

Martti Mylly

Teollinen puurakentaminen



Puurakentamisen oppimateriaali

ammattilliseen koulutukseen ja teolliseen valmistustoimintaan



Teollinen puurakentaminen

versio 1.0

18.3.2022

Martti Mylly

Oppimateriaali on laadittu Ammattiopisto Lappian toteuttamassa kehityshankkeessa ja sen ovat rahoittaneet Metsämiesten Säätiö ja Puumiesten Ammattikasvatussäätiö sr.

Johdanto

Teollisen puurakentajan perus- ja ammattitutkinnot tulivat uutena osaamisalana puuteollisuuden ammatillisiin tutkintoihin. Perustutkinto otettiin käyttöön 1.8.2018 ja ammattitutkinto 1.1.2020. Tätä aiemmin ei ole Suomessa ollut tutkintoon johtavaa puurakentajan koulutusta.

Oppimateriaali on laadittu pääsääntöisesti tutkinnon perusteiden mukaisesti teolliseen puurakentamiseen. Oppimateriaalia voidaan käyttää myös osittain rakennusalan ja teknisen suunnittelun perustukintojen opetukseen. Lisäksi sitä voidaan soveltaa ammattikorkea- ja korkeakoulujen puurakentamisen opetukseen teollisen valmistuksen osalta. Tätä voidaan käyttää myös teollisessa puurakentamisessa valmistustekniikan käsikirjana.

Oppimateriaalissa käsitellään jokaista puurakentamisen pääaluetta: suur- ja tilaelementtirakentamista, hirsien valmistusta, CLT- ja LVL-levyjen valmistusta sekä naulalevyrakenteiden valmistusta. Siinä käsitellään lisäksi puu- ja rakennusmateriaaleja, puurakenteiden suunnittelua ja tietotekniikkaan perustuvaa valmistusteknologiaa, puun pintakäsittelyä sekä puutuoteteollisuuden perusasioita.

Oppimateriaalin tarkoituksena on antaa opiskelijoille mahdollisimman laaja-alaista tietoa puurakentamisesta. Nykyaikaisissa puurakentamisen tehtävissä ja toimenkuissa uusi teknologia on entistä suuremmassa osassa perinteisten puu- ja rakennusalan tehtävien rinnalla. Teollisuudessa tarvitaan CNC-ohjelmoinnin ja työstön osaajia sekä CAD-suunnittelijoita. Opiskelu on sekoitus viimeisintä automaatiotekniikkaa ja perinteisen puurakentamisen taitoja.

Tutkinnon suorittaneen teollisuuspuurakentajan keskeistä osaamista ovat: taito valmistaa puurakenteita toteutuspiirustusten ja ohjeiden avulla, taito käyttää puuteollisuuden materiaaleja taloudellisesti, puun ominaisuuksien tunteminen puurakennetuotteiden valmistuksessa, puurakenneteollisuuden peruskoneiden käytön työturvallinen hallinta, nykyaikaisten teollisten valmistustekniikoiden osaaminen sekä rakentamisen vihreän siirtymän ymmärtäminen.

Tämän oppimateriaalin laatimisen mahdollistivat Metsämiesten Säätiön ja Puumiesten Ammattikasvatussäätiön Ammattiopisto Lappialle myöntämät avustukset, joista esitän suuret kiitokset.

Allekirjoittaneen lisäksi oppimateriaalin laatimisen osallistuivat Matti Yliniemi ja Juha Kinnunen. Kiitän Puuinfo Oy:tä, Puutuoteteollisuus ry:tä ja Pro Puu-keskusta laajasta puurakentamisen tietomateriaalista, joiden pohjalta oppimateriaalia on laadittu.

Kiitän myös Ammattiopisto Lappian teknisen suunnittelualan oppilaita, erityisesti Marjut Leiviskää, avusta piirustuksien ja mallinnuksien tekoon sekä valokuvien ottamiseen.

Kemissä, 18.3.2022

Martti Mylly

Sisälllys

1	Toiminta valmistustehtävissä puutuoteteollisuudessa	9
1.1	Metsät ja puutuoteteollisuus (Puutuoteteollisuus ry)	10
1.2	Alan turvallisuusohjeita ja määräyksiä	13
1.3	Teollisen puurakentamisen ekologisuus	21
1.4	Toiminta puutuoteteollisuuden työympäristössä	33
1.5	Toiminta puutuoteteollisuuden elinkeinoelämässä	35
2	Puutavaralajit ja ominaisuudet	37
2.1	Puun ominaisuudet	38
2.2	Sahatavaralajit	43
2.3	Sahatavarasta valmistetut puutavarat	46
2.4	Muut yleisesti puurakenneteollisuudessa käytettävät puulajit	52
2.5	Sahatavaran halkeilu ja yleisimmät viat	57
3	Sahatavaran käsittely	59
3.1	Sahausprosessin vaiheet	60
3.2	Sahatavaran kuivaaminen (Pro Puu-keskus)	60
3.3	Sahatavaran varastointi ja käyttöönotto (Pro Puu-keskus)	67
3.4	Sahatavaran laatu- ja lujuuslajittelu	69
3.5	Sahatavaran sormijatkokset (Timo Toivanen & Matti Yliniemi)	73
3.6	Sahatavaran höyläys (DI A. Kivimaa & Matti Yliniemi)	78
3.7	Puuntyöstökoneiden ja -terien huolto (Matti Yliniemi)	82
4	Teollisen puurakentamisen materiaalit ja valmisteet	85
4.1	Rakenteissa käytettävät puutuotteet	86
4.2	Puurakenteissa käytettävät liimat	92
4.3	Puurakenteissa käytettävät teräskiinnikkeet	93
4.4	Puurakenteissa käytettävät eristeet	99
4.5	Puurakenteissa käytettävät levyt	102
4.6	Lattian pintarakenteet	114
4.7	Vesikaton pintarakenteet	115
5	Teollisen puurakentamisen suunnittelutoiminta	117
5.1	Puurakentamisen arkkitehtuuri	118
5.2	Puurakenteiden suunnittelun perusteet	121
5.3	Suunnittelijat ja vaadittavat pätevyydet	125
5.4	Rakennusten suunnittelussa laadittavat asiakirjat	127

5.5	Rakennesuunnitelmat.....	133
6	Puurakenteiden ominaisuudet	141
6.1	Puurakenteiden kantavuus ja jäykistys	142
6.2	Puurakenteiden kosteus- ja lämpötekniset ominaisuudet	150
6.3	Puurakenteiden palotekniset ominaisuudet	166
6.4	Puurakenteiden äänitekniset ominaisuudet	181
7	Puurakenneosat	187
7.1	Seinäelementit (Puuinfo Oy)	188
7.2	Ala- ja välipohjaelementit (Puuinfo Oy)	191
7.3	Suurkattoelementit (Puuinfo Oy)	192
7.4	Tilaelementit.....	197
7.5	Kuorielementit (Puuinfo Oy).....	200
7.6	Työmaalla koottavat puurakennerungot.....	200
7.7	Palkki-laattaelementit (LVL-Handbook, Puutuoteteollisuus ry).....	202
7.8	Puusillat (Puuinfo Oy)	203
7.9	Muu infrarakentaminen puusta	206
7.10	Liimatut terästanko- ja ruuviliittimet	208
8	Puurakenteiden ja –elementtien valmistus.....	209
8.1	Puuelementtien runkorakenteen valmistus.....	210
8.2	Ikkunoiden ja ovien asentaminen puurunkoon.....	212
8.3	Puuelementtien lämmöneristäminen	213
8.4	Puuelementtien levytykset.....	215
8.5	Ulkoeristyksen ja listojen asentaminen	217
8.6	Puurakenteiden liitokset	220
8.7	Kosteiden tilojen huomioiminen elementtirakenteissa	235
8.8	Talotekniikka- ja sähköasennukset elementteihin	236
8.9	Palosuojaukset ja -katkot.....	236
8.10	Pintakäsittely- ja viimeistelytyöt	236
8.11	Puuelementtien kuljettamiseen liittyvät toimenpiteet.....	237
8.12	Puuelementtien laadunvarmistus- ja hyväksyntämenetelmät	240
9	CLT-levyjen tuotanto ja valmistus.....	243
9.1	CLT-valmistuksen tuotantokaavio (Matti Yliniemi)	244
9.2	CLT-levyjen ominaisuudet ja valmistusmateriaalit.....	246
9.3	CLT-levytyypit	247

9.4	CLT-levyjen käyttömahdollisuudet	249
9.5	CLT-levy kantavana rakenteena (Puuinfo Oy)	249
9.6	Sahatavaran esikäsittelyvaiheet CLT-valmistuksessa	255
9.7	Sahatavaran liimaaminen CLT-levyksi (Juha Kinnunen)	255
9.8	CLT-levyjen työstäminen (Juha Kinnunen)	258
9.9	CLT-levyjen viimeistelytyöt (Juha Kinnunen)	259
9.10	CLT-levyjen toimittamiseen tarvittavat toimenpiteet	260
9.11	CLT-levyjen laadunvarmistus- ja hyväksyntämenetelmät	262
10	Hirsien valmistus	269
10.1	Lamellihirsien tuotantolinja	270
10.2	Hirsien ominaisuudet	271
10.3	Hirsityypit	275
10.4	Hirsirakenteiden erityispiirteitä	276
10.5	Hirsi kantavana rakenteena (Puuinfo Oy)	284
10.6	Hirsirakennusten kantavat ja osastoivat rakenteet (Puuinfo Oy)	286
10.7	Sahatavaran esikäsittelyvaiheet hirren valmistuksessa	287
10.8	Hirsiälihioiden liimaaminen	289
10.9	Hirsien työstäminen	290
10.10	Hirsirakenteiden toimittamiseen tarvittavat toimenpiteet	292
10.11	Hirsien laadunvarmistus- ja hyväksyntämenetelmät	294
11	Naulalevyrakenteiden valmistus	295
11.1	Naulalevyrakenteiden käsitteitä	296
11.2	Naulalevyrakenteiden ominaisuuksia	299
11.3	Naulalevyrakenteiden suunnittelu	300
11.4	Yleisimmät naulalevyrakennetyypit	303
11.5	Naulalevyrakenteiden valmistaminen	307
11.6	Naulalevyrakenteiden kuljetus ja varastointi	308
11.7	Naulalevyrakenteen laadunvarmistus- ja hyväksyntä	309
12	Ovien ja ikkunoiden asennus	311
12.1	Ikkuna- ja ovityypit	312
12.2	Ikkunoiden lasityypit	314
12.3	Ikkuna- ja ovisanastoa (lähde Ikkunawiki)	316
12.4	Ikkunoiden ja ovien varusteet	319
12.5	Ikkunoiden ja ovien tekniset ominaisuudet	321

12.6	Ikkunoiden ja ovien asentaminen	325
12.7	Ikkunoiden ja ovien listoitus- ja verhoilutyöt sekä pellitykset	327
13	Puutuotteiden pintakäsittely	331
13.1	Puurakennusten pintakäsittely.....	332
13.2	Märkätilojen käsittelyt (Sisäilmayhdistys ry).....	334
13.3	Puupintojen käsittelyaineet	336
13.4	Puupintojen käsittelyn esivalmistelut	339
13.5	Puupintojen käsittelymenetelmät.....	341
13.6	Pintakäsittelytöiden jälkitoimenpiteet	344
14	Digitaaliset suunnittelu- ja valmistusmenetelmät.....	347
14.1	CAD-suunnittelu puurakentamisessa	348
14.2	Rakennuksen tietomallit (BIM)	353
14.3	CAM-valmistaminen puutuoteteollisuudessa	360
14.4	Valmistettavien rakenneosien tuotannonsuunnittelu	363
14.5	Automaatiolinjan käyttö teollisessa puurakentamisessa.....	367
14.6	Puurakenteiden valmistus CNC-työstökoneilla (Matti Yliniemi)	368
14.7	3D-tulostus	372
14.8	Laserkeilaus ja 3D-skannaus	375
	Lähteet	379

1 Toiminta valmistustehtävissä puutuoteteollisuudessa



Kuva Puuinfo Oy



Kuva Tampereen yliopisto

1.1 Metsät ja puutuoteteollisuus (Puutuoteteollisuus ry)

Kestävä metsänhoito

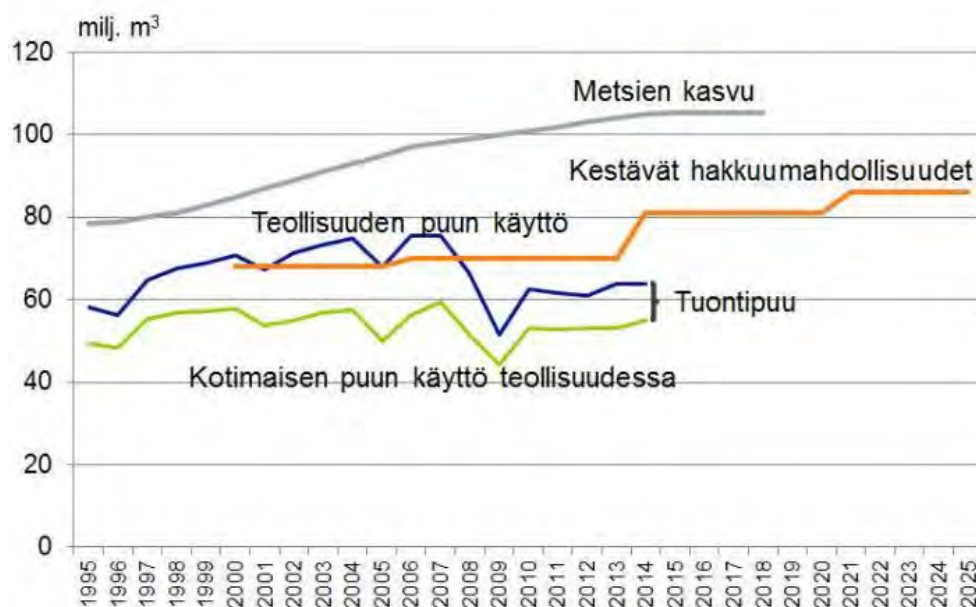
Kestävyyden periaate tarkoittaa sitä, että turvataan tuleville sukupolville yhtä hyvät tai paremmat toimintamahdollisuudet kuin nykyisillä sukupolvilla on. Metsävarojen riittävyyden ja luonnon monimuotoisuuden turvaaminen sekä ilmastonmuutoksen hillintä ja siihen sopeutuminen ovat olennainen osa metsien kestävää hoitoa ja käyttöä. Metsäpolitiikalla asetetaan reunaehdot metsien kestäväälle hyödyntämiselle.

Kestävä metsätalous koostuu taloudellisen, ekologisen, sosiaalisen ja kulttuurisen kestävyyden ulottuvuuksista. Taloudellinen kestävyys tarkoittaa sitä, että metsien elinvoimaisuus, tuottavuus ja kannattavuus säilyvät pitkällä aikavälillä. Ekologinen kestävyys voidaan turvata muun muassa säilyttämällä metsäluonnon monimuotoisuus sekä pitämällä vesistöt puhtaina. Sosiaaliseen kestävyteen kuuluu metsistä saatavan hyödyn turvaaminen kansalaisille ja eri toimijoille myös jatkossa. Kulttuurinen kestävyys on ymmärrystä luonnosta ja ihmisen toiminnasta, mihin sisältyy pohdintaa metsän, talouden ja kulttuurin suhteesta.

Huolehtimalla kestävyyden eri osa-alueista turvataan nykyisten ja tulevien sukupolvien mahdollisuudet hyödyntää metsiä hyvinvoinnin lähteenä. Näiden eri ulottuvuuksien yhteensovittaminen on haaste, johon metsäpolitiikan on vastattava.

Metsäsertifointi on kolmannen osapuolen tarjoama riippumaton, vapaaehtoinen merkki metsän kestävästä kasvatuksesta ja käytöstä. Sertifikaattien luonnonhoidon vaatimukset on asetettu lainsäädäntöä tiukemmiksi.

Metsäsertifioinnilla voidaan osoittaa, että metsiä käytetään kestävästi. Tämä tarkoittaa sitä, että metsien hoito ja käsittely ovat ekologisesti, taloudellisesti ja sosiaalisesti kestävää, eikä tulevien sukupolvien elämisen mahdollisuuksia heikennetä. Metsäluonnon monimuotoisuus sekä metsien kulttuuri- ja virkistysarvot säilytetään samalla kun harjoitetaan suunnitelmallista metsätaloutta. Metsäsertifioinnin tarkoituksena on vahvistaa suomalaisten puuperäisten tuotteiden menekkiä kansainvälisillä markkinoilla.



Metsä kasvaa Suomessa enemmän kuin sitä käytetään, kuva Luonnonvarakeskus.

Metsät, puu ja ilmasto

Metsään on sitoutunut merkittävä määrä hiiltä, joka on yhteyttämisessä sidottu ilmakehästä. Lämpimässä ja korkeassa hiilidioksidipitoisuudessa kasvit yhteyttävät ja kasvavat nopeammin kuin viileässä ja matalassa. Muuttuva ilmasto luo siis hyvät edellytykset puuston kasvulle, mutta myös riskit kasvavat. Kuivuus, tulvat ja erilaiset bioottiset metsätuhot saattavat yleistyä tulevaisuudessa. Tällöin myös aktiivisen metsänhoidon merkitys kasvaa.

Metsien käytöstä ja metsäpinta-alan pienenemisestä huolimatta Suomen metsävarat ovat kasvaneet kiihtyvällä vauhdilla useiden vuosikymmenien ajan ja kasvun ennustetaan jatkuvan. Metsävarojen kasvu johtuu muun muassa aiemmista metsänhoitotoimista, suometsien ojituksesta ja mahdollisesti myös tähän saakka tapahtuneesta ilmastomuutoksesta.

Nykyisin Suomen vuotuisista fossiilisen energiantuotannon aiheuttamista hiilipäästöistä noin puolet sitoutuu puustoon, metsämaahan ja puutuotteisiin. Metsien ja maankäytön sektori on tällä hetkellä ainoa hiilipäästöjä sitova mekanismi. Tulevaisuudessa teollinen päästöjen sidonta voi nousta uudeksi merkittäväksi mekanismiksi sitoa hiilidioksidia ilmakehästä.

Osa metsän luontokohteista on nähty monimuotoisuuden tai jonkin tietyn eliölajin olemassaolon kannalta niin merkittäviksi, että ne on rauhoitettu lailla. Metsäsertifiointikriteerit kannustavat suojelemaan metsää lakirajoja laajamittaisemmin. Luontoarvot voi huomioida metsässään tätäkin paremmin jättämällä muut arvokkaat elinympäristöt metsän käsittelyn ulkopuolelle. Metsän suojelusta voi saada myös rahallisen korvauksen.

Puutuoteteollisuus

Puutuoteteollisuus on Suomen vanhimpia toimialoja. Se koostuu useista puuta jalostavista toimialoista, joita voidaan jaotella jalostusasteen tai loppukäytön perusteella. Perustuotteet valmistetaan raakapuusta ja päätuotteet ovat sahatavara ja vaneri. Ensimmäisen asteen jalostuksessa perustuotteita työstetään pitemmälle: esimerkiksi sahatavarasta höylätään sisustuspaneelia ja -levyjä. Toisen asteen jalostus tuottaa valmiita rakennusosia, kuten ikkunoita, ovia, parkettia ja puuportaita. Näiden ohella valmistetaan ns. insinööripuutuotteita, joissa puun ominaisuuksia on parannettu mekaanisesti. Tästä on esimerkkinä CLT-levy, jossa sahatavaralautoja tai -lankkuja on liimattu levyksi.

Loppukäyttöön perustuva jaottelu erottaa esimerkiksi puusepäntuotteet ja rakennuspuusepäntuotteet. Puusepäntuotteisiin kuuluvat mm. huonekalut ja keittiökalusteet. Rakennuspuusepänteollisuuden tuotteisiin kuuluvat rakennuksiin kiinteästi asennettavat tuotteet, kuten ikkunat ja ovet.

Puutuotteet soveltuvat lähes kaikkeen uudis- ja korjausrakentamiseen. Puurakenteita voidaan käyttää eri käyttötarkoituksissa rakennuksissa niin korkeissa kerrostaloissa kuin hallimaisissa rakennuksissa ja silloissa. Rakenteiden lisäksi tavanomaisimpia käyttökohteita puutuotteille ovat ikkunat ja ovet, sisustustarvikkeet ja kalusteet. Puun käyttömahdollisuuksia säätelevissä rakentamismääräyksissä on suuria eroja eri maiden välillä.

Puurakentaminen

Uusiutuvien luonnonvarojen hyödyntäminen niin teollisuudessa kuin kulutuksessa sekä kestävän kehityksen takaavien toimintatapojen löytäminen on tulevaisuuden kannalta tärkeää. Puun käyttö alentaa rakentamisen hiilijalanjälkeä, kun tarkastellaan puun koko elinkaarta materiaalin valmistuksesta rakentamiseen, käyttöön ja kierrätykseen. Suomessa puurakentamisen suurimmat kasvumahdollisuudet ovat etenkin kerrostalorakentamisessa ja julkisessa rakentamisessa. Lisäksi puumateriaalien käyttöä voidaan edelleen lisätä muun muassa julkisivujen energiakorjauksissa sekä lisäkerros- ja täydennysrakentamisessa.

Puutalojen rakentamiseen on useita vaihtoehtoja, joista voidaan valita kuhunkin tapaukseen sopiva ratkaisu. Puutalot voidaan valmistaa tehtailla valmiiksi tehdyistä elementeistä, mikä nopeuttaa rakentamista työmaalla. Puurakentamista koskevat pääosin samat säädökset ja lainalaisuudet kuin muutakin rakentamista.

Keskeisiä eroja muuhun rakentamiseen verrattuna ovat seuraavat:

- puurakentamisessa on paljon erilaisia materiaali-, runkojärjestelmä- ja rakennustapavaihtoehtoja sekä
- puurakentamisessa ei ole vakiintuneita ratkaisuja ja käytäntöjä vaan ratkaisut ovat usein kohde- ja valmistajakohtaisia.



Puukerrostalokortteli, kuva Tampereen Yliopisto.

1.2 Alan turvallisuusohjeita ja määräyksiä

Työturvallisuustoiminta

Työturvallisuustoiminnan tarkoitus on huolehtia työntekijöiden turvallisuudesta ja terveydestä. Työsuojelua koskevat määräykset käsittelevät työpaikan työsuojelun yhteistoiminnan järjestämistä.

Työsuojeluhenkilöstön rooli työympäristöongelmien käsittelyssä on kerätä tietoa tilojen käyttäjien havainnoista ja valmistella näiden pohjalta toimenpide-ehdotuksia esimiehille ja tarvittaessa selvityspyyntöjä asiantuntijoille. Heidän tulee myös pitää käyttäjät ajan tasalla asioiden käsittelyvaiheista sekä antaa palautetta niistä päätöksistä, joita ongelmien korjaamiseksi on tehty.

Työterveyshuollon tehtävänä on arvioida, mikä on kuormittavaa tai terveellistä työtä ihmiselle. Työterveyshuollolla on työpaikkaselvitysten ja sairaustietojen perusteella myös käytännön kokemusta siitä, millaiset ympäristöt, työtavat tai -välineet voivat aiheuttaa haitallista kuormittumista.

Työturvallisuuskortti ja muut vaadittavat kortit

Yhteisten työpaikkojen työturvallisuuden parantamiseksi on kehitetty työturvallisuuskortti. Työturvallisuuskorttikäytännön tavoitteena on antaa perustietoa työsuojelusta ja parantaa käytännön yhteistoimintaa yhteisillä työpaikoilla tilaaja- ja toimittajayritysten välillä. Kaikilta teollisuudessa toimivilta työntekijöiltä vaaditaan työturvallisuuskortti. Koulutus on yhden päivän mittainen, joka sisältää oppitunnit ja tentin. Tentti pitää saada suoritettua hyväksytysti. Työturvallisuuskortti on uusittava viiden vuoden välein. Koulutus sisältää keskeisimmät työturvallisuutta koskevat määräykset ja ohjeet.

Mikäli henkilö tekee bitumikatteen asennus- tai muita vastaavia töitä, joissa pitää käsitellä tulta, hänellä pitää olla voimassa oleva tulityökortti. Ensiapukorttikoulutus on suositeltava, mutta ei välttämätön. Trukkikortti vaaditaan, mikäli trukilla liikutaan tehdasalueen ulkopuolella.



Työturvallisuus- ja tulityökortit, kuvat Työturvallisuuskeskus ja SPEK.

Henkilökohtaiset suojavälineet

Henkilökohtaisista suojavälineistä pakollisia ovat turvakengät. Puuntyöstökoneen kanssa työskenneltäessä myös suojalasit ovat pakolliset. Suojakäsineet ovat pakolliset silloin, kun käsitellään liimoja tai terveydelle haitallisia kemiallisia aineita. Suojakäsineitä suositellaan käytettävän myös silloin, kun käsitellään esimerkiksi raakaa sahatavaraa. Suojakypärä on pakollinen siltanosturia tai vastaavaa nostolaitetta käytettäessä tai kun tehdään töitä niiden läheisyydessä. Suojakypärän käyttö voi myös olla pakollinen, jos työhallissa on esimerkiksi nostolaite jatkuvasti käytössä. Työhaalareissa ei saa olla riipputaskuja, kun työskennellään puuntyöstökoneiden kanssa. Henkilönsuojaimia, kuten suojakäsineitä ja hengityksensuojaimia hankittaessa on varmistettava, että ne soveltuvat aiotuun käyttötarkoitukseen ja niitä käytetään ohjeiden mukaisesti.

Turvalliset ja terveelliset työtilat

Työympäristön rakenteellisia seikkoja ovat kulkuteiden turvallisuus, työpaikan valaistus, ääniympäristö sekä sisäilman laatu. Toiminnallisia tekijöitä ovat liikkumisen ja liikenteen järjestely sekä työ- ja toimitilojen järjestys sekä siisteys.

Työpaikalla on huolehdittava siitä, että fyysiset, kemialliset ja biologiset terveysvaarat ovat tunnistettu ja ne ovat hallinnassa. Työpaikan koneiden, laitteiden ja työvälineiden tulee olla kunnossa ja niitä saa käyttää vain niihin töihin ja niissä olosuhteissa, joihin ne ovat tarkoitettu. Myös tarvittavien henkilönsuojainten ja apuvälineiden tulee olla kunnossa ja käyttötilanteeseen tarkoitettuja.

Työympäristön vaaratekijät voidaan välttää suunnittelemalla työtehtävät hyvin, huolehtimalla työntekijöiden opastuksesta ja työskentelemällä huolellisesti ja harkiten. Turvallisen ja terveellisen työympäristön varmistamisessa tärkeintä on oman työpaikan vaarojen ja haittojen tunnistaminen sekä tehdä tarvittavat toimenpiteet, joilla tunnistetut riskit hallitaan.

Laiminlyönnit työympäristön siisteydessä ja järjestyksessä ovat yleisiä työpaikkatapaturmien aiheuttajia. Turvallinen liikkuminen työpaikalla edellyttää, ettei kulkuväylillä ole liikkumista vaarantavia tavaroita tai liukastumisvaaraa aiheuttavia aineita. Siistit, asianmukaisesti valaistut ja ilmastoidut työtilat parantavat työn laatua ja työviihtyvyyttä.

Työpaikalla tulee noudattaa seuraavia ohjeita:

- siisteys ja järjestys ovat jokaisen vastuulla,
- tarpeettomat tavarat ja roskat viedään pois,
- tarvittaville tavaroille järjestetään riittävästi tilaa,
- työkaluille ja tarvikkeille on määrätty paikat,
- siivousvälineet pidetään helposti saatavilla,
- roska-astioita hankitaan riittävästi ja ne tyhjennetään säännöllisesti,
- uloskäynnit ja pelastustiet pidetään vapaina sekä
- siisteys ja järjestys tarkistetaan säännöllisesti; mikäli ongelmat toistuvat, mietitään keinoja ongelmien ratkaisemiseksi.

Työtilat ja kulkuväylät

Työpaikalla tulee olla työn edellyttämä ja työntekijöiden tarpeiden mukainen sopiva sekä riittävän tehokas valaistus, josta mahdollisuuksien mukaan osa on luonnonvaloa. Yksilölliset ominaisuudet ja ikä vaikuttavat siihen, että samassa työssä työntekijöillä on erilaisia valaistusvoimakkuuteen, häikäisyn estoon ja valon väriin liittyviä tarpeita.

Ilmanvaihdolla tarkoitetaan poistoilman johtamista ulos ja korvausilman tuomista työskentelytilaan. Ilmastoinnilla hallitaan huoneilman lämpötilaa, kosteutta ja ilman liikettä tulo-, poisto- ja kierrätysilmalla. Hyvän sisäilman tunnusmerkkeinä ovat sopiva huonelämpötila sekä ilman kosteus, puhtaus ja raikkaus.

Työturvallisuuslain mukaan työpaikalla tulee olla riittävästi kelvollista hengitysilmaa ja ilmanvaihdon tulee olla riittävän tehokas ja tarkoituksenmukainen. Pysyväksi tarkoitettun työhuoneen ilmatilan tulee olla vähintään kymmenen kuutiometriä kutakin työntekijää kohden. Tätä laskettaessa otetaan työhuoneen korkeudesta huomioon enintään kolme ja puoli metriä.

Sisäilman laatuun vaikuttavat rakennuksen kunto sekä ilmanvaihto- ja lämmityslaitteet. Myös siivouksen taso, rakennusmateriaalit ja siivouksessa käytettävät puhdistuskemikaalit vaikuttavat sisäilman laatuun.

Hallin lämpötilan tulee olla työtehtävään sopiva. Normaalisti hallin lämpötilat vaihtelevat 15...21 asteen välillä. Hallin lämpötilassa tulee huomioida myös työprosessin vaatima lämpötila. Esimerkiksi rakenteelliset liimaukset ja pinta- tai muut kemialliset käsittelyt voivat vaatia tietyn vähimmäislämpötilan.

Työpaikan liikenteen järjestämistä varten on tarvittaessa laadittava liikenneohjeet. Sisäisessä liikenteessä tulee käyttää yleisiä liikennesääntöjä sekaannusten välttämiseksi. Liikennejärjestelyillä tulee mahdollisuuksien mukaan erottaa omat väylät kevyelle liikenteelle ja ajoneuvoliikenteelle. Jos erillisiä väyliä ei voida rakentaa, parannetaan turvallisuutta ajoratamerkinnoilla, kaiteilla tai korotetuilla jalkakäytävillä.

Tavaran kuljetus, käsittely ja varastointi on suunniteltava ja järjestettävä siten, etteivät nosto- ja siirtolaitteet, taakan putoaminen tai sen heilahtelu aiheuta työntekijöille vaaratilanteita.

Trukkeihin liittyy useita vaaratekijöitä kuten vaihtelevat hallintalaitteet eri konetyypeissä, poikkeava ajosuunta, huono näkyvyys, korkealla sijaitseva kuorma ja vakaus. Trukin käyttöön liittyviä vaarakohtia ovat risteykset, ahtaat kulkuväylät, portit, oviaukot sekä huonosti havaittavat katvealueet, jotka syntyvät yleensä oviaalueiden ja rakennusten kulmien läheisyyteen sekä nurkkiin.

Trukin ja muun liikkuvan työkoneen käyttö edellyttää, että työntekijä on saanut kyseiseen tehtävään riittävän opastuksen ja että hänellä on työnantajan antama kirjallinen lupa kyseisen työvälineen käyttöön. Työnantajan tulee varmistua ennen luvan myöntämistä, että työntekijä osaa ajaa käytettävää konetyyppiä.

Työtilojen suunnittelussa on tärkeää ottaa huomioon esteettömyys. Esteettömällä työpaikalla työtiloja voidaan muunnella erilaisten työntekijöiden tarpeiden mukaan. Esteettömyys mahdollistaa myös osatyökykyisten työnteon ammattitaitonsa ja edellytystensä mukaisesti.

Melu

Melu on kuulolle haitallista ääntä. Voimakkuudeltaan, taajuudeltaan ja kestoaltaan terveydelle vaarallinen melu voi aiheuttaa kuulovaurion. Melu on yleisin ammattitaudin aiheuttava tekijä. Erityisen haitallista on äkillisiä, voimakkaita iskuääniä sisältävä melu, ns. impulssimelu. Alhaisetkin melutasot saatetaan kokea häiritseviksi esimerkiksi avotoimistoissa keskittymistä vaativissa työtehtävissä. Äänen kokemiseen meluksi vaikuttavat yksilölliset tuntemukset.

Haitallinen ääri on työkalusta käteen siirtyvää kehoääriä tai alustasta esim. työkonetta istuimesta ihmiseen siirtyvää kokokehoääriä.

Ergonomia

Raskas ruumiillinen työ, äkilliset voimakkaat kuormitukset, pitkäkestoinen paikallaan olo ja staattiset työvaiheet lisäävät fyysistä kuormittumista ja aiheuttavat niska-hartia-, selkä- ja alaraajasairauksien riskiä.

Käsin tehtävän nosto- ja siirtotyön työpisteet pitää järjestää niin, että kuormitus pysyy kohtuullisena ja että työntekijät tiedostavat työn kuormitustekijät suhteessa omaan suorituskyykyynsä. Keskeisiä kuormitustekijöitä ovat taakan paino, työasennot ja nostotiheys. Taakkoja käsitteleville työntekijöille on annettava riittävästi nosto-opetusta ja ohjausta sekä varmistettava harjoittelun avulla oikea tekniikka.

Taakkojen käsittelyn aiheuttamat riskit tulee arvioida kokonaisuutena. Paino on vain yksi osatekijä. Lainsäädännössä ei ole määritelty kilorajoja käsin nostettavan taakan painolle.

Kone- ja sähköturvallisuus

Koneiden turvallisuutta koskeissa säädöksissä vastuu turvallisuudesta kohdistuu koneiden suunnittelijoihin ja valmistajiin sekä koneita hankkiviin ja käyttäviin työnantajiin.

Koneen suunnittelijan ja valmistajan velvollisuus on tunnistaa siihen liittyvät vaarat ja arvioida niistä aiheutuvat riskit. Kone on suunniteltava ja rakennettava siten, että koneeseen jäljelle jäävät riskit ovat mahdollisimman pienet. Jäljelle jäävien riskien hallintaan on ensisijaisesti käytettävä teknisiä menetelmiä kuten suojausja turvalaitteita.

Valmistajan velvollisuutena on koota koneen tekninen rakennetiedosto ja toimittaa käyttöohjeet. Kun kone on sen käyttötarkoitusta koskevien vaatimusten mukainen, valmistaja allekirjoittaa vaatimustenmukaisuusvakuutuksen ja kiinnittää CE-merkinnän. Vaatimustenmukaisuusvakuutus on vakuus siitä, että kone täyttää sitä koskevat turvallisuusvaatimukset.

Työnantajan on valittava työntekijän käyttöön kyseiseen työhön ja työolosuhteisiin tarkoitettu ja turvallinen työväline. Työnantajan on opastettava työntekijöitä koneiden ja työvälineiden turvalliseen käyttöön. Opastuksessa on erityisesti kiinnitettävä huomiota huolto- ja korjaustöiden turvallisuuteen sekä toimintaan häiriötilanteissa. Jos konetta joudutaan huoltotoimenpiteen aikana käyttämään niin, että turvalaitteet on kytketty pois, on tällaista tilannetta varten oltava käyttötapu, joka edellyttää erillisen avaimen käyttöä.

Työntekijöille on velvollisuus olla selvillä käyttämiensä ja työympäristössään olevien koneiden ja työvälineiden vaaratekijöistä ja niiden ennakoinnista.

Sähköturvallisuuden kannalta on tärkeää, että työssä käytettävät sähkölaitteet ja -johdot sekä pistorasiat ovat ehjiä. Sähköjohtojen asettelussa ja järjestelyssä tulee huolehtia siitä, että johdot on suojattu mekaanisilta vaaroilta ja että ne eivät aiheuta haittaa työpaikalla liikkuville.

Asettelussa tulee käyttää kaapelihyllyjä, sähkökeskustilat on pidettävä siisteinä ja sähkölaitteiden edustat vapaina.

Kemikaaliturvallisuus

Kemiallisten aineiden aiheuttamat vaarat riippuvat niiden ominaisuuksista, käyttömääristä ja -tavoista. Kemikaalit voivat aiheuttaa vaaraa terveydelle ja ympäristölle. Lisäksi niihin voi liittyä palo- ja räjähdysvaara.

Kemikaalien turvallinen käyttö työpaikalla edellyttää, että käytössä olevat vaaralliset kemikaalit on luetteloitu ja niiden ominaisuuksista ja käyttöturvallisuudesta on omaksuttu turvallisen työskentelyn kannalta tarpeellinen tieto. Ajan tasalla oleva kemikaaliluettelo ja käyttöturvallisuustiedotteet ovat tärkeimmät kemiallisten tekijöiden arvioinnin lähtötiedot.

Kemikaaleja valittaessa tavoitteena on mahdollisimman vaaraton ja käyttötarkoitukseensa sopiva tuote. Myös kemikaalien käytössä syntyvän jätteen kuten pakkausjätteen ja likaantuneiden työvälineiden määrä ja käsittely tulee ottaa huomioon.

Kemikaalit suositellaan hankittavaksi keskitetysti. Näin vältetään rinnakkaisten tuotteiden hankinta samaan käyttötarkoitukseen ja pystytään luetteloimaan käytössä olevat kemikaalit tehokkaasti. Keskitetyllä hankinnalla on myös taloudellista merkitystä. Näin vältetään turhien aineiden hankinnoilta ja varastoinneilta.

Kemikaaliluetteloon merkitään kaikki työpaikalla käytössä olevat kemikaalit kaupananimensä mukaisessa aakkosjärjestyksessä. Luetteloon merkitään kemikaalien luokitustiedot ja tieto käyttöturvallisuustiedotteen saatavuudesta. Kemikaaliluetteloon kannattaa merkitä myös kemikaalin käyttötarkoitus ja käyttöpaikat sekä arvioit käyttö- ja varastointimääristä.



Kemikaalimerkinnät, kuva Tukes.

Puupöly

Puupölyaltistumiseen liittyvät terveysvaikutukset ovat moninaisia ja riippuvat pölyn ominaisuuksista. Altistumisen ehkäisyssä ja pölyn hallinnassa tekniset keinot, työjärjestelyt ja työtavat ovat tärkeitä, mutta myös henkilösuojaimet voivat olla tarpeen.

Puuaineksen pääkomponentit ovat selluloosa, hemiselluloosa ja ligniini. Lisäksi puu sisältää puulajista riippuen satoja erilaisia kemiallisia yhdisteitä, kuten terpeniyhdisteitä, rasvahappoja, hartsihappoja, fenoliyhdisteitä, alkoholeja, tanniineja ja flavonoideja. Puuta ja puulevyjä työstettäessä ilmaan vapautuu pölyä, jonka hiukkaskoko vaihtelee laajasti mm. työstömenetelmästä, puulajista ja puun kosteudesta johtuen.

Puupölyä esiintyy työpaikkojen ilmassa varsinaisilla puutoimialoilla puun sahauksessa ja höyläyksessä, levyteollisuudessa sekä puutuotteiden ja huonekalujen valmistuksessa. Lisäksi puuta työstetään ja puupölylle altistutaan monilla muilla teollisuuden aloilla kuten esimerkiksi paperi- ja kartonkimassan valmistuksessa, rakennusteollisuudessa, kulkuneuvojen valmistuksessa, malliveistämöissä, metalli- ja betonituotteiden valmistuksessa sekä oppilaitoksissa.

Puupöly ärsyttää silmien sidekalvoja aiheuttaen mm. punoitusta, kutinaa, vuotoa ja turvotusta. Lukuisissa tutkimuksissa puutyöntekijät ovat valittaneet ja heillä on todettu keskimääräistä enemmän silmien ärsytysoireita. Puupöly voi mekaanisesti ärsyttää myös ihoa ja aiheuttaa ihottumaa altistuneilla alueilla kuten kasvoissa, käsissä ja käsivarsissa sekä kaulassa.

Puulajista riippuen puupöly voi sisältää monia kemiallisia yhdisteitä, jotka aiheuttavat ihon herkistymistä. Ihottumaa voi esiintyä allergisen vasta-ainereaktion vuoksi myös muilla kuin puupölylle altistuneilla ihoalueilla. Allergiaoireita voi esiintyä myös silmissä. Trooppisten lehtipuulajien pölyt ovat yleisimpiä allergisten reaktioiden aiheuttajia, mutta myös havupuista, kuten männystä, kuusesta tai abashista lähtöisin olevan pölyn aiheuttamia allergisia ihottumia on todettu puutyöntekijöillä.

Puupöly voi allergisoida ylähengitysteitä aiheuttaen allergista nuhaa ja alahengitysteitä aiheuttaen astmaa. Usein työperäinen nuha ennakoi astman syntyä.

Puupölyä voidaan hallita työpaikoilla ja työntekijöiden altistumista vähentää mm. seuraavilla toimenpiteillä:

- työstöprosessien automatisoinnilla ja toimintojen kauko-ohjausta lisäämällä,
- altistumisaikaa lyhentämällä,
- pölyn tuottoa vähentämällä, mm. työstömenetelmän valinnalla, työstöarvojen ja terägeometrian optimoinnilla,
- koteloinnin, prosessi- ja kohdepoistoin,
- työpistekohtaisen tuloilman ja yleisilmanvaihdon avulla,
- estämällä pölyn leviäminen mm. siivoamalla lattiat ja muut pinnat säännöllisesti sekä puhdistamalla koneet ja laitteet sekä
- välttämällä paineilman käyttöä puhdistamisessa.

Puuteollisuushallien paloturvallisuus

Rakennuksen käytönaikainen paloturvallisuus muodostuu rakennusaikana tehdyistä ratkaisuksista ja keinoista, joilla pyritään hallitsemaan käytöstä aiheutuvia paloriskejä. Rakennuksen omistaja tai haltija vastaa kohteen paloturvallisuudesta. Toiminnan aikainen paloturvallisuuden ylläpito ja jatkuva kehittäminen painottuvat toiminnan paloriskien hallintaan. Rakennuksesta tarkastellaan lähinnä tehtyjen ratkaisujen toimintakuntoa sekä näiden riittävyyttä suhteessa toimintaan. Käyttö- ja huolto-ohjeella on keskeinen rooli rakennettaessa tehtyjen paloteknisten järjestelmien ylläpidossa. Pelastussuunnitelma on työkalu, jolla rakennuksen vahinkoriskejä pyritään hallitsemaan. Toimiva suunnitelma vaatii tuekseen aktiivista ja jatkuvaa toimintaa, jonka keskeisenä työkaluna sisäinen palotarkastaminen toimii. Ihmisten toiminnalla on keskeinen vaikutus kohteen paloturvallisuuteen. Suunnitelmallinen paloriskin hallinta ja johdon näkyvä sitoutuminen tähän kehittävät osaltaan kohteen turvallisuuskulttuuria, joka vaikuttaa suuresti toiminnan paloturvallisuuteen.

Puutuoteteollisuushallit kuuluvat palovaarallisuusluokkaan 2, koska toimintaan liittyy huomattava palovaarataakka johtuen hallissa käsiteltävästä ja varastoitavasta puumateriaaliasta. Hallin käyttötarkoituksesta johtuen siellä voi olla myös puupölystä johtuva räjähdysvaara.

Tuotanto- ja varastotilat varustetaan aina pelastus- ja sammutustyötä helpottavilla laitteilla valitun suojaustason mukaisesti. Suojaustaso vaikuttaa rakennuksen paloluokkaan, suurimpaan sallittuun osastokokoon, savunpoistoon sekä kantavien ja osastoivien rakennusosien paloluokkavaatimuksiin. Suojauksen yksityiskohdista neuvotellaan paikallisen pelastusviranomaisen kanssa.

Rakennusten palo- ja poistumisturvallisuus

Rakennuksen omistajan ja haltijan sekä toiminnanharjoittajan on osaltaan huolehdittava siitä, että rakennus, rakennelma ja sen ympäristö pidetään sellaisessa kunnossa, että:

- tulipalon syttymisen, tahallisen sytyttämisen sekä leviämisen vaara on vähäinen,
- rakennuksessa olevat henkilöt pystyvät tulipalossa tai muussa äkillisessä vaaratilanteessa poistumaan rakennuksesta tai heidät voidaan pelastaa muulla tavoin,
- pelastustoiminta on tulipalon tai muun onnettomuuden sattuessa mahdollista ja
- pelastushenkilöstön turvallisuus on otettu huomioon.

Rakennusten uloskäytävät

Rakennuksen omistajan ja haltijan sekä toiminnanharjoittajan on osaltaan huolehdittava siitä, että uloskäytävät ja kulkureitit niille pidetään kulkukelpoisina ja esteettöminä sekä muutenkin sellaisessa kunnossa, että niitä voidaan käyttää turvallisesti ja tehokkaasti.

Uloskäytävillä sekä ullakoiden, kellarien ja varastojen kulkureiteillä ei saa säilyttää tavaraa.

Uloskäytävät ja kulkureitit niille tulee tarvittaessa merkitä ja valaista asianmukaisesti. Merkitsemisestä ja valaisemisesta voidaan antaa tarkempia säännöksiä sisäministeriön asetuksella.

Kiinteistöjen pelastustiet

Kiinteistön omistajan ja haltijan sekä toiminnanharjoittajan on osaltaan huolehdittava siitä, että hälytysajoneuvoille tarkoitetut ajotiet ja muut kulkuyhteydet (pelastustiet) pidetään ajokelpoisina ja esteettöminä ja että ne on merkitty asianmukaisesti.

Pelastustielle ei saa pysäköidä ajoneuvoja eikä asettaa muutakaan estettä.

Sisäministeriön asetuksella annetaan tarkempia säännöksiä pelastustien merkitsemisestä.

Poistumis- ja pelastustiemerkinnot on laitettava näkyvälle paikalle eikä niitä saa peittää.

Laitteiden kunnossapito

Seuraavat säädöksissä vaaditut tai viranomaisten määräämät varusteet ja laitteet on pidettävä toimintakunnossa sekä huollettava ja tarkastettava asianmukaisesti (mikäli ne ovat olemassa):

- sammutus-, pelastus- ja torjuntakalusto,
- sammutus- ja pelastustyötä helpottavat laitteet,
- palonilmaisu-, hälytys- ja muut onnettomuuden vaaraa ilmaisevat laitteet,
- poistumisreittien opasteet ja valaistus sekä
- väestönsuojien varusteet ja laitteet.

Sammutuskaluston pitää olla helposti käyttöön otettavissa.

Pelastussuunnitelma

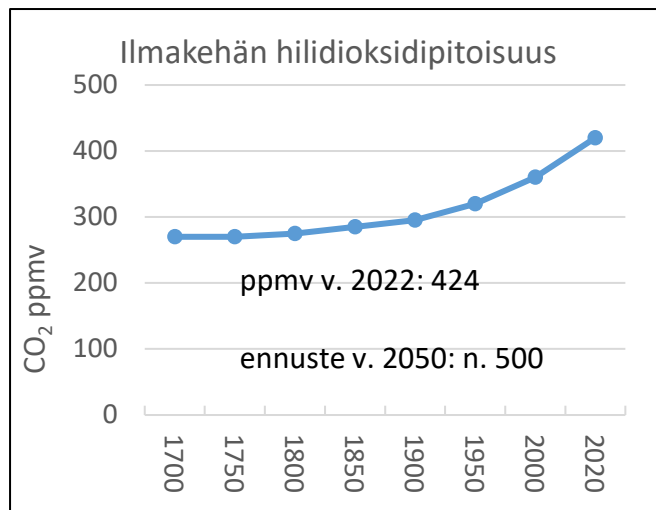
Rakennukseen tai muuhun kohteeseen, joka on poistumisturvallisuuden tai pelastustoiminnan kannalta tavanomaista vaativampi tai jossa henkilö- tai paloturvallisuudelle, ympäristölle tai kulttuuriomaisuudelle aiheutuvan vaaran taikka mahdollisen onnettomuuden aiheuttamien vahinkojen voidaan arvioida olevan vakavat, on laadittava pelastussuunnitelma

Pelastussuunnitelmassa on oltava selostus:

- vaarojen ja riskien arvioinnin johtopäätelmistä,
- rakennuksen ja toiminnassa käytettävien tilojen turvallisuusjärjestelyistä,
- asukkaille ja muille henkilöille annettavista ohjeista onnettomuuksien ehkäisemiseksi sekä onnettomuus- ja vaaratilanteissa toimimiseksi ja
- mahdollisista muista kohteen omatoimiseen varautumiseen liittyvistä toimenpiteistä.

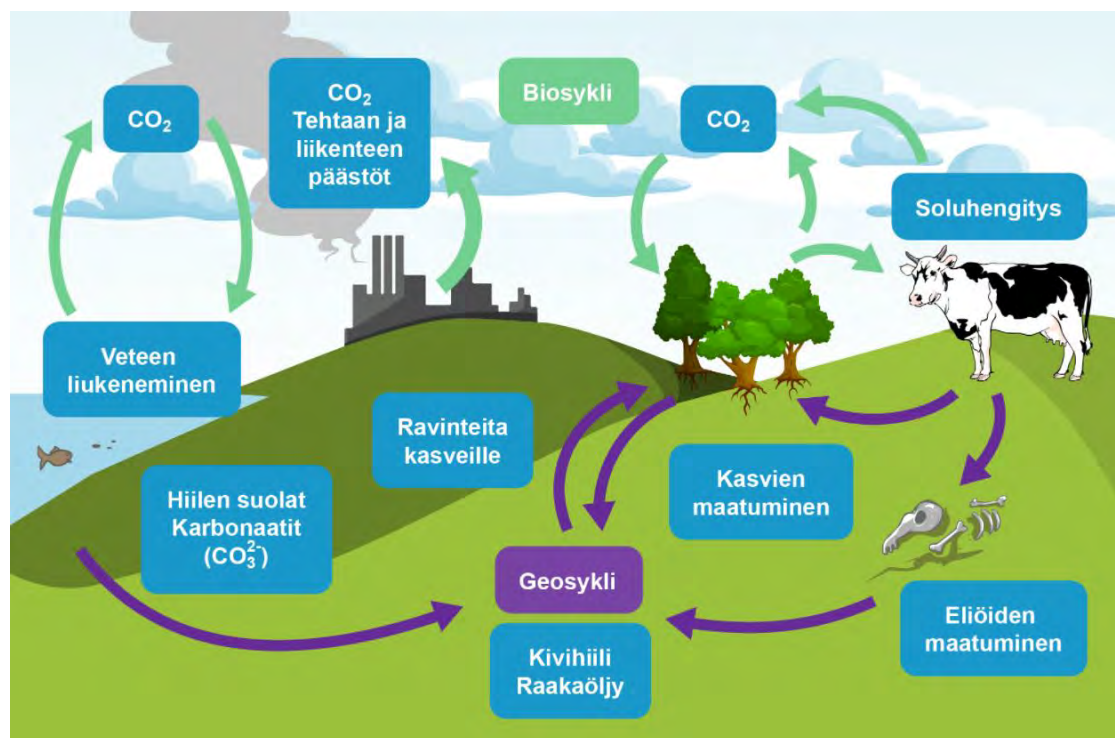
1.3 Teollisen puurakentamisen ekologisuus

Ilmakehän hiilidioksidi



Ilmakehän hiilidioksidipitoisuus lähti tasaiseen nousuun 1700-luvulla teollistumisen alkaessa. Syynä tähän oli kivihiilen käyttö. 1960-luvulta lähtien ilmakehän hiilidioksidipitoisuuden määrä lähti jyrkkään nousuun öljyn käytön lisääntyessä. Fossiilisten energialähteiden eli öljyn, kivihiilen ja maakaasun käyttö on suurin hiilipäästöjen aiheuttaja.

Fossiilisten energialähteiden käyttö lisää ilmakehän hiilidioksidipitoisuutta.



Hiilen kiertokulku luonnossa. Kuva: <https://peda.net/forssa/perusopetus/kuhala>.

Hiilijalanjälki

Hiilijalanjälki tarkoittaa jonkin tuotteen, toiminnan tai palvelun aiheuttamaa ilmastokuormaa eli sitä, kuinka paljon kasvihuonekaasuja tuotteen tai toiminnan elinkaaren aikana syntyy. Toisinaan hiilijalanjäljellä viitataan kasvihuonekaasujen kokonaispäästöjen sijaan pelkkiin hiilidioksidipäästöihin. Se huomioi hiilidioksidipäästöjen lisäksi myös muut merkittävät kasvihuonekaasupäästöt kuten metaanin ja typpioksiduulin.

Toisin kuin ekologinen jalanjälki, hiilijalanjälki ilmoitetaan massana eikä pinta-alana. Hiilijalanjäljen yksikkönä käytetään tapauksesta riippuen tonnia, kilogrammaa tai grammaa. Yleensä hiilijalanjälki ilmoitetaan kasvihuonekaasujen yhteenlaskettuna määränä eli hiilidioksidiekvivalenteina, joskus kuitenkin pelkkänä hiilidioksidin määränä.

Hiilijalanjälki (CO₂e) muodostuu useimmiten ihmisten liikkumisesta, ruuasta ja juomasta, käytetystä energiasta sekä jätteen määrästä. Lisäksi materiaalien käyttö ja valmistus aiheuttavat osan hiilijalanjäljestä. Hiilijalanjälki saattaa vaihdella suurestikin ja se lasketaan aina tapauskohtaisesti.

Yksinkertaisin, nopein ja luotettavin tapa hiilijalanjäljen arviointiin on käyttää laskentaan valmista työkalua, joka sisältää valmiin päästötietokannan ja tukee valittua laskentamenetelmää. Suomalaisen Bionovan kehittämä One Click LCA -linkaarilaskentatyökalu (www.oneclicklca.com) sisältää ympäristötietokannan, josta löytyy yli 10 000 rakennusmateriaalia.

Hiilijalanjäljen laskenta perustuu Eurooppalaiseen CEN / TC 350 Sustainability of Construction Works –standardiperheeseen. Se sisältää omat standardinsa rakennusten elinkaariarvioinnille (EN 15978) ja rakennustuotteiden ympäristöselosteille (Environmental Product Declaration, EPD), jotka toimivat lähtötietona rakennusten arvioinnissa (EN 15804).

KESKIVERTOSUOMALAISEN HIILIJALANJÄLKI



Keskivertosuomalaisen hiilijalanjälki, kuva Sitra.

Hiilineutraalius

Hiilineutraalius tarkoittaa sitä, että kyseisen toiminnan laskettu hiilijalanjälki on nolla. Hiilijalanjälkeä voidaan pienentää erilaisilla päästöjä vähentävillä toimenpiteillä, esimerkiksi matkustamista, jätteen määrää ja energiankulutusta vähentämällä. Useimmiten toimenpiteiden jälkeen jää jäljelle vielä päästöjä ja ne voidaan hyvittää kompensatiojärjestelmän kautta.

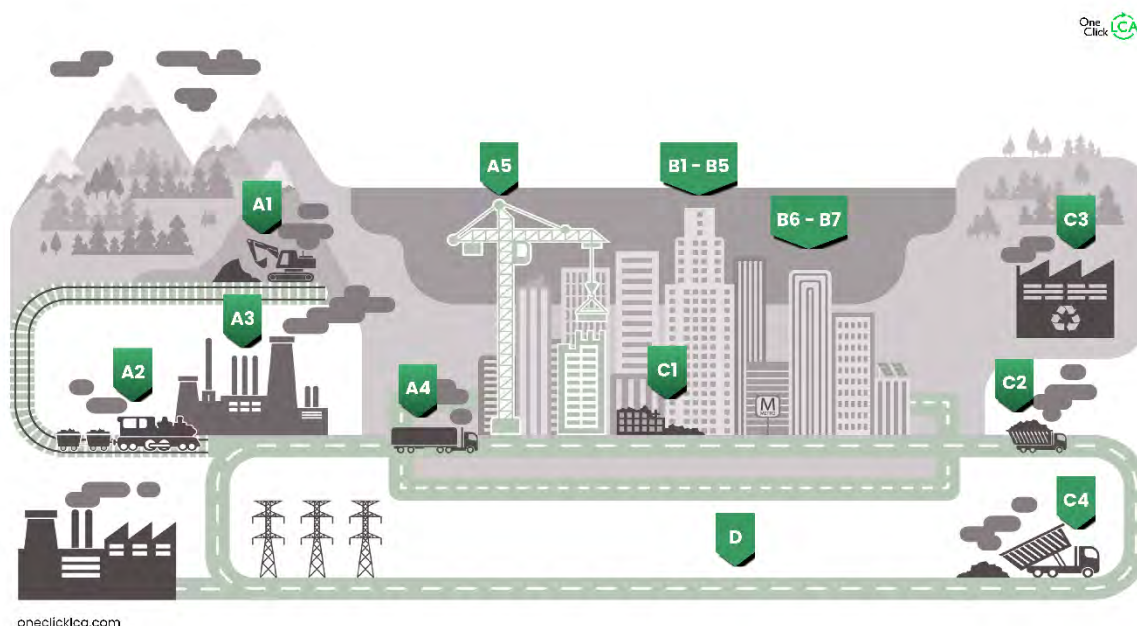
Hiilikädenjälki

Hiilikädenjälki kuvaa ilmastohyötyä eli päästövähennysvaikutusta. Hiilikädenjälki kertoo, kuinka paljon esimerkiksi rakennukseen on sitoutuneena hiilidioksidia. Sitoutunut hiilidioksidi on määrä, joka on pois ilmakehästä. Hiili pysyy sitoutuneena puurakenteissa koko rakennuksen elinkaaren ajan.

Rakennuksen hiilijalanjälki

Rakennustuote tarkoittaa rakennuksen kiinteäksi osaksi tulevaa tuotetta kuten betonielementtejä, ikkunoita, teräsrakenteita ja sahatavaraa. Suurimmat yksittäiset rakennusmateriaalien ympäristövaikutukset syntyvät rakennuksen päärakenteista.

Rakennuksen hiilijalanjälki koko elinkaaren ajalta määräytyy pitkälti suunnitteluprosessissa. Rakennuksen valmistuttua mahdollisuudet vaikuttaa päästöihin ovat enää rajalliset. Vaikuttavia tekijöitä ovat muun muassa rakennuspaikan valinta (määrittää saatavilla olevat energialähteet ja perustusolosuhteet), massoittelu (ulkovaipan määrä), tilatehokkuus (lämmitettävät kuutiometrit), runkomateriaalivalinta ja energiatavoitteet. Merkittävimpiä keinoja vaikuttaa päästöihin ovat muun muassa energiatehokkuus ja uusiutuvan energian käyttö, kierrätysmateriaalien ja uusiutuvien materiaalien käyttö, pitkäikäisten materiaalien valinta sekä materiaalien käytön minimointi. Myös tilatehokkuus vaikuttaa merkittävästi materiaalien kulutukseen. Yksittäisten tuotteiden valinnalla on merkitystä, sillä vastaavan tuotteen päästöjen erot eri valmistajien välillä voivat olla moninkertaiset.



Rakennukset aiheuttavat n. 35 % globaaleista ilmastopäästöistä.

Kuva Bionova Oy /One Click LCA.

Vähähiilinen rakentaminen

Rakentamisen ympäristöohjaus on Suomessa toistaiseksi keskittynyt rakennuskannan energiatehokkuuden parantamiseen ja käytönaikaisten päästöjen vähentämiseen. Kun uudisrakentamisessa on vuonna 2018 uusien energiamääräysten myötä siirrytty lähes nollaenergiarakentamiseen, on uudisrakentamisen energiatehokkuuteen jäänyt vain niukasti varaa vähentämiselle.

Rakennussektorin päästövähennystalkoissa onkin etsittävä uusia avauksia. Valmisteilla olevassa rakentamisen ohjauksessa tarkasteluun on otettu ennen kaikkea rakennuksen elinkaaren alkua ja loppupää eli rakennusmateriaalien valmistus, rakentaminen, rakennusjätteen synnyn ehkäisy ja kierrätys. Olemassa olevassa rakennuskannassa on runsaasti päästövähennyspotentiaalia, mutta energiatehokkuuden parantamiseen tähtäävät korjaukset kytketään pääasiassa muiden korjausten yhteyteen. Näin Suomen koko rakennuskannan voidaan odottaa korjautuvan energiatehokkaaksi vasta kuluvan vuosisadan puoliväliin mennessä.

Puun hiilijalanjälki

Puu tarvitsee kasvaakseen hiilidioksidia ilmasta. Puu kasvaa yhteyttämällä auringonvalon avulla vettä ja ilmakehän hiilidioksidia. Hiilidioksidin hiilestä tulee puun rakennusainetta samalla kun happi vapautuu takaisin ilmakehään.

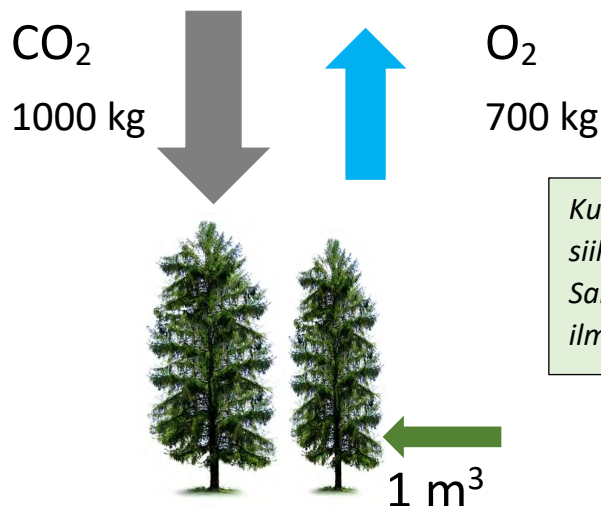
Noin puolet puuaineksesta on hiiltä. Nyrkkisääntö on, että yksi kuutiometri puuta varastoi 750 kg hiilidioksidia.

Valmistettaessa puusta rakennusten osia, puussa oleva hiili varastoituu rakenteisiin, jotka ovat pitkäaikaisia hiilivarastoja. Keskiverto suomalainen puurakenteinen omakotitalo sitoo noin 25 tonnia ilmasta peräisin olevaa hiilidioksidia. Se vastaa yhden kuluttajan keskivertoautoilun noin 10 vuoden hiilidioksidipäästöjä. Hiili säilyy rakenteissa parhaimmillaan satoja vuosia.

Puutuotteiden valmistuksesta syntyy verrattain vähän hiilidioksidipäästöjä. Puuhun varastoituneen hiilidioksidin määrä on moninkertainen verrattuna puutuotteiden valmistuksen aiheuttamiin päästöihin. Kun puutuotteet käytön jälkeen muutetaan energiaksi, niistä ei vapaudu ilmakehään sen enempää hiilidioksidia kuin puuhun kasvun yhteydessä on varastoitunut.

Puun käyttö vähentää hiilidioksidipäästöjä myös, kun puutuotteilla korvataan sellaisia tuotteita, joiden valmistuksesta aiheutuu puutuotteita enemmän hiilidioksidipäästöjä. Korvattaessa muita tuotteita puulla hiilidioksidipäästöjen vähennysvaikutus voi olla jopa suurempi kuin pelkkä puun hiiltä varastoiva vaikutus.

Puu on ainoa rakennusmateriaali, joka on täysin uusiutuvaa ja suurelta osin kierrätettävää. Ne voidaan valmistaa energialla, joka saadaan puusta itsestään ja se toimii samalla säänsuojana, eristeenä ja kantavana rakenteena sekä sitoo tehokkaasti ja pitkäaikaisesti hiiltä.



Hiilijalanjäljen laskenta

Ympäristöministeriön mukaan rakennuksen elinkaaren aikaista hiilijalanjälkeä aletaan ohjata lainsäädännöllä 2020-luvun puoliväliin mennessä.

1. Lainsäädäntö on tarkoitus tuoda voimaan vaiheittain ja kriteereitä on tarkoitus testata ensin julkisessa rakentamisessa. Rakennuksen hiilijalanjäljen laskenta voidaan liittää osaksi hankintakriteereitä.
2. Hankinta- ja kilpailutusasiakirjoissa tulee ilmoittaa, mitä EN-standardien mukaista menettelyä ja tietolähteitä soveltaen hiilijalanjäljen laskenta tulee tehdä ja tehdäänkö arviointi tilaajan toimesta yhdellä konsultilla vai kuuluuko kilpailuun osallistujien toimittama arvio osana tarjousasiakirjoja.

Hiilijalanjäljen laskentaan tarvitaan tiedot:

- rakennuksessa käytettävistä materiaaleista ja niiden määristä esimerkiksi piirustuksista tai tietomallista,
- materiaalien valmistuksen päästöistä ja käyttöiästä,
- käytön energiankulutuksesta ja käytettävistä energiamuodoista energialaskentaan perustuen sekä
- lisäksi voidaan arvioida kohdekohtaisesti kuljetusten, työmaan ja elinkaaren lopun vaikutuksia tai käyttää niille oletusarvoja.

C-lukulaskuri

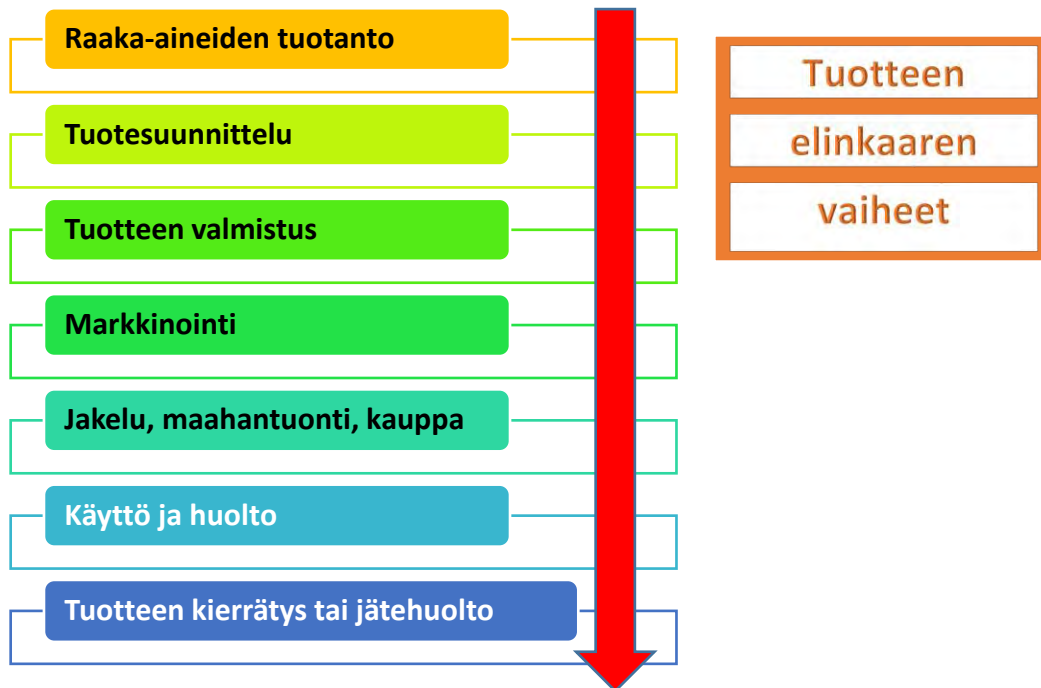
Rakennustuoteteollisuus RTT ry:n eristeteollisuus ja One Click LCA Oy lanseeraavat maksuttoman hiilijalanjälkilaskurin suomalaisten asuinrakennusten elinkaaren hiilijalanjäljen laskentaan. Laskurilla on helppo arvioida mm. lämmöneristystason ja LTO:n merkitystä elinkaaren aikaisiin hiilipäästöihin.

Laskuri noudattaa Ympäristöministeriön vähähiilisyyden arviointimenetelmän pilotoitiversiota. Se soveltuu niin omakotitalo- kuin kerrostalohankkeisiin, ja sitä voidaan käyttää paitsi yksittäisten hankkeiden tavoitteiden asettelussa ja suunnittelussa.

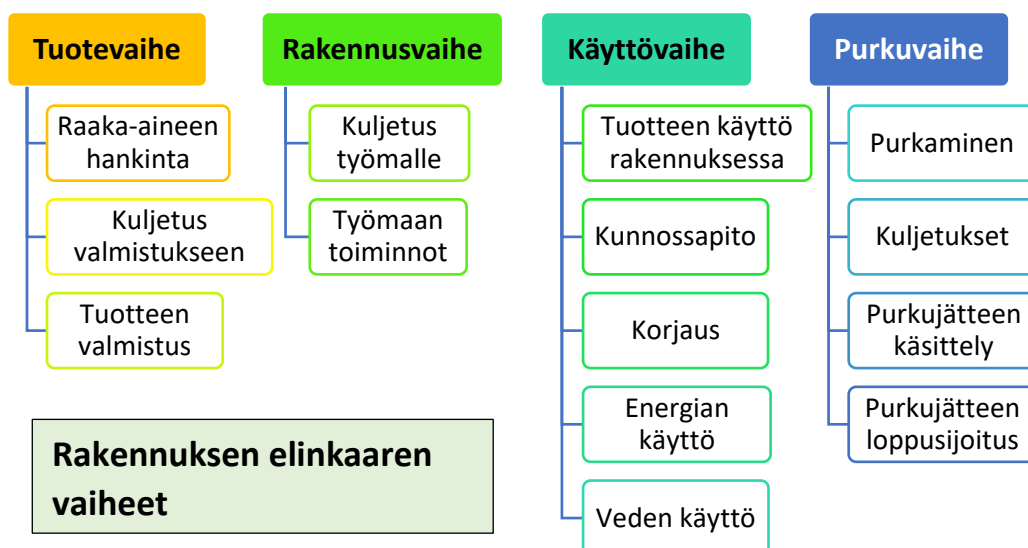
Sovellukseen on rakennettu valmiiksi arvot, joilla voidaan verrata minimimääräysten mukaisen energiatehokkuuden ja parannetun lämmöneristyksen avulla saavutettavia päästöeroja. Laskurista löytyy myös valmiiksi kirjasto tavanomaisia Suomessa käytettäviä rakenteita, joiden avulla arkkitehdit ja rakennesuunnittelijat voivat vertailla rakenteiden elinkaaren hiilijalanjälkeä.

Elinkaariajattelu

Elinkaariajattelulla tarkoitetaan tuotteen tai rakennuksen koko elinkaaren vaikutusten arviointia. Elinkaaren vaikutuksia arvioidaan yleensä kestävän kehityksen peruspilarien eli ekologisen, sosiaalisen ja taloudellisen kestävyys kautta. Elinkaariajattelun kautta pyritään saamaan kokonaiskuva rakennuksen tai tuotteen vaikutuksista ja välttämään ongelmien siirtäminen ajassa eteenpäin.



Elinkaariajattelussa saadaan parhaat hyödyt, kun sitä sovelletaan jo hankintojen suunnitteluvaiheessa. Tällöin voidaan tunnistaa kustannusoptimaalisia keinoja parantaa rakennuksen ympäristöystävällisyyttä tai pidentää sen käyttöikää. Rakennuksen käytön aikaisilla toimilla on suuri vaikutus koko rakennuksen elinkaaren vähähiilisyyteen. Pitkää käyttöikää edistävät esimerkiksi rakennuksen hyvä toiminnallisuus, tarkoituksenmukainen ja energiatehokas käyttö, ennakoiva ylläpito ja huolto, teknisten järjestelmien kokonaisvaltainen ymmärtäminen sekä ratkaisujen muuntojoustavuus ja vikasietoisuus. Nämä tulee huomioida jo rakennuksen suunnitteluvaiheessa.



Materiaalitehokkuus

Materiaalitehokkuus tarkoittaa toimia, joilla vähennetään luonnonvarojen kulutusta samalla kun huolehditaan siitä, että tuotteen tai palvelun laatu ei huonone vaan saattaa jopa parantua.

Toisaalta materiaalitehokkuus merkitsee sitä, että tuotteista otetaan kaikki hyöty irti niiden käyttöiän aikana. Näin ei hukata niitä luonnonvara- ja energiapanoksia, jotka on käytetty sen valmistukseen, jakeluun ja aikanaan jätehuoltoon.

Käytetään pitkään ja tehokkaasti

Monien tuotteiden käyttöikä voi pidentää käyttämällä niitä ohjeiden mukaisesti, huoltamalla säännöllisesti ja korjaamalla viat heti. Laitteiden korjauttaminen voi tulla kalliimmaksi kuin uuden tuotteen hankinta. Mutta jos asiaa katsotaan laajemmin, niin huolto- ja korjauspalvelut työllistävät usein paikallisia pienyrityksiä. Palveluiden käyttö vahvistaa näin lähialueen taloutta, minkä hyödyt kiertyvät lopulta alueen asukkaiden ja yritysten hyväksi.

Varastossa pölyttyvä hankinta on luonnonvarojen tuhlausta. Yritykset pyrkivät toimimaan yleensä rationaalisesti ja kustannustehokkaasti. Näin turhia hankintoja kannattaa välttää.

Kierrätetään raaka-aineet

Kierrätetystä materiaalista saadaan uutta raaka-ainetta huomattavasti helpommin kuin neitseellisistä luonnonvaroista. Kierrätys edistää luonnonvarojen tehokasta käyttöä ja säästää energiaa ja rahaa. Kierrätettyjen raaka-aineiden arvostus ja hinnat ovat jatkuvasti nousseet.

Kierrätyksen lisäksi nykyään puhutaan jätteen energiakäytöstä yhtenä jätteen hyötykäytön muotona. Jätteellä voidaan osittain korvata fossiilisia polttoaineita polttolaitoksissa.

Materiaalitehokkuuden kannalta energiakäyttö on huonompi vaihtoehto kuin kierrätys.

Esimerkiksi paperikuitu voi kiertää viisi tai kuusi kertaa, mutta tämä mahdollisuus menetetään, jos paperia ei lajitella paperinkeräykseen.

Tehostetaan materiaalitehokkuutta elinkaaren eri vaiheissa

Materiaalitehokkuuteen tähtäävät toimenpiteet voivat kohdistua suoraan organisaation omaan toimintaan. Näin toimitaan esimerkiksi silloin, kun käytetään raaka-aineita säästeliäästi ja minimoidaan hävikki tuotantoprosesseissa.

Toimenpiteet voivat myös kohdistua oman tuotteen tai palvelun elinkaaren aiempiin tai myöhempisiin vaiheisiin. Voidaan valita raaka-aineet, joiden tuotanto kuormittaa ympäristöä mahdollisimman vähän ja/tai jotka kestävät käyttöä. Tämä vaatii usein aikaa, perehtymistä ja tuotekehittelyä, jotka voidaan nähdä investointina samalla tavalla kuin laitteiden hankinta tai toimitilojen laajentaminen.

Yrityksellä voi olla mahdollisuus pidentää tuotteen elinkaarta myös sen loppupäästä. Tuote suunnitellaan mahdollisimman kestäväksi ja monikäyttöiseksi. Tuotteelle voidaan antaa takuu ja tarjota asiakkaalle huolto- ja korjauspalvelua. Myös asiakkaan neuvominen tuotteen oikeassa käytössä on materiaalitehokkuutta, jos se auttaa asiakasta pitämään tuotteesta hyvää huolta.

Joskus yritys voi tarjota tuotteitaan paitsi myyntiin, myös vuokralle. Tämä on hyvä vaihtoehto etenkin kalliiden, mutta kohtuullisen harvoin käytettävien tuotteiden kohdalla. Tällöin vuokraustoiminta saattaa olla kannattavampaa kuin myynti.

Vihreä siirtymä

Vihreä siirtymä tukee talouden rakennemuutosta ja hiilineutraalin hyvinvointiyhteiskunnan rakentamista. Vihreän siirtymän tarkoituksena on fossiilisten energialähteiden korvaaminen hiilivapailla energiamuodoilla ja kiertotalouteen perustuvan kestävämmän tuotannon edistäminen. Toimet säästävät energiaa, parantavat ilmanlaatua ja turvaavat energian toimitusvarmuuden.

Vihreän siirtymän päätavoitteet ovat:

1. Puhdas energia: hiilivapaan energiantuotannon ja energiatehokkuuden edistäminen.
2. Kestävä liikkuvuus: liikenteen päästöjen vähentäminen (90% vuoteen 2050 mennessä).
3. Rakentaminen ja kunnostaminen: energiatehokkuuden, kiertotalouden, digitalisaation ja ilmastokestävyyden edistäminen korjaus- ja uudisrakentamisessa.
4. Pellolta pöytään -strategia: ruokaketjun kokonaiskestävyyden edistäminen, ruokaturvallisuus, ilmastonmuutoksen hillintä ja luonnon monimuotoisuuden turvaaminen.
5. Ympäristön pilaantumisen torjunta: ilman, veden ja maaperän pilaantumisen ehkäiseminen.

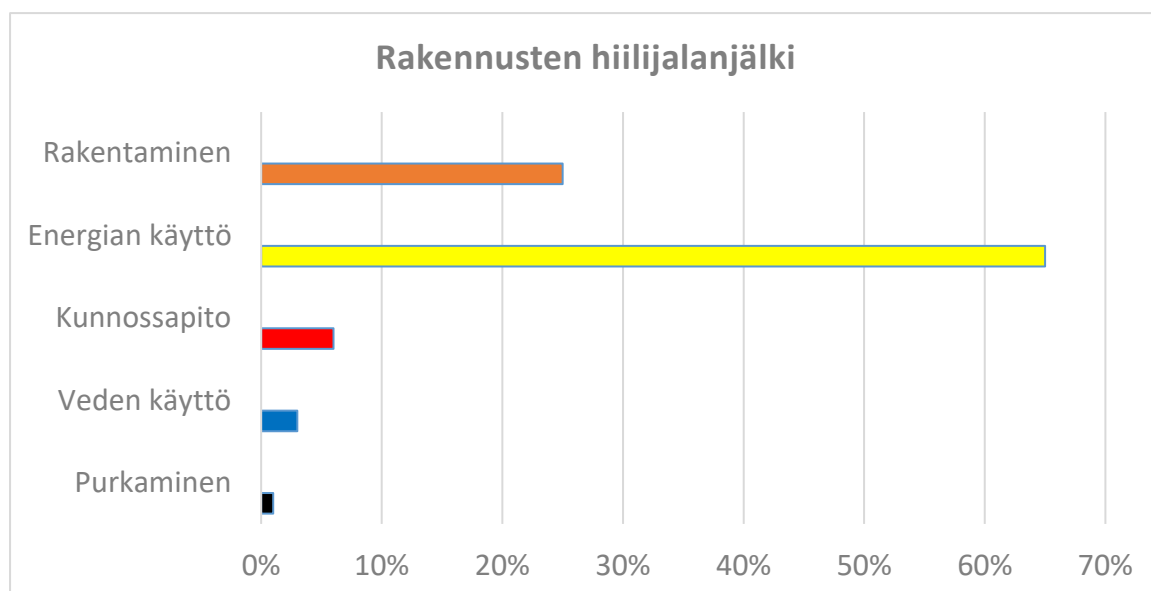
Vihreä siirtymä voidaan toteuttaa esimerkiksi seuraavilla toimenpiteillä:

- ottamalla käyttöön puhdasta energiantuotantoa, kuten aurinkovoimaa, merituulta, biokaasua ja hukkalämmön talteenottoa,
- kehittämällä teollisuuden kiertotalousratkaisuja ja vähäpäästöisiä innovaatioita, esimerkiksi investointeja vetyteknologiaan ja kiertotalouden demonstraatiolaitoksiin,
- ottamalla käyttöön uusien teknologioita, palveluita ja toimintamalleja rakennusallalla sekä luopumalla öljystä sekä muista fossiilisia energialähteitä käyttävistä lämmitysmuodoista
- tukemalla sähköisen liikenteen latausinfrastruktuuria sekä mahdollisia uusia hiilivapaita polttoaineita sekä
- kehittämällä luontopohjaisia ratkaisuja, esimerkiksi peltojen kipsikäsittelyä Itämeren ja muiden vesistöjen kuormituksen vähentämiseksi.

Rakennusten vihreä siirtymä

Rakennusmateriaalien ja rakentamisen prosessien osuus rakennusten elinkaaren hiilijalanjäljestä on noin puolet. Toinen puoli syntyy rakennusten käytönaikaisesta energian kulutuksesta. Hiilijalanjäljen pienentämisen kannalta ratkaisevia asioita ovat energian tuotannosta syntyvien hiilipäästöjen vähentäminen ja materiaalien kehittäminen vähäpäästöisemmäksi. Energian tuotannossa ratkaisevaa on fossiilisten energialähteiden korvaaminen muilla energialähteillä ja rakennusten energiatehokkuuden parantaminen. Rakennusmateriaalien hiilijalanjäljen pienentämiseen vaikuttavat mm. materiaalien tuotannossa syntyneen hiilijalanjäljen pienentäminen, materiaalien korvaaminen vähäpäästöillä tai hiiltä sitovilla materiaaleilla, materiaaleista syntyvän hukan pienentäminen sekä työmaatoimintojen ja siihen liittyvien logistiikkaratkaisujen kehittäminen.

Rakentamisen vihreän siirtymän tavoitteena on kehittää rakentamisen vähähiilisiä ratkaisuja ja prosesseja, edistää niiden käyttöönottoa, vahvistaa vähähiiliseen rakentamiseen liittyvää materiaaliosaamista sekä käynnistää tarvittavia tuote- ja menetelmäkehitysprosesseja. Puu hiiltä sitovana ja uusiutuvana materiaalina on keskeisessä asemassa rakennusten vihreässä siirtymässä.



88 m²:n kerrostaloasunnon materiaalien hiilijalanjälki koko elinkaaren aikana, lähde Rakennuslehti.

Kiertotalous

Uusiotuote tarkoittaa uusioraaka-aineesta eli kierrätetystä hyötyjätteestä valmistettua tuotetta. Esimerkiksi uusiolasituote on kierrätetystä lasista valmistettu uusi tuote. Kertaalleen valmistetun materiaalin työstämisen uudelleen raaka-aineeksi on todettu yleensä vievän vähemmän energiaa ja luonnonvaroja kuin uuden tuotteen valmistaminen neitseellisistä raaka-aineista.

Kierrätystuotteella tarkoitetaan tuotetta, joka kierrätetään tuotteena tai materiaalina hyödyksi uuteen tarpeeseen esimerkiksi uudisrakennuskohteessa. Uusiotuote ja kierrätystuote -määritelmiä käytetään välillä sekaisin.

Kiertotalouden määritelmä: kiertotalous on talousmalli, jossa ei tuoteta jatkuvasti lisää tavaroita, vaan kulutus perustuu omistamisen sijaan palveluiden käyttämiseen: jakamiseen, vuokraamiseen ja kierrättämiseen. Siinä materiaaleihin sitoutunut arvo säilyy mahdollisimman pitkään yhteiskunnassa. Kiertotaloudessa talouskasvu ei ole riippuvainen luonnonvarojen kulutuksesta.

Kiertotalouden malli ohjaa suunnittelemaan ympäristöämme niin, että se palvelee käyttäjän muuttuvia tarpeita, taipuu uusiin käyttötarkoituksiin ja toimii jakamistaloudessa. Materiaaleille ja tuotteille etsitään uusia käyttömahdollisuuksia niiden tultua tarpeettomiksi, jotta tuotteisiin ja materiaaleihin sitoutunut rahallinen arvo ja käyttöarvo säilyvät kiertokuluissa. Kiertotaloudessa rakennettu ympäristö osallistuu voimallisesti uusiutuvan energian tuotantoon ja on osa energiajärjestelmää.

Kiertotalouden mukainen toiminta voidaan jakaa kolmeen periaatteeseen:

1. Teollisen systeemin, ml. materiaalikehityksen, tuotesuunnittelun, energiantuotannon ja liiketoimintamallien suunnittelun kehittäminen niin, että hukan ja haitallisten ympäristövaikutusten synty minimoidaan.
2. Pidetään materiaalit ja tuotteet käytössä. Maksimoidaan tuotteiden, komponenttien ja materiaalien sekä niihin sitoutuneen arvon kierto taloudessa mahdollisimman pitkään.
3. Toimintatavat tähtäävät yhteiskunnan hyvinvoinnin lisäämiseen siten, että se toteutetaan ympäristöä ja luontoarvoja säästäen.

Rakentamisen kiertotalous

Kiertotalous luo kiinteistö- ja rakennusosalalle valtavasti mahdollisuuksia hillitä ilmastonmuutosta ja ehkäistä luonnon monimuotoisuuden köyhtymistä. Esimerkiksi rakennusmateriaalien uudelleenkäyttö ja kierrätys säästävät luonnonvaroja sekä vähentävät uusien tuotteiden valmistuksessa syntyviä päästöjä ja jätettä.

Kiertotaloutta voidaan edistää rakennuksen koko elinkaaren aikana, mikä edellyttää sitoutumista koko rakentamisen ketjulta ja alalta.

Uudet rakennukset tehdään:

- pitkäikäisiksi,
- monikäyttöisiksi ja muunneltaviksi,
- helposti huollettaviksi ja korjattaviksi,
- siten, että rakennusosat ja -materiaalit voidaan käyttää uudelleen tai kierrättää sekä
- siten, että hyödynnetään mahdollisimman paljon kierrätettyjä materiaaleja.

Rakennuksen kunnosta pidetään huolta asianmukaisilla ja oikea-aikaisilla korjaus- ja huoltotoimilla. Näin rakennus palvelee käyttäjiänsä suunnitellusti ja mahdollisimman pitkään. Rakennuksen käyttö- ja huolto-ohje antaa tähän hyvän pohjan.

Uutta rakennetaan vain tarpeeseen. Lisätilan tarve tyydytetään ensisijaisesti käyttämällä tehokkaammin jo olemassa olevia tiloja ja palveluita. Digitaaliset ratkaisut, kuten sähköiset varausjärjestelmät, helpottavat tilojen yhteiskäyttöä ja muuta rakennetun ympäristön jakamistaloutta.

Jätteiden lajittelu

Rakennusjätettä on kaikki rakentamisessa, korjaamisessa ja purkamisessa syntyvä jättemateriaali, kuten maa- ja kiviainekset, betoni-, puu-, lasi- ja paperijäte sekä metalliromu. Suurin osa rakentamisen kokonaisjättemäärästä koostuu mineraaliaineksista, josta pääosa on maa-aineksia. Suurin osa rakentamisen puujätteistä syntyy talonrakentamisesta.

Jätteet on koottava sekä tarpeen mukaan pakattava ja merkittävä samoin kuin annettava tiedot niistä siten, että jätteille voidaan järjestää asianmukainen jätehuolto ja ettei niistä aiheudu vaaraa tai haittaa terveydelle tai ympäristölle.

Ongelmajätteen pakkaukseen on merkittävä jätteen ja jätteen haltijan nimi sekä turvallisuuden ja jätehuollon asianmukaisen järjestämisen kannalta tarpeelliset tiedot ja varoitukset. Jätteet on kuljetettava umpikorissa kuljetusvälineessä taikka kuljetusvälineessä olevassa pakkauksessa. Jätteet voidaan kuljettaa myös muulla tavoin, jos voidaan varmistua siitä, ettei jätteitä pääse ympäristöön kuormauksen tai kuljetuksen aikana.

Vaaralliset jätteet

Vaarallisia jätteitä ovat jätelain mukaan sellaiset jätteet, jotka kemiallisen tai muun ominaisuutensa vuoksi voivat aiheuttaa vaaraa tai haittaa terveydelle tai ympäristölle.

Vaaralliseksi luokiteltavat jätelajit on nimetty valtioneuvoston asetuksessa jätteistä (179/2012) liitteessä 4. Kyseinen luettelon mukainen luokitus perustuu EU:n jätteiden ja vaarallisten jätteiden luetteloon. Luettelo on sitova eli luettelossa vaaralliseksi jätteeksi merkitty jäte katsotaan aina vaaralliseksi. Tavallisimpia vaarallisia jätteitä ovat mm. erilaiset liuottimet, maalit, raskasmetalliparistot, loisteputket, kylmälaitteet, TV- ja ATK-näytöt sekä jäteöljy. Teollisuudessa syntyvät vaaralliset jätteet vaihtelevat toimialoittain.

Vaaralliset jätteet asettavat haitallisuutensa vuoksi erityisiä vaatimuksia jätteen kuljetukselle ja käsittelylle. Teollisuudessa syntyneiden vaarallisten jätteiden jätehuollon järjestäminen on ensisijaisesti jätteen haltijan velvollisuus.

Suomessa on useita vaarallisten jätteiden käsittelyyn ja hyödyntämiseen erikoistuneita yrityksiä. Lisäksi teollisuus käsittelee itse merkittävän osan tuottamistaan vaarallisista jätteistä.

Kemikaalien ympäristöriskit

Kemikaalien käytöstä aiheutuvat päästöt kohdistuvat ympäristöön eri tavoin kemikaalin ominaisuuksista, käyttötarkoituksesta ja käyttötavasta riippuen. Ympäristöhallinnon vastuulla on valvoa, seurata ja arvioida ekosysteemin altistumista kemikaaleille ja raskasmetalleille. Ihmisen kannalta erityistä huomiota on kiinnitettävä kaupunkiympäristöön, työympäristöihin ja kotitalouksiin.

Kemikaaleista aiheutuvia riskejä pyritään hallitsemaan lainsäädännöllisin, taloudellisin sekä toiminnanharjoittajan vapaaehtoisuuteen perustuvain keinoin. Lainsäädäntöön vaikuttavat kansallisten tavoitteiden ohella EU-lainsäädäntö sekä joukko kemikaalien riskien vähentämiseen tähtääviä kansainvälisiä sopimuksia, joihin Suomi on sitoutunut.

Puumateriaalin kierrätys ja jätteen hävittäminen puutuoteteollisuudessa

Jätelupa on oltava myös jätelain 42 §:n 1 momentissa tarkoitettua muuta jätehuollon kannalta merkityksellistä toimintaa varten, jos kysymyksessä on esimerkiksi vaneri-, lastulevy- tai kuitulevytehdas, puun kyllästämö, pintakäsittelylaitos, saha tai muu puunkäsittelylaitos, jossa käytetään puunsuoja-aineita tai liimoja. Tämän perusteella merkittävä osa puutuoteteollisuuden yrityksistä kuuluu jäteluvan piiriin.



Esimerkki puupohjaisten tuotteiden valmistamisesta ja kierrättämisestä.

Puutavaran lajittelu	
Kierrätettävä	Sekajäte
puu- ja kuormalavat, lastulevy	verhoillut huonekalut
laudat, lankut, puupölli, vanerit	ikkunat laseineen
massiivipuu ja siitä valmistetut huonekalut	lasi- ja peiliovet
maalamaton ja maalattu rakennuspuu	PVC-muovia, laattoja ym. sisältävät puumateriaalit
puiset betonivalumuotit ja -laudat	kyllästetty puu
kuitu- ja kovalevyt, puuparketit	risut ja oksat
kaapelikelat	
puretut kaapistot, komerot ja laatikostot	
lastu- ja MDF-levyrunkoiset huonekalut	
ovet ja ikkunakehykset	
muovipinnoitetut puu-, lastu-, MDF- ja melamiinilevyt	

Lähde: www.kierratys.info.

1.4 Toiminta puutuoteteollisuuden työympäristössä

Ydintoiminnot teollisessa puurakentamisessa

- puuelementtien valmistaminen (taso- ja tilaelementit),
- massiivipuurakenteiden valmistaminen (CLT / LVL / MHM)
- hirsien valmistaminen,
- teollisen puurakentamisen työstöpalvelut (koneellisesti työstettävät puurakenneosat),
- puurakennekomponenttien valmistaminen ja kokoaminen ja
- naulalevyrakenteiden valmistaminen (mm. kattoristikot).

Teollisuuspuurakentajan osaamistavoitteet

Teollisen puurakentamisen alalla erikoistuu nykyaikaiseen ja joustavaan puurakenteiden valmistukseen. Koulutuksen pääpaino on puuelementtien ja -tuotteiden, puutalojen sekä puurakenteiden jatkojalosteiden valmistuksessa.

Teollisuuspuurakentajan osaaminen vaatii teknologiaosaamista, huolellisuutta, pitkäjänteisyyttä, ongelmanratkaisukykyä sekä asiakaspalveluhenkeä. Työn jälki jää näkyviin rakennuksissa ja ympäristörakenteissa. Teollisen puurakentamisen yritysten koko vaihtelee yhden hengen yrityksistä aina suuriin taloelementti-, ja hirsitalotehtaisiin. Puurakentamisen tehtävissä työskentelet talo- ja puutuoteteollisuuden, kaupan tai rakennusalan palveluksessa tai yrittäjänä.

Nykyaikaisissa puurakentamisen tehtävissä ja toimenkuissa uusi teknologia on entistä suuremmassa osassa perinteisten puu- ja rakennusalan tehtävien rinnalla. Teollisuudessa tarvitaan CNC-ohjelmoinnin ja työstön osaajia sekä CAD-suunnittelijoita. Opiskelu on sekoitus viimeisintä automaatiotekniikkaa ja perinteisen puurakentamisen taitoja.

Puuteollisuuden perustutkinnosta valmistuu teolliseksi puurakentajaksi. Teollinen puurakentaja valmistaa puurakenteita ja niiden osia, kuten CLT-, hirsi- ja muita massiivipuurakenteita sekä puurakenteisia elementtejä ja muita jatkojalosteita.

Tutkinnon suorittaneen teollisuuspuurakentajan keskeistä osaamista ovat: taito valmistaa puurakenteita toteutuspiirustusten ja ohjeiden avulla, taito käyttää puuteollisuuden materiaaleja taloudellisesti, puun ominaisuuksien tunteminen puurakennetuotteiden valmistuksessa, puurakenneteollisuuden peruskoneiden käytön työturvallinen hallinta, nykyaikaisten teollisten valmistustekniikoiden osaaminen sekä rakentamisen vihreän siirtymän ymmärtäminen.

Teollisuuspuurakentajan osaamisvaatimukset löytyvät Opetushallituksen tutkinnon perusteista. Teollisuuspuurakentajan tutkinnon voi suorittaa sekä perus- että ammattitutkintona.

Puutuoteteollisuuden toiminta- ja laatujärjestelmät

Toimintajärjestelmä on yhdessä sovittujen toimintatapojen kooste. Toimintajärjestelmän tarkoituksena on selkeyttää ja yhtenäistää organisaation toimintaa ja sitä myötä vapauttaa voimavaroja tuottavaan työhön. Toimintajärjestelmä sisältää toiminnan prosessit, mittaamisen, organisaation periaatteet ja kuvaukset siitä, miten toimintaa kehitetään. Toimintajärjestelmään tuodaan dokumentit, mallit ja ohjeet, joiden avulla työntekijä voi seurata laadun toteutumista.

ISO 9000 -standardeissa puhutaan laadunhallintajärjestelmistä. Tarkoituksena on, että standardien esittämät laadunhallinnan ja laadunvarmistuksen näkökohdat toteutetaan järjestelmällisesti organisaation liiketoimintajärjestelmässä ja sen johtamisessa.

Laadunhallinnan lähtökohtana ovat organisaation strategia ja perustehtävä, joiden pohjalta muodostuvat ydin- ja tukiprosessit. Kyse ei ole erillisestä ”laatuystä” vaan kilpailukykyisen toiminnan toteuttamisesta.

Laatukäsikirja voi sisältää mm. seuraavat asiat:

- yritys tai organisaatio,
- yrityksen johdon vastuut ja tehtävät,
- laatujärjestelmän osat ja niiden pääsisältö,
- laadunohjauksen ja -varmistuksen toteuttaminen ja soveltaminen,
- laatujärjestelmän ylläpito sekä
- laatujärjestelmän valvonta ja auditointi.

Ominaisuus	Yksikkö	Tulos tai arvo
Lappia CLT massiivipuulaatta		
Hyväksyntä / sertifiointi		VTT-S-01270-16
Käyttötarkoitus		Rakennukset ja rakenteet
Suunnitteluperusteet		Eurokoodien EN 1990 ja 1995 sekä SFS-EN 1995 mukaisesti
Käyttöolosuhde (EN 1995-1-1)	Luokka	1 ja 2
Paksuus, toleranssi +/- 1 mm	mm	48-286 mm
Leveys, toleranssi +/- 3 mm	mm	max 3150 mm
Pituus, toleranssi +/- 3 mm	mm	max 8000 mm
Kerrosten lukumäärä, symmetrinen ladonta	kpl	3, 5, 7
Palokäyttäytyminen	Luokka	D-s2, d0
Palonkestävyys, EN 1995-1-2		Hiiltymisnopeus $\beta_0 = 1,0$ mm/min
Tuotteen kosteuspitoisuus, EN 13183-3	%	6-15
Formaldehydin vapautuminen, EN 13986		Ei
Lamellit		
Raaka-aine		Lujuuslajiteltu kuusi tai mänty
Paksuus t	mm	16-47 mm
Leveys	mm	$\geq (80,3t)$
Rako rinnakkaisten lautojen välissä Puun kosteus ≥ 10 % - joka saumassa - 10% saumoista Puun kosteus < 10 % (sisätilat)	mm	max 2 mm max 5 mm max. 5 mm
Lamellien lujuusluokka, EN 338		C24, EN 1995-1-1 mukaisesti
Sormijatkokset, prEN 16351:2013, lapepinnalla näkyvissä	N/mm ²	$F_{m,j,k} \geq 8 + 1,4 f_{t,0,j,k}$ (sahatavaran valmistajan sertifiointin mukaisesti)
- Ominaisleikkauslujuus, liima PURBOND HB S-line		Täyttää prEN 16351:2013 vaatimuksen

Laatujärjestelmän liitteenä oleva tuotekuvaus, taulukko Ammattiopisto Lappia

1.5 Toiminta puutuoteteollisuuden elinkeinoelämässä

Työelämän pelisäännöt

Työelämässä on paljon sääntöjä, joita työntekijän ja työnantajan täytyy noudattaa. Säännöt perustuvat työehtosopimukseen ja lakeihin. Työntekijän täytyy esimerkiksi noudattaa työaikoja, ja työnantajan täytyy maksaa palkkaa, joka on työehtosopimuksen mukainen.

Työehtosopimukset

Kun työntekijä aloittaa uuden työ, hän ja työnantaja tekevät tästä työsopimuksen. Sopimuksessa työntekijä veloitetaan tekemään sovittua työtä, ja työnantajan maksamaan tehdystä työstä palkkaa. Palkka ja muut edut eivät saa olla huonompia kuin mitä työehtosopimuksessa tai laissa sanotaan.

Palkan lisäksi työsopimuksessa sovitaan esimerkiksi työajasta, työn kestosta ja työtehtävistä. Työsopimus kannattaa tehdä kirjallisesti, ja se on myös yleisin tapa tehdä työsopimus. Myös suullinen työsopimus riittää, mutta kirjallinen on parempi. Jos tulee riitaa, kirjallisesta työsopimuksesta on helppo tarkistaa, mitä on sovittu. Jos työsopimusta ei tehdä kirjallisesti, työnantajan täytyy antaa työntekijälle kirjallinen selvitys työehdoista. Selvitys täytyy antaa kuukauden kuluessa siitä, kun työsuhte on alkanut. Jos työnantaja ei anna selvitystä työntekijälle, hän rikkoo työsopimuslakia.

Vakituinen työ tarkoittaa, että työsopimus on voimassa toistaiseksi. Työsopimukseen ei ole kirjoitettu työn päättymisaikaa. Työ jatkuu niin kauan, kunnes työntekijä tai työnantaja haluaa lopettaa eli irtisanoa työsuhteen. Yleensä työsopimuksen pitää olla vakituinen. Jos työsopimus on vakituinen, työntekijää kutsutaan vakituiseksi työntekijäksi.

Määräaikainen työ kestää vain sen ajan, joka työsopimuksessa lukee. Työsopimukseen on kirjoitettu työn päättymisaika. Jos työsopimus on määräaikainen, siihen pitää aina olla pätevä syy. Tämä syy pitää kirjoittaa työsopimukseen. Esimerkiksi sijaisella on tavallisesti määräaikainen työ. Määräaikaista työtä sanotaan usein patkätöksi. Määräaikainen työsopimus sitoo sekä työntekijää että työnantajaa. Määräaikaista työtä ei voi tavallisesti lopettaa aikaisemmin kuin mitä työsopimuksessa lukee. Jos työnantaja tarvitsee työntekijää jatkuvasti, työsopimus täytyy olla vakituinen. Yhtään määräaikaista työsopimusta ei saa tehdä ilman painavaa syytä.

Työnantajan vastuut ja velvollisuudet

- noudattaa lakia ja työehtosopimusta,
- maksaa palkka palkkapäivänä,
- kertoa työvuorot ajoissa,
- kunnioittaa työntekijöiden taukoja ja lepoaikoja,
- tehdä työpaikasta turvallinen ohjeiden ja määräysten mukaisesti,
- opastaa uusia työntekijöitä,
- kohdella kaikkia työntekijöitä tasapuolisesti,
- puuttua kiusaamiseen mahdollisimman nopeasti ja
- maksaa palkka ja lomakorvaukset heti, jos työsuhte päättyy.

Työntekijän vastuut ja velvollisuudet

- noudattaa lakia ja työehtosopimusta,
- tehdä työnantajan määräämät työtehtävät,
- noudattaa työnantajan ohjeita,
- noudattaa työaikoja,
- käyttäytyä asiallisesti esimiehiä ja muita työntekijöitä kohtaan,
- käyttää työnantajan antamia suojaimia ja apuvälineitä,
- noudattaa työturvallisuus- ja muita turvallisuusohjeita,
- ilmoittaa esimiehelleen havaitsemistaan puutteista ja vaaroista,
- kysyä oma-aloitteellisesti uusia työtehtäviä, mikäli jo määrättyt työt ovat tehty,
- olla tekemättä sellaista työtä toiselle yritykselle, joka on omalle työnantajalle taloudellisesti vahingollista sekä
- olla kertomatta luottamuksellisia asioita yrityksen ulkopuolisille henkilöille ja tahoille.

Työsuojelu

Työsuojelu tarkoittaa toimenpiteitä, joiden avulla huolehditaan, että työpaikalla on turvallista. Arvioinnin perusteella työpaikalle laaditaan suunnitelmia ja turvallisuusohjeita, joilla työpaikka varautuu vaaroihin.

Vaaroja voivat aiheuttaa esimerkiksi

- melu, pöly, kylmyys, kuumuus, myrkyt, värinä, säteily tai sähkö,
- vaaralliset koneet ja laitteet,
- liiallinen kiire tai liian pitkät työajat,
- bakteerit ja virukset ja homeitiöt,
- huono työskentelyasento, liian raskaat taakat tai huonot työskentelyvälineet sekä
- väkivallan uhka tai epäasiallinen kohtelu.

Oppisopimuskoulutus ja työharjoittelu

Oppisopimuksessa työntekijä tekee töitä työpaikalla ja opiskelee samaan aikaan oppilaitoksessa. Suurin osa opiskelusta tapahtuu työpaikalla. Opiskelija ja työnantaja tekevät työsopimuksen, ja opiskelija saa palkkaa. Osa opiskelusta tapahtuu oppilaitoksessa, jolloin opiskelija voi saada erilaisia tukia.

Työharjoittelu on työntekoa, joka lisää harjoittelijan ammattitaitoa. Tavallisesti työharjoittelija on opiskelija tai joku muu henkilö, joka aloittaa työelämässä. Työharjoittelun ajaksi laaditaan koulutusopimus opiskelijan, työnantajan, ja oppilaitoksen kesken. Työharjoittelu kuuluu aina jonkun tutkinnon osan suorittamiseen.

2 Puutavaralajit ja ominaisuudet



Kuvat Puuinfo Oy

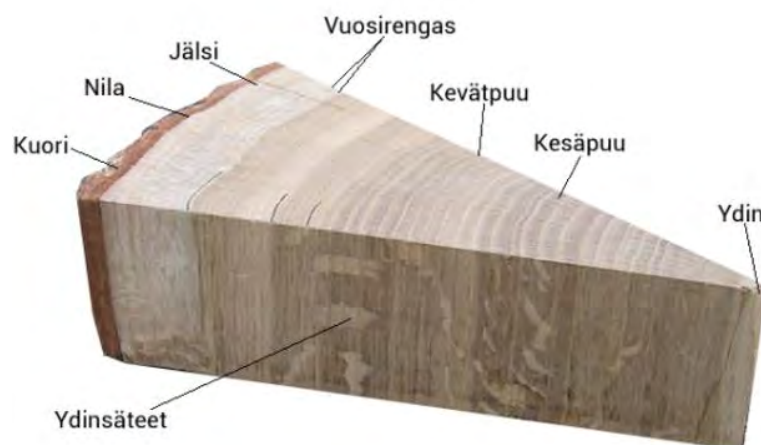
2.1 Puun ominaisuudet

Puun rakenne

Suomi sijaitsee pohjoisella havumetsävyöhykkeellä, joka on pohjoisen pallonpuoliskon halki ulottuva yhtenäinen kasvillisuusvyöhyke, havumetsäalue. Se kulkee Fennoskandiasta itäiseen Siperiaan ja Pohjois-Amerikassa Alaskan länsiosista Labradorin niemimaalle. Tämä nk. boreaalinen vyöhyke käsittää noin 15 prosenttia mantereiden pinta-alasta ja sen metsäalueet ovat maailman suurimmat, noin 15 miljoonaa neliökilometriä.

Ilmastollisesti Suomi sijaitsee lumi- ja metsäilmastossa, jossa sataa tasaisesti ympäri vuoden ja jossa pakkastalvi ja lämmin kesä vaihtelevat. Ilmastossamme on meri- tai mannerilmaston piirteitä riippuen ilmavirtausten suunnasta ja matalapaineiden liikkeistä. Golfvirran ansiosta Suomessa lämpötila on korkeampi kuin muualla vastaavilla leveysasteilla sijaitsevilla manneralueilla. Toisaalta Suomen ilmasto on mantereisempi kuin muissa Pohjoismaissa, koska Aasian mannerilmasto ulottuu ajoittain Suomeen, mikä näkyy talven pakkasjaksoina ja kesän helteinä.

Olosuhteiden takia Suomi on parhaimpia puun kasvualueita maailmassa. Suomen kesäkautta kestää vain 100 päivää, jonka aikana puut kasvavat. Lyhyt kasvuaika merkitsee hidasta kasvua, joka voi kestää 60 – 120 vuotta. Hitaan kasvun ansiosta syntyvä puuaines on suorakuituista. Oksia on vähän ja ne ovat pieniä. Kasvu on symmetristä, rungot ovat suoria ja pyöreitä. Vuosirenkaat ovat ohuita ja tiheässä. Nuorpuun osuus on pieni ja sydänpuun suuri.



Kuvassa näkyvät puun rakenneosat. Puun tilavuus kasvaa vuosittain, kun latvakasvain lisää puun pituutta ja uusi vuosilusto puun paksuutta. Tämän vuoksi sydänpuu on vanhempaa kuin pintapu. Kuva Pro Puu-keskus / Puuproffa

Lujuusteknisiä ominaisuuksia

Puun lujuus lisääntyy puun tiheyden kasvaessa. Puun tiheyttä arvioitaessa on aina ilmoitettava, missä kosteustilassa sen massa ja tilavuus on mitattu. Yleisimmin puun tiheys ilmoitetaan ilmakeihtiheytenä, jolloin puun massa ja tilavuus on mitattu puun kosteuden ollessa 15 % (tai 12 %). Tiheys ilmoitetaan usein myös kuiva-tuoretiheytenä, jolloin puun massa on mitattu kuivana ja tilavuus kyllästymispistettä (noin 30 %) suuremmassa kosteudessa. Suomen puuston valtapuulajit ovat mänty, kuusi ja koivu. Mänty ja kuusi ovat yleisimmät rakennuspuulajit. Suomalaisen männyn tiheys on 370–550, kuusen 300–470 ja koivun 590–740 kg/m³.

Puun lujuuteen vaikuttaa oleellisesti se, missä suunnassa syitä vastaan sitä kuormitetaan. Syiden suunnassa taivutuslujuus on suoraan verrannollinen puun tiheyden kanssa. Tasa-aineisella, virheettömällä puulla taivutuslujuus on yhtä suuri kuin vetolujuus.

Puun syiden suuntainen vetolujuus on yleensä 10–20-kertainen verrattuna puun lujuuteen kohtisuoraan syitä vastaan. Vetolujuus riippuu myös puun tiheydestä: esimerkiksi männyn kevätpuun vetolujuus on vain 1/6 kesäpuuhun verrattuna. Ilmakeiivan puun puristuslujuus on noin puolet vastaavasta vetolujuudesta.

Puun leikkauslujuus on 10–15 % puun syiden suuntaisesta vetolujuudesta. Leikkauslujuutta heikentävät oksat sekä puussa esiintyvät viat ja halkeamat.

Puun jäykkyys ja kulutuskestävyys lisääntyvät puun tiheyden kasvaessa. Puun jäykkyys syiden suunnassa voi olla jopa satakertainen verrattuna syitä vastaan kohtisuorassa. Säteen suunnassa jäykkyys on noin kaksi kertaa niin suuri kuin tangentin suunnassa.

Lämpötekniisiä ominaisuuksia

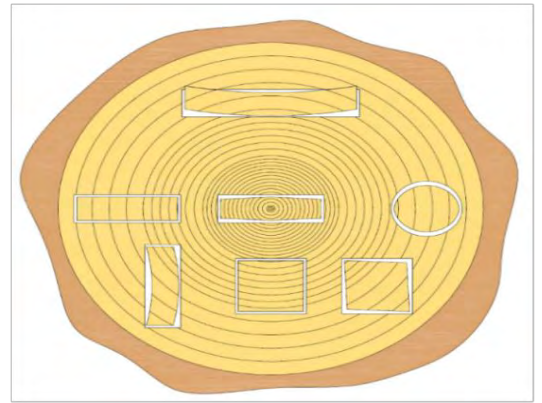
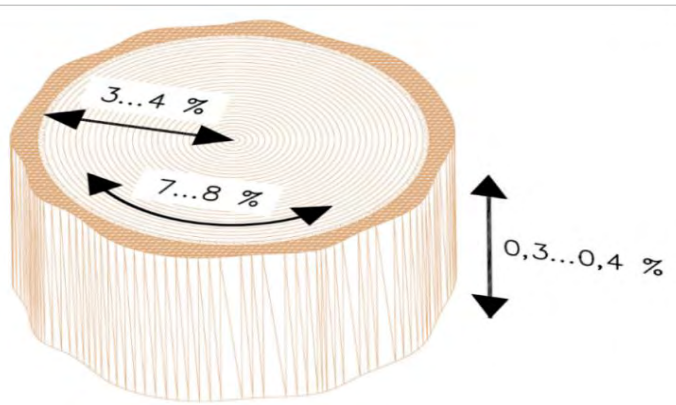
Puun lämmönjohtavuus on suhteellisen vähäinen puuaineksen huokoisuuden vuoksi. Lämmönjohtavuus heikkenee puun tiheyden vähetessä. Puun lämmönjohtavuus on noin kaksinkertainen syiden suunnassa verrattuna lämmönjohtavuuteen syitä vastaan kohtisuorassa. Esimerkiksi männyn lämmönjohtavuus syiden suunnassa on 0,22 W/m²K ja syitä vastaan kohtisuorassa 0,14 W/m²K. Puun kosteuden lisääntyminen lisää lämmönjohtavuutta. Puun lämpötilan laskiessa sen lujuus yleensä lisääntyy. Puun lämpölaajeneminen syiden suunnassa on erittäin vähäistä. Säteen ja tangentin suunnassa lämpöliikkeet ovat selvästi suurempia. Puun lämpölaajenemiskertoimien ja kosteuskutistumakertoimien suhde puun syiden eri suunnissa on samaa suuruusluokkaa. Toistuva lämpötilan vaihtelu vähentää puun lujuutta. Alle +0 C:n lämpötilassa puussa voi esiintyä pakkashalkeamia, sillä soluonteloissa oleva vesi laajenee jäätyessään.

Puun lämmönvaraamiskyky eli lämpökapasiteetti riippuu puun tiheydestä, kosteudesta, lämpötilasta ja syiden suunnasta. Männyn ja kuusen keskimääräinen ominaislämpöarvo +0 – 100 C:ssa on 2300 J/kg C. Kosteuden lisääntyminen parantaa puun ominaislämpöä, koska veden ominaislämpö on suurempi kuin puulla. Männyn lämpökapasiteetti on lähes sama kuin tiilellä, vaikka puun tiheys tiileen verrattuna on vain 1/3. Hyvän lämpökapasiteetin vuoksi järeä hirsiseinä toimii sellaisenaan suhteellisen hyvänä ulkoseinärakenteena, vaikka esimerkiksi mineraalivillan lämmöneristyskykyyn verrattuna puun lämmönjohtavuus on noin kolminkertainen.

Kosteusteknisiä ominaisuuksia

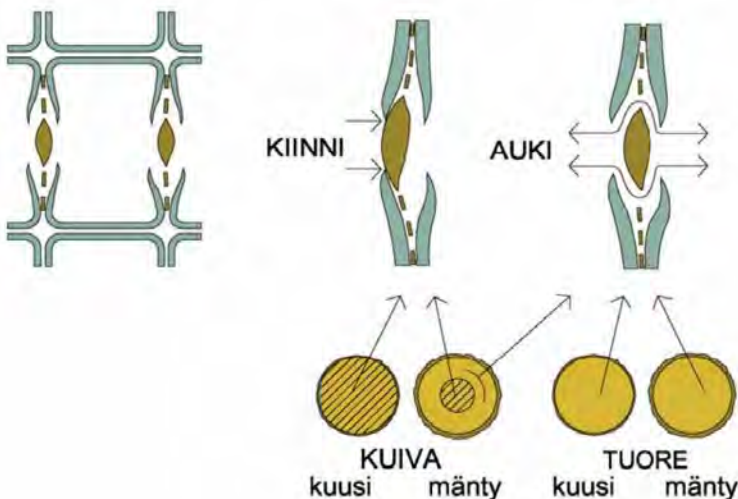
Puu on hygroskooppinen materiaali eli puulla on kyky sitoa ja luovuttaa kosteutta ilman suhteellisen kosteuden vaihteluiden mukaan. Puu asettuu aina tasapainokosteuteen ympäristönsä kanssa. Puu säilyttää hygroskooppisen ominaisuutensa kaikissa vaiheissaan, sillä pintakäsittelytkin vain hidastavat kosteuden muutoksia.

Kosteuden vaihteluiden seurauksena puu kutistuu tai turpoaa ja muuttaa muotoaan. Anisotrooppisena (ominaisuudet erilaiset eri suunnissa) materiaalina puun pitkittäissuuntainen kosteuseläminen on vähäistä, mutta poikittaissuuntainen kosteuseläminen on merkittävää ja se on huomioitava rakenteita sekä yksityiskohtia suunniteltaessa.



Puun kutistuminen eri suunnissa. Kutistuminen ilmoitetaan prosenttilukuna, kun puun kosteuspitoisuus muuttuu yhden prosenttiyksikön. Syiden suunnassa kutistuminen on vain 10 % verrattuna syynsuuntaa vasten tapahtuvaa kutistumista. Tämän vuoksi puu on käytännössä painumatonta syyn suunnassa. Suurin kutistuma tapahtuu tangentialisesti, joka aiheuttaa puun halkeamisen. Kuva Puuinfo Oy.

Lujuus- ja jäykkyysominaisuuksiltaan kuusi ja mänty ovat samankaltaisia, mutta niiden kosteuskäyttäytymisessä on eroja. Kuusi reagoi sen ympärillä olevan kosteuden vaihteluihin hitaammin kuin mänty. Tämä johtuu siitä, että soluseinämien huokosten läpät (torukset) jäävät puun kuivuessa kuusella kauttaaltaan kiinni ja männyllä pintapuussa auki. Männyn sydänpuussa huokokset ovat tukkeutuneet pihkalla. Soluseinämien huokosten ominaisuudet aiheuttavat myös sen, että kuusi on vaikea painekyllästä ja männyssä kyllästysaineet voivat tunkeutua vain pintapuuhun.



Männyn ja kuusen solukkorakenteiden ominaisuuksia. Kaadetun kuusen solurakenteet kuivuvat kiinni, kun taas männyssä ne pysyvät auki, kuvat Puuinfo Oy.

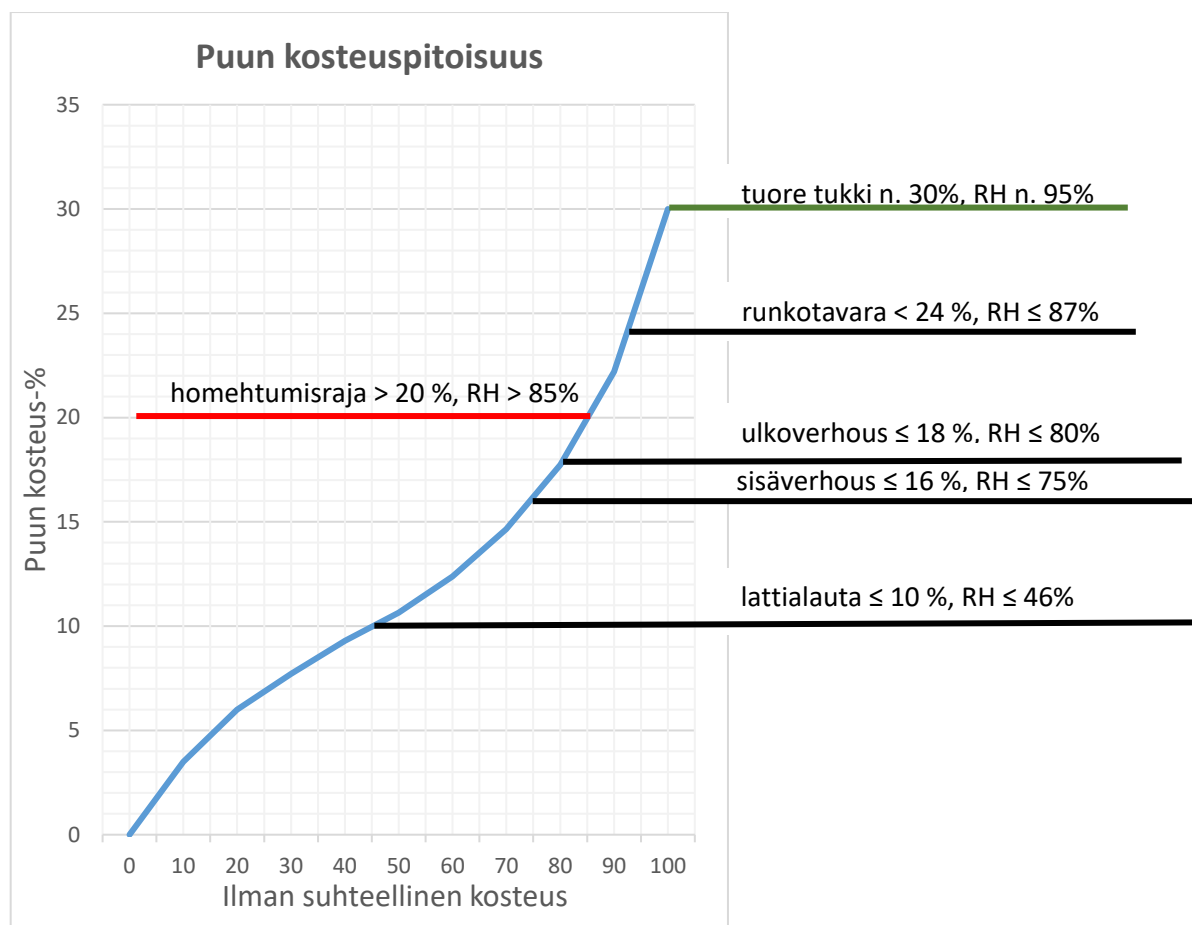
Puun kosteuspitoisuus

Puun kosteuspitoisuus ilmoitetaan prosentteina ja sillä tarkoitetaan puussa olevan veden painon suhdetta puun absoluuttiseen kuivapainoon. Kosteuspitoisuus todetaan kosteusmittarilla.

Puun kosteuspitoisuuden ollessa alle 20 % se on yleensä turvassa lahottajasieniltä, homeilta ja muilta biologisilta tuholaisilta. Lisäksi kuivan puun lujuus- ja jäykkyysominaisuudet ovat märkää puuta paremmat. Lujuusominaisuuksien paraneminen puun kuivuessa perustuu soluseinämien liikkumiseen lähemmäksi toisiaan ja toisiinsa kiinnittymiseen.

Tuoreen havupuun kosteuspitoisuus on noin 30 % (syiden kyllästymispiste), josta erilaisilla kuivausmenetelmillä kosteuspitoisuus voidaan muuttaa haluttuun suuruusluokkaan käyttökohteesta riippuen. Normaalikäytössä puun kosteus vaihtelee 8–25 % välillä.

Kosteuspitoisuus ei ole absoluuttinen arvo vaan se muuttuu ilman suhteellisen kosteuden mukaan (tasapainokosteus). Kuivaan tilaan vietynä puu kuivuu ja kosteissa olosuhteissa se imee kosteutta. Kosteus vaihtelee siten sekä vuodenaikojen että käyttökohteen mukaan. Puutavaraliikkeessä suositellaan mittaamaan puutavaran kosteus ennen toimitusta asiakkaalle.



Taulukossa on esitetty myytävän sahatavaran maksimikosteuspitoisuudet.

Varsinkin runkotavaralle kosteus pitäisi olla sallittua alhaisempi homehtumisriskin vuoksi.

Puutavaran kosteuspitoisuuden riippuvuus lämpötilasta ja ilman suhteellisesta kosteudesta.

Paloteknisiä ominaisuuksia

Puun lämpötilan noustessa 100 °C:een alkaa siitä höyrystyä kemiallisesti sitoutumaton vesi. Kuivan puun terminen pehmeäminen alkaa noin 180 °C:n lämpötilassa ja saavuttaa maksiminsa 320–380 °C:ssa. Tällöin puun ligniinin, selluloosan ja hemiselluloosan sidokset alkavat hajota. Kosteaa puun pehmeäminen alkaa aikaisemmin, jopa 100 °C:ssa.

Puun syttymislämpötilaan vaikuttaa se, kuinka kauan puu on lämmölle alttiina. Yleensä puu syttyy 250–300 °C:ssa. Syttymisen jälkeen puu alkaa hiiltä noin 0,8 mm minuutissa. Palo etenee hitaasti massiivisessa puutavarassa, sillä syntynyt hiilikerros suojaa puuta palotilanteessa ja hidastaa puun sisäosien lämpötilan nousua ja palon etenemistä. Esimerkiksi jo 15 mm:n etäisyydellä hiiltymisrajasta puun lämpötila on alle 100 °C. Tätä ominaisuutta käytetään hyväksi muun muassa kantavien rakenteiden mitoituksissa.

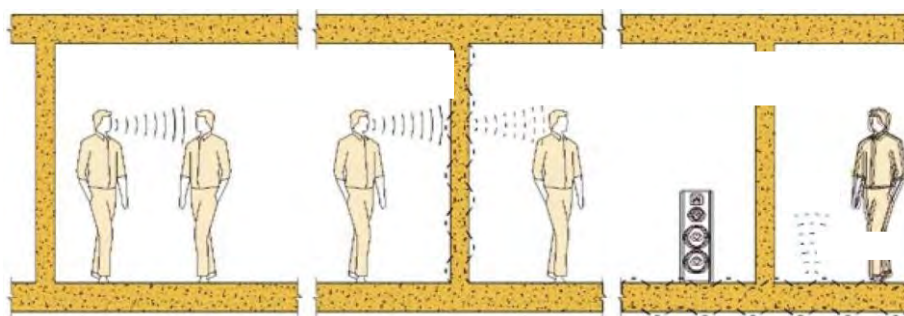
Liimapuulla hiiltymisnopeus on pienempi eli 0,7 mm/min. Puun syttymisherkkyys lisääntyy puun tiheyden ja kosteuden vähetessä sekä puukappaleen paksuuden pienetessä. Myös puumateriaalin terävät kulmat, karkea pinta, säröt ja halkeamat lisäävät palon vaikutusta.

Äänitekniset ominaisuudet

Puu on kevyt materiaali, joten sellaisenaan sen ääneneristys ei ole erityisen hyvä. Paksu, tiivispintainen ja sileä puurakenne ei myöskään erityisen hyvin vaimenna ääntä, joten puu ei ole yksinään hyvä absorptiomateriaali. Puu johtaa ääntä paremmin syiden pituussuunnassa kuin syitä vastaan kohtisuorassa. Tiivis puurakenne heijastaa ääntä, ja siitä voidaan helposti muodostaa äänen heijastuksia suuntaavia pintoja. Tätä ominaisuutta käytetään hyväksi esimerkiksi soittimissa ja musiikkisaleissa.

Puurakennusten riittävä ääneneristävyys voidaan yleensä saavuttaa rakenteellisin keinoin käyttämällä monikerrosrakenteita. Sijoittamalla levyn tai paneloinnin taakse ilmapälin lisäksi huokoinen absorptiomateriaali, esimerkiksi lämmöneristekerros, muodostuu niin kutsuttu levyresonaattori, joka värähdellessään vaimentaa tehokkaasti keveille rakenteille ongelmallisia matalia ääniä. Lisäksi tekemällä puisia rimoituksia tai rei'ittämällä puupintoja saadaan aikaan rako- tai reikäresonaattoreita, jotka vaimentavat tehokkaasti myös keskikorkeita ääniä.

Monikerroksisissa puutaloissa ääneneristykseen hallitsemisen keinot (erillisrungot, äänikatkot) ovat haastavia, koska ne ovat toisaalta vastakkaisia rakenteellisen jäykkyyden saavuttamisen keinoihin (mm. jäykistys, liitokset ja jatkuvat rakenteet) verrattuna. Puuväli pohjien askelääneneristävyyttä voidaan parantaa kasvattamalla väli pohjan massaa esimerkiksi pintabetonivalun avulla tai käyttämällä väli pohjan yläpinnassa joustavan kerroksen päälle asennettavia nk. kelluvia pintalattioita.



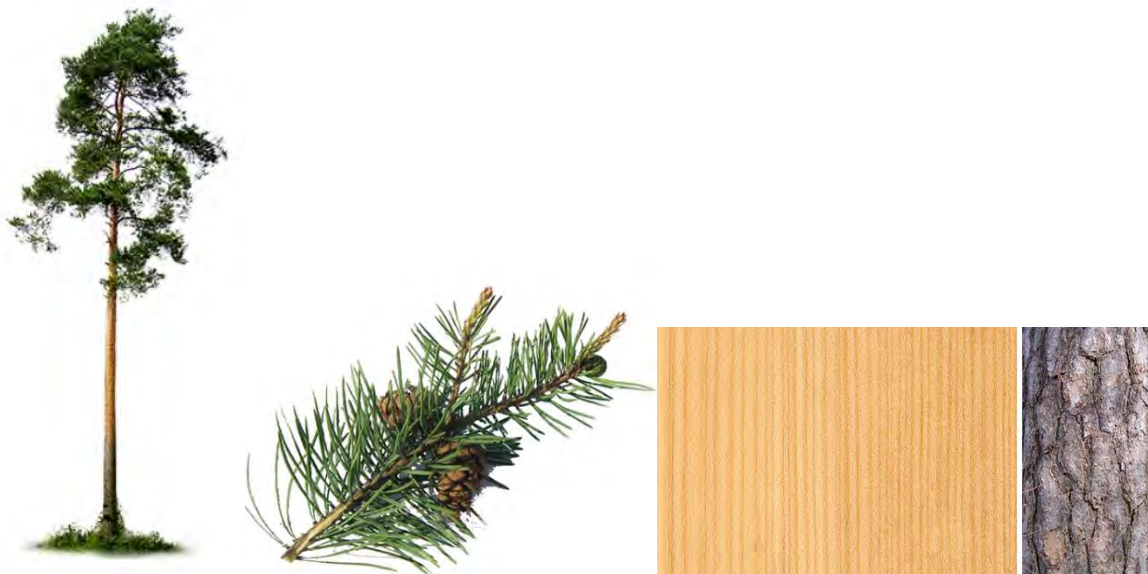
Ilma- ja runkoäänen eteneminen, kuva Puuinfo Oy.

2.2 Sahatavaralajit

Rakennuspuulajit

Mänty ja kuusi ovat yleisimmät rakennuspuulajit. Mänty ja kuusi ovat ominaisuuksiltaan melko lähellä toisiaan ja esimerkiksi rakenteissa niiden sallitut jännitykset ovat yhtä suuret. Mänty on hieman kovempaa ja painavampaa kuin kuusi. Suomalaisen männyn tiheys on 370–550 kg/m³ ja kuusen 300–470 kg/m³.

Männyn ja kuusen erottaa ulkonäöltä väristä. Männyllä on kellertävä pintapuu ja punertava sydänpuu, kun taas kuusi on tasaisen vaaleaa. Kuusessa on runsaasti pieniä eläviä oksia, jotka eivät kovin selvästi erotu ympäröivästä puuaineesta. Männyn oksat ovat yleensä ympäristöään tummempia.



Mänty, kuvat Pro Puu-keskus / Puuproffa.



Kuusi, kuvat Pro Puu-keskus / Puuproffa.

Sahapintainen sahatavara

Sahapintaisen sahatavaran paksuudet ovat laudalle 19...38 mm ja soiroille 50...150 mm sekä leveydet 100...225 mm. Mitat tarkoittavat nimellismittoja sahatavaran kosteuspitoisuuden ollessa 20 %.

Niissä sallitaan kuitenkin poikkeamia seuraavasti:

- paksuus ja leveys ≤ 100 , poikkeama -1,0...+3,0 mm,
- paksuus ja leveys > 100 , poikkeama -2,0...+4,0 mm,
- pituus 1800...6000 mm, poikkeama -0...+50 mm ja
- määrämittaan katkaistu, poikkeama $\pm 2,0$ mm.

Sahapintaisen sahatavaran yleisimmät pituudet vaihtelevat 300 mm:n välein välillä 2,7...6,0 m.

Rakennesahatavara

Rakennesahatavara on mitallistettua ja lujuusluokiteltua kantaviin rakenteisiin tarkoitettua sahatavaraa. Tavallisesti mitallistaminen tapahtuu siten, että sahatavaran kaikilta sivuilta höylätään suurella syöttönopeudella noin 1 mm. Näin ollen höyläysjälki on karkeaa ja tuotteessa saattaa esiintyä höyläämättömiä alueita sekä höyläyksestä johtuvia harjanteita. Yleisin lujuusluokka on C24. Raaka-aineena käytetään kuusi- ja mäntysahatavaraa.

Mitallistetun rakennesahatavaran suurin poikkileikkauksen koko on vakiotuotteena 48×223, mutta erikoistuotteena on saatavilla myös poikkileikkauksen koko 48×248. Mitallistetun rakennesahatavaran pituudet vaihtelevat 300 mm:n välein välillä 2,7...5,4 m. Mitallistettua rakennesahatavaraa on saatavilla myös sormijatkettuna, jolloin pituus on valmistajakohtaisesti enintään 12...14 m.

Niissä sallitaan kuitenkin poikkeamia seuraavasti:

- paksuus ja leveys, nimellisarvosta poikkeama $\pm 1,0$ mm,
- paksuus ja leveys, nimellisarvosta poikkeama $\pm 1,5$ mm,
- pituus 1800...6000 mm, poikkeama -25...+50 mm ja
- määrämittaan katkaistu, poikkeama $\pm 2,0$ mm.

Mitallistetun sahatavaran yleisimmät pituudet vaihtelevat 300 mm:n välein välillä 2,7...5,4 m.

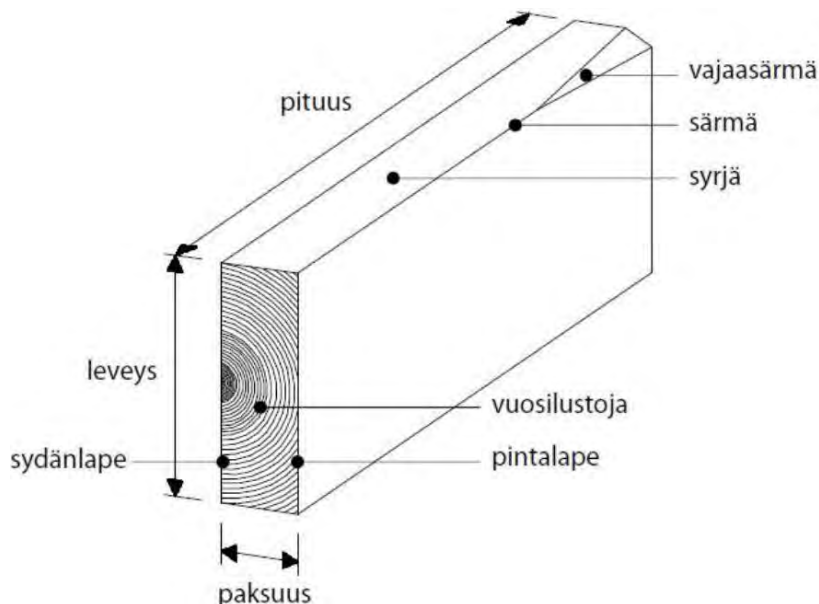
Höylätty sahatavara

Höylätyllä sahatavaralla tarkoitetaan tässä yhteydessä suorakaiteen muotoista ympärihöylättyä sahatavaraa. Muotohöylättyä sahatavaraa käsitellään myöhemmissä luvuissa. Tavallisesti sahatavaran kaikilta sivuilta höylätään vähintään 2 mm. Näin ollen pinnasta tulee sileä eikä siinä näy sahauspäätasaisuuksia eikä höyläyksestä johtuvia harjanteita. Höylätyn sahatavaran poikkileikkausmitat ovat noin 5 mm pienemmät kuin vastaavan sahapintaisen sahatavaran. Mitat tarkoittavat nimellismittoja sahatavaran kosteuspitoisuuden ollessa 20 %.

Niissä sallitaan kuitenkin poikkeamia seuraavasti:

- paksuus ≤ 20 mm, poikkeama $\pm 0,5$ mm,
- paksuus > 20 mm, poikkeama $\pm 1,0$ mm,
- leveys ≤ 100 mm, poikkeama $\pm 1,0$ mm,
- leveys > 100 mm, poikkeama $\pm 1,5$ mm,
- pituus, kun lajiteltu pituuden mukaan, poikkeama $-25...+50$ mm ja
- pituus, kun katkaistu määramittaan, poikkeama $\pm 2,0$ mm.

Höylätyn sahatavaran yleisimmät pituudet vaihtelevat 300 mm:n välein välillä 2,7...5,4 m.



Sahatavaran osien nimitykset, kuva Puuinfo Oy.

Sormijatkettu sahatavara

Sahatavaraa jatketaan sormijatkoksilla, kun siitä halutaan normaalia pidempää tai sahatavarakappaleelle halutaan tietyt ominaisuudet. Sormijatkoksia käyttämällä voidaan tuottaa esimerkiksi sahatavarakappaleita, jotka ovat kokonaan sydänpuuta, kokonaan oksattomia ja erittäin suoria. Tällaisia erikoistuotteita käytetään yleensä huonekalu- ja ikkunateollisuudessa.

Sormijatkettua sahatavaraa on saatavilla sahapintaisena, mitallistettuna ja höylättynä. Yleisimmät poikkileikkausmitat ovat samat kuin muillakin sahatavaroilla. Enimmäispituus vaihtelee valmistajakohtaisesti, mutta on tavallisesti 12...14 m. Rakenteelliseen käyttöön tarkoitetun sormijatkettua sahatavaraa valmistaminen on luvanvaraista toimintaa ja tällaisessa sahatavarassa tulee olla käytettävän tuotestandardin mukainen sormijatkamisesta kertova leima.

Sormijatkettua sahatavaraa suositellaan käytettäväksi erityisesti niissä kohteissa, joissa määräpituisten tavarain käytöllä voidaan vähentää materiaalihukkaa ja työtä, tarvitaan ylipitkää tavaraa tai erikoispituuksia. Yleisimmät käyttökohteet ovat naulalevyristikot, hallirakenteiden sekundääripalkistot sekä puuelementit väli- ja yläpohjiin.

2.3 Sahatavarasta valmistetut puutavarat

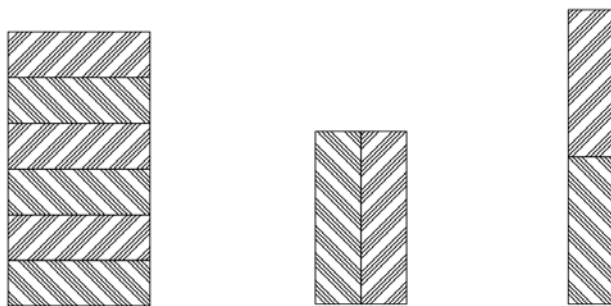
Sahatavarahan käyttö

Sahatavarasta valmistetaan mm. liimapuuta, CLT-levyjä, hirsiaihoita, vaneria sekä lujuuslajiteltua runkopuutavaraa. Sahatavaraa käytetään myös mm. ulko- ja sisäverhouslaudoissa, muotohöylätyissä laudoissa, puulistoissa sekä lämpö- ja painekyllästetyssä puutavarassa.

Liimattu sahatavara

Liimattu sahatavara on lujuusluokiteltu, kantaviin rakenteisiin tarkoitettu tuote. Liimattu sahatavara koostuu toisiinsa liimatuista saman suuntaisista lamelleista. Raaka-aineena käytetään kuusi- tai mäntysahatavara. Poikkileikkauksessa on kahdesta viiteen 45...85 mm paksuja lamelleja. Yleisimmin käytetty vahvuus on 45 mm.

Liimattu sahatavara valmistetaan standardin SFS-EN 14080 mukaan. Poikkileikkauksen koko vaihtelee valmistajakohtaisesti. Liimattu sahatavara profiloituu höyläämällä, joten sen pinnat ovat höylättyjä.



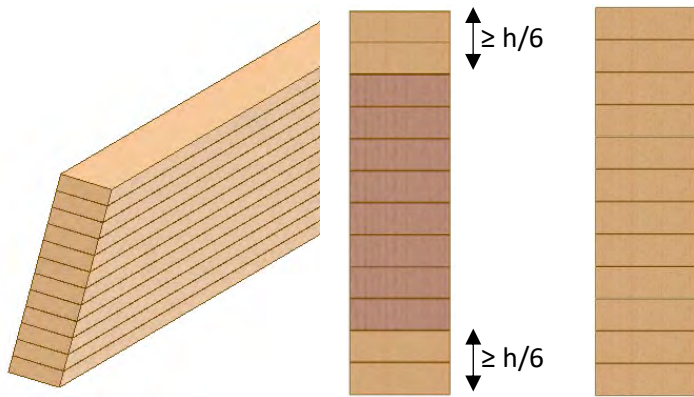
Liimattujen sahatavaravalmisteiden poikkileikkauksia.

Liimapuu

Liimapuu on lujuusluokiteltu kantaviin rakenteisiin tarkoitettua tuote. Liimapuu koostuu toisiinsa liimatuista päällekkäisistä saman suuntaisista lamelleista. Raaka-aineena käytetään kuusi- tai mäntysahatavara. Poikkileikkaus koostuu vähintään kahdesta enintään 45 mm paksusta lamellista. Taivutetuissa liimapuutuotteissa voidaan käyttää enintään 35 mm:n paksuja lamelleja.

Yleisimmät liimapuun lujuusluokat ovat GL30c, GL30h ja GL24c. Lujuusluokamerkinnässä c-kirjain tarkoittaa, että liimapuun poikkileikkaus koostuu eri lujuusluokan lamelleista (yhdistelmäliimapuu). Lujuusluokamerkinnässä h-kirjain tarkoittaa, että kaikki lamellit ovat samaa lujuusluokkaa (homogeeninen liimapuu).

Liimapuu valmistetaan standardin SFS-EN 14080 mukaan. Poikkileikkausten vakioleveydet vaihtelevat 25 mm:n välein välillä 90...290 mm. Suorien liimapuutuotteiden poikkileikkauksen korkeus vaihtelee 45 mm:n välein välillä 225...~2000 mm. Liimapuupalkkien enimmäispituus vaihtelee valmistajakohtaisesti, mutta usein se on noin 12...30 m. Liimapuu profiloituu höyläämällä, joten sen pinnat ovat höylättyjä.



Yhdistetyn ja homogeenisen liimapuupalkin eroavaisuuksia. Yhdistetyssä palkissa keskiosat ovat lujuusluokaltaan heikompaa sahatavaraa ja homogeenisessa ne ovat samaa lujuusluokkaa.

Käsitelty sahatavara

Painekyllästetty sahatavara

Suomessa painekyllästetty puutavara on mäntypuutavaraa, joka on kyllästetty kupariyhdisteitä sisältävällä kyllästysaineella luokkiin A ja AB. Väreinä perinteisen vihreän lisäksi on ruskea, joka on valmistettu lisäämällä kyllästysaineeseen väripigmenttiä.

Painekyllästäminen on tehokas tapa parantaa puun lahonkestävyyttä kosteissa ulko-olosuhteissa. Kyllästetty puu kestää ulkokäytössä 3–5 kertaa kauemmin kuin kyllästämätön puu. Sahatavaran lujuusominaisuuksiin kyllästyksellä ei ole merkittävää vaikutusta. Kyllästetty puu on hieman vaikeammin syttyvää kuin käsittelemätön puu ja se palaa hitaasti.

Puu kyllästetään Suomessa tarkkojen yhteisten laatuvaatimusten ja standardien mukaisesti. Nykyiset kuparipohjaiset suoja-aineet ovat turvallisia ja tehokkaita. Kyllästetyn puun tuotanto on laadunvalvonnan alaista.

Painekyllästetyssä puussa suoja-aine saatetaan puuhun kyllästyssylinterissä veden ja paineen avulla. Suoja-aine tunkeutuu laholle alttiin pintapuusolukon läpi.

Kyllästeen sisältämä kupari antaa kyllästetylle puulle vihertävän sävyn. Kyllästettyä puuta on saatavilla myös ruskeana. Puun paino lisääntyy kyllästyksessä merkittävästi ja kuivuttuaan se palaa lähes alkuperäiseen painoonsa.

Kyllästettyä puuta ei saa käyttää sisätiloissa eikä se saa joutua kosketuksiin elintarvikkeiden ja juomaveden kanssa.



Painekyllästettyä sahatavaraa. Kuvista näkee, että kylläste painuu huonosti tai ei lainkaan sahatavaran ydinpuuhun. Kuvat Väärin Puutavara Oy

Luokittelu

A-luokan (sahatavaran paksuus yli 48 mm) kyllästetyssä puussa suoja-ainepitoisuus on korkeampi. Se soveltuu käytettäväksi maa-, vesi- ja betonikosketukseen sekä rakenteisiin, joita on hankala vaihtaa tai korjata jälkikäteen.

AB-luokan (sahatavaran paksuus alle 48 mm) kyllästettyä puuta käytetään maanpinnan yläpuolisissa kohteissa kuten kansi- ja aitalaudoituksissa.

Vakiomitat

Paineekyllästetyn puutavaran yleisimmät poikkileikkausmitat ja sallitut mittapoikkeamat ovat samoja kuin sahatus- ja höylätyn puutavaran. Paineekyllästetyn puutavaran yleisimmät pituudet vaihtelevat 300 mm:n välein välillä 1,8...5,4 m. Mitat tarkoittavat nimellismittoja sahatus- ja höylätyn puutavaran kosteuspitoisuuden ollessa 20 %.

Lämpökäsittely sahatavara

Lämpökäsittely (virallisesti lämpömodifioitu) puutavara valmistetaan mänty-, kuusi- tai lehtipuusahatavaraa lämpökäsittelyprosessilla. Prosessi perustuu korkean lämpötilan ja vesihöyryn käyttöön. Prosessissa ei käytetä kemikaaleja. Lämpökäsittelyllä puutavara saadaan parempi biologinen kestävyys ja alhaisempi kosteuseläminen verrattuna lämpökäsittelymättömään puutavaraan. Lisäksi lämpökäsittelyllä voidaan muuttaa puun väriä enemmän jalopuiden sävyisiksi siten, että väri muuttuu koko puutavarakappaleessa eli tuote on ”läpivärjätty”.

Lämpöpuun valmistus

Lämpökäsittely puu eli lämpöpuu valmistetaan modifioimalla puuta yli 160 °C:n lämpötilassa. Valmistusprosessi perustuu korkean lämpötilan ja vesihöyryn käyttöön.

Puun kosteus tasaannutetaan käyttökohteen mukaan yleensä yli neljän prosentin kosteuteen. Raaka-aineena käytetään kotimaista mänty- ja kuusisahatavara.

Käsittelyn vaikutus ominaisuuksiin

Lämpökäsittelyssä puun lahon- ja säänkesto sekä lämmöneristysominaisuudet paranevat ja kosteuseläminen pienenee. Korkeassa lämpötilassa pihka poistuu puusta.

Lämpökäsittelyn vaikuttaa puun kovuuteen ja tiheyteen. Lämpökäsittely heikentää hieman puun taivutus- ja halkaisulujuutta. Korkeassa lämpötilassa puu läpivärjätty ruskeaksi.

Yleisimmät käyttökohteet

Lämpöpuun yleisimmät käyttökohteet sisätiloissa ovat saunan sisustukset, seinä- ja kattopaneelit, lattialaudat ja kalusteet. Ulkokäyttökohteita ovat ulkoverhoukset, säleiköt, terassit, aidat ja puusepänteollisuuden tuotteet (mm. ikkunat, ovet ja kylpytynnyrit).

Verhouspaneelit

Nimikkeellisillä muotohöylätyillä laudalla tarkoitetaan tuotetta, jonka nimike muodostuu alla olevan kuvan mukaan. Nimikkeelliset muotohöylätyt laudat ovat ns. vakiotuotteita, joita on yleisesti saatavilla. Muotohöylätyjä lautoja on saatavilla erilaisilla pinnan struktuureilla, särmäpyörästettynä/-viistettynä ja valmiiksi pintakäsiteltynä.

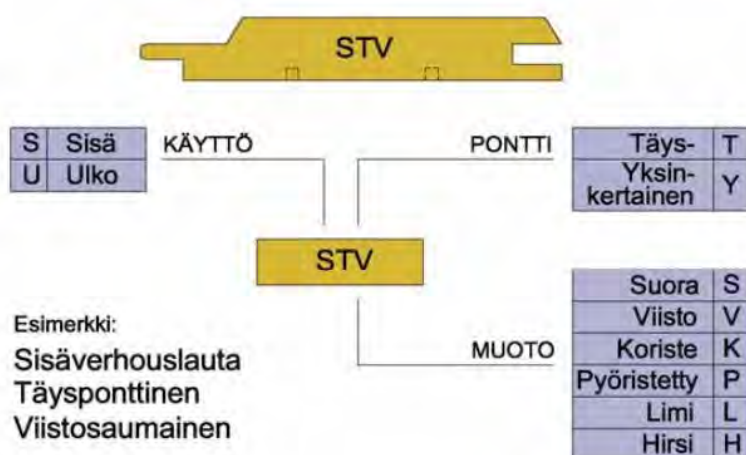
Verhouslautoja ovat ulko- ja sisäverhouslaudat sekä lattialaudat. Ulkoverhouslaudat valmistetaan V-laatu luokan sahatavarasta ja sisäverhouslaudat US I... V-luokkaisesta sahatavarasta. Puulajista ja verhouslautojen raaka-aineesta riippuen saadaan puuverhouksista hyvin erilaisia ja moni-ilmeisiä pintoja.

Nimikkeellisten ulkoverhouslautojen käyttölape on tavallisesti sahapintainen, hienosahattu tai sileähöylätty ja takalape karkeahöylätty. Takalappeeseen tehdään, lukuun ottamatta ulkoverhouslautaa UYL, laudan pituussuuntaiset urat, joiden syvyys on noin 1/4 laudan paksuudesta uran kohdalla. Takalappeen urien määrä, muoto ja koko vaihtelevat valmistajakohtaisesti. Ulkoverhouslautoja on saatavilla myös päätypontattuna.

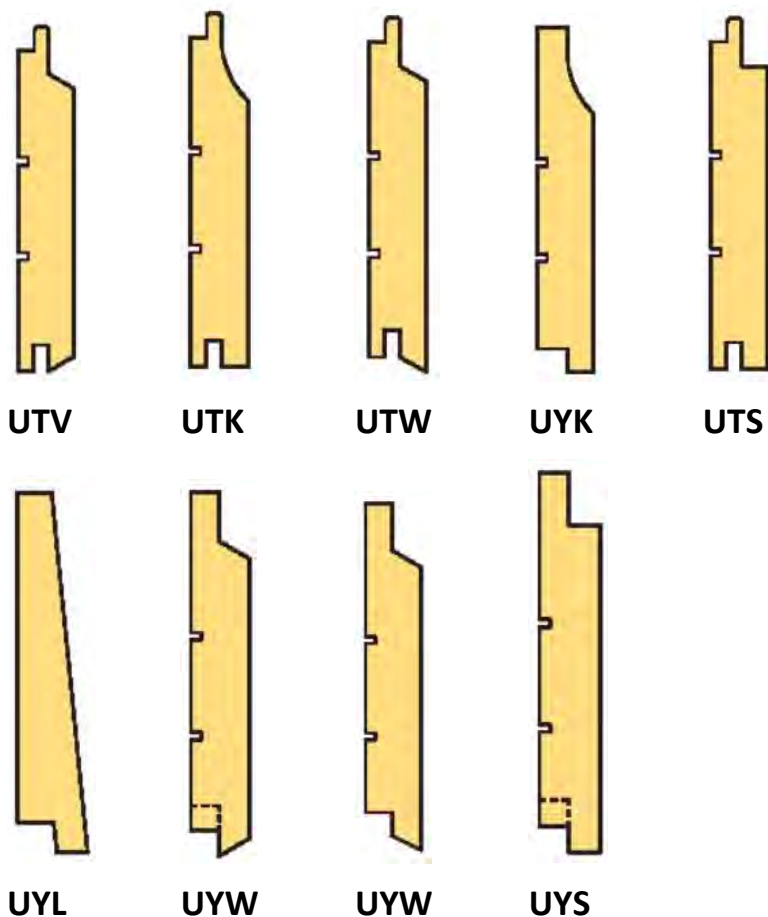
Nimikkeellisten sisäverhouslautojen käyttölape on tavallisesti sileähöylätty ja takalape karkeahöylätty. Takalappeeseen tehdään laudan pituussuuntaiset urat, joiden syvyys on noin 1/4 laudan paksuudesta uran kohdalla. Takalappeen urien määrä, muoto ja koko vaihtelevat valmistajakohtaisesti.

Osien nimityksiä:

Sileähöylätty	kaikki sivut höylätty
Muotohöylätty	höylätty suorakaiteesta poikkeavaan muotoon
Pontattu	kappaleen toinen syrjä höyläämällä uurrettu ja toinen puoli ruoditettu
Sileäpontattu	pontattu kappale, jonka molemmat lappeet ovat höylättyjä
Mitallistettu	paksuudeltaan ja/tai leveydeltään mittatarkaksi karkeahöylätty tai hienosahattu puutavara
Raakapontti	pontattu kappale, jonka käyttölape on sahapintainen ja takalape karkeahöylätty ja usein vajaasärmäinen

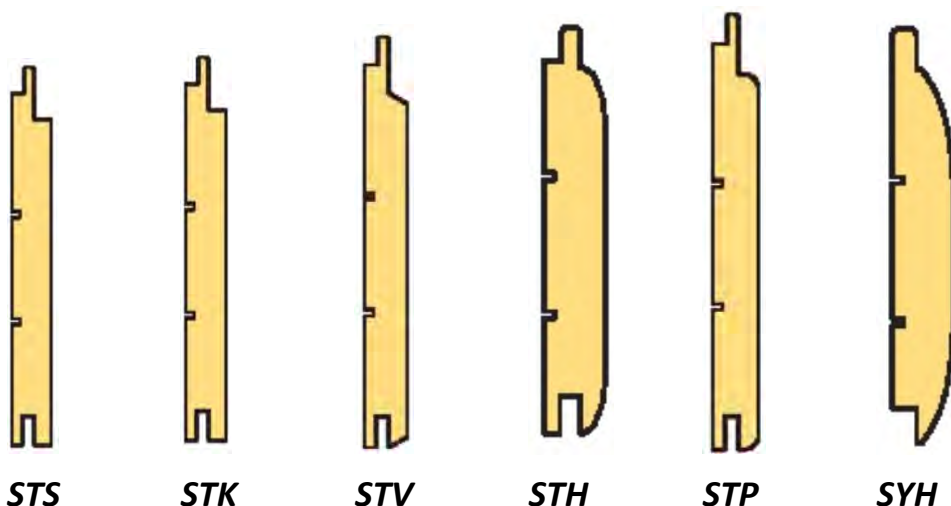


Sahatavaralautojen nimen muodostuminen. Nimi muodostuu kolmesta kirjaimesta seuraavasti: 1. kirjain kuvaa käyttöä, 2. kirjain ponttia ja 3. kirjain muotoa. Poikkeuksena tästä lattialauta, joka on muotoa HLL.



Ulkoverhouslautojen profiileja, kuva Puuinfo Oy.

Ulkoverhouslautoja löytyy tyypistä riippuen korkeudella 95, 120, 145, 170 ja 195 mm. Leveydet ovat 21, 23 ja 28 mm. Kaikki korkeudet ovat saatavissa tyypeille UTV, UTW, UTS, UYv, UYW ja UYS. Kaikki leveydet ovat saatavissa tyypeille UTV, UTW, UTS, UYV, UYW ja UYS. Vaakaverhouksena tehtävissä ulkoverhouksissa suositellaan käytettäväksi lautatyyppijä UTV, UTK, UYV, UYL, HTP ja HYP.



Sisäverhouslautojen profiileja, kuva Puuinfo Oy.

Sisäverhouslautoja löytyy tyypistä riippuen leveydellä 70, 95, 120, 145, 170 ja 195 mm ja paksuudella 13.5, 15, 18 ja 21 mm. Kaikki korkeudet ja leveydet ovat saatavissa tyypeille STS, STV ja SYT.



Lattialautaprofiileja, kuva Puuinfo Oy.

Lattialaudat ovat paksuudeltaan 21,28 ja 33 mm sekä leveydeltään 58, 70, 95, 120, 145 ja 170 mm. Yleensä varsinkin lämmitetyissä tiloissa suositellaan käytettäväksi kapeampaa lautatyyppeä kosteuselämisen johdosta. Mitä leveämpi lattialauta on, sitä suuremmaksi niiden väli rako kasvaa lattiassa.

Puulistat

Rakennustarvikeliikkeissä on laaja valikoima höylättyjä listoja. Mäntylistä on tavallisin, mutta osa valikoimasta on saatavissa myös MDF:stä sekä eri lehtipuulajeista valmistettuna. Tavallisimmat listat löytyvät myös valmiiksi pintakäsiteltynä. Muita listatuotteita ovat erilaiset valmispakkaukset ja koristeet esim. ovia tai huoneen nurkkia varten.

Listoja käytetään asuntojen ja julkisten tilojen rakennuspuusepäntöissä. Useimmiten niiden tehtävänä on peittää pintamateriaalien saumoja lattian, seinien, katon, ovien ja ikkunoiden kohdalla. Listoja käytetään myös, kun asennetaan kiintokalusteita, kuten komeroita, keittiökalusteita tai myymälöiden ja toimistojen erikoissisustuksia.

Vanhoissa sisustuksissa esiintyy usein mitä erilaisimmista profiileista taidokkaasti tehtyjä listakehyksiä, jotka jakavat seinä- ja kattopinnat harmonisiin neliöihin ja suorakaiteisiin. Moderneissa sisustuksissa on isoja, yhtenäisiä ja sileitä levypintoja. Käyttämällä sisustuslistoja ja puupaneelia voidaan näihin saada vaihtelevia kuvioita ja yksityiskohtia.



Yleisimpiä puulistaprofiileja, kuva Puuinfo Oy.

2.4 Muut yleisesti puurakenneteollisuudessa käytettävät puulajit

Koivu:

Hieskoivu (*Petula pubescens*) ja Rauduskoivu (*Betula pendula*) ovat rakenteeltaan ja ulkonäöltään melkein samanlaisia, mutta hieskoivu on pehmeämpää, vähemmän sitkeää ja teknisiltä ominaisuuksilta hieman heikompaa kuin rauduskoivu. Hieskoivua ja rauduskoivua ei erotella käytön eikä kaupan kannalta toisistaan, vaan ne käyvät metsätaloudessa yhteisellä nimellä koivu. Sydän- ja pintapuun välillä ei ole suuria eroja. Koivulla ei ole varsinaista sydänpuuta, mutta vanhoissa yksilöissä on puun keskiosassa kuolleita parenkymisoluja. Koivun puuaines on vaaleaa eikä sen kevä- ja kesäpuun välillä ole huomattavaa eroa. Koivun puuaines on hienoa, yhtäläistä sekä kuvioltaan suoraa ja sileää.

Koivua on eniten käytetty sorvattuna vaneriin, huonekaluihin, laudoituksiin ja parketteihin, selluloosa- ja paperiteollisuudelle, lastulevy- ja kuitulevyteollisuudelle, urheiluvälineisiin, lentokoneenrakennukseen, laatikoihin, puoliin, puunauloihin, työkaluihin, veistoon ja sorvaukseen.

Materiaaliominaisuudet:

Työstettävyys	hyvä; optimaalinen leikkuunopeus 28...33 m/s
Kuivattavuus	hyvä; kuitenkin taipumusta kieroutumiseen
Liimattavuus	hyvä
Pintakäsitteltävyys	erittäin hyvä; polyesterilakkavaurioita voi esiintyä
Muuta	höyrytys aiheuttaa kelta- tai puntavärjäytymistä; haponkestävä; puu biologisesti vaikuttava; sinistymisen metallikorroosion vaikutuksesta mahdollista
Kestävyys	vähäinen: altis sienille ja hyönteisille, hyvin nopeasti lahoava; ei säänkestävä



Koivu, kuvat Pro Puu-keskus / Puuproffa.

Haapa:

Haapa kuuluu hajaputkiloiisiin lehtipuihin. Putkilot ovat pieniä ja ydinsäteet ohuita. Tavallisen haavan kuidunpituus on n. 1 mm. Haavan puuaine on suhteellisen pehmeää ja kevyttä. Haavan puuaineessa on tuoreena melko voimakas tuoksu. Väriltään haapa on valkeasta vaaleanharmaaseen. Koko puu on pintapuuta. Haapaa käytetään erityisesti sorvattuna viiluina vanerilevyihin, lastu- ja kuitulevyihin, paperi-, selluloosa- ja tulitikkuteollisuuteen, laatikoihin, lentokoneen- ja veneenrakennukseen, puukenkiin, soittimiin, leikkikaluihin ym. puusepän tuotteisiin.

Materiaaliominaisuudet:

Työstettävyys	hyvä; kuitenkin vaaditaan terävät työkalut ja sahanterissä suuri haritus; vetopuun leikkuujälki on usein huopamaisesti karhea; leikattavuus ja sorvattavuus hyvät; pieni päästökulma ja suuri leikkuunopeus parantavat pinnanlaatua
Kuivattavuus	hyvä
Liimattavuus	hyvä
Pintakäsiteltävyys	hyvä; petsattavissa, kiillotettavuus huono
Kestävyys	vähäinen; altis sienille ja hyönteisille; säänkestävä



Haapa, kuvat Pro Puu-keskus / Puuproffa.

Lehtikuusi:

Lehtikuusen oksat ja vuosilustot erottuvat puuaineesta hyvin selvästi. Puuaines on kovanpuoleista eikä siinä esiinny helposti halkeamia tai kierteisyyttä. Lehtikuusi on lahonkestävä. Lehtikuusi kestää ulkokäytännössä käsittelemättömänä.

Pintapuu on kellertävää; sydänpuu punertavaa. Lehtikuusi kestää hyvin ulkoilmaa ja vettä.

Lehtikuusta käytetään paneeleihin, laitureihin, terasseihin, siltoihin, pihakalusteisiin ja puusepäntöihin.



Lehtikuusi, kuvat Pro Puu-keskus / Puuproffa.

Tervaleppä:

Tervaleppän puuaines on pehmeätä ja kevyttä ja sen kosteuseläminen on vähäistä. Pinta- ja sydänpuu ovat samanvärisiä. Tuoreena tervaleppä lahoaa helposti. Se palaa hyvin hitaasti. Koko puu pintapuuta, väriltään valkoista tai punertavan valkoista. Kaadon jälkeen väri muuttuu ilman vaikutuksesta melkein oranssinpunaiseen ja edelleen tummenee käytössä ruskeanpunaiseen.

Tervaleppää käytetään leikattuna ja sorvattuna vanereihin, vesirakentamiseen, lastu- ja kuitulevyihin, paperi- ja selluloosateollisuuteen, soittimiin, hienopuusepänteollisuuteen, koti- ja keittiötavaroihin, lyijykyniin, hattumuotteihin, kehyksiin, leikkikaluihin, sorvaukseen ja veistoon

Materiaaliominaisuudet:

Työstettävyys	hyvä; sileät pinnat saavutettavissa, leikkaus- ja sorvauskelpoinen, halkaistavuus hyvä
Kuivattavuus	hyvä; ei suurempaa taipumusta halkeiluun
Liimattavuus	hyvä
Pintakäsiteltävyys	hyvä; petsaus-, hiekkapuhallus- ja kiillotuskelpoinen
Muuta	biologisesti vaikuttava; aiheuttaa mahdollisesti ihoärsytystä
Kestävyys	ulkoilmassa vähäinen, veden alla oikein hyvä; ei säänkestävä



Tervaleppä, kuvat Pro Puu-keskus / Puuproffa.

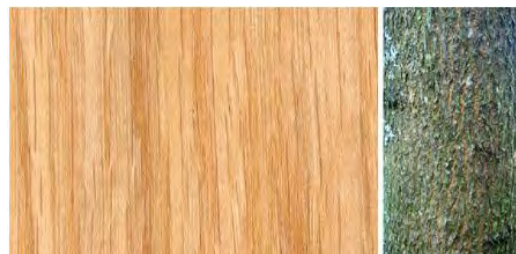
Tammi

Tammi on kehäputkiloinen puulaji. Kevätpuun suuret vuosilustot erottuvat poikkileikkauksessa yhtenäisenä renkaana, vaikka vuosilustot eivät paljain silmin tarkasteltuna erotu selvärajaisina. Mitä leveämmät vuosilustot puuaineessa on, sitä kovempaa on puuaines. Tammen puuaineelle tuovat väriä ja eloisuutta leveät ydinsäteet, jotka erottuvat säteensuuntaisessa leikkauksessa tummina ja vaaleina juovina. Puuaines on painavaa, lujaa, kovaa, ja sitkeää. Tammipuussa ei saa käyttää teräsnauloja tai ruuveja, vaan mieluummin messinkiä. Parkkihappoinen puuaines syövyttää rautaa värjääntyttäen puun tummansiniseksi tai mustaksi.

Tammea käytetään leikattuna pintaviilutuksiin, huonekaluihin, laudoituksiin ja parketteihin. Sitä voidaan käyttää myös keskiraskaisiin rakenteisiin talon-, sillan-, vesi-, laivan-, koneen- ja kulkuneuvorakentamisessa, ratapölkkyihin ja tynnyreihin sekä sorvaus- ja veistotöihin.

Materiaaliominaisuudet:

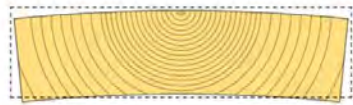
Työstettävyys	yleensä hyvä, vuosirengasvälistä riippuvainen; optimaalinen leikkausnopeus 33 m/s
Kuivattavuus	suhteellisen hyvä, taipumus halkeiluun ja kieroutumiseen, tästä johtuen hidas kuivaus
Liimattavuus	yleensä hyvä, tahramuodostus liima-alkaleilla on mahdollista
Pintakäsiteltävyys	hyvä
Muuta	biologisesti vaikuttava; aiheuttaa mahdollisesti ihoärsytystä
Kestävyys	pintapuulla vähäinen, sydänpuulla kestävä, myös vedessä; säänkestävä



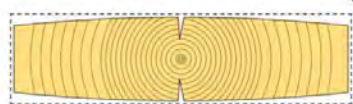
Tammi, kuvat *Pro Puu-keskus* / Puuproffa.

2.5 Sahatavaran halkeilu ja yleisimmät viat

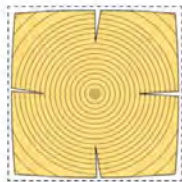
Sahatavaran halkeilu



Sydänhalkeistu sahatavara kuperoituu.



Ydinkeskeinen sahatavara halkeilee keskeltä ja ohenee syrjästä.



Kuvat Puuinfo Oy

Sahatavaran yleisimmät viat

Rungon mutkaisuus ja haaraisuus

Lenkoudella tarkoitetaan rungon tasaista käyryyttä ja mutkalla epätasaista käyryyttä. Havupuun kasvutapa on yleensä suoraa rungon muodostumista, koska niillä on vain yksi latvakasvain. Lehtipuilla ei ole selvää latvakasvainta, joka mahdollistaa mutkaisen rungon kasvun helpommin. Myös ympäristövaikutukset (lumi ja tuuli) voivat aiheuttaa rungon mutkaisuutta.

Epäpyöreys

Kun rungon poikkileikkaus kasvaa epäsymmetrisesti, sanotaan tätä epäpyöreyydeksi. Se aiheutuu oksaisuudesta, haavoista ja pahkoista tai muista epäsymmetristä kasvua aiheutuvista seikoista. Ilmiö esiintyy usein trooppisen kasvuvyöhykkeen puulajeilla.

Haavat

Puun jälsiosan vahingoittumisesta aiheutuu siihen muodostumia, joita kutsutaan haavoiksi. Niitä syntyy voimakkaista iskuista, eläinten aiheuttamista vaurioista, pakkasen aiheuttamista halkeamista ja muista ympäristön aiheuttamista fyysisistä vaikutuksista.

Lyly

Lyly on ulkonäöltään kiiltävää ja tummaa puuta. Se on myös normaalia puuta kovempaa ja painavampaa. Epäkeskinen rungon kasvu aiheuttaa muita leveämpiä vuosilustoja, jotka ovat syynä lylyn muodostumiseen. Usein tuuliset olosuhteet tai muut fyysiset rasitukset aiheuttavat puun taipumista, jolloin lylyä alkaa muodostua rungon puristuspuolelle ja oksien alapuolelle. Saha- ja vaneriteollisuudessa lylyn normaalia tummempi väri aiheuttaa värivikaa. Lylyä on myös vaikea työstää sen ollessa kovaa ja tiivistä. Lyly heikentää myös puun lujuutta, vaikka on normaalia puuta kovempaa.

Kierteisyys

Kun puun syyt eivät ole puun syiden suuntaisia, siihen saattaa aiheutua kierteisyyttä. Se on yleisesti esiintyvä puun vika, sillä harvoin syyt ovat täysin rungon suuntaisia. Rungon kierteisyys on ongelmallista, koska se aiheuttaa puun kieroutumista ja täten alentaa puun lujuutta. Kierteistä sahatavaraa on myös vaikea työstää ja käyttää. Puuntyöstökoneet vaativat suhteellisen suoran sahatavaran, jotta siitä tulisi laatu- ja lujuusvaatimukset täyttävää rakennuspuuta.

Oksaisuus

Oksat ovat yleisin syy puun laatu- ja lujuuslaadun heikkenemiseen. Oksat voidaan jakaa ulko- ja sisäoksiin. Ulko-oksat karsitaan pois puutavaran teon yhteydessä, mutta sisäoksat jäävät rakenteeseen. Oksa voi olla elävä tai kuollut. Elävä oksa on kiinni ympäröivässä puuaineessa. Kuolleet eli kuivat oksat ovat muusta puuaineesta täysin irrallaan, jotka usein irtoavat puuta työstettäessä. Myös elävät oksat heikentävät sahatavaraa.

Bakteerit, home ja sinistyminen

Puussa esiintyy useita eri bakteerilajeja ja ne ovat yleisiä. Bakteerit vaativat kosteat olosuhteet kasvaakseen. Kylmissä ja kuivissa olosuhteissa bakteerien kasvu pysähtyy. Useat puussa elävät bakteerit sietävät kuitenkin kylmät ja kuivat olosuhteet, joten ne eivät häviä pois puusta normaaliolosuhteissa. Puussa bakteerit esiintyvät paikallisesti. Sinistyneen puun mekaaninen lujuus on lähes yhtä hyvä kuin terveekin puun. Sinistymisen ainoa haitta on väriavika. Rusko- ja katkolaho ovat puulle erittäin haitallisia. Lahosienet vaativat normaaleja bakteereja kosteammat olosuhteet.



Sinistynyttä puutavaraa lautatarhassa.

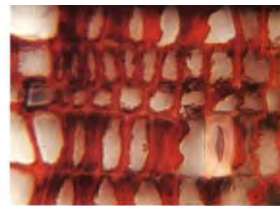


Hometta lautojen pinnalla.

Katkolaho



Lahon olemus



Mikroskooppikuva solukosta

Ruskolaho



Kuvat YM, Kosteus- ja hometalkoot.

3 Sahatavaran käsittely

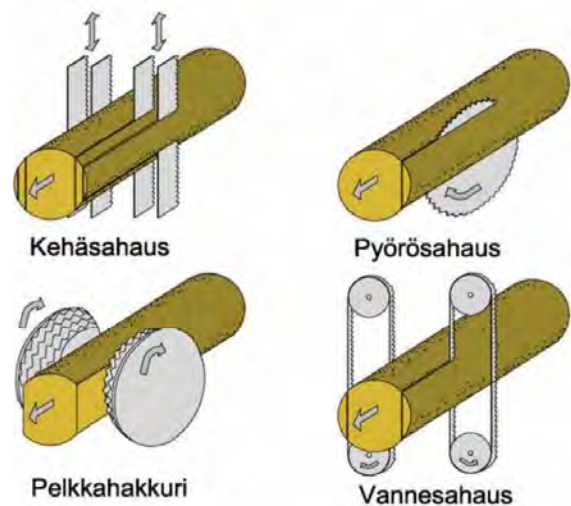


Kuvat Ledinek Engineering

3.1 Sahausprosessin vaiheet

Sahatavaran valmistusvaiheet

- kuljetus
- varastointi
- mittaus
- lajittelu
- kuorinta
- mittaus ja pyöritys
- pelkan sahaus
- mittaus ja optimointi
- sahaus
- särmäys
- tuorelajittelu
- rimoitus
- välivarastointi
- kuivaus
- laatulajittelu
- paketointi
- varastointi



Erilaisia sahaustapoja, kuva Puuinfo Oy.

3.2 Sahatavaran kuivaaminen (Pro Puu-keskus)

Lautatarhakuivaus eli taapelointi

Lautatarhakuivauksessa rimoitettu sahatavara sijoitetaan nk. taapeliin. Taapeli vaatii aina kunnon sateensuojan yläpuolelle ja alapuolelle riittävän korkean perustuksen tuulettumista varten. Kuivuminen kestää noin 3–9 kk riippuen aloitusajankohdasta; puu kuivuu hyvin vain keväällä ja kesällä, joten syksyllä sahattu puu on vasta keväällä kuivaa.

Lautatarhassa saadaan ns. ilmakeivää sahatavaraa, jonka kosteus jää liian korkeaksi useimpiin puusepän käyttötarkoituksiin. Kosteus jää alimmillaan n. 13–15 %:iin, tavallisesti kuitenkin n. 15–25 %:iin. Puu on kuivattava kuivaamossa esimerkiksi huonekalujen vaatimaan 6–8 %:n kosteuteen.

Lautatarhalla kuivattava puu altistuu pitkänä kuivausaikana helposti sään ja veden vaikutuksille, eikä sen laatu kaikilta osin aina vastaa tavoitetta. Kuivausmenetelmä on edullinen, koska siihen ei tarvita lämpöenergiaa.

Kamarikuivaamo

Kamarikuivaamo on Suomen yleisin kuivaamotyyppi koivun ja puusepäntuotteiden puun kuivauksessa. Kamarikuivaamo täytetään ja tyhjennetään erä kerrallaan.

Kuivaamossa ilman kosteus säädetään niin alhaiseksi, että rimoitettu puutavara kuivuu puhaltimien avulla luodussa ilmavirrassa. Ilman lämpötila on n. 50–70 °C.

Kamarikuivaamon laitteisto:

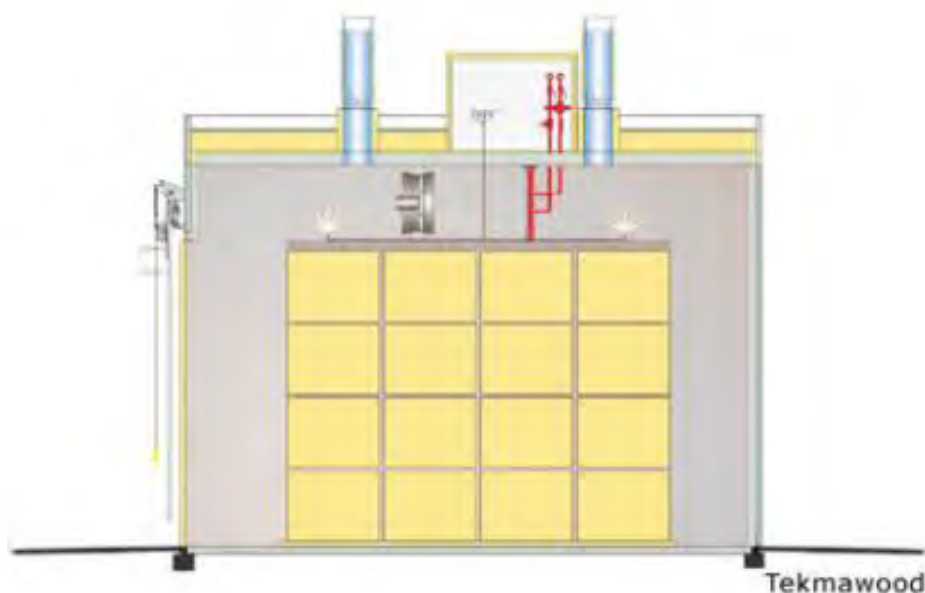
- puhaltimet, joissa on automaattinen puhallussuunnan vaihto,
- lämpöpatterit,
- ilmanvaihtohormit,
- kuivausilman kostutuslaitteet (korkeapaine-veisumutus tai höyry),
- anturit ilman lämpötilan ja suhteellisen kosteuden mittausta varten ja
- puun kosteuden mittausjärjestelmä ja kuivauksen ohjausjärjestelmä.

Kullekin puulajille ja eri sahatavarapaksuuksille laaditaan oma kuivausohjelma eli kuivauskaava. Kuivauskaavan mukaan säädetään automaattisesti kuivaamon ilman lämpötilaa ja suhteellista kosteutta kuivauksen edetessä.

Kuivausajat riippuvat laatutavoitteesta, puulajista ja sen tiheydestä, alku- ja loppukosteudesta sekä lämpötilasta. Tyypillinen kuivausaika kaatotuoreesta alle 10 %:n kosteuteen vaihtelee ohuen havupuusahatavaran muutamasta päivästä paksun koivusahatavaran yli kuukauteen. Kamarikuivaamo tarjoaa hyvät mahdollisuudet kuivata puutavaraa laadukkaasti sen yksilöllisten vaatimusten mukaisesti haluttuun loppukosteuteen.

Ominaisuuksia:

- kuivauskaava voidaan säätää kunkin puutavaraerän vaatimusten mukaiseksi,
- laaja lämpötila-alue 40–80 °C,
- hyvät ohjausjärjestelmät,
- valmiit tietokonekuivauskaavat,
- soveltuu hyvin myös pienimuotoiseen tuotantoon,
- voidaan varustaa painimilla sahatavaran muotovikojen vähentämiseksi ja
- kuivauslaatu yleensä hyvä hyvien säätömahdollisuuksien vuoksi.



Kamarikuivaamo, kuva Pro Puu-keskus / Puuproffa.

Kuumakuivaamo

Kuumakuivaus tapahtuu yli 100 °C:n, mutta korkeintaan 120–130 °C:n lämpötilassa.

Kuumakuivauksessa ei ole ilmanvaihtoa, vaan veden kiehumisesta syntynyt vesihöyry poistuu lievän ylipaineen avulla poistoläpän kautta. Kuivaus on nopea, puolesta vuorokaudesta pariin vuorokauteen. Kuumakuivauksen ohjaus on yksinkertaista, koska siinä tarkkaillaan vain kuivaamon ilman lämpötilaa.

Teoriassa kuivaus kuumassa vähentää halkeiluriskiä ja tasaa puun sisäisiä kasvujännityksiä, jolloin muotovikoja syntyy vähemmän. Halkeiluriski vähenee, koska kostean puun elastisuus kasvaa lämpötilan noustessa. Toisaalta virheellinen kuivaus aiheuttaa herkästi kuivausvikoja.

Kuumakuivausta käytetään nykyisin osana lämpökäsittelyprosessia. Sahatavara kuivataan lähes vedettömäksi ja prosessi jatkuu lämpötilan nostolla n. 190–220°C-asteeseen. Lämpökäsittelyä edeltävää kuivausta nimitetään pikakuivaukseksi.

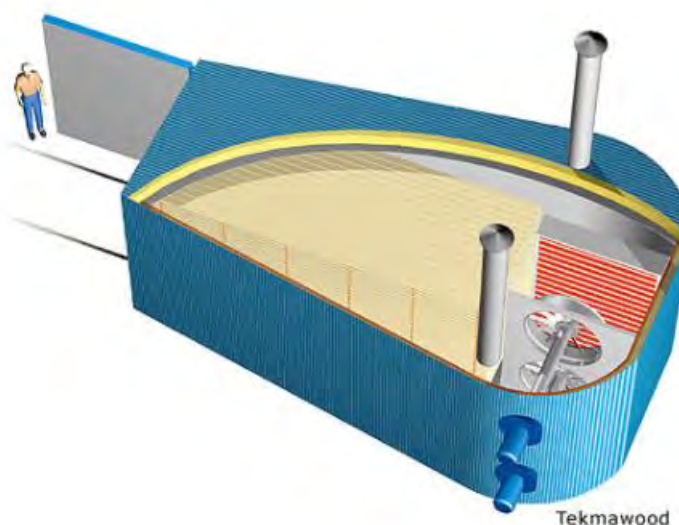
Kuumailmakuivauksessa kuivauslämpötila nostetaan alkuvaiheiden jälkeen 115–120 °C-asteeseen. Kuivausta tehostetaan ilmanvaihdolla, mitä ei kuumakuivauksessa tehdä. Kuivaus tapahtuu ilma-höyryseoksessa ja ilmankosteutta ohjaillaan.

Ilman suhteellinen kosteus ja puun tasapainokosteus saadaan ilman avulla pienemmäksi kuin vastaavassa lämpötilassa kuumakuivauksessa. Tämä tekee kuumailmakuivauksesta nopeamman kuivaustavan, mutta samalla virhemahdollisuudet myös lisääntyvät.

Nykyisin kuuma- ja kuumailmakuivausta on vain vähän Suomessa. Korkeampi lämpötila lisää puun jäykkyyttä sekä vähentää halkeilua ja muotovikojen syntymistä.

Kuuma- ja kuumailmakuivauksen ominaisuuksia:

- hyvin lyhyt kuivausaika,
- pieni energiankulutus,
- oikein suoritettuna vähän kuivausvirheitä,
- melko voimakas värinmuutos, varsinkin tuoretta puuta kuivattaessa,
- havupuilla voimakas pihkavuoto,
- lujuudet ja työstettävyys hieman heikkenevät sekä
- paksut kappaleet ja jotkut erikoispuulajit saavat sisähalkeamia



Kuumakuivaamo, kuva Pro Puu-keskus / Puuproffa.

Alipainekuivaamo

Alipainekuivauksen (50–400 mbar) etu on matala kuivauslämpötila ja nopea, vähän jännityksiä puuhun aiheuttava kuivaus. Energiankulutus on melko pieni ja mitään puusta haihtuvia aineita ei pääse ilmaan, koska syntynyt höyry tavallisesti lauhdutetaan nestemäiseen muotoon.

Alipainekuivaus perustuu veden kiehumispisteen alenemiseen paineen laskiessa ja ylipaineen muodostumiseen puun sisälle. Puun sisäisen ylipaineen vuoksi vesi kulkeutuu pintaa kohti nopeammin kuin normaalisti. Tästä syystä puun pinnan ja sisäosan välille ei synny jännityksiä aiheuttavaa kosteuseroa. Vesi kiehuu jopa 35–40 °C:n lämpötilassa, tavallisesti käytetään kuitenkin 50–80 °C:n kiehumispistettä vastaavaa alipainetta.

Kosteus tiivistetään vedeksi tavallisesti kammion ulkopuolella höyryn kuljettua alipainepumpun kautta lauhduttimeen. Osa höyrystä tiivistyy varsinkin talvella kammion sisäseinämiin.

Ongelman alipainekuivaamossa muodostaa lämmönsiirto puutavaraan. Kuivaamokammiossa ei ole ilmaa eikä paljon höyryäkään lämmön siirtämiseksi puhaltimilla lämpöpattereista puuhun. Siksi ainakin puutavaran alkulämmitys tehdään lähes normaalipaineessa.

Muita lämmönsiirtotapoja ovat suurtaajuuslämmitys (RFV) ja metallisten lämpölevyjen käyttö sahatavarakerrosten välissä kuivauskuormassa.

Suurtaajuusalipainekuivauksessa (RFV) eniten vettä sisältävät kohdat lämpenevät nopeimmin ja puun paikallisia ylikuumenemisia voi esiintyä. Suurtaajuusenergia muuttuu lämmöksi puukappaleiden sisässä. Paine puun sisässä kasvaa, jolloin vesi siirtyy hyvin tehokkaasti pintaa kohti. Puun pintaosat eivät ole missään vaiheessa kuivempia kuin sisäosan, josta syystä kuivausjännityksiä ei synny. Menetelmä soveltuu hyvin ns. ilmakeivän puun ahiokuivaukseen, eli myös pienille kappaleille, jolloin ”ylimääräistä” puuta ei kuivata kuin työvaran verran eikä rimoitusta tarvita.

Alipainekuivausta käytetään yleensä arvokkaan ja vaikeasti kuivattavan puun kuivaukseen. Kuivauslaatu on yleensä hyvä, ja halkeilu ja jännitykset vähäisiä. Ilmakeivän puun kuivaus onnistuu ilman värivikoja, tuoreen puun kuivauksessa voi olla ongelmia. Paksulle puutavarakkeelle menetelmä sopii nopeutensa vuoksi.

Ominaisuudet:

- lyhyt kuivausaika,
- hyvin vähän kuivausvirheitä,
- väri säilyy vaaleana, matala lämpötila,
- sopii hyvin paksuille kappaleille,
- menetelmänä melko uusi, ei valmiita kaavoja kaikkiin tilanteisiin ja
- lyhyt kuivausaika ei välttämättä tasaa kosteusvaihteluita.

Lauhdekuivaamo

Lauhdekuivaus muistuttaa periaatteeltaan kuumailmakuivausta, mutta vesihöyryä ei poisteta ilmanvaihdolla vaan se tiivistetään vedeksi. Puussa olleen veden höyrystymiseen kulunut lämpöenergia saadaan talteen höyryn tiivistyessä takaisin vedeksi lämpöpumpun höyrystimen viileisiin pintoihin. Tämä lämpöenergia siirretään puhaltimilla lämpöpumpun lauhduttimesta takaisin kuivausilmaan. Näin energiatalous on erittäin hyvä.

Kuivauslaatu on alhaisen lämpötilan ja pitkän kuivausajan vuoksi hyvä. Hidas kuivaus ja matala lämpötila soveltuvat korkealaatuisen puutavaran kuivaukseen, varsinkin kun puun vaalea väri on tärkeä. Kuivaamorakennus voi olla melko yksinkertainen ja vaikka yhden kuorman kokoinen.

Lauhdekuivauksen haitat ja edut liittyvät lähinnä alhaisiin lämpötiloihin ja pitkään kuivausaikaan.

Menetelmä on käytössä pienyrityksillä, sillä kallista lämpökeskusta ei välttämättä tarvita. Ruotsissa lauhdekuivaamoita käytetään Suomea enemmän, useimmiten pienyrityksissä sikäläisen tammen ja pyökin kuivaukseen.

Lauhde eli kondenssikuivaamo:

- siirrettävä laitteisto,
- pieni energiantarve,
- vähän kuivausvirheitä,
- väri säilyminen vaaleana,
- pienet investointikustannukset,
- hyvin pitkät kuivausajat ja
- homehtumis- ja sinistymisvaara.

Kanavakuivaamo

Kanavakuivaamoja käytetään tavallisesti suurien sahojen kuivaamoina. Kanavakuivauksessa rimoitetut sahatavarakuormat syötetään kanavan toisesta päästä sisään ja ne otetaan kuivattuina ulos toisesta päästä. Kuormat ovat yleensä kanavan pituussuuntaan nähden poikittain ja ilma kiertää kanavan suunnassa pitkittäin. Kanavakuivaamoissa sahatavara kuivataan tavallisesti vientikuivaksi eli keskimäärin 18–20 %:n kosteuteen. Yhdellä kanavakuivaamolla saadaan 25 000–50 000 m³ havusahatavaraa vuodessa vientikuivaksi.

Parhaiten kanavakuivaus soveltuu ohuempien sahatavaralaatujen kuivaukseen. Sahoilla on omat kanavat lautatavaraa ja keskitavaraa (sydäntavaraa) varten. Uusimmissa kuivaamoissa kuivauskanaali on jaettu kahteen eri vyöhykkeeseen, joissa ilman kiertosuunnat ovat vastakkaiset. Näitä kanavia kutsutaan 2-vaihekanaviksi.

Kanavakuivauksen ominaisuuksia:

- pieni energiankulutus lämmöntalteenoton vuoksi,
- melko lyhyt kuivausaika, 2–6 vrk,
- yksinkertainen ohjaus, vähän toimintahäiriöitä,
- pieni värinmuutos,
- vähän virheitä, kun käytössä oikea kuivauskaava,
- kuivaus alle 15 %:n kosteuteen voi olla vaikeaa,
- samanlaista kuivattavaa sahatavaraa on oltava paljon ja tasaisesti ja
- sopii suurtuotantoon.

Yksivaiheisessa kanavakuivaamossa ilma puhalletaan sahatavaran kulkusuuntaan nähden vastakkain eli kuivasta päästä märkään päähän. Kuivausolosuhteet voidaan säätää vain kuivassa päässä. Muut vaiheet määräytyvät kanavan pituuden, kuormien siirtonopeuden ja sahatavaran koon mukaan.

Kuivauslämpötila nousee ja ilman suhteellinen kosteus laskee koko ajan siirryttäessä märästä päästä kohti kuivaa päätä. Kuivaus on siten melko raju, mikä saattaa aiheuttaa kosteushajontaa ja ylikuivumista.

Paksun sahatavaran kuivauksessa on perusongelmana halkeilu, koska kanavassa kuivausjännitykset alkavat kasvaa kuivausvoiman kasvaessa.

Alle 15 %:n kosteuteen ei yleensä pyritä ja siihen 1-vaihekanavakuivaamossa on vaikea päästä.

Sahatavara etenee samalla tavalla kuin yksivaiheisessa kanavassa. Kuivauskuormaletkaan muodostetaan välikkö, jossa ilman puhallussuunta vaihtuu alkuosaan nähden vastakkaiseksi. Kanavan ensimmäisessä vaiheessa lämmitetään sahatavara ja pyritään kuivaamaan soluonteloissa oleva irrallinen vesi tehokkaasti pois. Toisessa vaiheessa poistetaan puolestaan soluseinämien sidottua vettä, jolloin puu kutistuu ja muotovikoja voi syntyä. Toisen vaiheen kuivaus on tästä syystä hitaampaa, lisäksi sidottu vesi siirtyy hitaasti puutavaran pinnalle.

Perinteisessä 2-vaihekanavakuivaamossa ensimmäisen vaiheen ilmanvirtaussuunta vastaa normaalia 1-vaihekanavaa eli se on sahatavaran siirtosuuntaan nähden vastakkainen, mutta 2-vaiheen ilmakierto on käännetty eli virtaus on sahatavaran siirtosuuntaan.

Samaa ilmaa lähtee kiertoon molempiin suuntiin. Molemmilla vaiheilla on omat säädettävät puhaltimet. Ilman nopeus ja kanavaosan pituus puolestaan vaikuttavat siihen, mitkä kuivausolosuhteet ovat vaiheen eri kohdissa.

Perinteisen kanavan sahatavara joutuu ensimmäisessä vaiheessa asteittain kovenemaan kuivaukseen, ja toisessa vaiheessa on kuivauksessa lisääntyvää ”tasaannuttavaa” vaikutusta, koska kuivauslämpötila laskee ja ilman kosteus nousee loppua kohti.

Näin kuivaustulos paranee ja alempaan tasaiseen loppukosteuteen on helpompi päästä eikä sahatavara kuiva kovin herkästi ylikuivaksi.



Kanavakuivaamo, kuva Pro Puu-keskus / Puuproffa.

OTC-kuivaamo

OTC-kanavakuivaamon (Optimized Two-stage Continuous) ensimmäisessä vaiheessa ilma kulkee kuorman siirtosuuntaan ja toisessa vaiheessa sitä vastaan.

Tavoitteena on ollut parantaa kuivauslaatua varsinkin paksumman sahatavaran osalta ja mahdollistaa alhaisetkin (10 %) loppukosteudet.

Ensimmäisessä vyöhykkeessä kuivataan soluonteloiden vapaa vesi pääosin pois ja toisessa soluseinämien sidottua vettä haluttuun loppukosteuteen asti. Molempiin vyöhykkeisiin puhallettavan ilman olosuhteet ja nopeus ovat erikseen säädettävissä.

Kuormien läpi kulkevan ilman kosteus on suurimmillaan vaiheiden välin lähistöllä. Tässä kohdassa kanavaa paksun sahatavaran sisäosa ei ole vielä alkanut kutistua, mutta pintaosat ovat sen sijaan jo kuivuneet ja kutistuneet. OTC-kuivaamo pyrkii pienentämään puun sisälle syntyviä jännityksiä tässä kriittisessä vaiheessa pitämällä ilman suhteellisen kosteuden melko korkeana. Kun kriittisin vaihe on ohitettu ja sisäosankin kutistuminen alkaa, ilman suhteellinen kosteus laskee kanavan loppupäätä kohti ja kuivaus tehostuu. Kuivaamon energiatalous on hyvä, koska vaiheiden välistä poistettava ilma on kostea ja lämpösisältö suuri, lämmön talteenotto saadaan tehokkaaksi.

3.3 Sahatavaran varastointi ja käyttöönotto (Pro Puu-keskus)

Särmäämättömän sahatavaran varastointi

Sahatavara voidaan varastoida kentälle, katokseen tai sisätiloihin. Taapelin sijainnilla on suuri merkitys. Sen tulee olla suojassa suoralta auringonpaahteelta ja ilman on vaihduttava hyvin.

Pohja on tehtävä kantavalle maaperälle, sen tulee olla vaakasuorassa ja tukipisteitä on oltava riittävän tiheässä (60–80 cm:n välein). Pohjasta on tehtävä tarpeeksi korkea (60–80 cm), jotta ilma pääsee kiertämään taapelin alla.

Taapelin teko

- taapelin pohjalankkujen ja pirkkojen (poikkirimojen) pitää olla kuivia,
- pirkat voivat olla esimerkiksi kuivaa 32*50 mm:n mänty- tai kuusirimaa, jottei kuivuvaan sahatavaraan tule värivikoja,
- pirkat tulee laittaa aina samalle kohdalle taapelin kerrosten väliin,
- pohjalankkuina voi käyttää pelkkoja (hirsii),
- taapelin ladonta aloitetaan suurimmista lankuista,
- kappaleiden väliin jätetään ilmarakoa n. ½ lankun leveydestä ja taapelin päät tehdään tasaisiksi, jotta ilma pääsee kiertämään,
- taapelin sisäosa voi jäädä harvemmaksi, koska se kuivuu hitaammin,
- reunoille kannattaa pinota heikompilettiset lankut,
- lankut on ladottava samoihin kohtiin, jolloin niiden väleihin syntyy ylhäältä alas yltävä ilmarako,
- taapelin päälle on laitettava painoa, jottei se kieroudu kuivuessaan tai on käytettävä kiristysvanteita pirkkarivien vieressä,
- pääperiaate on, että jokaiselle puulajille olisi oma taapeli, mutta eniten kieroutuva sahatavara voidaan laittaa alimmaiseksi,
- särmäämätön puutavara voidaan taapeloida myös tukeittain,
- sahatut lankut asetetaan järjestyksessä päällekkäin ja ne sidotaan vanteilla,
- katoksen ja taapelin väliin tulee jäädä yhtä suuri tila kuin taapelin alle,
- katoksen tulee olla kalteva ja sen on ulotuttava riittävän kauas taapelin reunoista, jottei sade pääse kastelemaan puita,
- katos voi olla joko yhdelle tai useammalle taapelille sekä
- kestävyudessa tulee ottaa huomioon myös lumikuorma.



Taapelit, vasemmalla tyhjä taapeli ja oikealla täytettynä, kuvat Pro Puu-keskus / Puuproffa.

Taapelin suojaus

Peitteillä suojatessa täytyy huolehtia riittävästä ilmanvaihdosta. Peite ei saa ulottua maahan asti ja sen alla on oltava ilmatilaa n. ½ metriä taapelista. Peitteiden on oltava riittävän suuria, jotta ne suojaavat taapelin sateelta, lumelta ja auringolta.

Raaka-aine saapuu alueelle yleensä täysperävaunurekassa. Kun kuormatila avataan, tarkastetaan pakettien kunto visuaalisesti ja verrataan saapunutta kuormaa rahtikirjaan, josta tarkistetaan puulaji, määrä, mitat, kosteus ja lujuusluokka. Mikäli kaikki kohdat ovat kunnossa, puretaan kuorma joko suoraan lämpimään halliin tai ulkovarastoon. Paketit varastoidaan niille varatuille suorille alustoille, joissa on tarpeeksi tukiniskoja paketteja kannattelemassa, jotta vältetään pakettinippujen taipumisilta.

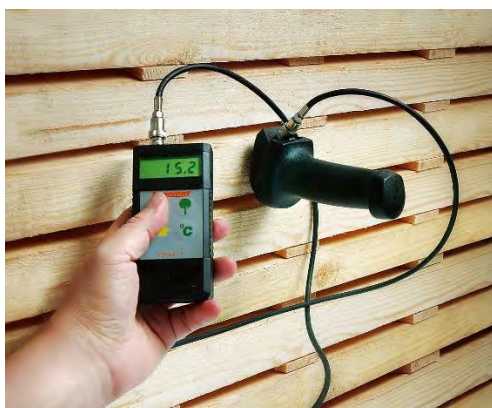
Ulkovarastoiduissa paketeissa on tarkastettava muovihupun kunto ja tarvittaessa korjattava ne. Kun tavara on purettu, dokumentoidaan heti kosteus ja mitat. Jos mitat tai kosteus eivät täsmää pakettimerkintöjen kanssa, tehdään asiasta sisäinen reklamaatio.

Kuorman vastaanotossa täytetään tiedot tulevasta puutavarasta esimerkiksi taulukkoon tai sitä vastaavaan asiakirjaan. Asiakirjassa on oltava seuraavat merkinnät: projekti nro, toimittaja/ paketin nro, vastaanottaja, kellonaika, puutavaran laatu, laatukoodi, puutavaran mitat, päivämäärä, puulaji/laatu, dimensiot paksuus/leveys, pituus, kappalemäärä, puutavaran kosteusprosentteina, määrä kuutioina, pakkauksen paino ja vastaanottajan kuittaus. Kaikesta tästä on löydettävä jäljitettävyyttä, jonka takia tämä kaikki on siis kirjattava ylös ja dokumentoitava kymmeneksi vuodeksi.



Taapeli suojattuna,
kuva Pro Puu-keskus, Puuproffa

Sahatavaran käyttöönotto



Sahatavara on ennen käyttöönottoa tuotava sisätiloihin ja tarkastettava kosteus. Sallittu kosteus riippuu sahatavaran käyttötarkoituksesta: ulkoseinäelementeissä kosteus saa olla enintään 16 %, mutta sisä rakenteissa kosteus pitää saada 12 %:iin. Käytännössä konetyöstöt tehdään 10–12 %:n kosteudessa rakenneosissa vaadittavien mittatarkkuuksien vuoksi.
Kuva Kontiotuote Oy.

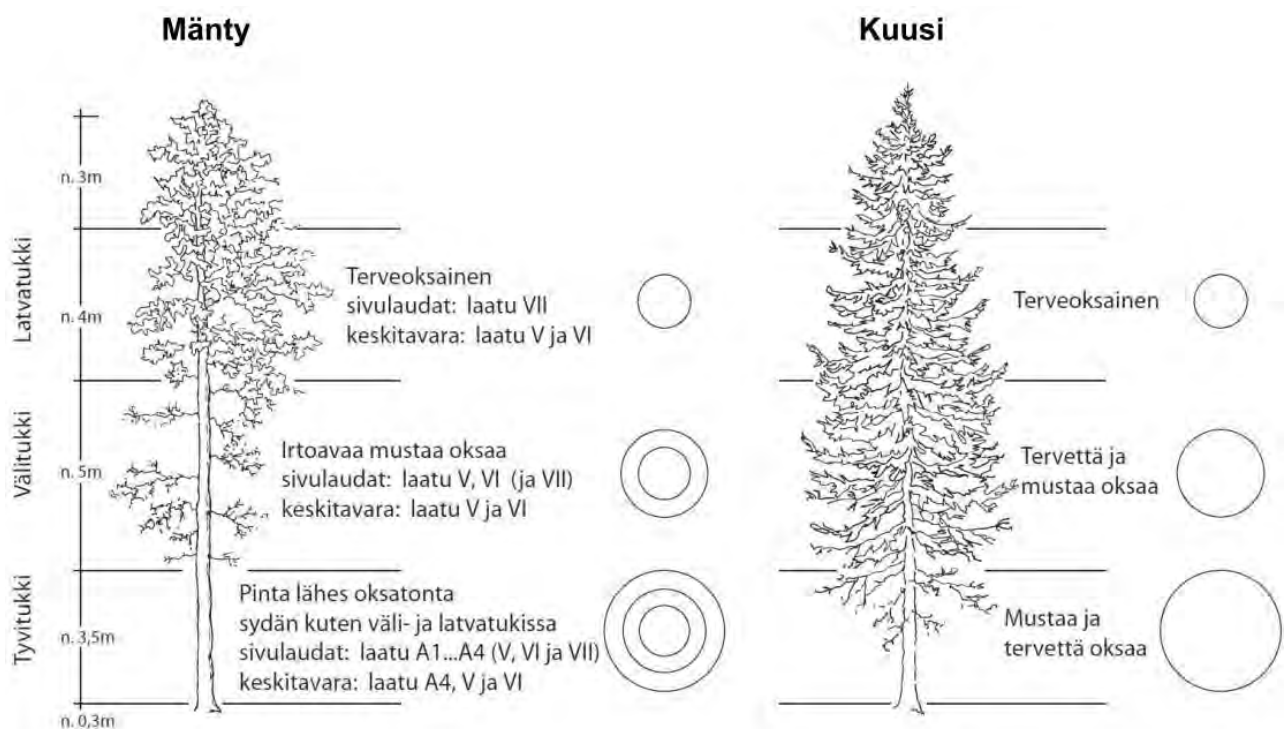
3.4 Sahatavaran laatu- ja lujuuslajittelu

Sahatavaran laatulajittelu

Suomessa sahatavaranlaatulajittelu perustuu ohjeeseen ”Mänty- ja kuusisahatavaran lajitteluohjeet (2016)”.

Suomen sahatavaran tuotannosta on noin puolet mäntyä ja puolet kuusta. Sahatavaran laatuluokituksessa ulkonäkö ratkaisee laatuluokan. Oksien koko, määrä ja sijoittuminen ovat laatuluokittelun tärkeimmät kriteerit. Muita laatuluokituksessa tarkkailtavia tekijöitä ovat esimerkiksi halkeamat, vajaasärmäisyys, pihkakolot, kaarnarosot, kaarnakorot, vinosyisyys, latvamurtuma, lyly, muotoviat, värinmuutokset sekä sahatavaran käsittelystä johtuvat viat. Sahatavarakappaleen laatulajittelu tehdään seuraavilla periaatteilla:

- kaikki sivut tarkastellaan erikseen,
- laatu määritellään pintalapteen ja molempien syrjien perusteella ja
- sydänlape saa olla yhtä laatuluokkaa huonompi.



Puun osista saatava sahatavara männyllä ja kuusella, kuvat Puuinfo Oy.

Sahatavaran myyntilaadut

Laatu US:

Laatu US on korkein laatuluokka, joka sisältää tuotannosta lankeavan osuuden laatuja US I – US IV. Näistä US I laatu on korkein.

Laatu V

Tuotannosta lankeava V laatu.

Laatu VI

Tuotannosta lankeava VI laatu. Tuotannosta lankeavat laadut V ja VI eivät jakaannu alalaatuihin.

Laatu VII

Laadulle VII ei ole numeerisia arvoja. Kaikki puun ominaisuudet on sallittu.

Sahatavarakappaleen on kuitenkin pysyttävä koossa. Sahanterän on kosketettava pääosaa kappaleen pinnoista. On hyväksyttävää, että terä ei ole koskettanut yhtä kolmasosaa kappaleen pituudesta.

Pintalaudat ovat vähintään laadun VII vaatimukset täyttävät vakiopaksuiset ja 75-125 mm levyiset vajaasärmäiset laudat. Pintalautoissa on oltava sahauspintaa molemmissa syrjissä sekä pintalappeessa koko sahatavarakappaleen pituudelta.

Pintalauta vientilaatu (PLVL)

Sahauspintaa on oltava vähintään 1/4 molemmilla syrjillä ja pintalappeella koko kappaleen pituudella. Muilta osin sen on täytettävä vähintään laadun VI vaatimukset. Poikkeavat vaatimukset tulee määritellä kauppasopimuksessa.

Pintalauta kotimaan laatu (PLKL)

Sahauspintaa on oltava vähintään 85 % ulkopinnan koko pituudesta. Syrjällä saa olla terävää reunaa, mutta leveys ei saa kaventua. Muilta osin sen on täytettävä vähintään laadun VII vaatimukset. Poikkeavat vaatimukset tulee määritellä kauppasopimuksessa.

3:n sivun oksaton pintalauta

Kolmelta sivulta oksattoman laudan pintalape ja molemmat syrjät ovat täysin oksattomia sekä muilta ominaisuuksiltaan ne ovat laatua US I. Muilta osin sen tulee täyttää vähintään laadun US III vaatimukset. Vajaasärmän osuus määritellään yleensä kauppasopimuksessa.

HVS (höylävajaasärmä)

Sahauspintaa on oltava vähintään 1/3 molemmilla syrjillä ja pintalappeella kappaleen koko pituudella. Muilta osin sen on täytettävä laadun US vaatimukset. Poikkeavat vaatimukset tulee määritellä kauppasopimuksessa.

Vajaasärmäinen keskitavara

Vajaasärmäisen keskitavaran tulee täyttää laadun VI vaatimukset. Kuitenkin sahauspintaa tulee olla 1/3 paksuudesta molemmissa syrjissä kappaleen koko pituudella.

Asiakas- ja erikoislaadut

Peruslaatuja voidaan käyttää sellaisenaan useimpiin sahatavaran käyttökohteisiin ja lopputuotteisiin. Näistä voidaan myös muokata laatu yhdistelmiä asiakas- ja käyttökohteiden mukaisiin tarkoituksiin. Tällaisten asiakas- ja erikoislaatuojen ominaisuudet tulee määritellä sopimuskohtaisesti.

Sahatavaran lujuuslajittelu ja CE-merkintä

Lujuuslajittelu on tehtävä valmisteiden tuotestandardien mukaisesti. Jos esimerkiksi CLT:n valmistukseen käytettävä sahatavara on sormijatkettua, ohjaa tätä tuotestandardi FprEN 16351:2015 (E). Lamellien lajittelusta vastaavalla henkilöllä tulee olla voimassa oleva INSTA 142 LT- lujuuslajitteluoikeus. INSTA 142 noudattaa eurooppalaisen standardin EN 1912 ja EN 14081–1 mukaisia lajittelumenettelyohjeita. Standardi määrittelee visuaaliset lujuusluokat, jotka on nimetty laskevassa lujuusjärjestyksessä T3, T2 ja T1. Arvot vastaavat taivutuslujuuden ominaisia arvoja 30 N/mm², 24 N/mm² ja 18 N/mm².

Valtaosa sahatavarasta lajitellaan nykyisin kehittyneillä koneellisilla lujuuslajittelumenetelmillä kuten konenäkömittaus, ominaistajuuden mittaus, röntgenmittaus ja ultraäänimittaus. Perinteinen koneellinen lujuuslajittelumenetelmä on sahatavarakappaleen taivuttaminen, jonka perusteella saadaan kimmomoduuli ja tätä kautta sahatavarakappaleen lujuusluokka. Sahatavara voidaan lujuuslajitella myös visuaalisesti, jolloin tarkastellaan silmämääräisesti esimerkiksi sahatavarakappaleen oksien määrää, sijaintia ja laatua sekä halkeamia, kieroutta, vääryyttä ja muita vikoja. Lisäksi tarkastellaan sahatavarakappaleen vuosiluston paksuutta.

Standardin EN 338 mukaan havupuusahatavara lujuuslajitellaan taulukon mukaisiin lujuusluokkiin. Lujuusluokat C14...C30 voidaan lajitella joko visuaalisesti tai koneellisesti ja lujuusluokat C35...C50 vain koneellisesti.

INSTA 142 on yhteispohjoismainen standardi, jonka mukaan havupuusta valmistettu sahatavara lujuuslajitellaan visuaalisesti alla olevan taulukon mukaisiin lujuusluokkiin. INSTA 142 lujuusluokat on hyväksytty vastaamaan standardin EN 338 mukaisia C-lujuusluokkia.

Kaikki lujuusluokat	T0	T1	T2	T3
Vastaavuus EN 338:n kanssa	C14	C18	C24	C30

Lujuuslajittelun sahatavaran leimaus

Lujuuslajiteltu sahatavara, teollisesti valmistetut elementit ja sormijatkettu sahatavara tulee leimata siten, että jokaisessa lujuuslajittelussa sahatavarakappaleessa tai paketissa on leima. Leimausvaatimus koskee myös kaikkia visuaalisesti lajiteltuja lujuusluokkia. Koneellisesti lujuuslajiteltu rakennesahatavara on käytännössä aina leimattua.

Tavallisesti leimassa vaadittavat tiedot tulostetaan sahatavarakappaleen lappeelle jatkuvana tekstinä. Vaihtoehtoisesti voidaan käyttää yksittäistä leimaa, jossa esitetään vaadittavat tiedot. Lisäksi sahatavaran valmistaja voi tehdä sahatavarakappaleisiin omia merkintöjä.

Puutuotteiden CE-merkintä

CE-merkintä on vaatimustenmukaisuusmerkintä, joka osoittaa, että rakennustuote on sitä koskevan harmonisoidun tuotestandardin mukainen ja täyttää rakennustuotedirektiivissä esitetyt olennaiset turvallisuus ja terveellisyysvaatimukset.

CE-merkinnällä varustettua rakennustuotetta voi viedä ja myydä vapaasti Euroopan sisämarkkinoilla. Markkinoille saatettavan CE-merkittävän tuotteen vaatimustenmukaisuus osoitetaan valmistajan suorittamalla tehtaan sisäisellä laadunvalvonnalla sekä ilmoitetun laitoksen suorittamalla varmentamisella, tarkastuksella ja testauksella.

CE	Direktiivin 93/68/ETY-mukainen CE-merkki
12345	Ilmoitetun varmentajan tunnusnumero
Noname Oy	Valmistajan nimi tai tunnusmerkki
45	<u>Huom!</u> Merkintään voidaan lisätä myös rekisteröity osoite Merkinnän kiinnittämivuoden kaksi viimeistä numeroa
M / Kuivana lajiteltu Noname No. 123/2021	Rakennuspuutavaraa kuvaavat tiedot ja sen tunnusnumero
C24	Lujuusluokka

Insta 142 T2-C24 4321/SFS	Lujuusluokka	Lajittelijan tunnus
----------------------------------	--------------	---------------------

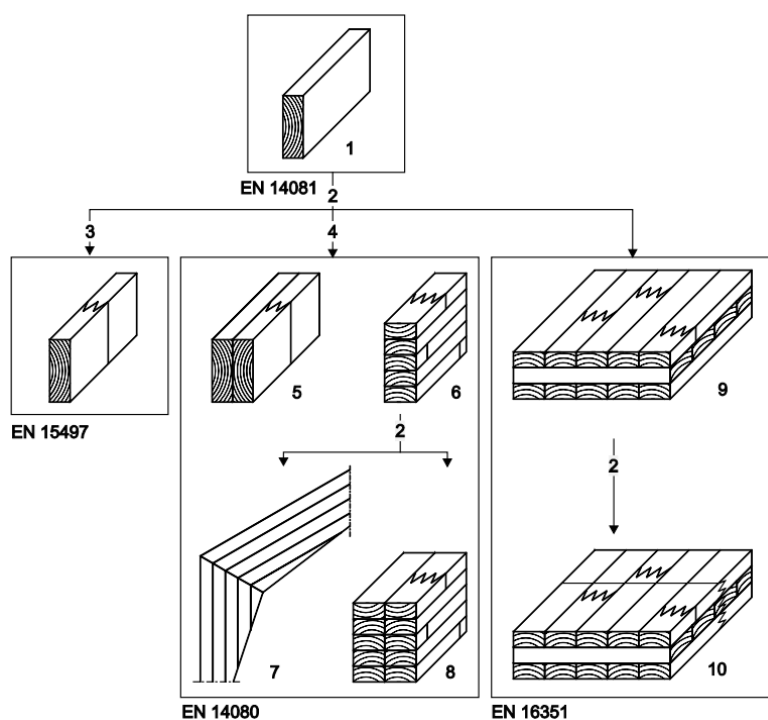
Lujuusluokka	Valmistaja	Lajittelijan tunnus	Sahatavaran paksuus

T30
Noname Oy
789
45

Vasemmalla ylhäällä: CE-merkityn rakennuspuutavaran leima

Vasemmalla alhaalla: koneellisesti lujuuslajiteltu sahataavaran leima

Oikealla: visuaalisesti lujuuslajitellun sahataavaran leima.



Sahataavaran standardit:

Sahatavara tulee valmistaa kuvassa esitettyjen standardien mukaisesti.

EN 14081: sahatavara

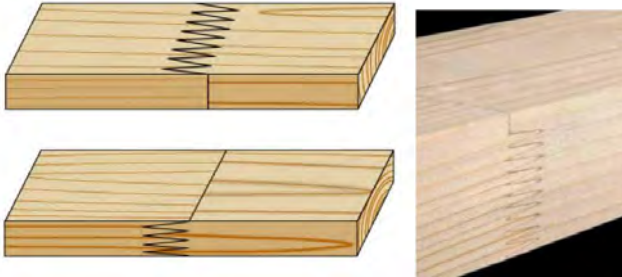
EN 15497: sormijatkettu sahatavara

EN 14080: liimattu sahatavara

EN 16351: massiivipuulevy

3.5 Sahatavaran sormijatkokset (Timo Toivanen & Matti Yliniemi)

Sormijatketulla rakennesahatavaralla tarkoitetaan puutavaraa, joka on jatkettu pituussuunnassa sormijatkoksella siten, että jatkettu puutavara täyttää rakennesahatavaran määritellyt lujuusvaatimukset. Sormijatkos voi olla puussa joko syrjän tai lappeen suuntaisesti.



Erityyppiset sormijatkokset (vasemmalla lappeen suuntainen ja oikealla syrjän suuntainen).



Sormijatkoksen työstöterät, kuva Ammattiopisto Lappia.

Jatkettua puutavaraa voidaan käyttää kantaviin rakenteisiin, mikäli jatkosten valmistus tapahtuu Ympäristöministeriön hyväksymän laaduntarkastuksen alaisena. Sormijatketulle rakennesahatavaralle asetetut laatuvaatimukset sekä jatkettun sahatavaran käyttö eri rakenteissa on määritetty seuraavissa määräyksissä:

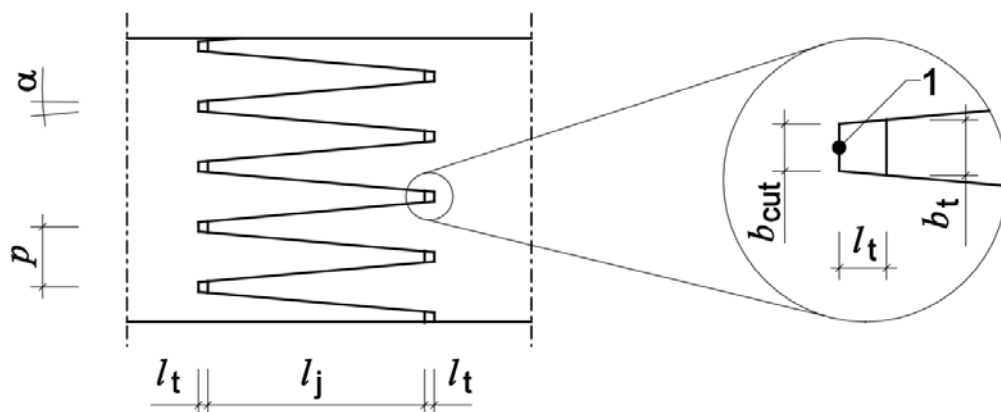
- Suomen rakennusmääräyskokoelma: B10, puurakenteet,
- standardi EN 385/2001, sormijatkettu rakennesahatavara, käyttövaatimukset ja tuotannon vähittäisvaatimukset.

Ennen sormijatkamista sahatavara on yleensä lajiteltava ja tarkastettava visuaalisesti tai koneellisesti. Suomessa käytetään lujuuslajittelussa sahatavarassa luokkia C30, C24 ja C18. Sahatavara on oltava kuivaa, jonka kosteusprosentti on noin 15 %. Yhteen liitettävien kappaleiden kosteusero saa olla korkeintaan 5 %. Suositeltava ilman lämpötila on noin 20 astetta. Teollisten tuotantotilojen lämpö ja kosteus on oltava hallittavissa siten, että puun tasapainokosteusvaatimukset saavutetaan. Tiloissa on oltava ilman suhteellisen kosteuden ja lämpötilan mittauslaitteet.

Sahatavara on katkaistava tai tasattava siten, ettei jatkosalueella ole oksia, syhäreitä, pihkataskuja eikä muita vikoja, jotka heikentävät jatkosta tai haittaavat liimausta, kuten lyly, pihkapuu yms. Lähempänä kuin 100 mm:n päässä jatkosalueesta saa olla yli 6 mm:n oksia ainoastaan kolme kertaa oksan mitan etäisyydellä. Sahatavara on katkaistava niin, etteivät muotoviat vaikuta haitallisesti jatkamiseen.

Sormijatkosten mitat

Lujuuslajitellussa sormijatkoksessa sormien työstö on tarkkaan määritetty. Kuvassa näkyy, mitä mittoja sormijatkoksesta tulee määrittää.



l_j = sormen pituus	p = sormien välinen etäisyys
a = sormen kulma	l_t = varaus
b_{cut} 0 varauksen leveys kärjessä	b_t = sormen leveys kärjessä
1 = perusaukon korkeus	

Tyypillinen sormijatkosprofiili

Hyväksytty sormimuoto saa muuttua korkeintaan seuraavasti:

- sormen pohjan leveys niin paljon, että heikennysasteen muutos $< 10 \%$,
- sormen pituus niin paljon, että suhteellinen liimauspinta-alan muutos $< 5 \%$,
- heikennysaste $b/t \leq 0,18$. Suhteellinen liitosvara $e \approx 0,03$,
- jyrsinterien on oltava terävät ja vasteen sellaiset, ettei tapahdu repimistä,
- sormien on sovittava hyvin yhteen ilman, että sormet pohjaavat,
- poikkileikkauksen sormet on kohdistettava siten, että yhteen liittyessä puutavara ei jää hammastamaan reunoista.

Sormijatkosten liimaus

Liimauksen on tapahduttava välittömästi jyrsinnän jälkeen huomioiden koneen käyttöohjeet ja liiman valmistajan ohjeet. Liimamäärä säädetään suuttimilla ja liikenopeudella jatkettavan dimension mukaan. Jos annettuja ohjeita muutetaan, on huolehdittava, etteivät muutokset vaikuta liimapintaan tai sormijatkoksen lujuuteen haitallisesti.

Puristuspaineen on oltava sellainen, että saavutetaan sormien välille hyvä pito. Sormien pohjiin ei saa syntyä lujuutta heikentäviä halkeamia. Puristuspainetta joudutaan säätämään puun tiheyden mukaan. On huomattu, että Suomen havupuiden tiheys vaihtelee alueittain yllättävän paljon, joten puristuspainetta on jatkuvasti tarkkailtava. Puristus aika riippuu mm. sahatavaran dimensiosta, puun tai jatkoksen lämmityksestä, liimasta ja käsittelystä liimauksen jälkeen. Sahatavaran käsittelyn puristuksen jälkeen on sovittava käytettyyn kovettumistapaan. Jatkettua tavaraa on voitava katkoa, siirtää ja paketoida rasittamatta liitosta.

Sormen pituus [mm]	7,5	10	15	20	25	30	35	40
Puristuspaine [N/mm ²]	12,5	12	11	10	9	8	7	6

Sormijatkoslinjat

Teollisuudessa sormijatkoslinja on yleensä osana suurempaa tuotantojärjestelmää. Esim. sahoilla sahatavara ensin sahataan, kuivataan ja vasta tämän jälkeen tavara jatketaan pidemmäksi. Liimapalkkiteollisuudessa tavara taas ensin jatketaan, minkä jälkeen tavara siirtyy höylän kautta puristukseen. Kyseisissä linjoissa sormijatkoslinjan osuus on kuitenkin samanlainen. Koneen jälkeen tai ennen olevat laitteet vain muuttuvat.

Sormijatkoslinjat voidaan käyttötarkoituksen perusteella jakaa lyhyen tavaran jatkamiseen soveltuviin linjoihin ja pitkän tavaran jatkamiseen soveltuviin linjoihin. Jako lyhyen ja pitkän tavaran jatkamiseen soveltuviin linjoihin ei kuitenkaan ole kaikkien linjojen osalta selkeä. Selkeämpää on jakaa linjat ryhmiin sen mukaan, miten sahatavara syötetään työstöön linjaan.

Näin linjat voidaan jakaa kolmeen ryhmään:

- 1. pitkäsyöttöiset,
- 2. poikittaissyöttöiset,
- 3. eräsyöttöiset.



Sormijatkoksissa käytettävät liimatyytit

Nykyaikaiset teolliset sormijatkosliimat on räätälöity puuteollisuuden tarpeisiin ja kehittyvät jatkuvasti. Rakenteellisessa puun liimauksessa käytetään kemialtaan muutamia erilaisia liimoja. Yleisimmät liimatyytit ovat fenolipohjaiset (fenoliformaldehydi- (PF), fenoliresorsinoliformaldehydi-(PRF), resorsinoliformaldehydiliima (RF), aminohartsipohjainen (melamiini-urea-formaldehydiliima (MUF)), kosteuskovettu polyuretaaniliima (PU tai PUR) ja emulsiopolymeeri-isosyanaattiliima (EPI), joiden valintaan kussakin tapauksessa vaikuttaa lopputuotteen vaatimukset, kohteen käyttöluokka (1,2 tai 3) sekä tuotantolinjan tyyppi.

Sormijatkosten taivutustesti

Sormijatkosten lujuus on varmistettava esimerkiksi taivutustestillä standardien EN 16351 ja EN 15497 mukaisesti. Testaamiseen käytettävä laitteiden tulee olla tyyppihyväksytty.

Testi tehdään seuraavalla sivulla olevan testausmenetelmäkuvauksen mukaisesti. Testauksia on suoritettava vähintään yksi jokaisesta tuotantoerästä. Testitulokset perustuu 100:n viimeisimmän testituloksen keskiarvoon, keskihajontaan sekä hyväksytyjen testausarvojen lukumäärään.

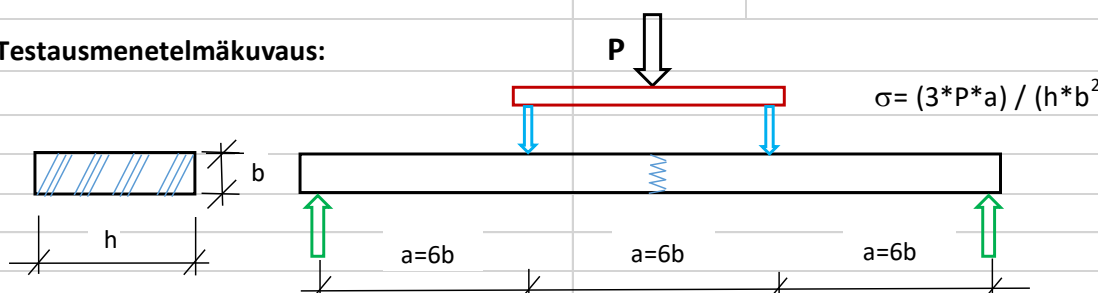
Testeistä on pidettävä pöytäkirjaa ja jokainen testi raportoidaan erilliselle lomakkeelle.

Testipöytäkirjasta tulee ilmetä seuraavat tiedot: valmistuspaikka, testauksen vastuhenkilö, tuotanto- ja testipäivämäärät, sahatavaratunnus, sahatavaran lujuusluokka, liimatyyppi, liiman valmistaja, sahatavaran dimensiot, sormijatkosprofiili ja sen asemointi, sahatavaran kosteusprosentti, taivutustestin murovoima, testiarvoista laskettu ominaistaivutuslujuus, 15:n ja 100:n viimeisimmän testituloksen keskiarvo ja –hajonta, mahdollisten sahatavaran vikojen havainnot sekä tulkinnot testituloksista EN 15497 standardin mukaisesti.

Ennen sahatavaran höyläystä on sahatavara lujuuslajiteltava, ellei sitä ole tilattu lujuuslajiteltuna. Jos sahatavarana käytetään sormijatkettua puutavaraa, tulee sormijatkoksissa noudattaa tuotestandardia FprEN 16351:2015 (E). Mikäli liima levitetään käsin, sitä tulee levittää vain toisiin sormiin. Liiman määrä tulee tarkistaa silmämääräisesti siten, että kappaleen jokaiselta sivulta tulee liimaa näkyviin, kun kappale puristetaan. Jos käytössä on koneellista liiman levitys eikä silmämääräistä tarkistusta suoriteta, tulee liimaa levittää molempiin sormiin.



Taivutustestilaitteen käyttöä

Sahatavaran sormijatkoksen taivutustesti		
EN standardit:	EN 16351 / EN 15497	
Valmistuspaikka:	Ammattiopisto Lappia	
Osoite:	Sammonkatu 8, 94600 Kemi	
Testauksen vastuuhenkilö:	vastuuhenkilö	
Tuotantopvm.	16.11.2020	
Testipvm.	17.11.2020	
Sormijatkosten tuotantolinja:	Howial, tyyppi HVP-26	
Sormijatkosten testilaite:	Howial, tyyppi SK22-90L/4 TW	
Testausmenetelmäkuvaus:	 $\sigma = (3 \cdot P \cdot a) / (h \cdot b^2)$	
Testinumero:	104	
Sahatavaratunnus:	Mänty PNRD	
Sahatavaran lujuusluokka:	CLT 27,6	
Liimatyyppi:	Yksikomponenttinen polyuretraani	
Liiman valmistaja:	Purbond, avoin aika 10 min.	
Sahatavaradimensio (b*h):	34x135	
Sahatavaran tiheys ρ_{mean} [kg/m ³]:	440	
Sormijatkosprofiili:	Symmetrinen viistopontti 15 mm	
Sormijatkoksen asemointi:	Näkyvät sormet kohtisuoraan kuormitettavaan pintaan nähden	
Testitulokset:		
Sahatavaran kosteusprosentti (min 10%):	12,0	Testiarvot ovat hyväksytyt, kun toinen lausekkeista a tai b täyttää sahatavaran sormijatkokselle asetetut vaatimukset tavoitellussa lujuusluokassa.
Taivutustestin murtovoima [N]:	8410	
Taivutuslujuus [N/mm ²]:	33,0	
Ominaistaivutuslujuus $f_{m,j,mean}$ [N/mm ²]:	22,9	
k_f (sormijatkoksen suunta huomoiden):	1,25	
$\sigma_{m,k}$ [N/mm ²] ja COV [%], 15 viimeisintä:	41,9	18,3 %
$\sigma_{m,k}$ [N/mm ²] ja COV [%], 100 viimeisintä:	45,9	13,9 %
Testitulos, lauseke a , 100 viimeistä(EN15497):	testitulos ei täytä laus. a vaatimuksia	
Testitulos, lauseke b , 15 viimeistä (EN 15947):	testitulos täyttää laus. b vaatimukset	
Lopullinen testitulos (EN 15497):	Hyväksytty	
Vikojen kuvaus:	vuosikasvu	

Esimerkki sormijatkoksen taivutustestin pöytäkirjasta.

3.6 Sahatavaran höyläys (DI A. Kivimaa & Matti Yliniemi)

Höyläminen on sahatavaran jatkojalostusta. Höyläyksen tarkoituksena on saada aikaan joko tarkat poikkileikkausmitat (mitallistettu sahatavara) tai sileä pinta ja tietty muoto (esim. listat ja verhouslaudat).

Höyläyksen tarkoituksena on laajentaa sahatavaran käyttöaluetta. Mitallistamisessa käytetään yleensä usein vain sivukuttereita ja yläkutteria, ts. höyläys tapahtuu vain kolmelta sivulta. Höylättäessä myös neljänneltä sivulta käytetään lisäksi alakutteria, jolloin tuotetta kutsutaan sileähöylätyksi. Yleensä höylissä on ylimääräinen viides kutteri höylän alapuolella, kyseisellä ns. silityskutterilla viimeistellään kappaleen käyttölaite.

Höyläyksen syöttönopeus

Höyläyksen syöttönopeus on sovitettava tuotteen vaatimusten ja höyläyksen vaikeusasteen mukaiseksi. Esimerkiksi lattialautoja höylätään hitaammalla syötöllä kuin raakaponttia. Mitä kuivempi puu, sitä hitaampi syöttö, jos halutaan välttää oksarikkojen synnyttä. Myös puulaji vaikuttaa sopivan nopeuden valintaan, esim. kuusella on käytettävä hitaampaa syöttöä kuin männyllä.

Koneen tekninen kunto on erityisen tärkeä. Terät pitää olla hyvin tasapainotetut ja karojen laakerit kunnossa. Pöytien tulee olla oikein säädetyt ja paininrullien on oltava kunnossa. Kutterit pyörivät yleensä siten, että terä leikkaa syöttösuuntaa vastaan. Pyörivien terien leikkuujälki on aina aaltomainen. Pinnan höyläysteknisen laadun kannalta on leikkuussa kaksi päätekijää. Nämä ovat aallonpituus ja aallonsyvyys.

Aallonpituus t voidaan laskea kaavalla:	$t = s * 1000 / n' Z$, missä
	t = aallonpituus
	s = syöttönopeus [m/min]
	n = karan kierrosluku n7min
	Z = leikkaavien terien lkm.
Aallonsyvyys voidaan laskea likimääräiskaavalla:	$\Delta = t^2 / 4 * D$, missä
	Δ = aallonsyvyys
	t = aallonpituus
	D = leikkauskehän halkaisija [mm]

Suurien höyläämöiden käyttämät höyläkoneet höyläävät lautaa neljältä sivulta samassa koneyksikössä. Järeän tavaran käsittelemiseen käytetään raskaita yleishöyliä. Pienemmän tavaran tuottamiseen riittävät kevyemmät ja yksikertaisemmat koneet.

Yleisimmät höylätyypit

Yleisimpiä höylätyyppejä:

- yleishöylät (suuret ja keskisuuret),
- listahöylät ja
- paneelihöylät.

Höyläkoneet ovat saman kätisiä. Niissä on kaikissa kiinteä ohjauslista syöttösuuntaan katsoen oikealla puolella, joten kaikkien höyläkoneiden voi sanoa olevan ”oikeakätisiä”.

Suuria yleishöyläkoneita, joilla on voimakkaat syöttömoottorit, voidaan tavallisimmin ajaa syöttönopeuksilla 70–150 m/min. Keskisuurten yleishöylien ja paneelihöylien syöttönopeus vaihtelee yleensä 40–100 m/min ja listahöylissä 30–60 m/min. Suurtehohöylillä päästään syöttämään sahatavaraa jopa 300 m minuutissa.



Höyläyslinja

Höylän työkalut

Höylän työkaluja ovat mm. kutterit, kursot ja pyörösahat. Ne kiinnitetään koneessa kara-akseliin, joka on laakeroitu ainakin toisesta päästä ja se sijaitsee koneessa joko pysty- tai vaakasuorassa. Höyläysterät ovat kuttereissa varsinaisesti puuta leikkaavat työstöelimet. Terät kiinnitetään kutterirunkoihin.

Kurso on työstöelin, jossa terät on kiinteästi kiinnitetty runkoon. Kurso on tehty siten, että sen muoto ja profiili eivät teroitettaessa muutu. Tämä on saatu aikaan tekemällä profiilimuoto selkäpinnalle ja suorittamalla teroitus terän rintapintaa hiomalla. Kursot voivat olla sileitä tai profiloituja. Ne kiinnitetään pysty- tai vaakasuoralle kara-akselille tarkkojen keskityslaitteiden avulla.

Irtoterillä tehtyihin teräpakkoihin verrattuna kursoilla on seuraavia etuja:

- suurempi syöttönopeus, kursot ovat yleensä 6–8-teräisiä,
- nopeampi teroitus ja aina oikea profiili ja
- nopeampi asetus, koska teräpakka on aina valmis.

Kuttereita ja irtoteriä käytetään yleensä vain erityisprofiileihin ja pieniä määriä valmistettaessa.

Uutta tavallaan kutterin ja kurson välimuotoa edustavat järjestelmät, joissa tavallisesti pyöreeän kutterirunkoon sijoitetaan 4 tai 6 kursomaista paksuterää, joissa terät teroitetaan rintapinnasta.

Useimmissa yleishöyläkoneissa on:

- 2 alakaraa, joista toinen on silityskutteria varten,
- 1 tai 2 yläkaraa ja
- 2 sivukaraa (oikealla ja vasemmalla puolella).

Joissakin paneelihöylissä on vielä toinen sivukarapari ja listahöylissä usein vielä ns. ”universaalikara”, jonka akselia voidaan portaattomasti kääntää pystysuorasta vaakasuoraan.



Höyläkone ja höyläkoneen teriä

Silityskutteri on periaatteessa kuin toinen alakutteri. Erona on, että siinä on useampia teriä ja sen läpimitta on usein suurempi (tavaralle saadaan mahdollisimman hyvä pinta). Silityskutteri sijoitetaan koneen loppupäähän, jolloin voidaan melkoisesti vähentää höylän pöydässä olevien vikojen aiheuttamia jälkiä höylättävän tuotteen käyttölappeessa.

Kara-akseli on säädettävissä sekä pysty- että usein myös vaakasuorassa suunnassa (voidaan käyttää hyödyksi terän koko pituutta).

Yläkaraan kiinnitettävän yläkutterin mitat ovat yleensä samat kuin alakarassa. Kara-akseli on siirrettävissä pystysuunnassa, jonka avulla säädetään höylättävän laudan paksuutta. Joitakin tyyppisiä voidaan siirtää myös rajoitetusti sivusuunnassa muotohöyläyksen vaatimusten mukaan.

Sivukarat ovat muista karoista poiketen pystysuorassa. Niitä voidaan säätää sekä pysty- että vaakasuunnassa. Karoihin voi kiinnittää sekä kuttereita että kursoja, mutta tavallisesti kiinnitetään kursoja.

Höyläkoneiden käyttömootorit

Karojen ja syöttölaitteiden käyttö on yleensä järjestetty erillisillä moottoreilla niin, että syöttölaitteet ovat tasaisen vedon vuoksi yhdellä moottorilla ja mekaanisella vedolla. Yleensä moottorit ovat yhteydessä karaan hihnan välityksellä.

Painimet

Höyläyksessä on erittäin tärkeää, että höylättävä tavara kulkee hyvin tuettuna ja tärinättä työstettävien karojen kohdalla. Tämän vuoksi käytetään erityisiä paininlaitteita, jotka ovat rakenteeltaan erilaisia riippuen siitä, missä osassa höyläkonetta ne ovat. Painin voi olla periaatteessa rulla- tai liukupainin.

Höyläkoneisiin syöttö tapahtuu tavallisimmin joko erityisen automaattisen syöttöpöydän ja kiihdytyskuljettimen tai yksinkertaisen syöttöhihnan avulla. Syöttöpöytää käytetään etenkin suurinopeuksisten höyläkoneiden yhteydessä. Pöytä toimii eräänlaisena puskurivarastona.

Höyläkoneen jälkeiskuljettimet ja käytettävät laitteet ovat monenlaisia riippuen tuotannon järjestelyistä.

Terähuolto

Terähuollolla ymmärretään kaikkea sitä toimintaa, joka kohdistuu höyläkoneen työstäviin teriin. Terähuoltoon kuuluu terien teroitus, niiden paikalleen asettaminen, saattaminen samalle leikkuuympyrälle, kutterien tasapainotus ja tasaushionta sekä irtoterien ollessa kysymyksessä teräpakan kokoaminen ja tarkistus.

Höyläkoneen asetteen teko kuuluu samaan kokonaisuuteen, sillä osa em. luettelon toimenpiteistä tapahtuu itse höyläkoneessa.

Terähuollon päätavoitteina voidaan pitää:

- hyvä tekninen laatu,
- korkea tuottavuus,
- suuret syöttönopeudet ja
- seisokkien minimointi.

Höyläyksen teknistä laatua mitataan tavallisesti aallonpituutta ja syvyyttä tarkkailemalla. Höyläysjälkeen vaikuttavia tekijöitä ovat:

- terät ovat hyvin teroitettut,
- terät on asennettu oikein,
- kutterit ja kara-akselit ovat tasapainossa,
- laakerit ja keskityslaitteet ovat kunnossa,
- höylättävä tavara kulkee kunnolla ja suoraan,
- tavara on hyvin tuettu leikkuu tapahtumassa,
- höyläysvarat ovat riittävät,
- tavarankosteustila on sopiva,
- syöttönopeus on oikein valittu,
- raaka-aine on laadultaan riittävän hyvää,
- höyläyksessä syntyy teknisiä vikoja monista eri syistä, joista yleisimpiä ovat,
- terien huono teroitus, terien tai koneen väärä asetus, puutteellinen kunnossapito,
- väärä syöttö, riittämättömät mitat, väärä kosteus, hiekka, kivet,
- puun kokoonpuristuminen, väärä kosteustila (kosteusvaihtelut höyläyksen jälkeen) sekä
- oksarikot, naarmut (epäpuhtaudet höyläkoneen pöydällä).

3.7 Puuntyöstökoneiden ja –terien huolto (Matti Yliniemi)

Yleisimmät puuntyöstökoneet

Puuteollisuuden peruskoneilla tarkoitetaan tavallisesti laitteita, jotka on tarkoitettu puun ja levyn työstämiseen. Lähes kaikissa nykyaikaisissa peruskoneissa on mukana automaatiota ja edistynyttä tekniikkaa esim. vasteiden säädössä, teräasetuksissa tai syöttölaitteissa.

Peruskoneita ovat: erityyppiset pyörö- ja vannesahat, oiko- ja tasohöylät, ala- ja yläjyrsimet, monikaraporakoneet, reuna-, leveä- ja pitkänauhahiomakoneet, puristimet sekä CNC-koneet.

Puuntyöstökoneiden huoltotoimenpiteet

Huollon tehtävä on ehkäistä laitteiden hajoaminen. Huollettava kone tai laite tarkastetaan ja kunnostetaan laaditun ohjelman mukaisesti. Huolto-ohjelma perustuu kokemukseen vastaavista laitteista. Huolto siis tehdään ennen koneen tai laitteen todennäköistä rikkoutumista. Huollolla yritetään välttää tilanteet, joissa tarvitaan korjausta.

Huollolla saavutettavia etuja: koneen toimintavarmuus kasvaa, turvallisuus paranee, koneen käyttöikä pitenee sekä työn ja työskentelyn laatu paranee.

Eri koneiden huolto-ohjeet ovat tietysti erilaisia, joten mitään yleistä ja kattavaa ohjetta ei voi antaa. On kuitenkin joitakin toimia, jotka voidaan tehdä lähes mille koneelle tahansa. Kaikissa huolto-ohjeissa mainitaan siivous ja puhdistus. Työstöjätteet ja lika aiheuttavat esim. vääriä impulsseja rajakatkaisijoissa, hankaloittavat säätöruuvien liikkeitä, aiheuttavat mittojen epätasmuillisuutta tarkoissa työstöissä, kulkeutuvat hydraul- ja pneumatiikkajärjestelmiin, kerääntyvät eristekerrokseksi sähkölaitteiden ympärille ja aiheuttavat ylikuumenemisen. Ammattilainen puhdistaa aina koneet ja työvälineet työskentelyn jälkeen, on kyse sitten käsityökaluista tai CNC-ohjatuista työstökeskuksista.

Lähes kaikkia koneita pitää voidella. Se on ehdottomasti tehtävä koneen voiteluohjeen mukaisesti oikeilla öljyillä. Huoltoseurannalla tarkoitetaan esim. tapahtuneiden muutosten rekisteröintiä. Muutokset ovat oireita jostakin ja niiden syyt on selvitettävä. Nykyisin yrityksissä siirretään yhä enemmän vastuuta koneen käyttäjälle myös vian sattuessa.

Koneen käyttäjän silmä tai korva erottaa muutokset, hidastuneet pyörimisnopeudet ja ylimääräiset äänet, joten hän on ratkaisevassa asemassa koneen rikkoutuessa. Käyttäjän aistit kuulo-, haju-, näkö- ja tuntoaisti eivät aina riitä rekisteröimään poikkeavuuksia. Tällöin voidaan ottaa avuksi mm. mittaimet; mitattavia asioita voivat olla lämpötilat, välykset ja epäkeskeisyydet.

Yksi tapa seurata huoltotarvetta on taulukoida käyttötuntimäärä ja merkitä muistiin, mitä toimenpiteitä on kulloinkin suoritettava. Konetoimittajalta kannattaa pyytää mahdollinen huoltotaulukko, johon voi merkitä kaikki koneelle tehdyt huoltotoimenpiteet. Ns. palokuntatoiminta eli korjataan sitten kun kone hajoaa, ei ole järkevää. Yllättävistä tuotantokatkoista tulee aina merkittäviä taloudellisia tappioita (mm. korjauskustannukset, ylityöt, toimitusajat yms. ongelmat).

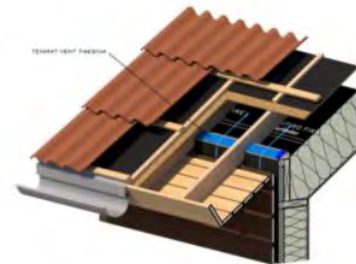
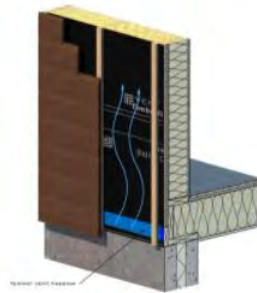
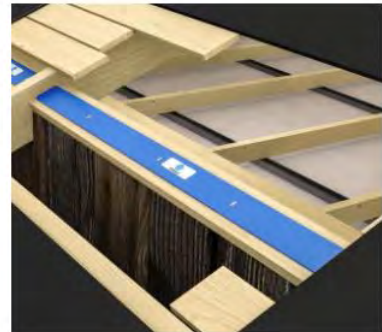
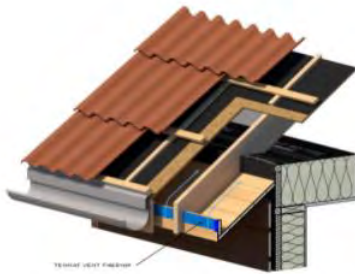
Koneen rikkoutuessa on ensimmäiseksi varmistuttava, ettei ole tapaturman vaaraa. Tämä vaatii koneen hallittua pysäyttämistä, nopeita päätöksiä ja ripeätä toimintaa. Kun turvallisuus on varmistettu, voidaan toimia jatkaa.

Koneen rikkoutumisen selvittämisessä tarvitaan koneen tuntemusta ja päättelykykyä. Ilmoitettaessa viasta pyritään kuvaamaan häiriö mahdollisimman tarkasti ja järjestelmällisesti, jotta kaikki rikkoutumisen syyt tulee selvitettyä. Vian etsinnässä auttaa vianetsintäkaavio, joka seuraa koneen mukana. Korjauksesta päätetään tapauskohtaisesti: käyttäjä tekee niin paljon kuin mahdollista, mutta esimerkiksi sähkö- ja hydraulikkatyöt on jätettävä ammattilaisille. Korjaustöiden aikana on muistettava työturvallisuus. Vaaratilanteita syntyy, jos muut eivät tiedä korjauksesta ja yrittävät käynnistää konetta tai korjaaja itse aiheuttaa koneen käynnistymisen. Vahinkokäynnistystä ei saa syntyä ja koneen korjauksesta on tiedotettava riittävän laajasti.

Puuntyöstöterien huoltaminen ja teroittaminen

Nykyään koneiden terät teroitetaan pääasiassa teräliikkeissä. Yleisesti käytettävät terätyypit ja terämateriaalit ovat muuttuneet. Kovametallit ja timantit terissä ovat yleistyneet ja vaihtopaloilla varustettuja teriä on saatavilla lukematon määrä. Teräliikkeiden käyttö on myös kustannustehokkaampaa kuin teroittaminen itse, lisäksi teroitusliikkeessä terätekniikkaan perehtyneen ammattilaisen tekemä työn laatu on parempi. Kovametallia teroitettaessa teräpalasta poistetaan ainoastaan yksi tai useampi millin kymmenysosa. Kovametallin pinta on hyvin teroitettuna peilikirkas. Timanttiterien teroitus poikkeaa muiden terämateriaalien teroituksesta siinä, että hiomatyökalu ei kosketa timanttia. Kupariseoslaikka pyöräi aivan timantin päällä ja ”hioo” timanttipalaa sähkövirran avulla. Teroituksessa käytetään jäähdytykseen runsaasti nestettä. Muototerien teroituksessa käytetään metalliseoslankaa pintaa hipoen tietokoneohjatulla teroituskoneella. Timanttiterien teroitus on huomattavasti hitaampaa kuin kovametalliterien teroitus. Teroituskoneet ovat tietokoneohjattuja ja ne voivat jättää itsekseen teroittamaan useampia teriä.

4 Teollisen puurakentamisen materiaalit ja valmisteet



Kuvat Puuinfo Oy

4.1 Rakenteissa käytettävät puutuotteet

Sahatavara

Sahatavaraa voidaan käyttää rakentamisessa joko lujuusluokittelemattona tai lujuusluokiteltuna. Kantavissa rakenteissa tulee aina käyttää lujuusluokiteltua sahatavaraa.

Kantavat runko-osat valmistetaan aina lujuusluokitellusta sahatavarasta. Valtaosa sahatavarasta lajitellaan nykyisin kehittyneillä koneellisilla lujuuslajittelumenetelmillä, kuten konenäkömittaus, ominaistaajuuden mittaus, röntgenmittaus ja ultraäänimittaus. Perinteinen koneellinen lujuuslajittelumenetelmä on sahatavarakappaleen taivuttaminen, jonka perusteella saadaan kimmomoduuli ja tätä kautta sahatavarakappaleen lujuusluokka. Sahatavara voidaan lujuuslajitella myös visuaalisesti, jolloin tarkastellaan silmämääräisesti esimerkiksi sahatavarakappaleen oksien määrää, sijaintia ja laatua sekä halkeamia, kieroutta, vääryyttä ja muita vikoja. Lisäksi tarkastellaan sahatavarakappaleen vuosiluston paksuutta.

Standardin EN 338 mukaan havupuusahatavara lujuuslajitellaan taulukon mukaisiin lujuusluokkiin. Lujuusluokat C14...C30 voidaan lajitella joko visuaalisesti tai koneellisesti ja lujuusluokat C35...C50 vain koneellisesti.

INSTA 142 on yhteispohjoismainen standardi, jonka mukaan havupuusahatavara lujuuslajitellaan visuaalisesti alla olevan taulukon mukaisiin lujuusluokkiin. INSTA 142 lujuusluokat on hyväksytty vastaamaan standardin EN 338 mukaisia C-lujuusluokkia.

Sahatavarasta jatkojalostetaan puutuotteita eri käyttötarkoituksiin. Tavallisempia tuotteita ovat kantavat rakenteet, ulko- ja sisäverhouslaudat, puupohjaiset levyt sekä kosteutta kestävät puutuotteet.

Kantavia puutuotteita ovat esimerkiksi rankarakenteiset elementin osat, hirret, massiivipuulevyt, liimatut puurakenteet ja naulalevyrakenteet. Ne tulee valmistaa lujuusluokitellusta sahatavarasta standardien ja tuotehyväksyntöjen mukaisesti.

Puupohjaisia levyjä ovat mm. vanerit, erilaiset huokoiset puulevyt, lastulevyt sekä modifioidut puulevyt (esim. liimasta ja havupuukuidusta kuumapuristamalla valmistettu MDF-levy). Kun levyjä käytetään kantavina rakenteina tai kantavien rakenteiden jäykisteenä, niin niiden käytössä on huomioitava niille määritellyt lujuusominaisuudet.

Kosteutta kestäviä sahatavaroita valmistetaan mm. painekyllästämällä ja lämpökuivaamalla. Mikäli kyllästettyä sahatavaraa käytetään kantavana rakenteena, niin ne pitää valmistaa lujuusluokitellusta sahatavarasta. Lämpökäsiteltyä sahatavaraa ei voi käyttää kantavissa rakenteissa.

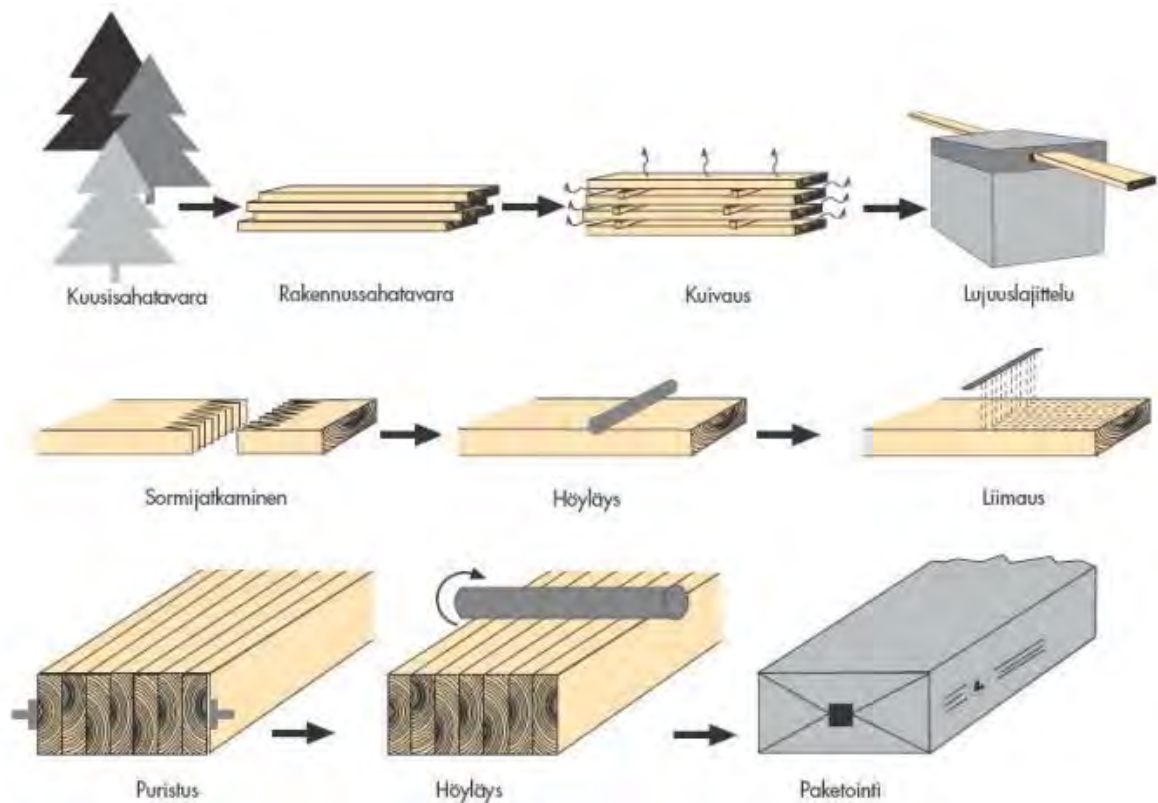
Liimapuu

Liimapuulla tarkoitetaan lamelleista liimaamalla valmistettua rakenteellista puutuotetta. Se koostuu vähintään kahdesta enintään 45 mm paksusta sahatavaralamellista, joiden syysuunta on liimapuutuotteen pituussuuntainen. Liimapuun ominaisuudet määritellään standardin SFS-EN 14080 mukaisesti. Edellä mainitut vaatimukset täyttävälle liimapuulle suositellaan käytettäväksi lujuusluokkaa GL30c.

Liimapuun poikkileikkaus voidaan koota saman lujuusluokan lamelleista, jolloin saadaan homogeenista liimapuuta. Yleensä poikkileikkauksen uloimmille lamelleille tulee suurempi jännitys ja ne valmistetaan sen vuoksi parempaan lujuusluokkaan kuuluvasta puusta. Lujuusluokan GL30c yhdistetty liimapuu valmistetaan siten, että vähintään uloimman kuudesosan lamellit ovat ulkolamelleja. Luokan GL30c liimapuun ulkolamellit ovat lujuusluokan T22 mukaisia lamelleja ja sisälamellit lujuusluokan T15 tai T14 mukaisia. Liimapuu on lujempaa kuin saman suuruinen yksittäinen sahatavarakappale. On hyvin epätodennäköistä, että liimapuun kaikissa lamelleissa viat olisivat samassa kohdassa.



Liimapuupalkkeja



Liimapuun valmistuskaavio, kuvat Liimapuukäsikirja.

LVL

Viilupuu on sorvatuista viiluista liimaamalla valmistettu rakenteellinen puutuote. Viilupuuta käytetään sekä uudis- että korjausrakentamisessa. Viilupuu soveltuu erinomaisesti teolliseen puurakentamiseen. Siitä valmistetaan mm. palkkeja, pilareita, ristikoita, kehiä sekä ikkuna- ja oviteollisuuden komponentteja.

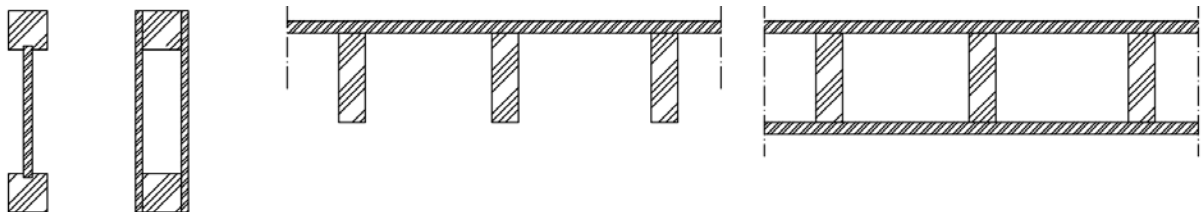
Viilupuu valmistetaan liimaamalla 3 mm:n paksuisia kuusiviiluja yhteen. Viilupuutuotteesta riippuen kaikkien viilujen syysuunta on pituussuuntaan tai osa viiluista on liimattu ristiin.

Tavallisesti viilut ovat hiomattomia ja paikkaamattomia. Tilauksesta voidaan myös valmistaa viilupuuta, jonka lapepinnat ovat hiottuja. Myös tavallinen pintaviilu voi olla tilauksesta hiottu. Viilupuuta on saatavilla erilaisilla pintakäsittelyillä ja myös AB-luokkaan painekyllästettynä. Viilupuu määritellään SFS-EN 14374 standardin mukaisesti.

Viilupuun enimmäisleveys on 2,5 metriä. Valmistustekniikka mahdollistaa 24...25 metrin pituisten osien valmistuksen. Toimitettavien palkkien paksuus vaihtelee 27...75 mm välillä. Vakiokorkeudet vaihtelevat valmistajakohtaisesti. LVL-levyistä voidaan kerrannaisliimaamalla valmistaa paksuja rakenteellisia levymäisiä rakennusosia.



Viilupuu on sorvaamalla ja liimaamalla valmistettu rakenteellinen puutuote, kuva Pro Puu-keskus / Puuproffa.



LVL:n ja massiivipuupalkin hybridirakenteita: uumapalkki, kotelopalkki, ripalaatta ja kotelolaatta

CLT

Cross Laminated Timber (CLT) koostuu nimensä mukaisesti ristiin liimatuista puukerroksista. Kerroksia on tavallisimmin kolme tai viisi, mutta niitä voi olla enemmänkin. Sahatavarakerrokset ladotaan siten, että seuraava kerros tulee poikittain alempaan kerrokseen nähden. Joissakin tapauksissa voidaan kaksi ulommaista kerrosta liimata samaan suuntaan. CLT-levy on erittäin luja ja jäykkä sekä ominaisuuksiinsa nähden kevyt rakennuslevy.

Raaka-aineena CLT-levyissä käytetään tavallisimmin kuusta tai mäntyä. Näkyvissä pinnoissa voidaan käyttää myös muita puulajeja. Levyyn käytettävä sahatavara lujuuslajitellaan ja sormijatketaan. Levyn paksuus voi olla 60–400 mm, leveys enintään 3,0–4,8 m ja pituus enintään 12–20 m valmistajasta riippuen.

CLT-levyt valmistetaan liimaamalla levyt prässien avulla. Liimaustapoja on kaksi: syrjä- ja lapeliimattu tai pelkästään lappeeltaan liimattu. Syrjäliimatusta CLT-levyissä sahatavarakerrokset liimataan ensin yhteen syrjistään ja vasta sitten päällekkäin kerrokset liimataan lapepinnoistaan toisiinsa. Vaihtoehtoisesti syrjäliimaus voidaan jättää pois. Tällöin laudat ladotaan ristiin ja liimaa levitetään vain lautojen lappeelle. Kosteuseläminen tapahtuu syrjäliimaamattomassa levyssä saumojen kohdilla. Syrjäliimatusta levyssä kuivuminen voi aiheuttaa lautojen halkeilua.

Liimauksen jälkeen levyt työstetään oikeaan kokoon ja muotoon CNC-jyrsimen avulla. Myös ikkuna- ja oviaukot sekä talotekniikan, kiinnitysten ja nostojen tarvitsemat työstöt tehdään levyihin valmiiksi.

Levyn pintakäsittely ja viimeistely riippuvat levyn käyttökohteesta. Näkyviin jäävät pinnat hiotaan ja pintakäsitellään valmiiksi. Levyjä voidaan käyttää kantavina ja jäykistävinä rakenteina sekä seinissä että lattiarakenteissa. Keveistä ja jäykistä levyistä voidaan työstää mittatarkasti erimuotoisia rakennuselementtejä.

Vaakarakenteissa levyjä voidaan käyttää joko sellaisenaan, yhdessä puupalkiston kanssa tai liittorakenteena betonivalun kanssa. Liittorakenteessa puu toimii rakenteessa palosuojana, betoni- tai kipsivalu eristää ääntä ja kantavuus saavutetaan liittorakenteena. Kohteissa, joissa välipohjan ääneneristävyydelle ei ole asetettu kovia vaatimuksia, voidaan käyttää pelkästään CLT-levyjä. Ylä- ja alapohjassa CLT-levy toimii kantavana rakenteena, mutta se vaatii lisäksi eristekerroksen. CLT sopii hyvin tilaelementtien runkorakenteeksi.

Lisää CLT:n ominaisuuksista ja valmistamisesta on kuvattu luvussa 8.



CLT-levyjä, kuvat Puuinfo Oy.

MHM (Massiv-Holz Mauer)

MHM (Massiv-Holz-Mauer®) -elementti muodostuu ristikkäin ladotuista lautakerroksista, jotka kiinnitetään yhteen alumiininauloilla. MHM-elementin leveys voi olla 3–4 m, pituus enimmillään 6 m ja paksuus 115–340 mm. Valmistuksessa käytetään havupuuta.

MHM ei tarvitse erillistä jäykistystä. Yhdensuuntaisesti naulattu elementti ei ole ilmatiivis ja tarvitsee erillisen tiiviyn takaavan rakennekerroksen. Lautojen urituksen vuoksi MHM-rakenteen sisään jää ilmataskuja, jotka parantavat levyn lämmöneristävyyttä.

Viimeistelyvaiheessa levy käsitellään asennusvalmiiksi elementiksi ja siihen tehdään tarvittavat CNC-työstöt ja rei'itykset. Mittatarkkuus on ± 1 mm. Alumiininaulat eivät haittaa CNC-työstämistä.

MHM-levyn ääneneristävyys on muiden massiivipuulevyjen tapaan heikko. Lisäksi levyn raot heikentävät sen eristysominaisuuksia. Ääneneristävyyttä parannetaan kerroksellisilla tiiviillä rakenteilla lisäämällä rakenteeseen massaa ja ääntä vaimentavia eristekerroksia.

Mikäli levy jätetään näkyviin, käsittelemätön puu toimii periaatteessa sisäilman kosteuden tasaajana. MHM ei muodosta rakenteeseen ilma- ja kosteustiivistä rakennekerrosta ilman erillistä ilma- ja kosteussulkua.

MHM-elementtiä voidaan käyttää kantavana tai ei-kantavana seinärakenteena. MHM-levy ei sovellu laataksi ala-, väli- tai yläpohjiin eikä palkiksi. MHM-tuotetta on kuitenkin saatavissa palkkiversiona, joka koostuu yhteen suuntaan naulatuista sahatavarasta. MHM-palkkilevy soveltuu myös vaakarakenteisiin.

Haluttu seinäpaksuus saadaan muuntelemalla lautakerrosten lukumäärää. Kerrosten lukumäärä on 5–15, kaikki rakennepaksuudet tuotetaan lautakerrosten parittomalla lukumäärällä. Tällöin seinäelementin ulko- ja sisäkerroksen laudat ovat samaan suuntaan, yleensä pystysuoraan.

Koska MHM ei muodosta ilma- ja kosteustiivistä rakennekerrosta, siihen tarvitaan aina erillinen ilman- ja höyrynsulku. Mikäli seinärakenne tehdään massiivisena ilman ulkopuolista eristystä, ilman- ja höyrynsulku tulee sijoittaa levyn sisäpintaan.

MHM-ulkoseinäelementin voi myös tehdä ulkopuolelta eristettynä, jolloin levy mitoitetaan sen kantamien kuormien mukaan. Eristys sijoitetaan massiivisen puuelementin ulkopuolelle. Ilman- ja höyrynsulku voidaan sijoittaa levyn ja eristeen väliin.

Pintojen verhous on mahdollista ja usein myös toivottua. Sisäpuolella pinnat voidaan maalata, levyttää ja tasoittaa tai halutessa niihin voidaan asentaa sisustuspaneeli. Ulkopuolelle voidaan lisätä puuverhous tai muu ulkoverhous.



MHM-levy, kuva Puuinfo Oy.

Hirsi

Hirsi on veistämällä, höyläämällä tai sorvaamalla valmistettu paksu kokopuinen rakennustarvike, jota käytetään pääasiassa seinärakenteena. Hirsi voi olla muodoltaan pyöreä tai kulmikas ja se voidaan valmistaa massiivipuusta ja puusoiroista liimaamalla. Hirret valmistetaan tavallisesti kuusesta tai männystä. Hirsirakentaminen on perinteinen puurakentamisen tapa. Hirret sijoitetaan tavallisimmin vaakasuuntaan ja liitetään toisiinsa salvoksilla. Perinteiset hirret painuvat (niiden koko korkeus- ja paksuussuunnassa pienenee) kosteuselämisen myötä. Painumattomassa hirressä on pinnat vaakalamelleja, mutta keskiosassa on osa lamelleista liimattu pystyyn. Painumatonta hirttä kutsutaan myös CLT-hirreksi pystylamellien vuoksi. Lisää hirren ominaisuuksista ja valmistamisesta on kuvattu luvussa 9.



Hirsiprofiileja, kuva Kontiotuote Oy.



Painumattoman hirren profiileja, kuvat Kontiotuote Oy.



Lyhtnurkka

Lohenpyrstö

Pitkänurkka

Hirsiprofiileja, kuvat Kontiotuote Oy.

4.2 Puurakenteissa käytettävät liimat

Yleiset käytössä olevat liimatyypit

Rakenteellisessa puun liimauksessa käytetään kemialtaan muutamia erilaisia liimoja. Yleisimmät liimatyypit ovat fenolipohjaiset liimat (PF, PRF), formaldehydiliimat (RF, MUF), kosteuskovettuva polyuretaaniliima (PU, PUR) ja isosyaniittiliima (EPI). Liimatyypin valintaan kussakin tapauksessa vaikuttaa lopputuotteen vaatimukset, kohteen käyttöluokka (1,2 tai 3) sekä tuotantolinjan tyyppi.

Fenolipohjaiset liimat

Fenolipohjaisia liimoja käytetään pääosin rakenteellisen vanerin ja LVL:n tuotannossa eli niitä käytetään viilujen liimaamiseen yhteen. Fenoliliimat ovat kaksi- tai kolmekomponenttisiä, jotka kovettuvat korkeissa lämpötiloissa ja muodostavat kestävä ja näkyvän tumman liimasauman.

MUF-liimat

MUF-liimat ovat kaksikomponenttisiä melamiini-urea-formaldehydiliimoja, joita käytetään monien rakenteellisten puutuotteiden valmistukseen, erityisesti sormijatkamiseen ja liimapuun valmistamiseen. MUF kovettuu korkeassa lämpötilassa ja muodostaa värittömän liimasauman.

Yksikomponenttiset PUR-liimat

PUR-liimoja eli polyuretaaniliimoja käytetään sormijatkosten, liimapuun, lamellihirren ja CLT:n valmistuksessa. Polyuretaaniliimalla myös liimataan LVL-levyä kerroksittain (ns. kerrannaisliimaus). Polyuretaanipuuliimat kovettuvat kosteuden vaikutuksesta huoneenlämpötilassa ja muodostavat värittömän liimasauman.

Liimojen käyttö ja päästöt

Rakenteellisessa liimauksessa käytetään formaldehydi- ja isosyaniittipohjaisia kovettumisreaktioon perustuvia liimoja, koska niillä saavutetaan kovettuneena riittävä rakenteellinen lujuus ja kesto. Liimoja käytetään teollisissa olosuhteissa, jossa liimaustyö on suoritettava käyttöturvallisuustiedotteen mukaisesti.

Liimojen kovettumisprosessissa formaldehydi tai isosyanaatti reagoivat muodostaen liimasauman, jossa on uusia kemiallisia sidoksia liimapolymeerien välissä sekä puun ja liiman välissä. Esimerkiksi kosteuskovettuva polyuretaaniliima kovettuu pääosin puun kosteuden vaikutuksesta puun välissä.

Nykyaikainen kovettunut liima ei sisällä liuottimia ja sen aiheuttamat päästöt ovat lähes olemattomia. Useat liimat täyttävät päästöluokan M1 vaatimukset pelkkänä liimanakin.

4.3 Puurakenteissa käytettävät teräskiinnikkeet

Naulat

Puurakentamisessa käytettävät naulat valmistetaan seostamattomasta tai ruostumattomasta teräksestä, joiden vetomurtolujuus on vähintään 600 N/mm^2 ja nimellispoikkileikkaus vähintään $1,9 \text{ mm}^2$.

Naulaliitoksia voidaan kuormittaa sekä leikkaus- että pituussuunnassa. Kantavat liitokset on aina mitoitettava siihen kohdistuville voimille. Suunnittelunormeissa on esitetty naulojen mitoitusravot taulukkona. Kestävyyteen vaikuttavat naulan poikkileikkaus, naulan pituus (pituussuunnassa kuormitettuna), kuorman aikaluokka, käyttöluokka (kosteusolosuhteet) ja liitoksessa käytettävä puutavara. Kantavat naulaliitokset on tehtävä rakennesuunnittelun mukaisesti.

Naulatyypin- ja määrän lisäksi on huomioitava naulavälit ja reunaetäisyydet sekä tunkeuma puuhun, jotta liitoksesta saadaan toimiva. Yleisimmin käytetty naula on nelikulmainen lankanaula. Myös ankkurinaulat ovat yleisiä varsinkin, kun rakenneosat kiinnitetään yhteen teräskiinnikkeellä.

Naulatyyppejä:

Lankanaula:

Lankanaula on nelikulmainen sileävirtinen, tasakantainen naula, joka on kirkas tai kuumasinkitty. Se on tavallisin naulatyypin rakennus- ja puusepännöissä kuten ulkoverhouksissa, koolauksessa, kattotuoleissa ja rakennustelineissä.

Dyckert- eli uppokantanaula:

Dyckert-naula on nelikulmainen ja pienikantainen naula. Sitä käytetään, kun halutaan upottaa naulan kanta esim. ulkoverhouksessa tai piilonaulauksessa.

Huopanaula:

Huopanaula on pyöreä, profiloitu, tasakantainen ja kuumasinkitty naula. Sitä käytetään kattahuovan, pahvin, vuorauspaperin yms. naulauksessa.

Kampanaula:

Kampanaula on pyöreä, kamparihlattu, tasa- tai uppokantainen ja sähkösinkitty naula. Sitä käytetään kohteissa, joissa tarvitaan suurta vetolujuutta. Kampanaula voidaan valmistaa myös haponkestävästä teräksestä, jolloin sitä voidaan käyttää ruosteelle altistavissa kohteissa, suurta vetolujuutta vaativissa liitoksissa sekä painekyllästetystä sahatavarasta valmistetuissa rakenteissa.

Kierrenaula:

Kierrenaula on kierrevartinen, tasa- tai uppokantainen ja sähkö- tai kuumasinkitty naula. Sitä käytetään kohteissa, jotka joutuvat alttiiksi vaihteleville kuormituksille. Kierrenauloilla kiinnitetään mm. lattialevyt ja –laudat. Kuumasinkittyä kierrenaulaa voidaan käyttää ulkoverhouslautojen kiinnitykseen.

Ankkurinaula:

Ankkurinaula on sähkösinkitty naula, jossa on pyöreä kamparihlattu varsi ja tasakanta. Sitä käytetään puuliitoskiinnikkeissä, mm. naulauslevyissä ja ohutlevyteräksestä valmistetuissa muotokiinnikkeissä.

Karkaistu teräsnaula:

Karkaistu teräsnaula on pyöreävirtainen ja tasakantainen naula. Sitä käytetään koviin materiaaleihin kuten betoniin ja tiileen.

Paneelinaula:

Paneelinaula on kuparista tai messingistä valmistettu naula, jossa on kamparihlattu varsi ja koristekanta. Sitä käytetään erityisesti kosteissa tiloissa kuten saunoissa ja pesuhuoneissa. Käytettäessä paneelinauloja tulee mahdollinen lakkaus tehdä mieluummin nitroselluloosalakalla.

Tuulensuojalevynäula:

Tuulensuojalevynäula on pyöreä sähkösinkitty naula, jossa on, kamparihlattu varsi sekä laaja tasakanta. Sitä käytetään tuulensuojalevyjen naulauksessa.

Konenaulat

Konenaulat kiinnitetään siihen tarkoitettulla naulaimella. Naulain on joko paineilmalla tai ladattavalla akulla toimiva. Naulaimia on saatavissa sekä runko- että viimeistelytyöihin. Konenaulat ovat pyöreitä, sinkittyjä joko sileitä tai kamparihlattuja.

Ruuvit

Puurakenteisiin käytetään erityyppisiä ruuveja. Ruuvien valinta riippuu liitettävän osan materiaalista, käyttötarkoituksesta ja olosuhteista. Materiaalivaihtoehtoja ovat esimerkiksi galvanoitu teräs, päällystetty tai ruostumaton teräs, messinki ja messinkipäällystetty teräs sekä kupari ja kuparoitu teräs. Ruuvien nimellispaksuus d tarkoittaa kierteen ulkohalkaisijaa. Kantavien rakenteiden ruuviliitokset pitää naulaliitosten tavoin esittää rakennesuunnitelmissa.

Mikäli tavallisesta teräksestä valmistettuja ruuveja käytetään ulkona tai kosteudelle alttiina olevassa liitoksessa, niiden pitää olla pinnoitettuja; joko sinkittyjä, keltapassivoituja tai valmistajan omalla pinnoitteella käsiteltyjä.

Ruuveissa käytetään erilaisia kantoja, jotka määritellään eri tavoin. Pinnalle jäävät ruuvit ovat kupukanta, pallokanta- tai kansiruuveja ja pinnan tasalle ruuvattavat uppokantoja- tai sylinterikantaruuveja. Ruuvien kannat jäävät aina näkyviin ruuvauksen puolelle.

Ruuvien kantamalleissa on eroa myös ns. kannan hahloissa; uratyyppejä määrittää sen, minkälaisella meisselillä tai kärjellä ruuvi kiinnitetään. Nykyisin eniten käytössä oleva ruuvikanta on ns. torx-kanta. Muita yleisesti käytettäviä uratyyppejä on kuusiokolo- ristikanta- ja talttaruuvikanta.

Ruuvien kannat ja kärjet eroavat toisistaan. Tavanomaisten kärkien lisäksi on olemassa itseporautuvia ruuveja, jotka eivät tarvitse esiporausta. Puuraketeissa käytettävät ruuvit ovat yleensä pinnoitettuja tai ruostumattomia, joten ne kestävät ulkokäytön.

Ruuvit ovat joko täys- tai osakierteisiä. Täyskierteisiä käytetään, kun ruuviliitokselle tarvitaan hyvä vetolujuus ruuvien suunnassa. Osakierteisiä suositellaan käytettäväksi leikkausvoimaa (kohtisuora voimaa) vastaan ottavissa liitoksissa: ruuvien kierteetön osa tulee kahden liitettävän osan kohdalle, jolloin kierteet eivät heikennä ruuvien lujuutta. Lisäksi on olemassa ruuveja, joissa keskiosa on jätetty kierteettömäksi. Näitä ruuveja käytetään ns. soviteruuveina; esimerkiksi karmiruuvit ovat tällaisia.

Ruuveja valmistetaan eri käyttötarkoitukseen. Esimerkkejä ruuvityypeistä:

Soviteruuvi:

Tällaista ruuvia käytetään pitkäsiipisten saranoiden (pianosaranoiden) ja ikkunasaranoiden kiinnitykseen. Niiden päiden läpimitta on normaalia pienempi, joten päät on upotettu saranaan häiritsemättömästi. Soviteruuvien pituus on 16–30 mm ja ne ovat yleensä valmistettu PZ-kannalla.

MDF-levyruuvi:

MDF-levyruuvit sopivat erinomaisesti MDF-levyihin, joita käytetään kodin sisustuksessa ja huonekaluissa. Ruuvien päät voidaan upottaa nopeasti ja helposti. Ruuvaus voidaan suorittaa lähellä reunaa. Materiaali ei halkea eikä esiporausta tarvita. MDF-ruuveissa on erikoiskierre ja niiden koko on 40–50 mm ja ne ovat yleensä TX-kannalla.

Lattiaruuvi:

Lattiaruuvit sopivat erinomaisesti koviin puulattioihin. Ruuvit voidaan upottaa lattiaan kokonaan kartionmuotoisen pään avulla, jonka läpimitta on normaalia pienempi. Esiporausta ei tarvita, sillä lattiaruuvit eivät halkaise puuta. Lattiaruuvien pituus on 35–55 mm ja ne ovat yleensä TX-kannalla.

Lastulevyruuvi:

Lastulevyruuveja käytetään levypaneelien yhdistämiseen esimerkiksi autokatoksissa, parvekkeissa ja muissa tukirakenteissa. Niitä käytetään myös sokkeleissa, metalliosien asennuksessa ja viimeistelylistoissa. Näiden ruuvien päät ovat uppokantaisia, sylinterimäisiä tai ovaalinmuotoisia. Lastulevyruuvien pituus on 35–200 mm ja ne ovat yleensä valmistettu PZ-kannalla.

Kipsilevyruuvi:

Kipsilevyruuvit sopivat kipsilevyn kiinnitykseen puihin tukirakenteisiin. Niissä on suppilonmuotoiset päät ja karkeat ruuvikierteet. Nämä ruuvit voidaan kiinnittää nopeasti ja tukevasti. Esiporaus ei ole tarpeen, kun paksuus on korkeintaan 2 mm. Kipsilevyruuvit ovat lujitettu, ja niissä on suojaava metallipinnoite. Kipsilevyruuvien pituudet ovat 25–90 mm ja ne ovat yleensä valmistettu PH-kannalla.

Ruostumattomasta teräksestä valmistetut ruuvit:

Ruostumattomasta teräksestä valmistetut ruuvit sopivat erinomaisesti ulkokäyttöön tai kosteisiin ympäristöihin. Näiden ruuvien päät ovat uppokantaisia, sylinterimäisiä tai ovaalinmuotoisia. Niitä käytetään puuosien yhdistämiseen esimerkiksi autokatoksissa, parvekkeissa ja muissa tukirakenteissa. Ruuvien pituudet ovat 25–120 mm ja ne ovat yleensä valmistettu TX-kannalla.

Karmiruuvi

Karmiruuveissa on kaksi erillistä kierreosaa ja niiden välissä on sileä osa. ylempi kierreosa sekä sileä osa ovat lyhyitä, yhteensä alla puolet koko varren pituudesta. Ne ovat tarkoitettu ovi - ja ikkunankarmien kiinnitykseen. Ne ovat karkaistuja, sähkösinkittyjä ja TX-kannalla varustettuja.

Rakennusruuvi:

Rakennusruuvit ovat helppo kiinnittää, koska niiden ruuvikierteet ovat lyhyet. Nämä ruuvit sopivat erinomaisesti puurakenteisiin, kuten esimerkiksi puukehyksiin ja -taloihin, autokatoksiin, kodin laajennuksiin ja leikkipaikkoihin. Ruuvit ovat helppo upottaa, sillä niiden päiden alapuolella on leikkaava tuki eikä esiporausta tarvita. Ruuveissa on uppokanta sekä pyöreä pää, jossa on laippa. Ruuvien pituudet ovat 80–400 mm ja ne ovat yleensä valmistettu TX-kannalla.

Iso puurakenneruuvi:

Pituudeltaan 200–400 mm:n ruuveja käytetään massiivipuulevyjen nurkkaliitoksissa ja kiinnitettäessä tuuletusrakorima eristekerroksen läpi massiivipuulevyn runkoon. Suurien puukehien liitoksissa ja pilareiden perustusliitoksissa käytetään halkaisijaltaan 12–16 mm:n ja pituudeltaan 600–1500 mm:n ruuveja. Isoissa puurakenneruuveissa on yleensä TX-kannat.

Pultti tai ankkuriruuvi:

Puupulteissa tai ankkuriruuveissa on kuusiokanta. M5–M8-ruuvien pituudet ovat 30–100 mm. Näillä pulteilla tuetaan painavia kuormia. Nämä sopivat erinomaisesti esimerkiksi keskuslämmityspatterin ripustamiseen, hirren tai palkin kiinnittämiseen betonilattiaan tai painavien pöydänjalkojen kiinnitykseen. Kuusiokanta kiristetään mutteriavaimella tai holkilla.

Terassiruuvi:

Pehmeästä puusta tehdylle terassille tarvitaan ruuvit, joissa on harvat kierteet. Harvakierreruuvi painuu nopeasti puuhun ja tarttuu siihen kunnolla kiinni. Terassiruuvit kestävät korroosiota ja puussa olevaa kyllästysainetta.

Puukipsiruuvi:

Erikoisruuvi kipsilevyjen asentamiseen puurunkoon. Porakärki tekee levyyn siistin reiän ja kierre vetää ruuvin nopeasti puun sisään.

Ankkuriruuvi:

Ankkuriruuveilla kiinnitetään kulmarautoja ja naulauslevyjä runkopuihin. Leveät, kartiomaiset ruuvit sopivat tiiviisti rautojen reikiin ja kannat peittävät reiän.

Sylinterikantaruuvi:

Sylinterikantaruuveissa kanta on halkaisijaltaan sama kuin ruuvin nimellishalkaisija (6 mm) ja pituus 80–300 mm. Sylinterikantaruuvi on TX-kantainen, täyskierteinen ruuvi ja sitä käytetään kohteissa, joissa ruuvin kanta jää näkyviin. Ne ovat pinnoitettuja, joten ne kestävät myös ulkokäytössä. Tyypillisiä kohteita ovat julkisivut, piha-aidat ja näkyviin jäävät kantavat rakenteet.



Ruuvien valinnassa pitää huomioida niiden ominaisuudet: nimellishalkaisija, pituus, materiaali ja kierteisyys.



Isot puurakenneruuvit ovat yleensä osakierteisiä, joka helpottaa niiden kiinnittämistä. Osakierteisellä ruuvilla voi myös "vedättää" liitettävät kappaleet tiukasti toisiinsa.

Osakierteisyydellä saavutetaan myös ruuville parempi leikkauslujuus, kun kierteetön osa on kappaleitten liitoskohdassa. Näin kierteet eivät heikennä ruuvin lujuutta.

Täyskierteisellä ruuvilla saavutetaan parempi ulosvetolujuus, kun ruuvi on kuormitettu pituussuunnassa.

Pultit ja vaarnat

Pultit ovat teräksestä valmistettuja kierteisiä terästankoja, jotka kiinnitetään liitokseen mutterin ja aluslevyjen avulla. Aluslevyjen tarkoituksena on levittää kiinnityspintaa, jottei pultti tai mutteri uppoa puun sisään. Pultit voivat olla kuumasinkittyjä, ruostumattomia tai haponkestäviä.

Pulttien enimmäispaksuus on 24 mm ja suurin vetomurtolujuus 800 N/mm^2 (kannassa merkintä 8.8). Pulttiliitokset voidaan tehdä myös heikommasta teräksestä. Pulttiliitokseen lujuuteen vaikuttavat pääasiassa pultin vetomurtolujuus, puuosien paksuudet ja liitettävien puuosien lujuusluokat. Pulttiliitoksissa on huomioitava pulttien lisäksi myös pulttivälit ja reunaetäisyydet. Kantavat pulttiliitokset on esitetty rakennesuunnitelmissa. Liitoksissa pitää käyttää vähintään sitä lujuusluokkaa, mikä suunnitelmissa on mainittu.

Usein pulttiliitoksissa käytetään teräslevyjä, jotta liitoksesta saadaan lujempi. Teräslevyn vahvuuden on oltava vähintään puolet pultin halkaisijasta. Jos teräslevyn paksuus on sama kuin pultin paksuus, voidaan liitos mitoittaa suuremmille voimille. Liitoksen lujuutta voidaan suurentaa myös käyttämällä siinä useampaa teräslevyä.

Pulttien kiinnitykseen käytetään muttereita, jotka merkitään kirjaimella M ja numerolla. Esimerkiksi M16 tarkoittaa mutteria, jonka sisäkierteen halkaisija on 16 mm. Ulkonäkösyistä voidaan myös käyttää ns. hattumuttereita, joiden pää on puolipyöreä. Hattumutterin läpi ei voi tuoda pulttia. Pulttien lisäksi muttereilla voi ankkuroida kierretankoja.



Pultin kannasta löytyy tieto myötölujuudesta (8.8-merkintä tarkoittaa teräksen myötölujuutta 800 N/mm^2). Pultit ovat joko galvanoituja tai ruostumattomasta teräksestä, joten ne soveltuvat ulkokäyttöön. Aluslevyjen tarkoitus on estää pultin kanta uppoamasta puuhun. Pultit on valittava rakenteisiin suunnitelmien mukaisesti.

Muut teräskiinnikkeet

Puurakenteissa käytetään myös niiden kiinnitykseen valmistettuja kiinnikkeitä. Näitä ovat mm. erilaiset ja -tyyppiset palkki- ja pilarikengät, kulma-, kannatus- ja jatkoslevyt sekä sidevanteet. Rakennuskiinnikkeet valmistetaan yleensä joko kuumasinkitystä tai ruostumattomasta teräksestä, joten ne soveltuvat hyvin myös ulkokäyttöön. Lujuus- ja käyttöominaisuudet ovat tuotekohtaisia, joten niiden soveltuvuus pitää selvittää aina valmistajan ohjeista. Rakennuskiinnikkeet ovat tyyppihyväksytyjä tuotteita. Rakennesuunnitelmissa on esitetty käytettävän kiinnikkeen lisäksi myös naula- tai ruuvimäärät, joilla teräskiinnike liitetään rakenneosaan.

4.4 Puurakenteissa käytettävät eristeet

Rakennuseriste on rakentamisessa käytetty eristemateriaali. Eristeitä käytetään estämään lämmön, äänen, ilman, kosteuden tai värinän etenemistä. Lämmöneristykseen perustehtävä on muodostaa rakennuksen sisätilojen ja ulkopuolen välille lämpöä eristävä kerros, jotta sisätilojen lämpötila voidaan pitää haluttuna mahdollisimman vähällä energian käytöllä. Lämmöneristys on osa rakennuksen vaippaa. Huonetilojen välissä eli väliseinissä ja -katoissa ei tyypillisesti ole pelkän lämmöneristämisen vuoksi laitettua eristystä. Vaipan lämmöneristykseen ominaisuuksia määrittävät rakenteen lämmöneristyskerroksen paksuus ja tyyppi, lämpösillat, rakenteen tiiveys ilmapuotoja vastaan ja rakenteen kosteustekninen toiminta. Lämmöneristys toimii usein samalla äänieristeenä.

Todellisissa rakenteissa lämmönjohtavuus on vain yksi materiaalin ominaisuus. Lämmöneristysrakenteiden kosteustekninen toimivuus on lähes yhtä tärkeä. Eristämisessä on aina huomioitava kastepiste; pakkasella sisälämpötilasta rakenteiden läpi ulos liikkuva kosteus pyrkii tiivistymään rakenteen sisälle kostean ilman lämpötilan laskiessa. Kosteus pyritäänkin pitämään rakennuksen sisällä monikerrosrakenteissa höyrysululla, mistä se poistuu ilmanvaihdon kautta. Ulkoilman kosteusrasitus julkisivulle tuuletetaan pois ilmaraoista.

Huokoinen eriste tarvitsee ilma- tai höyrysulun, jotta ilma ei pääse virtaamaan eristeen läpi ilmanpaineen vaihdellessa. Höyrysulun on tarkoitus olla täydellisen tiivis. Sen läpi menevät levyjen yms. kiinnitykset eivät saa vaikuttaa rakenteeseen. Ilmasulkuna voidaan käyttää tiivistä riittävän paksua paperia, aaltopahvia tai muovikalvoa. Osa nykyaikaisista eristeistä, esimerkiksi XPS- ja PIR-eristeet toimivat myös itse riittävänä ilma- ja höyrysulkuna. Ilmasulkuna toimivat eristeet asennetaan liimaamalla ne esimerkiksi uretaanilla ja teippaamalla saumat siihen tarkoitetuilla tuotteilla. Myös läpivientien tiivistäminen on näin toteutettuna helppoa.

Paperinen tai aaltopahvinen ilmasulku luovuttaa kosteutta ilmasulun läpi molempiin suuntiin. Tällaista rakennetta kutsutaan hygroskooppiseksi tai vesihöyryä läpäiseväksi.

Muovikalvorakennetta käytetään sekä ilma- että höyrysulkuna. Sen vahvuus on matala höyryn läpäisykyky ja suurin ongelma kesto. Eristeen vettyessä höyrynläpäisykyvystä tulee merkittävä kuivumista estävä heikkous. Siksi vuotava höyrynsulkukalvo yhdistettynä kuitueristeeseen on usein osallisena kosteusvaurioihin ja sisäilmaongelmiin.

Kivi- eli vuorivilla

Kivivillaeriste tuotetaan luonnonmukaisella periaatteella: vulkaaninen kivi sulatetaan 1500 °C:ssa ja kuidutetaan. Kivivillaeristeen teollisessa valmistusprosessissa lisätään pieni määrä orgaanista sideainetta (2–4 %) pitämään kuidut paikoillaan. Kivivillakuidut ja niiden väleissä paikallaan pysyvä ilma tekevät eristeestä kestävä, palamattoman ja erinomaisesti lämpöä eristävän. Tämä huokosiin paikalleen jäänyt ilma muodostaa 95–99 prosenttia eristeen tilavuudesta. Kivivillan λ -arvo on n. 0,035–0,038 W/(mK).

Kivivillaa on saatavissa monessa eri muodossa. Pehmeä eristelevy on valmistettu palamattomasta kivivillasta ja sitä käytetään ulkoseinien, yläpohjien ja rossipohjien lämmöneristämiseen sekä väliseinien ja -pohjien äänen- ja paloeristämiseen. Eristelevyä on helppo käsitellä ja leikata ja se on kätevä asentaa erilaisiin rakenteisiin. Eriste ei painu, kutistu tai menetä eristysominaisuuksiaan käyttöikänsä aikana. Laaja mittavalikoima varmistaa sopivuuden eri rakenteisiin. Kivivillaeristeitä valmistetaan myös tuulensuojalevyinä, jossa on tuulenpitävä kangas toisella puolella. Kivivillaa on saatavissa myös mm. palonsuojalevyinä.

Lasivilla

Lasivilla on kivivillan tapaan mineraalipohjainen eriste. Lasivilla valmistetaan pääosin kierrätyslasista. Sen sidosaineena on öljystä valmistettava bakeliittiliima. Ominaisuudet ja käyttö ovat verrattavissa kivivillaan.

Puukuitueristeet:

Puupohjaisia eristeitä on monenlaisia. Puukuitueristeet ovat pehmeitä eristeitä, joiden λ -arvo on 0,038–0,045 W/(mK). Puukuitueristeet ovat hygroskooppisia materiaaleja eli niillä on kyky sitoa ja vastaanottaa kosteutta vallitsevan ilman suhteellisen kosteuden mukaan. Näin eristerakennus tasaa rakennuksen kosteusolosuhteita eikä puukuitueristettyihin rakenteisiin käytetä erillistä höyrynsulkua.

EPS-eristeet:

EPS-eristeet ovat paisutettua polystyreeniä, josta käytetään puhekielessä usein nimeä styrox tai styroksi. EPS-eristeet ovat öljypohjaisia muovieristeitä.

EPS-eristeelle tyypillinen lämmönjohtavuuden suunnitteluarvo on 0,022–0,038 W/(Km). EPS on rakenteeltaan ilmaa ja vesihöyryä läpäisevä ja sitä ei voi käyttää alapohjissa ja muissa vedelle alttiina olevissa rakenteissa. EPS-eristeet vaativat yleensä erillisen höyrynsulun.

XPS-eriste

Suulakepuristettu polystyreeni (XPS) valmistetaan nimensä mukaisesti valmiiksi levymäiseen muotoon suulakepuristamalla. XPS:n solurakenne on täysin yhtenäinen ja suljettu. XPS-eriste estää veden kapillaarisen nousun esim. maavastaisissa alapohjissa. XPS-levy toimii höyrynsulkuna, mutta saumakohtat pitää aina erikseen tiivistää. XPS-eriste on EPS:n tavoin öljypohjainen tuote.

Yksi tyypillinen XPS-eristeiden käyttökohde rakennuseristämässä on routaeristys, jolla estetään routimisen vaikutuksia rakennusten ja teiden perustuksiin. Polystyreenieristeet sopivat ominaisuuksiltaan ja hinnaltaan erinomaisesti routaeristämiseen.

XPS-levyn hyviä ominaisuuksia on sen hyvä puristuslujuus. Sitä voidaankin käyttää lattioissa ja muissa puristuslujuutta vaativissa rakenteissa eristeenä. XPS-levyjen puristuslujuuksissa on suuria eroja ja ne vaihtelevat tuote- ja valmistajakohtaisesti.

Polyuretaani

Termillä polyuretaani viitataan käytännössä sekä polyuretaaniin (PUR) että poly-isosyanuraaniin (PIR), jotka ovat molemmat umpisoluisia kertamuoveja. Molempien muovien pääraaka-aineita ovat isosyanaatti, polyoli ja punneaine. Polyisosyanuraani eroaa polyuretaanista siten, että siinä on noin kaksinkertainen määrä isosyanaattia. PIR-eristeen lämmönjohtavuus on 0,022 W/(Km).

Uretaanieristeet valmistetaan kerrosrakenteiseksi pinnoitemateriaalilevyjen väliin. Pinnoitteena voi olla alumiinipaperi, alumiini, bitumihuopa, äänieristysvilla, kivilevy, vaneri, lasikuitukartonki tai kipsilevy. Alumiinilla pinnoitettua uretaanilevyä ei saa käyttää betonivalun kanssa, koska betoniliimat aiheuttavat kemiallisen reaktion alumiinipinnoitteen kanssa. Betonielementteihin ja betonilaatan alle eristeeksi käytetään siihen erikseen suunniteltuja ja testattuja tuotteita.

Levyt saumataan pursotettavalla polyuretaanivaahdolla ja saumat tiivistetään höyry- ja ilmatiiviiksi höyrysulku- tai alumiiniteipillä.

Uretaanieristettä on saatavilla myös vaahtona. Vaahtoa on saatavilla esimerkiksi talviversiona, jonka käytettävyys jatkuu -18 °C saakka tai palovaahtona, jonka paloluokitus on B1 ja palo-osastointiluokitus EI20...EI180. Polyuretaanivaahdo pursotetaan n. 10 mm:n rakoon. Liiallinen pursottaminen saa aineen purkautumaan ulos raosta. Tavallinen pursotettu vaahto laajenee 10-20 %. Saatavilla on myös low expansion -tuotteita, jotka eivät laajene ollenkaan. Kovettuminen perustuu ilman kosteuteen. Tämän vuoksi tartuntaa ja kovettumista voi parantaa vesisumulla suihkepullosta. Roiskeet ja valumat poistetaan vasta riittävän kuivumisen jälkeen. Aikaisempi poisto aiheuttaa huomattavasti pahemman sotkun. Polyuretaani haurastuu muun muassa hapen ja lämpötilavaihteluiden vaikutuksesta.

Sahanpuru ja kutterilastu

Sahateollisuuden sivutuotteena syntyy eristeeksi soveltuvaa sahanpurua ja kutterilastua. Lämpöeristämisen laskennallinen lämmönjohtavuus on sahanpurulla 0,075–0,12 W/(Km) ja kutterinlastulla noin 0,14 W/(Km). Nykyään kutterinlastusta on jalostettu myös mineraalivillan luokkaa olevan eristeitä.

4.5 Puurakenteissa käytettävät levyt

Puurakenteissa levyjä käytetään pääasiassa tuulensuoja- ja sisäverhouslevynä sekä kantavana rakenteena ala-, väli- ja yläpohjissa. Levyt voivat toimia myös jäykistävinä levyinä, mikäli käytetään riittävän paksua levyä. Puukuitulevyt toimivat myös lisälämmöneristeenä.

Huokoiset puukuitulevyt

Puukuitulevyt valmistetaan puukuiduista, jotka liitetään toisiinsa lämmön ja paineen avulla. Kuitujen tarttuminen toisiinsa saadaan aikaan huopautuksella sekä puun omilla tarttumisominaisuuksilla. Levyn pintakerroksen kuituja jauhetaan usein enemmän kuin keskikerroksen. Näin saadaan levyyn tasainen ja tiivis pinta. Liimaa ja muita lisäaineita voidaan käyttää parantamaan levyn ominaisuuksia ja tasoittamaan raaka-aineen ja valmistusmenetelmän erilaisuutta. Lisäaineiden määrä on tavallisesti alle 1 %.

Vakiopuukuitulevyt voidaan jakaa huokoisiin ja koviin. Perusominaisuuksiltaan puukuitulevy on verrattavissa puuhun ja siinä on puun hyvät ominaisuudet: lujuus, sitkeys ja lämmöneristävyys. Lisäksi se on tasa-aineinen eikä sillä ole syysuuntaa. Käsittelemättömät puukuitulevyt kuuluvat pintaluokkaan E.

Puukuitulevyjen pinnoitteena voidaan käyttää puuviilua, paperia, kangasta, muovia, lasikuitukangasta, metallia tai korkkia. Maalattuja kovalevyjä valmistetaan lähinnä puusepän- ja kalusteteollisuuden käyttöön. Ne soveltuvat myös näyttelyrakenteisiin ja sisustuskäyttöön.

Vakiopuukuitulevyt

Vakiopuukuitulevyt voidaan jakaa huokoisiin ja koviin. Perusominaisuuksiltaan puukuitulevy on verrattavissa puuhun ja siinä on tallella puun hyvät ominaisuudet: lujuus, sitkeys ja lämmöneristävyys. Lisäksi se on tasa-aineinen eikä sillä ole syysuuntaa. Se on tiivis ja vesihöyryn läpäisevä, sitä on helppo työstää ja se on nopea asentaa. Käytettäessä huokoista puukuitulevyä tuulensuojalevyinä se toimii myös lisälämmöneristeenä.

Puukuitulevyt rakennusrungon osana

Lisäämällä huokoiseen puukuitulevyyn hartsia ja vahaa voidaan parantaa kuitulevyn säänkesto-ominaisuuksia. Näin käsitellyt levyt soveltuvat puurunkoisiin ulkoseiniin ja yläpohjaan tuulensuojamateriaaliksi. Lisäksi ne jäykistävät seinärakennetta. Säänkestävät puukuitulevyt soveltuvat hyvin myös yläpohjan tuulensuojalevyiksi.

Levyjen vähäisen lämmönjohtavuuden ansiosta ne muodostavat samalla kylmäkatkon rakenteisiin ja parantavat rakenteen lämmöneristävyyttä.

Säänkestävät tuulensuojalevyt soveltuvat myös puurakenteisen kantavan ja ryömintätilaisen alapohjan (ns. rossipohjan) täytepohjalevyksi, jonka päälle alapohjan lämmöneriste asennetaan.

Sisäverhouslevyt

Sisäverhouskeeseen soveltuvat kaikki vakiopuukuitulevyt ja sisäverhouskeeseen tarkoitettut edelleen työstetyt kuitulevyjalosteet, ns. sisustuslevyt. Puukuitulevyä ei suositella märkätiloihin eikä laatoituksen alustaksi.

Kuivissa sisätiloissa kuitulevyn kosteuseläminen on vähäistä. Huokoisen puukuitulevyn ”puskusaumat” voidaan tasoittaa umpeen, jolloin saadaan yhtenäinen saumaton seinäpinta. Huokoiset puukuitulevyt ja rei’itetyt kovat puukuitulevyt soveltuvat sisäverhouksissa hyvin myös äänenvaimennukseen.

Käsittelemättömät puukuitulevyt kuuluvat pintaluokkaan E.

Puukuitulevyn jatkojalosteet

Puukuitulevyjen pinnoitteena voidaan käyttää puuviilua, paperia, kangasta, muovia, lasikuitukangasta, metallia tai korkkia. Maalattuja kovalevyjä valmistetaan lähinnä puusepän- ja kalusteteollisuuden käyttöön. Ne soveltuvat myös näyttelyrakenteisiin ja sisustuskäyttöön.

Muita puukuitulevyn jatkojalosteita ovat lähinnä tiettyyn käyttötarkoitukseen valmistettavat ja käyttökohteesta riippuen eri tavoin pinnoitetut tai ”kylästetyt” puukuitulevyt.

MDF-levy (medium density fibreboard) valmistetaan puukuiduista liiman kanssa puristamalla. Liiman määrä vaihtelee tuotekohtaisesti. MDF-levy poikkeaa muista puukuitulevyistä valmistusmenetelmänsä ja liimapitoisuutensa vuoksi. Myös levyssä käytetyt puukuidut ovat hienojakoisempia. MDF-levyä käytetään etenkin kalusteteollisuudessa, mutta siitä valmistetaan myös sisäkäyttöön tarkoitettuja viilupintaisia tai maalattuja lista- ja paneelituotteita. MDF-levyä ei valmisteta Suomessa.

Varastointi

Levyt suojataan kuljetuksen ja varastoinnin ajaksi kuivumiselta, kastumiselta, likaantumiselta, auringon valolta, maakosketukselta, kolhiintumiselta ja naarmuuntumiselta. Levyt varastoidaan lappeellaan suoralle alustalle. Tarvittaessa käytetään aluspuita, jotka ovat noin 0,5 m:n etäisyydellä toisistaan. Levypino peitetään suojalevyllä.

Kovat ja öljykarkaistut puukuitulevyt ovat tavallisesti kostutettava ennen kiinnitystä. Levyjä säilytetään pinossa kostutettut pinnat vastakkain ja muoviin käärittynä noin 3 vuorokautta. Levyt kiinnitetään kosteina.

Puolikovia ja huokoisia puukuitulevyjä ei kostuteta vedellä, vaan ne tulee ilmakeivata käyttökohteeseen. Ilmastoitessa levyt ladotaan välirimojen avulla irti toisistaan esimerkiksi seinää vasten. Ilmastointiaika on 2...3 vuorokautta.

Työstö

Levyjen sahaukseen soveltuu esimerkiksi pöytä- tai käsisirkkeli. Pienehköt sahaukset voidaan tehdä myös tavallisella käsisahalla. Kuviosahaukseen soveltuu hyvin pistosaha. Huokoista puukuitulevyä voidaan työstää myös terävällä veitsellä.

Kiinnitys

Puukuitulevyt kiinnitetään puualustaan kuumasinkityillä nautoilla, ruuveilla tai hakasilla. Kovat puukuitulevyt voidaan myös liimata alustaan. Tuulensuojalevyt asennetaan runkotolppien suuntaisesti ja kiinnitetään kaikilta reunoiltaan runkoon.

Pintakäsittely

Puukuitulevyjä voidaan maalata, tapetoida ja laminoida. Levyjen maalaukseen sopivat kaikki yleisimmät puupintojen sisämaalaukseen tarkoitetut tuotteet. Kovat puukuitulevyt soveltuvat maalattavaksi sellaisenaan. Huokoisten puukuitulevyjen maalaus edellyttää pohjustusta, jossa levyjen pinta maalataan ohuesti kertaalleen valkoisella sisäpohjamaalilla tai esiliisteröidään tapettiliisterillä. Vaihtoehtoisesti voidaan käyttää tehtaalla jo valmiiksi pohjamaalattuja levyjä. Pintakäsittelyn soveltuvuus tulee aina varmistaa pintakäsittelyaineen valmistajalta.

Puukuitulevyn uudelleen käyttö ja hävittäminen

Ehjat ja kuivat puukuitulevyt voidaan tapauskohtaisesti harkiten käyttää uudelleen. Uusiokäyttö onkin suositeltavin tapa puukuitulevyjen ”hävittämiseksi”. Koska puukuitulevyt ovat pääasiassa puhdasta luonnonpuuta, ne voidaan hävittää hautaamalla maahan, kompostoimalla, toimittamalla kaatopaikalle tai polttaa. Pintakäsittelemättömät puukuitulevyt voidaan polttaa tavallisissa tulisijoissa mieluiten muun polttopuun yhteydessä.



Puukuitulevyjä, kuva Puuinfo Oy.

Vanerilevyt

Vaneri valmistetaan ohuista puuviiluista liimaamalla. Yksittäisen viilun paksuus on 0,2...3,2 mm. Viilut ladotaan siten, että päällekkäisten viilujen syysuunnat ovat yleensä kohtisuorassa toisiaan vasten. Viiluja on koivuvanerilevyssä yleensä pariton määrä (vähintään kolme), joten pintaviilujen syysuunta on sama. Havuvanerilevyssä viilujen määrä voi olla myös parillinen. Liimauksessa käytetään yleensä säänkestävää fenolihartsiliimaa, joka on väriltään puuviiluja selvästi tummempaa. Perusominaisuuksiltaan vaneri on verrattavissa puuhun.

Perusvanerit voidaan jakaa kolmeen pääryhmään:

Koivuvaneri (tiheys n. 680 kg/m³)

Koivuvanereita käytetään erittäin suurta lujuutta tai korkeaa laatua vaativissa kohteissa, kuten erikoislattioissa, vaativissa sisäverhouksissa, huonekaluteollisuudessa, kuljetusvälineiteollisuudessa ja betonimuoteissa.

Sekavanerit (tiheys n. 620 kg/m³)

Sekavanerit ovat monikäyttöisiä yleisvanereita. Niitä käytetään esimerkiksi jalosteiden ja erikoisvanereiden peruslevyinä ja betonimuotteina. Koska sekavanereiden pinta on aina koivua, niillä on samat laatuluokat kuin koivuvanereilla.

Havuvanerit (tiheys n. 460...520 kg/m³)

Pohjoismainen havupuuvaneri on yleensä valmistettu kuusesta. Jäykkyytensä ja mittatarkkuutensa ansiosta havuvaneria käytetään etenkin rakentamisessa esimerkiksi kantavissa rakenneosissa ala-, väli- ja yläpohjarakenteissa sekä levyjäykisteenä seinärakenteissa.



Perusvanerien laatuluokat

Pinnoittamaton perusvaneri luokitellaan pintaviilun laadun perusteella EN 635-normin mukaisesti. Laadun määritelmä perustuu ISO 2426-standardin suosituksiin. Vanerien pintalaatujen täydellinen kuvaus löytyy SFS 2413-standardista, joka on osittain tiukempi kuin EN 635 ja erityisesti kehitetty suomalaiselle koivuvanerille. Vanerin laatuluokka ei vaikuta merkittävästi levyn lujuusominaisuuksiin.

Pinnoitetut vanerit

Vanerilevy voidaan päällystää erityyppisillä pinnoitteilla teknisen suorituskyvyn ja ominaisuuksien parantamiseksi. Pinnoittamalla parannetaan vanerin kulutus-, iskun-, sään- ja kemikaalinkestävyyttä sekä kitkaominaisuuksia.

Tuotekohtaisesti on saatavilla esimerkiksi säänkestäviä pintoja maa-tilarakentamiseen, kovaa kulutuksen kestoja tarjoavia fenolipinnoitteita perävaunujen lattioihin sekä sileäpintaisia fenolipinnoitettuja levyjä korkealaatuisiin betonivaluihin.

Pinnoitetut vanerit reunasuojataan jo tehtaalla yleensä pinnoitteen värisellä reunamaalilla. Tehtaalla tehty reunasuojaus on tarkoitettu varastoinninaikaista kosteutta vastaan ja on tehtävä aina uudelleen, jos levy tulee sellaiseen kohteeseen, jossa kosteussuojaa tarvitaan.

Havuvanerin käyttö runkorakenteiden osana

Kun vaneria käytetään kantavana tai jäykistävänä rakenneosana, pintaviilujen syysuunnan tulee olla yleensä kohtisuoraan suhteessa tolppiin ja palkkeihin. Tämä koskee erityisesti kolmikerroksisia vanerilevyjä.

Seinälevy kaksoislevytettävissä seinissä – jäykistää seinärakennetta

Seinälevy on ponttaamaton ja tarkoitettu rakennusten sisäpuolisten seinien levytyksiin lujutta ja jäykkyyttä lisääväksi aluslevyksi ns. kaksoislevytettävissä seinissä, joissa sisäverhouksena vanerin päällä käytetään muuta sisäverhouksmateriaalia.

Vesikatteen alusrakenne – jäykistää yläpohjarakennetta

Vesikaton alusrakennelevy on erikoisrakenteinen, pitkiltä sivuiltaan pontattu ja tarkoitettu erityisesti huopa- tai peltikaton kantavaksi alusrakenteeksi kattokannattajavälin ollessa 900 mm. Perinteiseen raakaponttilaudoitukseen verrattuna vanerilevytyksellä saavutetaan kokonaistyöajan merkittävä säästö sekä tasainen ja kattorakenteita jäykistävä alusrakenne. Levyä voidaan käyttää myös lattioissa kantavana alusrakenteena. Levyt ovat pääsääntöisesti suojakäsiteltyjä rakentamisen aikaista kosteutta vastaan.

Aluslattialevy – jäykistää vaakarakennetta

Aluslattialevy on kaikilta sivuilta pontattu ja tarkoitettu korokealustaisten lattioiden kantavaksi rakennelevyksi. Sen paksuus ja mitat sopivat 400 mm:n ja 600 mm:n palkkijaoille.

Vanerin käyttö sisäverhouksessa

Sisäverhoukseen soveltuvat kaikki perusvanerit sekä sisäverhoukseen tarkoitetut vanerijalosteet. Laatuluokka valitaan pintakäsittelyn mukaan, kyseeseen tulevat lähinnä laatuluokat E, I ja II.

Palomääräysten osalta vaneri soveltuu etenkin pientalojen sisäverhoukseksi (P3-paloluokan rakennuksiin). Useimmissa tapauksissa sitä voidaan käyttää myös asuin- ja toimistorakennusten, julkisten rakennusten yms. sisäverhouksissa.

Kuivissa sisätiloissa vanerin kosteuseläminen on vähäistä. Levyjen väliset saumat suositellaan tehtäväksi avosaumoin (1...3 mm). Saumat voidaan tarvittaessa peittää listoin.

Seinälevyjen asennuksessa suositeltavat levypaksuudet ja tukivälit ovat 6,5...9 mm, kun tukiväli enintään k 300 mm ja 9...12 mm, kun tukiväli enintään k 600 mm

Kattoverhouksissa suositeltava kiinnitystukien väli on enintään k 400 mm

Levyt kiinnitetään ruuvein tai nauloin, joiden pituus on 2,5...3 kertaa levyn paksuus.

Varastointi

Levyt suojataan kuljetuksen ja varastoinnin ajaksi kastumiselta, likaantumiselta, auringon valolta, maakosketukselta, kolhiintumiselta ja naarmuuntumiselta. Levyt varastoidaan lappeellaan suoralle alustalle. Tarvittaessa käytetään aluspuita, jotka ovat noin 0,5 m:n etäisyydellä toisistaan. Levyjen varastointia pystyssä on pyrittävä välttämään. Levypinon ympärillä olevat teräsvanteet on poistettava, jos vanerit varastoidaan kosteisiin tiloihin. Levypino peitetään suojalevyllä. Varastointiolosuhteiden tulisi vastata levyjen lopullisia käyttöolosuhteita. Vaneria on ennen kiinnitystä ilmastoitava 3...8 vrk lähellä lopullisia kosteus- ja lämpöoloja.

Kosteuseläminen

Vanerin kosteuseläminen 1 mm/1 m vaneria kohden. Tämä täytyy huomioida vanerin asennuksessa.

Työstö

Levyjen sahaukseen soveltuu esimerkiksi pöytä- tai käsisirkkeli. Pienehköt sahaukset voidaan tehdä myös tavallisella käsisahalla. Kuviosahaukseen soveltuu hyvin pistosaha. Terän liikesuunnan mukaan sahattava levy asetetaan siten, että sahauksen (etenkin pintaviilun poikkisyyn suuntaisen sahauksen) aiheuttama pintaviilun rispaantuminen kohdistuu levyn piiloon jäävään takapintaan. Esimerkiksi käsisirkkelillä (pyörösahalla) sahattaessa on tällöin suositeltavaa asettaa levyn näkyviin tuleva etupinta alaspäin.

Kiinnitys

Levyjen kiinnittämiseen käytettävien naulojen pituus on vähintään 3 x levyn paksuus, ei kuitenkaan alle 30 mm, ja ruuvien pituus vähintään 2,5 x levyn paksuus, ei kuitenkaan alle 25 mm. Naulauksessa suositellaan käytettäväksi profiloituja nauloja ja vesikatteen aluslevyjen kiinnityksessä kuumasinkittyjä ruuveja tai nauloja.

Levyt kiinnitetään kaikilta reunoiltaan noin 150 mm:n välein ja keskeltä noin 300 mm:n välein. Kiinnikkeet, joita ei jätetä näkyviin, kiinnitetään vanerilevyissä keskimäärin 10 mm:n etäisyydelle levyn reunasta. Näkyviin jäävät kiinnikkeet ovat vanerilevyissä vähintään 10 mm:n etäisyydellä levyn reunasta, suorassa rivissä ja kohdakkain sauman molemmilla puolilla.

Kun vanereita käytetään runkorakenteiden osana (yleensä pontattua havuvaneria), vierekkäiset levyt asennetaan siten, etteivät levysaumamat muodosta ristikuviota.

Pintakäsittely

Pinnoittamaton (puuviilupintainen) vaneri voidaan pintakäsitellä tavanomaisilla puuverhouksille tarkoitetuilla maalaustuotteilla. Pohjustus on tehtävä erityisen huolellisesti mahdollisten pintahalkeamien ehkäisemiseksi. Varmimmin pinnan hiushalkeamilta välttyään käyttämällä valmiiksi epoksipohjamaalattua tai maalauspohjapaperilla pinnoitettua vaneria. Pinnoitetun vanerin maalauskäsittelyiksi suositellaan pohjustusta kahteen kertaan epoksipohjamaalilla ja pintamaaliksi yhteen kertaan polyuretaanimaalia.

Koska pintakäsittelyyn tarkoitetuilla tuotteilla on huomattavia valmistajakohtaisia eroja, on tuotteen soveltuvuus vaneripinnalle varmistettava aina valmistajan ohjeista.

Pohjoismainen havupuuvaneri on yleensä valmistettu kuusesta. Jäykkyytensä ja mittatarkkuutensa ansiosta havuvaneria käytetään etenkin rakentamisessa esimerkiksi kantavissa rakenneosissa ala-, väli- ja yläpohjarakenteissa sekä levyjäykisteinä seinärakenteissa.

Vanerilevy voidaan päällystää erityyppisillä pinnoitteilla teknisen suorituskyvyn ja ominaisuuksien parantamiseksi. Pinnoittamalla parannetaan vanerin kulutus-, iskun-, sään- ja kemikaalinkestävyyttä sekä kitkaominaisuuksia.

Tuotekohtaisesti on saatavilla esimerkiksi säänkestäviä pintoja maatarakentamiseen, kovaa kulutuksen kestoja tarjoavia fenolipinnoitteita perävaunujen lattioihin sekä sileäpintaisia fenolipinnoitettuja levyjä korkealaatuisiin betonivaluihin.

Pinnoitetut vanerit reunasuojataan jo tehtaalla yleensä pinnoitteen värisellä reunamaalilla. Tehtaalla tehty reunasuojaus on tarkoitettu varastoinninaikaista kosteutta vastaan ja on tehtävä aina uudelleen, jos levy tulee sellaiseen kohteeseen, jossa kosteussuojaa tarvitaan.



Koivuvaneri



Sekavaneri



Twin-vaneri



Havuvaneri



Pinnoitettuja vanereita

Kuvat Pro Puu-keskus / Puuproffa.

Lastulevyt

Lastulevyt valmistetaan puulastuista ja liimasta puristamalla. Vakiolastulevyissä liimana käytetään pääasiassa ureaformaldehydiliimaa. Liiman määrä lastulevyssä on alle 10 %, ja useat pinnoitetut levyvalmisteet on luokiteltu pintamateriaalien päästöluokkaan M1.

Perusominaisuuksiltaan lastulevy on verrattavissa puuhun. Lisäksi se on valmistustavasta johtuen tasa-aineinen ja sillä on tason eri suunnassa samanlainen lujuus.

Lastulevyn tiheys vaihtelee välillä 650...750 kg/m³ eli se on havupuutavaraa huomattavasti painavampaa.

Lastulevyä käytetään teollisessa puurakentamisessa seinä-, katto- ja lattiaverhouksiin.

Lastulevyn näkyviin jäävät reunat voidaan päällystää tarkoitukseen sopivalla reunanauhalla, viilulla tai puulistalla. Paras tulos saavutetaan käyttämällä tehtaalla valmiiksi pinnoitettuja ja reunalistoitettuja levyvalmisteita. Mikäli reunat halutaan maalata, ne päällystetään maalattavalla reunanauhalla tai ne kitataan kahteen kertaan ja hiotaan ennen maalausta.

Pinnoitettuja ja maalaus pohjakäsiteltyjä lastulevyjä käytetään lähes samoihin kohteisiin kuin vakiolastulevyjä. Pinnoitteet parantavat levyn pintaominaisuuksien lisäksi myös levyn jäykkyyttä ja lujuutta. Yleisin pinnoitettu levy on melamiinikalvopintainen lastulevy.

Seinä- ja kattoverhouksiin tarkoitettujen pontattujen lastulevyjen tavallisimmat levykoot ovat 600x2600/2750 mm ja 1200x2600/2750 mm ja levypaksuus 12 mm. Pontti on yleensä levyjen pitkällä sivuilla, ja levyt ovat tavallisesti valmiiksi pohjamaalattuja.

Lattialevyt ovat ympäripontattuja. Tavallisimmat levykoot ovat 600x2400 mm ja 1200x2400 mm ja ne ovat 22 mm paksuja.



Lastulevyjen laatuluokat

Lastulevyt luokitellaan seitsemään eri luokkaan ominaisuuksiensa perusteella. Lastulevyluokkien ominaisuudet määritetään eurooppalaisen standardin SFS-EN 312 mukaisesti. Lastulevyluokka ilmoitetaan P-kirjaimella ja numerolla. Lastulevystandardit eivät aseta vaatimuksia levyn pinnan laadulle, mutta valmistajat lajittelevat levyt ulkonäön perusteella A- ja B-laatuun. Pinnan laadun määrittelyssä huomioon otettavia tekijöitä ovat esimerkiksi hionnan laatu, pinnan tasaisuus, pinnan puhtaus ja reunaviat.

Luokka	Käyttökohde	Kosteusluokka
P1	rakennuslevyt sisäkäyttöön	1
P2	kalustelevyt sisäkäyttöön	1
P3	vakiolastulevyä paremmin kosteutta kestävä levy	2
P4	kuormitusta kestävät levyt sisäkäyttöön	1
P5	kuormitusta kestävä käyttö, vakiolastulevyä paremmin kosteutta kestävä levy	2
P6	raskasta kuormitusta kestävät levyt sisäkäyttöön	1
P7	raskasta kuormitusta kestävä käyttö, vakiolastulevyä paremmin kosteutta kestävä levy	2

Lastulevyn käyttö

Lastulevyä käytetään seinä-, katto- ja lattiaverhouksiin. Lastulevyt soveltuvat myös paikan päällä tehtävien kalusteiden rungoksi. Lastulevyn näkyviin jäävät reunat voidaan päällystää tarkoitukseen sopivalla reunanauhalla, viilulla tai puulistalla. Paras tulos saavutetaan käyttämällä tehtaalla valmiiksi pinnoitettuja ja reunalistoitettuja levyvalmisteita. Mikäli reunat halutaan maalata, ne päällystetään maalattavalla reunanauhalla tai ne kitataan kahteen kertaan ja hiotaan ennen maalausta.

Lastulevyjen jatkojalosteet

Lastulevyn jatkojalosteet ovat lähinnä tiettyyn käyttötarkoitukseen valmistettavia ja käyttökohteesta riippuen eri tavoin pinnoitettuja tai työstettyjä lastulevyjä.

Lastulevy voidaan pinnoittaa useilla eri pintamateriaaleilla, esimerkiksi puuviilulla, melamiinikalvolla, laminaatilla, muovikalvolla ja paperilla. Levyt pinnoitetaan tavallisesti molemmilta puolilta levyn käyrityksen ehkäisemiseksi. Lisäksi levyjä valmistetaan maalauspohjakäsittelyinä (tehtaalla täytemaalilla käsitellyt tai maalauspohjapaperilla pinnoitetut levyt).

Lastulevyn palo-ominaisuuksia voidaan parantaa alkydisilotteilla tai melamiinikalvopinnoitteilla. Pinnoittamattomalla lastulevyllä voidaan täyttää luokkavaatimus D-s₂,d₂ ja pinnoitetulla (siloitepinta) lastulevyllä luokkavaatimus C-s₂,d₁.

Varastointi

Levyt suojataan kuljetuksen ja varastoinnin ajaksi kastumiselta, likaantumiselta, maakosketukselta, kolhiintumiselta ja naarmuuntumiselta. Levyt varastoidaan lappeellaan suoralle alustalle. Tarvittaessa käytetään aluspuita, jotka ovat noin 0,5 m:n etäisyydellä toisistaan. Levypino peitetään suojalevyllä.

Lastulevyjä tulee ilmastoida 5...7 vuorokautta ennen asennusta mahdollisimman lähellä lopullisia kosteus- ja lämpötilaosuhteita. Ilmastoitessa levyt ladotaan välirimojen avulla irti toisistaan esimerkiksi seinää vasten.

Työstö

Lastulevyjä voidaan työstää kaikilla puun työstöön soveltuvilla työkaluilla. Levyjen sahaukseen soveltuu esimerkiksi pöytä- tai käsisirkkeli. Pienehköt sahaukset voidaan tehdä myös tavallisella käsisahalla. Kuviosahaukseen soveltuu hyvin pistosaha.

Kiinnitys

Lastulevyjen kiinnittämiseen käytettävien naulojen pituuden tulee olla vähintään 3 kertaa levyn paksuus, ei kuitenkaan alle 30 mm, ja ruuvien pituuden vähintään 2,5 kertaa levyn paksuus, ei kuitenkaan alle 25 mm. Levyt kiinnitetään kaikilta reunoiltaan noin 100...200 mm:n välein ja keskeltä noin 200...300 mm:n välein. Kiinnikkeiden etäisyys levyn reunasta on n. 10 mm.

Pintakäsittely

Lastulevyjä voidaan maalata, tapetoida ja laminoida. Levyjen maalaukseen sopivat kaikki yleisimmät puupintojen sisämaalaukseen tarkoitetut tuotteet. Pintakäsittelyaineen soveltuvuus lastulevyille on varmistettava aina valmistajan ohjeista.



Lastulevyjä, kuva Pro Puu-keskus / Puuproffa.

Kipsilevyt

Kipsilevyt soveltuvat monenlaisiin käyttökohteisiin sisätiloissa. Kipsilevyt soveltuvat sekä teräsestä puurunkoisten väliseinien levytykseen. Kipsilevyjä löytyy monenlaisia huomioiden kohteen rakenteelliset vaatimukset. Mikäli rakenteella on palonsuoja-vaatimuksia, niin voidaan käyttää palosuojakipsilevyjä. Suurempaa lujuutta vaativissa kohteissa voidaan käyttää erikoiskovaa kipsilevyä. Märkätiloihin on saatavissa oma, märkätilojen rakentamista varten suunniteltu kipsilevy, joita voidaan käyttää sekä seinä- että lattiarakenteissa.

Tuulensuojalevyjä käytetään rakennusten ulkoseinien tuulensuojaukseen. Rakennuksen ulkoseinärakenteen pitää olla tuulitiivis, jotta tuulenpaineesta seinärakenteen sisällä syntyvät ilmavirtaukset eivät heikennä seinän lämmöneristyskykyä. Tuulensuojalta edellytetään lisäksi hyvää vesihöyrynläpäisykykyä, joka on oikeaoppisen kosteusteknisen toiminnan perusedellytys.

Normaalikipsilevy

Normaalikipsilevy on kuivien tilojen yleisverhouslevy. Se on helposti työstettävä, yleensä 13 mm paksu kipsilevy (valmistajasta riippuen), joka soveltuu sisäseinien, kattojen, pilarien ja palkkien verhoukseen. Levyn ydin on kipsiä ja sen pinta on kartonkipäällysteinen. Normaalikipsilevy soveltuu myös kaartuviin rakenteisiin. Käyttökohteita ovat seinälevytykset, katot, osastoivat ja ääntä eristävät seinärakenteet. Levyn pitkät sivut ovat kartonkipintaiset, joko reunaohennetut tai suorareunaiset ja sen lyhyet sivut suorareunaiset.

Erikoiskova kipsilevy

Erikoiskova kipsilevy on normaalia kipsilevyä huomattavasti vahvempi rakennuslevy. Levyä käytetään seinissä, joissa tarvitaan normaalia suurempaa kovuutta ja jäykkyyttä. Levyä on saatavana reunamuodoltaan reunaohennettuna, jolloin muodostuu syvennys saumanauhaa varten. Levy on normaalia kipsilevyä painavampi. Tuotetta suositellaan ensisijaisesti käytettäväksi sisäseinissä, joissa vaaditaan iskunkestävyyttä ja jäykkyyttä. Toissijaisia käyttökohteita ovat kaarevat seinät ja katot sekä kattopinnat paloluokitelluissa rakenteissa.

Palonsuojalevy

Kipsirunkoinen palonsuojalevy on kartonkipintainen palokipsilevy, joka soveltuu uudis- ja korjausrakentamiseen. Niitä on saatavilla 15–18 mm:n paksuudessa. Levyjä käytetään kohteissa, joissa tarvitaan erityistä palonkestoa. Palonsuojalevyt täyttävät EN 520 standardin DF-luokituksen ja rakennustarvikeluokan A2-s₁,d₀. Niiden palonkestoluokka on EI30. Levyt ovat pitkiltä sivuiltaan reunaohennettuja, jolloin valmis pinta saadaan saumattomaksi. Levyt tunnistetaan hyvin varastossa ja työmaalla niiden vaaleanpunaisesta väristä. Palolevy on EPD-verifioitu, ympäristöystävällinen levy. Palonsuojalevy on sisäverhouskipsilevyä tiheämpi, paksumpi, painavampi ja lasikuituvahvistettu, jonka johdosta sen palonsuojauskyky on parempi. Sovellusalueita ovat mm. puu- ja teräsrunkoiset rakenteet, kantavat ja ei-kantavat seinärakenteet sekä väli- ja yläpohjarakenteet.

Lattiakipsilevy

Lattiakipsilevy on paksumpi ja tiheämpi kuin normaali kipsilevy. Se on kartonkipintainen ja rakenteeltaan kestävä ja jäykkä. Levy soveltuu ala- ja välipohjiin sekä vanhojen lattioiden korjaamiseen. Kipsilevy lattiat voidaan pinnoittaa lähes kaikilla yleisesti käytössä olevilla materiaaleilla. Lattiakipsilevyt parantavat myös palonkestävyyttä.

Märkätilakipsilevy

Märkätilakipsilevy on tarkoitettu erityisesti märkätilojen seinärakenteisiin. Levyn ydin koostuu lasikuituvahvisteisesta kipsistä ja se on erikoiskäsitelty kosteuden kestävyysparantamiseksi sekä vedenimeytymisen pienentämiseksi. Levy on jäykkärakenteinen, minkä vuoksi se toimii tukevana alustana ripustuksille sekä antaa hyvän ja elämättömän pohjan vedeneristyksille.

Tuulensuojakipsilevy

Tuulensuojakipsilevy on päällystetty erikoiskäsitellyllä kartongilla, jonka ansiosta levyllä on erityisen hyvä sään- ja kosteudenkestävyys. Tuulensuojalevyn tarkoitus on estää tuulenpaineesta johtuvien ilmavirtausten aiheuttama lämmöneristekyvyn heikkeneminen. Tuulensuojakipsilevyä käytetään ulkoseinissä tuulensuojaverhouksessa sekä jäykistävänä rakenteena tuulettuvan julkisivuverhouksen taustalla. Kaikissa sivuissa on suora reuna ja sen pitkät sivut ovat kartonkipintaiset.

Mineraalivalmisteiset rakennuslevyt

Mineraalipohjaisia rakennuslevyjä löytyy erilaisiin tarkoituksiin. Useimmat mineraalipohjaiset levyt valmistetaan sementistä tai sementtikuidusta. Mineraalipohjaiset rakennuslevyt soveltuvat erinomaisesti kohtaisiin, jotka vaativat palon- tai vedenkestävyyttä. Sementtipohjaisia levyjä käytetään myös julkisivuihin ja muihin säänkestävyyttä vaativiin ulkorakenteisiin.

4.6 Lattian pintarakenteet

Lattialauta

Lattialauta on pontattu ja höylätty erikoiskuiva paneeli. Yleisimmät materiaalit ovat mänty ja kuusi, mutta myös koivua käytetään tähän tarkoitukseen. Lattialaudan paksuus on yleensä 28 mm, mutta sitä löytyy myös 33 mm:n paksuisena. Leveydet vaihtelevat välillä 62–195 mm.

Kapeammat lattialaudat eivät kieroudu niin helposti kuin leveämmät, joten niiden asentaminen on helpompaa ja lautojen väliin ei jää niin helposti rakoja. Lattialaudat ovat erikoiskuivattuja, jotta ne eivät kutistuisi asentamisen jälkeen. Lattialaudat on hyvä tuoda sisälle muutama päivä ennen asentamista ja avata ne paketista, jotta niiden kosteus tasapainottuisi käyttölämpötilaan.

Parketti

Parkettilattia on aidosta puusta valmistettu lattialaatta. Parkettilattiat tehdään useimmiten joko koivusta tai jalopuusta niiden pintakovuuden vuoksi. Käytetyimmät jalopuut ovat tammi, pyökki ja saarni. Parketteja saadaan useilla eri kuvioilla, joista käytetyin on ns. kalanruotoparketti.

Laminaatti

Laminaatti on parkettilattiaa edullisempi vaihtoehto, jonka ulkonäkö jäljittelee puuta. Lattialaminaatissa on HDF-levystä tehty runko, joka on pinnoitettu laminaattikerroksilla. Laminaatit ovat pontattuja kaikilta sivuilta. Laminaatteja saa useilla eri väri vaihtoehtoilla.

Muovimatto

Muovimatot ovat kulutusta kestävästä materiaalista, joka toimii myös vedeneristeenä. Muovimattoja saa useilla eri väreillä.

Vinyylilankku

Vinyylilankut ovat muovimattojen tapaan kulutusta kestäviä ja vedenpitäviä lattiapinnoitteita. Vinyylilankuissa on yleensä askeläänieristys valmiina rakenteessa.

Korkki

Korkki on luonnonmateriaali, joka soveltuu hyvin lattiapinnoitteeksi. Korkkilattia on pehmeä, hiljainen ja lämmin käytössä. Korkkilattioita saa myös vinyylipinnoitettuna.

4.7 Vesikaton pintarakenteet

Bitumilaattakate

Bitumilaattakate eli palahuopakate on kumibitumista valmistettu kattolaatta. Palahuopa on kattomateriaalina kevyt ja miellyttävän hiljainen. Palahuopakate on myös edullinen ja erittäin kestävä kattomateriaali. Laadukas palahuopakatto voi kestää käytössä useiden vuosikymmenien ajan. Bitumilaattakatteita saa useina eri väreinä.

Katon minimikaltevuus on 1:5. Monimuotoisissa tai erityisen vaativissa kattorakenteissa käytetään siihen soveltuvaa aluskermiä. Alaräystäällä suositellaan käytettäväksi tippapeltiä. Tippapellin päälle liimataan räystäskaista tai -levyt valmistajan ohjeiden mukaisesti. Päätyräystäät voidaan tehdä vastaavalla tavalla tippapellin kanssa, mutta siellä kattolaatat liimataan tippapeltiin ilman erillistä kermikaistaa.

Bitumikattolaatat naulataan huopanauloilla aluslaudoitukseen kiinni siten, että naulat menevät myös edelliset laattakerroksen yläreunan läpi ja samalla varmistavat liimapintojen painumisen yhteen. Naulauskohdat on määritetty valmistajan ohjeissa mallikohtaisesti. Laatat liimautuvat toisiinsa, mutta alusrakenteeseen (aluskermiin) ne eivät liimaudu.

Kolmiorimakate

Kolmiorimakate on palahuopakatteen tavoin valmistettu kumibitumista. Kolmiorimakate on perinteinen kateratkaisu, jota käytettiin aikaisemmin paljon, koska kuumabitumityöt olivat hankalia ja toisinaan liian palovaarallisia. Kolmiorimakatteessa sauma nostetaan kolmiorimojen avulla ylös, jolloin vesi valuu katolta niiden välissä pois rasittamatta normaaliolosuhteissa juuri lainkaan saumoja. Kolmiorimakate perinteisesti tehtynä on kuitenkin niin sanottu epäjatkuva kate, jonka saumat eivät kestä vedenpainetta. Perinteisen kolmiorimakatteen minimikaltevuus on 1:3. Siinä ei käytetä aluskermiä muualla kuin sisätaitteissa. Alaräystäillä suositellaan käytettäväksi tippapeltiä, päätyräystäillä voidaan käyttää tippapeltiä tai ne voidaan korottaa esimerkiksi kolmiorimalla tai viistetyllä laudalla.

Tiivissaumakate

Tiivissaumakate on kumibitumista valmistettu kaistamainen katemateriaali. Tiivissaumakatteet voidaan tehdä käyttämällä itseliimautuvia kermiä liimaamalla tavalliset kermiä kylmäliimalla tai käyttäen kuumatekniikkaa joko hitsaten tai kuumabitumilla liimaten. Itseliimautuvien kermien käytössä tulee aina noudattaa valmistajan ohjeita. Yleensä kermiä kiinnitetään naulaamalla saumoista piilonaulauksella. Itseliimautuvien kermien päätyjatkokset, erilaiset ylösnostot ja läpivientien tiivistykset tehdään kylmäliimaamalla käyttäen asennusohjeen mukaista kumibitumiliimaa. Tiivissaumakatteissa ei yleensä käytetä aluskermiä muualla kuin sisätaitteissa, missä rasiukset ovat kaikkein suurimmat. Valmiissa katteessa naulat eivät saa jäädä näkyviin, vaan kaikki kiinnitykset ovat niin sanottuja piilonaulauksia.

Profiilipeltikate

Profiilipeltikate on yleensä aaltoprofiiliin muokattu ohutlevyteräksestä valmistettu peltikate, jossa on muovipinnoite. Profiilipellin paksuus on 0,5...1,0 mm. Poimulevykatteen vähimmäiskaltevuus on 1:6 ja muotolevykatteen 1:4. Lisäksi tulee ottaa huomioon valmistajien eri tuotteille suosittelemat vähimmäiskaltevuudet. Katteen tiiveyttä voidaan parantaa limittämällä levyjä useamman poimun ja käyttämällä limityksissä tiivistysnauhoja tai -massoja.

Katelevyjen ruodelaudoituksena käytetään yleensä puuruoteita (yleensä 32x100 mm). Ruoteet kiinnitetään kahdella kiinnikkeellä jokaiseen kattotuoliin. Vaihtoehtoisesti voidaan käyttää teräsruateita, joissa on tuuletusta parantavat rei'itykset.

Profiilikatteiden kiinnitys tehdään tiivisteellisillä kateruuveilla. Kateruuvien tyyppi on varmistettava vesikatteen valmistajalta. Kateruuvien materiaali tulee valita katteeseen sopivaksi ottaen huomioon ympäristöolosuhteet.

Konesaumattu peltikate

Saumattua metallikatosta käytetään yleisesti myös nimityksiä rivipeltikatto tai konesaumapeltikatto. Saumattua metallikatetta kaksinkertaisin saumoin voidaan käyttää katoilla, joiden kaltevuus on vähintään 1:10. Käytettävän pellin paksuudet ovat 0,5 ja 0,6 mm sekä leveys 610 mm. Vaativissa kohteissa voidaan käyttää paksumpaa tai kapeampaa peltiä. Käytetty materiaali voi olla myös esimerkiksi kuparia tai alumiinia.

Saumattua metallikatetta alla käytetään pääsääntöisesti aluskatetta. Umpeen laudoitetuissa alustoissa (tai jos käytetään levyalustaa) aluskatteena käytetään kiinteälle alustalle tarkoitettuja aluskatteita umpinaisen alustan päällä. Tällöin saumattu metallikate asennetaan suoraan aluskatteen päälle. Tässä asennustavassa tulee varmistua siitä, että käytetyn aluskatteen pinta on sellainen, ettei se vaurioita pellin alapintaa.

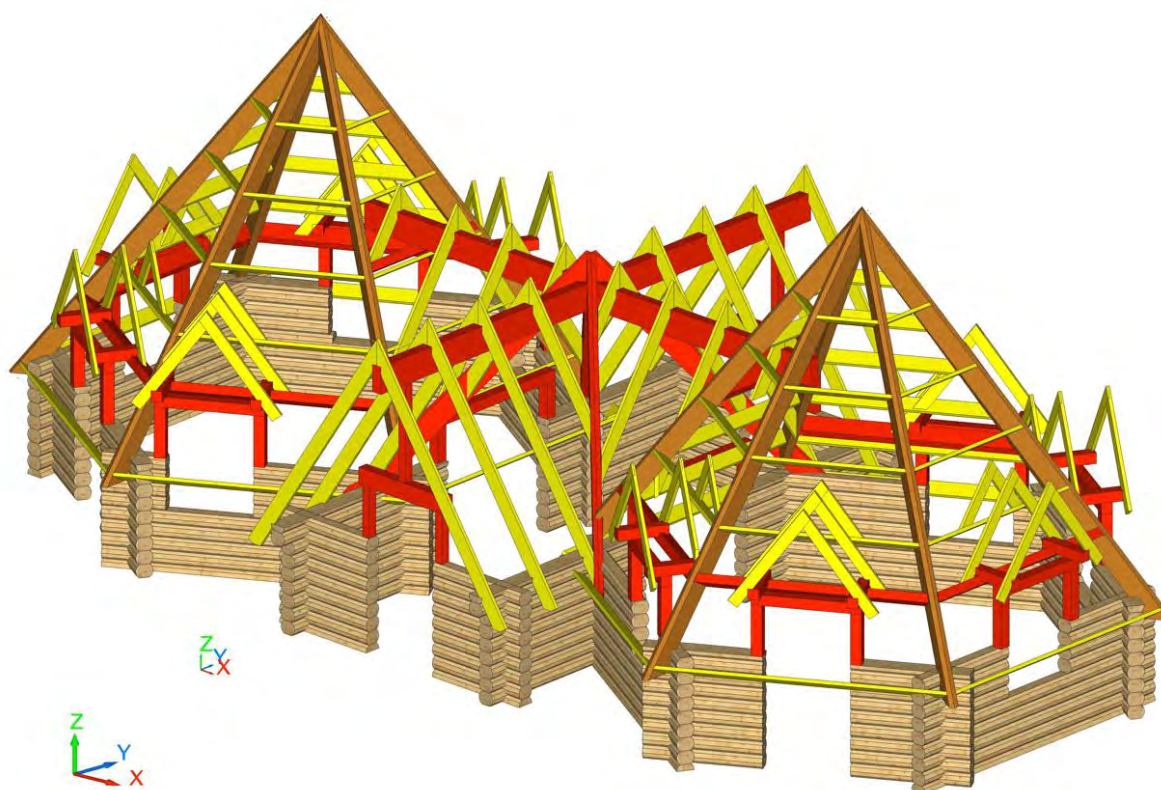
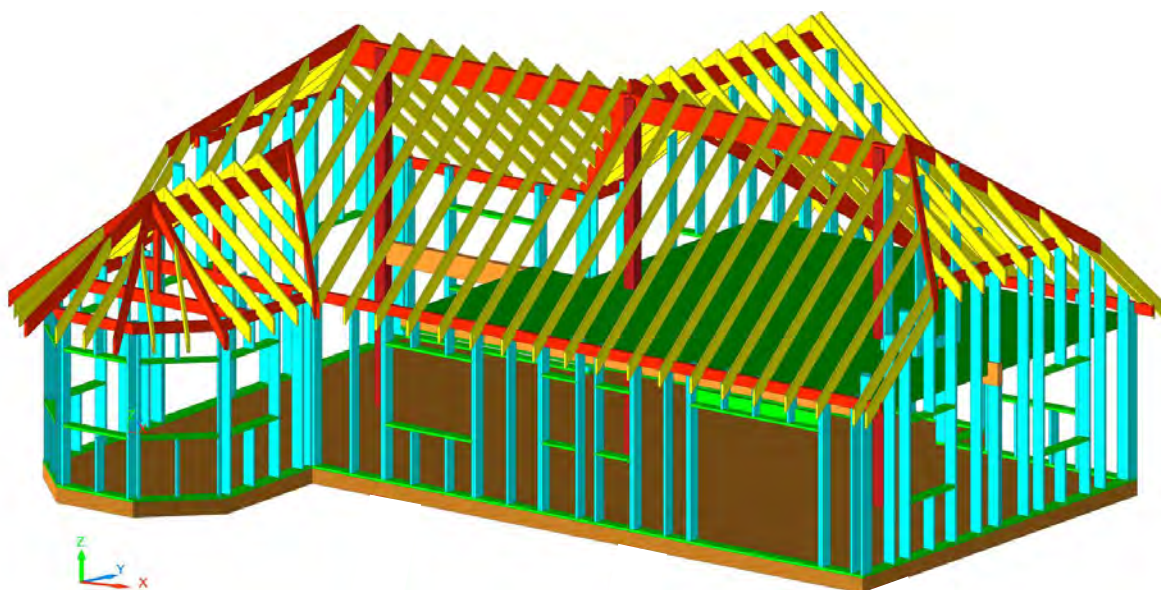
Tiilikate

Tiilikate on aaltomainen, poltetusta savesta tai betonista valmistettu katemateriaali. Tiilen koko on noin 330x420 mm riippuen tiilen valmistajasta ja tyypistä. Tiilet asennetaan limittäin sekä pysty- että vaakasuuntaan, jotta vesikatteesta saadaan yhtenäinen. Tiilikate vaatii aina aluskatteen, jotta siitä saadaan vedenpitävä. Poimulevykatteen vähimmäiskaltevuus on 1:6 ja muotolevykatteen 1:4. Lisäksi tulee ottaa huomioon valmistajien eri tuotteille suosittelemat vähimmäiskaltevuudet. Katteen tiiveyttä voidaan parantaa limittämällä levyjä useamman poimun ja käyttämällä limityksissä tiivistysnauhoja tai -massoja.

Katelevyjen ruodelaudoituksena käytetään yleensä puuruoteita (yleensä 32x100 mm). Ruoteet kiinnitetään kahdella kiinnikkeellä jokaiseen kattotuoliin. Vaihtoehtoisesti voidaan käyttää teräsruateita, joissa on tuuletusta parantavat rei'itykset.

Profiilikatteiden kiinnitys tehdään tiivisteellisillä kateruuveilla. Kateruuvien tyyppi on varmistettava vesikatteen valmistajalta.

5 Teollisen puurakentamisen suunnittelutoiminta



5.1 Puurakentamisen arkkitehtuuri

Arkkitehtuuri

Arkkitehtuuri eli rakennustaide on taiteen ja tekniikan muoto, jossa yhdyskuntia, rakennuksia ja niihin liittyviä osia suunnitellaan useasta näkökulmasta. Arkkitehtisuunnitelmien on täytettävä muodon ja sisällön osalta rakentamista koskevan lainsäädännön, määräysten ja ohjeiden vaatimukset, kuntien ja kaupunkien viranomaisten asemakaavamääräykset sekä talon käyttötarkoituksen tilavaatimukset.

Arkkitehtisuunnitelmia voidaan pitää tilanvaraus suunnitelmina, joka ottaa huomioon rakennuksen ulkonäön niin sisä- kuin ulkopuolelta.

Suunnittelijan näkökulmasta puu antaa sekä vapauksia että rajoitteita, jotka suunnittelijan on hyvä tuntea. Tärkeimmät asuntosuunnitteluun vaikuttavat tekijät ovat asumisesta lähtevät tarpeet ja rakennuksen kaupunkikuvaan vaikuttavat lähtökohdat. Nämä tarpeet tulee pystyä toteuttamaan valitulla järjestelmällä luotettavasti. Liikaa teknisiä tai taloudellisia rajoitteita asettavaa järjestelmää ei kannata käyttää.

Rakennuksen kantavina rakenteina voidaan käyttää huoneistojen välisiä seiniä ja ulkoseiniä. Kantavat rakenteet voidaan toteuttaa myös pilari-palkkilinjoin joko kokonaan tai osittain.

Arkkitehtisuunnittelussa huomioitavia asioita ovat mm. ympäristö, rakennuksen käyttötarkoitus, tilatarpeet, rakennusmateriaalit, rakenteiden toimivuus, ulkonäkö ja kustannukset.



Puukerrostaloarkkitehtuuria, kuva Tampereen Yliopisto

Pientalot

Pientaloilla tarkoitetaan lähinnä omakoti- ja rivitalorakennuksia sekä pieniä talousrakennuksia.

Puu sopii erinomaisesti pientalorakentamiseen. Pientaloilla ei yleensä ole mitään erillisvaatimuksia. Rivitaloissa ja paritaloissa osastojen eli asuntojen väliin tulee tehdä palo-osastointi, joka ulottuu lattiapinnasta aina yläpohjan yläpintaan asti. Pientalot voidaan toteuttaa jokaisella tunnetulla rakennusjärjestelmällä: rankarungolla, suurelementeillä, hirrellä ja massiivipuulevyllä.



Puukerrostalot

Puukerrostaloksi sanotaan kerrostaloa, jonka kantavat runkorakenteet ovat pääosin puuta. Julkisivut voivat olla puulla tai muilla julkisivumateriaaleilla verhottuja. Tietyin edellytyksin puuta voidaan käyttää sisätilojen pintamateriaalina.

Puukerrostalojen suunnittelua koskevat pääosin samat rakentamismääräykset kuin muitakin kerrostaloasuntoja. Poikkeuksen muodostavat palomääräykset, joissa puukerrostalot sijoitetaan P2-paloluokkaan.

Puukerrostaloissa suosituin runkorakenne on massiivipuu, jolloin ne toteutetaan yleensä tilaelementteinä. Ne voidaan tehdä myös massiivipuisilla tasoelementeillä sekä rankarakenteisina tila- ja tasoelementeillä.

Puukerrostaloissa on kiinnitettävä erityistä huomiota palon- ja ääneneristykseen. Jokainen asunto on oma palo-osasto, joka pitää suojata niin vaaka- kuin pystysuunnassa. Runko- ja ilmaäänät eivät saa johtua haitallisessa määrin toisiin asuntoihin. Saumojen ja lävistysten tiivyyteen kiinnitetään erityistä huomiota. Huoneistojen väliset rakenteet erotetaan toisistaan niin, että niiden väliin jää ilmakerros.



Kuva: Tampereen Yliopisto

Suuret puuhallit

Suuria puuhalleja voidaan tehdä puurakenteisina moneen eri tarkoitukseen: liikunta-
monitoimi-, uima-, teollisuus ja varastohalleiksi sekä maatalous- ja liikerakennuksiksi.

Hallirakentaminen on monipuolinen kokonaisuus, jossa käyttötarkoituksesta riippuen rakennuksille asetetaan hyvinkin erilaisia vaatimuksia. Hyvän toiminnallisuuden lisäksi rakennukselta voidaan odottaa erityisiä kaupunkikuvallisia ja esteettisiä arvoja. Toisaalta pelkkä tekninen varmuus ja kestävyys koetaan joskus tilan tarkoituksenmukaisuuden ohella riittäviksi ominaisuuksiksi. Yhteistä näille kaikille on, että tilan kelpoisuus riippuu lopulta rakennuksen suunnittelun ja toteutuksen onnistumisesta. Puusta voidaan toteuttaa joustavasti erimuotoisia ja -kokoisia halleja. Lukuisista vaihtoehdoista ja niiden variaatioista voidaan valita kuhunkin toimintaan teknisesti ja taloudellisesti sopivin, on kyseessä sitten näyttävä julkinen rakennus tai nopeasti tarvittava teollisuusrakennus.

Suuret puuhallit toteutetaan yleensä pilari-palkkirungolla, jossa on kantamaton kuorirakenteinen ulkovaippa.

Julkiset puurakennukset

Julkisia puurakennuksia ovat mm. koulut, päiväkodit ja katsomot. Julkisissa puurakenteissa voi oleskella suuri joukko ihmisiä samaan aikaan. Tämän vuoksi rakennuksen ulkonäön ja tilanvarausten lisäksi on suunnittelussa otettava huomioon paloturvallisuus ja poistumisreitit. Näitä voidaan toteuttaa käytännössä kaikilla tunnetuilla puurakennejärjestelmillä.



Hyvän olon keskus Pudasjärvi, kuva Kontiotuote Oy.

5.2 Puurakenteiden suunnittelun perusteet

(YM, maankäyttö- ja rakennuslaki)

Rakennushankkeiden kokonaistoteutuksessa on mietittävä hanketta koko elinkaaren ajalta, löydettävä kokonaistaloudellisesti edullinen ja kestävä ratkaisu ja tarkasteltava aina myös vaihtoehtojen hyöty- ja kustannusvaikutuksia koko hankkeen elinkaaren aikana. Suunnittelussa on otettava huomioon tilojen ja laitteiden toiminnallinen tarkoituksenmukaisuus, turvallisuus, helppokäyttöisyys, huollettavuus ja muuntojoustavuus. Suunnittelutyön tulee edetä asetetussa suunnitteluajataulussa. Ajataulussa pysyminen osoitetaan piirustusluettelon mukaisilla piirustuksilla noudattaen suunnittelukokouksessa päätettyjä välitavoitteita. Rakennushankkeen suunnittelussa pääsuunnittelijan/pääsuunnittelijoiden on kiinnitettävä erityistä huomiota arkkitehti- ja rakennesuunnittelun sekä talotekniikan suunnittelun yhteensovittamiseen sekä suunnitelmien ristiriidattomuuteen ja virheettömyyteen.

Puurakenteet suunnitellaan voimassa olevien normien ja määräysten mukaisesti. EU- ja ETA-alueella rakenteet mitoitetaan eurokoodien mukaisesti. Eurokoodit ovat kantavien rakenteiden suunnittelua koskevia eurooppalaisia standardeja. Eurokoodit kattavat varmuuden määrittämisperiaatteet sekä erilaiset kuormat kuten hyöty-, lumi- ja tuuli-, lämpö-, onnettomuus- ja nosturikuormat. Rakennusmateriaaleille on omat yksityiskohtaiset ohjeet. Standardien soveltaminen eri maissa vaatii kansallisten liitteiden laatimista.

Suunnittelu- ja rakennusvaiheessa tehtävillä ratkaisuilla voidaan vaikuttaa huomattavasti rakennuksen tuleviin elinkaari- ja käyttökustannuksiin.

Suunnittelun lähtökohtana tulee olla tilojen terveellisyys, turvallisuus, viihtyisyys, muuntojoustavuus sekä tilatehokkuus.

Suunnittelu ja valvonta

Rakennushankkeeseen ryhtyvän on huolehdittava siitä, että rakennus suunnitellaan ja rakennetaan rakentamista koskevien säännösten, määräysten ja myönnetyn luvan mukaisesti. Rakennushankkeeseen ryhtyvällä on oltava hankkeen vaativuus huomioon ottaen riittävät edellytykset sen toteuttamiseen. Rakennushankkeeseen ryhtyvän on huolehdittava myös siitä, että rakennushankkeessa on kelpoisuusvaatimukset täyttävät suunnittelijat ja työnjohtajat. Lisäksi muillakin rakennushankkeessa toimivilla on heidän tehtäviensä vaativuus huomioon otettuna riittävä asiantuntemus ja ammattitaito.

Kunnan rakennusvalvontaviranomaisen tehtävänä on yleisen edun kannalta valvoa rakennustoimintaa sekä osaltaan huolehtia, että rakentamisessa noudatetaan, mitä laissa säädetään tai määrätään. Valvontatehtävän laajuutta ja laatua harkittaessa otetaan huomioon rakennushankkeen vaativuus, luvan hakijan ja hankkeen suunnittelusta ja toteuttamisesta vastaavien henkilöiden asiantuntemus ja ammattitaito sekä muut valvonnan tarpeeseen vaikuttavat seikat.

Rakennustyö on tehtävä siten, että se täyttää rakentamista koskevien säännösten ja määräysten sekä hyvän rakennustavan vaatimukset.

Rakennustyön viranomaisvalvonta alkaa luvanvaraisen rakennustyön aloittamisesta ja päättyy loppukatselmukseen. Valvonta kohdistuu viranomaisen päättämässä työvaiheissa ja laajuudessa rakentamisen hyvän lopputuloksen kannalta merkittäviin seikkoihin.

Rakennushankkeeseen ryhtyvän on huolehdittava, että rakennustyömaalla pidetään rakennustyön tarkastusasiakirjaa. Rakennusluvassa tai aloituskokouksessa sovittujen rakennusvaiheiden vastuuhenkilöiden sekä työvaiheita tarkastaneiden on varmennettava tekemänsä tarkastukset rakennustyön tarkastusasiakirjaan.

Rakenteiden lujuus ja vakaus

Rakennushankkeeseen ryhtyvän on huolehdittava, että rakennus suunnitellaan ja rakennetaan siten, että sen rakenteet ovat lujia ja vakaita, soveltuvat rakennuspaikan olosuhteisiin ja kestävät rakennuksen suunnitellun käyttöiän. Kantavien rakenteiden suunnittelun ja mitoituksen on perustuttava rakenteiden mekaniikan sääntöihin ja yleisesti hyväksyttyihin suunnitteluperusteisiin taikka luotettaviin koetuloksiin tai muihin käytettävissä oleviin tietoihin. Rakennuksen rakentamisessa on käytettävä rakenteiden lujuuden ja vakauden kannalta soveltuvia rakennustuotteita.

Rakennus on suunniteltava ja rakennettava siten, etteivät siihen rakentamisen ja käytön aikana kohdistuvat kuormitukset aiheuta sortumista, lujuutta tai vakautta haittaavia muodonmuutoksia eikä vaurioita rakennuksen muita osia taikka rakennukseen asennettuja laitteita tai kiinteitä varusteita.

Paloturvallisuus

Rakennushankkeeseen ryhtyvän on huolehdittava, että rakennus suunnitellaan ja rakennetaan sen käyttötarkoituksen edellyttämällä tavalla paloturvalliseksi. Palon syttymisen vaaraa on rajoitettava. Rakennuksen kantavien rakenteiden on oltava sellaiset, että ne palon sattuessa kestävät vähimmäisajan ottaen huomioon rakennuksen sortuminen, poistumisen turvaaminen, pelastustoiminta ja palon hallintaan saaminen. Palon ja savun kehittymistä ja leviämistä rakennuksessa sekä palon leviämistä lähistöllä oleviin rakennuksiin on pystyttävä rajoittamaan. Rakennuksen rakentamisessa on käytettävä paloturvallisuuden kannalta soveltuvia rakennustuotteita ja teknisiä laitteistoja.

Rakennuksen on oltava sellainen, että siinä olevat voivat palon sattuessa pelastautua tai heidät voidaan pelastaa. Pelastushenkilöstön turvallisuus on rakentamisessa otettava huomioon. Lupaviranomainen voi edellyttää laadittavaksi turvallisuusselvityksen poistumisturvallisuuden kannalta erittäin vaativasta kohteesta.

Terveellisyys

Rakennushankkeeseen ryhtyvän on huolehdittava, että rakennus käyttötarkoituksensa ja ympäristöstä aiheutuvien olosuhteittensa edellyttämällä tavalla suunnitellaan ja rakennetaan siten, että se on terveellinen ja turvallinen rakennuksen sisäilma, kosteus-, lämpö- ja valaistusolosuhteet sekä vesihuolto huomioon ottaen. Rakennuksesta ei saa aiheutua terveyden vaarantumista sisäilman epäpuhtauksien, säteilyn, veden tai maapohjan pilaantumisen, savun, jäteveden tai jätteen puutteellisen käsittelyn taikka rakennuksen osien ja rakenteiden kosteuden vuoksi.

Käyttöturvallisuus

Rakennushankkeeseen ryhtyvän on huolehdittava siitä, että rakennus sen käyttötarkoituksen edellyttämällä tavalla suunnitellaan ja rakennetaan siten, että sen käyttö ja huolto ovat turvallisia. Rakennuksesta eikä sen ulkotiloista ja kulkuväylistä saa aiheutua sellaista tapaturman, onnettomuuden tai vahingon uhkaa, jota ei voida pitää hyväksyttävänä.

Esteettömyys

Rakennushankkeeseen ryhtyvän on huolehdittava, että rakennus ja sen piha- ja oleskelualueet suunnitellaan ja rakennetaan niiden käyttötarkoituksen, käyttäjämäärän ja kerrosluvun edellyttämällä tavalla siten, että esteettömyys ja käytettävyys otetaan huomioon erityisesti lasten, vanhusten ja vammaisten henkilöiden kannalta.

Meluntorjunta ja ääniolosuhteet

Rakennushankkeeseen ryhtyvän on huolehdittava, että rakennus ja sen oleskelu- ja piha-alueet niiden käyttötarkoituksen edellyttämällä tavalla suunnitellaan ja rakennetaan siten, että rakennuksen sekä rakennuspaikan piha- ja oleskelualueiden melualtistus ja ääniolosuhteet eivät vaaranna terveyttä, lepoa tai työntetoa.

Energiatehokkuus

Rakennushankkeeseen ryhtyvän on huolehdittava, että rakennus sen käyttötarkoituksen edellyttämällä tavalla suunnitellaan ja rakennetaan siten, että energiaa ja luonnonvaroja kuluu säästeliäästi. Energiatehokkuuden vähimmäisvaatimusten täytyminen on osoitettava laskelmilla.

Rakennuksen käyttö- ja huolto-ohje

Rakennushankkeeseen ryhtyvä vastaa siitä, että sellaiselle rakennukselle, jota käytetään pysyvään asumiseen tai työskentelyyn tai rakennusta varten tarvittavan rakennuspaikan tai tontin tekniseen hoitoon tai kunnossapitoon, laaditaan käyttö- ja huolto-ohje. Käyttö- ja huolto-ohje on laadittava myös rakennuksen korjaus- ja muutostyössä tai käyttötarkoituksen muutoksen yhteydessä silloin, kun toimenpide edellyttää rakennuslupaa.

Käyttö- ja huolto-ohjeen tulee sisältää rakennuksen käyttötarkoitus ja rakennuksen ominaisuudet sekä rakennuksen ja sen rakennusosien ja laitteiden suunniteltu käyttöikä huomioon ottaen tarvittavat tiedot rakennuksen asianmukaista käyttöä ja kunnossapitovelvollisuudesta huolehtimista varten.

Asuntosuunnittelu

Rakennushankkeeseen ryhtyvän on huolehdittava, että asumiseen tarkoitetut tilat suunnitellaan ja rakennetaan tarkoituksenmukaisiksi ja viihtyisiksi. Asuntosuunnittelulla on edistettävä asumiseen tarkoitettujen tilojen toimivuutta sekä soveltuvuutta erilaisiin ja muuttuviin asumistarpeisiin.

Rakennushankkeeseen ryhtyvän on erityisesti huolehdittava, että ympäristötekijät ja luonnonolosuhteet otetaan huomioon asuinrakennuksen sijoittelussa, rakennuksen tilojen järjestelyssä ja muussa asuntosuunnittelussa.

Määräykset, ohjeet ja standardit

Puurakenteet suunnitellaan voimassa olevien normien ja määräysten mukaisesti. EU- ja ETA-alueella rakenteet mitoitetaan Eurokoodien mukaisesti. Eurokoodit ovat kantavien rakenteiden suunnittelua koskevia eurooppalaisia standardeja. Eurokoodisarja koostuu tällä hetkellä 58 osasta. Eurokoodit kattavat varmuuden määrittämisperiaatteet, erilaiset kuormat kuten hyöty-, lumi- ja tuuli-, lämpö-, onnettomuus- ja nosturikuormat. Rakennusmateriaaleille on omat yksityiskohtaiset ohjeet. Standardien soveltaminen eri maissa vaatii kansallisten liitteiden (NA) laatimista.

Puumateriaalien suunnitteluarvot testataan harmonisoitujen eurooppalaisten tuotestandardien mukaisesti, mistä seuraa puutuotteen CE-merkintä. Ominaisuudet löytyvät kunkin tuotteen suoritustasoilmoituksesta.

Tärkeimmät puurakenteiden suunnittelussa tarvittavat normit:

- | | |
|------------------------------------|---------------------------------------|
| • SFS-EN-1990 Eurokoodi 0 +NA | Rakenteiden suunnitteluperusteet, |
| • SFS-EN 1991-1 Eurokoodi 1 + NA | Rakenteiden kuormat, osat 1-2 ja |
| • SFS-EN 1995-1-1 Eurokoodi 5 + NA | Puurakenteiden suunnittelu, osat 1-2. |
| • RIL 229 | Rakennesuunnittelun asiakirjaohje |

Näiden lisäksi on eri rakennusmateriaaleille omat suunnittelunorminsa (mm. betoni ja teräs). Kaikki rakenteet ja rakennusmateriaalit, joita käytetään kantavissa rakenteissa, ovat joko tyyppihyväksytyjä, CE-merkittyjä tai ETA-hyväksytyjä.

Standardi

Standardi on toistuvien ongelmien ratkaisuja esittävä asiakirja, joka perustuu asianosaisten yhteisymmärrykseen ja on tähän tehtävään tunnustetun elimen hyväksymä.

SFS:ssä standardi ja standardisointi tarkoittavat seuraavia asioita:

Standardi on kirjallinen julkaisu, jossa määritetään esimerkiksi tuotteiden ja palvelujen ominaisuuksia ja vaatimuksia tai järjestelmien toimintaa.

Standardisointi on yhteisten toimintatapojen, hyvien käytäntöjen, ratkaisujen ja vaatimusten laatimista.

Standardi on asiakirja, joka sisältää suosituksia, ohjeita tai vaatimuksia tietyistä aiheista.

- se voi olla joko painettu tuote tai digitaalinen tiedosto,
- pituudeltaan se voi vaihdella, mutta rakenne on aina sama ja
- esipuhe ja johdanto kertovat standardin taustoista.

Sitten kerrotaan, mihin asioihin standardia voi soveltaa ja mitä muita standardeja tulisi käyttää käsissä olevan standardin lisäksi.

Termit-osiossa listataan standardissa käytetyt termit ja niiden määritelmät.

Näiden jälkeen seuraa standardin varsinainen ydin eli tarkat vaatimukset, ja lopuksi on opastavaa sisältöä.

Standardi voi olla kansallinen, eurooppalainen tai kansainvälinen eli maailmanlaajuinen.

Yhdenmukaiset eli harmonisoidut standardit

EU:n virallisessa lehdessä mainittuja säädöksiin liittyviä eurooppalaisia standardeja kutsutaan yhdenmukaistetuiksi eli harmonisoiduiksi standardeiksi.

Yhdenmukaistetut standardit laaditaan ja julkaistaan EN-standardeina.

Kaikkien eurooppalaisten standardisointijärjestöjen on saatettava EN-standardit voimaan kansallisella tasolla.

Voimaansaattamisella tarkoitetaan, että kyseiset EN-standardit on asetettava saataville identtisinä kansallisina standardeina ja että kaikki niiden kanssa ristiriidassa olevat kansalliset standardit on kumottava.

Yhdenmukaistetut standardit sisältävät olennaiset vaatimukset, jotka kyseisellä standardilla on tarkoitus kattaa.

Yhdenmukaistettuja standardeja koskevat viitetiedot julkaistaan nykyisin komission täytäntöönpanopäätöksinä Euroopan unionin virallisen lehden L-sarjassa.

CE-merkintä

CE-merkintä on valmistajan tai maahantuojan vakuutus siitä, että tuote täyttää sitä koskevan EU-lainsäädännön vaatimukset.

EU-säädöksissä CE-merkintä vaaditaan aina tietyiltä tuoteryhmiltä kuten leluilta ja sähkölaitteilta.

Joissakin tuoteryhmissä CE-merkintä edellyttää testaamista.

CE-merkinnällä tuotteen valmistaja tai maahantuottaja ilmoittaa, että tuote täyttää EU:n säädösten vaatimukset ja on läpikäynyt asianmukaiset vaatimustenmukaisuuden osoittamismenettelyt.

CE-merkintä ei ole vapaaehtoinen, vaan sitä edellytetään tuotteilta, joita koskevat EU-direktiivien vaatimukset.

ETA-hyväksyntä

ETA-hyväksynnän antaa EOTAan (European Organisation for Technical Approvals) kuuluva hyväksymislaitos ja se on valmistaja- ja tuotekohtainen hyväksyntä CE-merkintää varten rakennustuotteelle, kun tuotteella ei ole harmonisoitua tuotestandardia.

ETA käsittää sertifiointin, testauksen ja valmistuksen laadunvalvonnan.

Tyyppihyväksynät ja varmennustodistukset

Erilaiset kansalliset tuotesertifiointit täydentävät rakennustuotteiden hyväksyntää Suomessa ja varmennustodistus on yksi näistä kansallisista tuotehyväksyntämahdollisuuksista.

Kansalliset tuotehyväksynät ovat mahdollisia tuotteille, joille ei ole pakollista CE-merkintää.

5.3 Suunnittelijat ja vaadittavat pätevyyydet

(YM, maankäyttö- ja rakennuslaki)

Pääsuunnittelija

Pääsuunnittelijan kelpoisuusvaatimuksista on asetuksessa (MRA 48 §) mainittu "asianomaiseen suunnittelutehtävään soveltuva rakennusalan korkeakoulututkinto taikka aikaisempi rakennusalan ammatillisen korkea-asteen tai sitä vastaava tutkinto sekä riittävä kokemus kyseisen suunnittelualan tehtävistä" sekä lisäksi "hyvät ammatilliset edellytykset huolehtia suunnittelun kokonaisuudesta".

Pääsuunnittelija on rakennuttajan luottohenkilö, joka tuo laajan osaamisen päätösten tekemisen tueksi jo rakennushankkeen alkumetreiltä lähtien. Pääsuunnittelijan mukaantulo on järkevää jo ennen tontin hankintaa, tällöin pystytään tutkimaan ja huomioimaan rakennuspaikan maasto-olosuhteet suhteessa kaava- ja rakennusmääräyksiin.

Pääsuunnittelija ohjaa ja valvoo suunnittelun edistymistä yhdessä rakennuttajan kanssa. Hän hankkii tarvittavat lähtötiedot (mm. maapohjatutkimus ja viemäröintiliittymä) ja huolehtii suunnitelmien ristiriitailanteista. Erityissuunnittelijat vastaavat jokainen omasta alueestaan ja niiden suunnitelmien oikeellisuudesta.

Pääsuunnittelijan tehtävät ja vastuut määritellään hänen ja rakennuttajan välisessä konsulttisopimuksessa.

Pääsuunnittelija huolehtii yhteydenpidosta eri viranomaisiin, mm. rakennusvalvontavirastoon, selvittäen kaavamääräysten ja paikallisten rakennusjärjestyksen toteutumisen laadituissa suunnitelmissa.

Pääsuunnittelija esittelee piirustusten luonnokset lupavalmistelijalle ja pääpiirustukset rakennuslupaliitteisiin, yleensä yhteistyössä arkkitehdin kanssa. Pääsuunnittelijan on osallistuttava viraston koollekutsumaan aloituskokoukseen yhdessä rakennuttajan ja vastaavan työnohtajan kanssa. Useilla paikkakunnilla, varsinkin pääkaupunkiseudulla, viranomaiset edellyttävät, että pääsuunnittelija hoitaa luonnosesittelyt ja lupahakemuksen sisään jätön sekä mahdollisen täydennysten toimittamisen virastoon.

Vastaava rakennussuunnittelija

Vastaavana rakennussuunnittelijana toimi yleensä arkkitehti tai rakennusarkkitehti. Vastaavan rakennussuunnittelija toimii eri vaiheessa alkaen luonnossuunnittelusta aina rakennuksen käyttöönottotarkastukseen asti. Rakennussuunnittelijan tärkeimmät tehtävät ovat:

- täydentävien teknisten asiakirjojen laatiminen: rakennusselostus, huoneselostus, maalaus- ja tasoitustyöselostus, kalustetyöselostus ja muut rakennustyöselostukset sekä
- rakennustyön valvonta ja osallistuminen työmaakokouksiin sekä tarkastuksiin.

Vastaava rakennesuunnittelija

Kokonaisuudesta vastaava suunnittelija on nimettävä vastaavaksi rakennesuunnittelijaksi. Vastaavan rakennesuunnittelijan on oman suunnittelutehtävänsä lisäksi huolehdittava siitä, että erillistehtävinä laaditut rakenteiden, rakennusosien ja rakennejärjestelmien suunnitelmat muodostavat keskenään toimivan kokonaisuuden. Vastaavan rakennesuunnittelijan pitää olla yksi kohteen rakennesuunnittelijoista. Ilmoitetun suunnittelijan tulee olla luonnollinen henkilö, joka on suostunut tehtävään. Kaikki kohteen rakennesuunnitelmat toimitetaan vastaavalle rakennesuunnittelijalle ja hän tarkastaa suunnitelmien kokonaisuuden riittävyyden, toimivuuden ja yhteensopivuuden.

5.4 Rakennusten suunnittelussa laadittavat asiakirjat

(YM, maankäyttö- ja rakennuslaki)

Pääpiirustukset

Lupahakemukseen on liitettävä rakennuksen pääpiirustukset kahdeksi samanlaiseksi sarjaksi sidottuna. Pääpiirustuksia ovat asemapiirros sekä pohja-, leikkaus- ja julkisivupiirustukset. Piirustukset tulee laatia Suomen rakentamismääräyskokoelman osan A2 määräysten ja ohjeiden mukaisesti. A2-ohjeista löytyvät myös tiedot, mitkä asiat piirustuksissa on esitettävä. Mikäli piirustukset esitetään tulostettavana versiona, ne taitellaan A4 kokoon nimiösivu päällimmäisenä. Piirustusten vasempaan reunaan kiinnitetään 80 mm reikävälein varustettu nidontaliuska.

Rakentamista koskevan suunnitelman esitystavan tulee olla selkeä ja noudattaa yleisesti käytössä olevaa hyvää piirustustapaa. Lupahakemukseen liitettävien piirustusten tulee olla alkuperäispiirustusten valokopioita tai laatutasoltaan vastaavia. Valokopioitaessa piirustusmerkintöjen värin tulee olla musta. Kopioiden pohjan tulee olla kauttaaltaan vaaleita ja tasasävyisiä. Ruutu- tai millimetripaperille laadittuja piirustuksia ei hyväksytä. Piirustusten tulee olla rakennuskohteen vaativuus huomioiden riittävän pätevän suunnittelijan laatimat (nimi ja ammatti).

Piirustusten oikeaan alakulmaan sijoitetaan nimiö. Nimiöön merkitään tiedot rakennuspaikasta sekä piirustuksen sisällöstä ja suunnittelijasta. Nimiösivu jätetään muutoin vapaaksi piirroksista viranomaisten merkintöjä varten.

K.osa / Kylä 10	Kortteli / Tila Kivikko	Tontti / Rn:o 1098				
Rakennustoimenpide Laajennus			Piirustustyyppi Pääpiirustus			
Rakennuskohde Ammattiopisto Lappia, puuntyöstöhalli Puuntyöstöhalli Sammonkatu 4, 94600 Kemi			Piirustuksen sisältö: Pohjapiirustus 1:100			
Suunnittelija: Matti Mylly, RI Sammonkatu 4, 94600 Kemi Puh. 040-545						
Pvm. 14.09.2012	Allekirj.		Suunnitteluala: ARK	Työn n:o: 0001	Piir. n:o: 02	Muutos:

179-405-9-179

179-32-7-6
a = 1444 m²

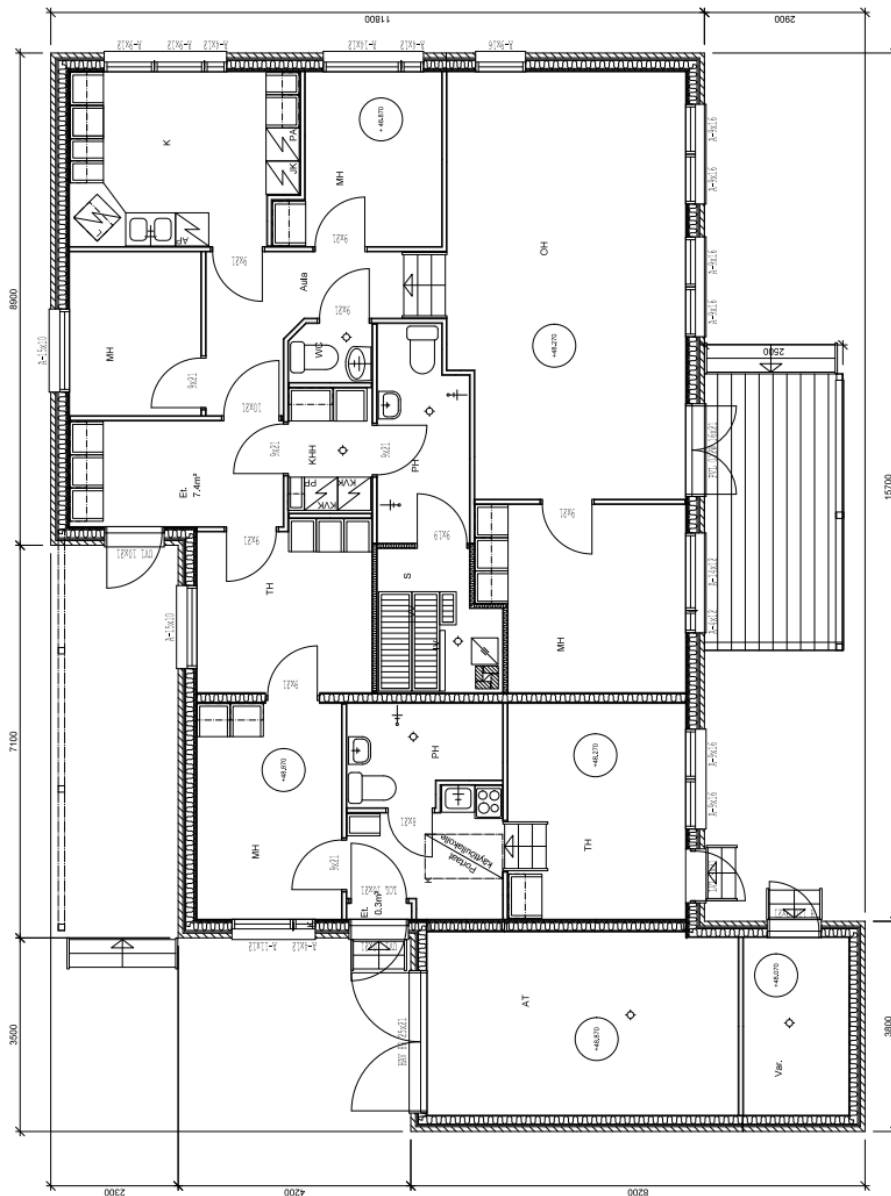
LATTIA n. 82.40

LATTIA n. 82.40

2 ap

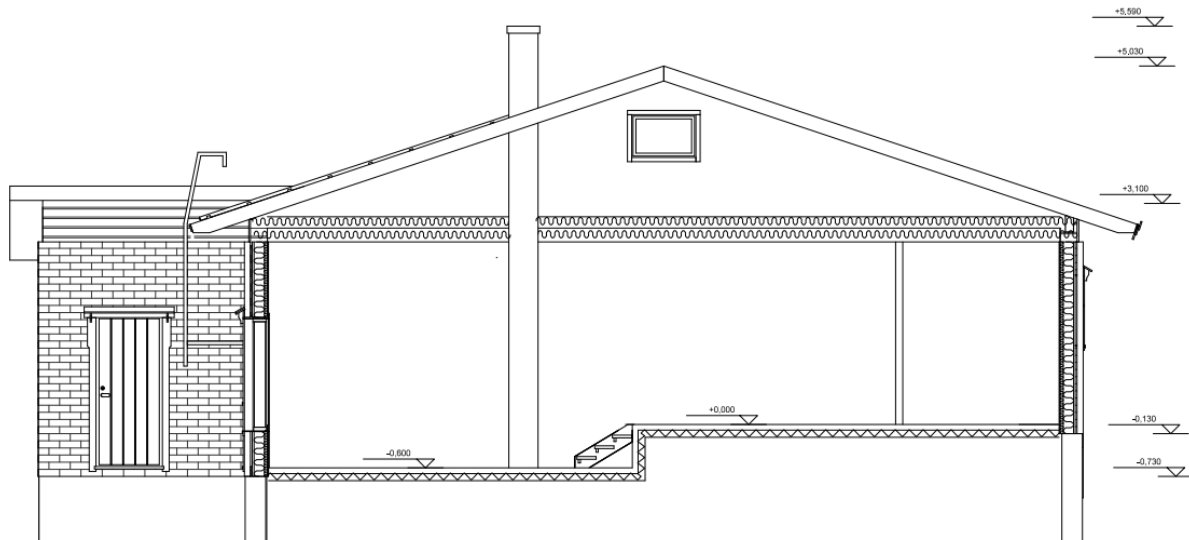
17.12.2014

Pohjapiirrokset laaditaan rakennuksen kaikista kerroksista sekä kellarista, ullakosta ja vesikatosta. Käytettävä mittakaava pienissä kohteissa on 1:50, suurissa myös 1:100 on mahdollinen.



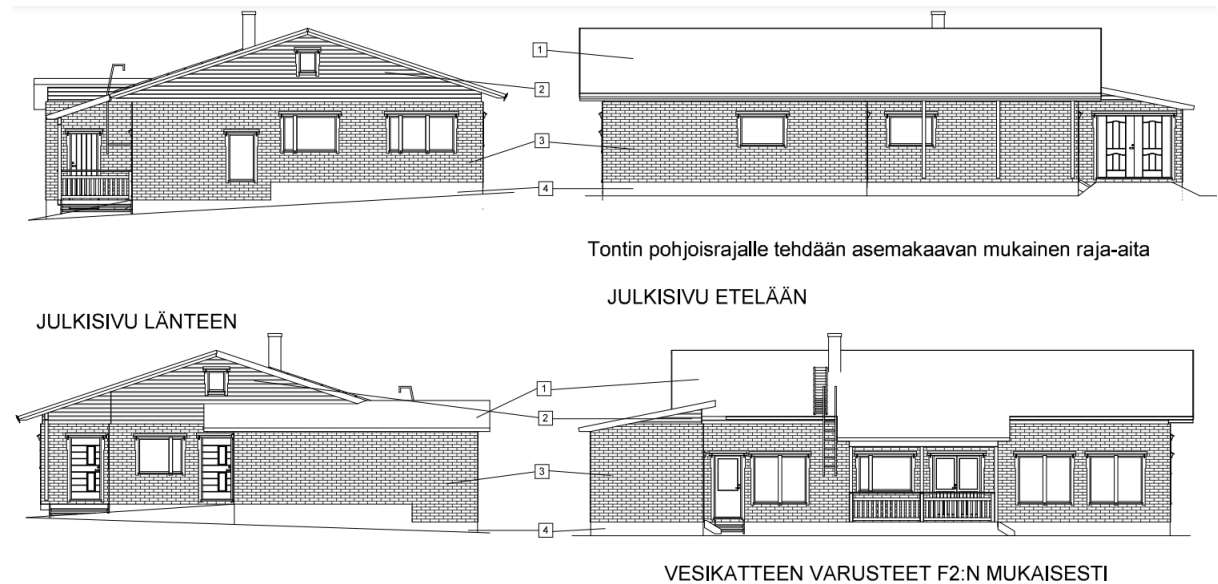
Leikkauspiirrokset tulee laatia kaikista rakennuksen rakenteiden ja ominaisuuksien osoittamiseksi tarpeellisista kohdista. Leikkauspiirustuksissa käytetään mittakaavaa 1:50. Rakenteiden perusratkaisut esitetään rakenteiden poikkileikkauspiirroksina, ns. rakennetyypeinä, joissa kuvataan ulko- ja väliseinä-, ala-, väli-, ja yläpohja sekä vesikattorakenteet ja savuhormirakenteet. Rakennetyyppien paikannus merkitään pohja- ja leikkauspiirrokseen. Rakennetyypit soveltuvat yleensä esitettäväksi leikkauspiirustuksissa.

LEIKKAUS A-A



Julkisivupiirrokset laaditaan rakennuksen kaikista sivuista vesikaton näkyvine osineen. Julkisivupiirroksien tulee osoittaa, että suunniteltu rakentaminen arkkitehtuuriltaan täyttää kauneuden ja sopusuhtaisuuden vaatimukset huomioon ottaen rakennus sellaisenaan sekä sen suhde ympäröiviin rakennuksiin ja maisemaan. Julkisivupiirrokset laaditaan yleensä samaan mittakaavaan kuin pohja- ja leikkauspiirrokset.

Rakennuksen julkisivu



Rakennusluvassa voidaan määrätä erityissuunnitelmien laatimisesta ja toimittamisesta rakennusvalvontaviranomaiselle. Tarvittavia erityissuunnitelmia ovat useimmiten rakennesuunnitelmat sekä ilmanvaihto- ja kiinteistön vesi- ja viemärlaitteistosuunnitelmat. Erityissuunnitelmat laatii Suomen rakentamismääräyskokoelmassa esitetyt kelpoisuusehdot täyttävä suunnittelija.

Lupapiste

Lupapiste on virtuaalinen työtila rakennuslupa-asioiden hoitamiseen kansalaisille, yrityksille ja viranomaisille. Palvelu tarjoaa ajantasaisen näkymän lupaprosessin etenemiseen kaikille asianosaisille tahoille, kuten rakennushankkeeseen ryhtyvälle, pääsuunnittelijalle ja rakennusvalvonnalle. Lupapiste on virastojen aukioloajoista riippumaton, joten asiointi onnistuu milloin tahansa. Suurimmassa osassa Suomen kunnista rakennusluvut hoidetaan Lupapisteen kautta. Lupapisteeseen on pääsyoikeus kohdekohtaisesti kaikille niille luonnollisille henkilöille, joille rakennushankkeeseen ryhtyvä luvan myöntää. Lupapistestä jokainen henkilö näkee kaikki ne kohteet, joissa on Lupapisteen kautta ollut osallisena. Lupapisteeseen kirjaututaan henkilön omilla tunnuksilla.

Sähköinen hakemus on vuorovaikutteinen työtila kaikille hankkeen osapuolille. Hankkeen tietoja voidaan täydentää missä järjestyksessä tahansa ja viranomaisen kanssa voidaan käydä keskustelua hankekohtaisen keskusteluikkunan kautta. Hakemukselle kirjoitetut tiedot tallentuvat automaattisesti ja hakemustietoja voidaan muokata aina siihen asti, kunnes hakemus siirretään viranomaisen toimesta käsittelyyn. Kun hakemukselle on annettu päätös, ilmoittaa palvelu tästä sähköisesti hankkeella mukana olevia osapuolia. Päätöksen antamisen jälkeen hakemusnäkyminen muuttuu tukemaan rakentamisen aikaista toimintaa. Rakentamisen aikaista asiointia edistetään tallentamalla tarpeellisia tietoja ja suunnitelmia hankkeen etenemisen myötä. Kaikki rakennushankkeeseen laaditut piirustukset ja suunnitelmat voidaan kirjata Lupapisteeseen digitaalisessa muodossa. Suunnitelmat ja lupapiirustukset voidaan myös allekirjoittaa sähköisesti. Näin paperille tulostettuja piirustuksia ei välttämättä enää tarvita rakennuslupan hankkimiseen.

Lupapiste FI								
Ilmoitukset	Tyyppi	Sijainti	Toimenpide	Hakija	Jätetty	Päivitetty	Tila	
	Hakemus	Vehkakuja 6, Kemi	Rakennuksen sisätilojen muutos (käyttötarkoitus ja/tai muu merkittävä sisämuutos)		14.12.2018 14:32	18.12.2019 07:54	Valmistunut	
☆	Hakemus	Urheilukatu 9, Kemi	Autokatoksen tai muun katoksen tai vajan (esim. grillikatos, venevaja) rakentaminen		11.5.2018 07:59	8.11.2019 08:08	Valmistunut	
☆ 30	Hakemus	Larintie 37, Kemi	Uuden varaston, autotallin tai muun talousrakennuksen rakentaminen		21.3.2018 19:26	4.11.2019 10:51	Valmistunut	
	Ilmoitus	Larintie 37, Kemi	Työnjohtajan nimeäminen		23.5.2018 11:00	21.8.2018 12:49	Ilmoitus hyväksytty	

Näkymä lupapisteen etusivulta

5.5 Rakennesuunnitelmat

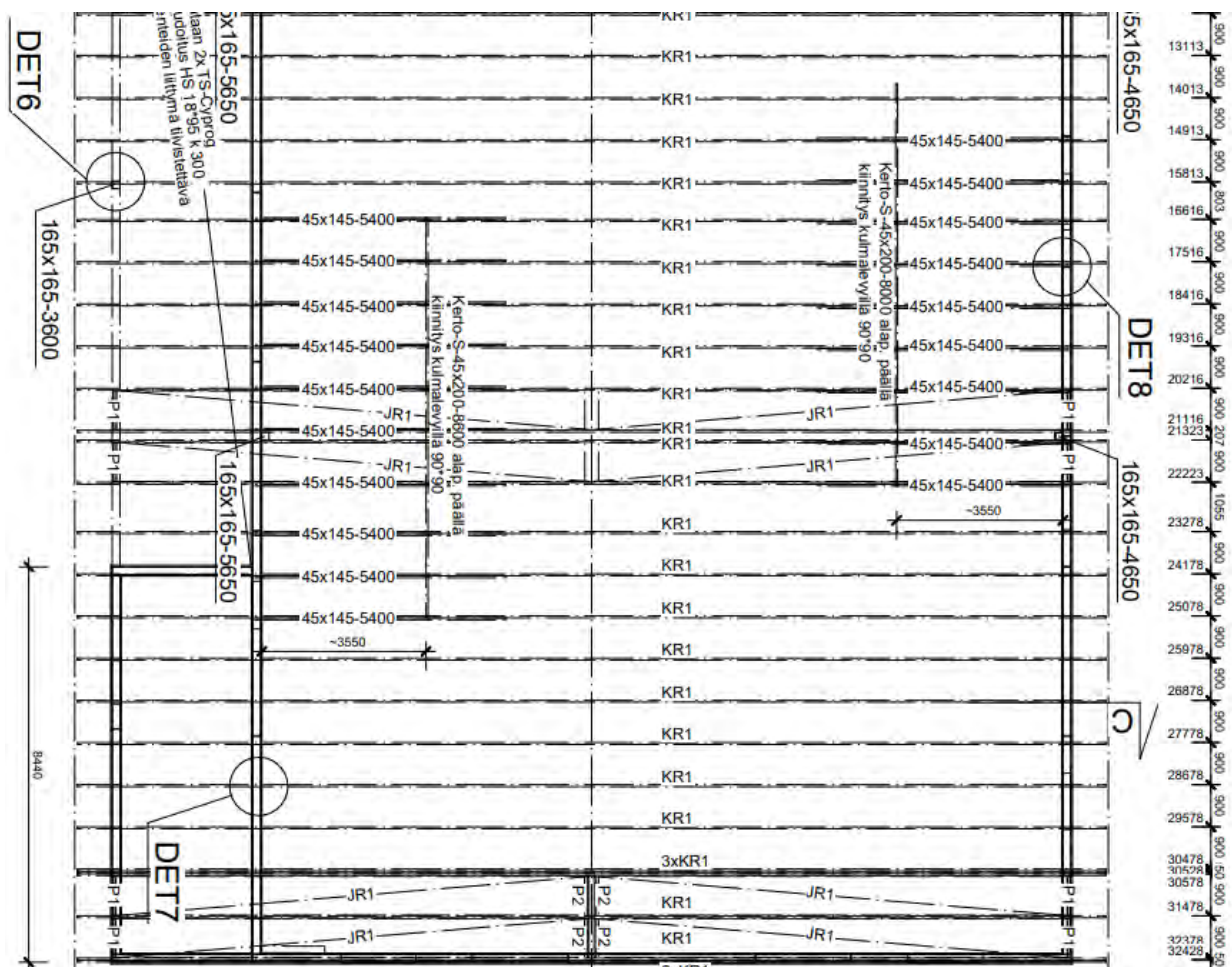
Rakennesuunnitelmien sisältö

Suunnitelmissa tulee osoittaa kantavien rakenteiden kestävyys ja mitat työn suoritusta varten sekä rakenteiden lämmön-, kosteuden- ja vedeneristykset. Suunnitelmissa tulee olla riittävät ohjeet työn suoritusta varten. Suunnitelmat tulee laatia siten, että ne mahdollistavat viranomaistarkastuksen. Rakennesuunnitelmiin kuuluvat:

- perustuksen tasopiirros ja perustusleikkauskuvat,
- vesikaton ja mahdollisten välipohjien tasopiirustukset palo-osastointimerkinnöin,
- mahdolliset elementtisuunnitelmat,
- mahdolliset kattoristikkosuunnitelmat,
- rakenneleikkaukset ja detaljit kaikista olennaisista kohdista (perustus, yläpohja, vesikatto, märkätilat ja palo-osastoinnit) ja
- rakennetyypit u-arvoineen.

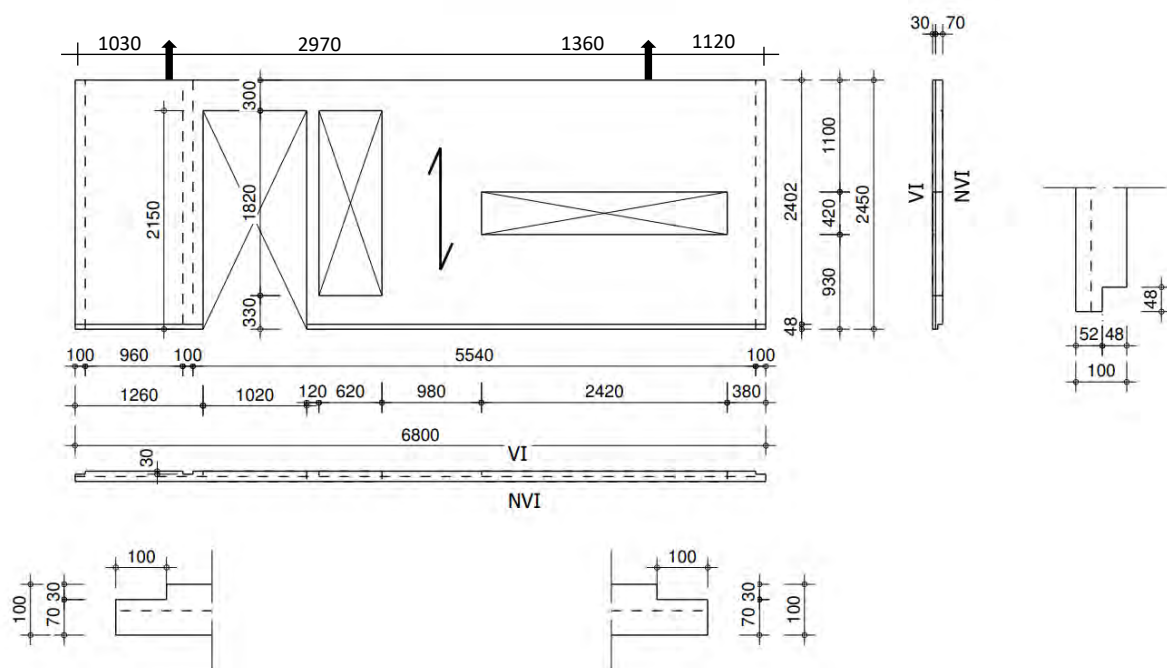
Tasopiirustukset

Tasopiirustukset ovat joko kerrosta tai rakennusosaa esittävä piirustus. Tasopiirustus tehdään vaakasuuntaan ja niissä esitetään kaikki kantavat ja osastoivat ja huomattavaa kuormaa aiheuttavat rakenteet. Tasopiirustuksissa esitetään rakennusosien nimet sekä riittävästi mittoja niiden asentamista varten. Lisäksi rakennusosista esitetään ainakin päämitat, dimensiot, valmistusmateriaali sekä lujuusluokka.



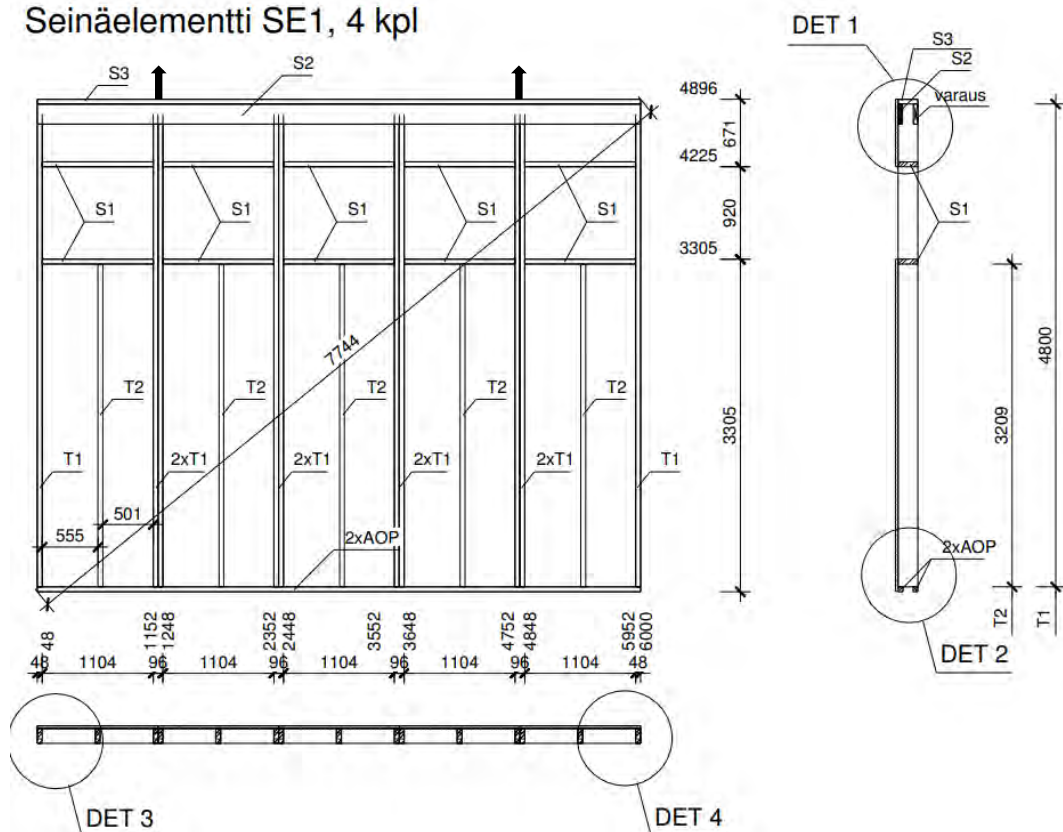
Rakennusosapiirustus / elementtipiirustus

Rakennusosapiirustuksissa esitetään pääprojektion lisäksi ainakin leikkauskuvat kahdesta eri suunnasta. Pääprojektiio kuvataan yleensä siitä suunnasta, miten se asetetaan elementtipöydälle. Piirustuksen asettelussa olisi hyvä noudattaa ISO-standardin mukaista piirustustapaa. Piirustuksiin laitetaan riittävät mittatiedot, jotta se voidaan valmistaa.



CLT-elementtipiirustus, nuoli osoittaa pintalamellien ja levyn kantavuuden suunnan.

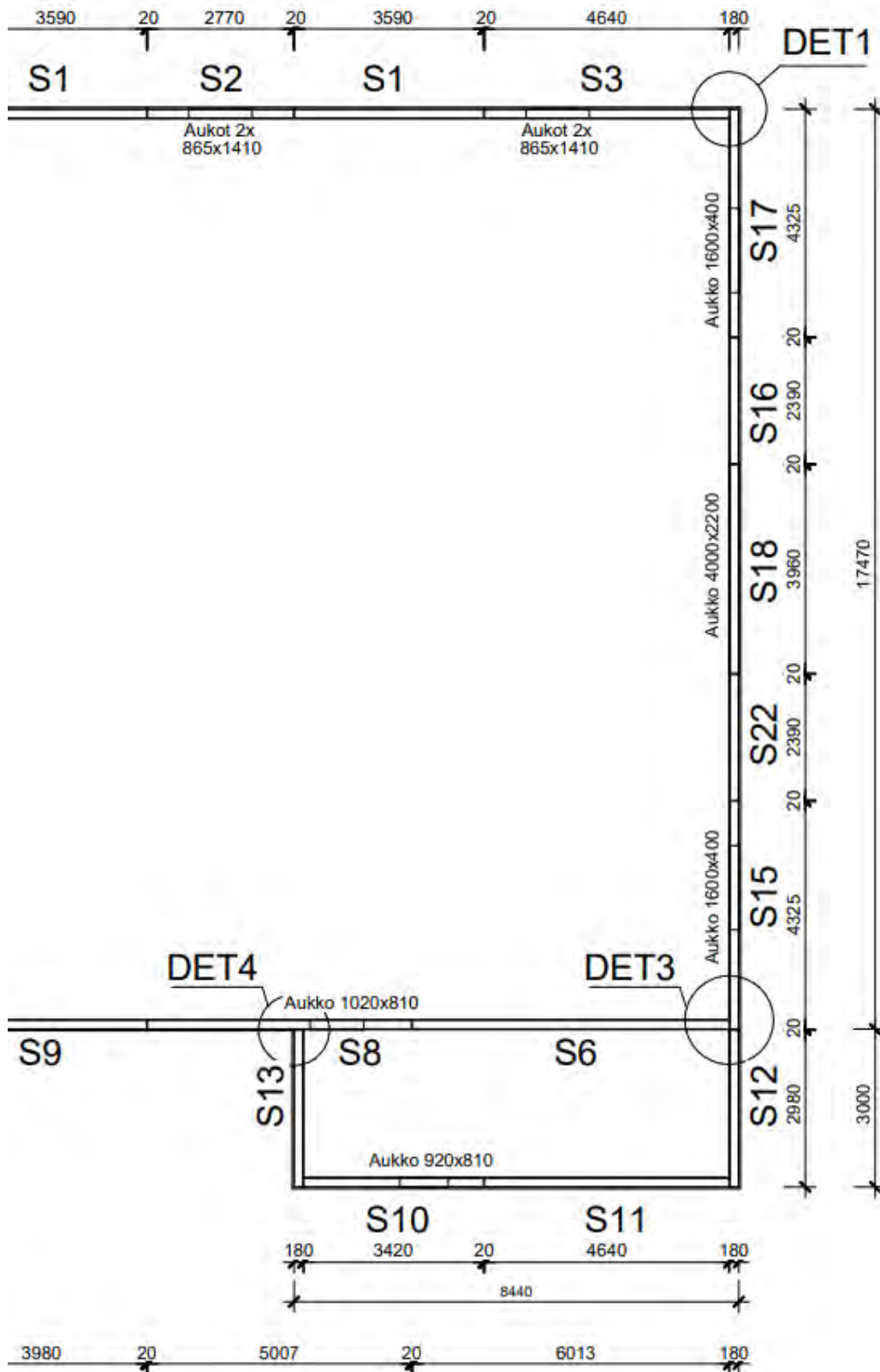
Seinäelementti SE1, 4 kpl



Rankarakenteisen seinäelementin runkopiirustus

Kokoonpanopiirustus

Kokoonpanopiirustus muodostuu useasta eri rakenneosasta, jotka kootaan yhteen joko tehtaalla tai työmaalla. Piirustukseen merkitään osien tunnus ja riittävästi mittoja, jotta osat voidaan asentaa oikein. Lisäksi niissä esitetään ainakin osien liittämistapa kiinniketarvikkeineen sekä riittävä määrä leikkaus- ja detaljipiirustuksia.

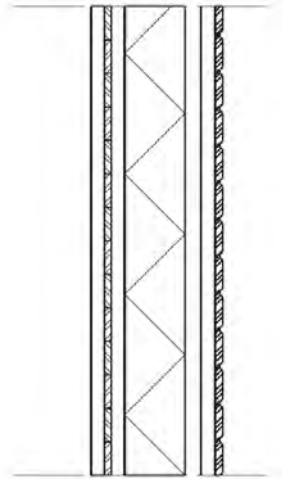


Esimerkki seinäelementtikaaviosta

Rakennetyypit

Rakennetyyppiirustuksessa esitetään rakenteen materiaalit ja materiaalivahvuudet u-arvoineen. U-arvojen laskennassa voidaan käyttää materiaalivalmistajan antamia arvoja, jos sellaiset ovat olemassa. Muussa tapauksessa käytetään yleisesti hyväksyttyjä arvoja.

US1, ulkoseinä



CLT-levy 40/20/40, 100mm
Tuulensuojaeriste, Paroc Cortex One, 180 mm
Tuuletusrakorima 48x48 k 600
Tuuletusrakorima 48x40 k 600
Ulkooverhouslauta UYW 28x170

Rakenteen YP1 U-arvo on $0,157 < 0,170$ (sallittu)

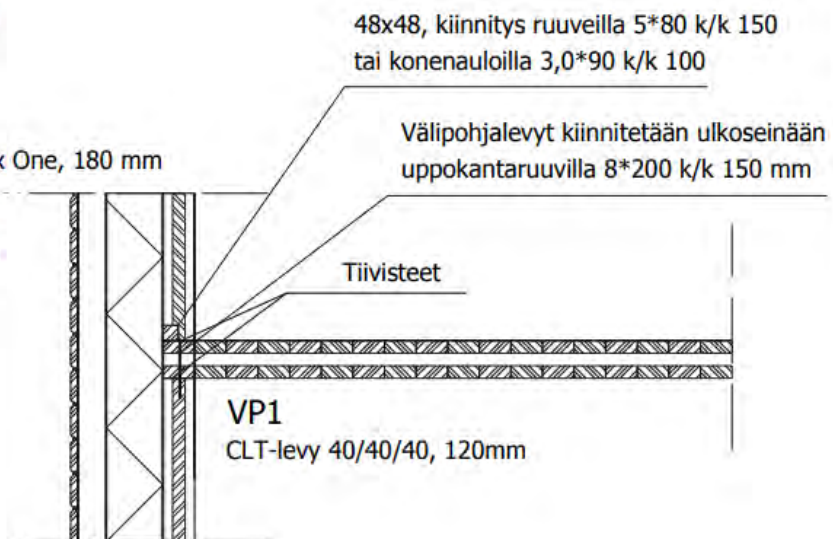
Rakennedetaljit

Mikäli tuotteiden valmistus tai asentaminen vaatii yksityiskohtaisempia tietoja kuin mitä taso- tai kokoonpanopiirustuksessa on järkevää esittää, tehdään siitä detaljipiirustus. Detaljeja käytetään usein esim. liitosten esittämisessä. Detaljin paikka on esitettävä siihen liittyvässä taso- tai kokoonpanopiirustuksessa.

Välipohja US1/VP1

US1

CLT-levy 40/20/40, 100mm
Tuulensuojaeriste, Paroc Cortex One, 180 mm
Tuuletusrakorima 48x48 k 600
Tuuletusrakorima 48x40 k 600
Ulkooverhouslauta UYW 28x170



CLT-rakenteisen rakennuksen välipohjan ja ulkoseinän liittymä

Muut piirustukset

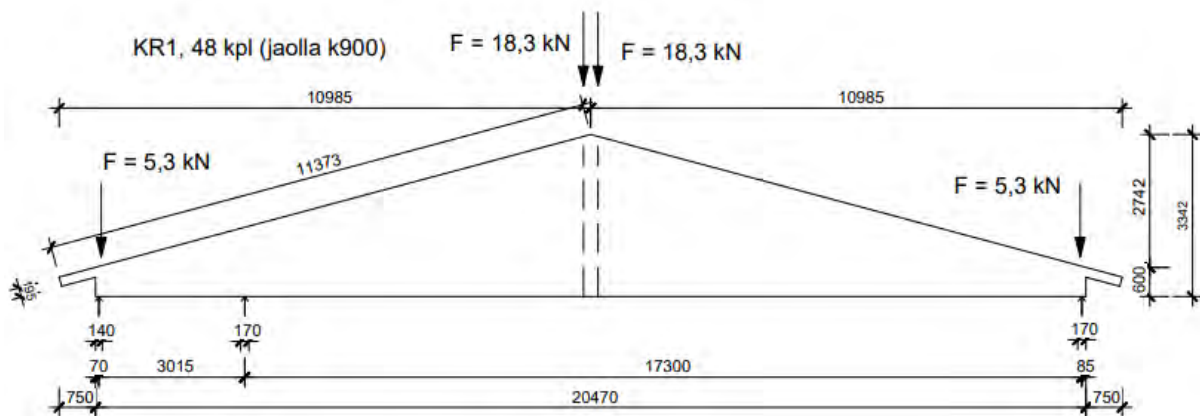
Rakennesuunnittelu voi sisältää myös muita piirustuksia kohdekohtaisesti. Muita piirustuksia ovat esimerkiksi ristikkokaaviot, varsinaiset NR-kannakelaskelmat, nosturilinjan palkkien ja pilarien mitoitus kannatusconsoleineen ja raskaiden koneiden vaatimat perustukset.

Jos vesikatto rakennetaan valmiilla naulalevyristikoilla, niin tarvitaan jokaisesta ristikkotyypistä ristikkokaavio. Ristikkokaavion perusteella tehdään varsinainen naulalevyristikkosuunnitelma, jonka laatii siihen päteväytynyt henkilö. Naulalevyristikoista on tarkemmin luvussa 11.

Maalaushalli
Ristikot KR1 ja KR2
Suunn: M. Mylly
Puh. (040) 545 4069
e-mail: martti.mylly@llai.fi
Pvm. 3.4.2007

Kuormat:
- lumi $2,20 \text{ kN/m}^2$
- yläpaarre $0,40 \text{ kN/m}^2$
- alapaarre $0,40 \text{ kN/m}^2$
- tuuli $0,87 \text{ kN/m}^2$

Ristikkojako k900



Kuormitustapaus 1: ei pistekuormaa, k-jako 900

Kuormitustapaus 2: pistekuorma, k-jako 450, kahden ristikon nippu

Kuormitustapaus 2: voi käyttää myös kolmen ristikon nippua

Esimerkki ristikkokaaviosta

Rakennelaskelmat

Rakennelaskelmat on esitettävä tarvittaessa. Rakennelaskelmat on laadittava niin, että niiden luotettavuus voidaan osoittaa.

Rakennelaskelmissa esitetään ainakin:

- rakenneosien mitoitus: rakenteiden ja liitosten kantavuus huomioiden rakennemallin, kuormat ja materiaalin ominaisuudet,
- stabiiletti: rakenne- ja rakennusosien jäykistäminen vaakavoimia, pääosin tuulikuormia vastaan sekä
- rakennusfysikaaliset laskelmat: rakenteiden toiminta niihin kohdistuvissa kosteus- ja lämpöolosuhteissa.

Rakennuksen tietomallit (BIM)

Rakennuksen tietomalli BIM, (Building Information Model) on rakennuksen ja rakennusprosessin koko elinkaaren aikaisten tietojen kokonaisuus digitaalisessa muodossa. Tietomalli on tieto + geometria Tietomalli on rakentamisen tiedonhallinnan toimintamalli, jossa tietojen kokonaisvaltainen hallinta tapahtuu tieto- ja informaatiotekniikan (ICT) avulla

Jokainen suunnittelijaosapuoli laatii omat tietomallinsa, joista tuotetaan yhdistelmämallit rakennushankkeen käyttöön. Suunnittelijaosapuolia ovat rakennus- (arkkitehti), rakenne-, talotekniikka- ja sähkösuunnittelu.

Tietomallin käyttötarkoituksia:

- suunnitelmien laadunvarmistukseen,
- suunnitelmien yhteensovittamiseen ja risteilytarkastuksiin,
- suunnittelun ohjaukseen ja valvontaan,
- määrä- ja kustannuslaskentaan,
- havainnollistamiseen,
- talotekniikan analyysihin,
- energia-analyysihin,
- rakentamiseen,
- rakentamisen ohjaukseen ja valvontaan sekä
- käyttöön ja ylläpitoon.

Tietomallintamisen käyttö suunnittelutapana vaikuttaa hankkeen läpivientiin, organisointiin, vaiheistukseen, aikatauluun ja koordinointiin perustavalla tavalla. Tietojen avulla voidaan suunnitella, analysoida ja hallita rakentamisen, käytön ja ylläpidon kustannuksia sekä esimerkiksi tarkastella rakennettavuutta Tietomallin avulla saadaan enemmän tietoa tavoitteen mukaiseen ohjaukseen ja tärkeiden päätösten perustaksi.



BIM-mallinnus, kuva Vertex Oy.

Muut asiakirjat

Tuotteiden suunnitteluun ja valmistamiseen tarvitaan lisäksi täydentäviä asiakirjoja tarpeen mukaan. Yleisimpiä ovat suunnittelun lähtötiedot, rakennustyöselitys, elementti- ja osaluettelot, määrälaskentaluettelot sekä kuormauskaavio. Asiakirjat ja niiden sisältö ovat kohde- ja tuotantolaitoskohtaisia.

Piirustusluettelo		CLT-halli	Sammonkatu 4, 94600 Kemi				
Tunnus	Piirustuksen sisältö	Laatija	Pvm.	Rev.	Rev. pvm.	Koko	Mittakaavat
ARK-00	CLT-hallin 3D-malli	Yliniemi/Mylly	14.9.2012				
ARK-01	Asemapiirustus	Martti Mylly	14.9.2012	a	6.11.2012	A1	1:200
ARK-02	Pohjapiirustus	Martti Mylly	14.9.2012	b	21.2.2014	A1	1:100
ARK-03	Julkisivupiirustukset ja leikkaus	Martti Mylly	14.9.2012	b	21.2.2014	A1	1:100, 1:200
RAK-01	Maanrakennuspiirustus + poikkileikkaukset	Martti Mylly	25.10.2012	c	20.12.2012	A1	1:100, 1:50
RAK-02	Anturapiirustus + detaljit	Martti Mylly	27.9.2012	d	20.12.2012	A1	1:100, 1:20
RAK-03	Perustuspiirustus + detaljit	Martti Mylly	27.9.2012	e	20.12.2012	A1	1:100, 1:20
RAK-04-1	Perustuselementti PE 1 + detaljit	Martti Mylly	30.10.2012			A3	1:20, 1:10
RAK-04-2	Perustuselementti PE 2 + detaljit	Martti Mylly	30.10.2012			A3	1:20, 1:10
RAK-04-3	Perustuselementti PE 3 + detaljit	Martti Mylly	30.10.2012			A3	1:20, 1:10
RAK-04-4	Perustuselementti PE 4 + detaljit	Martti Mylly	30.10.2012			A3	1:20, 1:10
RAK-04-5	Perustuselementti PE 5 + detaljit	Martti Mylly	30.10.2012			A3	1:20, 1:10
RAK-04-6	Perustuselementti PE 6 + detaljit	Martti Mylly	30.10.2012			A3	1:20, 1:10
RAK-04-7	Perustuselementti PE 7 + detaljit	Martti Mylly	30.10.2012			A3	1:20, 1:10
RAK-04-8	Perustuselementti PE 8 + detaljit	Martti Mylly	30.10.2012			A3	1:20, 1:10
RAK-04-9	Perustuselementti PE 9 + detaljit	Martti Mylly	30.10.2012			A3	1:20, 1:10
RAK-04-10	Perustuselementti PE 10 + detaljit	Martti Mylly	30.10.2012			A3	1:20, 1:10
RAK-05	Alaohjauspuiden mittapiirustus + ulkoseinädetaljit	Martti Mylly	30.11.2012			A1	1:100, 1:20
RAK-06	Hallin tasopiirustus + rungon liittymädetaljit	Martti Mylly	19.12.2012	a	21.12.2012	A1	1:100, 1:20
RAK-07-01	Seinäelementti SE 1 + detaljit	Martti Mylly	13.12.2012			A3	1:50, 1:20
RAK-07-02	Seinäelementti SE 2 + detaljit	Martti Mylly	13.12.2012			A3	1:50, 1:20
RAK-07-03	Seinäelementti SE 3 + detaljit	Martti Mylly	13.12.2012			A3	1:50, 1:20
RAK-07-04	Seinäelementti SE 4 + detaljit	Martti Mylly	13.12.2012			A3	1:50, 1:20
RAK-07-05	Seinäelementti SE 5 + detaljit	Martti Mylly	13.12.2012			A3	1:50, 1:20
RAK-07-06	Seinäelementti SE 6 + detaljit	Martti Mylly	13.12.2012			A3	1:50, 1:20
RAK-07-07	Seinäelementti SE 7 + detaljit	Martti Mylly	13.12.2012			A4	1:50, 1:20
RAK-07-08	Seinäelementti SE 8 + detaljit	Martti Mylly	13.12.2012			A5	1:50, 1:20
RAK-07-09	Seinäelementti SE 9 + detaljit	Martti Mylly	13.12.2012			A6	1:50, 1:20
RAK-07-10	Seinäelementti SE 10 + detaljit	Martti Mylly	13.12.2012			A3	1:50, 1:20
RAK-07-11	Seinäelementit SE 11 ja SE12 + detaljit	Martti Mylly	13.12.2012			A3	1:50, 1:20
RAK-08	Kattorakenteiden tasopiirustus + detaljit	Martti Mylly	19.12.2012	a	18.4.2013	A1	1:100, 1:20
RAK-09	Kattoristikkokaaviot + kuormat	Martti Mylly	19.12.2013			A3	1:50

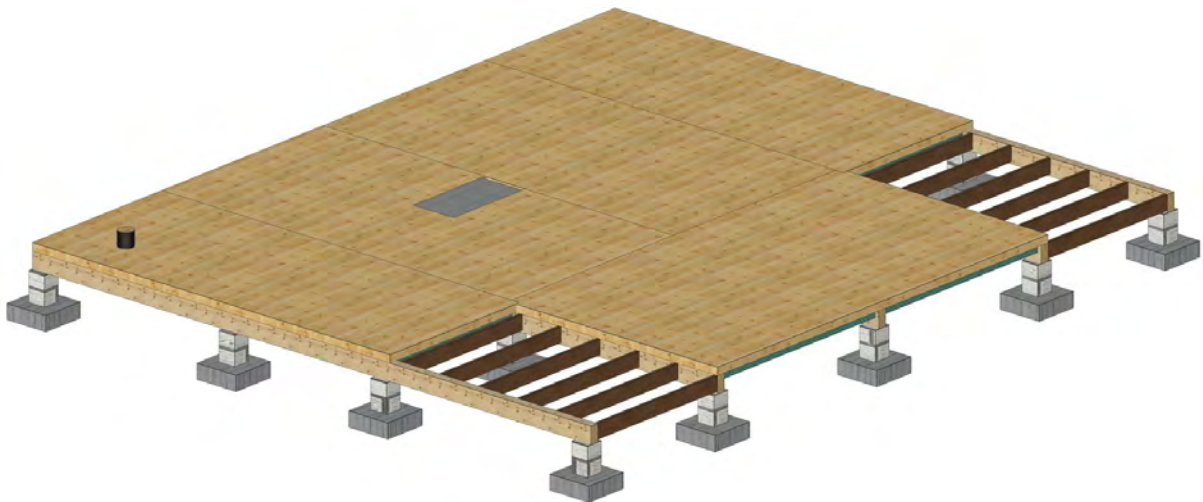
Esimerkki piirustusluettelosta

005 KEITTIÖ

Pinta/ rakennusosa	Pintamateriaali ja käsittely	Malli/ väri
Seinät	kipsilevyt: saumanauhoitus, tasointi ja 1 x pohjamaalaus, pintamaalaus kaappien välitila: laatoitus, hintaluokka 30 eur/m ²	maalarin valkoinen laatta tilaajan valinnan mukaan
Lattia	laminaatti KL32, hintaluokka 25 Eur/m ²	väri/malli tilaajan valinnan mukaan
Katto	MDF paneeli STP, päätypontattu, hintaluokka 15 eur/m ²	valkoinen, tilaajan valinnan mukaan
Kiinteä kalustus	yläkaapit ja alakaapit sekä laatikostot valkoinen kuultomaalattu puu: jarrulliset vetolaatit, ovissa sulkemista hidastavat saranat, uuni- / mikrokaapin vieressä työtaso + alakaapit, työtasot mdf-tasojä, pohjapiirustuksen ja kalustekuvan mukaan liesitaso keraaminen, uuni, liesituuletin, apk, jk ja pk	lasketaan urakkaan keskihintaisena perustasoisena keittiönä, lopullinen toteutus keittiösuunnitelman mukaan koneet lasketaan urakkaan keskihintaisina koneina, lopullinen valinta tilaajan mukaan
Ikkunat ja ovet	ikkunat julkisivukuvien ja rakennustapaselostuksen mukaan	valkoinen
Listat	jalkalistat MDF 12x42 tai laminaatin väriin kuultokäsittely mänty, kattolistat mänty 14x40 valkoinen 45 ast, ovi ja ikkuna peitelikat mänty 12x42	jalkalistat laminaatin väriin maalattu/ kuultokäsittely, kattolistat maalattu valkoinen, peitelikat maalattu valkoinen

Esimerkki huonekortista

6 Puurakenteiden ominaisuudet

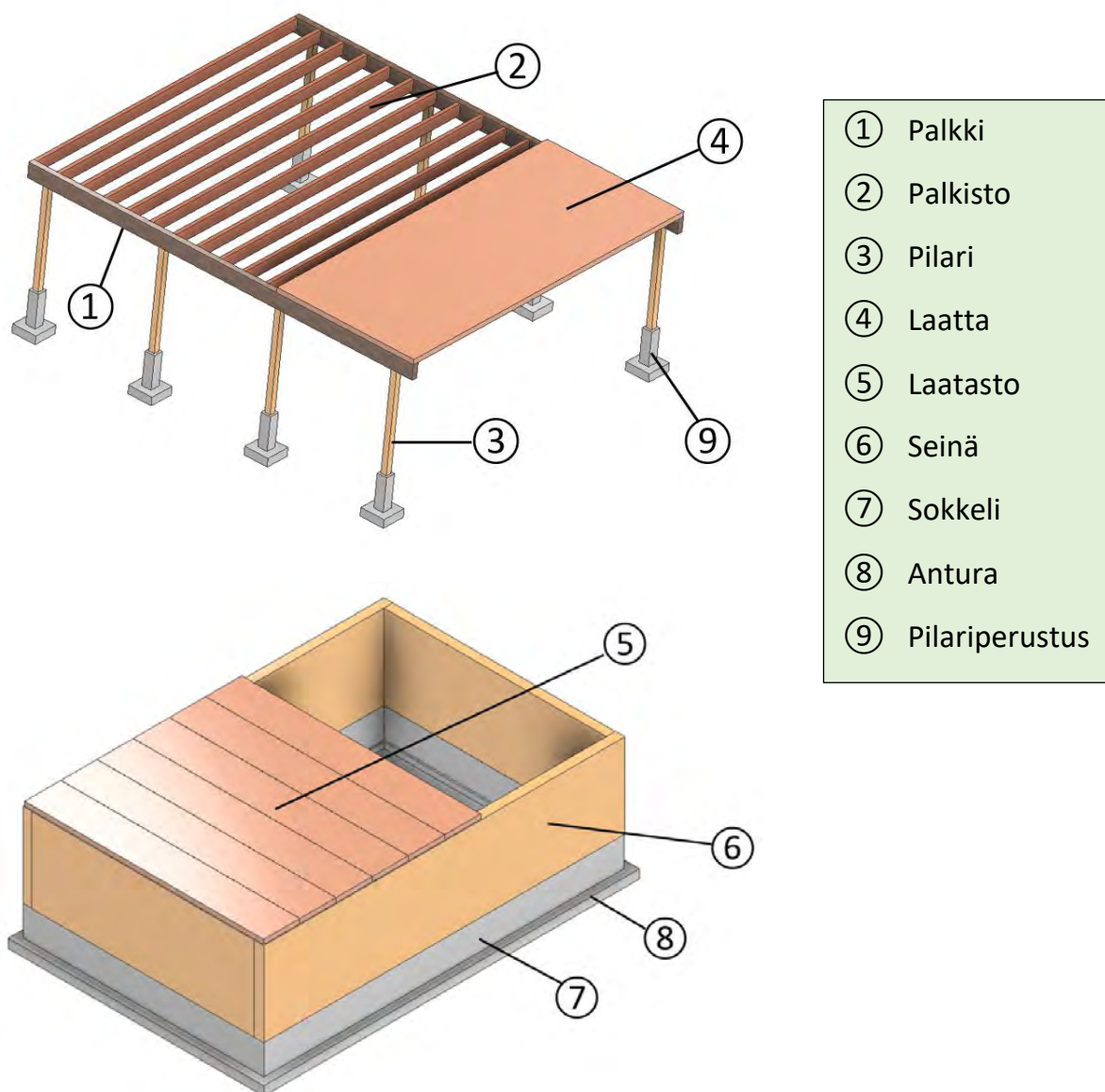


6.1 Puurakenteiden kantavuus ja jäykistys

Turvallinen rakennus on rakenteiltaan luja ja vakaa. Tämän varmistamiseksi rakennuksen tulee täyttää kantavien rakenteiden lujuuden ja vakauden perusvaatimukset. Rakenteellisen turvallisuuden merkitys korostuu rakennuksissa, joita käyttää suuri määrä ihmisiä ja joissa rakenteille asetetaan suurempia vaatimuksia pitkien jännevälien tai rakennuksen korkeuden vuoksi. Esimerkkinä vaativista puurakennuksista voidaan mainita puukerrostalot, isot hallirakennukset ja katsomot.

Kantavat rakenteiden suunnittelu perustuu eurokoodien käyttöön yhdessä ympäristöministeriön vahvistamien kansallisten liitteiden kanssa. tärkeimpiä eurokoodeja puurakenteiden suunnittelussa ovat rakenteiden kuormitusohjeet (EN-1991) ja puurakenteiden suunnitteluohjeet (EN-1995).

Yleisimmät puurakenneosat



① *Palkki*

Palkki on vaakarakenne, jolle kohdistuu viiva- ja pistekuormia. Palkki on yleensä tuettu molemmista päistään. Myös välitukien käyttö on mahdollista, jolloin sitä kutsutaan jatkuvaksi palkiksi. Palkki voidaan tukea myös siten, että palkin pää ulottuu tuen yli. Tällaista palkkia kutsutaan ulokepalkiksi.

② *Palkisto*

Palkisto on palkkiryhmän muodostama kokonaisuus. Palkistoja käytetään rakennuksissa ala-, väli- ja yläpohjarakenteissa. Myös kattoristikkojen muodostama kokonaisuus voidaan ajatella palkistoksi.

③ *Pilari*

Pilari on ohut ja kapea pystyrakenne, joka siirtää yleensä palkilta tai seinältä tulevia voimia alaspäin. Pilari tuetaan alaosasta perustukseen tai alapuoliseen vaaka- tai pystyrakenteeseen.

④ *Laatta*

Laatta on leveä vaakarakenne, jonka kantavat reunat tuetaan joko seinälle tai palkille. Laatta tuetaan reunoistaan joko seiniin tai palkkeihin. Laatta voi olla joko yhden suuntaan kantava (tuetaan kahdelta vastakkaiselta reunalta tai ristiin kantava (tuetaan jokaiselta reunalta).

⑤ *Laatasto*

Laattoja voidaan käyttää myös ryhmänä, jolloin muodostuu laatasto. Laataston laatat toimivat samaan tapaan kuin yksittäinen laatta.

⑥ *Seinä*

Seinä on leveä pystyrakenne. Seiniin voi kohdistua myös vaakavoimia lähinnä tuulikuormasta. Seinä sisältää yleensä aukkoja (mm. ikkunat ja ovet), joiden yläpuolinen osa tulee huomioida palkkirakenteena.

⑦ *Sokkeli*

Sokkeli on kapea, seinärakenteen alle tuleva betonista tai harkosta tehty perustusrakenne, joka tuetaan kantavaan maaperään. Sokkeli tulee yleensä vähintään 300 mm maanpinnan yläpuolelle, jotta se suojaisi riittävästi ulkoseinää roiskevesiltä. Sokkeli pitää rakentaa vähintään 600 maanpinnan alapuolelle, jotta routa ei pääse vaurioittamaan seinärakennetta.

⑧ *Antura*

Mikäli maaperän kantavuus ei riitä sokkelin alla, niin silloin tarvitaan antura sokkelin alle. Pientaloissa käytetään yleensä 600 mm leveää anturaa. Puukerrostaloissa tai suurissa puuhalleissa anturan leveys on huomattavasti suurempi.

⑨ *Pilariperustus*

Pilariperustusta käytetään yleensä rakennuksissa, joissa voimat tuodaan perustuksille pilareita pitkin. Pientaloissa voidaan käyttää myös pilariperustusta, jos alapohjarakenteena on ns. rossipohja.

Kantavien rakenteiden lujuus

Kantavat rakenneosat ottavat vastaan rakennuksen runkoon kohdistuvat käytöstä aiheutuvat kuormat sekä luonnonolosuhteista, kuten lumesta, tuulesta ja lämpötilaeroista johtuvat kuormat. Jotkin rakenteet mitoitetaan kestäämään myös muita poikkeuksellisia kuormia kuten onnettomuuskuormia. Kantavat rakenteet suunnitellaan yleensä kestäämään myös palonaikaisia rasituksia tietyn ajan. Tällä pyritään osaltaan turvaamaan henkilöiden poistuminen rakennuksesta palotilanteessa.

Kantavat rakenteet voidaan valmistaa monista eri rakennusaineista, ja samassakin rakennuksessa voidaan käyttää useita materiaaleja. Tavallisimpia kantavien rakenteiden rakennusaineita ovat betoni, teräs, puu sekä tiili- ja harkkorakenteet. Joskus käytetään näistä yhdistettyjä niin sanottuja liittorakenteita.

Suunnittelijan on otettava huomioon rakennuspaikasta johtuvat olosuhteet. Rakenteellisesti yhtenä kokonaisuutena toimivissa rakennuksissa on suositeltavaa käyttää vain yhtenäistä suunnittelu- ja toteutusjärjestelmää, jolloin voidaan luotettavasti todentaa rakenteiden kantavuus.

Rakennukseen kohdistuvat kuormat

Rakennukseen kohdistuu pysty- ja vaakakuormia. Pystykuormat on jaettu pysyviin ja muuttuviin kuormiin: pysyvät kuormat koostuvat rakenteiden omasta painosta kuten seinät, pilarit, palkit, välipohjalaatat, lattioiden tasotusvalut jne. ja muuttuvat pystykuormat ovat rakennuksen toimintoihin liittyviä kuormia kuten ihmiset, huonekalut, tavarat jne.

Rakennukseen kohdistuu myös vaakakuormia, jotka jaetaan pystykuormien lailla pysyviin ja muuttuviin kuormiin. Pysyvät vaakakuormat vaikuttavat usein kellaritiloissa, jossa kellarin seiniin kohdistuu maanpainetta. Muuttuvilla vaakakuormilla tarkoitetaan asuinrakennuksissa lähinnä tuulikuormia, joiden suuruus riippuu rakennuksen sijainnista, muodosta ja korkeudesta.

Kuormat voivat olla joko tasaista kuormaa, pistekuormaa tai viivakuormaa. Tasaiset kuormat ilmoitetaan arvolla kN/m^2 ja pistekuormat arvolla kN ja viivakuormat arvolla kN/m , joissa 1 kN vastaa 100 kg:n painoa.

Omapaino

Omapainolla tarkoitetaan rakenteista syntyvää painoa. Paino riippuu käytettävän materiaalin tiheydestä ja sen määrästä. Yleisimpien materiaalien ominaistiheyksiä:

- puu $0,5 \text{ kN/m}^3$
- betoni $2,5 \text{ kN/m}^3$
- teräs 78 kN/m^3
- tiili $1,3 \text{ kN/m}^3$

Levyjen ja eristeiden tiheydet määritellään tapauskohtaisesti. Levyjen tiheys vaihtelee $0,3\text{...}1,8 \text{ kN/m}^3$:n välillä. Eristeet ovat kevyitä, noin $0,1\text{...}0,4 \text{ kN/m}^3$.

Omapainoon lasketaan väli- ja yläpohja, vesikatto, ulkoseinät sekä betoni- ja tiili- ja massiivipuorakenteiset väliseinät. Rankarakenteiset kevyet väliseinät otetaan huomioon usein lisäkuormana, joka on suuruudeltaan $0,5 \text{ kN/m}^2$.

Lumikuorma

Lumikuorman suuruus määritetään Suomessa paikkakuntaakohtaisesti. Sen suuruus vaihtelee 2,0...3,5 kN/m² välillä. Lumikuorma suuruus riippuu paitsi paikkakunnasta myös katon muodosta ja kaltevuudesta.

Tuulikuorma

Tuulikuormaan vaikuttavat pääasiassa rakennuspaikan maasto (esimerkiksi rannikolla on huomattavasti suurempi tuulikuorma kuin kaupungin keskustassa) sekä rakennuksen korkeus. Tuulikuorma lasketaan yleensä pystysuorille rakenteille kuten seinille ja pilareille. Myös jyrkät kattorakenteet voivat olla tuulikuormalle alttiita.

Hyötykuorma

Merkittävin hyötykuorma on rakennuksessa liikkuvat henkilöt, joille lasketaan kuormaa asuinrakennuksessa kuormaa 2,0 ja toimistotiloissa 2,5 kN/m². Julkisissa tiloissa henkilökuorma on 4,0...6,0 kN/m² riippuen tilan käyttötarkoituksesta.

Muut kuormat

Muita kuormia voivat olla esimerkiksi teollisuushallien raskaat koneet ja nosturit.

Kuormien yhdistely

Rakenteita laskettaessa muodostetaan yksitaisista kuormista kuormitusyhdistelmät. Niissä otetaan huomioon kuormituksen pituus. Pysyviä kuormia ovat rakenteiden omapainot sekä mm. koneiden ja nostureiden painosta aiheutuvat kuormat. Keskipitkiä kuormia ovat henkilö- ja lumikuormat. hetkellisiä kuormia syntyy lähinnä tuulikuormista.

Rakenteiden varmuus huomioidaan lisäämällä ominaiskuormiin varmuuskertoimet, joiden suuruus riippuu aikaluokasta ja käytettävästä kuormitusyhdistelmästä.

Suomessa oloissa yleensä pysyvien kuormien aikaluokkakerroin on 1,15 ja keskipitkien 1,5 ja hetkellisten 1.05. Tästä on kuitenkin poikkeuksia kuormitusyhdistelmästä riippuen.

$$\text{laskentakuorma} = \text{aikaluokkakerroin} \cdot \text{ominaiskuorma}$$

Muut puun lujuuteen vaikuttavat tekijät

Puun ominaislujuus

Puun ominaislujuus riippuu puutuotteesta ja sahatavaran lujuuslajittelusta.

Puutuote	Ominaislujuus [MN/m ² , N/mm ²]
Sahatavara	18 (runkotolpat), 24 (ristikot, vaakarakenteet), 30 (ristikot)
Liimapuu	28 (pilarit), 30 (pilarit, palkit)
CLT	27,6 (valmistettu 24 sahatavarasta, sis. korotuskertoimen 1,15)
LVL-P	32,48 (lamellit samaan suuntaan)
LVL-C	20,32 (osa lamelleista poikittain)

Käyttöluokka

Puun kosteudella, kuten kuorman kestoajalla, on suuri vaikutus materiaalin lujuuteen ja jäykkyyteen. Kuiva puu on sekä vahvempaa että jäykempää kuin kostea puu. Rakennusnormeissa määritellään kosteusluokat, joista jokainen liittyy rakenteille tyypilliseen kosteuden vaihteluun. Kosteusluokille annetaan eri lujuus- ja jäykkyyssarvoja. Puuta ei voi käyttää käyttöluokassa 4.

Käyttöluokka	Määrittäminen
Käyttöluokka 1	Lämmitetyn sisätilan kosteusolosuhteet
Käyttöluokka 2	Vesisateelta suojattu ulkotilassa oleva rakenne
Käyttöluokka 3	Ulkona sääälle alttiina oleva rakenne
Käyttöluokka 4	Välittömästi veden vaikutuksen alaisena oleva rakenne

Materiaalin osavarmuuskertoimen

Materiaalissa annettu lujuusluokkaa kutsutaan ominaislujuudeksi. Rakenteiden lujuuksia laskettaessa niitä pienennetään kertoimella, jota kutsutaan materiaalin osavarmuuskertoimeksi. Materiaalin osavarmuuskertoimen riippuu käytettävästä puutavarasta seuraavasti:

- sahatavara yleensä 1,3
- liimapuu, CLT 1,25
- LVL-levy, vaneri, OSB-levy 1,2
- liitokset 1,3

$$laskentalujuus = \frac{\text{ominaislujuus}}{\text{materiaalin osavarmuuskertoimen}}$$

Rakenteiden kantavuus varmistetaan käyttämällä varmuuskertoimia materiaalien ominaisuuksissa, kuormissa ja laskentalujuuksissa.

Kantavat ja jäykistävät rakenneosat

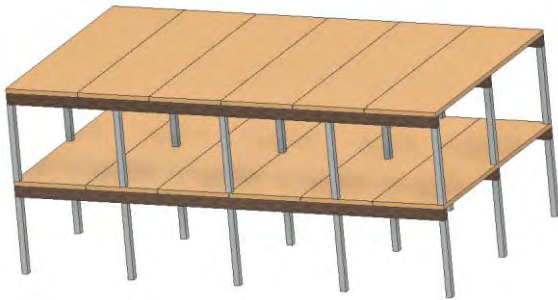
Kantavilla rakenteilla tarkoitetaan rakenneosia, jotka ottavat vastaan rakennukselle kohdistuvia kuormia. Kuormat kohdistuvat ensin vaakarakenteille, josta ne siirtyvät pystyrakenteille ja siitä edelleen perustuksille. Monikerroksissa rakennuksissa kuormat voivat myös vaihdella vaaka- ja pystyrakenteiden välillä kulkien kuitenkin alaspäin.

Jäykistävä rakenneosa siirtää rakennukseen kohdistuvia vaakakuormia (käytännössä tuulikuormia) perustuksille. Tuulikuormat kohdistuvat rakennuksen ulkoseinille, jota vaakarakenteet jäykistävät. Tuulikuormaa voidaan ottaa vastaan myös ns. tuulipilareiden kautta. Yleensä vaakavoimat pyrkivät keskittymään rakennuksen jäykimpiin rakenneosiin; vaakavoimat siirtyvät siis rakennuksen perustuksille rakennuksen jäykimpien rakenteiden kautta. Myös porraskäytäviä ja hissikuiluja voidaan käyttää rakennuksen jäykistävinä osina.

Runko – ja rakennejärjestelmät

Runkojärjestelmällä tarkoitetaan rakennuksen kantavien ja jäykistävien rakennusosien muodostamaa kokonaisuutta.

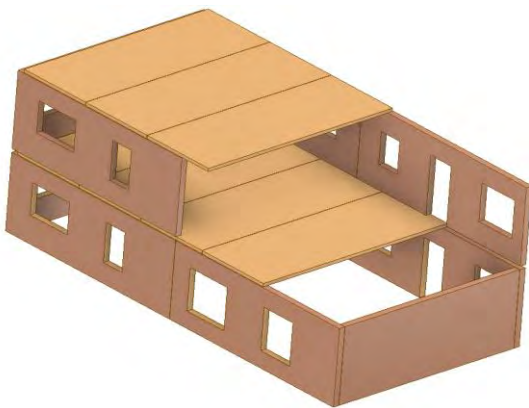
Rakennejärjestelmällä tarkoitetaan kokonaisuutta, joka muodostuu rakennuksen kantavista ja tiloja rajaavista rakennusosista. Se on runkojärjestelmää laajempi kokonaisuus ja siihen kuuluvat mm. ei-kantavat ulkoseinät ja osastoivat väliseinät.



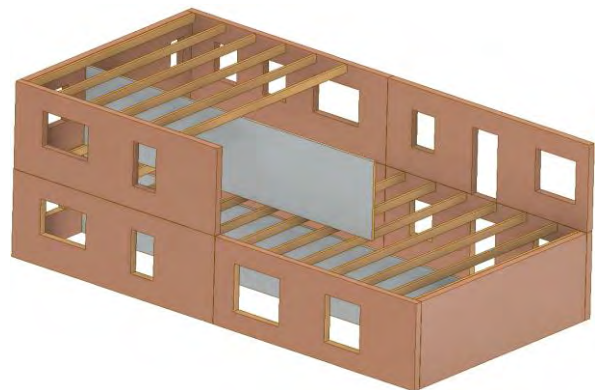
Seinä rakenne: pilari-palkki-järjestelmä
Vaakarakenne: laatasto



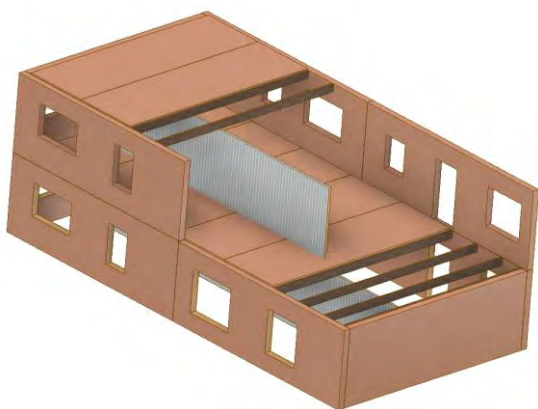
Seinä rakenne: Pilari-palkkijärjestelmä
Vaakarakenne: palkisto



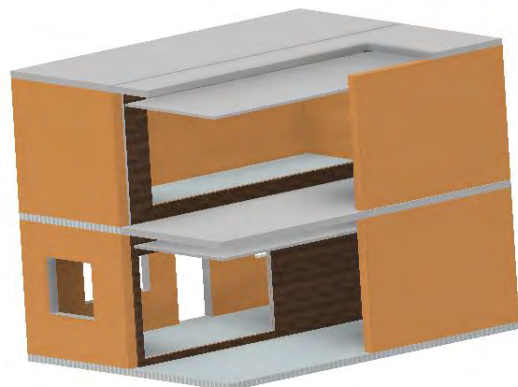
Seinä rakenne: suurelementtijärjestelmä
Vaakarakenne: laatasto



Seinä rakenne: suurelementtijärjestelmä
Vaakarakenne: palkisto



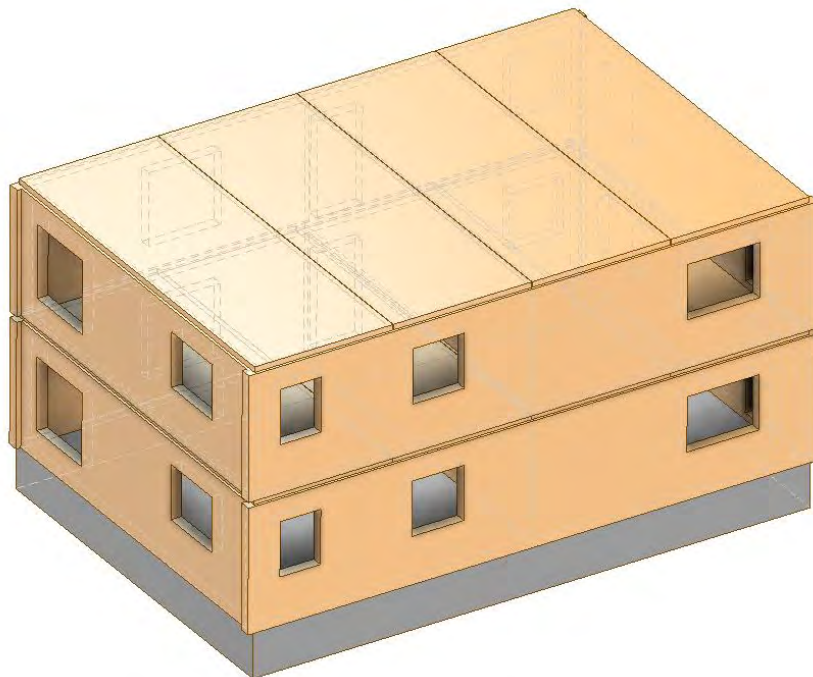
Seinä rakenne: suurelementtijärjestelmä
Vaakarakenne: palkki-laatasto



Seinä- ja vaakarakenne:
tilaelementtijärjestelmä

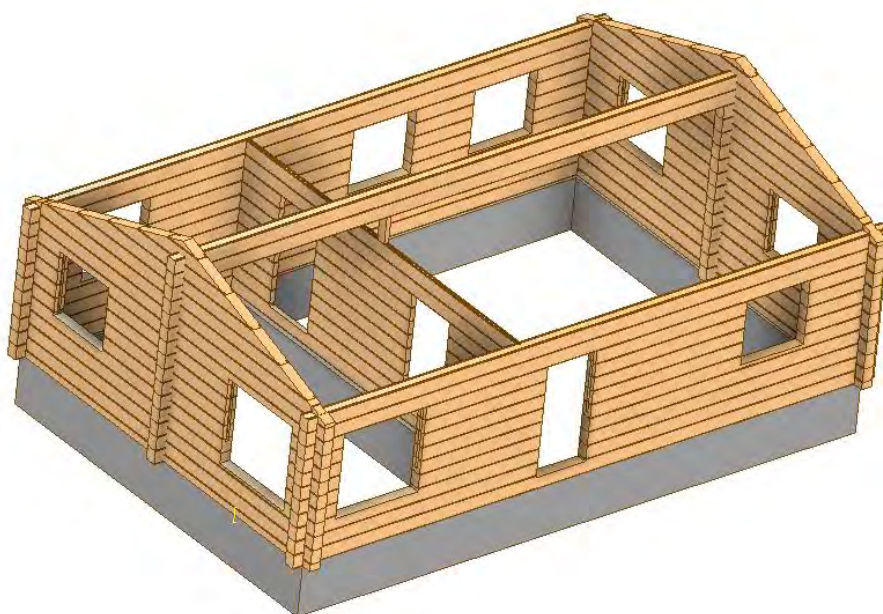
Massiivilevyrunko

Massiivipuulevyrunko on kantavaseinäinen rakennusjärjestelmä. Kantavat seinät voivat olla korkeudeltaan kerroskohtaisia, jolloin vaakarakenne kiinnitetään seinän päälle. Vaihtoehtoisesti voidaan käyttää useamman kerroksen korkuisia kantavia seiniä, jolloin massiivipuulevyt asennetaan pystyyn ja vaakarakenteet kiinnitetään seinän kylkeen. Vaakarakenteet voivat olla palkki- tai massiivipuulevyrakenteisia.



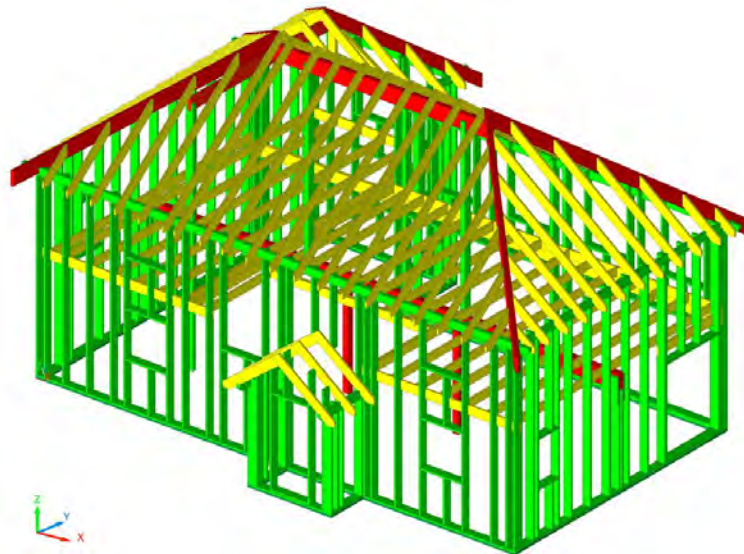
Hirsirunko:

Hirsirungossa olennaista ovat hirren poikkileikkauksen profiili ja salvokset(nurkkaliitos), joiden avulla päällekkäiset hirsikerrat liittyvät toisiinsa. Hirsirunko on kantavaseinäinen rakennusjärjestelmä. Kantavat seinät jatkuvat tavallisesti yhtenäisenä yläpohjaan saakka ja vaakarakenne kiinnitetään seinien kylkeen. Vaakarakenne voi olla palkki- tai massiivipuulevyrakenteinen.



Rankarakenteinen runko

Rankarunko on kantavaseinäinen rakennusjärjestelmä. Kantavat seinät voivat olla korkeudeltaan kerroskohtaisia, jolloin vaakarakenne kiinnitetään seinän päälle. Vaihtoehtoisesti voidaan käyttää useamman kerroksen korkuisia kantavia seiniä, jolloin vaakarakenteet kiinnitetään seinän kylkeen. Vaakarakenne voi olla palkkirakenne tai massiivipuulevyä.



Esimerkki rankarakenteisesta rungosta ja palkkirakenteisesta kattorakenteesta.

Pilari-palkkirunko:

Pilari-palkkirunko on massiivisiin pilareihin ja palkkeihin perustuva rakennusjärjestelmä. Pilari-palkkirunko mahdollistaa suurien yhtenäisten tilojen ja muuntojoustavuuden toteuttamisen. Tavallisesti pilari-palkkirunko suunnitellaan myös rakennuksen jäykisteeksi, joka tehdään diagonaali- tai mastojäykisteillä. Ulkovaippa tehdään rungon tilasuunnitteluun, koska seinärakenteet ovat ei-kantavia rakennusosia.



Esimerkki pilari-palkkirunkoisesta hallirakennuksesta, kuva Puuinfo Oy.

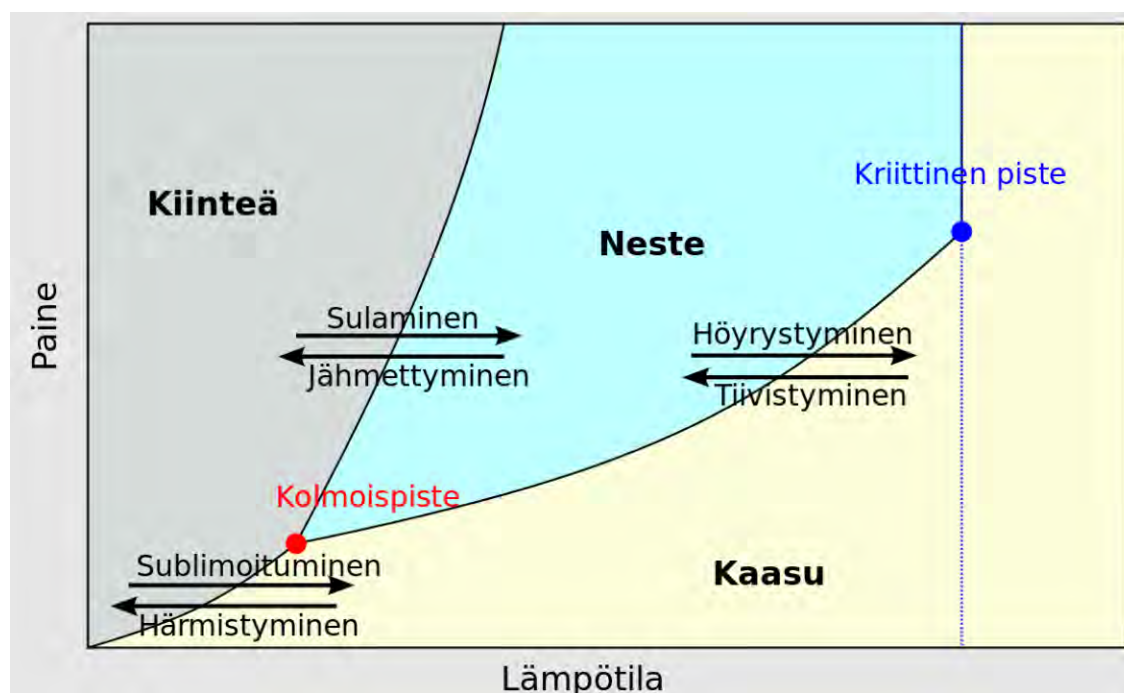
6.2 Puurakenteiden kosteus- ja lämpötekniset ominaisuudet

Veden olomuodot

Veden olomuodot muuttuvat toisikseen lämpötilan vaikutuksesta. Kun jätää lämmitetään, se muuttaa olomuotonsa vedeksi (eli sulaa). Tämä tapahtuu silloin, kun jään lämpötila kohoaa yli 0 Celsius-asteen. Kun vettä edelleen lämmitetään, se alkaa kiehua (100 Celsiusasteessa) ja muuttuu kaasumaiseen olomuotoon eli höyrystyy. Toisinaan jää voi sublimoitua eli muuttua suoraan kiinteästä olomuodosta kaasuksi. Tämän ilmiön huomaamme, kun viemme talvella märän pyykin pakkaseen. Kun pyykki tuodaan takaisin sisälle, jäätynyt vesi höyrystyy suoraan kaasuksi kastelematta pyykkiä välillä. Myös hiilihappojää toimii samalla periaatteella. Vastaavasti olomuodonmuutokset tapahtuvat myös toiseen suuntaan. Kun vesihöyry viilenee, se tiivistyy nesteeksi. Kun vettä viilennetään tarpeeksi, muodostuu kiinteä olomuoto, jää. Tapahtuu jäähmettyminen. Myös kaasu voi härmistyä suoraan kiinteäksi käymättä välillä nesteenä.

Kolmoispiste on aineen tietyssä lämpötilassa ja paineessa tila, jossa aineen kolme olomuotoa (kiinteä, neste, kaasu) ovat tasapainossa, eli järjestelmän kaikki aine on mahdollista muuttaa kiinteäksi, nesteeksi tai kaasuksi erittäin pienellä paineen tai lämpötilan muutoksella. Veden kolmoispiste on lämpötilassa (0,01°C), ja paineessa (noin 0,006 bar).

Kriittisessä pisteessä aineen olomuotoja ei voi enää erottaa toisistaan (aine on silloin käytännössä kaasua).



Aineen olomuotojen muuttuminen, kuva Wikimedia.

Rakennusfysiikan käsitteitä

Kaasujen yleinen tilanyhtälö

Kaasujen yleisen tilanyhtälön mukaan kaasun lämpötilan, paineen ja tilavuuden suhde pysyy vakiona. Kaava on muotoa:

$$\frac{p_1 V_1}{T_1} = \frac{p_2 V_2}{T_2} \quad , \text{ jossa } p = \text{paine (bar)}, V = \text{tilavuus (m}^3\text{)} \text{ ja } T = \text{lämpötila (K)}$$

Tämä tarkoittaa sitä, että:

- jos lämpötila nousee, niin myös paine tai tilavuus kasvavat,
- jos paine kasvaa niin myös lämpötila tai tilavuus pienenevät ja
- jos tilavuus kasvaa, niin myös lämpötila nousee tai paine pienenee.

Diffuusio

Diffuusio on ilmiö, jossa molekyylit pyrkivät siirtymään väkevämmästä pitoisuudesta laimeampaan tasoittaen mahdolliset pitoisuuserot ajan mittaan.

Rakennusfysiikassa vesihöyry aiheuttaa vesihöyryn osapainetta, jonka suuruus riippuu lämpötilasta ja ilman suhteellisesta kosteudesta. Vesihöyry pyrkii tasoittumaan kulkien suuremmasta vesihöyryn osapaineesta kohti pienempää. Tästä johtuen vesihöyry pyrkii liikkumaan ulkoseinässä (ja myös ala- ja yläpohjarakenteissa) vallitsevien vesihöyryn osapaineiden vaikutuksesta.

Konvektio

Konvektio eli kuljettuminen on lämmön siirtoa kaasussa tai nesteessä lämmön aiheuttamien virtausten mukana. Se aiheutuu lämpötilaerosta, joka aiheuttaa tiheyseroja. Kuuma ja kevyempi aine kohoaa painovoimakentässä ylöspäin. Liikkeelle paneva voima on siis noste. Raskaampi ja kylmempi aine laskeutuu alaspäin.

Rakenteissa virtaukset voivat olla myös vaakasuoraan, jos ilmavirtaus ylöspäin on estetty. Joka tapauksessa ilmavirtaus on aina kuumasta kylmempää ilmaa kohti.

Konduktio

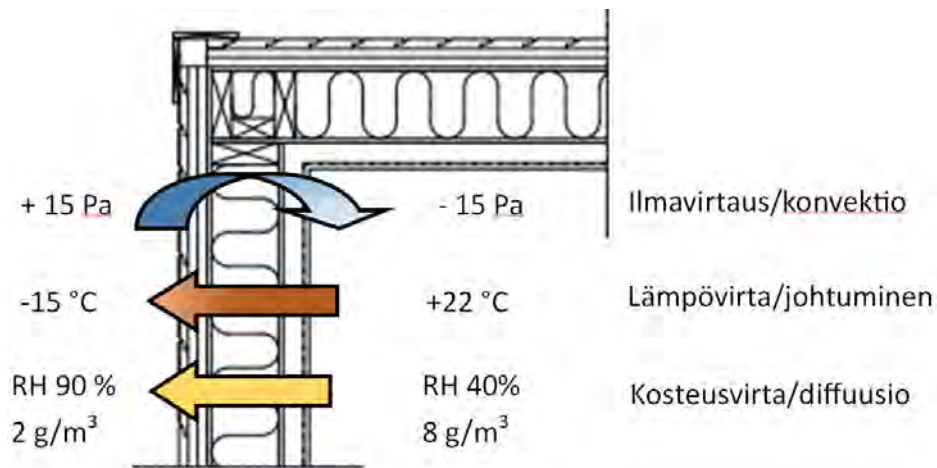
Johtuminen eli konduktio on lämmön siirtymistä aineen sisällä. Lämpö voi siirtyä johtumalla myös aineesta toiseen, mikäli aineet ovat kosketuksissa toisiinsa. Johtumisessa lämpö siirtyy aina korkeammasta matalampaan lämpötilaan eli lämpimästä kylmään lämpöopin lainalaisuuksien mukaan siten, että lämpötilaerot pyrkivät tasoittumaan. Eri aineet johtavat lämpöä eri lailla. Metallit johtavat lämpöä hyvin, mutta nesteet ja kaasut huonosti.

Kondensoituminen

Tiivistyminen eli kondensaatio on aineen olomuodon muutosprosessi, jossa kaasumainen aine muuttuu nesteeksi. Kaasumainen aine on joko kaasua tai höyryä.

Tiivistymiseen liittyviä luonnonilmiöitä ovat muun muassa sade ja kaste. Aineen tiivistyessä aine luovuttaa lämpöenergiaa. Tiivistymisessä vapautuva energia on kullekin aineelle ominainen ja se on sama kuin höyrystymislämpö. Tiivistymisessä aineen lämpötila ei muutu, vaan pysyy koko prosessin ajan vakiona.

Ilman jäähtyessä riittävästi, vesihöyry muuttuu kylläiseksi ja tiivistyy kasteeksi esimerkiksi peltikatteen ja aluskatteen väliin. Tällöin ilman suhteellinen kosteus on 100 % ja kastepistettä vastaava kylläisen vesihöyryn paine on yhtä suuri kuin ilmassa olevan vesihöyryn osapaine.



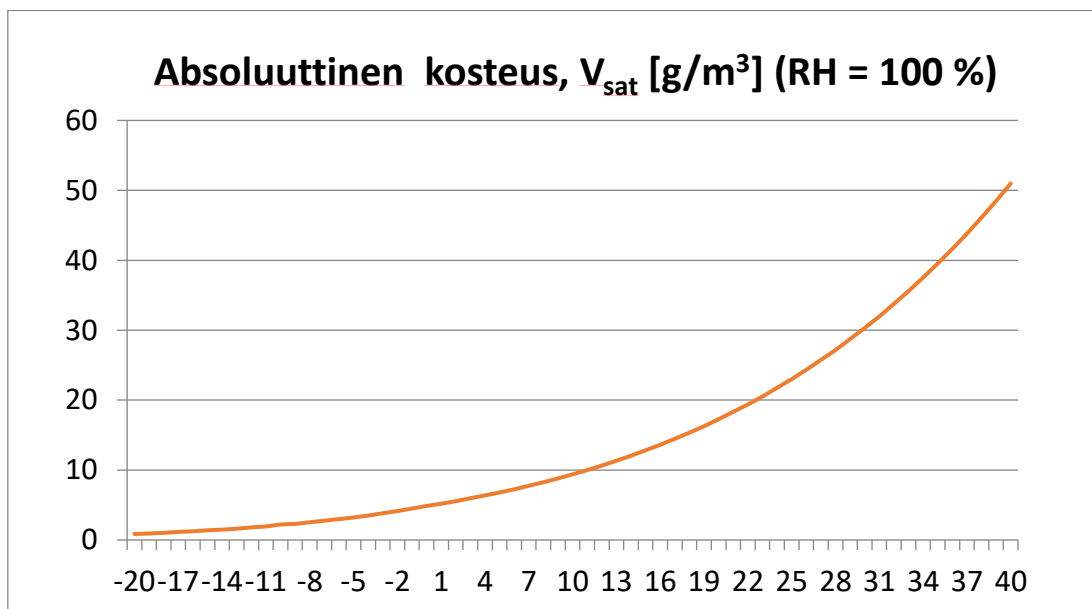
Rakennusfysikaalisia ilmiöitä

Suhteellinen ja absoluuttinen kosteus sekä vesihöyryn osapaine

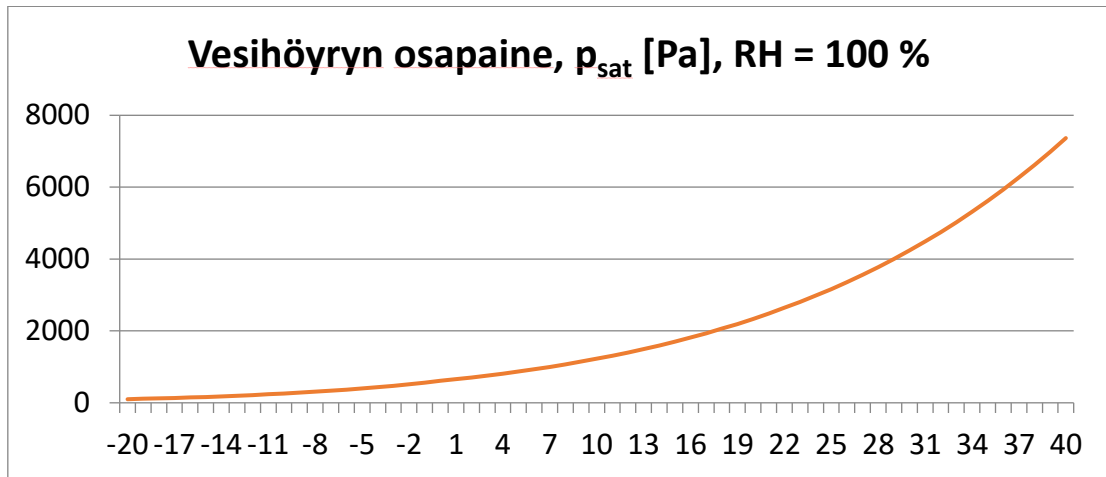
Ilman kosteus on ilmassa olevaa vesihöyryä, jota ei tavallisesti näe tai tunne. Lämpötila määrää, kuinka paljon vesihöyryä voi ilmassa olla. Mitä kylmempi ilma on, sitä vähemmän se pystyy pidättämään vesihöyryä.

Suhteellinen kosteus on yleisin ilman kosteutta kuvaava määrä. Se on prosenttiluku, joka ilmaisee, kuinka paljon ilmassa on vesihöyryä siihen nähden, mitä kyseisessä lämpötilassa voi olla enimmillään vesihöyryä.

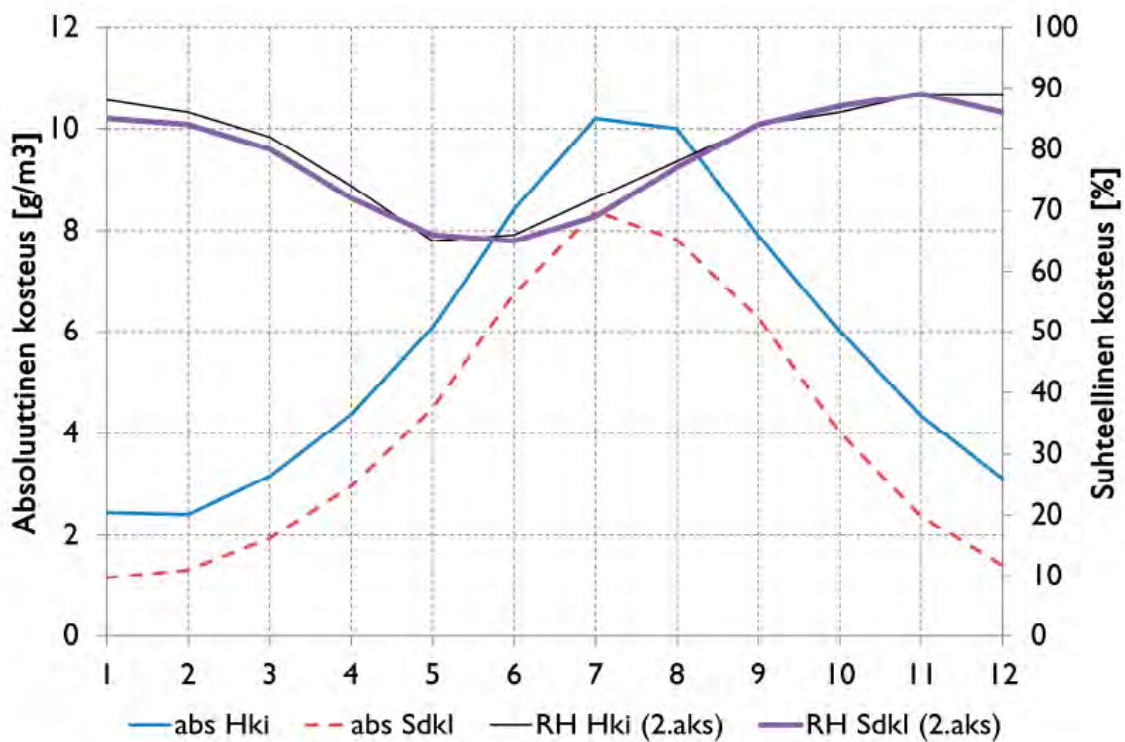
Absoluuttinen kosteus ilmaisee, montako grammaa vesihöyryä sisältyy kuutiometriin ilmaa. Yksikkönä käytetään grammoja kuutiometrissä.



Diagrammissa on esitetty veden määrä, kun ilman suhteellinen kosteus on 100 %. Jos ilman suhteellinen kosteus on esimerkiksi 50 %, niin silloin vesihöyryn määrä on myös 50 % tästä.



Vesihöyryn osapaine riippuu ilman lämpötilasta ja suhteellisesta kosteudesta. Diagrammissa on esitetty vesihöyryn osapaine, kun ilman suhteellinen kosteus on 100 %. Jos ilman suhteellinen kosteus on esimerkiksi 50 %, niin vesihöyryn osapaine on tällöin myös 50 % diagrammissa olevasta arvosta.



Keskimääräiset ilman suhteelliset ja absoluuttiset kosteudet kuukausittain Sodankylässä ja Helsingissä, kuva RIL 107.

Kastepiste

Kastepistelämpötila, lyhyemmin kastepiste, on lämpötila, johon ilman pitäisi jäähtyä, jotta siinä oleva vesihöyry alkaisi tiivistyä.

Kyllästyskosteus määrittelee, paljonko vesihöyryä ilmassa voi olla kussakin lämpötilassa. Jos ilmaan haihdutetaan vettä yli kyllästyskosteuden, vesihöyry alkaa tiivistyä pisaroiksi. Samoin käy, kun ilma jäähtyy, sillä silloin kyllästyskosteus laskee.

Suhteellinen kosteus riippuu vesihöyryn (veden) absoluuttisesta pitoisuudesta kaasussa (eli absoluuttisesta kosteudesta, yksikkö kg/m³) sekä vesihöyryn lämpötilasta.

Kapillaarinen veden nousu

Kapillaari-ilmiö on ilmiö, jossa neste nousee kapeassa putkessa pintajännityksen avulla. Kapillaarinen vesi on aineeseen imeytynyttä vapaata vettä. Kapillaarinen veden nousu on merkittävää varsinkin alapohjarakenteissa. Ilmiö johtuu siitä, että molekyylien väliset voimat ovat voimakkaampia nesteen ja kiinteän aineen välillä kuin pelkän nesteen sisällä. Huokoisissa materiaaleissa, kuten puussa, tiilessä ja betonissa kapillaarisen veden nousu on voimakasta.

Veden painovoimainen siirtyminen

Painovoiman vaikutuksesta vesi kulkee alaspäin. Vinot pinnat aiheuttavat toki sivuttaista siirtymistä, mutta suunta on koko ajan alaspäin. Kapillaarisesti vettä imevissä materiaaleissa painovoimaisella siirtymisellä on harvoin merkitystä, koska kapillaarivoimat ovat useimmiten suurempia kuin painovoima. Karkeissa rakeisissa aineissa kuten sepelissä on veden painovoimainen siirtyminen mahdollista, vaikka materiaali itsessään olisi kapillaarisesti vettä imevä.

Merkittävä osa rakennuksen kosteusteknisestä toiminnasta perustuu veden painovoimaiseen siirtymiseen. Toivottua painovoimaista siirtymistä esiintyy yleensä erilaisilla kaltevilla pinnoilla, kouruissa ja putkissa. (katto, räystäskourut, kylpyhuoneen lattia, viemäri- ja salaojaputket jne.). Vähemmän toivottua painovoimaista siirtymistä esiintyy yleensä raoissa, saumoissa ja halkeamissa (mm. kattoläpiviennit ja elementtien saumat).

Lämmön siirtyminen rakenteissa

Lämmönjohtuminen on rakenteissa tapahtuvista lämmönsiirtymisilmiöistä keskeisin. Lämpöenergia siirtyy korkeammasta lämpötilasta matalampaan päin. Olennaisena tekijänä lämmönsiirtymisessä on materiaaliominaisuus nimeltä lämmönjohtavuus. Rakentamismääräyksissä annetaan raja-arvot rakenteiden lämmönjohtavuudelle.

Lämmönjohtavuus vaikuttaa suoraan siirtyvään lämpöenergiaan. Lämmönjohtavuuden kaksinkertaistuessa myös siirtyvä lämpöenergia kaksinkertaistuu. Lämmönjohtavuuden vaihtelu eri rakennusmateriaaleilla on suuri. Esim. betonilla lämmönjohtavuus on n 1,7, mineraalivillalla n. 0,04, teräksellä 50, puulla 0,12 ja tiilellä 0,60 W/mK. Betoniseinän läpi menee n. 34 kertaa enemmän energiaa kuin vastaavan paksuisen mineraalivillaseinän. Rakenteissa ongelmia voivat aiheuttaa muuta rakennetta huomattavasti paremmin lämpöä johtavat kohdat eli kylmäsilat.

Lämmöneristysten suunnittelu

Rakennuksen energiatehokkuus ja E-lukulaskuri

E-lukulaskurilla voidaan määrittää vuonna 2018 voimaan astuneiden rakentamismääräysten mukainen rakennuksen E-luku.

Puuinfon laskuri on tarkoitettu hankesuunnitteluvaiheen työkaluksi erilaisten ratkaisuvaihtoehtojen vaikutusten tutkimiseen rakennuksen E-luvun näkökulmasta.

E-luku ottaa huomioon energiamuotojen kertoimet, jotka ovat:

- sähkö 1,20
- kaukolämpö 0,50
- kaukojäähdytys 0,28 (tämä ohjelma ei huomioi jäähdytystä)
- fossiiliset polttoaineet 1,00
- rakennuksessa käytettävät uusiutuvat polttoaineet 0,50

E-luvulla tarkoitetaan rakennuksen laskennallista ostoenergiankulutusta, joka on painotettu energiamuotojen kertoimilla. E-luku ei siis ole sama kuin rakennuksen todellisen käytön mukainen ostoenergian määrä. Rakennuksen todellisen käytön mukainen ostoenergia tulee arvioida muilla laskentamenetelmillä.

Rakenteellisella energiatehokkuudella tarkoitetaan rakennuksen tilojen lämmitystarpeen pienentämistä arkkitehtuurin ja rakennusteknisin keinoin. Rakenteellinen energiatehokkuus on kevennetty energiaselvityksen laatimistapa asuinrakennuksille. Tällöin energiatehokkuusvaatimukset täytetään reunaehtojen perusteella ja näin ollen kohteelle ei tarvitse tilata erillistä E-lukulaskelmaa.

Rakenteellisen energiatehokkuuden u-arvovaatimukset ovat esitetty seuraavalla sivulla. Lisäksi vaatimuksena on, että rakennuksen ilmavuotoluku on enintään $0,60 \text{ m}^3/(\text{h m}^2)$, poistoilman lämmöntalteenoton vuosihyötysuhde vähintään 65 % ja rakennus on varustettu koneellisella tulo- ja poistoilman vaihtojärjestelmällä, jonka ominaissähköteho on enintään $1,5 \text{ kW}/(\text{m}^3/\text{s})$

Lämmönjohtavuusarvo [λ -arvo]

Lämmönjohtavuus kuvaa, miten hyvin jokin materiaali johtaa lämpöä. Mitä suurempi lämmönjohtavuusluku on, sitä paremmin lämpö johtuu. Lämmönjohtavuus ilmoittaa siirtyvän lämpötehon P poikkipinta-alaa A kohti, kun lämpötilaero on 1°C . Lämmönjohtavuudelle tulee yksiköksi eli $\text{W}/(\text{K}\cdot\text{m})$.

Lämmönjohtavuusarvoja			
Materiaali	λ -arvo	Materiaali	λ -arvo
Sahatavara	0,12	Mineraalivilla	0,038
CLT, LVL, Liimahirsi	0,11	Solumuovi EPS	0,038
Betoni	1,7	PUR-eriste	0,038
Tiili	0,7	PIR-eriste	0,022
Teräs	50	Hiekka	2
Kipsilevy	0,22	Huok. puukuitulevy	0,045

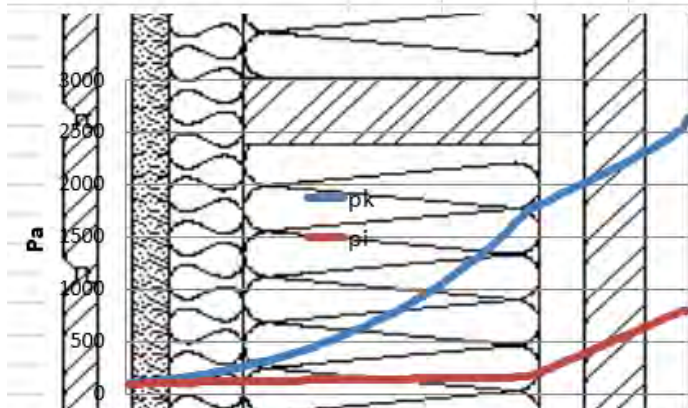
U-arvo

Lämmönläpäisykerroin eli U-arvo on lämpövirran tiheys, joka läpäisee rakennusosan. Lämmönläpäisykerroimen suuruus ilmoitetaan watteina 1 m²:n alalta, kun lämpötilaero on 1 °C. Lämmönläpäisykerroimet on määritelty Suomen rakentamismääräyskokoelmassa.

Vaadittavat u-arvot		
U-arvot	RakMk:n enimmäisarvo	Rakenteellisen energiatohokkuuden enimmäisarvot
Ulkoseinä	0,17	0,12 / 0,14 *
Yläpohja	0,09	0,07
Alapohja	0,16	0,10
Ikkuna	1,00	0,70
Ovi	1,00	0,70

*) Käyttötarkoitukseluokan 1 / 2 mukaan

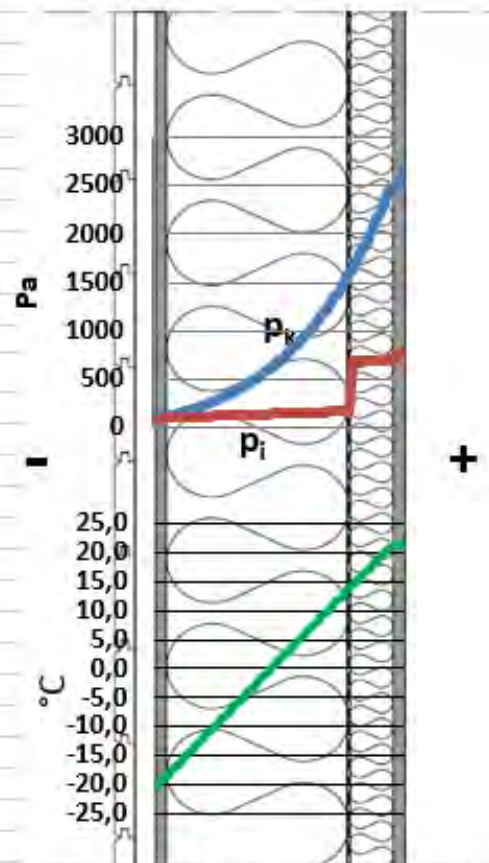
Ulkoseinä US1:			U = 0,166							
Aine	d [m]	l [W/mk]	Ri	Ri/R _T	t (sisäp.)	pk [Pa]	Zi	Zi/Z _{kok}	pi [Pa]	RH
R _{se} (ulkoilma)			0,015		-20,0	102		0	92	90 %
					-19,9	103			92	
Huokoinen puukuitulevy	0,012	0,049	0,245	0,041	-18,2	120	1,0	0,018	104	
Puukuitueriste Ekovilla+runko 98	0,098	0,045	2,155	0,357	-3,2	473	2,0	0,035	129	
Puukuitueriste Ekovilla+runko 123	0,123	0,045	2,704	0,448	15,6	1776	2,5	0,044	160	
CLT-levy	0,090	0,110	0,818	0,136	21,3	2531	50,0	0,902	793	
R _{si} (sisäilma)			0,100		22,0	2642			793	30 %
	323 mm				Dt = 42,0					
		R _T :	6,037			Z _{kok} :	55,4	Dpi [Pa]	701	
	C/C	B _{puu}	λ _{eriste}	λ _{puu}	λ _{yhd}	pk = osapaine, kun RH = 100 %				
Puurunko + Ekovilla	600	48	0,039	0,120	0,045	zi = vesihöyrynvastus				
						pi = todellinen vesihöyrypaine				
						RH = suhteellinen kosteus				



Vesihöyryn osapaineen suuruus rakenteessa talviaikaan. Punainen käyrä kuvaa olemassa olevaa painetta ja sininen viiva vesihöyryn osapainetta 100 %:n kosteudessa. Kosteuden kannalta toimivassa rakenteessa punainen käyrä ei missään vaiheessa nouse sinisen viivan yläpuolelle.

Rakenne		U = 0,165
Nro	Rakenne	Vahvuus
1	Ulkooverhous	23
2	Tuuletusrakorima	22
3	Huokoinen puukuitulevy	12
4	Mineraalivilla+runko	198
5	Höyrynsulkumuovi	
6	Mineraalivillavilla+koolaus	48
7	Sisäverhouslevy Gyproc GK	13
Yhteensä:		316

λ = materiaalin lämmönjohtavuus
 p_k = osapaine, kun RH=100%
 z_i = vesihöyrynvastus
 p_i = todellinen vesihöyrypaine
 RH = suhteellinen kosteus

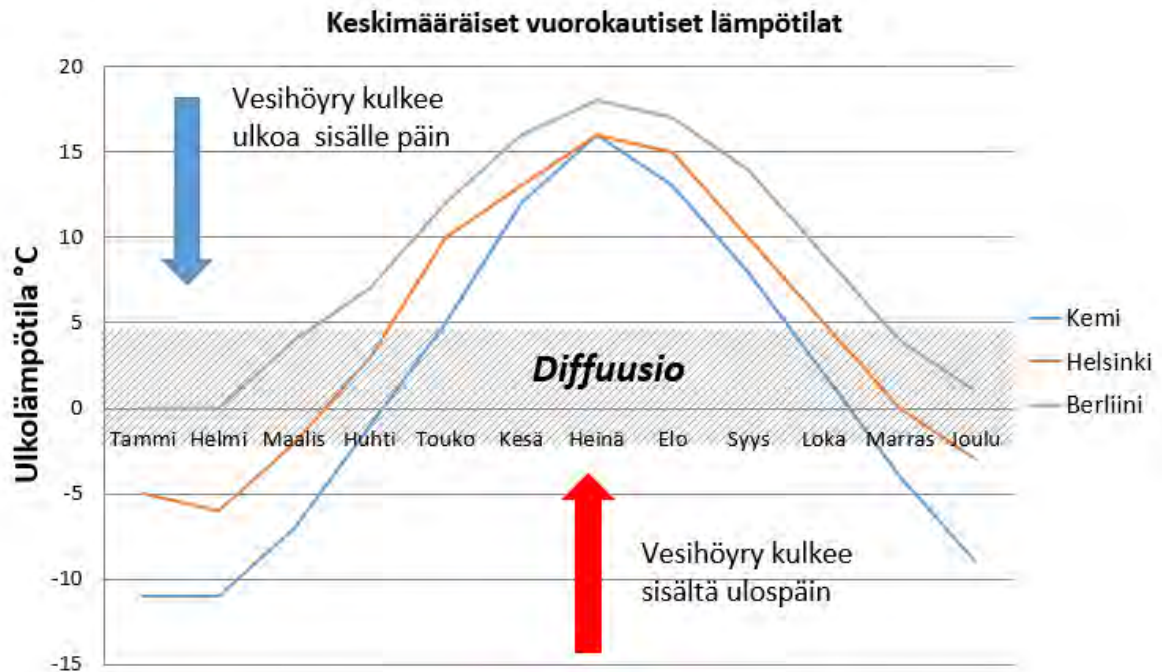


	d [m]	λ [W/m ² K]	Ri	R _i /R _T	t (sisäp.)	p_k [Pa]	Z _i	Z _i /Z _{kok}	p_i [Pa]	RH
					-20,0	102			92	90 %
	R _{se} (ulkoilma)		0,040	0,007	-19,7	104			92	
3	0,012	0,049	0,245	0,040	-18,0	121	0,7	0,017	104	
4	0,198	0,044	4,537	0,747	13,3	1533	4,0	0,097	172	
5	0,000				21,0	2471	30,0	0,739	690	
6	0,048	0,044	1,100	0,181	21,0	2471	1,0	0,024	706	
7	0,013	0,600	0,022	0,004	21,1	2501	5,0	0,123	776	
	R _{si} (sisäilma)		0,130	0,021	22,0	2642			793	30 %
	R _T =		6,074	Dt =	42,0		40,6	Dp _i [Pa] =	701	

Vesihöyryn osapaineen ja lämpötilan johtuminen höyrynsulullisessa ulkoseinässä. Kosteus ei pääse tiivistymään kuvan mukaisessa rakenteessa, vaikka höyrynsulkumuovi on asennettu rungon ja lisälämmöneristysten väliin. Tämä rakenne ei riko höyrynsulkumuovia, kun seinään asennetaan esimerkiksi kiinnitystarvikkeita seinään tai sähköputkia lisälämmöneristysrunkoon.

Vesihöyryn ja veden siirtyminen ilmvirtauksien mukana (kosteuskonvektio)

Vesihöyry siirtyy ilmvirtauksien mukana, koska vesihöyry on yksi ilman kaasu. Rakennuksissa kosteusvaurioriski muodostuu kylmänä ajanjaksona, kun kosteaa sisäilmaa virtaa rakenteisiin, ja ilman sisältämä kosteus alkaa tiivistyä rakenteiden sisään. Useimmiten ongelma kohdistuu yläpohjarakenteisiin, koska rakennuksen painesuhteet ovat usein siten, että rakennuksen yläosa on ylipaineinen.



Talvella vesihöyry kulkee yleensä sisältä ulos ja kesäolosuhteissa vastaavasti ulkoa sisäänpäin. Harmaalla alueella vesihöyryn osapaine on suurin piirtein sama sisällä ja ulkona riippuen ilman suhteellisista kosteuksista sisä- ja ulkoilmassa, jolloin vesihöyry ei kulje kumpaakaan suuntaan. Mitä suurempi osapaine-ero on, sitä nopeammin vesihöyry kulkee rakenteessa.

Lämpölaajeneminen

Lämpölaajeneminen tarkoittaa materiaalien laajenemista eli tilavuuden kasvamista lämpötilan noustessa. Lämpölaajeneminen tapahtuu kahteen suuntaan: lämpötilan noustessa lämpölaajeneminen kasvattaa kappaletta ja vastaavasti lämpötilan laskiessa se pienentää kappaletta. Lämpölaajenemisen vaikutuksia voidaan laskea pituuksille (kuinka paljon kappale pidentyy) ja tilavuuksille (kuinka paljon kappaleen tilavuus kasvaa). Lämpölaajenemisen vaikutuksia voidaan laskea kiinteille olomuodoille, nesteille ja kaasuille.

Rakennusten energiatehokkuus

Rakennuksilla on merkittävä vaikutus energiankäyttöön. Yksinomaan rakennusten energiankäyttö vastaa noin 40 prosenttia energian loppukäytöstä Suomessa ja aiheuttaa noin 30 prosenttia kasvihuonekaasupäästöistä.

Energiankäyttö on suurin ympäristökuormittaja ja asumiskustannusten aiheuttaja rakennuksen elinkaaren aikana. Rakennusten energiankulutus aiheutuu käytönaikaisesta lämmityksestä, mahdollisesta jäähdytyksestä sekä rakennuksessa olevien sähkölaitteiden ja valaistuksen energiankäytöstä. Energiankulutustavoitteet tulee asettaa sähkön-, lämmön- ja vedenkäytölle sekä mahdolliselle muulla tavoin toteutettavalle jäähdytykselle.

Rakennusten kosteustyyppit

Aineen kosteus

Aineessa oleva kosteusmäärä ilmoitetaan tavallisesti kosteuden (vesihöyryn) massan ja kuivan aineen massan välisenä suhteena. Lukuarvo ilmaistaan tavallisesti prosentteina kuivapainosta.

Hygroskooppinen kosteus

Hygroskooppinen kosteus on materiaaliin ilmasta sitoutunutta kosteutta. Materiaalin kosteuspitoisuus pyrkii tasapainottumaan ympäristön ilman suhteellisen kosteuden kanssa. Kun materiaali ei enää sido itseensä kosteutta ilmasta eikä myöskään luovuta sitä ilmaan, on materiaali saavuttanut tasapainotilan, jota kutsutaan hygroskooppiseksi kosteustasapainoksi.

Tasapainokosteus

Tasapainokosteudella tarkoitetaan aineessa olevaa kosteusmäärää tietyssä ympäristön kosteusrasitusolosuhteissa ja lämpötilassa.

Kapillaarinen kosteus

Kapillaarinen kosteus on materiaaliin huokosalipaineen vaikutuksesta imeytynyttä vettä materiaalin ollessa kosketuksessa vapaaseen veteen tai toiseen kapillaarisella alueella olevaan materiaaliin, esim. maaperään. Kapillaarinen kosteustasapaino on saavutettu, kun kosteus on noussut alhaaltapäin korkeudelle, jossa huokosalipaine ja maan vetovoima ovat tasapainossa. Ko. tasapainotilanne muodostuu esim. maanvastaisen lattian alle salaojasorakerrokseen.

Kosteuslähteet

Sisäpuoliset kosteuslähteet

Siivoaminen on yksi kosteutta rakenteisiin tuova tekijä ja lisäksi se tuottaa vesihöyryä sisäilmaan. Siivousvedet aiheuttavat rakenteille ylimääräisen kosteuskuorman, jonka pitää voida poistua ennen rakenteiden vaurioitumista. Tyypillinen vauriotapahtuma on lattiapesuvesien joutuminen väliseinärakenteen sisään, josta vesi ei pääse riittävän nopeasti pois aiheuttaen homehtumista.

Peseytyminen on merkittävä kosteuskuorma rakenteille. Asunnoissa käytetään satoja litroja vettä päivittäin peseytymiseen ja kaiken veden pitäisi poistua vaurioita aiheuttamatta. Pieni osa vedestä haihtuu ilmaan nostaen sisäilman kosteuspitoisuutta. Suurin osa pesuvesistä poistuu kuitenkin vapaana vetenä valuen vedeneristettyjä pintoja pitkin viemäriverkostoon. Vedeneristeiden puutteellisuudet ovat olleet erittäin suuri kosteusvaurioiden aiheuttaja. Vesi valuu rakenteiden sisälle eikä pääse sieltä pois riittävän nopeasti.

Vesi-, viemäri- ja lämmitysputkien vuodot ovat suurimpia syitä rakennusten kosteusvaurioille. Putkistot saattavat olla rakenteiden sisällä vaikeasti havaittavissa paikoissa ja vesivuoto voi jatkua kauan ennen kuin se huomataan. Tällöin rakenteissa on yleensä paljon kosteutta, riittävä lämpötila sekä aikaa erilaisten vaurioiden muodostumiselle.

Rakennekosteudella tarkoitetaan vesimäärää, joka on jäänyt rakenteisiin työmaavaiheessa. Rakennekosteuden on poistuttava ennen kuin rakenne on kosteustasapainossa ympäristönsä kanssa. Rakennekosteusmäärät vaihtelevat materiaalin valmistusprosessin ja varastoinnin perusteella voimakkaasti. Osaan materiaaleja jää valmistusprosessin perusteella runsaasti kosteutta. Tällaisia materiaaleja ovat mm. betoni ja kevytbetoni. Materiaalien varastoinnilla on myös suuri merkitys rakenteisiin jäävään kosteuteen. Esim. poltettu tiili sisältää erittäin vähän kosteutta valmistusprosessin jäljiltä, mutta kastuessaan varastossa voi sen sisältämä vesimäärä nousta todella suureksi.

Rakennekosteus aiheuttaa vaurioita rakenteisiin, mikäli kosteus ei pääse hallitusti pois rakenteista. Ongelmia ei aiheuta esim. pelkkä betonirakenteen keskellä oleva korkea kosteuspitoisuus, vaan ongelmia syntyy päällystettäessä sitä liian tiiviillä materiaaleilla.

Ulkopuoliset kosteuslähteet

Rakennuksen ulkopuolisista kosteusrasituksista voimakkain on sade. Suomessa tulee vuositasolla n. 600 mm vettä. Tästä suuri osa (noin 30 %) voi tulla syksyllä hyvinkin lyhyellä aikavälillä, jopa muutamassa päivässä. Suurimmat päivittäiset sateet ovat olleet 80 mm:n luokkaa.

Sadepisarat tulevat painovoiman vaikutuksesta suoraan alaspäin, mutta tuulen vaikutuksesta se voi tulla myös viistosateena. Se voi rasittaa vaakapintojen lisäksi myös pystypintoja. Tuulenpaine voi siirtää vettä myös ylöspäin.

Talvella sade tulee lumena, ja tuulen vaikutuksesta lumihitaleet voivat siirtyä myös ylöspäin rakenteissa. Tuuli vaikuttaa huomattavasti enemmän lumeen kuin veteen.

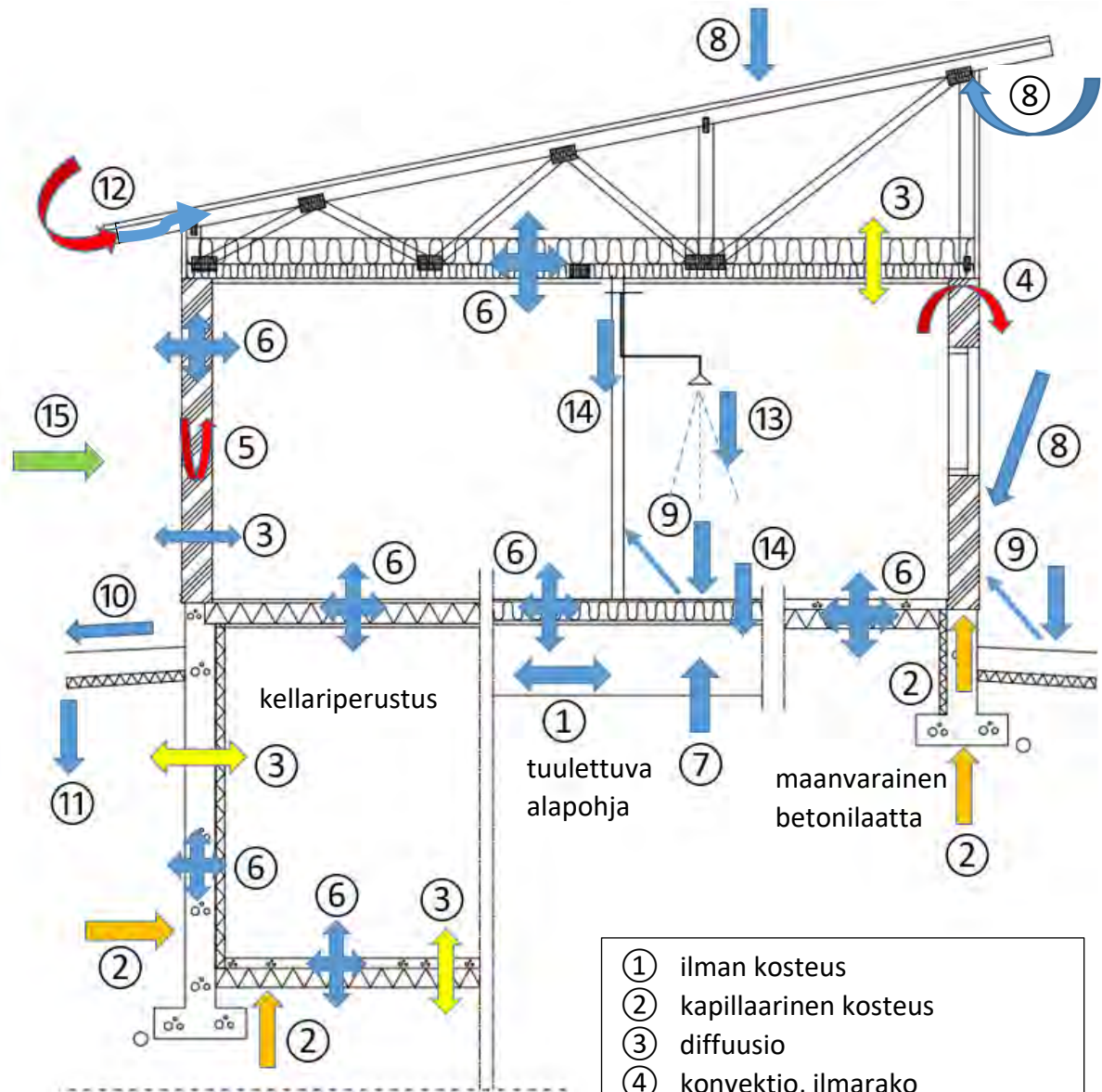
Maaperän kosteus on rakennuksia rasittavista tekijöistä pitkäkestoisin. Pohjavedenpinta on poikkeuksetta aina jollakin syvyydellä rakennuksen alla ja rakennuksen sekä pohjavedenpinnan välissä on erilaisia maakerroksia, joiden pitäisi estää rakenteita vaurioitumasta.

Rakenteita rasittaa ulkopuolelta tulevat pintavedet. Maanpinnan pitäisi kallistua pois päin rakennuksesta 1:20 kaltevuudella 3 m:n matkalla. Lisäksi maanpinta tulisi olla vielä rakennuksen seinien suunnissa kallistettu siten, että lumien sulaessa rakennuksen vierustalta vesi pääsee valumaan pois. Ongelmia aiheutuu usein tilanteissa, joissa lattiapinta on alempana kuin ulkopuolinen maanpinta.

Ulkoilma ympäröi ulkovaipparakenteita ulkopuolelta. Rakennusmateriaalien hygroskooppinen kosteustasapaino määräytyy ympäröivän ilman kosteuspitoisuuden mukaan ja siksi rakenteiden kosteuspitoisuus muuttuu ilman kosteuspitoisuuden mukana. Ulkoilman kosteuspitoisuus on kesällä korkeimmillaan n. 14 g/m³ ja talvella alhaisimmillaan n. 1 g/m³. Suhteellinen kosteus vaihtelee vastaavasti kesällä 60...80 %:n ja talvella 80...90 %:n välillä.

Ilman kosteus

Ilman kosteus on ilman sisältämän vesihöyryn määrää kuvaava käsite. Maan ilmakehässä vesihöyryn määrä vaihtelee paikasta toiseen voimakkaasti. Vesihöyryn määrä vaihtelee ilmassa tilavuussuhteena ilmaistuna noin 0–4 %:n välillä. Ilman kosteuden kuvaamiseen käytetään useita eri suureita, kuten absoluuttinen kosteus, vesihöyryn osapaine, suhteellinen kosteus ja kastepistelämpötila.



Rakennuksen kosteuslähteitä

Kosteus tarkoittaa kemiallisesti sitoutumatonta vettä kaasumaisessa (vesihöyry), nestemäisessä (vesi) tai kiinteässä (jää) olomuodossa.

Kosteus ilmoitetaan prosentteina, mikä kuvaa aineeseen sitoutuneen kosteuden massan suhdetta aineen massa.

- ① ilman kosteus
- ② kapillaarinen kosteus
- ③ diffuusio
- ④ konvektio, ilmarako
- ⑤ konvektio, rakenteen sisäinen
- ⑥ rakennekosteus
- ⑦ maasta haihtuva kosteus
- ⑧ sade (vesi, lumi, räntä)
- ⑨ roiskevesi
- ⑩ pintavesi
- ⑪ vajovesi
- ⑫ kondenssikosteus (katteen alle)
- ⑬ sisäpuolinen vedenpaine
- ⑭ vesivuodot (rakenteet, putket)
- ⑮ konvektio (tuuli)

Rakennuksen yleisimmät kosteusvaurioiden syyt:

- suunnitteluvirheet tai puutteelliset suunnitelmat
- rakennustyössä tehdyt virheet
- rakentamisen liian kireä aikataulu
- rakentamisen laadunhallinnan puutteet
- rakennuksen huollon ja korjauksien puutteellisuus
- rakennuksen käyttövirheet

Mikrobien kasvu kosteissa rakennusmateriaaleissa

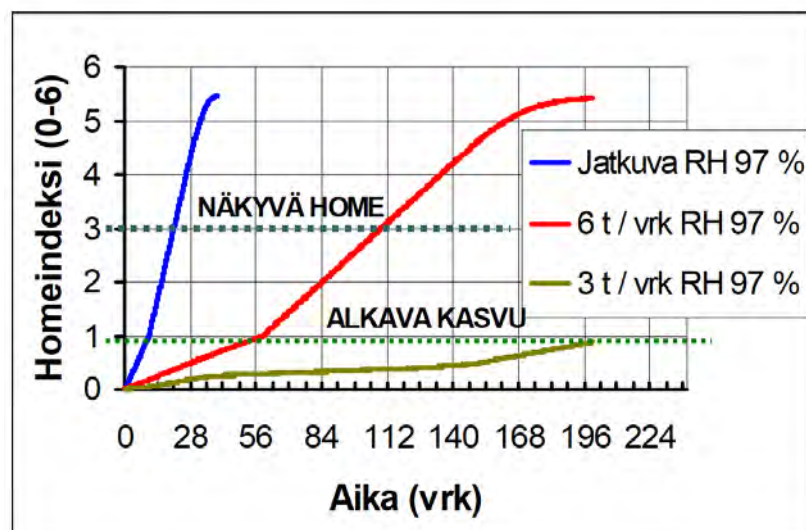
Puun säilymisen kannalta tärkeää ovat kosteus, lämpötila ja niiden vaikutusaika.

Homeindeksi

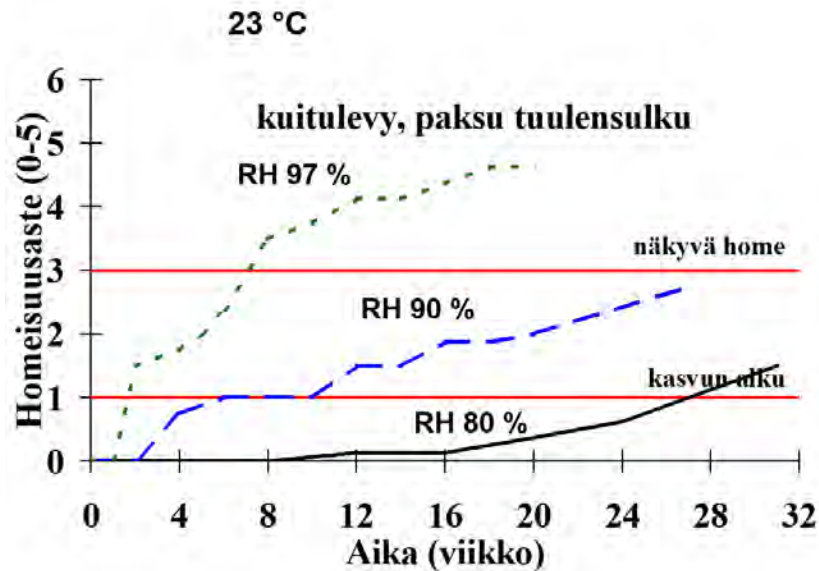
Homeindeksillä mitataan silmämääräisesti sitä, kuinka paljon hometta näkyy rakenteen pinnalla. Homeindeksi ilmoitetaan numeerisesti arvolla 0–6.

Homeindeksit puulle:

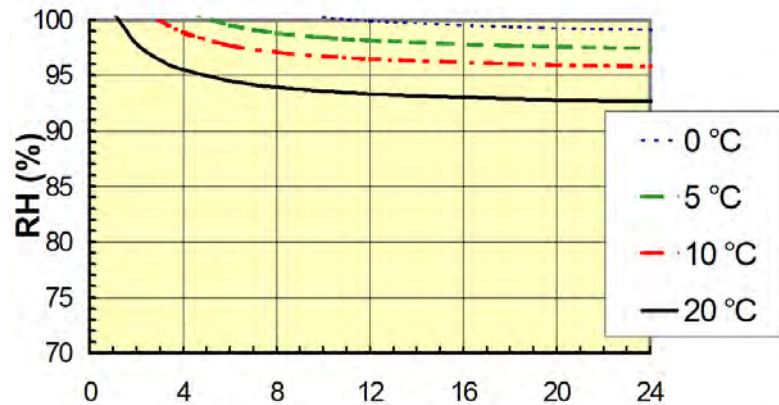
- 0 ei kasvua
- 1 alkava kasvu (mikroskooppisesti havaittava)
- 2 kohtalainen kasvu, (mikroskooppisesti havaittava, peitto > 10 %)
- 3 alkava, silmin nähden havaittava kasvu
- 4 näkyvä kasvu, peitto 10–25 %
- 5 näkyvä kasvu > 50 %
- 6 runsas kasvu, home peittää koko rakenteen pinnan



Homeelle kriittiset olosuhteet, (kasvun aikaan kuluva aika viikkoina, kuva YM / Kosteus- ja hometalkoot



Homeen kasvu puumateriaaleissa, kaavio YM, Kosteus- ja hometalkoot



Laholle kriittiset olosuhteet, (kasvun aikaan kuluva aika kuukausina),
Kuva YM, Kosteus- ja hometalkoot.

Kosteuden siirtyminen rakenteissa

Yksikerrosrakenteen ominaisuuksia ovat:

- yksikerroksiseen rakenteeseen ei pääse tiivistymään kosteutta,
- yksikerroksisessa rakenteessa sama materiaali toimii sekä kantavana runkona että eristeenä ja
- rakenne on eristysarvoltaan yleensä heikompi kuin monikerrosrakenne.

Monikerrosrakenteen ominaisuuksia ovat:

- nyrkkisääntö: sisäpuolisen kerroksen vesihöyrynvastus pitää olla vähintään viisinkertainen ulkopuoliseen kerrokseen verrattuna, jotta vesihöyry ei pääse tiivistymään rakenteissa,
- materiaalit on valittava niin, että rakenne "harvenee" (päästää vesihöyryä läpi enemmän) ulospäin, jotta niihin ei pääse tiivistymään kosteutta sekä
- monikerrosrakenteessa kantava ja eristävä kerros ovat eri materiaalia (tai samassa rakennekerroksessa eri materiaalia).

Yksikerrosrakenne tarkoittaa rakennetta, joka on kokonaan samasta materiaalista.

Kapillaarinen veden nousu

Kapillaarinen veden nousu puurakenteisiin on estettävä. Nousu estetään:

- johtamalla pintavedet rakennuksesta pois päin,
- asentamalla sokkelin ulkopinnalle kosteussulkumaton,
- salaojituksilla ja salaojakaivoilla,
- kapillaarisen veden nousun estävällä rakennekerroksella / suodatinkankaalla,
- käyttämällä alapohjan eristeenä vettä imemätöntä materiaalia,
- tiivistämällä eristeiden saumat huolellisesti ja
- asentamalla sokkelin ja puurungon väliin vedenpitävän sulun

Kuivaketju10

Kuivaketju10 on rakennusprosessin kosteudenhallinnan toimintamalli, jolla vähennetään kosteusvaurioiden riskiä rakennuksen koko elinkaaren ajan. Kosteusriskien hallinta perustuu ketjuun, jossa riskit torjutaan rakennusprosessin kaikissa vaiheissa ja torjunnan onnistuminen todennetaan luotettavalla tavalla. Toimintamalli sisältää Kuivaketju10-riskilistan ja -todentamisohjeen, joissa on esitetty kymmenen keskeisintä kosteusriskiä. Näiden kosteusriskien hallinnalla vältetään yli 80 prosenttia kosteusvaurioiden seurannaiskustannuksista.

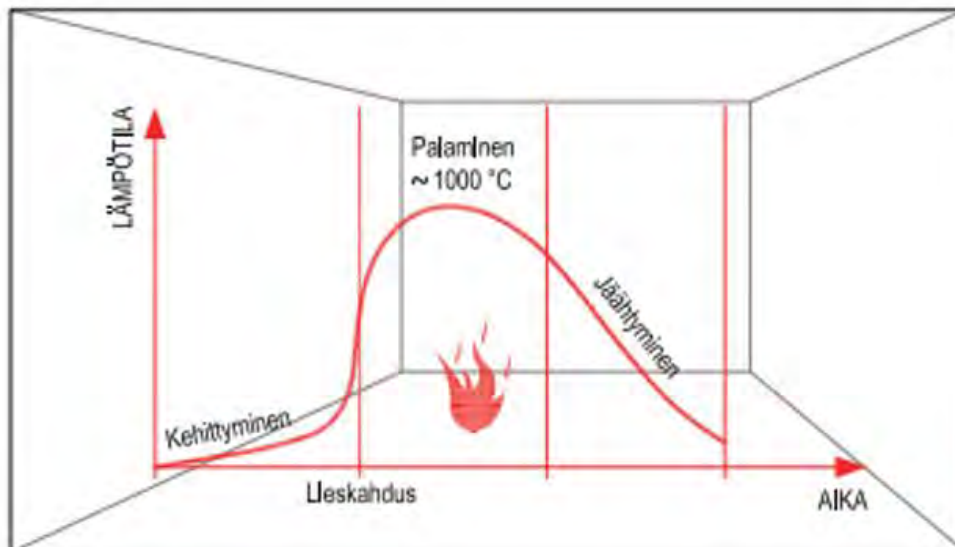
Kuivaketju10:n sisältö

1. Rakennuksen ulkopuolelta tuleva kosteus vaurioittaa perustuksia ja lattiarakenteita
 - maanpinta pitää kallistaa rakennuksesta poispäin
 - rakennuksessa tulee olla toimiva salaoitusjärjestelmä
 - pinta- ja sadevedet pitää ohjata pois rakennuksen viereltä myös poikkeustilanteissa
2. Sadevesi pääsee tunkeutumaan ulkoseinärakenteen sisälle
 - ulkoseinärakenteessa täytyy olla yhtenäinen vesitiivis kerros
 - julkisivupinnan taakse päässyt vesi pitää johtaa hallitusti pois seinärakenteesta
3. Vesikatteen läpäisevä vesi tunkeutuu aluskatteen vuotokohdista yläpohjaan
 - aluskate on tehtävä niin vedenpitäväksi, että se toimisi myös ainoana katteena
 - aluskatteen käyttöiän pitää olla vähintään vesikatteen käyttöiän pituinen
4. Kosteutta siirtyy ilmansulkukerroksen vuotokohdista ulkoseinä- ja yläpohjarakenteisiin, jonne sitä tiivistyy vedeksi
 - ilmansulun läpiviennit ja liittymät tulee suunnitella ja toteuttaa ilmatiiviiksi
 - sisäpuolisen ilmanvuotoluvun pitää olla alle yhden
5. Väärin mitoitettu ja säädelty ilmanvaihto ei poista ylimääräistä kosteutta vaan pakottaa sen siirtymään rakenteisiin
 - ilmamäärät täytyy mitoittaa riittävän suuriksi ja järjestelmä tulee säätää suunnitelmien mukaisiksi
 - märkätilojen käytöstä aiheutuva kosteuskuorma pitää poistaa tehokkaasti
6. Vesiputkien rikkoutumiset aiheuttavat kiinteistöön laajoja vesivahinkoja
 - vesiputket pitää testata ennen niiden peittämistä
 - käyttövesiputket asennetaan aina suojaputkeen
7. Huonosti toteutetussa märkätilassa kosteus vaurioittaa ympäröivät rakenteet
 - lattiapinnat täytyy kallistaa koko alaltaan riittävästi kohti lattiakaivoa ja pinnoissa ei saa olla painanteita
 - märkätilojen pinnoille pitää tehdä vain välttämättömät läpiviennit vedeneristyksen täytyy olla kauttaaltaan riittävän paksu ja se tulee varmistaa mittaamalla
8. Kosteiden betonirakenteiden päällystäminen aiheuttaa päällystemateriaalin turmeltumisen
 - betonirakenteet täytyy kuivata oikeassa lämpötilassa ja kosteuspitoisuudessa
 - betonirakenteen kosteuspitoisuus pitää varmistaa mittauksin
9. Materiaalien ja rakenteiden kastuminen vaurioittaa rakennuksen
 - materiaalit pitää suojata kastumiselta
 - rakenteiden suojaaminen täytyy ratkaista jo suunnitteluvaiheessa
10. Huonolla ylläpidolla rakennus rapistuu hitaasti mutta varmasti
 - rakennusta täytyy tarkkailla jatkuvasti
 - rakennusta tulee huoltaa ja ylläpitää laaditun huoltokirjan mukaisesti

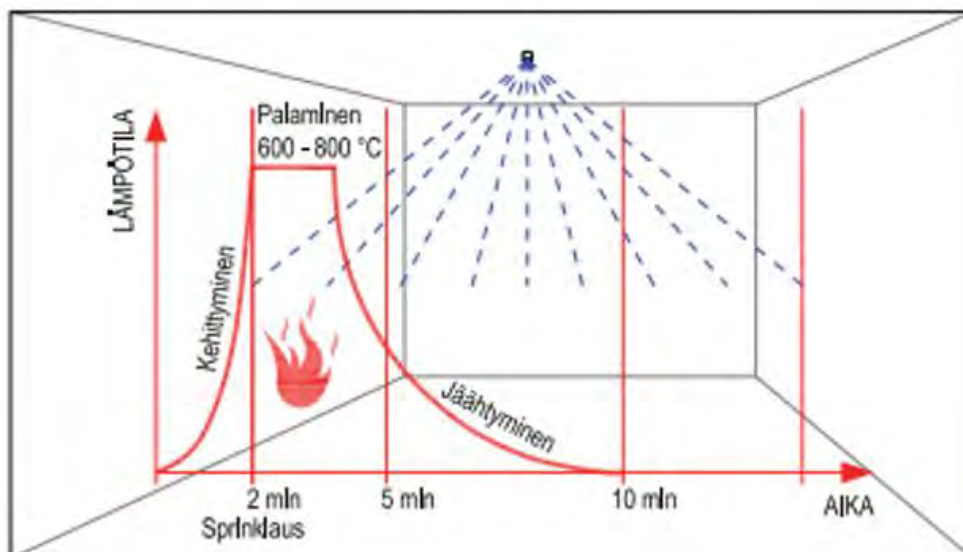
6.3 Puurakenteiden palotekniset ominaisuudet

Palon kehittyminen sisätilassa

Palon kehittymisen olennaisin tekijä on lämpötila. Lämpötilan noustessa riittävän korkeaksi materiaalit syttyvät palamaan. Palotilanteeseen vaikuttavat tilan koko ja muoto, palokuorma, lasipintojen määrä sekä sammutuslaitteistot.



Palon kehittymisen yleiskuvaus sprinklaamattomassa huoneistossa, kuva Puuinfo Oy.

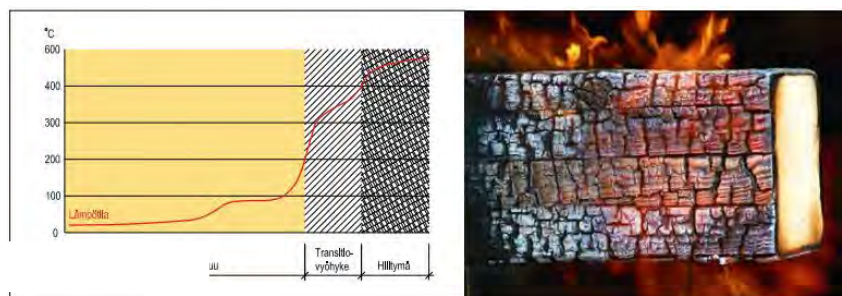


Palon kehittymisen yleiskuvaus sprinklatussa huoneistossa, kuva Puuinfo Oy.

Puun palo-ominaisuudet

Puu on palava materiaali, jonka palotekninen käyttäytyminen tunnetaan hyvin. Puun lämmitessä se pehmenee ennen syttymistä ja puu ollessa n. 100 °C alkaa siitä höyrystyä kemiallisesti sitoutunut vesi. Kuivan puun terminen pehmeneminen alkaa puun lämpötilan ollessa 180 °C ja on suurimmillaan puun lämpötilan ollessa 320...380 °C: Tällöin puun ligniinin, selluloosan ja hemiselluloosan sidokset alkavat hajota.

Puu syttyy 250...320 °C. Puun palaessa sen pintaan muodostuu hiilikerros, joka hidastaa puun sisäosien lämpenemistä ja siten puun palamista.



Puun palaessa sen pintaan muodostuu hiilikerros, joka hidasta puun sisäosien lämpenemistä ja puun palamista. Puun lämpötila nousee noin 600 Celsiusasteeseen. Diagrammi ja kuva Puuinfo Oy.

Palosuojausaineet ja -tarvikkeet

Puurakentamiseen on saatavilla runsaasti erilaisia palosuojaukseen liittyviä aineita ja tarvikkeita. Näiden käyttö perustuu palomääräyksiin ja tuotteet ovat CE-merkittyjä ja niiden valmistaminen on luvanvaraista. Tuotteet voidaan jakaa seuraavasti:

sprinklausjärjestelmät, läpivientikappaleet, savunpoistoluukut, paisuvat palokatkonauhat, palokatkomassat, palosuoja-aineet ja –maalit, palosuojalevyt, palosuojaeristeet, palo-ovet ja palokatko- ja paloprofiilit.

Sprinklausjärjestelmät

Sprinklausjärjestelmällä tarkoitetaan kiinteää sammutusvesiputkistoa. Yli 2-kerroksisessa puurunkoisessa P2-paloluokan rakennuksessa tulee olla sprinklaus. Sprinklausjärjestelmäksi suositellaan korkeapaine- tai matalapainesumusprinkleriä. Edellä mainitut sprinklerijärjestelmät käyttävät huomattavasti vähemmän vettä saman sammutustehon omaavaan perinteiseen sprinklerijärjestelmään verrattuna. Korkeapaine- tai matalapainesumusprinklerien putkikoko on myös pienempi verrattuna perinteiseen sprinklerijärjestelmään. Tämä mahdollistaa putkien sijoittamisen esimerkiksi alakaton koolautilaan. Korkeapainejärjestelmät ovat hiukan kalliimpia, mutta ne säästävät palotilanteessa rakennuksen vesivahingoilta.



Korkeapainesumuttimia



Matalapainesumuttimia



Perinteisiä sprinklereitä

Savunpoistoluukut

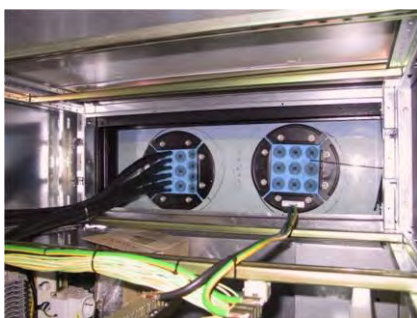
Savunpoistoluukku on rakennuksen katolle asennettava luukku, joka palotilanteessa avautuu automaattisesti tai jonka palokunta käy avaamassa. Savu voidaan poistaa ikkunasta tai luukusta 10 metrin päästä.

Läpivientikappaleet

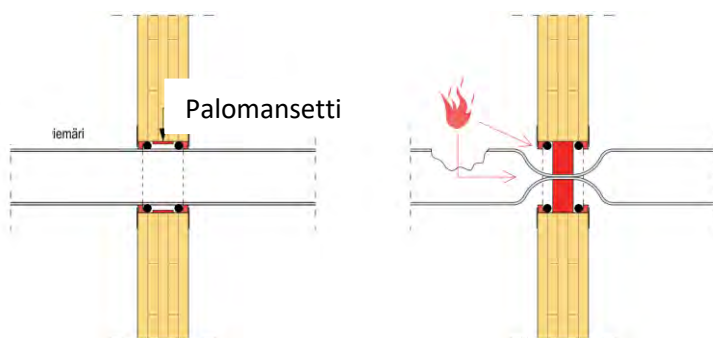
Läpivientikappaleiden avulla voidaan LVI-putkia ja sähköjohtoja viedä palo-osaston seinän läpi. Muoviputkiin liitetyllä palomansetilla voidaan yksittäiset putket viedä seinän läpi. Mikäli rakenne tarvitsee palo-osastoinnin lisäksi pöly- ja vesitiivistä sekä paineenkestoa vaativaa liitosta, niin se voidaan toteuttaa siihen tarkoitukseen valmistettavilla läpivientielementeillä. Putkien läpiviennit tarvitsevat lisäksi palosulkuventtiilin.



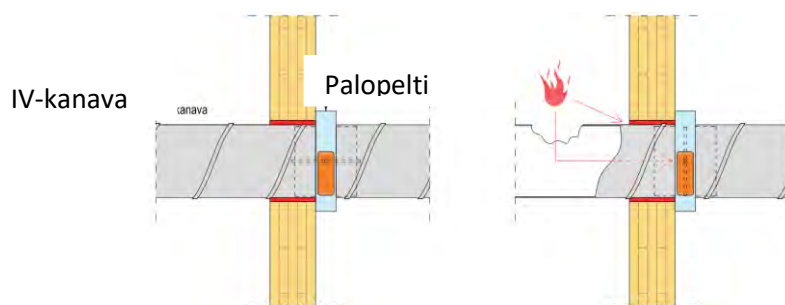
Palonsuojamansetti estää tehokkaasti tulipalon leviämisen tiivistämällä sulaneeseen muoviputkeen syntyneen aukon. Kuva Palokatko yhdistys.



Modulaarinen palokatko sopii läpivienneille, joissa tarvitaan joustavuutta, paineenkestoa ja mahdollisia jälkikäteen tarvittavia varauksia. Kuva Palokatko yhdistys.



Palomansetin toimintaperiaate, kuva Puuinfo Oy, Palokirja



Palopellin toimintaperiaate, kuva Puuinfo Oy, Palokirja

Paisuvat palokatkonauhat

Paisuvat palokatkonauhat kuumentuessaan turpoavat nopeasti ja täyttävät tuuletustilan ehkäisten ilmankulun ja liekkien etenemisen. Palokatkonauhoja käytetään ulkoseinien ja räystäiden tuuletusväleissä. Palokatkonauhoilla saavutetaan EI60 luokitus.

Palokatkomassat

Palokatkomassat ovat osastoivien seinien läpivientien tiivistämiseen tarkoitettu massa. Niillä voidaan estää tulipalon, savukaasujen ja myrkyllisten höyryjen eteneminen viereiselle toiseen palo-osastoon. Niillä voidaan tiivistää seinien nurkkasaumat, lattioiden ja kattojen vaakasuorat saumat sekä tiivistää putkien läpivientireiät. Tarkemmat ohjeet ja palo-osastointiluokat löytyvät näiden tuotteiden käyttöohjeista.

Palosuoja käsittelyt

Yleensä puurakenne suojaamattomana kuuluu rakennusmateriaalien paloluokituksessa luokkaan D. Palosuojamaalia käytettäessä puu kuuluu paloluokkaan B. Palosuojamaaleilla parannetaan siis pintamateriaalin paloluokitusta, rakenteiden kantavuuteen sillä ei ole merkitystä. Palosuojamaalaukseen käsitellään tarkemmin luvussa 13.1.

Palosuoja levyt

Palosuoja levyt ovat paloluokiteltuja levyjä, joita käytetään kantavissa ja osastoivissa rakenteissa estämään palon etenemistä. Levyjä on saatavissa useilta valmistajilta ja niiden ominaisuudet ovat tuotekohtaisia. Pääsääntö näissä on, että käyttämällä esimerkiksi kahta levyä ”päällekkäin”, voidaan aikaluokka kaksinkertaistaa (esim. kaksi EI15 levyä muodostaa yhdessä EI30 paloluokituksen).

Palosuojaeristeet

Palosuojaeristeitä käytetään lämmöneristeenä puurakenteissa tilanteissa, jossa levyltä vaaditaan lämmöneristykseen lisäksi myös palonkestävyyttä (esim. hormien ja vesikaton läpivientikohdassa).

Palo-ovet

Palo-ovi tarvitaan palo-osastointien läpi kulkeville reiteille. Palo-oven on sulkeuduttava automaattisesti palotilanteessa. Palo-oven pitää kuitenkin pystyä avaamaan ja sulkemaan mekaanisesti savunpoiston tai oviautomaatiikan vikatilanteissa. Palo-oven aikaluokkavaatimus on puolet seinän vastaavasta vaatimuksesta (esim. paloluokan EI60 oven on oltava luokkaa EI30).

Palokatko profiilit

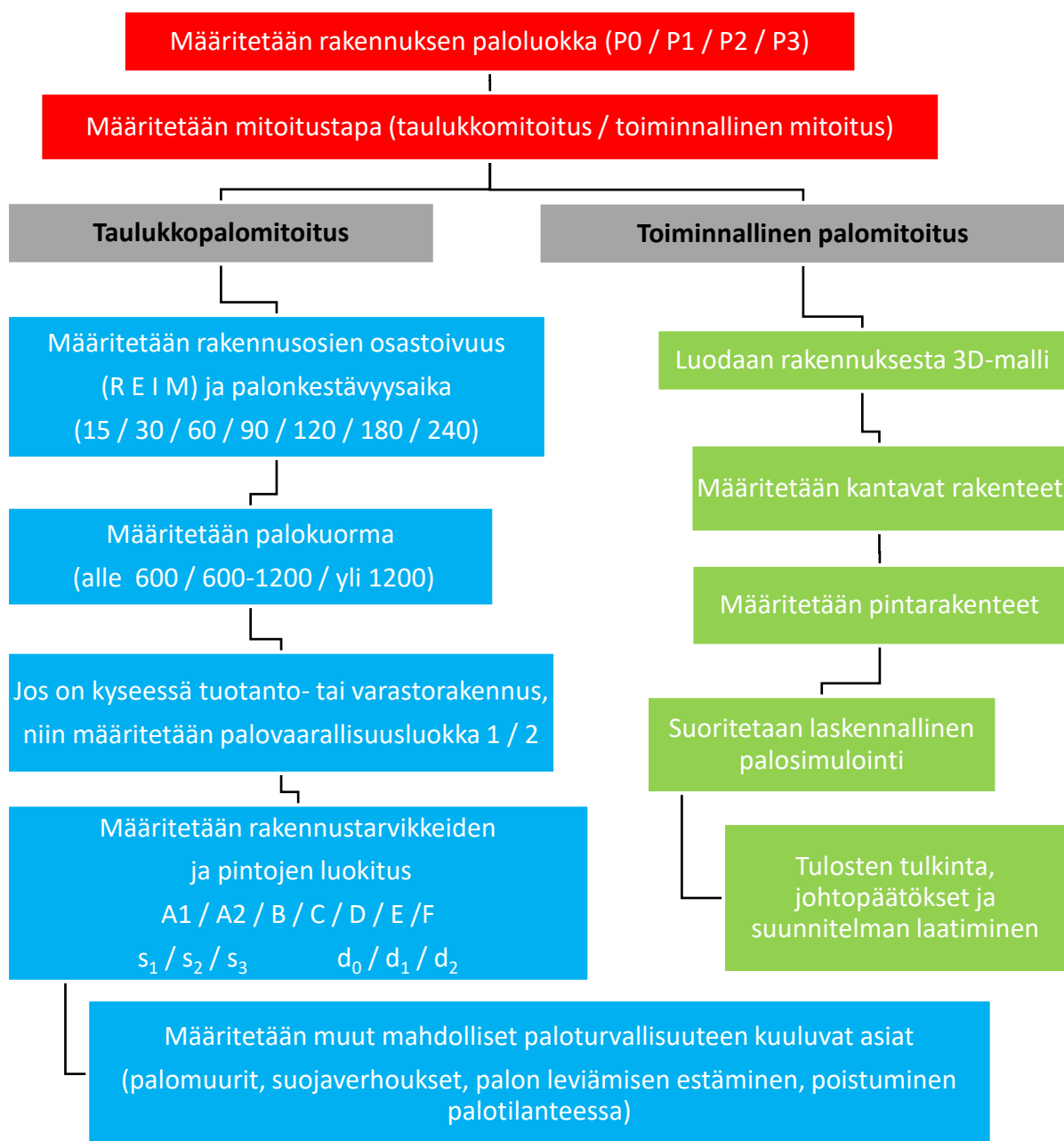
Palokatkot ovat teräksestä valmistettuja sinkittyjä ohutlevyprofiileja, joissa on reiät tuuletusta varten. Reikien osuus on 5 % tuuletusraon poikkileikkauksen pinta-alasta. Kyseisen palokatkon toiminta perustuu siihen, että se hidastaa tuuletusrakoon muodostuvan savun poistumista, jolloin palon hapensaanti vähenee ja palon leviäminen hidastuu.

Rakennuksen paloturvallisuuden suunnittelu

Taulukkomitoituksessa rakennukset suunnitellaan käyttäen valmiita taulukkoarvoja.

Taulukkomitoituksessa huomioidaan rakennuksen paloluokka, rakennusosien osastoivuus ja pintamateriaalien paloluokitus. Paloluokka määritetään taulukkoarvoissa rakennuksen käyttötarkoituksen, rakennuksen osaston käyttötarkoituksen, kerrosalan, palo-osaston pinta-alan, rakennuksen korkeuden, kerrosluvun ja oletetun henkilömäärän perusteella.

Toiminnallinen palomitoitus on tasavertainen menetelmä palomääräysten taulukkomitoitusten rinnalla. Rakennuksen palomääräysten katsotaan täyttyvän, mikäli rakennus suunnitellaan perustuen oletettuun palonkehitykseen, joka kattaa kyseisessä rakennuksessa todennäköisesti esiintyvät tilanteet. Vaatimusten täyttyminen todennetaan tapauskohtaisesti ottaen huomioon rakennuksen ominaisuudet ja käyttö. Toiminnallinen palomitoitus toteutetaan simuloimalla oletettu palotilanne, jossa otetaan huomioon mm. poistumistiet sekä rakennuksen pintamateriaalien lämmönkehitys. Toiminnallisen palomitoitukseen tarvitaan siihen soveltuva pätevyysvaatimus.



Rakennuksen paloluokat

Rakennukset jaetaan neljään paloluokkaan: P0, P1, P2 ja P3. Paloluokkia P1, P2 ja P3 käytetään, kun rakennus suunnitellaan noudattaen palomääräysten paloluokkia ja lukuarvoja. Paloluokkaa P0 käytetään, kun rakennus suunnitellaan osin tai kokonaan perustuen oletettuun palonkehitykseen, joka kattaa kyseisessä rakennuksessa todennäköisesti esiintyvät palotilanteet. Kantavat ja osastoivat rakennusosat tulee suunnitella REI-luokkavaatimusten mukaisiksi.

Paloluokat		
Paloluokka	Kuvaus	Tyypillisiä rakennuskohteita
P0	Toiminnallisen palomitoituksen mukaan (henkilömäärää ja palokuormaa koskevat tiedot ilmoitettava).	Yli 28 m korkea asuin- tai työpaikkarakennus.
P1	Rakennuksen kantavien rakenteiden oletetaan kestävän sortumatta palon ja jäähtymisvaiheen aikana ilman, että paloa sammutetaan (yleensä yli 2-kerroksisessa rakennuksessa). Rakennuksen kokoa ja henkilömäärää ei ole rajoitettu	Rakennukset, jotka eivät ole sallittuja paloluokassa P2 ja P3.
P2	Rakennuksen kantavien rakenteiden vaatimukset voivat olla P1-paloluokkaa lievemmat. Riittävä turvallisuustaso savutetaan asettamalla vaatimuksia erityisesti pintaosien ominaisuuksille ja paloturvallisuutta parantaville laitteille. Rakennuksen kokoa ja henkilömäärää on rajoitettu käyttötarkoituksesta riippuen.	Enintään 8-kerroksinen 28 m korkea asuin-, majoitus- ja työpaikkarakennus sekä hoitolaitos (pois lukien suljettu rangaistuslaitos). Enintään 4-kerroksinen 14 m korkea kokoontumis- ja liikerakennus. 1-kerroksinen tuotanto- ja varastorakennus.
P3	Rakennuksen kantavilta rakenteilta ei yleisesti vaadita palonkestävyyttä joitakin erityistapauksia lukuun ottamatta (esimerkiksi osastoivilla rakenteilla on oltava myös R-vaatimus). Riittävä turvallisuustaso saavutetaan rajoittamalla rakennuksen kokoa ja henkilömäärää käyttötarkoituksen mukaan.	Enintään 2-kerroksinen 9 m korkea asuinrakennus, jossa kerrokset ovat samaa palo-osastoa. Enintään 2-kerroksinen 9 m korkea majoitus- ja työpaikkarakennus sekä hoitolaitos. Enintään 1-kerroksinen 14 m korkea tuotanto- tai varastorakennus.

Palo-osaston enimmäisalajat			
Käyttötapa	Rakennuksen paloluokka		
	P1	P2	P3
Asuinrakennukset	huoneistoittain	huoneistoittain	huoneistoittain
Majoitustilat			
- yöpymistilat	800 m ²	800 m ²	400 m ²
- muut tilat	1600 m ²	1600 m ²	400 m ²
Hoitolaitokset			
- yöpymistilat	800 m ²	800 m ²	400 m ²
- muut tilat	1600 m ²	1600 m ²	1600 m ²
Kokoontumistilat	2400 m ²	2400 m ²	400 m ²
Liiketilat	2400 m ²	2400 m ²	400 m ²
Työpaikkatilat	2400 m ²	2400 m ²	400 m ²
Ullakot	1600 m ²	1600 m ²	alap. osastoinnin mukaan
Kellarit	800 m ²	800 m ²	400 m ²

Rakennusosien osastoivuus

Rakennusosien osastoivuus määräytyy kantavuuden (R), tiiveyden (E) ja eristävyys (I) perusteella. Lisäksi voidaan käyttää lisämäärettä iskunkestävyys (M).

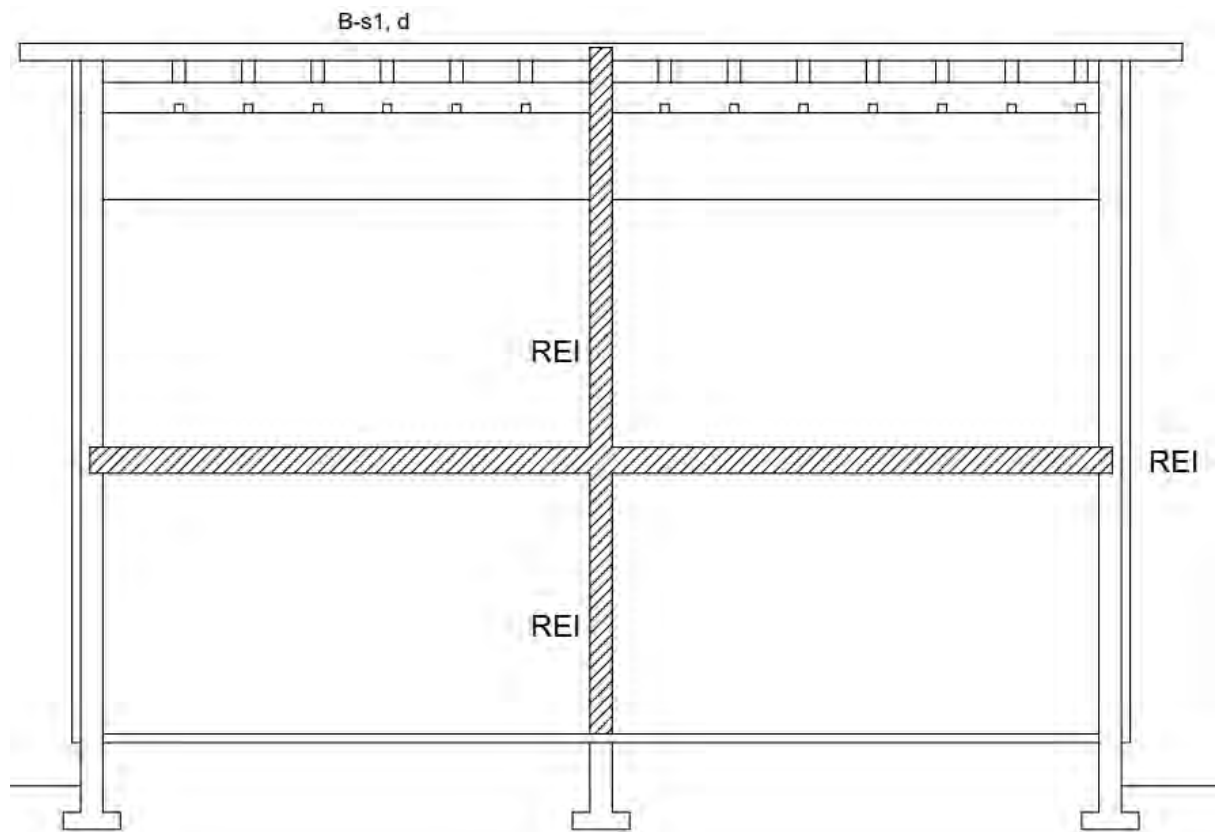
Kantavuus (R) tarkoittaa, että rakennusosan tulee säilyttää kantavuusominaisuudet vaaditun palonkestoajan.

Tiiveys (E) tarkoittaa, että rakennusosan tulee säilyttää tiiveys savukaasuille ja lämpösäteilylle vaaditun palonkestoajan.

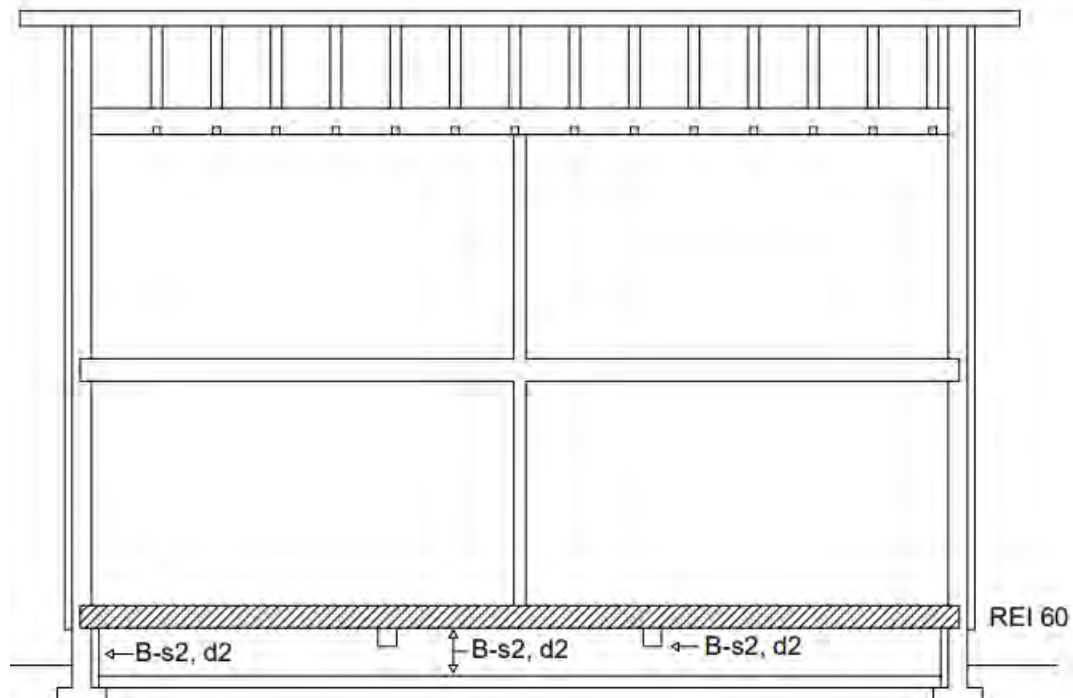
Eristävyys (I) tarkoittaa, että rakennusosan tulee säilyttää lämmöneristävyysominaisuudet vaaditun palonkestoajan.

Iskunkestävyys (M) tarkoittaa, että rakennusosan tulee kestää siihen kohdistuvat paineaallot sortumatta vaaditun palonkestoajan.

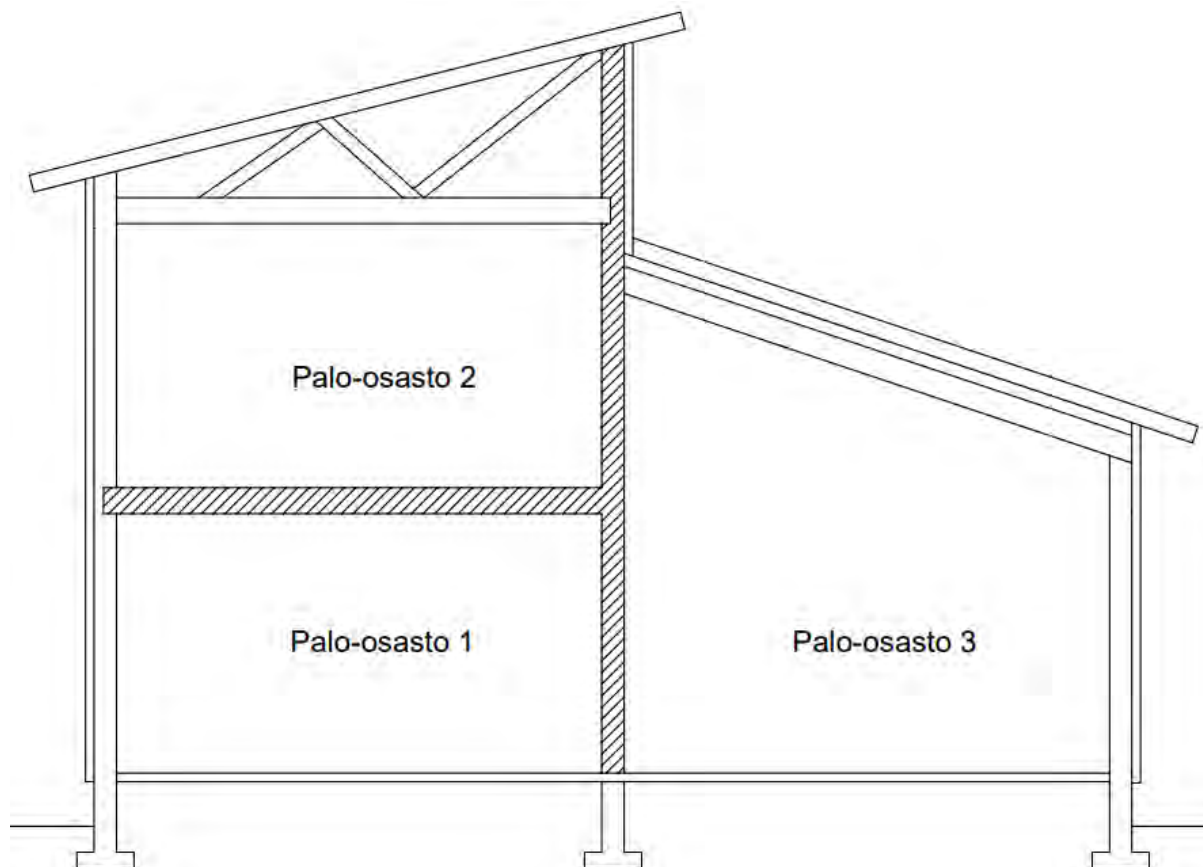
Vaadittu palonkesto aika tarkoittaa aikaa minuuteissa, jonka rakennusosan on kestävä sille määritellyt ominaisuudet. Esimerkiksi REI60 tarkoittaa, että rakennusosan on säilytettävä 60 minuuttia kantavuus-, tiiveys- ja eristävyysominaisuudet. Vaadittu palonkestävyysaika voi olla 15, 30, 60, 90, 120, 180 tai 240 minuuttia.



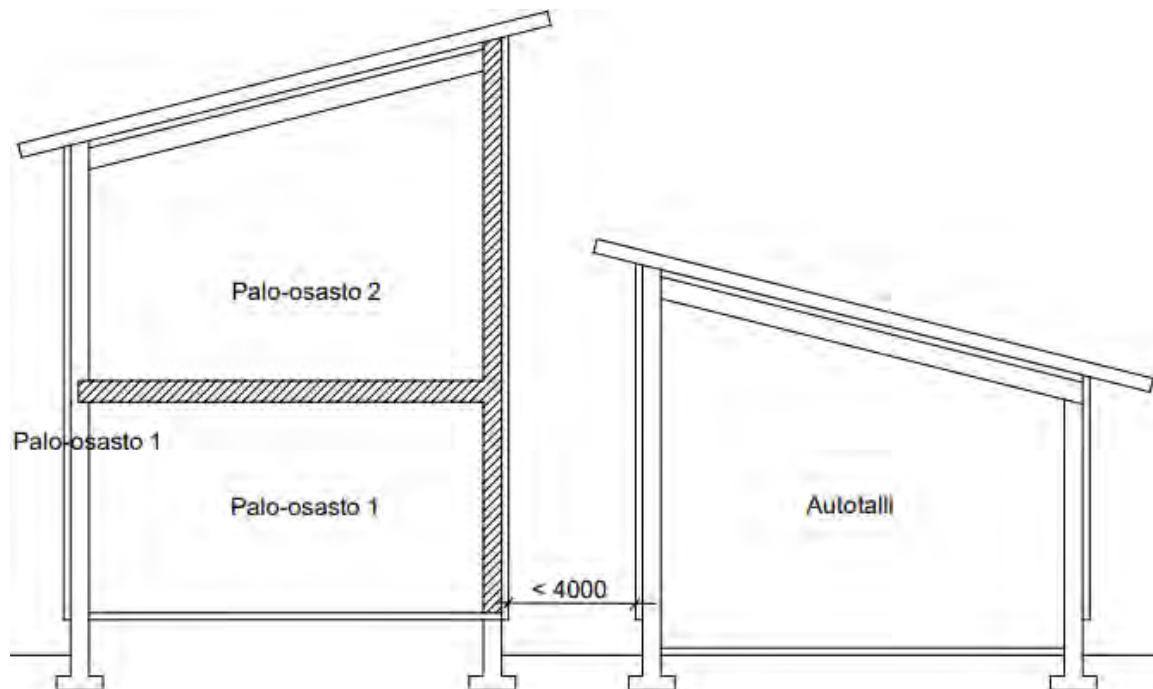
Palo-osastoinnin periaatekuva. P1- ja P2-paloluokissa vaaditut B-s₁, d₀-luokan pinnat yläpohjaontelossa on vaikea toteuttaa käytännössä. Yleensä osastointi tehdään rakentamalla osastoiva seinä lähelle vesikaton alapintaa.



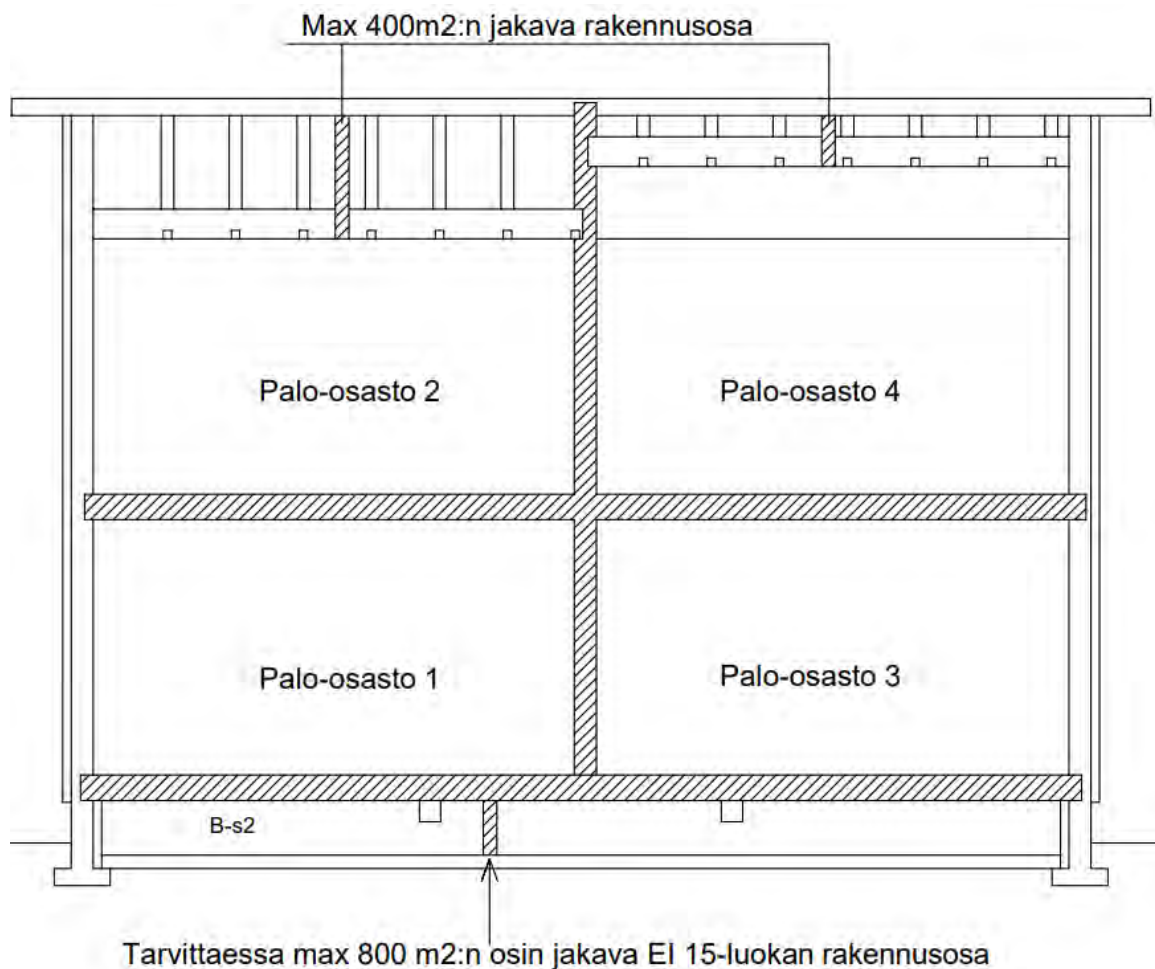
Alapohjan osastoinnin periaatekuva. Alapohjan onteloa ei tarvitse jakaa osiin, jos ontelon pinnat ovat vähintään D-s₂, d₂ tai alapohjan rakenteet ovat REI 60-osastoinilla.



Palo-osastoinnin periaate, kun vierekkäisillä palo-osastoinneilla on eri kerroskorkeudet. Palo-osastointi on vietävä alemmassa kerroksessa vesikaton alapintaan asti.



Jos rakennuksen seinä on neljää metriä lähempänä autotallia tai palo-osastointia vaativa varastorakennusta, niin se on palo-osastoitava palomääräysten mukaisesti.



Palo-osastointien jakaminen pienempiin osiin: yläpohja max. 400 ja alapohja max. 800 m².

Palokuorma

Palokuorman määrityksen lähtökohtana on tilojen pääkäyttötapa. Rakennuksessa on usein tästä palokuormaltaan poikkeavia palo-osastoja. Tällöin saattaa olla tarpeen määrittää kunkin osaston palokuorma erikseen ja mitoittaa kyseiseen palo-osastoon liittyvät rakenteet tämän mukaan.

Palokuorma	Tila
alle 600 MJ/m ²	asunnot, majoitustilat ja hoitolaitokset osa kokoontumis- ja liiketiloista sekä ravintolat enintään 300 m ² :n myymälät, toimistot, koulut, urheiluhallit, teatterit, kirkot ja päivähoitolaitokset autosuojat
600–1200 MJ/m ²	osa kokoontumis- ja liiketiloista kuten myymälät, näyttelyhallit ja kirjastot asuinrakennusten kellariosastot, jotka sisältävät irtaimistovarastoja moottoriajoneuvojen korjaus- ja huoltotilat.
yli 1200 MJ/m ²	osa kokoontumis- ja liiketiloista kuten myymälät, näyttelyhallit ja kirjastot

	asuinrakennusten kellariosastot, jotka sisältävät irtaimistovarastoja				
Osastoivien rakennusosien luokkavaatimukset (EI)					
Osastot	Rakennuksen paloluokka ja kerrosluku				
	P1 ja P2, 3–8 kerrosta			P2, 1–2 kerrosta	P3
	Palokuorma MJ/m²				
	yli 1200	600–1200	alle 600		
kerroksissa	EI 120	EI 90	EI 60	EI 30	EI 30
kellareissa	EI 120	EI 90	EI 60	EI 60	EI 30

Kantavien rakenteiden luokkavaatimukset (R)							
	Rakennuksen paloluokka						
	P1			P2			P3
	Palokuorma MJ/m²			Palokuorma MJ/m²			
	> 1200	600–1200	< 600	> 1200	600–1200	< 600	
enint. 2-kerrosta	R 120	R 90	R 60	R 30	R 30	R30	-
hoitolaitokset, majoituslaitokset, kellarit	R 120	R 90	R 60	R 30	R 30	R 30	-
3-8 kerrosta	R 180	R 120	R 60	R 180	R 120	R 60	ei mahd.
yli 8 kerrosta	R 240	R 180	R 120	ei mahd.	ei mahd.	ei mahd.	ei mahd.
alemmat kellarit	R 240	R 180	R 120	R 240	R 180	R 120	R 60

Poistuminen palotilanteessa

Rakennuksesta tulee voida turvallisesti poistua tulipalossa tai muussa hätätilanteessa. Rakennuksessa tulee olla riittävästi sopivasti sijoitettuja, tarpeeksi väljiä ja helppokulkuisia uloskäytäviä niin, että poistumisaika rakennuksesta ei ole vaaraa aiheuttavan pitkä. Uloskäytävän tulee johtaa ulos maan pinnalle tai muulle palon sattuessa turvalliselle paikalle.

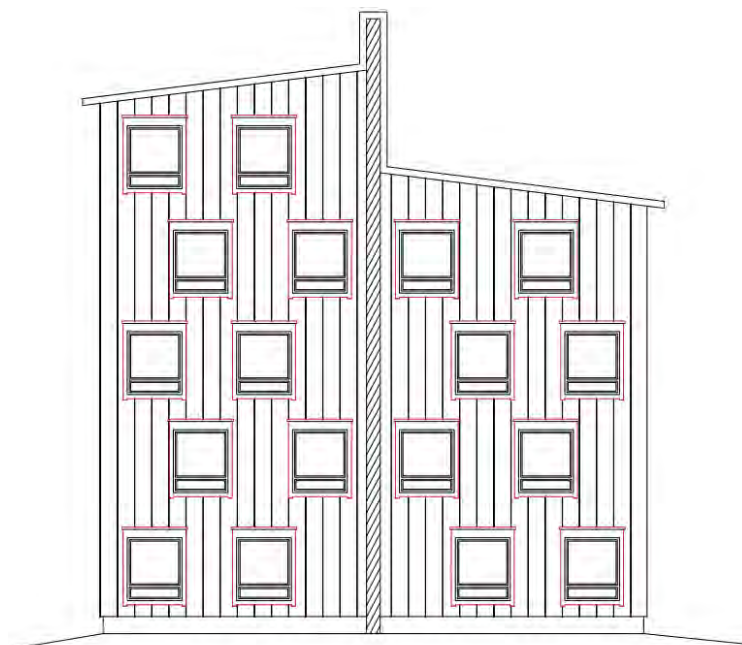
Rakennuksen jokaiselta poistumisalueelta, jossa muutoin kuin tilapäisesti oleskelee tai työskentelee henkilöitä, tulee yleensä olla vähintään kaksi erillistä, tarkoituksenmukaisesti sijoitettua uloskäytävää. Poistumisalueilta on yleensä oltava lisäksi varatie.

Poistumiskäytävän leveyden tulee olla vähintään 1200 mm. Jos oletettu henkilömäärä on enemmän kuin 120, poistumiskäytävien vähimmäisleveys lasketaan lisäämällä 400 mm kutakin seuraavaa 60 henkilöä kohden. Esimerkiksi kun henkilömäärä on 220, niin poistumiskäytävien leveys on oltava 2400 mm. Poistumiskäytävä voidaan myös jakaa kahteen osaan.

Palomuur

Mikäli rakennetaan niin lähelle toista rakennusta, että palon leviäminen on ilmeistä, taikka kiinni toiseen rakennukseen, on käytettävä palomuuria. Samalla tontilla tai rakennuspaikalla olevia rakennuksia voidaan paloteknisessä mielessä pitää yhtenä rakennuksena, jolloin tavanomainen osastointi on riittävä. Tämä edellyttää, että rakennukset kuuluvat samaan paloluokkaan ja muodostuva kokonaisuus alittaa tämän paloluokan yhdelle rakennukselle asettamat kerrosala- ja henkilömäärärajoitukset.

Palomuurin luokkavaatimukset				
Rakennuksen paloluokka ja kerrosluku				
P1 ja P2, 3–8 kerrosta			P1, 1–2 krs.	P3
Palokuorma MJ/m ²				
alle 600	600–1200	yli 1200		
EI-M 240	EI-M 180	EI-M 120	EI-M 120	EI-M 60



Palomuur pitää rakentaa tonttien väliin, kun rakennukset sijaitsevat molemmin puolin tonttien rajoilla. Palomuurin pitää olla EI-M60 paloluokan P3 rakennuksilla ja EI-M120 paloluokan P2 rakennuksilla ja P1 rakennuksilla, joiden palokuorma on alle 600 MJ/m². P3-paloluokan rakennuksissa palomuur voidaan korvata osastoivalla ulkoseinällä.

Palovaarallisuusluokka

Tuotanto- ja varastointilat pitää luokitella lisäksi palovaarallisuusluokkaan seuraavasti:

Palovaarallisuusluokka 1:

Toiminnot, joihin liittyy vähäinen tai kohtuullinen palovaara, kuten

- toiminnot, joissa aineita jähmeässä tai sulassa olomuodossa käsiteltäessä tai työstettäessä säteilylämpöä, valokaarta tai avointa liekkiä käyttäen esiintyy vähäisessä määrin palovaaraa;
- toiminnot, joissa käsitellään kosteita raaka-aineita tai joissa kerrallaan käsiteltävien raaka-aineiden tai puolivalmisteiden määrä on pieni;
- toiminnot, joissa tuotannon tai varastoinnin yhteydessä käsitellään aineita, joihin kokemuseräisesti prosessiin kuuluvana tai käyttökokemuksiin liittyvänä sisältyy rajoitettu palovaara;
- toiminnot, joissa teollisesti käsitellään tai varastoidaan palavia nesteitä, joiden leimahduspiste on yli 55 °C tai sellaisia höyryjä ja pölyjä, jotka ovat vain rajoitetussa määrin.

Esimerkiksi betoni-, metalli- ja elintarviketeollisuuden tuotanto- ja varastorakennukset kuuluvat pääasiassa tähän ryhmään.

Palovaarallisuusluokka 2

Toiminnot, joihin liittyy huomattava tai suuri palovaara tai joissa voi esiintyä räjähdysvaara, kuten

- toiminnot, joissa tuotannossa tai varastoinnissa syntyy prosessin laadun tai muun syyn johdosta sellaisia höyryjä tai hienojakoisia pölyjä, jotka yhdessä ilman kanssa voivat muodostaa räjähtävän tai helposti syttyvän seoksen;
- toiminnot, joissa käsitellään tuotannon tai varastoinnin yhteydessä herkästi syttyviä ja nopeasti lämpöä luovuttavia raaka-aineita, puolivalmisteita tai valmisteita;
- toiminnot, joissa teollisesti käsitellään tai varastoidaan eri asteisesti palavia nesteitä, joiden leimahduspiste on enintään 55 °C ja joiden höyryt voivat muodostaa ilman kanssa räjähtävän seoksen;
- toiminnot, joissa käsitellään varsinaisia räjähdysaineita tai aineita, jotka esimerkiksi veden, ilman, kitkalämmön tai tärähdyksen vaikutuksesta voivat syttyä itsestään tai räjähtää.

Esimerkiksi puu- ja sahateollisuuden tuotanto- ja varastorakennukset sekä palavia nesteitä käsittelevät laitokset kuuluvat pääasiassa tähän ryhmään.

Rakennustarvikkeiden ja pintojen luokitus

Rakennustarvikkeet jaetaan luokkiin sen perusteella, miten ne osallistuvat paloon.

Luokituksessa tarkastellaan syttymisherkkyyttä, palon leviämiseen liittyviä ominaisuuksia sekä savun ja palavien pisaroiden tuottoa. A1-luokan rakennustarvikkeet ovat yksiaineisia palamattomia tuotteita. A2-s₁,d₀-luokan tuotteet ovat tavallisesti useammasta osa-aineesta koostuvia, mutta myös osa-aineille on tässä luokassa asetettu vaatimuksia.

Rakennuksen sisä- ja ulkopinnoille on asetettu luokkavaatimuksia. Pintaluokalla on suuri merkitys palon leviämiseen, leiskahduksen alkamishetkeen sekä savun ja pisaroiden muodostamiseen. Puupohjaisten tuotteiden yhteydessä asennustavalla, tuotteen tiheydellä ja paksuudella sekä alusrakenteella on suuri merkitys rakennustarvikkeella saavutettavaan pintaluokkaan.

Rakennustarvikkeiden luokkamerkinnän muodostuminen yleisesti					
Osallistuminen paloon		Savuntuotto		Palavien pisaroiden ja osien tuotto	
ei osallistu paloon	A1	erittäin vähäinen	S ₁	ei esiinny	d ₀
osallistuu erittäin rajoitetusti	A2	vähäinen	S ₂	nopeasti sammuva	d ₁
osallistuu hyvin rajoitetusti	B	muu	S ₃	muu	d ₂
osallistuu rajoitetusti	C				
osallistuminen hyväksyttävää	D				
käyttäytyminen hyväksyttävää	E				
käyttäytymistä ei ole määritetty	F				

Merkintä muodostetaan näiden kolmen tunnuksen mukaan, esim. B-s₂,d₀.

Poikkeuksena tästä ovat A1 luokan materiaalit, jotka merkitään vain tunnuksella A1.

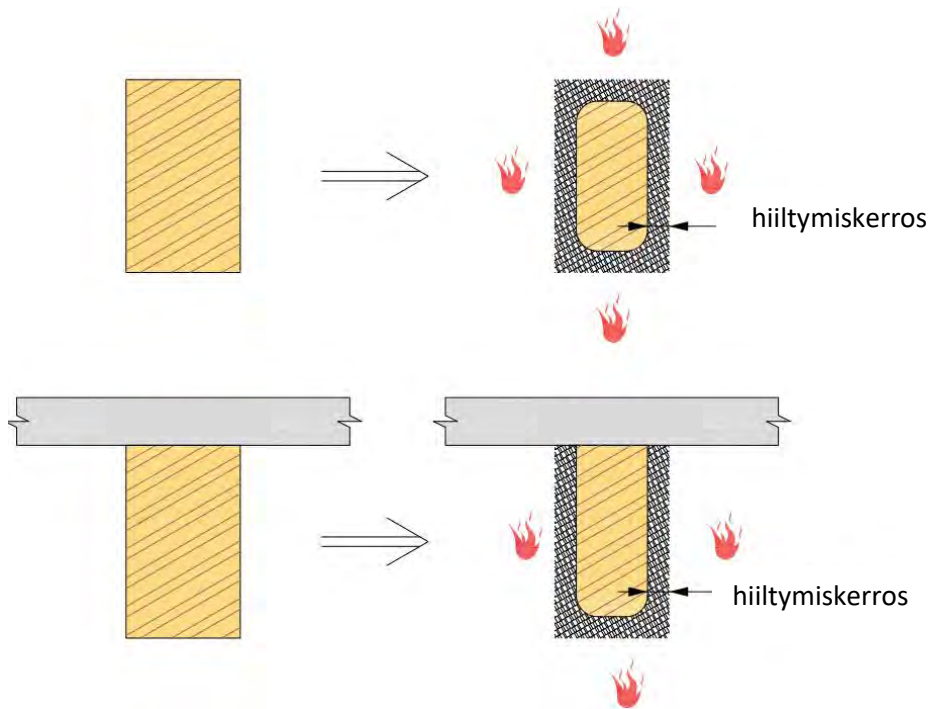
Suuntaa antavia esimerkkejä seinä- ja kattomateriaalien luokituksesta:

Luokka A1	kivi, betoni, tiili, lasi ja teräs
Luokka A2-s₁,d₀ tai B-s₁,d₀	kipsilevy, vuorivilla, lasivilla ja palosuojattu puu (vain B-s ₁ ,d ₀)
Luokka C-s₂,d₁	alkydispaklattu ja melaminipinnoitettu lastulevy sekä paperitapetti kipsilevyllä
Luokka D-s₂,d₂	rakennuspuutavara, kuitu- ja massiivipuulevyt, 3 mm:n vanerilevy
Luokka E	huokoinen puukuitulevy
Luokka F	muovi, paperi sekä muut testaamattomat ja luokittelemattomat tuotteet

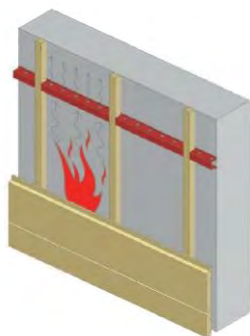
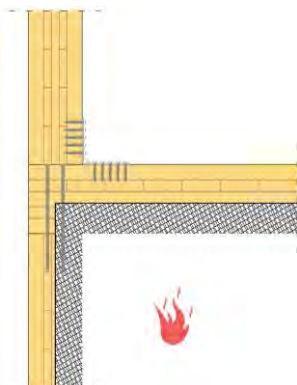
Taulukossa annetut luokitukset ovat suuntaa antavia. Luokka on aina tarkastettava tuotekohtaisesti.

Suojaverhouk

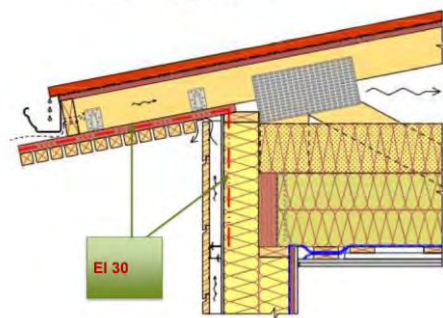
Suojaverhouksella tarkoitetaan rakennusosan pinnan muodostamaa osaa, joka suojaa alustaansa määrätyn ajan syttymiseltä, hiiltymiseltä tai muulta vaurioitumiselta. Suojaverhouksen tarkoituksena on palon kehittymisen rajoittaminen tietyn ajan tapauksissa, joissa rakennusosaan käytetyt tarvikkeet vaaraa aiheuttavasti osallistuvat paloon.



Palosuojaamaton sahatavara hiiltyy lineaarisesti ominaishiiltymisnopeuden mukaisesti (liimapuu 0,6 mm/min, sahatavara 1,0 mm/min). Suojaava rakenne estää pinnan hiiltymisen suojatulta sivulta. Kuva Puuinfo Oy.



Paloräystäs



Vasemmalla: palosuojaamattoman massiivipuulevyn hiiltymämitoitus saattaa johtaa paksuihin levyihin ja ongelmiin liitosten kestävyuden kannalta. Kuva Paloturvallinen puutalo.

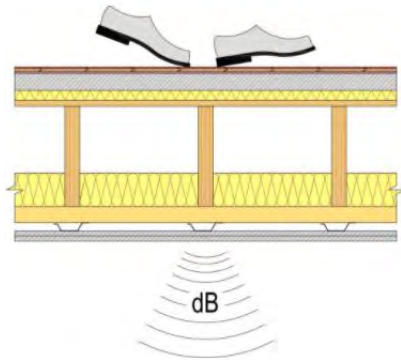
Keskellä: palon eteneminen tuuletusvälissä, kuva Puuinfo Oy.

Oikealla: puukerrostalon räystäsrakenne, kuva Puuinfo Oy.

6.4 Puurakenteiden äänitekniset ominaisuudet

Ääni

Ääni on mekaanista värähtelyä elastisessa väliaineessa. Väliaine voi olla kaasu, neste tai kiinteä aine. Äänelle annetaan nimityksiä sen perusteella, missä väliaineessa ääniaalto etenee. Ilmassa etenevää ääntä kutsutaan ilmaääneksi ja ihminen aistii sen kuulonsa avulla. Rakennuksen rungossa etenevää ääntä kutsutaan runkoääneksi ja sen ollessa riittävän voimakasta ihminen aistii sen tärinänä. Ilma- ja runkoäänien eroavaisuuksista huolimatta niillä on kuitenkin keskinäinen yhteys, koska ilmaääni voi synnyttää runkoääntä ja runkoääni synnyttää miltei aina ilmaääntä.



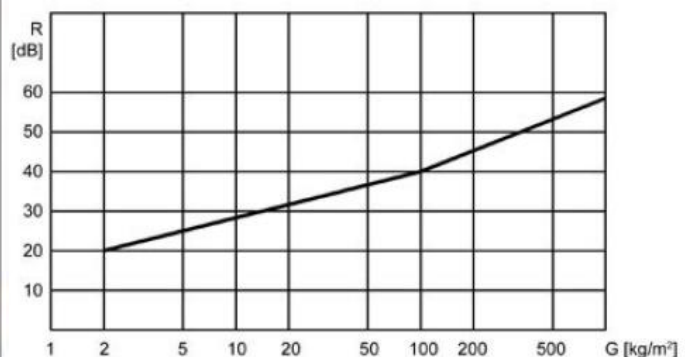
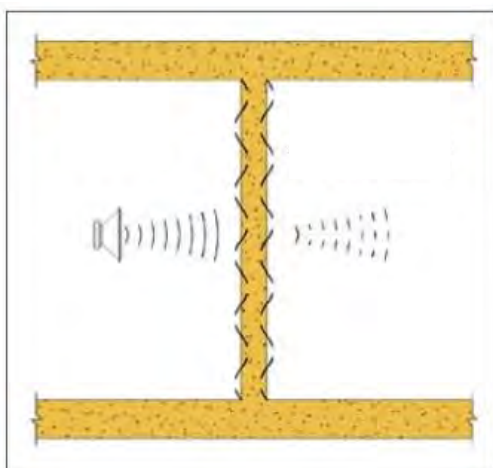
Askeläänen johtuminen rakenteissa, kuva Puuinfo Oy.

Rakenteiden ääniteknikan teoriaa

Massalaki:

Kevyt rakenne värähtelee samasta äänenpaineesta enemmän kuin raskas rakenne, joten raskas rakenne eristää paremmin ääntä. Tätä kutsutaan ääneneristävyyden massalaiksi.

Ääneneristävyys ei kuitenkaan parane lineaarisesti massaa lisäämällä. Näin ollen rakenteen ääneneristävyyden kannalta massan lisäämisestä on hyötyä vain, kun rakenne on alun perin kevyt. Nyrkkisääntönä voidaan pitää, että massan kaksinkertaistaminen parantaa rakenteen ilmanääneneristävyyttä 4-6 dB.



Ilmaäänien johtuminen rakenteissa, kuva ja diagrammi Puuinfo Oy.

Resonanssi-ilmiö:

Resonanssi-ilmiö syntyy rakenteessa, kun siihen osuu ääniaaltoja, joiden taajuus on rakenteen ominaistaajuusalueelle. Rakenteen voimakas värähtely johtuu siitä, että rakenteessa oleva värähtelysteemi saa koko ajan lisää energiaa siihen kohdistuvista ääniaalloista. Resonanssi-ilmiö voi syntyä myös värähtelyä tuottavan laitteen ja rakenteen välille. Tällöin laite saa rakenteen värähtelemään, mikäli laitteen herätetaajuus osuu rakenteen resonanssialueelle. Tällainen resonanssi-ilmiö voi syntyä esimerkiksi pyykinpesukoneen ja kelluvan pintalaatan välille.

Asuinrakennuksen äänimaailma

Asuinrakennuksissa esiintyvien äänien taajuudet vaihtelevat suuresti. Tämä korostuu erityisesti kevyiden seinä- ja välipohjarakenteiden suunnittelussa, koska ne läpäisevät helpommin matalia äänentaajuuksia.

Äänenvoimakkuutta kuvataan käsitteellä äänenpainetaso, joka voidaan mitata äänenpainetasomittarilla. Äänenpaine ilmoitetaan lukuarvona, jonka yksikkö on desibeli (dB). Desibeli on logaritminen suure, joten yksittäisten äänilähteiden aiheuttamia äänenpainetasoja ei voida laskea suoraan yhteen. Nyrkkisääntönä voidaan pitää, että äänitehon noustessa kaksinkertaiseksi äänenpainetaso voimistuu 3 dB.

Äänilähde	Äänenpainetaso
Kuulokynnys	0 dB
Pensaiden lehtien havina	5–25 dB
Tietokone	25–50 dB
Äänekäs puhuminen	50–70 dB
Liikenne	70–85 dB
Moottoripyörä	80–90 dB
Äänekäs musiikki	90–110 dB
Kipukynnys	110–130 dB
Suihkumoottori	150 dB

Ääneneristävyysvaatimukset

Rakenne	Ilmaääni	Askelääni
Huoneistojen välinen välipohja	$R'w \geq 55$ dB	$L'n,w \geq 53$ dB
Huoneistojen välinen seinä	$R'w \geq 55$ dB	
Porrashuoneen ja huoneistojen välinen seinä	$R'w \geq 55$ dB	
Porrashuoneen ja huoneistojen välinen seinä, kun seinässä on ovi	$R'w \geq 39$ dB	
Huoneistojen välinen ovi	$R'w \geq 37$ dB	
Uloskäytävä huoneistoon		$L'n,w \geq 63$ dB

Rakennuksen ääneneristys

Puu on materiaalina kevyttä, joten asuinrakennuksen ääneneristävyysvaatimusten täyttäminen pelkästään puurakenteen massan avulla on käytännössä mahdotonta. 200 mm:n paksun massiivipuuseinän ilmanääneneristys on n. 40 dB. Puurunkoisessa asuinrakennuksessa saadaan ääneneristävyysvaatimukset täytettyä vain levypintaisella kaksinkertaisella rakenteella.

Puurakenteisen välipohjan heikohko ääneneristys matalilla taajuuksilla johtuu välipohjarakenteen keveydestä. Niissä tuleekin yleensä käyttää esimerkiksi betonirakenteista pintalaattaa, jotta välipohjaan saadaan lisää massaa.

Materiaalien massoja / m²	
Materiaali	Paino kg/m²
Betoni 160 mm	400 kg/m ²
Pintabetonointi 50 mm	125 kg/m ²
Kipsilevy 13 mm	8,4 kg/m ²
Puu 100 mm	45 kg/m ²
Tiili 85 mm	153 kg/m ²
Tiili 130 mm	234 kg/m ²
Kaksoisrunkoseinä (rakenne alempana)	n. 42 kg/m ² 55 dB

Osastoiville seinille ja välipohjille saadaan riittävä ääneneristys, kun niiden paino on vähintään 380 kg/m².

Ilmatila kaksoisrunkorakenteissa parantaa merkittävästi ääneneristävyttä.

Esim. kaksoisrunkoisessa levyrunkoseinässä massaa on yhteensä noin 42 kg/m², mutta kaksoisrakenteen johdosta sillä saavutetaan 55 dB:n ääneneristys.

Huokoisen materiaalin käyttö kaksoisrungossa parantaa äänen eristävyttä n. 6 dB.

Myös rakenteiden kerroksellisuus parantaa merkittävästi ääneneristävyttä. Kerrosrakenteet eivät siis ole suoraan verrannollisia massan määrään, koska kerroksellisuus vaimentaa ääniaaltoja.

Meluhaittoja vähentäviä periaatteita rakentamisessa

1. Olohuone ja varsinkin makuuhuoneet sijoitetaan pois meluisten tiealueiden ja muiden ulkomelulähteiden puolelta.
2. Käytävä, keittiö-, vaatehuone yms. tiloja, joita ei pääsääntöisesti käytetä oleskeluun ja nukkumiseen, voidaan sijoittaa ”äänipuskuriksi” oleskelu- ja makuutilojen eteen.
3. Ääntä aiheuttavat tilat, kuten märkätilat ja keittiö, pyritään sijoittamaan kootusti yhteen ja asettamaan ne huoneistojen välillä vastakkain ja päällekkäin.
4. Mikäli rakennuksen runko on kevyttä materiaalia (puu), suunnitellaan porrashuoneet, hissikuilut, luhtikäytävät ja parvekkeet oman kantavan runkonsa varaan, jotta kyseiset rakennusosat eivät johda värähtelyä itse rakennuksen runkoon.
5. Autopaikoitustilojen tuomista rakennuksen makuutilojen alapuolelle tulisi välttää.

Kaksoisrunkoisen väliseinän äänitekniinen toiminta

Kaksoisrunkoseinä on jousi-massa-yhdistelmä, jonka ääneneristävyys perustuu toisistaan erillään olevien levymäisten massojen ja niiden välissä olevan ilmatilan yhteistoimintaan. Massalain perusteella kaksoisrunkoseinän massojen lisääminen parantaa äänieristävyyttä.

Kaksinkertaisessa seinässä ääniaallot saavat seinän toisen puoliskon värähtelemään. levyjen välissä oleva ilmatila toimii ”jousena”, jonka välityksellä värähdysliike siirtyy toiselle seinäpuoliskolle.

Kun seinämassojen ilmatila täytetään ääntä absorboivalla materiaalilla, voidaan ääneneristävyyttä parantaa noin 6 desibeliä.

Kaksinkertaisen välipohjan äänitekniinen toiminta

Kaksinkertainen välipohjarakenne toimii kaksinkertaisen seinän tapaan jousi-massa-yhdistelmänä, jossa toimivana massoina käytetään alakattolevytystä ja välipohjapalkkien päällä olevaa kansirakennetta. Toimivien massojen välissä oleva ilmatila toimii ”ilmajousena”. Jotta puurakenteisella välipohjalla voitaisiin täyttää ääneneristävyysvaatimukset, tulee siinä käyttää akustisten jousirankojen varaan ripustettua alakattolevytystä sekä kelluvaa pintalaattaa tai riittävän joustavaa lattiapäällystettä. Akustinen jousiranka on peltiprofiili, jonka avulla rankaan kiinnitetystä alakattolevytyksestä saadaan erittäin joustava.

Kelluva pintalaatta voi olla levyrakenteinen tai betonirakenteinen. Betonirakenteisena välipohjaan saadaan lisää massaa, joka parantaa ääneneristävyyttä.

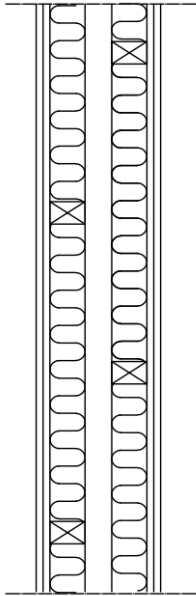
Välipohjan kantavien rakenteiden värähtely

Välipohjien kantavien rakenteiden värähtely ei vaikuta välipohjan ääneneristävyyteen. Asuinrakennuksessa välipohjan värähtelyä aiheuttavat tavallisesti välipohjalla kävelevät ihmiset ja pyykinpesukone. Pyykinpesukoneen aiheuttamaa värähtelyä voidaan vaimentaa esimerkiksi tekemällä se oman kantavan palkiston varaan ja käyttämällä betonirakenteista pintalaattaa. Tällöin märkätila on erillinen rakenne, jolloin värähtelyn siirtyminen samassa kerroksessa estyy. Yleensä värähtelyä voidaan vaimentaa raskaalla pintarakenteella, tihentämällä välipohjan tukivälejä tai asentamalla välipohjapalkistojen poikittaistuentoja.

Rakenteiden aiheuttama sivutiesiirtymä

Ääni voi kulkea huoneistosta toiseen myös sivuavien rakenteiden ja liitosten kautta. Rakenteiden aiheuttama sivutiesiirtymä voidaan poistaa tai sen vaikutusta voidaan vähentää seuraavilla periaatteilla:

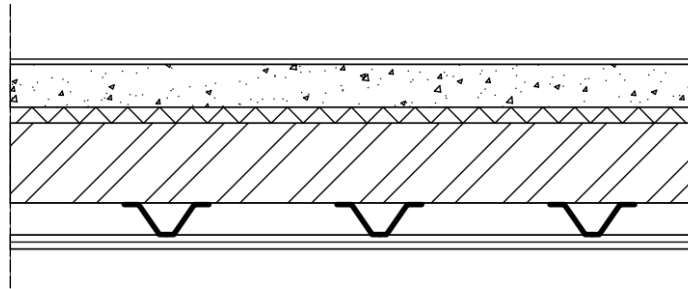
- katkaisemalla sivutiesiirtymäreitti tai käyttämällä äänikatkona joustavia kerroksia,
- käyttämällä sivuavina rakenteina massiivisia värähtelemättömiä rakenteita ja
- kiinnittämällä rakenteet toisiinsa joustavasti.



Huoneistojen välinen seinä (kaksioisrunkoseinä, esimerkki)

- kaksinkertainen kipsilevytytys
- runko 42x66 k600 + eristys
- ilmarako 20...50 mm
- runko 42x66 k600 + eristys
- kaksinkertainen kipsilevytytys

Runkotolpat pitää porrastaa siten, että ne eivät ole samalla kohtaa.



Huoneistojen välinen välipohja (esimerkki)

- pintarakenne
- betoni 80 mm
- XPS-eriste 30 mm
- kantava CLT-laatta (suunnitelman mukaan)
- joustinrangat
- kaksinkertainen kipsilevytytys

LVIS-laitteiden ääniteknikka

Rakennuksen LVIS-laitteita ovat esimerkiksi hissit, vesi- ja viemärlaitteet, kompressorit, ilmanvaihtolaitteet, jäähdytyslaitteet sekä lämmityslaitteet. Seuraavassa on esitetty yleisiä seikkoja, jotka tulee huomioida asuinrakennuksen ääniteknikan suunnittelussa ja toteutuksessa:

1. Melua aiheuttavien putkien yms. kiinnittämistä huoneistojen välisiin seiniin sekä olo- ja makuuhuoneiden rakenteisiin tulisi välttää.
2. Pystyhormi, jossa kuljetetaan melua aiheuttavia putkia, tulisi sijoittaa toisarvoisiin tiloihin (mm. wc, vaatehuone ja varastotila), jotta se olisi mahdollisimman kaukana olo- ja makuuhuoneista. Paras ratkaisu on sijoittaa pystyhormi siten, että huoltotoimenpiteet voidaan tehdä porrashuoneen kautta.
3. Huonetilat tulisi suunnitella siten, että pystyhormiin liittyvät vaakaviemärit ym. putket saadaan mahdollisimman lyhyiksi. Näin ollen putkista aiheutuva melu saadaan pysymään keskitetysti tietyllä alueella.
4. Huoneistosta toiseen menevien putkien ääneneristys suunnitellaan siten, että läpivienti ja sivutiesiirtymä putkea pitkin eivät heikennä huoneistojen välistä ääneneristävyyttä.

Uloskäytävien äänitekniikka

Yksi ovilevy toimii ääniteknisesti yksinkertaisena rakenteena ja kahdesta ovilevystä koostuva ovilevy-yhdistelmä kaksinkertaisen rakenteen tapaan. Jos huoneiston ulko-ovessa on postiluukku, se heikentää oleellisesti ääneneristävyyttä. Paras tapa toteuttaa huoneistojen ulko-ovi on toteuttaa se kahdesta ovilevystä koostuvalla oviyhdistelmällä.

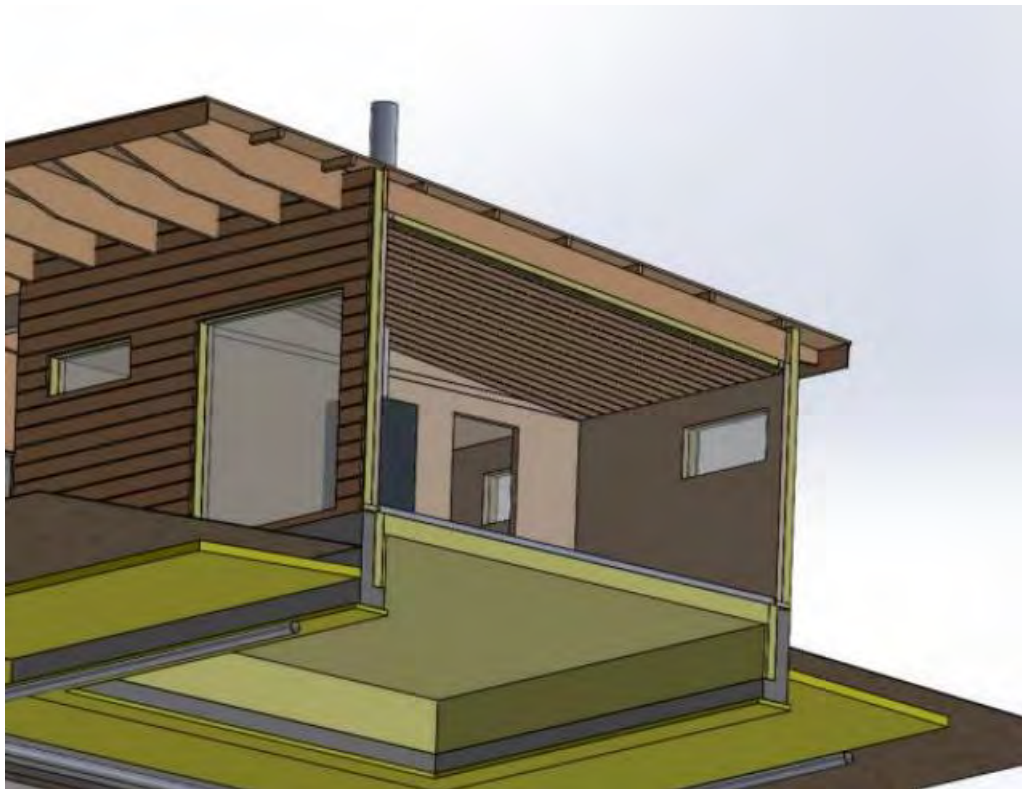
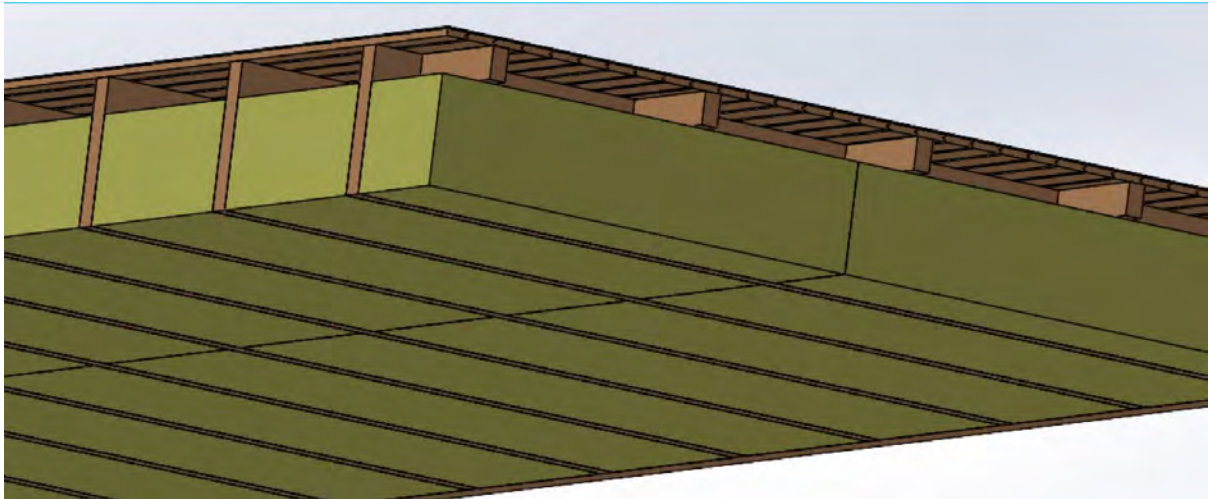
Puurakenteisissa asuinrakennuksissa porraskäytävät ovat pääosin levyrakenteisia, jotka absorboivat jonkin verran ääntä. Yleensä käytävätilojen seinissä ja katoissa ei käytetä lisävaimennusmateriaalia.

Puurakenteisissa asuinrakennuksissa porrashuoneet, luhtikäytävät ja parvekkeet erotetaan omaksi rakenteeksi, jolloin niissä syntyvät runkoäänet eivät kulkeudu huoneistoihin. Porrashuone voidaan erottaa omaksi kantavaksi rakenteeksi hyödyntämällä huoneistojen välisiä kaksoisrunkoseiniä.

Rakenteiden saumojen tiivistys

Rakenteen ilmatiiveys on ilmanääneneristävyyden perusedellytys, koska ääni kulkee ilman välityksellä. Rakeessa olevalla avoimella raolla ei ole ääneneristävyyttä, vaan kaikki siihen kohdistuva ääni kulkee raon kautta aukon läpi. Paras tapa toteuttaa puurakenteiden välisten saumojen tiivistys on käyttää EPDM-kumitiivistettä ja elastista tiivistysmassaa. EPDM-kumitiivisteet ovat ääniteknisesti hyviä, koska ne muodostavat samalla joustavan katkon liitettävien rakenteiden välille. Tiivistenauhoja käytettäessä tulee niiden jatkokset tehdä huolellisesti, jotta tiivistenauhaan ei tule epäjatkuvuuskohtia. Tiivistysmassalle tulee varata riittävän leveä rako, jotta tiivistemassaa saadaan asennettua riittävästi.

7 Puurakenneosat



7.1 Seinäelementit (Puuinfo Oy)

Perustusliitos

Perustusliitos suositellaan tehtäväksi alaohjauspuun avulla. Sen avulla rakennuksen seinien tarkat paikat voidaan mitata paikalleen perustusten päälle. Perustusten päälle asennetaan kapillaarisen kosteuden nousun estävä kaista, esimerkiksi bitumihuopa. Alaohjauspuu tiivistetään ja kiinnitetään hyvin perustusta vasten. Bitumihuovan ja alaohjauspuun sauma voidaan tiivistää liimatiivistysmassalla alaohjauspuuta asennettaessa. Tällöin alajuoksun alalappeelle pursotetaan ennen asennusta massanauha.

Alaohjauspuun ulkoreunaan voidaan tarvittaessa kiinnittää peltilista, joka siistii sauman peittämällä sokkelin rappauksen yläreunan ja bitumihuopakaistan. Ulkoseinäelementti kiinnitetään alaohjauspuuhun läpi ruuvaamalla. Seinän alle asennetaan EPDM-tiiviste, jolloin se jää tasaisten pintojen väliin.

Ulkoseinät (US)

Rankarunkoisissa rakennusosissa on useita rakennekerroksia, joilla jokaisella on oma tehtävänsä. Seuraavissa kohdissa esitetään rankaseinän rakennekerrosten tehtäviä ja niiden suunnittelussa huomioitavia seikkoja.

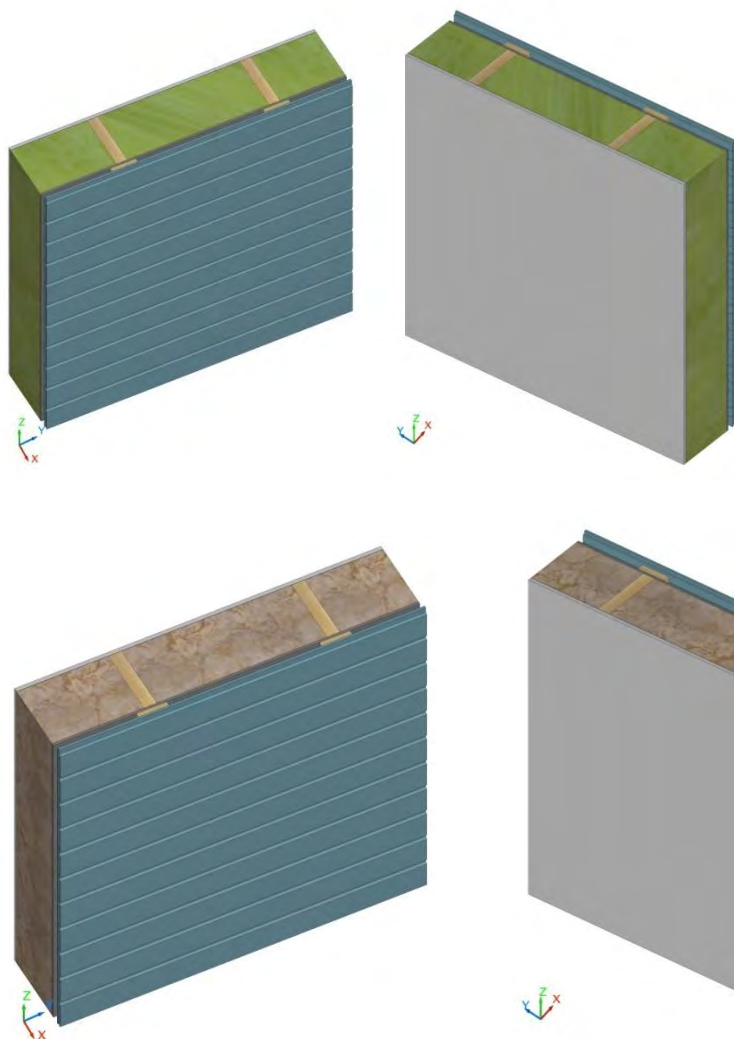
Sisäpuolen levytys vaikuttaa erityisesti seinän palo-, ääni- ja jäykistystekniseen toimintaan. Palo- ja ääniteknisistä syistä johtuen voidaan tapauskohtaisesti käyttämään kahta päällekkäistä levyä. Molemmat levykerrokset voidaan suunnitella toimimaan palo- ja ääniteknisinä levytyksinä.

Ilman- ja höyrynsulkukerros toteutetaan yleensä tähän tarkoitukseen soveltuvalla muovikalvolla. Nykyisin on olemassa myös ns. diffuusioavoimia ilman- ja höyrynsulkukankaita, joilla voidaan vaikuttaa kosteuden kulkuun rakenteissa. Suunnittelussa erityisenä haasteena on ilman- ja höyrynsulkukerroksen jatkuvuus rakennusosien liitosalueilla. Niihin tehtävät reiät (mm. LVI- ja sähkölaitteet) voidaan yleensä tiivistää tähän tarkoitukseen olevilla tuotteilla tai palokatkomassalla. Reiät tulee tiivistää huolellisesti, jotta ilman- ja höyrynsulku pysyy yhtenäisenä ja tiiviinä. Massiivilevyrakenteissa ei erillistä höyrynsulkua tule käyttää, koska paksu puulevy estää vesihöyryn läpimenon puun hygroskooppisen vuoksi. Rankarakenteisilla seinillä pitää käyttää höyrynsulkua.

Rankojen poikkileikkauksen koko ja rankajako vaikuttavat oleellisesti rangin tukipainekestävyyteen ala- ja yläohjauspuussa. Tämä on yleensä mitoittava tekijä perinteisessä rankaseinässä. Lämmöneristeen ominaisuuksilla on vaikutusta myös seinän palotekniseen toimintaan. Mikäli lämmöneriste suunnitellaan toimimaan paloteknisesti, tulee tuotteen olla palonkestävää. Tavallisesti tällaisia tuotteita ovat kivivillatuotteet.

Tuulensuojakerros vaikuttaa myös seinän palo- ja äänieristykseen sekä rungon jäykistämiseen. Suosituksena on, että lämmöneristekerroksen ulkopuolelle asennetaan tuulensuojalevytys, koska tämä parantaa rakennusosan lämpö- ja kosteusteknistä toimintaa. Rankaseinä voidaan suunnitella myös siten, että tuulensuojakerros toteutetaan tähän tarkoitukseen olevalla jäykällä tuulensuojavillalla. Tällöin kuitenkin menetetään seinän ääneneristävyttä sekä tapauksesta riippuen myös seinän jäykistysteknisiä ominaisuuksia.

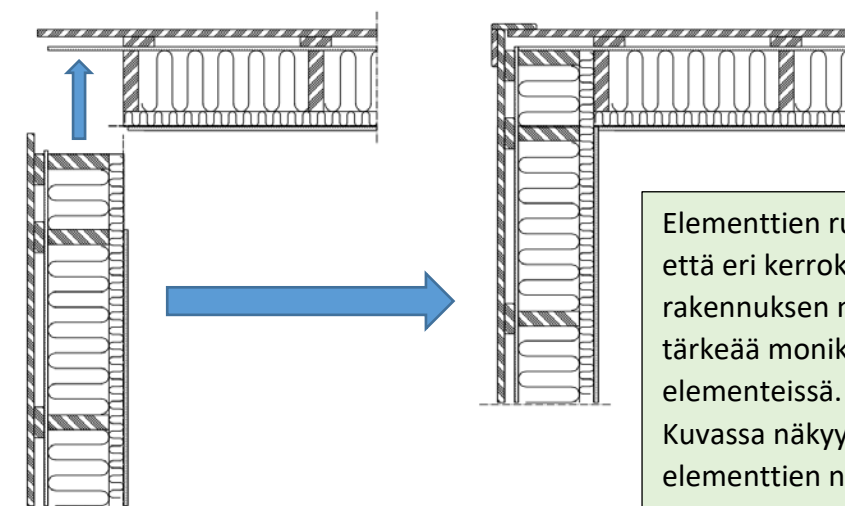
Puurunkoisessa seinässä ulkoeristyksen taustalla tulee aina olla yhtenäinen tuuletusväli. Ulkoeristys voidaan toteuttaa kaikilla tähän tarkoitukseen olevilla tuotteilla. Puukerrostaloissa tulee huomioida myös tuuletusraon palokatkot. Tämä voidaan toteuttaa esim. tähän tarkoitukseen valmistettavalla teräksisellä palokatkoprofiililla.



Rankarunkoisen seinän-
rakennekerroksia:

1. sisäpuolen levytyskerros
2. ilman- ja
höyrynsulkukerros
3. kantava runko ja
lämmöneristyskerros
4. tuulensuojakerros

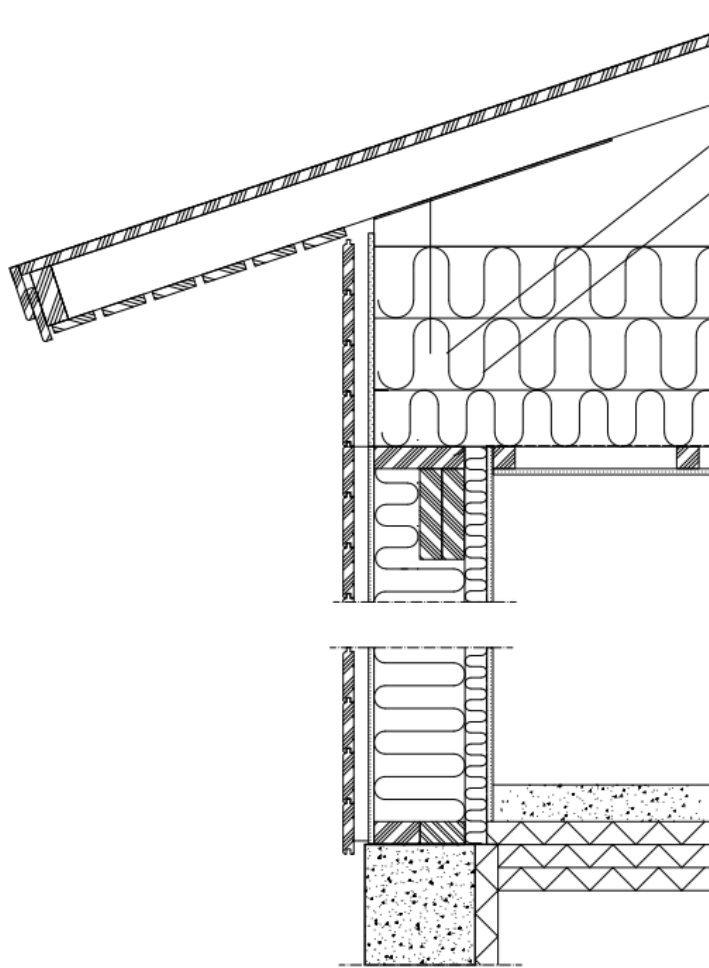
Ulkoseinäelementtien nurkkaliitos



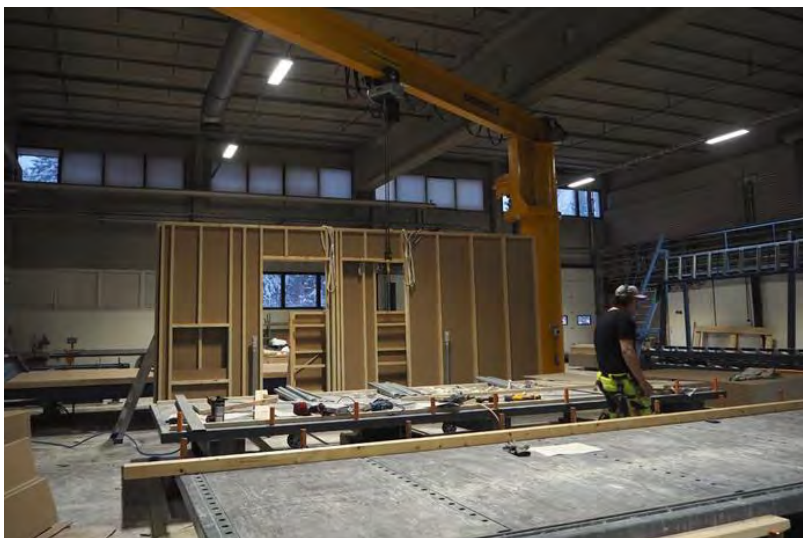
Elementtien rungot on rakennettava niin, että eri kerrokset sopivat yhteen rakennuksen nurkassa. Tämä on erityisen tärkeää monikerrosrakenteisissa elementeissä.

Kuvassa näkyy rankarakenteisten elementtien nurkkaliitos. Tuulensuoja-, runko-, lämmöneristys- ja sisäverhouskerrokset liittyvät saumattomasti yhteen ja näin rakenteesta saadaan toimiva.

Ulkoseinäelementin ala- ja yläpohjaliitos



Kuvassa on esimerkki rankarakenteisen ulkoseinäelementin ala- ja yläpohjaliittymistä. Perustuksiin asennetaan yleensä erillinen kiinnityspuu, johon elementin alaohjauspuu naulataan tai ruuvataan kiinni. Kiinnityspuu on yleensä sisempänä kuin alaohjauspuu. Naulalevyristikot tai kattopalkit kiinnitetään elementin yläosaan kulmaraudoilla.



Seinäelementti valmistusvaiheessa, kuva Jukkatalo Oy.

Huoneistojen välinen seinä (HVS)

Huoneistojen väliset rankaseinät koostuvat aina kahdesta erillisestä rankarungosta. Rankarungot voivat olla vierekkäin, jolloin rangan poikkileikkauksen korkeus on luokkaa 98-123 mm. Poikkileikkaukseltaan korkeampien rankojen käyttö vierekkäisissä rungoissa kasvattaa seinän paksuutta merkittävästi. Rakennus-oikeuteen huoneistojen välisestä seinästä lasketaan kuitenkin vain 200 mm, vaikka seinä olisi tätä paksumpi. Vaihtoehtoisesti voidaan käyttää ns. siksak-runkoa, jossa eri runkopuoliskojen rangat limitetään toisiinsa nähden. Tällöin voidaan käyttää poikkileikkaukseltaan korkeampia rankoja, jolloin seinän kuormankantokyky kasvaa.

Erityisesti tulee kiinnittää huomiota siihen, että runkopuoliskot eivät missään tapauksessa kytkeydy toisiinsa. Kytkentä heikentää seinän ääneneristävyyttä erittäin merkittävästi. Seinän ontelotilassa (rankarungon toisella puolella) ei saa olla levytystä, koska se heikentää seinän ääneneristävyyttä erityisesti matalilla taajuuksilla. Seinän ontelossa olevan levytyksen puute vaikuttaa rankojen nurjahdustuentaan palotilanteessa.

7.2 Ala- ja välipohjaelementit (Puuinfo Oy)

Alapohja (AP)

Rankarunkoisessa rakennuksessa voi olla perinteinen maanvarainen alapohjarakenne. Alapohjana voidaan käyttää myös perinteistä ulkoilmalla tuuletettua alapohjaa (rossipohja), mutta tämän suunnittelu ja toteutus ovat kosteusteknisesti erittäin vaativa. Tällaisessa alapohjassa perusmaasta haihtuva kosteus kertyy alapohjan onteloon (ryömintätilaan), josta se tuuletetaan pois. Erityisen haastavia ovat paljon vettä sisältävät perusmaat (savi, siltti). Onkin suositeltavaa, että rossipohjan alapuolinen perusmaa vaihdetaan karkeaksi soraksi, jolloin kapillaarisen veden nousu maanpinnalle estetään. Perusmaasta haihtuvan kosteuden lisäksi ryömintätilaan kertyy kosteutta ulkoa johdettavan tuuletusilman mukana. Ryömintätilassa suhteellinen kosteus on suurimmillaan kesäaikana. Esimerkiksi keväällä ulkoa johdettu tuuletusilma on lämmintä ja se nostaa ulkoilmaa viileämmän ryömintätilaan suhteellista kosteutta.

Ulkoilmalla tuuletetussa ryömintätilassa tuuletus tehdään tavallisesti perusmuurissa olevien tuuletusaukkojen ja katolle johtavien tuuletusputkien kautta. Myös koneellista tuuletusta voidaan käyttää. Mitä suurempi rakennus on pinta-alaltaan, sitä haastavampaa ryömintätilan tuuletus on. Tämän johdosta ulkoilmalla tuuletettu alapohja soveltuu lähinnä pientaloihin.

Ryömintätilan perusmaan pinnan lämmöneristyksellä yhdessä perusmuurien lämmöneristyksen kanssa voidaan parantaa ulkoilmalla tuuletetun ryömintätilan kosteusteknistä turvallisuutta. Lämmöneristyksen avulla ryömintätilasta saadaan lämpimämpi ympäri vuoden, jolloin ryömintätilan suhteellisen kosteuden nousua keväällä voidaan vähentää. Maanpinnan lämmöneristys vähentää myös maasta haihtuvaa kosteutta ja toimii routaeristysinä.

Alapohjarakenteissa on huomioitava riittävä lämmöneristys. Maanvaraisissa laatoissa on suositeltavaa käyttää kuormitusta kestävää ja vettymätöntä XPS-eristettä. Rossipohjassa lämmöneristeet asennetaan kantavien alapohjapalkkien väliin. Eristelevyt kiinnitetään toisiinsa tuulensuojateipillä siten, ettei niiden väliin jää rakoja.

Jos rossipohjassa eristeenä on mineraalivilla, käytetään tuulensuojalevyä tai tuulensuojakankaalla päällystettyä lämmöneristettä ulkoseinän tapaan. Höyrynsulkumuovi asennetaan eristeiden lämpimälle puolelle. Jos eristeenä on uretaanieriste, niin eristeen saumat on tiivistettävä tuulensuojateipillä huolellisesti palkkeihin alapuolelta. Yläpuolella (lämpimällä puolella) voidaan käyttää höyrynsulkuteippiä.

Huoneistojen välinen välipohja (HVP)

Rankarungossa voidaan käyttää kaikkia puurunkoisia välipohjia. Erityisesti tulee kiinnittää huomiota, miten välipohja liittyy kantaviin seiniin rakennusfysikaalisesti ja lujusteeknisesti. Ulkoseinällä haasteellisinta on ulkoseinän ilman- ja höyrynsulun jatkuvuuden toteuttaminen välipohjan kohdalla. Huoneistojen välisellä seinällä haasteellisinta on ääniteknisen tiiveyden toteuttaminen välipohjan kohdalla. Myös välipohjan kohdalla tapahtuva rakennuksen painuma tulee huomioida suunnitteluratkaisuissa. Tämä korostuu erityisesti monikerroksisissa rakennuksissa. Monikerroksisessa talossa välipohjalaataston ja alemman kerroksen seinien väliin on asennettava tärinäeriste tai jokin muu rakenteellinen ratkaisu, jotta askeläänet eivät johtuisi alempiin kerroksiin.

7.3 Suurkattoelementit (Puuinfo Oy)

Yläpohja (YP)

Rankarungossa voidaan käyttää kaikkia puurunkoisia yläpohjatyypppejä. Erityisesti tulee kiinnittää huomiota yläpohjan toimintaan palotilanteessa. P1- ja P2-paloluokissa ullakko tulee osastoida alapuolisessa tilasta (kerrossosastointi). Näin ollen tulee huomioida sekä huoneistopalon että ullakkopalon vaikutus yläpohjan rungon kantavuuteen palotilanteessa. Kerrossosastointi voidaan tehdä yläpohjan rungon alapinnassa olevalla levytyksellä. Kyseinen levytys kannattaa hyödyntää myös rungon palosuojaukseen yläpohjan alapuolista paloa vastaan. Haasteena on tavallisesti ullakkopalo, jonka seurauksena menetetään myös yläpohjan rungon stabiliteettituenta (esim. ristikkorakenteisen yläpohjan ruoteet). Edellä esitetyt seikat koskevat myös yläpohjan onteloita, joka on osastoitu alapuolisesta tilasta.

Elementin rakenne ja sen asentamisen nopeus poistavat eristeiden kosteusongelman ja parantaa työturvallisuutta verrattuna perinteiseen rakentamiseen. Asennuksen yhteydessä koulutettu kattoasentaja saumaa katon vedenpitäväksi. Eristeen ja vesikatteen väliin jää tuulettuva tila, joka varmistaa kattoelementtien rakenteen toimivuuden. Kattoelementti mahdollistaa rakentamisen myös talvella.

Elementit toimitetaan yleensä n. 50m²:n osina, jolloin alapuoliset rakenteet saadaan nopeasti sääsuojaan. Läpiviennit, paloluukut, kattokaivot yms. asennetaan osittain tehtaalla, jolloin vedenpitävyys voidaan varmistaa jo tehdasolosuhteissa.

Katon nopea asentaminen vähentää työmaan käyttö- ja ylläpitokuluja sekä mahdollistaa sisätoiden aikaisemman aloittamisen. Kattoelementtien kilpailukyky paranee, mitä suurempi kohde on.

Läpivientivaraukset rakennetaan elementtiin tehtaalla kuivissa ja valvotuissa olosuhteissa. LVI- ja sähkövaraukset voidaan myös tehdä valmiiksi ja osittain nämä voidaan asentaa valmiiksi. Myös kattosillat, lapetikkaat ja lumiesteet voidaan asentaa valmiiksi. Kattoelementtien päälle on mahdollista asentaa aurinkopaneelikenttiä, kun jo suunnitteluvaiheessa huomioidaan niistä aiheutuvat kuormat. Puukerrostalokohteissa sprinkler-putkistoja on mahdollista esiasentaa elementteihin jo tehtaalla. Tämä nopeuttaa rakentamista huomattavasti, kun pelkkä putkien liittäminen elementtisaumoissa jää työmaalle.

Vesikatto (VK)

Vesikatto on kokonaisuus, joka erottaa rakennuksen ylimmän kerroksen ja ulkoilman toisistaan. Se koostuu seuraavista yhteen toimivista rakenneosista:

- kantava rakenne,
- ilmansulku/höyrynsulku,
- lämmöneriste,
- tuuletustila tarvittaessa,
- vedeneristeen alusrakenne,
- varsinainen vedeneriste,
- veden poisto,
- läpiviennit ja
- kattoon liittyvät muut rakenteet.

Kattomateriaalin ominaisuuksiin vaikuttavat muun muassa seuraavat seikat:

- ulkonäkö,
- katon kaltevuus ja monimuotoisuus,
- kattorakenteen tiiveys,
- materiaalin paino,
- äänekkyys ja äänen eristävyys,
- pinnan karheus (lumen ja jään valuminen),
- läpivientien tiiveys ja tiivistämisen helppous,
- asennuksen helppous ja nopeus sekä
- huollon tarve ja käyttöikä.

Materiaalin valinnan lisäksi pitää materiaalista riippuen huolehtia seuraavista asioista:

- tuuletuksen riittävyys (tuuletusväli vähintään 100 mm ja riittävät poistoaukot mahdollisimman ylhäällä),
- aluskatteen/aluskerman soveltuvuus,
- aluslaudoituksen tai ruoteiden mitoitus kattotuolijaon mukaisesti,
- oikeanlaatuisten kiinnikkeiden valinta materiaalin mukaan ja
- oikeantyyppisten läpivientitiivisteiden valinta sekä aluskatteeseen että itse katemateriaaliin.

Katteiden suositeltavat minimikaltevuudet:

Bitumikatteet	
kolmiorimakate ilman aluskermiä	1:3
kolmiorimakate aluskermillä	1:10
kolmiolaattakate aluskermillä	1:5
tiivissaumakate	1:10...1:80
Metallikatteet	
muotolevykate aluskatteella	1:4
poimulevykate aluskatteella	1:4...1:6
pystysaumakate aluskatteella	1:6
saumattu teräskate umpilaudoituksella ja aluskatteella	1:10
saumattu teräskate aluskatteella	1:7
saumattu teräskate ilman aluskatteella	1:3
Tiilikatteet	
betonikattotiilet aluskatteella	1:4
betonikattotiilet umpilaudoituksella ja aluskatteella	1.5
savikattotiilet aluskatteella	1:3:
savikattotiilet umpilaudoituksella ja aluskatteella	1:4
Muut Katteet	
aaltolevykatteet aluskatteella	1:4

Taulukon lähde Kattoliitto.

Rakenteet:

Vesikatoissa on useimmiten puurunkoisia rakenteita, joissa on tuuletustila lämmöneristeen yläpuolella. Kantava rakenne voi olla ristikko- tai palkkirakenne. Rakenteessa pitää yleensä olla höyryn- tai ilmansulku, riittävä lämmöneriste sekä toimiva tuuletusväli. Pienillä katoilla tai katon osilla tuuletusväli voi olla pienempi kuin taulukon arvo, mikäli poisto- ja korvausilma-aukoilla on riittävä korkeusero (vähintään 500 mm) ja ilman virtausmatka tuuletusvälissä on lyhyt (alle 3 m). Tällöinkin tuuletusvälin täytyy olla vähintään 50 mm.

Aluskatteet:

Tiili- ja peltikatoilla käytetään joko vapaasti asennettavia aluskatteita, jotka asennetaan vesikatteen alle ilman aluslaudoitusta tai umpilaudoituksen päälle asennettua aluskermiä tai –katetta. Bitumituotteiden alla käytetään aina bitumisia aluskermejä. Aluskatteille on tehty oma luokituksensa ja ne jaetaan erityyppisiin aluskatteisiin käyttötavan mukaan. Vapaasti roikkumaan asennettavan aluskatteen pitää pystyä sitomaan alapuolista kosteutta siinä määrin, että sen alapintaan kondensoituva kosteus ei haitallisesti kastele rakennetta missään olosuhteissa. Vesihöyryä läpäisevän aluskatteen pitää läpäistä vesihöyryä niin paljon, että sen alapintaan ei missään olosuhteissa tiivisty haitallisessa määrin kosteutta. Aluskate ei ole tarkoitettu vesikatteeksi, joten sitä ei tulisi jättää pitkäksi aikaa suojaamatta alttiiksi uv-säteilylle, sateelle, lumikuormille eikä muille ulkopuolisille rasituksille.

Aluskatteen ja yläpohjan lämmöneristeen välissä tulee olla riittävä tuuletusväli. Poikkeuksena ovat diffuusioavoimet aluskatteet, jotka voidaan asentaa suoraan lämmöneristeen päälle. Diffuusioavomella aluskatteella tarkoitetaan aluskatetta, joka on vedenpitävä, mutta päästää vesihöyryn hyvin läpi. Tällöin aluskate toimii samalla lämmöneristeiden tuulensuojana. Ratkaisua kutsutaan myös tuulensuoja-aluskatteeksi.

Kiinnikkeet:

Vesikattojen katemateriaalit kiinnitetään pääsääntöisesti aina mekaanisesti. Kiinnikkeiden valinnassa on huomioitava materiaalin pitkäaikaiskestävyys ja valmistajien ohjeet. Naulat, ruuvit tai muut erikoiskiinnikkeet ovat suositeltavaa tilata kattomateriaalitoimituksen yhteydessä valmistajalta. Naulakiinnityksissä alusmateriaalin vahvuus on aina huomioitava. Bitumikatteissa käytetään yleensä huopanauloja. Niiden pituus on valittava siten, että naulojen kärki ylettyy aluslaudoituksen läpi, jotta puun kosteusvaihtelu ei nosta niitä vähitellen ylös. Vaihtoehtoisesti voidaan käyttää iso- ja litteäkantaisia ohutlevyruuveja, joiden ei tarvitse tulla laudoituksesta läpi, koska kierre estää niiden löystymisen.

Profiilipeltikatteiden kiinnittämisessä käytetään tiivisteellä varustettuja ruuveja, jotka ovat korroosiokestävyydeltään vähintään samanveroisia kuin katemateriaali. Kiinnitys tehdään profiilin pohjalta ruoteisiin, jolloin tiiviste puristuessaan tiivistää kiinnityskohdan luotettavasti. Pystysaumakatteiden ja saumattujen metallikatteiden kiinnitykset tehdään saumoista niin sanottuina piilokiinnityksinä.

Läpiviennit ja liittymät seinärakenteisiin

Kaikkiin kattomateriaaleihin on olemassa omat tiivistysosat erilaisille läpivienneille. Niiden valinnassa ja asennuksessa pitää noudattaa valmistajien ohjeita. Eri materiaaleja yhdistettäessä niiden lämpö- ja kosteusliikkeet saattavat olla hyvinkin erilaiset, mihin on kiinnitettävä erityistä huomiota rakenteita suunniteltaessa. Ylösnostot seinille tulee tehdä vähintään 300 mm korkeina ja tiiveys seinärakenteeseen on varmistettava sekä alus- että vesikatteen osalta.

Sadevesijärjestelmät:

Vesi kattojen vedenpoisto hoidetaan alaräystäiden kautta rakennuksen ulkopuolelle. Kourut ja syöksytorvet mitoitetaan katon ja valuma-alueiden pinta-alojen mukaan. Kourujen kiinnitykset tehdään niin, että ne kestävät räystäälle muodostuvat lumi- ja jäärasitukset. Tarvittaessa kourut ja syöksyputket voidaan varustaa itsesäätyvin lämmityskaapelein, jolloin välttyään liialliselta jään muodostukselta ja ikäviltä ylivuodoilta.

Kattoturvaluotteet:

Kattoturvaluotteita ovat muun muassa katto- ja lapetikkaat, kulkusillat ja lumiesteet. Tikkaat ja kulkusillat ovat jyrkillä katoilla välttämättömiä. Kiinnitysmenetelmä valitaan katemateriaali huomioiden ja asennuksessa noudatetaan kattoturvaluotteen valmistajan ohjeita. Ympäristöministeriön asetus rakennusten käyttöturvallisuudesta edellyttää, että sisäänkäyntien ja kulkuväylien kohdat sekä talvella käytettävät leikki- ja oleskelualueet tulee suojata rakennuksen katolta putoavalta lumelta ja jäältä. Määräys koskee myös rakennusta ympäröivää katualuetta ja muuta yleistä aluetta. Lumiesteet ovat yleensä tiili- ja peltikatoilla tarpeen ja pakolliset kulkuteiden yms. kohdilla. Korkeiden rakennusten, joissa on liukas peltikate, lumiesteiden kiinnitykseen ja malliin tulee kiinnittää erityistä huomiota. Lumieste sijoitetaan riittävän lähelle alaräystästä, jotta reuna-alueelle ei kinostu lunta tai muodostu jäätä siinä määrin, että se voi aiheuttaa vaaraa. Lumiesteen tulisi olla sellainen, että lumi ei voi leikkautua (tai sulaa vähitellen) esteen läpi. Erityisen jyrkillä tiili- ja peltikatoilla suositellaan myös läpivientien ja kattoikkunoiden yläpuolelle asennettavaksi lumieste. Katon huoltoa vaativille kohteille, kuten savupiipuille ja ilmanvaihtolaitteille, tulee järjestää turvallinen kulkutie vesikatolla. Tämä varmistetaan asentamalla tarvittaessa vesikatolle riittävät tikasaskelmat tai kattotikkaat sekä kattosilta.

7.4 Tilaelementit

Tilaelementit

Tilaelementti on valmis asuntolohko, jossa on huomioitu sekä rakentamisen ja käytön aikainen lujuus. Rakentamisen aikaisessa kestävydessä huomioidaan tilaelementtien kuljetukset ja nostot. Käytön aikainen lujuus määräytyy rakenteiden rakennusnormeista. Tilaelementeistä rakennettaessa rakennusaika lyhenee merkittävästi ja rakentamisen laatu paranee.

Tilaelementtien koko määräytyy kuljetukseen liittyvistä seikoista: sen maksimileveys on 5,5 metriä ja maksimipituus on 12 metriä; kuitenkin niin, että elementin kokonaispinta-ala on alle 50 m². Elementin maksimikorkeus on 3,4 metriä. Tilaelementtien yleiset maksimitat ovat 12000*4200*3200 mm.

Tilaelementin rakenteiden valmius, varustelut ja muut pintamateriaalien valmiusasteet tehdään yleensä tilaajan mukaan ja parhaimmillaan se voi olla valmiina käyttöön otettavaksi heti asennuksen jälkeen.

Tilaelementti on rakennuselementti, jossa on valmiiksi rakennettuna vähintään ylä- ja alapohja, sekä päätyseinät. Elementissä voi olla myös sivuseinät joko osittain tai kokonaan. Elementti muodostaa itsessään tai yhdessä siihen liitettävien tilaelementtien tai muiden rakenneosien kanssa yhtenäisen rakenteen. Rakentamistapaa kutsutaan tämän johdosta tilaelementtirakentamiseksi.

Tilaelementit ovat tehdasolosuhteissa pitkälle esivalmistettuja eli niissä on kantavien rakenteiden lisäksi eristeet, pintarakenteet, pintakäsittelyt, LVIS-tekniikka, märkätilaeristykset, kalusteet, ikkunat ja ovet. Esivalmistusasteen ollessa suuri työmaalla tehtävien työvaiheiden määrä vähenee merkittävästi, jonka johdosta rakennusaika lyhenee. Työmaa-ajan lyheneminen vähentää myös elementtien altistumista kosteudelle ja lämpötilanvaihteluille.

Tilaelementeissä kantavat rakenteet voidaan toteuttaa pilari-palkkitekniikalla tai suurelementeillä, jotka voivat olla rankarunkoisia tai massiivirakenteisia. Tilaelementit voidaan myös toteuttaa yhdistämällä erilaisia rakenteita. Tilaelementtejä on kolmea perustyyppiä: elementti voi olla kokonainen tai lähes kokonainen rakennus, elementti on viipalemainen osa rakennusta tai se on rakennuksen sisään asennettava itsenäinen rakennuselementti (esimerkiksi kostea tila).

Tilaelementtikerrostalon jokaisessa elementissä on seinät, lattia ja katto, joten tilaelementtien välisistä vaakarakenteista tulee kaksoisrakenteita. Huoneistokohtaisesti ulko- ja väliseinärakenteet ovat samanlaiset kuin muillakin puukerrostalon toteutustavoilla eli ulkoseinät ovat yksirunkoisia ja huoneistojen väliset seinät kaksoisrakenteisia. Huoneistoissa, jotka muodostuvat useammasta tilaelementistä, tilaelementtien huoneistojen sisäiset sivut pyritään toteuttamaan mahdollisimman avoimena, jolloin niiden tilasuunnittelu helpottuu. Tilaelementin huoneiston sisäisen sivun voi toteuttaa esimerkiksi pilari-palkkirakenteena.

Jos tilaelementtirakennus on useampikerroksinen, tilaelementtien vaakarakenteiden (alemman kerroksen yläpohja ja ylemmän kerroksen alapohja) väliin jää tyhjä tila. Tyhjä tila yleensä eristetään ääniteknisistä syistä. Lisäksi sinne voidaan jättää varaus LVI-asennuksia varten. Tilaelementtien seinien väliin asennetaan myös tärinäeristeet, jotta yläpuolisen kerroksen askeläänet eivät johtuisi alempiin kerroksiin. Tämä huonontaa rakennuksen stabiiliteettia, joka pitää huomioida rakennuksen kokonaissuunnittelussa.

Tilaelementti rakennetaan tehtaassa ja kuljetetaan kokonaisena rakennuspaikalle, jossa yleensä perustus ja tarvittavan talotekniikan liitännät ovat rakennettu valmiiksi. Elementit pyritään yleensä rakentamaan tehtaalla mahdollisimman valmiiksi, jolloin rakennuspaikalla ei välttämättä tarvita muuta kuin elementtien paikalleen asennus ja taloteknisten liitännöjen kytkentä. Tilaelementtien kuljetuksissa ja asennuksissa on huomioitava sääsuojaukset, etteivät valmiit rakenteet pääse kastumaan. Tilaelementit pyritään saamaan mahdollisimman nopeasti säältä suojaan kosteusvaurioiden välttämiseksi.

Tilaelementin jäykistäminen eroaa normaaleista rakennusmenetelmistä siten, että tilaelementin täytyy olla itsenäinen jäykkä rakennusosa. Jäykistämistä suunniteltaessa on otettava erityisesti huomioon kuljetusten, nostojen ja asennuksen aikainen jäykkyys. Etenkin nostot aiheuttavat suuria rasituksia elementteihin, sillä elementin paino riippuu nostopisteistä nostoliinon varassa. Näin ollen rakenteet voivat olla ylimitoitettuja valmiin rakennuksen toimintaa ajatellen. Nostojen ja kuljetusten osalta valmistajan tulee osoittaa, miten tilaelementtejä nostetaan ja kuljetetaan sekä suojataan siten, ettei niiden kuljettaminen ja asentaminen aiheuta niihin rakenteellisia vaurioita. Suunnittelija merkitsee nostokohdat ja niihin kohdistuvan nostovoiman elementtikuviin.

Kun tilaelementit kytketään toisiinsa, ne toimivat omina jäykistävinä yksikköinä. Näin ollen huoneistot täytyy yhdistää siten, että vaakakuormat siirtyvät huoneistolta toiselle. Tilaelementtien liittäminen toisiinsa täytyy kuitenkin tehdä niin, että ääni- ja palotekniset vaatimukset huoneistojen välillä täyttyvät.

Tilaelementtien liittäminen tapahtuu työmaalla. Tilaelementtien sisäpinnat ovat lähes valmiit työmaalle saapuessaan. Tämä tarkoittaa sitä, että liitosten tekeminen työmaalla sisäpuolelta rikkomatta valmiita pintoja on lähes mahdotonta. Siksi on suositeltavaa, että kaikki liitokset työmaalla tehdään rakennuksen ulkopuolelta. Tilaelementit täytyy myös saada kytkettyä toisiinsa, jotta kuormat voivat siirtyä tilaelementiltä toiselle ja valmiista rakennuksesta saadaan jäykkä kokonaisuus.



Vasemmalla tilaelementtirakenteen kokoonpano: tilaelementissä on asennettuna alapohja ja kaksi seinää. Tilaelementtirakenteet valmistetaan yleensä niin, että ala- ja yläpohja- sekä seinärakenteet tehdään ensin suurelementeiksi, jonka jälkeen ne kootaan tilaelementiksi. Oikealla tilaelementtiin rakennettu keittiö. Kuvat Puuinfo Oy.



Tilaelementtirakenteiden valmistusta, kuva Puuinfo Oy.



Tilaelementtirakenteita tehtaalla, kuva Tampereen yliopisto.



CLT-rakenteinen tilaelementtirakennus, kuva Rakennuspartio Sebastian Hallén.



Tilaelementtirunko

Tilaelementit tulee aina suojata säältä työmaalla.

Suojaus pitää tehdä kuljetuksen, noston ja asentamisen ajaksi.

Kun rakennus on säältä suojattu, niin suojaukset voidaan purkaa.

Kuva Puuinfo Oy

7.5 Kuorielementit (Puuinfo Oy)

Puurakenteiset kuorielementit ovat rankarunkoisia ja ne suunnitellaan yleensä ei-kantaviksi rakennusosiksi. Puuelementit voivat olla vaaka- tai pystyelementtejä. Puuelementit muodostavat kokonaisuudessaan uuden ulkoseinärakenteen, jolloin sandwich-elementtien sisäkuori ei periaatteessa osallistu ulkoseinän toimintaan. Puuelementin ja sandwich-elementin väliin jätetään asennusvara, joka muodostetaan lämpimäksi suljetuksi ilmapäliksi. Kyseinen ilmapäli katkaistaan palokatkoilla osastoivien rakennusosien ja aukkojen piilien kohdalla. Ulkoseinän ilman- ja höyrynsulku sekä tarvittava lämmöneristys kokonaisuudessaan sisältyvät puuelementtiin. Ilman- ja höyrynsulku tiivistetään betoniseinään tähän tarkoitukseen olevalla tiivistystuotteella (esim. ilman- ja höyrynsulun liitoskangas).

Huonokuntoiset julkisivut voidaan peruskorjata puurakenteisilla kuorielementeillä ja niillä voidaan myös parantaa ulkoseinän lämmöneristystä. Julkisivumateriaali voidaan valita vapaasti. Energiatohokkuuden kannalta puuelementtien U-arvoa voidaan helposti muunnella puuelementin rankarungon paksuutta kasvattamalla. Puuelementtien sisään voidaan haluttaessa suunnitella myös ilmanvaihtoon liittyvää talotekniikkaa.

Kuorielementtien sijasta voidaan käyttää myös CLT- tai LVL-levyjä.

7.6 Työmaalla koottavat puurakennerungot

Pilari-palkkirakenteet

Pilari-palkkirunko on massiivisiin pilareihin ja palkkeihin perustuva rakennusjärjestelmä. Pilari-palkkirunko mahdollistaa suurien yhtenäisten tilojen ja muuntojoustavuuden toteuttamisen.

Pilari-palkkirakenteet voidaan jakaa rakenteellisesti kahteen eri tapaukseen:

1. Pilari-palkkirunko toimii myös rakennuksen jäykisteenä, joka tehdään diagonaalijäykisteillä tai mastojäykisteillä.
2. Pilari-palkkirunko jäykistetään levyrakenteilla.

Pilari-palkkirungoissa ulkovaippa tehdään pilari-palkkirungon ulkopuolelle. Vaakarakenne voi olla palkkirakenne tai massiivipuulevyä. Pilarit voivat olla korkeudeltaan kerroskohtaisia, jolloin palkit kiinnitetään pilarin päälle. Vaihtoehtoisesti voidaan käyttää useamman kerroksen korkuisia pilareita, jolloin palkit kiinnitetään pilarien kylkeen.

Pilarit ja palkit suunnitellaan välittämään pystykuormat perustuksille. Pilari-palkkirungossa pystykuorman kantokykyä rajoittavat tavallisesti pilarin nurjahduskestävyys. Tämä ei kuitenkaan ole yleensä ongelma, koska pilarin poikkileikkausta kasvattamalla voidaan helposti kasvattaa nurjahduskestävyyttä. Pilarin tuen tukipainekestävyys saattaa tulla mitoittavaksi tekijäksi joissakin tapauksissa.

Pystykuormien ja jäykistykseen takia pilareiden suositellaan suunniteltavaksi samoille kohdille eri kerroksissa. Tämä tulee ottaa huomioon tilasuunnittelussa. Aukotuksen näkökulmasta pilari-palkkirunko antaa laajat mahdollisuudet tilasuunnitteluun, koska seinärakenteet ovat ei-kantavia rakennusosia.

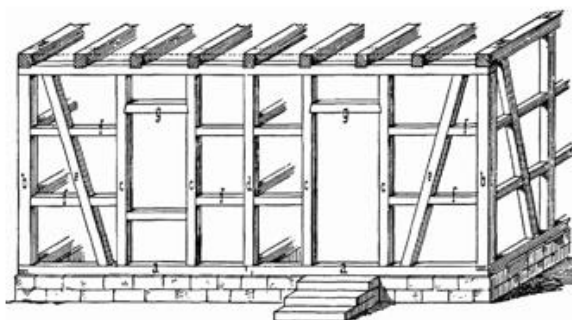


Fig. 1.



Fig. 2.

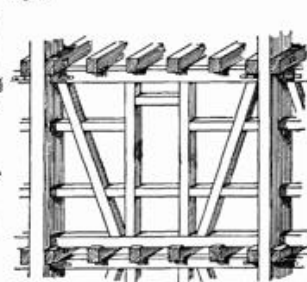
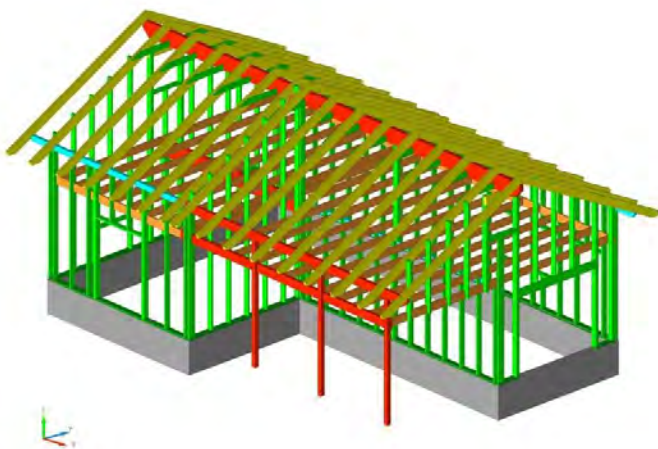


Fig. 3.

Keski-Euroopassa on vieläkin käytössä jopa 1500-luvulta peräisin olevia rakennuksia. Rakennuksissa on tyypillisesti pilari-palkkirunko, joiden väliin on laitettu olkia eristeeksi. Vinosauvat pilarien välissä toimivat rakennuksen jäykistävinä rakenteina.



Moderneja pilari-palkkirakenteita

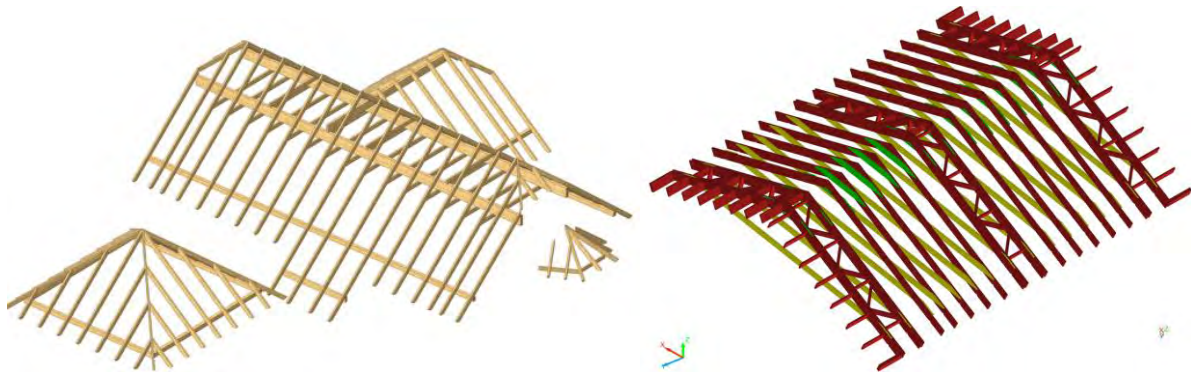


Tietokoneohjatulla konelinjalla valmistettu Pre-cut runkorakenne.

Palkkirakenteiset katto- ja välipohjarakenteet

Sekä pilari-palkki- että rankarungoissa voidaan käyttää välipohjana joko massiivipuulevyjä tai puupalkistoa. Välipohjaa kuormittavat pääasiassa rakenteen oma paino sekä ihmisistä ja tavaroista syntyvä kuorma. Välipohjassa kantavuuden lisäksi tulee huomioida rakenteen taipumat ja värähtelyt sekä liitoksien kestävyys. Liittyminen ulkoseinään tulee tehdä tiiviiksi niin, että liittymiskohtaan ei synny ilma- ja lämpövuotoja. Välipohjarakenteella voidaan myös jäykistää rakennus.

Yläpohjarakenteissa voidaan käyttää massiivipuulevyjä, puupalkistoa tai naulalevyristikoita kantavana rakenteena. Yläpohjaa kuormittavat pääasiassa rakenteen oma paino ja katolle satava lumi. Jyrkillä katoilla pitää huomioida myös tuulen vaikutus. Käytettäessä naulalevyristikoita tulee kiinnittää erityistä huomiota ns. puristussauvojen nurjahtamiseen.



Palkkirakenteisia vesikattorakenteita.

7.7 Palkki-laattaelementit (LVL-Handbook, Puutuoteteollisuus ry)

Ripalaatta

Ripalaatta soveltuu parhaiten lyhyen jännevälin lattioihin, katoksiin ja eristämättömiin vesikattoihin. Laatta koostuu yhtenäisestä LVL:stä valmistetusta kannesta ja rakenneliimatuista LVL-palkeista. Elementit voidaan toimittaa valmiiksi varusteltuina ja tehtaalla asennetulla PVC-katteella tai alushuovalla. Ripalaatta voidaan toteuttaa myös käännettynä rakenteena välikattoihin tai tilaelementtien kattolevyksi.

Kotelolaatta

Kotelolaatta valmistetaan ylä- ja alapuolisesta yhtenäisestä LVL-laatasta, joiden välissä on LVL-palkit. Kotelolaatta on pitkien jännevälien yläpohjaelementti, jonka maksimipituus on 24 m. LVL-levyt muodostavat yhtenäisen laataston, jota voidaan hyödyntää myös rakennusrungon jäykistyksessä. Lämmöneristeet ja vesikate asennetaan tehtaalla ja kaikki asennusvaiheessa tehtävät työt voidaan tehdä vesikaton puolelta.

7.8 Puusillat (Puuinfo Oy)

Puusillat

Puusta voidaan rakentaa monen näköisiä ja -kokoisia siltoja, myös maantieliikenteen kuormille. Pitkälle esivalmistetut puusillat ovat nopeita asentaa, mikä vähentää rakentamisen liikenteelle koituvaa haittaa.

Puun etuna siltarakentamisessa pidetään puun keveyttä ja lujuutta. Siirtyminen massiivipuusta liimapuuratkaisuihin on mahdollistanut suurten puukannattimien valmistuksen.

Keveytensä ja lujuutensa ansiosta puusillat voidaan esivalmistaa, kuljettaa ja asentaa pitkälle valmiina sillan osina ja lohkoina. Yksinkertainen liitostekniikka nopeuttaa osien asennusta. Asennuksen jälkeen puusilta on heti valmis vesieristettäväksi ja pinnoitettavaksi liikenteen käyttöä varten.

Puusiltojen huonona puolena voidaan pitää niiden huonoa kulutuskestävyyttä varsinkin moottoriliikennöidyillä väylillä. Tämän johdosta niihin tuleekin rakentaa tässä tapauksessa betonikansi. Kevyen liikenteen sillat voidaan toteuttaa kokonaan puurakenteisina.



Kuva Puuinfo Oy.

Siltatyypit

Palkkisilta



Palkkisillat ovat eniten käytetty siltarakenne. Kantava rakenne muodostuu sillan pituussuuntaisista liimapuupalkeista, joiden varaan sillan kansirakenne tehdään. Rakenteen taloudellisin käyttöalue on 4–20 m jänneväli ajoneuvoliikenteen silloissa ja 3–30 m kevyen liikenteen silloissa. Kuva Puuinfo Oy.

Kaarisilta



Kaarisillan kantava rakenne on kaaren muotoon liimattu liimapuu. Kaari voi joko olla kokonaan kannen alla, jolloin kaaria voi olla useita, leikata kansilinjan osittain tai olla myös kokonaan kannen yläpuolella. Kaarisiltojen jännemitta voi olla jopa 100 m. Kuva Puuinfo Oy.

Liittorakennesilta



Liittorakennesillat edustavat puusiltojen uutta tekniikkaa. Niissä puupalkit ja betonikansi liitetään erikoistartuntaelinten välityksellä yhdessä toimivaksi rakenteeksi. Kuva Puuinfo Oy.

Katettu silta

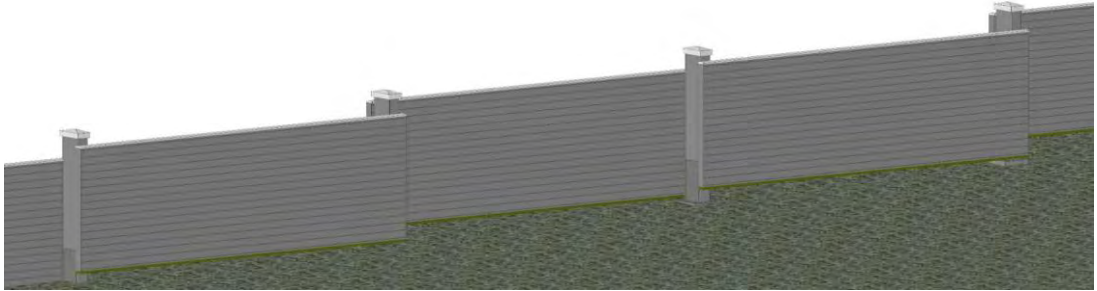


Katettu silta on rakennetyypiltään yleensä ristikkosilta, jossa ristikon alapaarten varassa on ajorata ja yläpaarten varassa katto. Katetut sillat soveltuvat erityisesti kevyen liikenteen käyttöön ja voivat jännemitaltaan olla jopa 100 metriä. Kuva Puuinfo Oy.

7.9 Muu infrarakentaminen puusta

Meluntorjuntaseinät

Puu soveltuu erinomaisesti meluntorjuntaseinäksi. Seinä voidaan tehdä joko massiivipuu- tai rankarakenteisena. Massiivipuulevy vaimentaa tehokkaammin ääntä rakenteen painon vuoksi. 100 mm:n vahvuinen massiivipuulevy riittää moottoriliikennetien meluntorjuntaan.



*CLT-levyistä valmistettu meluntorjuntaseinä, mallinnus ja kuva
Ammattiopisto Lappia*

Metsäteiden kantavuuden vahvistaminen massiivipuulevyillä

(Lapin ammattikorkeakoulu, Kemin Digipolis & Luonnonvarakeskus)

Massiivipuuisilla levyillä voidaan parantaa metsäteiden kantavuutta erityisesti kelirikon aikana. Massiivipuulevyt soveltuvat myös tilapäisinä siltaratkaisuuksi esimerkiksi pienten ojien ja purojen ylitykseen. Tällä menetelmällä edistetään ympärivuorokautista puunkorjuuta, suojataan maanpintaa mahdollisilta vaurioilta ja lyhennetään puun kuljetusmatkoja metsässä.

Puurakenteiset pienrakenteet

Puusta voidaan toteuttaa monenlaisia rakenteita eri tarkoituksiin. Siitä voidaan rakentaa esimerkiksi katoksia, autotalleja, pihasaunoja, kesäkeittiöitä, varastoja ym. pienehköjä talousrakennuksia. Niistä voidaan tehdä mm. kylttejä ym. pienrakenteita. Tärkeintä näissä on toteuttaa se oikealla puutavaralla ja pintakäsittellä käyttötarkoitukseen soveltuvalla tavalla.



Japanilaistyyppinen puurakenteinen huvimaja. Huvimaja voidaan toteuttaa massiivipuulevystä, hirsirakenteisena tai pilari-palkkirakenteisena.



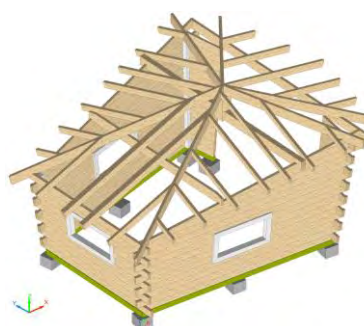
Grillikatos



Lasitettu pilari-palkkirakenteinen piharakennus



Pyörävarasto



Laavu

7.10 Liimatut terästanko- ja ruuviliittimet

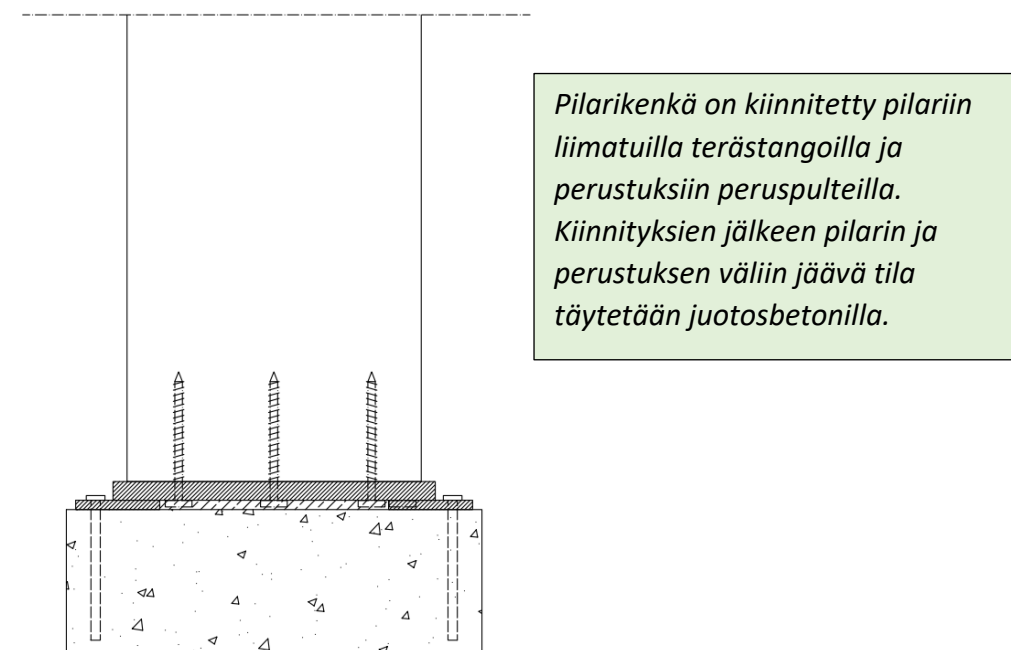
Terästangot tai ruuvit voidaan liimata tehtaalla kantavien puurakenteiden esiporattuihin reikiin. Liittimet voidaan asentaa puun syiden suuntaan, syitä vastaan kohtisuoraan tai puun syihin nähden vinossa kulmassa porattuihin reikiin. Liitos voi koostua yhdestä tangosta tai ruuvista, liitinryhmästä tai usean liitinryhmän muodostamasta kokonaisuudesta. Liimatankoja ja -ruuveja käytetään kiinnittämään esivalmistettu puurakennekomponentti puu-, teräs- tai betonirakenteeseen. Yleisimmin niitä käytetään ankkuroimaan puupilarit perustuksiin. Liimatankojen- tai ruuvien liittämisen toiseen rakenteeseen käytetään teräsrakenteille tyypillisiä asennustekniikoita ja liitososia kuten ruuviliitoksia ja hitsausta.

Poraukset suoritetaan suunnitteluohjeiden ja porauskaavion mukaisesti huomioiden käytettävien liittimien halkaisijat, reunaetäisyydet ja liittimien keskinäiset etäisyydet. Liimaruuvien tai liittimen halkaisijan tulee olla 6–30 mm ja liittimen liimattavasta pituudesta vähintään 20 % tulee olla kierteistetty tai profiloitu. Käyttöluokassa 3 käytettävien liittimien tulee olla kuumasinkittyjä tai ruostumattomasta teräksestä valmistettuja. Poratut reiät puhdistetaan puhaltamalla reiän pohjaan ilmaa paineilmaputkella niin kauan, että se tulee täysin puhtaaksi.

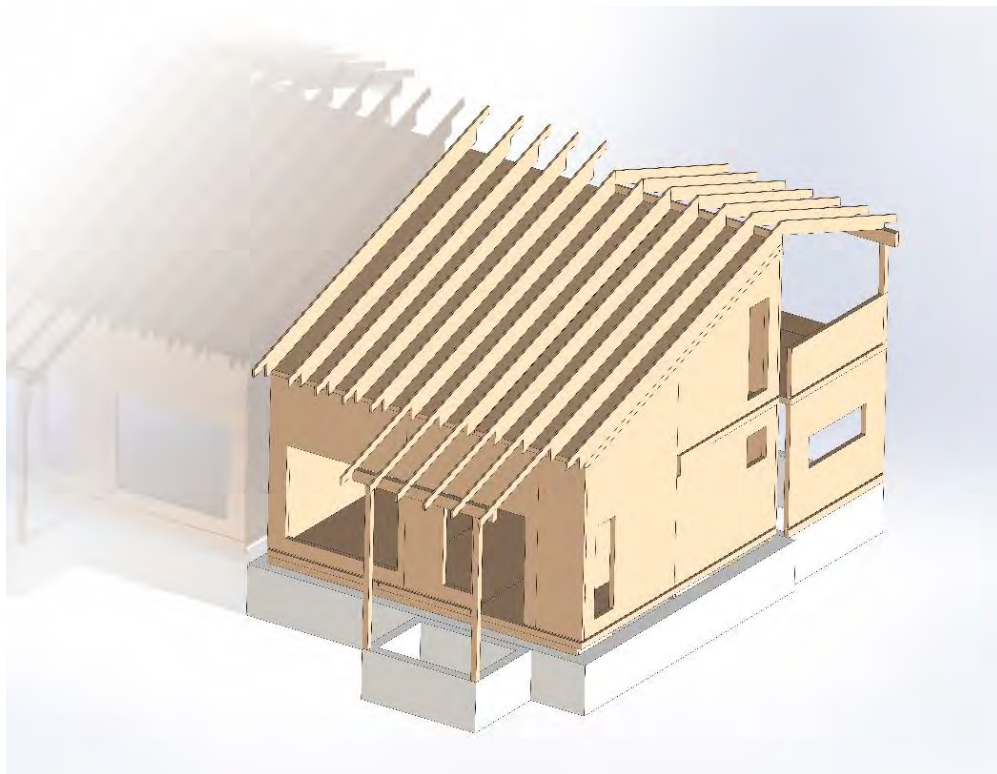
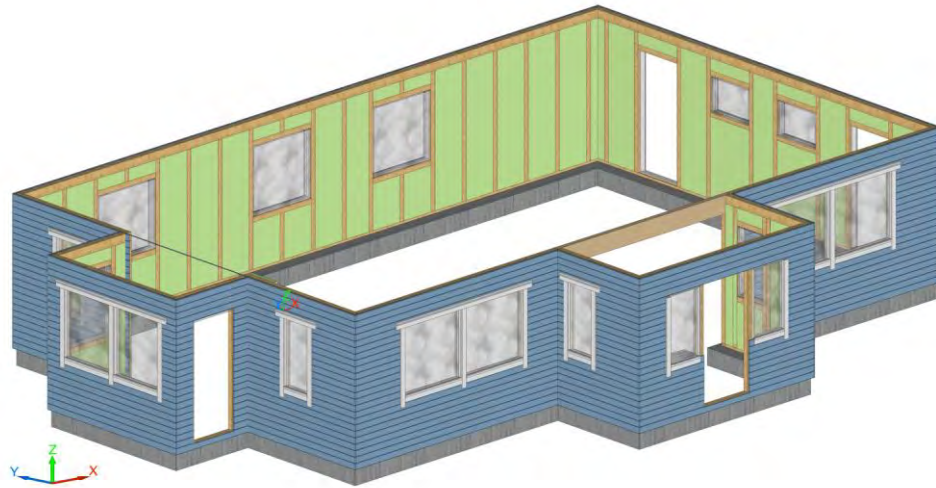
Liiman tulee olla puun ja metallin rakenteelliseen liimaukseen hyväksyttyä liimaa. Liiman valinnassa tulee huomioida kosteus ja muut ympäristöstä tai rakenteesta tulevat rasitukset. Liimauksessa tulee huomioida puun kosteus ja rakennepuutavaran säilytysolosuhteet ohjeiden mukaisesti. Liimattaessa on noudatettava käyttöturvallisuustiedotteen ohjeita. Liimaus on suoritettava tehdasolosuhteissa ja lämpötilan pitää olla vähintään 15°C. Liimauksen jälkeen liiman annetaan kovettua liiman valmistajan antamien ohjeiden mukaan, kuitenkin vähintään 24 tunnin ajan.

Liimattujen terästankojen valmistus on luvanvaraista toimintaa ja valmistaja pitää jatkuvasti ajan tasalla olevaa laadunvalvonnan päiväkirjaa. Päiväkirjaan merkitään laadunvalvonnan tarkastus-, mittaus- ja testaustulokset vaatimusten mukaisesti. sekä laadunvalvonnasta vastaavien henkilöiden nimet.

HUOM! Rakenteellisia terästankoja tai ruuveja ei saa liimata kantaviin rakenteisiin työmaaolosuhteissa.



8 Puurakenteiden ja –elementtien valmistus



8.1 Puuelementtien runkorakenteen valmistus

Yleistä puuelementtien valmistuksesta

Kohdassa 5. on esitetty puurakenteiden suunnittelu ja kohdassa 6. puurakenteiden toimintaperiaatteet. Elementtien osat valmistetaan ja kootaan yhteen erillisen elementtipiirustuksien mukaan. Puuelementit voivat olla joko massiivipuu- tai rankarakenteisia.

Runko-osat kootaan elementtipöydällä. Puurakenteiset elementit valmistetaan pääasiassa tuotantolinjalla, jossa elementit valmistetaan työvaiheittain. Myös runko-osien valmistaminen voidaan liittää tuotantolinjan alkupäähän tai se voi olla erillinen työstöyksikkö. Pienemmissä tuotantolaitoksissa valmistaminen voidaan suorittaa myös yhdellä elementtipöydällä. Elementtipöydät ovat tavallisesti kääntöpöytiä tai niissä nostot ja käännöt tehdään nosturin avulla. Kehittyneimmät elementtipöydät ovat ns. perhosmallia, joissa on kaksi vastakkain asetettua ulkoreunoilta kääntyvää työtasoa. Työtasojen avulla valmistettavat elementit voidaan siirtää tasolta toiselle ja samalla ylöspäin näkyvä pinta vaihtuu.



Taloelementtitehdas, kuva Jukkatalo Oy

Runko-osien valmistus (rankarakenteet)

Elementtien valmistaminen alkaa runko-osien valmistamisella. Valmistusmenetelmiä on karkeasti jaoteltuna kolmenlaisia:

- tietokoneohjattuna automaatiolinjalla, jossa runko-osat valmistetaan 3D-mallista saaduilla lähtötiedoilla,
- tietokoneohjatulla palkkisahalla piirustusten mukaan ja
- pitkistä sahatavarasta käsikäyttöisillä koneilla piirustusten mukaan.

Puuelementtien runko-osia ovat alaohjauspuut, runkotolpat (runkorangat), yläohjauspuut, aukkojen ala- ja yläpuut sekä yläpalkit. Myös runkoon upotettavat vinojäykisteet voidaan katsoa kuuluvan runkoon.

Kaikista runko-osista on tarkistettava mittojen lisäksi niiden lujuusluokat ennen valmistamista. Lujuusluokka ilmaistaan leimalla, joka on merkitty sahatavaran tai sahatavarasta valmistetun materiaalin lapepinnalle. Käytettävä lujuusluokka on merkitty elementtipiirustuksiin. Seinärakenteiden pitää olla vähintään lujuusluokkaa C18 ja vaakarakenteet vähintään lujuusluokkaa C24). Näitä suurempia lujuusluokkia saa käyttää. Yleisin lujuusluokka on C24, mutta usein koneellisessa lujuuslajittelussa päästään lujuusluokkaan C30. Mikäli käytetään liimapuuta, niin sen lujuusluokka on yleensä GL30c. LVL:llä ja CLT:llä on omat lujuusmerkinnät tai vastaavat tuotehyväksynnot valmistajasta riippuen. Ennen runko-osien valmistamista on varmistettava, että sahatavaran kosteus on 12–16 %.

Puuelementtirungon kokoaminen

Rungon valmistuksessa on erityisesti kiinnitettävä huomiota mittatarkkuuteen. Elementistä on tarkistettava kaikki piirustuksissa esitetyt mitat ennen osien kiinnittämistä. Elementistä on tarkistettava myös ns. ristimita, jotta sen nurkat olisivat kohtisuoria. Myös ikkuna- ja oviaukkojen ristimitat tulee tarkistaa.

Runko kootaan yleensä siten, että sen sisäpuoli on elementtipöydällä ylöspäin. Puuelementtien runkojako on tavallisesti k/k 600 mm. Tämä tarkoittaa sitä, että runkotolppien keskinäinen etäisyys on 600 mm, kun mitta on otettu molempien runkotolppien keskeltä. Useasti piirustuksissa esitetään mitta runkotolppien vasemmasta laidasta (joka on siis sama mitta). Rungon kokoamisessa noudatetaan tehdaskohtaisia ohjeita ja periaatteita.

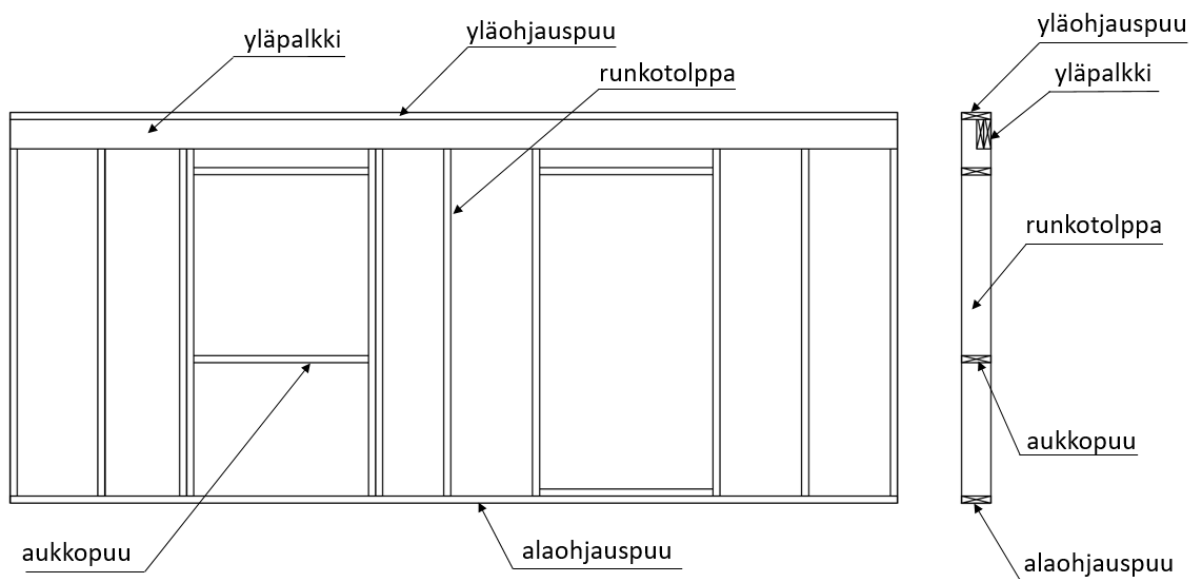
Runko kootaan yleensä konenauloilla 90x3,1. Myös ruuvien käyttö on mahdollista. Elementtirungoissa voidaan käyttää myös teräksisiä liitososia kuten kulmarautoja tms. liitoksiin kohdistuvien voimien siirtämiseen tai jäykistämiseen. Käytettävät liittimet on merkitty elementtipiirustuksiin. Liittimiä ei voida vaihtaa ilman rakennesuunnittelijan lupaa.

Rungon kokoaminen aloitetaan ylä- ja alaohjauspuun kiinnittämisestä reunimmaisiiin tolppiin. Mahdollinen yläpalkki on myös huomioitava tässä vaiheessa, jotta sen saa asennettua paikoilleen. Tämän jälkeen tarkistetaan sekä pää- että ristimitat. Sallittu mittavirhe on korkeintaan 5 mm.

Seuraavaksi asennetaan pystytolpat oikeille paikoilleen suunnitelman mukaisesti. Lopuksi asennetaan runkoon aukkopuut. Tehdaskohtaisesti voidaan käyttää ns. ikkunaelementtejä, jossa ikkunat asennetaan aukkopuihin erillisessä työpisteessä ja asennetaan elementtiin runkotyövaiheessa.



Elementin rungon kokoaminen elementtipöydällä, kuvat Jukkatalo Oy



Rankarakenteisen seinäelementin rungon osat

8.2 Ikkunoiden ja ovien asentaminen puurunkoon

Ikkunoiden ja ovien asentaminen puuelementtiin tehdään kohtien 12.5 ja 12.6 mukaisesti. Ikkunat kiinnitetään runkoon valmiiksi tehtaalla, mutta ovien asentaminen tehdään tavallisesti vasta työmaalla. Tämä johtuu siitä, että oven alaosa pitää täsmätä valmiin lattiapinnan kanssa samalle tasolle. Poikkeuksena tästä ovat tilaelementit, jossa lattiarakenne tehdään valmiiksi tehtaalla.

Rankarunkoisissa elementeissä Ikkuna- ja oviaukoissa käytetään ala- ja yläaukkopuita. Ikkunat kiinnitetään runkoon torx-kantaisilla karmiruuveilla. Kiinnityksessä on tarkistettava, että ikkunan ja rungon väliin jää kauttaaltaan samansuuruinen rako ja se on asennettu suoraan. Myös yhteen kytketyt ikkunat liitetään toisiinsa karmiruuveilla.

Ikkunoiden asentamisessa pitää kiinnittää erityistä huomiota tiiviyyteen; ikkuna ja rungon väliin ei saa jäädä tyhjää tilaa. Ikkunakarmien ulkopintaan on hyvä laittaa esim. tuulensuojateippi ja saumaeristysnauha, jonka jälkeen tehdään lopullinen tiivistys sisäpuolelta uretaanivaahdolla.

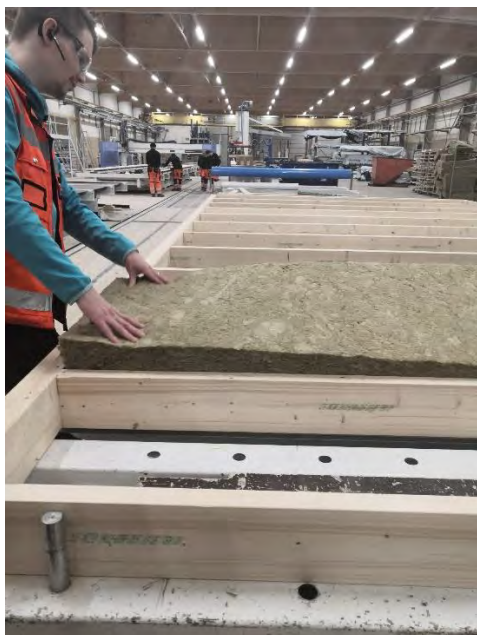


Ikkunat asennettuna elementtiin, kuva on sisäpuolelta katsottuna. Kuva Jukkatalo Oy.

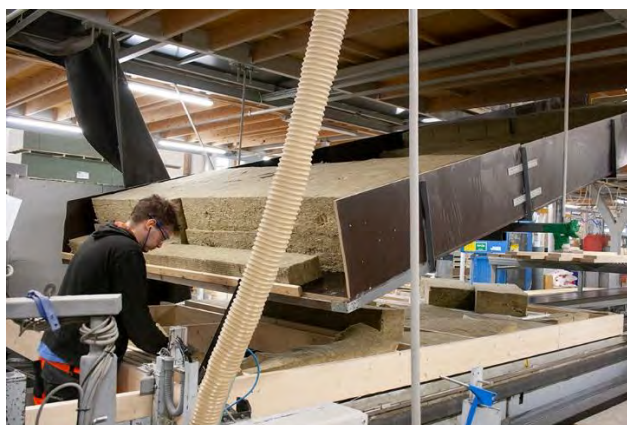
8.3 Puuelementtien lämmöneristäminen

Puuelementtien lämmöneristämässä noudatetaan kohdassa 5.2 mainittuja periaatteita.

Lämmöneristeet asennetaan yleensä rungon sisäpuolelta. Jos käytetään kahta eristelevyä, niin toinen eristekerros on hyvä asentaa ulkopuolelta elementin kääntämisen jälkeen.



Lämmöneristeiden asentamisessa pitää kiinnittää erityistä huomiota siihen, että eristyslevyt asennetaan tiiviisti runkotolppia vasten. Kuvat Jukkatalo Oy.



Eristeet valitaan elementtisuunnitelman mukaisesti. Eristelevynä käytetään joko puukuitulevyjä, mineraalivillaa tai uretaanieristeitä. Rakennusmääräysten mukaisesti puuelementin U-arvo saa olla enintään 0,17 seinärakenteelle, 0,09 yläpohjarakenteelle ja 0,16 alapohjarakenteelle. Käytettäessä massiivipuulevyä voidaan ottaa huomioon, että se toimii myös osaltaan eristeenä. Massiivipuulevyille sekä hirrelle vastaavat U-arvovaatimukset ovat asuinrakennuksessa seinälle 0,40 ja yläpohjarakenteelle sama 0,09. Eristekerrokseen vaikuttaa U-arvovaatimuksen lisäksi eristeen λ -arvo (lämmönjohtavuus).

Elementit pitää eristää vähintään alla olevan taulukon mukaisesti:

Rakenne	Puukuitueriste ($\lambda = 0,045$)	Mineraalivilla ($\lambda = 0,035$)	Uretaanieriste ($\lambda = 0,022$)
Ulkoseinä (US)	250 mm	200 mm	120 mm
Yläpohja (YP)	450 mm	400 mm	230 mm
Massiivipuun ($\lambda = 0,11$) suht. vastaavuus^{*)}	41 %	32 %	20 %

^{*)} suhteellinen vastaavuus tarkoittaa, kuinka paljon massiivipuulla voidaan korvata lämmöneristettä; esim. 100 mm massiivipuuta vastaa 32 mm mineraalivillaa.

Eristelevyt pitää asentaa huolellisesti niin, että ne tulevat tiiviisti runkotolppiin kiinni eikä niihin jää ”reunapyörityksiä”. Pienetkin raot eristeen ja rungon välissä saattavat aiheuttaa ilman ja sen mukana tulevan kosteuden virtausta. Ilmiötä kutsutaan konventioksi. Konventio aiheuttaa rakenteisiin kosteus- ja homevaurioita.

Lämmöneristeestä ja runkorakenteesta riippuen höyrynsulku asennetaan lämmöneristeen sisäpuolelle. Massiivipuurakenteisiin elementteihin ei saa laittaa erillistä höyrynsulkua. Jos eristeenä on puukuitupohjainen materiaali, käytetään höyrynsulun sijaan ilmasulkua tai vesihöyryn läpäisevää kalvoa. Rankarakenteisissa, mineraalivillalla eristetyissä puuelementeissä tulee käyttää höyrynsulkua. Höyrynsulku asennetaan huolellisesti eikä siihen saa tehdä ylimääräisiä reikiä. Mahdolliset läpivientien vuoksi tehtävät reiät tiivistetään ja teipataan huolellisesti ilmanvuotojen estämiseksi. Höyryn- ja ilmansulut viedään jokaiselta sivulta vähintään 200 mm valmiin elementin yli, jotta ne voidaan teipata kiinni liittyviin rakenteisiin. Myös ikkuna- ja oviaukkojen kohdalla höyrynsulku tulee kiinni karmin ulkoreunaan ja se on vietävä riittävästi reunan yli kiinnittämistä varten.

Mahdollinen sisäpuolinen lämmöneristys tehdään vaakakoolausrimojen väliin. Koolausrimoina käytetään esimerkiksi rimoja 48x48, kun lisälämmöneristelevyjen vahvuus on 50 mm. Koolausrimat asennetaan 600 mm:n välein. Koolausrimoja asennettaessa on hyvä ottaa huomioon kiintokalusteiden, kuten keittiökaappien ja vesikalusteiden, asennukset



*Rankarunkoisissa puuelementeissä
höyrynsulkumuovi asennetaan
lämmöneristeiden päälle sisäpuolelle.
Höyrynsulkumuovi viedään jokaiselta sivulta
vähintään 200 mm valmiin elementin yli, jotta
ne voidaan teipata kiinni liittyviin rakenteisiin.
Kuva Jukkatalo Oy.*

8.4 Puuelementtien levytykset

Rankarakenteiset puuelementit levytetään sekä sisä- että ulkopuolelta. Ulkopuolinen levytys tehdään tuulensuojaksi ja sisäpuolinen levytys toimii pääosin verhoiluna. Huoneistojen välisissä seinärakenteissa levytys voidaan laskea palo-osastoinniksi. Levyt toimivat useimmiten kantavan rakenteen jäykisteenä, jonka vuoksi ne on kiinnitettävä valmistajan ohjeiden ja elementtipiirustusten mukaisesti.

Sisäpuolinen levytys voidaan tehdä myös työmaalla. Sisäverhouslevyynä voidaan käyttää kipsilevyjä, vanereita tai muita sisäverhoukseen tarkoitettuja levyjä. Osastoivissa rakenteissa tulee ottaa huomioon palo- ja äänitekniset vaatimukset suunnitelmien mukaisesti. Myös massiivipuulevyrakenteissa tulee ottaa huomioon palotekniset vaatimukset.

Sisäpuolinen pinta voidaan tehdä myös sisäverhouslaudoilla.

Ennen tuulensuojalevytystä elementti käännetään kokoonpanopöydällä tai perhospöytää käytettäessä käännetään toiselle kokoonpanopöydälle.

Tuulensuojalevyt ovat joko kipsi- tai puukuitulevyjä. Huokoiset puukuitulevyt voidaan ottaa huomioon lämmöneristeinä. Tuulensuojalevyt toimivat myös rungon jäykistävänä levynä. Mikäli tuulensuojana käytetään ohuita huokoisia puukuitulevyjä, rungon jäykistäminen tulee tehdä erillisillä vinojäykisteillä. Tuulensuojalevyä leikattaessa tulisi huomioida, että asennetaan leikkaamattomat reunat vastakkain aina kuin se on mahdollista ja leikatut reunat tulevat elementin ulkoreunalle tai aukkoa vasten. Näin saadaan levyjen saumat tiiviiksi.



Levyjen siirtoa elementtipöydälle, kuvat Jukkatalo Oy



Levyt kiinnitetään runkoon runkotolppiin. Runkotolppajako k 600 mahdollistaa sen, että 1200 mm leveät levyt saadaan asennettua kokonaisena. Levyjen katkaisut tehdään aukkoihin ja reunoille. Näin saadaan levyjen ehyet saumat tiiviisti toisiaan vasten keskellä elementtiä. Kuva Kiiruna Talot Oy.

8.5 Ulkoverhouksen ja listojen asentaminen

Ulkoverhouksen asentaminen aloitetaan tuuletusrakorimojen kiinnittämisellä. Rimoitusvälinä on 600 mm. Mikäli käytetään vaakalaudoitusta, yksi pystyyn asennettu rimoitus riittää. Pystylaudoitusta käytettäessä tarvitaan kaksi rimoituskerrosta; alempi pystyrimoituskeros toimii tuuletusvälinä ja sen päälle tuleva vaakarimoitus ulkoverhouslautojen kiinnitysrimoina. Rankarakenteisissa elementeissä rimat kiinnitetään runkoon naulaamalla ne tuulensuojalevyn läpi.

Julkisivuverhous tulee aina tehdä taustaltaan tuulettuvaksi, millä mahdollistetaan sen riittävä kuivuminen mahdollisen kostumisen jälkeen. Puuverhouksen kiinnitysalustan on myös oltava riittävän tukeva, jotta vältetään julkisivuverhouksen haitaliselta vääntymiseltä. Vaakalaudoituksessa riman pitää olla vähintään ulkoverhouslaudan paksuinen, mielellään jopa 32 mm. Pystylaudoituksen alla on vaakarimoituksen oltava vähintään ulkoverhouslaudan ja tuulensuojalevyä vasten tulevan pystyriman vähintään 22 mm:n vahvuinen.

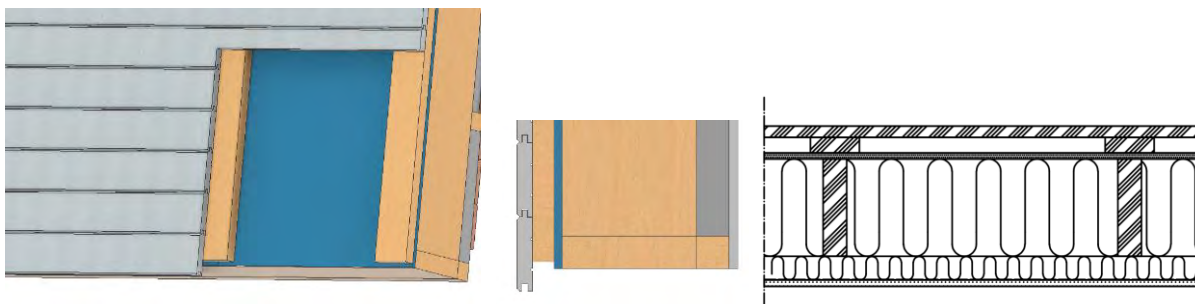
Ulkoverhous on yleensä puusta. Mikäli ulkoverhous tehdään tiilestä, se asennetaan työmaalla. Peltiprofiilista tehtävät ulkoverhoukset voidaan asentaa joko tehtaalla tai työmaalla. Myös puuverhous voidaan asentaa joko kokonaan tai osittain työmaalla. Tehtaalla voidaan jättää esim. alin ulkoverhouslautarivi asentamatta kuljetusteknisistä syistä (elementit on näin helpompi kuljettaa pystyasennossa ulkoverhouksen rikkoontumatta).

Puuverhouksen kiinnityksessä on käytettävä ruostumattomia tai kuumasinkittyjä kiinnikkeitä. Kiinnikkeet eivät saa olla liian paksuja, jotta ne eivät halkaise kiinnitettävää verhousta. Naulauksen aiheuttaman lautojen halkeilun välttämiseksi naulausta ei saa tehdä 70 mm lähempää laudan päätä. Lautojen päät on pintakäsiteltävä ja mahdollisuuksien mukaan myös suojattava rakenteellisesti.

Puuverhoukset voidaan tehdä joko vaaka- tai pystyverhoiluna. Ulkoverhousten asennuksessa on otettava huomioon siihen liittyvät elementit. Vaakaverhoiluissa elementeissä vierekkäisten elementtien lautarivien täytyy lähteä samalta korkeudelta. Myös kerroksittain (päällekkäin) asennettavissa elementeissä tulee huomioida ulkoverhouslautojen saumakohdat. Pystylaudoitetuissa elementeissä tulee huomioida elementtien saumojen liittyminen siten, että laudat voidaan asentaa niihin kokonaisina. Ulkoverhouksen asennuksessa tulee huomioida, että yläosaan jää riittävän suuri tuuletusväli. Alaosaan tulisi tehdä ns. tippanokka, jotta sadevesi ei pääse johtumaan kapillaarisesti rakenteisiin. Ikkuna-aukkojen alareunaan on jätettävä riittävä vara pellityksille. Päällekkäisten ulkoverhouslautojen jatkamista samasta kohdasta on vältettävä.

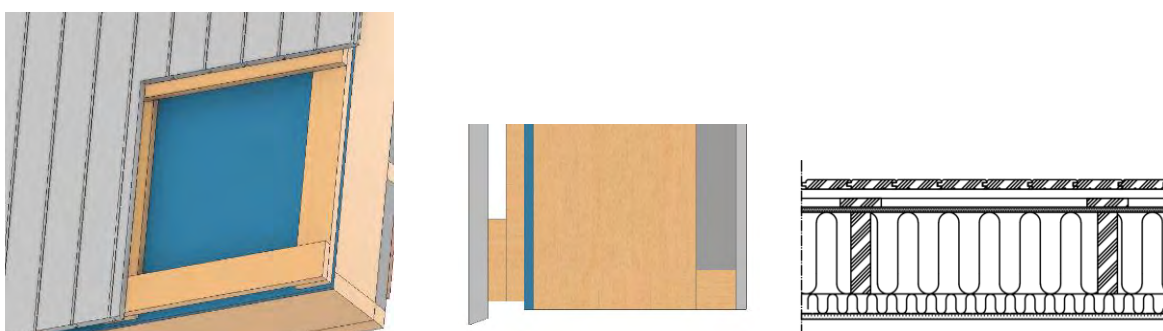
Kohdassa 2.2 on esitetty yleisimmin käytössä olevat puuverhouspaneelit.

Vaakaverhous



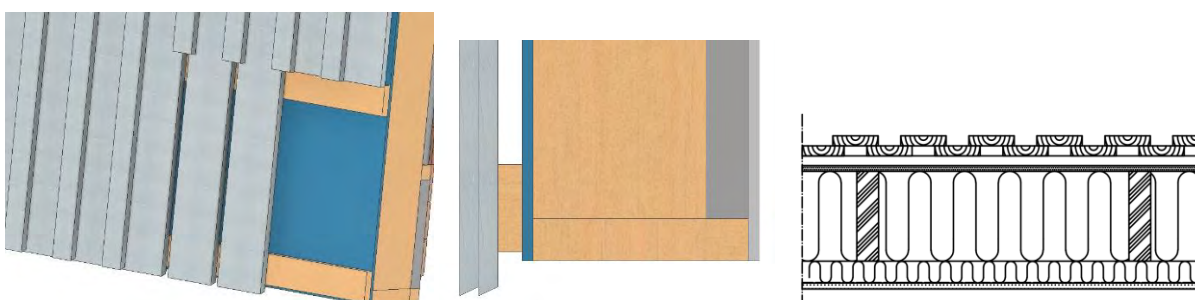
Vaakaverhous voidaan toteuttaa yhdellä pystyrimoituksella, joka toimii sekä tuuletusrakona että verhouslautojen kiinnitysrimana. Rimojen pitäisi olla vähintään 28 mm:n vahvuisia. Pystyrimat kiinnitetään runkotalppiin.

Pystyverhous



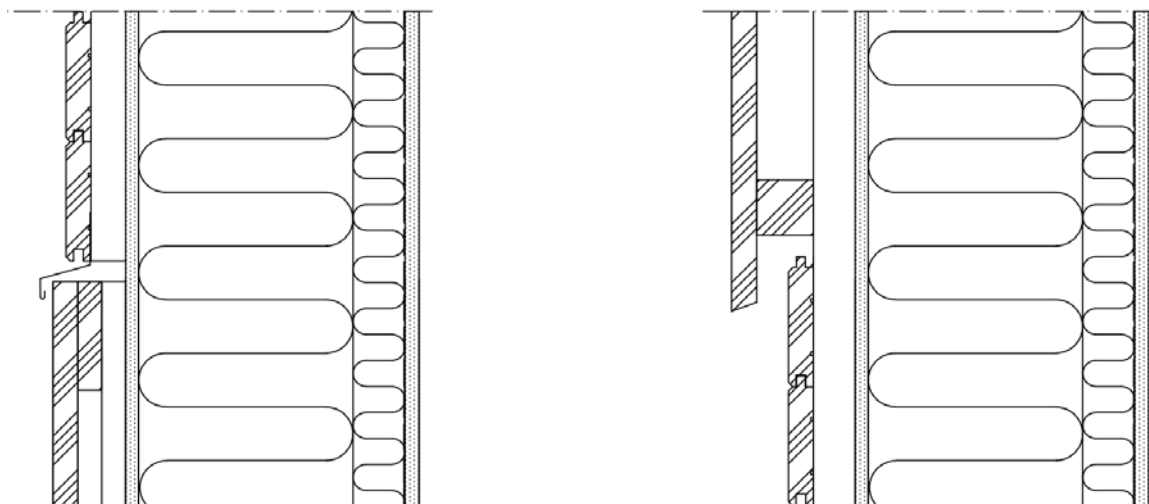
Pystyulkoverhous vaatii kaksinkertaisen koolauksen: vaakarimoitus toimii ulkoverhouslautojen kiinnityslautana ja pystyrimoitus tuuletusrakona. Molemmat rimat ovat vähintään 22 mm:n paksuisia. Ulkoverhouksen alareuna on yleensä alempana kuin rungon alareuna. Tuuletusrakorimat kiinnitetään runkotolppien kohdalle. Ulkoverhouslautojen päät viistetään alareunasta ”tippanokaksi”.

Lomalautaverhous



Lomalaudoitus vaatii vaakarimoituksen kiinnitykseen. Vaakarimaksi suositellaan 28 mm:n paksuista rimaa hyvän tuuletuksen varmistamiseksi. Tuuletus tapahtuu myös alempien verhouslautojen välissä. Ulkoverhouslaudat asetetaan niin, että sydänlape tulee näkyvälle puolelle. Sydänlape kestää paremmin kosteusrasitusta ja on siinä yleensä myös pienemmät oksat. Ulkoverhouslaudat viistetään alareunasta ”tippanokaksi”.

Eri ulkoverhoustyyppien saumaliitokset



Jos julkisivu muodostuu kahdesta tai useammasta verhoustyyppistä on niiden saumoihin kiinnitettävä erityistä huomiota, jotta sade ei pääse vaurioittamaan rakennetta. Mikäli alempi rakenne on ylemmää ”ulompana”, niin paras tapa tehdä se on käyttää siinä taitettua ohutteräsprofiilia. Teräsprofiili kiinnitetään ylemmän verhouksen tuuletusrakorimaan ja tuoda se alemman verhouksen yli. Teräsprofiilin ja verhouslaudan väliin on jätettävä riittävästi ilmarakoa.

Mikäli ylempi verhous tulee alemmaa ”ulommas”, niin sauma voidaan toteuttaa viemällä ylemmän verhouksen alareuna alemman verhouksen yläreunan yli. Tämä voidaan toteuttaa käyttämällä paksumpaa vaakaverhousta ylemmässä verhouksessa. Myös tässä tulee huolehtia siitä, että ilma pääsee kiertämään verhouksen taakse.



Ulkoverhouspaneelit asennettuina elementtiin, kuvat Jukkatalo Oy.

Puu-ulkoerhoukselle voidaan saada huomattavan pitkä käyttöikä ja 10–15 vuoden huoltomaalausväli, kun noudatetaan sitä koskevia ohjeita. Puu-ulkoerhouksen pitkäaikaiskestävyyden kannalta keskeistä on, että:

- ulkoerhouslauta on riittävän paksu, kuitenkin vähintään 23 mm,
- puun laatu on mahdollisimman hyvä (mieluiten kuusi tai männyn sydänpuu),
- asennettava ja pintakäsiteltävä ulkoerhouslauta on riittävän kuivaa (kosteus < 18 %) ja
- vältetään mahdollisuuksien mukaan ulkoerhouslautojen jatkoksia ja säälle alttiita verhouslautojen suojaamattomia päitä.

Rakennuksen nurkkiin voidaan lisäksi asentaa nurkkalaudat. Nurkkalaudat asennetaan pystyyn nurkan molemmille pinnoille. Nurkkalaudat peittävät lautojen päät, jolloin päiden epätasaisuudet jäävät piiloon. Lisäksi nurkkalaudat suojaavat ulkoerhouslautojen päitä, jotka ”imevät” kosteutta huomattavasti enemmän kuin lautojen lapepinta.

Tilaelementteihin asennetaan mahdollisesti myös jalka-, katto, ja nurkkalistat sisätiloihin valmiusasteesta riippuen.

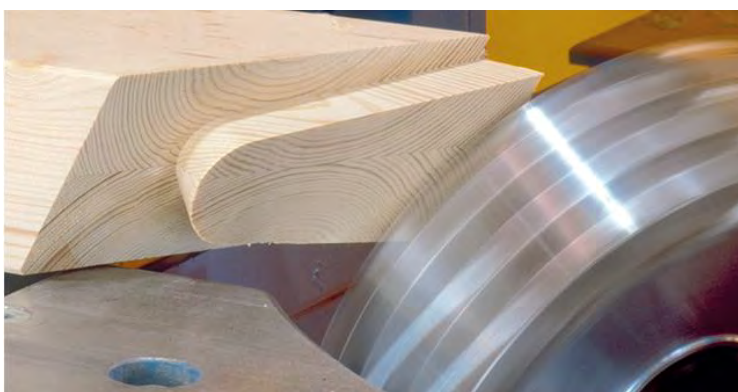
8.6 Puurakenteiden liitokset

Puurakenteiden suunnittelussa ja toteutuksessa liitoksilla on usein keskeinen tekninen ja arkkitehtoninen merkitys. Puu on rakenteeltaan epähomogeenista ja ominaisuuksiltaan vaihtelevaa. Puurakenteet toimivat siten, että liitos pitää liitettävät osat paikoillaan puristusvoimien siirtyessä kosketuksella suoraan pinnalta toiselle.

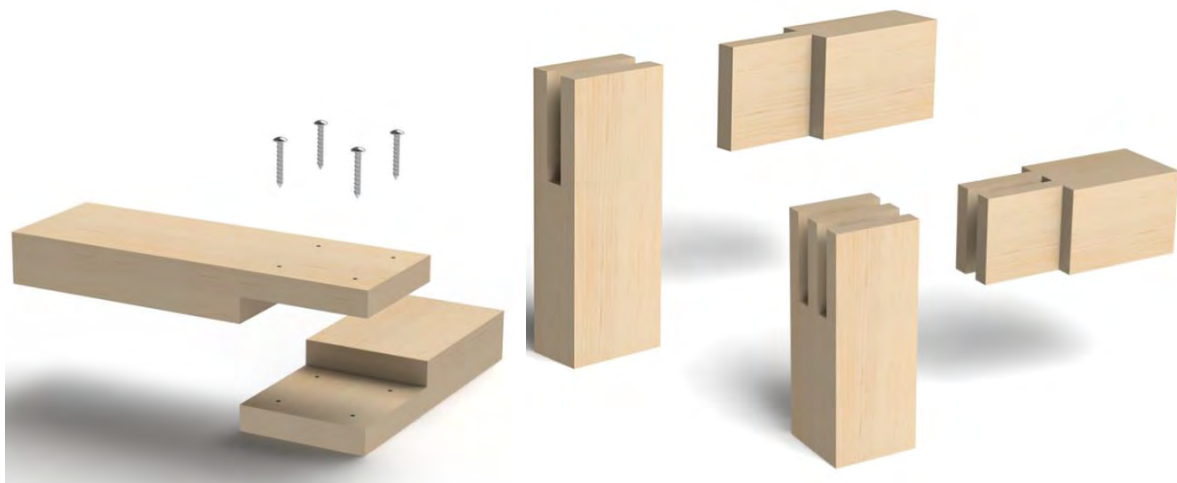
Liitoksissa pitää aina huomioida kuormien lisäksi myös ympäristörasitukset. Ulkona ja kosteusrasitetuissa liitoksissa pitää käyttää niihin soveltuvia kiinnikkeitä.

Puusepän liitokset (Timber Frame)

Perinteiset puusepän liitokset tehdään yleensä ilman metallikiinnikkeitä. Niissä voidaan toki käyttää apuna ruuveja, nauloja ja vaarvoja. Tyypillisimpiä puusepänliitoksia ovat lohenpyrstö-, tappi-, lape- ja loviliitokset. Näitä liitoksia käytettäessä pitää ottaa huomioon se, että puuta lovettaessa sen tehollinen poikkileikkaus ja siitä johtuen lujuusominaisuudet heikkenevät. Suuria kuormia pelkällä puuliitoksella ei voida ottaa vastaan.



Kuvissa työstetään tyypillisiä puusepän liitoksia: tappi- ja lohenpyrstöliitos. Liitokset suunnitellaan niihin soveltuvilla ohjelmilla ja valmistetaan koneellisesti. Kuvat Hundegger GmbH.



Vasemmalla lapeliitos ja oikealla loviliitoksia, kuva Pro Puu-keskus / Puuproffa



Kuvissa on erityyppisiä harvemmin käytettyjä ns. Timber Frame-liitoksia. Joitakin liitostyyppejä voidaan käyttää ilman kiinnikkeitä tai liimaa, mutta esimerkiksi puun kosteuseläminen voi aiheuttaa näissä tapauksissa liitoksien löystymistä ja jopa niiden murtumista. Kuva Pro Puu-keskus / Puuproffa.

Mekaaniset liitokset

Mekaanisissa liitoksissa puuosat kiinnitetään toisiinsa metallikiinnikkeiden avulla. Yleisimpiä metallikiinnikkeitä ovat naulat, ruuvit, pultit, tapit ja erilaiset muotokiinnikkeet. Mekaanisilla liitoksilla on erilaisia ominaisuuksia riippuen liitostyypistä.

Liitokset suunnitellaan niihin kohdistuvia kuormia vastaan riittävän lujiksi ja niissä pitää ottaa huomioon mm. palonkestävyys. Tämän vuoksi liitokset tulee tehdä suunnitelmien mukaisesti.

Liitokset tulisi tehdä käyttäen yhtä liitostyyppiä samassa liitoksessa. Myöskään eri kokoisia saman tyyppisiä liittimiä on syytä välttää. Näin voidaan varmemmin todeta liitoksen kestävyys.

	Naula	Puu- ruuvi	Kansi- ruuvi	Vino- ruuvi	Pultti	Tappi- vaarna	Hakanen	Liima- ruuvi	Vino- tanko
Lujuus	-			+	+	+	-	+	+
Jäykkyys	-		-	+	-		-	+	+
Myötämiskyky	+	-	+	-		-	+	-	+
Sauvan heikennys	+		-		-	-	+		-
Mitoitus	+	+	+	-	+	+	+	-	-
Työmaa-asennus	+	+	+	+	+	-	+	-	-
Ulkonäkö	+	+	-	+	-	+	-	+	+
Palonkestävyys	+		-		-	+	-	+	+
Hinta	+	+	-	+	-	+	+	-	-

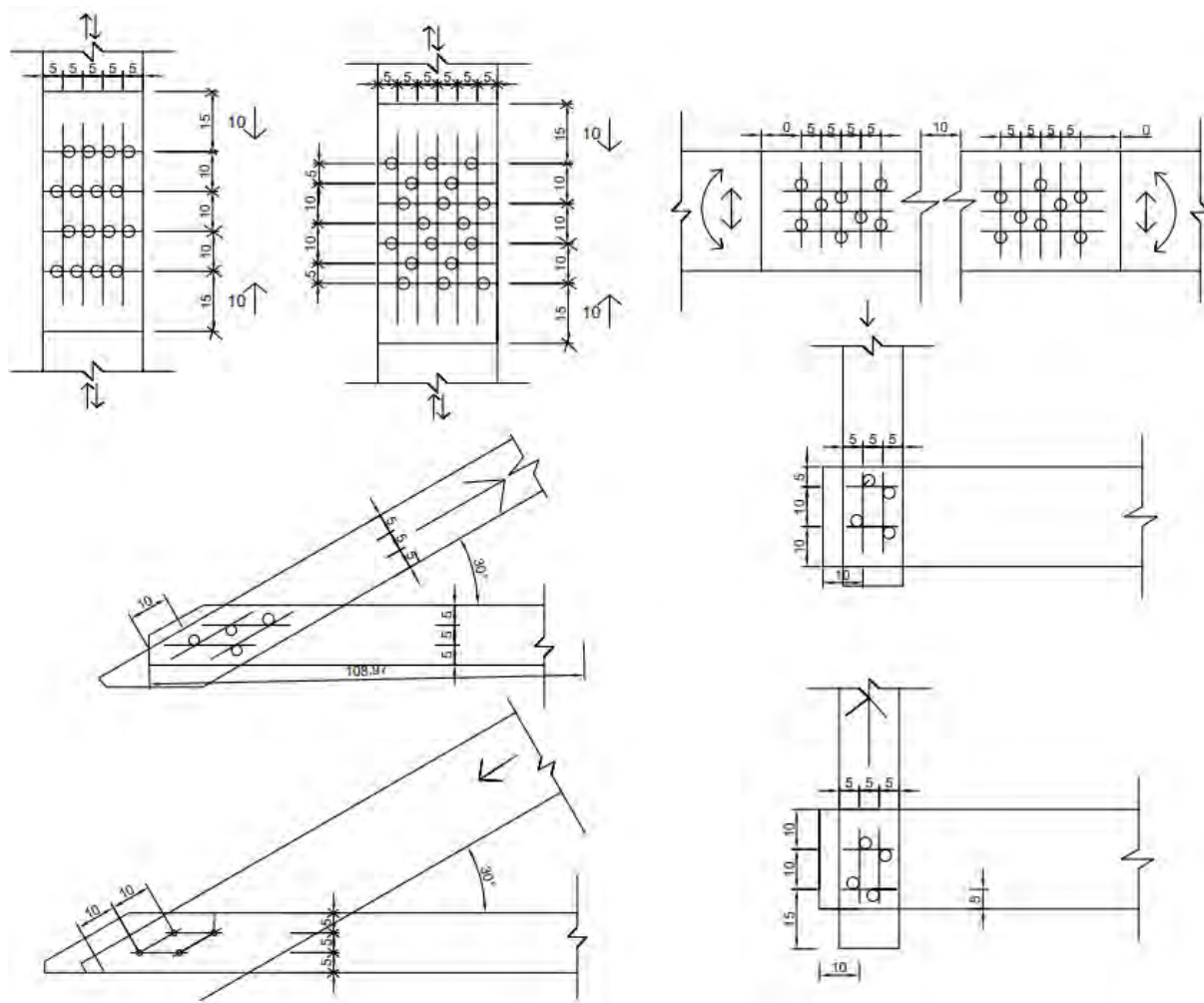
Taulukossa on esitetty liitostekniikoiden vahvuuksia ja heikkouksia. Taulukossa esitetyt ominaisuudet ovat suuntaa antavia. Liitostyyppi on valittava vaadittujen ominaisuuksien ja liitettävän rakenteen mukaan. (+ = vahvuus, -=heikkous ja ei merkintä=neutraali).

Liitoksissa huomioitavia seikkoja:

- liitosalueen kosteusmuodonmuutokset erityisesti teräslevyllisissä liitoksissa,
- puun kuivumisen vaikutus ja kuormitusajan vaikutus naulan tartuntaan,
- liitoksen epäkeskisyys,
- suunnaltaan vaihtuvat kuormitukset (liitoksen löystyminen),
- liittimien sekakäyttö samassa liitoksessa,
- kuormitusajan vaikutus ja
- palonkestävyys.

Naulaliitokset

Naulaliitokset ovat helpoin, nopein ja halvin tapa liittää puurakennneosia toisiinsa. Naulaliitos on vahva ja edelleen paljon käytössä oleva liitostyyppi. Sitä käytetään etenkin pientalotyömailla, koska se on helppo valmistaa ja sen kestävyyttä saadaan lisättyä lisäämällä naulojen määrää tai kokoa. Huonona puolena naulaliitoksilla on niiden huono vetolujuus.



Naulojen väliset etäisyydet kantavissa puuliitoksissa. Etäisyydet ovat suoraan verrannollisia naulan halkaisijan suhteen. Esim. käytettäessä konenaulaa 3,1x90 ja mittaluku on 10, niin etäisyyden pitää olla 3,1x10 eli 31 mm. Nauloja ei saa laittaa tätä lähemmäksi reunoja eikä niiden keskinäistä etäisyyttä saa pienentää, jotta puuosat eivät halkea.

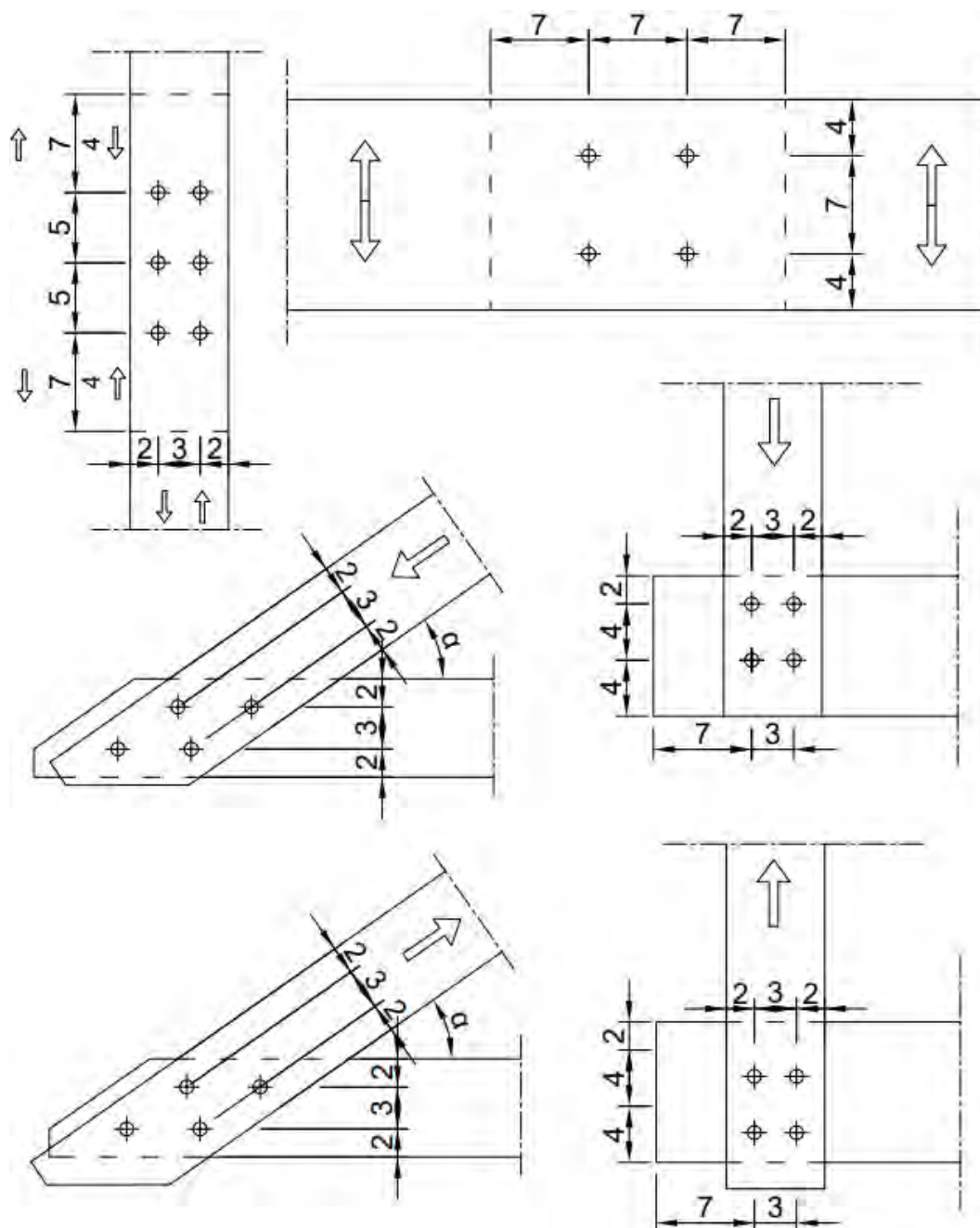
Kantavissa rakenteissa naulojen kanna puoleisen puun paksuus tulee olla vähintään 7x naulojen nimellishalkaisija.

Kohtisuoraan kuormitetussa rakenteessa naulan tunkeuman kärjen puoleiseen puuhun tulee olla vähintään 8d ja pituussuuntaan kuormitetussa vähintään 12d.

Nauloja kuormitusta pituussuunnassa ja naulojen kiinnittämistä päätypuuhun on syytä välttää

Ruuviliitokset

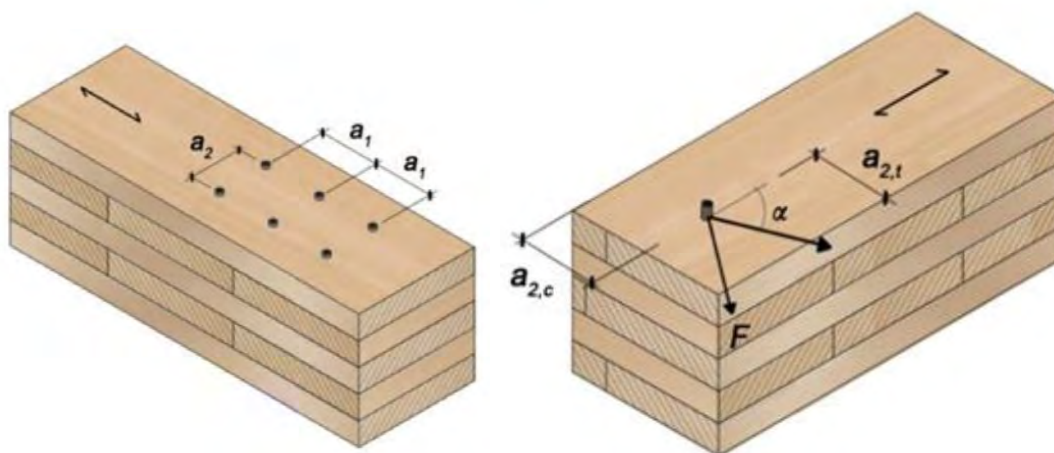
Ruuviliitos on yleinen kiinnitystapa puurakentamisessa ja niitä käytetäänkin paljon teräsosien kiinnittämiseen. Ruuvit soveltuvat myös hyvin rakenteiden toisiinsa liittämiseen, jos liitoksissa olevat voimat ovat pieniä. On kuitenkin hyvä muistaa, että ruuvien vetolujuus puun syytä vastaan on heikko, mutta syyn vastaisesti se kestää vetoa melko hyvin. Leikkauskestävyys ruuveilla on myös melko hyvä, jos ruuvi on tarpeeksi paksu. Leikkausrasitetuissa liitoksissa kannattaa käyttää osakierteisiä ruuveja, jotta kierreosa ei heikentäisi leikkauslujuutta. Täyskierteisiä ruuveja suositellaan käytettäväksi tilanteissa, joissa ruuveihin kohdistuu pituussuuntaan kuormitusta. Ruuvin tunkeuman kärjen puoleiseen puuhun tulee olla vähintään 6x ruuvin nimellishalkaisija (suositeltava arvo $\geq 8d$).



Ruuvien väliset etäisyydet kantavissa puuliitoksissa. Etäisyydet ovat suoraan verrannollisia ruuvin halkaisijan suhteen. Esim. käytettäessä ruuvia 6,0x90 ja mittaluku on 3, niin etäisyyden pitää olla vähintään 5x6,0 eli 30 mm. Ruuvit pitää asentaa alla olevan kaavion mukaisesti riittävän etäälle toisistaan, jotta puuosat eivät halkea.

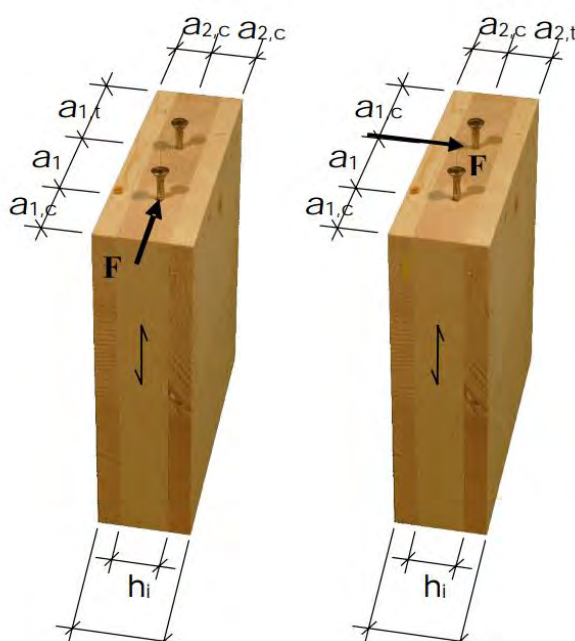
Massiivipuurakenteiden ruuviliitokset

Massiivipuurakenteiden väliset liitokset ovat yleensä ruuviliitoksia. Myös nauloja voidaan käyttää, mutta niiden ulosvetolujuus on huomattavasti ruuveja heikompi. Ruuvien pitää olla riittävän suuria: yleensä kantavissa rakenteissa käytettävä ruuvin nimellishalkaisija on vähintään 6 mm. Ruuveina suositellaan käytettäväksi itseporautuvia ruuveja, jolloin ei välttämättä tarvitse suorittaa esiporauksia. Jos esiporausta käytetään, niin sen pitää olla n. 75 % käytettävän ruuvin nimellishalkaisijasta. Mikäli esiporaus on tätä suurempi, ruuvin pitävyys voi merkittävästi heikentyä.



Liitin	a_1	a_2	$a_{2,t}$	$a_{2,c}$
Naulat	3d	10d	7d	3d
Ruuvit	4d	6d	6d	2,5d
Tappivaarnat	4d	5d	3d	3d
Pultit	4d	5d	3d	3d

Liittimien väliset etäisyydet kantavissa puuliitoksissa. Etäisyydet ovat suoraan verrannollisia liittimen halkaisijan suhteen. Esim. käytettäessä ruuvia 8 mm ja mittalukua 6, niin etäisyyden pitää olla 8x6 eli 48 mm. Liittimiä ei saa laittaa tätä lähemmäksi reunoja eikä niiden keskinäistä etäisyyttä saa pienentää, jotta puuosat eivät halkea.



Itseporautuvien ruuvien vähimmäisetäisyydet päätyliitoksissa:

a_1	10d
$a_{1,t}$	12d
$a_{1,c}$	7d
a_2	3d
$a_{2,t}$	6d
$a_{2,c}$	3d

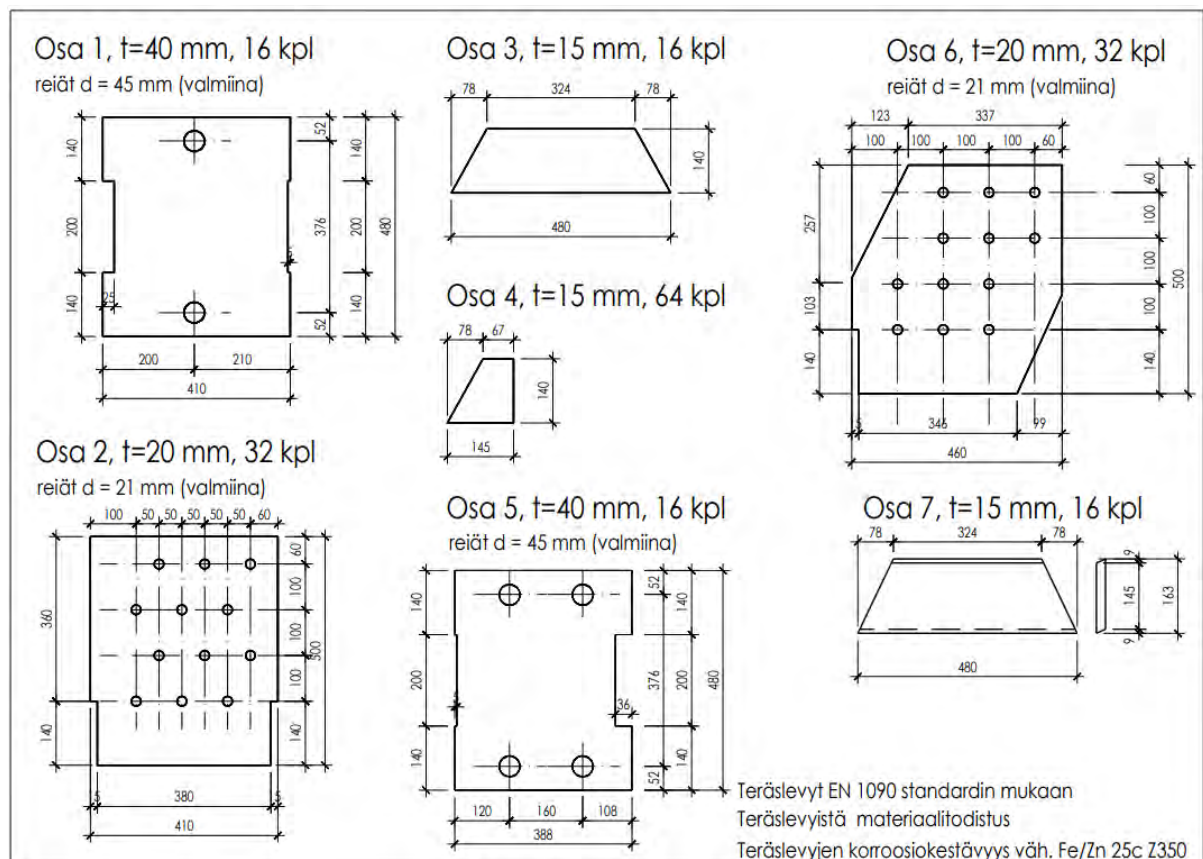
Pultti- ja vaarnaliitokset

Vaarnaliitoksessa vaarna yhdessä pultin kanssa ottaa vastaan leikkausrasitukset. Vaarnojen yhteydessä käytetään yleensä pulttia erillisenä liittimenä. Perinteisiä ja yksinkertaisia vaarnaoja ovat reikään asetettava tappi ja suorakaidevaarna, joka vaatii kokoisensa kolon.

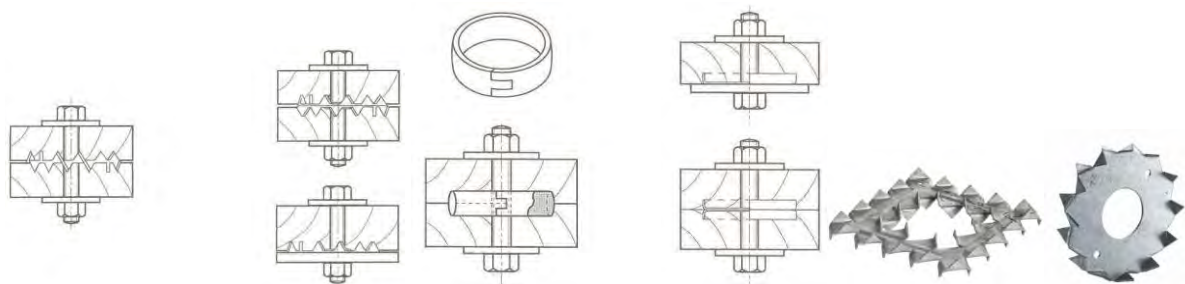
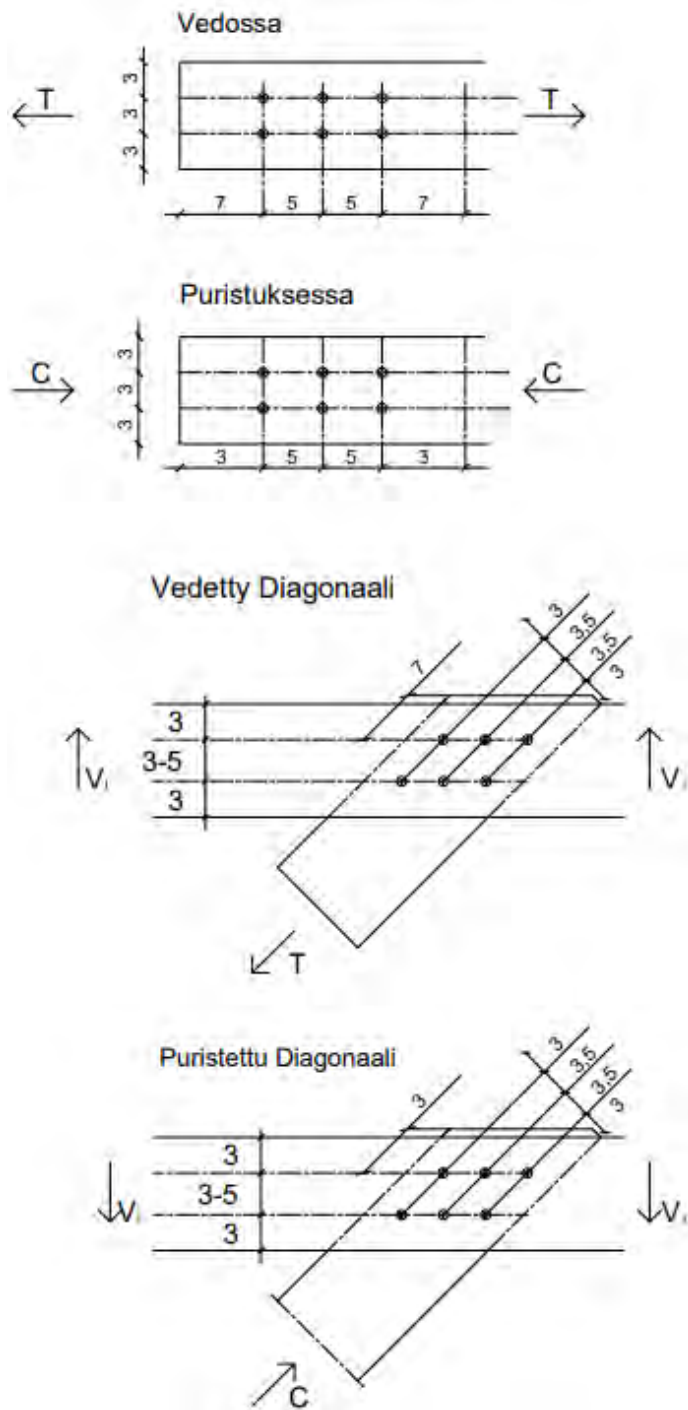
Kun rakenteisiin kohdistuu suuria puristus- tai veto- sekä taivutusjännityksiä, niissä voidaan käyttää pulttiliitoksia.



Pultti- ja tappiliitosten vähimmäisväli ja reunaetäisyydet syiden suunnassa kuormitetuissa sauvoissa. Etäisyydet ovat suoraan verrannollisia ruuvien halkaisijan suhteen. Esim. käytettäessä pulttia $d=10$ mm ja mittalukua 5, niin etäisyyden pitää olla vähintään 10×5 eli 50 mm. Pultit ja vaarnat pitää asentaa seuraavalla sivulla olevan kaavion mukaisesti riittävän etäälle toisistaan, jotta puuosat eivät halkea.



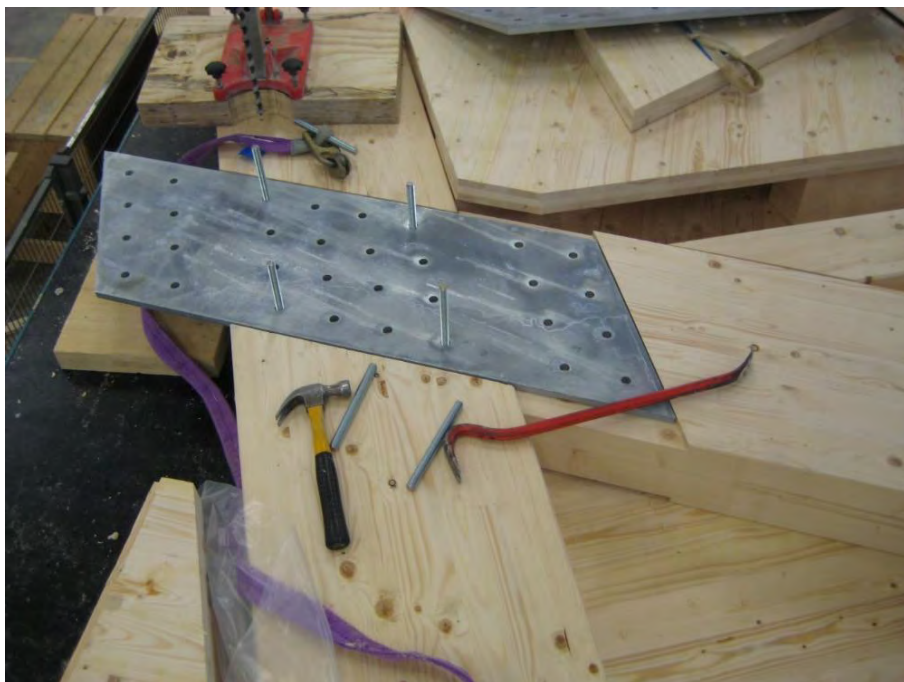
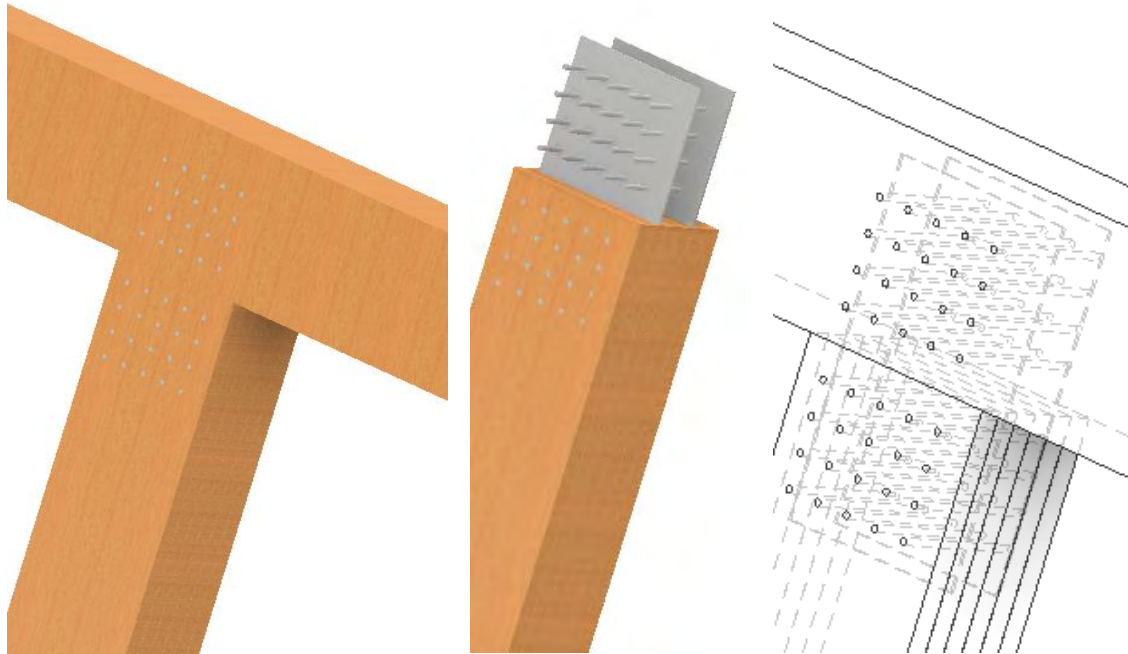
Mallipiirustus teräslevyjen reikämitoituksesta. Reiät tehdään yleensä 1 mm:n suuremmaksi kuin siihen tulevan pultin halkaisija, kun kyseessä on puurakenneliitos. Osiin 1 ja 5 kiinnitetään 38 mm:n peruspultit teräsbetoniperustuksiin, joten niissä on huomioitava myös peruspulttien asennusvara.



Hammasvaarnoja ja niiden liitoksia, kuvat Puuinfo

Teräslevylliset pultti- ja vaarnaliitokset

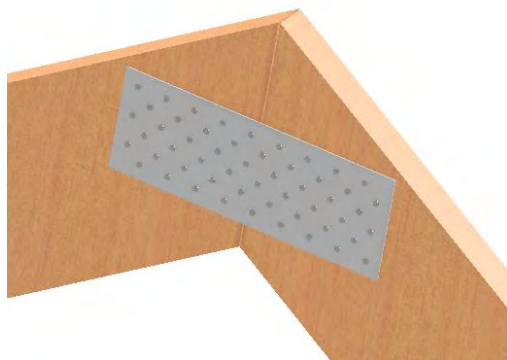
Pultti- ja vaarnaliitoksissa voidaan käyttää myös teräslevyjä, joilla tarkoitetaan teräslevyllisistä puuliitoksista. Niissä on teräslevyt molemmiin puolin puuliitosta tai teräslevyt voivat olla myös upotettuna puun sisään. Mitä useampi teräslevy liitoksessa on, sitä enemmän se kykenee vastaanottamaan rasitusta. Liitos voidaan toteuttaa sekä pulteilla että teräsvaarnoilla. Teräslevyjen paksuus pitää olla vähintään puolet pulttien tai tappien nimellishalkaisijasta. Mikäli levyt ovat saman paksuisia kuin käytettävien pulttien tai vaarnojen halkaisijat, ne kykenevät ottamaan vastaan suurempia voimia.



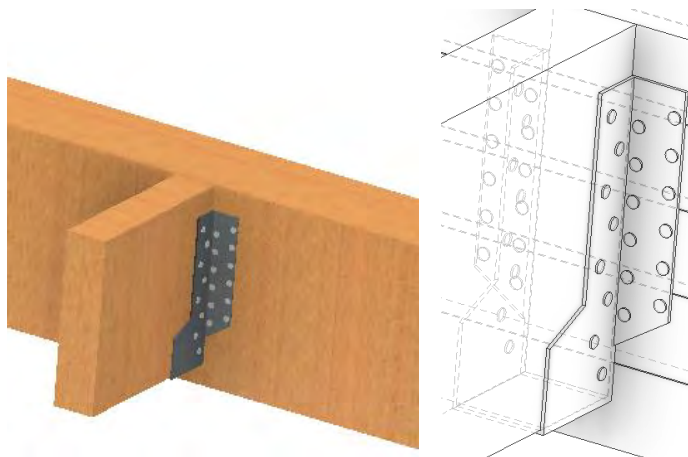
*Liimapuurakenteisen kehän sauvarakenteiden liittäminen yhteen teräslevyllä.
Kuva Ammattiopisto Lappia*

Palkkirakenteiden liitokset metallisin muotokiinnikkein

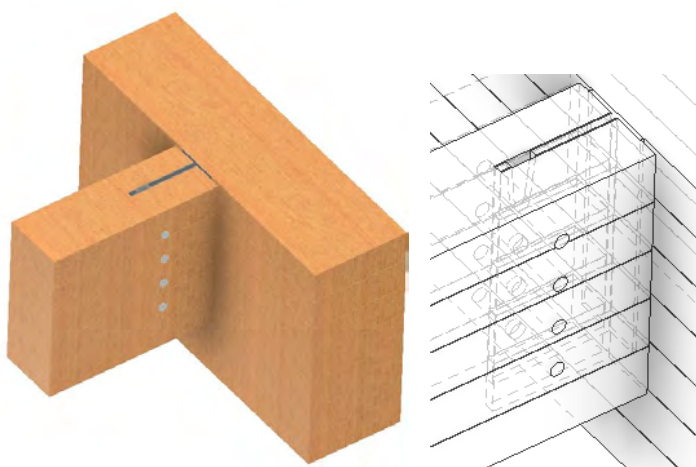
Metallisia muotokiinnikkeitä käytetään, kun halutaan liittää nopeasti ja helposti pieniä rakenneosia toisiinsa. Puurakenteet voidaan kiinnittää rakenteisiin ruuveilla tai nautoilla kiinnikkeisiin. Kiinnikkeissä on valmiit reiät, jotka ottavat huomioon riittävät vähimmäisvälit. Tavallisimmat käyttökohteet ovat pilarien, palkkien ja jatkosten liitokset. Muotokiinnikkeitä pitää aina käyttää kantavissa rakenteissa valmistajan ohjeiden mukaisesti.



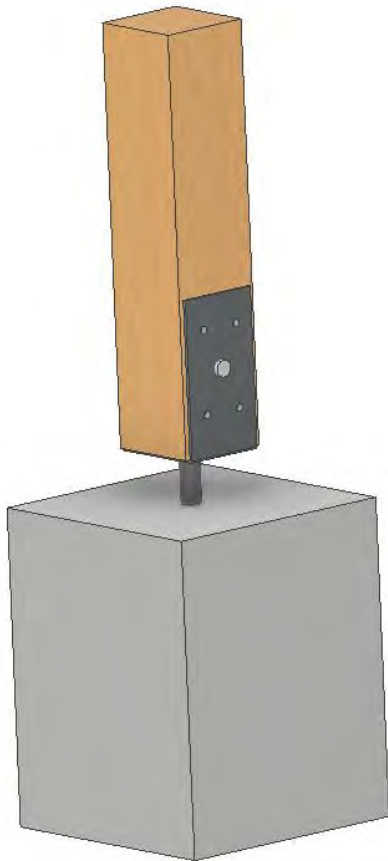
Kattopalkit kiinnitetään harjalta naulalevyllä, jotta ne eivät lähde liukumaan toisistaan irti esimerkiksi liikkuvan lumen johdosta.



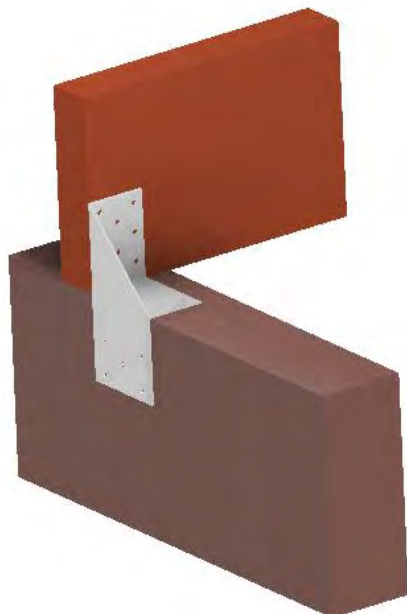
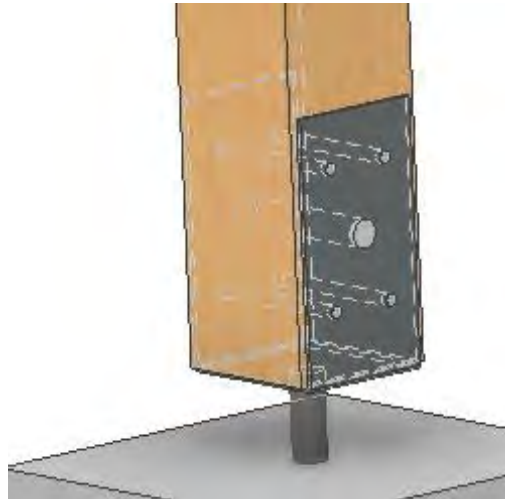
Palkkikengillä kiinnitetään palkki ns. pääpalkkiin. Palkkikengkiä on eri tyyppisiä: kuvassa näkyy malli, jossa kiinnityslaipat ovat varsinaisen kengän ulkopuolella, jolloin kengät kiinnitetään liitettäviin palkkeihin. Joissakin kengätyypeissä laipat ovat sisään päin, jolloin ne vievät vähemmän tilaa. Nämä kengät pitää asentaa pääpalkkiin etukäteen.



Palkkikengät voivat olla myös ns. piilopalkkikengkiä, jolloin ne asennetaan liitettävän palkkiin tehtyyn halkaisuun. Nämä ovat lähes huomaamattomia, joten ne soveltuvat rakenteisiin, jotka halutaan jättää näkyviin. Nämä eivät sovellu kapeisiin palkkeihin, jos liitoslaippa on leveämpi kuin palkki.



Pilarikengillä kiinnitetään pilarin alaosa perustuksiin. Vasemmalla on kuva, jossa pilarikengä asennetaan perustuksiin valun yhteydessä. Pilarikengät voidaan asentaa myös perustuksien pinnalle, jolloin ne kiinnitetään esimerkiksi peruspulteilla tai liima-ankkureilla. Ne voidaan asentaa myös pilarin tehtyyn halkaisuun, jolloin ne jäävät pilarin sisään.

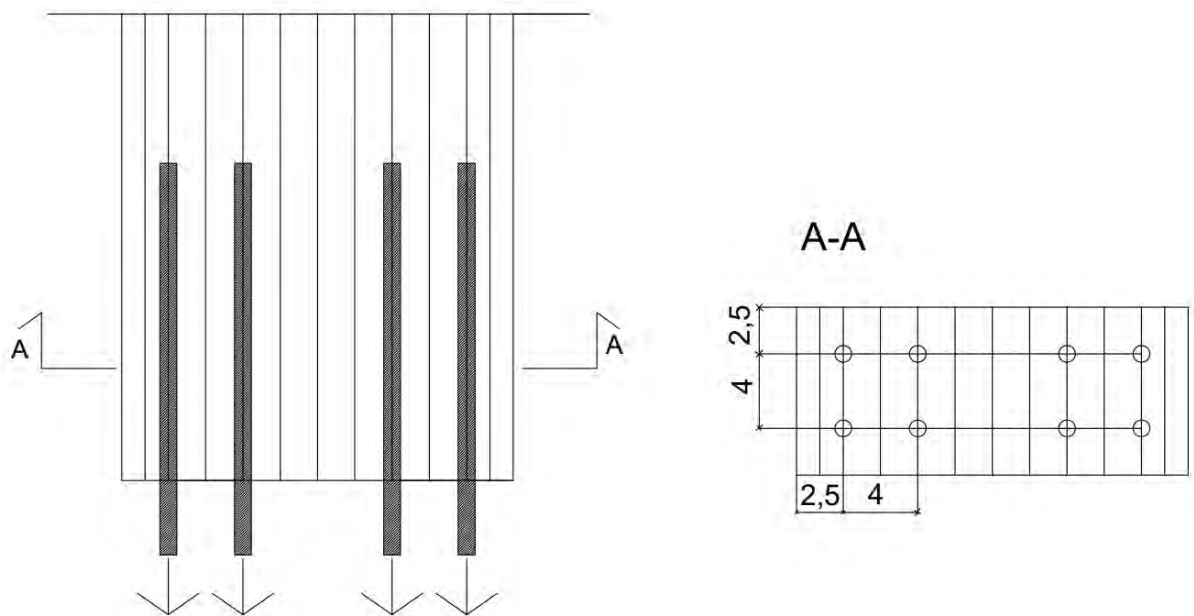


Palkki-palkkiliitos voidaan tehdä myös ns. tukipainetta pienentävällä kulmaraudalla oheisen kuvan mukaisesti. Alemman palkin kylkeen kiinnitettävät kampanaulat tai ruuvit ottavat vastaan ylemmältä palkilta tulevaa kuormaa. Näin ylemmältä palkilta tuleva tukipaine pienenee vastaavasti yhtä paljon kuin kylkeen kiinnitetyt kampanaulat tai ruuvit kykenevät ottamaan voimaa vastaan.

Samalla periaatteella voidaan kiinnittää myös esimerkiksi naulalevyristikot ulkoseinän päälle. Kulmaraudoilla voidaan ottaa myös alhaalta päin tulevaa, tuulesta aiheuttavaa nostetta vastaan kattorakenteissa.

Liimatankoliitokset

Liimatankoliitoksia käytetään ensisijaisesti liitettäessä puurakenteita perustuksiin, jos rakenteeseen kohdistuu suuria kuormia. Liimatankoliitosten valmistaminen on luvanvaraista ja ne pitää aina tehdä tehdasolosuhteissa oikeissa lämpö- ja kosteusolosuhteissa.



Liimatankojen väliset etäisyydet kantavissa puuliitoksissa. Etäisyydet ovat suoraan verrannollisia ruuvin halkaisijan suhteen. Esim. käytettäessä pulttia $d=10$ ja mittaluku on 4, niin etäisyyden pitää olla vähintään 10×4 eli 40 mm. Kuva Liimapuukäsikirja.

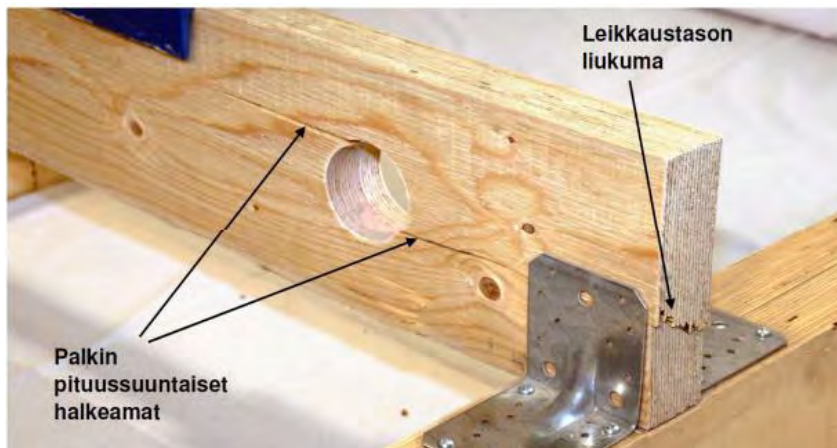


Kuvassa näkyvät pilarikengät
liitettyinä liimatuilla terästangoilla.
kantavien pilareiden alapäähän.
Pilarikengät kiinnitetään pilareihin
tehdasolosuhteissa ja ne
kiinnitetään peruspultteihin.
Peruspultit kiinnitetään yleensä
perustuksiin jo valuvaiheessa.
Pilarikengät peitetään jälkivalulla,
jotta ne eivät pääse liikkumaan
kuormituksen vaikutuksesta ja lisäksi
ne ovat näin korroosiosuojatut.
Kuva Puuinfo Oy.

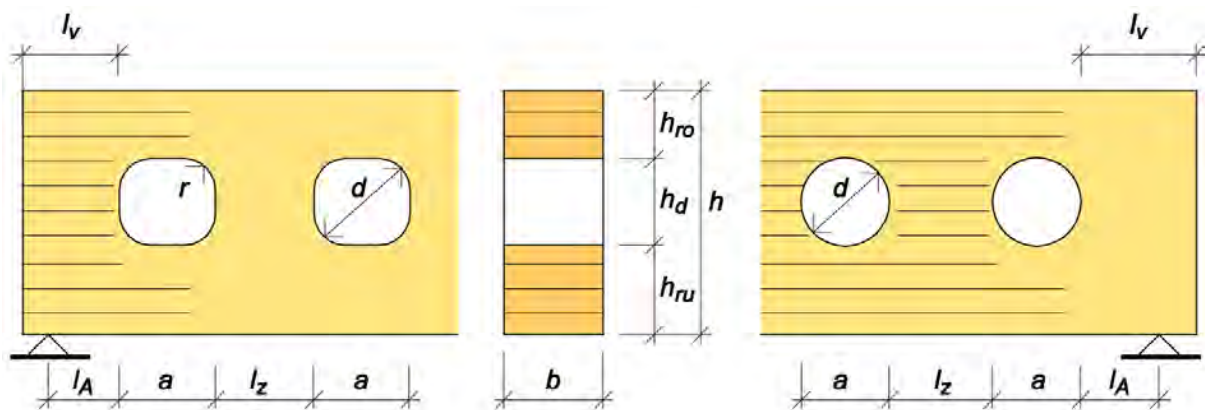
Reiät kantavissa puurakenteissa

Reiät heikentävät kantavien puurakenteiden lujuutta. Reikien paikat ja niiden suuruudet tulee tehdä määräysten ja ohjeiden mukaisesti. Reikien vaikutuksia voi myös kompensoida esimerkiksi asentamalla ruuvit tai liimatangot molemmin puolin reikää.

Reiän aiheuttaman poikkileikkauksen ja rakenteen tehollisen korkeuden pieneneminen pitää ottaa huomioon.



Esimerkki reiän vaikutuksesta puun halkeamiseen. Reiän viereen ja tuelle syntyvät vaakasuorat halkeamat. Kuva Puuinfo.



Kuvassa on esitetty periaate, jolla reikiä voidaan tehdä kantavaan puupalkkiin. Jos reiän halkaisija on alle 50 mm ja reikä sijaitsee palkin neutraaliakselilla (= palkin keskilinjalla) tai lähellä sitä, niin reikää ei tarvitse huomioida palkin kantavuudessa (palkin pitää tässä tapauksessa olla vähintään 150 mm:n korkuinen). Kuva Liimapuukäsikirja.

Muuten reiät pitää huomioida seuraavasti:

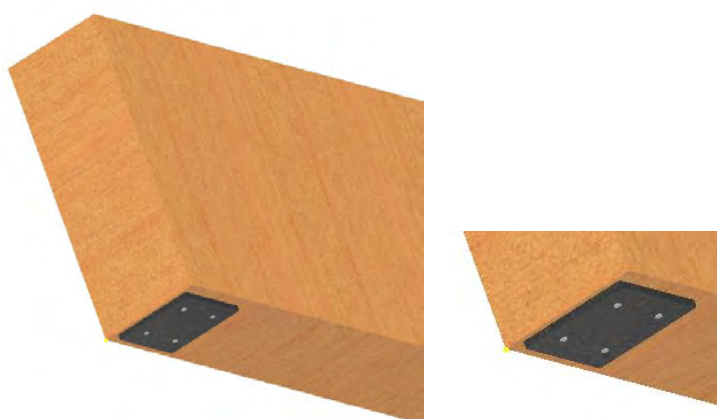
- l_v (reiän etäisyys palkin päästä) vähintään yhtä paljon kuin palkin korkeus
- l_A (reiän etäisyys tuelta) vähintään puolet palkin korkeudesta
- l_z (reikien välinen etäisyys) $1,5 \cdot h$ tai vähintään 300 mm
- h_{ro} ja h_{ru} (reiän etäis. reunasta) vähintään 35% reiän halkaisijasta
- h_d (reiän halkaisija) korkeintaan 30 % palkin korkeudesta

Lovet kantavissa puurakenteissa

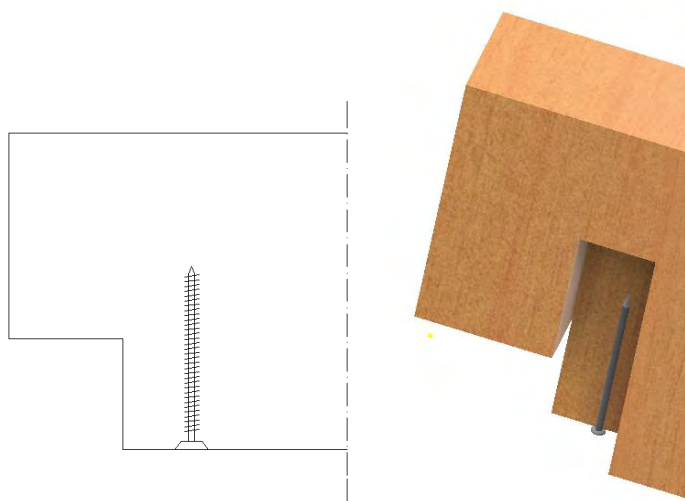
Loviliitosten ongelmana on ennen kaikkea niiden herkkyys poikittaiseen vetomurtoon. Pelkkä tehollisen poikkileikkauksen pienenemisen huomioiminen ei riitä. Liitosta kuormitettaessa niihin saattaa syntyä halkeama syyn suunnassa, joka voi aiheuttaa liitoksen murtumisen. Liitosta voidaan vahvistaa esimerkiksi kohtisuoraan syitä vastaan kiinnitetyn täyskierteisen ruuvin avulla, jolla ruuvi pitää puun syyt kiinni toisissaan. Ruuveja voi olla tarvittaessa useampikin.

Lapeliitoksissa puun tehollinen korkeus säilyy eikä poikittaista vetorasitusta synny. Tehollinen puun leveys kuitenkin pienenee (yleensä puolittuu), joka pitää ottaa huomioon liitoksissa. Myös puristuspainetta voidaan pienentää ruuvien avulla.

Alapuoliset loveukset ovat yleensä riskialttiimpia, koska ne aiheuttavat vaaka- tai vinorepeämän syiden suunnassa. Lisäksi niissä pitää huomioida palkin korkeuden pieneneminen loven kohdalla. Yläpuolisissa liitoksissa, jos rakenne on kuormitettu ylhäältä päin, riittää yleensä sauvan poikkileikkauksen pienenemisen huomioiminen. Jos palkki on tuettu sekä ala- että yläpuolelta ja lovi on palkin yläreunassa, tukipaineen huomioiminen riittää.

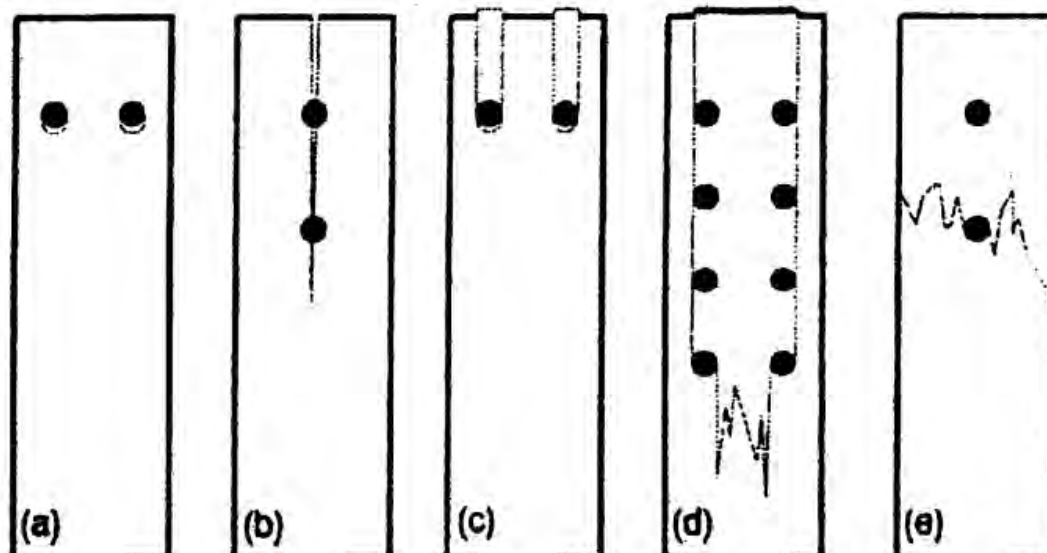


Palkin tuen vahvistaminen teräslevyllä ja ruuveilla. Ruuvit ottavat vastaan tukivoimaa pienentäen puupalkin puristusjäännitystä. Teräslevy vahvempaa materiaalina voi ottaa vastaan suurempaa puristusta kuin puupalkki.



Palkki voidaan vahvistaa ruuvilla loven läheisyydessä. Ruuvi pitää syyt yhdessä loven yläreunan kohdalla. Näin palkkiin ei synny vaaka- tai vinohalkeamaa loven yläreunan kohdalle. Ruuvina käytetään täyskierteistä ruuvia, Ruuveja voi olla tarpeen vaatiessa kaksi tai useampi. Ruuvin pitää olla riittävän pitkä, jotta se menee riittävän pitkästi loven yläreunan yli.

Puurakenneliitosten murtumistapoja



a. Reunapuristusmurto

Reunapuristusmurto tapahtuu, kun puun puristuslujuus ei kestä liittimestä siirtyvää voimaa, jolloin reuna antaa periksi ja reikä suurenee. Tämä aiheuttaa liittimien liitoksen löystymisen. Murto voidaan välttää suurentamalla liittimien halkaisijaa tai lisäämällä niiden määrää.

b. Halkaisumurto syyn suunnassa

Halkaisumurto tapahtuu, kun samaan riviin asennetut liittimet halkaisevat puun liitoskohdassa. Murto voidaan välttää esimerkiksi kiinnittämällä ne etäämmäksi reunasta, riittävän etäälle toisistaan tai kiinnittämällä ne eri riviin. Liitoksissa on aina huomioitava riittävät reunaetäisyydet ja liitinvälit. Jos reunaetäisyydet eivät ole riittävät, joudutaan myös sauvan leveyttä suurentamaan.

c. Rivileikkaus syyn suunnassa

Rivileikkaus syyn suunnassa tapahtuu, kun reunimmaiset liittimet aiheuttavat puun leikkautumisen reunasta. Tämä voidaan välttää ensisijaisesti kiinnittämällä liittimet riittävän etäälle reunasta. Myös liittimien määrää tai puun leveyttä suurentamalla voidaan rivileikkausvaaran mahdollisuutta pienentää.

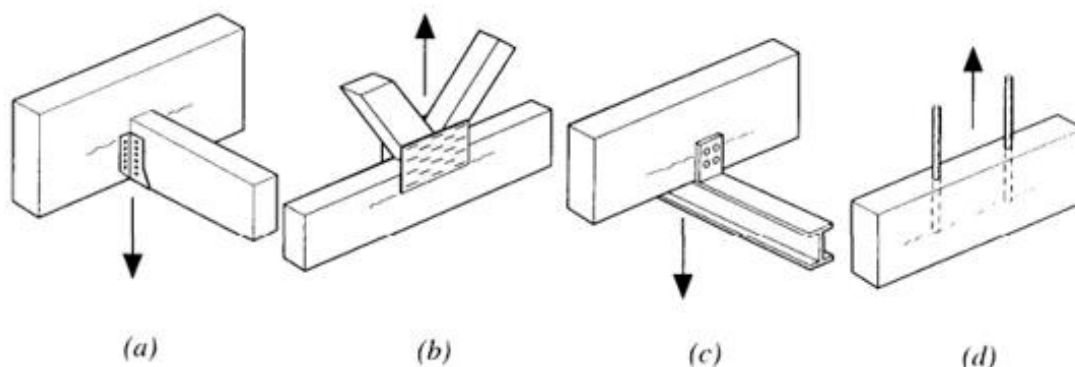
d. Pala- / läpilohkeaminen

Lohkeaminen syntyy, kun liitinryhmä halkaisee puun joko osittain (palalohkeaminen) tai kokonaan (läpilohkeaminen). Ensisijaisena syynä tähän on se, että liittimet on asennettu joko liian lähelle, liian lähelle reunaa tai niiden määrä ei ole riittävä. Liittimien halkaisijaa suurentamalla ei voi lohkeamista ratkaista, koska silloin myös liittimet on asennettava entistä kauemmaksi toisiaan. Jos etäisyydet eivät ole riittävät, joudutaan myös sauvan leveyttä suurentamaan.

e. Vetomurto

Vetomurto syntyy, kun puu halkeaa liitoksen kohdalta poikittaisessa suunnassa. Tähän on useampi syytä, joista yleisimpiä käsitellään alla olevassa kohdassa.

Puuliitoksissa esiintyviä yleisiä virheitä



- a) **Palkki on liitetty toiseen palkkiin alareunasta palkkikengän avulla ja kuormasta aiheutuva tukivoima vaikuttaa alaspäin** →
Pääpalkin tehollinen korkeus on sen alapinnasta ylimpään naulariviin, jolloin on vaarana pääpalkin halkeaminen naularivin kohdalta. Palkkikengät pitää aina asentaa mahdollisimman lähelle palkin yläpintaa, jotta sen tehollinen korkeus olisi mahdollisimman suuri.
- b) **Naula- tai naulauslevy on kiinnitetty ristikkorakenteessa alapääteeseen yläpintaan ja liitokseen vaikuttava voima on ylöspäin (vetorasitus)** →
Pääpalkin tehollinen korkeus on vain palkin yläreunasta naulalevyn viimeiseen kiinnityskohtaan, jolloin on vaarana pääpalkin halkeaminen naulalevyn alareunan kohdalta. naula/naulauslevyt tulisi aina kiinnittää tässä tapauksessa siten, että koko alapääteeseen korkeus otetaan käyttöön liitoksessa.
- c) **Palkki on kiinnitetty toiseen palkkiin alareunasta siten, että se on kiinnitetty vain osittain ylempään palkkiin voiman ollessa alaspäin.** →
Pääpalkin tehollinen korkeus on vain palkin alapinnasta ylimpään kiinnityskohtaan. Kuvan tapauksessa on alapuolisena palkkina käytetty teräsprofiilia. Palkin materiaalilla ja profiililla ei ole merkitystä halkeamisvaaran kannalta. Myöskään sillä ei ole merkitystä, millä palkit on liitetty toisiinsa (naula, ruuvi, tappi tms.).
- d) **Liimaruuvitangot on liitetty palkkiin yläreunasta ja voima vaikuttaa ylöspäin.** →
Palkin tehollinen korkeus on vain palkin yläreunasta liimaruuvitankojen alaosaan asti. Liimatankoruuvit pitäisi aina upottaa lähelle palkin alapintaa, jolloin palkin tehollinen korkeus on mahdollisimman suuri.

8.7 Kosteiden tilojen huomioiminen elementtirakenteissa

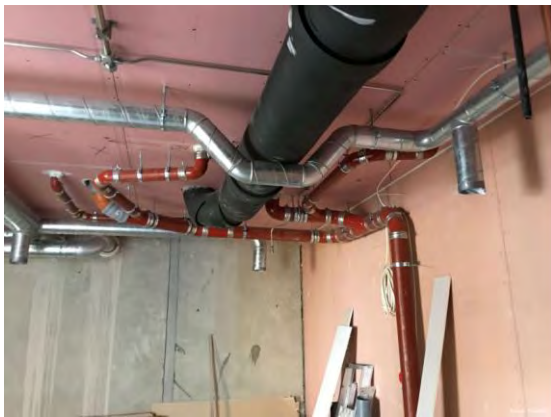
Märkätilat

Märkätilojen rakentamista, ohjeita ja määräyksiä sekä niihin syntyviä tyypillisiä vaurioita käsitellään tarkemmin kohdassa 13.2.

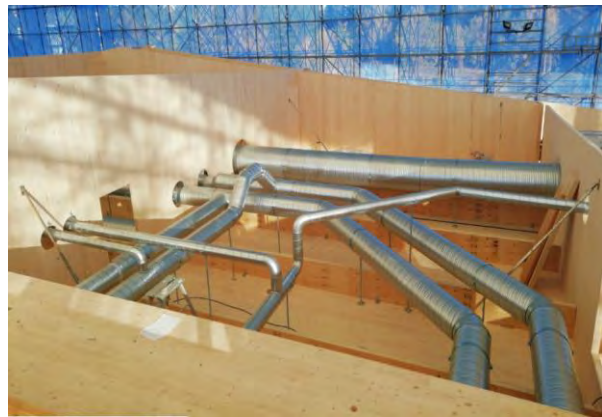
8.8 Talotekniikka- ja sähköasennukset elementteihin

Talotekniikka- ja sähköasennukset kuuluvat näiden tehtävien ammattilaisille. Puurunkoisen rakennuksen LVIS-suunnittelu tulee tehdä valmiiksi ennen rakentamisen aloittamista. Samoin elementteihin tulevat reiät ja aukot putkia varten sekä palokatkojen läpiviennit tulee tehdä valmiiksi tehtaalla. Teollisten puurakentajien tehtävänä on tehdä läpivientireiät ja putkitukset piirustusten mukaisesti. Piirustukset voivat olla joko erillisiä LVI- ja sähkösuunnittelijoiden laatimia piirustuksia tai elementtisuunnittelija on lisännyt ne valmiiksi elementtipiirustuksiin. LVI- ja sähköasennusten jälkeen läpiviennit ja muut reiät tiivistetään suunnitelmien mukaisesti. Erityistä tarkkuutta tiivistyksissä pitää noudattaa ulkoseinissä, ala- ja yläpohjissa sekä osastoivissa rakenteissa.

Sähkökaapeli reititykset tulee suunnitella siten, että palo- ja äänitekniisten levytysten lävistykset voidaan minimoida. Mikäli sähköasiat ja -kaapelit lävistävät osastoivan rakenteen levytyksen, tulee käyttää EI-vaatimuksen täyttäviä sähkörasioita ja -kaapeli lävistysten palokatkoja. Ääntä eristävissä rakennusosissa sähkörasioiden ja -kaapeli lävistysten tulee olla ääniteknisesti tiiviitä. Tarvittaessa sähköasiat koteloidaan levytyksellä tai ne sijoitetaan esimerkiksi siten, että rasioiden lävistykset eivät ole samalla kohdalla rakennusosan eri puolilla.



LVIS-tekniikkaa, kuvat Puuinfo Oy



LVIS-asennuksia CLT-rakenteisiin, kuva Rakennuspartio Sebastian Hallén.

8.9 Palosuojaus ja -katkot

Elementtien palosuojaus tehdään kohdan 6.4 mukaisesti.

8.10 Pintakäsittely- ja viimeistelytyöt

Pintakäsittelyt tehdään kohdan 13 mukaisesti. Pintakäsittelyssä on huomioitava palomääräykset kohdan 6.3 ja märkätilat kohdan 13.2 mukaisesti.

8.11 Puuelementtien kuljettamiseen liittyvät toimenpiteet

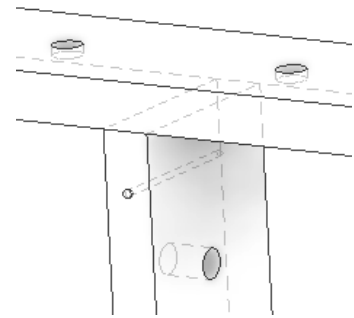
Elementtien nostot ja siirrot

Puuelementit on varusteltava tarvittavilla nostoapuvälineillä. Rankarakenteiset elementit varustellaan usein nostoliinoilla tai päällysterakseilla, joiden nostokapasiteetti on 500–1000 kg. Käytännössä yhdellä nostolenkillä saa nostaa vain puolet sen nostokapasiteetista, jotta nostot ovat kaikissa olosuhteissa turvallisia. Samoja nostorakseja käytetään niin tehtaalla kuin työmaalla. Työmaa-asennusten jälkeen nostoraksit voidaan katkaista. Nostoraksit on asennettava elementtipiirustusten mukaisesti, jotta elementti pysyy tasapainossa nostohetkellä.

Nostot tapahtuvat siten, että seinäelementti on koko ajan pystyasennossa (tai vaaka-asennossa, jos kyseessä on vaakarakenne). Nostolenkkien kohdalle runkotolppaan on reiän yläpuolelle (nostosuuntaan nähden) hyvä asentaa ruuvi, jotta lenkki ei leikkaannu irti puusta nostohetkellä. Ruuvi estää poikittaisen vetojännityksen aiheuttaman puun leikkaantumisen (puun syiden repeämisen). Täysin varusteltu asuinrakennukseen tarkoitettu rankarakenteinen elementti painaa noin 180–230 kg/m.

Massiivipuuelementeissä käytetään nostoraksien sijasta usein ruuveja, joihin asennetaan irrotettava nostolenkki. Massiivipuuelementit voidaan suunnitella nostettavaksi joko pysty- tai vaaka-asennossa. Muuten näihin pätee samat käytänteet kuin rankarakenteisten elementtien nostoihin.

Elementtien siirroissa on huomioitava, ettei niihin synny nostojen ja siirtojen aiheuttamia näkyviä vaurioita esimerkiksi trukin nostopiikeistä.



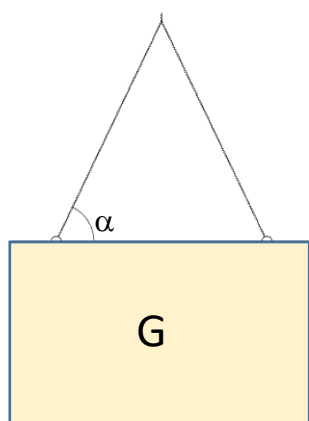
Kuvassa on esitetty nostolenkin reiät ja sen yläpuolella puun syyt yhdessä pitävä ruuvi.



Kuvassa näkyy nostoraksin kiinnitys elementtiin. Tässä tapauksessa nostoraksi laitetaan kiinni tuuletusrakorimaan, josta se tuodaan vaakapuun läpi molemmin puolin pystyrimaa. Toinen vaihtoehto on kiinnittää se runkotolppaan. Kuvat Jukkatalo Oy.



Suurelementtien nostoja, kuvat Puuinfo Oy.

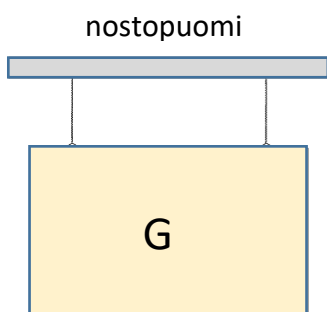


Nostokulman vaikutus		
kulma	massa	voima/vaijeri
30 °	G	1,00 x G
45 °	G	0,71 x G
60 °	G	0,58 x G



Nostokoukku, joka kiinnitetään ruuviin.

Nostokulman vaikutus vaijeriin kohdistuvaan voimaan nostotilanteissa. Taulukon nostot on laskettu kahdella vaijerilla.



Nostolenkkeihin ja -koukkuihin on aina oltava riittävästi varmuutta. Esimerkiksi 1000 kg:n nostoraksilla saa nostaa 500 kg:n painon (varmuuskerroin 2,0). Tarvittaessa nostorakseja laitetaan useampi samaan nostokoukkuun. Myös nostopuomeissa, siltanostureissa ja muissa nostolaitteissa on huomioitava sallitut nostokapasiteetit.

Nostopuomia käytettäessä nostokulma on yleensä 90° tai lähellä sitä. Tämän johdosta kahdella nostolenkillä nostettaessa vaijeriin kohdistuva voima on puolet elementin painosta aiheutuvasta voimasta. Varmuuskerroin 2,0 pitää huomioida myös puominostoissa.

Kuivaketju ja paketointi

Kuivaketju10 on rakennusprosessin kosteudenhallinnan toimintamalli, jolla vähennetään kosteusvaurioiden riskiä rakennuksen koko elinkaaren ajan. Kosteusriskien hallinta perustuu ketjuun, jossa riskit torjutaan rakennusprosessin kaikissa vaiheissa ja torjunnan onnistuminen todennetaan luotettavalla tavalla. Toimintamalli sisältää Kuivaketju10-riskilistan ja -todentamisohjeen, joissa on esitetty kymmenen keskeisintä kosteusriskiä. Näiden kosteusriskien hallinnalla vältetään yli 80 prosenttia kosteusvaurioiden seurannaiskustannuksista.

Kuivaketjutoiminta alkaa jo elementtitehtaalta, jossa elementit paketoidaan huolellisesti suojamuoveihin kuljetuksen ja työmaavarastoinnin ajaksi, jotta niihin ei pääse kosteutta. Samalla elementit suojataan myös lialta ja kolhuilta. Elementtipakkaukset merkitään elementtitunnuksin, jotta ne ovat helppo tunnistaa työmaalla.

Kuivaketju10 on esitetty tarkemmin kohdassa 6.2.

Kuormaukset

Elementit kuormataan ajoneuvoyhdistelmään, kuljetuskonttiin tai muuhun vastaavaan tavarankuljetusta tarkoitettuun ajoneuvoon esimerkiksi kuormauskaavion mukaisesti. Kuormauskaavio laaditaan siten, että elementit voidaan purkaa kuormasta oikeassa järjestyksessä, jotta ne voidaan joko asentaa suoraan kuormasta paikalleen tai ne saadaan oikeassa järjestyksessä varastoitua asennusta ajatellen. Toinen kuormauskaavion laadinnan peruste on se, että kuormatut elementit saadaan kuormattua siten, että ne vievät mahdollisimman vähän tilaa. Näin saadaan kustannussäästöjä kuljetuksesta.



Valmiita suurelementtejä kuljetettavaksi työmaalle, kuvat Jukkatalo Oy.

Rakennusmateriaalien keräys

Asennus- ja muut tarvikkeet kerätään mukaan toimitukseen materiaalilistan mukaan. Toimitukseen sisältyvät yleensä ainakin elementtien kiinnitystarvikkeet. Muut toimitettavat tarvikkeet ovat tehdas- ja toimituskohtaisia sopimuksen mukaisesti.

Toimitusasiakirjojen laadinta

Toimitukseen liitetään mukaan rahtikirja. Rahtikirjaan merkitään seuraavat tiedot:

- lähetysten maksajan tiedot,
- lähettäjän nimi ja yhteystiedot,
- vastaanottajan nimi ja yhteystiedot,
- tavarantyyppi sisältäen myös mahdollisten vaarallisten aineiden kuljetukseen liittyvät lisämerkinnät,
- tavarant kokonaispaino,
- kollien lukumäärä,
- tilauksen päivämäärä,
- kuljetusliikkeen nimi ja
- kollit yksilöivät tunnistet.

Rahtikirja on myös todiste kuljetustilauksen luomisesta ja kuljetussopimuksen syntymisestä.

8.12 Puuelementtien laadunvarmistus- ja hyväksyntämenetelmät

Laadunvalvonta-asiakirjat

Elementtien valmistuksesta pidetään laadunvalvontapöytäkirjaa. Laadunvalvontapöytäkirja sisältää olennaisimmat tiedot valmistusolosuhteista, tarkemmittauksista ym.

Elementin valmistuksessa tulee noudattaa standardien ja ohjeiden mukaisia valmistustoleransseja. Tehdasvalmisteisessa rakenteellisen elementin valmistuksessa ei saa poiketa rakennesuunnitelmassa ilmoitetusta vaatimuksista ja toleranssista. Valmistaja ylläpitää tehtaan laadunvalvontaa, jolla voidaan taata tuotteiden vaatimustenmukaisuus. Elementin merkintä tulee sijoittaa siten, että se voidaan nähdä elementtiä asennettaessa.

Vaatimustenmukaisuuden osoittaminen

Puutuotteet, joille on olemassa eurooppalainen harmonisoitu tuotestandardi (hEN), tulee CE-merkitä.

Puutuotteet, joille ei ole olemassa eurooppalaista harmonisoitua tuotestandardia (hEN), voidaan CE-merkitä eurooppalaisen teknisen arvioinnin (ETA) perusteella. ETA-menettely on valmistajalle vapaaehtoinen.

CE-merkittyjen tuotteiden vaatimustenmukaisuus voidaan todeta CE-merkintään kuuluvasta suoritustasoilmoituksesta (DoP), jossa tuotteelle ilmoitettujen ominaisuuksien tulee täyttää niille suunnitelmassa asetetut rakentamismääräysten edellyttämät toiminnalliset vaatimukset.

Vaihtoehtoisesti eurooppalaisten harmonisoitujen tuotestandardien (hEN) piiriin kuulumattomien tuotteiden vaatimustenmukaisuus voidaan osoittaa noudattamalla kansallisia hyväksyntämenettelyjä (laki eräiden rakennustuotteiden hyväksynnästä). Sen avulla tuotteiden valmistaja voi osoittaa, että CE-merkinnän soveltamisalaan kuulumaton rakennustuote täyttää maankäyttö- ja rakennuslain vaatimukset.

Rakennustuotteiden kansalliselle hyväksymiselle on kolme vapaaehtoista vaihtoehtoa:

- tyyppihyväksyntä,
- varmennustodistus ja
- valmistuksen laadunvalvonnan varmentaminen.

Lisäksi rakennusvalvontaviranomaisella on mahdollisuus edellyttää rakennustuotteen rakennuspaikkakohtaista varmentamista silloin, kun rakennustuotteen kelpoisuutta ei ole muulla tavalla osoitettu ja on syytä epäillä, ettei rakennustuote täytä sille säädettyjä olennaisia teknisiä vaatimuksia.

Samalle tuoteryhmälle on mahdollista käyttää vain yhtä näistä menettelyistä.

Tasoelementit

Tasoelementit voidaan CE-merkitä eurooppalaisen teknisen arvioinnin (ETA) perusteella. Menettely on valmistajalle vapaaehtoinen. Mikäli valmistajan tasoelementtirakenteet eivät kuulu minkään voimassa olevan arviointiperusteeseen (EAD) piiriin, ne joudutaan laatimaan, kun yritys hakee ETA-menettelyä.

CE-merkittyjen tuotteiden vaatimustenmukaisuus voidaan todeta CE-merkintään kuuluvasta suoritustasoilmoituksesta (DoP), jossa tuotteelle ilmoitettujen ominaisuuksien tulee täyttää niille suunnitelmassa asetetut rakentamismääräysten edellyttämät toiminnalliset vaatimukset.

Vaihtoehtoisesti elementtien vaatimustenmukaisuus voidaan osoittaa kansallisella varmennustodistuksella (laki eräiden rakennustuotteiden hyväksynnästä).

Lisäksi rakennusvalvontaviranomaisella on mahdollisuus edellyttää rakennustuotteen rakennuspaikkakohtaista varmentamista silloin, kun rakennustuotteen kelpoisuutta ei ole muulla tavalla osoitettu ja on syytä epäillä, ettei rakennustuote täytä sille säädettyjä olennaisia teknisiä vaatimuksia.

Tilaelementit

Tilaelementit voidaan CE-merkitä eurooppalaisen teknisen arvioinnin (ETA) perusteella. Menettely on valmistajalle vapaaehtoinen. Tilaelementeille ei ole toistaiseksi voimassa olevia ETA-menettelyn edellyttämiä arviointiperusteita (EAD), vaan sellaiset joudutaan laatimaan, kun yritys hakee ETA-menettelyä.

CE-merkittyjen tuotteiden vaatimustenmukaisuus voidaan todeta CE-merkintään kuuluvasta suoritustasoilmoituksesta (DoP), jossa tuotteelle ilmoitettujen ominaisuuksien tulee täyttää niille suunnitelmassa asetetut rakentamismääräysten edellyttämät toiminnalliset vaatimukset.

Vaihtoehtoisesti elementtien vaatimustenmukaisuus voidaan osoittaa kansallisella varmennustodistuksella (laki eräiden rakennustuotteiden hyväksynnästä).

Lisäksi rakennusvalvontaviranomaisella on mahdollisuus edellyttää rakennustuotteen rakennuspaikkakohtaista varmentamista silloin, kun rakennustuotteen kelpoisuutta ei ole muulla tavalla osoitettu ja on syytä epäillä, ettei rakennustuote täytä sille säädettyjä olennaisia teknisiä vaatimuksia.

Tilaelementtien osalla on suositeltavaa kiinnittää huomiota taloteknisten järjestelmien kelpoisuuden osoittamiseen sekä nostojen, kuljetuksen ja asentamisen aiheuttamien muodonmuutosten hallintaan.

Talotekniikan mittaukset ja testaukset voidaan tehdä työmaalla valmiiseen rakennukseen kuten paikalla rakennettaessakin ja laatia niistä mittausasiakirjat.

Nostojen ja kuljetusten osalta valmistajan tulee osoittaa, miten tilaelementtejä nostetaan ja kuljetetaan sekä suojataan siten, että niiden kuljettaminen ja asentaminen eivät aiheuta niihin rakenteellisia vaurioita.

-

9 CLT-levyjen tuotanto ja valmistus



Kuva Paloniitty Oy



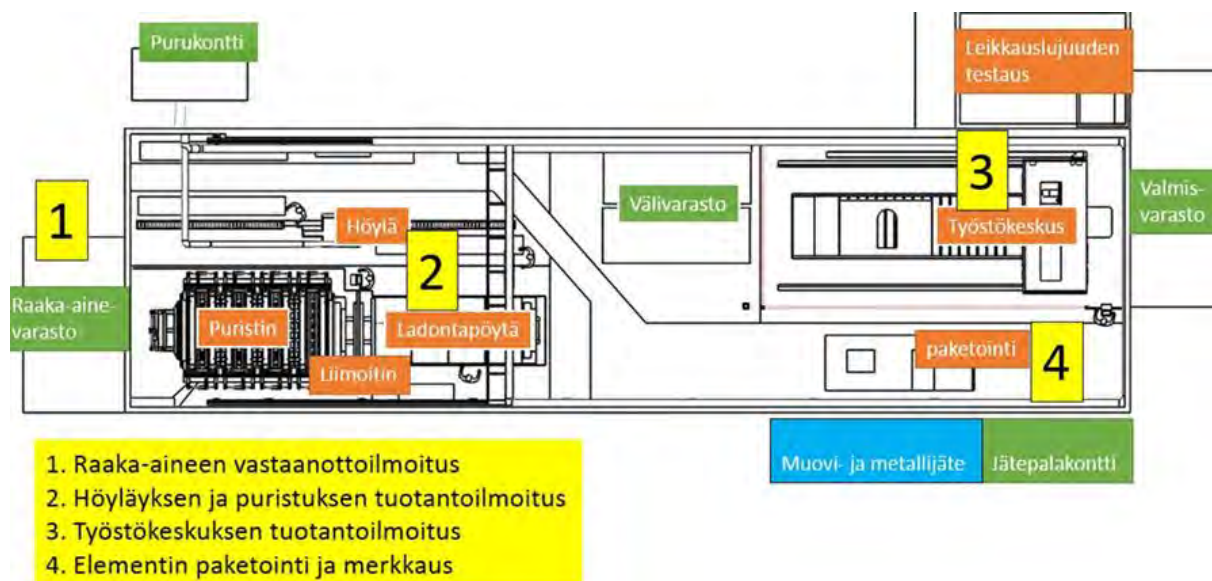
Kuva Ammattiopisto Lappia

9.1 CLT-valmistuksen tuotantokaavio (Matti Yliniemi)

Tuotantolinja

Tuotantolinjan esimerkkikuvaus selviää alla olevasta kuvasta. Piirroksesta selviää, miten CLT:n valmistusprosessi etenee kulloisessakin eri vaiheessa. Tuotantolinja koostuu seuraavista työvaiheista (vaihtelee valmistajan tuotantolinjan ja esivalmistusvaiheiden mukaan):

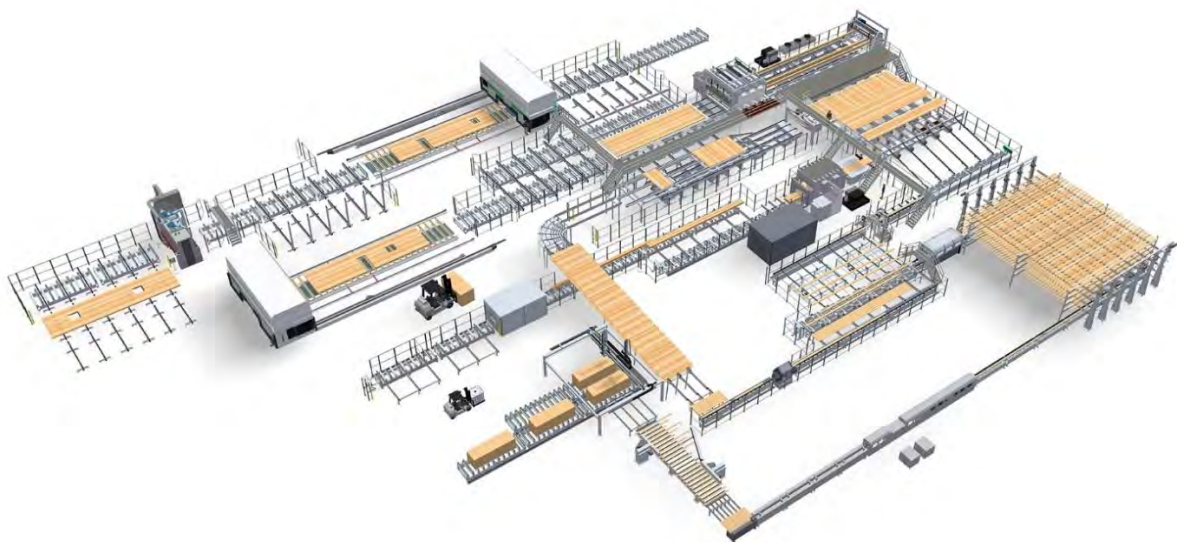
- puutavaran vastaanotto,
- sahatavaran höyläys,
- sahatavaran sormijatkoslinja,
- sahatavaran profiilihöyläys,
- sahatavaran ladonta ja liimaus,
- levyjen puristuskone,
- levyjen välivarastointi,
- levyjen työstölinja,
- levyjen viimeistely,
- levyjen varastointi kuljetusta varten ja
- levyjen lastaus kuljetusta varten.



CLT-linjaston pääprosessit, kaavio Ammattiopisto Lappia.



Esimerkki kompaktista tuotantolinjasta, kuva ammattiopisto Lappia.



Iso CLT-tuotantolinja, kuva Ledinek.

9.2 CLT-levyjen ominaisuudet ja valmistusmateriaalit

CLT-lyhenne tulee sanoista cross laminated timber ja se on vakiintunut nimike myös Suomessa. CLT on kantaviin rakenteisiin tarkoitettu massiivipuulevytuote. CLT-levy koostuu toisiinsa liimatuista päällekkäisistä lautalevykerroksista, jotka ovat toisiinsa nähden ristikkäin. Lamellien raaka-aineena käytetään yleensä lujuusluokan C24 kuusi- tai mäntysahatavaraa. Levyn lujuustekninen liimaus on päällekkäisten lautalevykerrosten välillä oleva liimaus (lamellien lapeliimaus). Valmistajasta riippuen lamellit voivat olla ensin liimattuja rinnakkain lamellien syrjistä, jonka jälkeen lautalevykerrokset liimataan päällekkäin. Tällaista CLT-levyä kutsutaan syrjäliimatuksi levyksi. Syrjäliimausta ei voida huomioida levyn lujuusteknisessä mitoituksessa. Syrjäliimauksella CLT-levyn pintalamellien välisten saumojen rakoilu (kutistuma) voidaan poistaa. Lamellien kutistuessa syrjäliimattu CLT-levy saattaa kuitenkin halkeilla sieltä täältä, kun taas syrjäliimaamattomassa CLT-levyssä lamellien kutistuminen näkyy lamellien välisinä rakoina.

Massiivipuuseinän energiatehokkuus

Massiivipuurakenteiselta pientalolta vaadittu energialuku riippuu rakennuksen laajuudesta. Mitä suurempi hirsirakennus on, sen pienempi E-luku vaaditaan. Lämmitettävältä, pinta-alaltaan enintään 120 m² pientalon E-luku saa olla 229 kWh/m² vuodessa ja yli 600 m² talon E-luku saa olla enintään 155 kWh/m² vuodessa. Lämmitettävältä, pinta-alaltaan 120–600 m² pientalon sallittu E-luku kasketaan omalla kaavalla pinta-alan mukaan.

Energiatehokkuusmääräykset eivät koske rakennuksia, jonka lämmitetty nettoala on enintään 50 m² eivätkä loma-asuntoja, joihin ei ole suunniteltu kokovuotiseen käyttöön tarkoitettua lämmitysjärjestelmää.

Massiivipuuseinän keskipaksuuden on oltava vähintään 180 mm, jotta U-arvovaatimus 0,60 W/(m² K) täyttyy ja vähintään 245 mm, jotta saavutetaan U-arvo 0,40. Eristetyllä CLT-rakenteella saavutetaan melko helposti U-arvo 0,17. U-arvovaatimuksia voidaan myös kompensoida esimerkiksi vaatimuksia paremmilla ala- ja yläpohjarakenteiden U-arvoilla.

Pitkäaikaiskestävyys ja pintojen suojaaminen

Massiivipuurakenteiden säilyvyyteen vaikuttaa eniten puun kosteus. Lahottaja ja homesienet alkavat kasvaa, kun puun kosteus ylittää 20 prosenttia ja lämpötila on yli +5 °C. Puun kosteuden nousu yli 20 prosenttiin edellyttää ilman suhteellisen kosteuden olevan pitkäaikaisesti yli 85 prosenttia. Massiivipuun säilyvyyteen vaikuttaa myös valo. Auringon ultraviolettivalo tunkeutuu puuainekseen noin 0,1 mm:n syvyyteen ja hajottaa puun solujen liima-aineita eli ligniiniä. Mikäli olosuhteet pidetään puulle otollisena, puurakenne on todella pitkäikäinen.

Massiivipuurakenteiden suojaamiseen pätevät samat periaatteet kuin muussakin puurakentamisessa. Hirret tulee pitää riittävän etäällä maasta. Kapillaarinen kosteuden nousu perustuksista tulee katkaista. Seinärakenteet tulee suojata sateelta sekä roiske- ja valumavesiltä. Katon sadevedet suositellaan johdettavaksi pois kouruja ja torvia pitkin hallitusti. Rakenteiden ja erityisesti säälle alttiiden hirsisaumojen tuulettuvuudesta ja kuivumisesta tulee huolehtia.

Massiivipuupinnat voidaan suojata joko mekaanisesti, kemiallisesti tai pinnoittamalla. Mekaaninen suojaus tehdään tavallisimmin lautaverhouksella. Se antaa seinälle kulutuspinnan, joka on tarvittaessa helposti korjattavissa tai uusittavissa. Ulkoverhous vaatii myös pintakäsittelyn.

Kemiallisen suojauksen ja pinnoituksen tehtävänä on estää sienikasvustojen tarttuminen puupinnoille, estää kosteuden imeytymistä puuhun, eliminoida UV-säteilyn vaikutusta ja muodostaa puun pintaan kosteutta hylkivä kalvo. Pinnoitteet voivat olla joko läpikuultavia tai peittäviä. Pinnoitteiden tulee olla vesihöyryn läpäiseviä.

9.3 CLT-levytyypit

CLT-levyt voidaan koota pääasiassa kahdella tavalla: levyn pintakerrokset ovat joko pitkittäin tai poikittain levyn pituussuuntaan nähden. Useimmiten levy kootaan siten, että pitkittäiset ja poikittaiset kerrokset vuorottelevat. 7- tai useampikerroksisissa levyissä voi kaksi ulommaista kerrosta olla samaan suuntaan. Pintakerroksen ollessa pitkittäin levyn pituussuuntaan, levyä kutsutaan L-levyksi. Pintakerroksen ollessa poikittain levyn pituussuuntaan, levyä kutsutaan C-levyksi.

CLT-levyjen lamellipaksuudet ovat tavallisesti 20, 30 ja 40 mm, joista valmistajat kokoavat omat levypaksuudet. CLT-levyn mitat ja lamellipaksuudet vaihtelevat kuitenkin valmistajakohtaisesti. Tavallisesti paksuus on välillä 60...400 mm, leveys välillä 2450...3500 mm ja pituus välillä 12...16 m. Yleisimmin käytetyt levyt ovat 80...150 mm:n vahvuisia.

CLT-levyn pinnan laatuluokitus on valmistajakohtainen, mutta tavallisesti laatuluokat ovat hiottu näkyvä laatu, teollinen näkyvä laatu ja ei-näkyvä laatu. Pinnan laatuun vaikuttaa hionnan lisäksi myös oksaisuus ja muut puun ulkonäköön vaikuttavat laatuviat.

Sisäkerrokset voidaan valmistaa laadultaan huonommasta sahatavarasta, mutta lujuusluokitus pitää niissäkin olla sama kuin pintakerroksilla. CLT-levyt valmistetaan useimmiten C24-luokan sahatavarasta.

CLT-levyt nimetään pintakerroksen suunnan, kokonaispaksuuden ja lamellivahvuuksien mukaan: esimerkiksi CLT L3-90 (30/30/30) tarkoittaa levyä, joka koostuu kolmesta lamellista, joiden vahvuus on 30 mm ja jonka pintalamellit ovat pituussuuntaan.

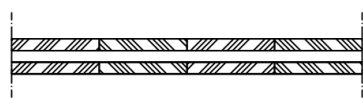


CLT-levy (lamellit ristiin liimattu)

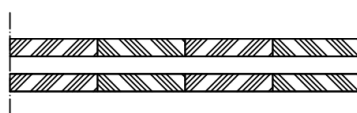


GLT-levy (lamellit samaan suuntaan liimattu)
Lamellit limitetään kerroksittain

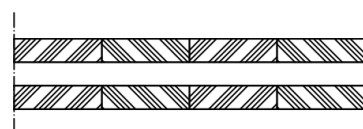
Massiivisia puulevyjä valmistetaan kahdella eri tavalla: ristiin liimattuna (CLT) ja samaan suuntaan liimattuna (GLT). Ristiin liimatun levyn etuna on vähäinen kosteuseläminen (kosteudesta aiheutuvia muutoksia syntyy käytännössä vain levyn paksuussuunnassa). Samaan suuntaan liimatun levyn etuna on hieman parempi taivutusjäykkyys ristiin liimattuun levyyn verrattuna. Näistä kahdesta ristiin liimattu levy on huomattavasti yleisempi.



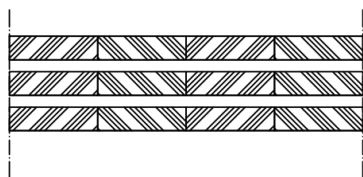
L3-60 (20/20/20)



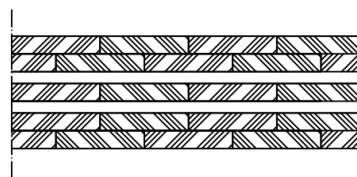
L3-90 (30/30/30)



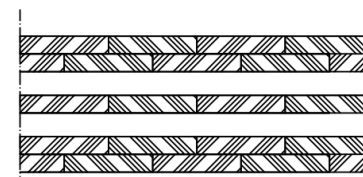
L3-120 (40/40/40)



L5-160 (40/20/40/20/40)

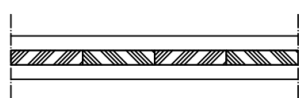


L7-190 (30/30/20/30/20/30)

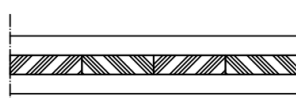


L7-230 (30/30/40/30/40/30/30)

Tyypillisiä L-levyjen poikkileikkauksia: levyjen dimensiot ja lamellipaksuudet vaihtelevat käyttötarve- ja tehdaskohtaisesti. Näitä käytetään yleensä vaakarakenteissa. Myös seinärakenteissa näitä voidaan käyttää, jos ulkonäkösyistä levyjen saumat halutaan vaakaan.



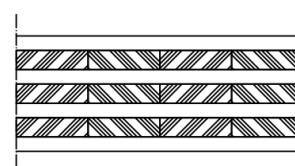
C3-90 (30/30/30)



C3-120 (40/40/40)

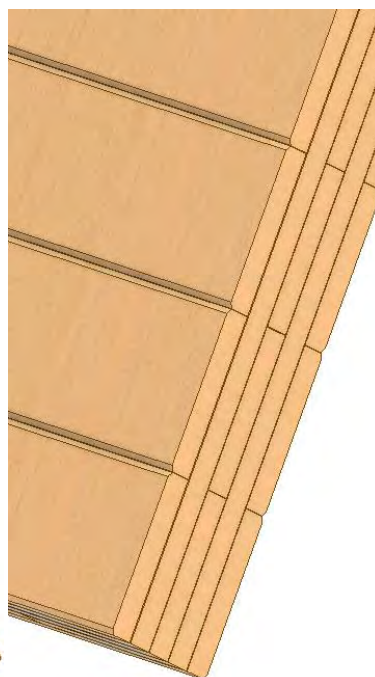


C5-170 (30/40/30/40/30)



C7-240 (30/40/30/40/30/40/30)

Tyypillisiä C-levyjen poikkileikkauksia: levyjen dimensiot ja lamellipaksuudet vaihtelevat käyttötarve- ja tehdaskohtaisesti. näitä käytetään yleensä seinärakenteina. Esimerkiksi C3-90 ja C3-120-levyjä voidaan käyttää myös sekundäärinä vaakarakenteina, kun pääkannattajana on palkisto. Myös tilaelementtirakenteissa käytetään C-levyjä vaakarakenteena, jos rungon jänneväli on korkeintaan 3200 mm.



Seinärakenteeksi tarkoitetut CLT-levyt voidaan myös viistää reunalta, jos levyjen pinnat halutaan jättää näkyviin. Näin levyt näyttävät ulkoerohouspaneelilta. Syvyydeltään 3–5 mm:n kokoiset viisteet eivät heikennä levyn lujuusominaisuuksia.

9.4 CLT-levyjen käyttömahdollisuudet

CLT-levyjä voidaan käyttää monenlaiseen tarkoitukseen. Eniten niitä käytetään rakennuksen ulkoseinissä. Myös niiden käyttö välipohjan kantavana rakenteena on hyvin yleistä. Niitä voidaan käyttää myös ylä- ja alapohjien sekä väliseinien kantavana rakenteena.

Infrarakentamisessa tärkein käyttökohde ovat meluntorjuntaseinät. CLT-levyjä voidaan käyttää myös esimerkiksi siltarakenteissa, mutta niiden huono pintakestävyys erityisesti moottoriliikennesilloissa on otettava huomioon. Kevyen liikenteen siltarakenteeksi CLT sopii huomattavasti paremmin. CLT-levyjä voidaan käyttää myös ns. hybridirakenteena, jossa alapinta on CLT-levyä ja yläpinta betonia.

9.5 CLT-levy kantavana rakenteena (Puuinfo Oy)

Rungon toimintaperiaate

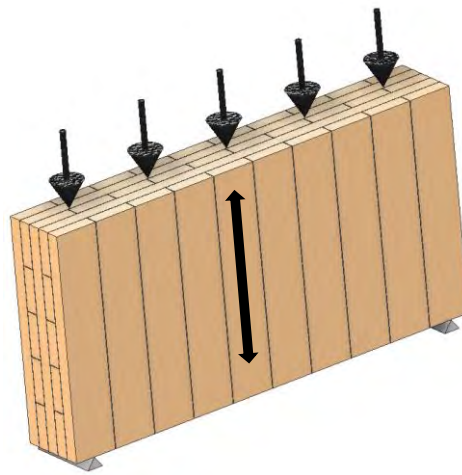
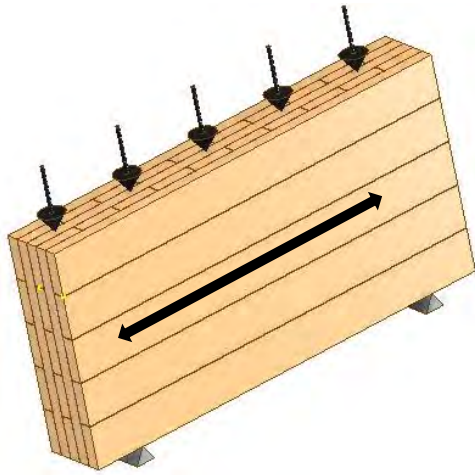
Massiivipuulevyrunko on kantavaseinäinen rakennusjärjestelmä. Kantavat seinät voivat olla korkeudeltaan kerroskohtaisia, jolloin vaakarakenne kiinnitetään seinän päälle. Vaihtoehtoisesti voidaan käyttää kahden tai useamman kerroksen korkuisia kantavia seiniä, jolloin massiivipuulevyt asennetaan pystyyn ja vaakarakenne kiinnitetään seinän kylkeen. Vaakarakenne voi olla palkkirakenteinen tai massiivipuulevyä.

Kantavat seinät suunnitellaan välittämään pystykuormat perustuksille. Massiivipuulevyrungossa pystykuorman kantokykyä rajoittavat tavallisesti levyn (seinän) nurjahduskestävyys. Tämä ei kuitenkaan ole yleensä ongelma, koska massiivipuulevyn paksuutta lisäämällä voidaan helposti kasvattaa nurjahduskestävyyttä. Massiivipuulevyjä käytettäessä tulee tutkia myös tukipainekestävyys, joka saattaa tulla mitoittavaksi tekijäksi joissakin tapauksissa.

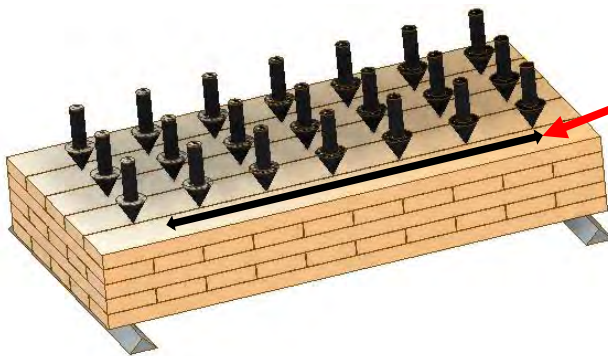
Tavallisesti kantavat seinät suunnitellaan myös rakennuksen jäykistäviksi rakennusosiksi. Massiivipuulevyt ovat tehokkaita levyjäykisteitä, koska ne ovat lujia ja jäykkiä. Vaikka massiivipuulevyseinässä on aukkoja, voidaan seinä suunnitella toimimaan levyjäykisteenä yhtenä kokonaisuutena aukot mukaan lukien. Tällöin tulee kuitenkin huomioida, että seinän jäykistyskapasiteetti alenee aukkojen takia.

Pystykuormien ja jäykistyksen johdosta kantavien seinien suositellaan olevan samoilla kohdilla eri kerroksissa. Tämä tulee ottaa huomioon tilasuunnittelussa. Kantavien seinien aukkojen koossa ja sijainnissa on myös tilasuunnittelussa huomioitavia rajoitteita, vaikka kysymyksessä on massiivipuulevy. Aukkojen päällä tulee jäädä riittävästi korkeutta aukkopalkille, joka voi olla samaa levyä tai erillinen palkki. Jäykistävän seinän tapauksessa seinään tulee aina jäädä riittävästi umpinaista osaa jäykistyksen näkökulmasta, joka edellisten lisäksi vaikuttaa aukkojen kokoon ja sijoitteluun.

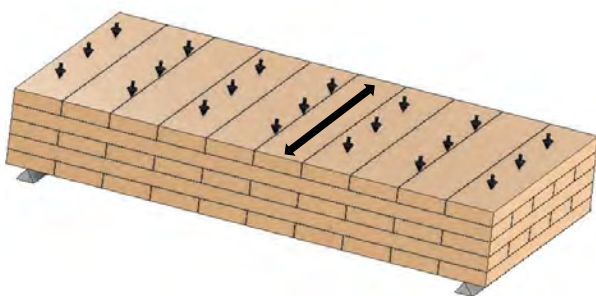
Massiivipuulevyistä voidaan toteuttaa myös ulokkeita ja seinämäisiä palkkeja. Seinämäiseen palkkiin voidaan suunnitella myös aukkoja. Tällöin tulee kuitenkin huomioida, että palkin kuormankantokyky alenee aukkojen takia. Seinämäisiä palkkeja ja ulokkeita suunniteltaessa tulee kiinnittää huomioita näiden tukiin, koska kyseiset rakennusosat aiheuttavat niihin suuren paikallisen kuorman. Ulokkeellinen seinä saatetaan joissakin tapauksissa joutua ankkuroimaan stabiiliteetin vuoksi.



CLT-levyt kantavat lamellien pitkittäissuunnassa, jotka yleensä ovat saman suuntaiset kuin pinnassa olevat lamellit. Seinäelementeissä kantava kerroksina toimivat pystysuuntaiset lamellit. Seinäelementeissä on kuitenkin huomioitava aukot, jonka yläpuolinen rakenneosaa toimii palkkina ja kantavana osana ovat vaakasuorat lamellikerrokset. Massiivipuuseinillä (seinän paksuus vähintään 180 mm) pintalamellit voivat olla myös vaakasuuntaan, koska pystylamellikerroksilla saadaan joka tapauksessa riittävä kantavuus.



CLT-levyjen pintalamellien suunta merkitään piirustuksissa nuolella.



CLT-levyt kantavat myös vaakarakenteena lamellien pitkittäissuunnassa. Lamellia vastaan kohtisuoraan kantavuus on huomattavasti heikompi. Tämän johdosta pintalamellit ovat yleensä kantavia lamelleja. Vaakarakenteet voidaan suunnitella myös ristiin kantavina (molemmat suunnat ovat kantavia), mutta kapeilla CLT-levyillä ei ristiin kantavuudella saada merkittävää hyötyä.

Seinän ominaisuudet

Massiivipuurunkoisissa rakennusosissa on useita rakennekerroksia, joilla jokaisella on oma tehtävänsä. Seuraavissa kohdissa esitetään massiivipuulevyseinän rakennekerrosten tehtäviä ja niiden suunnittelussa huomioitavia seikkoja.

Sisäpuolen levytys vaikuttaa erityisesti seinän palo- ja äänitekniiseen toimintaan. Huoneistojen välisessä seinässä tarvitaan tavallisesti kipsilevytys, jotta vaadittu ilmaääneneristävyyttä saadaan toteutettua. Äänitekninen kipsilevytys voidaan asentaa myös massiivipuulevyn taustapuolelle, jolloin esimerkiksi CLT-levy voidaan jättää tilassa näkyviin (näkyvä laatu).

Massiivipuulevyn poikkileikkauksen koko vaikuttaa oleellisesti seinän kuormankantokykyyn. Käytettäessä CLT-levyä puukerrostalojen kantavana seinänä, suositellaan käytettäväksi vähintään 5-kerroslevyä. Tällaisen levyn paloteknisen kantavuuden suunnittelu on helpompaa ja levy on myös nostojen yhteydessä stabiilimpi (käsiteltävyys rakennettaessa). CLT-levyä voidaan käyttää vain käyttöluokissa 1 (sisäkuiva) ja 2 (ulkokuiva). CLT-levyn kantavat rakennekerrokset pitää tämän johdosta suojata ulkoeristyksellä tai liimaamalla kantavien kerroksien ulkopintaan suojaavan levyn tai levykerroksen.

Massiivipuuseinä (ulkoseinä koostuu pelkästään CLT-levystä) toteutetaan ilman erillistä höyrynsulkua. Tutkimusten mukaan vähintään 60 mm paksu massiivipuulevy toimii ulkoseinässä höyrynsulkuna. Haasteeksi massiivipuuseinissä ovat nurkka- sekä ala- ja yläpohjaliittymien tiiveys. Tähän tarkoitukseen on olemassa kosteuden- ja säänkestäviä tiivistysmassoja sekä nauhoja.

Mikäli ulkoseinässä käytetään lämmöneristyskerrosta, massiivipuulevyn ulkopuolelle asennetaan tavallisesti jäykkä tuulensuojakerroksen sisältävä lämmöneriste puukoolauksen ja tuulensuojalevytyksen välttämiseksi. Ulkopuolista lämmöneristystä voidaan hyödyntää myös rakennusosan paloteknisessä suunnittelussa. Mikäli lämmöneriste suunnitellaan toimimaan paloteknisesti, tulee tuotteen olla palossa sulamatonta.

Huoneistojen välisissä massiivipuulevyseinissä on tavallisesti kaksi levyä ja niiden välissä ontelo. Ontelon paksuutta lisäämällä voidaan parantaa seinän ilmaääneneristävyyttä. Ontelossa tulee tavallisesti olla mineraalivilla ääniteknisistä syistä.

Jos CLT-runkoisessa ulkoseinässä käytetään julkisivuverhousta, niin sen taustalla tulee aina olla yhtenäinen tuuletusväli. Ulkoeristys voidaan toteuttaa kaikilla tähän tarkoitukseen olevilla tuotteilla. Myös massiivipuurunkoisessa ulkoseinässä voi käyttää tuulettuvaa ulkoeristystä.

Soveltuvuus kantavana runkona

Rakennus voidaan toteuttaa kokonaan massiivipuulevyrunkoisena tai massiivipuulevyjä voidaan käyttää valituissa rakennusosissa muiden runkojärjestelmien yhteydessä. Tyypillisesti tällaisia rakennusosia ovat jäykistävät rakennusosat kuten hissikuilut ja porraskäytävät.

Massiivipuulevyillä voidaan toteuttaa lähes kaikenlaisia rakennuksia. Se soveltuu erityisesti korkeisiin rakennuksiin sen lujuuden ja jäykkyyden ansiosta. Massiivipuulevyihin voidaan toteuttaa myös lujia ja jäykkiä voimaliitoksia (tappivaarnaliitokset, liimaliitokset yms.). Ristiin laminoinnin ansiosta massiivipuulevyt ovat tasonsa suunnassa kosteusteknisesti stabiileja, joten hyvällä rakennusosien liittymien suunnittelulla voidaan toteuttaa painumaton puurunko.

Massiivipuulevyrakenteet ovat materiaalikustannuksiltaan rankarakenteita hieman kalliimpia, mutta suurina ja CNC-työstettyinä mittatarkkoina tuotteina massiivipuulevyjen asennus on nopeaa. Työtehokkuudella saadaan usein kompensoitua korkeampi materiaalikustannus. Edellisestä johtuen massiivipuulevyt soveltuvat kaikenlaiseen rakentamiseen kerrosluvusta riippumatta.

Perustusliitos

Perustusliitos suositellaan tehtäväksi alaohjauspuun avulla. Sen avulla rakennuksen seinien tarkat paikat voidaan mitata paikalleen perustusten päälle. Perustusten päälle asennetaan kapillaarisen kosteuden nousun estävä kaista, esimerkiksi bitumihuopa. Ennen alaohjauspuiden asentamista on perustuksen vaakasuoruus tarkistettava ja suoristettava esimerkiksi käyttämällä 1–6 mm:n teräslevyjä riittävän tiheästi. Alaohjauspuu tiivistetään ja kiinnitetään hyvin perustusta vasten. Bitumihuovan ja alaohjauspuun sauma voidaan tiivistää liimatiivistysmassalla alaohjauspuuta asennettaessa. Tällöin alajuoksun alalappeelle pursotetaan ennen asennusta massanauha.

Alaohjauspuun ulkoreunaan voidaan tarvittaessa kiinnittää peltilista, joka siistii sauman peittämällä sokkelin rappauksen yläreunan ja bitumihuopakaistan. Perustusten yläpuolinen tippanokka voi olla tarpeen myös siksi, että massiivipuutalossa julkisivu ei välttämättä tule sokkelin päälle kuten lautajulkisivu. Ulkoseinäelementti kiinnitetään alaohjauspuuhun hirren läpi ruuvaamalla. Seinän alle asennetaan EPDM-tiiviste, jolloin se jää tasaisten pintojen väliin.

Alapohja (AP)

Yleensä massiivipuurakennukset toteutetaan maanvaraisella teräsbetonilaatalla. Näin toteutettuna alapohja toteutetaan kuten muissakin rakenteissa. Alapohjaliittymä tulee suunnitella siten, että kapillaarinen kosteus ei pääse nousemaan ulkoseinälle. Myös liittymän riittävä lämmöneristys tulee huomioida.

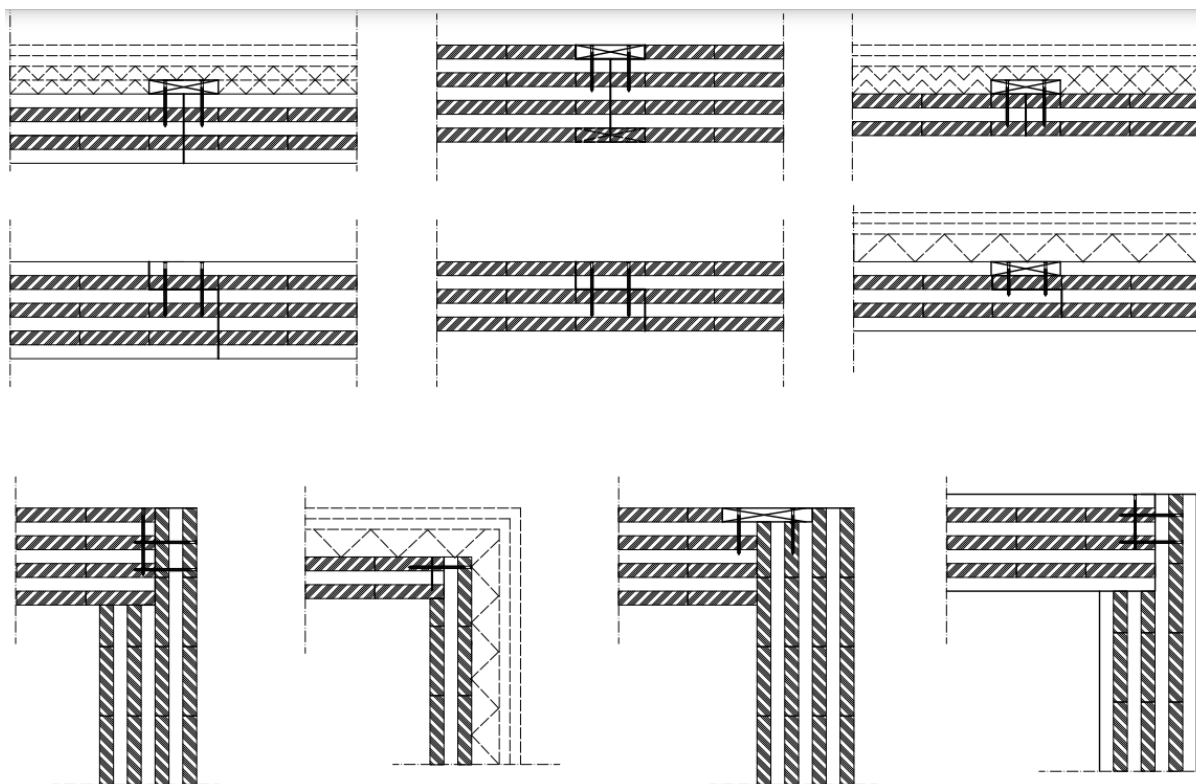
Alapohjana voidaan käyttää myös perinteistä ulkoilmalla tuuletettua alapohjaa (rossipohja), mutta tämän suunnittelu ja toteutus ovat kosteusteknisesti erittäin vaativia. Tällaisessa alapohjassa perusmaasta haihtuva kosteus kertyy alapohjan onteloon (ryömintätilaan), josta se tuuletetaan pois. Perusmaasta haihtuvan kosteuden lisäksi ryömintätilaan kertyy kosteutta ulkoa johdettavan tuuletusilman mukana.

Ulkoilmalla tuuletetussa ryömintätilassa tuuletus tehdään tavallisesti perusmuurissa olevien tuuletusaukkojen ja katolle johtavien tuuletusputkien kautta. Myös koneellista tuuletusta voidaan käyttää. Mitä suurempi rakennus on pinta-alaltaan, sitä haastavampaa ryömintätilan tuuletus on. Tämän takia ulkoilmalla tuuletettu alapohja soveltuu lähinnä pientaloihin.

Haluttaessa tuuletettu alapohjarakenne, suositellaan käytettäväksi koneellisesti tuuletettua lämpöalapohjaa. Tällaisessa alapohjassa lämmöneristys sekä kosteus- ja radonkatkot ovat ryömintätilan maanpinnalla, jolloin ryömintätila on tavallaan rakennuksen sisätilaa. Tällä tavalla saadaan kosteusteknisesti turvallinen alapohjarakenne.

Ulkoseinä (US)

Massiivipuulevyrunkoisessa ulkoseinässä lämmöneristys on pääasiassa levyn ulkopuolella. Myös massiivipuulevy voidaan laskea mukaan u-arvoa määritettäessä. Paksuja lämmöneristekerroksia käytettäessä haasteeksi tulee tavallisesti ulkoverhouksen kannatus. Tähän on kuitenkin olemassa erilaisia kiskokiinnityssysteemejä, joissa kiskojen konsolit kiinnitetään massiivipuulevyyn. Lämmöneristys voidaan tehdä esimerkiksi 205 mm paksusta jäykästä mineraalivillasta, joka sisältää tuulensuojakalvon. Vaihtoehtoisesti voidaan käyttää esimerkiksi 150 mm paksua jäykkää mineraalivillaa ja 50 mm paksua tuulensuojamineraalivillaa. Polyuretaanieristeillä päästään vieläkin ohuempiin seinäpaksuuksiin: käytettäessä esimerkiksi 100 mm:n CLT-levyä, riittää 100 mm:n paksuinen polyuretaanieriste, jonka λ -arvo on 0,022. Ulkoseinille vaadittava u-arvo on 0,17, joten käytettävistä eristeistä pitää aina huomioida niiden λ -arvo. Yksiaineiselle massiivipuuseinälle vaadittava u-arvo on kuitenkin 0,40.



Kuvissa on esitetty esimerkkejä massiivipuurakenteiden liitoksista. Levytyypit, ruuvityypit ja -dimensiot, eristeet sekä mahdolliset kiinnitysmassat valitaan aina rakennesuunnitelmien mukaan.

Liitoksissa on kiinnitettävä erityistä huomiota tiiveyteen: mikäli niihin jää ilmarakoja, niin kosteus pääsee ilmavuodon kautta rakenteisiin.

Levyn tasoon nähden kohtisuorissa liitosrasituksissa tulee ottaa huomioon poikittaisen vedon aiheuttama halkeamisvaara. Seinien nurkkaliitokset suositellaan vahvistettavaksi täyskierteisillä ruuveilla kuvien mukaisesti.

Huoneistojen välinen seinä (HVS)

Huoneistojen välisessä massiivipuulevyseinässä on tavallisesti kaksi erillistä massiivipuulevyä, joiden välissä on ilmatila (vähintään 50 mm). Ilmatilassa tulee olla vähintään 50 mm villaa. Tällaisessa seinässä tarvitaan usein myös kipsilevytys ääniteknisenä levytyksenä, joka voidaan tehdä massiivipuulevyyn joko näkyvälle tai näkymättömälle pinnalle. Ilmatilaa paksuntamalla voidaan parantaa seinän ääneneristävyyttä ja poistaa ääniteknisen kipsilevytyksen tarve. Varjopuolena ilmatilan kasvattamisessa on se, että seinän paksuus kasvaa merkittävästi. Rakennusoikeuteen huoneistojen välisestä seinästä lasketaan kuitenkin vain 200 mm, vaikka seinä olisi tätä paksumpi. Vaihtoehtoisesti voidaan käyttää yhtä massiivipuulevyä, jonka toiselle tai molemmille puolille tehdään villatäytteiset levypinta-aiset rankaseinät.

Erityisesti tulee kiinnittää huomiota siihen, että runkopuoliskot eivät missään tapauksessa kytkeydy toisiinsa. Kytkenä heikentää seinän ääneneristävyyttä erittäin merkittävästi. Pelkästään seinän ontelossa olevan villan kiinnikkeet voivat aiheuttaa edellä mainitun ääniteknisen kytkennän. Näin ollen villan kiinnitysmenetelmään tulee kiinnittää erityistä huomiota suunnittelussa ja toteutuksessa.

Huoneistojen välinen välipohja (HVP)

Massiivipuulevyrungossa voidaan käyttää kaikkia puurunkoisia välipohjia. Erityisesti tulee kiinnittää huomiota, miten välipohja liittyy kantaviin seiniin rakennusfysikaalisesti ja lujuusteknisesti. Huoneistojen välisellä seinällä haasteellisin suunnittelu- ja toteutustehtävä on ääniteknisen tiiveyden toteuttaminen välipohjan kohdalla. Myös välipohjan kohdalla tapahtuva rakennuksen painuma tulee huomioida suunnitteluratkaisuissa. Tämä korostuu erityisesti monikerroksisissa rakennuksissa.

Yläpohja (YP)

Massiivipuulevyrungossa voidaan käyttää kaikkia puurunkoisia yläpohjatyyppejä. Erityisesti tulee kiinnittää huomiota yläpohjan toimintaan palotilanteessa. P1- ja P2-paloluokissa ullakko tulee osastoida alapuolisessa tilasta (kerrososastointi). Näin ollen tulee tutkia sekä huoneisto- että ullakkopalon vaikutus yläpohjan rungon kantavuuteen palotilanteessa. Kerrososastointi voidaan tehdä yläpohjan rungon alapinnassa olevalla levytyksellä. Kyseinen levytys kannattaa hyödyntää myös rungon palosuojaukseen yläpohjan alapuolista paloa vastaan. Suunnitteluhaasteena on tavallisesti ullakkopalo, jonka seurauksena menetetään myös yläpohjan rungon stabiliteettituenta (esim. ristikkoyläpohjassa ruoteet). Edellä esitetyt seikat koskevat myös yläpohjan onteloa, joka on osastoitu alapuolisesta tilasta.

Massiivipuorakenteissa haasteellista on höyrynsulun jatkuminen yläpohjan ja ulkoseinän yläosan liittymässä. Jos myös yläpohja tehdään massiivipuulevystä, niin silloin liitos on tehtävä riittävän tiiviiksi. Jos käytetään ristikko- tai muuta vastaavaa rakennetta, niin se vaatii höyrynsulun. Tässä tapauksessa höyrynsulku on vietävä riittävän pitkästi liittymän yli. Tämä on otettava huomioon seinän ulkonäön kannalta. Jos käytetään seinän sisäpinnalla levytystä, höyrynsulkumuovi voidaan taittaa sen taakse. Jos CLT-levy jätetään näkyviin, niin höyrynsulku voidaan peittää esimerkiksi kattolistalla.

9.6 Sahatavaran esikäsittelyvaiheet CLT-valmistuksessa

Sahatavara lujuuslajitellaan, sormijatketaan ja höylätään ennen liimaamista. Lujuuslajittelu on käsitelty kohdassa 3.4, sormijatkaminen kohdassa 3.5 ja höylääminen kohdassa 3.6.

Höylätyt lamellit on liimattava 24 tunnin kuluessa höyläyksestä. Kutterin jälki ei saa olla 25 mikrometriä syvempi. Höyläysasetuksia asetettaessa on myös huomioitava höyläyksen syöttönopeus, jolla on myös vaikutus aallonpituuteen.

9.7 Sahatavaran liimaaminen CLT-levyksi (Juha Kinnunen)

Valmistuksen aloitustoiminnot

Sahatavaran liimaaminen aloitetaan tarkastamalla liimoittimen levittämä liimamäärä neliometriä kohden (g/m^2). Erityisesti liimamäärän testaus ja yläpuristusaineiden seuranta ovat tärkeitä. Liimamäärää seurataan tasaisin väliajoin ottamalla koe-erä liimasta. Koe-erän liimamäärä punnitaan ja siitä lasketaan kulloinkin tuleva arvo, jota verrataan valmistajan antamaan ohjearvoon. Yleensä liimamäärän testaus tehdään kerran. Jos liimamäärän testauksessa ilmenee ongelmia, on suositeltavaa tehdä liimamäärän testaus tarkoin määritetylle alueelle. Näin varmennetaan liiman oikea määrä. Liimamäärän testauksesta on tehtävä seurantaraportti jokaisesta testauksesta. Testausdokumentista on merkittävät seuraavat tiedot: tilaus nro, projekti nro, testin tekijä, testipäivämäärä, kellonaika, käytettävä suojamuovin paino liiman paino huomioiden, pelkkä liiman paino, muutettava liimakerroin, ilmankosteus, ilmanlämpötila ja liimauksen suorittaja.

Ennen liimauksen suorittamista on tarkastettava tuotantotilan lämpötila. Se ei saa alittaa 20 °C liimauksen ja puristuksen aikana ja ilman suhteellisen kosteuden on oltava noin 65 %. Näissä olosuhteissa puu tasapainottuu 12 %:n kosteuteen. Tämä saa vaihdella liimauksen aikana kolme prosenttia. Puristusajoissa on noudatettava liiman valmistajan antamia ohjeita. Liimoille on ilmoitettu tarkka avoin ja puristusaika. Mikäli käytettävällä liimalla on valmistajan antaman ohjeen mukaan 50 minuutin avoin aika, on puristusaika 120 minuuttia. Mikäli taas käytetään liimaa, jonka avoin aika on 15 minuuttia, on puristusaika 50 minuuttia. Jokaisesta liimattavasta levystä kirjataan ylös seuraavat tiedot: projektinnumero (tai kohteen nimi), päivämäärä, puulaji, lamelli kerrokset (mm), ilmankosteus, ilman lämpötila, liimauksen aloitusaika, avoin aika, puristuksen aloitusaika, puristuksen päättymisen ja liimauksen suorittaja.

Levyn ladonta ja liimaus

Levyn liimaus aloitetaan syöttämällä koneen ohjauspöydältä liimattavan levyn kerrosvahvuudet, liimattavan levyn leveys ja pituus. Varsinainen liiman levitys tapahtuu automaattisesti liimoittimelle annettujen arvojen mukaisesti. Liimausta valmisteltaessa liimoitinta avataan manuaalisesti. Avaus on oltava puolet liimattavasta levystä, koska liimoitin seuraa puristimen keskilinjaa. Liiman levitys tapahtuu automaattiliimoittimella. Liimoitin ei liiku vaan pysyy paikallaan, ja puristinpöytä liikkuu puristimeen sisään annetun pituuden verran.

Koneelle annetun liimoituskäskyn jälkeen automaatiikka hakee liimattavan kappaleen aloituskohdan ja laskee tästä annettujen mitta-arvojen mukaan liimoituspituuden. Tämän jälkeen suoritetaan seuraavan kerroksen ladonta. Liiman levityksessä ladonnan kautta puristinpyötä liikkuu puristimen sisään.

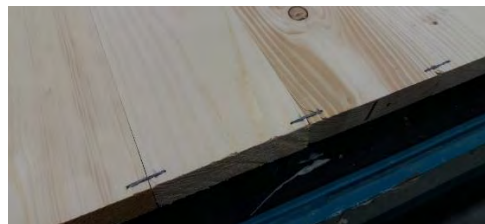
Teollisessa prosessissa lamellikerrokset siirretään liimoitusasemaan alipainenostimella. Käsinaldonta ei tule kysymykseen ja se on käytännössä hankalaa, jos lamellipituus on yli 8 metriä. Automaattiladonta on myös käsinaldontaa huomattavasti nopeampi, jolloin voidaan käyttää liimalle pienempää avointa aikaa.

Käsinaldonnassa voidaan käyttää apukiinnittimiä kuten alumiinihakasia. Olennaista on, että liittimet ovat terästä huomattavasti pehmeämpää, jotta työstöterät eivät vahingoitu työstövaiheessa. Tällä systeemillä saavutetaan käsinaldonnassa huomattava ajansäästö ja näin pystytään tekemään yhdellä puristuskerralla useampi levyaihio.

Käsinaldonnassa levyjä pystytään liimaamaan tarvittaessa useampia kerralla. Näin tehtäessä valmistettavien levyjen väliin levitetään muovi.



Liiman levitys



Hakasilla kiinnitetyt lamellit



CLT-levyn käsinaldonta. Kuvat Ammattiopisto Lappia.

Puristus

Liimoituksen alkaessa puristin tekee esipaikoituksen yläpainajilla. Tämä toiminto tapahtuu, kun ohjauspöydästä syötetään ensimmäinen liimoituskäske. Painajat siirtyvät kahdensadan millin etäisyydelle puristettavasta pinnasta.

Kun kaikki ladontaan liittyvät vaiheet on tehty ja pituuspuristukseen tarvittava toppari on paikoillaan, puristinpöytä liukuu kotiasemasta puristimen sisään ja asettuu paikoilleen puristusasemaan. Kun pöytä on asettunut paikoilleen, lähtevät yläpainajat laskeutumaan sähköisesti puristettavan pintaan ja pituuspuristin lähtee liikkeelle.

Kun yläpainajat ovat tavoittaneet puristettavan levyn pinnan, puristavat ne levyä ensin vain kaksi millimetriä. Tämä siksi, että lamellikerrokset pysyvät paikallaan. Jos näin ei tapahtuisi, nousisivat lamellit toistensa päälle ja puristusprosessi keskeytyisi.

Päätypuristuspainetta säädellään lamellien lukumäärän ja elementin pituuden mukaan. Jos elementti on lyhyt ja lamellikerroksia on, niin käytetään puristuspainetta, $0,5 \text{ N/mm}^2$. Vastaavasti jos elementti on pitkä ja lamellikerroksia useita, voi päätypuristimen paine olla $0,85 \text{ N/mm}^2$. Sivupainajat toimivat seuraavaksi ja niillä on sama toimintaperiaate kuin päätypuristimella. Minimipuristuspainetta on molempiin suuntiin $0,3 \text{ N/mm}^2$.

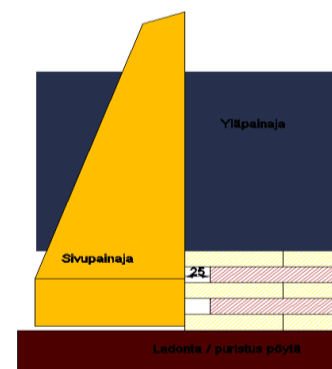
Puristettavaa levyaihiota valmistellessa on jo höyläyksessä huomioitava lamellien määrässä puristusvarat, jotta levyaihiosta tulee tiivis ja sileä. Puristusvara riippuu sekä levyn koosta että käytettävän sahatavaran leveydestä. Yleensä puristusvara on vähintään 25 mm joka suuntaan, pidemmillä levyillä vaaditaan pituussuunnassa jopa 50 mm:n puristusvara.

Kun päätypuristin ja sivupuristimet ovat saavuttaneet tarvittavan puristuslujuuden, lähtevät yläpainajat puristamaan levyä kasaan. Tämä liike on noin 25 millimetriä, jolloin puristettavalle levyille saavutetaan esipuristus. Tämän jälkeen yläpainajille tulee ilmanpaine, joka on 12–15 baaria. Yläpainajien puristusarvoja voidaan muuttaa samaan tapaan kuin muitakin arvoja, mutta tätä tehdään todella harvoin.

Kun puristus on kestänyt määritetyn puristusajan, puristin avautuu automaattisesti ja puristettava kappale siirtyy puristimesta kotiasemaan. Valmistetut levyt kuljetetaan välivarastoon odottamaan työstöä. Puristettavan levyn liiman on kuivattava ennen työstöä vähintään 10 tuntia. Tämän jälkeen kappale voidaan työstää ja ottaa koekappaleet koepuristukseen, jossa testataan liimasaumat.



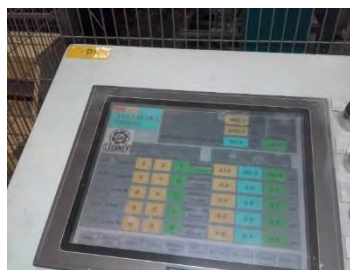
CLT-levyn valmistukseen käytettävä puristin



Puristinyksikkö



Puristimen ohjauspöytä
Kuvat Ammattiopisto Lappia



Ohjauspöydän näyttö

9.8 CLT-levyjen työstäminen (Juha Kinnunen)

Levyt työstetään tietokoneohjatulla numeerisella työstökeskuksella suunnittelijalta saadun 3D-mallin mukaan. 3D-malli luetaan integroituun CAD- tai CAM-ohjelmistoon, jossa työstösuunnittelija valitsee käytettävät terät, liikenopeudet ja työstösuunnat kappaleen varsinaiseen työstöön.

Työstössä on huomioitava työstettävän kappaleen koko, työstöratojen sijainti, levyn pinnan laatu sekä levyn vahvuus, pituus ja leveys. Lisäksi on myös huomioitava kappaleen työstöjärjestys, työstössä tarvittavien terien valinta, terän työstösuunnat ja työstönopeus. Tarvittaessa työstettävä kappale kiinnitetään työstöalustaan ruuveilla. Näillä toimenpiteillä vältetään laiterikoilta sekä työstettävien kappaleiden liikkumiselta.

CLT:n työstössä käytetään isoja, jopa 1020 mm halkaisijaltaan olevaa halkaisu- tai katkaisuteriä, jotka ovat kehitetty CLT-levyn työstöihin sopivaksi. Terän pyörimisnopeus saa maksimissaan olla 1500 kierrosta minuutissa. CLT-levyjen leikkaustyöstöt asettavat terälle suuret haasteet. Tämä onkin asettanut terätoimittajille myös haasteita, jotta sekä puun pituussuuntainen leikkuu, että puun katkaisu toimivat moitteettomasti. Tällä teräkoolla on työstösyvyys noin 400 millimetriä.

Levyaihioiden työstöissä on huomattu myös ison sirkkeliterän ongelmat: terän tylsyessä tämä alkaa helposti leikkuulinjaan nähden kiertää, jolloin myös kaltevissa leikkauksissa voi helposti tulla leikkuulinjaan nähden kaarevuutta. Halkaisijaltaan pienemmillä terillä saadaan leikattaville levyille parempi leikkuutarkkuus. Halkaisijaltaan 800 mm:n suuruisella terällä saavutetaan 250 mm:n työstösyvyys, joka on riittävä useimmille CLT-levyille. Jopa 150 mm:n työstösyvyys riittää, joka on mahdollista saavuttaa halkaisijaltaan 600 mm:n terällä.

Työstettävästä kappaleesta on ensin ajettu sirkkelillä suorat leikkuulinjat, jonka jälkeen kaarevat työstöt tehdään tappiterällä. Tappiterätyöstöjä tarvitaan myös, kun aukot irrotetaan kappaleen keskeltä. Tappiterätyöstöjä on syytä välttää, sillä terät tylsyvät ja kuluvat erittäin nopeasti.

Puurunkoisen rakennuksen LVIS-suunnittelu on suositeltavaa ottaa huomioon jo CLT-levyjen valmistusvaiheessa. Samoin elementteihin tulevat reiät ja aukot putkia varten suositellaan tehtäväksi jo tehtaalla. Puuttuvien tai väärässä paikassa olevien reikien ja aukkojen tekeminen työmaalla ei ole itsestään selvää, koska kantavien rakennusosien rei'ittäminen vaikuttaa usein suoraan niiden kantavuuteen. Samoin taloteknisten lävistysten palokatkot tulee suunnitella tapauskohtaisesti kulloinkin kysymyksessä olevaan rakennusosaan.

Sähkökaapelien reititykset tulee suunnitella siten, että palo- ja äänitekniisten levytysten lävistykset voidaan minimoida. Mikäli sähköasiat ja -kaapelit lävistävät osastoivan rakenteen levytyksen, tulee käyttää palotekniisten vaatimusten täyttäviä sähkörasioita ja -kaapelien lävistysten palokatkoja. Ääntä eristävissä rakennusosissa sähkörasioiden ja -kaapelien lävistysten tulee olla ääni- ja palotiiviitä. Tarvittaessa sähköasiat koteloidaan levytyksellä tai ne sijoitetaan esimerkiksi siten, että rasioiden lävistykset eivät ole samalla kohdalla rakennusosan eri puolilla.

Työstösuunnittelija valitsee levystä sopivat kohdat testikappaleille liimasauman leikkauskokeisiin. Ennen varsinaista koneistusta jokainen työstöohjelman kone simuloidaan vahinkojen välttämiseksi. Työstetty, mittatarkastettu ja merkattu CLT-elementti siirretään varastoon odottamaan liimasauman leikkauskokeiden tuloksia, jonka jälkeen elementti paketoitaan ja paketti merkitään tilaussopimuksen mukaan.

CNC-työstöstä kirjataan taulukkoon ylös seuraavat merkinnät: projektin numero, päivämäärä, työstöön käytettävät terät, työstettävän levyn koko, levytystyyppi, työstön alkamisen ajankohta, työstöaika, liimasaumasta otetut koepalaset ja työstöjen suorittaja.



*Käynnissä oleva työstö
kuvat Ammattiopisto Lappia.*



Tappiterällä tehtävä työstö

9.9 CLT-levyjen viimeistelytyöt (Juha Kinnunen)

Jos lamellit jäävät näkyviksi pinnoiksi, tulee levy hioa, sillä puristuksen yhteydessä levyaihioon käytettävää liimaa tulee jossain määrin levyn pintaan. Levypintaan ilmestynvä liimatahra tulee yleensä puristuspuheen johdosta. Liiman ilmestymiseen levyn pintaan vaikuttaa monta tekijää kuten oksassa oleva halkeama tai oksaa ympäröivä kuiva rengas, joka on reunoiltaan irti. Kuivaa oksaa ilmenee lähinnä kuusisahatavarassa. Kaikista tämän kaltaisista pienistä raoista liima pursuaa yläpainajien ja levypinnan väliin ja leviää hienoksi kalvoksi levyn pintaan.

Levyn pinnassa oleva liimakalvo estää pintakäsittelyaineiden imeytymisen puuhun. Varsinkin läpikuultavat pintakäsittelyt tuovat suuren haasteen. Jos halutaan puupinnan näkyvän läpi ja levyn pinnassa on liimatahra, tulee levyn pinnasta käsittelyn yhteydessä aluksi laikukas ja jatkossa UV-valo muuttaa liiman kellertäväksi. Näin liima alkaa myöhemmässä vaiheessa näkyä pintakäsittelyn läpi kellertävänä läikkänä.

Tämän johdosta on suositeltavaa hioa levypintojen näkyviin jäävät osat. Tämän voi tehdä esimerkiksi leveällä nauhahiomakoneella. Nämä soveltuvat hyvin teolliseen CLT-levytuotantoon ja siellä tarvittaviin hiontoihin.

Hionnassa voidaan käyttää myös käsikäyttöisiä hiontakoneita. Hionnassa käytetään tähän soveltuvia hiontaverkkoja, jotka eivät jätä perinteiseen hiomapaperiin verraten pyöreän muotoista hiontajälkeä. Hionnassa voi aloittaa karkeammalla 80-karkeuden hiomaverkolla (lukuarvo on ns. MESH-arvo, joka liittyy rakeiden sirotteluun liittyvään verkkoon ja sen silmien kokoon) ja muuttaa tästä karkeustasoa pienemmäksi. 180-karkeuden hiontaverkko on jo tarpeeksi hieno poistaakseen kaikki hiomakoneen pyörimisen jäljet. Näin levypinta saadaan sileäksi ja voidaan käyttää kaikenlaisia pintakäsittelyyn soveltuvia aineita.



*Levyypinnan hionta nauhahiomakoneella
Kuvat Ammattiopisto Lappia*



Hionta lattiahiomakoneella

9.10 CLT-levyjen toimittamiseen tarvittavat toimenpiteet

Elementtien nostot ja siirrot

Massiivipuulementit on varusteltava tarvittavilla nostoapuvälineillä. Massiivipuulementtien nostoissa yleinen tapa on käyttää ruuvia ja irrotettavaa nostokoukkua: pitkät ruuvit kiinnitetään massiivipuulevyn yläosaan (joskus myös alaosaan), johon nostokoukut voidaan kiinnittää noston ajaksi. Samoja ruuveja voidaan käyttää niin tehtaalla kuin työmaalla. Työmaa-asennusten jälkeen ruuvit voidaan katkaista. Ruuvit on asennettava elementtipiirustusten mukaisesti, jotta ne kestävät noston ja elementti pysyy vaakasuorassa ja tasapainossa nostohetkellä. Yleensä seinäelementit suunnitellaan nostettavaksi pystyasennossa ja vaakaelementit vaakatasossa, jotta asentaminen työmaalla on helpompaa. Nostokohdissa on huomioitava myös lastaus eli kuljetaanko elementit pysty- vai vaaka-asennossa. 240 mm:n paksuinen massiivipuulementti painaa noin 300–350 kg/m² riippuen elementin varustelusta ja puun kosteudesta.

Elementtien siirroissa on huomioitava, ettei niihin synny nostojen ja siirtojen aiheuttamia näkyviä vaurioita esimerkiksi trukin nostopiikeistä.



*CLT-elementtien nostoja tehtaalla.
Kuvat Ammattiopisto Lappia*



Kuivaketju ja paketointi

Kuivaketju10 on rakennusprosessin kosteudenhallinnan toimintamalli, jolla vähennetään kosteusvaurioiden riskiä rakennuksen koko elinkaaren ajan. Kosteusriskien hallinta perustuu ketjuun, jossa riskit torjutaan rakennusprosessin kaikissa vaiheissa ja torjunnan onnistuminen todennetaan luotettavalla tavalla. Toimintamalli sisältää Kuivaketju10-riskilistan ja -todentamisohjeen, joissa on esitetty kymmenen keskeisintä kosteusriskiä. Näiden kosteusriskien hallinnalla vältetään yli 80 prosenttia kosteusvaurioiden seurannaiskustannuksista.

Kuivaketjutoiminta alkaa jo elementtitehtaalta, jossa elementit paketoidaan huolellisesti suojamuoveihin kuljetuksen ja työmaavarastoinnin ajaksi, jotta niihin ei pääse kosteutta. Samalla elementit suojataan myös lialta ja kolhuilta. Elementtipakkaukset merkitään elementtitunnuksin, jotta ne ovat helppo tunnistaa työmaalla.

Kuivaketju10 on esitetty tarkemmin kohdassa 6.2.

Kuormaukset

Elementit kuormataan ajoneuvoyhdistelmään, kuljetuskonttiin tai muuhun vastaavaan tavarankuljetusta tarkoitettuun ajoneuvoon kuormauskaavion tai sitä vastaavan dokumentin mukaisesti. Kuormauskaavio laaditaan siten, että elementit voidaan purkaa kuormasta oikeassa järjestyksessä, jotta ne voidaan joko asentaa suoraan kuormasta paikalleen tai ne saadaan oikeassa järjestyksessä varastoitua asennusta ajatellen. Toinen kuormauskaavion laadinnan peruste on se, että kuormatut elementit saadaan kuormattua siten, että ne vievät mahdollisimman vähän tilaa. Näin saadaan kustannussäästöjä kuljetuksesta.

Tarkemmin elementtien nostoista on kappaleessa 7.11.

Rakennusmateriaalien keräys

Asennus- ja muut tarvikkeet kerätään mukaan toimitukseen materiaalilistan mukaan. Toimitukseen sisältyvät yleensä ainakin elementtien kiinnitystarvikkeet. Muut toimitettavat tarvikkeet ovat tehdas- ja toimituskohtaisia sopimuksen mukaisesti.

Toimitusasiakirjojen laadinta

Toimitukseen liitetään mukaan rahtikirja. Rahtikirjaan merkitään seuraavat tiedot:

- lähetysten maksajan tiedot,
- lähettäjän nimi ja yhteystiedot,
- vastaanottajan nimi ja yhteystiedot,
- tavaratyyppi sisältäen myös mahdollisten vaarallisten aineiden kuljetukseen liittyvät lisämerkinnät,
- tavarat kokonaispaino,
- kollien lukumäärä,
- tilauksen päivämäärä,
- kuljetusliikkeen nimi ja
- kollit yksilöivä tunniste.

Rahtikirja on myös todiste kuljetustilauksen luomisesta ja kuljetussopimuksen syntymisestä.

9.11 CLT-levyjen laadunvarmistus- ja hyväksyntämenetelmät

Tuotannosta tehdään hyvin tarkat asiakirjat kaikista projektin eri vaiheista ja nämä asiakirjat dokumentoidaan ja arkistoidaan 10 vuoden ajaksi. Näistä asiakirjoista on löydettävä kaikki tiedot valmistetun elementin eri vaiheista. Asiakirjoista tulee ilmetä, mikä on kulloisenkin puutavara alkuperä, mistä puu on kaadettu ja jalostettu sahatavaraksi, mikä on ollut kuivauksen jälkeinen kosteusprosentti, koska sahatavara on toimitettu CLT-tuotantoon, kuka on ottanut kuorman vastaan ja onko toimitettu puutavara vastannut tilausasiakirjoja.

Laadunvalvonta

Laadunvarmistus sisältää kaikki ne toimenpiteet, jotka ovat tarpeen riittävän varmuuden saamiseksi siitä, että CLT-levyistä valmistettu rakennus täyttää sille asetetut laatuvaatimukset. Laadunvarmistukseen liittyy myös laaduntarkastus eli laadunmittaamista ja vertaamista asetettuihin tai sovittuihin vaatimuksiin. Laadunvalvonta on yhteisnimitys erilaisille laaduntarkastustoimenpiteille. Laadunvarmistaminen ei kuitenkaan voi nojata ainoastaan tarkastamisen varaan, vaan varmistaminen edellyttää laatuvaatimusten selvittämistä, niiden kertomista työntekijöille sekä osapuolten yhteistoiminnan kehittämistä. Laadunvarmistuksen tavoitteena on lisäksi varmistaa, että hankkeen laatuvaatimukset ja muu informaatio kulkevat moitteettomasti ja systemaattisesti rakennuttajan, suunnittelijoiden ja urakoitsijoiden välillä.

Laadunvalvontaan liittyvät tarkastukset, testaukset ja tulosten arvioinnin valvoo tuotannosta vastaava henkilö, jolla on riittävät tiedot CLT-prosessista ja testimenetelmistä. Vastuuhenkilö vastaa laadunvalvonnan noudattamisesta ja laadunvalvontaohjeiden päivittämisestä. Laadunvalvonnan asiakirjoista selviää yrityksen organisaatio, tuotannon kuvaus, valmistusprosessin hallinta sekä henkilöstön vastuualueet sekä vaatimukset ja vaatimustenmukaisuuden osoittaminen.

Tuotantoprosessin eri vaiheissa havaitut poikkeamat tunnistetaan ja virheelliset kappaleet poistetaan toimituksesta. Yleisimpiä virheitä ovat kappaleiden liian suuri kosteus, mittapoikkeamat, käsittelyvauriot ja virheellinen lujuusluokka. Mikäli jo tuotemerkatuissa levyissä havaitaan poikkeama, joka ei kelpaa toimitukseen, poistetaan tuotannosta ja siihen merkitty leima mitätöidään.

Sisäisen laadunvalvonnan dokumentointi kattaa koko prosessin. Kaikki laadunvalvontaan liittyvät ilmoitusasiakirjat ovat selkeitä, ja niiden sisältämän tiedon jäljitettävyyden on helppoa, sillä asiakirjat arkistoidaan 10 vuodeksi.

CLT –levymerkintä sisältää seuraavat tiedot: valmistava yritys, tilausnumero / levykoodi, sertifiointi, levyn koko, levytyyppi, levyn ladonta, sivuliimaus, urat, vahvuuden suhde leveyteen, lujuusluokka kerroksittain, puulaji, liima ja testitapa sekä valmistumispäivämäärä.

Tilausnumeron ja levykoodin perusteella tuotteen valmistushistoria saadaan dokumenttien avulla selville aina raaka-aineen vastaanotosta lähtien. Jokaiseen valmiiseen CLT-levyyn on kiinnitettävä valmistustarra, josta ilmenee valmistetun levyn valmistustiedot.

	
Sammonkatu 8, 94600 Kemi	
VTT Expert Services LTD	
Cross laminated timber / ristiinliimattu levy	
CLT 1-2-A4-2016	
Levyn koko ja vahvuus (mm)	3298 x 2630 x 60
Ladonta	L3-60 / L20 - C20 - L20
Sivuliimaus	Ei sivuliimausta
Urat	Ei uria
Vahvuuden suhde leveyteen	>3
Kerrosten lujuusluokka	C24 - C24 - C24
Puulaji	Kuusi
Liima ja testitapa	PU, Leikkauslujuustesti

CLT–levymerkintä sisältää seuraavat tiedot: valmistava yritys, tilausnumero / levykoodi, sertifiointi, levyn koko, levytyyppi, levyn ladonta, sivuliimaus, urat, vahvuuden suhde leveyteen, lujuusluokka kerroksittain, puulaji, liima ja testitapa sekä valmistumispäivämäärä. Tilausnumeron ja levykoodin perusteella tuotteen valmistushistoria saadaan dokumenttien avulla selville aina raaka-aineen vastaanotosta lähtien. Jokaiseen valmiiseen CLT-levyyn on kiinnitettävä tarra, josta ilmenee valmistustiedot.

Valmistuksessa, varastoinnissa, käsittelyssä ja toimituksessa sekä laatumerkin käyttöoikeuden omaavan laitoksen sisäisessä ja ulkoisessa laaduntarkastuksessa sovelletaan seuraavia asiakirjoja:

- CLT:n standardiluonnos FprEN 16351,
- Pohjoismaiset Nordisk Limtränämndin ohjeet liimapuun valmistuksesta. (L laatumerkki),
- EN 1194, Timber structures-Glued laminated timber-Strength classes and determination of characteristic values (CE – merkinnän yhteydessä),
- SFS-EN 390, Liimapuu. Dimensiot. Sallitut mittapoikkeamat. EN 391, Glued laminated timber,
- Delamination test of glue lines. EN 393, Glued laminated timber. Glueline shear test- EN. EN 408, Timber structures-Structural timber and glued laminated timber,
- Determination of some physical and mechanical properties. EN 385, Finger jointed structural timber. Performance requirements and minimum production requirements,
- SFS-EN 386, Glued laminated timber. Performance requirements and minimum production requirements ja
- SFS-5878 INSTA 142, Sahatavaran visuaalisen lujuuslajittelun pohjoismaiset säännöt.

Rakenneliimoiksi hyväksytään Standardin EN 301 vaatimukset täyttävät liimat sekä Standardin EN 15425 täyttävät polyuretaaniliimat. Koneellinen lujuuslajittelu tehdään standardin EN 14081-1...4 mukaisesti sekä kansallisessa tuotevarmennuksessa, että CE- merkinässä. (sfs-inspecta sertifiointi).

Sisäisellä laadunvalvonnalla tarkoitetaan kaikkia niitä toimenpiteitä, joilla varmistetaan tuotteen vaatimustenmukaisuus tuotannon eri vaiheissa. Laatumerkityille tuotteille tehtävät laadunvarmistukselliset varmistetaan seuraavin toimenpitein:

- tuotantolaitoksella on luotettava valvontajärjestelmä, jolla pystytään varmistamaan lamellien oikea ladonta,
- rakenteeseen tulevien lamellien lujuusluokka on määritetty tuotantosuosunnitelmissa,
- lamellien lajittelusta vastaavalla henkilöllä on voimassa oleva INSTA 142 LT-lujuuslajittelu-oikeus,
- puutavaran poikkileikkausmitat ja höyläyspintojen tasaisuus tarkistetaan säännöllisesti lamellien höyläyksen yhteydessä,
- varmistetaan, että samaan levyyn tulevien lamellien kosteusero ei ylitä neljää prosenttia ja
- kaikki mittaustulokset dokumentoidaan.

Lamellien liimauksessa liiman annostelun määrä on mitattava kerran työvuorossa ja tulokset on dokumentoitava. Tarkastaja voi hyväksyä pidemmät tarkistusvälit, jos voidaan osoittaa annostelun luotettavuus pidemmällä aikavälillä. Tuotantopöytäkirjaan kirjataan jokainen puristuserä, jonka jälkeen pöytäkirjasta tulee ilmetä kunkin valmistuserän yksityiskohtaiset valmistusolosuhteet työvaiheineen. Valmiista levyistä otetaan jokaisesta liimauserästä kaksi koekappaletta liimasauman leikkauslujuuden testaukseen.

Tuotteiden valmistuksesta on pidettävä liimauspöytäkirjaa, josta on ilmettävä valmistuspäivämäärä, työnumero tai asiakkaan nimi, suunnitelman numero, valmistusmäärä, laaduntarkastuksen suorittaja sekä liitteinä laaduntarkastuksen kirjaukset. Yrityksen tulee myös dokumentoida laatumerkityistä tuotteista saadut kirjalliset reklamaatiot syineen ja korjaavine toimenpiteineen. Työohjeesta on jätävä allekirjoitettu dokumentti.

Testaukset

CLT-levyn liimasaumat voidaan testata käyttämällä kahta eri menetelmää: delaminointi- tai leikkaustestiä.

Delaminointitesti on tarkoitettu kantaville puurakenteille, jotka on liimattu tyyppin I liimoilla (esimerkiksi EPI, PUR tai MUF). Kyseinen testi tehdään standardien EN 14080 (lamellihirsi ja liimapuu) tai EN 16351 (CLT) mukaisesti, jossa liimattu puukappale rasitetaan ali- ja ylipaineelle vedellä täytetyssä painekattilassa ja kuivataan kuumassa olosuhdekaapissa vakioidussa ilmvirrassa. Delaminointitestin tarkoituksena on varmistaa CLT-levyjen liimasaumojen kestävyys pitkäaikaisesti lämpö- ja kosteusrasituksissa. Testi tehdään näköhavaintojen perusteella, eikä sillä saada lukuarvoihin perustuvaa tietoa.

Delaminointi on esitetty tarkemmin kohdassa 9.11.

Leikkaustesti on uudempi ja helpompi tapa testata liimasaumat. Leikkaustestit tehdään leikkaamalla testattavasta levystä 40x40 mm:n kokoinen koko levyn paksuinen testikappale. Testikappale laitetaan leikkaustestilaitteeseen siten, että sen jokainen sauma yksitellen leikataan irti. Testaustulokset tulkitaan seuraavasti:

- Testattavan sauman on kestettävä vähintään 20 sekuntia tasaista puristusta ja saavutettava vähintään 1,7 kN:n mittaustulos, jolloin saavutetaan 1,0 N/mm²:n suuruinen leikkauslujuus.
- Testauksista täytyy olla laskettuna aina sadan viimeisen testipalasen logaritminen keskiarvo. Kun laskennassa käytetään logaritmista keskiarvoa, korkeiden testiarvojen vaikutus tulokseen ei ole niin suuri. Yhden huonon arvo vaikutus logaritmisessa keskiarvossa on huomattavan suuri.

Tätä testausmenetelmää ohjaa Suomen standardisoimisliitto SFS, jonka standardi SFS-EN 14358 on vahvistettu 22.1.2007. Tämä standardi sisältää eurooppalaisen standardin EN 14358:2006 "Timber structures. Calculation of characteristic 5-percentile values and acceptance criteria for a sample" englanninkielisen tekstin. Eurooppalainen standardi EN 14358:2006 on vahvistettu suomalaiseksi kansalliseksi standardiksi. Testikappale täytyy ottaa vähintään yksi työvuoroa kohden.

CLT liimasauman leikkauslujuuden testituloksien analysointi 100 viimeistä tulosta

		Liima: Loctite HB S509 Purbond			
		Kappaleen koko: 40x40 mm (A = 1600 mm ²)			
		k = 0,0078+0,0044x40 = 0,956			
crosswise bonded layers					
		Tyypiarvolaskenta standardin EN 14358:2006 mukaan			
		crosswise bonded layers			
TESTITULOKSET (MURTOVOIMA)		LEIKKAUSVOIMA: $f_v = k \frac{F_u}{A}$			
	F _u [kN]	F _u [kN]	F _{v90}	F _{v90}	
	Sauma 1	Sauma 2	N/mm ²	N/mm ²	Luonnollinen logaritmi liimasauman lujuuksista
koekpl nro					
1701-S1	5,55	3,85	3,32	2,30	1,20 0,83 (ln m _i) 0,09 0,00 (ln m _i - $\bar{y}$) ²
S1-2	4,68	3,67	2,80	2,19	1,03 0,79 0,02 0,01
E1-7	4,13	3,16	2,47	1,89	0,90 0,64 0,00 0,07
E1-8	4,27	4,34	2,55	2,59	0,94 0,95 0,00 0,00
E1-E9	7,03	5,83	4,20	3,48	1,44 1,25 0,29 0,13
jne.					
		$\bar{y} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \ln m_i$		ln keskiarvo $\bar{y}$: 0,89	$S_y = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (\ln m_i - \bar{y})^2}$ Keskihajonta Sy: 0,28739
				sum((ln m _i - $\bar{y}$) ²) 8,176812399	
		crosswise bonded layers		Lappia	Standardi EN 16351
		characteristic value		1,475 N/mm2	>1,25N/mm2
		$f_{v,k} = \exp(\bar{y} - k_s S_y)$			
		where k _s is given in table1 (1,76)			

Kuvassa on ote leikkaustestin pöytäkirjasta. Kuva Ammattiopisto Lappia



Liimasauman leikkauslujuuden testilaite
Kuvat Ammattiopisto Lappia



Koepala L5-100 levystä.



Kuvassa näkyy testattavana oleva koepalanen suurennuslasin läpi katsottuna siten, että liimasaumat näkyvät. Testeissä liima on pitänyt hyvin ja murtuminen on tapahtunut aina liimasauman vierestä. Kuvassa näkyvä testipalanen on 100 millia vahvasta CLT-levystä, kerrosten vahvuudet (mm) ovat 20/20/20/20/20. Kuvassa näkyvän testikappaleen liimasauman leikkauslujuudeksi on saatu $2380/1600 = 1,49 \text{ N/mm}^2$.

Mittalaitteet

CLT:n valmistusprosessiin tarvittavat mittavälineet ovat ilman lämpötilan ja kosteuden mittaukseen tarvittava kosteusmittari, liimamäärän tarkkailuun tarvittava vaaka ja puun vahvuuden mittaamiseen tarvittava työntömitta.

Sahatavaran kosteus mitataan kosteusmittarilla, joka tarkistetaan ja kalibroidaan määrävälein. Tarkistukset kirjataan ylös höyläyksen yhteydessä olevaan puutavaran höyläystaulukkoon. Taulukkoon kirjataan ylös puutavaran lämpötila ja kosteus sekä ilman suhteellinen kosteus. Puutavaran kosteus mitataan kolmesta eri kohdasta aina ennen höyläystä. Kosteuksia on hyvä tarkistaa myös höyläyksen edetessä puutavarapaketin sisältä, koska ulommaiseta lamellit kuivuvat nopeasti sisätiloissa. Näin päästään varmistamaan puutavaran kosteuspitoisuudet myös paketin sisältä.

Mittari sopii erityisen hyvin kuivaamossa olevan puutavaran kosteuden mittaukseen. Myös talviolioissa ulkona mittari toimii normaalisti. Malliin voidaan liittää lämpötilan mittausanturi, jolloin puun tarkka lämpötila voidaan mitata. Mitta-anturia käytetään syvällä puun sisällä tapahtuvaan kosteuden mittaukseen. Piikit saadaan nopeasti puun sisään ja puusta irti mittauksen jälkeen. Anturiin voidaan liittää tefloneristeiset mittaussiikot, jotka mittaavat vain kärjellä. Oikean puun kosteuden määrittämiseksi ovat piikit iskettävä puun paksuuden mukaan puoleen väliin.

Kosteusmittari tarkistetaan ja kalibroidaan määrävälein ja testipäivä kirjataan ylös. Kalibrointiin käytetään tähän tarkoitukseen valmistettua kalibrointimittalaitetta.

Liimamäärä testataan punnituksessa tarkoitukseen soveltuvalla vaa'alla. Myös vaaka tarkistetaan määrävälein virallisella punnuksella. Vaaka tarkistetaan määrävälein ja tarkistus suoritetaan virallisella yhden kilon koepunnuksella.

Pituuden mittaaminen suoritetaan rullamitalla ja tässä mittatarkkuudeksi riittää yksi millimetri. Sahatavarakappaleiden poikkileikkausmitat määritetään puolen millimetrin ja pituusmitta yhden millimetrin tarkkuudella. Käytettävä mittalaite leveyden ja vahvuuden mittaamiseen on työntömitta, joka myös kalibroidaan määrävälein. Valmistusprosessissa käytetään höylätyn puutavaran mittojen tarkistukseen työntömittaa, jolla pystytään mittaamaan millin sadasosan tarkkuudella.

Työntömitta tarkistetaan säännöllisin väliajoin tätä varten hankitulla tarkistusmittapalasella, joka on kooltaan 13 millimetrin levyinen. Työntömitta kalibroidaan joka kerta ennen höylätyn puutavaran vahvuuden ja leveyden tarkistusta.

Kalibrointi suoritetaan tätä varten hankitulla virallisella kalibrointipalasella, josta on virallinen todistus dokumenttina. Työntömittaa käytetään myös koepalasten koon määrittämiseen, jolloin saadaan mittatarkka koekappale.



Puunkosteusmittari, Gann M 18 juntta-anturi, puunkosteusmittarin kalibrointilaite ja mittauksessa käytettävä vaaka. Kuvat Ammattiopisto Lappia.



*Vaa'an virallinen testipunnus, työntömitta ja työntömitan virallinen kalibrointipala.
Kuvat Ammattiopisto Lappia.*

Vaatimusten mukaisuuden osoittaminen, CLT-levyt

CLT-levyt voidaan CE-merkitä niitä koskevan eurooppalaisen teknisen arvioinnin (EAD 130005-00-0304, 2015–03) perusteella. Menettely on valmistajalle vapaaehtoinen.

CE-merkittyjen tuotteiden vaatimustenmukaisuus voidaan todeta CE-merkintään kuuluvasta suoritustasoilmoituksesta (DoP), jossa tuotteelle ilmoitettujen ominaisuuksien tulee täyttää niille suunnitelmassa asetetut rakentamismääräysten edellyttämät toiminnalliset vaatimukset.

Vaihtoehtoisesti CLT-levyjen kelpoisuus voidaan osoittaa kansallisesti valmistuksen laadunvalvonnalla, koska CLT-levyille ei ole tyyppihyväksynnän edellyttämää asetusta eikä varmennustodistuksen arviointiperusteita (laki eräiden rakennustuotteiden hyväksynnästä).

Lisäksi rakennusvalvontaviranomaisella on mahdollisuus edellyttää rakennustuotteen rakennuspaikkakohtaista varmentamista silloin, kun rakennustuotteen kelpoisuutta ei ole muulla tavalla osoitettu ja on syytä epäillä, ettei rakennustuote täytä sille säädettyjä olennaisia teknisiä vaatimuksia.



*Vasemmalla: CLT-rakenteinen lomarakennus, kuva Ammattiopisto Lappia
Oikealla: CLT-rakenteinen koetalo, kuva Kemin Digipolis Oy.*

10 Hirsien valmistus



Kuvat Kontiotuote Oy

10.1 Lamellihirsien tuotantolinja

Tuotantolinja

Tuotantolinja koostuu seuraavista työvaiheista (vaihtelee valmistajan tuotantolinjan ja esivalmistusvaiheiden mukaan). Tuotantovaiheita ovat:

- puutavaran vastaanotto,
- sahatavaran höyläys,
- sahatavaran sormijatkoslinja,
- sahatavaran liimaus hirsiaihioksi,
- hirsiaihioiden profiilihöyläys,
- hirsiaihioiden välivarastointi,
- hirsien työstölinja,
- hirsien paketointi ja varastointi kuljetusta varten ja
- hirsien lastaus kuljetusta varten.



Hirsitehtaan tuotantokaavio, kuva Kontiotuote Oy

10.2 Hirsien ominaisuudet

Ominaispiirteitä

Hirttä käytetään pääasiassa kantavissa seinärakenteissa. Myös ei-kantavat seinät voidaan tehdä hirrestä. Perinteisesti hirsiseinän enimmäispituus on ollut saatavilla olevasta puustosta johtuen noin 7 metriä. Nykyinen teollinen valmistus, lamellihirsi ja sormijatkaminen mahdollistavat hyvinkin pitkät hirret. Tällöin tulee kuitenkin ottaa huomioon seinän riittävä poikittaisjäykistys. Hirsiseinät jäykistetään vaarnoilla ja poikittaisseinillä. Vaarnat estävät hirsii vääntymästä paikoiltaan etenkin pitkillä seinillä ja aukkojen pielissä. Tappien välinen etäisyys saa olla enintään 2000 mm.

Hirsitalon suunnittelun erityispiirre on painumien ja puun elämisen kuten halkeilun hallinta. Muilta osin hirsitalon suunnitteluperiaatteet ovat pitkälti samat kuin muussakin puurakentamisessa. Hirrestä voidaan tehdä energiatehokkuudeltaan, tiiviydeltään, paloturvallisuudeltaan ja ääneneritykseltään erinomaisia rakennuksia.

Hirsitalon etuna pidetään erityisesti kosteusteknistä turvallisuutta, joka heijastuu sisäilman laatuun. Sisäilman kosteuden noustessa puupinnat imevät sisäilmasta kosteutta ja luovuttavat sitä, kun huoneilma on kuiva. Tutkimustulokset osoittavat huoneilman kosteuden pysyvän hyvin suositusalueella 30 %...60 % RH välillä käsittelemättömien puupintojen ansiosta. Ilmiö heikkenee, mikäli puupinnat käsitellään kosteuden siirtymistä estävällä pintakäsittelyllä.

Hirren painuma

Hirsitalon seinille tyypillisen painumisen aiheuttavat rakennuksen massan aiheuttama puun ja saumojen painuminen sekä puun kuivumisen aiheuttama kutistuminen. Hirsiseinä painuu hirren laadusta riippuen 10–30 mm jokaista seinän korkeusmetriä kohden. Pyöröhirsi painuu eniten ja lamellihirsi vähiten. Sisäseinät painuvat pienemmän kosteuspitoisuuden vuoksi hieman enemmän kuin ulkoseinät. Niin sanottujen painumattomien hirsien painuma on verrattavissa muuhun puurakentamiseen. Esimerkiksi käsin veistetty pyöröhirsiseinä tarvitsee kahden metrin oviaukon päälle 60 mm:n painumavaraa.

Painumat otetaan huomioon kaikissa niissä paikoissa, jossa painuvat hirsirakenteet liittyvät painumattomiin rakenteisiin. Näitä ovat mm. ikkunat ja ovet, kalusteet, ei-kantavat rankarakenteiset väliseinät, portaat, muuratut rakenteet jne. Ei-kantavien rakenteiden liitoksiin varataan painumavara. Kantavissa rakenteissa käytetään yleensä säädeltävää pilarikenkää.

Hormit tulee liittää rakenteisiin siten, että liitos mahdollistaa rakenteen painumisen ja rakenteiden suojaetäisyydet toteutuvat vielä painumisen jälkeen. Keittiön yläkaapit voi kiinnittää vain yhteen hirsikertaan ja välitilalaatoituksessa tulee huomioida yläkaappien laskeutuminen.

Erityistä huomiota painumiin tulee kiinnittää silloin, kun rakennuksessa on tasoeroja, jotka johtavat erilaiseen hirsikertojen määrään rakennuksen eri osissa. Painuminen on suurempaa niissä osissa taloa, joissa on useampia hirsikertoja.

Hirsirakenteiden päälle tuetuissa kattorakenteissa tulee ottaa huomioon suurempi katon painuma harjalla räystäääseen verrattuna. Tämä aiheuttaa kattokannattajien työntymisen seinälinjalta ulospäin. Kattokannattajat tulee kiinnittää seinän päälle liikkeen mahdollistavalla liukukiinnikkeellä siten, etteivät kattokannattajat seinärakenteen painuessa työnnä sitä ulospäin.

Halkeilu

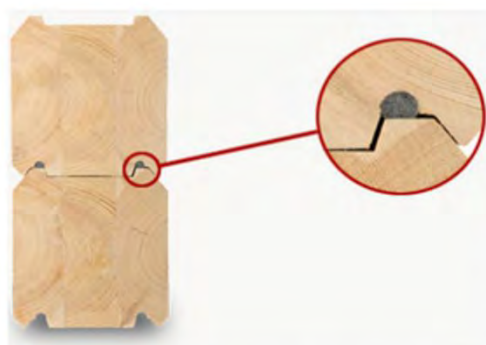
Etenkin massiivipuusille hirsille on ominaista niiden halkeilu. Halkeilu on seurausta puun luonnollisista ominaisuuksista ja jännitteistä, joita kuivuminen saa puussa aikaan. Puu kutistuu kuivuessaan kehän suunnassa noin kaksi kertaa niin paljon kuin säteen suunnassa. Lisäksi puun sisäisiä jännitteitä lisää kuivumisen alkaminen pintapuusta. Halkeilua voidaan ohjata hirteen työstettävillä urilla.

Halkeamien suuruuteen vaikuttavat hirren kosteus ja koko. Hirren kosteus asettuu lämmitetyissä sisätiloissa noin 8 prosenttiin ja ulkoseinissä noin 14 prosenttiin kuivapainosta. Auringon säteilystä ja rakenteellisesta suojauksesta johtuen ulkoseinien kosteuspitoisuudessa voi olla suuriakin vaihteluita. Talvella halkeamat kasvavat ja kesällä pienenevät. Ulko- ja sisäpintojen suuret kosteuserot voivat aiheuttaa myös hirsien vääntymistä.

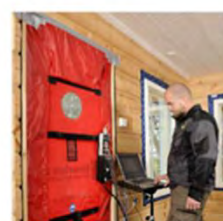
Halkeamien merkitys on yleensä esteettinen. Sisätiloissa halkeamilla on myönteinen vaikutus hirren kykyyn tasata huoneilman kosteuden vaihteluita, koska halkeama kasvattaa hygroskooppisen puuaineen ja sisäilman kosketuspinta-alaa. Pinta-alan määrä korreloi suoraan rakenteen kykyyn sitoa ja luovuttaa huoneilman kosteutta.

Ilmanpitävyys

Hirsirakenteen ilmanpitävyys varmistetaan hirsien varausten muodolla ja tiivistyksellä. Kriittisimmät paikat ilmatiiviyden kannalta ovat ulkovaipan eri rakenneosien liitokset ja läpiviennit. Rakenteiden läpivienneissä suositellaan käytettäväksi tiivistyslaippoja. Mittausten mukaan huolellisesti toteutettu hirsitalo voi olla erittäin ilmatiivis.



Höylä- ja lamellihirret tiivistetään tuplatiivisteellä



Tiivistysmittauksissa käytetään tiiviyspakettia ja niissä käytetään tiivistysmittauksen ammattilaista.

Kuvat Kontiotuote Oy.



Rakenteiden tiiviyyttä ja säänkestoa testataan myös laboratoriossa hyvien tiivistysmenetelmien ja rakenneratkaisujen löytämiseksi. Kuva Kontiotuote Oy.

Hirsiseinän energiatehokkuus

Hirsirakenteiselta pientalolta vaadittu energialuku riippuu rakennuksen laajuudesta. Mitä suurempi hirsirakennus on, sen pienempi E-luku vaaditaan. Lämmitettävältä, pinta-alaltaan enintään 120 m² pientalon E-luku saa olla 229 kWh/m² vuodessa ja yli 600 m² talon E-luku saa olla enintään 155 kWh/m² vuodessa. Lämmitettävältä, pinta-alaltaan 120–600 m² pientalon sallittu E-luku kasketaan omalla kaavalla pinta-alan mukaan.

Energiatehokkuusmääräykset eivät koske rakennuksia, jonka lämmitetty nettoala on enintään 50 m² eivätkä loma-asuntoja, joihin ei ole suunniteltu kokovuotiseen käyttöön tarkoitettua lämmitysjärjestelmää.

Täyshirsisen seinän keskipaksuuden on oltava vähintään 180 mm, jotta U-arvovaatimus 0,60 W/(m² K) täyttyy ja vähintään 245 mm, jotta saavutetaan U-arvo 0,40. Eristetyllä hirsirakenteella saavutetaan melko helposti U-arvo 0,17. Pyöröhirsiseinälle on laskettava sen tehollinen paksuus eli seinän paksuus tasapaksuksi muutettuna. U-arvovaatimuksia voidaan myös kompensoida esimerkiksi vaatimuksia paremmilla ala- ja yläpohjarakenteiden U-arvoilla.

Pitkäaikaiskestävyys ja hirsipintojen suojaaminen

Hirren säilyvyyteen vaikuttaa eniten puun kosteus. Lahottaja ja homesienet alkavat kasvaa, kun puun kosteus ylittää 20 prosenttia ja lämpötila on yli +5 °C. Puun kosteuden nousu yli 20 prosenttiin edellyttää ilman suhteellisen kosteuden olevan pitkäaikaisesti yli 85 prosenttia. Hirren säilyvyyteen vaikuttaa myös valo. Auringon ultraviolettil valo tunkeutuu puuainekseen noin 0,1 mm:n syvyyteen ja hajottaa puun solujen liima-aineita eli ligniiniä. Mikäli olosuhteet pidetään puulle otollisena, puurakenne on todella pitkäikäinen.

Hirsirakenteiden suojaamiseen pätevät samat periaatteet kuin muussakin puurakentamisessa. Hirret tulee pitää riittävän etäällä maasta. Kapillaarinen kosteuden nousu perustuksista tulee katkaista. Seinärakenteet tulee suojata sateelta sekä roiske- ja valumavesiltä. Katon sadevedet suositellaan johdettavaksi pois kouruja ja torvia pitkin hallitusti. Rakenteiden ja erityisesti säälle alttiiden hirsisaumojen tuulettuvuudesta ja kuivumisesta tulee huolehtia.

Hirsipinnat voidaan suojata joko mekaanisesti, kemiallisesti tai pinnoittamalla. Mekaaninen suojaus tehdään tavallisimmin lautaverhouksella. Se antaa hirsiseinälle kulutuspinnan, joka on tarvittaessa helposti korjattavissa tai uusittavissa. Ulkoverhous vaatii myös pintakäsittelyn.

Kemiallisen suojauksen ja pinnoituksen tehtävänä on estää sienikasvustojen tarttuminen puupinnoille, estää kosteuden imeytymistä puuhun, eliminoida UV-säteilyn vaikutusta ja muodostaa puun pintaan kosteutta hylkivä kalvo. Pinnoitteet voivat olla joko läpikuultavia tai peittäviä. Pinnoitteiden tulee olla vesihöyryn läpäiseviä.

Hirsirakenteiden mitoitus

Hirsirakenteiden mitoitus tehdään Eurokoodien mukaisesti. Höylähirsien lujuusluokkana käytetään luokkaa C22, lamellihirsillä luokkaa C24 ja pyöröhirsillä luokkaa C30. RT-kortissa 82-11168 esitetty hirsirakenteiden kantavuuden mitoitus suositus perustuu VTT:n tutkimusselosteeseen (RTE3818/00).

Hirsirakenteen palonkesto

Hirsirakenne on erittäin paloturvallinen. Hirsi palaa hiiltymällä 1,0 mm/minuutissa, joten palotilanteessa hirsirakenteen käyttäytyminen on ennakoitavissa. Palotilanteessa puun pintaan syntyvä hiili suojaa puuta palamiselta.

Hirsi määritellään kuuluvan luokkaan D-s₂,d₀. REI 30 palonkestävyys saavutetaan 92 mm paksulla höylä- ja 150 mm paksulla pyöröhirrellä. REI 60 saavutetaan 148 mm paksulla höylä- ja 236 mm paksulla pyöröhirrellä ja REI 90 saavutetaan 199 mm paksulla höylähirrellä. Rakenteen eristäminen parantaa sen palonkestoja. Tappijako voi olla enintään 1600 mm.

Ääneneristävyys hirsirakenteissa

Hirsiseinän ääneneristävyys riippuu seinän massasta, varauksen tiiviyydestä ja hirsiseinän jäykkyydestä. Nämä paranevat hirren paksuuden kasvaessa. Eristämättömän hirsiseinärakenteen laskettu ilmaääneneristysluku R'w vaihtelee 30–40 dB välillä hirren paksuuden vaihdellessa 95–270 mm välillä.

Ulkoseinien ääneneristystä esim. liikenteen melua vastaan voidaan parantaa seinän ulko- tai sisäpuolisella lisäeristyksellä ja levytyksellä. Niiden avulla hirsiseinän laskennalliseksi ilmaääneneristävyudeksi R'w saadaan 43–54 dB riippuen hirren ja eristeen paksuudesta sekä levytyksestä.

Hirrestä voidaan tehdä myös huoneistojen välisiä seinärakenteita. Rakenne tehdään kaksinkertaisena hirsirakenteena ja hirsikerrosten väli eristetään. Joillain valmistajilla on tätä varten tarjolla oma hirsityyppi, jossa varauksen muotoilussa on kiinnitetty erityistä huomiota tiiveyteen.

10.3 Hirsityypit

Massiivihöylähirret

Tyypillisiä massiivihöylähirsiä

Suorakaiteen muotoisen hirren pinta voi työstää joko koneellisesti tai käsin veistämällä.

Leveys 95...205 mm, korkeus 170...220 mm

Leveys, korkeus ja profiilin muoto vaihtelevat valmistajakohtaisesti.

Tyypillisiä massiivipyöröhirsiä

Pyöröhirsi on poikkileikkaukseltaan ympyrä tai sitä lähellä oleva muoto. Se voidaan valmistaa koneellisesti sorvaamalla tai käsin veistämällä.

Halkaisija 150...230 mm

Halkaisija ja profiilin muoto vaihtelevat valmistajakohtaisesti.



Kuvissa massiivihöylähirsi ja massiivipyöröhirsi, kuvat Puu Pro-keskus / Puuproffa.

Lamellihirret

Lamellihirsi koostuu toisiinsa liimatuista saman suuntaisista lamelleista. Raaka-aineena käytetään kuusi- tai mäntysahatavaraa. Lamellirakenne mahdollistaa poikkileikkaukseltaan suurien hirsien valmistamisen. Aikaisemmin poikkileikkauksen koon määritteli saatavan sahatavaran koko. Massiivipuuhirteen verrattuna lamellihirsi on stabiilimpi kosteusmuodonmuutoksien (kieroutuminen, halkeilu jne.) näkökulmasta. Saman suuntaisista lamelleista koostuvan hirren kosteuseläminen on kuitenkin samanlaista kuin tavallisen massiivipuuhirren, joten seinien painuma tulee huomioida perinteiseen tapaan.

Tyypillisiä lamellihöylähirsiä

Lamellihirsi liimataan kahdesta tai useammasta puusoirosta joko pysty-, vaaka, tai ristisaumoin.

Leveys 95...275 mm, korkeus 170...275 mm

Leveys, korkeus ja profiilin muoto vaihtelevat valmistajakohtaisesti.



Painumaton hirsi

Painumaton hirsi on lamellihirsi, jossa yhden tai useamman keskilamellin syysuunta on pystyyn, jolloin painauma saadaan minimoitua. Ristikkäiset lamellikerrokset vähentävät hirren kosteuselämisestä johtuvaa seinän painumista niin merkittävästi, että voidaan puhua painumattomasta hirsiseinästä.

Lamellihirsien profiilin muoto ja poikkileikkauksen koko vaihtelevat hieman valmistajakohtaisesti. Lamellihirsi profiloidaan höyläämällä, joten sen pinnat ovat höylättyjä.



10.4 Hirsirakenteiden erityispiirteitä

Hirsirakentaminen

Hirsirakentaminen on perinteinen puurakentamisen tapa, jossa rakennuksen kantavat seinät tehdään hirrestä. Hirret sijoitetaan tavallisimmin vaakasuuntaan ja liitetään toisiinsa salvoksilla. Näin koottu rakenne painuu johtuen puun kosteuselämisestä. Hirret voidaan asentaa myös pystyasentoon, jolloin sitä kutsutaan pystyhirsirakenteeksi. Pystyhirsirakenne on käytännössä painumaton, koska puun kosteuselämäinen syyn suuntaisesti on vähäinen. Pystyhirsirakenteen ongelmana on pystysaumojen pitäminen tiiviinä. Nykyisin käytetään myös painumatonta hirttä, joka saadaan aikaiseksi liimaamalla osan keskilamelleista pystysuuntaan. Kosteuseläminen aiheuttaa puuhun sisäisiä jännitteitä, joista ei kuitenkaan ole haittaa rakenteelle.

Hirsi

Hirsi on veistämällä, höyläämällä tai sorvaamalla valmistettu paksu kokopuinen rakennustarvike, jota käytetään pääasiassa seinärakenteena. Hirsi voi olla muodoltaan pyöreä tai kulmikas ja se voidaan valmistaa massiivipuusta tai sahatavarasta liimaamalla. Yleensä hirsien valmistukseen käytetään raaka-aineena mäntyä tai kuusta. Kuusi on hieman vaaleampaa ja keveämpää kuin mänty.

Hirsikehikko, hirsikerta

Hirsikehikko on hirsien muodostama seinärakenne. Seinät voivat olla ulko- tai sisäseiniä. Hirret liitetään hirsikehikossa toisiinsa salvoksilla.

Hirsikerta tarkoittaa hirsikehikon yhtä vaakasuoraa hirsikerrosta.

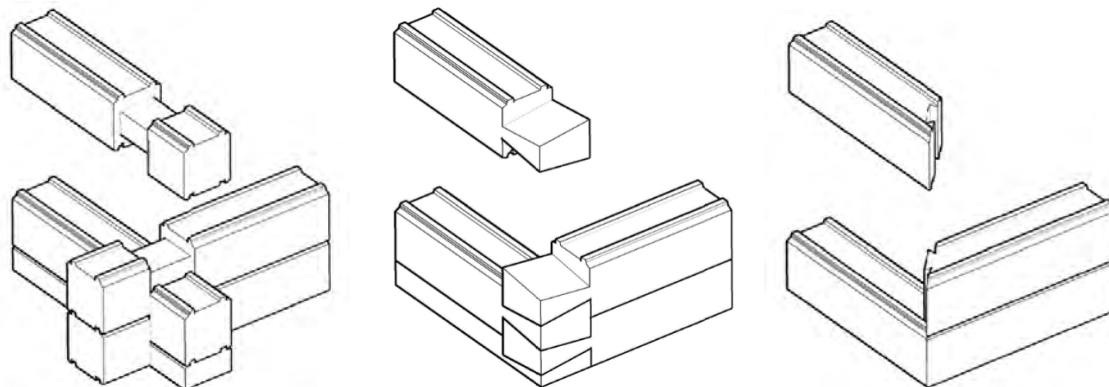
Salvos

Hirsien liitosta sanotaan salvokseksi. Salvos voi olla pitkä tai lyhyt. Salvosten avulla nurkkaan tulevat hirret voidaan liittää toisiinsa siten, että ne limittyvät toisiinsa puolen hirsikerran verran.

Ristinurkka (tai pitkänurkka) on perinteisin nurkkatyyppi. Siinä hirren päät menevät 200...400 mm rakennuksen ulkonurkan yli. Ulkonurkassa hirret liitetään toisiinsa salvoksilla.

Kotelonurkka on lyhytnurkka, joka on koteloitu pystylaudoituksella. Kotelonurkkainen talo on ulkonäöltään enemmän puutalon kaltainen kuin perinteinen ristinurkkainen hirsitalo. Lyhytnurkkaa kutsutaan myös citynurkaksi, koska se soveltuu arkkitehtonisesti kaupunkirakentamiseen.

Salvostyyppit vaihtelevat hieman valmistajakohtaisesti, mutta esimerkiksi ristinurkkasalvoksen periaate on kaikilla sama.



Ristinurkka viisteprofiililla

*Lohenpyrstönurkka
ns. Tirolinurkka*

*Jiirinurkka
ristikkäiset seinät samassa tasossa*

Kuvat Kontiotuote Oy

Varaus

Varaus tarkoittaa hirren alapintaan veistettyä uurretta. Niitä käytetään tiiviste- ja eristeurina. Ulkopinnan puoleiseen uraan asennetaan tiiviste, jotta sadevesi ei pääse tunkeutumaan hirren saumasta. Sisempään varaukseen asennetaan ohut lämmöneristyskaista, jotta hirren saumaan ei syntyisi lämpövuotoa. Hirren yläpinta muotoillaan siten, ettei saumaan pääse vettä ja vesi pääsee valumaan alaspäin hirren pintaa pitkin.

Hirsipalkki

Hirsipalkki tehdään yhdestä tai useammasta hirrestä liittämällä hirret toisiinsa. Hirsipalkkia käytetään kantavana rakenteena esim. katon tuennassa, aukkojen ylityksessä jne. Hirret kiinnitetään toisiinsa yleensä kierretangoilla. Myös ruuveja voidaan käyttää painumattomissa hirsissä. Kierretankoja tulee olla riittävän tiheästi (400...600 mm:n välein), jotta rakenne toimii yhtenäisenä palkkina. Hirsipalkin ja myös mahdollisten siihen tulevien sormijatkosten on oltava lujuuslajiteltuja (vähintään C24).

Painuma

Painuma on puun kuivumisen aiheuttamasta kutistumisesta, rakennuksen painon aiheuttamasta kuormituksesta ja seinän saumojen tiivistymisestä aiheutuva seinän laskeutuminen.

Painuminen on voimakkainta kahden ensimmäisen vuoden aikana rakennuksen valmistuttua. Vähitellen painuminen vähentyy, kunnes se loppuu kokonaan. Hirsirakenteen korkeus kuitenkin elää kosteuden vaihtelujen mukaan koko elinkaaren ajan.

Painumista ei sinänsä voi estää, koska puu tasapainottuu aina tiettyyn kosteuteen lämpötilan ja ilman suhteellisen kosteuden mukaan. Painumisesta aiheutuvia haittoja voidaan kuitenkin eliminoida säätöjaloilla, karapuilla ja kierretangoilla.

Myös painumattomissa hirsissä esiintyy jonkin verran kosteuselämistä ja painumaa varsinkin korkeissa kehikoissa. Painumat ovat kuitenkin vähäisiä ja niillä ei ole käytännössä mitään merkitystä.

Vaarna (tappi)

Vaarna on puinen neliön muotoinen puutappi, joka asennetaan vaarnareikään. Myös teräsputkia käytetään vaarnatappeina etenkin kapeissa hirsissä. Puuvaarna on yleensä 32x32 mm² ja se asennetaan halkaisijaltaan 40 mm:n reikään. Vaarna on yleensä noin 20...30 mm lyhyempi kuin seinän kaksi hirsikertaa.

Vaarnat valmistetaan yleensä erikoiskuivatusta sahatavarasta. Vaarnat tasoittuvat kehikossa samaan ilman suhteelliseen kosteuteen kuin kehikko. Koska vaarnojen alkukosteus on pienempi, niin niiden kosteuseläminen on suurempaa. Näin vaarnat puristuvat tiukasti reikään ja jäykistävät kehikon vaakasuuntaisia siirtymiä vastaan. Vaarnatappit pitää tämän vuoksi pakata tiiviisti muovikelmuun ja ne pitää säilyttää avaamattomana työmaalla. Vaarnatappipaketit avataan vasta niiden asennusvaiheessa.

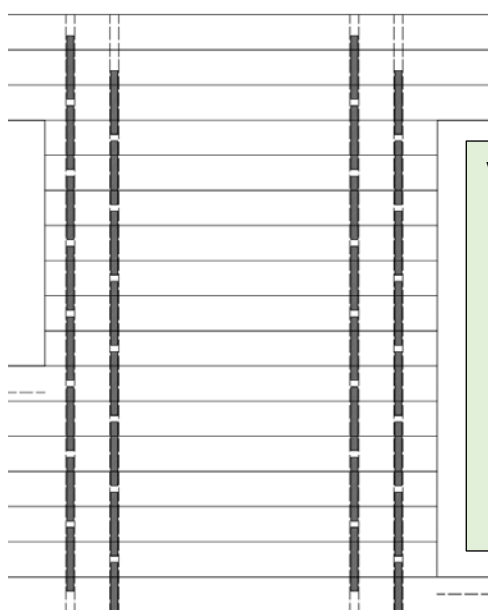
Vaarnaus (tapitus)

Vaarnoja käytetään jäykistämään hirsikehikko nurjahtamiselta. Vaarnaus toteutetaan liittämällä yhteen kaksi tai useampia hirsikertoja vaarnojen avulla. Vaarnojen sijaan voidaan käyttää myös ruuveja.

Vaarnauksen keskeisin idea on tehdä ne kahdelle vierekkäiselle reiälle: vaarnat asennetaan niihin siten, että ne vuorottelevat hirsikerroittain. Vaarnat tulevat kolmelle eri hirrelle siten, että ne upotetaan niiden ylimmästä hirrestä noin puoleen väliin. Vaarnojen väliin tulee jättää noin 20-30 mm:n väli, jotta seinä ei painumisen johdosta kanna vaarnatapeista. Mikäli näin käy, vaarnat estävät seinän luonnollisen painumisen ja hirsiin syntyy halkeamia. Vaarnareikien väli on 200...400 mm.

Vaarnaukset tehdään yleensä salvosten ja aukkojen läheisyyteen. Ehyellä hirsiseinällä vaarnaus on tehtävä 1600-2000 mm:n päähän toisistaan. Vaarnaus toteutetaan kahdella vierekkäisellä läpireiällä.

Vaarnatappit joudutaan yleensä viistämään alaosasta, jotta niiden asentaminen reikään on helpompaa.



Vaarnauksen periaate:

- vaarnatappit vuorottelevat kuvan mukaisesti
- vaarnan pituus 2xhirsinousu-30 mm
- vaarnat asennetaan ylimmän asennetun hirren puoliväliin
- vaarnoihin on jätettävä n. 30 mm:n väli
- vaarnat aukkojen ja salvosten viereen
- ehyelle seinälle 1600...2000 mm:n välein
- alimmat vaarnat katkaistaan

Kierretanko

Kierretankoja käytetään hirsikertojen kiristämiseen. Kierretangot asennetaan niille varatuille rei'ille, jotka ovat tehdaskohtaisesti kokoa 20...40 mm. Kierretankojen halkaisijat ovat 10...16 mm. Kierretangot asennetaan salvosten ja aukkojen molemmin puolin. Yleensä kierretangot ovat 2000...3000 mm pituisia, joten ne yleensä joudutaan jatkamaan ns. jatkosmuhvilla. Reikien koossa tulee huomioida myös, että jatkosmuhvi mahtuu sinne.

Kierretankojen molempiin päihin tulee aluslevy ja mutteri. Kierretankoja säädetään hirsirakenteen painuessa. Yleensä painuminen loppuu noin kahden vuoden kuluttua asentamisesta. Kierretankojen käyttö riippuu kuitenkin hirsityypistä; painumaton hirsi ei tarvitse kierretankoja.

Kierretankojen päihin voidaan myös asentaa ns. hattumutteri normaalin pultin sijasta. Näitä käytetään lähinnä kaiteissa ja muissa näkyviin jäävissä rakenneosissa.

Kierretangoilla säädellään painumisesta aiheutuvaa hirsikehikon löystymistä. Kehikkoon on tämän vuoksi tehtävä aukko, jos pulttia ei voi muuten jättää rakenteessa näkyviin.



Kuvassa on esitetty asennetut kierretangot seinien päihin.



Sähkövarausreikä

Sähkövarausreikään asennetaan sähköjohdot. Sähkövarausreiät on merkittävä työmaalla esimerkiksi teipillä, jotta ne jätetään vapaaksi kehikon asennuksen yhteydessä.

Sähkövarausreikien paikat määritellään sähkösuunnittelun perusteella. Sähkövarausreiän halkaisija on 20...40 mm riippuen työstökoneen teräasetuksista.

Sahausura

Sahausura tehdään ikkunoiden ja ovien aukkoihin, jos aukon mitat eivät tule hirsijaon mukaan korkeussuunnassa. Ikkuna- ja oviaukot tehdään yleensä valmiiksi vasta työmaalla, jotta hirsi kestäisi nostot ja kuljetukset. Työmaalla sahataan kappale irti sahausuraa vasten kohtisuoraan aukkoa kohti. Tässä vaiheessa on tärkeää katsoa seinäkaaviosta, kumpi puoli sahataan irti.

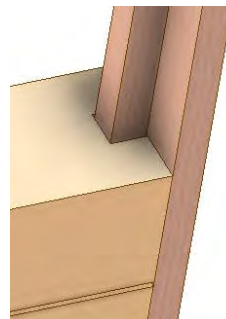
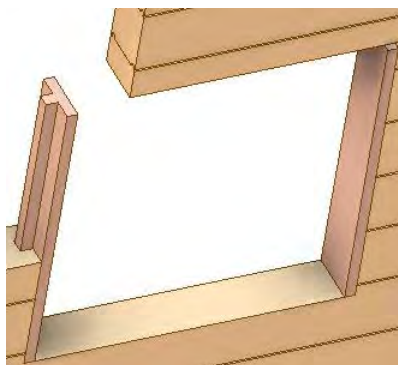
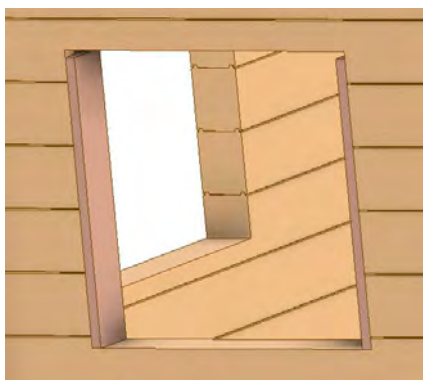
Karapuu

Karapuu asennetaan hirsiseinän aukon pieleen hirrenpätyihin tehtyyn uraan. Aukkoon tulevat ikkunat ja ovet kiinnitetään karapuuhun. Karapuun voi kiinnittää hirsikehikkoon vain alaosasta, jotta kehikko pääsee painumaan. Karapuu estävät myös hirsien sivuttaisen siirtymisen aukon päässä. Karapuuissa tulee ottaa huomioon seinän painuminen: karapuu on jätettävä 15–50 mm irti yläreunasta, jotta seinä pääsee painumaan vapaasti. Aukko täytetään yleensä mineraalivillalla, jotta rakenteeseen ei syntyisi ilmarakoja.

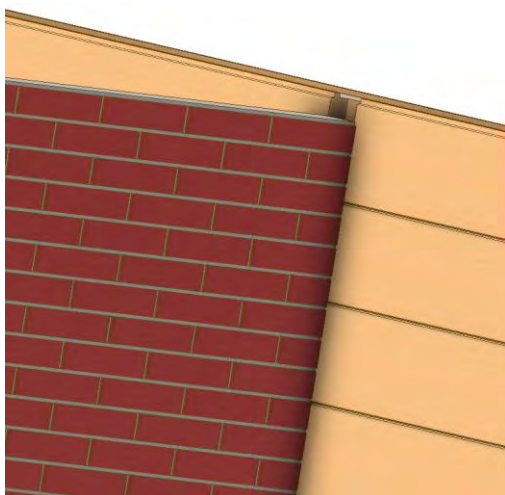
Karaura

Karaura on karapuuta varten tehty varaus hirren päässä. Karaura tehdään hieman karapuuta suuremmaksi, jotta se voidaan tiivistää ja eristää ilmavuotojen estämiseksi.

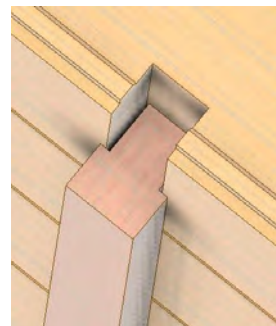
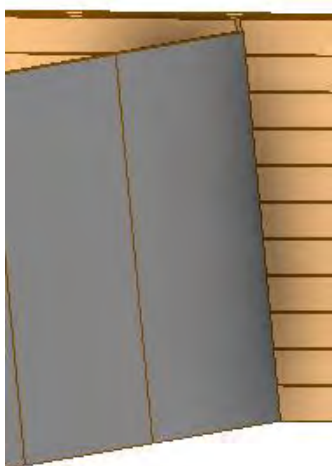
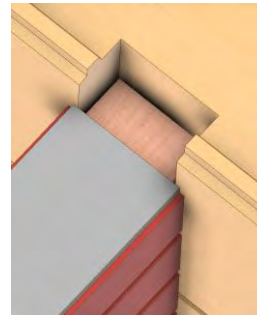
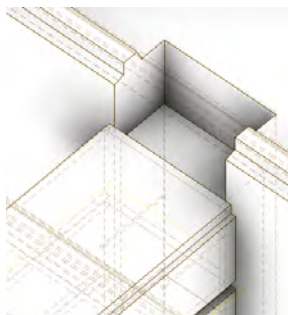
Kaurat tehdään ikkuna- ja oviaukkojen molemmille sivuille karapuuta varten. Karauria käytetään myös, kun hirsiseinä liitetään painumattomaan väliseinään.



Karapuut ikkuna-aukossa.



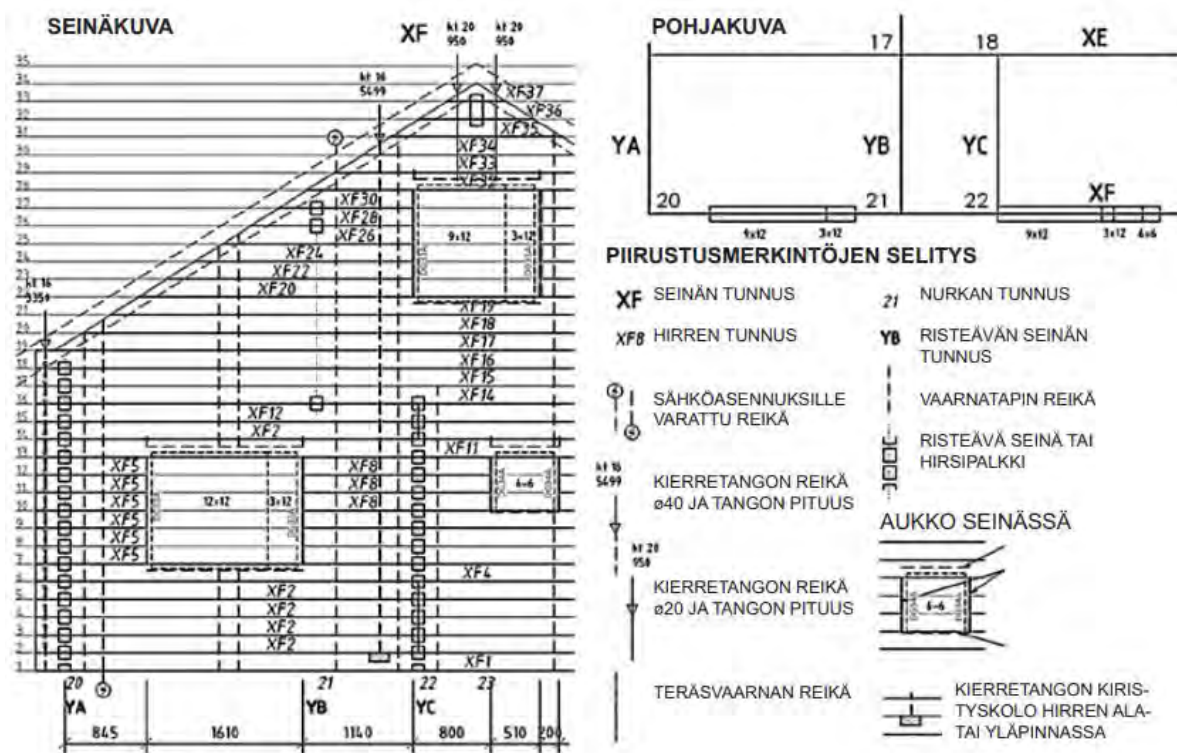
Tiiliseinä liitetään hirsikehikkoon siten, että tiilien vaakasaumat kiinnitetään karapuuhun nauloilla tai ruuveilla. Tiiliseinää ei saa kiinnittää suoraan hirsikehikkoon. Tiiliseinän yläpäähän on jätettävä painumavara kuten kevyessä väliseinässä.



Kevyt väliseinä liitettynä hirsikehikon karauraan. Väliseinän pää on tehty kaksoistolpalla (naulattu yhteen), joista toinen tolppa on karaurassa. Väliseinän päähän on jätettävä painumavara. Yläpää jää yleensä yläpohjan koolaustilaan, joten se ei jää näkyville. Yläpään voi tarvittaessa kiinnittää esim. ohuelle naulalla kiinni kattorakenteisiin, mikäli liitos mahdollistaa painuman.

Hirsiseinäkaavio

Hirsiseinäkaaviossa esitetään hirsitunnukset ja hirsiiin tehtävät tehdastyöstöt. Tehtaalla tehtäviä työstöjä ovat salvokset, reiät kierretankoja, tapituksia ja sähkövarauksia varten, karaurat ja mahdolliset hirsien pään muotoilut kuten viisteet.



Hirsiseinäkaavio, kuva Kontiotuote Oy

Hirsiliitokset pitkästäissuunnassa / jatkoslevy

Pitkissä seinissä joudutaan usein liittämään kaksi tai useampi hirsi toisiinsa. Seinähirret voidaan liittää salvoksien kohdalta ns. puolisalvoksella, tappipäisellä suoralla pusku-liitoksella, vinojatkoksella tai lohenpyrstöliitoksella. Puolisalvoksessa käytetään teräksistä jatkoslevyä sitomaan hirret toisiinsa. Jatkoslevy kiinnitetään hirsiiin naulaamalla tai ruuvaamalla. Pusku- ja vinoliitoksissa voidaan käyttää puu- tai teräsvarnoja. Jatkokset tiivistetään ja eristetään normaalin salvoksen tavoin.

Tiiviste

Tiiviste sijoitetaan hirsien väliin hirsien alapinnassa oleviin varauksiin. Sen päätehtävä on estää haitallisia ilmapuotoja. Tiivisteinä käytetään esimerkiksi suulakepuristettua umpisoluista polyeteeninauhaa.

Följäri

Korkeat hirsiseinät voivat nurjahtaa ja pitkät lommahtaa. Näiden estämiseksi käytetään följäreitä. Se on pystysuuntainen tukipuu, joka kiinnitetään hirsikehikkoon joko toiselle tai molemmiin puolin. Mikäli följärit tulevat molemmiin puolin seinää, ne yleensä kiinnitetään toisiinsa pulttien välityksellä. Toispuolinen följäri kiinnitetään suoraan kehikkoon.

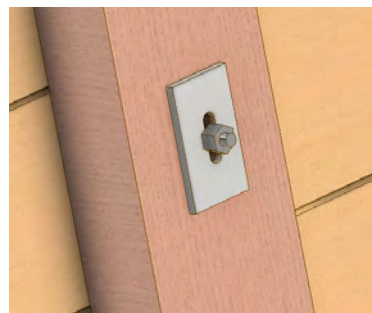
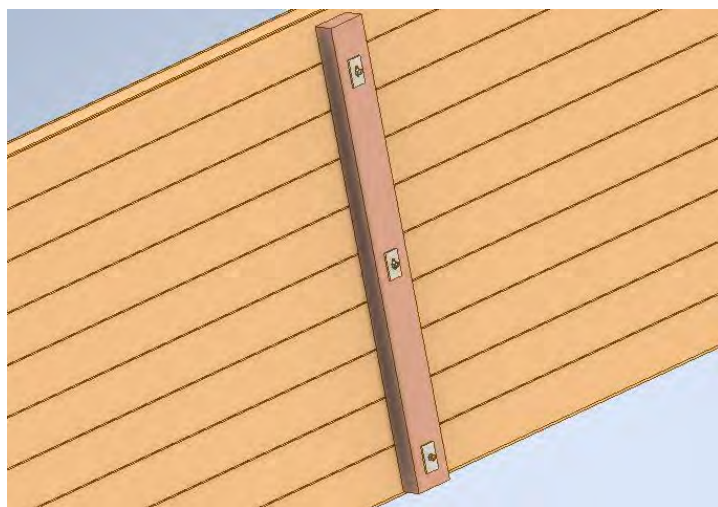
Följäreitä käytettäessä pitää ottaa huomioon hirsien painuminen. Tämä toteutetaan käyttämällä pulttien tai ruuvien kiinnittämiseen aluslevyjä, joissa on ”soikean” muotoiset tai suorakulmaiset reiät. Myös följäreihin tehdään vastaavat reiät. Näin pultti pääsee laskeutumaan hirren painumisen mukaan. Kehikon alin pultti kiinnitetään kehikkoon normaaleilla aluslevyillä. Painumatonta hirttä käytettäessä följärit voidaan kiinnittää kiinteästi kehikkoon.

Mikäli följäri on läpipultattu, hirren läpi menevän reiän halkaisijan on oltava sama kuin pultin halkaisija, jotta hirsikehikkoon ei synny ilmapuotoja. Hirren ja följärin väli on eristettävä kiinnityskohdasta esimerkiksi ohuella mineraalivillakaistalla

Läpipulttaus aiheuttaa myös ns. kylmäsillasta aiheutuvan lämmönjohtumisen.

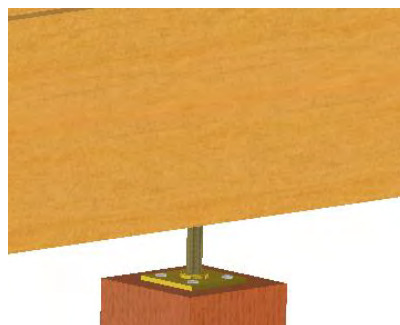
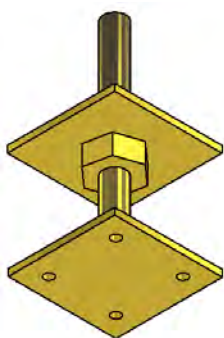
Lämmönjohtumisesta aiheutuvia haittoja voidaan pienentää asettamalla följärit väliseinän kohdalle tai kiinnittämällä ne ala-, väli- ja yläpohjan kohdalta toisiinsa.

Korkeassa kehikossa voidaan käyttää myös följäreitä, joiden lähtökorkeudet ovat eri tasolla. Näin voidaan pienentää aluslevyjen ja följäreiden painumisvaraa. Följärit pitää tässä tapauksessa limittää niin, että kehikko on jokaisesta hirsikerrasta riittävästi jäykistetty.



Kierrejalka (säätöjalka)

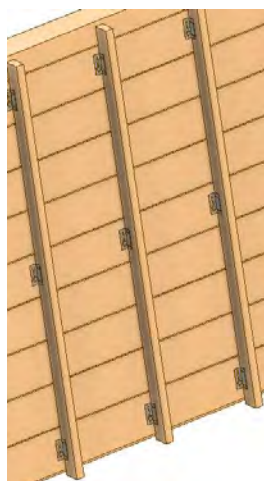
Kierrejalkaa käytetään painumattomien rakenteiden tukemiseen. Tällaisia rakenteita ovat pilarit ja kantavat väliseinät. Kierrejalan tanko asennetaan reikään, joka on tehty joko hirteen tai siihen liitettävään painumattomaan rakenteeseen. Reiän pitää olla riittävän syvä tarvittavan säätövaran varmistamiseksi. Kierrejalan molemmissa päissä on teräslevyt. Alempi teräslevy kiinnitetään painumattomaan rakenteeseen ruuveilla ja ylempi asennetaan tiiviisti kehikon alaosan mutterin varaan.



Säätöjalka ja säätöjalka asennettuna.

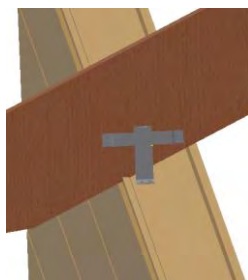
Liukukulmarauta

Liukukulmarautoilla kiinnitetään lisälämmöneristys tai muu painumaton rakenne kiinni hirsikehikkoon. Liukukulmaraudat mahdollistavat hirren painumisen. Alimpaan hirteen voidaan käyttää normaalia kulmarautaa. Painumattomia hirsitä käytettäessä liukukulmarautoja ei tarvita.



Liukukiinnike

Liukukiinnikkeitä käytetään hirsikehikon ja kattovasojen liitoksissa, kun yläpohjarakenteena käytetään palkkeja. Kattopalkit pyrkivät painumisen seurauksena aiheuttamaan kehikon työntymistä yläosasta ulospäin. Tämä eliminoidaan käyttämällä liukukiinnikkeitä. Kattopalkkien harjaliitokset voidaan tehdä jatkoslevyillä kuten painumattomissa rakenteissa. Naulalevyristikot voidaan kiinnittää kehikkoon normaaleilla kulmarautoilla, koska ne kiinnitetään kehikkoon samalta korkeustasolta. Painumattomia hirsitä käytettäessä liukukiinnikkeitä ei tarvita.



10.5 Hirsi kantavana rakenteena (Puuinfo Oy)

Seinän ominaisuudet

Hirsirakenteiset rakennusosat voidaan toteuttaa pelkillä hirsillä ilman muita rakennekerroksia. Joissakin tapauksissa rakennusosilta vaaditaan parempaa ääneneristävyyttä, jolloin hirsiseinään joudutaan lisäämään levymäisiä rakennekerroksia ääniteknisen toiminnan näkökulmasta. Samoin menetellään paloteknisten vaatimusten näkökulmasta joissakin tapauksissa (esim. suojaverhoukseenlevytys).

Teollisesti valmistettu hirsiseinä on massiivipuuseinä, jossa hirret voivat olla lamellihirsiä (lamellit samaan suuntaan) tai painumattomia hirsiiä (lamellit ristissä). Painumattomasta hirrestä valmistettu seinä toimii CLT seinän tapaan, jossa pystysuuntaiset lamellit kantavat pystykuorman.

Käytettäessä hirttä sellaisenaan se muodostaa sisäpinnan, kantavan rungon, lämmöneristysten ja ulkoverhouksen. Hirsien välisten saumojen tiivistämiseen käytetään tähän tarkoitukseen suunniteltuja tiivisteitä, joille hirressä on ura tms. varaus. Näin ollen hirsien väliset saumat eivät ole rakennuksen ilmatiiviyyden kannalta merkityksellisiä. Merkityksellisempää on se, kuinka tiiviitä ovat hirsiseinän perustusliittymät, yläpohjaliittymät, ikkuna- ja oviliittymät sekä läpiviennit ulkovaipassa.

Rakennetyypit

Hirttä käytetään pääasiassa seinärakenteissa. Hirsitalon ala-, väli- ja yläpohjarakenteet voidaan toteuttaa kuten yleensä puurakentamisessa.

Kokohirsiset rakennetyypit ovat yksinkertaisia. Suunnitelmissa määritellään seinältä vaaditut ominaisuudet, hirren ja sauman muoto sekä mahdolliset pintakäsittelyt. Varauksen muoto ja tiivistys sekä hirren paksuus määräytyvät haluttujen ominaisuuksien mukaan.

Ulkoseinissä hirttä voidaan käyttää joko sellaisenaan tai lisäeristettynä. Mitä paksumpi hirsi valitaan, sen paremmat energia-, palo- ja äänitekniset ominaisuudet sillä voidaan saavuttaa. Ominaisuuksiin vaikuttavat myös varauksen muoto ja tiivistys. Eri paksuisilla ja muotoisilla hirsillä saavutettavista ominaisuuksista saa lisätietoa hirsien valmistajilta.

Väliseinissä olennaista on se, että hirren korkeus ja pystysuuntainen rakenne ovat samat kuin ulkoseinissä samansuuruisen painumisen varmistamiseksi. Varauksen muodolla ja tiivistyksellä sekä hirttä paksuntamalla voidaan parantaa hirsisen väliseinän ääneneristävyyttä. Hirrestä voidaan tehdä myös huoneistojen välisiä seiniä.

Liitokset

Lujuuteen liittyvien ominaisuuksien lisäksi liitoksissa tulee kiinnittää erityistä huomiota ilmatiiviyteen. Ilmavuotojen estäminen on keskeistä pyrittäessä hyvään energiatehokkuuteen. Liitosten tulee säilyttää tiiviytensä painumien aiheuttamista muodonmuutoksista huolimatta. Pitkäaikaiskestävyyden kannalta on keskeistä estää myös veden johtuminen rakenteisiin.

Salvokset tulee eristää siten, että eristekaista asennetaan koko salvoksen ympäri. Lisäksi salvos on tiivistettävä esimerkiksi polyeteeninauhalla.

Perustusliitos

Perustusliitos suositellaan tehtäväksi alaohjauspuun avulla. Sen avulla rakennuksen seinien tarkat paikat on painavaa hirttä kevyempi mitata paikalleen perustusten päälle. Perustusten

päälle asennetaan kapillaarisen kosteuden nousun estävä kaista, esimerkiksi bitumihuopa. Ennen alaohjauspuiden asentamista on perustuksen vaakasuoruus tarkistettava ja suoristettava esimerkiksi käyttämällä 1-6 mm:n teräslevyjä riittävän tiheästi. Alaohjauspuu tiivistetään ja kiinnitetään hyvin perustusta vasten. Bitumihuovan ja alaohjauspuun sauma voidaan tiivistää liimatiivistysmassalla alaohjauspuuta asennettaessa. Tällöin alajuoksun alalappeelle pursotetaan ennen asennusta massanauha.

Alaohjauspuun ulkoreunaan voidaan tarvittaessa kiinnittää peltilista, joka siistii sauman peittämällä sokkelin rappauksen yläreunan ja bitumihuopakaidan. Perustusten yläpuolinen tippanokka voi olla tarpeen myös siksi, että hirsitalossa julkisivu ei välttämättä tule sokkelin päälle kuten lautajulkisivu. Alin hirsi kiinnitetään alaohjauspuuhun hirren läpi ruuvaamalla. Alimman hirren alle asennetaan EPDM-tiiviste, jolloin se jää tasaisten pintojen väliin. Rossipohjassa alapohjapalkit ovat helppo latoa ja kiinnittää tasaisen alaohjauspuun päälle.

Välipohjaliittymä

Välipohjaliittymä suositellaan tehtäväksi siten, että palkkien päät kannatetaan sitä varten hirsiseinään tehtyihin loviin. Palkit asennetaan hirsikehikon asennuksen yhteydessä ja ne kiinnitetään hirsiseinään päältä ruuvaamalla. Samalla seinäliitoksesta tulee siisti, mikäli palkit halutaan jättää alapuolelta näkyviin. Välipohjarakenne päätetään haluttujen ominaisuuksien perusteella.

Palkkiyläpohjan liitos

Palkkiyläpohjan liitoksessa ulkoseinään on olennaista varmistaa, että liitos mahdollistaa painuman aiheuttaman yläpohjapalkkien liikkeen. Naulalevyristikkorakenteisen yläpohjan liitos ulkoseinään ei poikkea muusta puurakentamisesta.

Ikkunoiden ja ovien liittymät

Painumien hallinnasta johtuen hirsirakentaminen johtaa usein paksuihin peitelautoihin ikkunoiden ja ovien ympärillä. Nykyinen työstöteknologia mahdollistaa kuitenkin hirsien muotoilun siten, että ikkunat ja ovet voidaan asentaa myös ilman ulkopuolisia peitelautoja. Aukkojen yläosassa suositellaan käytettävän vaakapuuta, johon karmi kiinnitetään ja tiivistetään.

Huoneistojen välinen hirsiseinä

Huoneistojen välinen hirsiseinä tehdään kaksinkertaisena hirsirakenteena. Hirsikerrosten väli yleensä eristetään. Joillain valmistajilla on tätä varten tarjolla oma hirsityyppi, jossa varauksen muotoilussa on kiinnitetty erityistä huomiota tiiviyyteen.

Lisäeristetty ulkoseinä

Ulkoseinien lisäeristys suositellaan tehtäväksi ulkopuolelle. Sen kiinnityksessä tulee ottaa huomioon seinän painuminen. Sisäpuolista lisäeristystä käytettäessä rakenne tulee varustaa erillisellä höyrynsululla.

Soveltuvuus kantavana runkona

Rakennus voidaan toteuttaa kokonaan hirsirunkoisena. Käytännössä hirsirakenteisia rakennusosia ovat ulkoseinät ja kantavat väliseinät. Vaakarakenteet ovat usein palkki- ja ristikkorakenteisia. Myös massiivipuulevyjä voidaan käyttää hirsirungon yhteydessä. Tyypillisesti tällaisia rakennusosia ovat jäykistävät rakennusosat, hissikuilut yms.

10.6 Hirsirakennusten kantavat ja osastoivat rakenteet (Puuinfo Oy)

Haluttaessa tuuletettu alapohjarakenne, suositellaan käytettäväksi koneellisesti tuuletettua lämpöalapohjaa. Tällaisessa alapohjassa lämmöneristys sekä kosteus- ja radonkatkot ovat ryömintätilan maanpinnalla, jolloin ryömintätila on tavallaan rakennuksen sisätilaa. Tällä tavalla saadaan kosteusteknisesti turvallinen alapohjarakenne.

Hirsiulkoseinä voidaan suunnitella myös lisäeristettynä. Suositeltavaa on, että lisäeristys tehdään ulkopuolelle. Se nostaa puuosien lämpötilaa parantaen näin ulkoseinän kosteusteknistä toimivuutta. Ulkopuolisen lisäeristyksen tapauksessa rakennukseen tarvitaan erillinen ulkoverhous, jonka käyttö on joissakin tapauksissa suositeltavaa myös massiivihirsiseinää käytettäessä.

Massiivisuudesta huolimatta hirsiseinän ääneneristävyyks on suhteellisen heikko ($R'w = 35...44$ dB). Mikäli halutaan saavuttaa esimerkiksi $R'w = 55$ dB, tulee hirsiseinään tehdä erillisiä rakennekerroksia äänitekniikan parantamiseksi. Ääneneristävyttä voidaan parantaa mm. levyrakenteilla tai käyttämällä erillistä rankaseinärakennetta. Ääneneristävyyksvaatimuksista riippuen levy voi olla kipsi- tai puulevy. Rankaseinän pintaan voidaan asentaa esimerkiksi hirttä muistuttava lautaverhous, jolloin seinä näyttää molemmilta puolilta samanlaiselta. Seinä voidaan jättää myös levypintaiseksi, jos tämä soveltuu tilan arkkitehtuuriin.

Huoneistojen välinen välipohja (HVP)

Hirsirungossa voidaan käyttää kaikkia puurunkoisia välipohjia. Erityisesti tulee kiinnittää huomiota välipohjan liittymiseen kantaviin seiniin kosteus-, lämpö- ja lujuusteknisesti. Huoneistojen välisellä seinällä haasteellisin suunnittelu- ja toteutustehtävä on ääniteknisen tiiveyden toteuttaminen välipohjan kohdalla.

Yläpohja (YP)

Hirsirungossa voidaan käyttää kaikkia puurunkoisia yläpohjatyyppejä. Erityisesti tulee kiinnittää huomiota yläpohjan toimintaan palotilanteessa. P1- ja P2-paloluokissa ullakko tulee osastoida alapuolisessa tilasta (kerrossosastointi). Näin ollen tulee huomioida sekä huoneistopalon että ullakkopalon vaikutus yläpohjan rungon kantavuuteen palotilanteessa. Kerrossosastointi voidaan tehdä yläpohjan rungon alapinnassa olevalla levytyksellä. Kyseinen levytys kannattaa hyödyntää myös rungon palosuojaukseen yläpohjan alapuolista paloa vastaan. Suunnitteluhaasteena on tavallisesti ullakkopalo, jonka seurauksena menetetään myös yläpohjan rungon stabiliteettituentoja (esim. ristikköyläpohjassa ruoteet). Edellä esitetyt seikat koskevat myös yläpohjan onteloa, joka on osastoitu alapuolisesta tilasta.

Hirsikerrostalo

Hirrestä voidaan rakentaa myös hybridirakenteisia kerrostaloja. Tässä rakentamistavassa kantavan ulkorungon muodostavat painumattomat hirret ja teräsbetonirakenteinen sisäkerros toimii jäykistävänä rakenteena sekä palonsuojana.



Hirsikerrostaloja iltavalaistuksessa, kuva Kontiotuote Oy.

10.7 Sahatavaran esikäsittelyvaiheet hirren valmistuksessa

Sahatavara lujuuslajitellaan, sormijatketaan ja höylätään ennen liimaamista. Lujuuslajittelu on käsitelty kohdassa 3.4, sormijatkaminen kohdassa 3.5 ja höyläminen kohdassa 3.6.

Höylätyt lamellit on liimattava 24 tunnin kuluessa höyläyksestä. Kutterin jälki ei saa olla 25 mikrometriä syvempi. Höyläysasetuksia asetettaessa on myös huomioitava höyläyksen syöttönopeus, jolla on vaikutus aallonpituuteen.



Kuivattu sahatavara tulee sormijatkettavaksi laadunvalvonnan kautta. Laadunvalvonnassa mitataan automaattisesti sahatavaran kosteus ja laatu. Vain kriteerit täyttävä sahatavara sormijatketaan. Kuva Kontiotuote Oy.



Hirsilamellit kuljetetaan höyläykseen lamellien sormijatkamisen jälkeen. Pinta- ja keskilamellit eritellään nippuihin. Visuaalisista syistä pintalamellit ovat keskilamelleja parempaa laatua. Lamellien nostot tehdään paineilmanostimilla kolhujen välttämiseksi. Kuva Kontiotuote Oy.

10.8 Hirsiaihioiden liimaaminen

Hirsiaihiot liimataan sahatavaran lapepuolelta kiinni toisiinsa. Normaalissa höylähirressä kaikki lamellit liimataan saman suuntaisesti. Painumattomassa hirressä yksi tai useampi keskilamelli liimataan hirren leveyssuunnassa. Liimatyyppinä on yleistynyt ympäristöystävällinen polyuretaaniliima.



Sahatavara liimataan aihiksi valvonnan alaisena. Ennen liimaamista tarkistetaan suuttimien toiminta ja niistä tuleva liimamäärä. Liimauksen onnistumisen kannalta lämpötilan ja ilman suhteellisen kosteuden on oltava määräysten mukaiset. Kuva Kontiotuote Oy.



Hirsilamellit hirsiaihioksi ja puristetaan hydraulisilla puristimilla. Liimattaville pinnoille ruiskutetaan liima, jonka jälkeen ne siirtyvät puristimeen. yhdessä puristuserässä valmistuu useamman hirsitalon ahiot samalla kertaa. Kuva Kontiotuote Oy.

10.9 Hirsien työstäminen

Hirsien työstämiseen käytetään siihen tarkoitettuja erikoiskoneita, joita kutsutaan salvoskoneiksi. Salvoskoneet ovat automatisoituja työstölinjoja, joissa voidaan hirsiin työstää salvosten lisäksi reiät, karaurat, varaukset ym. Salvoskoneita on erilaisia ja myös niiden ohjaus ja käyttäminen vaihtelevat konetyyppikohtaisesti.



Hirsien työstäminen tehdään ns. salvoskoneella, jossa salvosten lisäksi hirsiin tehdään reiät, karaurat ym. hirsien asentamiseen tarvittavat työstöt.

Kuva Pinomatic / Makron

Salvostyöstöt

Tavallisin salvostyyppi on ns. pitkänurkkasalvos. Hirren päästä noin 200–300 mm:n etäisyydelle tehdään ylä- ja alapintaan samansuuruiset kolot, johon kohtisuorasta seinästä tulevat hirret voidaan asentaa sekä ylä- alapuolelle. Salvosten väliin jää noin 4–6 mm:n eristysvara. Lisäksi salvosten sivuille tehdään eristysvara, jotta salvos saadaan tiiviiksi. Salvoksesta voidaan tehdä pelkkä yläsalvos, mikäli liittyvä hirsi tulee ainoastaan yläpuolelle. Vastaavasti voidaan tehdä alasalvos, mikäli liittyvä hirsi tulee ainoastaan alapuolelle. Pitkänurkkasalvosta käytettäessä risteävät hirret limittyvät toisiinsa puolen hirsikerran verran.



Hirsien työstöä salvoslinjalla, kuvat Pinomatic / Makron

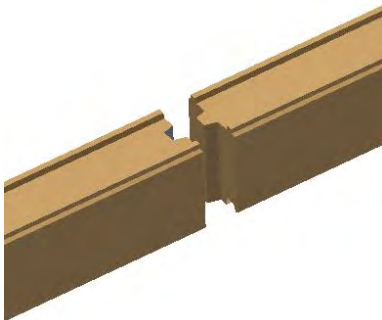


Pitkänurkkasalvoksen
työstöä, kuva Kontiotuote Oy



Valmiita
pitkänurkkaliitoksia,
kuva Kontiotuote Oy

Lohenpyrstösälvosta käytetään, kun halutaan tehdä ns. citynurkka ilman nurkkajatkoksia. Lohenpyrstösälvosta käytettäessä hirret tulevat yleensä samalle tasolle risteävissä nurkissa. Lohenpyrstösälvostyyppit vaihtelevat valmistajakohtaisesti. Lohenpyrstösälvos voidaan toteuttaa myös siten, että siihen risteävä seinä on pitkänurkalla.



Lohenpyrstöliitoksia: vasemmalla hirsien jatkos ja oikealla nurkkaliitos pitkänurkalla.

Varaukset, vaarnaukset ja karaurat

Varaukset, vaarnaukset ja karaurat tehdään hirsiin piirustuksien mukaan. Yleensä nämä on esitetty seinän tasokuvissa.

LVIS-työt

Talotekniikkavaraukset, palo ja äänitekniset läpiviennit sekä sähköputkien vaatimat reiät työstetään valmiiksi tehtaalla. Reikien tekeminen työmaalla on vaikeaa ja aikaan vievää työtä.

Salvoksen ja hirsiurien eristäminen



Hirren ulkopinnan puoleiseen ponttiin tulee tiivistenauha, joka estää sateesta tulevaa kosteutta tulemasta sisäpuolelle hirsien saumakohdasta. Tiivisteenä käytetään EPDM-kaistanauhaa tai vastaavaa materiaalia.

Sisäpuoliseen uraan asennetaan ohut lämmöneristekaista, joka tekee saumasta ilmatiiviin ja estää näin lämmön johtumisen konvektiona.



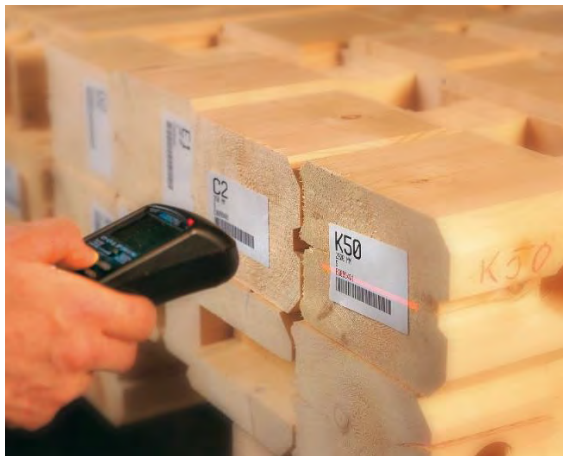
Hirsien nurkkasalvokset tiivistetään ja eristetään, jotta nurkasta tulisi mahdollisimman tiivis. Tiivisteenä käytetään yleensä EPDM-kaistanauhaa ja eristeenä on ohut mineraalivillakaista tai polyeteeninauha.

10.10 Hirsirakenteiden toimittamiseen tarvittavat toimenpiteet

Hirsien nostot ja siirrot

Hirsien nostoissa voidaan käyttää esimerkiksi nostoliinoja, nostokoukkuja, saksitarraimia tai muita käyttöön soveltuvia nostoapuvälineitä. Nostoissa on huomioitava nostoapuvälineiden kapasiteetin riittävyys. Nosto- ja siirtolaitteita koskevat säädökset perustuvat työturvallisuuslakiin sekä valtioneuvoston asetukseen työvälineiden turvallisesta käytöstä ja tarkastamisesta.

Hirsien siirroissa on huomioitava, ettei niihin synny nostojen ja siirtojen aiheuttamia näkyviä vaurioita esimerkiksi trukiin nostopiikeistä. 240x260 mm:n paksuinen ja 12 m:n pituinen hirsi painaa noin 350 kg riippuen puun kosteudesta.



Jokaiselle hirrelle on oma tunnus ja viivakoodi, joiden perusteella hirret asennetaan hirsikehikkoon. Näiden perusteella hirret pakataan asennusjärjestykseen ja koodista luetaan tiedot paketoitua varten.

Kuva Kontiotuote Oy.

Kuivaketju ja paketointi

Kuivaketju10 on rakennusprosessin kosteudenhallinnan toimintamalli, jolla vähennetään kosteusvaurioiden riskiä rakennuksen koko elinkaaren ajan. Kosteusriskien hallinta perustuu ketjuun, jossa riskit torjutaan rakennusprosessin kaikissa vaiheissa ja torjunnan onnistuminen todennetaan luotettavalla tavalla. Toimintamalli sisältää Kuivaketju10-riskilistan ja -todentamisohteen, joissa on esitetty kymmenen keskeisintä kosteusriskiä. Näiden kosteusriskien hallinnalla vältetään yli 80 prosenttia kosteusvaurioiden seurannaiskustannuksista.

Kuivaketjutoiminta alkaa jo hirsitalotehtaalta, jossa hirret paketoitaan huolellisesti suojausmateriaalilla kuljetuksen ja työmaavarastoinnin ajaksi, jotta niihin ei pääse kosteutta. Samalla hirret suojataan myös lialta ja kolhuilta. Hirsipakkaukset merkitään tunnuksin, jotta ne ovat helppo tunnistaa työmaalla.

Kuivaketju10 on esitetty tarkemmin kohdassa 6.2.

Kuormaukset

Hirret kuormataan ajoneuvoyhdistelmään, kuljetuskonttiin tai muuhun vastaavaan tavarankuljetusta tarkoitettuun ajoneuvoon esimerkiksi kuormauskaavion mukaisesti. Kuormauskaavio laaditaan siten, että hirret voidaan purkaa kuormasta oikeassa järjestyksessä, jotta ne voidaan joko asentaa suoraan kuormasta paikalleen tai ne saadaan oikeassa järjestyksessä varastoitua asennusta ajatellen. Toinen kuormauskaavio laadinnan peruste on se, että kuormatut hirret saadaan kuormattua siten, että ne vievät mahdollisimman vähän tilaa. Näin saadaan kustannussäästöjä kuljetuksesta.

Rakennusmateriaalien keräys

Asennus- ja muut tarvikkeet kerätään mukaan toimitukseen materiaalilistan mukaan. Toimitukseen sisältyvät yleensä ainakin hirsien kiinnitystarvikkeet. Muut toimitettavat tarvikkeet ovat tehdas- ja toimituskohtaisia sopimuksen mukaisesti.

Toimitusasiakirjojen laadinta

Toimitukseen liitetään mukaan rahtikirja. Rahtikirjaan merkitään seuraavat tiedot:

- lähetysten maksajan tiedot,
- lähettäjän nimi ja yhteystiedot,
- vastaanottajan nimi ja yhteystiedot,
- tavarankuormituksen sisältäen myös mahdollisten vaarallisten aineiden kuljetukseen liittyvät lisämerkinnät,
- tavarankuormituksen kokonaispaino,
- kuormituksen lukumäärä,
- tilauksen päivämäärä,
- kuljetusliikkeen nimi ja
- kuormituksen yksilöivä tunnistus.

Rahtikirja on myös todiste kuljetustilauksen luomisesta ja kuljetussopimuksen syntymisestä.

10.11 Hirsien laadunvarmistus- ja hyväksyntämenetelmät

Hirsien laadunvarmistustoimenpiteet

Delaminointitesti on tarkoitettu kantaville puurakenteille, jotka on liimattu tyyppi I liimoilla (esimerkiksi EPI, PUR tai MUF). Kyseinen testi tehdään standardien EN 14080 (lamellihirsi ja liimapuu) tai EN 16351 (CLT) mukaisesti, jossa liimattu puukappale rasitetaan ali- ja ylipaineelle vedellä täytetyssä painekattilassa ja kuivataan kuumassa olosuhdekaapissa vakioidussa ilmavirrassa. Delaminointitestin tarkoituksena on varmistaa hirren liimasaumojen kestävyys pitkäaikaisesti lämpö- ja kosteusrasituksissa. Testi tehdään näköhavaintojen perusteella eikä sillä saada lukuarvoihin perustuvaa tietoa.

Delaminointikokeessa koekappale upotetaan veteen (lämpötila 65...75 °C) ja mahdollinen ilma poistetaan puun sisältä alipaineella. Säiliöön lisätään painetta (vähintään 600 kPa), jonka johdosta vesi tunkeutuu puun soluihin ja liimasaumat aukeavat. Kuivatuksen jälkeen mitataan auenneiden liimasaumojen pituudet. Tämän jälkeen liimasaumat halkaistaan ja siitä arvioidaan liiman prosentuaalinen määrä. Arvio perustuu visuaaliseen arvioon eikä siitä tehdä tarkkoja mittauksia. Testituloksista tehdään raportti, joka on arkistoitava. Myös testikappaleet on numeroitava ja arkistoitava.



Delaminoinnin painekattilavaihe, kuva Kontiotuote Oy.

Hirsien vaatimustenmukaisuuden osoittaminen

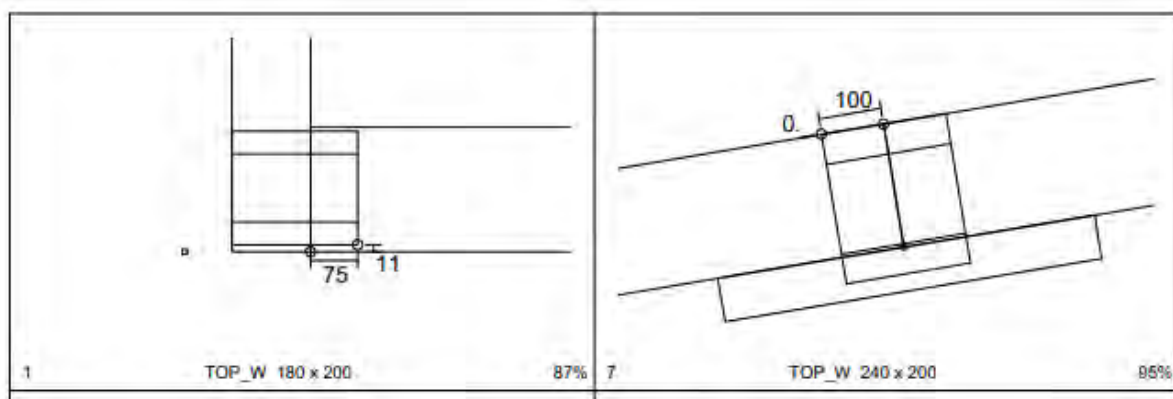
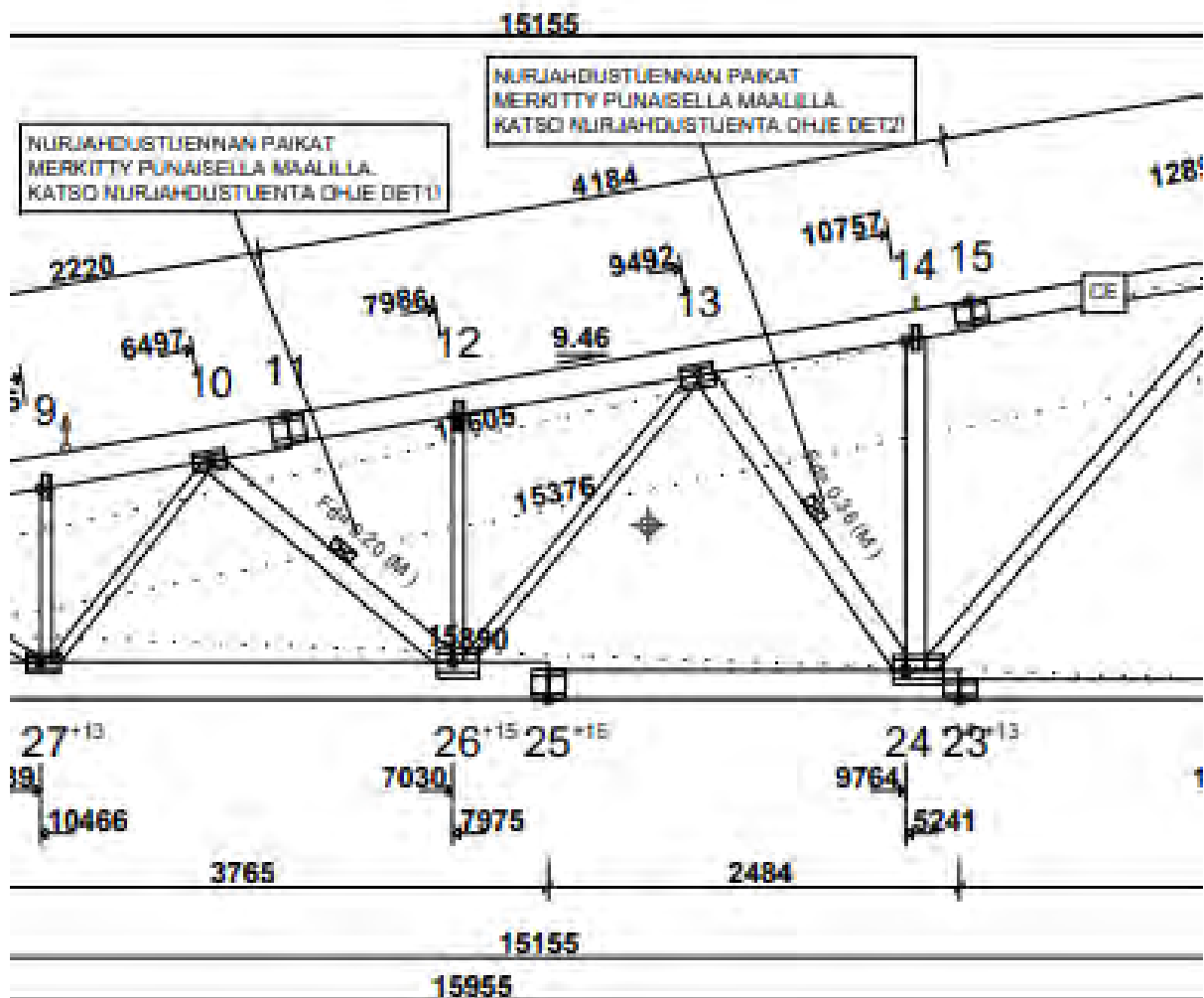
Hirret voidaan CE-merkitä eurooppalaisen teknisen arvioinnin (EAD 130022-00-0304, 2015-04) perusteella. Menettely on valmistajalle vapaaehtoinen.

CE-merkittyjen tuotteiden vaatimustenmukaisuus voidaan todeta CE-merkintään kuuluvasta suoritustasoilmoituksesta (DoP), jossa tuotteelle ilmoitettujen ominaisuuksien tulee täyttää niille suunnitelmassa asetetut rakentamismääräysten edellyttämät toiminnalliset vaatimukset.

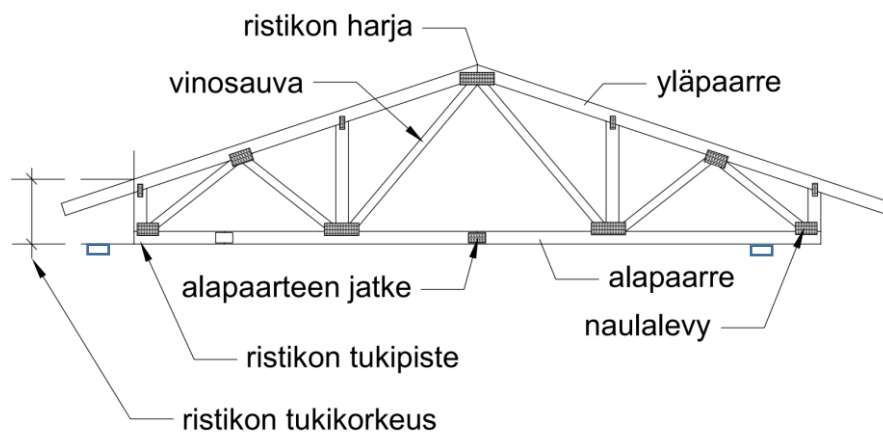
Vaihtoehtoisesti hirren kelpoisuus voidaan osoittaa kansallisesti valmistuksen laadunvalvonnalla, koska hirsirakenteille ei ole tyyppihyväksynnän edellyttämää asetusta eikä varmennustodistuksen arviointiperusteita (laki eräiden rakennustuotteiden hyväksynnästä).

Lisäksi rakennusvalvontaviranomaisella on mahdollisuus edellyttää rakennustuotteen rakennuspaikkakohtaista varmentamista silloin, kun rakennustuotteen kelpoisuutta ei ole muulla tavalla osoitettu ja on syytä epäillä, ettei rakennustuote täytä sille säädettyjä olennaisia teknisiä vaatimuksia.

11 Naulalevyrakenteiden valmistus



11.1 Naulalevyrakenteiden käsitteitä



Naulalevyrakenne / NR-rakenne:

Naulalevyrakenne on naulalevyistä ja mitallistetusta sekä lujuuslajitellusta sahatavarasta mekaanisin liitoksin teollisesti valmistettu ja rakenteellisesti mitoitettu puurakenteinen kokoonpano. Rakenteella tarkoitetaan molemmiin puolin tehdyllä naulalevyliitoksella valmistettuja kattotuoleja eli ristikoita, kehiä ja vaarnapalkkeja. Naulalevyrakennetta käytetään yleensä kantavana puurakenteena. NR-rakenteet valmistetaan kyseiseen tuotantoon erikoistuneissa tehtaissa ulkopuolisen laadunvalvonnan alaisena.

Naulalevy

Naulalevyt ovat erityisesti suunniteltu kattoristikoiden tekemistä varten. Terävien piikkien tarkoituksena on puristua puuhun kiinni kestäväällä liitoksella. Naulalevyjen raaka-aineena käytetään kuumasinkittyä ohutrakenneterästä. Naulalevyt asetellaan suunnitelmassa näkyvään liitoskohdan molemmille puolille. Tämän jälkeen ne puristetaan kiinni rullapuristinta tai c-puristinta käyttämällä.

Kattoristikko / kattokannatin / kattotuoli

Kattoristikko on tavallisin naulalevyrakenteinen ristikkokokonaisuus, jonka tehtävä on kantaa rakennuksen yläpohjalle ja/tai vesikatolle määrätyt kuormitukset kuten vallitsevan lumikuorman.

Alapaarre

Alapaarre on NR-rakenteisen ristikon, esimerkiksi kattoristikon alapinnassa oleva osa, jonka tarkoitus on yhdistää ja sitoa ristikon muut osat toisiinsa ristikon alaosassa. Alapaarre toimii myös sisäkaton kantavana osana. Alapaarreen pituus määräytyy yleensä kantavan rungon ulkomitan mukaan.

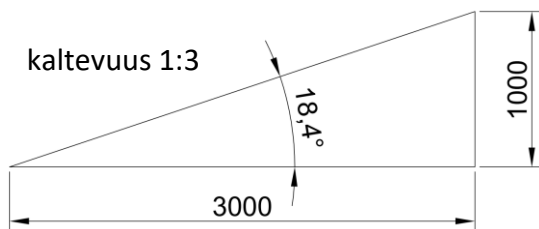
Yläpaarre

Yläpaarre on NR-rakenteisen ristikon yläpinnassa oleva osa, jonka tarkoitus on yhdistää ja sitoa ristikon muut osat toisiinsa ristikon yläosassa. Yläpaarre toimii myös vesikaton rakenteiden kantavana osana.

Tukikorkeus

Tukikorkeus on korkeus, joka mitataan ristikon alapaarteen alanurkasta pystysuoraan ylöspäin yläpaarteen yläpintaan. Mikäli kyseessä on lämmin tila, tukikorkeuden on oltava yleensä vähintään eristeen paksuus + tuuletusväli reunalla (noin 100 mm). Esimerkiksi jos välipohjassa on eristettä 400 mm ja tuuletusväli reunalla 100 mm, niin tukikorkeudeksi saadaan 500 mm. Ristikon jännevälin kasvaessa tukikorkeutena täytyy käyttää suurempaa arvoa, jotta ristikko on rakenteellisesti mahdollista toteuttaa.

Kaltevuus

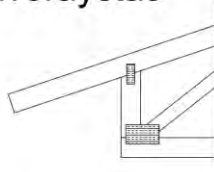


Kaltevuus ilmoitetaan yleensä suhdelukuina esim. 1:3 (18,43 astetta) tai 1:2,5 (21,8 astetta). Esimerkiksi 1:3 kaltevuus muodostuu siten, että edetessä vaakasuunnassa 3 metriä nousua on 1 metri. Kaltevuus valitaan rakennuslupakuvissa olevan kattokaltevuuden mukaisesti. Kaltevuus voidaan ilmoittaa myös asteina tai päämittojen avulla.

Kaltevuudet suhteina ja asteina										
suhdelukuna	1:1	1:1,25	1:1,5	1:2	1:2,5	1:3	1:4	1:6	1:9	1:15
asteina	45,0	38,7	33,7	26,6	21,8	18,4	14,0	9,5	6,3	3,8

Räystääsmuodot

avoräystäs



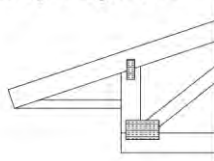
suorakulmainen



pystysuora



umpiräystäs



viistetty



Räystäästyyppejä on kahdenlaisia, avoräystäs ja umpiräystäs. Räystäään päään muoto voi olla joko suorakulmainen tai pystysuora. Räystäään pää voi olla myös osittain viistettynä.

Palkkikolo

Palkkikolo on ristikon päissä oleva "loveus", johon ristikko tuetaan. Jos halutaan saada kantava palkki piiloon ristikon sisään, käytetään palkkikoloa.

Normaalivoima

Normaalivoima on mekaanisen voiman suure, jonka vaikutussuunta on kappaleen tai sauvan suuntaisesti poikkileikkauspintaa kohtisuoraan. Normaalivoiman vaikutuksesta rakenteelliseen kappaleeseen syntyy veto- tai puristusjännitys.

Puristussauva

Puristussauva on ala- ja yläpaarteiden välissä oleva sauva, johon syntyy puristusjännitys (kuorma vaikuttaa sauvaan päin). Kuormitettuna sauva pyrkii ”puristumaan”. Kuormituksen aiheuttamasta voimasta sauva voi nurjahtaa. Puristussauvat pitää näin ollen tukemaan erillisillä nurjahdustuilla. Nurjahdustukien paikat ja koot esitetään ristikkokuvissa ja ne yleensä merkitään valmistusvaiheessa.

Vetosauva

Vetosauva on ala- ja yläpaarteiden välissä oleva sauva, johon syntyy vetojännitys (kuorma vaikuttaa sauvasta poispäin). Kuormitettuna sauva pyrkii ”venymään”.

Tukipiste

Tukipiste on naulalevyrakenteen tavallisesti alapaarteella sijaitseva voimia siirtävä kiinnityspiste kannattimen alapuolisiin rakenneosiin. NR-ristikoiden tarkoituksena on siirtää siihen kohdistuvat voimat tukipisteiden kautta alapuolisille kantaville rakenteille.

Välituki

Välituki on naulalevyrakenteiden keskiosassa oleva tukipiste. Välitukia käytetään yleensä välipohjien tuennassa. Myös pitkien jännevälien ristikot voidaan tukea välituille.

Jänneväli

Jänneväli on kahden ulomman tuen keskipisteiden välinen etäisyys.

Ulokeristikko

Ulokeristikko on naulalevyrakenne, esimerkiksi kattotuoli, jonka tukipiste ei sijaitse alapaarteen ääripisteessä. Tässä tapauksessa tukipiste sijaitsee keskemällä ristikkoa aiheuttaen ristikkorakenteeseen ulokemaisen rakenteen.

NR-suunnittelija

NR-suunnittelija on naulalevyrakenteiden mitoittamiseen ja suunnitteluun perehtynyt sekä pätevoitynyt suunnittelija.

Sarjakoko

Sarjakoolla tarkoitetaan ristikkotilauksen sisältämien geometrisesti ja mitoituksellisesti samankaltaisten ristikoiden lukumäärää. Samaan sarjaan kuuluvien ristikoiden yhteneväisyyden johdosta niiden yksilölliset työ kustannukset ovat pieniä riippuen sarjakoosta.

Ristikkojako, jakoväli, K-jako

K-jaolla tarkoitetaan NR-rakenteiden keskinäistä etäisyyttä toisistaan. Kattoristikot asennetaan tavallisesti 600 tai 900 mm:n päähän toisistaan. Tällöin puhutaan k600- tai k900-jaosta. Naulalevyrakenteiden keskinäinen väli on se, jonka NR-rakenne on mitoitettu kestäämään sille kohdistuvat kuormat. NR-suunnittelija suunnittelee naulalevyrakenteet kestäämään ilmoitetulle jakovälille. Rakennesuunnittelijan tehtävänä on suunnitella kattorakenteet niin, että naulalevyrakenteet kestävät niille määritetyn jakovälin.

NR-rakenteiden jäykistäminen

Jäykistämällä tarkoitetaan toimenpiteitä, joilla varmistetaan rakenteen tai rakennuksen vakauden säilyvyyden varmistamiseksi tehtyjä toimenpiteitä. NR-rakenteet voivat kiepahtaa tukemattomasta puristetusta reunastaan, kun niihin kohdistuu taivutusrasitus. Joissakin tapauksissa NR-rakenteiden sauvoihin voi syntyä myös aksiaalista puristavaa voimaa, jolloin ne voivat nurjahtaa. Jäykistäminen voidaan toteuttaa esimerkiksi levytyksellä, vinolaudoituksella tai metallisilla sidevanteilla.

NR-jäykistysristikko / ristikkopalkki

NR-Jäykistysristikko on kattotason jäykistykseen käytettävä tasakorkea ristikko, joka asennetaan katon lapetasoon.

NR-pukki

NR-pukki on naulalevyin koottu jäykistepukki, joka asennetaan NR-rakenteiden väliin tai seinän tasoon.

11.2 Naulalevyrakenteiden ominaisuuksia

Naulalevyrakenteella tarkoitetaan naulalevyin tehdyin liitoksin koottua puurakennetta. Muodoltaan se voi olla ristikko, kehä, palkki tms. Naulalevy on teräslevy, johon on puristettu leikkaamalla ja kohtisuoraan taivuttamalla piikkejä. Nämä puristetaan puuhun kokoonpanopöydällä tai -linjalla.

Kantaviin naulalevyrakenteisiin käytettävän sahatavaran tulee olla lujuuslajiteltua. Virallinen NR-laadunvalvonta kattaa kaikki koko valmistusvaiheet lujuuslajittelu ja sormijatkaminen mukaan luettuina.

Naulalevyrakenteiden jäykkyys on sivusuunnassa yleensä varsin alhainen. Tämä on erityisesti muistettava kuljetuksen, varastoinnin ja asennuksen aikana. Mikäli kannatteiden sijoitus kantavien tukien päälle ei ole yksiselitteistä, on ristikossa oltava merkittynä ne kohdat, joiden alle tukien on osuttava. Lisäksi NR-rakenteiden sisäsauvoihin on merkitty nurjahdustukien paikat. Merkitsemistapa on esitetty tuotteiden mukana tuleviin tuenta- ja asennusohjeisiin.

Naulalevyrakenteita käytetään pääasiassa katetuissa sateelta suojatuissa tiloissa (kosteusluokka 2), joissa ei ole puuta lahottavia tai terästä syövyttäviä tekijöitä. Suojaamattomana naulalevyrakenteilla ei ole yleensä palonkestävyyttä.

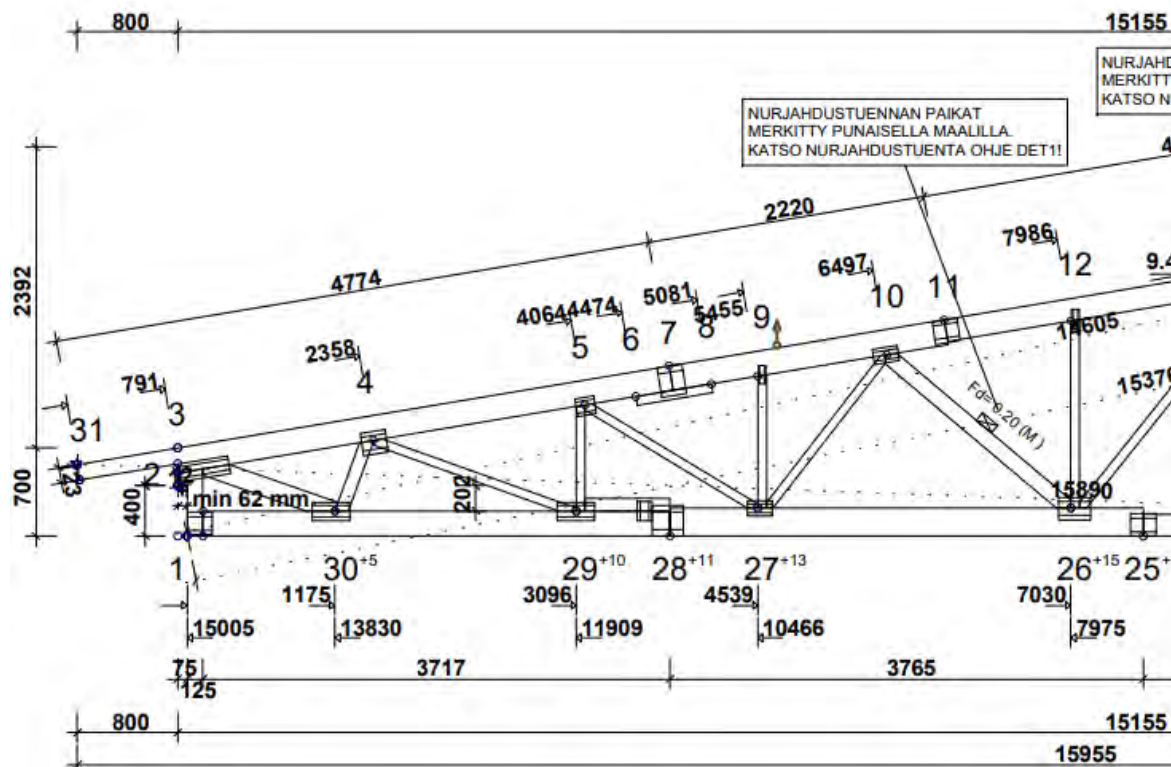
11.3 Naulalevyrakenteiden suunnittelu

NR-rakenteiden toimituksiin kuuluvat piirustus, lujuuslaskelmat ja naulalevyrakenteiden tuentaohje. NR-suunnitelmat on aina toimitettava rakennuksen vastaavan rakennesuunnittelijan hyväksyttäväksi ennen NR-rakenteiden valmistusta. Vastaava rakennesuunnittelija toimittaa ne edelleen rakennusvalvontaviranomaisille rakennuslupamääräysten mukaisesti.

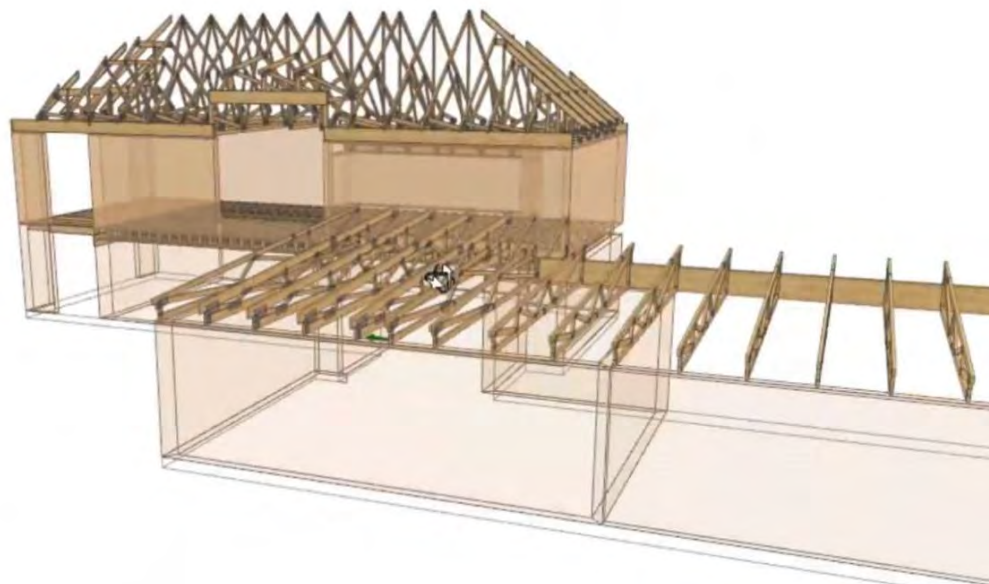
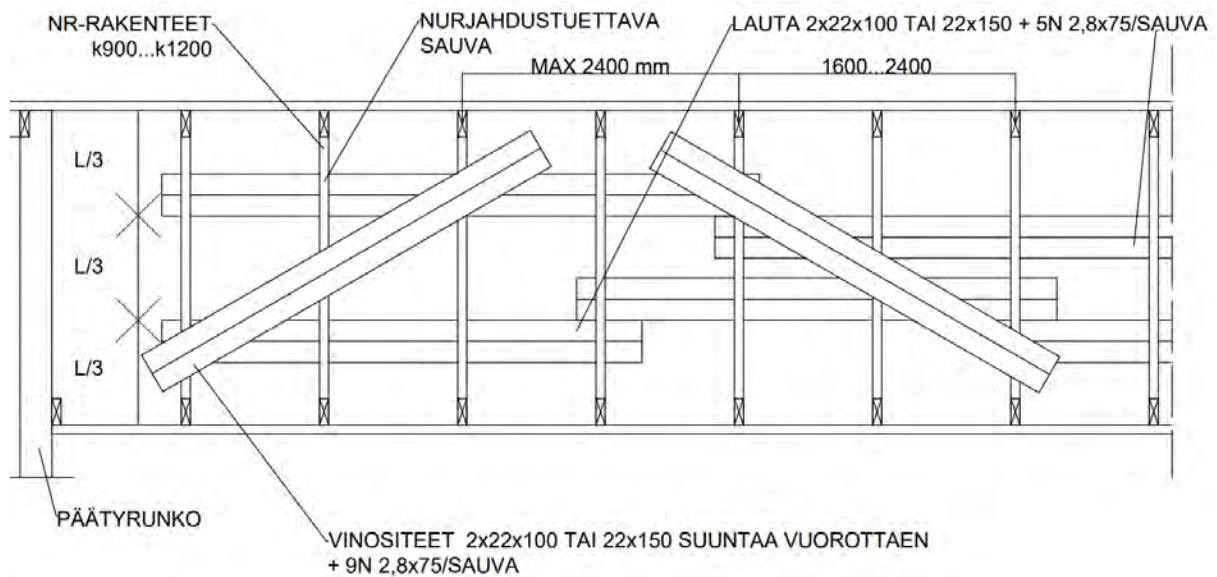
Rakennuksen vastaava rakennesuunnittelija yleensä suunnittelee NR-rakenteiden paikat, liittymisen muihin rakenteisiin ja NR-rakenteista muodostuvan kokonaisuuden jäykistämisen. Yleensä NR-rakenteita käytetään kattorakenteissa, jolloin ne esitetään vesikattorakenteiden tasopiirustuksessa ja niitä tarkentavissa detaljeissa.

Kattoristikot suunnitellaan Eurocode 5:n mukaan. Suunnittelu tehdään lähes poikkeuksetta tähän tarkoitukseen suunnitellulla tietokoneohjelmalla ja valmistetaan tehtaassa. Ristikot suunnitellaan yleensä siten, ettei niissä ole ylimääristä kantokykyä. Ristikot suunnitellaan ottamaan vastaan vain pystysuoria voimia; muut kattoon kohdistuvat voimat otetaan vastaan yläpohjan levytyksillä ja vinositeillä. Ristikoiden suunnitteluun kuuluu olennaisena osana myös ristikoiden tuenta poikkisuuntaan.

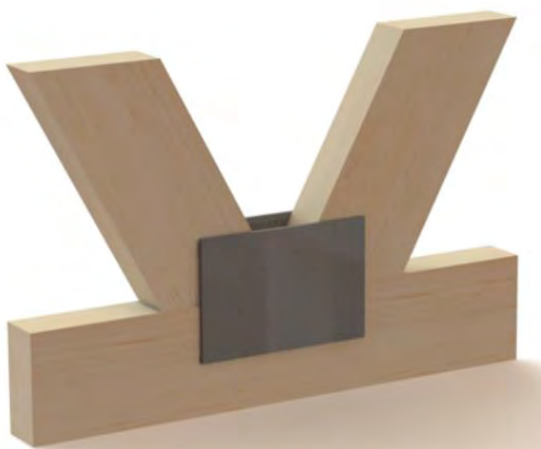
NR-suunnittelussa laaditaan tuotantokuvat ristikkokaavion perusteella. Rakennekaaviossa saattaa olla rakennesuunnittelijan määrittämiä rajoitteita esimerkiksi räystään dimension suhteen. Lisäksi suunnittelussa on otettava huomioon materiaalitilanne varaston osalta. Mikäli tehdyssä ristikkokuvassa on nurjahtavia sauvoja, liitetään suunnitelmiin nurjahdustuentaohje. Tuotannossa nurjahtavat sauvat merkitään yleensä maalilla.



Naulalevyristikkopiirustus, kuva Keminmaan Puurakenne Oy



Naulalevyrakenteisen yläpohjarakenteen 3D-malli, kuva Keminmaan Puurakenne Oy



Vinosauvojen ja alapaarteen
naulalevyliitos,
kuva Pro Puu-keskus / Puuproffa.

Kattoristikoon vaikuttavat kuormat

Lähtökohtaisesti kohteen vastaava rakennesuunnittelija määrää käytettävät kuormat.

1 kN:n voima vastaa 100 kg:n kuormaa.

Yläpaarrekuorma:

katemateriaali + siihen liittyvät rakenteet (normaalisti käytetään pelti=0,15 kN/m², huopa 0,25 kN/m², tiili 0,55 kN/m²)

Alapaarrekuorma:

eriste + alakattorakenteet. (normaalisti käytetään ristikoissa 0,3 kN/m² ja kehissä 0,8 kN/m²)

Hyötykuorma:

asuintiloissa (kehä) tai varastoinnista (käyttöullakko) aiheutuvat kuormat. (normaalisti asuinrakennuksissa 2,0 kN/m² ja julkisissa tiloissa 4,0 kN/m²)

Lumikuorma:

paikkakuntakohtainen lumikuorma, vaihtelee Suomessa 2,0...3,5 kN/m² välillä

Ristikön omapaino:

ristikkosuunnitteluohjelma huomioi automaattisesti ristikön oman painon laskennassa, jolloin tätä ei tarvitse ottaa huomioon ristikökaavion laadinnassa.

Kinoslumikuormat:

määräytyvät tapauskohtaisesti, esim. toiselta lappeelta tippuva lumi, korkeuserot kattotasossa, jiirit yms.

Pistekuormat:

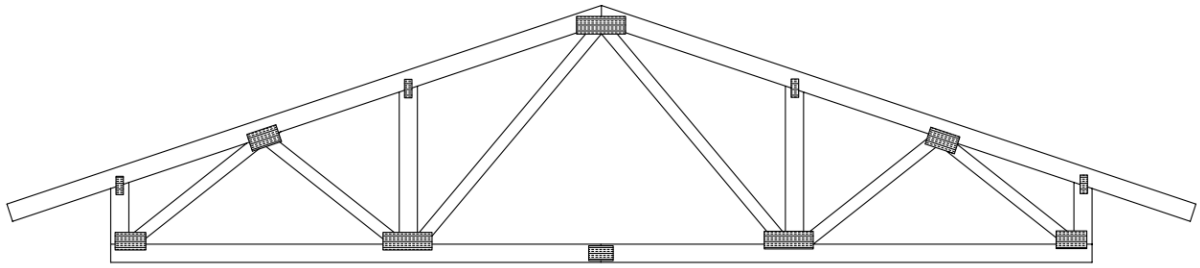
esim. alapaarteesta roikkuva taakka/nosturi tai toisen rakenteen kannattaminen ristikön avulla

Muut lisäkuormat:

määritetään tapauskohtaisesti

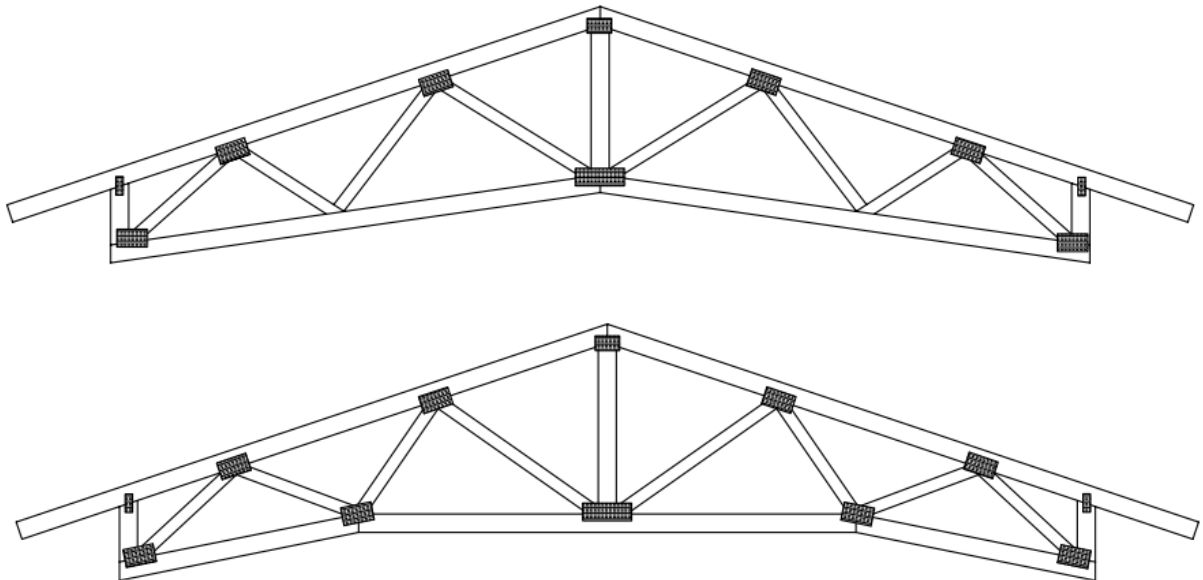
11.4 Yleisimmät naulalevyrakennetyypit

Harjaristikko



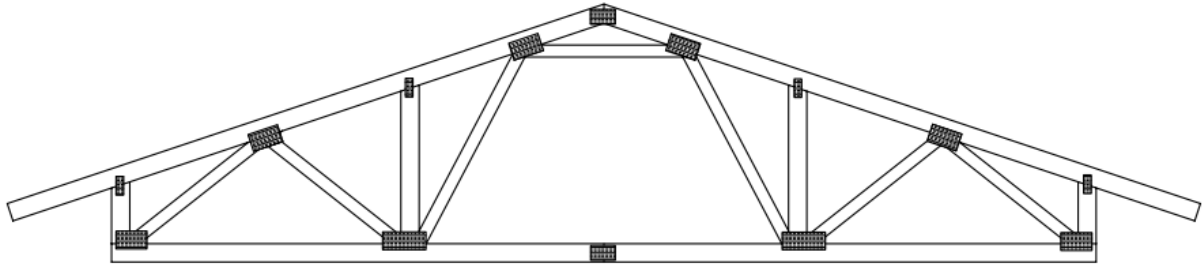
Harjaristikko on eniten käytetty ristikkomalli kaikkiin rakennustyyppeihin. Harjaristikko on paras vaihtoehto myös pitkiin jänneväleihin, joka voi olla maksimissaan 25 m. Asuinrakennuksissa suositellaan k-900 jakoa.

Saksiristikko



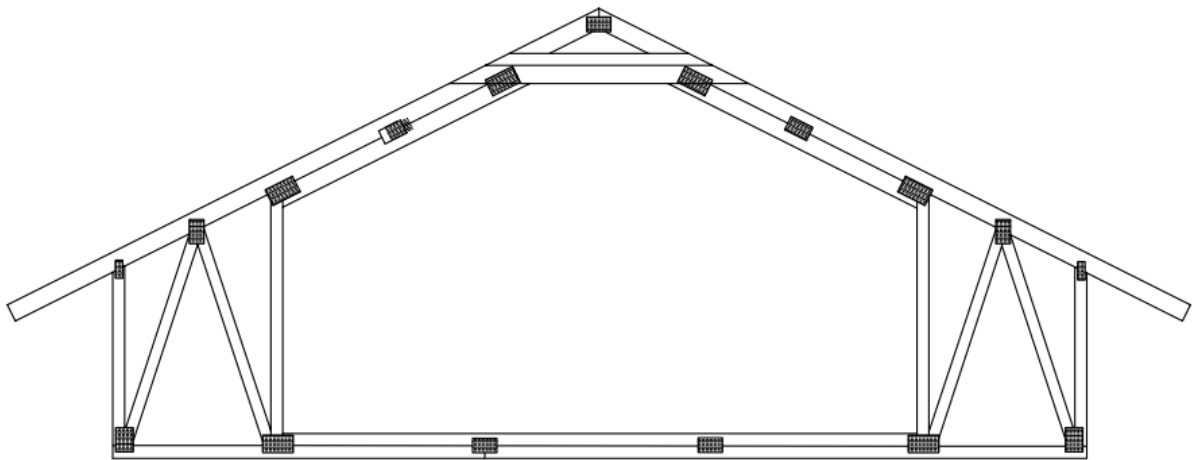
Saksiristikko on omakotitalojen oleskelutiloissa ja tuotantorakennuksissa paljon käytetty malli, kun halutaan normaalia korkeampi sisäkorkeus. Rakenteellisesti saksiristikko vaatii suuremman tukikorkeuden kuin tavallinen harjaristikko. Alapaarre voi olla 2-tai 3-osainen. Yleensä alapaarteen kaltevuus on pienempi kuin yläpaarteen kaltevuus.

Käyttöullakkoristikko



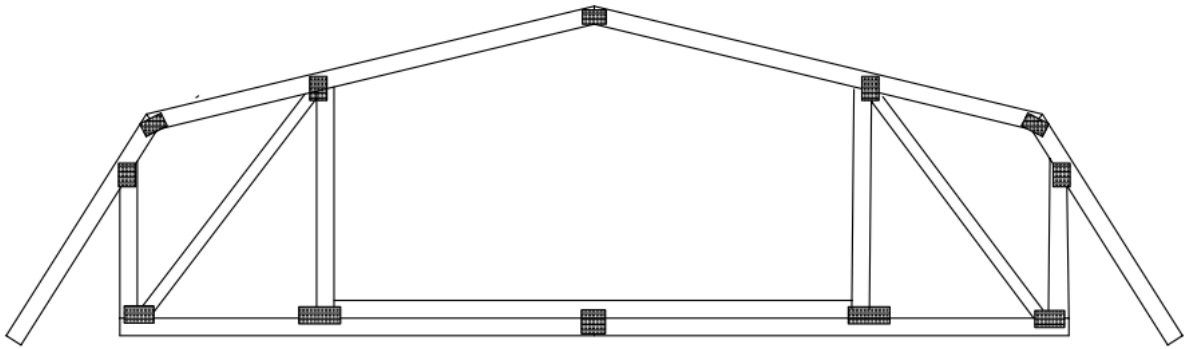
Käyttöullakkoristikkoilla saadaan ullakotila hyödynnettyä varasto- tai säilytystilana. Ullakotilan leveys noin 1/3 alapaarten pituudesta ja ullakon hyötykuorma on 200 kg/m². Tilaa ei voi muuttaa huonetilaksi. Käyttöullakkoristikkoja on saatavilla sekä vinolla että suoralla seinällä.

Kehäristikko



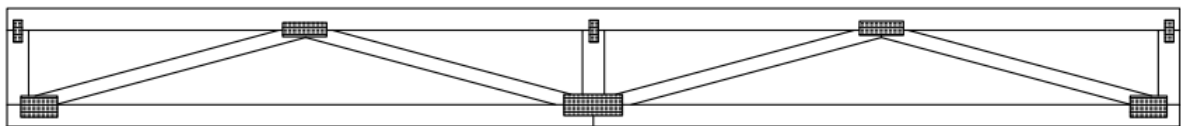
Kehärakennetta käytetään 1,5-kerroksisissa asuinrakennuksissa. Suositeltava k-jako on 900 mm. Kehän mittojen toteutuskelpoisuus riippuu monesta eri tekijästä kuten kaltevuudesta, kehän korkeudesta ja kuormista. Tästä johtuen yksiselitteistä ohjetta kehän yleispätevään mitoittamiseen ei ole olemassa. Päämitat täytyy määrittää tapauskohtaisesti. Kehäristikoissa alapaarre toimii yläkerran välipohjapalkkina. Tästä johtuen siihen suunnitellaan yleensä vähintään yksi kantava välituki. Kehien alapaarteiden väliin suunnitellaan yleensä välipohjapalkki, jotta välipohjalle tulevat kuormat saadaan helpommin kannatettua.

Mansardiristikko



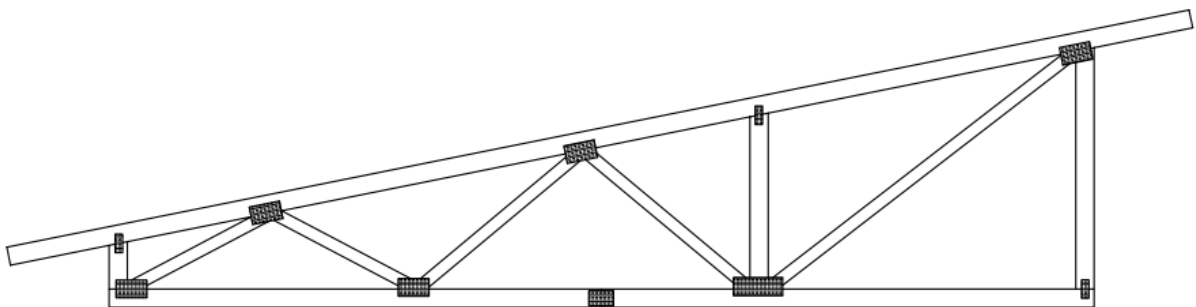
Mansardikatto on nelisivuinen taitekatto, jossa on yleensä ikkunat sen jyrkemmässä alaosassa. Mansardiksi tai mansardikerrokseksi kutsutaan myös asuttavaa kattokerrosta. Mansardikatto luo rakennukseen tavallisesti yhden lisäkerroksen, mutta jyrkät ja pitkät mansardikatot voivat luoda useampia kerroksia.

Palkkiristikko



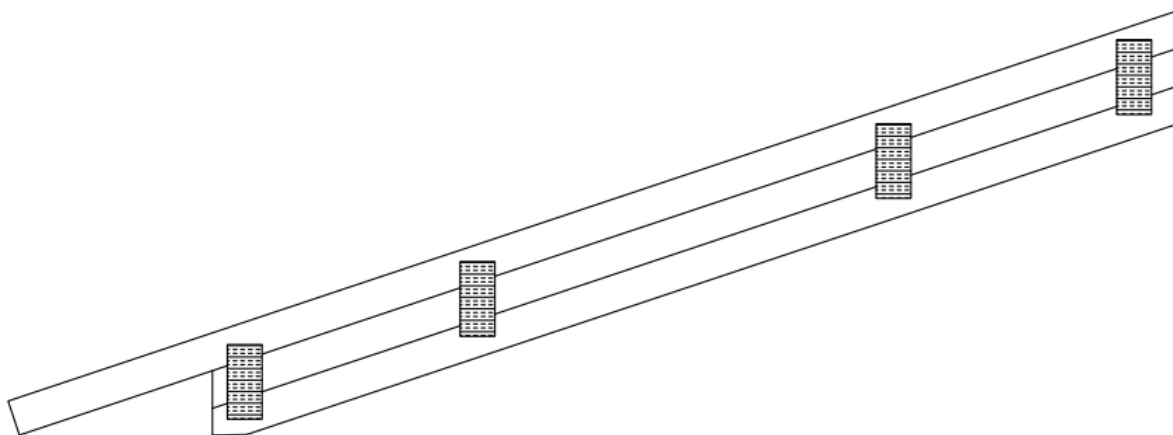
Palkkiristikko on sauvotettu tasakorkea ristikko, jota käytetään mm. asuin- ja liikerakennuksissa. Palkkiristikko soveltuu myös mm. tuuliristikoksi varsinaisten kattoristikoiden väliin.

Pulpettiristikko



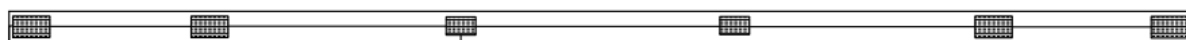
Pulpettiristikkoa käytetään silloin, kun katon halutaan kaatavan vain toiselle puolelle. Pulpettiristikkoa käytetään usein myös leveissä rakennuksissa, joissa on keskellä kantava linja. Näin voidaan muodostaa harjaristikko. Näin myös ristikon käsittely ja asennus helpompaa verrattuna yhteen todella pitkään ristikkoon. Pulpettiristikkoja voi käyttää myös, kun kattolappeiden yläosat ovat toisiinsa nähden eri korkeudella. Pulpettiristikon alapäärre voi olla myös kalteva eli se on silloin yhdistelmä pulpetti- ja saksiristikosta.

Vaarnapalkki



Vaarnapalkki valmistetaan liittämällä 2–3 leveää puuta toisiinsa naulalevyjen avulla. Usein vaarnapalkkeja käytetään silloin kun halutaan yläkerta koko leveydeltä käyttöön. Käytännössä tämä tapahtuu siten, että vaarnapalkit limitetään harjapalkin päälle molemmin puolin ja näin muodostuu yläpohjan muoto. Välipohja tehdään tällöin välipohjapalkkeilla. Vaarnapalkkia voidaan käyttää myös silloin, kun halutaan kalteva sisäkatto. Vaakasuurana rakenteena vaarnapalkkia käytetään usein välipohjapalkkina, kun halutaan päästä hieman normaalia suurempiin jänneväleihin.

Välipohjapalkki



Välipohjapalkkia käytetään muodostamaan välipohja tai se toimii osana välipohjaa kehien alapaarteiden apuna. K-jakona käytetään yleisimmin k-400 tai k-600 jakoja. Välipohjapalkki valmistetaan yleensä 198 mm tai 223 mm korkeasta puusta, jonka paksuus on 42 mm. Joissakin tapauksissa voidaan käyttää myös näistä poikkeavia dimensioita. Välipalkki vaatii vähintään kolme tukea normaaleilla runkoleveyksillä (ulkoseinät + välituki).

Paloristikko

Paloristikon käyttökohteina ovat kaikki sellaiset kattorakenteet, joissa yläpohjan palonkestovaatimuksena on R30 paloluokka. Näistä mainittakoon muun muassa liike- ja tuotantorakennukset sekä päiväkodit, koulut ja hoitolaitokset.

Paloristikko muodostuu kolmesta yhteen liitetystä naulalevyristikosta, joissa ristikoiden väliin palotilanteessa muodostuva hormivaikutus on tehokkaasti eliminoitu. Kolmen ristikon yhteen liittäminen suoritetaan ristikkotehtaalla, jolloin kaikki palolausunnon edellyttämät toimenpiteet tulevat varmasti tehdyiksi.

Lähtötietoina tarvitaan normaalit ristikkokaaviot palonkestovaatimuksineen. Lisäksi tarvitaan tieto palosuojatuista ristikon osista. Yleensä yläpaarre on suojattu korotusrimalla yläpuolelta ja alapaarre alapuolelta esimerkiksi levytyksellä ja palamattomalla lämmöneristyksellä.

11.5 Naulalevyrakenteiden valmistaminen

Tuotantotoiminnan tärkeimmät dokumentit ovat naulalevyrakenteista tehty piirustukset. Jokaisella NR-rakenteiden valmistajalla on oma tapansa toteuttaa valmistusta. Valmistus etenee kuitenkin näin: ensin valmistetaan NR-rakenteen osat, jonka jälkeen se kootaan naulalevyillä.

Suunnitelmissa on esitetty kaikki tarvittavat rakenneosat mitoitettuna. Nämä osat syötetään ns. sahausohjelmaan. Sahausohjelmassa on määritelty osien kappalemäärät, katkaisupituudet ja -kulmat. Sahausohjelman toteuttamiseen on eri tapoja. Nykyisin lähes kaikki valmistajat käyttävät automaattisia katkaisulinjoja tähän työvaiheeseen.

Kokoonpano tapahtuu useimmiten magneettisella kokoonpanopöydällä. Ristikko-osien kohdentamista varten rakennetaan aluksi pöydälle asete. Kun asetteen mitat on tarkistettu, alkaa varsinainen NR-rakenteen valmistaminen.

Suuret kappalemäärät vievät aikaa sahauksessa ja kokoonpanolinjalla, mutta niiden tekeminen on tuotannollisesti katsoen kannattavaa. Pienet kappalemäärät ovat niitä, joissa tuloksellinen kannattavuus ja käytettävissä oleva aika tuottavat hankaluuksia. Tämä johtuu asetteen tekemiseen kuluva ajasta. Asetteen teko aika vaihtelee ristikkotyypin ja ristikon jännevälin mukaan. Lisäksi tuotannossa on otettava huomioon se, minkälainen tuotanto-ohjelma on kyseessä. Mahdollisuuksien mukaan pyritään tekemään samalla linjalla saman tyyppistä ristikkoa, joka mahdollistaa ristikkotyypin vaihdon pienillä asetemuutoksilla. Saman tyyppisellä ristikolla tarkoitetaan ristikoita, joissa on sama alapaarteen pituus, tukikorkeus ja yläpaarteen kaltevuus tai ainakin jokin näistä ominaisuuksista.

NR-kannatteissa olevien sauvojen asennustoleranssi on ± 10 mm. Tämä tarkoittaa sitä, että esim. symmetrisissä ristikoissa saattaa olla pieniä vaihteluja. Tämän vuoksi on tärkeää, että työmaalla ristikot asennetaan samoin päin, kun ne on tehtaalla valmistettu.



Kattoristikkorakenteinen yläpohja, kuva Keminmaan Puurakenne Oy.

11.6 Naulalevyrakenteiden kuljetus ja varastointi

Naulalevyillä kootut rakenneosat suojataan kastumista, likaantumista, kolhiintumista ja naarmuuntumista vastaan. Naulalevyillä kootut rakenneosat varastoidaan aina kuivalla, tukevalla ja tasaisella alustalla siten, että rakenneosat ovat irti maasta ja rakenneosiin ei pääse syntymään haitallisia muodonmuutoksia, liitoksia rikkovia rasituksia ja ulkonäköä heikentäviä virheitä. NR-rakenteet varastoidaan rakennuspaikalla pysty- tai vaakasuoralla alustalla, jolloin estetään pysyvien taipumien muodostuminen.

Pystyasennossa naulalevyrakenteet varastoidaan tukipisteiden kohdalle sijoitettujen aluspuiden päälle niputettuina toisiinsa ja tuettuna kaatumista vastaan. Vaaka-asentovarastoinnissa aluspuita tulee olla riittävästi.

Aluspuiden tulee olla riittävän korkeat, ettei NR-rakenteen mikään osa ole maa- tai lumikosketuksissa ja että suojauksen alle jää riittävä tuuletusväli.

Varastoinnissa NR-rakenteet suojataan sateelta vedenpitävällä vaipalla. Naulalevyrakenteita saa säilyttää sateelta suojaamattomana enintään kahden viikon ajan.

Naulalevyillä koottuja rakenneosia siirrettäessä, nostettaessa ja varastoitaessa noudatetaan valmistajan antamia tuotekohtaisia ohjeita. Naulalevyillä kootut rakenneosat pyritään kuljettamaan ja varastoimaan pystyasennossa enintään 15 kappaleen nippuihin pakattuina. Niput tuetaan rakenneosan todellisista tukipisteistä ja siten, että niput eivät pääse kaatumaan. Jos kuljetus ja varastointi joudutaan tekemään vaaka-asennossa, tuetaan niput siten, että kuljetus ja varastointi eivät aiheuta rasituksia naulalevyliitoksiin. Päällekkäisten nippujen väliin asennetaan korokkeet, jotka ovat kaikissa päällekkäisissä nipuissa samalla kohdalla.

Naulalevyillä koottujen rakenneosien kosteus ei saa lisääntyä haitallisesti kuljetuksen ja varastoinnin aikana. Varastoinnin aikana huolehditaan rakenneosien tuulettumisesta.

Ohje: varastointiolot vastaavat naulalevyillä koottujen rakenneosien lopullisia käyttöoloja. Rakenneosien kosteuden äkillisiä muutoksia vältetään varastoinnin aikana. Rakenneosien suojukset säilytetään ehjinä eikä niitä poisteta ennen asennusta. Jos vesi tiivistyy suojusten sisäpuolelle varastoinnin aikana, suojukset avataan tuulettumisen parantamiseksi. Ulkona naulalevyillä kootut rakenneosat varastoidaan siten, että rakenneosat ovat noin 30 cm irti maasta, jotta alusta tuulettuu ja roiskevesien haitat jäävät vähäisiksi.

11.7 Naulalevyrakenteen laadunvarmistus- ja hyväksyntä

Käytettävillä levyillä tulee olla hyväksyntä ja liitosten suunnittelu on tehtävä virallisten ohjeiden mukaan. NR-rakenteet valmistetaan akkreditoidun hyväksyntälaitoksen myöntämällä FI/NR-leimalla, joka on muotoa NR 9999 1234 11 07. Numerot ilmaisevat järjestyksessä valmistajan, piirustuksen, valmistusviikon ja vuoden. Yleiset toimielimelle asetetut vaatimukset on sisällytetty lakiin eräiden rakennustuotteiden tuotehyväksynnästä (954/2012).

Ympäristöministeriö edellyttää hakijalta lain yleisiä vaatimuksia koskevaa akkreditointia toimielimen asiantuntemuksesta, luotettavuudesta ja riippumattomuudesta. Akkreditoinnilla tarkoitetaan testaus-, tarkastus- ja sertifiointin pätevyyden toteamista.

Naulalevyillä kootun rakenneosan ominaisuudet ilmoitetaan ensisijaisesti CE-merkinnällä.

Näiden ominaisuuksien on täytettävä asetetut kansalliset vaatimustasot tuotteen käyttökohteessa. Jos tuotteen ominaisuuksia ei ole ilmoitettu CE-merkinnällä, voidaan naulalevyrakenteen ominaisuudet osoittaa. Kantaviin ja jäykistäviin rakenteisiin tarkoitettujen naulalevyillä koottujen rakenneosien valmistaminen on luvanvaraista toimintaa.

Laadunhallintajärjestelmän mukaisen toteutuksen laadusta vastaa käytännössä työnjohto. Työnjohdon tehtävänä on varmistaa tilauksien suunnitelmien mukainen toteuttaminen ja tarvittaessa ottaa yhteyttä kohteen suunnittelijaan, mikäli suunnitelmien mukainen toteuttaminen ei tuotannollisista syistä onnistu. Muutoksia ilman suunnittelijan lupaa ei saa tehdä.

Tehdasvalmisteisessa rakenteellisessa elementissä käytettävien naulalevyjen sijainti ei saa poiketa rakennesuunnitelmassa ilmoitetusta toleranssista eikä missään tapauksessa saa ylittää 10 mm mihinkään suuntaan suunnitellusta. Valmistaja ylläpitää tehtaassa laadunvalvontaa, jolla voidaan taata tuotteiden vaatimustenmukaisuus. Elementin merkintä tulee sijoittaa siten, että se voidaan nähdä elementtiä asennettaessa.



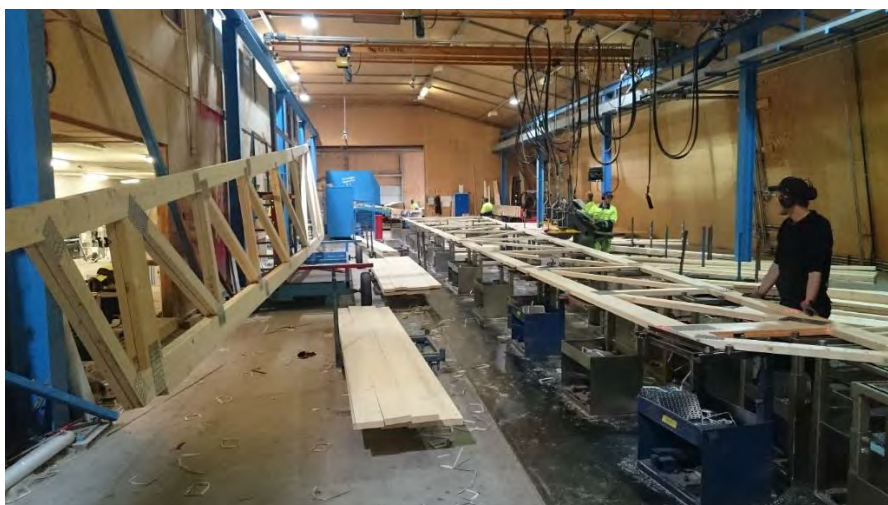
Naulalevyjen puristus, kuva Keminmaan Puurakenne Oy.



*Ristikkosauvojen valmistus tietokoneohjatulla linjalla,
kuva Keminmaan Puurakenne Oy.*

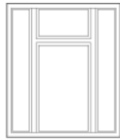
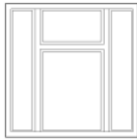


Naulalevypuristin, kuva Keminmaan Puurakenne Oy.



Valmiita ristikoita, kuva Keminmaan Puurakenne Oy.

12 Ovien ja ikkunoiden asennus



12.1 Ikkuna- ja ovityypit

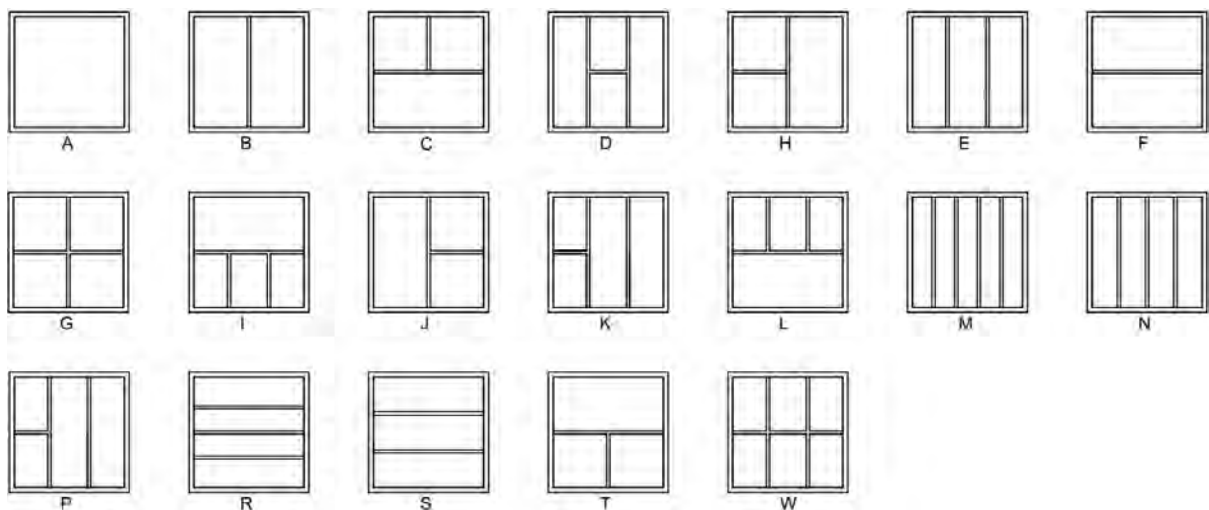
Standardoidut ikkunatyytit

Ikkunat merkitään piirustuksiin yleisesti joko kirjaimella I tai alla olevan taulukon mukaisella tunnuksella ja sen jälkeen ikkunan moduulimitoilla. Esimerkiksi merkintä I 12x12 tarkoittaa ikkunaa, jonka nimellimitat ovat 1200x1200 mm. Useimmiten karmin ulkomitat ovat tässä tapauksessa 1190x1190 mm. Kiinteällä painikkeella varustetuissa ikkunoissa voi myös olla avautumissuunta merkittynä moduulimitan jälkeen (o tarkoittaa oikealle ja v vasemmalle avautuvaa ikkunaa). Avautumissuunta määräytyy sen mukaan kummalla kädellä ikkuna tai ovi on tarkoitus avata; oikeakätisessä ikkunassa tai ovesa on kahva vasemmalla reunalla aukeamissuuntaan nähden ja päinvastoin. Tuuletusikkunat merkitään kirjaimilla TI. Merkintätavat vaihtelevat kuitenkin valmistajakohtaisesti. Ikkunoita saa myös tilausmittoina millimetrimitoituksella. Ikkunat voidaan merkitä myös tarkemmin käyttämällä alla olevan taulukon mukaisia nimikkeitä, joita tulee käyttää tilattaessa ikkunoita tehtaalta.

Tavallisimmat ikkunoista käytettävät nimitykset ovat avattava, kiinteä tai tuuletusikkuna. Muitakin nimityksiä löytyy. Tuuletusikkunassa on kiinteästi asennettu painike, josta ikkunan voi avata. Avattavassa ikkunassa ei yleensä ole kiinteää painiketta. Kiinteää ikkunaa ei voi avata.

Ikkunoita voi yhdistellä lähes rajattomasti. Usein avattavan ikkunan yhteyteen asennetaan tuuletusikkuna. Ikkunoita voi myös kytkeä toisiinsa esimerkiksi asentamalla kaksi tai jopa kolme avattavaa ikkunaa yhteen.

Parhaimmat A++ -energialuokan ikkunat ovat energiatehokkaampia kuin 1960-luvun talon alkuperäinen seinärakenne. Uusi ikkuna voi parhaimmillaan olla jopa 10 kertaa energiatehokkaampi kuin vanha. Lasilta vaaditaan monenlaisia ominaisuuksia ja ikkunoissa voi olla suuria mallikohtaisia eroja. Talvella lämpö täytyy pitää sisällä, mutta myös kevään ja kesän aikainen auringonsäteilyn aiheuttama tilojen lämmitysvaikutus täytyy ottaa huomioon.



Yleisimmin käytössä olevat ikkunatyytit. Ikkunatyypimerkinnät voivat olla eri valmistajilla erilaisia.

Tyyppi	Selitys
MS	sisään aukeava, kaksipuitteinen ja kaksilasinen ikkuna
MSU	sisään-ulosaukeava, kaksipuitteinen ja kaksilasinen ikkuna
MSK	sisään aukeava, kolmipuitteinen ja kolmilasinen ikkuna
MSE	sisään aukeava, kaksipuitteinen ja kolmilasinen ikkuna sisemmässä puitteessa kaksilasinen umpiolasielementti
MS2E	sisään aukeava, kaksipuitteinen ja nelilasinen ikkuna sisä- ja ulkopuitteissa ovat kaksilaiset umpioelementit
MEK	kiinteä ikkuna, lasitettu kaksi- tai kolmilasella kiinteällä umpioelementillä
SE	sisään aukeava, yksipuitteinen ikkuna lasitettu kaksi- tai kolmilasella umpiolasielementillä
DK	kääntökippiheloitettu kippi-ikkuna voidaan avata sekä sivulle päin että kipata yläreunasta raolleen tuuletusta varten

Ikkunoille yleisesti käytettyjä tunnuksia

Yleisimmät ovityypit

Ovet merkitään piirustuksiin yleisesti alla olevan taulukon mukaisella tunnuksella ja sen jälkeen oven moduulimitoilla. Merkintätavat vaihtelevat kuitenkin valmistajakohtaisesti ja useilla valmistajalla on omat tyyppimerkinnot

Tyyppi	Selitys
UO	ulko-ovi ilman lasitusta
LUO	lasillinen ulko-ovi
PO / PUO	parvekeovi
O	sisäovi
SO	saunan ovi
O EI30 O-EI60 O-EIM120	palo-ovi, jolle on asetettu palovaatimusluokka. luku tunnuksessa tarkoittaa aikaa minuuteissa, jonka ajan oven pitää pidättää paloa. E = tiiveys-, I = eristävyys- ja M= iskunkestävyysvaatimus
ATO	autotallin ovi, joko pari- tai nosto-ovi

Oville yleisesti käytettyjä tunnuksia

Ikkunatyypit karmimateriaalin perusteella

Puuikkuna

Puu on perinteinen ikkunamateriaali. Uusia puuikkunoita on yhä monen pienemmän valmistajan valikoimissa ja niitä suositaan esimerkiksi kesämökeissä ja vanhoissa rakennuksissa, joihin ei haluta nykyaikaista puu-alumiini-ikkunaa. Puuikkunat kestävät säännöllisesti huollettuna vuosikymmeniä.

Puuikkuna vaatii säännöllistä huoltomaalausta. Kitillä tiivistetyistä ja kiinnitetyistä ikkunoista on pidettävä huolta etenkin alareunan kittauksen kunnosta, josta ikkunaa pitkin valuva sadevesi voi päästä lahottamaan puitetta. Lasituslistoilla ilman kittiä kiinnitetyissä puuikkunoissa on kiinnitettävä erityistä huomiota alapuitteen kuntoon, sillä puulistan ja lasin väli ei ole vesitiivis.

Myös ruutujen alareunan lasituslista rapistuu helposti. Tämän vuoksi muilta sivuilta listalla kiinnitetyissä ikkunoissa voidaan käyttää alareunassa myös kittausta.

Puu-alumiini-ikkuna

Nykyisissä teollisesti valmistetuissa ikkunoissa yleisin rakenne on puun ja alumiinin yhdistelmä, jossa puuikkunan ulkopuoliset osat ovat säänkestävää alumiinia. Ikkunalasit kiinnitetään alumiinipuitteeseen silikonilla.

Alumiinipuite on useimmiten polttomaalattu, jolloin maalipinnalla ei ole irtoamistaipumusta eikä se vaadi korjausmaalausta. Alumiini on säänkestävä materiaali sen pintaan luonteisesti muodostuvan oksidikerroksen vuoksi. Tämän vuoksi maalipintaan syntyneen naarmun korjausmaalaus ei ole välttämätöntä.



Moderni puu-alumiini-ikkuna. Sisälle tuleva puite (vasemmalla) on puuta, ulkopuolen puite alumiinia. Alumiinilista suojaa myös puitteen ulkoilman kosteudelta ja sateelta. Kuva Ikkunawiki.

Muovi-ikkuna (PVC-ikkuna)

PVC-muovia (polyvinyylikloridi) käytetään yleisesti ikkunan puitteiden materiaalina Keski-Euroopassa. Suomessa materiaali on ikkuna- ja ovirakenteissa varsin harvinainen, mutta etenkin saksalaisia PVC-ikkunoita tuodaan jonkin verran maahan. PVC on helppohoitoinen materiaali eikä vaadi huoltoa, mutta rikkoutuessaan rakenne ei ole korjattavissa. PVC-muovista syntyvän jätteen hävittäminen on ongelmallista sen sisältämän kloorin vuoksi.

12.2 Ikkunoiden lasityypit

Tasolasi

Tasolasi eli float-lasi on vaakasuunnassa valamalla valmistettua lasia. Se on tyyppillisin ikkunoissa nykyään käytettävä lasi ja myös muiden lasityyppien raaka-aine. Float-lasia voidaan valmistaa kirkkaana, värillisenä tai pinnoitettuna.

Selektiivilasi

Selektiivilasissa on metalli- tai metallioksidipinnoite, joka päästää auringon säteilyn huonetilaan, mutta vähentää lämmön säteilyä sisätilasta ulospäin. Perinteiset selektiivipinnoitteet ovat pehmeitä ja kestävät huonosti mekaanista kulutusta, kuten pesua. Tämän vuoksi selektiivipinnoite on usein eristyslasien välisessä suljetussa tilassa.

Laminoitu lasi

Laminoitu lasi valmistetaan liittämällä kaksi tasolasia eli floatlasia päällekkäin siten, että niiden väliin liitetään suuren paineen ja lämmön avulla muovikalvo. Lopputuloksena on lasinkirkas turvalasi. Muovikerros tekee laminoidusta turvalasista sitkeän ja vaikeasti rikottavan.

Laminoidun lasin lujuus on hieman tavallista lasia heikompi, mutta rikkoutuneenkin lasin sirpaleet pysyvät kiinni muovikalvossa. Lasi myös pysyy tiiviinä säröytymisestä huolimatta, joten siitä on vaikea päästä läpi ja ennen muuta lasinsirpaleista loukkaantumisen riski pienenee.

Karkaistu lasi

Karkaistu lasi valmistetaan kuumentamalla tasolasi ensin 650 °C lämpötilaan, jolloin lasi pehmenee ja siinä olevat jännitykset häviävät. Sen jälkeen lasi jäähdytetään nopeasti. Käsittelyn jälkeen lasin pintaosaan jää pysyvä puristusjännitys ja keskelle vetojännitys.

Karkaistu lasi on 3–5 kertaa tavallista lasia lujempaa. Rikkoutuessaan se murenee pieniksi palasiksi, joissa ei ole terävää leikkaavaa reunaa. Karkaistu lasi kestää potkuja ja ihmisen kaatumisen lisäksi myös lämmön aiheuttamia jännityksiä, joten se sopii hyvin saunan löylyhuoneen ikkunalasiksi.

Auringonsuojalasi

Auringonsuojalasin tarkoitus on vähentää sisätilojen lämpiämistä ja häikäisyä. Niitä käytetään erityisesti toimisto- ja liikerakennuksissa, joissa on laajoja ikkunapintoja.

Auringonsuojalasi voi olla ns. absorboiva lasi, jolloin lasin värjäys vähentää läpi pääsevän valon määrää, selektiivipinnoitteella päällystetty lasi tai peiliheijastava lasi, jonka pinnassa on ohut kalvopinnoite.

Eristyslasi tai lämpölas

Eristyslasi eli lämpölas on lasielementti, jossa kaksi tai useampia laseja on liitetty yhteen. Lasien välinen tila täytetään jalokaasulla (yleensä argonilla) lämmönjohtavuuden pienentämiseksi. Väli tilassa voi olla myös ilmaa, jolloin lämmöneristävyys on jalokaasutäytettä heikompi. Täytekaasu vaikuttaa ikkunan u-arvoon (lämmönjohtavuus).

Itsepuhdistuva lasi

Itsepuhdistuva lasi on pinnoitettu ulkopuolelta puhtaanapitoa helpottavalla titaanidioksidipinnoitteella. Luonnonvalo käynnistää lasin pinnalla prosessin, joka hajottaa vesisateella huuhtoutuvaa orgaanista likaa. Itsepuhdistuvaa lasia käytetään erityisesti esim. korkealla sijaitsevilla ikkunoissa, joita on hankala puhdistaa.

Kovapintainen tai kovapinnoitteinen selektiivilasi

Kovapintainen tai kovapinnoitteinen selektiivilasi on perinteistä selektiivipinnoitetta kestävämpi. Sen puhdistamisessa ei saa käyttää hankaavia pesuaineita ja -välineitä.

Lankalasi

Lankalasi on tasolasi, jossa lasimassan sisällä on rautalankaverkko. Verkko pitää lasin koossa sen rikkoutuessa. Lankalasia käytetään esimerkiksi kulkureiteille sijoitetuissa ikkunoissa, ovissa ja lasiseinissä. Lankalaseja käytetään myös palonsuojaseinäinä.

Palonsuojalasi, palonestolasi

Palonsuojalasi kestää tavallista lasia paremmin kuumuutta ja liekkejä sekä estää palokaasujen leviämistä. Palonestolasi vähentää myös lasin läpi pääsevää lämpösäteilyä. Halutut ominaisuudet saadaan käyttämällä esimerkiksi karkaisua ja laminointia.

Antennilasi

Antennilasi mahdollistaa matkapuhelimen kuuluvuuden ja datasiirron sisätiloihin. Se toimii mobiilisignaalille reittinä rakennuksen seinän läpi. Lasissa on hiuksen hieno, lähes näkymätön antennikuvio, joka vastaanottaa ja jakaa signaalin ikkunan läpi laajasti sisälle huoneeseen ja vastaavasti ulospäin. Antennilasi toimii signaalisiltana vähentäen rakennuksen ulkovaipan aiheuttamaa vaimennusta. Antennilasi levittää signaalin laajasti mahdollistaen kännykän ja muiden mobiililaitteiden toimivuuden missä tahansa huoneessa. Antennilasi sallii metallisten sälekaihdinten käytön.

12.3 Ikkuna- ja ovisanastoa (lähde Ikkunawiki)

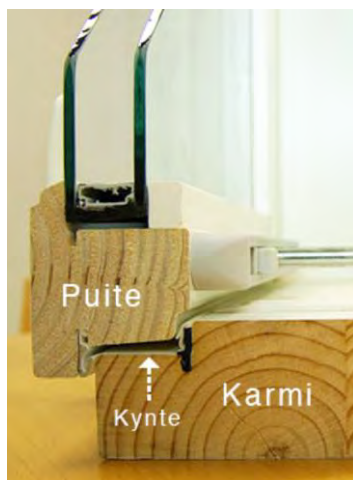
Karmi

Karmi on ikkunan ulommainen rungon muodostava osa. Karmi kiinnitetään kiinteästi seinärakenteessa olevaan aukkoon. Karmiin on muotoiltu kynte, jota vasten puite painuu. Karmissa voi olla myös jakokarmi (välikarmi), jos samassa ikkunassa on useampia valoaukkoja ja puitteita. Kiinteässä ikkunassa lasitus tehdään suoraan karmiin.

Ikkunapuite

Ikkunapuite on ikkunan aukeava osa, johon ikkunalasi on kiinnitetty. Kaksilasisessa ikkunassa käytetään yleensä erillisiä sisä- ja ulkopuitteita, kolmilasisessa voidaan käyttää lisäksi välipuitetta. Jos samassa puitteessa on useampia erillisiä pienempiä lasiruutuja, niiden välissä on jakopuite.

Saranointi on useimmiten puitteen pystyosassa, harvemmin ylä- tai alasaranoitussa ikkunassa vaakaosassa. Kippi-ikkunassa käytetään sivualasaranoointia eli saranat on sijoitettu sekä ikkunan ala- ja sivureunaan.



Ikkunalasit kiinnitetään ikkunapuitteisiin.

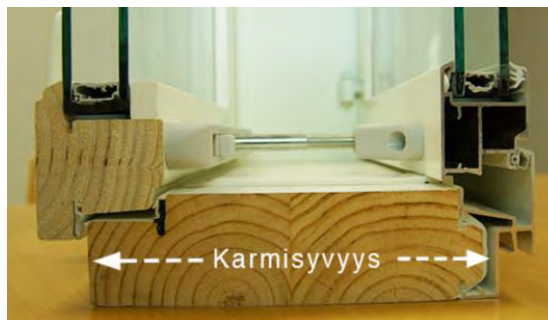
Karmi on ikkunan kehys, joka kiinnitetään seinärunkoon valmiiksi ennen varsianista ikkunan asennusta.

Kynte on puitteen ja karmin väliin jäävä rako.

Kuva Ikkunawiki.

Karmisyvyys

Karmisyvyys tarkoittaa karmin leveyttä seinän syvyysuunnassa. Yleisimmät karmisyvyys et ovat 130, 170 ja 210 mm. Kuva Ikkunawiki.



Ikkunoiden ja ovien kätisyys

Kätisyydellä tarkoitetaan sitä, kummalla kädellä ovi tai ikkuna on luontevampi aukaista sisään päin. Esimerkiksi, kun oven saranat ovat oven aukeamissuunnalta katsottuna oikealla puolella, niin ovi on luontevampi aukaista oikealla kädellä. Näin oven kätisyys on oikea.

Smyygi

Smyygi on ikkuna-aukon reunojen peittolauta niiltä osin, missä ei ole ikkunaa. Smyygilaudat kiinnitetään seinärunkoon niin, että smyygilautojen syrjä tulee julkisivun suuntaisesti.

Ulko- ja sisäverhouslaudat

Ikkuna-aukkojen reunaan kiinnitetään ulko- ja sisäverhouslaudat, joiden pintalape tulee näkyviin julkisivun suuntaisesti. Verhouslaudoilla peitetään ikkuna- ja oviaukkojen asennusrako.

Listoitus

Puusta valmistetun ikkunan karmin ja seinän aukon välinen sauma ja tilkerako peitetään tavallisimmin listoilla, jotka on valmistettu joko puusta tai MDF-kuitulevystä. MDF-listat soveltuvat kuiviin huonetiloihin, sillä esimerkiksi kylpyhuoneissa voi turvottaa ja vaurioittaa MDF-listoja. Kosteissa tiloissa voidaan käyttää muovisia tai suojakäsiteltyjä peitelistoja.

Jakokarmit, välikarmi

Jakokarmi on ikkunaruuutujen pintaan tuleva listoitus. Nykyään jakokarmia käytetään enemmän esteettisenä rakenteena ikkunassa. Suurissa ikkunapinta-aloissa jakokarmilla on myös ikkunaa tukeva merkitys. Aiemmin jakokarmeja käytettiin enemmän, koska ikkunalasiasia ei voitu valmistaa kuin pieninä ruutuina.

Sisään aukeava ikkuna

Sisäänpäin aukeava ikkuna on yleisin Suomessa käytettävä ikkunatyyppe. Ikkunat voidaan pitää ulosaukeavia turvallisemmin auki tuulisellakin säällä ja ne on helpompi pestä myös ulkopuolelta. Sisään aukeava ikkuna vaatii hieman monimutkaisemman muodon karmeihin ja puitteisiin.

Sisään-ulosaukeava ikkuna

Sisään-ulosaukeava-ikkuna on ikkuna, jossa sisäpuite aukeaa sisäänpäin ja ulkopuite ulospäin.

Ulosaukeava ikkuna

Ulosaukeava ikkuna on helpompi tehdä vesitiiviiksi, jolloin vettä ei tunkeudu puitteen ja karmin välistä, vaikka tuuli puhaltaisi sadetta ikkunaan päin.

Tuuletusikkuna

Tuuletusikkuna on aukeava ikkuna, joka on varustettu kiinteällä painikkeella. Se sijoitetaan yleensä ”normaalin” ikkunan yhteyteen.

Kippi-ikkuna

Kippi-ikkuna on yksipuitteinen kääntökippiheloitettu ikkuna, joka voidaan avata kokonaan sivusaranoilla ja sen lisäksi kallistaa yläreunasta avattuna tuuletusasentoon. Kippi-ikkunaa voidaan käyttää myös ranskalaisen parvekkeen ovena eli ovi-ikkunana.

Kiinteä ikkuna

Kiinteässä ikkunassa ruudut on asennettu kaasutiiviisti, jolloin vain ulko- ja sisäpinnat ovat tarpeen pestä. Kiinteä ikkuna on rakenteeltaan avattavaa ikkunaa sirompi yksinkertaisemman rakenteensa vuoksi, koska karmipuitteita ei tarvita.

Ikkunaovi eli ranskalaisen parvekkeen ovi

Ikkunaovi on esimerkiksi parvekkeen tai terassin ovena käytettävä, rakenteeltaan ikkunaa muistuttava ovi. Ikkunaovi voi toimia myös rakennuksen varauloskäyntinä. Ikkunaovi voi avautumisen lisäksi myös kallistua ylälaidastaan tuuletusasentoon, jos se on varustettu kääntökippiheloituksella. Ikkunaovia valmistetaan yksi- ja kaksipuitteisina. Kaksipuitteisissa ikkunaovissa molemmat puitteet aukeavat yleensä sisäänpäin.

Huullettu ovi

Huulletun oven reuna on L-kirjaimen muotoinen. Huullos peittää oven ja karmin välisen raon.

Kenno-ovi

Kenno-ovi on kevyt sisäovi, jonka runkona on puusta tai ja hdf-levystä valmistettu kehä.

Kätisyys

Kätisyys tarkoittaa oven aukeamissuuntaa, joka ilmoittaa, ovatko oven saranat oikealla vai vasemmalla puolella ovea.

Laakaovi

Laakaovi on sileäpintainen ovi.

Massiiviovi

Massiiviovi on kokonaisuudessaan samaa materiaalia. Massiiviovet ovat yleensä puuta tai mdf-levyä.

Peiliovi

Perinteisesti peiliovessa on puukehät, joiden keskelle on sijoitettu erillisestä puulevystä tehty peiliosa. Nykyään peilioviksi kutsutaan myös yhdestä levystä valmistettuja ovia, joihin peilikuvio on toteutettu puristamalla.

Paloikkuna

Paloikkunoilla ja palo-ovilla on tarkoitus muodostaa osastoja, jotka hidastavat palon etenemistä. Yleisin vaatimus osastoille rakenneosille on paloluokka EI 30, joka merkitsee puolen tunnin palon hidastamista liekkejä, lämpösäteilyä ja savua vastaan.

Paloikkunoiden tulenkestävyys saadaan aikaan lämpöä kestäville lasielementeillä. Myös muu ikkunan rakenne on suunniteltu kestävänsä tavanomaista ikkunaa paremmin tulta. Ulospäin paloikkuna näyttää samalta kuin muutkin ikkunat, mutta lasituksesta riippuen lasin sävyssä voi olla pieni sävyero.

Paloluokitellun ikkunan rakenteeseen ei saa tehdä aukkoja, joten puitteen läpi ohjattavan integroidun sälekaihtimen asennus on kielletty. Ikkunaan ei myöskään saa asentaa raitisilmaventtiiliä, joka edellyttäisi rakenteeseen tehtävää läpivientä.

12.4 Ikkunoiden ja ovien varusteet

Koristeristikot

Koristeristikoilla ikkuna saadaan muistuttamaan puitteilla pieniin ruutuihin jaettua ikkunaukkua. Välipuitteita (jakopuitteita) käytetään nykypäivänä kesämökkien uusissa ikkunoissa ja korjausrakentamisessa, mikäli talon historiallinen tyyli edellyttää perinteistä ikkunamallia.

Koristeristikko on jakopuitteeseen verrattuna sirompi ja vaikuttaa vähemmän valoaukon kokoon.

Irrallinen koristeristikko voidaan kiinnittää ikkunan ulkopuolelle. Kehäristikko painetaan paikoilleen ikkunan sisäpuolelta ja on helposti irrotettavissa ikkunan puhdistusta varten. Koristeristikko voi olla rakenteeltaan muovia tai puuta.

Liimaristikko puolestaan liimataan ikkunalasiin joko ulkopuolelle tai molemmin puolin lasia eikä sitä voi irrottaa.

Hyönteisverkot

Hyttyspuite eli hyönteispuitteen tarkoitus on estää hyönteisten pääseminen sisätilaan tuuletusikkunan ollessa auki. Hyttyspuite on yleensä irrotettava, joten sen saa esimerkiksi talven ajaksi pois.

Hyttysverkon puhdistaminen on tärkeää, sillä verkko voi vaurioitua lintujen nokkiessa verkkoon jääneitä hyönteisiä. Hyttyspuite voidaan varustaa suodatinkankaalla, joka vähentää sisälle tulevan pölyn määrää.

Korvausilmaventtiili

Korvausilmaventtiili sopii koneellisella ilmanpoistolla varustettuihin rakennuksiin ja sen kautta voidaan tuoda raikasta ulkoilmaa hallitusti huonetilaan.

Korvausilmaventtiili asennetaan karmin tai puitteen yläosaan tai tilkerakoon. Venttiili varustetaan usein takaiskuventtiilillä, joka estää ilmavirtauksen ulospäin tai ikkunoiden väliin. Venttiileissä on yleensä pestävä tai vaihdettava suodatin.

Tuloilmaikkunan venttiili

Tuloilmaikkunaventtiili on korvausilmaventtiili, joka kierrättää sisään tulevan korvausilman ikkunaruutujen välissä. Viileä ulkoilma lämpiää tällöin ikkunoiden hukkalämmöllä. Venttiili asennetaan ikkunan puitteeseen tai karmiin.

Uusien ikkunoiden asennuksen yhteydessä suositellaan talon ilmanvaihdon mittausta ja säätöä hallitun ilmanvaihdon varmistamiseksi.

Helat

Heloituksen tehtävänä on varmistaa, että ikkuna pysyy tiiviisti kiinni, avautuu vaivatta ja pysyy auki.

Avattavissa ikkunoissa yleisimpiä heloja ovat saranat, painikkeet, lukot, kytkinhelat ja aukipitolaitteet. Kiinteissä ikkunoissa ei käytetä heloja. Ikkunoihin, joita tarvitsee avata vain harvoin, tarvitaan vain saranat, irtopainike, reikien peitekilvet ja ikkunalukot.

Helojen valmistusmateriaalina käytetään enimmäkseen terästä, messinkiä, alumiinia ja sinkkiä sekä jonkin verran muovia. Korroosion estämiseksi ja viimeistellyn ulkonäön saamiseksi helat useimmiten pinnoitetaan. Yleisimmät pinnoitteet ovat jauhemaalaus, kromaus, anodisointi, sinkitys ja lakkaus.

Ikkunahelat voivat olla myös sähkötoimisia, jolloin avaus- ja suljintoimintoa säädellään erityisestä kytkimestä tai automaattisesti esimerkiksi tuuletustarpeen mukaan.

Tuuletusta varten suunniteltu ikkuna varustetaan tuuletusikkunaheloituksella, jolloin ikkunan avaaminen ja sulkeminen voidaan tehdä yhdestä painikkeesta.

Painikkeet, kahvat

Ikkunoiden ja ovien avaamiseen ja sulkemiseen tarvittava ”kädensija”. Yhden sisäikkunan sulkemiseen käytetään yksinkertaista salpaa ja kahden ikkunan sulkemiseen kaksinkertaista salpaa. Painikkeita on tarjolla erilaisia eri valmistajilla.

Nykyään kiinteät painikkeet asennetaan tuuletusikkunoihin. Muut ikkunat avataan irrallisella ikkunanpainikkeella. Hätäpoistumisteissä on oltava kiintopainike, jotta poistumistie on helppo avata.

Aukipitolaite eli välisuljin

Aukipitolaite tai välisuljin kytkee tuuletusikkunan sisä- ja ulkopuitteen toisiinsa, jolloin ikkunan avaaminen on helpompaa. Se pitää myös ikkunan avoimena ilman hakaa.

Kaihtimet ja sälekaihtimet

Kaihtimilla vaikutetaan valon määrään asunnossa. Ne ehkäisevät suoran auringonvalon häikäisyä ja vähentävät sisätilojen lämpiämistä. Kaihtimilla saadaan myös näkösuoja huoneistosta ulkopuolelle päin ja osa kaihtimista vaimentaa ääntä.

Avattavassa ikkunassa kaihdin on lasien välisessä tilassa, kiinteässä ikkunassa pinnassa.

Ikkunalauta tai kukkalauta

Sisäpuolelle tuleva ikkunalauta tai kukkalauta kiinnitetään joko suoraan tukiraudoilla ikkunan karmiin tai erillisillä tuilla ikkunan alapuoliseen seinään. Kukkalaudat valmistetaan useimmiten maalatusta tai pinnoitetusta kalusteleuvystä.

Puitetuki

Eri ikkunanvalmistajat suosittelevat yli 150 cm leveiden puitteiden tukemista avaamisen ajaksi, jotta välttyään puitteen vääntymiseltä ja lasin rikkoutumiselta. Talossa voi olla esimerkiksi yksi irtotuki ikkunan pesun aikana käytettäväksi.

Metallista valmistettu integroitu tuki sijoitetaan ikkunan sisäpuiteen taakse, josta se on helppo laskea alas ikkuna avattaessa. Tuki voidaan asentaa valmiiksi jo ikkunatehtaalla tai sellainen voidaan asentaa ikkunan sisäpuiteeseen jälkikäteen. Tuki on säädettävä ennen käyttöä oikeaan korkeuteen.

Murtosuojaus

Murtosuojaus on oven reunaan tai lukon viereen asennettava metallilevy, joka suojaa oven ja karmin väliin jääneen raon ja estää lukkoteljen tiirikoinnin.

12.5 Ikkunoiden ja ovien tekniset ominaisuudet

Moduulimitat

Ikkunan koon voi ilmoittaa joko täsmällisenä karmin ulkomittana tai moduulijärjestelmään perustuvan liittymismittana. Ikkunan liittymismitta käsittää ikkunan ja sen asennuksen tarvitseman tilan. Ikkunoita tilattaessa on mainittava, kumpi mittaustapa on kyseessä.

Nykyisin ikkunateollisuus voi valmistaa tuotteet ikkuna-aukkoon sopivaksi mittojen mukaan, joten moduulimitoitusta ei välttämättä tarvita.

Moduulimitoituksen perusmoduulia eli kantamoduulia kuvataan kirjaimella M. Sen suuruus on 100 mm. Rakennusosia mitoittaessa käytetään perusmittaa 1M tai sen kerrannaisia 3M, 6M, 9M ja 12M.

Esimerkiksi jos ikkunan leveyden nimellismitta on 900 mm ja korkeusmitta 1200 mm, niin ikkunakoko on 9x12. Sen eteen tulee joko kirjain I tai ikkunanmallin tyyppimerkintä (esim. MS, MSE) ja perään mahdollisesti aukeamissuuntaa esittävä kirjain (v tai o).

Ovien yleisin nimelliskorkeus 2100 mm. Jos kyseessä on tällainen ovi, niin merkinnäksi riittää tyyppimerkintä (O, UO) ja sen perään oven leveys.

Esimerkiksi, jos kyseessä on oikealle avautuva ulko-ovi, jonka nimellismitat ovat 900x2100mm, niin merkintä on UO 9o.

Jos taas nimelliskorkeus poikkeaa tästä ja oikealle avautuvan ulko-oven nimellismitat ovat 900 mm ja 2300 mm, niin merkinnäksi tulee UO 9x23o.

Karmisyvyys

Karmisyvyys tarkoittaa ikkunan tai oven karmin paksuutta eli sisä- ja ulkoreunan välistä mitta. Sopivaan karmisyvyyteen vaikuttaa esimerkiksi seinän paksuus. Karmisyvyys vaikuttaa myös ikkunan lämmön- ja ääneneristävyyteen.

Yleisiä ikkunan karmisyvyyksiä ovat 130, 170 ja 210 millimetriä.

Ikkunoiden ja ovien kätisyys

Ikkuna tai ovi on vasenkätinen, kun se avautuu aukeamissuunnasta luontevasti vasemmalla kädellä. Painike on tällöin oikealla puolella ja saranat vasemmalla puolella.

Oikeakätisessä ovesa tai ikkunassa puolestaan painike on aukeamissuunnasta katsottuna vasemmalla ja saranat oikealla puolella.

Kätisyydellä on merkitystä ennen muuta käytännön seikkojen, kuten muiden aukkojen ja kalusteiden sijainnin ja pestävyyden näkökulmasta.

Ikkunoiden pellitys

Ikkunapellin tehtävä on suojata rakenteita vedeltä ja kosteudelta. Vesipellin on oltava riittävän jyrkkä, jotta sadevesi pääsee valumaan pois. Kaltevuuden tulee olla vähintään 18 astetta, yleinen suositus on 30 astetta. Pellin on hyvä ulottua riittävän kauas seinän ulkopinnasta, jottei sadevesi pääse valumaan sitä pitkin.

Ikkunoiden ja ovien pintakäsittely

Teollisesti valmistetut ikkunat toimitetaan aina pintakäsiteltyinä. Ikkunoiden sisäpuolen suosituin väri on valkoinen. Auringon valoa heijastavan valkoisen värin käyttö vähentää myös ikkunan rakenteen lämpörasitusta.

Ikkunoiden alumiiniosissa käytetään pulverimaalausta. Alumiiniprofiilit voidaan myös anodisoida. Anodisoinnissa kappale upotetaan anodisointiliuokseen ja sen pinnalle kasvatetaan sähkövirran avulla suojaava oksidikerros. Puuosat voidaan myös kuultokäsitellä läpinäkyviksi.

Ääneneristys

Ikkunan rakenne: avattava ikkuna on tehokkaampi äänieriste kuin kiinteä, sillä lasien väliin jää tyypillisessä ikkunassa kaksi eri kokoista ilmapäliä ja ääneneristävyys kasvaa.

Karmisyyvyys: alle 20 mm:n etäisyydellä lasien välisen etäisyyden merkitys ääneneristävyyteen on pieni, mutta kasvattamalla etäisyyttä enemmän ääneneristävyys paranee huomattavasti. Esimerkiksi syvyydeltään 130 ja 210 mm:n ikkunoissa ero on lähes 10 desibeliä.

Lasin paksuus: paksuuden lisääminen lisää lasin massaa eivätkä ääniaallot saa sitä liikkeelle yhtä helposti. Lasin ääneneristys paranee noin 6 dB massan kaksinkertaistuessa. Myös eri paksuisten lasien käyttäminen parantaa ääneneristävyyttä.

Lasin rakenne: useamman lasikerroksen laminointi yhteen vaimentaa korkeataajuisia ääniä paremmin kuin yksi paksu lasi.

Vaatimukset turvalasin käytöstä

Yleisötilojen kulkuväylien ovissa käytetään turvalasia, jos lasipinnan korkeus lattiasta on alle 1500 mm. Turvalasia on käytettävä myös ovien vieressä olevissa ikkunoissa ja lasiseinissä, jos oviaukon ympärillä on alle 300 mm:n umpinainen rakenne.

Yleisötilojen ikkunoissa on käytettävä turvalasia, jos lasipinnan korkeus lattiasta on alle 700 mm. Turvalasia edellyttävissä kohteissa on käytettävä aina karkaistua lasia, laminoitua lasia tai lankavahvistettua lasia.

Pesutilojen kokolasiovet tehdään karkaistusta lasista. Esimerkiksi liukuovissa voidaan käyttää myös laminoitua lasia.

Ikkuna varauloskäyntinä

Rakentamismääräyskokoelman mukaan asunnossa tulee olla varatie, jos uloskäyntejä on vain yksi. Varatienä voidaan käyttää palon sattuessa esimerkiksi ikkunaa, josta pääsee maan pinnalle tai muulle turvalliselle paikalle.

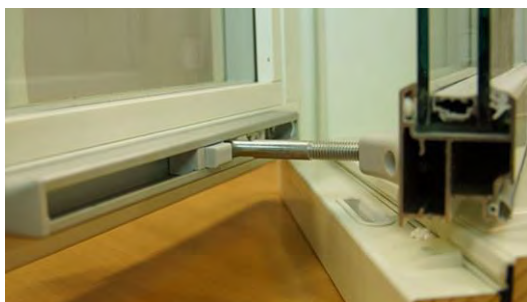
Varatienä käytettävässä ikkunassa tulee olla kiinteä painike, jotta se on aina avattavissa. Ikkunaukon tulee olla vähintään 600 mm korkea ja 500 mm leveä siten, että korkeuden ja leveyden summa on vähintään 1500 millimetriä.

Kaksikerroksisissa asunnoissa on toisen kerroksen jokaisesta asuinhuoneesta oltava varatie. Varatieksi käy parvekkeen ovi tai kiintopainikkeilla varustettu ikkuna.

Paikalliset paloviranomaiset ja rakennusvalvonta antavat lisätietoja varauloskäyntien rakentamisesta ja vaatimuksista.

Tuuletusikkunan aukeaminen

Jollei tuuletusikkunassa ole ritilää tai säleikköä, on sen aukeamista rajoitettava välisulkimella. Välisuljin estää tuuletusikkunan liikkumisen tuulen vaikutuksesta ja rajoittaa aukeamisen suuruutta turvallisuussyistä ollen korkeintaan 100 mm.



*Ikkunan välisuljin (aukipitolaite).
Välisuljin estää tuuletusikkunan
liikkumisen tuulessa ja rajoittaa
ikkunan aukeamista.
Kuva Ikkunawiki.*

Paloikkuna

Paloikkunoilla ja palo-ovilla on tarkoitus luoda osastoja, jotka hidastavat tulipalon etenemistä. Yleisin vaatimus osastoiville rakenneosille on paloluokka EI 30, joka merkitsee puolen tunnin turva-aikaa liekkejä, lämpösäteilyä ja savua vastaan.

Paloikkunoiden tulenkestävyys saadaan aikaan järeillä, lämpöä hyvin kestävillä lasielementeillä. Myös muu ikkunan rakenne on suunniteltu kestämaan tavanomaista ikkunaa paremmin tulta.

Oven aukeamistapa ja aukeamissuunta

Saranaovi on tavallisin, yhteen suuntaan aukeava ovityyppi.

Heiluriovessa eli saluunanovessa, joka avautuu molempiin suuntiin, käytetään usein erikoissaranaa ja vaimentavia jousia.

Liukuovissa käytetään saranoiden ohella liukukiskoja ja pyöriä. Liukuovia käytetään suurten oviaukkojen sulkemiseen.

Nosto-ovi siirretään paikalleen kiskojen avulla ylä- tai alapuolella olevasta syvennyksestä.

Haitari- eli lamelliovi tai taiteovi menee avattaessa kokoon. Saman tyyppisiä ovat laskos- eli paljeovet, joissa on metallirakenteeseen kiinnitetty taipuisa muovi- tai nahkakalvo.

Suomessa ulko-ovi aukeaa tyypillisesti ulospäin, kun taas joissakin muissa maissa sisäänpäin. Aukeamissuunta saattaa liittyä vanhoihin vieraanvaraisuustapoihin, luonnonoloihin tai paloturvallisuuteen. Sisäänpäin aukeavan oven saranat ovat sisäpuolella, jolloin ovea ei voi murtaa auki saranatapat poistamalla.

Nykyisin käytetään myös automaattiovia, jotka avautuvat ja sulkeutuvat valokennon tai vastaavan koneiston avulla. Automaattisesti avautuvat ovet voivat avautua avauskytkimen, anturin, infrapunan, paineen tai liikkeentunnistimen signaalista.

Laatumääräykset

Oville ja ikkunoille asetetut vaatimukset on tarkoin määritelty standardeissa ja RT-korteissa. Yhtenä laadun takeena on ovesta löytyvä CE-merkintä. Puuoven ominaisuuksiltaan täytettävä Suomessa voimassa olevien kansallisten tai kansallisiksi vahvistettujen standardien vaatimukset.

Oven rakenteet

Sisäovet ovat useimmiten laaka- tai kehysovia, mutta myös ikkunaovia käytetään. Ulko-ovet ovat useimmiten kehysovia tai ikkunaovia.

Laakaovessa ovilevy on kerrosrakenteinen. Sen jäykkyys saadaan aikaan liimaamalla oven pintalevy sisäkehysten ja täytteen molemmille puolille. Myös laakaoveen voidaan tehdä lasiaukko. Kehysovessa on jäykkä kehys. Peiliovissa tämä kehys on näkyvässä, mutta se voi olla peitetty paneelilla, vanerilevyllä tai vastaavalla. Ikkunaoveksi nimitetään ovea, jonka kehysten sisäpuolella on osa lasia.

Ovien reunan muoto on huulettu, kaksoishuulettu tai tasareunainen.

Ovien helojen valikoima on laaja, mikä johtuu osien erilaisista vaatimuksista. Saranoiden rakenteen määrää niiden käyttötarkoitus. Ovissa tarvitaan lisäksi salpoja, lukkoja ja usein myös muita varusteita, kuten kiinnipitolaitteita, postiluukkuja ja nimikilpiä. Ulko-ovissa tiivisteet ovat tärkeitä. Ovet toimitetaan yleensä karmeineen ja valmiiksi saranoituina. Mikäli ovi ei ole siten symmetrinen, että oven kätisyys on vaihdettavissa, on se huomioitava tilauksessa.

Ovien energiatehokkuus

U-arvo on yleinen mitta oven energiatehokkuudelle. Pääsääntöisesti ulko-oven suunnitteluarvo saa olla korkeintaan $1,0 \text{ W/m}^2$. Tyypillisesti umpinaisten ulko-ovien u-arvo on $0,7\ldots 0,8 \text{ W/m}^2\text{K}$ ja lasiaukollisten $0,7\ldots 1,0 \text{ W/m}^2\text{K}$. Erityisen eristävissä ulko-ovissa u-arvo voi olla jopa alle $0,6 \text{ W/m}^2\text{K}$.

Paloluokitus

Tietyissä kohteissa oven pitää estää tulen ja kuumuuden leviäminen tilasta toiseen.

Paloluokituksella ilmaistaan se aika, jona oven pintalämpötila ei nouse sallitun arvon yli ja ovi estää tulen leviämisen. Paloluokitus ilmaistaan minuutteina (15, 30 tai 60).

Osastoivassa rakennusosassa olevan oven, pienehkön ikkunan ja muuta pienehköä aukkoa suojaavan rakennusosan palonkestävyyssajan on oltava vähintään puolet osastoivalta rakennusosalta vaaditusta palonkestävyyssajasta. Osastoivan oven tulee yleensä olla itsestään sulkeutuva ja salpautuva. Jos ovea pidetään auki normaalikäytössä, se on varustettava laittein, jotka sulkevat oven palon sattuessa.

Ääniluokitus

Ovien ääneneristävyys ilmoitetaan ääniluokkana sen mukaan, kuinka paljon ääntä ovi eristää. Ääniluokat ovat 25, 30 ja 35 dB.

12.6 Ikkunoiden ja ovien asentaminen

Ikkunan asentaminen

Ennen asentamista tarkistetaan ikkuna-aukon mitat käyttämällä vesivaakaa ja tarkastamalla ristimitat (vastakkaisten nurkkien etäisyydet ovat samat). Karmi puhdistetaan pölystä ja aukon alapuun päälle kiinnitetään asennuspalat. Aukkoon asennetaan kiilat, joiden avulla ikkuna saadaan keskelle aukkoa ja aukon ja karmin väliin jää noin 10–15 mm:n väli. Mikäli ikkuna on avattava, irrotetaan sen puitteet karmista ennen asennusta.

Karmikehikko nostetaan tämän jälkeen nurkkiin laitettavien korotuspalojen päälle ja asennetaan se siten, että se on runkoon nähden suorassa. Kaikki jakokarmit tuetaan tukikiiloin rakenteisiin, jotta liitossaumojen pysyvyys varmistetaan. Näin toimimalla varmistetaan ikkunan riittävä tiiveys.

Ikkunakarmi ruuvataan kiinni käyttäen siihen tarkoitettuja torx-kantaisia karmiruuveja. Kiinnityksen jälkeen asennetaan ulkopuite paikoilleen ja tarkistetaan käyntivälit. Seuraavaksi asennetaan sisäpuite, josta tarkastetaan käyntivälin lisäksi, etteivät vierekkäisten puitteiden vaakakappaleet porrasta. Tarvittaessa säädetään saranoita ja korjataan karmin asentoa.

Ikkunan ympärille pitäisi jäädä 10–15 millimetrin levyinen tilkerako joka puolelle. Seinärakenteet eivät ole koskaan aivan suoraa, joten 10 mm:n kokoiseksi mitoitettu rako voi osoittautua jollain kohdalla karmia liian kapeaksi.

Karmin ristimita sekä pysty- ja vaakasuoruus tarkistetaan ulkopuitteilla. Kun käyntiväli on tasainen ja mitat on tarkistettu, karmit on asennettu oikein.

Sisäpuitteet nostetaan paikoilleen. Mikäli kyseessä on kaksiosainen ikkuna, on tarkistettava, että korko on kummassakin samalla korkeudella.

Lopuksi poistetaan asennuskiilat, tulpataan ruuvit, asennetaan heloitukset ja puhdistetaan karmien välitila.

Karmi ruuvataan ja kiilataan rakennuksen runkoon korotusruuvien päälle asennuskiiloilla. Ulkopuitteet nostetaan saranoilleen. Kiinnitysruuvien peitetulpat asetetaan paikoilleen.

Ikkunoiden asentamisessa on noudatettava ikkunavalmistajan ohjeita kaikissa asennuksissa.

Ilmanvaihdon säätäminen on tehtävä aina ikkunoiden vaihtamisen yhteydessä. Pelkkä venttiileiden mittaaminen ei riitä, vaan myös huonetilojen alipaineisuus on huomioitava. Toimiva ilmanvaihto edellyttää tasaista alipainetta rakennuksen kaikissa huonetiloissa. Tyypillinen ongelma on rakennusten yläkerrosten riittämätön alipaine tai jopa huoneistojen ylipaine, mikä tuntuu yläkerroksissa huonona ilmana ja alakerroksissa vedon tunteena. Ilmanvaihtoon liittyvät mittaukset suorittavat alan ammattilaiset.

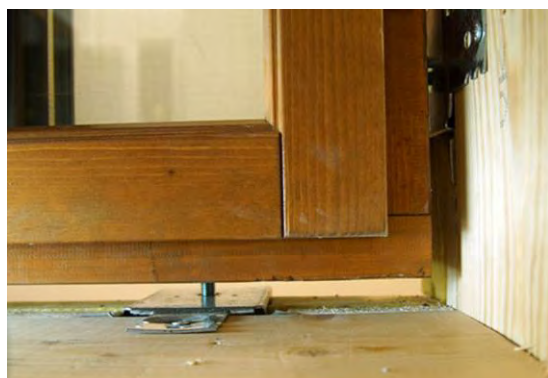
Ikkunoiden ja ovien eristäminen sekä tilkerako

Karmin ja rungon väli eristetään joko painamalla rakoon kevyesti villaa tai käyttämällä eristykseen uretaanivaahdtoa. Uretaania käytettäessä on kuitenkin varottava vaahdon liiallista paisumista ja mahdollista karmin pullistumista.

Ikkunoiden ja ovien asennuksessa käytetään eristeenä useimmiten polyuretaanivaahdtoa. Materiaalin lämmön- ja ääneneristävyys kannalta uretaani toimii hyvin eikä se ime kosteutta. Rakenteisiin ruiskutettava uretaanivaahdot laajenee voimakkaasti, joten liian täyteen vaahdotettu tilkerako voi johtaa karmien vääntymiseen. Saumavaahdot ei ole tarkoitettu ikkunan kiinnittämiseen, vaan ikkuna on aina ensin kiinnitettävä mekaanisesti.

Tiivisterakoa ei täytetä aivan kokonaan, sillä vaahdot laajenee vielä kovettuessaan. Kuivissa olosuhteissa voi olla tarpeen kostuttaa pinnat vesiruiskulla. Mahdollisesti yli pursuneen eristeen voi leikata eristeen kuivuttua. Eristettä ei saa leikata liian aikaisin; kuivissa olosuhteissa ja talvella voi olla tarpeen odottaa kovettumista jopa vuorokauden verran.

Ikkunakarmin ja seinän liitoskohta on monesti vetoisa kohta, josta rakennukseen virtaa korvausilmaa. Tämän vuoksi tiivistys on tehtävä huolellisesti. Tiivistämiseen on saatavilla erilaisia tiivistysnauhoja valmistajasta riippuen. Tarvittaessa välin voi teipata, jotta tarvittava tiiveys saavutetaan. Ikkunateippi asennetaan ikkunapuitteen ja karmin väliseen rakoon ulkoa tulevan pölyn ja vedon tunteen estämiseksi.



Ikkunan eristämistä varten jätetään 15–20 millin tilke- eli eristerako ikkunan jokaiselle sivulle. Kuva Ikkunawiki.

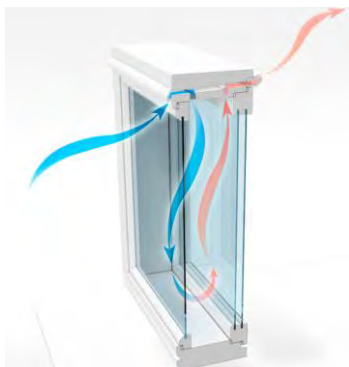
Saranoiden säätö

Ikkunoiden asennuksessa käytetään yleensä pulttisaranaa, joka on kiertämällä säädettävä. Saranat säädetään niin, että puitteet osuvat ikkuna-aukon keskelle ja tiiviste vastaa riittävästi karmiin.

Ikkunan sisäpinnan huurtuminen

Ikkunan sisimmäiseen lasiin voi tiivistyä kosteutta, kun lämmin ja kostea sisäilma kohtaa ilmaa kylmemmän lasin. Ilmiö korostuu, jos ulkona on tavanomaista kovempi pakkanen.

Sisäpinnan huurtuminen on yleensä merkki sisäilman liiallisesta kosteudesta tai puutteellisesta ilmanvaihdosta. Ikkunan sisäpinnan huurtumista voidaan ehkäistä takaamalla riittävä ilmavirtaus ikkunalasin edessä: poistamalla ikkunan edessä olevat esteet ja ylimääräiset kosteuslähteet sekä tehostamallailmastointia ja säätämällä huoneilman lämpötilaa.



Ikkunan ilmanvaihdon periaate: tuloilmaikkuna nostaa sisään tulevan ilman lämpötilaa noin 10 astetta kierrättämällä korvausilman ikkunoiden välitilan kautta. Esilämmitys tapahtuu muutoin hukkaan menevällä, ikkunan läpi johtuvalla lämmöllä. Kuva Ikkunawiki.

Ikkunan välitilan huurtuminen

Ikkunan välitilaan kertyy kosteutta, kun huoneistossa on ylipainetta. Silloin kostea ilma voi päästä tunkeutumaan ikkunan sisä- ja ulkopuitteen väliseen tilaan esimerkiksi kaihdinsäädinreikien, lukkojen ja tiivisteiden raosta. Lämmin ja kostea ilma tiivistyy kylmän, ulomman lasin sisäpintaan.

Huoneistoon syntyy ylipainetta, jos ilmanpoisto ei ole riittävä. Ylipaine syntyy esimerkiksi usein kaksikerroksisen, avoportaikkoisen huoneiston yläkertaan, kun ilmanvaihto on liian heikko. Terveellinen asuminen edellyttää, että huoneistossa on sopiva alipaine ja sinne virtaa riittävästi puhdasta korvausilmaa, jolloin ikkunan välitilaankaan ei kerry kosteutta.

Ikkunan ulkopinnan huurtuminen

Ikkunan ulkopinnan huurtuminen johtuu ulkoilman kosteuden tiivistymisestä lasin pintaan. Ilmiötä voi esiintyä esimerkiksi kylmän yön jälkeen, kun ulkoilman lämpötila nousee nopeasti auringon noustessa.

Uudet energiataloudelliset ikkunat saattavat huurtua erityisesti syksyisin ja keväisin ulkoilman suhteellisen korkeasta kosteudesta johtuen. Hyvin eristävissä ikkunoissa lämpövuoto on niin vähäistä, että ulkopinta pääsee jäähtymään joissakin olosuhteissa ulkoilmaa kylmemmäksi, jolloin ilman kosteus tiivistyy muuta ympäristöä viileämpiin pintoihin. Ulkopinnan huurtuminen ei ole merkki viallisesta ikkunasta. Ulkopinnan huurtumista voidaan vähentää rakenteellisin ratkaisuin tai käyttämällä ulommaisena pinnoitettua lasia.

12.7 Ikkunoiden ja ovien listoitus- ja verhoilutyöt sekä pellitykset

Listoitus ja verhoilu

Ennen sisäpuolen listoitusta ikkuna liitetään höyrynsulkuun esim. teippaamalla. Myös ulkopuolisen kosteuden pääsy eristetilaan estetään esim. elastisella saumaussmassalla.

Lista peittää asennuksessa jäävät jäljet. Listoituksessa on käytettävä riittävän kuivaa puutavaraa. Puumateriaaleja ei saa säilyttää ulkona tai ulkovarastossa kostumisriskin vuoksi.

Smyygejä käytetään tasoittamaan seinärakenteen ja karmin syvyyseroa niin, että niiden pinnat saadaan samalla tasalle tai ainakin lähelle toisiaan. Joskus ikkunakarmit ovat jo rakentamisvaiheessa sijoitettu sisään- tai ulospäin seinärakenteesta ulkonevasti, jotta on välttytty smyygilistojen tekemiseltä seinän molemmilla puolilla. Tämä ei kuitenkaan yleensä onnistu johtuen seinän runkorakenteesta ja muista rakennekerroksista.

Sisäpuoliset listat asennetaan kiinni sekä runkoon että karmiin, ulkopuoliset listat ainoastaan runkorakenteeseen.

Ikkunoiden ja ovien kiinnityksissä on huomioitava, että ulkoverhouksen takana olevaa tuuletustilaa ei saa peittää verhouslaudoilla vaakasuorassa suunnassa, jotta tuuletus toimii oikein. Jos tuuletustila peitetään, niin rakenteeseen alkaa kertymään kosteutta, joka saattaa aiheuttaa kosteus- ja mikrobivaurioita.

Ikkunoiden pellitys

Ikkunan vesipelti on kallistettava minimissään 15 astetta, jotta sade- ja sulamisvedet valuisivat pois ikkunasta ja seinärakenteesta (suositeltava kaltevuus 18...30 astetta). Vesipelti pitää viedä vähintään 30 mm ulkoverhouksen yli eikä sitä myöskään saa tukea niin, että ulkoverhouksen takana oleva tuuletustila menee umpeen. Lisäksi pelti pitää varustaa tippanokalla. Näin varmistetaan ulkoverhouksen takana olevan tuuletustilan toimivuus. Pellin etureuna myös pokataan, jotta siihen ei jää terävää reunaa näkyviin.

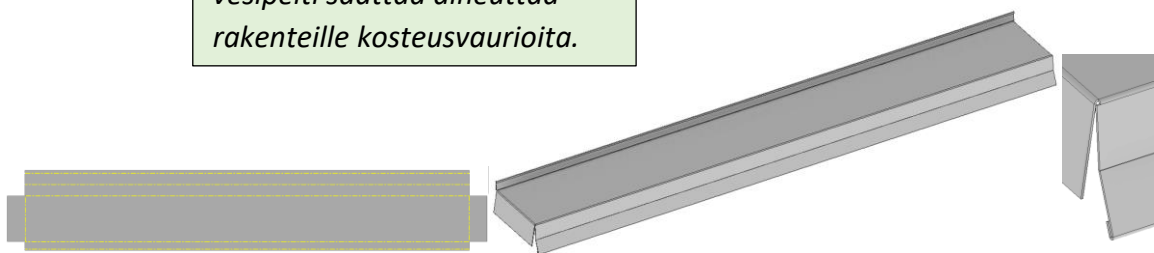
Sivulla olevia rakenteita vasten pellin reuna nostetaan noin 30 mm puoleltaan Ikkunapelti pyritään aina asentamaan niin, että reunanosto jää ikkunan pystylistojen (smyygien) alle. Ikkunapellin alustan tulisi olla pellin kaltevuuteen tehty, tasainen ja sileä. Alustan ja pellin väliin voidaan tarvittaessa laittaa elastinen liimamassa.

Ennen ikkunapellin kiinnitystä on tarkastettava, että ikkunan ja seinärakenteen väli on eristetty riittävän hyvin. Ikkunapelti asennetaan sille varattuun tilaan ikkunan alakarmirakenteessa. Suositeltava ruuvausväli on 100...300 mm. Ruuvien on myös oltava soveltuvia kiinnitykseen. Ikkunapellin tulee ulottua n. 30 mm seinäpinnasta ulospäin. Mikäli ikkunapelti on tehdastuote, niiden kiinnityksessä on noudatettava valmistajan ohjeita.



Ikkunapelti suojaa rakenteita ja eristeitä kosteudelta. Pellin on ulotuttava riittävän kauas seinän ulkopinnasta, jotta sadevesi ei valuisi seinää pitkin. Kuva Ikkunawiki.

Ikkunapelti taivutetaan yhdestä pellistä, jotta siihen ei jää vuotokohtia. Vuotava vesipelti saattaa aiheuttaa rakenteille kosteusvaurioita.



Kuvassa on esitetty esimerkki ikkunapellistä: vasemmalla ohutlevyteräksestä valmistettu aihio leikattuna ja levitettynä, keskellä valmiiksi taivutettuna ja oikealla yksityiskohta pellin etureunan pokausta.

13 Puutuotteiden pintakäsittely



Kuvat Ammattiopisto Lappia

13.1 Puurakennusten pintakäsittely

Sisäpintojen käsittelyt

Sisätilojen puupintoja voidaan pintakäsitellä joko puun suojaamiseksi tai ulkonäkösyistä. Puupinta suojataan auringon uv-säteilyä, likaantumista, kulutusta ja kastumista vastaan.

Kun puupinta joutuu kovalle kulutukselle alttiiksi, se tarvitsee suojakseen pintakäsittelyn. Puulattiat voidaan maalata, lakata, öljytä tai vahata. Käsittelyaineilla on erilaiset ominaisuudet ja ne tulee valita käyttökohteen mukaan.

Parketit, lauta- ja lankkulattiat lakataan, kun halutaan näkyvä puupinta. Monissa lakkatuotteissa on lisäaineena uv-suoja-aineita, joiden ansiosta puupinta säilyttää hyvin värisävynsä. Öljykäsittely kyllästää puun pintasolukon, jolloin siihen ei pääse imeytymään likaa tai kosteutta. Öljykäsittely on verrattain helppo tehdä, mutta sen huoltoon kuuluvat säännölliset uusintakäsittelyt. Vahaus on kevyt pintakäsittely, joka sävyttämättömänä muuttaa varsin vähän puun luonnollista värisävyä tai puupinnan tuntua.

Märkätiloissa puupinta suojataan kosteudelta vastaan öljy- tai lakkatuotteilla. Saunassa voidaan käyttää saunasuojaa, jota on nykyään mahdollista myös sävyttää lakkavärikartan sävyin. Saunassa pintakäsittely ei ole välttämätön, mutta saattaa helpottaa puupintojen puhtaanapitoa.

Ns. kuultokäsittelyissä puun pintaa sävytetään, mutta sen pintakuvio jää näkyväksi. Puupinnan kuultokäsittelyjä voidaan tehdä lakka-, öljy- tai vahatuotteilla, puunsuojilla tai kuultomaaleilla. Petsaus on puun sävyttämistä vesi- tai liuotinhenteisillä värjäystuotteilla. Petsaamalla värjätty pinta yleensä lakataan. Sävytyksen voi tehdä myös sekoittamalla petsivärin suoraan lakkaan.

Pintakäsittelyaineen valinnassa tulee huomioida myös sen kiiltoaste; mitä kiiltävämpää se on, sen helpommin värisävyn erot näkyvät.

Ulkopintojen käsittelyt

Maali suojaa puupintaa säältä sekä vähentää puun kosteusvaihtelun aiheuttamaa elämistä ja pidentää näin puurakenteen ikää. Maalattu puutalo kestää aikaa ja säätää hyvin. Oikein tehty, laadukas maalaus pysyy myös puhtaana liasta, säilyttää värinsä sekä pitää talon ulkonäön siistinä.

Ilman suhteellinen kosteus vaikuttaa myös puun kosteuteen. Puun kosteus vaihtelee eri vuodenaikoina ympäröivässä ilmassa olevan suhteellisen kosteuden mukaan. Puu imee itseensä kosteutta tai luovuttaa sitä ympäristöönsä olosuhteista riippuen.

Puupinnat kannattaa käsitellä mahdollisimman aikaisessa vaiheessa. Auringonvalo hajottaa puun pintaa ja lisäksi puu harmaantuu nopeasti.

Puupinnat vaativat pintakäsittelyaineelta vesihöyryn läpäisevyyttä. Kuullotteet ovat kalvoa muodostamattomia pintakäsittelytuotteita ulkokäyttöön. Ne suojaavat puupintoja kosteudelta, likaantumiselta ja sävytettynä auringon UV-säteilyltä.

Puupinnat on mahdollista käsitellä myös peittäväksi. Peittosuojat ovat tähän käyttötarkoitukseen sopivia tuotteita. Ne muodostavat ohuen, vesihöyryä läpäisevän kalvon jättäen puun luonnollisen syykuvioinnin kauniisti näkyviin.

Puutavara harmaantuu ulkokäytössä auringon ultraviolettisäteilyn vaikutuksesta. Harmaantumista voidaan ehkäistä ja puun väri palauttaa uv-suojan antavalla pintakäsittelyllä. Puun pintakäsittelyyn soveltuvat puuöljyt, kuultavat ja peittävät puunsuojat sekä ulkokäyttöön tarkoitetut maalit. Homekasvu voidaan ehkäistä käsittelemällä pinta homeenestoaineella.

Ilman, maalin ja maalattavan pinnan tulee olla vähintään + 5 C ja ilman suhteellisen kosteuden on oltava alle 80 % pintakäsittelyn ja kuivumisen aikana.

Paineekyllästetyn puun pintakäsittelyssä on kiinnitettävä huomiota siihen, että käsiteltävä puu on riittävän kuivaa. Lämpökäsitelty puupinta suositellaan pintakäsiteltäväksi heti asennuksen yhteydessä.

Pintakäsittelyssä tulee kiinnittää erityistä huomiota katkaisupintojen käsittelyyn, koska puu imee kosteutta luontaisesti eniten kappaleen päistä pituussuunnassa. Jos tuotteet käsitellään ennen asennusta, on kiinnityskohdat suojattava erikseen pintakäsittelyaineella asennuksen jälkeen.



*Seinäelementti valmiiksi
pintakäsiteltynä,
kuva Jukkatalo Oy.*

Puurakenteiden palosuojaaminen

Palosuojatut puutuotteet vaikuttavat osaltaan erityisesti asuinkerrostalojen, julkisten rakennusten ja erilaisten toimitilojen palonkestävyyteen ja paloturvallisuusvaatimusten täyttämiseen. Puutuotteita voidaan palosuojata erilaisin menetelmin. Ne eroavat toisistaan mm. kustannus- ja ympäristövaikutusten osalta. Palosuojausmenetelmien kustannusvaikutusten tunteminen rakennuksen koko elinkaaren ajalta auttaa valitsemaan sekä rakentamisen että valmiin rakennuksen kunnossapidon ja huollon kannalta kustannustehokkaita ratkaisuja.

Rakennuksen sisäpintoja ovat sisäseinät, sisäkatot ja lattiat. Luokkavaatimukset eivät koske pinta-alaltaan vähäisiä rakennusosia, kuten tavanomaisia ovia, ikkunoita, kiinnityspintoja, käsijohteita, jalkalistoja, saumalautoja ja levyjen välisiä saumoja. Vaatimukset eivät myöskään koske enintään 2-kerroksisen rakennuksen palkkeja ja pilareita, jotka täyttävät R 30 ja D-s₂,d₂ -luokkavaatimukset. Pinnat voivat olla päällystetty luokittelemattomalla tasoite-, silote- ja maalikerroksella tai tapetilla, joka ei olennaisesti vaikuta pinnalta edellytetyn luokan ominaisuuksiin. Pinnoille voidaan hyväksyä yhtä pääluokkaa lievemmat vaatimukset, jos osaston käyttötarkoitukseen nähden syttymisen tai palon leviämisen vaara on tavanomaista vähäisempi. Edellä mainittu ei kuitenkaan koske sisäisiä käytäviä, uloskäytäviä eikä sellaisia tiloja, joissa vaatimuksena on D-s₂,d₂ -luokka.

Asetuksessa määritellään myös rakennuksen ulkoseinien ulkopintojen ja tuuletusvälin paloluokkavaatimukset. Pinnat voivat olla päällystettyjä luokittelemattomin tasoite-, silote- ja maalikerroksin, jotka eivät olennaisesti vaikuta pinnalta edellytetyn luokan ominaisuuksiin.

Puun palotekninen käyttäytyminen tunnetaan hyvin. Puu syttyy 250–300 °C lämpötilassa. Palavan puun pintaan muodostuu hiilikerros, joka hidastaa puun palamista. Hiiltymisnopeus riippuu puutuotteesta sekä siinä mahdollisesti käytetystä liimasta sekä muista käsittelyaineista. Palosuojaamaton puurakenne luokitellaan D-s₂,d₂ luokan rakennustarvikkeeksi. Puurakenne

voidaan suunnitella rakenteellisesti niin, että se on suojattu koko vaaditun palonkestoajan. Kun puutuote käsitellään palonsuoja-aineella sertifioitujen menetelmien mukaan, voi sen paloluokka olla jopa B-s₁,d₀. Teollisesti asennusvalmiiksi palosuojattujen puutuotteiden ja -rakenteiden käyttäminen on osa rakennuksen paloteknistä suunnittelua. Puutuotteet voidaan tietyin rajoituksin palosuojata myös rakennustyömaalla.

Puutuotteiden käsittelyyn sopivia palonsuoja-aineita on monen tyyppisiä. Perinteisesti palosuojaukseen on käytetty yhdisteitä, jotka sisältävät ihmisille ja ympäristölle haitallisia aineita kuten boorihappoa, booria, bromideja, formaldehydiä, fosforia ja ammoniakkia. Uuden sukupolven ympäristöystävälliset palonsuoja-aineet ovat vesipohjaisia liuoksia, jotka sisältävät mm. elintarvikekelpoisia suoloja ja erilaisia polymeerejä. Ne vaikuttavat puun palamiseen esimerkiksi luomalla puun pinnalle palamiselta suojaavan hiilikerroksen tai vaikuttamalla pinnan hiiltymiseen puun solukossa tapahtuvien muutosten kautta.

Palosuojamaaleilla on tuotekohtaiset minimikerrosvahvuudet. Palosuojamaalin käyttöohjeet tulee lukea ennen käsittelyä.

13.2 Märkätilojen käsittelyt (Sisäilmäyhdistys ry)

Märkätila

Märkätila on huone tai tila, jonka lattiapinta joutuu vedelle alttiiksi ja jonka seinäpinnoille voi roiskua tai tiivistyä vettä. Märkätiloja ovat kaikki lattiakaivolliset tilat kuten kylpyhuoneet, suurtalouskeittiöt, vesileikkilat, kuraeteiset, sekä koulujen oppilaiden, päiväkotien lasten ja sairaaloiden potilaiden wc-tilat jne.

Märkätilojen lattioissa ja seinissä tulee olla vedeneristys. Erityistä huomiota on kiinnitettävä vedeneristeen epäjatkuvuuskohtiin, kuten läpivienteihin. Vedeneristysmateriaalia valittaessa tulee kiinnittää huomio ennen kaikkea sen pitkäaikaiskestävyyteen.

Märkätilojen kosteusteknistä toimintaa tehostavat hyvä ilmanvaihto, lattialämmitys, riittävät lattiakaadot sekä kivirakenteiset taustaseinät.

Teollisessa puurakentamisessa märkätiloja rakennetaan valmiiksi pääosin tilaelementtijärjestelmissä.

Pientalojen pesutiloissa esiintyy erittäin runsaasti vaurioita, jotka ovat aiheutuneet tiloihin liittyvistä virheellisistä rakenteista tai rakennusvirheistä. Kosteusvaurioita esiintyy yleisimmin vedeneristämättömissä lattioissa sekä suihkutilojen kevytrakenteisissa seinissä.

Tyypillisiä vaurioita

Märkätiloissa esiintyviä tyypillisiä vaurioita ovat mm:

- muovimaton saumat ovat aukeilleet erityisesti ylösnostoissa tai nurkissa tai liittymä lattiakaivoon on löysä tai irronnut, jonka johdosta mikrobivauriota esiintyy liittyvissä rakenteissa,
- puuttuvat märkätilan eristeet ovat aiheuttaneet kosteusvauriota maanvastaisen laatan päälle tehdyn märkätilan seinissä ja viereisten tilojen lattiapinnoitteissa,
- vesi ei kulkeudu lattiakaivoon virheellisen tai puuttuvan kallistuksen takia,
- rakenteiden liikkuminen on rikkonut vesieristeitä tai seinien riittämättömistä jäykistyksistä johtuen runkorakenteista seuranneet liikkeet ovat aiheuttaneet vedeneristeen irtoamisen alustastaan,

- lattian vedeneristeen ylösnosto on irronnut seinästä, jolloin vesieristeen taakse voi erityisesti suihkun kohdalla kulkeutua huomattavia vesimääriä sekä
- vuotavat ja eristämättömät läpiviennit, putkistot ja WC-istuimen kiinnittimet, joista vesi pääsee johtumaan rakenteisiin.

Ohjeet ja määräykset

Uudisrakennuskohteissa ja soveltuvien osin korjauskohteissa noudatetaan seuraavia määräyksiä ja ohjeita:

- märkätilojen vedenpoisto ja rakenteet on suunniteltava ja rakennettava siten, ettei vettä pääse valumaan tai siirtymään kapillaarivirtauksena ympäröiviin rakenteisiin ja huonetiloihin,
- märkätilaan betonilaatan tai betonisen ala- ja välipohjan päälle rakennettavan puurunkoisen seinän aluspuu nostetaan laatan yläpuolelle niin, ettei puuta jää betonivalun sisään ja erotetaan kosteuden siirtymän katkaisevalla kerroksella kuten bitumikermillä kivirakenteesta,
- märkätilan lattiapäällysteen ja seinäpinnoitteen on toimittava vedeneristykseenä tai lattiaan päällysteen alle ja seinään pinnoitteen taakse on tehtävä erillinen vedeneristys,
- vedeneristyksen tulee olla riittävän sitkeä, jotta se saumoineen kestää asennustyön aikaiset rasitukset ja käytön aikaiset alustan liikkeet,
- vedeneristysjärjestelmän tulee olla sertifioitu,
- kaikkien materiaalien tulee olla sertifikaatin mukaisia, eri valmistajien aineita saa yhdistellä keskenään ainoastaan sertifikaattien mukaisesti eli kun aineet on sertifioitu toimimaan yhdessä vedeneristysjärjestelmänä,
- suihkuutilassa suositellaan käytettäväksi veden roiskumista, seinälle ja lattialle rajoittavaa suihkukaappia tai –seinämää,
- märkätilat suositellaan varustettavaksi lämmitysjärjestelmään liitettävällä ja erikseen käytettävissä olevalla lattialämmityksellä,
- jos märkätilan seinissä tai katossa käytetään puuverhousta, on verhouksen taakse tehtävä reunoiltaan sisäilmaan avoin tuuletusväli,
- märkätilan seinissä käytetään vain poikkeustapauksessa orgaanisia materiaaleja,
- märkätilojen lattian vedeneristys on nostettava riittävä korkealle sekä liitettävä vedenpitävästi seinän vedeneristykseen estämään veden pääsy seinä- ja lattiarakenteiden sisään,
- lattian vedeneristyksen reuna on suositeltavaa nostaa seinälle ainakin 100 mm korkeuteen lattiapinnasta (yhdistettäessä seinän vesieristykseen),
- lattian vedeneristyksen saumoja tulee välttää märkätilan eniten kastuvalla alueella,
- seinän vedeneristys limitetään lattian seinälle nostetun vedeneristyksen päälle, tai vedeneristysten tulee muodostaa jatkuva saumaton rakenne niin, ettei seinää pitkin valuva vesi pääse lattian vedeneristyksen taakse,
- lattian kaltevuuden on oltava sellainen, että vesi valuu esteettä lattiakaivoon,
- vedeneristyksen ja lattiakaivon liitoksen on oltava niin tiivis, että vesi ei pääse vedeneristyksen alapuolisiin rakenteisiin, vaikka vedenpinta kaivossa nousisi liitoksen yläpuolelle,
- lattian kaltevuuden tulee olla vähintään 1/100, lattiakaivojen läheisyydessä 1/50,
- vesilaitteet ja lattiakaivot sijoitetaan siten, ettei vesi valu märkätilan lattialta muihin tiloihin,
- huonetilojen varustamisesta lattiaviemäröinnillä on ohjeita Suomen rakentamismääräyskokoelman osassa D1 ”Kiinteistöjen vesi- ja viemärlaitteistot”,

- lattiakaivo kiinnitetään liikkumattomaksi alustaan ja sen tulee olla sertifioitujen vedeneristysjärjestelmän mukainen,
- märkätilan lattiaan saa tehdä vain läpivientejä, jotka ovat tarpeen viemäroinnin järjestämiseksi,
- seinän vedeneristysten läpivientejä tulee välttää roiskeveden vaikutusalueella sekä
- vedeneristystöissä tulee käyttää sertifioituja vedeneristäjiä.



Vesieristetty pesuhuoneen lattia, märkä vesieristys näkyy vaaleampana. Kuva Ammattiopisto Lappia.

13.3 Puupintojen käsittelyaineet

Maalituotteiden jaottelu

Maalituotteet voidaan jakaa maaleihin ja lakkoihin. Maalit ovat peittäviä ja sisältävät pigmenttiä eli väriainetta. Lakat eivät sisällä pigmenttiä, vaan muodostavat läpinäkyvän kalvon. Molemmat maalituotteet sisältävät kuitenkin sideaineita, liuotteita ja apuaineita. Maalituotteet voidaan jaotella myös liuottimen perusteella vesi- tai liuoteohenteiseksi.

Vesiohenteiset maalit ja lakat

Vesiohenteiset maalit ja lakat soveltuvat rakennusmaalaukseen ja sisäkäyttöön (seinät ja katot).

Maalaus suojaa puupintaa säältä sekä vähentää puun kosteusvaihtelun aiheuttamaa elämistä ja pidentää näin puurakenteen ikää. Maalattu ja säännöllisesti huollettu sekä huoltomaalattu puutalo kestää vaivatta aikaa ja säätä. Oikein tehty, laadukas maalaus pysyy puhtaana liasta ja säilyttää värinsä sekä pitää rakennuksen ulkonäön siistinä.

Nykyään pintamaalina käytetään pääasiassa akrylaattimaalia. Sen säänkestävyys, sekä sävyn ja kiillon pysyvyys ovat erinomaiset. Nykyaikaiset akrylaattimaalit ovat vesihöyryä läpäiseviä niiden mikrohuokoisuuden vuoksi.

Lakat

Lakat ovat pintakäsittelyaineita, jotka alustalle levitettäessä muodostavat alustaan tarttuvan, läpinäkyvän kalvon. Ne erotetaan toisistaan sideainetta ilmaisevalla etuliitteellä. Alkydilakkoja käytetään sisätiloissa ja erilaisten puupintojen lakkaukseen. Niistä löytyy eri kiiltoasteita: himmeä, puolihimmeä, puolikiiltävä ja kiiltävä. Sideaineina niissä on alkydihartsit tai

uretaanialkydihartsia ja ohenteena mineraalitärpättiä. Työvälineinä käytetään sivellintä, telaa tai ruiskua.

Kuvissa on esitetty puupinnan epoksikäsittelyä. Kuvat Ammattiopisto Lappia.



Reaktiolakat eli epoksilakat, katalyyttilakat, polyuretaanilakat

Reaktiolakat ovat joko yksi- tai kaksikomponenttisiä. Niistä löytyy eri kiiltoasteita: himmeä, puolikiiltävä ja kiiltävä. Sideaineina niissä käytetään mm. alkydi- ja aminohartsin seosta ja ohenteina ovat useimmiten tolueeni ja isobutanoli, mutta myös ksyleeniä ja asetonia(tinneriä) voidaan käyttää ohenteina. Käyttökohteena niillä on teollisessa puurakentamisessa mm. parkettien ja puulattioiden lakkaukset.

Kuullotteet

Hirsipinnan käsittelyyn suositellaan talomaalin sijasta kuullotetta tai peittosuojaa. Syy on sekä ulkonäöllinen että rakenteellinen. Massiivihirren kosteusvaihtelu on huomattavasti suurempi kuin puupaneelin, joten hirren pintaan suositellaan ohuempaa ja vesihöyryä läpäisevämpää suojakäsittelyä.

Sävytetty kuullote antaa puulle kauniin värin ja korostaa sen luonnollista ulkonäköä. Lisäksi väri suojaa puuta auringon polttelelta ja harmaannuttavalta vaikutukselta. Kuullotteet sopivat hyvin hirsipinnoille ja niiden huoltokäsittely on helppoa.

Peittosuoja antaa puupinnalle peittävän värin ja tehokkaan suojan säätä vastaan. Se muodostaa kuitenkin ohuemman kalvon kuin varsinaiset talomaalit ja jättää puun syykuvion niistä paremmin näkyviin.

Petsit

Petsaus on puun värjäämistä niin, että puun syykuviointi jää näkyviin. Siinä ei ole sideainetta, joten petsit eivät suojaa puuta vaan antavat vain värin. Petsien värikirjo on erittäin laaja ja

niiden käyttäytyminen erilaisilla puulajeilla entisestään laajentaa sitä. Petsin kuivuttua vuorokauden tulee käsitelty pinta suojata öljyllä, vahalla tai lakalla. Petsit eivät tartu esim. liiman tai rasvan päälle. Työvälineinä käytetään sivellintä, rättiä, vaahtomuovia tai ruiskua. Petsit soveltuvat sisätilojen puupinnoille esimerkiksi panelointien värjäämiseen.

Kuvissa on esitetty petsattuja puupintoja. Vasemmalla on pelkkä petsipinta ja oikealla petsattu pinta, joka on viimeistelty lakkakerroksella. Kuvat Ammattiopisto Lappia



Puunsuojat

Puuta voi suojata ja säilyttää sisätiloissa pintakäsittelyaineilla, joille löytyy useita erivaihtoehtoja. Nämä säilyttävät puun luonnollisen tunnun ja jättävät syykuviot näkyviin. Koostumuksesta riippuen tuotteilla on erilaisia ominaisuuksia, jotka vaikuttavat kulutuskestävyyteen, kiiltoasteeseen, levitettävyyteen, imeytyvyyteen ja kuivumiseen. Värillisiin tuotteisiin lisätään pigmenttejä, jotka säilyttävät puun. Öljypohjaisissa aineissa pigmentit antavat myös suojaa auringon kellastavaa vaikutusta vastaan. Värittömät tai hennon valkoiset pintakäsittelyt säilyttävät puun luonnollisen ilmeen, mutta tarjoavat vain vähäistä suojaa auringon UV-säteitä vastaan.

Puunsuoja-aineet ja puuöljyt sisältävät kasvispohjaisia öljyjä, jotka kelpaavat hyvin ravinnoksi home- ja lahosienille. Käsiteltäessä puuta veden ja kasvisöljyn seoksella, niin home- ja lahoitiot saavat niistä ravintoa. Tämän johdosta näissä aineissa tarvitaan niitä tuhoavia myrkkyjä, jotka estävät mm. homehtumista, lahoamista ja sinistymistä. Näitä tehoaineita ovat kemialliselta nimeltään biosidejä ja niiden käyttöä on säännelty EU:ssa.

Sen sijaan käsiteltäessä puuta liuotinhenteisillä aineilla seoksen liuotin tappaa useimmat puun pintaosissa mahdollisesti olevat sienet ja muut eliöt. Myös näissä aineissa tarvitaan kuitenkin myrkkyjä pitempiaikaiseen suojaukseen, sillä ne haihtuvat puusta nopeasti. Liuotin myös vie suoja-aineet yleensä syvemmälle puuhun kuin vesi.

Toinen liuotinhenteisten aineiden etu on, että niihin voi itse lisätä öljyä, väriaineita eli pigmenttejä ja myös tervaa. Puuterva on perinteinen puunsuoja-aine ja sillä voi tehostaa suojakäsittelyä. Vesipohjaisiin aineisiin voi lisätä vain niille tarkoitettuja pigmenttejä (esim. vesipetsit).

Vesipohjaisilla puunsuojilla sen sijaan täytyy aina tehdä vähintään kaksi käsittelyä: myrkkyjä sisältävällä pohjusteella ja väriä sisältävällä pinta-aineella.

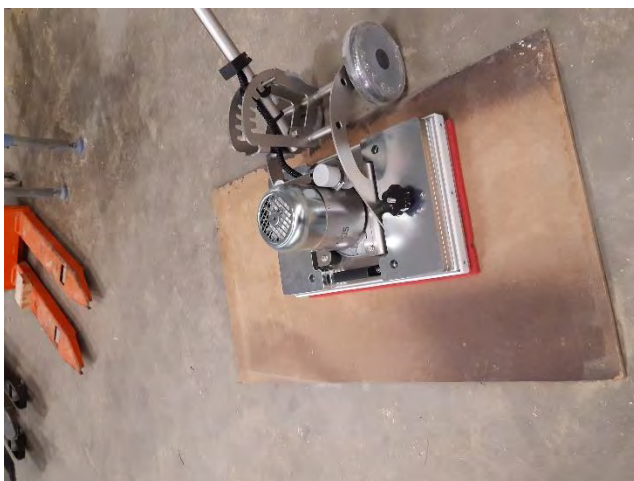
13.4 Puupintojen käsittelyn esivalmistelut

Puupinnan hiominen

Puuta hiotaan aina puunsyiden suuntaisesti. Hionnan tulee olla kauttaaltaan tasaista, eikä pintaan saa jäädä pysäytysjälkiä. Puuta ei kastella enempää, eikä hiontapölyn poistoon käytetä vettä. Jos puuta pintakäsitellään kosteana, lopputuloksesta tulee epätasainen. Hiontapölyn puhdistukseen käytetään harjaa tai rakennusimuria. Hiontapöly voi hajottaa tavallisen kotimurin. Massiivipuuta ei voi herkästi hioa puhki, mutta viilun ja parketin hionnassa kannattaa tarkistaa, paljonko niissä on hiontavaraa. Jos hionta arveluttaa, kannattaa käyttää apuna ammattilaista.



Kuvissa on esitetty puupintojen hiontaa erilaisilla hiomakoneilla. Ylhäällä on pyörivällä hiomapäällä varustettu laite, alhaalla vasemmalla on tasohiomakone ja alhaalla oikealla on rumpuhiomakone. Kuvat Ammattiopisto Lappia.



Pintakäsittelyn olosuhteet

Puupinnan kosteuspitoisuuden on oltava alle 20 %. Myös painekyllästetyn puutavaran on oltava riittävän kuivaa, ennen kuin sen voi pintakäsitellä. Juuri painekyllästetty puu on läpimärkää. Uuden painekyllästetyn puun kuivuminen riittävän kuivaksi voi viedä olosuhteista riippuen useammankin kuukauden.

Pohjustus

Alustan huolellinen esikäsitteleminen ennen maalausta parantaa pintamaalin tarttuvuutta ja kestävyyttä. Tämä taas pidentää huoltomaalausväliä ja alentaa kustannuksia. Pintakäsittely kannattaa tehdä mahdollisimman varhaisessa vaiheessa. Pohjustus estää veden imeytymistä puuhun ja tekee siitä hyvän maalausalustan.

Käsitlemättömän ja kuivan puutavaran pitää suojata mahdollisimman pian siihen tarkoitetulla pohjusteella. Pohjuste parantaa puun kosteudenhylkivyyttä ja siten heikentää sienten leviämismahdollisuuksia. Useimmissa pohjusteissa on mukana myös homekäsittely, joten erillistä homekäsittelyä ei tarvita.

Puun lopullinen pintakäsittely on syytä suorittaa mahdollisimman pian.

13.5 Puupintojen käsittelymenetelmät

Puutalojen ulkoverhouksen käsittely

1. Aluksi puhtaat puupinnat on käsiteltävä pohjustepuunsuojalla. Pohjustetun puupinnan pitää kuivua noin vuorokauden ajan ennen seuraavaa käsittelyä.
2. Pohjustetut pinnat pohjamaalataan pohjustemaalilla. Pohjamaalatun puupinnan annetaan kuivua noin vuorokauden ajan ennen seuraavaa käsittelyä.
3. Kun pinta on kuivunut, se voidaan pintamaalata kahteen kertaan talomaalilla. Maali tulee sekoittaa huolellisesti purkin pohjaa myöten ennen maalausta. Pintamaalin pitää kuivua noin neljä tuntia ennen seuraavaa maalausta.
4. Lopuksi puhdistetaan työvälineet valmistajan ohjeiden mukaisesti. Mikäli maalausta jatketaan, pensselit voi laittaa tiiviisti muovipussiin seuraavaan käsittelyyn asti. Näin toimittuna työvälineitä ei tarvitse välttämättä pestä.
5. Jätteet käsitellään pakkauksen ohjeen mukaan. Tyhjät pakkaukset ja purkit voidaan kierrättää.

Käsityövälineillä pintakäsitleminen

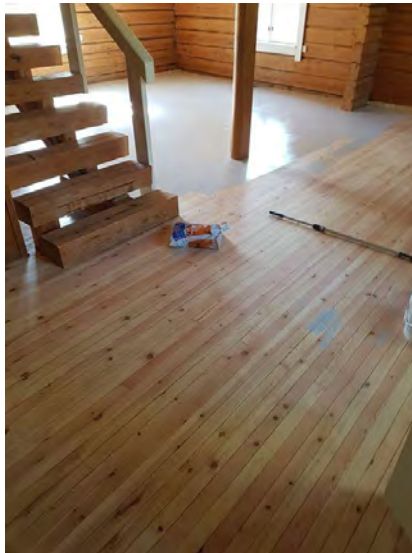
Oikein valittu, hyvälaatuinen työväline vaikuttaa työn jälkeen ja käsittelyn helppouteen. Öljypohjaiset pintakäsittelyaineet levitetään ohuelti, jotta ne kuivuvat ja kovettuvat kunnolla. Helpoiten työ sujuu siveltimellä tai telalla. Lyhytnukkainen mikrokuitutela on rakenteensa puolesta paras valinta. Sillä aine leviää tasaisesti ja pinnasta tulee tarpeeksi ohut. Vaahtomuovi- ja mohair-telat eivät sovi öljypohjaisille aineille. Väärän työvälineen valinta voi johtaa liian paksuun levitykseen, jolloin aineen kuivuminen hidastuu ja pinnan kulutuskesto heikkenee. Siveltimen laatuun kannattaa satsata, sillä huonosta siveltimestä pintaan irtoaa karvoja ja jäljestä tulee epätasaista. Liina sopii pieniin kohteisiin ja efektien lisäämiseen, jos esimerkiksi puun syitä halutaan korostaa hiertämällä.

Tela- ja sivellinlevitys

Maalin levitys telalla tai siveltimellä on joissakin tapauksissa toimivin vaihtoehto. Telalla ja siveltimellä päästään helpommin sellaisiin kohtiin, joihin ruiskulla ei saada maalia.

Tela- ja sivellinmaalaus on usein ruiskumaalausta täydentävä levitysmenetelmä, esimerkiksi reunojen vahvistusmaalauksessa sekä kapeiden rakojen, sisäkulmien ja kolojen maalauksessa. Maali saadaan tunkeutumaan maalattavan pinnan huokosiin. Tela- ja sivellinlevityksessä myös kohteen maalaamattomiksi jäävien osien suojaustarve on vähäinen.

Telamaalaus on sivelyä nopeampaa. Telalla saatava kalvopaksuus riippuu nukan pituudesta; pitkällä nukalla saadaan paksuja, mutta epätasaisia kalvoja. Telalevityksessä saadaan paras tulos, jos maalikalvo tasoitetaan lopuksi siveltimellä. Telat voivat jättää ns. ”variksenjalkoja”, jos maalikalvo on liian paksu tai nukka on liian pitkää. Tela voi myös jättää maalikalvoon ilmakuplia. Sekä variksenjalat että ilmakuplat katoavat sivellintasauksessa. Telalla levitettävällä maalilla on oltava hyvät tasoittumisominaisuudet. Nopeasti kuivuvat ja asettuvat maalit ovat sopimattomia. Hitaasti kuivuvat, esimerkiksi alkydimaalit, ovat sopivia.



Vasemmalla maalattu lattiapinta kuultokäsittelyllä. Oikealla on edessä homekäsiteltyjä CLT-levyjä ja taaempana näkyy samoja levyjä pintakäsiteltynä. Kuvat Ammattiopisto Lappia.



Ruiskumaalaus

Ruiskumaalaus on yhä suosituimpi maalaustekniikka niin talon julkisivuja kuin sisäpintojakin käsiteltäessä. Ylivoimaisin ruiskumaalauksen hyöty on tietysti sen nopeus verrattuna perinteisempiin tela- ja sivellintekniikkoihin. Suuretkin pinta-alat voidaan ruiskulla pinnoittamaan nopeasti ja jäljestä tulee taitavan tekijän toimesta tasainen ja siisti. Ruiskumaalaus sopii niin perinteistä kuin modernimpaakin lopputulosta tavoiteltaessa ja sillä on mahdollista käsitellä niin vesikatot, ulkoseinät kuin sisäpinnat.

Ruiskumaalaus on tekniikkana pensseli- ja telamaalausta selvästi haastavampi. Vääränlainen tekniikka tekee pinnasta helposti epätasaisen ja laikukkaan tai jättää näkyville selkeitä valumajälkiä. Ruiskumaalauksen säästämä aika hävitäänkin äkkiä, mikäli maalaustulosta joutuu korjailemaan jälkikäteen eikä lopullinen ilme välttämättä kuitenkaan ole siisti. Ruiskumaalausta käytettäessä pitäisi jälki tarkastaa välittömästi ja sivellä epätasaisesti levinnyt maalikerros välittömästi tasaiseksi.



*Puupinnan ruiskumaalausta, kuva
Ammattiopisto Lappia.*

Maalauslinjastot

Teollisessa puurakentamisessa pintakäsittelyn kapasiteetin tarve voi olla hyvinkin suuri valmistettaessa suur- tai tilaelementtejä. Yksi vaihtoehto on käyttää pintakäsittelyssä linjamaalausta.

Maalauslinja koostuu siirtokuljettimista, nostinlaitteista, maalaus koneesta, kuivausuunista ja ilmanvaihtojärjestelmästä. Maalauslinjassa käsitellään lähinnä ulkoverhouspaneeleita, joihin tehdään sekä pohja- että pintamaalaus. Eräkoot saattavat vaihdella riippuen käsiteltävien paneelien värisävystä. Maalauslinjastossa on tärkeää säilyttää stabiilit lämpö- ja kosteusolosuhteet, joita valvotaan jatkuvasti prosessin ollessa käynnissä.

Sekä maalaus koneissa että kuivausuuneissa käytetään useita erilaisia teknisiä ratkaisuja. Maalauslinjat valitaan yleensä niiden kapasiteettitarpeen mukaan. Tekniset ratkaisut ovat valmistajakohtaisia. Maalauslinjaston käyttöön tarvitaan konekohtainen koulutus, joka yleensä järjestetään koneen valmistajan tai maahantuojaan toimesta.

13.6 Pintakäsittelytöiden jälkitoimenpiteet

Työvälineiden puhdistaminen

Hyvä maalaustyöväline ei missään tapauksessa ole kertakäyttöinen. Siitä kannattaa pitää hyvää huolta, mikä on myös taloudellisesti järkevää. Siveltimet ja telat kannattaa pestä jo ennen maalausta.

Maalipurkin kyljessä ovat ohjeet liuotinaineesta. Suurin vaara piilee juuri siinä, että työvälineet jätetään lojumaan puhdistamatta. Siveltimen pesuun tarkoitettu pesuaine on ympäristöystävällisempi vaihtoehto kuin lakkabensiini. Ilmanvaihdoista ja purkin sulkemisesta on huolehdittava, jos siveltimet pestään sisätiloissa.

Vesiohenteista maalia käytettäessä ei ilmaan haihdu maalihöyryjä. Maalin jäänteitä ei tästä huolimatta voi kaataa viemäriin, sillä ne sisältävät kemikaaleja.

Vesiohenteista alkyylimaalaa käytettäessä sivellin pestään ensin vedellä. Siveltimen saa pestä vain siihen tarkoitettulla aineella, jotta kaikki maalin jäänteet irtoavat pois siveltimestä.

Telan puhdistaminen sujuu parhaiten maalikaukalossa. Puhdistaminen aloitetaan irrottamalla maalia telakaapimella. Telat voi puhdistaa ja pestä siveltimien tapaan. Maalikaukalo tyhjennetään maalista, jonka jälkeen se pestään puhtaaksi.

Maalin jäänteet ja liuotinaineet tulee vielä jäteasemalle.

Työvälineiden puhdistukseen ja huoltamiseen tulee käyttää seuraavia ohjeita:

1. Työvälineiden pehmitys

Uudet siveltimet ja telat kannattaa pestä saippuavedellä ennen käyttöä. Tämän jälkeen ne tulee huuhdella huolellisesti vedellä ja kuivata täysin kuivaksi.

2. Tauko maalaustöissä

Maalaustyövälineitä on suositeltavaa säilyttää tiiviissä muovipussissa, jos maalaustyössä pidetään tauko tai se jatkuu vasta seuraavana päivänä. Silloin niitä ei tarvitse pestä. Muovipussia on hyvä säilyttää viileässä paikassa, jotta maali ei kuivu tai happane.

3. Ylimääräisen maalin poistaminen

Ennen siveltimen käytön jälkeistä pesemistä vedetään sivellintä maalipurkin tai –kaukalon reunaa vasten, jotta ylimääräisen maali saadaan pois. Telaa varten on olemassa telakaavin tätä tarkoitusta varten.

4. Työn valmistuttua

Kun työ on valmistunut, työvälineet pitää puhdistaa. Siveltimeen kuivuneen maalin voi poistaa kevyesti raaputtamalla. On kuitenkin muistettava, että synteettinen harjas kihartuu helposti, jos sitä raaputtaa liian kovaa.

5. Oikeat pesutekniikat

Siveltimen pesuun on aina käytettävä maalivalmistajan ohjeistamaa liuotinainetta. Jos seuraavaan maalauskertaan menee aikaa, töiden loputtua pestään maalaustyövälineet saippuavedellä ja huuhdellaan huolellisesti.

6. Työvälineiden kuivumaan ripustaminen

Maalaustyövälineet kannattaa aina ripustaa roikkumaan. Jos sivellin nojaa harjasosaansa vasten, menee sivellin nopeasti piloille. Jos sivellin seisoo käyttämättömänä talven yli, kannattaa siihen hieroa hieman saippuaa.

Tuotteiden kuivaaminen

Maalauskerrosten välillä pitää aina huomioida riittävä kuivumisaika. Maalien, lakkojen ja tasoitteiden kuivumisaikoihin vaikuttavat monet tekijät. Tärkeimpiä ovat maalausolosuhteet, alustan ominaisuudet sekä tuotteen omat ominaisuudet. Myös ohjeiden mukainen ohentaminen ja sekoittaminen sekä oikeat työmenetelmät ovat tärkeitä. Tuoteselosteissa ilmoitetaan tuotteesta riippuen seuraavia kuivumisaikoja: pölykuiva, kosketuskuiva, hiontakuija, päälle maalattavissa, käyttöönottokuija/ täysin kuivunut. Pintakäsittelyssä on huomioitava myös, missä olosuhteissa se on tehty ja missä tuotteet säilytetään kuivumisen aikana. Hyvän pintakäsittelylaadun varmistamiseksi on ennen kaikkea huomioitava se, että ympäristössä on mahdollisimman vähän pölyä. Myös lämpö- ja kosteusolosuhteiden on oltava ohjeiden mukaisia.

Kuivaamiseen liittyviä käsitteitä:

Hiontakuija:

Lakka ja maali ovat hiontakuijia silloin, kun siitä irtoaa hiottaessa hiukkasia, jotka eivät sulaudu toisiinsa kiinni.

Päälle maalattavuus:

Maali- tai lakkakalvon kyky kestää rypistymättä tai irtoamatta seuraavan kerroksen levittäminen.

Pölykuiva:

Kalvo on pölykuiva, kun pöly ei tartu sen pintaan.

Kosketuskuiva:

Maali on kosketuskuiva, kun kalvoa voidaan koskettaa eikä se tunnu tahmealta. Tämä voidaan testata esim. kokeilemalla, tarttuuko pintaa vasten painettu paperi maalikalvoon.

Käsittelykuiva:

Maalikalvo on käsittelykuiva, kun kappale voidaan siirtää pintaa vahingoittamatta. Täysin kovettunut pinta kestää normaalia käyttöä ja puhdistusta.

Käyttöönottokuija / täysin kuivunut:

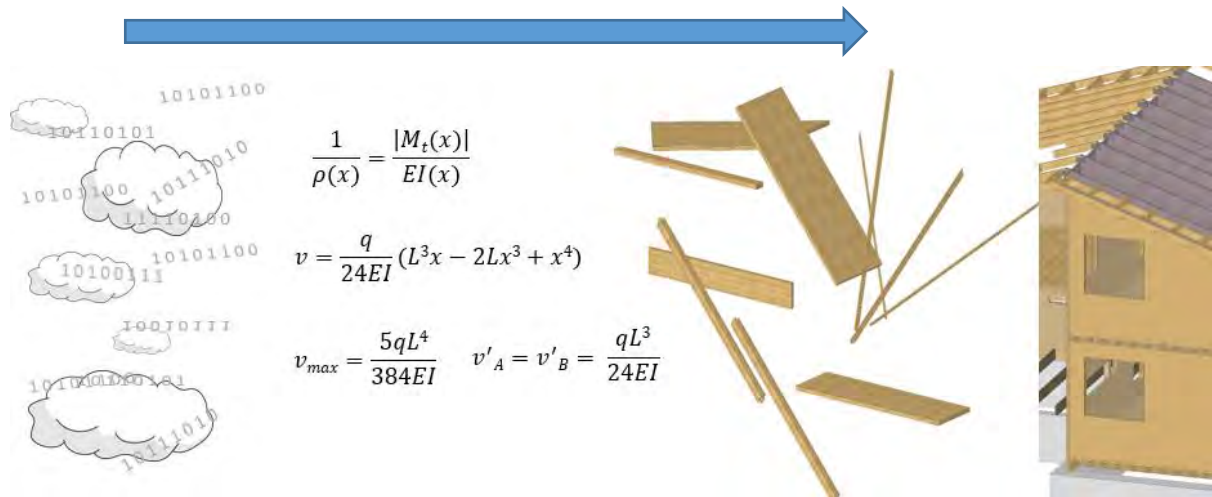
Maali- tai lakkakalvo saavuttaa lopullisen kuivumisensa. Pinta on pestävissä ja käytettävissä kunkin tuotekohtaisten ominaisuuksiensa mukaisesti.

Laadunvarmistus

Ennen työn aloittamista on syytä selvittää eri valmistajien pintakäsittelyaineiden ominaisuudet ja käsiteltävän materiaalin soveltuvuus käyttökohteeseen.

Suoria viranomaismääräyksiä koskien laadunvarmennuksen suunnittelua ei ole. Ohjeita ja määräyksiä löytyy laadunvarmistukseen ja oikeiden työmenetelmien käyttöön MaalausRYL:stä sekä RT- ja Ratukortistoista.

14 Digitaaliset suunnittelu- ja valmistusmenetelmät



14.1 CAD-suunnittelu puurakentamisessa

Yleistä

Mallintaminen tarkoittaa todellisuuden esittämistä digitaalisesti. Rakennussuunnittelu on kehittynyt tietokoneavusteisen suunnittelun myötä mallintamiseksi, jossa piirtämisen sijaan mallinnetaan rakennus valmistuksen ja asennusten kannalta olennaisimpien rakennusosien osalta.

Tietomalli sisältää digitaalisesti rakennuksen muodon kolmiulotteisesti määriteltynä ja lisätietoja rakennuksen, käyttötarkoitusten ja rakennusosien ominaisuuksista. Tällöin rakennusta esittävä kuvanto saadaan muodostettua automaattisesti. Tiedoista voidaan muodostaa helposti myös erilaisia kustannuslaskelmia, aikatauluja, energialaskelmia tai simulaatioita, jotka perinteisillä suunnittelumenetelmillä vaatisivat runsaasti esivalmisteluja, tiedon keruuta ja tietojen yhdistelyä.

Tietomallin sisällön perustana ovat rakennushankkeen määrittelytiedot ja suunnitteluvaiheen eri suunnittelualojen 3D-mallit. Tietokantaan lisätään toteutuneen rakennusprosessin ja rakennuksen käytön aikaiset tiedot. Näitä käytetään esimerkiksi peruskorjaushankkeen määrittelyssä, suunnittelussa ja toteuttamisessa.

Tuotemallia käyttävät ohjelmat ovat oliopohjaisia. Oliot ovat ennalta määriteltyjä tietopaketteja, joita käsitellään yhtenä kokonaisuutena. Oliot vertautuvat käytettyihin rakennusosiin, esimerkiksi pilari, ovi, ikkuna tai seinä. Oliolle on määritelty tietoa määrätyssä formaatissa, jonka useat ohjelmistot ymmärtävät. Olioon voidaan myös määrittää käyttäytymistä joissakin erityisissä tilanteissa. Olion sisältämät tiedot sisältävät useita eri näkökulmia kuten visualisointi, mitat, materiaaliominaisuudet, lämpötekniset ominaisuudet jne. Tuotetieto sisältyy tällöin olioon ja sitä kautta mallitiedostoon.

2D-suunnittelu

Perinteisessä kaksiulotteisessa tietokoneavusteisessa suunnittelussa muodostetaan viivoja ja muita graafisia elementtejä, joista muodostetaan piirustuksiin ja näytölle erilaisia rakennusta ja rakenteita esittäviä kuvantoja. Kuvanto ei itsessään sisällä informaatiota vaan ryhmiteltyjä piirustusobjekteja, jotka ihminen tulkitsee tietosisällöksi. Piirrettävät objektit ja kuvannot esitetään sovittujen ohjeiden ja standardien mukaisesti, jotta piirustuksen sisällöstä ei syntyisi virheellisiä tulkintoja.

2D-ohjelmat ovat vektorigrafiikkaohjelmia, joissa tiedon käsittely perustuu graafisiin piirustusobjekteihin kuten viivoihin, murtoviivoihin, ympyröihin, kaariin, täyttökuvioihin, mittamerkintöihin, teksteihin jne. Ohjelmia käytetään joko alasvetovalikoilla, kelluvilla valikoilla tai suoraan antamalla käskylyhenteitä. 2D-ohjelmien käyttö on aina ohjelmakohtaista, mutta niissä on paljon yhteisiä ominaisuuksia.

Yleisimmin käyttöliittymä järjestetään niin, että päävalikko on näyttöruudun ylä laidassa. Päävalikon komentoja napauttamalla avautuu alasvetovalikko, josta komento annetaan. Usein käytetyille komennoille voidaan tehdä näyttöruudulle ns. kelluva valikko tai näyttöruudun sivuille voidaan tehdä pikakomentovalikko. Komentoja voidaan antaa myös kirjoittamalla näyttöruudun alalaidassa sijaitsevaan komentoriville komento tai sen pikakirjain.

Ennen käytön aloitusta tehdään asetusvalikosta käyttäjälle sopivat asetukset ja parametrit. Näitä ovat esimerkiksi mitat, jotka asennetaan millimetreiksi. Usein tehdään myös valmiita piirustus pohjia, jotka sisältävät esimerkiksi erilaisia tasoja, viivavahvuuksia, mittakaavoja ym. Valmiilla piirustus pohjalla voi myös olla esimerkiksi piirustusnimiö sekä vakiotekstit ja -detaljit. Piirustus pohja on käyttäjä- tai yrityskohtainen. Piirustus pohja luodaan yleensä useita ja niistä valitaan kulloinkin käyttötarkoitukseen sopiva. Esimerkiksi rakennus- ja rakennesuunnittelupiirustukset voidaan tehdä erilaisille aloitus pohjille.

2D-ohjelmalla piirtäminen perustuu vaak- ja pysty akselin käyttöön: vaak- akselia kutsutaan x- akseliksi ja pysty akselia y- akseliksi. XY-koordinaatistoa käyttämällä voidaan piirustus objektit paikoittaa piirustukseen. Suunnittelussa käytetään apuvälineinä ns. tartuntapisteitä: piirustus objektin alku- ja loppupisteet voidaan kohdistaa toisen objektin päähän, keskikohtaan, ympyrän keskipisteeseen, kahden objektin risteyskohtaan, viivat voidaan kohdistaa yhdensuuntaisiksi tai kohtisuoraan toisiaan vasten tai se voidaan kohdistaa ympyrän tangentille.

Objekteja voidaan muokata monipuolisesti: niitä voidaan kopioida, siirtää, poistaa, venyttää, katkaista, peilata, tehdä yhdensuuntaisia kopioita ym. Objektien kulmia voidaan viistää, pyöristää tai suljettuun piirustus alkioon voidaan tehdä erilaisia täyttökuvioita. ”Monimutkaisen” piirustus objektin piirtäminen kannattaa aloittaa ulkoreunoista ja sen jälkeen tehdä sille yksityiskohtaisia muokkauksia sisäpuolelle.

Piirustus objekteille voi asettaa mittoja kuten pituus, kulma, halkaisija, säde, korkotaso jne. Mittaa ei syötetä vaan se tulee automaattisesti määritellyyn paikkaan. Mittalukuja ei saakaan muuttaa itse ilman perusteltua syytä, koska se vaikeuttaa piirustuksen tarkastamista ja sen myöhempää käyttöä.

Piirustuksiin voidaan lisätä tekstejä, taulukoita ym. tarvittavaa lisätietoa. Piirustus objektit on mahdollista sijoittaa eri tasoille. Tasot ovat ikään kuin päällekkäin asetettuja kalvoja, joita voi tarvittaessa ottaa käyttöön, sammuttaa, jäädyyttää ja lukita. Tasoja suositellaan käytettäväksi mm. erilaisten tulosteiden ja näkymien luontia varten. Piirustuksiin on mahdollista lisätä myös valmiita piirustuksia tai piirto-objekteja. Näin toimimalla säästyy työaikaa.

Kun piirustus on valmis, siitä voidaan tehdä tulosteita. Tulostuksessa sähköinen tieto siirtyy paperille. Tulostuksissa on syytä käyttää rakennusalalla sovittuja mittakaavoja. Suurissa kohteissa piirustukset voidaan jakaa myös useaan eri osaan.

Rakennuspiirustuksissa on noudatettava yleisiä suunnitteluohjeita, joista löytyy tarkempaa tietoa kohdissa 5.4 ja 5.5.

3D-mallintaminen

3D-mallinnus tarkoittaa tekniikkaa, jossa tietokoneella kuvataan kolmiulotteinen kappale. Kappaleesta voidaan tulostaa erilaisia piirustuksia eri katselusuunnista.

Tilavuusmalli on kolmiulotteinen malli, jossa on tieto kappaleen ulkomuodosta sekä siitä, kummalla puolella on ainetta ja kummalla puolella on tyhjää (kappaleen näkökulmasta). Muita 3d-rautamalleja ovat rautalankamalli, jossa on mallinnettu vain kappaleen särmät ja pintamalli, jossa on mallinnettu vain pinnat. Tilavuusmalli sopii näistä parhaiten erilaisten analyysien pohjaksi.

Piirrepohjainen mallinnus tarkoittaa tekniikka, jolla helpotetaan mallin luomista, muuttamista ja ylläpitoa. Mallinnettavan esineen muoto kuvataan piirteiden avulla. Piirteitä on kahdenlaisia: perus- ja muotopiirteitä. Peruspiirteitä ovat esimerkiksi pursotus, pyöräytys, pyyhkäisy ja pursotus useamman profiilin kautta. Muotopiirteitä ovat esimerkiksi reikä, kuori, kierre, pyöristys ja viiste.

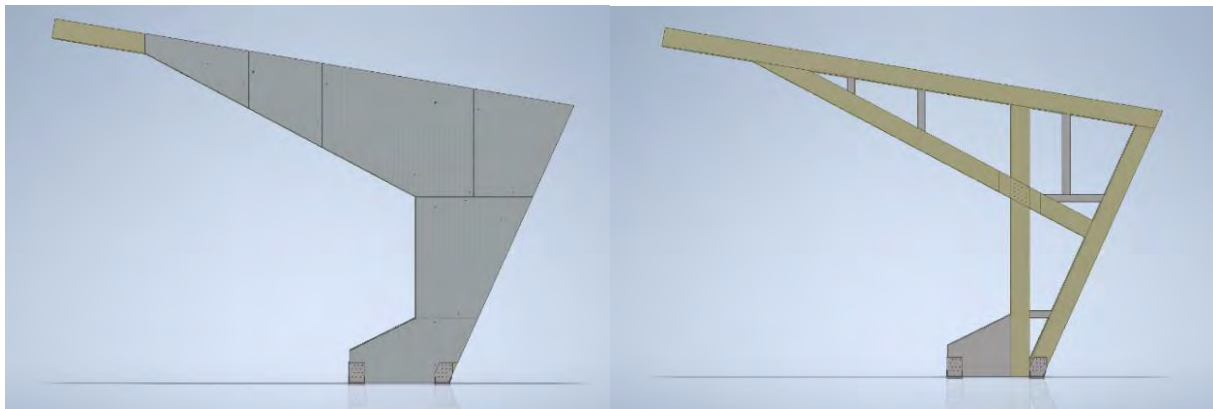
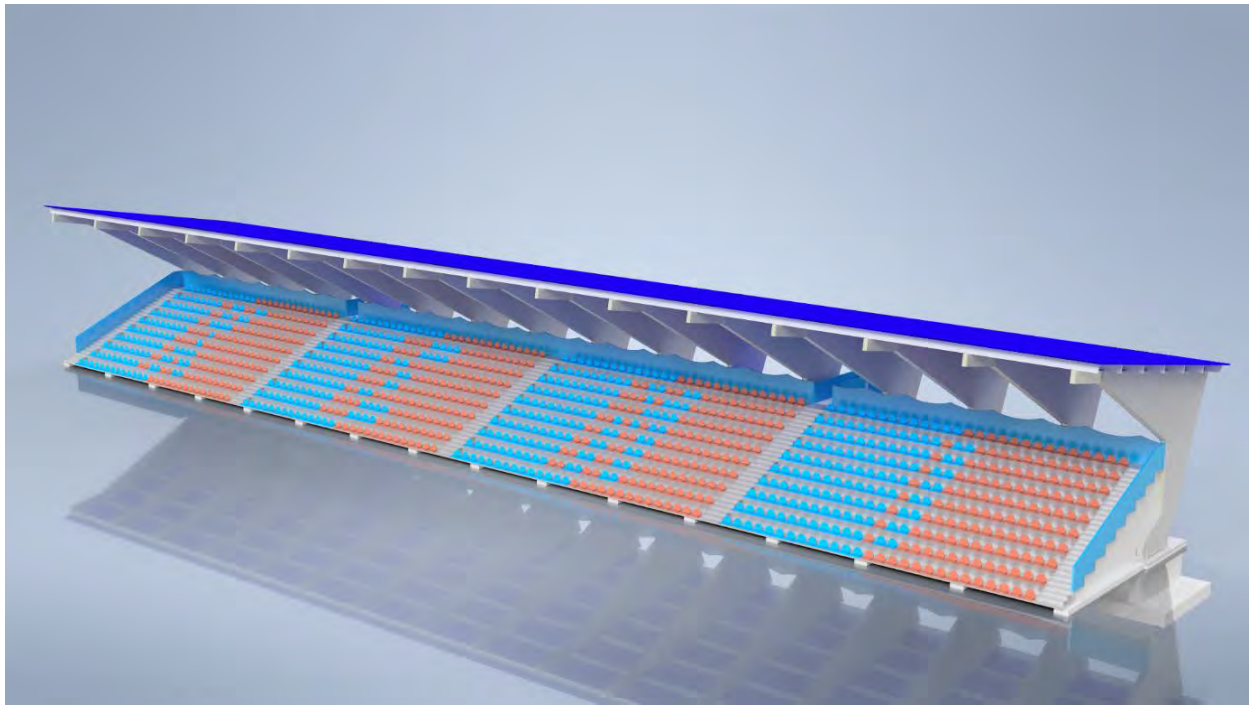
Mittaohjaus mahdollistaa mallin geometrian muuttamisen mitan arvoa muuttamalla. Se helpottaa mallin muuttamista ja erilaisten vaihtoehtojen kokeilemistä. Mitat voi asettaa seuraamaan toisiaan erilaisten kaavojen avulla. Mittojen lisäksi mallille annetaan erilaisia sääntöjä, joiden avulla esimerkiksi viivat pysyvät kohtisuorissa toisiinsa nähden tai ympyrät samankokoisina jne.

Piirustuksia voidaan luoda sekä kappale- että kokoonpanopiirustuksista. Piirustukseen tuodaan kappaleet tai kokoonpanot, jotka asetetaan piirustukseen eri kuvannoista. Yleensä osapiirustuksiksi käytetään ISO-standardin mukaisia projekteja, joissa kappaleet kuvataan edestä, ylhäältä ja vasemmalta. Piirustuksissa noudatetaan samoja ohjeita kuin 2d-suunnittelussa.

3d-malleista voi tehdä visualisointeja ja animaatioita. Visualisointeja käytetään esimerkiksi markkinointiin tai muutoin, kun halutaan saada näyttäviä kuvia. Animaatioilla voidaan esittää mm. elementin tai koko rakennuksen osien asennusjärjestys.



Toimistorakennuksen 3d-malli



Hybridirakenteisen jalkapallokatsomon 3D-malli, jossa kotelorakenteisten pääkannattajien pintalevyt ovat rakennetta jäykistävää ja leikkausvoimat vastaan ottavaa CLT:tä ja ytimen muodostaa aksiaaliset voimat vastaan ottava liimapuukehä. Katsomon pintarakenteet ovat ohutta CLT-levyä ja kantavana rakenteena toimivat naulalevyristikot. Katsomon suunnittelu ja valmistus Ammattiopisto Lappia. Katsomo on rakennettu v. 2016.

3d-mallinnusohjelmien käyttö

3d-mallinnusohjelmia on erilaisia ja eri käyttötarkoitukseen tehtyjä. 3d-mallintamiseen on yleistynyt ns. parametrinen suunnittelu, jossa kappaleita mallinnetaan numeerisesti. 3d-mallinnusohjelmat käyttävät ohjelmakohtaisia tiedostomuotoja alkuperäisen (natiivimallin) tallentamiseen. Ohjelmista saadaan kuitenkin siirrettyä tiedostoja muuttamalla ne yleiseen tiedostomuotoon. Tätä ominaisuutta tarvitaan, kun muodostetaan 3d-malleista tietomalleja, välitetään tietoa toiselle suunnittelijalle tai viedään suunniteltu malli CAM-järjestelmään. Vaikka ohjelmat ovat erilaisia, niin niissä on paljon yhteisiä piirteitä ja mallintaminen tapahtuu samojen periaatteiden mukaisesti.

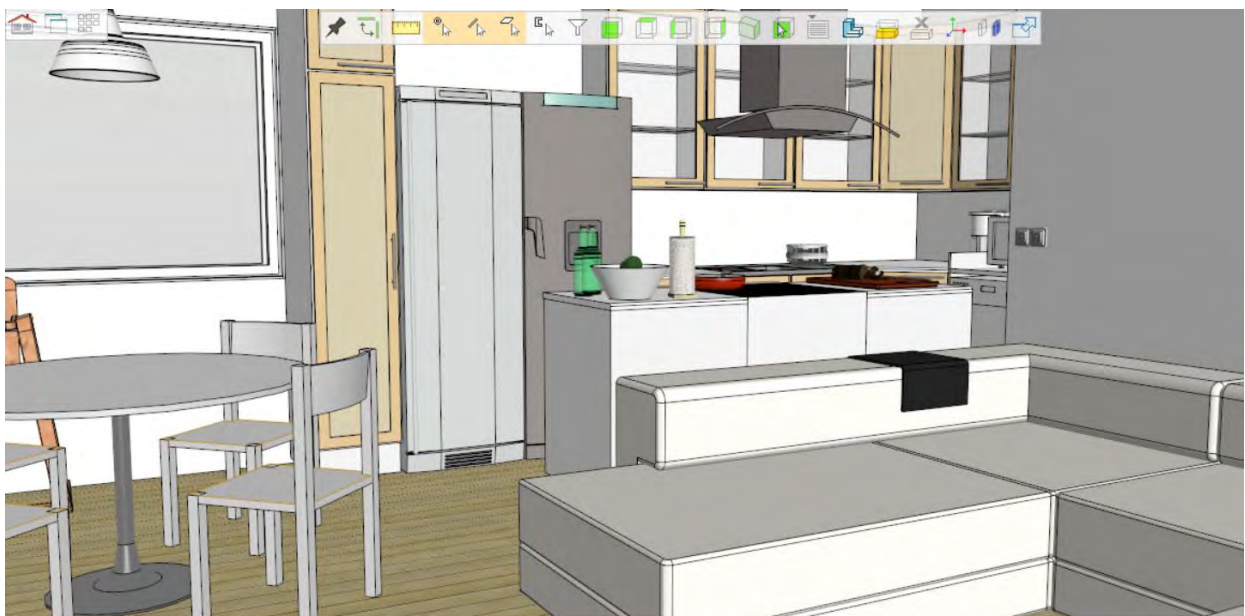
Yleensä 3d-mallintamioseen kuuluu useita eri tiedostoja kuten osia, kokoonpanoja, piirustuksia ja animaatioita. Ennen uuden mallinnuksen aloittamista luodaan yleensä projektitiedosta, johon kaikki ko. malliin kuuluvat tiedostot tallennetaan.

Uusi kappale aloitetaan valitsemalla taso, jonka pintaan kappaleen referenssipinta kiinnittyy. Kappale luodaan aluksi 2d-luonnoksella, jossa ensimmäinen piirre tehdään joko pursottamalla tai pyörähdyskappaleena. Tätä peruskappaletta täydennetään uusilla piirteillä kuten viisteillä, rei'illä, ym. 2d-luonnoksen luominen tapahtuu samoin kuin 2d-ohjelmassa objektin luominen. Kappaleeseen liittyviä parametrisia mittoja voi muuttaa mallin luomisen jälkeen ja geometria päivittyy tehtyjen muutosten jälkeen. Lisäksi luonnokseen voidaan tehdä erilaisia määritteitä kuten yhdensuuntaisuus, pysty- tai vaaka-akselin suuntaisuus, kiinnitykset tiettyyn pisteeseen jne. Luonnoksen teossa voidaan käyttää lisäksi esimerkiksi apuviivoja, keskiakselia ja keskipistettä.

Kappaleet voidaan tehdä joko yksittäin omina mallinnuskappaleina, jotka sitten yhdistetään kokonpanokuvassa. Yleinen tapa on mallintaa kappaleet ns. monikappalemallinnuksena, joka toimii samalla kokonpanokuvana. Kokonpanokuvassa kappaleet kiinnitetään toisiinsa erilaisten sääntöjen avulla kuten kappaleen pinta, etäisyys kappaleen pinnasta jne. Yleensä jokainen kappale tarvitsee kolme määritystä, jotta kappaleen asemointi on täysin määritelty. Ensimmäinen tai alin kappale ankkuroidaan ”maahan” ja se tarvitsee vain yhden asemoinnin.

Mallinnustyössä käytetään yleensä piirrepuuta, joka suositellaan pidettäväksi näytöllä kelluvana valikkona. Piirrepuusta voi muokata, poistaa ja piilottaa piirteitä tarpeen mukaan. Piirteet ja käyttöominaisuudet ovat ohjelmakohtaisia ja niiden opettelussa on käytettävä ohjelmakohtaisia käyttöohjeita.

CAD-ohjelmistot sisältävät myös valmiita tuotteita, jotka löytyvät ohjelmien sisältämistä komponenttikirjastoista. Myös muista CAD-ohjelmista tuotuja komponentteja voi käyttää, jos ne on tallennettu soveltuvaan tiedostomuotoon. Useiden tuotevalmistajien omilta verkkosivuilta löytyy myös valmiita rakenteita ja komponentteja, joita voi ladata omaan käyttöön. Nämä ovat kuitenkin yleensä ohjelmakohtaisia.



3d-mallinnusta voidaan käyttää tilasuunnittelussa. Kuvassa on esitetty 3D-havainnekuva keittiön tilasuunnittelusta. Malli on luotu Vertex-ohjelmalla, kuva Ammattiopisto Lappia.

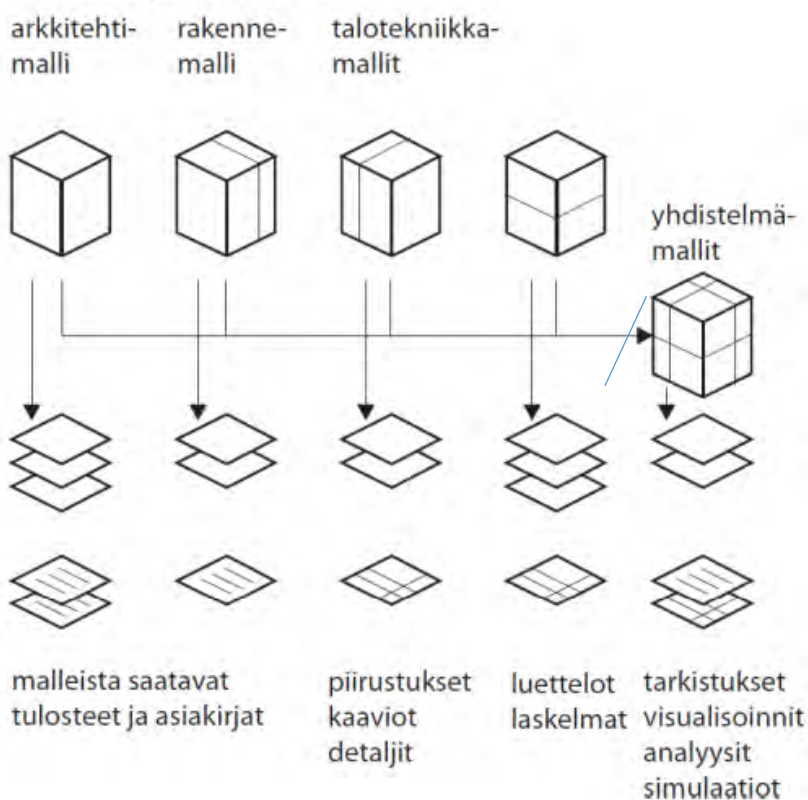
14.2 Rakennuksen tietomallit (BIM)

Tietomalli (BIM)

Rakennuksen tietomalli BIM, (Building Information Model) on rakennuksen ja rakennusprosessin koko elinkaaren aikaisten tietojen kokonaisuus digitaalisessa muodossa. Tietomalli sisältää siis tiedon ja kappaleen geometrian. Tietomalli on rakentamisen tiedonhallinnan toimintamalli, jossa tietojen kokonaisvaltainen hallinta tapahtuu tieto- ja informaatiotekniikan (ICT) avulla tietojen kokonaisuus digitaalisessa muodossa. Tietomalliajattelu on pitkälti peräisin valmistavasta teollisuudesta, jossa se on tuotetiedon nimellä yleisesti käytössä oleva metodi tuotteiden suunnittelussa ja valmistuksessa.

Jokainen suunnittelijaosapuoli laatii omat tietomallinsa, joista tuotetaan yhdistelmämallit rakennushankkeen käyttöön. Suunnittelijaosapuolia ovat rakennus- (arkkitehti), rakenne-, talotekniikka- ja sähkösuunnittelu. Tietomallinnukseen käytettävä tiedostomuoto on IFC, jota lähes kaikilla CAD-ohjelmilla pystyy sekä tuottamaan että tuomaan toisista ohjelmista.

Suunnittelijoiden tietomallit



BIM-tietomallintamisen kulku, kuva YTV Yleiset tietomallivaatimukset 2012 versio 1.0.

Tietomallintamisen ja kaksiulotteisen CAD-suunnittelun erot

Perinteisessä kaksiulotteisessa tietokoneavusteisessa suunnittelussa muodostetaan viivoja ja muita graafisia elementtejä sekä muodostetaan näistä piirustuksiin ja näytölle erilaisia rakennusta esittäviä kuvantoja. Kuvanto ei itsessään sisällä informaatiota vaan ryhmiteltyjä piirustusobjekteja, jotka ihminen tulkitsee tietosisällöksi. Tämän vuoksi esimerkiksi rakennukseen kohdistuvia voimia laskeva FEM-ohjelma ei ymmärrä rakennesuunnittelijan suunnitelmaa suoraan, vaan sille on syötettävä erikseen samat tiedot uudestaan. Toisaalta tietoa häviää suunnitteluprosessin aikana, esimerkiksi siirryttäessä suunnitteluvaiheesta toiseen.

Tietomalli puolestaan sisältää digitaalisesti rakennuksen muodon kolmiulotteisesti määriteltynä ja lisätietoja rakennuksen, sen prosessien ja rakennusosien ominaisuuksista. Tällöin rakennusta esittävä kuvanto saadaan muodostettua automaattisesti. Tiedoista voidaan muodostaa helposti myös erilaisia kustannuslaskelmia, aikatauluja, energialaskelmia tai simulaatioita, jotka perinteisillä suunnittelumenetelmillä vaatisivat runsaasti esivalmisteluja, tiedon keruuta ja tietojen yhdistelyä.

Koska tietomallin erityyppiset tulosteet ja näkymät tuotetaan samasta tietomallista, yhden tiedon päivittäminen malliin voi vaikuttaa lukuisiin piirustuksiin, laskelmiin, simulaatioihin ja mallinäkymiin. Perinteisessä suunnittelussa tieto olisi pitänyt päivittää erikseen jokaiseen näistä. Samasta syystä myös vaihtoehtojen esittäminen suunnitelmavaiheen aikana on nopeaa ja mallit ovat yhdenvertaisia.

Tietomallin käyttötarkoituksia

Tietomallilla on useita käyttötarkoituksia.

Tietomalleja käytetään mm:

- suunnitelmien laadunvarmistukseen,
- suunnitelmien yhteensovittamiseen ja risteilytarkastuksiin,
- suunnittelun ohjaukseen ja valvontaan,
- määrä- ja kustannuslaskentaan,
- havainnollistamiseen,
- talotekniikan analyysiin,
- energialaskelmien, palotilanteiden ja kustannusvaihtoehtojen simulointiin,
- rakentamisen toteutukseen, ohjaukseen ja valvontaan,
- käyttöön ja ylläpitoon sekä
- rakennuksen visualisointeihin.

Tietomallintamisen käyttö suunnittelutapana vaikuttaa hankkeen läpivientiin, organisointiin, vaiheistukseen, aikatauluun ja koordinointiin perustavalla tavalla. Tietojen avulla voidaan suunnitella, analysoida ja hallita rakentamisen, käytön ja ylläpidon kustannuksia sekä esimerkiksi tarkastella rakennettavuutta. Tietomallin avulla saadaan enemmän tietoa tavoitteenmukaisuuden ohjaukseen ja tärkeiden päätösten perustaksi.

Tietomallin ideaalinen muoto olisi integroitu tietokanta, joka sisältäisi natiivimuodossa kaiken tietomalliin liittyvän tiedon. Toistaiseksi rakennusten tietomallit sisältävät tietoa monissa eri formaateissa: eri suunnitteluohjelmien malleja omissa formaateissaan, word- ja excel-dokumentteja, projektisuunnitelmätiedostoja, useita eri ohjelmilla tehtyjä simulaatiota jne. Jotta tietomallin käyttäjien eri ohjelmistot ymmärtävät mallin tietoja, on yleinen tietformaatti välttämätön. Tietomallinnuksessa yleiseksi formaatiksi on noussut IFC, joka sisältää tietoja rakennusosien geometriasta ja niiden ominaisuuksista. IFC-määrittelyt eivät ole vielä täydellisiä eikä formaatti tule sisältämään kaikkea tietomallin tietoa.

Tietomallin sisällön perustana ovat rakennushankkeen määrittelytiedot ja suunnitteluvaiheen eri suunnittelualojen 3D-mallit. Tietokantaan lisätään toteutuneen rakennusprosessin ja rakennuksen käytön aikaiset tiedot. Tietomallin oleellinen ominaisuus on tiedon käyttötapa: tieto tallennetaan tietomalliin vain kerran. Koska tietomalli on rakennuksen tietojen yhdistetty tietokanta, voidaan eri tilanteissa käyttää aina samaa lähdettä. Tietoa ei kopioida useaan paikkaan, mikä varmistaa helpon päivitettävyyden ja vähentää riskejä väärän tiedon esittämisestä.

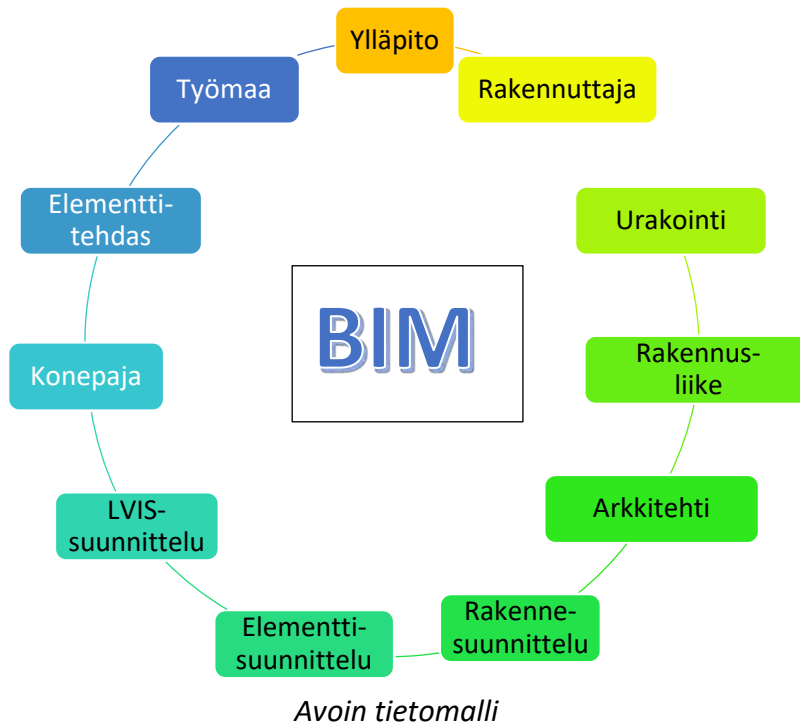
Tietomallin käytön tarkoituksena on hallita rakennuksen vaatimukset, suunnittelu, rakentaminen, käyttö ja ylläpito paremmin kuin perinteisillä menetelmillä.

Tietomallin käytön etuja ja mahdollisuuksia:

- tietomallien käyttöönotto rakentamisprosesseissa,
- nopeuttaa suunnittelua,
- vähentää virheitä ja yhteensovittamisongelmia,
- luo tietopohjan kiinteistöjen ylläpidon hyödynnettäväksi (esim. muutostyöt, energiatehokkuus, käyttöasteet, korjaukset jne.),
- toimii päätöksenteon tukena (mm. kustannus-, energiatehokkuus- ja elinkaarianalyysit),
- sitouttaa osapuolet hankkeen tavoitteisiin,
- lisää tietoa ja mahdollistaa uusia ratkaisuja korjausrakentamisessa,
- laatu paranee, jonka seurauksena säästyy kustannuksia ja aikaa koko rakennuksen elinkaaren ajan,
- suunnitelmien havainnollisuus todenmukaisten 3D-mallien myötä sekä
- kertyneen tiedon hyödyntäminen ja tietojen täydentäminen.

Rakentamisen aloituspalaverissa esitellään seuraavat tietomallintamiseen liittyvät asiat:

- mallit ja mallinnusorganisaatiot,
- mallin käyttötavoitteet ja käytettävät ohjelmistot,
- työmaaorganisaation tietomallikäytänteet,
- mallin käyttötapojen tarkennukset ja mallin käyttö,
- tietomallikoulutukset työnjohdolle, mittausryhmälle ja muille työvaiheista vastaaville henkilöille,
- tietotekninen ympäristö ja käytön tuki työmaalle sekä
- rakentaminen tietomallin mukaan.



Tietomalliselostus

Tietomalliselostus on kunkin suunnittelualan ylläpitämä kuvaus mallin sisällöstä, käytetyistä mallinnustavoista ja mahdollisista poikkeamista yleisiin vaatimuksiin tai mallinnustapoihin nähden. Se kertoo, mihin tarkoitukseen malli on julkaistu ja mikä on sen tarkkuusaste. Selosteen avulla muut osapuolet voivat tulkita mallin valmiusastetta, järjestelmien ja rakennusosin nimeämiskäytäntöjä sekä mallin yleistä rakennetta. Tietomalliselostus päivitetään aina, kun malli julkaistaan muiden osapuolten käyttöön, olipa sitten kyseessä työmalli tai tietomalli urakalaskentaa varten.

Tietomallikoordinaattori

Hankkeessa tulee nimetä tietomallikoordinaattori, joka voi olla joko pääsuunnittelija tai joku muu pääsuunnittelijan tai hankejohdon valitsema taho. Tietomallikoordinaattorin tehtävät ovat osin pääsuunnittelijan tehtävien kanssa päällekkäisiä, mutta luonteeltaan usein teknisiä. Tietomallikoordinaattori huolehtii yhdistelmämallien kasaamisesta, joka raportoi havaitsemansa virheet pääsuunnittelijalle ja muille suunnittelijoille. Eri suunnittelualojen mallien päivittämisestä ja suunnitelmien yhteensovittamisesta huolehtiminen ja muutostilanteiden valvonta ovat tehtäväluettelon mukaisesti pääsuunnittelijan vastuulla.

Rakennuksen tietomallivaiheita

Rakennuksen tietomalli syntyy vaiheittain, iteratiivisissa suunnittelusykleissä tarkentuen. Malli aloitetaan karkeasta tietosisällöstä, vaatimuksista kohti toteutettavaa rakennusmallia. Oleellinen tieto siirtyy aina seuraavalle portaalle ja jokainen vaihe tallennetaan lisäksi versiotietona. Tietomallinnuksesta ja sen vaiheista löytyy tarkempaa tietoa YTV:stä (yleiset tietomallivaatimukset 2012).

Karkeasti ryhmiteltynä mallinnusvaiheet ovat:

Vaatimusmalli

Vaatimusmallin luomisessa arkkitehti toteuttaa asiakasvaatimukset tarveselvitysvaiheessa ja vastaa pääsuunnittelijana mallinnuksen etenemisestä. Se sisältää asiakasvaatimusten lisäksi oleelliset viranomaisvaatimukset. Myöhemmissä vaiheissa tietoja tulee aina verrata vaatimusmalliin.

Inventointimalli:

Inventointimalli on olemassa olevasta rakennuksesta laadittu tietomalli. Inventointimalli laaditaan yleensä rakennuksen mittauksen, esimerkiksi laserkeilauksen, pohjalta. Inventointimalliin syötetään tarvittava tietosisältö.

Suunnittelumallit:

Suunnittelumallit ovat eri alojen suunnitelmaratkaisuja (ARK, RAK, LVI, S, TEK).

Yhdistelmämalli:

Yhdistelmämallissa yhdistetään eri suunnittelualojen mallit samaan tiedostoon.

Toteutumamalli:

Toteutumamalli on rakennuksen lopullinen, toteutunut tuotetieto. Toteutumamalli päivitetään rakennustyön aikana ja tarkoitus on saada ajantasainen tieto rakennuksen ylläpitoon.

Ylläpitomalli:

Ylläpitomallissa esitetään käytön ja ylläpidon aikaiset tehtävät, muutokset, ja peruskorjaustarpeet.

Käytännössä tietomallien toteutus on toistaiseksi liittynyt varsin tiiviisti suunnitteluvaiheessa syntyvään tietoon ja sen käyttöön. Vaikka yleisiä tehtävä- ja prosessikuvauksia on tehty, ovat rakennushankkeen eri toimijoiden rajapinnat ja toimintatavat vielä vakiintumattomia. Tietomallin käyttöön ja päivitykseen rakennuksen käytön aikana ei ole vielä yleistä toimintamallia lainkaan.

Arkkitehdin mallissa kunkin kerroksen malliin kuuluu kyseisen kerroksen lattiataason muodostava laatta pintarakenteineen (kerroksesta riippuen ala- tai välipohja) sekä alaslasketut sisäkatot ja yläpuoliseen laattaan liittyvät tilaa vievät akustoivat rakenteet. Arkkitehdin ei tarvitse mallintaa perustuksia, mutta sokkelirakenteet on mallinnettava ainakin maanpäällisiltä osiltaan. Yläpohja ja vesikattorakenteet mallinnetaan arkkitehtimallissa omana kerroksenaan. Vesikaton laitteita ja varusteita ei mallinneta, ellei siitä erikseen sovita.

Rakennesuunnittelijan mallissa kunkin kerroksen malliin kuuluu kerroksen yläpuoliset vaakarakenteet eli ne rakenteet joita ko. kerroksen pystyrakenteet kannattelevat. Alapohja kuuluu perustuksien kanssa omaan kerrokseensa, ja ylimmässä kerroksessa malliin kuuluvat myös vesikattorakenteet. Rakennemallissa esitetään myös sellaiset pintarakenteet, jotka liittyvät rakenteiden kantavuuteen, kuten mahdolliset paloeristykset.

Tietomalliin mallinnettavat rakenteet

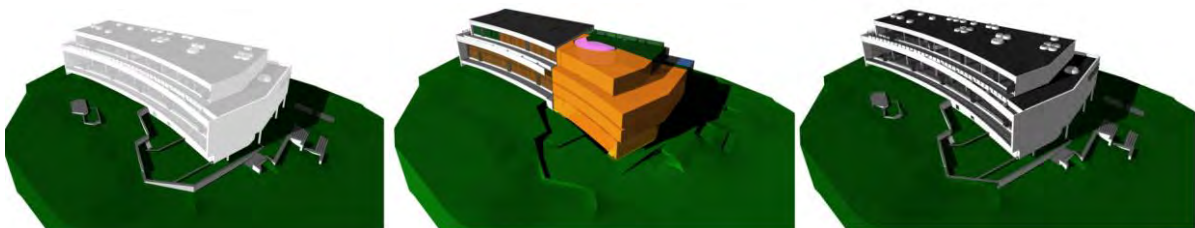
Rakenteet tulee mallintaa siten, että tietoa siirrettäessä rakennusosan sijainti ja geometria siirtyvät mukana. Rakennemalliin määritellään kerros- ja lohkotieto siten, että ne siirtyvät IFC-tiedostossa. Kerros- ja lohkotietoa hyödynnetään mm. visualisoinnissa, tarkastuksissa ja määräluetteloissa.

Arkkitehdin ja rakennesuunnittelijan malliin mallinnetaan seuraavat rakenteet:

- kantavat rakenteet,
- ei-kantavat betonirakenteet ja
- tilaa vievät rakennustuotteet, joiden koolla ja sijainnilla on merkitystä suunnittelun kannalta



Rakennusosamalli koostuu nimensä mukaisesti rakennuksen kiinteistä osista kuten seinistä, laatoista, portaista, ikkunoista ja ovista. Kuva Senaatti-kiinteistöt / ISS Suunnittelupalvelut Oy / YTV Yleiset tietomallivaatimukset 2012 versio 1.0.

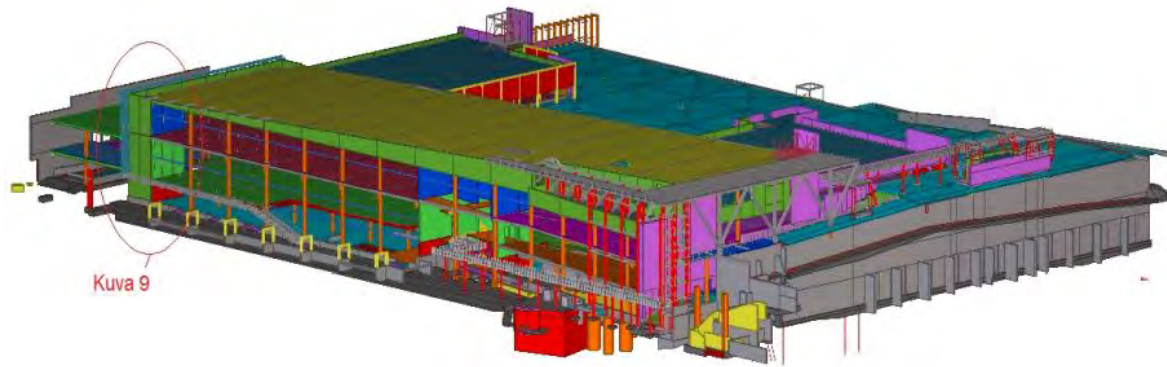


Rakennuksen erilaisia tietomallivaiheita vasemmalta oikealle: inventointimalli, tilamalli ja rakennusosamalli.

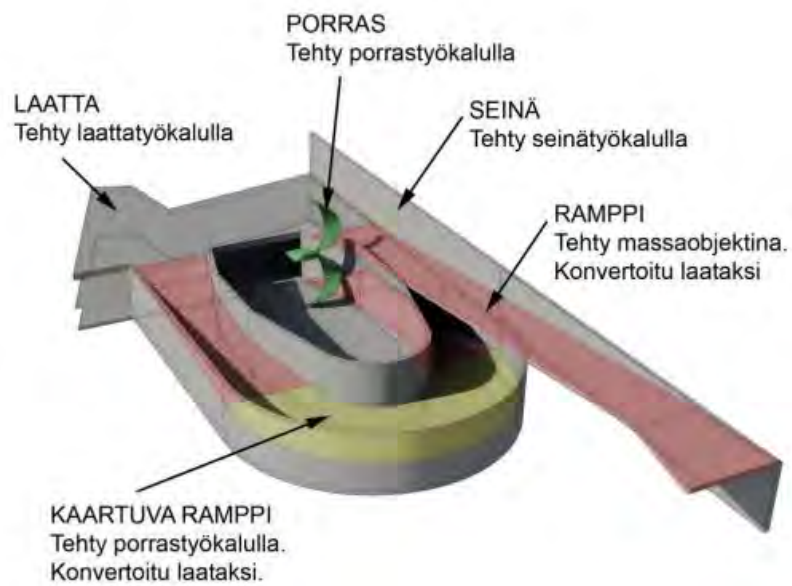
Kuva YTV Yleiset tietomallivaatimukset 2012 versio 1.0.

Rakennemallista tarkistettavat asiat:

- arkkitehtimallin ja rakennemallin rakenteet ja aukot vastaavat toisiaan,
- paikallavalurakenteet ja elementit pystytään erottamaan,
- rakennusosat on nimetty oikein, elementeille elementtitunnukset ja nimet, paikallavalurakenteilla nimet,
- kaikilla mallin osilla IFC-kerrostieto ja tuotannon kanssa sovittu lohkotieto,
- elementeille on määritelty yksilöllinen ACN-numero ja
- tietomalliselostus on tehty



*Malli toteutussuunnitteluvaiheessa,
kuva: Finnmap Consulting Oy / YTV Yleiset tietomallivaatimukset 2012 versio 1.0*



*Rakennesien nimeäminen tietomallin mukaisesti,
kuva YTV Yleiset tietomallivaatimukset 2012 versio 1.0*

14.3 CAM-valmistaminen puutuoteteollisuudessa

Työstöratojen luonti

Kun työstettävä malli on valmis, niin sille luodaan ensiksi työstöradat. Tässä vaiheessa valitaan työstöissä käytettävät työmenetelmät (sahaukset, poraukset ja jyrsinnät) sekä niissä käytettävät terät. Työstöratoja luodaan CAM-ohjelmilla. Kun työstöradat ovat valmiit, ne voidaan vielä simuloida, jolloin voidaan varmistaa työstöjen oikeellisuus.

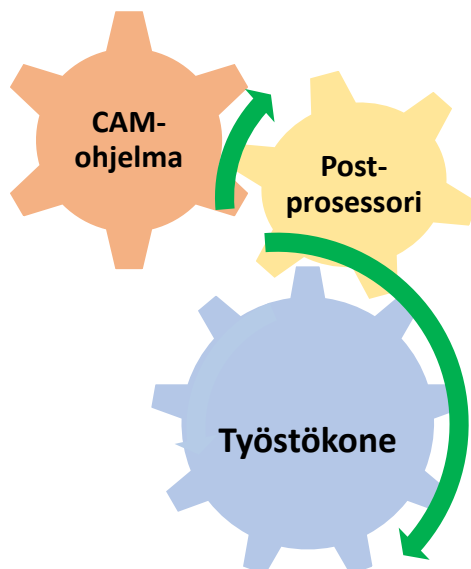
Työstökoodit

Viimeinen ohjelmointivaihe on CAM-ohjelmiston tuottaman tiedoston muuttaminen käytettävän työstökoneen ymmärtämän muotoon. Tätä vaihetta kutsutaan postprosessoinniksi. Postprosessoinnissa aikaansaatu tiedosto sisältää ASCII-koodissa olevaa tekstiä, joka siirretään koneelle.

Tietokoneavusteinen valmistus eli CAM (Computer Aided Manufacturing) on laajasti teollisuudessa käytetty termi, jolla on useita eri tarkoituksia. Useissa yhteyksissä se määritellään automaattiseksi valmistusjärjestelmäksi, jotka ovat tietokoneohjattuja. Käytännössä tämä tarkoittaa kappaleiden työstössä CAD-mallien geometriatietojen siirtämistä. Yhdessä työkalujen, koneen ominaisuuksien ja työstettävän materiaalin kanssa kappaleen geometria muutetaan työstökoneen ymmärtämälle ohjauskielille. CAM-ohjelma voi olla itsenäinen työkalu tai sitten se on yhdistetty CAD-ohjelmaan, jolloin puhutaan CAD/CAM-ohjelmistoista.

Postprossessorit

Lähes jokaisella konetyypillä on oma postprossessori. Ennen kuin luotuja työstöratoja voidaan ajaa, joudutaan CAM-ohjelmiston tuottama koodi kääntämään CNC-jyrsimen ymmärtämään muotoon. Eri CAM-järjestelmien tuottama koodi on pääasiassa samanlaista, mutta varsinkin erityiskäskyjen kirjoitusmuoto on erilainen. Koodit ovat joko NC-koodeja, G-koodeja tai konekohtaisia koodeja.



Postprossessori on siis eräänlainen kääntäjä, joka konvertoi CAM-ohjelmiston tuottamat työstöoperaatiot (radat, työkalut, työstönopeudet jne.) sisältävän CL-tiedoston (Cutter Location File) työstökoneella suoritettavaksi työstökoodiksi

Useimmat CAM-ohjelmistot tuottavat yhtä tai useamman tyyppistä niin kutsuttua neutraalia kieltä sisältäviä tiedostoja CNC-koneelle. ASCII-muodossa olevia tiedostoja voi lukea millä tahansa tekstieditorilla, mutta binääridataa ei voi lukea tietämättä datan rakennetta.

Postprosessorin tehtävänä on lukea tätä neutraalia tiedostoa ja kääntää se juuri sille CNC-koneelle sopivaksi koodiksi, jolla työstö tehdään. Laadukkaasti tehty postprosessori luo sellaista koodia, joka ottaa täysin huomioon CNC-koneen ominaisuudet ja rajoitukset ts. se optimoi työstön koneen mukaan.

Numeerinen ohjaus (NC, Numerical Control) tarkoittaa työstö- tai muun koneen ohjaamista yksiselitteisillä symboleilla, jotka koneen ohjauselektroniikka toteuttaa muuntamalla ne tarvittaviksi servo-ohjattujen moottorien liikkeiksi. Numeerista ohjausta käytetään esimerkiksi puutuoteteollisuudessa ohjaamaan työstökoneita.

NC-koodi

Yksinkertaistettuna CNC-koneet ymmärtävät pääsääntöisesti komentoja, jotka ovat suoran tai ympyrän kaaren osia. Monimutkaisemmat muodot syntyvät näiden yhdistelmästä, jotka on pilkottu pieniin osiin. Erityisesti viiden akselin yhtäaikaisten ohjaus vaatii kehittyneen ohjausjärjestelmän työstökoneelle. Aluksi CNC-koneita ohjattiin käsin syötettävillä G-koodeilla, joihin nykyistenkin koneiden ohjaus perustuu. Esim. suora viivainen liike toteutuu G1-koodilla, kun taas kaaret myötä ja vastapäivää käyttävät G2/G3 koodia. Käsin syötettävät koodit ovat jääneet taka-alalle, kun CAM-ohjelmistot ja koneiden omat käyttöliittymät prosessoivat NC-koodin koneelle automaattisesti.

CNC-koneen ohjaukseen käytettävän koodin ymmärtämisestä on hyötyä vikatilanteissa tai kun tehdään tavallisesta poikkeavaa ohjelmointia. NC-ohjelman yhtä riviä kutsutaan NC-lauseeksi, jonka koneen ohjausjärjestelmä tulkitsee liikekäskyksi koneen akseleille. Tavallisesti CNC-koneessa koneen työstösuuntia merkitään pääakseleilla X, Y ja Z. X-akseli on konetta edestä katsottaessa vasemman ja oikean reunan suuntainen akseli. X-akseli on tavallisesti koneen pisimmän mahdollisen työstön akseli. Y-akseli on koneen syvyys suunnassa eteen ja taakse, se on toiseksi pisin työstömitta. Z-akseli on koneen karan suuntainen pystyakseli, joka on tavallisesti koneen lyhin työstömitta. Tämän lisäksi koneessa voi olla muitakin akseleita, esimerkiksi A- , B- ja C-akseli, jotka ovat pääakselien kiertoakseleita. Tavallisin on Z-akselin suuntainen kiertoakseli, jota kutsutaan myös C-akseliksi.

Osalla puualan koneen valmistajista on omat käyttöohjelmistot (vrt. CNC-koneiden yleiset ohjausjärjestelmät). Nämä ovat yleensä havainnollisia ja helppokäyttöisiä. Ohjelmistoista voi olla käytössä toimistoversioita. Tällaisilla ohjelmistoilla ohjelmointia voi tehdä silloinkin, kun itse kone on muussa tuotantokäytössä. Yleensä näissä ohjelmistoissa on kiinnitetty erityistä huomiota parametriseen ohjelmointiin, jolloin eri kokoisille kappaleille ei tarvitse tehdä erikseen uutta ohjelmaa. Ainoastaan kappaleen päämitat muutetaan ja ohjelma laskee työstöt oikeaksi annettujen muuttujien ja parametrien avulla.

G-koodi

G-koodi on avoin lähdekoodi. Se on riippumaton käytettävistä CAD/CAM-järjestelmistä. G-koodi on matalan tason komentokieli. Monimutkaisen liikeradan ohjelmointi suoraan G-koodilla on työlästä. Jos työkalun mallia muutetaan, pitää kirjoittaa G-koodi uudelleen. Kuitenkin pienet työkalun pituusmuutokset voidaan hoitaa mitta- ja teräkorjaimilla. G-koodin kirjoittamisen voi antaa CAM-ohjelman tehtäväksi valmistettavan kappaleen CAD-mallin ja käytettävissä olevan työkalun mittojen perusteella.

G-koodissa kutakin riviä (kutsutaan lohkoksi) pidetään komentona. Jokaisella G-koodin rivillä on monia koodeja, joissa on kirjaimia ja numeroita ja nämä kirjaimet vastaavat erityyppisiä komentoja. Esimerkiksi "G" käytetään useimmissa liikekomennoissa, "M" käytetään erilaisissa komennoissa; x, y ja z käytetään määrittämään X-, Y-, Z-avaruuden sijainnit.

Konekohtaiset koodit

Puuntyöstökoneet käyttävät myös konekohtaista ohjauskieltä. Tämä vaatii myös CAD-ohjelman, joka tukee kyseistä työstökoneetta. Kun 3d-malli on valmis, suunnittelija kääntää (konvertoi) mallin työstöohjelman koodikielelle. Tehty työstötiedosto viedään koneen ohjauspaneelille, josta työstettävien rakennusosien valmistusta ohjataan. Konvertoitu tiedosto sisältää yleensä ASCII-muotoista dataa, joka sisältää valmistettavien rakennusosien työstöradat ja käytetyn työkalun. Varsinainen työstökoneen ohjaus tapahtuu sisäänrakennetulla ohjauskielellä, jota käyttäjän ei tarvitse huomioida. Tätä voidaan kutsua suljetuksi lähdekoodiksi, joka on kuitenkin avattava CAD-ohjelman yhdistämiseen ja konvertointiin kyseiselle työstökoneelle.

CNC-koneistus

Yritykset hankkivat CNC-tekniikalla toimivat koneet omiin käyttötarkoituksiinsa parhaiten soveltuviksi tai koneet hankitaan palvelemaan tiettyntyyppisten tuotteiden valmistusta. Koneissa käytettäviä teriä on saatavilla laaja valikoima. Terät ovat tavallisimmin kovametallia; kovemmalle kuormitukselle joutuvat terät ovat timanttia. CNC-tekniikka lisääntyy ja tavanomaisista konetyypeistä valmistetaan eri toimintoihin sopivia koneita ja sovelluksia. CNC-koneen käyttö ja ohjelmointi vaativat erilaista tietoa ja taitoa kuin perinteinen rakennustyö. Kuitenkin käyttäjällä tulee olla laaja käsitys rakenteiden valmistuksesta ja työstötekniikan periaatteista. Koneen käyttäjän ammattitaitoon kuuluu tietää, miten puu käyttäytyy ja miten rakenteista saadaan kestäviä. Terät tulee valita oikein, jotta saadaan siisti työstöjälki. Kone on vain tuotannon väline; väärillä työstöarvoilla, työstösuunnilla ja terillä syntyy viallisia kappaleita ja kone rikkoutuu. Mahdollinen konesimulaatio ennen työstämistä on aina suositeltavaa.

14.4 Valmistettavien rakenneosien tuotannonsuunnittelu

Tuotannonsuunnittelun vaiheet

Tuotannonsuunnittelu koostuu suunnittelu- ja tehdasprosesseista. Suunnitteluprosessit jakaantuvat arkkitehti- ja rakennesuunnitteluun. Tehdasprosessit koostuvat rakennusosien valmistuksesta, elementtien kokoonpanosta, täydentävistä työvaiheista (sähkö, lvi, pintakäsittely ym.) sekä logistiikasta. Tuotantoprosessit ovat yleensä tehdaskohtaisia riippuen runkojärjestelmästä ja elementtien valmiusasteesta.

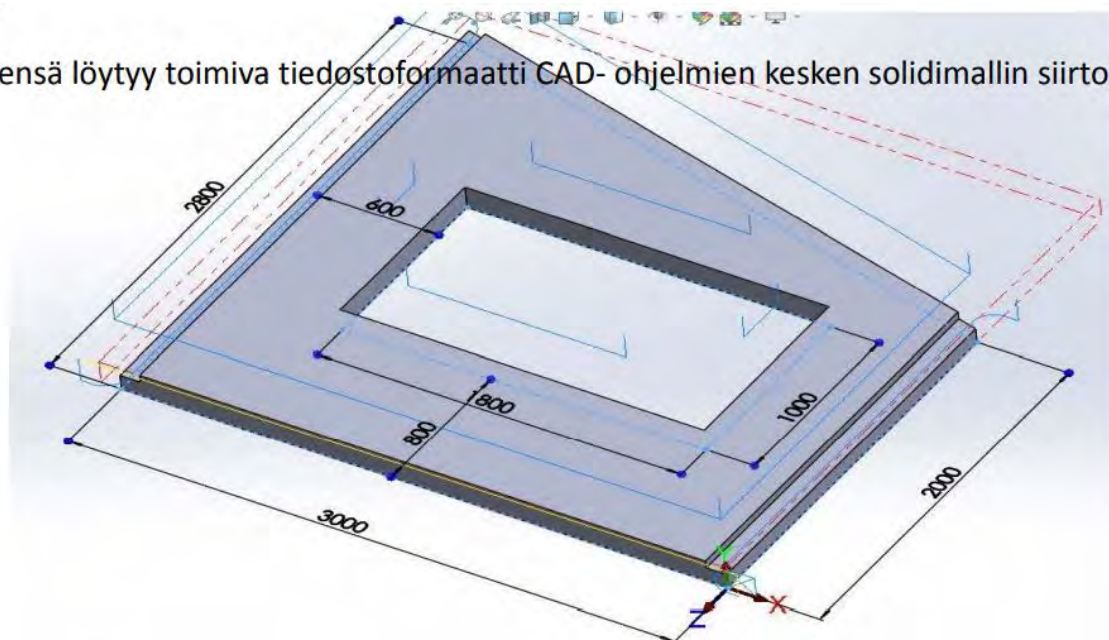
Suunnitteluprosessit

Suunnitteluprosessien ydin on 3d-rakennemalli, joka kehittyneemmässä muodossa on tietomalli. Tietomalli on yksinkertaistettuna 3d-malli, joka sisältää datatietoa mm. rakennusosien materiaalista, lujuudesta ja muista teknisistä ominaisuuksista, pintakäsittelystä ja muista valmistuksen kannalta oleellisista asioista. Suunnittelu voidaan tehdä myös 2D-ohjelmilla, mutta näin toimien ei tieto siirry toiseen vaiheeseen vaan se pitää tehdä käytännössä kokonaan alusta.

Parhaimmillaan suunnitteluprosessi toimii samalla natiivimuodolla arkkitehtisuunnittelusta työstögeometrian luomiseen asti. Tämä kuitenkin vaatii käytännössä saman suunnitteluohjelman käyttöä arkkitehdiltä, rakennesuunnittelijalta ja työstögeometrian laatijalta.

Mikäli saman ohjelman käyttö ei ole mahdollista, tarvitaan ohjelmistojen välille tiedostomuoto, jonka välityksellä tieto voidaan siirtää ohjelmalta toiselle. Tätä varten on kehitetty IFC-tiedostomuoto, joka on yleinen tietomallien standardi. Vaikka rakennus- ja rakennesuunnittelu tehdään samalla ohjelmalla, joudutaan joka tapauksessa luomaan tehdystä suunnittelusta IFC-malli, jos esim. halutaan samaan tietomalliin myös sähkö- ja lvi-suunnittelu.

Yleensä löytyy toimiva tiedostoformaatti CAD-ohjelmien kesken solidimallin siirtoon



Massiivipuorakenteinen seinäelementti, kuva Ammattiopisto Lappia.

Tärkeimmät tuotantoon tarvittavat suunnitelmat ovat osa- ja kokoonpanopiirustukset detaljeineen valmistettavista elementeistä ja rakennuskomponenteista. Valmistusta varten on myös hyvä olla käytettävissä asennuspiirustukset ja –detaljit, joista voidaan tarkistaa tarvittaessa esimerkiksi elementtien liittyminen muihin rakenneosiin. Pääpiirustuksia ei yleensä tarvita tuotanto- ja asennusvaiheessa.

Kustannusarviot ja aikataulutus

Useat rakennussuunnitteluohjelmat ovat jo niin kehittyneitä, että niistä saadaan automaattisesti kattavat lähtötiedot materiaalilaskentaa varten. Kustannuslaskentaan löytyy valmiita ohjelmia. Jos haluaa räätälöidyn laskentapohjan kustannuslaskentaa varten, on se suhteellisen helppo rakentaa taulukkolaskentaohjelmalla.

Aikataulutuksessa tärkeimmät asiat ovat valmistusprosessiin tarvittava aika, suunnitelmien valmistumisajankohta ja sovitut toimitusajat. Nämä asiat pitää sovittaa yhteen, jotta tuotantotoiminta voidaan toteuttaa aikataulun mukaisesti.

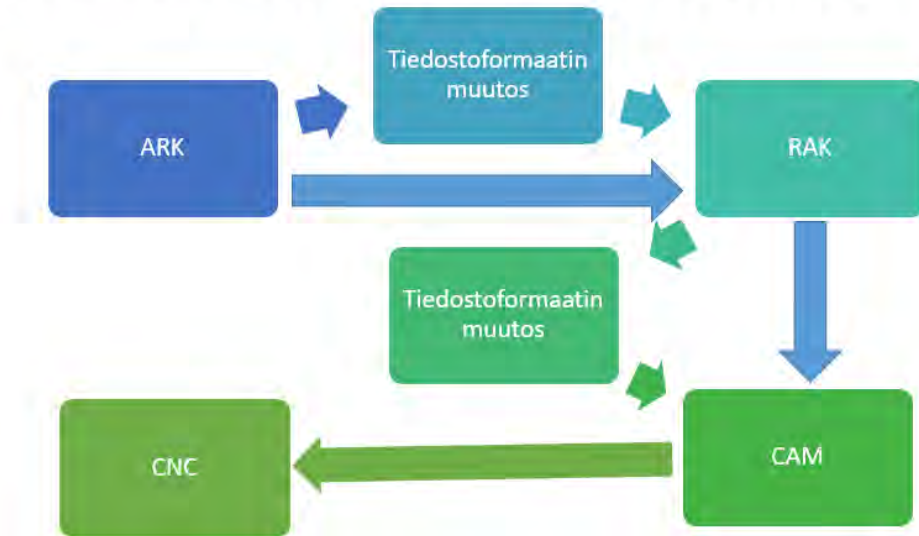
Elementtirakentamiseen liittyvä erityispiirre on se, että suunnittelun vaatima kokonaisaika pitenee verrattuna paikalla rakennettavien rakennusten suunnitteluun. Aikataulua pidentävät elementtien liitosten, detaljien ja varustelujen suunnittelu. Toisaalta elementtitekniikan ansiosta työmaalla tehtävän työn kesto lyhenee merkittävästi. Toteutussuunnitteluvaiheessa elementtisuunnittelu etenee pääosin samalla tavoin riippumatta hankkeessa käytettävästä elementtikaupamallista. Kuitenkin toteutusmuodosta riippuen lähtötietojen saatavuus vaikuttaa elementtisuunnittelun mahdolliseen alkamisajankohtaan.

Esimerkiksi rungon pystytyksen kuullessa pääurakkaan, täytyy pääurakoitsijalta saatavat lähtötiedot olla käytössä elementtisuunnittelussa riittävän varhaisessa vaiheessa. Kiireellisimpiä tietoja ovat elementtien toimitusaikataulu, suunnitelma-aikataulu, työmaasuunnitelma, rakennusten/lohkojen toteutusjärjestys ja maksimielementtipainot. Työmaasuunnitelmasta saatavia elementtisuunnittelun kannalta oleellisia tietoja ovat nosturitiedot, kaideratkaisut ja mahdolliset työn aikaiset kulkuaukot. Tuote-osakaupassa, jossa rakennetoimittaja vastaa myös elementtien asennuksesta, ovat runkourakan lähtötiedot aikaisemmin saatavilla.

Suunnittelutiedostojen vieminen tuotantoon

Tuotantoon tarvittavat tiedostot, piirustukset ja muut asiakirjat riippuvat siitä, minkälainen tahdasprosessi tuotantolaitoksella on käytössä. Jos kyseessä on esim. elementtitehdas, joka valmistaa osat perinteisellä elementtilinjastolla, jossa elementit kootaan käsityökaluilla ja elementti liikkuu työvaiheelta toiselle rullarataa piikin, niin valmistus tapahtuu piirustuksien mukaan. Jos valmistusprosessi on täysin automatisoitu, niin silloin valmistus tapahtuu tietokoneohjatusti 3D-mallinnusta hyödyntäen. Useimmat puurakenteita valmistavat tuotantolaitokset toimivat niin, että osa toiminnoista on automatisoitu ja osa tehdään piirustuksia käyttäen.

Tiedonkulku suunnittelusta tuotantoon



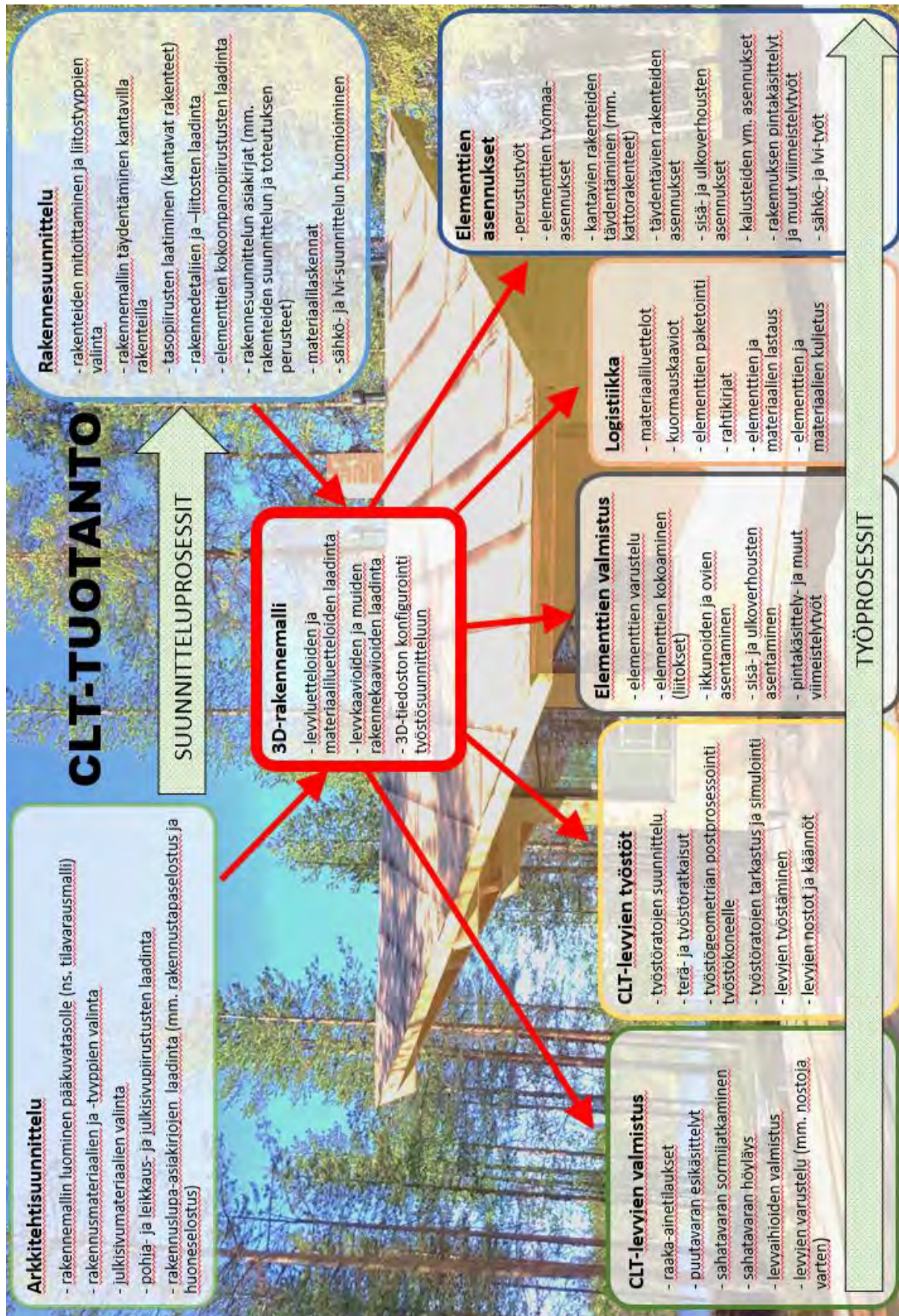
Kun suunnittelussa käytetään eri ohjelmia, joudutaan siirtovaiheessa käyttämään tiedostoformaatin muutosta. Jos suunnittelu tehdään samalla ohjelmalla, muutosta ei tarvita. Tämä nopeuttaa suunnittelutyötä. Lisäksi on huomioitava, että kaikki ominaisuudet eivät välttämättä siirry eri tiedostoformaattien välillä. Kuva Ammattiopisto Lappia.

Laadunvarmistus

Laadunvarmistusta tehdään jokaisessa valmistusvaiheessa. Elementeistä tarkistetaan ainakin päämitat sekä aukkojen paikat. Rakennusosista tarkistetaan myös kaikki päämitat sekä myös muut asentamisen kannalta kriittiset mitat. Lisäksi rakennusosista tarkastetaan silmämääräisesti, että valmiste vastaa suunnittelua ja se on riittävän laadukas käyttötarkoitusta varten. Kantavista rakenneosista tulee myös tarkastaa, että ne vastaavat suunniteltua lujuusluokkaa ja valmistuksessa on käytetty suunnittelun mukaisia dimensioita.

Logistiikka

Rakennosien ja elementtien valmistuttua ne lastataan työmaalle vietäväksi. Elementit ja muut rakenneosat paketoidaan ja suojataan niin, että ne eivät likaannu eivätkä rikkoonnu kuljetusvaiheessa. Lastaus tapahtuu ns. kuormauskaavion mukaisesti, jonka useimmiten laatii elementtisuunnittelija. Peruseriaate elementtien lastauksessa on se, että kuorma voidaan purkaa työmaalla asennusjärjestyksessä ilman välivarastointia. Tämän johdosta käytettävä kuljetuskalusto täytyy olla tiedossa jo suunnitteluvaiheessa.



Tuotantoprosessin ytimen muodostaa 3D-rakennemalli, joka ohjaa kaikkia rakentamiseen liittyviä työvaiheita: suunnittelua, tuotantoa ja asennuksia.

14.5 Automaatiolinjan käyttö teollisessa puurakentamisessa

Tuotannollisesti rakenneosat valmistetaan tehdasolosuhteissa joko käsin ohjattavilla työstökoneilla, kuten esimerkiksi vannesahalla, säteiskatkaisusahalla, tai halkaisusahalla tai työstöautomaatiolinjoilla. Näiden osien valmistus onkin siirtynyt yhä enemmän työstöautomaatiolinjoille. Tämä vaatii jo rakenteiden suunnitteluvaiheessa työstettävien kappaleiden 3D-mallinnusta.

Pilari-palkkityyppiset puurakenteet ovat itse asiassa hyvin vanha tapa rakentaa puusta. Runkorakenteiden puutalojen ja etenkin elementtirakenteiden yleistyessä tämä rakennustapa jäi syrjään. Automaatiotyöstölinjojen yleistymisen myötä pilari-palkkirakentaminen on kuitenkin ollut kasvussa.

Pilari-palkkirakentamisessa liitosrakenteiden työstötarkkuuden vaativuus aiheuttaa ongelmia. Teollinen puurakentaminen ei ole aikaisemmin löytänyt tehokkaita työmenetelmiä, joilla nämä liitokset pystytään valmistamaan. Myöskään monien puuliitostyyppien lujuutta ei ole virallisesti määritetty. Tämän vuoksi suunnittelijat ja rakennusvalvontaviranomaiset eivät voi tarkasti arvioida liitosten kestävyyttä. Myös rakennusfysikaaliset vaatimukset aiheuttavat ongelmia, etenkin lämpö- ja kosteustekniset ratkaisut.

Nyky aikaisten kehittyneiden työmenetelmien ja tämän tyyppisten rakenteiden näytävyyden vuoksi pilari-palkkirunkoiset rakennukset ovat kuitenkin herättäneet jälleen kiinnostusta.

Perinteinen puurakentaminen on kokenut uuden tulemisen, kun vanhoihin menetelmiin on yhdistetty modernia tekniikkaa hyväksi käyttävät työstölaitteet. Ennen työläästi veistettävät liitoskappaleet on nyt mahdollista mallintaa kolmiulotteisesti CAD-ohjelmalla ja siirtää näin syntynyt geometria suoraan työstökoneelle.

Vinokulmaisten loviliitosten kapasiteetti on todettu suureksi ja jäykkyys on lähes yhtä hyvä kuin vaarnaliitoksen. Kapasiteetin suuruus riippuu ala- ja yläpaarten välisestä kulmasta, lovipinnan kaltevuudesta, lovisyvyydestä ja liitoksen leikkauspituudesta. Lohenpyrstöliitoksen kapasiteetti on todettu pienemmäksi, mutta liitos on varsin sitkeä. Kapasiteetti riippuu ala- ja yläpaarten välisestä kulmasta, lohenpyrstön ala- ja yläpuolisen puristuspinnan suuruudesta, lohenpyrstön kaltevuudesta ja liitoksen alapuolisen räystäösosan pituudesta.

Kontaktiliitokset ovat yleensä ainekustannuksiltaan edullisia, sillä puurakenteen palonkestävyyttä heikentävät suuret metallikiinnikkeet ovat usein rakenteen kallein osa. Suomessa kontaktiliitoksia on käytetty hyvin vähän nykyään, mutta Keski-Euroopassa on edelleen käytössä useita perinteisiä liitostyyppejä, jotka on todettu helpoimmaksi ja varmimmaksi tavaksi liittää puisia rakennusosia. Moitteettomasti toimivan kontaktiliitoksen edellytyksenä ovat kosketuspintojen hyvä sopivuus toisiinsa, liitettävien kappaleiden tarkkuus ja käytettävän puun tasapainokosteuden stabiilius.

Toinen merkittävä käyttökohde on massiivisten puurakenteiden työstäminen. Moderneilla 5-akselisilla CNC-jyrsimillä suurienkin elementtien valmistaminen on mahdollista. Elementit voivat olla 16 metriä pitkiä ja 3,4 metriä leveitä. Massiivipuelementti voi olla jopa 400 mm:n vahvuinen. Elementteihin voidaan jyrsiä ikkuna- ja oviaukot, reunaliitokset, LVI-läpiviennit jne. Tämä vaatii kuitenkin koko prosessin läpi viemistä 3D-mallinnuksella, CAM-työstöradoilla ja CNC-valmistustekniikalla.



Puurakenneosien valmistusta automaatiolinjalla. Kuvat Hundegger GmbH.

14.6 Puurakenteiden valmistus CNC-työstökoneilla (Matti Yliniemi)

CNC-terätekniikka

Puu on luonnonmateriaali, joka ei ole koskaan täysin tasalaatuista. Puun työstöominaisuudet riippuvat myös siitä, mihin suuntaan sitä työstetään. Jotta työstäjällestä tulisi siisti ja virheetön, on valittava oikeat terät ja työstöarvot materiaalia ja työtehtävää varten. Tämä on tärkeä osa CNC-koneistajan ammattitaitoa. Puurakenteiden valmistuksessa käytetään monenlaisia teriä. Ne voidaan jakaa seuraaviin ryhmiin: sahanterät, höyläävät terät, jyrsimet, porat, ketjusahat sekä erilaiset erikoisterät. Koneistajan täytyy tunnistaa kaikki terät ja osata käyttää niitä tarkoituksenmukaisesti.

5-akselinen CNC-puuntyöstökone, kuva SCM Group.

CNC-työstökeskuksen eniten käytetty terä on pyörösaha, jolla sahataan puuta eri suunnissa. Työstösuunta vaikuttaa teräkulmiin, perinteisesti puun halkaisuun ja katkaisuun on olemassa erityyppiset terät. CNC-työstökeskuksen pyörösaha on ns. yleispyöröterä, jota käytetään kaikissa sahaussuunnissa. Pyörösahanterä on ohut, monihampainen terä, jonka leikkaava terä on ulkokehällä. Terässä on koosta riippuen eri määrä hampaita (12–144). Terä rungon paksuus vaihtelee koon mukaan aina (2 mm – 10 mm) ja halkaisija (150–1200 mm). Teollisuudessa käytettävät terät ovat yleisesti kovametallihampaisia. Saatavilla on myös timanttihampaisia teriä. Yleisesti käytettyjen halkaisuterien rintakulma on yleensä noin 20 astetta. Hammaspalaa edestä katsoen nähdään hammasmuoto, mikä myös vaihtelee valmistajien mukaan. Pyörösahan terissä voi olla erilaisia ratkaisuja, jotka vaimentavat käyttööntä. Joskus terissä on terärungossa

sivuleikkaava kovametalliosa, joka ehkäisee jännityksessä olevan puun leikkaantumista kiinni terärunkoon.

Höyläkoneen tyyppisiä kuttereita ja kursoja käytetään puupinnan tasoitukseen tai esim. aaltomaisen kuvion tekemiseen aihion pintaan. Kutterit ovat höylääviä teriä, joissa on useampi vaihtoterä. Terien koot vaihtelevat 100 ... 250 mm. Terämateriaali on yleensä pikaterästä tai kovametallia. Eri valmistajilla on paljon erilaisia vaihtoterämalleja. Kursot ovat höylääviä teriä, joissa on kaksi tai useampi kiinteä leikkaava terä. Kursoilla voi yleensä työstää kuttereita kovemmilla syöttönopeuksilla ja poistaa enemmän materiaalia kerralla. Kursot ovat massiivisen rakenteensa vuoksi kalliimpia valmistaa kuin kutterit. Kuttereissa ja kursoissa on monta leikkaavaa terää. Terät voidaan myös asettaa terärunkoon spiraalimuotoon, jolloin lastu irtaana ja poistuu terästä tehokkaasti. Tämän tyyppiset terät eivät tuota aina riittävän siistää pintaa vaan pinnat vaativat viimeistelyä.

Jyrsimiä käytetään puun muotoiluun, liituskoneistuksiin ja muihin työstöihin. Jyrsin teriä on monen tyyppisiä ja kokoisia. Varsikiinnitteiset tappijyrsimet ovat CNC-työstökeskuksessa yleisesti käytössä, erityisesti muotojen työstössä. Tappijyrsimiä on rouhinta- ja viimeistelytyyppisiä teriä. Tappijyrsimissä on yleensä kierteinen terä, jotta työstö saadaan viiltävämmäksi ja siistimmäksi. Nostavassa kierteessä poistettava materiaali nousee urasta työstön aikana. Tappijyrsimet ovat tavallisesti kokonaan tai osittain kovametallia. Vaihtopalatappijyrsimet ovat teriä, joiden palat voidaan vaihtaa. Kaikki terämallit eivät leikkaa terän päästä, joten ne eivät sovellu kappaleen keskeltä aloitettaviin työstöihin. Vaihtopalateriä on saatavilla monen muotoisia. Timanttijyrsimessä terärunko on terästä ja terien kärjessä on ohut pala timanttia. Timanttiterien kestävyys on moninkertainen kovametalliin verrattuna.

Puuteollisuudessa käytettävät puuporanterät ovat yleensä keskipiikillä varustettuja kovametallisia tai pikateräksestä valmistettuja teriä. Pikaterästerä soveltuu parhaiten massiivipuun poraukseen, sillä sen työstöjälki on siisti. Vetävällä keskipiikillä olevia poria käytetään lähinnä käsikoneilla poraamiseen ja ne soveltuvat huonosti CNC-konekäyttöön, koska niissä terä pyrkii vetämään itseään puuhun päin. Konekäytössä porattava kappale saattaa sen vuoksi nousta irti pöydästä aiheuttaen vaaratilanteen. Erityisesti pitkiä reikiä porattaessa on syytä varmistaa terän sopivuus konekäyttöön. Myös työstöarvot (liikenopeus, kierrosnopeus, lastunpoistokerrat) ovat pitkissä porauksissa laskettava terä- ja materiaalikohtaisesti.

Teräkulmat

Terässä on erilaisia kulmia, joilla on suuri merkitys työstötapautumaan ja lopputuloksen laatuun eli työstettävän puupinnan sileyteen. Kulmien kokonaisuutta sanotaan myös terägeometriaksi. Päästökulman, teroituskulman ja rintakulman summa on yhteensä 90 astetta. Päästökulma on tarpeen siksi, että terän päästöpinta ei hankaisi puuta. Päästökulman on hyvä olla noin 15 astetta. Teroituskulma riippuu työstettävästä materiaalista ja puulla vielä työstösuunnasta. Puhtaasti katkaisuterissä rintakulma voi olla negatiivinen eli rintapinta kallistuu työstösuuntaan. Leikkaavat kovametallipalat ovat aina leveämpiä kuin itse terärunko. Terän kestävyyttä voi säädellä teräkulmilla, toisaalta työstöjälki voi huonontua ja leikkaamiseen tarvittava voima todennäköisesti kasvaa. Teräkulmissa pyritään työstön kannalta optimaalisiin kulmiin. Käytettäviä teräaineita ovat hiiliteräs, pikateräs, stelliitti (perusaine on koboltti), kovametalli ja timantti. Pääsääntöisesti massiivipuutuotteisiin käytetään pikateräs- ja kovametalliteriä.

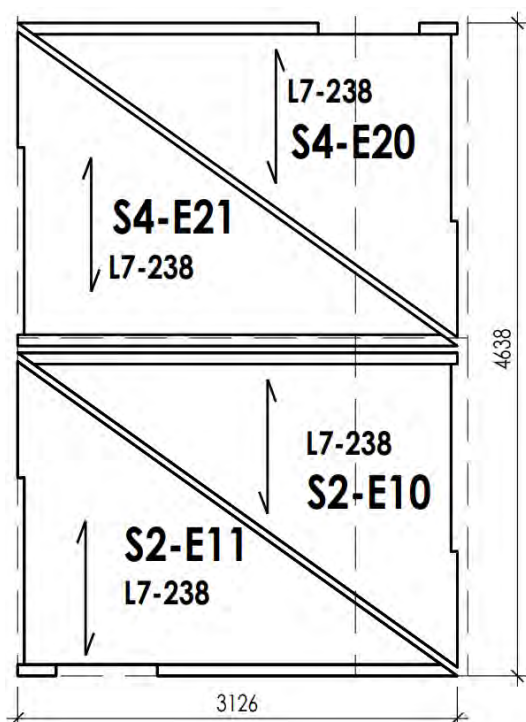
Nestaus

Nestauksella tarkoitetaan levystä työstettävien asemointia levyille siten, että syntyy mahdollisimman vähän materiaalihukkaa. Nestaus voidaan tehdä pääasiassa kahdella eri tavalla: CAM-ohjelmalla suoritettavalla automaationestauksella tai käsinvaraisesti tehtävällä nestauksella.

Nestauksesta on erityisesti hyötyä, kun tuotantomäärät ovat suuria. Tällöin automaationestaus on tarkoituksen parhaiten soveltuva. Suuriin osiin, joiden tuotantomäärä on vähäinen, voidaan käyttää myös käsinnestautusta.

Nestaamalla voidaan myös yhdistää useita eri tuotantoeriä, jolloin saadaan maksimaalinen hyöty koko tuotantoa ajatellen. Usein samaan tuotteeseen tulee useita eri puuvahvuuksia ja jopa eri puulajeja, jolloin tuotantoerien yhdistäminen on hyödyllistä.

Mikäli nestattavat osat pieniä ja vaarana on niiden liikkuminen työstöjen aikana, niin terää nostetaan ylös 3–5 mm, jotta osa ei irtoa levystä. Osa irrotetaan myöhemmin levystä käsityökaluilla. Näin voidaan välttää osien ja terien rikkoontuminen eikä myöskään synny työturvallisuusvaaraa irtokappaleiden lentämisestä.



Nestattuja CLT-levyjä; nuolien suunta osoittaa pintalamellien suunnan. Elementit ovat käännetty nestauksessa siten, että levyaiho voidaan käyttää mahdollisimman tehokkaasti hyödyksi. CLT-levyt on suunniteltu tietomallintamalla, joten yksittäisten osien mittoja ei tarvitse esittää.

CNC-työstön esivalmistelut

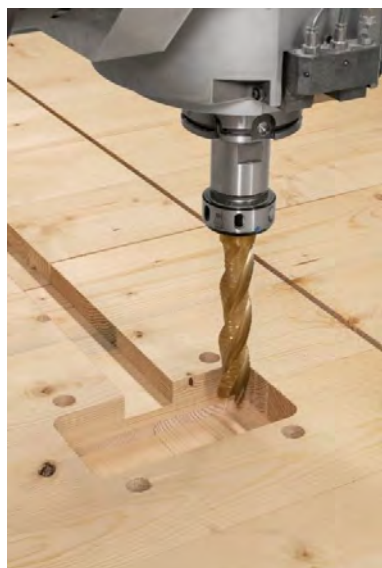
Kappaleen asemointi cnc-ohjattuihin koneisiin tapahtuu esim. paineilmaohjatuilla asemointitapeilla, laservalopaikannuksella, mekaanisilla tarttujilla tai mittauskoordinaateilla. Tärkeintä on tietää, missä kappaleen ns. nollapiste sijaitsee suhteessa koneen käyttämään koordinaatistoon.

Kappaleiden kiinnitysmenetelmiä on useita; yleisin lienee ns. alipainekiinnitys pienille kappaleille. Suurilla kappaleilla käytetään mekaanisia tarttuvia tai kappale pysyy paikallaan omalla painollaan, kuten suuret CLT-levyaihiot.

Ennen työstämistä kappaleen työstöohjelma kannattaa konesimuloida, jolloin vältetään esim. koneella tapahtuvat törmäysliikkeet tai irtokappaleiden tipahtamiset kiinnityspalkkien väliin.

CNC-työstäminen

CNC-koneen käyttö vaatii erilaista tietoa ja taitoa kuin perinteinen rakennustuotteiden valmistaminen. Automaation lisääntyessä ohjelmien, asetteiden ja terien vaihdot nopeutuvat. Kuitenkin koneen ohjausjärjestelmä on syytä tuntea hyvin, jotta häiriötilanteessa osaa toimia tarkoituksenmukaisella tavalla. Itse työstötapaukset on simuloinnin jälkeen hyvin automaattinen vaihe, jossa koneen käyttäjä korkeintaan säätää syöttönopeutta ja puuttuu tietenkin häiriötilanteisiin.



CLT-levyn työstämistä: ylhäällä vasemmalla on tappiterätyöstö, ylhäällä oikealla on sahatyöstö ja alhaalla on tappiterällä tehty liitosuratyöstö. Kuvat SCM Group.

Jälkitoimenpiteet

Työstön jälkeen kappale irrotetaan ja siirretään seuraavaan työvaiheeseen. Valmiit rakennusosat voidaan pintakäsitellä. Puun pintakäsittelystä löytyy yksityiskohtaisempaa tietoa kohdassa 13.

14.7 3D-tulostus

Mallinnuksen sijaan tai sen täydentämiseen voidaan tehdä 3D-tulostuksia, jossa valmistetaan rakennuksesta, rakenteesta, asemakaavasta tai muusta rakentamiseen liittyvästä aiheesta pienoismalli. Pienoismallikin on hyvä tehdä määriteltyn mittakaavaan tulostettavien piirustusten tapaan, jotta se olisi havainnollinen ja siitä voidaan ottaa tarvittaessa mittoja.

Rakennusallalla pienoismalleja käytetään erityisesti havainnoimaan arkkitehtimalleja. Perinteisesti mallit on valmistettu pahvista, paperista tai muusta vastaavasta materiaalista käsityönä. 3D-tulostuksen käyttö on huomattavasti nopeampi tapa valmistaa pienoismalli etenkin siinä tapauksessa, kun arkkitehtisuunnittelu on toteutettu 3d-mallintamalla.

3D-tulostus on myös oiva työkalu tuotekehitykseen. 3D-suunnittelua voidaan hyödyntää mm. rakenteiden ja liitosten havainnollistamisessa. 3D-tulosteilla voidaan havainnollistaa jopa tuotantolaitosten layout-suunnittelua koneineen, kuljetuslinjoinen ja rakennuksineen.

3D-tulostukseen tarvitaan 3D-ohjelmalla muodostettu malli, joka käännetään tulostimen käyttämään STL-tiedostomuotoon. STL-tiedosto sisältää tekstiä, jota lähes kaikki 3d-ohjelmat pystyvät käsittelemään. ASCII-muotoinen STL-tiedosto on ihmisen luettavissa. Suositeltavaa on kuitenkin käyttää binäärisiä STL-tiedostoja, koska ne ovat tiedostokooltaan pienempiä. STL-tiedostossa määritetään jokaisen kolmion normaalin suuntavektori ja nurkkapisteiden koordinaatit. 3D-tulostin muuttaa STL-tiedoston G-koodiksi. 3D-tulostus on yhä tärkeämpi työkalu monilla eri aloilla.

3D-tulostusteknologiat

Kolme yleisintä 3d-tulostus teknologiaa ovat FDM/FFF (lankatulostus), SLA (nestetulostus) sekä SLS (pulveritulostus). Kaikki tulostustyytit käyvät rakennusten ja rakenteiden 3D-mallien tulostukseen, vaikka kaikilla teknologioilla on vahvuutensa ja rajoituksensa. Kaikki 3d-tulostusteknologiat toimivat saman periaatteen mukaisesti; 3d-malli viipaloidaan vaakasuorassa eri kerroksiin, jotka tulostetaan toistensa päälle muodostaen näin 3-ulotteisen kappaleen.

Lankatulostus (FDM/FFF)

FDM (myös FFF) on yleisimmin käytetty 3d-tulostusteknologia johtuen sen helppokäyttöisyydestä ja mahdollisuudesta sijoittaa toimistotiloihin. FDM käyttää 1,75 mm:n tai 2,85 mm:n vahvuista muovilankaa kappaleen tulostamiseen sekä kappaleen tukimateriaaleihin. Tulostuslankaa kutsutaan myös filamentiksi, jota syötetään kuuman suuttimen läpi. Sulanut filamentti pursotetaan tulostusalustalle, jossa filamentti kovettuu uudelleen kerros kerrokselta haluttuun muotoon.

FDM/FFF-teknologia on ideaalinen toimistoympäristössä helppokäyttöisyytensä takia eikä sen kanssa vaadita voimakkaita kemikaaleja tai erillisiä laitteita jälkikäsittelyyn. lankatulostukseen löytyy runsaasti materiaaleja verrattuna muihin 3D-tulostus tekniikkoihin. Materiaalit ovat myös pitkäikäisiä.

FDM-tekniikalla valmistetut osat vaativat toisinaan tukirakenteita, mutta ne voidaan mahdollisesti välttää muuttamalla mallia tai vaihtamalla tulostusasentoa. Nykyään FDM-tekniikan tulostimissa on useampi suutin, jotka mahdollistavat kahden tai useamman eri materiaalin tulostamisen samaan kappaleeseen. Tukimateriaalit on helppo poistaa repäisemällä tai liuottamalla esimerkiksi veteen.

Nestetulostus (SLA)

Toinen merkittävä 3D-tulostusteknologia on SLA, joka käyttää photopolymeerejä valmistusmateriaalina. Photopolymeeri eli resiini kaadetaan alustaan, jossa on läpinäkyvä pohja. Tulostusalusta laskeutuu tulostimen pohjaan ja UV-laserin valopiste kohdistetaan usean peilin kautta siihen, jolloin siinä oleva resiini kovettuu. Tulostusalusta nousee altaasta jokaisen kerroksen jälkeen, kunnes kappale on valmis. SLA tulostimet sopivat hyvin kappaleisiin, joissa halutaan monimutkaisia muotoja ja tarkkoja yksityiskohtia.

Jälkikäsittely on monimutkaisempi prosessi kuin FDM-tulostimien kanssa. Tulosteet pitää huuhtoa ensin isopropanolilla, jonka jälkeen ne yleensä kovetetaan UV-kammiossa ennen käsittelyä. Voimakkaiden kemikaalien takia jälkikäsittely suositellaan tehtävän hyvin ilmastoidussa tilassa. Jotkin laitevalmistajat ovat saaneet jälkikäsittelyä huomattavasti helpommaksi lisälaitteiden avulla.

Materiaalina käytettävät resiinit ovat kalliita verrattuna FDM tulostimien filamentteihin. Niissä on rajattu säilytysaika ja ne ovat usein tulenarkoja.



Nestetulostin



Lankatulostin

Pulveritulostus (SLS)

Kolmas yleisimmin käytetyistä 3D-tulostekniikoista on SLS, joka käyttää tulostusmateriaalina pulveria. Pulveri säilötään kammiossa, josta tulostin levittää hyvin ohuen kerroksen pulveria tulostusalalle. Pulverin partikkelit sulatetaan toisiinsa suurteholaserilla, jonka jälkeen lisätään uusi kerros edellisen päälle. Pohjalla olevat pulverit toimivat samalla tukina uusille kerroksille, joten SLS teknologialla voidaan tulostaa käytännössä ilman muotorajoitteita.

Kustannukset ovat erittäin korkeita erityisesti koneen ylläpidon ja huollon suhteen. Myös hankintakustannukset ovat moninkertaiset FDM-tulostimeen verrattuna. Koneen käyttö vaatii ammattitaitoa, joka nostaa kustannuksia entisestään.

Kokonaisen tulostusalan tulostaminen kerralla on suositeltavaa, jotta koneesta saadaan mahdollisimman suuri hyöty eikä tulostuksesta syntyisi tarpeetonta materiaalihukkaa.

Lasereiden sulattaessa tulostusmateriaalia syntyy terveydelle vaarallista pölyä. Laitteiden koon sekä ilman lämpö- ja kosteusvaatimuksien takia tulostimille tarvitaan hyvin suunnitellut teolliset tuotantotilat.

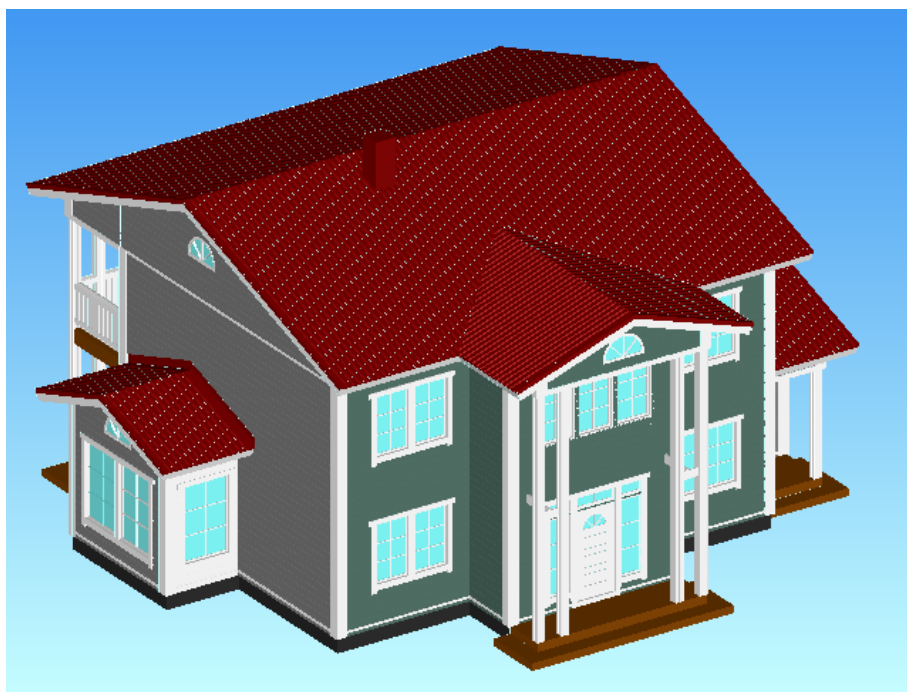
3D-tulostimien toimintaperiaate

3D-tulostimet ja CNC-työstökoneet käyttävät samaa ohjauskoodia. Molemmilla tavoilla voidaan muotoilla eri materiaaleilla suunnitellun kappaleen. Suurin ero on siinä, että CNC-työstöissä poistetaan materiaalia ja 3D-tulostimella lisätään sitä.

Ennen tulostamista tarvitaan 3D-malli, joka luodaan 3D-ohjelmilla. 3D-tulostimen tarkkuus on yleensä millimetrin kymmenyksen luokkaa. Vaikka käytettäisiin pienintä kerroskorkeutta, näkyy valmiissa 3D-tulosteessa sen kerroksittainen rakenne. Tästä syystä ei kannata lisätä 3D-tulosteeseen suurta tarkkuutta vaativia yksityiskohtia.

3D -tulostuksessa kone pursottaa lämmitettyä muovia kerroksittain siten, että uusi kerros tarttuu aina alempana olevaan kerrokseen. Näin saadaan rakennettua hyvin monenlaisia muotoja. Tulostusohjelma viipaloi STL-mallin kaksiulotteisiksi kerroksiksi. Tulostimesta ja sen asetuksista riippuen kerrospaksuus vaihtelee välillä 0,02...0,3 mm.

3D-tulostin aloittaa tulostuksen alimmasta kerroksesta. Seuraava kerros tulostetaan edellisen päälle. Tukimateriaalia tulostetaan sellaisten kerrosten alle, jotka tulostuisivat tyhjän päälle ilman tukea. Käyttäjän ei tarvitse suunnitella tukirakennetta, vaan tulostusohjelma laskee tukimateriaalin tarpeen automaattisesti. Tukimateriaalin poistotapa riippuu 3D-tulostimen mallista.



3D-tulostettu omakotitalo.

14.8 Laserkeilaus ja 3D-skannaus

Laserkeilaus ja digitaalinen mittaus

Laserkeilaus eli laserskannaus on suunnittelutyön aputoiminto. 3D-skannaamalla saadaan mitattavasta kohteesta lasersäteiden avulla mittatarkka ja kolmiulotteinen tieto digitaalisessa muodossa. Keilaus toteuttaa kolmiulotteisen pistepilven sekä HD-laatuiseen valokuvan mitattavasta kohteesta. 3D-skannaus tuottaa nopeasti tarkkaa mittausdataa.

Laserskannauksella voidaan kartoittaa:

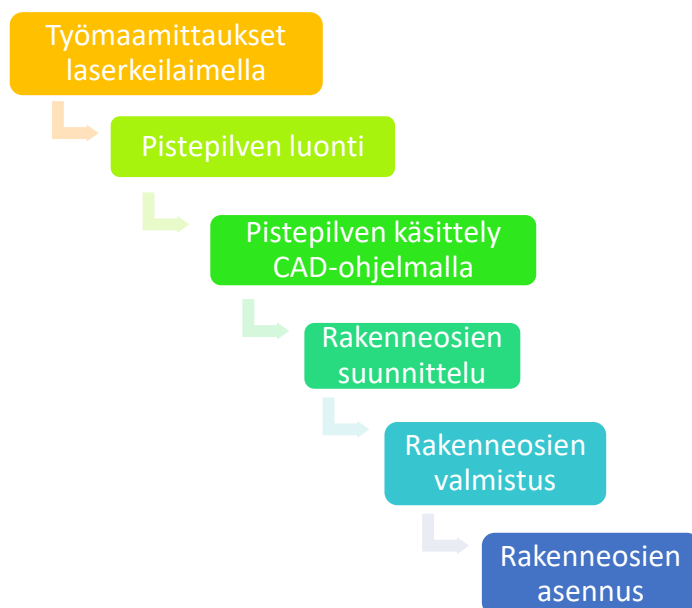
- rakennuksia,
- maastoa,
- teollisuuslaitoksia sekä
- putkistoja ja muita kohteita.

Laserkeilauksessa mittakeilain lähettää automaattisesti lasersäteitä tiheänä rasterina. Säteiden tiheys on säädettävissä keilattavan kohteen mukaan. Säteiden kimmoessa esteestä keilain mittaa etäisyyden ja säteen intensiteetin muutoksen sekä laskee kimmoamispisteen koordinaatit.

Kohde keilataan yleensä useammasta suunnasta katvealueiden välttämiseksi, ja keilaukset yhdistetään tiedostoksi. Tuloksena on pistepilvi, kolmiulotteinen tietokonemalli, johon on sijoitettu piste jokaisen säteen kimmoamispisteeseen. Lukuisten pisteiden avulla pistepilvestä saadaan hahmotettua kohteen kolmiulotteinen pinta. Pisteitä yhdessä pistepilvessä voi olla satoja miljoonia, jopa miljardeja.

3D-keilauksessa käytettävä laserkeilain pyörii 360 astetta vaaka- ja pystykehään tallentaen monia satoja tuhansia pisteitä sekunnissa, jonka perusteella kone luo mitattavasta kohteesta ja sen ympäristöstä pistepilviaineiston.

Suunnittelijat pystyvät siirtämään koneen tuottaman datan suoraan omille suunnitteluohjelmilleen haluamassaan muodossa ja hyödyntämään pistepilven tuottamaa tietoa eri tavoin. Pistepilvestä voidaan tehdä esimerkiksi 3D-malleja, piirustuksia tai muita työhön tarvittavia aineistoja. Laserkeilausta käytetään erityisesti korjausrakennuskohteissa helpottamaan mittaus- ja suunnittelutyötä.



Kaavio laserkeilaimen käytöstä korjausrakennusprosessissa



Laserkeilaimen asettaminen telineeseen, kuva Proinse Oy.



Laserkeilaimella luotu pistepilvi, kuva Proinse Oy.

3D-skannaus

3D-skannauksessa luodaan pistepilvi käsiteltävästä kappaleesta. 3D-skanneria voidaan hyödyntää monimuotoisten ja vaikeasti mitattavien kappaleiden tallentamiseksi digitaaliseen muotoon. Skannaamalla kappale saadaan mallinnettua nopeammin ja tarkemmin kuin muilla mittausmenetelmillä. 3D-skannereista ei saada suoraan 3D-mallia, vaan skannereiden tuottama data on joko pistepilvi tai sarja 2D-kuvia. 3D-mallin luominen fyysisestä kohteesta voidaan toteuttaa pistepilven avulla tai 2D-kuvia yhdistelemällä. Pistepilven käyttö on huomattavasti suositumpaa. Pistepilvi on 3D-skannerin tuottama tuhansien, jopa miljoonien pisteiden verkko. Pistepilvi koostuu skannatun kohteen ulkopinnan x-, y- ja z- koordinaateista saaduista pisteistä. 3D-skannerit tuottavat suuren määrän pisteitä kohteen ulkopinnoista, joista saadaan tuotettua pistepilvi.

Skannereita on kahdentyypisiä. Passiiviset 3D-skannerit toimivat kuin kännykän kamera eli käyttävät auringosta tai keinovaloista tulevaa säteilyä hyväkseen. Aktiiviset skannerit lähettävät itse säteilyä jonka takaisin heijastuminen tallennetaan skanneriin tai tietokoneohjelmaan. Kun valonnopeus on vakio, voidaan helposti laskea säteen edestakaisin kulkema matka ajan suhteen ja täten saada selville heijastuspisteen etäisyys skannerista.

Aktiiviskannereissakin on kaksi luokitusta: itsepaikantavat ja merkkipaikantavat. Merkkipaikantavia käytetään siten, että kohteeseen tai sen ympäristöön asetetaan tietyn kokoisia samanlaisia merkkejä, joiden avulla ohjelma pystyy laskemaan kohteen mittasuhteet. Itsepaikantavat eivät tarvitse paikannusmerkkejä vaan ne kykenevät jatkuvan skannauksen ansiosta paikantamaan käsiteltävän kappaleen ja siirtämään mitatut arvot tietokoneelle.

Jotta pistepilvestä saadaan käyttökelpoinen 3D-malli, täytyy sitä käsitellä ja muokata. Sen käsittelyyn on saatavilla useita eri ohjelmistoja. Suurimmalla osalla 3D-skannereiden valmistajista on oma ohjelmisto, jolla ohjataan skanneria ja muokataan pistepilveä. Muokkaustavat vaihtelevat ohjelmistojen kesken, mutta peruseriaate on sama. Pistepilveä voidaan muokata joko poistamalla ei-haluttuja pisteitä esimerkiksi skannattavan kappaleen ulkopuolelta tai vähentämällä pisteiden lukumäärää. Pistepilveä on myös mahdollista täyttää, jos skannausdataan on jäänyt aukkoja. Kohteen skannaaminen vaatii yleensä useamman kuin yhden skannauksen, jotta kaikki kappaleen pinnanmuodot saadaan taltioitua. Pistepilvet on yhdistettävä yhdeksi kokonaisuudeksi. Pistepilvestä luodaan ensin verkko, jota käytetään kappaleen CAD-mallin rakentamiseen. Verkon luomiseen voidaan käyttää monia eri menetelmiä. Pistepilverkko voi koostua pisteiden avulla luoduista kolmioista tai polygoneista. Jotkut ohjelmistot käyttävät menetelmää, jossa pisteiden etäisyyksien avulla luodaan kappaleen pinta. Pistepilvestä luotua kappaletta kutsutaan pintamalliksi.

Skannattua tiedosto useimmiten käsitellään ohjelmalla, joka parantaa mallin tarkkuutta. Käsittelyohjelmalla saatu malli on yleensä riittävän mittatarkka jatkokäsittelyä varten. Skannattu tiedosto voidaan myös tuoda 3D-ohjelmaan, jolla voidaan luoda tarkka mallinnus valmistettavasta kappaleesta. Itse skannattua tiedostoa ei voi muokata, mutta sitä käytetään referenssitiedostona uudelleen luotavalle mallille. 3D-skannattuja tiedostoja voi hyödyntää monin tavoin suunnittelussa, 3D-tulostuksessa ja CNC-työstoissa. 3d-skannauksella voidaan esimerkiksi tarkastaa valmistettavan kappaleen ja sen 3d-mallin mittapoikkeamat laadunvarmistuksen yhtenä työvaiheena.



3D-käsiskanneri

Lähteet

Luku 1:

- Puutuoteteollisuus ry. <https://puutuoteteollisuus.fi>
- Paloturvallisuus.info. <https://www.paloturvallisuus.info>
- Turvallisuus- ja kemikaalivirasto. <https://tukes>
- Työterveyslaitos, työympäristön pölyt. <https://www.ttl.fi/>
- Työturvallisuuskeskus. https://ttk.fi/tyoturvallisuus_ja_tyosuojelu
- Sisäilmayhdistys ry. <https://www.sisailmayhdistys.fi/Terveelliset-tilat/>
- Ympäristöministeriö. <https://www.ym.fi/kiertotalous>
- One Click LCA. <https://www.oneclicklca.com/>
- Suomen ympäristökeskus. <https://www.ymparisto.fi>
- Suomen Ammattiliittojen Keskusjärjestö. www.sak.fi/aineistot/julkaisut/tyoelaman-pelisaannot-2020

Luku 2:

- Puuinfo Oy. <https://www.puuinfo.fi>
- Puuproffa. <https://puuproffa.fi/puutieto>

Luku 3:

- Puuinfo Oy. <https://www.puuinfo.fi>
- Puuproffa. <https://puuproffa.fi/puutieto>
- Timber structures - Strength graded structural timber with rectangular cross section, EN 14081, 2016
- Structural Finger Jointed Solid Timber Performance and Minimum Production Requirements, , EN 15497, 2014
- Timo Toivanen, Sormijatkoslinjan asennus, 2008
- Höyläys 1980, DI A. Kivimaa, Metsäteollisuuden työnantajaliitto

Luku4:

- Puuinfo Oy. <https://www.puuinfo.fi>
- Liimapuukäsikirja. <https://puuinfo.fi/suunnittelu/ohjeet/liimapuukäsikirja>
- Metsä Group. <https://www.metsagroup.com/>
- Gyproc Oy. <https://www.gyproc.fi/tuotteet/kipsilevyt-ja-muut-levyt>
- Finnfoam Oy. <https://www.finnfoam.fi/tuotteet/finnfoam-eristelevyt>
- <https://fi.wikipedia.org/wiki/Rakennuseriste>
- Paroc Oy. <https://www.paroc.fi>
- Toimivat Katot 2019, <https://www.kattoliitto.fi>

Luku 5:

- Ympäristöministeriö, Maankäyttö- ja rakennuslaki. <https://www.ym.fi>
- Lupapiste. <https://www.lupapiste.fi>
- Yleiset tietomallivaatimukset YTV20212. <https://buildingsmart.fi/yleiset-tietomallivaatimukset-ytv>

Luku 6:

- Suunnitteluperusteet ja rakenteiden kuormat, RIL 201-1-2017
- Puurakenteiden suunnitteluohjeet, RIL 205-1-2017
- Ympäristöministeriö, Maankäyttö- ja rakennuslaki. <https://www.ym.fi>
- Puuinfo Oy, www.puuinfo.fi
- Unto Siikanen, Rakennusfysiikka, 2014
- Sisäilmayhdistys ry. <https://sisailmayhdistys.fi>
- Kuivaketju10. kuivaketju10.fi
- LVL-Handbook, Puutuoteteollisuus ry, 2019
- Puurakenteiden vetorasitetut ja liimatut terästanko- ja ruuviliittimet, Finlex 66/2015

Luku 7:

- Puuinfo Oy, www.puuinfo.fi
- LVL-Handbook, Puutuoteteollisuus ry, 2019
- Puurakenteiden vetorasitetut ja liimatut terästanko- ja ruuviliittimet, Finlex 66/2015

Luku 8:

- Puuinfo Oy. <https://www.puuinfo.fi>
- Liimapuukäsikirja. <https://puuinfo.fi/suunnittelu/ohjeet/liimapuukäsikirja>

Luku 9:

- Puuinfo Oy. <https://www.puuinfo.fi>
- FP Innovations, Structural Performance and Design of CLT buildings, 2011
- Asiantuntijalausunto - Lappia CLT, VTT-S-01270–16, 2015
- EN 16351:2013 by Technical Committee CEN/TC 124 “Timber structures”

Luku 10:

- Puuinfo Oy. <https://www.puuinfo.fi>
- Kontio. <https://www.kontio.com/fi/>

Luku 11:

- Naulalevyrakenteiden asennus- ja tuentaohje, RIL 248-2008
- Pohri Oy, Ristikkotyypit ja niiden ominaisuudet. <https://www.pohri.fi/11>

Luku 12:

- Ikkunawiki. <https://ikkunawiki.fi>
- Ikkunoiden asennus. <https://www.suomirakentaa.fi>
- Suomela Oy. <https://www.suomela.fi/ovi-sanasto-tunne-termit-73350/>
- <http://ikkunapellit.mycashflow.fi/files/Asennusohjeet/Ikkunapeltien%20asennusohje.pdf>

Luku 13:

- Puuinfo Oy. <https://www.puuinfo.fi>
- Tikkurila Oy. <https://tikkurila.fi/>
- Teknos Oy. <https://www.teknos.com/fi-FI/kuluttajat-ja-ammattilaiset/maalausohjeet/>
- Nord Treat Finland Oy. <https://www.nordtreat.com/fi/>
- Suomela Oy. <https://www.suomela.fi/puupintojen-kasittely>

Luku 14:

- Yleiset tietomallivaatimukset YTV20212. <https://buildingsmart.fi/yleiset-tietomallivaatimukset-ytv>
- Rensi Finland Oy. <https://www.rensi.fi/>
- Mittalinja Oy. <https://mittalinja.fi/palvelut/laserkeilaus/>

Kirja sisältää oppimateriaalin teollisen puurakentamisen valmistukseen. Materiaalissa on esitetty alan yleisimmät teolliset valmistusmenetelmät. Lisäksi kirjassa on käsitelty perusteoriaa puun ominaisuuksista, puurakenteiden toimintaperiaatteista sekä rakentamiseen liittyvistä määräyksistä ja ohjeista.

Kirja sisältää myös työturvallisuuteen, ekologiseen rakentamiseen ja työelämän periaatteisiin liittyviä asioita.

Teollisen puurakentamisen tutkinto on tullut voimaan 2018. Tätä ennen alalla ei ole ollut omaa tutkintoa. Tutkintopohjainen koulutus parantaa alan osaamista ja opetuksessa voidaan keskittyä teollisen puurakentamisen ydintehtäviin.

Kirja on laadittu toisen asteen ammatilliseen teollisen puurakentamisen koulutukseen. Kirjaa voidaan käyttää myös sovelletusti esimerkiksi rakennusalan ja teknillisen suunnittelun aloilla. Kirja soveltuu myös lisämateriaaliksi korkeakoulu- ja ammattikorkeakouluopintoihin. Lisäksi tätä voidaan käyttää käsikirjana puurakentamisen tuotantotehtävissä.

