

## 5. Puidu füüsikalised omadused

Puidu keemiline koostis on kõikidel puuliikidel sarnane, kuid füüsikalised omadused sõltuvad mitmesugustest puidu omadustest, mis omakorda olenevad puu liigist ja keskkonnast, kus puu kasvab. Erinevused võivad olla ka ühe ja sama liigi puhul.

Puidu füüsikalisi omadusi saab määrata mõõtmise, kaalumise ja vaatluse teel ilma puidu tekstuuri ja keemilist koostist lõhkumata.

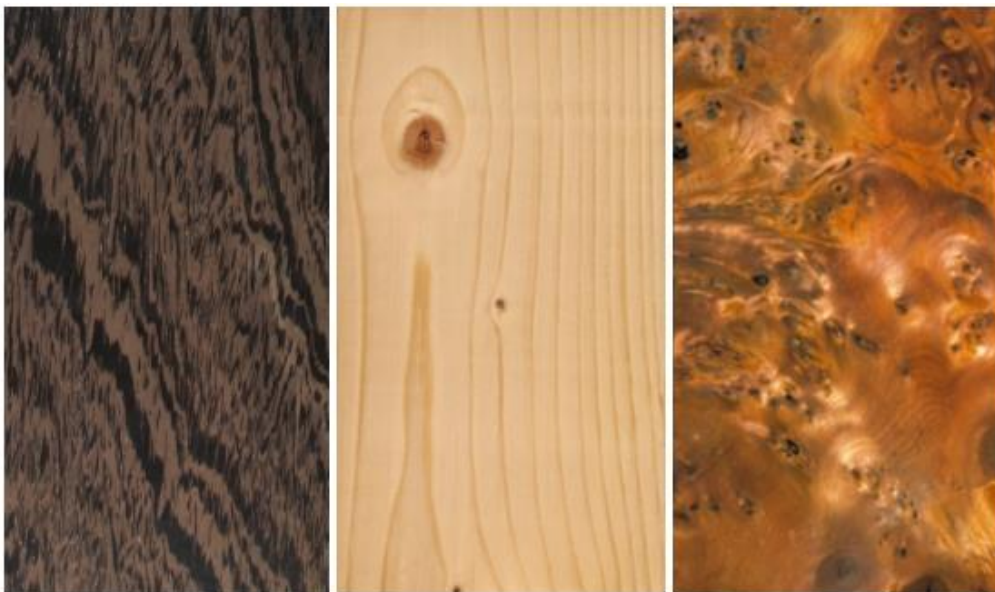
Puidu tähtsamad füüsikalised omadused võib määrata järgmistesse gruppidesse:  
puidu välised omadused (värvus, läige, tekstuur, lõhn);  
omadused, mis on seotud puidu ja vee vastastikusel mõjutamisel (hügroskoopsus, kuivamiskahanemine, paisumine);  
puidu tihedus;  
puidu soojuslikud omadused;  
puidu akustilised omadused;  
puidu elektrilised omadused;  
puidu teisi omadusi.

### Puidu välised omadused

#### 5.1 Puidu värvus.

Puiduliikide värvuste skaala on väga lai ulatudes kollakasvalgest mustani. Värvivaheldused ühes ja samas puuliigis võivad olla nii suured, et värvuse põhjal ei ole võimalik puidu liiki kindlaks määrata. Värvuse annavad puidule ekstraktiivained, vaigud, õlid ja parkained.

Mõne puuliigi malts- ja lülipuidu vahe on selge värvusega (jalakas, saar) samas on kuusel väga raske heledat maltspuitu punakaspruunist lülipuidust eristada. Troopiliste puude lülipuit on tavaliselt tumedama värvusega. Värvus võib muutuda ka õhu ja päikese käes seistes (nt lepa värvus muutub pärast raiumist punakaspruuniks).



Joonis 39. Värvus. Vasakul wenge, keskel- kuusk ja paremal pähklijuur

Intarsiatöödeks kasutatakse erinevate värvustega puitu ja värvitud puidutükke. Kontrastse värvusega puiduliigid on näiteks: eebenipuit, satiipuu, kirsi- ja ploomipuu, mahagonipuu, kreeka pähklipuu, sebrapuu.

Ka immutatud puidus tekib värvuste muutusi. Vees lahustatud puidukaitsevedelikud, mis sisaldavad vaske, annavad immutatud puidule roheka või rohekaskollase värvuse. Aja jooksul võib antud värvus muutuda kuldpruuniks, hallikaspruuniks või halliks, olenedes sellest, kui suurel määral ilmastik ja tuuled puitu mõjutanud on. Õlis lahustatavad puidukaitsevedelikud on harilikult värvitud. Kreosoodiga immutatud puit on must või pruunikasmust, kuid pleekub valguse käes tasapisi heledamaks.

## 5.2 Läge, tekstuur, lõhn

Puidu läige tuleb kõige paremini esile radiaallõikes, kus on säsikiired kõige paremini nähtavad. Tangentsiaalpind on tavaliselt läiketu ja tüve ristlõige hoopis matt. Küllaltki läikiva puiduga on saar, kask, vaher ja pärn, peaaegu läiketu on aga pöök.

## 5.3 Puidu tekstuur

Tekstuur on muster, mis tekib puidu pinnale anatoomiliste elementide läbilõikamise teel. Tekstuuri moodustavad aastarõngad, säsikiired, puidukiud ja sooned, mis kõik kuuluvad puidu ehituse alla, seega on puidu tekstuuri ja ehituse vahel otsene seos. Okaspuu tekstuur on võrreldes lehtpuuga tunduvalt lihtsam, kuna okaspuu puit on lihtsama ehitusega

Puidu tekstuuri määrab ära puidu lõikesuund. Need puuliigid, mis paistavad silma kevad- ja sügispuidu kontrastsusega (nt saar, tamm, pähkel, kastan, lehis), omavad ilusat tekstuuri tangentsiaal lõikes. Silmatorkavate säsikiirtega puuliigid (nt pöök, vaher, tamm) omavad ilusat tekstuuri radiaallõikes.

Nagu öeldud valgus ja õhk muudavad puidu värvitooni juba töötlemise käigus ja ka edaspidi aastatega. Katteta puitpinda tuleks hoida mustuse ja tolmu, väga kuiva õhu ja niiskuse eest. Seega peame puitu kaitsma kas keemiliste ainete abil mis aga kahjustab nii tervist kui ka keskkonda. Looduslike põhikomponentidega vaha ja õli kaitsevad puitu kahjulike tegurite eest ning annavad mööblile sametise pealispinna, ilma puidu poore sulgemata. Puidu tekstuur jääb paistma. Leeliselahus, vaha ja õli viimistlevad ja kaitsevad mööblieset. Keskkonnasõbralike ainete kasutamine hoiab nii inimest kui ka loodust, kõigele lisaks säilivad ka puidu loomulikud omadused.

## 5.4 Puidu lõhn

Allpool on toodud mõnede lõhnavate puiduliikide kirjeldused:

Vaigulõhn on enamusel männiliikidel. Meeldivalt magusa lõhnaga on palisander. Omapärane aroomne lõhn on kadakal. Vanasti soovitati kadakast valmistatud plaate kasutada riidekappides, et ära hoida koisid. Erinevatel seedriliikidel on tugev aroomne lõhn. Seedrile küllaltki lähedane lõhn on lehtpuul tseidrelal (Kuuba-seeder või "sigarikarbiipuu"), millest tehakse suhkrukaste ja kõrgema sordi sigarite karpe. Arvatakse, et selle puiduliigi lõhn tõstab tubaka aroomi.

Ka küpressil ja elupuul (*Thuja occidentalis*) on hea lõhn.

Hapukas lõhn on nulu puidul.

Parkaine (tanniini) lõhn on guajakipuul (*Guaiacum officinale*).

Toornahataoline vürtsikas lõhn on tiikpuul.

Troopilises Aafrikas leidub ka selliseid puuliike, millel on ebameeldiv lõhn.

Lõhnatud on näiteks kuuse küpsuit, mida kasutatakse toiduainete pakkimiseks (vanasti näiteks valmistati sellest võitünni), kuna see puit ei sisalda aromaatsaid aineid, mis võiksid toidu maitset mõjustada. Ka pöök ja pärn (marmelaadikarbid) on lõhnatud.

Puit, mida on immutatud vees või õlis lahustuvate ainetega ja mida on korralikult kuivatatud, on samuti harilikult lõhnatu.

Kreosoodiga immutatud puitu ei saa kunagi täiesti lõhnavabaks, kuid mõni aasta peale immutamist pole lõhn enam nii häiriv.

### 5.5 Puidu niiskus

Puidu lagunemise põhjuseks ei ole kunagi tema vanus- hoides puitu kuivana peab ta vastu aastasadu. Puidu üks suurimaid probleeme on seotud tema hügrokoopsete omadustega, st materjal muudab ja ühtlustab oma niiskust vastavalt ümbritseva õhu niiskussisaldusele ja temperatuurile. Tegemist on puidu negatiivse omadusega mida ei ole praktiliselt võimalik eemaldada, küll aga vähendada (erinevad puidukaitsevahendid).

Elavate puidurakkude protoplasmas on kuni 80% vett. Maharaiutud puidus mõjub puidu niiskuse olemasolu negatiivselt, halvendades puidu tehnilisi omadusi:

1. toores puit on raske;
2. kuivatamata puit mädaneb kiiremini, samuti mõjuvad kiiremini hallitus ja teised struktuuri lagundavad seened;
3. niiskest puidust valmistatud esemed pole nii tugevad, sest tema detailid kuivavad, kõmmelduvad ja lõhenevad, eseme kasutamise iga muutub väga lühikeseks;
4. niiske puidu pinda on väga raske kvaliteetselt viimistleda, hõõveldada ja liimida;
5. mõõdu ja kuju muutlikkus temperatuuri ja niiskuse muutudes;
6. puidu kuivamisel tekivad kuivamislõhed.

Nende pahede tekkimiseks tuleb puitu kuivatada teatud niiskusastmeni, mis vastab elutuse või eseme eksploatatsiooni tingimustele. Niiskuse kõrvaldamise protsessi puidust auramise teel nimetatakse kuivatamiseks.

Puidu niiskuseks nimetatakse puidus leviva niiskuse ja vee massi suhet vastavalt kuiva puidu massile. Niiskus avaldatakse järgmise valemi kaudu:

$$W = \frac{m - m_0}{m_0} \times 100\%$$

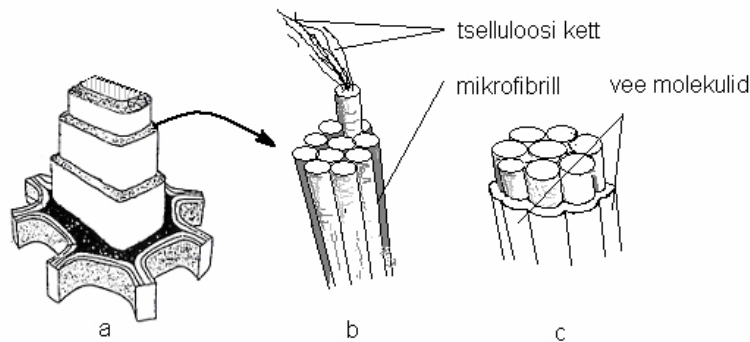
W - niiskus,  
 m - niiske puidu kogumass,  
 m<sub>0</sub> – absoluutkuiva puidu mass.

Niiskuse mõõtmiseks kasutatakse ka elektrimõõtjaid. Seade on ehitatud põhimõttel, et sõltuvalt puidu niiskussisaldusest muutub ka elektriline takistus kahe juhtteraviku vahel, mis puitu surutakse (joonis 41). Niiskuse määramiseks kasutatakse veel elektromagnetilisi mõõduriistu. Selleks asetatakse mõõteseade puidu pinnale, elektromagnetilised lained läbivad puitu, määrates selle niiskuse. Mõõteriistale on märgitud, kui sügavale magnetlained ulatuvad ja kui suures vahemikus ta niiskust mõõdab (nt sügavus 20 mm, niiskus 5- 30%). Tihtipeale tuleb enne mõõtmist sisestada seadmesse mõõdetav puiduliik (pehme okaspuu, tihe lehtpuu jne).



Joonis 41. Elektrilise takistuse põhimõttel töötav niiskuse mõõtja.

Elav puit sisaldab umbes 50% vett, osa niiskusest asetseb raku seintes ja osa rakkude siseruumides. Niiskus, mis asetseb raku seintes, on seotud ehk hügrokoopne vesi, paiknedes fibrillide (raku sein koosneb fibrillidest) pinnal ja moodustab nende vahele pidevaid veemolekulide kihte, paksusega kuni mõnesaja molekulini (joonis 42c).



Joonis 42. Hügrokoopne vesi rakuseintes.

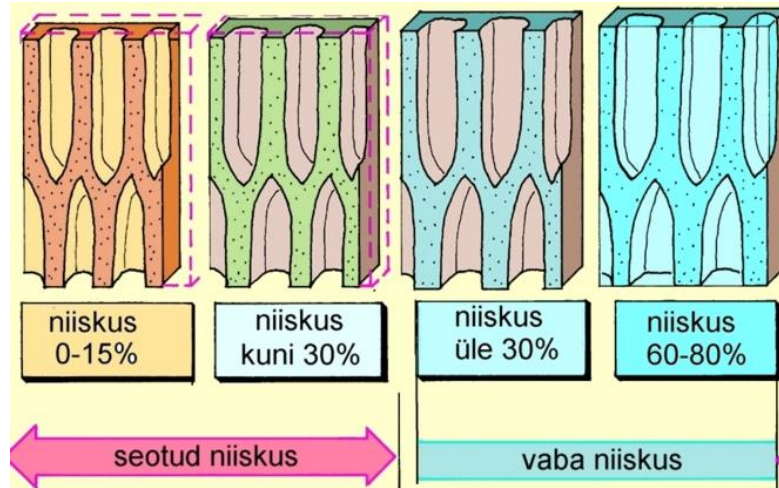
*a – rakk, b – tselluloosikiudude kimp kuiva puidu puhul, c – tselluloosikiudude kimp märja puidu puhul.*

**Hügrokoopsuseks** nimetatakse puidu omadust imeda endasse niiskust seni, kuni see tasakaalustub ümbritseva õhu niiskusega. Seega võib kuivanud puit niiskust hiljem uuesti juurde võtta ümbritsevast keskkonnast, kui viimase niiskus on selleks küllalt suur (puidus olev ligniin on aine, mis imeb enesesse niiskust).

Hügrokoopsus on puidul halvaks omaduseks, sest puidu niiskuse muutumisega kaasnevad ka kuju ja mõõtmete muutumine ning väheneb vastupanu mädanikuseentele.

Kui puitu kuivatada niiskussisalduseni 0% hakkab ta kohe endasse imema ümbritseva õhu niiskust (joonis 43 A). Esmalt imendub niiskus puidu rakuseina, kuid seda ainult teatud piirini, kuni rakusein niiskusest küllastub. Küllastuspiir ( $W_{kp}$ ) saabub kõikidel puuliikidel umbes 30% ( $W=30\%$ ) niiskussisalduse juures (joonis 43 B). Sellisel juhul on rakuseinad maksimaalselt niiskusest küllastunud ja rakusein pundub. See seletabki asjaolu miks puit paisub.

Niiskussisalduse suurenedes üle 30% koguneb liigne vesi rakuõõnde, soontesse ja fibrillidevahelistesse õõnsustesse. Antud niiskust nimetatakse vabaks niiskuseks (joonis 43 c).



Joonis 43. Erineva niiskussisaldusega puidurakud. a – niiskus on väiksem kiuseina küllastuspunktist; b - niiskus on võrdne kiuseina küllastuspunktiga ( $W = 30\%$ ), kiu seinad on küllastunud, vaba vesi puudub; c – niiskus on üle kiuseina küllastuspunkti ( $W > 30\%$ ), kiu seinad on küllastunud. Vaba vesi paikneb rakuõnsustes.

Maksimaalne vaba niiskuse sisaldus sõltub kiuõõnte mahust ja kiududevahelistest tühimikest ning on erinevatel puuliikidel 60–70% kuni 250%. Seotud niiskuse sisalduse muutumine mõjutab mitut puidu omadust (mõõtmeid, mehaanilisi omadusi). Niiskuse suurenedes üle küllastuspiiri ei muutu enam puidu ruumala vaid suureneb puidu mass.

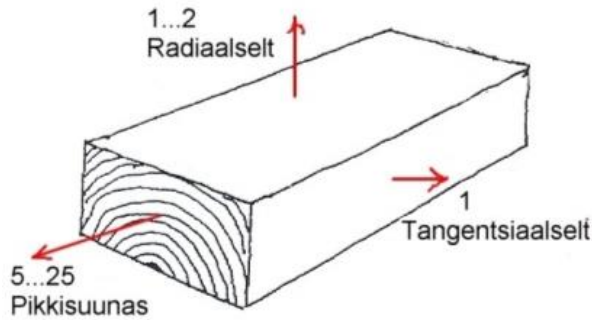
Seega esineb niiskust puidus kolmel viisil: seotud veena ehk hügrokoopse veena, vaba veena ja keemiliselt seotud veena.

Puidu niiskus sõltub puiduliigist, aastaajast ja kasvukohast. Okaspuude maltspuit on tunduvalt niiskem kui lülipuit (mööda maltspuitu transporditakse toitained ning on seega niiskem), lehtpuudel nii suurt erinevust ei ole. Kui puit seisab pikka aega muutumatu olekuga õhus, tekib temas püsiv niiskus.

### 5.5.1. Niiskusega seotud kujumuutused

Puidu kuivamine ja paisumine

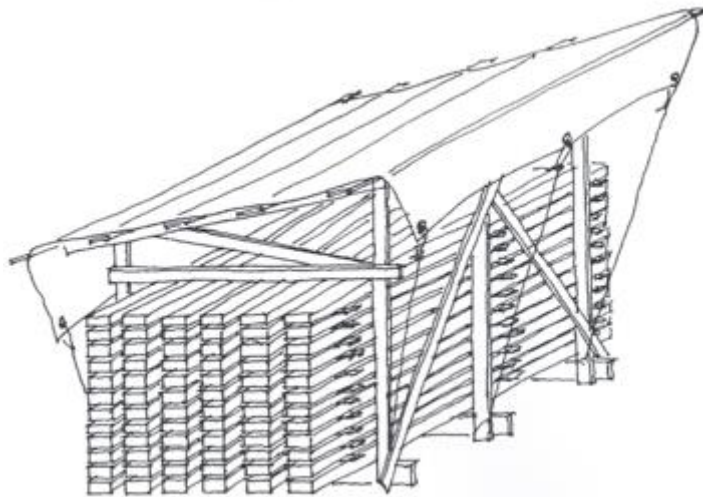
Puidu kuivamise käigus eraldub kõigepealt vaba vesi. Radiaalsuunas liigub niiskus mõnevõrra kiiremini kui tangentsiaalsuunas (säsikiirte mõju). Piki kiudu liigub vesi aga ligi 15 korda kiiremini kui radiaal- ja tangentsiaalsuunas (juhtrakkude mõju). Sellega on seletatav ka materjali otste kiirem kuivamine. Puidu niiskuse eraldumise kiirus on kujutatud joonisel 44



Kui puidust on eemaldunud vaba vesi, hakkab kuivama rakusein. See mõjutab otseselt rakuseina niiskussisaldust ja seega materjali omadusi: algab puidukiudude kahanemine ning muutuvad puidu tugevus-, kõvadus- ja elastsusomadused.

Joonis 44. Puidu niiskuse eraldumise kiirus.

Kõige lihtsam meetod puidu kuivatamiseks on vabaõhkuivatus. See nõuab aga pikka kuivatusaega ja on suuresti sõltuv aastaegadest. Et puit oleks korralikult kaitstud kahjustuste vastu, ei tohi puidu niiskus peale kuivatamist ületada 18.. 20%. See nõuab 3.. 8-kuulist kuivatusaega. Kui selle aja jooksul ei olda küllalt hoolsad, võivad puidu välimus ja omadused kahjustuda. Vabaõhkuivatus toimub kõige kiiremini suvisel perioodil, kuid ei võimalda puitu kuivatada alla 17... 18% niiskuse. Suur osa puidutoodangust (näiteks sisustustarbed ja mööbel) nõuavad tooraineks aga märgatavalt madalama niiskussisaldusega puitu.



Joonis 45 Kuivatamine vabas õhus.

Puidu niiskusprotsendid vastavalt kasutusale:

Mööbli, sisustuse, parketi jne jaoks toatemperatuuril, mille juures õhu suhteline niiskus on 30...40%, on sobivpuiduniiskus 6...8%.

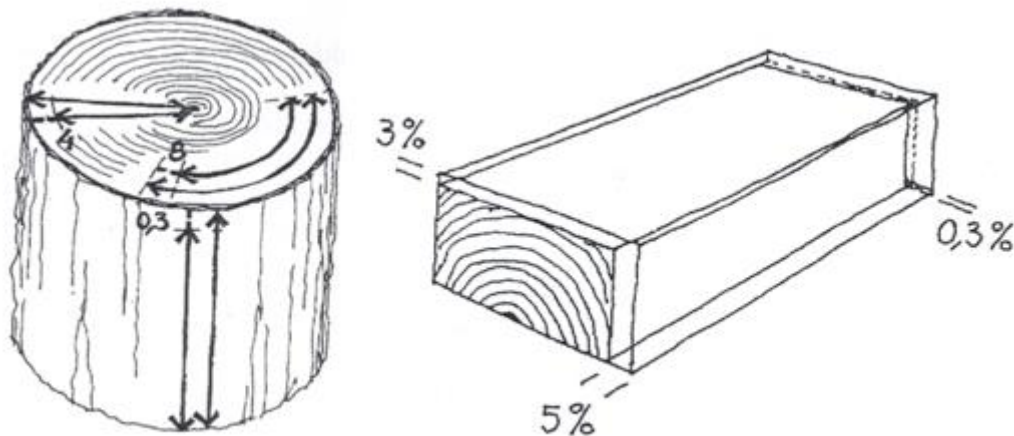
Akende ja välisuste, suhteline õhuniiskus 70... 80%, jaoks on sobiv puiduniiskus 12... 15%. Pidevalt välisõhu käes seisva, vihma eest kaitstud puidu, suhteline õhuniiskus 80...90%, jaoks on sobiv puiduniiskus 14... 18%.

Puidu kuivamisel ja kahanemisel käivad kaasas ka mitmesugused pahed, nagu pakatamine, kõmmeldumine, kaardumine jne. Ettevaatamatu ja kiire kuivatamisega võivad laudade/plankude otsad niiskuse intensiivse eemaldumise tõttu lõheneda ja see vähendab tunduvalt puidu väärtust. Otstarbekas on pärast palgi lahtisaagimist katta saematerjali otpinnad värviga, et vältida nende liiga kiiret kuivamist.



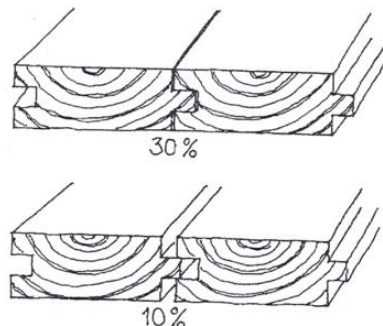
Kahanemisel või paisumisel tekkivate sisepingete tagajärjel toimuvad puidus ruumilised muutused. Öeldakse, et „puit töötab“, mis tähendab, et puutükk kahandab oma ruumala vastavalt niiskuse muutumisele. Selline muutus toimub erinevates puiduliikides isemoodi. Suuremad muutused toimuvad tavaliselt tihedamatel puuliikidel (tugevalt töötavad: pöök, pärn, keskmiselt saar, tamm, vaher; vähem määnd, lehis, kuusk).

Puidu kuivamis-kahanemisel on oluline sügispuidu osakaal, sest sügispuidu rakuseinte kogupind on kevadpuiduga võrreldes suurem, seega mahutab ta rohkem vett. Mida niiskem on puit, seda suuremad on kujudeformatsioonid kuivades. Tangentsiaalsuunas on kahanemine ligi kaks korda suurem kui tüve risti ja radiaalsuunas (vt. joonis 46). See põhjustab puidu praktilise kasutuse seisukohast hulga probleeme (miks avanevad suvel puidust ukсед, aknad kergemalt kui sügisel?). Kõige väiksem on kujumuutus pikisuunas mis puittoodete konstrueerimise seisukohalt ei vaja märkimisväärset tähelepanu.



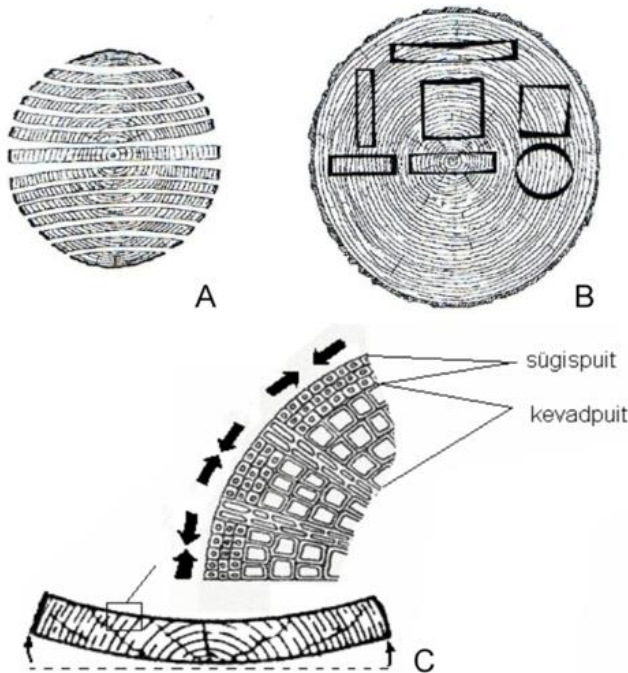
Joonis 46. Saematerjali kuivamiskahanemine erinevates suundades.

Vastavalt eespool öeldule tõmbub puit õhu niiskuse muutudes kokku või paisub. Seepärast on valmis puittoodangu seisukohalt tähtis, et töötlemiseks kasutatav puitmaterjali niiskus oleks peaaegu sama vastava kasutuskoha niiskusega. Kui niiskuse erinevused on suured, võivad tekkida tülikad probleemid, mis on seotud toote vormimuutustega, eelkõige kahanemisega ja paisumisega, kujudeformatsioonid, lõhed jne. Algselt ilus laudpõrand ei pruugi pärast kütteperioodi algust enam nii hea välja näha (joonis 47)



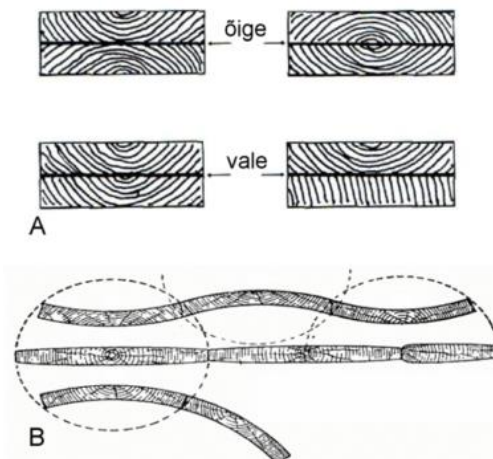
Joonis 47. Põrandalaudadesse võivad tekkida vahed mis on otseselt seotud niiskuse muutumisega

Kõmmeldumine on puidu ristlõike kuju muutumine kuivamisel, mis on põhjustatud kokkukuivamise erinevustest radiaal- ja tangentsiaalsuunas. Kahanemine on põhjuseks, miks palgist täisnurkse või ümmarguse läbilõikega laua või lati väljasaagimisel nende vorm ja kuju kuivatades ebakorrapäraselt muutub. Kõmmeldumise ulatus oleneb eelkõige aastarõngaste suunast puidus joonis 48a, b). Joonisel 49c on näha, et laua ülasos (tangentsiaalpinna) on rohkem sügispuidurakke. Nende mõõtmed vähenevad kokkukuivamisel oluliselt rohkem kui kevadpuidurakkude mõõtmed. Selle tulemusena laua kuju deformeerub ja selle otsad painduvad üles.



Joonis 48.  
 Puidu kõmmeldumine.  
 A- saematerjali kõmmeldumine lähtuvalt asukohast palis;  
 B- Erineva kujuga ja paiknemisega saematerjal kõmmeldub vastavalt aastarõngaste paiknemisest materjalis;  
 C- Kahanemine piki aastarõngaid on ligi kaks korda suurem kui risti aastarõngaid.

Igasugune puidutöötlemine ja -kasutamine nõuab põhjalikke teadmisi puidu kahanemis- ja paisumisomadustest. Täispuidust kilpdetailide valmistamisel peavad need pinnad, millel on samalaadsed kahanemisomadused, asetsema vastastikku, sest niiskuse muutumisel võib liimiühendus nõrgeneda, või kilpdetail kaarduda.

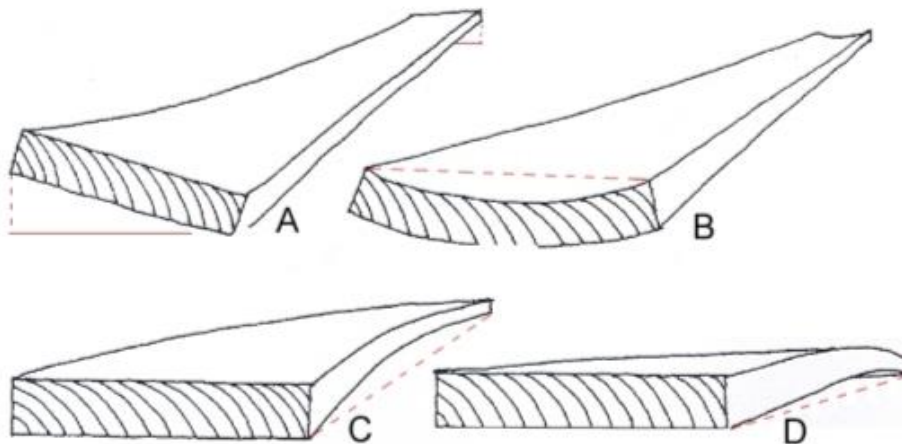


Joonis 49. A- laudade liimimise skeem; B- valesti tehtud liimiühendus



Saeveskites toorestest palkidest väljasaetud plangud ja laudad peavad peale kuivamist olema kindlaks määratud mõõtudega. Seepärast peavad saagimisel plankude ja laudade mõõdud olema lõplikest mõõtudest veidi suuremad. Peab arvestama, et saetud materjal kahaneb õhukuivaks kuivatamisel vastavalt niiskuse vähenemisele 30%-lt (rakuseina niiskuse küllastuspunkt) 20%-le (õhukuiv). Seega tuleb aastarõngaste suunda arvestades mõõtudele lisada ca 1/3 kahanemisprotsendist.

Kaardumine on pikkisuunaline kuju muutumine, mis on põhjustatud puidu sisepingetest (malts- ja lülipuidu erinevast kuivamis-kahanemisest), aastarõngaste suurusest, suunast saematerjalis või materjali ebaõigest virnastamisest. Erinevad kujumuutused, mis leiavad aset kuivamisel, on toodud ära joonisel 50. Nagu kaardumine on ka materjali keerdumine aastarõngaste suunast materjalis. Põhjuseks võib-olla ka puu keerdkasv.

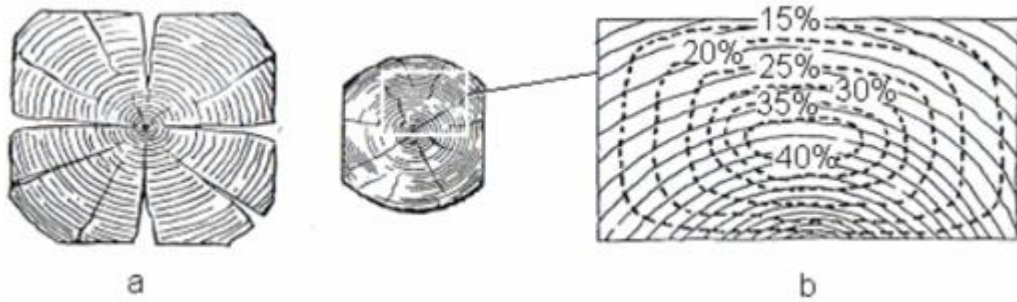


Joonis 50. Puidu kujumuutused kuivamisel. A- keerdumine; B- Kõmmeldumine; C- Serva pikkikaardumine; D- Pikkikaardumine

Lõhede tekkimine kuivamisel on põhjustatud väliskihtide kiiremast kuivamisest – materjalis tekivad sisepinged ja puit lõheneb. Lõhed kulgevad radiaalsuunas, kus paiknevad mehhaaniliselt nõrgad rakud, säsiikiired. Lõhenemine on seda tugevam, mida paksem on materjal ja kiiremini kuivatatakse.

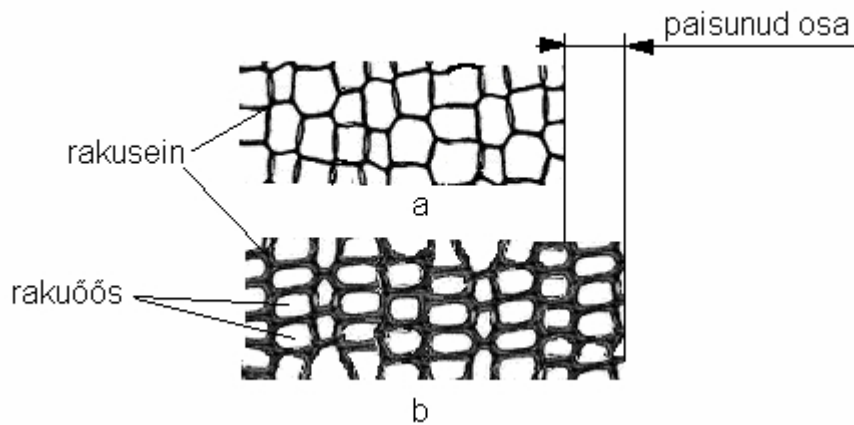
Otslõhed on materjali otspinda tekkinud praod. Niiskus eemaldub kõigepealt materjali pinnalt, jäädes seestpoolt esialgu muutumatuks. Suurest niiskuse erinevusest puidu sise- ja väliskihtides ning kiirest kuivamisest (nt saematerjal, mis on päikese käes), tekivad materjali sisepinged, mille tulemusena tekivad puitu praod (joonis 51).

Et palkide otspinda ei tekiks lõhesid, tuleb vältida otspinna kuivamist päikese käes. Saematerjali kuivatamisel tuleb vöõbata materjali otspind niiskust mitteläbilaskva ainega.



Joonis 51. Lõhede tekkimine kuivamisel . a - puidu otslõhede tekkimine kuivamisel; b – puidutüki läbilõige kuivamisprotsessi käigus. Kui puit väljastpoolt kuivab, pole seespool kuivamine veel alanudki, tekivad sisepinged ja puit lõhestub.

Puidu paisumine. Kui puit niiskub, siis koguneb vesi kõigepealt rakuseintesse. Veekele ümbritseb rakuseina osakesi, eemaldab need üksteisest ja rakusein paisub. Üksikute rakuseinte paisumine kajastub kogu puidu paisumisena (joon 52)



Joonis 52. Puidu paisumise skeem ristlõikes. a – kuiv puit, b – niiske puit.