

SELVITYS

3.12.2019

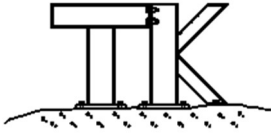
# Selvitys puurakenteisen koulun hankinnasta ja rakennuttamisesta

PVM: 3.12.2019



Vipuvoimaa  
EU:lta  
2014–2020

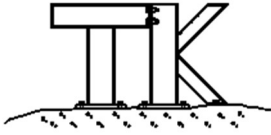




Tämän selvityksen tarkoitus on esitellä puurakenteisen koulun hankintaan, rakennuttamiseen ja suunnittelun lähtötietoihin vaikuttavia keskeisiä tekijöitä. Tässä selvityksessä esitellään voimassa olevien säädösten pohjalta pääsääntöiset tekniset ja hankinnalliset raja-arvot.

Tässä selvitystyössä esitellään puurakentamisen asettamat piirteet hankkeelle. Tässä työssä rajataan ulkopuolelle seikat, jotka ovat yleisiä määritelmiä vastaaville rakennuksille. Esimerkiksi paloturvallisuuteen liittyvät asiat esitetään siltä kannalta kuin ne tulevat sovelletuksi erityisesti puurakennuksessa.

Selvitystyön taso on ohjeistava. Lopulliset reunaehdot ja lähtötiedot muodostuvat kohteen todellisten tavoitteiden ja rajoitusten kautta.

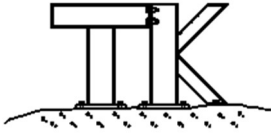


## Suunnittelussa sovelletut määräykset ja ohjeet

Rakentamista ohjaa Suomessa maankäyttö- ja rakennuslaki (myöh. MRL). MRL ja siitä johdetut asetukset, normit ja ohjeet asettavat perustason rakentamiselle, sekä määrittää niiden tason terveellisyydelle ja turvallisuudelle.

Julkisia hankintoja ohjaa Suomessa Laki julkisista hankinnoista ja käyttöoikeuksista (myöh. Hankintalaki). Laissa on esitetty vaatimukset kilpailun ja hankintojen avoimuudelle.

Puurakenteisia kouluja on rakennettu Suomeen viime vuosina useita. Lähes poikkeuksetta hankinnat ovat olleet Hankintalain alaisia, koska hankkijana on ollut julkisyhteisö. Kyseiset hankkeet ovat tietojen mukaan olleet hankesuunnitteluvaiheessa jo päätetty kilpailuttaa puurakenteisina. Tämä on johtunut uudentyyppisen, teollisen puurakentamisen ja massiivipuuratkaisuiden uutuudesta.



## Tilasuunnittelu

Arkkitehtisuunnittelussa puurakenteinen runkorakenne mahdollistaa näkyviin jätettävää kantavaa puurakennetta, joka on yleensä massiivista puurakennetta, kuten CLT- tai liimapuurakennetta.

Puupintaisilla tiloilla on tutkimuksissa havaittu olevan stressiä vähentävä vaikutus, millä on vaikutusta oppimistuloksiin. Lisäksi pintakäsittelemättömillä puupinnoilla on olemassa antibakteerisia vaikutuksia, johtuen pääosin puun hygroskooppisuudesta. Näillä tekijöillä on vaikutusta ajatellen terveelliseen, aktiiviseen oppimisympäristöön.

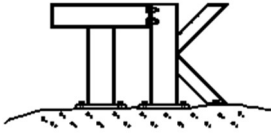
Vaikutuksista lisää

<http://www.metla.fi/julkaisut/workingpapers/2014/mwp320.pdf>

ja <https://www.puuinfo.fi/tee-se-itse/puun-fysiologiset-ja-psykologiset-ominaisuudet>

Massiivipuorakenteisissa rakennuksissa on havaittu alustavissa tutkimuksissa, että huonelämpötilaa voidaan pitää noin 1-2°C alempana kuin vastaavissa korkean lämmönjohtavuuden omaavien rakenteiden huoneissa. Tämän ilmiön teoreettinen tausta on tällä hetkellä tieteellisen tutkinnan alla, ja ilmiön tarkka teoreema vahvistunee 2020-luvun alkupuolella.

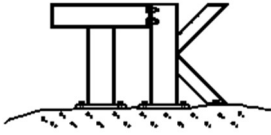
Puupintaisten tilojen kosteuden tasaava vaikutus on rajallinen; suuren ihmisjoukon tuottama ilmankosteuden lisääntyminen tasaantuu tavallisesti alle tunnissa tilan tyhjennettyä. Myös loppukesän ja syksyn tuoma kosteuden lisääntyminen haihtuu varsin pikaisesti, sillä kosteuden siirtymä



tapahuu noin 1-4mm puun pinnassa. Tämän takia puupintaiset rakenteet eivät poista talvisin suositeltavaa kostutuksen tarvetta. Toki edellä mainittu alempi huonelämpötila kasvattaa ilman suhteellista kosteutta, jolloin kostutustarve pienenee.

Massiivipuorakenteet ovat hyvin ilmatiiviitä. Keskeinen vuotoaika on liitossaumat sekä läpiviennit. Tuotteet itsessään ovat erittäin tiiviitä. Massiivipuinen rakenne, myös hirsirakenne, on kosteuspuskuroivaa. Tätä ei tule sekoittaa hengittävyys. Aiheesta lisää

<https://www.puuinfo.fi/puutieto/puu-sis%C3%A4tiloissa/hengitt%C3%A4v%C3%A4-rakenne>



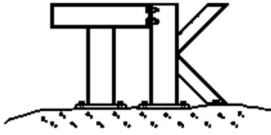
## Runkojärjestelmä

Puurakenteisen koulun runkorakenteeksi soveltuu pääsääntöisesti pilari-palkkirunko, solurunko tai näiden yhdistelmä. Pilari-palkkirungossa pilarit voidaan asettaa esimerkiksi 6x6m, 6x12m tai 6x18m ruudukkoon, riippuen käyttötarkoituksesta. Esimerkiksi laajojen liikuntasalien ylityspalkeissa voidaan käyttää pitempiäkin jännevälejä. Liimapuupalkkeja on saatavilla kustannustehokkaasti aina 25m pituuteen asti. Sitä pidemmät jännevälit voidaan toteuttaa liimapuuristikoidilla.

Kosteudenhallinnallisesti pilari-palkkirunko on edullinen. Rakennus voidaan toteuttaa hallityyppisellä toteutustavalla, jolloin pilari-palkkiosat kasataan lyhyessä ajassa, ja vesieristeellä varustetut kattoelementit saadaan nopeasti päälle muodostaen sääsuojan. Näin voidaan hanke toteuttaa ilman erillistä sääsuojaa. Oleellista on, että ilman suojaa asennettavissa tuotteissa ei ole rakennusosia, jotka kärsisivät kosteuden vaikutuksesta. Esimerkiksi suuret liimapuuringot, kuten Joensuun Areena ja Joensuun Metla-talo, rakennettiin ilman sääsuojaa.

Runkorakenteen suunnittelussa tulee huomioida valmistustekniikka alusta pitäen, että voidaan hyödyntää pitkälle vietyä esivalmistusta. Tämä lyhentää oleellisesti työmaa-aikaa ja pienentää huomattavasti kustannuksia.

Solurunkoista suurelementtijärjestelmää voi myös hyödyntää, mikäli tilaohjelma ja toiminnallisuuden edellytykset sen sallivat. Puurakenteisilla ripaväli pohjilla päästään aina kahdeksaan metriin asti kustannustehokkaasti.



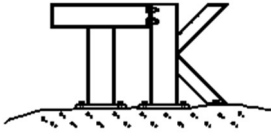
Tilaelementtijärjestelmä sopii yleisesti huonosti koulurakennusten pääsääntöiseksi toteutustavaksi ilman erikoisjärjestelyjä. Väliaikaisten väistötilojen, ja niiden kaltaisten tilojen, tekeminen tilaelementtitekniikalla onnistuu. Tällöin ohjaava tekijä on tilojen siirtäminen ja uusiokäyttö. Pääsääntöisesti tällaisissa tilajärjestelyissä on muuntelu ja toiminnallisuus rajoittunutta.

## Rakennetyypit

Puurakennepohjaisia rakennetyyppejä käytettäessä on huomioitavaa, että pelkän puurakenteen ääneneristävyys on varsin heikko. Tämän takia molemmin puolin näkyviin jäävää massiivipuuta ei tulisi asettaa paikkaan, missä tilojen välillä on vaatimuksia ääneneristykselle. Ääneneristystä on helppo parantaa kustannustehokkaasti lisäämällä toiseen pintaan esimerkiksi kipsilevyä. Haluttaessa molemmin puolin näkyvää puupintaa seinään, jossa on ääneneristysvaatimuksia, voidaan levytyksen päälle asentaa liimattu puulevykerros.

Välipohjien ääneneristävyyttä ja kantavuutta puurakenteisissa välipohjissa voidaan parantaa lisäämällä massiivilaatan päälle liittorakenteinen betonivalu. Tällöin on arkkitehtuurissa huomioitava, että massiivilaatan voi jättää näkyviin ja saada puurakenteen lisäarvo sitä kautta esiin. Muussa tapauksessa esimerkiksi ripalaattavälipohja on kustannustehokkaampi vaihtoehto.

Välipohjatyypin valintaan on kiinnitettävä huomiota, sillä sen vaikutus rakentamiskustannuksiin on suuri.



## Palomääräykset

Puurakenteiset koulut luokitellaan kokoontumistiloiksi. Puurakenteiset rakennukset luokitellaan lähes poikkeuksetta paloluokkaan P2.

Vaihtoehtoisesti, jos rakennukseen tehdään toiminnallinen paloturvallisuustarkastelu, luokitellaan rakennus luokkaan P0. Tällöin asetuksenmukaiset luokitus- ja suojaustarkastelut avataan kohteen paloturvallisuussuunnitelmassa.

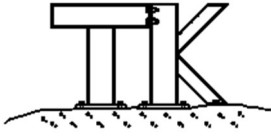
P2-luokan rakennus varustetaan lähes poikkeuksetta automaattisella sammutuslaitteistolla. Tämä sen takia, että laitteiston poisjättäminen rajoittaa kerrosmäärän kahteen ja osastokoon max. 2400m<sup>2</sup>. Esimerkiksi 7300m<sup>2</sup> rakennus tulee jakaa kolmeen erilliseen osastoon [YM:n asetus rakennusten paloturvallisuudesta, taulukko 5]

Automaattisella sammutuslaitteistolla varustettu P2-luokan kokoontumisrakennus voi olla korkeintaan neljäkerroksinen.

## Kantavien rakenteiden paloluokkavaatimukset

P2-luokan rakennuksen kantavien rakenteiden paloluokka on R30 (1-2krs rakennus) tai R60 (yli 2krs rakennus). Palonkestävyys ei ole massiivipuurakenteille haaste; palotilanteessa rakennepoikkileikkaus hiiltyy tasaisesti. Hiiltymän eteneminen on hyvin ennakoitavaa eikä rakenne menetä äkillisesti kantavuuttaan. Esimerkiksi liimapuurakenteilla 60 minuutin palotilanne tarkoittaa 49mm laskennallista hiiltymäsyvyyttä. Tämän avulla ns. jäännöspoikkileikkauksen analysointi jäljellä oleville kuormille riittää.





Yleisesti on huomioitavaa, että kantavien puurakenteiden teräsosaliitokset täytyy piilottaa rakenteen sisään tai suojata paloa vastaan muulla tavalla.

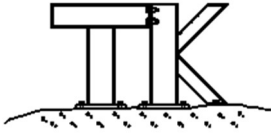
Palotilanteessa suojaamaton teräs menettää kantavuutensa nopeasti.

Yleisimmin käytetään piiloliitoksia, joilla saadaan siisti ja paloturvallinen lopputulos. Liitoksiin löytyy useilta valmistajilta sertifioituja valmisosia.

Esimerkkeinä mainittakoon Rothoblaas

<https://www.rothoblaas.com/products/fastening>





sekä Sherpa Connectors <https://www.sherpa-connector.com/de/produkte/>

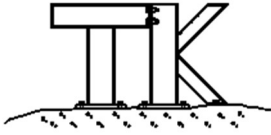


## Sisäpinnat

Sisäpuolisten pintojen luokkavaatimukset esitetään YM:n asetus rakennusten paloturvallisuudesta, taulukko 7 kohdalla. Sisäpinnat voidaan tehdä kokoontumisrakennuksissa vapaasti puupintaisena (luokka D-s2,d2) aina 300m<sup>2</sup> palo-osastokokoon asti, ja tästä suuremmat tilat palosuojakäsiteltyinä puupintana. Jos rakennus on varustettu automaattisella sammutuslaitteistolla, ei puupintaiselle D-s2,d2 luokan pinnalle ole rajoituksia.

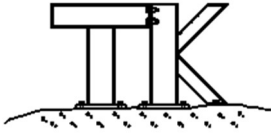
Julkisivupinnat ja julkisivun tuuletusraon vaatimukset

Sisäpuolisten pintojen luokkavaatimukset esitetään YM:n asetus rakennusten paloturvallisuudesta, taulukko 8 kohdalla. P2-luokan enintään



kaksikerroksisen kokoontumisrakennuksen julkisivun voi tehdä puujulkisivuna. Yli kaksikerroksisen kokoontumisrakennuksen julkisivu voi olla puuverhoiltu. Tuuletusraon sisäpinnan, eli niin sanotun tuulensuojalevyn pinta, tulee olla palamatonta A2-luokan materiaalia ja tuuletusraon ilmavirtaus tulee olla rajoitettu. Lisäksi kantavaa puurunkoa käytettäessä levyn tulee täyttää K<sub>2</sub>10-suojaverhousvaatimus. Tämä vaatimus täyttyy useimmilla A2-luokan tuulensuojalevyillä. Ilmavirtauksen rajoittamiseen löytyy valmiita peltiprofiilituotteita, joten kyseiset vaatimukset eivät vaadi erikoisratkaisuja.

Yli kaksikerroksisen P2-luokan kokoontumisrakennuksen ensimmäinen kerros, sekä poistumisteiden yläpuoliset osat, tulee olla palosuojakäsiteltyä puuta, tai oltava palamatonta materiaalia.

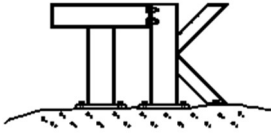


## Puurakennuksen suunnitteluttaminen ja rakennuttaminen

Hankesuunnitteluvaiheessa puurunkoinen rakennus voi olla potentiaalinen vaihtoehto, kun edellä mainitut reunaehdot täyttyvät. Yleensä koulurakennukset eivät itsessään ole ongelmallisia toteuttaa puurunkoisina. Ongelmat ovat johtuneet kokemattomuudesta, väärästä runkojärjestelmävalinnasta ja liian tiukasta tuotesidonnaisuudesta. Vastaavia ongelmia on, ja on ollut, myös muilla materiaalivalinnoilla.

Hankittaessa suunnittelutyöryhmää on oleellista, että vähintään arkkitehdillä ja rakennesuunnittelijalla on kokemusta puurunkoisista rakennuksista. Pelkästään puukoulukokemus ei ole välttämättä paras argumentti, monipuolisesta kokemuksesta on todennäköisesti suurempi etu. Taloteknisille suunnittelijoille runkomateriaalilla ei ole juuri vaikutusta. Kilpailuttaessa on huomioitava, että heillä on valmius toimia BIM-ympäristöstä ja osaltaan täten tukea esivalmistusta.

Rakennuttajakonsultilla on oltava kokemus puurunkoisista rakennuksista ja niiden toteuttamisprosessista. Ilman kyseistä kokemusta tulee hankintarajapinnoissa (urakkaohjelma ja urakkarajaliite) toimijoiden välisiä vaikeuksia sekä suunnittelunohjauksessa ei saada välttämättä kaikkea tehokkuutta toteutusprosessiin, kuten BIM-ohjatut työstöt. Vaarana kokemattomuudelle on myös, että hanke on altis puurakentamisen myyttien ohjausvaikutukselle. Tällöin suunnitteluryhmän energiasta iso osa menee ratkaisuperusteluiden esittelemiseen, jolloin itse suunnittelutyölle jäävä resurssi uhkaa kutistua, ja tehdä hankkeelle oleellista riskiä.

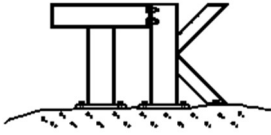


## Urakkamuodot

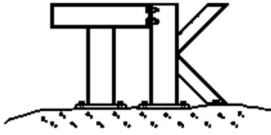
Tavallisin suomessa käytetty vastaavien hankkeiden urakkamuoto on jaettu urakka. Tällöin tilaaja tarjoaa suunnitelmat ja urakoitsijat toteuttavat kyseisillä suunnitelmilla kohteen. Tämän hyvänä puolena on tilaajan käsissä suoraan oleva suunnittelunohjaus ja projektinhallinta. Riskinä on tilaajan ja/tai suunnitteluryhmän kokemattomuus vastaavista hankkeista, sekä tilaajalta vaadittavat resurssit ohjata hanketta.

Kokonaisvastuurakentaminen (KVR) sekä Suunnittele ja Toteuta (S&T) hankemuodot ovat yleistyneet. Näiden hyvänä puolena on suunnittelun ja toteutuksen yhteistyön syvyys. Riskinä on tilaajalta vaadittava osaaminen kilpailuaineiston kautta osoitettavan tahdonilmaisun ristiriidattomaan tuottamiseen. Tahdonilmaisun pitäisi olla riittävän kattava, mutta ei liian sitova. Lisäksi tilaajalta vaaditaan asiantuntemusta valvoa, että toteuttajaorganisaatio toteuttaa hankkeen hyvän rakentamistavan mukaisella tavalla.

Allianssimalli on yhteistyötoteutusmuoto, jossa tilaaja hankkii allianssin kehittämään, ja mahdollisesti myös toteuttamaan, hanketta annettujen reunaehtojen puitteissa. Allianssille on tyypillistä eri toimintojen tavoitetasot, joiden täyttymisestä ja ylittymisestä allianssin toimijat saavat bonusta. Vastaavasti laadunalitukset jne asiat voivat olla korvauksen pienentämisen mittareita. Allianssissa kehitystyö on tiivistä ja malli kannustaa yhteistoimintaan. Allianssi on raskas toteutusmalli, joka oikein tehtynä vaatii huomattavan paljon ponnisteluja tavoitteita ja toteutusmallia luodessa. Näin ollen allianssia ei ole suosittu pienemmissä hankkeissa.



Toteutusmalli itsessään ei takaa onnistumista. Onnistumisen paras taie on osaavat toimijat. Hankinnassa voi olla tarpeen neuvottelumenettely eri toimijoiden kanssa, suunnittelijoista lähtien. Näin voidaan varmistua, että hankinta tuo oikeaa ja haluttua osaamista hankkeelle.



## Yhteenveto

Puurakenteiset koulut ovat määräysten valoissa tavallista rakentamista.

Puukouluprojekteista on olemassa kokemusta.

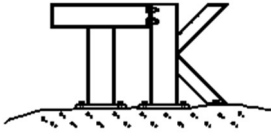
Palomääräykset eivät estä puurunkoisen ja -pintaisen koulurakennuksen toteuttamista, eikä käytettävät ratkaisut ole poikkeuksellisen vaativia. Monet tekniset yksityiskohdat ovat samoja kuin puurakenteisissa asuinkerrostaloissa, joista on jo hyvin kokemusta.

Akustisesti koulurakennukset ovat haastavia, runkomateriaalista riippumatta. Hankkeisiin on syytä palkata akustiikan konsultti heti alussa, jotta toimintaympäristö on loppukäyttäjille työturvallinen.

Puupintaiset tilat on todettu ihmismieltä rauhoittavaksi ja oppimistuloksia parantavaksi.

Haluttaessa puurakenteista koulua, on painotettava suunnittelunohjaukseen. Mikäli halutaan korkea toteutuksen kustannustehokkuus, on pyrittävä hyödyntämään valmisosarakentamisen mahdollisuudet. Tämä tarkoittaa, että puiset rakennusosat tehdään pitkälle esivalmistamalla hyödyntäen BIM-pohjaista koneohjausta. Tämä edellyttää suunnitteluryhmältä prosessin tuntemista.

Puurakennuksen rakentaminen on rakennusprosessi, jonka lopullisen kustannustehokkuuden määrää usea asia. Itse rungon vaikutus kokonaishintaan on pieni, jos runkojärjestelmä itsessään ei aiheuta



ongelmallisuutta. Tällöin kyse on väärästä runkojärjestelmävalinnasta, ei niinkään väärästä materiaalista.

Laki julkisista hankinnoista ei estä kilpailun rajaamista puurakennukseen, tai kilpailuttamista puuosaavia suunnittelijoita tai urakoitsijoita. Kilpailu täytyy olla avoin, ja kilpailuttaja saa määrätä speksit kilpailulle. Puurunkoisuus ei ole kilpailua laittomasti rajoittava speksi, sillä se ei kohdenna yksilöidysti hankintaa johonkin tiettyyn yritykseen.