odpremo in izpraznimo, izpostavimo les zunanjemu hladnejšemu zraku. Les je segret (vroč). Segreje tudi okolni zrak, ki zato postane zelo suh, zato se les nekontrolirano suši naprej. V lesu nastanejo napetosti in napake vse do zunanjih razpok.

Po zaključku kondicioniranja izklopimo grelnike, lopute zračnikov malo odpremo, ventilatorji pa delujejo naprej. Šele ko je temperatura lesa le za okoli 30 °C višja kot zunanja, se lahko odprejo vrata in izključijo ventilatorji. Pri prehitri izključitvi ventilatorjev pride do kondenzacije vodnih hlapov zraka, ki lahko povzročijo spremembe barve lesa na površini (madeže, lise).

13.9.2.6 Klimatiziranje (aklimatiziranje)

Klimatiziranje (skladiščenje lesa takoj po sušenju) pomeni, da je les določen čas v klimatiziranih prostorih, kjer klima zraka ustreza končni (ravnovesni) vlažnosti lesa, da les ne deluje (krči ali nabreka).

Med sušenjem se v lesu sprostijo velike napetosti. Podvržen je bil visokim temperaturam, zato mora les po sušenju določen čas mirovati (3–14 dni), da se napetosti dokončno sprostijo, in šele nato se lahko mehansko obdeluje. Če les ni kondicioniran, se pri obdelavi zvija, poka, lepilni spoji se odpirajo ... Idealno je, če imamo klima napravo, s katero vzdržujemo želeno temperaturo in vlago zraka. Ustreza tudi ogrevan prostor, v katerem se namestijo industrijski vlažilniki zraka. Za kontrolo klime zraka pa moramo imeti termometer ter higrometer.

Primer:

Les smo posušili na 8 %. Skladiščen je pri temperaturi prostora 18 °C. Kolikšna mora biti relativna vlažnost zraka?

Relativno vlažnost zraka odčitamo iz psihrometske preglednice 40 ali diagrama (slika 298 ali 299) in znaša 43 %.

13.9.3 Režimi sušenja

Režimi ali programi sušenja predpisujejo temperaturo in relativno vlažnost zraka v sušilnici. Režimi so praktična navodila, kako reguliramo klimo zraka v sušilnici oziroma vodimo tehnološki postopek sušenja (upoštevamo navedene faze sušenja), da se les posuši dovolj hitro in brez večjih napak. Izdelani so za posamezne vrste in debeline lesa. Razlikujemo:

- režime na osnovi časa sušenja in
- režime na osnovi vlažnosti lesa.

13.9.3.1 Režimi na osnovi časa sušenja

Pri teh režimih se temperatura in relativna vlažnost zraka menjata po preteku določenega časa sušenja. Na primer po 12 urah sušenja dvignemo temperaturo. Temperaturo smo povišali, ker smo predpostavili, da se je les posušil na vlažnost, pri kateri že lahko sušimo z višjo temperaturo, kar pa ni povsem zanesljivo.

Pri režimih na osnovi časa je treba natančno poznati (preučiti) sušilne lastnosti lesa in potek sušenja. Možni so le za tiste vrste lesa, ki se lahko in hitro sušijo (tanjše deske mehkega lesa). Režime na osnovi časa sušenja ne priporočamo in tudi ne navajamo.

13.9.3.2 Režimi na osnovi vlažnosti lesa

Pri teh režimih se klima zraka menja na osnovi spremembe merjene (dejanske) vlažnosti lesa. Ko se les posuši na določeno vlažnost, se temperatura in relativna vlažnost zraka sušilnice lahko spremenita. Tako preprečimo napake, les pa se kvalitetno posuši v najkrajšem možnem času.

Prvi režimi, ki so upoštevali vlažnost lesa, so bili izdelani na podlagi dolgotrajnega študija in ugotavljanja sušenja v inštitutih posameznih držav. Znani so »medisonski režimi«, ki jih je izdelal Forest Products Laboratory Madison v ZDA, angleški in ruski režimi. Ti režimi predpisujejo suho in vlažno temperaturo v sušilnici glede na dejansko vlažnost lesa. So podlaga novejšim in bolj izpopolnjenim režimom sušenja na osnovi vlažnosti lesa, ki upoštevajo ostrino sušenja. Vsi sodobni režimi so na osnovi stalne ostrine sušenja.

V poglavju 13.6.1 smo spoznali ostrino sušenja (gradient sušenja) in njen pomen za poznavanje napetosti v lesu. Sušenje brez napak zaradi napetosti je možno samo, če razlika med vlažnostjo zunanjih in notranjih plasti ni prevelika, kar pa dosežemo z režimi na osnovi stalne ostrine sušenja. Regulacijska naprava na osnovi merjenih podatkov sušenja računa ostrino in jo vzdržuje konstantno oziroma v predpisanih mejah oziroma avtomatsko vodi sušenje.

Orientacijski podatki za parametre sušenja so podani v preglednici 45 (dopolnjena osnova po Trübswetter: Seminar Vorträge am Lehrinstitut, Rosenheim, 1985). Iz navedenih podatkov lahko sestavimo ustrezen režim, po katerem vodimo sušenje.

Podatki v preglednici 45 pomenijo:

T_1začetna temperatura sušenja (suha)

T_2maksimalna temperatura sušenja (suha)

u_rravnovesna vlažnost

oostrina sušenja

φ relativna vlažnost zraka

uzačetna (dejanska) vlažnost lesa

u_{mej}mejna vlažnost

Preglednica 45: Podatki za sestavo režimov sušenja lesa

Skupina	Vrsta lesa	T_1 (°C)	u_r (%)	φ (%)	T_2 (°C)	o (-)
		za $u > u_{mej}$			za $u < u_{mej}$	
1	smreka, jelka, abahi (samba)	60	12	79	90	4
2	smreka, jelka, bor, čuga, cedra, abahi, balsa	60	13	79	90	3,5
3	jelša, lipa, topol, vrba, okume	50	14	79	80	2,8
4	domači kostanj, macesen, koto	50	15	83	80	2,5
5	hruška, češnja, oreh, breza, brest	50	16	84	80	2,2
6	bukev, makore, sipo, meranti, tik	45	17	86	80	2,0
7	ramin, gaber,	40	15	80	75	2,0
8	kosipo, hikori, wenge	40	17	86	70	1,8
9	hrast, bongosi	30	18	86	70	1,5
10	jesen, javor, bukev (enovita bela barva, po žaganju takoj v komoro)	45	13	75	60	2,5

Podatke lahko pri uspešnem sušenju previdno poostrimo. Morebitno znižano temperaturo ne smemo nadomestiti z višjo ostrino ali nižjo ravnovesno vlažnostjo.

Pri skupinah lesa 1–7 lahko T_1 povišamo za 5 °C, če je debelina lesa pod 40 mm.

V preglednici je pojem **mejna vlažnost lesa** u_{mej} , ki je definirana kot tista vlažnost, po kateri lahko poostriamo režim sušenja oziroma dvignemo začetno temperaturo. Ugotovljena naj bi bila za vsako vrsto lesa posebej in ni enaka točki nasičenosti celičnih sten (30 %). Ugotavljanje te točke je zahtevno zaradi variabilnosti lesa, prosta voda iz notranjih plasti različno prodira vzunanje plasti ... V praksi običajno za mejno vlažnost vzamemo vrednost 30 % ali 25 %.

Pri vlažnem lesu ($u > u_{mej}$) vodimo sušenje po podani ravnovesni vlažnosti ur ali relativni vlažnosti zraka in začetni temperaturi.

Pri lesu, posušenem pod mejno vlažnost ($u < u_{mej}$), pa upoštevamo ostrino sušenja in maksimalno temperaturo T_2 navedeno v preglednici 45. Temperaturo lahko začnemo višati, ko vlažnost lesa u pade pod mejno vlažnost.

Če relativno vlažnost zraka merimo s psihrometrom, imamo podatke o psihrometrski razliki, pri merjenju z lističem lesa, pa so podane ravnovesne vlažnosti. Pri obeh načinih merjenja odčitamo relativno vlažnost zraka s psihrometrskim diagramom ali tabelo, seveda pa jo lahko sodobni merilnik prikaže direktno. V nadaljevanju (primer) bomo prikazali vse možne veličine.

Primer:

Sušimo orehove plohe, debeline 50 mm in začetne vlažnosti 60 %, končna vlažnost pa mora biti 8 %. Sestavili bomo režim sušenja in ga prikazali tudi grafično.

Iz preglednice 45 odčitamo: skupina vrst lesa je 5; $T_1 = 50\text{ °C}$, $u_r = 16\text{ %}$, $\varphi = 84\text{ %}$ – nad mejno vlažnostjo ($u > u_{mej}$), ki smo jo določili za 30 %.

Pod mejno vlažnostjo (30 %) je $T_2 = 80\text{ °C}$ in ostrina 2,2. Temperaturo bomo postopoma zvišali po lastni presoji.

Stopnje vlažnosti lesa bomo določili, kot kaže preglednica 46. Lahko jih spremenimo, glede vrsto lesa ali pretekle izkušnje.

Pod mejno vlažnostjo moramo iz podane ostrine izračunati ravnovesno vlažnost lesa:

$$o = \frac{u}{u_r}$$

Primer izračuna za stopnjo vlažnosti lesa 30–25 % – v preglednici 46.

$$u_r = \frac{u}{o} = \frac{30\%}{2,2} = 13,6\%$$

$$u_r = \frac{u}{o} = \frac{25\%}{2,2} = 11,4\%$$

S pomočjo psihrometričnega grafikona ali tabele določimo še vlažno temperaturo (55–54 °C) in relativno vlažnost zraka (81–73 %). Psihrometrski razlika je razlika med suho in vlažno temperaturo psihrometra.

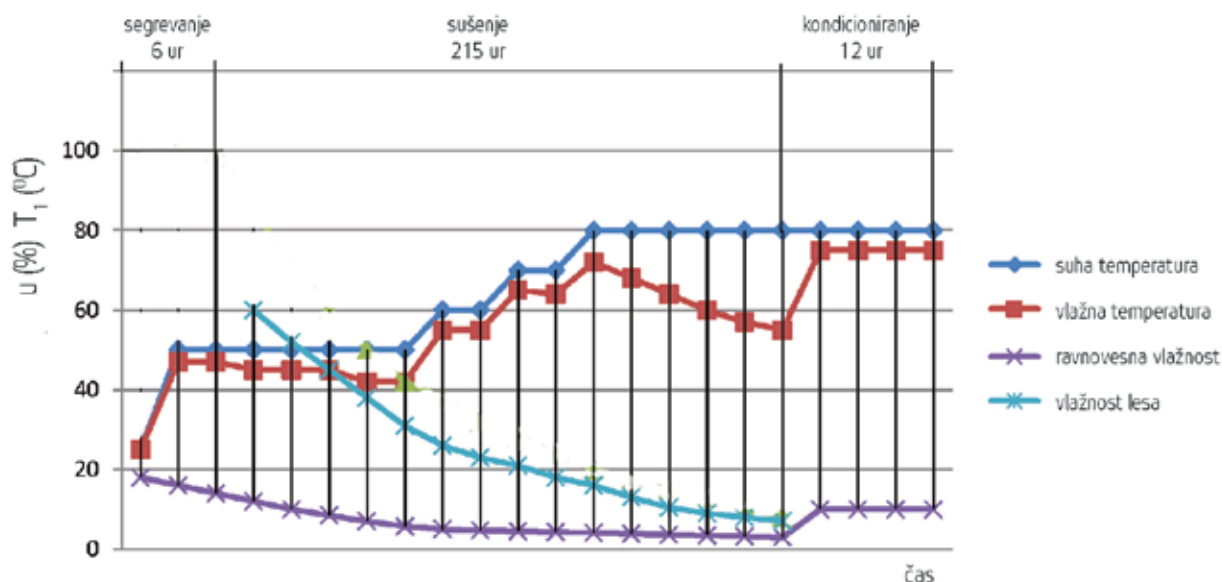
Izračun za naslednje stopnje vlažnosti je popolnoma enak, rezultati so podani v preglednici 46.

Režimu samega sušenja dodamo tudi režim za segrevanje in kondicioniranje, po navodilih, ki so opisani v poglavju 13.9.2.2 in poglavju 13.9.2.4.

Preglednica 46: Sestavljeni režim za oreh – primer

Stopnje vlažn. lesa (%)	Suha temp. (°C)	Ravn. vlažn. (%)	Vlaž. temp. (°C)	Psihr. raz. (°C)	Ostrina suš. (-)	Rel. vlaž. (%)
Segrevanje	50	21–30	48–50	2–0		94–100
60–40	50	16	47	3		87
40–30	50	13	45	5		76
30–25	60	13,6–11,4	55–54	5–6	2,2	81–73
25–20	70	11,4–9,1	65–62	5–8	2,2	77–65
20–15	80	9,1–6,8	72–67	8–13	2,2	70–54
15–12	80	6,8–5,5	67–62	13–18	2,2	54–45
12–10	80	5,5–4,5	62–57	18–23	2,2	45–35
10–8	80	4,5–3,6	57–54	23–26	2,2	35–28
Izenačevanje in kondicioniranje	80	10 (8 + 2)	73	7		74

Podatke v preglednici smo prikazali grafično na sliki 338. V nadaljevanju, pri poglavju 13.9.5, smo izračunali tudi čase sušenja: segrevanje 6 ur, sušenje 215 ur in kondicioniranje 12 ur.



Slika 338: Grafični prikaz režima sušenja – primer (S. K.)

13.9.3.3 Optimiranje režima sušenja

Vsak režim sušenja v literaturi ali standardni režim (program) v regulacijski napravi je samo osnovno navodilo, ker temelji na povprečnem sušenju določene vrste lesa. Tudi enake vrste lesa, sušene pod enakimi pogoji, se lahko v posamezni sušilnici obnašajo različno. Sušenje je namreč odvisno od mnogih dejavnikov, ki se vsi ne dajo upoštevati in predvideti, zato bi moral vsak sušilničar ugotoviti (sestaviti) optimalni režim. To je režim, pri katerem se les posuši brez napak v najkrajšem možnem času. Takšen režim potem velja za določeno sušilnico, upošteva na primer tudi kvaliteto posušenega lesa glede na uporabo, skratka prilagojen je lastnim potrebam.

Pri spreminjanju režima sušenja moramo stalno nadzorovati napetosti v lesu in vlažnost lesa z metodo tehtanja.

Pri sestavljanju (optimiranju) režima moramo strogo upoštevati naslednja pravila:

- Sušenje začnemo vedno s segrevanjem, kjer psihrometska razlika ne sme biti večja kot 2 °C oziroma z nasičenim zrakom. Zaključimo pa s kondicioniranjem in hlajenjem.
- Pri občutljivih vrstah lesa (trdi listavci, tropski les) in pri zelo vlažnem lesu je treba vedno začeti sušiti z nižjo začetno temperaturo.
- Temperaturo dvignemo, ko se les posuši pod točko nasičenosti lesnih vlaken ali pod mejno vlažnost.
- Pri vlažnem lesu nad točko nasičenosti je merodajen podatek vodenja ravnovesna vlažnost lesa.
- Pod vlažnostjo približno 18–15 % lahko poizkusimo povečati ostrino sušenja oziroma sušimo z bolj suhim zrakom od podane vrednost v preglednici.
- Če se les suši še naprej brez napak, pa lahko poizkusimo tudi z višjo temperaturo.
- V primeru, da se pri sušenju pojavljajo napake, pa ravnamo obratno, tako da najprej znižamo temperaturo.

V preglednicah 47, 48, 49 so prikazani že sestavljeni režimi za smreko/jelko, bukev in hrast. Začetna vlažnost je 30 %, končna pa 8 %. Navedeni so tudi orientacijski časi sušenja po stopnjah vlažnosti.

Debelina	20 mm					25 mm					30 mm					35 mm					40 mm					50 mm				
Vlažnost lesa %	Čas sušenja — ure	Temperatura	Psihr. razlika	Relat. vl. zraka	Ravn. vl. lesa	Čas sušenja — ure	Temperatura	Psihr. razlika	Relat. vl. zraka	Ravn. vl. lesa	Čas sušenja — ure	Temperatura	Psihr. razlika	Relat. vl. zraka	Ravn. vl. lesa	Čas sušenja — ure	Temperatura	Psihr. razlika	Relat. vl. zraka	Ravn. vl. lesa	Čas sušenja — ure	Temperatura	Psihr. razlika	Relat. vl. zraka	Ravn. vl. lesa	Čas sušenja — ure	Temperatura	Psihr. razlika	Relat. vl. zraka	Ravn. vl. lesa
Segrevanje	1	56	4	80	13	2	60	4	80	13	3	60	4	80	13	3	60	4	80	13	4	60	4	80	13	5	55	3	85	15
30 — 25%																					2	80	7	75	10	4	75	8	70	10
25 — 20%	3	85	10	65	8	3	80	10	65	8	4	80	10	65	8	5	80	10	65	8	3	80	11	60	8	4	75	8	60	8
20 — 15%						2	80	15	50	6	2	80	15	50	6	3	80	15	50	6	4	80	15	50	6	5	75	15	50	6
15 — 12%	3	85	23	35	4	2	80	22	35	4	3	80	22	35	4	3	80	22	35	4	4	80	20	40	5	5	75	19	40	5
12 — 10%						2	80	22	35	4	2	80	22	35	4	3	80	22	35	4	4	80	22	35	4	6	75	22	35	4
10 — 8%	4	85	26	30	4	3	80	25	30	4	3	80	25	30	4	4	80	25	30	4	5	80	25	30	4	7	75	24	30	4
Čas segr. in sušenja	11					14					17					21					26					36				
Kondicion.	3	80	9	65	9	4	75	9	65	9	5	75	9	65	9	7	75	9	65	9	9	75	9	65	9	12	70	8	65	9
Izenačev.	1	85	15	50	6	2	80	15	50	6	2	80	15	50	6	3	80	15	50	6	4	80	15	50	6	5	75	15	50	6
Celotni čas sušenja	15					20					24					31					39					53				

Preglednica 47: Režim sušenja za smreko/jelko

Debelina	20 mm				25 mm				30 mm				35 mm				40 mm				50 mm				
Vlažnost lesa %	Čas sušenja — ure				Čas sušenja — ure				Čas sušenja — ure				Čas sušenja — ure				Čas sušenja — ure				Čas sušenja — ure				
	Temperatura	Psihr. razlika	Relat. vl. zraka	Ravn. vl. lesa	Temperatura	Psihr. razlika	Relat. vl. zraka	Ravn. vl. lesa	Temperatura	Psihr. razlika	Relat. vl. zraka	Ravn. vl. lesa	Temperatura	Psihr. razlika	Relat. vl. zraka	Ravn. vl. lesa	Temperatura	Psihr. razlika	Relat. vl. zraka	Ravn. vl. lesa	Temperatura	Psihr. razlika	Relat. vl. zraka	Ravn. vl. lesa	
Segrevanje	2	45	2	90	18	3	40	2	90	19	4	40	2	90	19	5	40	2	90	19	6	35	2	90	20
30 — 25%	3	55	3	85	15	4	50	3	85	16	6	50	3	85	16	9	50	3	85	16	12	45	2	90	18
25 — 20%	4	65	4	80	13	5	60	4	80	13	6	60	4	80	13	10	60	4	80	13	13	55	3	85	15
20 — 15%	4	70	7	70	10	6	70	7	70	10	8	70	7	70	10	11	70	7	70	10	14	65	6	75	12
15 — 12%	4	75	11	60	8	6	75	11	60	8	8	75	11	60	8	11	75	11	60	8	14	70	8	75	9
12 — 10%	5	75	15	50	6	6	75	15	50	6	8	75	15	50	6	12	75	15	50	6	14	70	12	55	7
10 — 8%	5	80	20	40	5	8	75	19	40	5	10	75	10	40	5	14	75	17	45	6	17	70	16	45	6
Čas segr. in sušenja	27				38				50				72				90				106				
Kondicion. Izenačev.	10	65	8	65	9	12	60	9	60	9	14	60	9	60	9	18	60	9	60	9	20	60	9	60	9
	4	75	16	45	6	6	70	16	45	6	8	70	16	45	6	10	70	16	45	6	13	65	15	45	6
Celotni čas sušenja	41				56				72				100				123				143				

Preglednica 48: Režim sušenja za bukev

Debelina	20 mm				25 mm				30 mm				35 mm				40 mm				50 mm				
Vlažnost lesa %	Čas sušenja — ure				Čas sušenja — ure				Čas sušenja — ure				Čas sušenja — ure				Čas sušenja — ure				Čas sušenja — ure				
	Temperatura	Psihr. razlika	Relat. vl. zraka	Ravn. vl. lesa	Temperatura	Psihr. razlika	Relat. vl. zraka	Ravn. vl. lesa	Temperatura	Psihr. razlika	Relat. vl. zraka	Ravn. vl. lesa	Temperatura	Psihr. razlika	Relat. vl. zraka	Ravn. vl. lesa	Temperatura	Psihr. razlika	Relat. vl. zraka	Ravn. vl. lesa	Temperatura	Psihr. razlika	Relat. vl. zraka	Ravn. vl. lesa	
Segrevanje	3	40	2	90	19	4	35	2	90	20	5	35	2	90	20	6	35	2	90	20	7	35	2	90	18
30 — 25%	10	50	2	90	18	15	45	2	90	18	20	45	2	90	18	30	45	2	90	18	36	45	2	90	18
25 — 20%	10	60	4	80	13	15	55	4	80	14	20	55	4	80	14	30	55	4	80	14	36	50	4	80	14
20 — 15%	11	70	7	70	10	16	65	7	70	10	21	65	7	70	10	32	65	7	70	10	41	60	5	75	12
15 — 12%	11	70	12	55	7	16	70	12	55	7	21	70	12	55	7	30	70	12	55	7	38	65	8	65	8
12 — 10%	9	75	15	50	6	14	70	16	45	6	19	70	16	45	6	27	70	16	45	6	35	65	12	55	8
10 — 8%	14	75	19	40	5	20	75	19	40	5	25	75	19	40	5	37	75	19	40	5	48	70	16	45	6
Čas segr. in sušenja	68				100				131				192				241				272				
Kondicion.	13	65	8	65	9	15	65	8	65	9	18	65	8	65	9	23	60	8	65	9	25	60	9	60	9
Izenačev.	11	70	16	45	6	16	70	16	45	6	21	70	16	45	6	30	70	16	45	6	35	65	15	45	6
Celotni čas sušenja	92				131				170				245				301				340				

Preglednica 49: Režim sušenja za hrast

13.9.4 Regulacija klime zraka

Regulacija klime zraka pomeni časovno uravnavanje temperature in relativne vlažnosti zraka v sušilnici, pravzaprav pa je vodenje sušenja po določenem režimu. Izvajati jo je možno:

- ročno ali
- avtomatsko.

13.9.4.1 Ročna regulacija

Režimi ali programi sušenja za določeno vrsto lesa predpisujejo suho in vlažno temperaturo (relativno vlažnost zraka). Suha in vlažna temperatura sta želeni (predpisani) vrednosti.

Pri ročni regulaciji sušilničar primerja merjeno (dejansko) vrednost, ki jo odčita na psihrometru, s predpisano vrednostjo. Sam ročno odpira ali zapira ventil grelnika, lopute zračnika in tudi ventil vlažilnika. Ročna regulacija se pri današnjem razvoju več ne uporablja.

13.9.4.2 Avtomatska regulacija

Za vodenje procesa sušenja se uporablja krmiljenje s povratno zvezo, ki ji običajno pravimo regulacija. Regulacija zagotavlja samodejno delovanje sušilnice v skladu s posredovanimi ukazi (vhodne vrednosti), izhodno (dejansko) vrednost pa merimo in je po potrebi uravnavamo glede na vhodno (želeno). Razlikujemo:

- polavtomatsko in
- avtomatsko regulacijo.

Polavtomatska regulacija

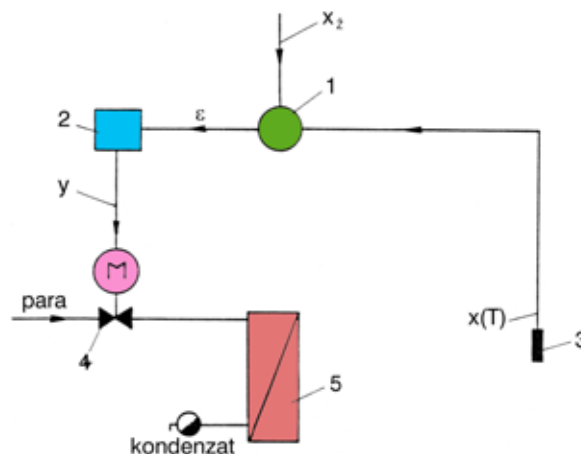
Naprava za polavtomatsko regulacijo klime zraka je nameščena v krmilnem prostoru. Uravnava klimo zraka, avtomatsko meri vlažnost lesa, prikaže in zapisuje vse podatke. Izraz polavtomatska regulacija pomeni, da regulacijska naprava samodejno izvrši samo eno operacijo.

Pri polavtomatski regulaciji (slika 339a in b) sušilničar nastavi želeno vrednost primerjalnemu členu (1) (na primer, obrne stikalo na želeno vrednost). Merjeno vrednost naprava sama meri in jo tudi posreduje primerjalnemu členu. Primerjalni člen primerja obe vrednosti in ustvari odstop, ki krmili regulator (2).

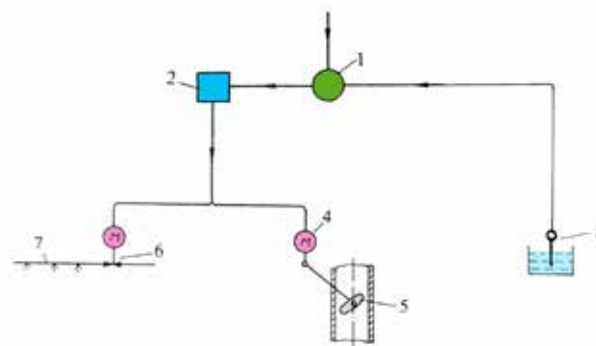
Regulator tako vzdržuje konstantno želeno vrednost. Ko želimo operacijo (klimo zraka) spremeniti, jo mora človek ponovno nastaviti. Naprava ima dva regulacijska kroga.

Prvi regulacijski krog (slika 339a) uravnava suho temperaturo, ki se meri s tipalom daljinskega termometra (3). Motorni ventil (4) grelnik (5) zapre, če je bila merjena (dejanska) temperatura višja od želene (predpisane), ali odpre, če je bila prenizka.

Drugi regulacijski krog (slika 339b) je regulacija vlažne temperature oziroma relativne vlažnosti zraka. Tipalo vlažnega termometra (3) posreduje vrednost regulatorju (2), ki deluje na motor loput (4) zračnika (5) in motorni ventil (6) vlažilnika (7), da nastane želena vlažna temperatura.



a) suhe temperature



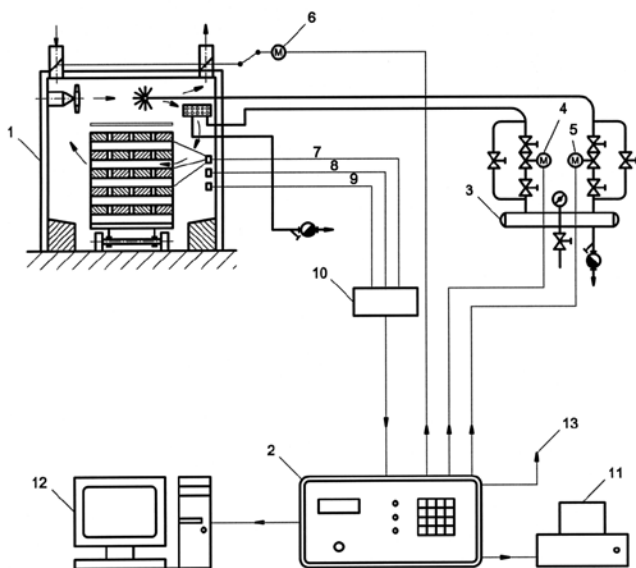
b) vlažne temperature

Slika 339: Polavtomatska regulacija (8.: 135,136)

Avtomatska regulacija procesa sušenja

Naprava za avtomatsko regulacijo samodejno vodi celoten proces sušenja od začetne do končne vlažnosti lesa.

Posredovanje človeka je potrebno pred začetkom sušenja, da posreduje osnovne podatke o sušenju, med sušenjem pa samo občasno, pri sušenju vrst, ki se težko sušijo (na primer hrast). Prevladale so regulacijske naprave z mikroprocesorjem, ki se povežejo z osebnim računalnikom, deluje pa na osnovi računalniškega programa. Naprava avtomatsko regulira klimo zraka tako, da lahko upošteva več podatkov in ugotovi najugodnejše pogoje sušenja, hrani podatke, obdeluje podatke in jih prikaže, nadzira delovanje, javi motnje, podatke med sušenjem lahko spremenjamo in podobno.



- 1 - sušilnica
- 2 - mikroprocesorska regulacijska naprava
- 3 - razvodnik ogrevnega medija (para)
- 4 - motorni ventil grelnika
- 5 - motorni ventil vlažilnika
- 6 - motor za lopute zračnikov
- 7 - merilna mesta za vlažnost lesa
- 8 - merilno mesto ravnovesne vlažnosti lesa
- 9 - merilno mesto temperature
- 10 - ojačevalnik merjenih vrednosti
- 11 - tiskalnik
- 12 - računalnik
- 13 - povezava z drugimi napravami

Slika 340: Sušilnica, vodena z mikroprocesorjem (8.: 138

Na sliki 340 je prikazana sodobna naprava, sestavljena iz dveh regulacijskih (krmilnih) zank za regulaciji:

- suhe temperature – delovanje na motorni ventil grelnika in
- ravnovesne vlažnosti lesa, ki določa vlažnost zraka, delovanje pa je vezano na lopute zračnikov in vlažilnik.

Naprava primerja predpisano (železo) vrednost z merjeno vrednostjo in jo vzdržuje konstantno.

13.9.5 Čas sušenja

Čas trajanja sušenja moramo dobro poznati, ker so od njega odvisne kapacitete sušilnice, organizacija proizvodnje, ekonomičnost (stroški), planiranje proizvodnje in po času sušenja lahko tudi vodimo sušenje.

Čas sušenja je odvisen od različnih dejavnikov in ga samo teoretično ne moremo natančno izračunati. Točnejši čas je možno določiti samo na osnovi izkušenj sušenja v določeni komori, kjer sušilničar sledi sušilni postopek, zapisuje dejanske čase in pri določanju časa upošteva vse dejavnike.

Celoten čas sušenja t_c (cikel) je čas od enega do drugega sušenja in je sestavljen iz:

- časa polnjenja komore,
- časa segrevanja,
- časa sušenja,
- časa kondicioniranja,
- časa hlajenja in
- časa praznjenja komore.

Čas polnjenja in praznjenja

Trajanje polnjenja in praznjenja sušilne komore je odvisno od načina dela, števila in velikosti zložajev ter splošno od organizacije dela.

Čas segrevanja in hlajenja

Trajanje segrevanja je potreben čas, da se les segreje od temperature okolice na začetno temperaturo sušenja. Čas hlajenja naj traja toliko časa kot segrevanje.

Predvideni podatki o času segrevanja in hlajenja so v preglednici 50. Manjše vrednosti so za običajno segrevanje, večje pa za kvalitetnejše segrevanje oziroma bolj občutljive vrste lesa.

Preglednica 50: Časi segrevanja in hlajenja

Debelina lesa (mm)	Iglavci (h)	Listavci (h)
15-0	1,5-2	2-3
20-0	2-3	3-4,5
30-40	3-4	4,5-6
40-60	4-5	6-8
60-80	5-6	8-10
80-100	6-8	10-12

Čas sušenja

Čas sušenja (t) izračunamo po Kollmannovi enačbi:

$$t = \frac{1}{\alpha} \ln \frac{u_z}{u_k} \left(\frac{d}{25} \right)^{1,5} \frac{65}{T}$$

t (h)..... čas sušenja v urah

α (-)..... **koeficient za iglavce: 0,0477 in za listavce 0,0265**

u_z (%)..... začetna vlažnost

u_k (%)..... končna vlažnost

d (mm)..... debelina lesa

T (°C)..... srednja temperatura sušenja

Čas izenačevanja in kondicioniranja

Trajanje je odvisno od želene kvalitete sušenja glede na vrsto uporabe lesa, od ostrine samega sušenja in izvedbe sušilnice. Natančnejše podatke je težko opredeliti. Približno velja, da čas kondicioniranja traja 2-krat dlje kot segrevanje.

Primer:

Za naš primer sestavljenega režima (poglavje 13.9.3.2) – orehovi plohi debeline 50 mm, začetne vlažnosti 60 % in končne vlažnosti 8 % – bomo izračunali čas sušenja. Sušilnica obratuje 24 ur.

Čas sušenja za posamezne faze:

- Čas polnjenja komore po izkušnjah znaša 3 h.
- Čas segrevanja odčitamo iz preglednice 47, vzamemo 6 h.

- Čas sušenja:

- upoštevamo koeficient za listavce

$$\alpha = 0,0265,$$

- iz režima sušenja smo vzeli srednjo temperaturo sušenja: $T = 65^\circ\text{C}$ in izračunamo:

$$t = \frac{1}{\alpha} \ln \frac{u_z}{u_k} \left(\frac{d}{25} \right)^{1,5} \frac{65}{T}$$

$$t = \frac{1}{0,0265} \ln \frac{60\%}{8\%} \left(\frac{50\text{ mm}}{25\text{ mm}} \right)^{1,5} \frac{65^\circ\text{C}}{65^\circ\text{C}} = 215\text{ h}$$

- Čas kondicioniranja traja dvakrat dlje kot segrevanje: $2 \times 6\text{ h} = 12\text{ h}$.
- Čas hlajenja vzamemo: 6 h – enako kot segrevanje.
- Čas praznjenja in morebitne izgube časa po izkušnjah znašajo 3 h.

Celoten čas sušenja:

$$t_c = 3\text{ h} + 6\text{ h} + 215\text{ h} + 12\text{ h} + 6\text{ h} + 3\text{ h} = 245\text{ h}$$

13.9.6 Tehnični podatki

Pri določeni sušilnici se najprej seznanimo s podatkom o velikosti sušilnice.

Ostali podatki sušilnice so: dimenzije zložaja lesa, konstrukcija komore, prostornina komore, izvedba vrat, vsi tehnični podatki o napravah v sušilnici, hitrost zraka, način transporta, poraba energije in drugi podatki, ki izhajajo iz vsega znanja o sušilnicah.

13.9.6.1 Velikost sušilnice

Velikost sušilnice (neto volumen) V_l (m^3) je prostornina žaganic, ki so v sušilnici. To je torej prostornina lesa, ki ga sušimo. Odvisna je od debeline lesa, debeline letvic, sortimenta in načina zlaganja. Splošen podatek o velikosti sušilnice je približen. Natančno ga ugotovimo tako, da izmerimo in izračunamo prostornino vseh posameznih žaganic v sušilnici.

Pri načrtovanju, koliko m^3 žaganic lahko sušilnica sprejme, velikost sušilnice izračunamo s pomočjo skladalnega faktorja in uporabnega prostora:

$$V_l = V_u \cdot f_s$$

V_l (m^3) prostornina lesa v sušilnici
(neto prostornina)

V_u (m^3) uporabni prostor
(bruto prostornina sušilnice)

f_s (-) skladalni faktor

Uporabni prostor V_u (m^3)

Uporabni prostor je prostornina skladovnice v sušilnici.

$$V_u = l \cdot b \cdot h$$

Če je v sušilnici več zložajev, izračunamo:

$$V_u = N \cdot l \cdot b \cdot h$$

V_u (m^3) uporabni prostor

l (m) dolžina skladovnice

b (m) širina skladovnice

h (m) višina skladovnice

N (-) število zložajev

Skladalni faktor f_s ugotovimo po naslednji enačbi:

$$f_s = f_l \cdot f_b \cdot f_h$$

f_l (-) faktor dolžine skladovnice
($f_l = 0,8$ do 1)

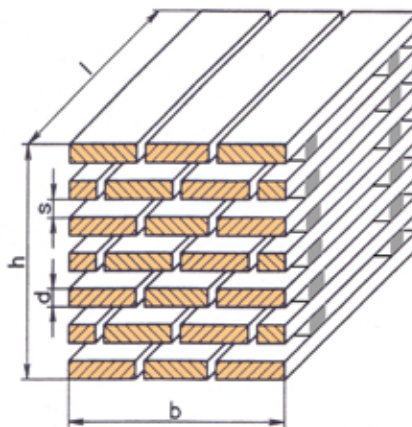
f_b (-) faktor širine skladovnice
($f_b = 0,4$ do $0,9$)

f_h (-) faktor višine skladovnice

$$f_h = 1 - \frac{s}{s + d}$$

s (mm) debelina letvice

d (mm) debelina žaganice



Slika 341: Skladovnica (zložaj) (10.: 222)

Primer:

Sušilnica sprejme zložaj dolžine 4 m, širine 2,5 m in višine 2 m. Debelina desk je 30 mm, debelina letvic pa 20 mm. Deske so robljene in očeljene na dolžino, zato vzamemo faktor dolžine 1, faktor širine skladovnice 0,9, faktor višine pa bomo izračunali.

Izračunajmo velikost sušilnice (prostornino lesa v sušilnici).

$$V_l = V_u \cdot f_s$$

$$V_u = l \cdot b \cdot h = 4 \text{ m} \cdot 2,5 \text{ m} \cdot 2 \text{ m} = 20 \text{ m}^3$$

$$f_h = 1 - \frac{s}{s + d} = 1 - \frac{20 \text{ mm}}{20 \text{ mm} + 30 \text{ mm}} = 0,6$$

$$f_s = f_l \cdot f_b \cdot f_h = 1 \cdot 0,9 \cdot 0,6 = 0,54$$

$$V_l = V_u \cdot f_s = 20 \text{ m}^3 \cdot 0,54 = 10,8 \text{ m}^3$$

Predvideno količino lesa lahko posušimo v več manjših komorah ali v eni večji. Primerjavo med manjšimi in velikimi komorami smo prikazali v preglednici 51.

Preglednica 51: Značilnosti komor glede na velikost

Manjše komore	Velike komore
Prednosti	Prednosti
- fleksibilnost, vzporedno sušenje različnih vrst in debelin lesa ter lahko izpolnimo več naročil - krajši čas polnjenja in praznjenja - manjši prostor za posušen les - manjši riziko pri nepravilnem sušenju (sušilne napake)	- manjši prostor - manjši stroški gradnje - manjši stroški za opremo sušilnice - manjši stroški električne energije - lažje polnjenje in praznjenje sušilnic (direktno z viličarjem) - celokupno boljša ekonomičnost
Slabosti	Slabosti
- večja površina - višji stroški gradnje - višji stroški opreme sušilnice (vrata, ventilatorji, merilne in regulacijske naprave ...) - višji potrebni čas za posluževanje in vzdrževanje - celokupno slabša ekonomičnost	- težje planiranje in realizacija pri različnih naročilih - večji prostor za posušen les - daljši čas polnjenja in praznjenja - večji riziko pri nepravilnem sušenju (sušilne napake)

13.9.6.2 Zmogljivost sušilnice

Zmogljivost (kapaciteta) sušilnice Q v m^3/mesec (teden ali leto) nam pove, koliko m^3 lesa posušimo v določeni časovni enoti. Na zmogljivost zelo vpliva oblika žaganega lesa (robljen, nerobljen), razmik med žaganicami, debelina letvic ...

Izračunamo jo po enačbi:

$$Q = V_l \cdot N_c$$

Število ciklov N_c nam pove, kolikokrat na mesec (teden, leto) zamenjamo les v sušilnici.

$$N_c = \frac{t_m}{t_c}$$

Q ($\text{m}^3/\text{čas. enota}$)zmogljivost (kapaciteta) sušilnice

V_l (m^3)prostornina lesa v sušilnici (neto prostornina)

N_c (cikl/čas. enota)število ciklov sušenja

t_m (h)čas obratovanja sušilnice

t_c (h)celoten čas sušenja (čas enega cikla sušenja)

Primer 1:

V sušilnici je 6 zložajev borovega lesa. Zložaj ima dolžino 3 m, širino 1,3 m in višino 1,4 m. Čela žaganic so poravnana, za faktor širine pa določimo 0,85. Debelina žaganic je 50 mm, debelina letvic pa 25 mm.

Sušilnica obratuje 25 dni na mesec in 24 ur na dan. Celoten čas sušenja je 75 ur.

Izračunajmo:

- prostornino lesa enkratnega polnjenja sušilnice (velikost sušilnice),
- število ciklov sušenja na mesec in leto,
- mesečno in letno kapaciteto.

$$V_u = N \cdot l \cdot b \cdot h = 6 \cdot 3 \text{ m} \cdot 1,3 \text{ m} \cdot 1,4 \text{ m} = 32,76 \text{ m}^3$$

$$f_h = 1 - \frac{s}{s + d_z} = 1 - \frac{25 \text{ mm}}{25 \text{ mm} + 50 \text{ mm}} = 0,667$$

$$f_s = f_l \cdot f_b \cdot f_h = 1 \cdot 0,85 \cdot 0,667 = 0,567$$

$$V_l = V_u \cdot f_s = 32,76 \text{ m}^3 \cdot 0,567 = 18,575 \text{ m}^3$$

$$N_c = \frac{t_m}{t_c} = \frac{600 \text{ h/mes}}{75 \text{ h}} = 8 \text{ ciklov/mesec}$$

$$N_c = 8 \text{ ciklov/mesec} \cdot 12 \text{ mescev/leto} = 96 \text{ ciklov/leto}$$

$$Q = V_l \cdot N_c = 18,575 \text{ m}^3 \cdot 8 \text{ ciklov/mesec} = 148,6 \text{ m}^3/\text{mesec}$$

$$Q = 148,6 \text{ m}^3/\text{mesec} \cdot 12 \text{ mescev/leto} = 1783 \text{ m}^3/\text{leto}$$

13.9.7 Oblika žaganega lesa

V sušilnici lahko sušimo žaganice (deske, plohe) ali pa žaganice pred sušenjem razžagamo v elemente izdelka (krojen les, surovci). Surovce je potrebno žagati z nadmero zaradi osušitve in obdelave na končne dimenzije. Za lažjo predstavo o razliki si oglejmo preglednico 52.

Preglednica 52: Značilnosti sušenja žaganic in krojenega lesa

Sušenje žaganic	Sušenje krojenega lesa
Prednosti	Prednosti
- nažagani surovci so pravilne oblike in kakovostni;	- potrebne so sušilnice manjših zmogljivosti;
- boljši izkoristek lesa (manjša nadmera; izrežemo napake, ki se pojavijo pri sušenju);	- manjša poraba energije;
- dimenzije surovcev lahko določimo po sušenju (v primeru kratkih dobavnih rokov);	- manjši stroški sušenja.
- višja kalorična vrednost ostankov lesa.	
Slabosti	Slabosti
- potrebne so sušilnice večjih kapacitet;	- dodatna manipulacija s krojenim lesom (zlaganje v zložaje ...);
- večja poraba energije;	- slabši izkoristek lesa (več škarta zaradi napak pri sušenju, nadmere);
- višji stroški sušenja;	- potrebna je zaščita čel surovcev;
- večje skladiščne površine za posušen les.	- sušiti je potrebno bolj pazljivo – počasi.

13.9.8 Značilnosti konvencionalnega sušenja

Prednosti

- Sušenje je primerno za vse vrste in debeline lesa, od visoke začetne vlažnosti do želene končne vlažnosti.
- Izvedba, oprema in tudi programi sušenja so najbolj raziskani in izdelani.
- Pri sušenju vzdržujemo optimalno klimo zraka (z najvišjo možno temperaturo), zato je ta postopek relativno hiter.
- Uporabljamo lahko različne grelne medije (paro, toplo vodo, vročo vodo, termo olje, električno energijo). Običajna je uporaba lastne toplotne energije iz lesnih ostankov, kar poveča ekonomičnost.

Slabosti

- Večja poraba energije zaradi izmenjave toplega zraka z zunanjim. Pomanjkljivost lahko delno odpravimo z uporabo prenosnika toplote.
- Nevarnost nastanka večjih napak, zlasti pri sušenju z ostrejšo klimo zraka ali pri slabšem vodenju sušenja.

- Za pridobitev toplotne energije je potrebna lastna kotlarna, da je sušenje ekonomično.

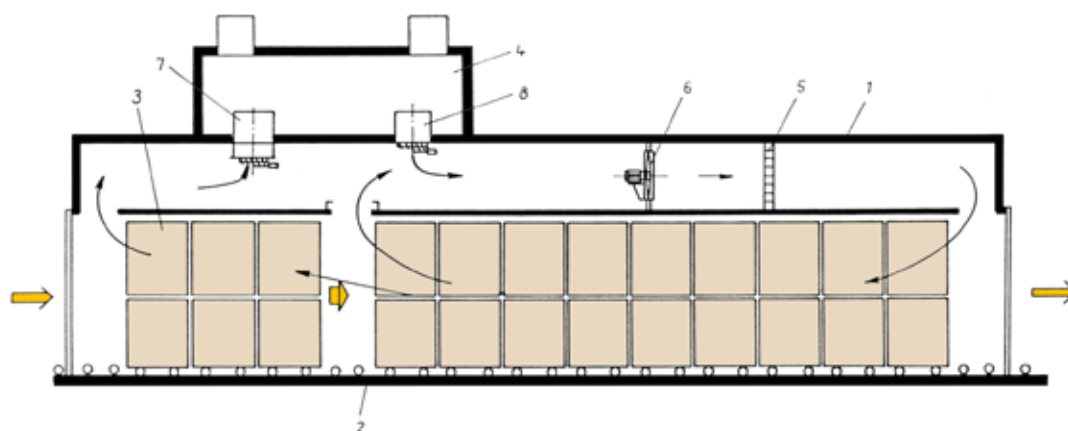
Za sušenje iglavcev vseh debelin velja, da jih je smotrno sušiti v sušilnicah tudi od visoke začetne vlažnosti, ker se hitro in kvalitetno posušijo.

Sušenje trdih listavcev, posebej tistih, ki imajo tile, je v običajnih sušilnicah zaradi visokega začetnega odstotka vlažnosti dolgotrajno, ker poteka pri nizki temperaturi. Izračun stroškov prikaže, do kdaj jih je smotrno najprej naravno sušiti in nato posušiti na končno vlažnost v sušilnicah.

13.9.9 Kanalska sušilnica (kanal)

Pri kanalu les potuje s posebnimi transportnimi napravami od enega konca proti drugemu. Glede na klimo zraka je kanal razdeljen na posamezne cone: segrevanje, sušenje in kondicioniranje, kjer je klima zraka konstantna.

V prvi coni je lahko zaradi izhlapevanja večja hitrost zraka, v naslednji coni pa višja temperatura, tako da je les pri izhodu iz kanala posušen. Proces sušenja se lahko uravnava s hitrostjo pomika lesa skozi sušilnico.



- | | |
|--------------------------------|-------------------------------------|
| 1 - ohišje | 5 - grelnik |
| 2 - valjni transporter | 6 - ventilator |
| 3 - cona segrevanja | 7 - odvodni zračnik z ventilatorjem |
| 4 - komora za vračanje toplote | 8 - dovodni zračnik |

Slika 342. Kanalska sušilnica z vzdolžnim kroženjem zraka (8.: 100)

Klima zraka se v kanalu torej ne uravnava, zato je ta kanal enostavnejši od komore. Primeren je za sušenje mehkih vrst lesa, ki se lahko in hitro sušijo. Kanalsko sušilnico uporabljamo za sušenje velikih količin iglavcev enakih dimenzij in enake začetne vlažnosti. Običajno se uporablja na žagalnicah, s tem da gre les takoj po žaganju v kanal in se posuši na vlažnost, ki je primerna za odpremo ($< 20\%$).

Pri kanalu ni potreben prostor za zamenjavo zložajev lesa. Na tekoči trak (posebni verižni ali valjni transporter) kanala se zložaji lahko položijo in tudi z njega odvzamejo z viličarjem. Zložaji potujejo neprekinjeno ali v taktih – za določen čas obstanejo.

Na sliki 342 je prikazan kanal z vzdolžnim kroženjem zraka in prečnim položajem zložaja na os kanala. Les se pomika proti smeri gibanja zraka, torej v toplejši in bolj suh zrak. Kanalska sušilnica ima tudi vračanje toplote zraka. Topel izhodni zrak predgreje vhodni zrak.

13.9.10 Predsušenje

Predsušenje (nizkotemperaturno sušenje) je sušenje lesa z zrakom pri temperaturi $25\text{--}40\text{ }^{\circ}\text{C}$. Sušenje do nizke vlažnosti lesa pri nizki temperaturi traja dalj časa, zato se običajno uporablja kot predsušenje. V predsušilnici sušimo les praviloma od visoke začetne vlažnosti lesa do največ 20% . Na nižjo končno vlažnost les posušimo v konvencionalni sušilnici, ki je hitrejša. Za les z visoko začetno vlažnostjo in za vrste lesa, ki počasi izgubljajo prosto vodo je način sušenja v predsušilnici in nato v konvencionalni verjetno najbolj ekonomičen.

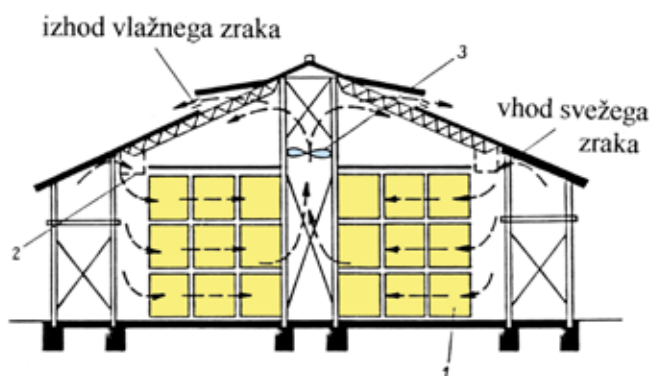
Komora za nizkotemperaturno sušenje – predsušilnica – je enostavno zgrajena; lahko kot zaprta lopa, da je cenejša. Je

večjih dimenzij, polni in prazni se z viličarjem. Predsušilnica je ogrevana, ima tudi ventilatorje za gibanje zraka, tako da vzpostavimo želeno blago klimo zraka. Lahko ima široka vrata na obeh straneh, ki jih pri lepem vremenu odpremo, grelnike in ventilatorje pa izključimo.

Značilnosti nizkotemperaturnega sušenja

Iz lesa izhaja v glavnem prosta voda, zato se suši kar hitro. Predsušenje je glede na naravno sušenje dva - do trikrat hitrejša. V tem sorazmerju so manjše zaloge, obresti na zaloge in podobno. Potreben je manjši skladiščni prostor in lažje načrtujemo proizvodnjo. Zaradi blagega in enakomernega sušenja je pri sušenju malo napak in les se kvalitetno posuši. Les je zaščiten pred neposrednimi vremenskimi vplivi (dež, sonce).

Splošno velja, da je gospodarno v predsušilnici sušiti trde listavce (hrast, bukev) z visoko vlažnostjo do določenega odstotka vlažnosti, ko se sušenje upočasni.



- 1 - skladovnica lesa
- 2 - grelnik
- 3 - ventilator

Slika 343: Predsušilnica (8.: 100)

13.9.11 Sušilnica za drva

Les za kurjavo je potrebno čim bolj posušiti, da izkoristimo njegovo kurilno vrednost (poglavje 4.2.8.3). Kurjenje vlažnega lesa povzroča slabše izgorevanje in s tem večji nastanek prašnih delcev (PM10) (nezgorelega ogljika ali saj), ki onesnažujejo zrak.

Sušilnica za drva (slika 344) je ogrevana z vročo vodo ali dimnimi plini, kroženje zraka je z aksialnimi ventilatorji, cikel sušenja pa je avtomatsko voden in optimiran. Polena so zložena na paleto, kar omogoča enostavno manipulacijo z viličarjem.



Slika 344: Sušilnica za drva (X)

13.9.12 Delo (dolžnosti) sušilničarja

1. Nadzoruje letvičenje zložajev za sušilnico.
2. Pregleda vse zložaje in oceni kvaliteto lesa.
3. Pri predhodno posušenem lesu pod točko nasičenosti ugotovi padec vlažnosti oziroma notranje napetosti.
4. Izbere kontrolne deske, iz katerih izdelava sledilne kose, sušilniške vzorce in ugotovi potrebne podatke.
5. Pri električnem merjenju vlažnosti namesti elektrode na kontrolne kose.
6. Pregleda in očisti vse naprave v sušilnici, predvsem pa merilne in kontrolne naprave.
7. Določi režim sušenja, predviden čas in ostale podatke.
8. Vodi polnjenje komore, priključi merilne elektrode na napeljavo za merjenje vlažnosti lesa. Če je potrebno, namesti zavese ali usmerjevalno pločevino zraka in zapre vrata.
9. Vzdržuje (regulira) predpisano klimo zraka. Tukaj se delo zelo razlikuje, odvisno od krmiljenja, ki je lahko ročno ali povsem avtomatsko.

10. Kontrolira vlažnost lesa s sledilnimi kosi (tudi pri električnem merjenju vlažnosti lesa) in napetosti v lesu. Pri jemanju sledilnih kosov pregleda sušeči se les, predvsem morebitne razpoke, veženja in obarvanja.
11. Vodi evidenco sušenja po predpisanih obrazcih, v katere lahko piše tudi svoja opažanja.
12. Pri daljši prekinitvi gretja (ponoči, sobota, nedelja) naj ostanejo ventilatorji in krmilna naprava vključeni, da se prepreči kondenzacija. Pri ročni regulaciji je potreben nadzor.
13. Po končanem sušenju izključi naprave, odpre vrata in odstrani napeljavo za merjenje vlažnosti lesa.
14. Vodi praznjenje sušilne komore.
15. Pregleda posušen les, kontrolira napetosti in oceni kvaliteto posušenega lesa.

Sušilničar naj les spremlja tudi med nadaljnjo obdelavo in skrbi za pravilno klimatizacijo ter medfazno skladiščenje lesa.

Poskrbeti mora za pravilno vzdrževanje sušilnice in opreme, za napredek sušenja in za svoje izobraževanje.

Pri svojem delu sušilničar potrebuje pomožno opremo:

- tehtnico za sušilniške vzorce,
- tehtnico za sledilne kose,
- laboratorijski sušilnik,
- prenosni električni vlagomer,
- higrometer,
- psihrometer,
- anemometer,
- kontrolni termometer,
- žepni računalnik (osebni računalnik),
- literaturo oziroma že opisane preglednice in diagrame.

Preglednica 53: Načrt preventivnega vzdrževanja

SESTAVNI DEL	POPRAVILA, PREIZKUŠANJE	ČASOVNI RAZPORED
ohišje, kovinsko in zidano	• pregledati tesnjenje spojev sten in raznih razpok	• trimesečno oziroma po potrebi
	• popravila ometa in premaza sten	
vrata	• pregledati tesnilne gume vrat, očistiti in namazati s smukcem, zamenjati poškodovana tesnila	• mesečno
	• tečaje, zaklepe naoljiti, naležne površine očistiti in nastaviti stisk vrat	• mesečno
	• jeklene dele ščititi pred korozijo	• trimesečno
naprave za ogrevanje	• preveriti odpiranje in zapiranje ventilov ter enakomerno gretje grelnika – kontrola temperature	• trimesečno
	• očistiti grelnike	• trimesečno, čiščenje je lahko z izpihavanjem
	• očistiti lovilnik nečistoče (pri ventilu)	
	• kontrolirati korozije, izboljšati zaščito	• trimesečno oziroma po potrebi
	• preveriti in izprazniti kondenzatni lonec (pri gretju s paro, če grelniki ne delujejo)	• po potrebi
ventilatorji	• očistiti ventilatorje	• trimesečno oziroma po navodilih
	• preveriti vrtenje rotorja, namazati in po potrebi zamenjati ležaje, kontrolirati pogon	• uporabiti mast in ležaj za višje temperature
	• meriti hitrosti zraka v sušilnici	• letno
zračniki z loputami	• preveriti delovanje, nastaviti zapiranje, namazati zglobe loput	• mesečno oziroma po potrebi
vlažilnik na vodo	• preveriti razprševanje šob, očistiti šobe vodnega kamna	• trimesečno
	• očistiti lovilnik nečistoče (pri ventilu)	
merilne naprave	• preveriti merilne kable, če so poškodovani, izolirati ali zamenjati in očistiti priključke	• po vsakem sušenju
	• očistiti oz. zamenjati vlažno krpo pri psihrometru	• pred vsakim sušenjem
	• zamenjati listič lesa za merjenje ravnovesne vlage	
regulacijske naprave	• umerjati in preverjati natančnosti regulacijske naprave	• letno, opravi proizvajalec (servis)
električna naprava	• pregledati in po potrebi zamenjati izrabljene dele in elektro motorne pogone	• letno, opravi proizvajalec (servis)

13.9.13 Vzdrževanje sušilnice

Nabava sušilnice predstavlja visok strošek, nič manjši niso tudi stroški obratovanja, posebej energije. Z vzdrževanjem dosežemo, da sušilnica pravilno deluje predvideno življenjsko dobo, da se ne pokvari med obratovanjem, da lahko vzdržujemo predvideno klimo zraka, da so meritve točne ... Samo v dobro vzdrževani sušilnici lahko les kvalitetno posušimo v predvidenem času.

Vzdrževanje je pomembno tudi zato, ker sušilnica neprekinjeno obratuje v težkih razmerah (visoka temperatura in vlažnost zraka ter agresiven zrak). Vzdrževanje sušilnice in vseh sestavnih delov predpiše proizvajalec. Navodila za vzdrževanje moramo strogo upoštevati.

Sušilnico moramo vzdrževati preventivno.

Preventivno vzdrževanje

Pri preventivnem vzdrževanju izrabljene dele sušilnice zamenjamo z novimi ali popravimo, preden pride do okvare. Tako preprečimo nepredvideno okvaro in s tem zastoj obratovanja (sušenja lesa). Navedli in opisali bomo splošni plan preventivnega vzdrževanja konvencionalne sušilnice (preglednica 53).

13.10 Kondenzacijsko sušenje

V kondenzacijski sušilnici se zrak posuši (postane bolj nenasičen) s kondenzacijo vodnih par (glejte poglavje 13.2.2). Sušenje zraka (razvlaževanje) poteka v kondenzacijskem agregatu. Zakovitosti sušenja lesa so enake kot pri konvencionalnem sušenju in komora je enako zgrajena. Sušenje je nizkotemperaturno, saj je temperatura zraka do 45 °C.

Za pogon kondenzacijskega agregata potrebujemo samo električno energijo, ki pa se dobro izkoristi.

Kondenzacijski agregat sestavljajo:

- pločevinasto ohišje z odprtinama za vhod in izhod zraka,
- kompresijska toplotna črpalka, v kateri kroži hladilno sredstvo,
- ventilator za kroženje zraka v sušilnici,
- posoda z odtočno cevjo za kondenzirano vlago iz zraka.

Kompresijska toplotna črpalka je naprava za hlajenje in gretje. V njej kroži posebno hladilno sredstvo, ki ima pri atmosferskem tlaku nizko vrelišče in pri izparevanju veže veliko toplote. Kot hladilno sredstvo se je prej uporabljal plin s komercialnim imenom freon, ki pa razgrajuje ozonsko plast ozračja. Danes se lahko uporabljajo samo okolju neškodljivi plini. V toplotni črpalki poteka krožni proces (sočasno hlajenje in gretje, ki ga povzroči stiskanje in razširjenje plina, ki kroži).

Vlažen zrak iz sušilnice vstopi v ohišje agregata in se najprej giblje preko hladilnika, kjer se ohladi pod temperaturo nasičenosti (rosišča), odvečni hlapi se na dnu kondenzirajo in odtečejo iz sušilnice. Sledi gibanje zraka preko grelnika agregata, kjer se ponovno segreje in postane bolj nenasičen (suh). V sušilnici torej kroži stalno isti zrak.

Kondenzacijski agregat lahko vključimo, ko je temperatura v sušilnici okoli 15 °C, pri nižji temperaturi obstaja nevarnost, da uparjalnik zaledeni. Na lamelah cevi se namreč nabere led, ki prepreči kroženje zraka skozi agregat. Zato moramo imeti v kondenzacijski sušilnici dodatne grelnike, ki sušilnico ogrejejo. Dodatni grelnik je lahko vgrajen v zgornji del agregata.

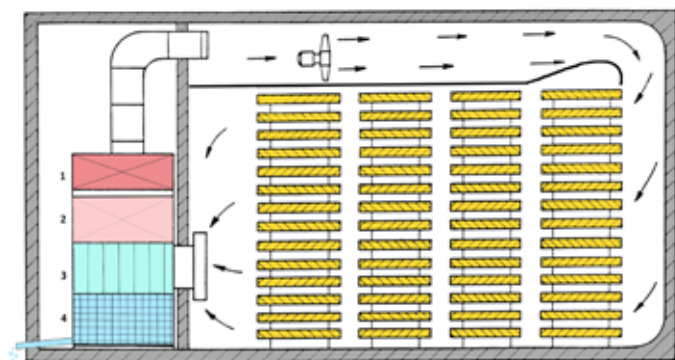
Pri nizkih temperaturah je gretje potrebno tudi v prvi fazi sušenja, ko je relativna vlažnost zraka višja. Kompresor toplotne črpalke deluje samo kratek čas, ker hitro razvlaži zrak. To pa pomeni, da ga tudi kratek čas segreva, zato pozimi ne moremo doseči obratovalne temperature brez dodatnih grelnikov. Za boljše kroženje zraka se lahko v sušilnici namestijo še dodatni ventilatorji. Hitrost zraka mora biti vsaj 0,5 m/s, ker se pri manjši hitrosti pojavijo glive.

Za vlaženje zraka se lahko namestijo vlažilniki zraka, tako kot v konvencionalni sušilnici.

Režim sušenja poda proizvajalec sam, ker je treba upoštevati tehnične zmožnosti agregata. Vgrajujejo se avtomatske naprave za regulacijo klime, ki so podobne že opisanim. Vključitev agregata povzroči sušenje in segrevanje zraka, izključitev pa navlažitev in ohlajevanje zraka.

Kondenzacijski agregat se lahko namesti:

- izven sušilne komore,
- v sušilno komoro (za sušilnice z manjšo prostornino).



- 1 - dodatni grelnik zraka
- 2 - grelnik zraka
- 3 - hladilnik zraka
- 4 - zbiralnik kondenzata

Slika 345: Kondenzacijska sušilnica z agregatom izven komore in dodatnimi ventilatorji (8.: 168)

13.10.1 Značilnosti kondenzacijskega sušenja

Prednosti:

- Blago in kakovostno sušenje trdega in debelejšega lesa z visoko začetno vlago, ki ga moramo sušiti z nizko temperaturo.
- Sušilnica (agregat) je lahko priključena samo na električni tok, če ni na voljo vroče vode ali pare, kar poveča uporabnost, posebej za manjše kapacitete.

- V kondenzacijskem agregatu se energija (električna) zelo dobro izkoristi (vračanje toplote) in ni toplotnih izgub zaradi izmenjave zraka.
- Les se posuši z manj napakami zaradi napetosti.

Pomanjkljivosti:

- Sušenje lesa traja dalj časa, tako imamo daljši čas vezana obratna sredstva.
- V primeru namestitve dodatnih grelnikov in vlažilnika nastanejo višji pogonski stroški.
- Pri sušenju na končno vlažnost lesa (pod 15 %) se sušenje zelo upočasni (nizka temperatura), stroški sušenja pa zelo narastejo.
- Lahko se pojavijo glive modrivke (počasno sušenje pri nižjih temperaturah).
- Negospodarno je sušenje iglavcev in mehkih listavcev, ki se pri višjih temperaturah hitro in kakovostno posušijo.

Kondenzacijska sušilnica se lahko uporablja kot predsušilnica, kjer les posušimo samo na okoli 20 % vlažnosti, naprej pa ga posušimo v konvencionalni sušilnici.

Obstaja tudi visokotemperaturno kondenzacijsko sušenje, kjer je sušilna temperatura do 70 °C. Kondenzacijski agregat je zahtevne izvedbe in se zaenkrat redko uporablja, primeren je le v specifičnih razmerah.

13.11 Vakumsko sušenje

Vakum (podtlak) je v prostoru, kjer je tlak zraka nižji od atmosferskega (1 bara). Vakumsko sušenje lesa zato poteka v neprodušno zaprtem prostoru (komori), v katerem z vakumskimi črpalkami ustvarimo podtlak (vakum), kar pomeni, da je del zraka izčrpan.

Enota za zračni tlak (p) je pascal (paskal):

$$1 \text{ Pa} = 1 \text{ N/m}^2.$$

Dovoljena enota je tudi bar: $1 \text{ bar} = 105 \text{ Pa}$, ki je približna vrednost zračnega tlaka.

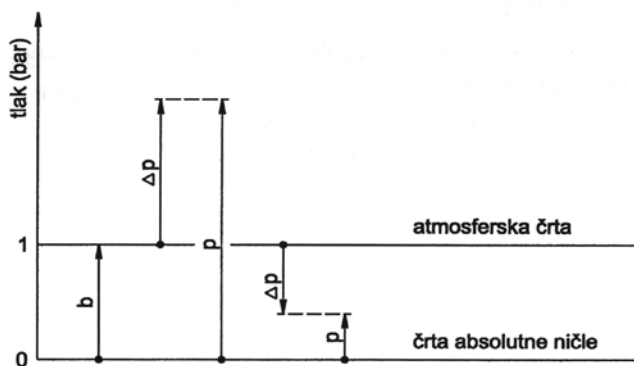
Pravilno je, da navajamo tlak od absolutne ničle navzgor, ki mu rečemo samo tlak (p). Uporablja se tudi izraz absolutni tlak.

Izraz nadtlak (Δp) pomeni tlak od atmosferske črte navzgor, izraz podtlak (Δp) pa se meri od atmosferske črte navzdol in je manjši od zračnega tlaka (slika 346).

Z merilniki tlaka se meri Δp – nadtlak ali podtlak.

$b = 1 \text{ bar}$ = barometrski (zračni) tlak. Na sliki 346 je označen kot atmosferska črta.

Črta absolutne ničle predstavlja prostor brez zraka, kar pa na Zemlji ni mogoče doseči.



p - tlak (absolutni):

- pri nadtlaku ($p > b$) $p = b + \Delta p$

- pri podtlaku ($p < b$) $p = b - \Delta p$

Δppodtlak: $\Delta p = b - p$

b zračni tlak: $1 \text{ bar} = (0,1 \text{ MPa} = 100 \text{ kPa})$

Slika 346: Ponazoritev tlakov (8.: 172)

Vakumsko sušenje temelji na dejstvu, da voda v lesu zaradi nižjega tlaka zavre pri nižji temperaturi kot 100°C (vrelišče vode je znižano).

S sušenjem v vakumu dosežemo pri nižji temperaturi zraka enak učinek kot pri sušenju v konvencionalni sušilnici pri višji temperaturi.

Podtlak povzroči, da se voda lažje in hitreje giblje v kapilarah in tudi hitreje izhlapeva v okolico, ker je pač manjši upor izhajanja vode ali pare. Nižji tlak in nižje vrelišče pospeši tudi gibanje vezane vode v lesu. Voda namreč hitreje prehaja v plinasto stanje, difuzija vodne pare skozi les pa je precej hitrejša kot difuzija vode.

Zaradi vakuma je les izpostavljen nižjim temperaturam, vendar se les hitreje segreje – tudi njegove notranje plasti – voda iz sredine lesa se pospešeno giblje v zunanje plasti, ki so zato bolj vlažne, padec vlage je tako manjši, manjše pa so tudi napetosti v lesu.

Navedeni pojavi ali zakonitosti so tem izrazitejši, čim večji je podtlak (vakum).

Glede fizikalnih in sušilnih zakonitosti pa se postopek vakumskega sušenja ne razlikuje od konvencionalnega postopka. Po fazi sušenja se les kondicionira in hladi enako kot pri konvencionalnem sušenju.

Tlak (p) – absolutni – se v običajnih vakumskih sušilnicah giblje: od 0,35 barov (35 kPa) do 0,08 barov (8 kPa).

Pri tlaku $p = 0,35$ barov je podtlak $\Delta p = 1 \text{ bar} - 0,35 \text{ bar} = 0,65 \text{ bar}$ (0,65 barov izmerimo z vakummetrom). Temu tlaku ustreza vrelišče vode 73°C .

Pri tlaku $p = 0,08$ barov pa je vrelišče vode 41°C .

V podtlaku je zrak razredčen, zato je prenos toplote z zrakom (konvekcija) zelo slab in oteženo je ogrevanje sušilnice in lesa.

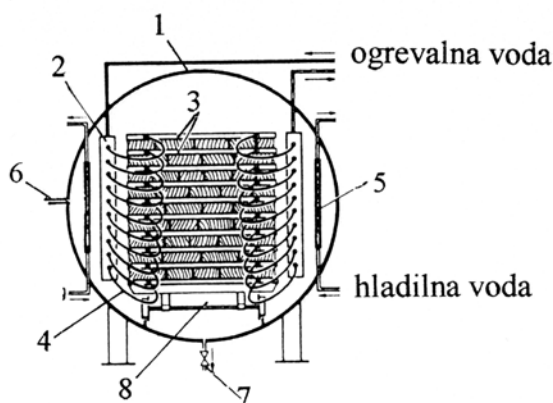
Zaradi težav pri prenosu toplote (ogrevanju) poznamo:

- sistem sušenja z grelnimi ploščami (kontaktno segrevanje),
- sistem sušenja brez grelnih plošč (konvektivsko segrevanje) in tudi
- sistem sušenja s kontinuiranim (neprekinjenim) vakuumom,
- sistem sušenja z diskontinuiranim (prekinjenim) vakuumom.

Možne so različne kombinacije navedenih sistemov. Uporablja se tudi vakumsko sušenje v pregrety pari.

13.11.1 Vakumska sušilnica s kontinuiranim vakuumom in z grelnimi ploščami

Prenos toplote na les poteka prek grelnih plošč s kontaktnim gretjem lesa. Po končanem segrevanju lesa z vakumsko črpalko dosežemo stalen in nepretrgan podtlak v valju.



- 1 - valj
- 2 - razdelilnik vroče vode
- 3 - grelne plošče
- 4 - priključna cev
- 5 - hladilna plošča
- 6 - cev za vakumsko črpalko
- 7 - ventil za kondenzat
- 8 - voziček

Slika 347: Vakumska sušilnica z grelnimi ploščami (8.: 173)

Sušilno komoro predstavlja jekleni valj (1) v vodoravnem položaju. Valj je neprodušen in dobro toplotno izoliran. Vrata valja se morajo neprodušno zapirati, da zrak ne vdira v notranjost.

Grelne plošče (3) so iz aluminija, običajno sestavljene iz profilov, med katerimi kroži vroča voda za ogrevanje. Les se zloži med plošče, ki nadomestijo distančne letvice. Tako sestavljen zložaj se s pomočjo vozička (8) porine v valj in grelne plošče se priključijo na cevovod (4) za vročo vodo (slika 347).

Izparjena voda iz lesa se kondenzira na hladilnih ploščah (5), skozi katere kroži hladilna voda. Kondenzat se nabira na dnu komore in ga občasno izpuščamo iz valja.

Pomemben del je vakumska črpalka, ki v času sušenja deluje neprekinjeno. Črpalko poganja elektromotor, nameščena je zunaj sušilnice.

Tehnološki postopek sušenja je podoben konvencionalnem sušenju, režime sušenja poda proizvajalec, saj so odvisni od izvedbe in tehnične zmožnosti naprave. V sušilnici merimo klimo zraka, ravnovesno vlažnost, temperaturo lesa in podtlak. Temperaturo lesa merimo tako, da tipalo daljinskega termometra postavimo v predhodno izvrtano luknjico, ki je v sredini sledilnega kosa. Mikroprocesorska regulacijska naprava avtomatsko vodi proces sušenja in ga tudi nadzira.

Prednosti:

V tej sušilnici porabimo manj energije kot pri drugih vakumskih sistemih, ker je dober prenos toplote in nimamo ventilatorjev. Les se hitreje suši in napake lesa so manjše. Sušilna komora je enostavnejša.

Pomanjkljivosti:

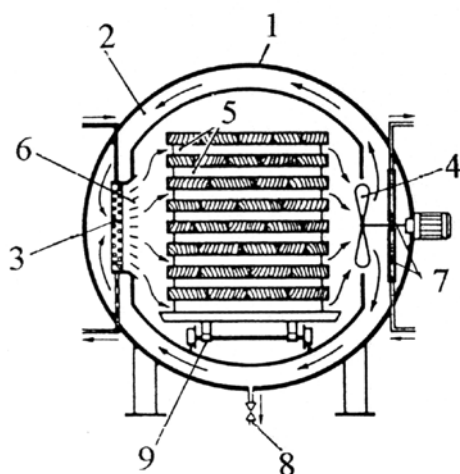
Zamudno je ročno zlaganje obdelovancev na grelne plošče, saj sta potrebna vsaj dva delavca. Grelne plošče se ročno priključijo, v primeru okvare vroča voda zalije valj. Primerne so samo za manjše prostornine lesa v sušilnici, največ do 10 m³.

Vakumska črpalka črpa topel zrak iz sušilnice, zrak v valju se redči, posledica pa je intenzivno ohlajanje prostora in zato je večja poraba toplotne energije. Navedeno velja za vse vakumske sušilnice.

13.11.2 Vakumska sušilnica z diskontinuuiranim vakumom in brez grelnih plošč

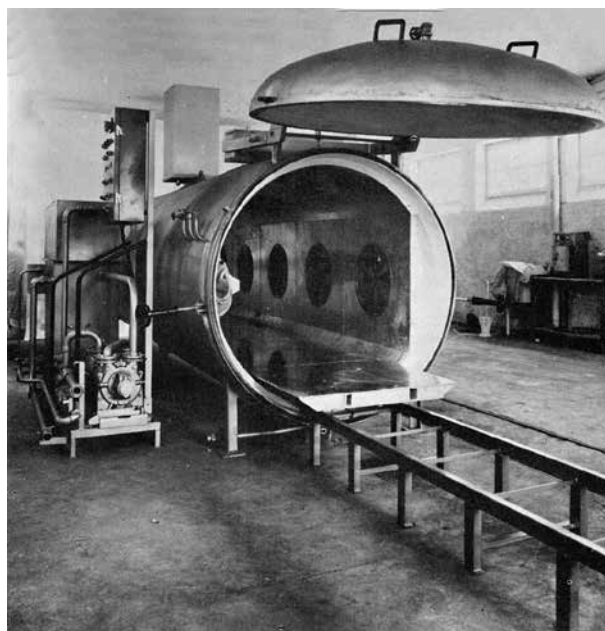
Sušilnica in les se ogrevata konvekcijsko s krožečim zrakom. Zrak segrejemo z grelniki na vročo vodo ali paro kot pri konvencionalnih sušilnicah. Zrak poganjajo ventilatorji. Zrak kroži ob plašču valja preko grelnika in se skozi vpihovalne reže usmeri skozi letvičen zložaj. Podtlak v sušilnici ni stalen, ampak traja samo določen čas.

Obdelovanci (krojen les) se zlagajo v običajne letvičene skladovnice predpisanih dimenzij. Na voziček se lahko postavijo z viličarjem (slika 348 in 349).



- 1 - jekleni valj
- 2 - notranji plašč
- 3 - grelnik
- 4 - ventilator
- 5 - letvica
- 6 - vpihovalne reže
- 7 - hladilna plošča
- 8 - ventil za kondenzat
- 9 - voziček

Slika 348: Vakumska sušilnica z diskontinuuiranim vakumom in brez grelnih plošč (8.: 175)



Slika 349: Vakumska sušilnica brez grelnih plošč (8.: 176)

Tehnološki postopek se prične s segrevanjem lesa. Nekatere sušilnice imajo tudi vlažilnik, da se les med segrevanjem vlaži.

Po začetnem segrevanju je postopek sestavljen iz ciklov, ki se ponavljajo, dokler les ne posuši na končno vlažnost. Vsak cikel je sestavljen iz dveh faz:

- prva faza je segrevanje lesa z zrakom, ki ima atmosferski tlak;
- druga faza je sušenje, ki se začne s črpanjem zraka iz valja (vakumiranje), v sušilnici je podtlak, gretje je prekinjeno.

Trajanje cikla sušenja lahko uravnavamo glede na temperaturo lesa (segrevanje je končano, ko je dosežena želena temperatura, vakumiranje pa, ko temperatura pade pod vrelišče ali pa ga časovno predvidimo (na primer: ena ura gretja in ena ura vakumiranja).

Vakumska črpalka črpa topel zrak iz sušilnice, voda izpareva s površine lesa, zrak v valju se redči, posledica pa je intenzivno ohlajanje. Površina lesa se ohladi, sredina ostane topla, nastanejo ugodni pogoji za gibanje vode in sušenje v podtlaku. Izparjena voda se kondenzira

na hladilnih ploščah, kondenzat pa se izloči iz sušilnice. V hladilnih ploščah kroži voda, ki se ohlaja v posebnem hladilnem agregatu.

Prednosti in pomanjkljivosti

Enostavnejše je polnjenje in praznjenje kot pri sušilnici z grelnimi ploščami. Imajo tudi večjo prostornino, do 50 m³ lesa. Nimamo stroškov za grelne plošče in njihovo vzdrževanje.

Pomanjkljivosti so nekaj daljši časi sušenja in večja nevarnost napak pri sušenju.

13.11.3 Kontinuirano vakumsko sušenje v pregreti pari

Vakumske sušilnice s sušenjem v pregreti pari imajo lahko veliko prostornino in so primerne tudi za sušenje debelejšega – gradbenega lesa. Vakumska komora je lahko okrogle (valj) ali pravokotne oblike in sprejme več zložajev po širini in višini.

Sušenje lesa v pregreti pari je star postopek, vendar se je redko uporabljal. Pregreta para nastane, ko nasičeno paro segrejemo (pregrejemo) na višjo temperaturo od 100 °C. Nastala para je nenasičena (suha) in les se hitro suši. Potrebna hitrost gibanja zraka (pare) je 4–6 m/s.

Pri vakumu pridobimo pregreto paro pri precej nižjih temperaturah od 100 °C. Zato ne nastajajo izrazite napake lesa (predvsem razpoke in spremembe barve), les pa se hitro suši.

Potrebna atmosfera vodne pare se ustvari z vodo iz lesa (voda v lesu vre in se vsa uparja), lahko pa vodo tudi vbrizgamo v sušilnico ali pa paro izpuščamo. Časi sušenja so krajši, višji pa so investicijski stroški in večja je poraba energije ter hladilne vode kot pri drugih vakumskih sistemih.

13.11.4 Značilnosti vakumskega sušenja

Značilnosti posameznih postopkov smo že opisali. Strnili bomo skupne značilnosti, ki veljajo za vakumsko sušenje.

Prednosti:

- Les se približno 3–5-krat hitreje suši kot v konvencionalni sušilnici.
- Les večje debeline, zlasti trdih listavcev, se v konvencionalnih sušilnicah težko posuši zaradi nizke temperature, v vakumskih pa je sušenje relativno hitro in brez večjih napak.
- Les se posuši kakovostno, skoraj brez napak. Temperatura sušenja je nižja, padec vlažnosti pa je manjši. Zato je manj napak zaradi napetosti.
- Pri sušenju s kontinuiranim vakumom je prisotnosti kisika manjša, kar zmanjša nevarnost spremembe barve lesa. Smola v lesu (smreka, bor) delno izpari, ostanek pa se kristalizira, kar preprečuje kasnejše iztekanje smole.
- Vakumske sušilnice so primerne tudi kot intervencijske, saj v njih les hitro posušimo, ki ga na primer nismo uspeli pravočasno pripraviti (posebno naročilo, izpad dobave in podobno). Sušimo lahko tudi grede, gredice za stavbni les. Te sušilnice imajo večjo prostornino.

Slabosti:

- Nabavna cena sušilnic je visoka. Poraba energije je večja glede na konvencionalno sušenje.
- Vzdrževanje je zahtevnejše in dražje.
- Regulacija in vodenje sušenja sta težja, vizualna kontrola ni mogoča.
- Začetna vlažnost lesa naj ne bi presegala 50 %.
- Cena sušenja je višja kot pri drugih načinih sušenja. Zapisana ugotovitev ni vedno pravilna. Potrebno je narediti natančno ekonomsko analizo in ugotoviti stroške sušenja. Na primer: pomanjkljivosti (visoka nabavna cena, večja poraba energije ...) naj bi morebiti odtehtala krajši čas sušenja in manj napak lesa, pa tudi manjša velikost sušilnice, ki je potrebna zaradi hitrejšega sušenja.

13.12 Visokofrekvenčno sušenje lesa

Visokofrekvenčno sušenje temelji na segrevanju lesa v električnem polju. (Glejte tudi poglavje 4.2.7.) Vlažen les nastopi kot **dielektrik**. Dielektrik je izolirna snov, ki se med ploščama kondenzatorja (v električnem polju) upira prehodu električnega toka. Les v svoji notranjosti proizvede električno protipolje. Njegova energija se troši za premagovanje trenja, ki nastane pri gibanju ionov, dielektrik (les) se segreva, če je frekvenca dovolj visoka (običajno dovoljena je 13,56 MHz).

Postopek je drugačen od postopkov sušenja z zrakom, ki smo jih spoznali do zdaj.

Toplota v lesu nastane hkrati v celi masi. Les v notranjosti ima celo višjo temperaturo kot na površini, kar pomeni, da se zunanje plasti stalno vlažijo in ne nastanejo napetosti in posledično napake lesa kot pri ogrevanju z zrakom.

13.12.1 Sušilnik lesa z visoko frekvenco

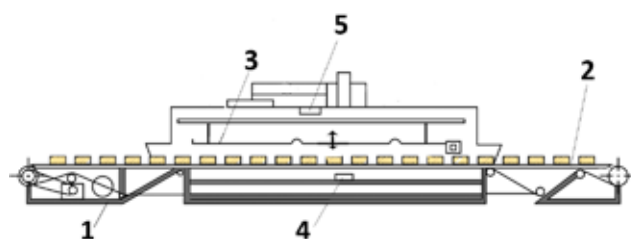
Sušilnik je kanalska sušilnica. Sušeči se les ne prekinjeno potuje skozi kanal. Transportira se s kovinskim transportnim trakom, ki je hkrati tudi spodnja elektroda. Druga elektroda je nad trakom in se prestavlja po višini (slika 350). Električno polje med elektrodama se ustvari z visokofrekvenčnim generatorjem. Elektrode so iz materiala, ki je dober prevodnik, kot so na primer: medenina, baker, aluminij.

Vlago iz lesa sprejme zrak, ki kroži s pomočjo ventilatorja, posuši pa se z izmenjavo. Celotna naprava mora biti zaščitena s Faradayevo kletko, sicer moti radijske in televizijske sprejemnike. Za uporabo frekvence pa moramo pridobiti ustrezno dovoljenje. V sušilniku morajo biti zaradi nevarnosti požara nameščene gasilne naprave.

Čas sušenja je zelo kratek (izrazimo ga v minutah), les pa se posuši praktično brez napak.

Stroški sušenja kot tudi vzdrževanja so visoki. Vsi obdelovanci morajo imeti približno enako začetno vlažnost, ker obstaja nevarnost preboja (razelektrenja skozi dielektrik – les) kondenzatorja in s tem požara.

Sušenje lesa z visoko frekvenco je primerno za sušenje krajših in debelejših obdelovancev, na primer surovcev za kopita, rezbarski, struženi izdelki ...



- 1 - ogrodje naprave
- 2 - kovinski transportni trak (spodnja elektroda)
- 3 - zgornja elektroda (plošča)
- 4 - dovod zraka
- 5 - izhod zraka

Slika 350: Visokofrekvenčna sušilna naprava (8.: 186)

Visokofrekvenčno (VF) sušenje v stiskalnici

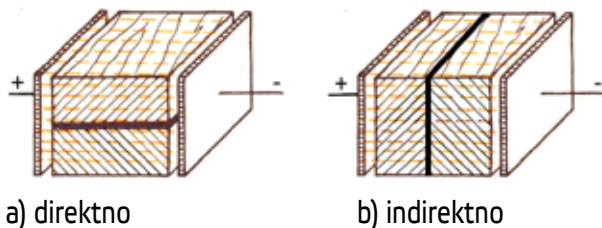
Visoka frekvenca se pogosto uporablja za sušenje in lepljenje raznih elementov v stiskalnici:

- V primeru izdelave krivljenih obdelovancev v hidravlični stiskalnici s kalupi, se obdelovanci skrivijo in istočasno hitro posušijo. Dielektrično segrevanje povzroči tudi večjo plastičnost lesa.
- Lepljeni masivni elementi (profili za okna, deli sedežnega pohištva, lesene plošče, slojnat les ...) se tudi lahko zlepijo v VF stiskalnici. Visokofrekvenčno segrevanje lesa in lepilnega spoja povzroči, da utrdi lepilo v kratkem času.

Lepilni spoj lahko VF segrevamo na dva načina:

- Elektrodi (plošči) sta postavljeni pravokotno na lepilni spoj (slika 350 a). Lepilo je takrat dielektrik, torej se segreje zaradi trenja med polariziranimi molekulami lepila. Čas segrevanja (utrjevanja) lepila je zelo kratek.

- Elektrodi (plošči) sta postavljeni vzporedno z lepilnim spojem (slika 350b). Dielektrik je les in čas segrevanja (utrjevanja) lepila je daljši.



Slika 351: Visokofrekvenčno segrevanje lepilnega spoja (S. K.)

Visokofrekvenčno (VF) sušenje v vakumu

Visokofrekvenčni valovi segrevajo les, vakum pa povzroči hitrejše izhajanje vode iz lesa pri nižji temperaturi (poglavje 13.11). Les je položen na kovinske plošče – elektrode in segrevanje lesa kljub vakumu poteka nemoteno. Sušenje je brez napak in hitro. Poznamo komorske in kanalske visokofrekvenčne vakumske sušilnice.

13.12.2 Mikrovalovno sušenje lesa

V področje visokih frekvenc spadajo tudi mikrovalovi. Mikrovalovi so (podobno kot vidna svetloba, radijski valovi, gama žarki ...) vrsta elektromagnetnega valovanja, ki ima valovno dolžino med 1 mm in 30 cm. V mikrovalovnih pečicah (sušilnikih) se običajno uporabljajo valovi frekvence 2450 MHz, kar ustreza valovni dolžini približno 12 cm. Prodirajo skozi razne snovi in jih pri tem segrevajo. Les se segreva po celi prostornini istočasno in zelo hitro, valovi pa prodrejo v les 3–4 cm globoko z vseh strani. Pri debelejših kosih se sredina posredno segreje. Temperaturo določimo, vendar ni visoka, na primer 50 °C. Prednost je tudi, da je lahko višja in različna začetna vlažnost lesa.

Kot pri visokofrekvenčnem sušenju se sredina lesa segreje v nekaj minutah, kar pomeni, da vlaga iz sredine lesa prodira proti zunanosti. Zunanje plasti lesa se vlažijo in ne nastanejo napetosti zaradi krčenja in posledične napake. Odvajanje vode iz površine lesa je običajno z zrakom.

Sušilniki so izvedeni kot komore (peči) ali kot kanal, kjer transporter prenese kose skozi sušilnik. Zaščiteni so s Faradayevo kletko.

Mikrovalovni vakumski sušilnik

Mikrovalovni vakumski sušilniki so v principu enaki kot visokofrekvenčni vakumski. Vrelišče vode je znižano in sušenje je pospešeno. Odstranjevanje vodnih hlapov je preko vakumske črpalke ali/in s kondenzatorji.



Slika 352: Mikrovalovni vakumski sušilnik (X)

13.13 Sušenje lesa s sončno energijo

Toplogredni plini v ozračju, onesnaženost voda in ozračja usmerjajo k pridobivanju energije, ki ne onesnažuje okolja. Sončna energija je obnovljiva in čista. Njena uporaba je zaželena in se spodbuja na državni ravni.

Energijo sonca izkoriščamo s:

- sprejemnikom (kolektorjem) sončne energije (SSE). S čigar pridobljeno toploto ogrevamo toplo vodo ali zrak in
- fotovoltaičnimi (PV) sistemi, ki direktno pretvarjajo sončno sevanje v električni tok.

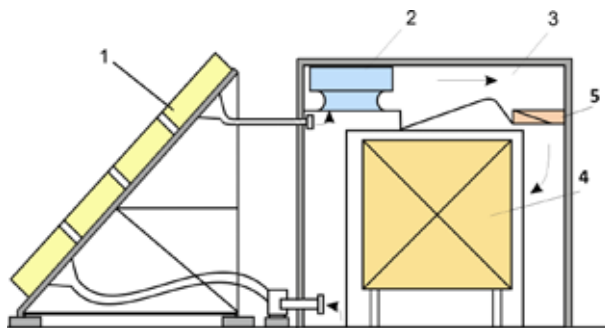
Pri izrabi sončne energije za energetske namene je najbolj pomemben podatek osončenost. Osončenost (osončenje) je obsevanje zemeljske oble (površine) s sončnimi žarki. Osončenost se meri v urah sevanja sonca na dan, mesec ali leto. Daljše trajanje sončnega obsevanja pomeni, da bo oddano več sončne energije. Pri nas je

pozimi količina (moč) prejete energije v primerjavi s poletjem manjša približno za tri četrtine.

13.13.1 Solarne sušilnice

Uporabljamo različne sisteme za sušenja lesa z izrabo sončne energije, najenostavnejši pa je z neposrednim gretjem zraka (slika 353). Sprejemnik sončne energije segreva zrak, ki nato kroži v sušilnici. Sam postopek sušenja lesa je enak kot pri konvencionalnem sušenju. Komora mora biti zelo dobro toplotno izolirana.

Pomanjkljivost je, da sušilnica ni ogrevana, ko ni osónčenosti. Obstajajo tudi razni sistemi skladiščenja toplote, kombinacije ogrevanja s toplotno črpalko in tudi z grelniki na toplo vodo ali s paro. Možna je tudi proizvodnja električne energije za pogon ventilatorjev in podobno.



- 1 - kolektor
- 2 - ventilator
- 3 - komora
- 4 - zložaj
- 5 - dodatni grelnik

Slika 353: Solarna sušilnica z neposrednim gretjem zraka (8.: 192)

Projektna naloga:

• **Podatki.** (Vsak dijak dobi (določi) svoje podatke.):

1. Sušimo les, debeline mm, na končno vlažnost %.
2. Masa sušilniškega vzorca v vlažnem stanju $m_v = \dots\dots\dots$ g, masa sušilniškega vzorca pri absolutno suhem stanju $m_o = \dots\dots\dots$ g.
3. Masa sledilnega kosa pred začetkom sušenja $M_v = \dots\dots\dots$ g, masa sledilnega kosa pri prvem tehtanju $M_1 = \dots\dots\dots$ g, masa sledilnega kosa pri drugem tehtanju $M_2 = \dots\dots\dots$ g.
4. Velikost sušilnice m^3 .

Izdelajte:

1. Skicirajte kontrolno desko in izračunajte:
 - začetno vlažnost,
 - vlažnost lesa pri prvem in drugem tehtanju,
 - maso sledilnega kosa pri končnem odstotku vlažnosti.
2. Sestavite režim sušenja na osnovi stalne ostrine (poglavje 13.9.3.2) in ga prikažite tudi grafično.
3. Izračunajte celotni čas sušenja. Manjkajoče podatke določite sami, vendar jih zapišite in razložite.
4. Izračunajte, za koliko odstotkov se les povprečno posuši vsak dan (%/dan) in koliko vode v kg na $1 m^3$ lesa je izšlo iz lesa med sušenjem.
5. Izračunajte kapaciteto sušilnice. Sami določite velikost zložaja, debelino letvic in ostale podatke, ki jih potrebujete.

14. HIDROTERMIČNA OBDELAVA LESA

Hidrotermična obdelava lesa je postopek, kjer je les izpostavljen visoki temperaturi in pari ali vroči vodi. Razlikujemo dva načina:

- parjenje (kuhanje) in
- termična modifikacija lesa.

14.1 Parjenje lesa

Med parjenjem obdelujemo les z vročo nasičeno paro (temperatura je najmanj 100 °C in največ do 150 °C) ali z vročo vodo 100 °C (kuhanje).

Pri postopku pride do kemičnih sprememb v lesu in zato se nekatere lastnosti lesa spremenijo. Spremembe, ki so odvisne od vlage v lesu, tlaka in s tem temperature pare ter časa parjenja in vrste lesa, so:

- sprememba barve,
- povečanje plastičnosti,
- sterilizacija in
- sprememba drugih lastnosti lesa.

14.1.1 Spremembe barve lesa

Zaradi spremembe barve parimo predvsem žagan les, ki ga uporabimo za pohištvo. Les postane temnejši in barva se izenači po celem prerezu. Spremembi barve so zaradi razgradnje lignina bolj podvrženi listavci. Barvne spremembe žaganega lesa nastanejo po nekajurnem parjenju; spremembe so značilne za:

- bukev – rdečkasto rjava in do temnordeča; barva se izenači po celem prerezu, tudi če je imela diskoloriran les,
- javor – rdečkast,
- breza – srebrno siva,
- jelša – siva,
- smreka – temnejša,

- topol – temnejša in
- hruška, brek in skorš – rumenordeča.

14.1.2 Plastifikacija lesa

Zaradi parjenja je elastičnost lesa manjša, poveča se plastičnost. Topel parjen les je omehčan in v plastičnem stanju, kar izkoriščamo:

- pri parjenju hlodov/prizem za izdelavo furnirja (furnir se lažje odrezuje in ne poka) ter
- pri krivljenju lesa – krivljenje je lažje (možno), les obdrži spremenjeno obliko, torej se trajno deformira, vlakna lesa pa ostanejo nepoškodovana. Največjo plastičnost dosežejo bukev, jesen, hrast, brest, zelo majhno pa iglavci.

14.1.3 Sterilizacija lesa

Glive, hife, trosi in insekti, jajčeca, ličinke in bube, ki so v lesu, so pri parjenju uničeni (poginejo). Tak les je steriliziran.

Mednarodni standard za fitosanitarne ukrepe ISPM-15 zahteva sterilizacijo (razkužitev) lesa za lesen pakirni material (palette, paletni zaboji, zaboji za pakiranje, gajbe, nosilci, paletni okvirji ...), ki se uvaža v Evropsko unijo, tako da je les toplotno obdelan (parjen) ali zaplinjen z metil bromidom. Razni insekti in drugi škodljivi organizmi bi se namreč lahko z leseno embalažo prenašali iz kraja v kraj, s kontinenta na kontinent.

Les za embalažo torej parimo samo zaradi sterilizacije. Pri parjenju za spremembo barve in plastifikacijo so seveda istočasno uničeni tudi morebitni biološki škodljivci.

14.1.4 Sprememba lastnosti

S parjenjem zmanjšamo delovanje lesa predvsem v tangencialni smeri, kar pomeni manjše napetosti v lesu. S tem je tudi izboljšana dimenzijska stabilnost. Praviloma se parjen les lažje obdeluje. Mehanske lastnosti so malo zmanjšane, vendar ne toliko, da bi pomenile kakšne dimenzijske spremembe pri konstrukciji stola, fotelja oziroma bivalnega pohištva.

14.1.5 Načini parjenja

Parjenje je lahko:

- direktno ali
- indirektno.

Direktno parjenje

V zaprti prostor (parilnica, parilna jama, kotel) se neposredno (direktno) spušča vroča para. Para ne sme direktno brizgati na les.

Vrelišče vode je pri temperaturi 100 °C in barometriškemu tlaku 1 bar (0,1 MPa). Para mora imeti malo višji tlak (absolutni), vsaj 1,1 bara (0,11 MPa). Takrat je njena temperatura 102 °C.

Vsak tlak pare ima svojo točno določeno temperaturo. Višji ko je tlak, višja je temperatura.

V primeru, da želimo doseči temperaturo 110 °C, mora biti tlak pare 1,4 bara.

Pri parjenju mora biti para nasičena, da se les vlaži. Direktno parjenje je enostavno in hitrejše. Težje je zagotoviti, da je zrak (medij) v prostoru trajno nasičen. V primeru nenasičenosti zraka se les suši, krivi, poka in ne omehča. V parnih postrojenjih je para pregreta (suha) in je potrebno posebej proizvesti nasičeno paro.

Indirektno parjenje

Pri indirektnem parjenju segrevamo plast vode, ki je pod lesom, na dnu parilnice. Voda izhlapeva ali izpareva, hlapi se dvigajo, segrevajo in vlažijo les. Temperaturo gretja lahko uravnavamo. Para je v stiku s tekočino in zato je vedno nasičena, kar pa je tudi pogoj za kvalitetno obdelavo.

14.1.6 Proces parjenja

O procesu (režimu) parjenja je v strokovni literaturi zelo malo podatkov, mnenja pa so večkrat deljena. Proces je odvisen od temperature, časa parjenja, začetne vlažnosti lesa, vrste, debeline lesa in samega uravnavanja postopka. Vsekakor je učinek parjenja večji, če je temperatura višja in čas daljši.

Začetna (vstopna) vlažnost lesa je za hlode in žagan les nad točko nasičenosti lesnih vlaken (~ 40 %), pri elementih za krivljenje pa je običajno okoli 25 %. Če parimo zelo svež les, pride najprej do sušenja, kar lahko povzroči napake. Pri parjenju presuhega lesa se le-ta navlaži, kar oteži proces in nastanejo tudi napake.

Temperatura lesa med parjenjem doseže od približno 70 do 100 °C, odvisna pa je predvsem od namena in vrste lesa.

Čas parjenja je odločilen za uspešno toplotno pripravo lesa. Navedli ga bomo pri posameznih načinih parjenja.

Poraba pare je odvisna od številnih dejavnikov. Zaslediti je precej različne podatke, kljub temu pa je vrednost 15–25 kg/m³h (kilogram pare na kubični meter lesa v eni uri) dokaj realna.

Naprave za parjenje so prilagojene obliki in dimenzijam sortimentov:

- žagan les parimo v komorah (parilnicah),
- elemente krojenega lesa za krivljenje v parilnih kotlih,
- hlode za rezanje ali luščenje furnirja v parilnih jamah.

Parimo tudi sekance pred razvlaknjevanjem.

14.1.6.1 Parilne jame

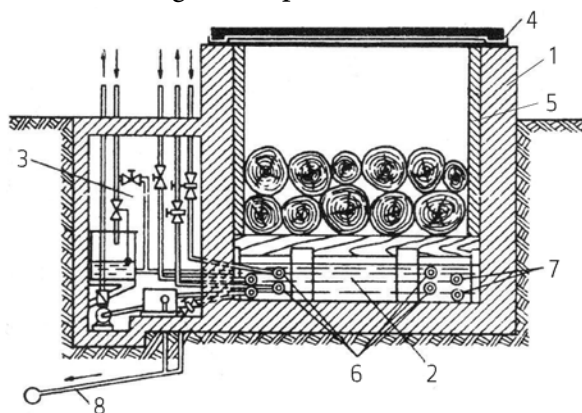
Parjenje ali hidrotermična obdelava furnirskih hlodov ali prizem poteka v betonski jami (bazenu). Zaradi varnostnih razlogov so stene jame nad tlemi okoli 1 m. Poznamo jame za:

- direktno in
- indirektno parjenje.

Prevladujejo jame za indirektno parjenje (slika 354).

Na dnu jame se nahaja voda, globoka približno 50 cm. Hlodi ležijo na legah, ki so nad vodo. Cevi za gretje vode so speljane v obliki spirale po dnu jame. Ogrevni medij je para (slika 354) ali vroča voda. Pokrov jame naj dobro tesni. Transport hlodov je z mostnim žerjavom. Jame so postavljene pred strojem za odrezovanje ali luščenje furnirja v hali ali izven nje.

Les se lahko segreva do temperature 100 °C in zaradi vlažnega zraka pridobi vlažnost 45–80 %.



- 1 - betonsko ogrodje jame
- 2 - voda
- 3 - predjama z napravami za dovod vode v glavno jamo in ogrevnega medija ter njihovo regulacijo
- 4 - pokrov s tesnilom
- 5 - zaščitne grede zida
- 6 - cevi za paro - gretje vode
- 7 - cevi za izpušno (kondenzirano) paro
- 8 - izpust umazane vode

Slika 354: Parilna jama za indirektno parjenje (20.: 305)

Nameni parjenja hlodov za proizvodnjo furnirja so:

- Segrevanje ali gretje hlodovine za plastifikacijo (omehčanje) lesa je potrebno toliko časa, da ga je možno rezati, da je rez gladek, pri čemer pa se barva lesa ne spremeni. Traja krajši čas (~ 20–50 h) pri nižji temperaturi (~ 55–70 °C).

- Parjenje hlodovine za plastifikacijo za odrezovanje in spremembo barve lesa (v lesu pride do kemičnih sprememb). Čas parjenja je približno 30–100 h in pri temperaturi okoli 75–100 °C.

Parjeni hlodi se morajo v jami ohladiti na temperaturo, pri kateri se najboljše režejo, vsekakor ne na nižjo od 30 °C.

- Kuhanje hlodovine je zahtevnejši postopek kot parjenje. Kuhamo predvsem zelo trde vrste lesa in tiste, ki vsebujejo mnogo ekstraktivnih snovi, ki jih izlužimo. Kuhanje se uporablja bolj redko. Traja približno 40–70 h in pri temperaturi 80–100 °C.

Jame za kuhanje so podobno zgrajene kot jame za parjenje. Hlodi morajo biti obteženi, da so stalno potopljeni v vodo.

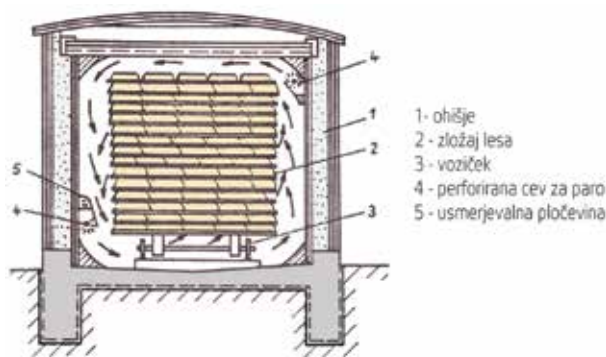
Vsi navedeni podatki so orientacijski. Čas parjenja je odvisen od gostote absolutno suhega lesa, premera hloda in drevesne vrste. Nekatere mehke vrste ni potrebno pariti, na primer topol, ki se reže hladen. Brez parjenja se lahko reže tudi smreka, oreh pa se samo kuha.

14.1.6.2 Parilnice za žagan les

Žagan les parimo zaradi spremembe barve in sterilizacije, izboljšanje lastnosti pa je zaželeno.

Tudi parilnice za žagan les so lahko z direktnim in indirektnim parjenjem. Prevladujejo parilnice z direktnim parjenjem, ki je prikazana na sliki 355. Med parilnicami z direktnim parjenjem in komorskimi sušilnicami obstaja podobnost. Komore so lahko enako zgrajene, enake so naprave za polnjenje in praznjenje komore. Dovod pare je izveden preko perforiranih cevi. Običajen tlak (absolutni) pare je 1,1 bara, kar pomeni, da je dejanska temperatura okoli 100 °C. Pri višjem tlaku pare in s tem pri višji temperaturi so parilnice kovinske z zelo dobrim tesnjenjem vrat.

Dovodena para se na površini lesa in stenah komore kondenzira, zato mora biti urejeno odtekanje kondezata.



Slika 355: Betonska parilnica za direktno parjenje (20.: 320)

Postopek parjenja obsega:

- segrevanje,
- parjenje in
- hlajenje.

Segrevanje traja do temperature 100 °C. Les se v tem času ne sme začeti sušiti zaradi nevarnosti nastanka napetosti in napak. Temperaturo dvigujemo postopno. Paziti moramo, da je relativna vlažnost zraka blizu 100 %.

Parjenje pomeni obdelavo lesa z nasičeno paro temperature 102 °C ali malo več, zrak pa ima 100 % vlažnost. V tej fazi nastane sprememba barve in njena intenzivnost je odvisna od časa parjenja (temperatura v določeni komori je konstantna). Čas parjenja traja 2–4 dni. Kontrola parjenja je lahko po barvi kondenzata, ki odteka iz parilnice.

Hlajenje traja nekaj ur in je končano, ko imajo žaganice temperaturo približno 30–35 °C.

Hladimo z odpiranjem vrat in prezračevalnih odprtin.

Parimo lahko letvičene ali neletvičene zložaje lesa, praviloma takoj po žaganju. Žaganice morajo biti dobro očiščene, kajti če je na lesu žagovina ali prah, nastanejo na lesu madeži.

Po parjenju sledi sušenje lesa na želeno vlažnost.

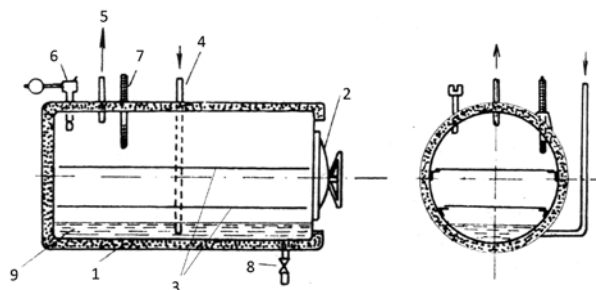
14.1.6.3 Kotel za parjenje

Elemente za krivljenje parimo zaradi plastifikacije, da jih lahko upogibamo. Parjenje poteka v kovinskem kotlu. Običajno se v kotel dovaja nasičena para temperature 102–106 °C. Trajanje parjenja je okoli 2 min/mm debeline elementa.

Elementi se zložijo na rešetki (polici) kotla z medsebojnim razmikom zaradi lažjega dostopa pare.

Pri parjenju lahko nastane pokanje čel in površine lesa ter obarvanost. Svež les se bistveno hitreje obarva kot zračno suh les. Parjen les takoj krivimo, po krivljenju pa ga posušimo v običajnih sušilnicah skupaj s šablono. Šele pri vlažnosti suhega lesa element zadrži spremenjeno obliko.

Les lahko krivimo v stiskalnici s šablono (slika 234), kjer ga tudi posušimo, največkrat z visokofrekvenčnim segrevanjem.



- 1 - izoliran valj
- 2 - vratca
- 3 - rešetka
- 4 - dovod pare
- 5 - izhod pare
- 6 - varnostni ventil
- 7 - termometer
- 8 - izpustni ventil kondenzata

Slika 356: Kotel za parjenje (20.: 323)

Parjenje in krivljenje lesa je razvil Michael Thonet (1796–1871). Njegov stol št. 14 (1859) iz krivljenih bukovih palic je najbolj prodajani artikel na svetu, do danes je bilo prodanih več kot sto milijonov stolov.



Slika 357: Thonetov stol št. 14 (M. G.)

14.2 Termično modificiran les

Termična modifikacija je postopek spreminjanja lastnosti lesa pri višji temperaturi (160–260 °C) in ob zmanjšani prisotnosti kisika. Obstaja več postopkov termične modifikacije lesa.

Pri vseh postopkih se les naprej posuši in segreje, nato je izpostavljen visoki temperaturi in pari, sledi pa še sušenje in kondicioniranje. Pri tem se lesu (celični steni) spremeni struktura in kemična zgradba. Spremenjene lastnosti termično obdelanega lesa so bolj izrazite pri višji temperaturi in daljšem času trajanja postopka.

Obdelava

Modificiran les se obdeluje enako kot naravni les. Pri žaganju in rezkanju je potrebno uporabljati ustrezna rezila, ker je les bolj krhek in obstaja nevarnost kršenja robov. Lepljenje je lahko oteženo zaradi prodora ekstraktivnih snovi in produktov modifikacije na površino lesa. Spremenjena je tudi kemična sestava in znižana pH vrednost lesa. Praksa (lepljenje profilov za okna) je že pokazala, da je lepljenje uspešno z večino lepil za les. Predvsem pri lepilih, katerih utrjevanje temelji na absorpciji vode, je potrebno pri lepljenju prilagoditi lepilo ali postopek.

Uporaba

Termično modificiran ali toplotno spremenjen les se uporablja za zunanje stenske in talne obloge, vrtno pohištvo, ograje, okna, zunanja vrata. Možna je uporaba za bivalno, predvsem pa za kopalniško pohištvo. Uporabljamo ga zaradi izboljšanih lastnosti.

14.2.1 Lastnosti termično modificiranega lesa

Izboljšane lastnosti:

- Večja je odpornost proti lesnim glivam in insektom – brez uporabe kemijskih zaščitnih pripravkov se poveča naravna trajnost lesa. Termično modificiran les praviloma spada v 2. odpornostni razred, kar pomeni odporne vrste (preglednica 20).
- Manjša je higroskopičnost in s tem manjše krčenje in nabrekanje ob spreminjanju klime zraka.
- Izrazito je zmanjšanje krčenja in nabrekanja v tangencialni smeri. Pride lahko do izravnave napetosti med radialnim in tangencialnim krčenjem.
- Izboljšana je dimenzijska stabilnost.
- Zmanjšana toplotna prevodnost – les je torej boljši toplotni izolator.
- Površina lesa je bolj hidrofobna, zato bolj odbija vodo in se manj omoči, kar tudi poveča naravno zaščito pred padavinami.

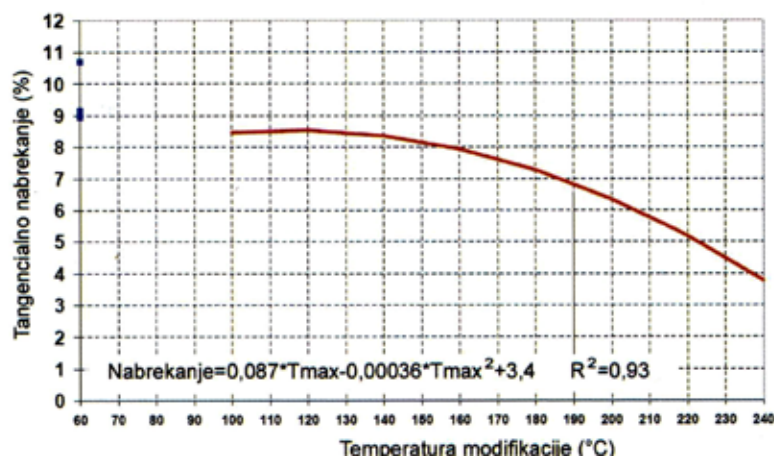
Poslabšane lastnosti:

- Zmanjšana je gostota lesa (izguba mase) zaradi razkrajanja nekaterih sestavin (hemiceluloze, delno lignin).
- Slabše so mehanske lastnosti: vse trdnosti – posebej pa upogibne, trdote, elastičnega modula, zato modificiran les ne smemo uporabljati za gradbene nosilne konstrukcije.
- Sprememba barve – les dobi temnejšo rjavo barvo, ki pa je enotna po celotnem prerezu.

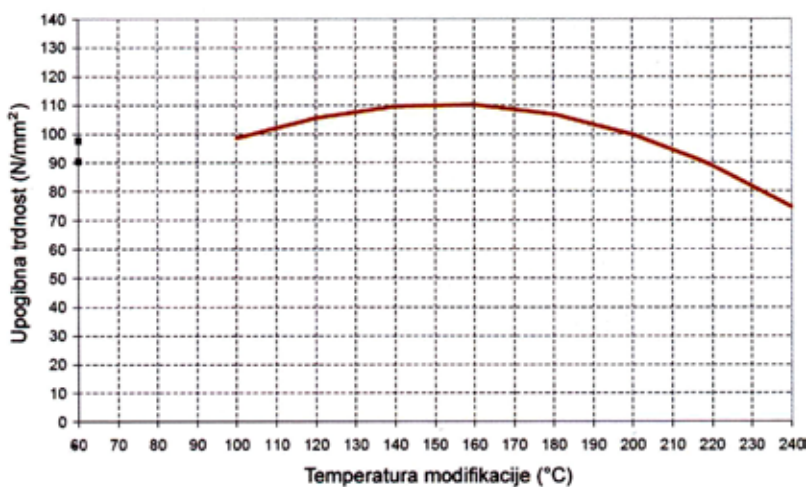
Termično modificiran les ima nekoliko nižjo ravnovesno vlažnost.



Slika 358: Sprememba barve borovine glede na stopnjo modifikacije, ki narašča od leve proti desni (X)



Slika 359: Diagram zmanjšanja tangencialnega nabrekanja borovine glede na temperaturo (X)



Slika 360: Diagram vpliva temperature na upogibno trdnost borovine (X)

Naloge:

- Zapišite in utemeljite lastnosti lesa (štiri), ki se spremenijo pri parjenju.
- Imenujte in opišite oba osnovna načina parjenja. Razložite, kateri način je kakovostnejši (povzroča manj napak lesa).
- Na spletu pregledajte Mednarodni standard za fitosanitarne ukrepe ISPM-15 in zapišite svoje ugotovitve.

Priloga: drevesne vrste

Domači iglavci

BOR		Rod: Pinus Družina: Pinaceae (borovke)	
Pri nas rastejo: 1. rdeči bor (<i>Pinus sylvestris</i>). Zraste do okoli 40 m višine in 100 cm premera, živi pa 600 let. 2. črni bor (<i>Pinus nigra</i>). Tipična pionirska drevesna vrsta; z njim je konec 19. stoletja izvedeno pogozdovanje našega Kraša. 3. cemprin (<i>Pinus cembra</i>), ki raste v Alpah. 4. alepski bor (<i>Pinus halepensis</i>), uspeva v Sredozemlju. 5. pinija (<i>Pinus pinea</i>), raste v severnem in vzhodnem Sredozemlju in ima značilno dežnikasto krošnjo in okusne pinjole. 6. ameriški zeleni bor (<i>Pinus strobus</i>) srečamo v parkih, vrtovih in gozdovih. Borovina (ne glede na vrsto) se ne razlikuje med sabo in ni bistvenih razlik od opisanega lesa rdečega bora. (Les črnega bora je malo gostejši od rdečega.)			
BOR, rdeči (<i>Pinus sylvestris</i>) Uspeva v pretežnem delu Evrope in v Severni Aziji. V Sloveniji je precej pogost.			
Opis borovine		Lastnosti	Uporaba
Les rdečega bora ima široko svetlorumeno beljavo, jedrovina je rdečkastorjava. V izraziti braniki je oster prehod svetlega ranega lesa v temen kasni les. Smolni kanali so številni in dobro vidni na prečnem in vzdolžnem prerezu.		Srednja gostota ($\rho_{12-15} = 510 \text{ kg/m}^3$); srednja trdota, zmerno krčenje srednja trdnost, ni elastičen. Les črnjave je trajen, beljava se dobro impregnira. Dobro se obdeluje in lahko cepi. Suši se hitro, paziti je treba na morebitno pokanje.	Gradbene konstrukcije, obloge, podi, stavbno in bivalno pohištvo, rolete, furnir, jamski les ... Pri uporabi v naravi priporočamo impregnacijo borovine. Šele impregnirana je primerna za gradnjo mostov, stebrov, tlakov ...
Zanimivost: V vzhodni mitologiji je bor simbol nesmrtnosti in odločnosti. Japonci ga uporabljajo za gradnjo šintoističnih templjev. Na Zahodu je simbol izpričane resnice, življenjske moči in miru. V Prekmurju se bor pojavlja v pustnem običaju: borovo gostüvanje (poroka z borom).			
Silhueta, storž	Lubje	Iglica	Tekstura
			

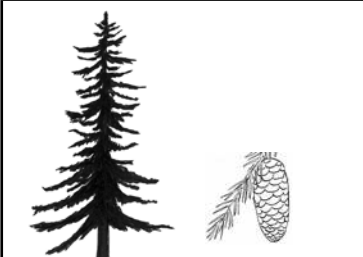
JELKA (<i>Abies alba</i>)		Družina: Pinaceae (borovke)
Hoja, bela ali navadna jelka uspeva v srednji in južni Evropi. Pri nas raste strnjeno v mešanih jelovo-bukovih dinarskih gozdovih, ki se raztezajo od Trnovskega gozda čez Javornike in Snežnik vse do Gorskega Kotarja na Hrvaškem. Do 40 m visoko drevo je premera lahko do 3 m, živi pa 500–800 let.		
Opis jelovine	Lastnosti	Uporaba
Les z neobarvano jedrovino je rumenkasto bele barve brez leska, je pa bolj blede kot smreka. Homogena tekstura z vidnimi branikami in ostrejšim preходом ranega lesa v kasni. Trakovi so nevidni; les nima smolnih kanalov (ti so v skorji).	Nizka gostota ($\rho_{12-15} = 450 \text{ kg/m}^3$); mehka, manjše krčenje, srednja tlačna trdnost in upogibna trdnost, manj elastična. Velja za srednje trajno, hitro pa jo napadejo glive modrivke. Dobro se obdeluje in hitro suši.	Najpogostejše kot gradbeni les, za izdelavo ostrejša, stavbnih konstrukcij, opažev, oblog, embalaže, lesnih in opažnih plošč in tudi za stavbno ter bivalno pohištvo.
Zanimivost: Jelka je klasično božično drevo, morda zato ker simbolizira nesmrtnost. Morebiti pa je odgovor v slovenskih rekih: vitek kot jelka, raven kot jelka, pokončen kot jelka. Še mnenje: »jelka najlepše drevo v deželi je tej«.		

Silhueta, storž	Lubje	Iglica	Tekstura
			

MACESEN (<i>Larix decidua</i>)		Družina: Pinaceae (borovke)
Navadni macesen uspeva v gorovjih srednje Evrope, v Alpah, Karpatih in na severu Poljske. Iglice v jeseni odpadejo. Do 30 m visoko drevo je premera do 1 m, živi lahko 600 let.		
Opis macesnovine	Lastnosti	Uporaba
Ima ozko beljavo rumenkasto bele barve, črnjava je močno rdečarjava. Letnice so izrazite, branike so široke, kasni les je temnejši in se jasno loči od ranega lesa. Smolni kanali so drobni.	Srednja gostota ($\rho_{12-15} = 590 \text{ kg/m}^3$); precej trda, srednje/večje krčenje, srednja trdnost in elastičnost. Les črnjave je trajen (odporen na vse dejavnike), beljava pa se težko impregnira. Obdeluje se kar dobro, kot tudi suši. Zaradi kislin v smoli lahko povzroča dermatitis.	Za gradbene konstrukcije, obloge, pode, stavbno in bivalno pohištvo, furnir, skodle, jamski les. Za konstrukcije v stiku z zemljo ali z vodo (mostove), za jaške, stebre ...
Zanimivost: Macesnu pravimo tudi viharjik, saj samotni na gori kljubuje viharjem in strelam. Morebiti je zato simbol nesmrtnosti ali pa zaradi svoje smole, ki je zdravilna in nepokvarljiva. Macesnov gozd je svetel, po mehkih iglicah pa se sprehajajo človeku prijazne gozdne vile.		

Silhueta, storž	Lubje	Iglica	Tekstura
			

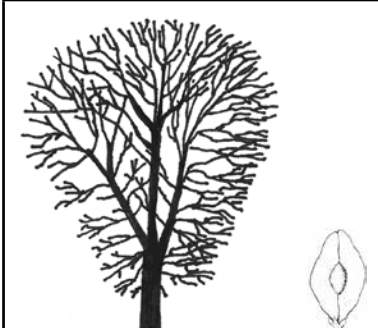
SMREKA (<i>Picea abies</i>)		Družina: Pinaceae (borovke)
Samoniklo uspeva predvsem v hribovitih predelih od Skandinavije do Alp in Balkanskega polotoka. Storži z vej visijo navzdol in odpadejo celi, pri jelki pa so pokončni in ostanejo na drevesu. Zraste do okoli 50 ali 60 m višine in 200 cm premera, živi do 150 let.		
Opis smrekovine	Lastnosti	Uporaba
Ima neobarvano jedrovino. Les je rdečkasto bele barve, z leskom. Branike so izrazite, prehod iz ranega v izraziti kasni les je postopen. Les smreke je finejši in boljši, če je branika ožja. Trakov ne vidimo, na prečnem prerezu pa vidimo smolne kanale kot svetle pike.	Srednja gostota ($\rho_{12-15} = 470 \text{ kg/m}^3$); nizka trdota, zmerno krčenje, srednja trdnost, precej elastična. Lahko se obdeluje in hitro suši. Je srednje odporna proti vremenskim vplivom in neodporna proti glivam in insektom.	Smrekovina je najpogostejše uporabljen les. Prevladuje v gradbeništvu, za vse konstrukcije, ostrešja, za opaž in obloge, ograje. Odlična za stavbno in bivalno pohištvo, furnir, lesne plošče, embalaža in za plovila. Iz lesa resonančne smreke je zvočna deska (pokrov) na godalih in dnu klavirja.
Zanimivost: Smreka se je pri nas razširila v drugi polovici 19. stoletja. Intenzivno so jo sadili zaradi hitre rasti in kvalitete lesa. Najvišja smreka v srednji Evropi je Sgermova smreka s Pohorja. Visoka je 62 m, njen premer pa je 113 cm.		

Silhueta, storž	Lubje	Iglica	Tekstura
			

TISA (<i>Taxus baccata</i>)		Družina: Taxaceae (tisovke)
Navadna tisa je razširjena v Evropi, severozahodni Afriki in zahodni Aziji. Zraste do 15 m visoko in doseže 100 cm premera, živi pa 1000 let. V Sloveniji živi največja tisa nad Solčavo, visoka je 9 m, premera debla okoli 80 cm, starost ocenjujejo med 500 in 700 leti. Tisa je zaščitena po celi Evropi, v Sloveniji od leta 1976.		
Opis tisovine	Lastnosti	Uporaba
Vrsta z obarvano jedrovino, beljava je zelo ozka in rumeno bela, črnjava pa rdečerjava, lahko z vijoličnim odtenkom. Branike so izrazite, prehod iz ranega v kasni les je postopen, nima smolnih kanalov. Tekstura je fina.	Srednje do visoka gostota ($\rho_{12-15} = 670 \text{ kg/m}^3$); visoka trdota, malo krčenje, visoka do srednja trdnost, zelo elastična. Dobro se suši in obdeluje, lahko se obarva na črno. Odporna proti vsem škodljivcem, zelo trajna. Nevarnost povzročitve dermatitisa in vnetja sluznice.	Umetniški izdelki in pohištvo, okraši, furnir, za rezbarstvo, glasbila ... nekdanj za orožje (lok, kopje, ščit). Tisa se je precej uporabljala že v bronasti dobi. Tisini pragozdovi v srednji Evropi so bili posekani zaradi pretirane uporabe že v rimskem času.
Zanimivost: Najstarejši leseni artefakt (orodje, orožje iz pred-/prazgodovinske dobe) na svetu je iz lesa tise – kopje najdeno v bližini mesta Clacton-on-Sea, južna Anglija, staro pa je 150 000 let. Lok, narejen iz tisovine, najden na Ljubljanskem barju je star 5600 let.		

Silhueta, storž	Lubje	Iglica	Tekstura
			

Domači listavci

BREST		Rod: Ulmus Družina: Ulmaceae (brestovke)		
Razširjen je v severnem zmernem pasu in tropskem gorskem pasu. Brestov je precej vrst; v Sloveniji uspevajo tri: 1. gorski ali goli brest (<i>Ulmus glabra</i>), 2. poljski brest (<i>Ulmus carpinifolia</i>) in 3. dolgopecljati brest ali vez (<i>Ulmus laevis</i>). Brest zraste do okoli 30 m višine in 200 cm premera, živi pa 500 let. Ob koncu 20. in v začetku 21. stoletja je breste močno zdesetkala holandska glivična bolezen brestov, zato raste v gozdovih Evrope posamično. Les navedenih brestov se ne razlikuje med sabo – predstavljen pa je gorski brest. (Listi vseh vrst bresta so pri dnu listne ploskve nesimetrični.)				
BREST, gorski (<i>Ulmus glabra</i>)				
Opis brestovine		Lastnosti	Uporaba	
Venčasto porozna vrsta z obarvano jedrovino. Les beljave je rumenkastobel, črnjava pa je rjavkasta. Branike so opazne, rani les se jasno loči od kasnega lesa, vidne so pore ranega lesa. Trakovi so manjši in vidni.		Srednje do visoka gostota ($\rho_{12-15} = 680 \text{ kg/m}^3$); trda, zmerno krčenje, srednja trdnost, elastičnost pa je manjša. Črnjava je trajna. Dobro se obdeluje, sušimo jo počasi in previdno, rada veže in poka in možna je potemnitev barve lesa.	Za izdelavo bivalnega pohištva vseh vrst, parketa, opaža, ročajev orodja, pa tudi kot konstrukcijski les za vodne in predvsem zunanje objekte. Veliko jo predelajo v plemeniti furnir.	
Zanimivost: Brest je priljubljeno drevo, saj je starodavni simbol prijateljstva, družine in tradicionalnih vrednot. Znamenito mesto Ulm v Nemčiji ima ime po brestu (<i>Ulmus</i>). Na vzhodnem in srednjem delu ZDA bi s težavo našli mesto brez Ulice brestov, kar dokazuje tudi znana grozljivka Mora v ulici brestov.				
Silhueta, plod		Lubje	List	Tekstura
				

BREZA, navadna (<i>Betula pendula</i>)		Družina: Betulaceae (brezovke)
Uspeva po Evropi in Aziji – v gozdovih, parkih, vrtovih ... Razširjena je po celi Sloveniji, najpogosteje v Beli Krajini. Zraste do okoli 28 m visoko in 60 cm premera, živi 100 let.		
Opis brezovine	Lastnosti	Uporaba
Spada v raztreseno porozne vrste. Vrsta brez jedrovine, les je blede rumenkast, pojavijo se lahko temne strženske pege. Anatomiški elementi so fini in neopazni. Pojavi se tudi diskoloriran les rjave barve.	Srednja gostota ($\rho_{12-15} = 650 \text{ kg/m}^3$); manj trda, srednje krčenje, srednja trdnost, bolj žilava in elastična. Težko se cepi, dobro pa se obdeluje. Neodporna proti vremenskim vplivom, glivam in insektom. Suši se počasi, obstaja nevarnost veženja in razpok ter barvnih lis. Lahko povzroči dermatitis.	Za notranje pohištvo, slepi furnir (vezan les) in plemeniti furnir. Primerna je tudi za obloge, parket, cikle, za vse stružene in rezbarske izdelke in za kolarstvo. Zaradi vsebnosti eteričnih olj je odlična za kurjavo v kaminih.
Zanimivost: Breza je na Finskem nacionalno drevo, v Sibiriji pa sveto drevo. Po vseh verovanjih je simbol življenja in smrti ali spomladi in rastoče ljubezni. V Rusiji simbolizira pomlad in dekleta.		

Silhueta, plod	Lubje	List	Tekstura
			

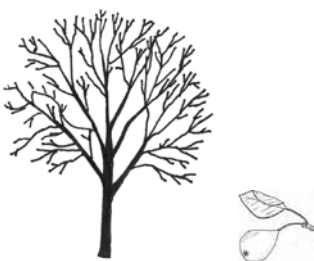
BUKEV (<i>Fagus sylvatica</i>)		Družina: Fagaceae (bukovke)
Uspeva v gozdovih Evrope. Pri nas in tudi v Srednji Evropi je najpogostejši listavec. Bukov doseže višino do okoli 40 m in premer 140 cm, starost pa 300 let. Izključno evropsko drevo vsaj tri milijone let, kar dokazuje fosilni list (<i>Fagus pliocenica</i> Saporta, 1873) najden v Franciji.		
Opis bukovine	Lastnosti	Uporaba
Raztreseno porozna, brez obarvane jedrovine, rumenkasto do svetlo rjave barve. Branike so razločne, kasni les je temnejši. Trakovi so številni na radialnem prerezu vidne “bleščice”, na tangencialnem pa kot temne kratke črte (vejice). Homogena in fine strukture V starosti se pojavi “rdeče srce”.	Visoka gostota ($\rho_{12-15} = 720 \text{ kg/m}^3$); zelo trda, veliko krčenje, visoka trdnost. Les je žilav, elastičen in odporen proti obrabi. Dobro se cepi, obdeluje in odlično krivi. Počasneje se suši, nevarnost razpok in obarvanja. Neodporna proti vremenskim vplivom, glivam in insektom. Lahko povzroči dermatitis, izpuščaje in astmo.	Za bivalno pohištvo: stole, mize, krivljeno pohištvo, parket, drobne izdelke (galanterijo), igrače, moznike, ročaje za orodja, furnir – predvsem luščen, lesne plošče (vezane), lameliran les, stisnjen les ... V prejšnjem času so bukev veliko uporabljali za kurjavo; za pohištvo pa samo parjeno.
Zanimivost: Michael Thonet je razvil novo tehniko krivljenja lesa in pohištvo, izdelano iz krivljenih bukovih palic. Leta 1859 je Thonet ustvaril čudoviti stol št. 14, ki je bil do danes prodan v več kot sto (100) milijonov kosov.		

Silhueta, plod	Lubje	List	Tekstura
			

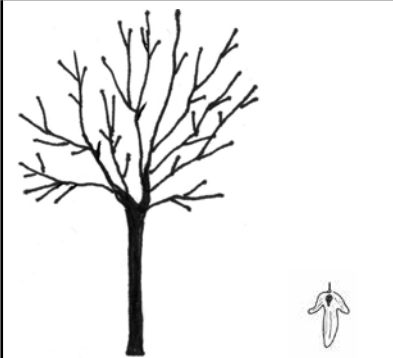
ČEŠNJA (<i>Prunus avium</i>)		Družina: Rosacea (rožnice)
Divja češnja, prvotno je razširjena po vsej Evropi, razen v severovzhodni in nekaterih obalnih območjih Sredozemlja. Raste tudi na Bližnjem vzhodu in v severni Afriki (Maroko, Tunizija). Je izhodiščna vrsta za številne sorte, ki jih gojijo v sadovnjakih. Zraste do 30 m visoko in s premerom debla do 150 cm, lahko pa preseže starost 100 let.		
Opis češnjevine	Lastnosti	Uporaba
Polvenčasto porozna vrsta z obarvano jedrovino. Beljava je ozka, rumenkaste barve, črnjava pa bledorožnata do rjavordeča, lahko ima zelene proge. Površina se svetlika. Branike so kar izrazite in homogene. Traheje so manjše in težko vidne, trakovi so vidni, čeprav so ozki.	Ima srednjo gostoto ($\rho_{12-15} = 630 \text{ kg/m}^3$); precej trda, zmerno krčenje, srednja trdnost. Je zmerno elastična in žilava. Ne uvrščamo je v trajne vrste, čeprav ima črnjavo. Suši se dobro, obstaja nevarnost veženja in razpok, obdeluje se dobro, težje pa se cepi.	Češnjevine je les za vrednejše bivalno pohištvo, rezan (plemeniti) furnir, stružene predmete, rezbarije, glasbila, umetniške predmete, parket ...
Zanimivost: Simbolizira čustvenost in ljubezen, je čudovit in dišeč simbol krhkosti in življenja. Cvetenje češnje in sam cvet je na Japonskem eden od njihovih najbolj izrazitih simbolov poln pomenov; simbolizira tudi idealno smrt, ker veter hitro odnese cvetove.		

Silhueta, plod	Lubje	List	Tekstura
			

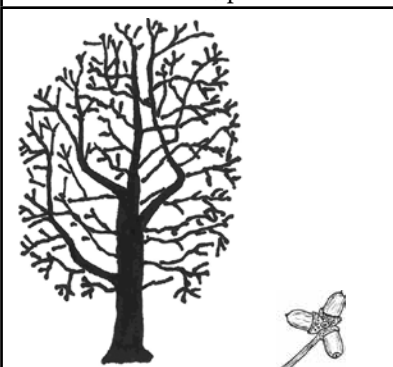
HRUŠKA (<i>Pyrus communis</i>)		Družina: Rosacea (rožnice)
Navadna hruška je doma v srednji in vzhodni Evropi ter jugozahodni Aziji; pojavlja se v listnatih gozdovih po vsej Sloveniji. Je izvorno drevo za številne vzgojene, netrnate, žlahtne hruške. Zraste do 20 m visoko in doseže do 60 cm premera.		
Opis hruškovine	Lastnosti	Uporaba
Raztreseno porozna vrsta z neobarvano jedrovino. Les je svetlo rdečjav, fin in gost. Na pogled tople in prijeten. Anatomiški elementi niso vidni, slabše pa razločimo letnice. Možna je plamenasta tekstura.	Visoka gostota ($\rho_{12-15} = 740 \text{ kg/m}^3$), visoka trdota, srednje krčenje, srednja trdnost, manj elastična. Slabo odporna proti škodljivcem in vremenskim vplivom. Dobro se obdeluje, težje se cepi. Suši se počasi, pozorni moramo biti na veženje. Dobro se obarva na črno.	Dragoceno bivalno pohištvo, rezan furnir, umetniški predmeti, glasbila, struženi in rezbarski izdelki, okviri za slike. Nekdaj za ravnila in dele za razne inštrumente.
Zanimivost: »Švicarska hruška« je trgovsko ime, v nemško govorečem področju, za tri vrste: hruško, brek in skorš, ker imajo podobno teksturo, lastnosti in barvo. Na trgu sta njihov les in furnir zelo iskana in veljajo za najdražje vrste. Če so parjeni, se obarvajo rumenordeče.		

Silhueta, plod	Lubje	List	Tekstura
			

GABER			Rod: <i>Carpinus</i>	Družina: <i>Carpinaceae</i> (gabrovke)
V Sloveniji raste: 1. Beli gaber (<i>Carpinus betulus</i>). Zraste do okoli 20 m višine in 50 cm premera, živi pa 100 let. 2. Črni gaber (<i>Ostrya carpinifolia</i>) je razširjen v južni Evropi, Mali Aziji; pri nas ga je največ na Krasu oziroma na jugu. Les ima gostejši in trši od belega gabra. Vse druge lastnosti, barva, trajnost in trdnost so podobni belemu gabru, enako tudi uporaba.				
BELI GABER (<i>Carpinus betulus</i>) Uspeva v zmernem pasu severne poloble od Evrope do vzhodne Azije, v Severni in Srednji Ameriki.				
Opis gabrovine		Lastnosti	Uporaba	
Raztreseno porozna vrsta, z neobarvano jedrovino in belim do sivobelim lesom. Priložnostno lahko nastane diskoloriran les (»rjavo srce«). Zgradba je enovita, fina, branike so na prečnem prerezu valovite, zaradi žlebatega debela, letnice niso oziroma so slabo vidne. Trakovi so večji in razločni na radialnem prerezu pa se bleščijo.		Visoka gostota ($\rho_{12-15} = 830 \text{ kg/m}^3$); visoka trdota, veliko krčenje, visoka trdnost, elastična, težko se suši in rada poka. Dobro se cepi (vlažna) in odlično struži, se pa težje mehansko obdeluje. Ni trajna. Lahko draži kožo in povzroči vnetje.	V kolarstvu (pesta koles) in strugarstvu, podplati pri skobljicah, ročaji za orodja, kladiva, zobni za grablje, deli nekaterih glasbil, krogle za kegljanje, kopita za čevlje ... nekdanje za dele strojev (zobniki, drsniki, klini). Je najboljši les za kurjavo in oglje, gori počasi in ima žerjavico, ki traja dlje.	
Zanimivost: Črni gaber ima natančno botanično ime <i>Ostrya carpinifolia</i> Scop. Okrajšava Scop pomeni Joannes Antonius Scopoli, ki je deloval v Idriji kot zdravnik in botanik. Leta 1760 je izdal knjigo <i>Flora carniolica</i> , prvo znanstveno delo o naravi pri nas, v kateri je opisal okoli 1100 rastlinskih vrst s severozahodnega dela Slovenije.				

Silhueta, plod	Lubje	List	Tekstura
			

HRAST			Rod: Quercus	Družina: Fagaceae (bukovke)
Pri nas raste šest različnih vrst hrastov: 1. dob (<i>Quercus robur</i>), 2. graden (<i>Quercus petraea</i>), 3. puhasti hrast (<i>Quercus pubescens</i>), 4. cer (<i>Quercus cerris</i>), 5. črničevje, črnika, adraš (<i>Quercus ilex</i>) in 6. oplutnik (<i>Quercus crenata</i>). Gospodarsko sta pomembna: dob in graden ter manj cer. Pojem hrastovina označuje les doba ali gradna, saj v zgradbi in lastnostih lesa med njima ni pomembnejših razlik. Dob in graden zrasteta do okoli 40 m višine in 300 cm premera. V naravi ju najlaže razlikujemo po peclju lista. Pri dobu je pecelj kratek (do 7 mm), pri gradnu pa je dolg (do 25 mm). Doživi starost 400–500 let, izjemoma pa do 1000 let.				
DOB (<i>Quercus robur</i>) Dob je razširjen po celi Evropi, razen na njenem skrajnem severu in južnem delu. Najraje raste na ravninah, na vlažnih tleh, v Sloveniji je to predel v spodnjem Posavju (Krakovski gozd, Dobrava).				
Opis hrastovine		Lastnosti	Uporaba	
Venčasto porozna vrsta z izrazito črnjavo. Beljava je ozka in rumenkasto bela, črnjava pa rumenkasto rjava. Branike so izrazite, v njej so vidne traheje ranega lesa (pore). Večji trakovi so pogosti in vidni. Čim širše so branike bolj je les gost, trd in trdnjši. To pa zaradi večjega deleža kasnega lesa v braniki, težje se obdeluje.		Hrastovina ima visoko gostoto ($\rho_{12-15} = 690 \text{ kg/m}^3$), visoko trdoto in trdnost, precejšnje krčenje in elastičnost; odporna je proti obrabi, cepljiva. Trajna, obstojna zunaj in v vodi. Težko in zelo počasi se suši, zelo je nagnjena k vsem napakam sušenja. Lahko povzroči dermatitis in astmatične tegobe.	Za izdelavo vseh vrst bivalnega pohištva, za rezbarije, parketa, oblog, podbojev in vrat, plemenitega furnirja, stopnic, sodov. Za vse konstrukcije, ki so izpostavljene vremenskim vplivom (mostovi ...), za železniške pragove in v ladjedelništvu.	
Zanimivost: V starih religijah, mitih in sagah je hrast sveto drevo, povezano z bogovi (Zevsov hrast v Dodoni, Donarjev hrast pri Germanih, Perunov hrast pri Slovanih). Imel je vrednost svetišča in povezave med nebom in zemljo (Abraham je pod hrastom sprejel Jahvejevo razodetje).				

Silhueta, plod	Lubje	List	Tekstura
			

JAVOR			Rod: Acer	Družina: Aceraceae (javorovke)
Rod obsega več kot 40 različnih vrst s številnimi različicami. Raste po vsej severni polobli. V Evropi in pri nas uspeva nekaj vrst, pomembne pa so tri: 1. gorski javor (<i>Acer pseudoplatanus</i>), 2. ostrolistni javor (<i>Acer platanoides</i>) in 3. poljski javor (maklen) (<i>Acer campestre</i>). Kot parkovno drevo pogosto srečamo ameriški javor (<i>Acer negundo</i>). Na splošno se naši javorji dendrološko med seboj malo razlikujejo, z vidika zgradbe lesa, lastnosti in uporabe pa ni bistvenih razlik.				
GORSKI JAVOR (<i>Acer pseudoplatanus</i>) Uspeva v bolj gorskih predelih skupaj z bukvijo in je najbolj razširjen javor. Lubje je tanko in se lušči v tankih, velikih luskah – podobno kot pri platani. Zraste do 40 m visoko, premera do 100 cm, živi pa preko 500 let.				
Opis javorovine		Lastnosti	Uporaba	
Spada v raztreseno porozne vrste in brez jedrovine. Barva je bela do rumenkasto bela s svilnatim leskom. Les je homogen, branike so razločne. Anatomiški elementi so drobni in neopazni, razen trakov. Trakovi so tanki, višji in vidni kot bleščice.		Javorovina je srednje do visoke gostote ($\rho_{12-15} = 630 \text{ kg/m}^3$) kot tudi trdote. Krčenje je zmerno. Trdnost ima srednje veliko in manjšo elastičnost. Trajnost lesa je majhna, ni odporna proti obrabi; zelo dobro se obdeluje pa tudi suši, čeprav je možna sprememba barve in nastanek razpok.	Bivalno pohištvo, plemeniti furnir, drobni struženi predmeti, parket, cikle. V rezbarstvu in veliko za dele glasbil (dno violine). Posebna je dekorativna tekstura (javor “rebraš” in javor “ptičjih oči”), ki je izredno cenjena in služi za dragoceni furnir.	
Zanimivost: Slavni trojanski konj je pripomogel k padcu Troje. Kakšen les so izbrali Grki za svoj pretkani načrt, kateremu lesu so zaupali, da bo uspešno prestal preizkušnjo in v trupu konja dobro skrtil njihove najboljše vojščake? Izbrali so javor, simbol čarobnosti in skrivnostnosti.				
Silhueta, plod		Lubje	List	Tekstura
				

JELŠA			Rod: (Alnus)	Družina: Betulaceae (brezovke)
Jelše rastejo na severni polobli na vlažnih tleh. V Sloveniji uspevata dve vrsti jelš: 1. črna jelša (<i>Alnus glutinosa</i>), 2. siva jelša (<i>Alnus incana</i>). Jelševina obeh vrst je praktično brez razlik. (V naravi se razlikujeta, da ima črna jelša popke in liste lepljive, siva pa ne.) Drevo je visoko do 30 m, premera 50 cm, doseže starost do 100 let.				
ČRNA JELŠA (<i>Alnus glutinosa</i>) Uspeva po celi Sloveniji, je najbolj tipično drevo, ki raste ob vodah in močvirjih.				
Opis lesa	Lastnosti	Uporaba		
Raztreseno porozna vrsta in brez jedrovine. Barve je rdečkasto bele do rdečkasto rjave. Lahko se pojavi rdečkasto srce. Ima značilne rjavskaste strženove pege, ki so neenakomerno razporejene. Les je homogen in fin. Branike niso izrazite. Trakovi so drobni; če se združijo, postanejo visoki in opazni (bleščice).	Srednja gostota ($\rho_{12-15} = 550 \text{ kg/m}^3$), mehka, zmerno krčenje, srednja trdnost, ni elastična. Trajnost je majhna, pod vodo pa je trajna. Dobro se obdeluje, suši se hitro – brez posebnih težav. Jelševina pri obdelavi lahko povzroča dermatitis in srbež.	Za notranje pohištvo, za slepi furnir (vezan les) in plemeniti furnir. Služi tudi za okvire, igrače, cokle, svinčnike, modele, stružene izdelke, pipe za sode, cigaretne škatle, pa tudi za stružene in rezbarske izdelke.		
Zanimivost: Jelševe korenine imajo posebne izrastke (mešičke – velike kot pest), v katerih se nahajajo dušikove bakterije, ki iz zraka vežejo dušik in omogočijo drevesu, da ga uporabi. V zameno pa drevo bakterije oskrbuje z asimilati (simbioza).				

Silhueta, plod	Lubje	List	Tekstura
			

JESEN		Rod: Fraxinus	Družina: Oleaceae (oljkovke)
V Evropi in pri nas uspevajo: 1. veliki jesen (<i>Fraxinus excelsior</i>), 2. mali jesen (<i>Fraxinus ornus</i>) in 3. poljski jesen (<i>Fraxinus angustifolia</i>). Pomembnejšo vlogo ima le veliki jesen. Dendrološko so med njimi manjše razlike, les pa se praktično ne razlikuje. Zraste do višine 40 m in premera debla lahko prek 100 cm, dočaka pa starost okoli 300 let.			
VELIKI JESEN (<i>Fraxinus excelsior</i>) V nordijski mitologiji je jesen simbol nesmrtnosti, imenujejo ga Yggdrasil – drevo sveta. Je velikan in bog plodnosti, germanski bogovi se shajajo pod njim in razsojajo. Stari Grki so imeli jesen za simbol trdnosti.			
Opis jesenovine	Lastnosti	Uporaba	
Venčasto porozna vrsta. Les je brez jedrovine in belkastorumene barve. Pri debelejših drevesih se pojavi diskoloriran les rjave ali olivne barve (olivni jesen). Branike so širše in dobro vidne, tako kot traheje ranega lesa (pore).Trakov je malo, so drobni in niso vidni.	Visoka gostota ($\rho_{12-15} = 690 \text{ kg/m}^3$) in trdota, zmerno krčenje, visoka trdnost, elastična. Dobro se obdeluje, težje cepi, suši se bolj počasi. Žilava in plastična, zato se lahko krivi. Manj trajna vrsta, neodporna proti glivam in insektom. Lastnosti so precej variabilne, odvisno od rastišča.	Bivalno pohištvo, plemeniti furnir, parket, stopnice, v kolarstvu, vse vrste športnega orodja (smuči, sani, vesla, gimnastične naprave), ročaji za orodja, karoserije, včasih kopja, osti.	
Zanimivost: V nordijski mitologiji je jesen simbol nesmrtnosti, imenujejo ga Yggdrasil – drevo sveta. Je velikan in bog plodnosti, germanski bogovi se shajajo pod njim in razsojajo. Stari Grki so imeli jesen za simbol trdnosti.			
Silhueta, plod	Lubje	List	Tekstura
			

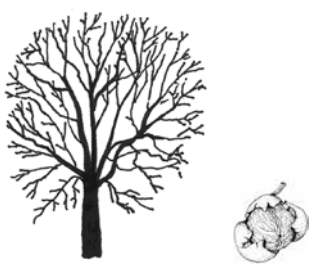
KOSTANJ, PRAVI (<i>Castanea sativa</i>)		Družina: Fagaceae (bukovke)
Pravi (domači) kostanj uspeva v južni in srednji Evropi, Mali Aziji in severni Afriki. Raztreseno raste po vsej Sloveniji, karakterizirajo ga plodovi. Doseže višino do 30 m, starejša drevesa (100 let) imajo premer prek 100 cm.		
Opis kostanjevine	Lastnosti	Uporaba
Venčasto porozna vrsta z obarvano jedrovino. Beljava je ozka in sivo bela, črnjava pa sivkastorumen do temnosiva. Branike so izrazite, vidne so traheje ranega lesa (pore). Trakovi so drobni ter nerazločni.	Srednja gostota ($\rho_{12-15} = 590 - 620 \text{ kg/m}^3$) in trdota. Malo se krči, srednja trdnost, ni elastična. Slabo odporna proti insektom, dobro pa proti glivam in vremenskim vplivom. Dobro se obdeluje in cepi, sušiti jo moramo previdno, nagnjena je h kolapsu. Les povzroča dermatitis in srbenje.	Za izdelavo gradbenega lesa, ki je lahko v vodi, pragove, stebre, pilote, doge, pa tudi za bivalno pohištvo, furnir, stopnice in parket ... Iz kostanjevine pridobivajo tanin.
Zanimivost: Kostanj je sadno drevo, ki raste v gozdu! Plod kostanja je polnovredno živilo, primerljivo s krompirjem. Že v antiki (Grki, Rimljani) so iz njega pridobivali moko in kruh ali pecivo. Kostanjevo moko v Mediteranu še vedno mešajo z moko žitaric.		

Silhueta, plod	Lubje	List	Tekstura
			

LIPA		Rod: Tilia	Družina: Tiliaceae (lipovke)
Lipe rastejo po Evropi in zahodni Aziji. V Sloveniji uspevata dve vrsti lip: 1. velikolistna (navadna) lipa (<i>Tilia platyphillos</i>) in 2. malolistna lipa ali lipovec (<i>Tilia cordata</i>). Rasteta v gozdovih po vsej Sloveniji, seveda pa ima vsak kraj posajene svoje lipe. Med njima ni bistvenih razlik. Lipa zraste do okoli 25 m višine in 400 cm premera.			
VELIKOLISTNA LIPA (<i>Tilia platyphillos</i>) Navadna lipa je mogočno drevo, običajno debelo do 200 cm, doseže pa starost 500–1000 let in več. Dišeči cvetovi lipe imajo številne zdravilne lastnosti.			
Opis lipovine	Lastnosti	Uporaba	
Raztreseno porozni listavec, ki nima jedrovine. Lipovina je belo rumenkasta do rdečkasta s svilnatim leskom. Branike so neizrazite, traheje in trakovi se ne vidijo.	Srednja gostota ($\rho_{12-15} = 530 \text{ kg/m}^3$); mehka, precejšnje krčenje, srednja trdnost, ni elastična. Delno odporna proti vremenu, napadejo jo glive in insekti. Obdeluje se zelo dobro, težje cepi, suši se počasi – poslane lahko lisasta.	Za izdelavo embalaže, igrač, svinčnikov, škatel, raznih modelov in kalupov, risalne deske, okvirje za slike, furnir, lesno volno ... Primerna je za rezbarjenje, kiparjenje, intarzije in struženje.	
Zanimivost: Lipa je simbol prijateljstva, pravičništva, veselja, nežne zvestobe. Ima poseben, kulturni pomen za Slovence, izbrali smo jo za svoj simbol, verjetno zato, ker je skozi vso našo zgodovino najbolj opevano drevo.			

Silhueta, plod	Lubje	List	Tekstura
			

OREH (<i>Juglans regia</i>)		Družina: Junglandaceae (orehovke)
Navadni oreh izvira iz srednje Azije (rast na visečih babilonskih vrtovih), v južno in srednjo Evropo so ga prinesli Rimljani. Obsežna družina orehovk je razširjena po južni, srednji in zahodni Evropi, prek Male Azije vse do Kitajske ter v Južni in Severni Ameriki. Navadni oreh pri nas raste večinoma posamezno. Gojijo ga zaradi plodov in tudi lesa. Zraste do okoli 30 m višine in do 200 cm premera, živi do 400 let.		
Opis orehovine	Lastnosti	Uporaba
Polvenčasto porozna z obarvano jedrovino. Beljava je sivkasto bela do rumenosive, barva črnjave pa niha od sivorjave do črnorjave, pogosto s temnimi progami. Branike so široke in razločne. Traheje so dobro vidne in z bleščečimi tilami. Trakovi niso opazni.	Visoka gostota ($\rho_{12-15} = 680 \text{ kg/m}^3$) in trdota. Zmerno krčenje, visoka trdnost, precej elastična in žilava. Odporna je proti glivam in insektom, manj proti vremenskim vplivom. Dobro se obdeluje, težje cepi, suši se počasi in brez posebnosti.	Vse vrste cenjenega bivalnega pohištva, plemenit furnir, umetniški predmeti, puškinakopita, glasbila (orgle, klavir), oprema avtomobilov in plovil. Odlična za rezbarije in stružene predmete.
Zanimivost: » <i>Orehova korenina</i> « je del drevesa, kjer korenina prehaja v deblo in ima zato nepravilno teksturo ter izjemno barvo. Z njo dosežemo posebne estetske učinke. Večinoma se uporabi za pridobitev plemenitega furnirja, ki služi za izdelavo dragocenega pohištva in za intarzije.		

Silhueta, plod	Lubje	List	Tekstura
			

ROBINIJA (<i>Robinia pseudoacacia</i>)		Družina: Fabaceae (metuljnice)
Pogovorno ji rečemo tudi nepravna akacija; doma je v Severni Ameriki. Že v prvi polovici 17. stoletja so jo prinesli v Evropo kot okrasno drevo. Iz parkov je sčasoma pobegnila v naravo in raste vsepovsod ter je povsem udomačena. Zraste do okoli 25 m višine in do 100 cm premera, živi pa 100 let.		
Opis lesa	Lastnosti	Uporaba
Les je venčasto porozen, beljava je ozka in rumenkasta, črnjava pa rumenzelenkasta do rdečkaste barve. Letnice so dobro vidne, kot tudi pore, trakov pa ne vidimo.	Zelo gosta ($\rho_{12-15} = 770 \text{ kg/m}^3$); zelo trda, zmerno krčenje, visoka trdnost, srednje elastična. Dobro se obdeluje, suši se počasi. Zelo odporna proti glivam in insektom ter vremenskim vplivom. Povzroča vnetja in dermatitis, slabost.	Parket, furnir, stavbno pohištvo, lesene konstrukcije, predvsem tiste, ki so v vodi ali zemlji, plovila, železniški pragovi, jamski les, vinogradniški koli. Primerna je za ročaje orodja in sode.
Zanimivost: Vsi deli robinije so strupeni, razen cvetov, ki so užitni. Predvsem skorja in semena vsebujejo različne kemične snovi, ki povzročajo vnetje kože, sluznic, slabost ... Izvleček iz črnjave uporabljajo za zaščito lesa pred glivami.		

Silhueta, plod	Lubje	List	Tekstura
			

TOPOL		Rod: Populus	Družina: Salicaceae (vrbovke))
Topoli so doma so v Severni Ameriki, Evropi in Aziji. V Sloveniji uspevajo tri avtohtone vrste: 1. črni topol (<i>Populus nigra</i>), 2. beli topol (<i>Populus alba</i>) in 3. trepetlika (<i>Populus tremula</i>). Rastejo ob bregovih rek in gozdovih, sadijo pa jih tudi v parkih, ob cestah, ulicah. Križance med ameriškimi in evropskimi vrstami pa zaradi svoje hitre rasti gojijo v plantažnih nasadih – zaradi pridobivanja lesa, papirja in energije. Najbolj znana križanca sta sivi topol (<i>Populus × canescens</i>) in kanadski topol (<i>Populus × canadensis</i>). Po parkih, ob cestah in po ravninski pokrajini srečamo hibrid jagned (<i>Populus italica</i>), ki mu veje rastejo ob deblu navzgor – skoraj navpično in tvorijo značilno piramidasto krošnjo.			
ČRNI TOPOL (<i>Populus nigra</i>) Les topolov se v lastnostih in uporabnosti le malo razlikuje med seboj. Črni (in beli) topol zraste do 35 m visoko, premera pa lahko do okoli 200 (300) cm, živi pa 300 let.			
Opis topolovine	Lastnosti	Uporaba	
Raztreseno porozna vrsta in brez jedrovine. Barve je belkasto sive, tudi rdečkasto do rjavkasto bele. Les je homogen, letnice, rani in kasni les so komaj vidni, branike široke. Številni trakovi so nevidni. Pogosto ima diskoloriran les – vlažno rjavo srce.	Nizka gostota ($\rho_{12-15} = 450 \text{ kg/m}^3$); nizka trdota, srednje krčenje, nizka trdnost in elastičnost. Trajnost lesa je majhna. Obdelava z ostrimi rezili zaradi preprečitve vlaknate površine. Suši se dobro in hitro, če ima rjavo srce pa znatno težje.	Luščen furnir in vezan les, manj pomembni ter skriti deli (ogrodje tapeciranega pohištva), embalaža (nima vonja), vžigalice, cokle, proteze, krste, risalne deske, lesna volna, slikarska podlaga. Furnir z ikrasto teksturo pa za dragoceno pohištvo.	
Zanimivost: Topol je pogrebno drevo, povezan s peklom, in simbolizira bolečino in solze. Severno ameriška trepetlika razvije obsežen koreninski sistem. Iz njihovih korenin na površje poganjajo nova drevesa; nastane skupina povezanih dreves – največja: ~ 47 000 dreves s skupnim koreninskim sistemom se nahaja v državi Utah, ZDA.			
Silhueta, plod	Lubje	List	Tekstura
			

VRBA		Rod: <i>Salix</i>	Družina: <i>Salicaceae</i> (vrbovke)
Vrbe spadajo med najstarejše cvetnice na Zemlji, saj so po njihovem pelodu in ostankih listov dokazali, da so bile na Zemlji že pred več kot 130 milijoni let, danes pa so razširjene predvsem v Evropi, osrednji Aziji in severni Afriki. V Sloveniji uspeva 23 vrst vrb, najpomembnejši pa sta: 1. bela vrba (<i>Salix alba</i>) in 2. siva vrba (<i>Salix eleagnos</i>). Na začetku prejšnjega stoletja so bili pogosti nasadi vrbe beka (<i>Salix viminalis</i>) in njenih klonov zaradi uporabe v pletarstvu (koši, košare ..., pleteno pohištvo). Pogoste so še vrbe: iva (<i>Salix caprea</i>), krhlica ali krhka vrba (<i>Salix fragilis</i>), volčinasta vrba (<i>Salix daphnoides</i>), rakita (<i>Salix aurita</i>), vrba žalujka (<i>Salix babylonica</i>), rdeča vrba (<i>Salix purpurea</i>) ... Vrbe rastejo ob gozdnih robovih, na obrežjih rek in močvirnih travnikih. Les vseh vrb se med sabo zelo malo razlikuje.			
Bela vrba (<i>Salix alba</i>) Najpomembnejša vrba pri nas ima tudi gospodarski pomen. Gojijo jo tudi na plantažah. Zraste do 24 m visoko, premera do okoli 100 cm, živi pa do 100 let.			
Opis vrbovine		Lastnosti	Uporaba
Raztreseno porozna vrsta. Les je belkast do rjavkast. Jedrovina se po barvi skoraj ne razlikuje od beljave. Anatomiški elementi niso vidni, letnice so opazne. Lahko jo zmotno prepoznamo kot topolovino.		Nizka gostota ($\rho_{12-15} = 350 \text{ kg/m}^3$); nizka trdota, manjše krčenje, nizka trdnost in elastičnost. Neodporna proti vsem dejavnikom. Dobro se obdeluje in suši.	Največ za luščen furnir in vezan les. Razni zaboji, cikle, vžigalice, lesna volna, risalne deske, proteze in pri gradnji čolnov. Iz oblancev vrbe se izdelujejo razni okrasni izdelki.
Zanimivost: Vrba simbolizira žalost, melanholijo, neuslišano ljubezen in vdovstvo. Podarila je ime številnim krajem po Sloveniji, zagotovo pa je najznamenitejša Vrba na Gorenjskem, rojstna vas pesnika Franceta Prešerna in dveh znamenitih ljubljanskih nadškofov, Janeza Zlatoustu Pogačarja in Antona Vovka.			
Silhueta, plod	Lubje	List	Tekstura
			

Druge drevesne vrste

BEZEG, ČRNI (*Sambucus nigra*)

Listavec iz družine Caprifoliaceae (kovačniki) zraste kot grm ali drevo visoko približno do 12 m in redko do večjega premera debla kot 30 cm. Raste v Evropi, Severni Ameriki, zahodni Aziji in severni Afriki. Cvetovi in črne jagode z veliko rdečega soka se veliko uporabljajo v prehrani in zdravilstvu. Vsi deli bezga vsebujejo razne vitamine, eterična olja, barvila ... Verjetno je najbolj »zdravilno drevo«.

Bezgovina ima svetlorumeno beljavo, črnjavo pa temnorumeno, grobo teksturo z dobro vidnimi branikami. Je trda, kar precejšne gostote ($\rho_{12-15} = 530 - 760 \text{ kg/m}^3$), trajna, težko se suši. Les bezga se izjemoma uporablja, in to za manjše predmete, nekdanje za pipe in čevljarke klince. Tanjše veje imajo stržen večjega premera, za to so primerne za izdelavo piščal (flavt). Bezgovina je cenjena za kurjenje v kaminih in tudi za prekajevanje, dimljenje.



Za bezeg od pradedovine velja, da varuje dom, še posebej pred vragom in čarovnicami. »Če bezeg pomaga ob bolezni, prav gotovo pomaga tudi v ljubezni.« Ljudska modrost, ki je hrabrila dekleta pri iskanju ženina, seveda pa so zato bezeg morala prositi, kakor velevala šega. Obstaja tudi prepričanje: »Kdor poseka bezeg, prikljče nesrečo nad vso družino«.

BRIN (*Juniperus communis*)

Navadni brin je iglavec v obliki grma ali drevesa iz družine Cupressaceae (cipresovke). Doma je v Evropi, severni Aziji, Severni Ameriki in severni Afriki. Drevo zraste do višine 12 m in premera do 10 cm; krošnja je vitka in stožčasta, iglice so bodeče. Jagode (storž) zorijo v sredozemskem podnebju dve leti, v zmernem pa tri, zrele so črnovijoličaste.

Les brina ima kar široko beljavo bele ali svetlo rumene barve, črnjava se obarva rdečejavo. Je srednje gostote ($\rho_{12-15} \approx 530 \text{ kg/m}^3$), srednje trdote, trdnosti in krčenja. Ima značilen vonj in je trajna vrsta.

Uporablja se za stružene in rezbarjene izdelke, pipe za kajenje, škatlice, držaje za nože ...



Po ljudskem varovanju je brin varuh proti strelji, pred uroki, čarovnicami in pred vsemi hudobnimi bitji. Celo hudič se boji brina in njegovih jagod, saj luske jagode tvorijo križ. Še danes krope mrliča z brinovo vejico, da bi odgnali hudiča, ki čaka na pokojnikovo dušo. Iz brinovih jagod pridobivajo najodličnejše žganje (brinjevec, gin, borovička).

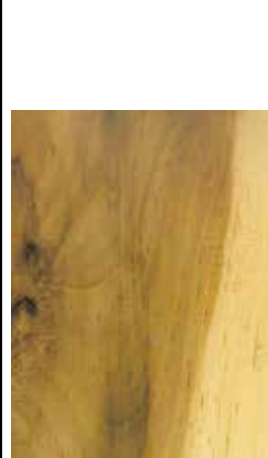
BREK (*Sorbus torminalis*)

Listavec iz družine Rosaceae (rožnice). Grm ali do 20 m visoko drevo, ki lahko doseže premer do 1 m. Raste po Evropi, jugozahodni Aziji in severni Afriki, pri nas pa posamično v listnatih gozdovih. Plodovi so okroglasti in dolgi okoli 1,5 cm, zreli so rjavi in svetlo pikčasti. Imajo zelo mnogostransko uporabo v zdravilstvu in kulinariki, posebej je cenjeno žganje z okusom mandeljnov.

Brekovina je rdečkasto rjave barve in nima barvne razlike med osrednjim delom in periferijo, raztreseno porozna, letnice niso izrazite, vendar dobro vidne, pogost je nepravilen potek lesnih vlaken.

Les ima visoko gostoto ($\rho_{12-15} = 670 - 900 \text{ kg/m}^3$); je trd z večjim krčenjem, srednjimi mehanskimi lastnostmi in precejšno elastičnostjo. Dobro se obdeluje, suši se počasi, neodporen je na škodljivce in vremenske vplive.

Uporablja se v rezbarstvu, strugarstvu, za izdelavo delov glasbenih instrumentov, plemeniti furnir, pohištvo visoke vrednosti; nekdanje za najkvalitetnejša ravnila, logaritmična računalna, znanstvene instrumente, osi koles, vijake za stiskalnice, zobnike pri žitni mlinih, kopita pušk, skobljice.



O breku so pisali že rimski pisci, temeljit opis breka je podal Gaj Plinij drugi, ki ga že imenuje Sorbus torminalis. Brek in njegove odlične sadeže omenja Martin Luther v pismu svojem prijatelju, zato mu pravijo tudi »Lutrovo drevo«. Verjetno zaradi oživitve »prezrtih« plemenitih drevesnih vrst je bil brek razglašen za drevo leta 2011 v Nemčiji, v Avstriji pa leta 2012.

BRESKEV (*Prunus persica*)

Sadno drevo iz družine Rosacea (rožnice). Domovina breskve je Kitajska. Razširjena je po celem svetu, vendar le v toplih krajih, ker je njen cvet občutljiv na mraz. Vzgojeno je veliko število sort, običajno raste v sadovnjakih, njena življenjska doba pa je kratka.

Breskovina ima visoko gostoto ($\rho_{12-15} \approx 650 \text{ kg/m}^3$), je trda in elastična; beljava je svetlordečkastorjava, črnjava pa je temnejša in ima lahko zelenkaste proge.

Uporablja se za specialne manjše izdelke, posebej je cenjena za izdelavo glavnikov, lasnic, pip za kajenje.

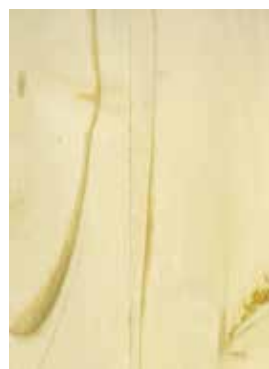


Breskev so včasih imenovali »perzijsko jabolko«, ker so menili, da izvira iz Perzije (Irana). Pozneje so ugotovili, da izhaja iz Kitajske. Na Kitajskem je cvetoča breskev simbol pomladi, je znamenje poroke, kar pomeni obnovo in plodnost, pogosto pa je tudi simbol nesmrtnosti. V Evropi je bila breskev privilegirana vse do 19. stoletja, saj so jo sadili in vzgajali nove vrste samo v plemiških vrtovih.

BODIKA (*Ilex aquifolium*)

Bodika (navadna bodika, božji les, božje drevce). Je listavec iz družine Aquifoliaceae (bodikovke). Grm ali do 10 m visoko drevo. Listavec z vedno zelenimi listi, ki raste v zahodni in južni Evropi in od Irana do severne Afrike. Plodovi so živordeči in strupeni.

Bodikovina je bele do sivobeke barve po celem preseku, pogosto z rjavkastimi črtami ali marogami in sijajem, raztreseno porozna. Anatomiški elementi so drobnji, zgradba je enovita. Les ima visoko gostoto ($\rho_{12-15} \approx 870 \text{ kg/m}^3$), je izredno trd, trden, težko se suši. Uporablja se za intarzije, struženo okrasje, rezbarije, šahovske figure in ročaje loncev ter celo kot nadomestek za ebenovino, ker se odlično obarva na črno.



Samoniklo drevo z bleščečimi temnozelenimi, zimzelenimi, trnatimi listi in močno živordečimi plodovi je v Evropi redkost – posebnost. Opozori nas, da narava še živi, da obstaja upanje in ljubezen. V Britaniji so bodikove vejice z rdečimi plodovi in bršljanom okras stanovanja v novoletnem času (že od rimske zasedbe otoka). Še zanimivost: sprehajalna palica Johanna Wolfganga Goetheja in čarobna palica Harryja Potterja sta narejeni iz lesa bodike.

ČEŠPLJA (*Prunus domestica*)

Češplja ali sliva spada v družino Rosacea (rožnice). Je majhno sadno drevo, ki zraste v višino do 6 m. Gojijo jo po Evropi, zahodni Aziji, Severni Ameriki, kot tudi v severni in južni Afriki.

Češpljevina je raztreseno porozna z ozko belkasto beljavo in temnordečo črnjavo. Les je zelo gost ($\rho_{12-15} \approx 790 \text{ kg/m}^3$), pore niso vidne, letnice so razločne, trakovi drobni. Na radialnem prerezu je vidno mnogo malih bleščic (trakov), površina se sveti. Ima visoko gostoto in dobre mehanske lastnosti. Je neodporna proti vremenskim vplivom, malo odporna proti glivam in odporna proti insektom. Dobro se obdeluje.

Uporaba: za izredne mizararske izdelke, v strugarstvu in rezbarstvu, za pihala, plemeniti furnir.



Sliva (češplja) je najpogostejša v Srbiji, slivovka pa je srbska narodna pijača. Tudi drugi narodi so prevzeli izvorno srbsko ime šljivovica – angl. slivovitz, nem. Sliwowitz ... Slivovko pridobimo iz slive z destilacijo prevrete drozge sliv. Če je shranjena v hrastovih posodah, pridobi odlično aromo in posebno barvo. Slivovko pijejo predvsem moški, izraz češplja pa pogovorno pomeni (lepo) žensko.

ENOVRA TI GLOG (*Crataegus monogyna*)**NAVADNI GLOG (*Crataegus laevigata*)**

Glog ali beli trn je listavec iz družine Rosacea (rožnice). Rod obsega mnogo vrst, v Sloveniji sta razširjeni, v poglavju navedeni vrsti, raste kot grm ali manjše drevo. Gloga sta si zelo podobna, imata trnaste veje, cvetovi so beli, plodovi pa jajčasti ali okrogli do 10 cm dolgi, rdeče barve, užitni in imajo zdravilne lastnosti, kar velja tudi za liste in cvetove. Enovratni glog ima liste globoko deljene v krpe (slika 346), pri navadnem glogu pa krpe niso izrazite.

Les obeh vrst glogov je raztreseno porozen, brez obarvane jedrovine, rdečkaste ali rdečkastobebe barve, velikokrat s tanjšimi rjavimi pegami. Glogovina je zelo gosta ($\rho_{12-15} \approx 820 \text{ kg/m}^3$), trdna, trda, žilava, težko se cepi, precej se krči, srednje trajna. Uporablja se v kolarstvu, strugarstvu in v rezbarstvu.



Že tisočletja ima glog veliko mitoloških pomenov, ima čarobne lastnosti, iz njegove moči pa izhaja obramba pred zlo-dejem in čarovnicami, je velik zaščitnik, še posebej otrok. Tudi Bog je bil v gorečem glogovem grmu, ko se je prikazal Mojzesu. V polpreteklosti je glog zelo opevan, na primer: v baladi Lenora Gottfrieda Augusta Bürgerja (prevod France Prešeren); v operi Nibelunški prstan, tretji dan Somrak bogov Richarda Wagnerja. Wilhem Raabe je napisal balado Glog (Der Hagedorn); v Iskanju izgubljenega časa Marcela Prousta pa ima glog in njegovo cvetje pomenljivo vlogo.

JEREBIKA (*Sorbus aucuparia*)

Listavec iz družine Rosaceae (rožnice). Grm ali do 16 m visoko drevo, največji premer je okoli 40 cm. Razširjena je po vsej Evropi in zahodni Aziji. Plodovi so okrogli, premera 7–9 mm, rdeči, grenkega okusa in imajo razne zdravilne učinke.

Les jerebika je difuzno porozen; beljava je blede rdečkasta, črnjava pa rumenorjave barve. Zgradba lesa je fina, trakovi in pore so nevidni, na radialnem prerezu se sveti, letnice vidimo kot rjave linije, zato ima izrazito in lepo strukturo. Ima visoko gostoto ($\rho_{12-15} = 690\text{--}810 \text{ kg/m}^3$); z velikim krčenjem; s srednjimi mehanskimi lastnostmi, elastičen. Dobro se obdeluje, težje cepi, ni trajna vrsta.

Uporablja se za plemeniti furnir, za cenjeno pohištvo, v rezbarstvu, strugarstvu, za pohodne palice ...



Slikovita jerebika z rdečimi jagodami je od nekdaj polna čarobnosti, je simbol zaščite pred zlim, preobrazbe in duhovnosti. Drevo, v katerega ne trešči strela. Pod njeno krošnjo je našla zavetje Marija z Detetom.

PLATANA – javorolistna (*Platanus × hispanica*)

Javorolistna platana je križanec med ameriško (*Platanus occidentalis*) in vzhodno platano (*Platanus orientalis*) iz jugovzhodne Evrope in jugozahodne Azije. Drevo z mogočno krošnjo zraste do 45 m v višino, premera več kot 1 m. Lubje se lušči v večjih zaplatah, list pa je dlanasto krpast in podoben javorovemu.

Les platane je raztreseno/polvenčasto porozen, beljava je ožja in belkasto rumena, črnjava pa je rdečkasto rjava. Vsebuje veliko trahej (por), trakovi so številni in visoki, zato se lepo vidijo na radialnem prerezu (bleščice). Les platane je po videzu podoben bukovini.

Platanovina je srednje gosta ($\rho_{12-15} = 420\text{--}680 \text{ kg/m}^3$) in srednje trda, zmerno se krči in ima srednje mehanske lastnosti. Ni odporna proti vremenskim vplivom in biološkim škodljivcem. Dobro se obdeluje in suši.

Uporaba: za izdelavo dražjega pohištva, plemenitega furnirja, podov, oblog, zabojev za zelenjavo in živila (nima vonja), vendar veliko lesa ni na voljo.



Javorolistna platana ima izjemno sposobnost za rast, vitalnost, prenese izpušne pline in onesnažen zrak, zato jo radi sadijo po mestnih parkih, ob cestah in avenijah. Platana je simbol Londona, saj ta drevesa v mestu prevladujejo. Prva londonska platana je bila omenjena že 1663. V Ljubljani je nasajenih veliko platan, najmogočnejše so ob Streliški ulici in platana blizu Samassove vile na Karlovški cesti.

RUJ (*Cotinus coggygria*)

Navadni ruj je listavec iz družine Anacardiaceae (rujevke). Grm ali manjše do 7 m visoko drevo. Krošnja je gosto razvejana in nepravilnih oblik. Razširjen je od južne (delno srednje) Evrope do Kitajske. V Sloveniji raste posamično po celotnem ozemlju, posebej pa je značilen za Kras, ki ga v jesenskem času s svojimi listi obarva v kričeče rdeče barve. Zeleni cvetovi se združijo v socvetja in pozneje prekrijejo z rdečkastimi dlačicami, ki spominjajo na lasuljo.

Rujevina je venčasto porozna, beljava je ozka in svetlorjava, črnjava pa je rumena, včasih malo zelena in se sveti (lesu ruja pravijo tudi »madžarski rumeni les«). Srednje gost les ($\rho_{12-15} \approx 460\text{--}650 \text{ kg/m}^3$), srednje trden in trd, dobro se obdeluje in je precej trajen, saj vsebuje čreslovine, olja in barvila.

Uporablja se za izdelavo raznih struženih, rezbarjenih izdelkov in okrasov ter za intarzi-je. Rujevina je malce toksična, zato je pri rokovanju potrebna previdnost.



Ruj je ena od redkih evropskih vrst, ki spada v barvilne lesove in služi za proizvodnjo barvila (fustin in fisetin), rumene barve, ki se uporablja za barvanje usnja, volne in svile. Barvilni lesovi vsebujejo v jedrovini (črnjavi) rastlinska barvila različnih barv. Znanih je okoli 19 drevesnih vrst, ki so jih izkoriščali za pridobivanje barv, vse do odkritja sintetičnih barvil (sredina 19. stoletja).

SKORŠ (*Sorbus domestica*)

Skorš je listavec iz družine Rosaceae (rožnice). Grm ali do 15 m visoko drevo doseže tudi večje premere – prek 1 m. Razširjen je po južni Evropi, v Mali Aziji, v Sloveniji pa samoniklo raste v Istri. Drugotno je razširjen (in cenjen) v srednji Evropi. Skorš je raztreseno porozna vrsta z neobarvano jedrovino. Les je svetlo rdečerrjav, fin; po lastnostih, teksturi in uporabi se ne razlikuje od → breka (*Sorbus torminalis*), s tem da je malo gostejši.



Skorš je bil nekdaj razširjen kot gozdna in kot sadna vrsta, znana je več ko 2000 let. Užitni plodovi so podobni hruški, premera 2–4 cm, rumenordečkasti s svetlimi pikami, so grenki in kisli. Šele po daljšem času postanejo slani, ko začnejo gniti, postanejo mehki, okusni, sladki in posebne arome (tanini). V preteklosti so bili cenjeno sadje, iz katerega so pridobivali kompot, žganje ... Skorševo marmelado so prodajali v lekarnah kot zdravilo proti črevesnim boleznim.

Tuji iglavci:

DUGLAZIJA (*Pseudotsuga menziesii*)

Porašča velike gozdove Severne Amerike (največ v državama Oregon in Washington), vse do Kanade, dobro pa uspeva tako v nižinah kot v višjih legah, raste hitro. Po Evropi se goji na plantažah. Zraste do 100 m visoko, deblo je ravno in okroglo. Mehke iglice (podobne jelki) so dolge do 3 cm in imajo vonj po smoli.

Opis lesa	Lastnosti	Uporaba	Tekstura
Beljava je ožja svetlorumena, les črnjave pa je rumenkasto do rdečkasto rjave barve. Branike so dobro vidne, rani les je precej širši od kasnega. Ima smolne kanale.	Srednja gostota lesa $\rho_{12-15} = 510 \text{ kg/m}^3$. Srednja trdota in trdnost, krčenje je zmerno. Les se obdeluje dobro, kot tudi suši, možno je iztekanje smole. Črnjava je kar odporna proti glivam in insektom ter vremenskim vplivom.	Vse vrste gradbenih konstrukcij, furnir, vezan les, pohištvo, okna, vrata, podi, opaži, vozila ... Priljubljen les za jambore.	

AMERIŠKI KLEK (TUJA) (*Thuja occidentalis*)

Raste v severovzhodnih priobalnih delih Severne Amerike. Ameriški klek je manjše in proti mrazu odpornejše drevo, kot je orjaški klek (*Thuja plicata*), ki pa mu je precej podoben. Pri nas in v Evropi ameriški klek gojijo predvsem v parkih, za žive meje in na pokopališčih. Ameriški klek zraste do 15 m visoko, deblo se lahko razdeli na dva ali tri vrhove. Iglice, ki ne odpadejo, so luskaste in se prekrivajo, zgoraj so temnozeleni, spodaj pa rumenkasto zeleni.

Opis lesa	Lastnosti	Uporaba	Tekstura
Ima ozko rumenkasto belo beljavo, črnjava pa je rdečkasto rjava, letnice so razločne. Les je brez smole.	Nizka gostota ($\rho_{12-15} = 350 \text{ kg/m}^3$), mala trdota in trdnost ter elastičnost. Trajnost je precejšnja. Lahko se obdeluje in suši.	Stavbno pohištvo, opaži, skodle, plovila, zunanje obloge hiš ...	

SEKVOJA (*Sequoia sempervirens*)

Sekvoja ali obalna sekvoja raste v narodnem parku Redwood v Kaliforniji. So najvišja drevesa na svetu; po podatkih Wikipedije je najvišja izmerjena višina sekvoje preko 115 m, opaziti je tudi podatek o višini 126 m.

Opis lesa	Lastnosti	Uporaba	Tekstura
Beljava je belkaste do rumenkaste sive barve, jedrovina pa svetlo do rjavordeča, letnice so razločne, brez smolnih kanalov.	Nižja gostota ($\rho_{12-15} = 450 \text{ kg/m}^3$); mehak les, malo krčenje, srednja do nižja trdnost, nizek modul elastičnosti. Dokaj je odporna proti vsem škodljivcem lesa. Dobro se obdeluje in suši.	Za luščen in rezan furnir, pohištvo, obloge, okna, vrata, pode, konstrukcije, embalažo, stružene izdelke, plovila ...	

Tuji listavci:

AFRORMOZIJA (*Afrormosia elata*)

Afrormozija (kokrodua) prihaja iz tropske Afrike (Slonokoščena obala, Kongo ...).

Opis lesa	Lastnosti	Uporaba	Tekstura
Beljava je ozka in belkasta, jedrovina je olivno ali temno rjava, pogosto črtasta (izmenično zavita rast) in se motno sveti. Letnice so prepoznavne.	Visoka gostota ($\rho_{12-15} \approx 700-860 \text{ kg/m}^3$); ni trda, malo krčenje, visoka trdnost, precej elastična. Odporna na vremenske vplive, glive in insekte. Dobro se obdeluje. Les lahko povzroči pordelost kože, ohromelost, želodčno koliko.	Gradbeni les (zunanja in notranja raba), vse vrste pohištva, plemeniti furnir, za parket, plovila ... Zamenjava za tikovino.	

BALZA (*Ochroma lagopus*)

Drevo tropskega dela Južne Amerike (največji izvoznik balze je Ekvador). Najlažji les, ki je tehnično uporaben.

Opis lesa	Lastnosti	Uporaba	Tekstura
Brez obarvane jedrovine, belkaste barve, letnice niso prepoznavne, traki pa so vidni. V lesu balze je osnega parenhima do 74 %, ki ima celične stene močno olesenele.	Izjemno nizka gostota ($\rho_{12-15} 70-260 \text{ kg/m}^3$), zelo mehak, malo krčenje, zelo nizka trdnost, nizka elastičnost. Glede na nizko gostoto ima les kar dobre mehanske lastnosti. Balza je neodporna proti škodljivcem. Dobro se obdeluje in suši.	Najpogosteje uporabljen les v modelarstvu, posebej za izdelavo letal. Rešilni splavi in čolni, igrače. Služi tudi kot toplotna in zvočna izolacija, na primer sten ter vrat.	

IROKO (*Chlorophora excelsa*)

Iroko (kambala) mogočni listavec raste v tropski Afriki, ima značilno deblo, ki je valjasto in čisto (brez napak in vej) preko višine 20 m. Iroko imenujejo tudi afriški teak ali afriški hrast.

Opis lesa	Lastnosti	Uporaba	Tekstura
Vrsta z obarvano jedrovino kavno rjave barve (spominja na tik), često s programi in z zlatim leskom na vzdolžnem prerezu. Pore so vidne.	Visoka gostota ($\rho_{12-15} = 690 \text{ kg/m}^3$) in trdota. Srednje krčenje, visoka trdnost, elastičen. Zelo odporen proti škodljivcem in vremenskim vplivom. Dobro se obdeluje. Odrezovanje z rezili iz karbidne trdine ali diamanta. Lahko draži kožo, povzroča dermatitis in bronhialno astmo.	Za pohištvo, gradbene konstrukcije, stopnice, plovila, zabojnike, talne obloge, železniške pragove ...	

LIMBA (*Terminalia superba*)

Limba (afara, frake) visoko drevo (listavec) v zahodni in srednji Afriki.

Opis lesa	Lastnosti	Uporaba	Tekstura
Raztreseno porozna vrsta, les s črnjavo rumenkasto rjave barve z zelenim odtenkom. Podoben je hrastu po barvi in vidnih porah.	Je srednje gostote ($\rho_{12-15} \approx 550 \text{ kg/m}^3$), srednje trd in trden ter tudi srednje trajnostni, obdeluje se dobro.	Predvsem za stavbno in bivalno pohištvo ter plemeniti furnir.	

MAHAGONI, pravi

(*Swietenia mahagoni*) listavec, ki raste na otokih v Karibskem morju; *Swietenia macrophylla* pa v Centralni (tropski) Ameriki. Samo vrste iz rodu *Swietenia* so mahagoni, zaradi ločitve od vrst, ki so nadomestki, pa ga imenujemo pravi mahagoni. Drevo je visoko več kot 30 (40) m, deblo je ravno, vitko, premera pa okoli 1,5 m.

Pravi mahagoni se od leta 1500 naprej uporablja za dragoceno pohištvo, najbolj je zaslovel v času baroka, posebej v Angliji – slog chippendale. Les je spadal med najbolj iskane vrste in ga praktično ni več. Nadomestili so ga z afriškimi vrstami, ki so bolj ali manj podobne pravemu mahagoniju. Predstavnik iz rodu *Khaya* (*Khaya ivorens*) imenujejo afriški mahagoni; iz roda *Entandophrana* pa so vrste nepravega mahagonija: sipo, sapelli, tiama in kosipo.

Opis lesa	Lastnosti	Uporaba	Tekstura
Raztreseno porozna vrsta z jedrovino, ki je čudovito rjavordeče barve, beljava je rumenkasta, branike so vidne. Na radialnem prerezu ima značilno progasto teksturo zaradi menjaje zavite rasti in je svilnatega sijaja.	Gostota je srednja ($\rho_{12-15} \approx 600 \text{ kg/m}^3$), trdnost srednja, dimenzijsko je stabilen, suši se odlično in je dokaj odporen proti lesnim škodljivcem, brez vonja. Dobro in lahko se mehansko obdeluje, kot tudi lepi in lakira.	Za izdelavo rezanega furnirja, cenjeno bivalno pohištvo, za rezbarske izdelke, parket, opremo vozil in plovil, ladjedelništvo.	

MAKORE (*Tieghemella heckelii*)

Mogočni listavec zahodne in srednje Afrike od Siera Leone do Gabona.

Opis lesa	Lastnosti	Uporaba	Tekstura
Ozka beljava je svetlo rjave barve ali rumenkasta, črnjava pa je rdečkasto rjave do temno rdeče barve in se lesketa, zelo dekorativna.	Srednja gostota ($\rho_{12-15} = 640 \text{ kg/m}^3$) in trdota. Zmerno krčenje; srednja trdnost; zmerno elastičen. Odporen proti glivam in insektom ter termitom, dobro se obdeluje. Posebej brusni prah lahko povzroča vnetje sluznice, draži oči in dermatitis.	Plemeniti furnir, pohištvo, parket, stružene izdelke, vezan les, za gradnjo čolnov in ladij.	

MERANTI, temnordeči

Pod imenom temnordeči meranti sta na trgu dve vrsti, ki sta po barvi in tudi lastnostih praktično enaki. Najpogostejši je *Shorea pauciflora*, ki raste v jugovzhodni Aziji, sledi pa *Shorea negrosensis*, ki je iz Filipinov, imenujejo ga tudi luan.

Rod *Shorea* obsega prek 200 vrst, najbolj znane so: *Shorea leprosula* – svetlordeči meranti, *Shorea faguetiana* – rumeni meranti, *Shorea bractrolata* – beli meranti. Ime pove barvo črnjave.

Opis lesa	Lastnosti	Uporaba	Tekstura
Ožja beljava se loči od temno rdeče črnjave. Tekstura je bolj groba, slikovita.	Visoka gostota ($\rho_{12-15} = 710 \text{ kg/m}^3$) in trdota; večje krčenje; visoka trdnost, elastičen in žilav. Dobro se obdeluje in suši. Razmeroma je odporen proti vremenskim vplivom, manj proti glivam in insektom.	Stavbno in notranje pohištvo, vezan les, plemeniti in slepi furnir, notranje in zunanje konstrukcije, plovila. Odličen les za okna.	

OKUME (*Aucoumea klaineana*)

Raste v zahodni Afriki, Kongu in posebej v Gabonu, kjer je najpomembnejša drevesna vrsta (gabonski mahagoni).

Opis lesa	Lastnosti	Uporaba	Tekstura
Les je brez obarvane jedrovine, svetlordeče do rožnato sive barve z grobo teksturo in nekoliko zavito rastjo. Ima prijeten vonj.	Nizka gostota ($\rho_{12-15} = 440 \text{ kg/m}^3$) in trdota. Manjše krčenje, srednja trdnost, slabo elastična. Delno odporna na glive in insekte. Dobro se obdeluje, vendar z rezili iz karbidnih trdin.	Največ za luščen furnir in vezane plošče. Pohištvo (deli), oprema plovil, škatlice za cigare.	

PADUK (*Pterocarpus*)

Tropski listavci, ki rastejo v zahodni Afriki, južni Aziji, Malajskem arhipelagu. Poznamo afriški, burmanski, andamanski (Andaman – otoki v Bengalskem zalivu), manilski paduk ... Les padukov se malo razlikuje, navedeni podatki veljajo za:

AFRIŠKI PADUK (*Pterocarpus soyauxii*)

Opis lesa	Lastnosti	Uporaba	Tekstura
Les je bolj grobe strukture. Beljava lesa je sivo rožnata, jedrovina pa svetlo rožnata, vendar potemni do zlato rjave in temno rdeče barve, ki je izredno dekorativna in lepa – tudi zaradi zavitosti vlaken.	Zelo gost ($\rho_{12-15} = 700 \text{ kg/m}^3$), srednje trd, malo krčenje, visoka trdnost, elastičen. Obdeluje se dobro. Odporen proti glivam, insektom in vremenskim vplivom.	Pohištvo, parket, vozila, furnir, razne zunanje konstrukcije, glasbila, intarzije in tudi na primer za biljardne mize. Les je odporen proti obrabi in drsenju, zato je primeren za zunanje lesene tlake.	

RIO PALISANDER (*Dalbergia nigra*)

Rio palisander izvira iz jugovzhodne Brazilije, od koder ga izvažajo že preko 300 let, in je zaradi pretiranega poseka redkejša in zaščitena vrsta.

Obstaja več vrst palisandrov, poleg rio palisandra je najbolj uveljavljen vzhodnoindijski palisander (*Dalbergia latifolia*). Les vseh palisandrov ima podobne lastnosti.

Opis lesa	Lastnosti	Uporaba	Tekstura
Raztreseno porozna vrsta, pore so vidne. Beljava je belorumenkasta, jedrovina pa rdeče rjava do črno progasta; motno se sveti, izredno je dekorativna in ima aromatičen vonj.	Visoka gostota ($\rho_{12-15} = 850 \text{ kg/m}^3$); zelo visoka trdota; manjše krčenje, visoka trdnost, zmerno elastičen. Dobro se obdeluje, vendar samo z rezili iz karbidnih trdin. Dokaj je odporen proti glivam, insektom in odlično proti vremenskim vplivom.	Plemeniti furnir, dragoceno pohištvo, glasbeni instrumenti, struženi deli. Za opremo dražjih vozil in bark. Rezbarije, umetniški predmeti.	

RAMIN (*Gonystylus bancanus*)

Večji listavec v južno vzhodni Aziji (Brunej, Indonezija, Malezija).

Opis lesa	Lastnosti	Uporaba	Tekstura
Les je rumene do svetlorjave barve, s tem da se beljava in črnjava komajda ločita. Lahko se obarva modročrno.	Srednje gost ($\rho_{12-15} = 600\text{--}670 \text{ kg/m}^3$); mehak, zmerno krčenje, srednja trdnost, precej elastičen. Neodporen na glive, insekte in vremenske vplive. Dobro se obdeluje.	Pohištvo – tudi kot nadomestek za hrast; za plemeniti in luščen furnir (vezane plošče), za razne profilne, zaključne letve, stružene izdelke, obloge.	

TIK (*Tectona grandis*)

Tik (teak) raste v tropskih gozdovih jugovzhodne Azije (Mjanmar, Tajska, Laos in Indija). Tikov les je znan že dolgo in je zelo cenjen zaradi odličnih lastnosti in dekorativnosti.

Opis lesa	Lastnosti	Uporaba	Tekstura
Venčasto/polvenčasto porozen, pore vidimo, kot tudi letnice. Jedrovina je zlatorumena do rumenorjava, beljava pa ozka in rumenosiva. Črnjava na zraku postane temni, pogosto je obarvana s temnimi (črnimi) progami. Vsebuje precej ekstraktivnih snovi.	Srednje do visoke gostote ($\rho_{12-15} = 660 \text{ kg/m}^3$); trd, malo krčenje, srednja trdnost, precejšna elastičnost. Obdelava z rezili iz karbidne trdine ali diamanta. Pri površinski obdelavi je potrebno upoštevati ekstraktivne snovi. Suši se brez težav. Zelo odporen proti glivam, insektom, vremenskim vplivom in morskemu organizmom. Pri obdelavi lahko povzroča dermatitis, ekscem in astmo.	Veliko za izdelavo plemenitega furnirja, stavbno, bivalno in vrtno pohištvo, parket, obloge, struženi in rezbarski izdelki. Različne vodogradnje, ladjedelnštvo.	

Palme

PALME (Palmae)

Palme so drevesa, ki spadajo v kritosemenke in imajo en klični list v semenu – enokaličnice. Obsegajo okoli 3400 vrst, uspevajo ob obalah in otokih tropskega in subtropskega območja. Njihova prevodna tkiva ksilem in floem (žile) so raztresena po prečnem preseku, zato rast v debelino, kot je pri iglavcih in listavcih, ni možna. Deblo je tako po vsej dolžini približno enako debelo. Na vrhu stebela – v krošnji pa imajo samo en popek, iz katerega rastejo dolgopecljati listi. Sčasoma listi odmirajo in odpadajo, na vlaknastem deblu pa puščajo brazgotine. Nekatere palme lahko zrastejo do 40 m visoko pa tudi več. Les palm je trd in se težje obdeluje. Precej vrst palm spada med kulturne rastline (datljevec, oljna, kokosova, sagova palma ...). Sadeži palm so bistvena hrana domorodcev, les pa osnovno gradivo.

kokosova palma	datljeva palma	sagova palma
		

Naloge:

- Izdelajte herbarij (zbirko stisnjenih in posušenih listov) osnovnih drevesnih vrst. Zapišite tudi latinsko ime drevesne vrste in opredelite list (enostaven, nazobčan ...). Po možnosti dodajte cvet, plod in seme. Lahko pa izdelate album s fotografijami.
- Glede na svoje zanimanje na spletu poiščite: zdravilne lastnosti dreves, uporabo ekstraktivnih snovi lesa, simboliko dreves ...

Les, surovina iz prazgodovinske dobe, je še vedno surovina prihodnosti.

ABECEDNO KAZALO LESARSKIH POJMOV

Legenda:

pojem

→navzkrižna referenca

n: nemško /sopomenka/

a: angleško /sopomenka/

A

abiotiski dejavniki 99, 103

n: abiotische Faktors

a: abiotic factors

absolutna vlažnost zraka 236, 237

n: absolute Luftfeuchte

a: absolute humidity

absolutno suh les 61, 64, 65

n: darrtrockenes Holz

a: oven dried wood

absorpcija 17

n: Absorption

a: absorption

adhezija 176

n: Adhäsion

a: adhesion

adsorpcija 59, 68

n: Adsorption

a: adsorption

afrormozija 326

n: Afrormosia /Kokrodua/

a: afrormosia /kokrodua/

aklimatizacija obdelovancev 275

n: acclimation

a: acclimatization

akrilni laki 234

n: Acryllacke

a: acrylic varnish

alkidni laki 193

n: Alkydharzlacke

a: alkyd resin varnish

aksialni parenhim 43-46

n: achsial Parenchymzellen

a: axially parenchyma cells

aksialni ventilator 269

n: achsial Ventilator /Lüfter/

a: axially ventilator /fan/

akustične lastnosti lesa 76

n: akustische Eigenschaften des Holzes

a: acoustical properties of wood

ambrozijski hrošč 107

n: Ambrosia Käfer

a: ambrosia beetle

aminske smole 175

n: Aminoharze

a: amino-resins

anatomski elementi 39, 43

→aksialni parenhim →lesna vlakna

→lesni trak →smolni kanal →traheide

→traheje

n: Zelle

a: cell

anemometer 240

n: Windmesser /Anemometer/

a: anemometer

anemometer z žarilno nitko 240

n: Hitzdrahtanemometer

a: anemometer with heating wire

anizotropnost 56

n: Anisotropie

a: anisotropy

Assmanov psihrometer 239

n: Assman Psychrometer

a: Assman psychrometer

atro 60

n: absolut trocken (atro)

a: absolutely dry (atro)

B

balza 326

n: Balsa

a: balsa

barva 198

n: Farbe

a: paint /colour/

barva lesa 58

n: Holzfarbe

a: colour of wood

bela trohnoba 105

n: Weißfäule

a: white rot

belilno sredstvo 186

n: Bleichmittel

a: bleaching agent

beljava 34, 49, 50

n: Splint /Splintholz/

a: sapwood

bezeg 321

n: Schwarzer Holunder

a: common elder /european elder/

bimetalni termometer 235

n: Metallausdehnungsthermometer

a: bimetal thermometer

biocid 227

n: Biozid

a: biocide

biogoriva 84

n: Biokraftstoff

a: biofuel

biomasa 84

n: Biomasse

a: biomass

biotski dejavniki 100, 103

n: biotische Faktoren

a: biotic factors

bleščica 56, 145

n: Kernbrett /Spiegelholz/ /Riftbrett/

a: quarter sawn /core plank/ /heart plank/

bočnica 57, 145, 146

n: Seitenbrett /Fladerschnitt/

a: plain saw

bodika (navadna bodika) 322

n: Stechpalme

a: holly

bor, rdeči 306

n: Waldkiefer /Waldföhre/ /Gemeine

Kiefer/

a: Scots pine

branika 34, 48, 126

n: Zuwachszone /Wachstumring/

a: growth layer /growth rings/

brek 321

n: Elsbeere /Elsbeerbaum/

a: wild service tree /chequer tree/

breskev 322

n: Pfirsich

a: peach tree

brest 309

n: Ulme /Rüster/

a: elm

breza, navadna 310

n: Weissbirke /Hängebirke/Birke/

a: common birch /silver birch/

briket 45

n: Sägespäne /Brikett/

a: sawdust briquette

brin 321

n: Gemeiner Wacholder

a: common juniper

brizganje 194, 229

n: spritzen

a: to spray

bukev 310

n: Buche /Rotbuche/

a: European beech /common beech/

buls 58, 147

n: Blockstapel /Blockware/

a: block stacks

C

CE-oznaka (Conformite European) 154
n: CE-Kennzeichnung
a: CE-marking

celica 31, 39, 40
→anatomski elementi

celična stena 40, 41
n: Zellwand
a: cell membrane /cell wall/

celuloza 41, 42
n: Holzzellstoff
a: chemical wood pulp

centrično luščenje 162
n: Rundschälen
a: rotary peeling

cepanica 157
n: Holzscheit /Scheitholz/
a: log

cepljenje lesa 98
n: Spaltung
a: splitting /cleavage/

cer 313
n: Zerreiche
a: Turkey oak

certifikacija gozdov 29
n: Waldzertifizierung
a: forest certification

Č

čas sečnje 100
n: Holzeinschlagzeit
a: logging time

čas skladiščenja 182
n: Lagerzeit
a: storage life /shelf life/

čas sušenja lesa 282, 283
n: Trocknungszeit
a: drying time

čas uporabnosti lepil 181, 182
n: Topfzeit
a: pot life

čelna ploskev 39, 139, 145
n: Hirnende
a: end

češplja 322
→sliva
n: Zwetschge
a: zwetschge

češnja 311
n: Vogel-Kirsche /Kirschbaum/
a: wild cherry /sweet cherry/

čok 88
n: Holzklotz
a: wooden block

črnjava
→jedrovina

črvina 108
n: Wurmfraß
a: worm damage

D

debelina 144, 165, 202
n: Dicke
a: thikenes

deblo 30-34, 137
n: Stamm /Schaft/
a: stem /trunk/

defibrator 218
n: Defibrator /Zerfaserungsmaschine/
a: defibrating machine

deformacije prečnega prereza 255
n: Schwundformen bei Massivholz
a: shrinkage distortion

- rombičen prerez
n: rhombischen Querschnitt
a: diamonding

- eliptičen prerez
n: Unrundheit /Ovalität/
a: ovality cross-section

dejanska absolutna zračna vlažnost 236
n: absolute vorhandene Wasserdampf-
menge
a: actual absolute air humidity

dekorativna folija (papir) 221
n: Dekorfolie
a: decoration foil

delovanje lesa 70, 71
→krčenje, →nabrekanje
n: Arbeiten von Holz
a: working of wood

dendrokronologija 48
n: Dendrochronologie
a: dendrochronology

dendrologija 29
n: Dendrologie
a: dendrology

deska 144, 146
n: Brett
a: board

desorpcija 68
n: Desorption
a: desorption

dielektrik 78, 297
n: Dielektrikum
a: dielectric

difuzija 252, 253
n: Diffussion
a: diffussion

diskoloriran les 51, 52, 135
n: Falschkerne
a: black heart

disperzija 176, 195
n: Dispersion
a: dispersion

dob 313
n: Stieleiche /Sommereiche/
a: common oak /English oak/

dolžina 143, 202
n: Länge
a: length

doziranje 219
n: Dosierung
a: dosing /apportioning/

drevo 30, 31
n: Baum
a: tree

drevesne vrste 49, 50, 306
n: Holzarten
a: type of wood /tree species/

drevesne vrste brez jedrovine 49, 50
n: Splintholz
a: sapwood

- drevesne vrste z neobarvano jedrovino
n: Reifholz
a: ripewood

- drevesne vrste z obarvano jedrovino
n: Kernholz
a: heartwood

drva 157
n: Brennholz /Feuerholz/
a: firewood

duglazija 325
n: Douglasie
a: Douglas fir

duroplasti (duromeri) 173-175
n: Duroplast
a: thermosetting plastics

dušenje zvoka 76, 77
n: Schallschluckung
a: soundproofing

dvojna beljava 134
n: eingeschlossenes Splintholz
/Mondring/
a: moon ring

dvojno srce 118
n: Zwieselung /Doppelkern/
a: double heart /double pith/

E

elastični modul
→modul elastičnosti

elastičnost 91, 92
n: Elastizität
a: elasticity

elastomeri 173-175
n: Elastomer
a: elastomer

električni uporovni vlagomer 62
n: elektrisches Holzfeuchte-Meßgerät
a: electrical moisture meters/conduc-
tance-type moisture meters

električni uporovni termometer 235, 236
n: elektrisches Widerstandsthermometer
a: electrical-resistance thermometer

ekologija 28
n: Ökologie
a: ecology

ekstraktivne snovi 15, 43
n: Extraktstoffe /Nebenbestandteile/
a: extractive

ekscentričnost hloda 115
n: Excentrisches Wuchs
a: excentric heart

epoksi laki 198

n: Epoxidharzlacke
a: epoxy resin lacquer

F**fenolformaldehidno lepilo 179, 183**

n: Phenolformaldehydleim
a: phenol-formaldehyde adhesive

fenolne smole 170, 175, 206

n: Phenolharze
a: phenolic resins

fibrila 41, 42

n: Fibrille
a: fibril

fineline furnir

→furnir

firnež 198

n: Firnis
a: boiled oil

flodrati 198, 199

n: fladern, Masserung
a: masern wood pattering

folija 221, 222

n: Folie
a: foil

fosilna goriva 18

n: fossile Brennstoffe
a: fossil fuel

formaldehid 181, 216

n: Formaldehyd
a: formaldehyde

fotosinteza 32

n: Photosynthese
a: photosynthesis

fungicid 227, 228

n: Fungizid
a: fungicide

funkcije gozda 28, 29

n: Funktionen des Waldes
a: the function of forests

furnir 161

n: Furnier
a: veneer

- fine line 167

n: Fineline
a: fineline

- rezan 161, 163

n: Messerfurniere
a: sliced veneers

- luščen 162, 164

n: Schäl furniere
a: rotary cut veneers

- žagan 162

n: Sägefurniere
a: sägefurnier

- slikovit 163

n: Maserfurnier
a: curl veneer

- zunanji 164

n: Deckfurniere
a: surface veneer

- notranji 164

n: Innenfurnier
a: backing veneer

- podložni 164

n: Unterfurnier
a: cross-band veneer

- slepi 161-163

n: Blindfurnier
a: Cross-band veneer

- plemeniti 162, 164

n: Edelfurnier
a: face veneer

furniranje 161, 221

n: furnieren
a: veneering

furnirna plošča

→vezana plošča

G**gaber, beli 312**

n: Weißbuche /Hainbuche/ Hagebuche/
a: common hornbeam

gaber, črni 312

n: Hopfenbuche /gemeine Hopfenbuche/
a: european hop-hornbeam

gel 177

n: Gel
a: gel

gibanje vode v lesu 251, 252

n: Feuchtigkeitsbewegung
a: movement of water in wood

ginko 25

n: Ginko biloba
a: ginko biloba

glive 103-105

n: Pilz /Schwamm/
a: fungi

globinska impregnacija 229

n: Volltränkung
a: deep impregnation

glog, enovrati 323

n: Eingrifflicher Weißdorn /Hagedorn/
a: common hawthorn

glog, navadni 323

n: Zweigrifflicher Weißdorn
a: midland hawthorn

glutinsko lepilo 184, 185

n: Glutinleim /Tischlerleim/
a: animal glue

gorljivost 83, 84

n: Brennbarkeit /Feuergefährlichkeit/
a: combustibility /flammability/

gorski javor 314

n: Bergahorn
a: sycamore maple

gostota lesa 63-65, 153

n: Dichte
a: density

gozd 23-26

n: Wald
a: forest

gozdni pasovi 24, 25

n: Waldgürtel
a: forest belt

gozdno-lesna veriga 21, 22

n: Wald-Holz-Ketten
a: forestry-wood production chain

graden 313

n: Traubeneiche /Wintereiche/
a: sessile oak /durmast oak/

gradient sušenja

→ostrina sušenja

gravimetrična metoda

→metoda tehtanja

grča 119, 120

n: Ast /Knorren/Astloch/
a: knot /gnarl/

- bočna grča 124

n: Kantenflächest
a: edge knot

- izpadna grča 121

n: loser Ast
a: loose knot

- krilasta grča 123

n: Flügelast
a: large knot

- nezrasla grča 121

n: nicht verwachsener Ast
a: dead knot

- okrogla grča 123

n: runder Ast
a: round knot

- ovalna grča 123

n: ovaler Ast
a: oval knot

- ploskovna grča 124

n: Seitenast
a: face knot

- prebojna grča 124

n: durchgehender Ast
a: continuous knot

- robna grča 124

n: Kantenast
a: arris Knot

- slepica 121

n: Beule
a: slope of grain

- skupina grč 124

n: Gruppen Ast
a: knot cluster

- trhla (gnila) grča 122

n: fauler Ast
a: rotten knot

- zdrava grča 122

n: gesunder Ast
a: Live/sound or tight-knot

- zrasla grča 121

n: verwachsener Ast
a: tigh knot /ingrown knot/

grčavost 124, 125

n: Astigkeit
a: knottiness

gred

→tram

gram 27n: Strauch /Busch/
a: shrub**gvajak 64, 65**n: Pockholz /Guajak/
a: guaiacum /lignum vitae/**H****hemiceluloza 41, 43**n: Hemicellulosen /zelluloseähnliche Stoffe/
a: hemicelluloses**heterogenost lesa 48, 52**n: heterogenes Holz
a: heterogeneous wood**hidrotermična obdelava lesa 300**n: hydrotermische Holzbearbeitung
a: hydroterm wood treatment**higrometer 68, 237, 238**n: Hygrometer
a: hygrometer**higroskopnost 68**n: Hygroskopizität
a: hygroscopicity**higroskopska voda**

→vezana voda

histereza 68n: Hysterese
a: hysteresis**hišna goba 105, 106**n: Echte /Weisse/ Hausschwamm
a: white pore fungus**hišni kozliček 108**n: Hausbockkäfer
a: house longhorn beetle**hlajenje 275**n: Abkühlphase
a: cooling down faze**hlod (krlj) 112, 137, 138**n: Stamm /Block/ /Klotz/
a: log /stem/ /trunk /**hrast 313**→cer →dob →graden →puhasti hrast
n: Eiche
a: oak**hruška 311**n: Birnbaum
a: pear tree**I****iglavci (storžnjaki) 30, 306, 325**n: Nadelbaum /Konifere/
a: conifer**impregnacija 227, 228**n: Imprägnierung
a: imbibing /impregnation/**insekti 106-108**n: Insekt /Imago/
a: imago**insolacija**

→osončenost

intarzija 57, 119n: Intarsie /Einlegearbeit/
a: intarsia**iroko 326**n: Iroko /Kambala/
a: African teak**iveral**

→oplemenitene plošče

iverje 212-214n: Span
a: particle /chip/**iverna plošča 212, 213**n: Spannplatte
a: particle board

- batno stiskana (okal) 214

n: Strangpreßplatte /OKAL – Platte/
a: OKAL – board /Extruded board/

- enoslojna 214, 215

n: Einschichplatte
a: single-layer board

- ploskovno stiskana 214, 215

n: Flachpreßplatte
a: flat pressed board

- s postopnim prehodom iverja 214, 215

n: Platte mit allmählichem Übergang
in der Struktur
a: graded-density board

- trislojna 214, 215

n: Dreischichplatte
a: three-layer board

- z usmerjenim iverjem (OSB) 217

n: Langspanplatten /OSB - Platte/
a: oriented strand board /OSB board/**izenačevanje 274**n: Ausgleichsphase
a: equalization phase**izkoristek 158**n: Ausbeutung /Ausbeute/
a: Exploitation**izmenjava zraka 240, 270**n: Frischluftzufuhr
a: air exchange**izolacijske plošče iz lesne volne 79**n: Holzwoleplatte
a: wood wool panel**izolacijske plošče iz lesnih vlaken**

→vlaknene plošče

J**javor 314**→gorski javor →ostrolistni javor
→poljski javor (maklen)

n: Ahorn

a: maple

jedrovina 49-51, 100n: Kern /Kernholz/
a: heartwood**jelka 307**n: Tanne /Weißtanne/
a: silver fir**jelša 315**n: Erle
a: alder**jerebika 323**n: Eberesche /Vogelbeerbaum/
a: rowan /mountain ash/**jesen, veliki 316**n: gemeine Esche
a: european ash**K****kalorična (kurilna) vrednost lesa 83**n: Brennwert
a: heat of combustion**kambij 31, 32**n: Kambium
a: cambium**kapaciteta 285**n: Kapazität
a: capacity**kapilarna voda**

→prosta voda

kasni les 48, 51n: Spätholz
a: late wood**kavčuk 173, 175**n: Kautschuk
a: rubber**kazeinsko lepilo 185**n: Kaseinleim
a: casein glue**kemična zgradba lesa 41**n: Chemische Zusammensetzung des Holzes
a: chemical composition of wood**kemijska zaščita lesa 226, 227**n: chemischer Holzschutz
a: chemical wood preservation**kerok (kerrock) 208**n: Kerrock
a: kerrock**kit 186**n: Kitt
a: putty**kitanje 186**n: kitten
a: to putty**klej**

→glutinsko lepilo

klek, ameriški 325n: Abendländische Lebensbaum /Abend-
ländische Thuja/
a: Northern white-cedar**klima zraka 68, 234**n: Klima
a: climate**klimatiziranje 275**n: Klimatisieren
a: conditioning**klupa (premerka) 138**n: Kluppe
a: clothespin /clothes peg/**kohezija 176**n: Kohäsion
a: cohesion

kolaps 254

n: Zellkolaps /Zelleinbruch/
a: collapse

kolesivost 116, 117

n: Ringschale
a: ring shake

kompoziti 208

n: Verbundwerkstoff /Kompositwerkstoff/
a: composite material /composite/

končna vlažnost 69, 244

n: Endfeuchte /Gebrauchsfeuchte/
a: moisture content in use

končni izdelek 13, 201

n: Fertigprodukt /Ganzfabrikat/
a: finished product

kondenzacijska lisa 257

n: Kondenswasserfleck
a: water stain

kondenzacijsko sušenje 291, 292

n: Kondensationstrocknung
a: dehumidification drying

kondicioniranje 274, 283

n: Konditionierphase
a: conditioning

koničnost debela 112

n: Abholzigkeit
a: log (stem) taper

konstrukcijska zaščita lesa 274-276

n: konstruktiver Holzschutz
a: constructive wood protection

kontaktno segrevanje 294

n: Kontaktwärmung /konduktive Erwärmung/
a: conduction heating

kontaktni ali kapacitivni električni vlagomer 63

n: Holzfeuchte-Meßgeräte mit federnden Meßelektroden
a: capacitance-type moisture meters

kontaktno lepilo

→neoprensko lepilo

kontrolna deska 247, 248, 273

n: Kontrollbrett
a: sampleboard /control board/

konvekcijsko segrevanje 264, 295

n: Konvektionsheizung
a: convection heating

konvencionalno sušenje ali sušenje z izmenjavo zraka 234, 264

n: konventionelle Trocknung / Frischluft-Abluft-Trocknung/
a: conventional drying

koreničnik 173

n: Wurzelstock
a: root stock

korenina 32, 33

n: Wurzel
a: root

koritavost 132, 255

n: Querkrümmung
a: cup /cupping/

kostanj, pravi 137

n: Edelkastanie
a: sweet chestnut

krajnik 145, 157

n: Schwarte
a: slab

krčenje 70-75, 254

n: Schwindung
a: shrinkage

krivljenje 300, 303

n: Biegung
a: wood bending /wood curving/

krivost hloda 113

n: Krummschäftigkeit
a: crooked trunk

križno lepljene plošče

→masivne lesne plošče

krošnja drevesa 35, 36

n: Baumkrone
a: tree crown

kurilnost

→kalorična vrednost lesa

L

lahke (izolacijske) vlaknene plošče 219

n: Holzfaserdämmplatte /Weichfaserdämmplatte/
a: wood fiber insulation board

laki 189-192

→alkidni →akrilni →epoksi →končni
→nitrocelulozni →laki s kislim utrjevanjem, →poliuretanski →poliesterski
→temeljni →vodni laki

n: Lack

a: lacquer /varnish/

laki s kislim utrjevalcem 196

n: säurehärtende Lacke
a: acid curing lacquers

lameliran les

→slojnat les

laminatne plošče 222, 223

n: dekorative Schichtstoffe
a: decorative laminate

lateks 174

a: Latex
n: latex

lazure 195-229

a: Lasur
n: woodstain /lasure/ stain

lepilo 176-178

→epoksidno →fenolformaldehidno
→glutinsko lepilo →kazeinsko lepilo
→melaminformaldehidno →melaminureaformaldehidno →naravno →neoprensko →poliuretansko →polivinilacetatno →resorcinolformaldehidno
→sintetično →talilno →ureaformaldehidno

n: Leim /Klebstoff/
a: glue /adhesive

lepilni spoj 176

n: Leimfuge /Klebfuge/
a: glued joint

lepljenje 176

n: Verleimung /Verklebung/
a: gluing

les 31-34, 39, 48

→diskoloriran →iglavcev →kasni
→listavcev →mehek →rani →odslužen
→reakcijski →resonančni →trd
→vezan →žagan

n: Holz

a: wood

(latinsko: lignum; grško: xylon)

les iglavcev 51, 52

n: Nadelholz
a: softwood /coniferous wood/

les listavcev 52, 53, 54

n: Laubholz
a: hardwood

- raztreseno porozni listavci

n: zerstreutporige Laubhölzer
a: diffuse-porous wood

- venčasto porozni listavci

n: ringporige Laubhölzer
a: ring-porous wood

lesarstvo 21

n: Holzwirtschaft
a: timber industry /wood industry/

lesene konstrukcije 210

n: Holzkonstruktion
a: woodwork

lesna ravnovesna vlažnost

→ravnovesna vlažnost

lesna vlažnost

→vlažnost lesa

lesna volna 15, 79

n: Holzwole
a: wood-wool

lesni plin 15, 84

n: Holzgas /Generatorgas/
a: wood gas

lesni trak 43, 45, 55, 242

n: Markstrahlen /Holzstrahlen/
a: pith ray /ray/

lesno oglje 15, 84

n: Holzkohle
a: charcoal /wood charcoal/

lesno vlakno 43, 45

n: Sklerenchymzellen /Libriformzellen/
a: sclerenchyma cells

lesomal

→oplemenitene plošče.

lesonit 218

n: Faserplatte
a: fiberboard

letev 145, 150, 151

n: Leiste /Latte/
a: cleat /slat/

letnica 48, 126

n: Jahresring /Jahrringgrenze/
a: annual ring

letvičenje 262

n: Stapelung
a: stacking

letvična progavost 257, 258

n: Lattenmarkierung
a: sticker stain

ličje 31-34

n: Bast
a: bast /inner bark/

lignin 41, 42

n: Lignin
a: lignin

lignifikacija

→olesenitev

limba 327

n: Limba /Afara/
a: white afara

lipa 317

n: Linde
a: lime

lisičavost 133, 147

n: Baumkante
a: wane /rough edge/

list 32, 36, 37

n: Blatt
a: leaf

listavci 30, 309, 326

n: Laubbaum
a: deciduous tree /hardwood/

lubadar 107

n: Borkenkäfer
a: bark beetle

lubje 31, 34

n: Borke
a: dead bark /outer bark/

luknjičavost

→poroznost

luščilnik za furnír 161, 162

n: Furnierrundschälmaschine
a: veneer peeling lathe

lužilo 187-189

n: Holzbeize /Beize/
a: stain

M**macesen 307**

n: Lärche /Europäische Lärche/
a: larch /european larch/

mahagoni (pravi) 327

n: Mahagoni - echtes
a: mahogany - american

makore 327

n: Makore
a: makore

makromolekula 41, 170

n: Makromolekül
a: macromolecule

maksimalna absolutna zračna**vlažnost 326**

n: maximale absolute Luftfeuchtigkeit
a: maximum absolute air humidity

masivni (naravni) les 201, 202, 210

n: Massivholz /Vollholz/
a: solid wood /natural wood/ /whole wood/

masivne lesene plošče 210, 211, 212

n: Massivholzplatten
a: solid wooden board /solid timber panel/

- križno lepljena plošča (oznake: CLT, KLT, Xlam)

n: Kreuzlagenholz
a: cross-laminated timber

- votla satasta plošča

n: Wabenplatten
a: honeycomb panel /honeycomb plate/

mediapan

→srednje gosta vlaknena plošča

mehanske lastnosti lesa 86

n: Festigkeit des Holzes
a: strength of the wood

mehek les 52, 87

n: Weichholz
a: softwood

melaminformaldehidno lepilo 183

n: Melaminformaldehyd-harzleim/
Melaminharzleim
a: melamine formaldehyde glue /
melamine resin glue

melaminureaformaldehidno lepilo 183

n: Melaminharnstoffkleber
a: melamine-urea-formaldehyde glue

meranti 328

n: Meranti
a: meranti

merilna ura 202

n: Meßuhr
a: metering clock

merjenje 154, 202

n: Messung /Vermessung/
a: measuring

metoda tehtanja 61, 248, 249

n: Darrverfahren
a: oven drying method

mikoriza 33

n: Mykorrhiza
a: mycorrhiza

mikrovalovno sušenje lesa 298

n: mikrowellen Holzrocknung
a: microwave drying wood

mizar 13, 21

n: Tischler /Schreiner/
a: joiner /woodworker/

mizarska (panelna) plošča

→vezana plošča

modrivost 104, 134

n: Bläue
a: blue stain

modul elastičnosti 92, 93, 153

n: Elastizitätsmodul
a: modulus of elasticity /elastic modulus/

mrazna razpoka (zimavost) 117

n: Frostleiste
a: frost crack

multipleks plošča 205

n: Multiplexplatten
a: multiplex veneer plywood

N**nabrekanje 70, 75**

n: Quellung
a: swelling

nadmera 156, 255

n: Übermaß
a: oversize

naklon vlaken 127

n: Faserneigung
a: sloping grain

napake lesa 110, 111

→bela trohnoba →diskoloriran les
→dvojna beljava →ekscetričnost
debla →grče →kolesivost →koničnost
debla →koritavost →krivost hloda
→lisičavost →modrivost →mokrina
→mrazne razpoke →naklon vlaken
→notranje (srčne) razpoke debla
→obarvanost beljave in srca →obarvanje zaradi plesni →ovalen prerez debla →piravost →poškodbe debla
→razpoke →reakcijski les →rjave in rdeče proge →rovi →smolike
→stržen →strženove pege →valovita rast →vrasla skorja →širina branike
→ukrivljenost →zavita rast debla
→žlebast prerez debla
n: Holzschädlinge /Defekte/
a: wood pest /blemish/

napetost 86, 90, 97

n: Spannung
a: tension

naravno lepilo 176, 184, 185

n: natürliche Klebstoffe
a: natural adhesives

naravno sušenje

→sušenje lesa na prostem

nasičenost lesnih vlaken

→točka nasičenosti lesnih vlaken

nasuti meter 158

n: Schüttmeter
a: volume of loose material

natezna trdnost (nateg) 89, 94, 95

n: Zugfestigkeit
a: tensile strength

navadni trdoglav 108

n: gewöhnlicher Nagekäfer /Nagekäfer/
a: common furniture beetle

neoprensko (kontaktno) lepilo 181

n: Neoprenkleber
a: neoprene glue

neprava črnjava

→diskoloriran les

nerobljene žaganice 154

n: unbesäumt Bohlen und Bretter
a: unedged boards

nitrocelulozni lak 193

n: Nitrozelluloselacke
a: nitrocellulose lacquer

nosilec 96, 97, 210

n: Träger

a: pylon

O

obarvanje lesa zaradi gliv 103, 104, 134

n: Holzverfärbende Pilze

a: wood-discoloring fungi

oblivanje 195

n: Fluten

a: rinsing

obnovljiv vir energije 16

n: regenerativ Energiequelle

a: regenerative energy source

odpadek 21

→ostanek

n: Abfall

a: waste

odpornost lesa

→trajnost lesa

odslužen les 20

n: Altholz / Abfallholz/

a: waste timber / waste wood/

oglje

→lesno oglje

ogljikov dioksid 16-18, 22, 28

n: Kohlendioxid

a: carbon dioxide

OKAL – plošča

→iverna plošča

okrogli les 111, 137, 140

n: Rundholz

a: round timber

okume 328

n: Okoume / Gabun/

a: gaboon / okoume/

olesenitev

→lignifikacija

n: Verholzung

a: lignification

olja 58

n: Olivenbaum

a: olive tree

opažne plošče

→vezane plošče

oplemenitene plošče 221-223

n: beschichtete Platte

a: coated plate

organske ogljikove spojine 169

n: organische Kohlenstoffverbindungen

a: organic carbon compounds

oreh 318

n: Nussbaum / gemeiner Walnußbaum / Edelnuss/

a: common walnut / Persian walnut/

OSB-plošča

→iverna plošča

osončenost 85, 259

n: Sonnenbestrahlung / Besonnung/

a: insolation

ostanek 21, 22, 157, 158

n: Rest / Rückstand/

a: remainder / rest/

ostrina sušenja 253, 275-278

a: Trocknungsgefälle / Trocknungspotential/

a: drying gradient / drying potential/

ostrolistni javor 314

n: Spitzahorn

a: Norway maple

P

padec vlažnosti (%) 253

n: Holzfeuchtegefälle

a: moisture gradient

paduk 238

n: Padouk

a: padauk

palisander, rio 329

n: Rio Palisander

a: Brazilian rosewood

palme 30, 338

n: Palme

a: palm

panelna plošča

→mizarska plošča

panj (štor) 333

n: Stock

a: stump

parenhim 33, 45, 46

n: Parenchym / Speicherzellen/

a: parenchyma

parjenje lesa 300, 301

n: dämpfen von Holz

a: steaming

parilna jama 301, 302

n: Dämpfgrube

a: steam pit

parilnica 302, 302

n: Dämpfanlage / Dämpfkammern/

a: steam system

parketar (beljavar) 109

n: brauner Splintholzkäfer

a: common powderpost beetle

peleti 15, 83

n: Pellets

a: pellets

permeabilnost lesa

→prevodnost lesa

piknja 46, 47

n: Hoftüpfel

a: bordered pits

piravost 105

n: Stockigkeit

a: incipient decay

piroliza 84

n: Pyrolyse

a: pyrolysis

plastičnost 91

n: Plastizität / Formbarkeit/

a: plasticity

premaz 195, 199, 228

n: Anstrich

a: coating / varnish/

plastična masa

→polimeri

n: Kunststoff / Plastik/

a: plastic

platana - javorolistna 323

n: Ahornblättrige Platane / Gemeine

Platane/ /Hybrid-Platane/

a: London plane / London planetree/ /hybrid plane/

plemeniti furnir

→furnir

plesen 104, 134

n: Pilzbefall / Schimmel/

a: mould

ploh 144

n: Bohle / Diele/ / Pfosten/

a: plank

plošča 201, 202

n: Platte

a: board

pluta 35

n: Kork

a: cork

podlubniki 107

n: Borkenkäfer

a: bark beetles

podnebne spremembe 17, 18

n: Klimawandel / Klimaänderung/

a: climate change

poklic 13

n: Beruf

a: profession / occupation/

polbleščica 146

n: Mittelbrett

a: middle board

polietilen 171, 175

n: Polyethylen

a: polyethylene

poliadicija 171

n: Polyaddition

a: polyaddition

poliesterski laki 196, 197

n: Polyesterlacke

a: polyester lacquer

polikondenzacija 171

n: Polykondensation

a: polycondensation

polimer 169-175

n: Polymer

a: polymer

polimerizacija 170

n: Polymerisation

a: polymerisation

polimetilmetakrilat 175

n: Polymethylmethacrylat

a: polymethylmethacrylate

politura 199

n: Politur

a: polish

poliuretan 175

n: Polyurethan
a: polyurethane

poliuretanski laki 196, 197

n: Polyurethanlacke
a: polyurethane coatings

poliuretanska lepila 184

n: Polyurethanklebstoffe
a: polyurethane adhesives

polivinilacetatno lepilo (PVA lepilo) 180

n: Polyvinylacetatleim
a: polyvinyl acetate adhesive

polivinilklorid 171, 175

n: Polyvinylchlorid
a: polyvinyl chloride

polizdelek 21, 143

n: Halbfertigware /Halbfertigprodukt/
a: semi-finished product

poljski javor (maklen) 314

n: Feldgahorn
a: field maple

polnila (lepilo, lak) 177, 191

n: Füllstoff /Streckmittel/
a: filler /extender/

poroznost 45, 63, 64

n: Porösität /Porigkeit/
a: porosity

posek lesa 29

n: Fällung /Schlag/
a: wood cutting

pospešeno sušenje na prostem 263

n: beschleunigte Freilufttrocknung
a: accelerated air drying

poškodbe drevesa 119

n: Schaden am Baum
a: damage to the tree

potapljanje 195, 229

n: Tauchen
a: dipping /diving/

površinska obdelava lesa 185, 186

n: Oberflächenbehandlung
a: surface treatment /surface working/

prečni (čelni) prerez 39, 143

n: Hirschnitt /Querschnitt/
a: cross cut /transverse cut/

predsušenje 292

n: Vortrocknung
a: predrying

predžaga 217

n: Vorritzsäge /Vorritzaggregat/
a: scoring saw

premaz 195, 198

n: Anstrich
a: coating /varnish/

premerka

→klupa

prevodnost lesa 32, 49, 252

n: permeables Holz /Leitungsholz/
a: wood permeability

prirastek 97

n: Holzzuwachs
a: timber yield

progavost 135

n: Rotstreifigkeit
a: red streak

prosta voda 59, 243

n: freies Wasser /kappillares Wasser/
a: capillary water /free moisture/

prostorninski meter 157

n: Raummeter
a: stacked cubic metre

protipožarno zaščiteno les 230, 231

n: Brandschutz Holz
a: fire protection wood

prožnost lesa

→elastičnost

psihrometer 238, 239

n: Psychrometer /Luftfeuchtigkeitsmesser/
a: psychrometer

psihrometrski diagram, preglednica

69, 244, 245, 246
n: Psychrometrisches Diagramm, Tabelle
a: psychrometric charts, table

puhasti hrast 313

n: Flaumeiche
a: downy oak /pubescent oak/

R**radialni prerez 39, 145**

n: Radialschnitt /Spiegelschnitt/
a: radial cut

ramin 329

n: Ramin
a: ramin

rani les 31, 48

n: Frühholz
a: early wood

ravnovesna (ravnotežna) lesna vlažnost

68-70, 244-247, 276
n: Holzfeuchtegleichgewicht /Soll-holzfeuchte/
a: equilibrium moisture content

razpoke debila 118

n: Stammrisse
a: cracks trunk

razpoke (sortimentov) 130, 131, 254, 255

n: Risse
a: fissures

razredčilo 191

n: Verdünnungsmittel /Verdünner/
/Lösungsmittel/
a: thinner /diluent/

raztreseno porozni listavci

→les listavcev

razvlaknjevalnik

→defibrator

rdeče srce

→diskoloriran les

reakcijski les 128, 129

n: Reaktionholz (Buchs)
a: reaction wood

-kompresijski les

n: Druckholz
a: compression wood

-tenzijski les

n: Zugholz
a: tension wood

reciklaža 21

n: Wiederverwertung /Recycling/
a: recycling

regulacijska naprava 272, 281, 282

n: Regelungsanlage
a: control installation

relativna zračna vlažnost 68, 237, 259

n: relative Luftfeuchte
a: relative humidity

resorcinolformaldehidno lepilo 184

n: Resorcinformaldehyd-Klebstoff
a: resorcinol-formaldehyde glue

resonančni les 77

n: Klangholz
a: tonewood

rezalnik furnirja 161

n: Furniermessermaschine
a: veneer slicing machine

režim sušenja 275-280

n: Trocknungsplan
a: drying plan

rjave in rdeče proge

→progavost

rjava trohnoba 104, 105

n: Braunfäule
a: brown rot

robinija (neprava akacija) 318

n: Robinie /Scheinakazie/ /falsche Akazie/
a: false acacia

robljene žaganice 143, 146, 147

n: besäumt Bohlen und Bretter
a: edged boards

rosišče 236

n: Taupunkt
a: dew-point

rovi insektov (izletne odprtine) 106,

108, 136
n: Fraßgänge /Fluhlocher/
a: wormholes

ruj 324

n: europäische Perückenstrauch
/Fisettholz/
a: eurasian smoketree /smoke tree/

S**sekalnik 158**

n: Hackmaschine
a: chiping machine

sekanec 158

n: Hackschnitzel
a: chip

sekvoja 325

n: Reedwood /Coast redwood/ /Sequoie/
a: sequoia /California-redwood/

sintetično lepilo 178, 179

n: Synthetische Klebstoffe
a: synthetic adhesives

skeletna gradnja 150

n: Skelettbau
a: frame construction

skladišče lesa 260, 261

n: Holzlager
a: wood storage /timber store/

skladovnica 261, 262

n: Holzstapel /Holzstoß/
a: stack of wood

skodla 99

n: Dachschindel /Schindel/
a: shingle

skorja 34, 138, 139

n: Rinde
a: bark

skorš 324

n: Speierling
da: service tree

skrček 71-73, 156

n: Schwindmaß
a: shrinkage value /shrinkage coefficient/

sliva

→ češplja
n: Pflaume
a: plum

slojnat (lameliran) les 203

n: Schichtholz
a: laminated wood
- *furnirni slojnat les* 209
n: Furnierschichtholz
a: laminated veneer lumber (LVL)
- *masivni slojnat les* 210
n: Massiv Schichtholz
a: laminated solid wood
- *oblikovan slojnat les* 209
n: Formschichtholz
a: moulded wooden laminate

smolike 130

n: Harzgalie
a: resin pocket

smolni kanal 46, 52

n: Harzgang /Harzkanal/
a: resin canal

smreka 308

n: Fichte /Rottane/
a: Norway spruce

sorpcija 68

n: Sorption
a: sorption

sortiment-lesni 137, 143

n: Holzsortiment
a: assortment of timber

srce 51, 130

n: Markbereich
a: pith area

sredinska deska

→ bleščica

srednje gosta vlaknenka

→ vlaknena plošča

sredstva (pripravki) za zaščito lesa

195, 227, 228
n: Holzschutzmittel
a: wood preservatives

standard 16, 137, 148-152

n: Standard /Norm/
a: standard

sterilizacija lesa 300

n: Sterilisation von Holz
a: sterilisation of wood

stiskanje 206, 213, 219

n: Pressen /Pressung/
a: pressure

strižna trdnost 89, 95, 96, 153

n: Scherfestigkeit
a: shear strength

stržen 34, 51, 130

n: Markröhre /Mark/
a: pith

suha snov 191

n: Trockenmasse
a: solids /non-valantile matter/

surovec 286

n: Rohling /Rohstück/
a: unfinished piece

sušenje furnirja 165-167

n: Furniertrocknung
a: veneer drying

sušenje lesa 234

→ kondenzacijsko → konvencionalno
sušenje → mikrovalovno sušenje lesa
→ sušenje lesa na prostem → sušenje
lesa s sončno energijo → visoko-
frekvenčno sušenje → vakumsko
sušenje
n: Trocknung von Holz
a: wood drying

sušenje lesa na prostem (naravno

sušenje) 258
n: Freilufttrocknung
/natürliche Holz-trocknung/
a: air-drying

sušenje lesa s sončno energijo 298

n: Solare Holz-trocknung
a: solar drying of wood

sušilnica 264, 265

n: Holz-trockenkammer,
a: wood-drying kiln

sušilnik za furnir 166, 167

n: Furniertrockner
a: veneer dryer

sušilniški vzorec 61, 248

n: Darrprobe
a: kiln sample

Š

šelak 199

n: Schellak
a: shellac

širina branike 49, 126

n: Jahrringbreite
a: rate of growth

širina 144, 202

n: Breite
a: width

T

talilno lepilo 181

n: Schmelzkleber
a: hot-melt adhesive

tangencialni prerez 39

n: Tangentialschnitt /Fladerschnitt/
a: tangential cut

tehnično sušenje 234

n: technische Trocknung
a: kiln drying

tekstura 56, 57

n: Textur /Zeichnung/
a: texture

temperatura zraka 68, 235, 259

n: Lufttemperatur
a: air temperature

tenzijski les 128, 129

n: Zugholz
a: tension woods

termično modificiran les 304, 305

n: thermisch modifiziertes Holz
/Thermoholz/
a: heat-treated wood
/thermally modified timber/

termiti 109

n: Termite
a: termite

termohigrometer 68

n: Hygrometer/Thermometer
a: hygrometer/thermometer

termoplasti 172, 175

n: Thermoplast
a: thermoplast

tesarstvo 22

n: Zimmerei
a: carpentry

tik 329

n: Teak
a: teak

tisa 308

n: Eibe /Europäische Eibe/
a: yew /European yew/

tlačna trdnost 89, 94, 95, 153

n: Druckfestigkeit
a: compressive strength

tlak lepljenja (specifični tlak) 213, 218

n: spezifischer Preßdruck
/Verleimungsdruck/
a: specific pressure /gluing pressure/

točka nasičenosti celičnih sten 59, 60, 243

n: Fasersättigungsfeuchte
/Fasersättigungsbereich/
a: fibre saturation point

topilo 176, 191, 192

n: Lösungsmittel
a: solvent

toplotne lastnosti lesa 79

n: Wärmeeigenschaften des Holzes
a: thermal properties of wood

toplotna prehodnost k 80, 81

n: Wärmedurchgangs-koeffizient (k-Wert)
a: thermal transmittance (k-value)

toplotna prehodnost U 82

n: Wärmedurchgangs-koeffizient (U-Wert)
a: thermal transmittance (U-value)

toplotna prestopnost α 81

n: Wärmeübergangs-widerstand
a: heat transfer resistance

toplotna prevodnost λ 79

n: Wärmeleitfähigkeit /Wärmeleitkoeffizient/
a: thermal conductivity

topol 319

n: Pappel
a: poplar

torzijska trdnost (vzvoj) 89, 97

n: Torsion /Verdrehung/
a: torsion

traheje 44-48

n: Trachee
a: tracheae

traheide 44, 47

n: Tracheiden
a: tracheids

trajnost lesa 100, 101

n: Holzhaltbarkeit /Holzdauerhaftigkeit/
a: durability of wood

trak

→lesni trak

tram 143, 151

n: Baumkanten /Kantholz/
a: baulk /balk/

trd les 53, 87

n: Hartholz
a: hardwood

trdilec 177, 192

n: Härter /Härtezusatz/
a: hardener

trdnost 89, 93, 94

→natezna →strižna →tlačna →torzijska
→upogibna →uklonska
n: Festigkeit
a: strength

trdota 86, 87, 88

n: Härte
a: hardness

trohnenje 104, 105

n: Pilzfäule
a: fungal decay

trohnoba 104, 105, 134

n: Fäule /Fäulnis/
a: rot /fungal decay/

trohnobne glive 104, 105, 134

→bela trohnoba →piravost →rjave in rdeče proge →rjava trohnoba
n: Holzerstörende Pilze
a: wood destroying fungi

tuja

→klek

tvorivo (lesno) 11

n: Holzwerkstoff
a: material

toplogredni plini 17, 18

n: Treibhausgase
a: greenhouse gases

U**učinek tople grede 17, 18**

n: Treibhauseffekt
a: greenhouse effect

uklon 89, 94, 95

n: Knickfestigkeit
a: buckling strength

ukrivljenost 132, 133, 254

n: Langskrümmung
a: distortion

- lok

n: einfache Krümmung
a: bow

- sabljavost

n: Langskrümmung der Schmalfläche
a: spring

- zvitost (spiralna zavitost)

n: Verdrehung
a: twist

ultrapas

→laminatne plošče

upogibna trdnost 89, 96, 97, 153

n: Biegefestigkeit
a: bending strength

uporaba lesa 13-14

n: Holzverwendung
a: use of wood

uporovni termometer

→električni uporovni termometer

ureaformaldehidno lepilo 128, 183, 216

n: Harnstoffkleber
a: urea-formaldehyde glue

utor 217

n: Nut
a: groove

utrjevanje 177, 192

n: Aushärtung /Abbinden/
a: curing /setting/

V**vakumsko sušenje 293-296**

n: Vakuum-trocknung
a: vacuum drying

valjčni transporter 166, 287

n: Rollförderer
a: roller conveyors

valovita rast 128

n: Wirbel /welliger Faserverlauf/
a: wavy grain

varovanje okolja 17

n: Umweltschutz
a: environmental protection

venčasto porozni listavci

→les listavcev

ventilator 269, 270

n: Ventilator /Luftgebläse/
a: ventilator /fan/

vezan les 201, 203

→vezana plošča →slojnat (lameliran) les
→masivne lesene plošče

n: Sperrholz

a: plywood

vezana plošča 203

n: Sperrplatte
a: plywood

- furnirna plošča 203-206

n: Furnierplatte /Sperrplatte/
a: plywood

- furnirne plošče z umetno smolo 206

n: Kunstharzsperrholz
/Kunstharzpressholz/

a: synthetic plywood

- mizarska (panelna) plošča 207, 208

n: Paneelplatte /Tischlerplatte/
a: wood core plywood /blockboard/

- oblikovana furnirna plošča 206

n: Formsperrholz
a: moulded plywood

- opažna plošča 208, 209

n: Verschalungen
a: shuttering panel

vezana voda 59, 252

n: gebundenes Wasser
a: bound water /hygroscopic water/

veženje 132, 255

n: Verformungen
a: warp

viličar 260, 271

n: Hubstapler /Gabelstapler/
a: forklift

viskoznost 177, 191

n: Viskosität
a: viscosity

visokofrekvenčno sušenje 297

n: Hochfrequenz-trocknung
a: high frequently drying

vlagomer

→električni uporovni vlagomer →kon-taktni električni vlagomer.

vlakna (lesna) 45

n: Fasern
a: fibers

vlaknena plošča 201, 218

n: Faserplatte
a: fibreboard

- lahka (izolacijska) 219

n: Weichfaserplatte
a: softboard /insulation board/

- srednje gosta (MDF) 219, 220

n: Mitteldichte Faserplatte
a: mediumboard

- trda 220

n: Hartfaserplatte
a: hardboard

- izolacijske plošče iz lesnih vlaken 219
n: Holzfaserdämmstoffen
a: wood-fibre-insulation

vlažilnik 242, 270, 271
n: Luftbefeuchter /Befeuchtungsvorrichtung/ /Sprüher/
a: spray /moistener/ /humidifier/

vlažnost lesa 59-62, 156, 243, 247-251
n: Holzfeuchte /Holzfeuchtigkeit/
a: wood moisture /wood humidity/

vodni lak 194, 195
n: Wasserlacke
a: water varnish /water-based lacquer/ /wash coat/

vonj 58
n: Duft
a: smell

vosek 199
n: Wachs
a: wax

vrasla skorja 118, 130
n: Rindeneinschluß
a: ingrown bark

vrba 320
n: Weide
a: willow

vsebnost vode w 60
n: Wassergehalt /Holzfeuchte/
a: water content

Z

začetna vlažnost 247
n: Anfangsfeuchte
a: initial moisture content

zaskorjenost 255-257
n: Verschalung
a: casehardening

zaščita lesa 224-228
n: Holzschutz
a: wood protection /wood preservation/

- *naravna (konstrukcijska)*
zaščita lesa
n: konstruktiver Holzschutz
a: constructive wood protection

- *kemijska zaščita lesa*
n: chemischer Holzschutz
a: chemical wood preservatives

zavita rast (zavitost) 126, 127
n: Drehwuchs
a: spiral graining

zgorevanje 84
n: Verbrennung
a: combustion /burning/

zmanjševanje izpustov ogljikovega dioksida 18
n: Minderung der Kohlendioxid-Emissionen
a: reduce carbon dioxide emissions

zmogljivost
→kapaciteta

zračnik 240, 270
n: Luftschacht /Luftkanal/
a: air vent /air shaft/

zračno suh les 259, 260
n: luftgetrockenes Holz
a: air-dry timber

zračna vlažnost 68, 236-239
n: Luftfeuchtigkeit
a: air humidity

Ž

žagan les 15, 143-147
n: Schnittholz
a: sawn timber /lumber/

žaganica 144, 145-147
n: Schnittholz /Brett/
a: sawn timber

žagovina (žaganje) 157
n: Sägen /Schneiden/
a: sawing /saws/

žagarski ostanki 157
n: Sägewerk holzreste
a: sawmill residues

žilavost 92
n: Zähigkeit
a: toughness

žlebast prerez debela 116
n: Spannrückigkeit
a: flutes

VIRI IN LITERATURA

1. Breis, F.; Drabek, E.; Hauke, H.; Ottenschläger, J.; Rottmar, W.; Scholz, W.; Schwarz, P. (1989) *der Tischler I*. Wien: Bohmann Druck und Verlag m.b.H & Co.KG. ISBN 3 7002 0705 0
2. Čermak, M. (2001) *Furnirji in plošče*. Ljubljana: Lesarska založba.
3. Čufar, K. (2006) *Anatomija lesa*. Ljubljana: Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo. ISBN-10 961-6144-15-4 ISBN-13 978-961-6144-15-5
4. Dimitrov, T. (2002) *Klima i prirodno sušenje drva*. Zagreb: vlastita naklada. ISBN 953-98632-0-01
5. Eckhard, M.; Ehrmann, W.; Hammerl, D.; Nestle, H.; Nutsch, T.; Nutsch, W.; Schulz, P.; Willgerodt, F. (2008) *Lesarski priročnik*. Ljubljana: DZS. ISBN 978-86-341-4116-0
6. Geršak, M. (2014) *Knjiga o lesu*. Ljubljana: samozaložba. ISBN 978-961-276-935-2
7. Geršak, M. (1993) *Gradiva in nauk o trdnosti*. Ljubljana: Srednja lesarska šola Ljubljana.
8. Geršak, M.; Velušček, V. (2003) *Sušenje lesa*. Ljubljana: Lesarska založba. ISBN 978-961-6295-21-5
9. Geršak, M.; Čop, T.; Gorišek, Ž.; Mrak, C.; Velušček, V. (1986) *Sušenje lesa*. Ljubljana: Zveza društev inženirjev in tehnikov gozdarstva in lesarstva Slovenije.
10. Geršak, M.; Prošek, M. (2010) *Lesarstvo – zbirka nalog*. Ljubljana: Lesarska založba. ISBN 978-961-6295-24-6
11. Godet, Jean-Denis (1994) *Baume und Straucher*. Augsburg: Naturbuch Verlag. ISBN 3-89440-154-0
12. Gorišek, Ž.; Geršak, M.; Čop, T.; Velušček, V.; Mrak, C. (1994) *Sušenje lesa*. Ljubljana: Lesarska založba.
13. *Gradbeniški priročnik* (2012) Ljubljana: Tehniška založba Slovenije. ISBN 978-961-251-286-6
14. Grošelj, A. (2003) *Tehnologija*. Ljubljana: Lesarska založba. ISBN 961-6295-22-5
15. Grošelj, A.; Kovačič, B.; Čermak, M.; Geršak, M. (2010) *Tehnologija lesa 2*. Ljubljana: Lesarska založba. ISBN 978-961-6295-05-5
16. Horvat, I.; Krpan, J. (1967) *Drveno industrijski priručnik*. Zagreb: Tehnička knjiga.
17. Karasahanović, A. (1988) *Nauka o drvetu*. Sarajevo: Svjetlost. ISBN 81-01-00984-0
18. Kovačič, B.; Čermak, M. (1999) *Tehnologija lesa 3*. Ljubljana: Lesarska založba. ISBN 961-6295-06-3
19. Kraut, B. (2001) *Krautov strojniški priročnik*, 13. slovenska izdaja. Ljubljana: Littera picta. ISBN 961-6030-38-8
20. Krpan, J. (1965) *Sušenje i parenje drva*. Zagreb: Šumarski fakultet.
21. Lanzara, P.; Pizzetti, M. (1984) *Drevesa*. Ljubljana: Mladinska knjiga.
22. *Lesarski terminološki slovar* (2008) Ljubljana: Lesarska založba. ISBN 978-961-6295-25-3
23. Lohman, U. (2016) *Holz Handbuch*. Hamburg: Nikol Verlagsgesellschaft mbH & Co. KG. ISBN 978-3-86820-334-9
24. Maretić, M. (1965) *Finalna obrada drva*. Zagreb: Školska knjiga.
25. Paulitsch, M.; Barbu, Marius C. (2015) *Holzwerkstoffe der Moderne*. Leinfelden-Echterdingen: DRW-Verlag Weinbrenner GmbH & Co. KG. ISBN 978-3-87181-891-2
26. Pečenko, G. (1987) *Zaščita lesa v praksi*. Ljubljana: Lesarska založba.
27. Petrič, M. (2008) *Nelesni materiali v izdelkih lesnopredelovalne in pohištvene industrije*. Ljubljana: Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo. ISBN 978-961-6144-20-9
28. Pipa, R. (1990) *Anatomija in tehnologija lesa*. Ljubljana: Lesarska založba.
29. Polanc, J.; Leban, I. (2003) *Les – zgradba in lastnosti*. Ljubljana: Lesarska založba. ISBN 961-6295-23-3.
30. Porter, B. (2001) *Carpentry and Joinery 1*, Third edition, Butterworth Heinemann, London.
Način dostopa: http://woodtools.nov.ru/books/carp_join/carp_join_1.pdf
31. Resnik J. (1997) *Lepila in lepljenje lesa*. Ljubljana: Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo. ISBN 961-6144-06-5
32. Sedej, F.; Velušček, V. (2000) *Tehnologija žagaranja*. Ljubljana: Lesarska založba. ISBN 961-6295-11-X
33. Suhadolc, A. (2012) *Les naših dreves in grmovnic*. Kranj: Narava Kranj. ISBN 978-961-6893-01-5
34. Torelli, N. (1989) *Zgradba in lastnosti lesa*. Ljubljana Univerza Edvarda Kardelja v Ljubljani, VDO Biotehniška fakulteta, VTOZD za lesarstvo.
35. *Wiesenspeicher* (1984). Leipzig: VEB Fachbuchverlag.
36. Wittchen, B.; Josten, E.; Reiche, T. (2006) *Holzfachkunde für Tischler/Schreiner und 30. Holzmechaniker*. Wiesbaden: B.G.Teubner Verlag / GWV Fachverlage GmbH. ISBN-10 3-519-35911-1 ISBN-13 978-3-519-35911-1
Način dostopa: <http://woodtools.nov.ru/books/Holzfachkunde/Holzfachkunde.pdf>
37. Žarnić, R. (2005) *Lastnosti gradiv*. Ljubljana: Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo. ISBN 961-6167-57-X
38. Duijč, B. (2008) Konstrukcije iz križno lepljenih lesenih panelov – nova pot sodobnega gradbeništva. *Les 11–12*: 415–422.
39. Humar, M. (2010) Pregled registriranih biocidnih pripravkov za zaščito lesa na slovenskem tržišču. *Les 03–04*: 105–108.
40. Kariž, M.; Šernek, M. (2008) Lepljenje termično modificiranega lesa. *Les 7–8*: 275–282.
41. Lesar, B.; Humar, M.; Oven, P. (2008) Dejavniki naravne odpornosti lesa in njegova trajnost. *Les 11–12*: 409–414
42. *Obvladajmo podnebne spremembe – uporabimo les*. (2010), Ljubljana: Slovenska gozdnolesna tehnološka platforma: Liberalna akademija: Ekološki forum LDS: Služba Vlade.
43. Šega, B. (2010) Vizualno razvrščanje konstrukcijskega žaganega lesa. *Les 03–04*: 96–103.
44. Šega, B. (2005) Preizkušanje in razvrščanje leplj za les. *Les št. 4*: 101–105.

Viri na spletu – dostop 15. 11. 2017.

45. **Burgar, I.** (2006) Razvrščanje lesa z nedestruktivnimi metodami. Diplomsko naloga št. 218. Univerza v Ljubljani. Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo.
http://drugg.fgg.uni-lj.si/845/1/GRV_0218_Burgar.pdf
46. **Hladnik, J.** (2009) Anorganska onesnažila v odsluženem lesu in ploščah dezintegriranega lesa. Diplomsko delo. Univerza v Ljubljani. Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo.
http://www.digitalna-knjiznica.bf.uni-lj.si/vs_hladnik_jurij.pdf
47. **Humar, M.** (2006/07) Protipožarna zaščita lesa.
http://les.bf.uni-lj.si/fileadmin/datoteke_asistentov/mhumar/gradiva_vaje/Gorljivost.pdf
48. **Pamić, R.** (2015) Novi pristopi konstrukcijske zaščite lesa na objektih kulturne dediščine. Doktorska disertacija. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta.
http://www.digitalna-knjiznica.bf.uni-lj.si/gozdarstvo/dd_pamic_renata.pdf
49. **Peserl, A.** (2011). Pomožni materiali v lesarstvu. Ljubljana: Zavod IRC. Projekt Impletum. ISBN 978-961-6857-82-6.
http://www.impletum.zavod-irc.si/docs/Skriti_dokumenti/Pomozni_materiali_v_lesarstvu-Peserl.pdf
50. **Šprnjar, A.** (2014) Mehanske in sorpcijske lastnosti starega lesa impregniranega z baker etanolaminskimi pripravki. Diplomsko delo. Univerza v Ljubljani. Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo.
http://www.digitalna-knjiznica.bf.uni-lj.si/lesarstvo/vs_sprnjar_andrej.pdf
51. **Vesel, M.** (2011) Analiza obstoječe lesene konstrukcije z evrokod sistemom. Diplomsko delo. Univerza v Ljubljani. Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo.
http://www.digitalna-knjiznica.bf.uni-lj.si/dn_vesel_miha.pdf
52. **Pravilnik o merjenju in razvrščanju gozdnih lesnih sortimentov iz gozdov v lasti Republike Slovenije.**
www.uradni-list.si/glasilo-uradni-list-rs/vsebina/2017-01-1603/pravilnik-o-merjenju-in-razvrscanju-gozdnih-lesnih-sortimentov-iz-gozdov-v-lasti-republike-slovenije

SIST EN 204:2016 Razvrstitev plastomernih lepil za les za nekonstrukcijsko uporabo

EN 301:2013 Lepila, aminoplastična in fenolna lepila za nosilne konstrukcije

SIST EN 310:1996 Lesne plošče – Ugotavljanje upogibne trdnosti in modula elastičnosti

SIST EN 312:2011 Iverne plošče – Specifikacije

SIST EN 316:2000 Vlaknene plošče – Definicija, razvrstitev in oznake

SIST EN 324-1:1996 Lesne plošče – Določanje mer plošč – 1. del: Določanje debeline, širine in dolžine

SIST EN 335:2013 Trajnost lesa in lesnih proizvodov – Razredi uporabe

SIST EN 336:2013 Konstrukcijski les – Mere, dovoljena odstopanja

SIST EN 338:2016 Konstrukcijski les – Trdnostni razredi

SIST EN 350 – 2:1994 Trajnost lesa in lesnih izdelkov – Naravna trajnost masivnega lesa

SIST EN 438-1:2016 Dekorativni visokotlačni laminati (HPL) – Plošče na osnovi duromernih smol – 1. del:

Uvod in splošne informacije

SIST EN 635-1:1996 Vežan les – Klasifikacija po videzu površine – 1. del: Splošno

SIST EN 636:2013+A1:2015 Vežane plošče – Specifikacije

SIST EN 717-1:2005 Lesne plošče – Ugotavljanje sproščanja formaldehida – 1. del: Sproščanje formaldehida po komorni metodi

SIST EN 717-3:1977 Lesne plošče – Ugotavljanje sproščanja formaldehida – 2. del: Ugotavljanje sproščanja formaldehida

po metodi plinske analize

SIST EN 975-1:2009 Žagani les – Razvrščanje listavcev po videzu – 1. del: Hrast in bukev

SIST EN 975-2:2005 Žagani les – Razvrščanje listavcev po videzu – 2. del: Topoli

SIST EN 1309-2:2006 Okrogli in žagani les. Metode merjenja – 2. del: Okrogli les – Zahteve za merjenje dimenzij

in pravila računanja volumna

SIST EN 1310:2001 Okrogli in žagani les – Metode merjenja značilnosti

SIST EN 1309-1:2000 Okrogli in žagani les – Metode merjenja izmer – 1. del: Žagani les

SIST EN 1309-2:2006 Okrogli in žagani les. Metode merjenja – 2. del: Okrogli les – Zahteve za merjenje dimenzij

in pravila računanja volumna

SIST EN 1313-1:2010 Okrogli in žagani les – Dovoljena odstopanja in prednostne mere – 1. del: Žagani les iglavcev

SIST EN 1315:2010 Razvrščanje po izmerah za okrogli les

SIST EN 1611-1:2003 Žagani les – Razvrščanje iglavcev po videzu – 1. del: Evropske smreke, jelke, bori, duglazije in macesni

SIST EN 1912:2012 Konstrukcijski les – Trdnostni razredi – Določitev trdnostnih razredov na podlagi vizualnega razvrščanja in vrste lesa

SIST DIN 4074-1:2009 Razvrščanje lesa po trdnosti – 1. del: Žagani les iglavcev

SIST DIN 4074-3:2009 Razvrščanje lesa po trdnosti – 3. del: Naprave za podporo vizualnemu razvrščanju žaganega lesa – Zahteve in preskušanje

SIST DIN 4074-4:2009 Razvrščanje lesa po trdnosti – 4. del: Potrdilo o ustreznosti naprav, ki podpirajo vizualno razvrščanje žaganega lesa

SIST DIN 4074-5:2009 Razvrščanje lesa po trdnosti – 5. del: Žagani les listavcev

BS 4978:2007 Visual strength grading of softwood – Specification

EN 12765:2016 Razvrstitev duromernih lepil za les za nekonstrukcijsko uporabo

SIST EN 13171:2013+A1:2015 Toplotnoizolacijski proizvodi za stavbe – Proizvodi iz lesnih vlaken (WF) – specifikacija

SIST EN 13183-1:2003/AC:2004 Delež vlage v žaganem lesu – 1. del: Določevanje s sušenjem v pečici

SIST EN 13183-2:2003 Delež vlage v žaganem lesu – 2. del: Ocena z metodo električne upornosti

SIST EN 13183-3:2005 Delež vlage v žaganem lesu – 3. del: Ocena z metodo kapacitivnosti

EN 14322:2004 Lesne plošče – Plošče, oplemenitene z melaminom, za notranje prostore – Definicija, zahteve in klasifikacija

SIST EN 13986:2005/kFprA1:2014 Lesne plošče za uporabo v gradbeništvu – Lastnosti, vrednotenje skladnosti in označevanje

SIST EN 13986:2005+A1:2015 Lesne plošče za uporabo v gradbeništvu – Lastnosti, vrednotenje skladnosti in označevanje

SIST EN 14081-1:2016 Lesene konstrukcije – Po trdnosti razvrščen konstrukcijski les pravokotnega prečnega prereza –

1. del: Splošne zahteve

SIST EN 14755:2006 Ekstrudirane iverne plošče – Specifikacije

PRIKAZ VIROV ILUSTRACIJ OZNAČENIH Z (X)

Slika 1: a) arhiv Galerije Oskar Kogoj nature design, Miren 125

b) foto: Rudi Pipa

c) Galerija Vžigalica, Ljubljana in Foto: Mirko Geršak

č) Fotodokumentacija OZUU NMS (fotografija Narodni muzej Slovenije)

Slika 4: Delo, Svet kapitala, 27. 11. 2015

Slika 5: dostopno na http://student.pfmb.uni-mb.si/~mjenko/fizika/kaj_je1.jpg

Slika 9: Foto: arhiv podjetja Jelovica hiše, Šenčur

Slika 14: a), c), č) Dostopno na: [https://www.google.si/search?q=Tropski+\(subtropski\)+gozdovi&client=firefox-b&sa=N&tbm=isch&tbo=u&source=univ&ved=0ahUKEwjdy578yN3UAhUEaRQKHcjWAE44ChCwBAGE&biw=1366&bih=635#imgsrc=9bVyT_NB_OJMK](https://www.google.si/search?q=Tropski+(subtropski)+gozdovi&client=firefox-b&sa=N&tbm=isch&tbo=u&source=univ&ved=0ahUKEwjdy578yN3UAhUEaRQKHcjWAE44ChCwBAGE&biw=1366&bih=635#imgsrc=9bVyT_NB_OJMK):

b) Vir: Interaktivni atlas Slovenije (1996) Založba MK in Geodetski zavod Slovenije, Ljubljana.

Slika 18: Dostopno na <http://archive-si.com/page/192009/2012-07-24/http://www.slovenijales.si/slovenskolesarsko-izrocilo>
(Povzeto in prirejeno po zborniku Delovna organizacija Slovenijales-trgovina, letnica 40, 1988.)

Slika 20: Vir: Fijne Moederdag

Slika 21: Vir: Bureau veritas, Linhartova c. 49 a, Ljubljana

Slika 31: Dostopno na <https://de.wikipedia.org/wiki/Kork>

Slika 35: Dostopno na http://www.educa.fmf.uni-lj.si/izodel/sola/2002/di/zorman/SN/list_sredica.htm

Slika 36: Geršak, M. (2012) Kako izbrati ustrezen les. *Les 11–12*: 341

Slika 59: a) Vir: dr. Jožica Gričar, Gozdarski inštitut Slovenije

b), c) Vir: dr. Peter Prislan, Gozdarski inštitut Slovenije

Slika 65: Dostopno na https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Mahagoni_Furnier_hochglanzlackiert.jpg

Slika 86: Foto: Blaž Demšar; Goslarstvo Demšar, Ljubljana

Slika 87: Dostopno na <http://www.tikabasamuzik.com/wp-content/uploads/2010/04/xylophone.jpg>

Slika 94: Nemček, P.; Smrdu, A.; Vindišar, J. (2008) Nova generacija sistemov za uplinjanje lesne biomase. *EGES 1*: 83

Slika 112: Lesar, B.; Humar, M.; Oven, P. (2008) Dejavniki naravne odpornosti lesa in njegova trajnost. *Les 11–12*: 409–414, foto: Miha Humar

Slika 113: Foto: Matevž Paternoster, Muzej in galerije mesta Ljubljane

Slika 120: a) Izris: Zagorka Simić

b) Dostopno na https://en.wikipedia.org/wiki/Serpula_lacrymans

c) Dostopno na https://en.wikipedia.org/wiki/Fibroporia_vaillantii

Slika 122: Vir: Zavod za gozdove Slovenija, Večna pot 2, Ljubljana; foto: Jošt Jakša

Slika 123: a) Vir: GIS Oddelek za varstvo gozdov; foto: Kinelski Stanislaw

Slika 122. Vir: Zavod za gozdove Slovenija, Večna pot 2, Ljubljana; foto: Jošt Jakša

Slika 124: Vir: DESOWAG-BAYER Holzschutz GmbH, Roßstraße 76, Düsseldorf 30

Slika 133: b) Dostopno na <http://www.wikiwand.com/de/Holzfehler>

Slika 161: b) Dostopno na <https://www.gozd-les.com/novice/javor-rebras>

Slika 181: Foto: Miha Zabret

Slika 182: Vir: Prošek, M.; Geršak, M.; Kavčič, J. (2001) Stroji za obdelavo lesa, , Ljubljana: Lesarska založba: 129

Slika 192: Vir: Krämer, F. (2002) Grundwissen des handwerklichen Holztreppebauers. Karlsruhe: Bruderverlag: 19

Slika 197: Vir: Gozdno gospodarstvo Slovenj Gradec. Dostopno na: <http://www.gg-sg.si/foto-in-video/fotogalerija/lgaidd/6092.aspx>

Slika 210: Vir: Furnieren (1981), Herausgegeben vom Bundesinstitut für Berufsbildung, Beuth Verlag GmbH Berlin: 3.

Slika 213: Dostopno na <https://www.grenzebach.com/de/produkte-maerkte/baustoff-produktions-technologie/holz/#review-653>

Slika 216: c) Dostopno na: http://www.kampo.si/images/content/slike/material19_b.jpg

- Slika 224: Foto: arhiv podjetja Mitol, Sežana
- Slika 226: Dostopno na http://www.osama-tech.com/de/Mischer_zum_Vorbereiten_von_Klebstoff_und_Zugabemitteln_MC_250-150
- Slika 227: Dostopno na https://de.wikipedia.org/wiki/Glulinleim#/media/File:Knochenleim_Granulat.jpg
- Slika 231: Vir: Poslikano kmečko pohištvo v zbirki Gorenjskega muzeja (2013), Kranj: Gorenjski muzej, stran 85, fotografija Tomaž Lauko
- Slika 232: Foto: Tomaž Lauko, Narodni muzej Slovenije, inv. št. N 30859
- Slika 233: Vir: SIST EN 324-1:1996
- Slika 240: Vir: TechTalk Parts Express. Dostopno na: <https://www.google.si/search?q=lignostone&client=firefox-b&dcr=0&tbm=isch&tbo=u&source=univ&sa=X&ved=0ahUKEwjllavFy8XYAhXEJFAKHQHfBJ4QsAQIOw&biw=1366&bih=635#imgsrc=CkAnAHG3sdrsLM>
- Slika 246: Foto: arhiv podjetja GG Postojna, PE Marof Trade, Stari trg pri Ložu
- Slika 248: Artek. Dostopno na: http://www.vam.ac.uk/vastatic/microsites/1331_modernism/files/67/33_aalto_chair.jpg
- Slika 250: Hoja d. d., Žagarska ulica 5, 1291 Škofljica. Dostopno na: <http://www.hoja-global.com/?portfolio=jahalnica-ig>
- Slika 253: Dostopno na <http://www.holzverarbeitung-lauterbacher.at/portfolio/aufbau-von-dreischichtplatten/>
- Slika 254: CBD d. o. o., Lopata 19G, Celje. Dostopno na: <http://www.cbd.si/lesena-gradnja/krizno-lepljen-les-klam>
- Slika 255: Dostopno na www.kuechler.ch/shop/de/holz-industrie/wabenplatten/swap-standard-wabenplatten-ntb.html
- Slika 257: b) Dostopno na https://de.wikipedia.org/wiki/Strangpressplatte#/media/File:R%C3%B6hren-Spanplatte_2009.jpg
- Slika 259: Foto: arhiv podjetja Brest-pohištvo, Cerknica
- Slika 261: Dostopno na <https://de.wikipedia.org/wiki/Spanholzformteil>
- Slika 262: Dostopno na <http://www.europeanwood.org.cn/en/laminated-strand-lumber>
- Slika 264: Dostopno na <http://gutex.de/sortiment/produkte/produkt/gutex-thermoflex-1/>
- Slika 284: Foto: arhiv podjetja Belinka Belles, Ljubljana
- Slika 288: Vir: Arhiv proizvajalca vrat Kampo, Tacenska c. 27, Ljubljana
- Slika 289: Vir: <http://www.kamnik.info/wp-content/uploads/2015/01/nevarni-odpadki.jpg>
- Slika 310: Vir: Blankenstein, C. (1956) Holztechnisches Taschenbuch. München: Carl Hanser Verlag: 517
- Slika 333: b) Vir: arhiv podjetja M-R PLUS d. o. o., Ljubljana
- Slika 334: b) Vir: arhiv podjetja M-R PLUS d. o. o., Ljubljana
- Slika 344: Prospekt: INCOPLAN Srl; Via Galileo Galilei 13-15, 31010 Mareno di Piave, Italy
- Slika 352: Dostopno na https://m.german.alibaba.com/promotion/promotion_microwave-vacuum-wood-drying-machine-promotion-list.html
- Slika 358, 359, 356: Podatki: Mayes, D.; Oksanen O. (2003) ThermoWood handooock. Helsinki. Finnish Thermowood Associaton, 66. Vir: *Revija Les*, št. 7-8-2008: 279 in280.

Slike na spletu – dostop 30. 11. 2017.

VIRI SLIK V PRILOGI: DREVESNE VRSTE

Domači iglavci

Domači listavci

Druge domače drevesne vrste

Risbe – Zagorka Simić

Fotografije – ljubje, list – Uroš Geršak

Fotografije – tekstura lesa – Anton Suhadolc

Tuji iglavci

Tuji listavci

Fotografije:

duglazija, sekvoja, balza – Vir: (29.: priloga)

klek – Mirko Geršak

afrormozija, balza, iroko, mahagoni, makore, okume, paduk, palisander rio, tik – Vir: (24.: barvna priloga)

limba, <http://www.wood-database.com/wp-content/uploads/black-limba.jpg>

meranti – https://www.prowebcanada.com/taxa/displayspecies.php?species_name=Shorea+pauciflora

ramin – https://en.wikipedia.org/wiki/Gonystylus_bancanus

Palme

kokosova palma – <https://pixabay.com/en/coconut-palm-tree-tropical-nature-796007/>

datljeva palma – https://en.wikipedia.org/wiki/Date_palm#/media/File:Date_palm_with_fruits.jpg

sagova palma – <http://a4.pbase.com/u29/etfitz/upload/34496597.sago.jpg>

VIRI PREGLEDNIC

- Preglednica 1:** Gozdni fond, razvoj gozdov: Svet, Evropa, Slovenija, prof. Andrej Bončina.
Dostopno na http://www.bf.uni-lj.si/fileadmin/groups/2686/varstvo_okolja/Gozdovi_Svet_Evropa_Slovenija.pdf
- Preglednica 2, 3:** Zavod za gozdove Slovenije, 2014. Dostopno na: http://www.zgs.si/slo/gozdovi_slovenije/o_gozdovih_slovenije/lesna_zaloga/index.html
- Preglednica 4, 5, 6, 7:** Sestavil avtor iz navedene Literature.
- Preglednica 8:** Polanc, J.; Leban, I. (2003) *Les – zgradba in lastnosti*. Ljubljana: Lesarska založba: 54
(po podatkih Wagenfür, R. (1966) *Holzatlas*. Leipzig: Fachbuchverlag).
- Preglednica 9:** Sestavil avtor iz navedene Literature.
- Preglednica 10:** Horvat, I.; Krpan, J. (1967) *Drvno industrijski priručnik*. Zagreb: Tehnička knjiga: 423
(podatki so delno dopolnjeni).
- Preglednica 11:** Polanc, J.; Leban, I. (2003) *Les – zgradba in lastnosti*. Ljubljana: Lesarska založba: 76
(po Kruse K., *Holzlexikon*, 2003).
- Preglednica 12:** *Wiesenspeicher* (1984). Leipzig: VEB Fachbuchverlag: 42.
- Preglednica 13:** Geršak, M.; Prošek, M. (2010) *Lesarstvo – zbirka nalog*. Ljubljana: Lesarska založba: 256
(podatki so delno dopolnjeni).
- Preglednica 14, 15:** Kavčič, J.; Geršak, M. (1992) *Energetske naprave*. Ljubljana: Lesarska založba: 83
(podatki so delno dopolnjeni).
- Preglednica 16:** Lohman, U. (2016) *Holz Handbuch*. Hamburg: Nikol Verlagsgesellschaft mbH & Co. KG: 28.
- Preglednica 17:** Polanc, J.; Leban, I. (2003) *Les – zgradba in lastnosti*. Ljubljana: Lesarska založba: 54;
(po podatkih Wagenfür, R. (1966) *Holzatlas*. Leipzig: Fachbuchverlag).
- Preglednica 18:** *Wiesenspeicher* (1984). Leipzig: VEB Fachbuchverlag: 42 (podatki so delno dopolnjeni).
- Preglednica 19:** Horvat, I.; Krpan, J. (1967) *Drvno industrijski priručnik*. Zagreb: Tehnička knjiga: 455.
- Preglednica 20:** Standard SIST EN 350 – 2:1994
- Preglednica 21:** Standard SIST EN 335:2013
- Preglednica 22:** Pipa, R. (1990) *Anatomija in tehnologija lesa*. Ljubljana: Lesarska založba: 97.
- Preglednica 23:** Standard SIST EN 1315:2010
- Preglednica 24:** *Gradbeniški priročnik* (2012). Ljubljana: Tehniška založba Slovenije: 268, 269 (trgovske mere).
- Preglednica 25:** Standard SIST DIN 4074-1:2009
- Preglednica 26:** Standard SIST EN 338:2016
- Preglednica 27:** Standard SIST EN 1912:2012
- Preglednica 28:** Standard SIST EN 338:2016
- Preglednica 29:** Sestavil avtor iz navedene Literature.
- Preglednica 30:** Kraut, B. (2001) *Krautov strojniški priročnik* – 13. slovenska izdaja. Ljubljana: Littera picta: 96.
- Preglednica 31:** Žarnić, R. (2005) *Lastnosti gradiv*. Ljubljana: Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo: 192
(podatki so delno dopolnjeni).
- Preglednica 32, 33:** Grošelj, A.; Kovačič, B.; Čermak, M.; Geršak, M. (2010) *Tehnologija lesa 2*. Ljubljana: Lesarska založba: 174
(podatki so delno dopolnjeni in delno drugače razporejeni).
- Preglednica 34, 35:** Standard EN 301:2013
- Preglednica 36:** Standard SIST EN 312:2011
- Preglednica 37:** Sestavil avtor iz navedene Literature.
- Preglednica 38, 39, 40:** Geršak, M.; Velušček, V. (2003) *Sušenje lesa*. Ljubljana: Lesarska založba: 12, 37, 47.
- Preglednica 41:** Vir: Dimitrov, T. (2002) *Klima i prirodno sušenje drva*. Zagreb: samozaložba: 73, 74.
- Preglednica 42:** Vir: Geršak, M.; Velušček, V. (2003) *Sušenje lesa*. Ljubljana: Lesarska založba: 93 (podatki so delno dopolnjeni).
- Preglednica 43:** Lohman, U. (2016) *Holz Handbuch*. Hamburg: Nikol Verlagsgesellschaft mbH & Co. KG: 156.
- Preglednica 44:** Geršak, M.; Velušček, V. (2003) *Sušenje lesa*. Ljubljana: Lesarska založba: 105.
- Preglednica 45:** Lohman, U. (2016) *Holz Handbuch*. Hamburg: Nikol Verlagsgesellschaft mbH & Co. KG: 176.
(Podatki po Trübswetter: Seminar Vorträge am Lehrinstitut, Rosenheim, 1985 in so delno dopolnjeni).
- Preglednica 46:** Primer – sestavil avtor.
- Preglednica 47, 48, 49:** Hustede, K. (1979) *Schnittholz Trocknung*. Stuttgart: Deutsche Verlags-Anstalt: 96, 97, 98.
- Preglednica 50:** Lohman, U. (2016) *Holz Handbuch*. Hamburg: Nikol Verlagsgesellschaft mbH & Co. KG: 158.
- Preglednica 51, 52, 53:** Geršak, M.; Velušček, V. (2003) *Sušenje lesa*. Ljubljana: Lesarska založba: 153, 152, 162.



Simončičev toplar iz Bistrice pri Šentrupertu - kulturni spomenik državnega pomena (1936), foto: M. G.



Melu, Mizarstvo, d. o. o.
 Raduha 56
 3334 Luče ob Savinji
 Tel.: 00386 (0)3 83 93 880
 Fax.: 00386 (0)3 83 93 888
 e mail.: mizarstvo.selisnik@siol.net

S spoštovanjem tradicije in dosedanjih izkušenj smo se skupaj s sodelavci lotili sodobnega produkta, ki bi zadovoljil vsakega kupca. Uporabili smo tisočleten material – LES ter ga z uporabo sodobne tehnologije preoblikovali v moderen izgled, ki vam bo služil tako funkcijsko kot tudi estetsko. Tako je nastal produkt, ki ga boste veseli v Vašem domu.

Vrata so pohištvo, s katerim se največkrat srečate. To srečanje mora biti prijazno in zanimivo. To je z lesom možno, saj boste vsakič na njem našli nov čudež narave.

Široka paleta lesenih notranjih vrat, izdelanih iz različnih vrst lesa in v dizajnu po vaši meri, se bo podala k vsakemu Vašemu okusu in potrebam.

KAMPO d. o. o.
 Tacenska cesta 27
 1210 Ljubljana
 tel. 5132-130
 fax. 5132-135
 info@kampo.si
 www.kampo.si

Proizvodni program zajema:
 notranja vrata, ognjevarna lesena vrata
 KAMPO EI30, sanitarne pregradne in mobilne
 pregradne stene, akustične, dekorativne in
 fasadne obloge ter seveda izvedba
 stanovanjske opreme, opreme za hotele,
 apartmaje, pisarne in poslovne prostore.



M – R PLUS d. o. o.
Setnikarjeva ulica 11
1000 Ljubljana, Slovenija
Telefon: 01 256 05 64
Gsm: 041 376 463, 041 646 377
info@m-r.si

Sušenje v naših sušilnicah zagotavlja visoko kvaliteto posušenega lesa in s tem prvi korak k optimalnemu izkoriščanju lesne surovine. Zagotavljamo vam strokovno podporo in kvaliteten servis.

Proizvajamo:

- Klasične in kondenzacijske sušilnice lesa

Celoten proces sušenja vodimo z avtomatskim krmiljem dTouch, ki omogoča vodenje sušenja kar 80 različnih vrst lesa.

- Kontejnerske sušilnice lesa

- Opremo za termično obdelavo lesa ISPM15

- Parilnice lesa

- Sušilnica sadja, zelenjave in zelišč

- Ročne merilnike vlage lesa



Blažič, Robni trakovi, d. o. o.
Bravničarjeva ulica 18
1000 Ljubljana
Telefon: (01) 519 92 60
info@blazic.eu
www.blazic.eu

Prodajni program:

Samolepilni trakovi

Robni trakovi

Ploskovni furnirji

Foliije in laminati

Pohištvena galanterija

Pohištveno okovje

Orodje in embalaža

Laki in lepila

Svetila

Koši, korita in gospodinjski aparati

Outlet



Srednja lesarska šola Ljubljana

Aškerčeva 1, 1000 Ljubljana

Telefon: (01) 01 2411 662

ssljles@guest.arnes.si

<http://www.lesarska.sclj.si/>

Znanje in zavedanje o lesu ima pridih čarobnosti in skrivnostnosti, delati z lesom je kreativno in lepo. Načrtovanje v proizvodnji, oblikovanje izdelkov, nadzor vodenih strojev, prodajne aktivnosti ... vse na področju lesarstva.

Po vsem svetu bomo tudi v prihodnje uporabljali izdelke iz lesa. Proizvajali jih bodo tisti, ki bodo to znali. To pa bodo znali tisti, ki se bodo tega učili in svoje znanje stalno izpopolnjevali.

Da je les pomemben za Slovenijo, so vedeli že naši predniki, ki so pred 130 leti ustanovili predhodnico naše šole (Strokovna šola za lesno industrijo v Ljubljani), v kateri so se izobraževali strokovnjaki za predelavo lesa.

Danes dijaki na ŠC Ljubljana, Srednji lesarski šoli, pridobivajo kvalitetna znanja v naslednjih izobraževalnih programih:

- **NPI – obdelovalec lesa,**
- **SPI – mizar,**
- **SSI – lesarski tehnik,**
- **PTI – lesarski tehnik.**

Naša vizija je jasna – vso pridobljeno odličnost bomo ohranili in jo hkrati prenesli na prihajajoče rodove.

SPOZNAJMO LES, ki:

- ima raznovrstno zgradbo (heterogenost),
- ima na prerezih različne lastnosti in teksturo (anizotropnost),
 - je luknjičav (poroznost),
- vpija in oddaja zračno vlago (higroskopsnost),
- je nestabilnih dimenzij (krčenje in nabrekanje),
- ima spremenljive podatke o lastnostih lesa (variabilnost),
 - je izpostavljen razkroju (trohnenje).

S to knjigo se boste naučili celovito ravnati z lesom in lesnimi tvorivi.

Oblič mizarju, kopito čevljarju!

ISBN 978-9-6128835-5-3

