

Anu Jyrkiäinen

HALLIRAKENNUSTEN RUNKOVAIHTOEHDOT

Rakennustekniikan koulutusohjelma

2014

HALLIRAKENNUSTEN RUNKOVAIHTOEHDOT

Jyrkiäinen, Anu
Satakunnan ammattikorkeakoulu
Rakennustekniikan koulutusohjelma
Marraskuu 2014
Ohjaaja: Uusitorppa, Mari
Sivumäärä: 33

Asiasanat: halli, hallirakennus, runkorakenne, runkovaihtoehto

Tässä opinnäytetyössä käsiteltiin yleisimpien erilaisten hallirakennusten runkovaihtoehtoja. Hallirakennus voidaan toteuttaa esimerkiksi puu-, teräs- tai betonirakenteisena.

Jokaisesta keskeisestä rakennusmateriaalista selvitettiin aluksi perustiedot sekä niille ominaiset heikkoudet. Materiaalille tyypilliset ominaisuudet vaikuttavat ratkaisevasti rakenteiden käyttäytymiseen eri olosuhteissa. Myös eri materiaalien palotekniikkaa käsiteltiin tässä työssä.

Hallirakennuksen mahdollisia toteutustapoja puu-, teräs- ja betonirunkoisena tutkittiin. Runkojen perustyyppiä havainnollistettiin kuvien ja selitysten avulla.

FRAME OPTIONS OF HALL BUILDINGS

Jyrkiäinen, Anu

Satakunnan ammattikorkeakoulu, Satakunta University of Applied Sciences

Degree Programme in Construction Engineering

November 2014

Supervisor: Uusitorppa, Mari

Number of pages: 33

Keywords: hall, hall building, skeleton constructions, frame options

In this thesis the most common different frame options in hall buildings were inspected. The structures of hall buildings can be manufactured for example of wood, steel or concrete.

At the beginning, basic information and weaknesses of every key construction material were looked into. Characteristic qualities of materials have a crucial impact on the behaviour of constructions in different conditions. Fire technical specifications of the materials were also studied in this thesis.

Possible implementations of skeleton constructions as wooden, steel and concrete framed were investigated. Basic types of skeleton constructions were demonstrated with pictures and comments.

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	5
2	TEOLLISUUSHALLIEN RUNKOVAIHTOEHDOT	6
2.1	Puurakenteet.....	6
2.1.1	Puu materiaalina	6
2.1.1.1	Puutuotteet.....	7
2.1.1.2	Tuotantomenetelmät	9
2.1.2	Puumateriaalille tyypilliset runkojärjestelmät	10
2.1.2.1	Pilarirungot	10
2.1.2.2	Kaarirungot.....	14
2.1.2.3	Kehärungot	16
2.1.2.4	Muut rungot.....	17
2.2	Teräsrakenteet	18
2.2.1	Teräs materiaalina	18
2.2.2	Teräsmateriaalille tyypilliset runkojärjestelmät	20
2.2.2.1	Kehäjäykistys	20
2.3	Betonirakenteet	21
2.3.1	Betoni materiaalina.....	21
2.3.2	Betonimateriaalille tyypilliset runkojärjestelmät	23
2.3.2.1	Teräsbetonirakenteiden perustyytit	23
2.3.2.2	Pilari-palkkirunko.....	24
3	PALOSUOJAUS HALLIRAKENTAMISESSA	25
3.1	Puurakentamisessa huomioitavat palotekniset seikat	25
3.2	Teräsrakentamisessa huomioitavat palotekniset seikat.....	27
3.3	Betonirakentamisessa huomioitavat palotekniset seikat.....	28
4	YHTEENVETO	28
	LÄHTEET.....	29

1 JOHDANTO

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on tutkia, mikä tyyppinen runkorakennetapa sopii hallirakentamiseen, kun vertaillaan keskenään Suomessa yleisimmin käytettyjä hallien runkotyyppejä ja tavallisimpia materiaaleja: puuta, betonia ja terästä. Materiaalin valinta on ensimmäisiä keskeisiä kysymyksiä, kun sopivaa hallia ruvetaan suunnittelemaan.

Työssäni käyn läpi yleistä tietoa em. rakennusmateriaaleista ja niiden ominaisuuksista. Käsittelen myös materiaaleissa luonnostaan olevia heikkouksia, jotka saattavat vaikuttaa rakenteen säilyvyyteen, ja myös rajoittaa kyseisen materiaalin käyttöä.

Hallit on rakennettu Suomessa perinteisesti betonista ja teräksestä. Niitä on ollut helppo työstää ja niiden käyttöön on vakiintunut omat runkorakenteensa ja rakennusmenetelmänsä.

Puurakentaminen on Suomessa yleistymässä myös hallirakentamisessa. Materiaalina puu edustaa ekologisuutta ja kierrätystä, mikä sopii hyvin ajan henkeen (Toimi ilmaston puolesta: KÄYTÄ PUUTA 2010, esipuhe). Puurakentaminen on avannut rakentajille tietoa harvemmin käytetyistä runkovaihtoehtoista.

Lähteenä tässä työssäni olen käyttänyt alan julkaisuja sekä sähköisinä että painettuna versioina.

2 TEOLLISUUSHALLIEN RUNKOVAIHTOEHDOT

2.1 Puurakenteet

2.1.1 Puu materiaalina

Puurakentamisella on pitkät perinteet Suomessa. Puulla on lukuisia hyviä ominaisuuksia, joihin sen käyttö rakentamisessa perustuu. Materiaalina puu on melko kevyt sekä helppo työstettävä. Lisäksi puisia rakennusosia voidaan liittää toisiinsa monilla eri tavoilla ja niistä voidaan muodostaa hyvinkin haastavia rakennemuotoja. Puusta ei myöskään haihdu terveydelle haitallisia aineita ja se sopii käytettäväksi sekä kesäettä talvirakentamisessa. (Siikanen 2009a, 15.)

Puusta puhuttaessa on hyvä muistaa, että se on elävä luonnonmateriaali. Erilaisia puutuotteita valmistetaan rakennusteollisuuden tarpeisiin lukemattomia, kuten erilaiset levyt, laudat, painekyllästetyt tuotteet, sahatavara (Kuva 1) ja vaneri. (Puuinfon www-sivut 2014.)



Kuva 1. Sahatavaraa kuusesta (Taloon.com www-sivut).

Puussa on myös sellaisia hyviä ominaisuuksia, joita ei löydy muista rakennusmateriaaleista. Esimerkiksi liimapuu on lujempaa kuin teräs, alumiini tai muu tavanomainen rakennusmateriaali, kun verrataan samanpainoisia rakenteita toisiinsa. Puun epäkohtina sen sijaan voidaan pitää anisotrooppisuutta, eli materiaali on erilaista eri suunnista tarkasteltuna, ja suurta kosteuselämistä, eli puu muuntuu yhtä aikaa ympä-

ristön kosteuden kanssa ja saattaa mm. turvota imiessään vettä. Kuvasta 2 voidaan tarkastella puussa tapahtuvia muutoksia sen kuivuessa. Nämä seikat asettavat lisävaatimuksia rakenteiden suunnittelulle ja saattavat jopa rajoittaa puun käyttöä. Lisäksi puu on palonarkaa ja altis lahoamaan kosteissa olosuhteissa. (Siikanen 2009a, 15.)



Kuva 2. Puussa tapahtuvat muutokset sen kuivuessa (Museoviraston www-sivut).

2.1.1.1 Puutuotteet

Puutuotteista puhuttaessa käytetään tavallisesti kahta eri yleisnimitystä, jotka ovat puutavara ja rakennepuutavara. Ensimmäistä nimitystä, puutavaraa, käytetään pyöreästä, höylätystä tai sahatusta materiaalista. Jälkimmäinen, rakennepuutavara, sisältää sen sijaan pyöreät ja sahatut materiaalit, joita käytetään kantavissa rakenteissa. Rakennepuutavaran vaaditaan täyttävät tietyt lujuus- ja kimmo-ominaisuuksien vähimmäisvaatimukset. (Siikanen 2009b, 31.)

Sahatavara on puutuote, joka ryhmitellään poikkileikkauksen mittojen mukaan joko parruksi, piiruksi, lankuksi, soiroksi, rimaksi, laudaksi tai listaksi. Sahatavara on pituussuunnan mukaan vähintään kahdelta sivultaan sahattua ja höylättyä puutavaraa. Höylätty puutavara sen sijaan on vähintään kolmelta sivulta höylättyä sahattavaa (Kuva 3). (Siikanen 2009b, 31.)



Kuva 3. Höylättyä ja käsiteltyä mäntyä (Taloon.com www-sivut).

Rakentamisessa käytettävä sahatavara jaetaan neljään eri ryhmään, jotka ovat sahattu puutavara, halkaistu sahatavara, hienosahattu pinta ja mitallistettu puutavara. Sahattu puutavara on työstetty neljältä sivulta sahaamalla tai karkeasti höyläämällä. Halkaistu sahatavara valmistetaan halkaisemalla sahatusta puutavarasta joko vanne- tai pyörösahalla. Hienosahattu pinta tarkoittaa kuivana sahaamalla halkaistua puun pintaa. Mitallistettu puutavara on nimitys paksuudeltaan tai leveydeltään mittatarkaksi karkeahöylätylle tai hienosahatulle puutavaralle. (Siikanen 2009b, 31.)

Erilaisia puulevytuotteita on kehitetty rakentamisen tarpeisiin lukuisia erilaisia. Puulevytuotteita ovat esimerkiksi: lautalevyt, viilu (Kuva 4), viilupuu, puukuitulevyt, vaneri, rimalevyt, sälelevyt, yhdistelmälevyt ja lastulevyt. (Siikanen 2009b, 32-40.)



Kuva 4. Viiluarkkeja (Hollolan Viilu ja Laminaatti Oy www-sivut).

Liimapuuta valmistetaan liimaamalla yhteen lamelleja, siten, että lamellien syyt ovat rakenteen pituussuunnassa. Liimapuun valmistusta valvotaan ympäristöministeriön SFS-Sertifiointi Oy:n taholta, ja sille on erikseen merkitty tietyt lujuusluokat. Pää-

osin liimapuuta käytetään rakentamisessa kattokannatteina, kehinä ja pilareina, ja kantavissa rakenteissa. Liimapuu voi saavuttaa jopa yli 60 minuutin palonkestoajan. (Siikanen 2009b, 32.)

Puusta valmistetaan erilaisia tuotteita myös eristämistarkoituksiin. Yksi perinteisimmistä eristysmateriaaleista on aikoinaan ollut sahajauho. Nykyään voidaan käyttää esimerkiksi puhallettavaa puukuituvillaa tai puukuitueristyslevyä. Erilaisia rakennuspapereita voidaan hyödyntää tiivistemateriaalina tuulta, vettä ja vesihöyryä vastaan. (Siikanen 2009b, 42-43.)

2.1.1.2 Tuotantomenetelmät

Tuotantomenetelmät jaetaan perinteisesti seitsemään eri osa-alueeseen, jotka ovat: pre-cut-järjestelmä, platform-runkojärjestelmä, pienelementtijärjestelmä, suurelementtijärjestelmä, tilaelementit ja pilari-palkkijärjestelmä. (Laitinen 1995, 57-81.)

Pre-cut-järjestelmälle on tyypillistä määrämittaan leikatut ja lovetut rakennusmateriaalit, erityisesti puiset levyt ja puuosat. Materiaalit saapuvat työmaalle asennusvalmiina. Tällä tavoin voidaan varmistua riittävästä mittatarkkuudesta ja teollisesta laadusta. Myöskään materiaalihukkaa ei juuri synny. Menetelmä sopii erityisesti ahtaille tonteille ja arkkitehtuuriltaan haastaviin kohteisiin. (Puumerkin [www-sivut](#).)

Platform-runkojärjestelmä, eli avoin puurakennusjärjestelmä, sopii erityisesti puukerrostalojen ja pientalojen rakentamiseen. Menetelmälle on tyypillistä, että ulkoseinät ja osa väliseinistä on kantavia, ja rakennettaessa edetään kerros kerrallaan ylemmäs. Koska tämä työ käsittelee hallirakentamista, jätetään tässä työssä mainitsematta tästä menetelmästä sen enempää. (RT 82-10804 1-2.)

Pienelementit ovat kevyehköjä käsin siirreltäviä elementtejä. Niihin lukeutuvat esimerkiksi parvekkeet, julkisivurutilät, terassi- sekä parveketasot, aidat ja varastot. (Teeri-Kolmion [www-sivut](#).)

Pienelementteihin verrattuna suurelementit ovat nimensä mukaisesti suurempia. Elementit saattavat olla esimerkiksi kokonaisia ulko- tai väliseiniä, päätykolmioita tai välipohjia. Tehtaassa valmistettuja elementtejä on saatavilla asuinrakennusten lisäksi myös toimitilarakentamiseen ja teollisuuden tarpeisiin. (Teeri-Kolmion www-sivut.)

Tilaelementit ovat tavallisesti ikään kuin viipaloituja taloja. Tällöin rakennus koostuu viipaleista, jotka yhteen yhdistettyinä muodostavat valmiin rakennuksen. Menetelmää käytetään erityisesti pientalojen ja koulujen rakentamisessa. (Siikanen 2009a, 305-306.)

Pilari-palkkijärjestelmässä kantava runko muodostuu pilareista ja palkeista, joiden varaan muut rakenteet asennetaan. Menetelmä sopii pientalorakentamisen ohella erityisesti hallirakentamiseen ja lisäksi puukerrostaloihin. Yksi mahdollinen vaihtoehto on myös pilari-laattajärjestelmä, jossa kantavan pystyrungon muodostavat pilarit, joiden päälle asennetaan ala-, väli- ja yläpohjalaatat. (Siikanen 2009a, 305.)

2.1.2 Puumateriaalille tyypilliset runkojärjestelmät

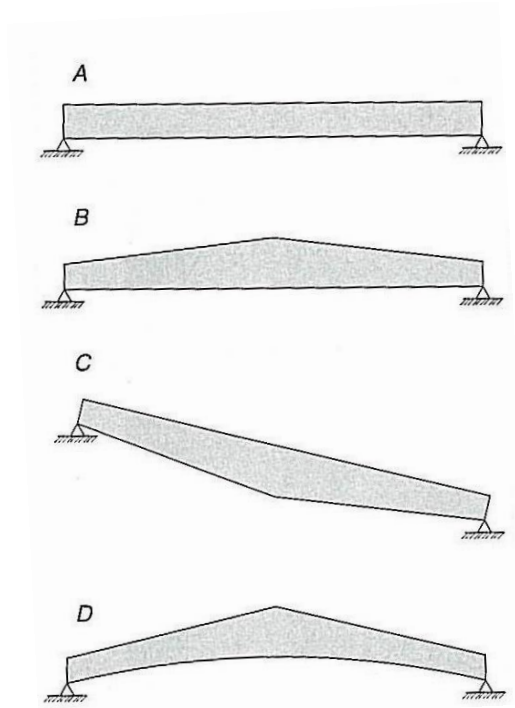
2.1.2.1 Pilarirungot

Tyypillinen pilarirunkoinen rakenne vaatii toimiakseen hallin reunoille mastojäykistetyt pilarit, joiden yläosaan kiinnitetään kattokannattajat. Hallin päädyissä sijaitsevat jäykkä- tai nivelkantaiset tuulipilarit, joille kohdistuvat tuulikuormat siirtyvät yläpohjarakenteen tai yläpohjaan asennettavien tuuliristikoiden kautta rungon pääpilareille. Mastojäykistetyt pääpilarit jäykistetään rungon pituussuunnan mukaan esimerkiksi tuuliristikoiden avulla. (Salonen, Keronen & Lod 2010, 69.)

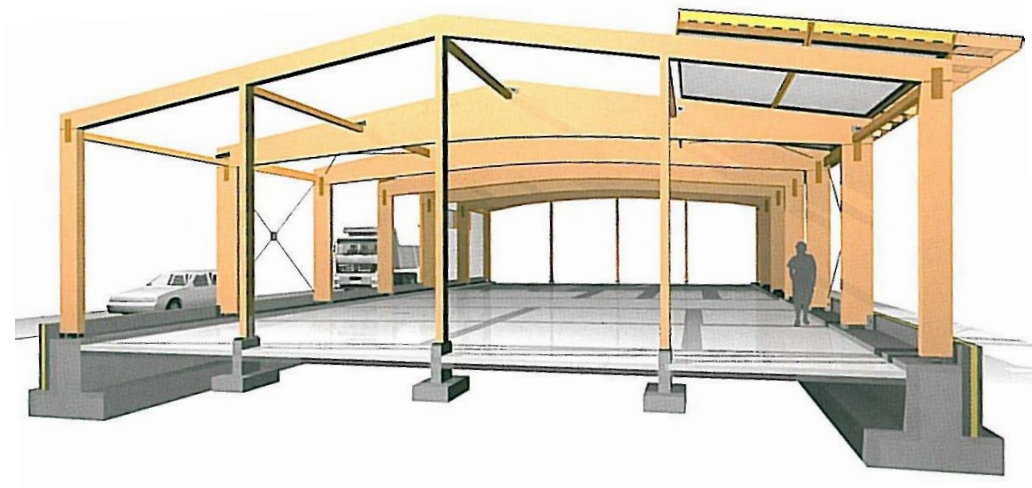
Rungon kattokannattajat, jotka ovat tyypillisesti joko palkkeja, ristikoita, vetotankokannattimia tai kaaria, asennetaan paikalleen pääpilareiden varaan. Kattokannattajat kiinnitetään pilarien kylkiin tavallisesti joko hankolaudoilla tai lattateräksillä. Välipohja voidaan tukea seinillä tai omalla erillisellä pilaripalkkirungollaan tarvittaessa. (Salonen ym. 2010, 69.)

Sopivimmat puutuotteet pilarien valmistuksessa tässä järjestelmässä ovat tavallisesti joko viilu- tai liimapuu. Pilarien alapääät kiinnitetään jäykästi perustuksiin joko hitsaamalla tai pulttien avulla. (Salonen ym. 2010, 69.)

Pääpilareiden varaan voidaan suunnitella kattokannattajat, joita valmistetaan myös erilaisia. Tavallisin vaihtoehto on harjapalkki, mutta halliin voidaan suunnitella asennettavaksi myös suorat palkit, mahapalkit tai bumerangipalkit (Kuva 5, Kuva 6). Tällaisten massiivipalkkien palonkestävyys on luontaisestikin hyvä, ja sitä voidaan vielä ennestään lisätä palkin kokoa suurentamalla. (Salonen ym. 2010, 70.)

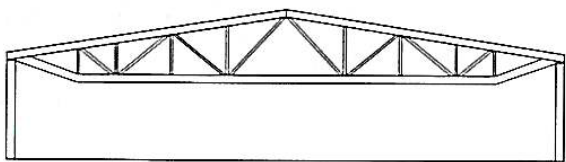
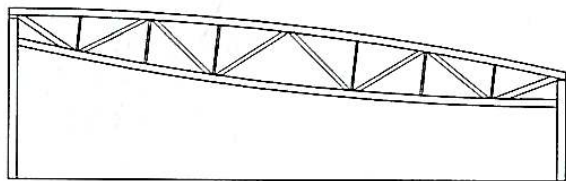
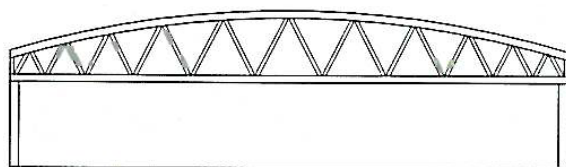


Kuva 5. Vaihtoehtoisia palkkimuotoja: A = suora palkki, B = harjapalkki, C = mahapalkki, D = bumerangipalkki (Salonen ym. 2010, 70).

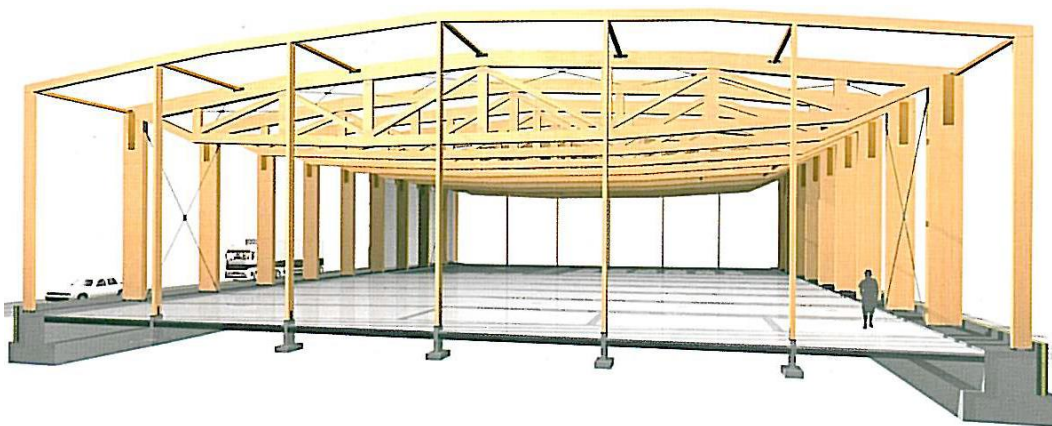


Kuva 6. Bumerangipalkilla toteutettu puuhalli (Salonen ym. 2010, 70).

Ristikkokannattajat valmistetaan tavallisesti joko viilu- tai liimapuusta. Ristikon sauvojen liitoksissa käytetään teräslevyjä ja tappivaarvoja. Tukireaktiot välittyvät teräsosien kautta pilareille. Ristikon yläpaarre voi muodostaa murtoviivan tai vaihtoehtoisesti olla kokonaan kaareva, kun taas alapaarre voi olla joko suora tai kaareva (Kuva 7). Ristikot asennetaan tavallisesti paikalleen tukemalla ne yläpaarteistaan pääpilareihin (Kuva 8). Ristikot voidaan tavallisesti koota yhtenäisiksi vasta paikan päällä, jolloin rakennusmateriaalin kuljettaminen työmaalle helpottuu. (Salonen ym. 2010, 72.)

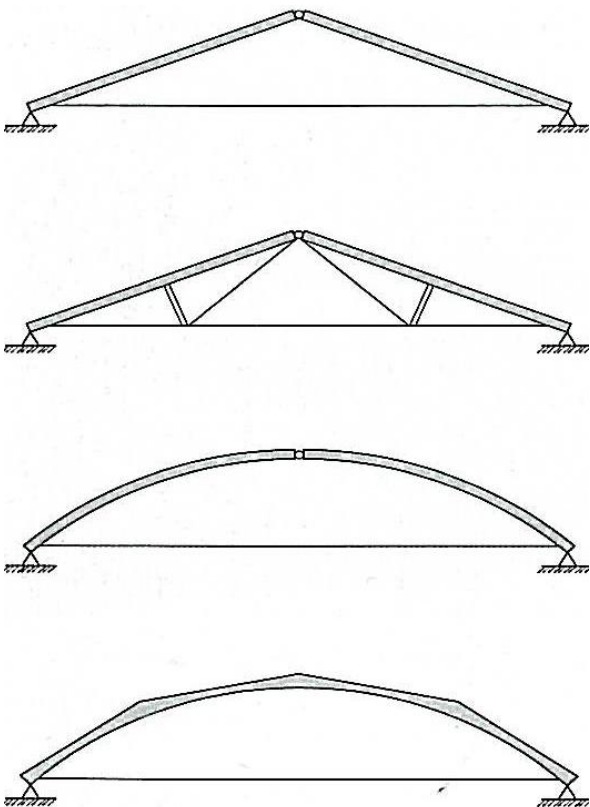


Kuva 7. Vaihtoehtoisia ristikkomuotoja (Salonen ym. 2010, 72).



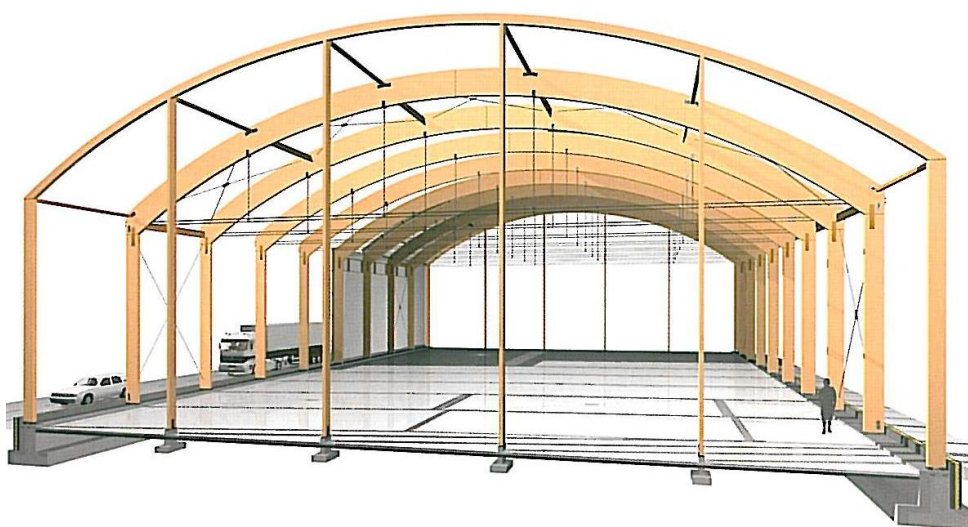
Kuva 8. Ristikkorakenteella toteutettu halli (Salonen ym. 2010, 72).

Vetotankokannattaja muodostuu yhtenäisestä yläpaarteesta ja vetotangosta, joka toimii tässä järjestelmässä alapaarteena. Varsinaisia diagonaalisauvoja ei tarvita. Yläpaarteet voivat olla joko yksi- tai kaksiosaisia ja muodoltaan harjamaisia, kaarevia tai murtoviivan kaltaisia (Kuva 9). Eri vetotankokannatintyyppit ovat nimeltään: vetotangollinen palkkikannattaja, vetotangollinen ansaspalkkikannattaja ja vetotangollinen kaarikannattaja. (Salonen ym. 2010, 74-75.)



Kuva 9. Vaihtoehtoisia vetotankokannatinmuotoja (Salonen ym. 2010, 74).

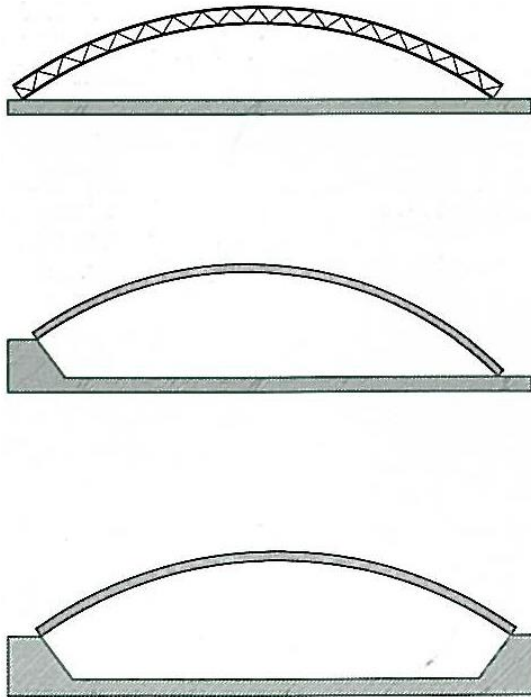
Vetotankokannattajien harjamaiset sekä murtoviivan muotoon suunnitellut yläpaarteet voidaan valmistaa joko viilu- tai liimapuusta, kun taas kaarimaiset ainoastaan liimapuusta. Vetotangot voivat olla joko puuta tai terästä, ja tällä valinnalla pystytään vaikuttamaan mm. palonkestävyyteen ja asennusvaiheen työtehtäviin. Tavallisesti puisilla vetotangoilla on terästä korkeampi palonkestävyys, ja ne ovat myös helpompia käsitellä ja asentaa paikalleen. Yläpaarteet mitoitetetaan sekä normaalivoimalle että taivutusmomentille. Vetotanko ripustetaan kiinni yläpaarteeseen teräksisillä tai puisilla tangoilla (Kuva 10), jotka välittävät rakenteen oman massan ja mahdolliset ripustuskuormat edelleen. (Salonen ym. 2010, 74-75.)



Kuva 10. Vetotangollisella kaarikannattajalla toteutettu puuhalli (Salonen ym. 2010, 74).

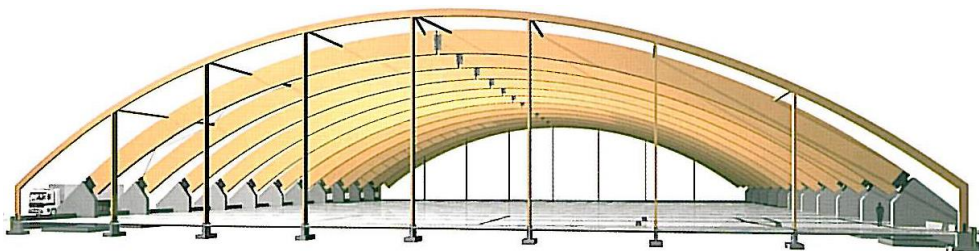
2.1.2.2 Kaarirungot

Kaarirunkoinen puuhalli voidaan rakentaa joko massiiviliimapuusta tai ristikköä käyttämällä (Kuva 11). Rakenne tukeutuu suoraan vaakasuunnassa tuettuihin perustuksiin, jotka tuetaan joko vinopaaluilla, toisiinsa kiinni vetotangoilla, tai suoraan kiinni kallioon. (Salonen ym. 2010, 76.)



Kuva 11. Kaarirakenteen vaihtoehtoisia toteutustapoja (Salonen ym. 2010 76).

Tavallisesti kaareen suunnitellaan kaksi tai kolme niveltä, joista kantanivelet muodostuvat teräsosista. Kaaren lakipisteessä oleva nivel voidaan tapauskohtaisesti ja kuormat huomioiden valmistaa myös puusta. Kaaren kantanivel tulee sijoittaa rakennuksen sisäpuolelle. Kuva 12 esittää kaarirungolla toteutettua puuhallia. (Salonen ym. 2010, 76.)

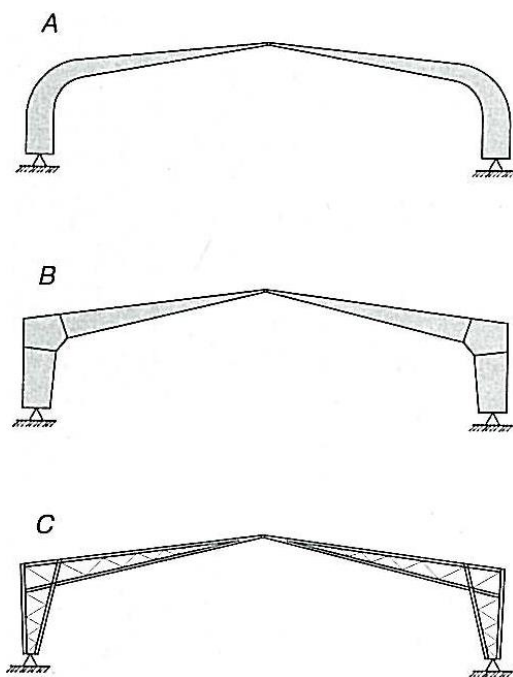


Kuva 12. Kaarirungolla toteutettu puuhalli (Salonen ym. 2010, 76).

Kaari tuetaan kiinni peruspilariin, joka suuresta koostaan johtuen ulottuu sokkelin ulkopuolelle, ja se on eristettävä huolellisesti ulkopuolelta käsin. Kaarirungon pääty-palkit ovat moniaukkoisia, kaarevia palkkeja, jotka tukeutuvat tuulipilareihin. (Salonen ym. 2010, 76.)

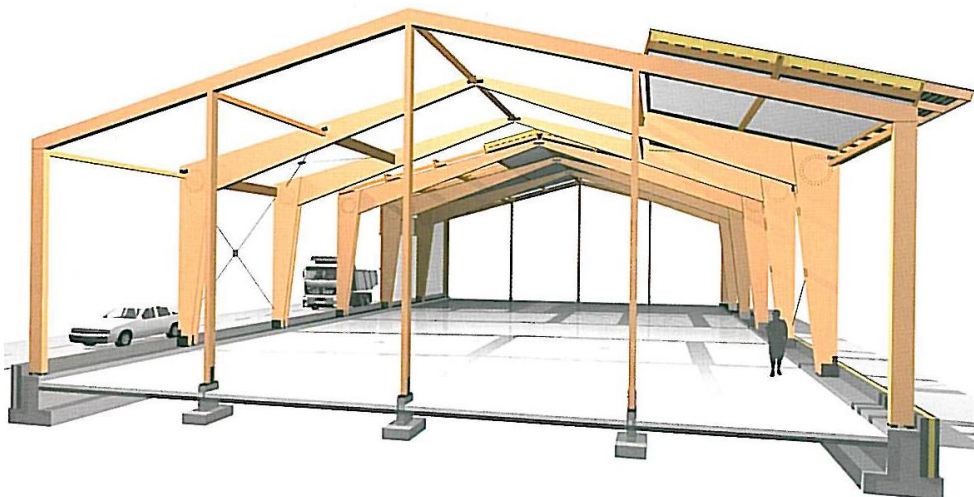
2.1.2.3 Kehärungot

Puuhallien kehärungot muodostuvat kolminivelisestä kehästä, jonka perustukset otavat vastaan sekä pysty- että vaakakuormat. Perustuksille kohdistuvat vaakavoimat otetaan vastaan joko sitomalla vastakkaiset anturat toisiinsa vetotangolla, vinopaa- luilla tai tukemalla perustukset suoraan peruskallioon. (Salonen ym. 2010, 78.)



Kuva 13. Kehärungon vaihtoehtoisia poikkileikkauksia: A = käyränurkkainen kolminivelkehä, B = terävänurkkainen kolminivelkehä, C = ristikkonurkkainen kolminivelkehä (Salonen ym. 2010, 78).

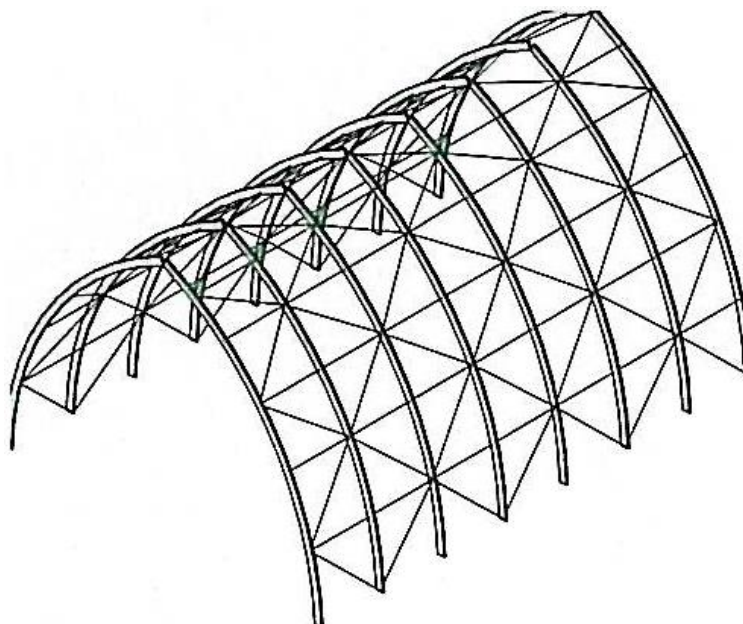
Kehärunkotyyppejä on kolmea erilaista päätyyppiä: käyränurkkainen kolminivelkehä, terävänurkkainen kolminivelkehä ja ristikkonurkkainen kolminivelkehä (Kuva 13). Käyränurkkainen kolminivelkehä valmistetaan taivutetusta liimapuusta, ja tarvittaessa sen nurkka voidaan rakentaa teräväksi sahatavaran tai liimapuun avulla. Terävänurkkaisen kehän nurkkaosat valmistetaan viilupuusta, ja sen palkki liitetään kiinni pilareihin tappivaarnaliitoksilla. Ristikkonurkkaisen kehän rakentamiseen käytetään puupalkkia, vetotankoa ja puista vinotukea. Kehä voidaan koota valmiiksi työmaalla. Kuva 14 esittää terävänurkkaisella kolminivelkehällä toteutettua puuhallia. (Salonen ym. 2010, 78.)



Kuva 14. Terävänurkkaisella kolminivelkehällä toteutettu puuhalli (Salonen ym. 2010, 78).

2.1.2.4 Muut rungot

Muita runkoratkaisuja puuhalleihin voidaan soveltaa esimerkiksi puristettujen kuori-rakenteiden avulla. Täten saadaan aikaiseksi muun muassa kupolimaisia muotoja, kuten arinakupoleja. (Salonen ym. 2010, 80.)



Kuva 15. Sauvarakenne (Salonen ym. 2010, 80).

Kantava rakenne muodostuu verkkomaisesti asennetuista puristussauvoista, jotka liitetään toisiinsa käyttäen sopivia teräsosia (Kuva 15). Sauvat voidaan tehdä viilutai liimapuusta. (Salonen ym. 2010, 80.)

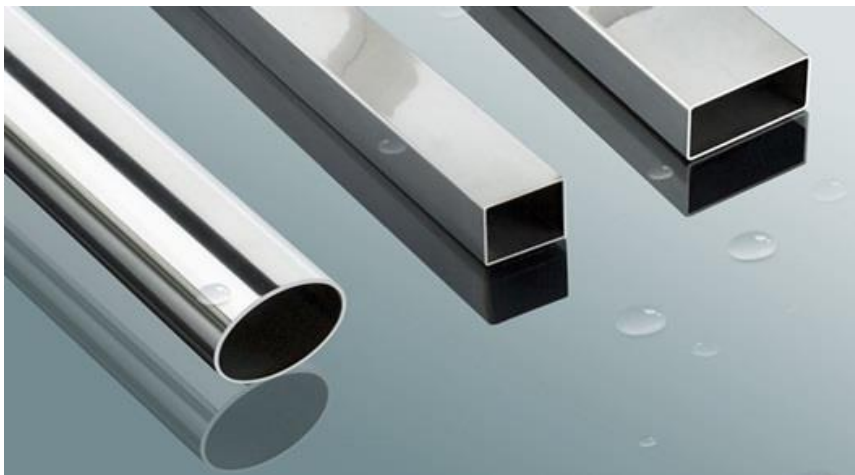
Katon kuormitus siirretään sitä tukevalle rengasrakenteelle katon kuoren avulla. Kuori voi muodostua esimerkiksi levyistä tai kerroksittain asennetusta sahatavarasta. Arinakupoleja rakennettaessa on kiinnitettävä erityistä huomiota puun kosteusvaihteluihin ja siitä seuraaviin jännityksiin ja puun muodonmuutoksiin. (Salonen ym. 2010, 80.)

2.2 Teräsrakenteet

2.2.1 Teräs materiaalina

Teräs on merkittävä rakentamisessa käytettävä raudan jatkojalostustuote. Teräs on seos hiiltä ja rautametallia siten, että sen hiilipitoisuus on alle 1,7 %. Lisäksi seokseen voidaan lisätä pieniä määriä muita mikroseosaineita, joilla pystytään vaikuttamaan materiaalin ominaisuuksiin, kuten lujuuteen ja sitkeyteen sekä hyvään hitsattavuuteen. Mikroseosaineilla voidaan myös parantaa materiaalin korroosionkestävyyttä. (Siikanen 2009b, 180.)

Rakenneterästen korroosiolla tarkoitetaan ruostumista. Korrodoituminen johtuu erilaisista ympäristötekijöistä, joita ovat tavallisesti kosteus ja vesi. Ruostumista voidaan ehkäistä vaikuttamalla ympäristön olosuhteisiin, mutta tarpeen vaatiessa materiaaliin voidaan lisätä ruostumista ehkäiseviä seosaineita tai esimerkiksi pinnoittaa se suojaavalla aineella. Kuva 16 esittää ruostumattomasta teräksestä valmistettuja tuotteita. (Teräsrakenneyhdistys ry 2010, 161-163.)



Kuva 16. Ruostumattomasta teräksestä valmistettuja tuotteita (Metalliaitaelementit www-sivut).

Elintason noustessa ja teknologian kehittyessä on alettu rakentamisessa käyttää yhä enemmän ruostumatonta terästä. Nimityksellä ”ruostumaton teräs” tarkoitetaan teräslajeja, jotka sisältävät vähintään 10,5 % kromia. Hapen kanssa reagoidessaan kromi muodostaa teräksen pinnalle suojaavan kromioksidikalvon. Muita ruostumattomissa teräksissä käytettäviä seosmetalleja ovat mm. nikkeli ja molybdeeni. (Miettinen & Taivalantti 2001, 6.)

Teräslaaduilla on olemassa erilaisia ominaisuuksia, jotka vaihtelevat huomattavasti eri laatuojen välillä. Rakenneteräksille tyypillisiä hyviä ominaisuuksia ovat esimerkiksi korkeat lujuusarvot ja suunnilleen samat lujuudet puristukselle ja vedolle. Lisäksi materiaali on kimmoisaa hyvinkin suuriin jännityksiin asti, ja teräksen vanhetessa siinä ei ilmene kovinkaan suuria muodonmuutoksia verrattaessa niitä esimerkiksi muoveihin ja betoniin. Terästen tuotevalikoima on laaja, ja materiaali on hyvin homogeenistä. Hitsaamalla saadaan teräksestä muodostettua monoliittisiä liitoksia. (Siikanen 2009b, 182.)

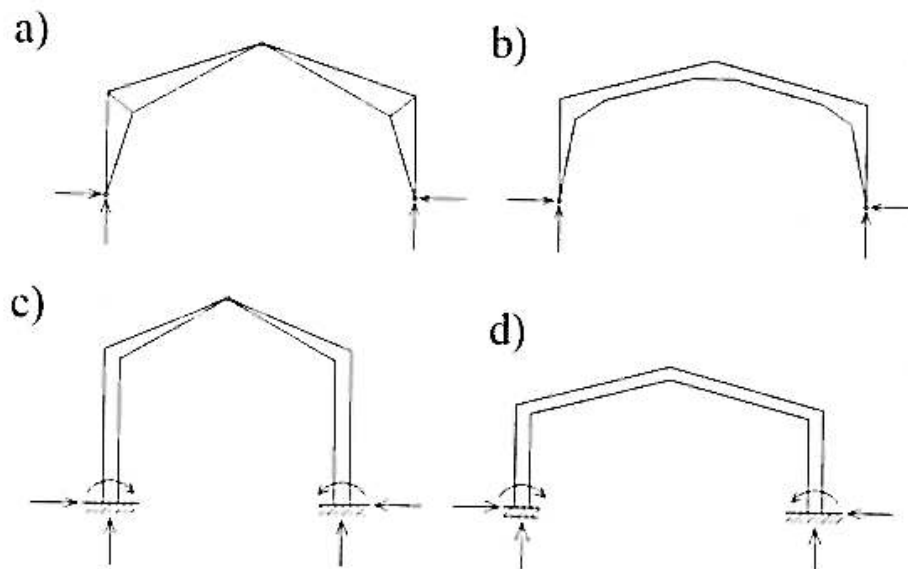
Usein teräsrakentaminen rinnastetaan yhteen teräsrunkorakentamisen kanssa. Näin tehdään siitä huolimatta, että rakenneterästuotteiden määrä on tavallisesti vain noin 40 % kaikesta rakentamiseen käytetystä teräksestä. Loput noin 60 % koostuvat tavallisesti erilaisista ohutlevytuotteista, kuten liittolaatoista ja kevytorsista. (Piironen & Saarni 1998, 28.)

Rakenneteräksillä on myös sellaisia ominaisuuksia, jotka saattavat rajoittaa niiden käyttöä rakentamistarkoituksessa. Lisäksi, vaikka teräs on palamaton materiaali, lämpötilan noustessa riittävästi, alkaa rakenne menettää kantokykyään. Tämä on huomioitava paloteknisen suojauksen muodossa. Rakenteilla on myös taipumus menettää stabiiliuttaan, minkä vuoksi suunnitteluvaiheessa on huomioitava jäykisteiden käyttötarve. Teräsrakenteilla on myös taipumus värähdellä ja niissä voi ilmetä väsymismurtumia. (Siikanen 2009b, 182-183.)

2.2.2 Teräsmateriaalille tyypilliset runkojärjestelmät

2.2.2.1 Kehäjäykistys

Tyypillisesti teräshallit rakennetaan kehärakenteisiksi, siten että pilarien ja palkkien väliset liitokset ovat osittain tai kokonaan jäykkiä. Kehäjäykistystä käytetään tavallisesti matalissa ja yksikerroksisissa teräsrakennuksissa. Eri kehätyypit voidaan jaotella esimerkiksi seuraavasti neljään eri ryhmään: mastokehät, nivelkantaiset kehät, jäykkäkantaiset kehät ja jäykkänurkkaiset kehät (Kuva 17). (Teräsrakenneyhdistys ry 2010, 119.)



Kuva 17. Yksilavaisen hallin jäykkänurkkaisia kehiä: a) kolminivelkehä, b) kaksinivelkehä, c) jäykkäkantainen kehä lakinivelellä, d) jäykkäkantainen kehä. (Teräsrakenneyhdistys ry 2010, 119).

Tyypillisesti yksikerroksisissa mastokehissä palkki tai ristikko liittyy nivelellisesti pilareihin, jotka tuetaan jäykästi kiinni perustuksiin. Halli voidaan tällä menetelmällä suunnitella myös useampilaivaiseksi tai pulpettikattoiseksi. (Teräsrakenneyhdistys ry 2010, 119.)

Yksilaivaisia halleja rakennetaan usein myös kolmi- tai kaksinivelkehäisiksi. Yksi hyvä tapa on myös suunnitella kehä jäykkäkantaiseksi siten, että siinä on lakinivel. Jäykkänurkkainen kehä voidaan lisäksi rakentaa samalla myös jäykkäkantaiseksi. (Teräsrakenneyhdistys ry 2010, 119.)

2.3 Betonirakenteet

2.3.1 Betoni materiaalina

Betoni on ikään kuin keinotekoista kiveä, joka valmistetaan sekoittamalla irrallinen kiviaines, sideaineet ja vesi yhteen kovaksi ja kiinteäksi massaksi. Tekniikka avaa laajat mahdollisuudet säädellä betonin ominaisuuksia haluttuun suuntaan. (Siikanen 2009b, 131.)

Kantavissa rakenteissa betoni on tärkeä rakennusmateriaali. Nykyään talonrakentamisessa käytetään tavallisimmin valmisosiin perustuvia runkojärjestelmiä, kun taas liikerakentamisessa merkittävässä roolissa on paikallarakentaminen ja erityisesti erilaiset pilarilaattarungot. Betonitekniikan osaamista hyödynnetään usein myös julkisivujen rakentamisessa. (Suomen Betoniyhdistys r.y. 2004, 15.)

Betonin eri osa-aineet ovat: sementti, runkoaine, mineraaliset seosaineet, vesi ja lisäaineet. Tarvittaessa seokseen voidaan lisätä myös muita ainesosia. Betonin ominaisuuksiin vaikuttaa eniten vesi-sementtisuhde. Kovettunutta betonia ryhmitellään tiheyden perusteella kevytbetoneihin ($400\text{-}1800\text{ kg/m}^3$), normaalibetoneihin ($2200\text{-}2500\text{ kg/m}^3$) ja raskasbetoneihin ($3000\text{-}4000\text{ kg/m}^3$). (Siikanen 2009b, 138-148.)

Betonirakentamisen yhteydessä puhutaan usein myös raudoittamisesta. Betonirakenteita valmistetaan raudoitettuina ja ilman raudoitusta. Teräsbetonirakenteet ja erilai-

set jännitetyt rakenteet vaativat raudoituksen. Raudoituksen tarkoituksena on ottaa vastaan rakenteen vetorasitukset samalla, kun betoniin kohdistuu puristusrasitusta. Kuvassa 18 raudoitetaan pohjalaattaa. (Suomen Betoniyhdistys r.y. 2004, 19.)



Kuva 18. Pohjalaatan raudoitusta (Tammervoiman www-sivut).

Puristuslujuus on betonin tärkein ominaisuus. Normaalisti paikallavaletun betonin puristuslujuus on 30 MN/m^2 ja elementtituotannossa $40\text{-}50 \text{ MN/m}^2$. Jos betoniseoksessa on liikaa vettä tai betoniin jää ilmaa, syntyy huokosia, joiden johdosta betonin lujuus voi jäädä suunniteltua alhaisemmaksi. (Siikanen 2009b, 148.)

Betonin vastustuskykyä erilaisten vauriotekijöiden vaikutusta vastaan kutsutaan sen säilyvyydeksi. Tarkastelukohteiksi voidaan ottaa esimerkiksi pakkasenkestävyys ja kemiallinen kestävyys. Lisäksi säilyvyyteen voivat vaikuttaa materiaalin kokema kulutus ja kestävyys korkeita lämpötiloja kohtaan. (Siikanen 2009b, 149-150.)

Vaikka betonin sisäiset huokokset usein heikentävät sen lujuutta, niiden avulla voidaan kuitenkin suojautua pakkasen aiheuttamia tuhoja kohtaan. Kemiallisia vaurioita sen sijaan betoniin voivat aiheuttaa erilaiset hapot ja sulfaatit. Yleisesti ottaen voidaan ajatella, että riittävän tiivis betoni itsessään riittää turvaamaan säilyvyyden kemiallisia haittoja vastaan, mutta samalla se vaikuttaa myös parempaan kulutuskestävyyteen. (Siikanen 2009b, 149-150.)

2.3.2 Betonimateriaalille tyypilliset runkojärjestelmät

2.3.2.1 Teräsbetonirakenteiden perustyyppit

Teollisessa rakentamisessa neljällä eri betonirakenteen perustyyppillä päästään jo pitkälle. Perustyyppejä, joita ovat pilari, palkki, laatta ja seinä, hyödynnetään eri tarkoituksiin erilaisissa runkojärjestelmissä. (Suomen Betoniyhdistys r.y. 2004, 245.)

Teräsbetonista valmistetut pilarit raudoitetaan hyödyntämällä pystytankoja ja umpinaisia hakoja. Kuva 19 esittää betonista valmistettuja lyhyitä pilareita. Toisin kuin pilarit, palkit vaativat toimiakseen erikseen veto- ja puristusraudoitukset sekä haat. (Suomen Betoniyhdistys r.y. 2004, 246.)

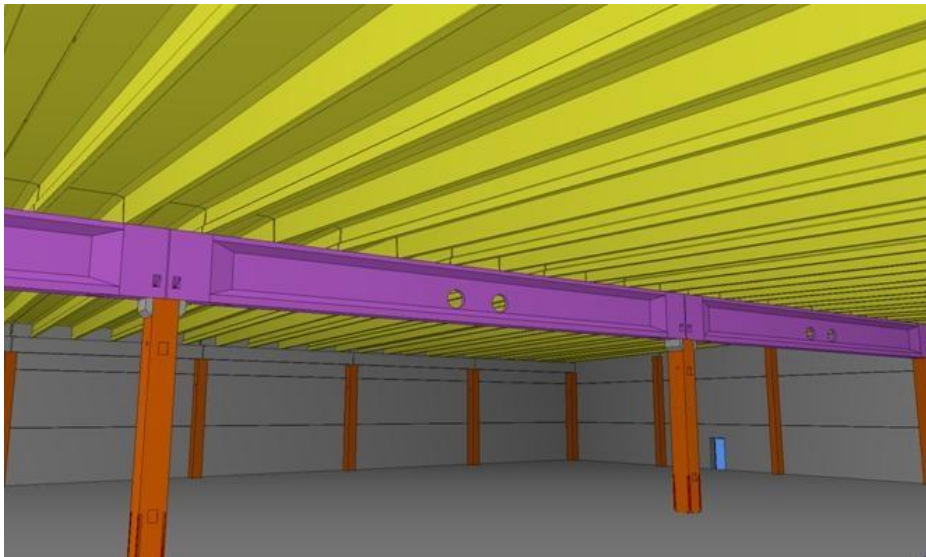


Kuva 19. Betonista valmistettuja pilareja (Oivarauta.fi www-sivut).

Laatat raudoitetaan pituussuuntaisesti vetopuolelle. Alapintaan sijoitetaan päätankojen päälle kohtisuoraan myös kuormia jakavat jakotangot. Puristustankoja tai leikkausraudoitusta ei laatoissa tarvita. Kun laatta rakennetaan ristiinkantavaksi, se raudoitetaan erikseen ristiin siten, että siinä on toimiva ja jännityksiä vastaanottava raudoitus kahteen eri suuntaan. Seinät sen sijaan raudoitetaan pystytankojen avulla kummaltakin sivulta sekä vaakatangolla pystyraudoituksen ulkopuolelta. Verkot sidotaan seinien läpi kiinni toisiinsa. (Suomen Betoniyhdistys r.y. 2004, 249.)

2.3.2.2 Pilari-palkkirunko

Tavallisesti betonihallit rakennetaan elementeistä hyödyntäen pilari-palkkijärjestelmää (Kuva 20). Teollisuus- ja varastorakennuksina käytettävät hallit ovat tavallisesti yksikerroksisia, mutta niihin saattaa liittyä useampikerroksisia toimisto- ja aputiloja. (Elementtisuunnittelun [www-sivut 2014.](#))



Kuva 20. Teollisuus- tai varastorakennuksen pilari-palkkirunko (Elementtisuunnittelun [www-sivut](#)).

Rakennuksen perustukset mitoitetaan tapauskohtaisesti maapohjan ja kuormituksen mukaan. Halli voidaan tukea suoraan anturoiden päälle tai tarvittaessa paalujen vaaraan. (Elementtisuunnittelun [www-sivut 2014.](#))

Rakennuksen kantavina pystyrakenteina toimivat pilarit, jotka ovat poikkileikkaukseltaan tavallisesti joko neliön tai suorakaiteen muotoisia. Pilarikoko valitaan niiden pilarien, joille kohdistuu suurin kuormitus, perusteella. Yläpohjan palkkien pitkistä jänneväleistä johtuen pilarit ovat etäällä toisistaan, ja hallin reunoille saatetaan vaatia enemmän pilareita julkisivuelementtien tuentaan. Pilarit ottavat vastaan myös vaakakuormia mm. tuulesta johtuen, jolloin ne toimivat samalla jäykistävinä rakenteina. Suuret kuormitukset vaikuttavat myös siihen, että palkkien ja pilarien liitoskohdat ja tukipinnat on mitoitettava huolella. (Elementtisuunnittelun [www-sivut 2014.](#))

Vaakarakenteiden palkkien tyypit riippuvat mitoituksesta. Ne voivat olla jännitettyjä tai teräsbetonipalkkeja. Tavallisesti pitkillä jänneväleillä käytetään I- tai HI-palkkeja, joista varsinkin jälkimmäisiä voidaan käyttää myös ilman keskipilarilinjaa saaden samalla vesikatolle harjamainen muoto. Palkkien koko mitoitetaan sen palkin, jolla on eniten kuormitusta, perusteella. (Elementtisuunnittelun www-sivut 2014.)

Yläpohjissa käytettävät laatat ovat tavallisesti ontelo-, kuori- tai TT-laattoja. Tarvittaessa ontelolaatasto voidaan suunnitella toimimaan liittorakenteena yhdessä palkkien kanssa. TT-laattoja käytetään erityisesti silloin, kun rakenteen painoa halutaan pienentää, jännevälit ovat pitkiä tai kuormat erityisen suuria. (Elementtisuunnittelun www-sivut 2014.)

Hallirakennusten alapohjat rakennetaan tavallisesti ontelolaatoista ja suorakaiteen muotoisista palkeista. Alapohjat kohdistuvat suurille kuormituksille, ja sen vuoksi palkkijako ja palkkien pituus ovat erilaisia kuin yläpohjissa. Alapohja on myös tiivistettävä huolellisesti, että saadaan eristettyä alapohjan alustatila sisäilmasta. Näin estetään haitallisten ilmavuotojen, kuten radonin ja homeitiöiden pääsy ilmavirtojen mukana sisätiloihin. (Elementtisuunnittelun www-sivut 2014.)

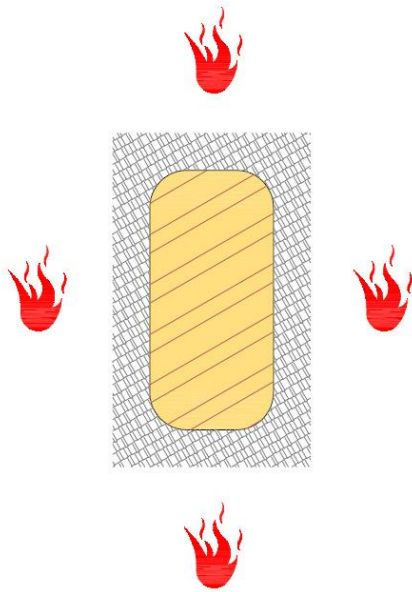
Betonihallien julkisivut ovat nauhamaisia rakenteita, jotka sijoitetaan päällekkäin ja tuetaan kiinni pilareihin. Nauhat voivat muodostua myös pituussuuntaisesti, jolloin elementit tuetaan alhaalta perustuksiin ja yläosastaan kiinni yläpohjarakenteisiin. Tavallisesti julkisivurakentamisessa käytetään sandwich-elementtejä tai erilaisia jännitettyjä elementtejä. (Elementtisuunnittelun www-sivut 2014.)

3 PALOSUOJAUS HALLIRAKENTAMISESSA

3.1 Puurakentamisessa huomioitavat palotekniset seikat

Erityisesti puuhallien rakentamisessa on muistettava, että puu on palonarka materiaali. Kuitenkin, kun rakenne on oikein toteutettu, tulipalon aikana puun pintaan syntynyt hiilikerros suojaa sisempää rakennetta (Kuva 21). Tätä käytetään hyväksi mm.

kantavia rakenteita suunniteltaessa. Puu syttyy tavallisesti 250 – 300 °C:een välillä. Sen jälkeen se hiiltyy nopeudella 0,8 mm/min. Liimapuu on tavallista puuta kestävämpää, ja sen hiiltymisnopeus on 0,7 mm/min. Palamisen lisäksi korkea lämpötila vaikuttaa myös puun pehmenemiseen ja sen helmiselluloosasidosten hajoamiseen. Myös puun terävät kulmat, halkeamat, karkea pinta ja säröt lisäävät palon aiheuttamia vaikutuksia. (Puuinforon www-sivut 2014.)



Kuva 21. Tulipalon aikana puun pintaan syntyy hiilikerros (Woodproducts www-sivut).

Palotilanteet huomioidaan puurakentamisessa joko suunnittelemalla rakenteet palolta suojaetuiksi, tai jättämällä ne suojaamatta. Suojaamattomat rakenteet ovat tavallisesti massiivisia rakenteita, kuten palkkeja, ja ne suunnitellaan sopiviksi tietyille palonkestoaikalle ja palon aiheuttamille kuormituksille. Rakenteet voidaan ylivoimaisesti tehollisen hiiltymissyvyyden verran, jolloin puun hiiltymisestä ei aiheudu varsinaista haittaa rakenteen kestävyydelle. (Puurakenteen palomitoitus 2013, 1.)

Suojatuilla rakenteilla tarkoitetaan sellaisia tapauksia, joissa puurakenne on suojattu koko vaaditulta palonkestoaikalta tai vain osalta siitä. Suojauksen avulla estetään varsinaisen puurakenteen hiiltymistä tietyssä palonkestoaikana. Tyypillisesti suojatut rakenteet ovat erilaisia liitoksia ja hoikkia rakenteita. Käytännössä puun suojaaminen toteutetaan kipsi-, mineraali-, mineraalivilla- tai puulevyillä. Myös puupanelointi ja

palosuojamaalaus ovat varteenotettavia vaihtoehtoja. (Puurakenteen palomitoitus 2013, 2.)

3.2 Teräsrakentamisessa huomioitavat palotekniset seikat

Myös teräsrakentamisessa yleisenä vaatimuksena voidaan pitää sitä, että rakenteen on kestävä palotilanteessa tietyn ajan verran. Teräkselle on ominaista suuri lämpölaajeneminen ja lujuuden heikkeneminen palotilanteessa. Näistä syistä johtuen tulipalo voi aiheuttaa teräsrakenteille palautumattomia muodonmuutoksia. Teräsrakenteet onkin usein suojattava tulipaloja vastaan. (Teräsrakenneyhdistys ry 2010, 125.)

On olemassa useita keinoja, joiden avulla voidaan parantaa kantavan teräsrakenteen palonkestävyyttä (Kuva 22). Perinteisin menetelmä on ollut suojata teräspinnat materiaalilla, joka hidastaa lämmön siirtymistä palotilasta teräkseen. Suojausmenetelmät jaetaan niiden toteutustavan perusteella kuiviin ja märkiin menetelmiin. Mekaanisilla kiinnikkeillä suojattavaan rakenteeseen asennettavia, tai rakenteen ympärille koteloitavia tuotteita käytetään kuivissa menetelmissä. Tällaisia tuotteita ovat muun muassa mineraalivilla-, kipsi-, vermiittikuitu-, perliitti- ja kalsiumsilikaattilevyt. Muita esimerkkejä ovat erinäiset palosuojauskasetit, tiili, betoniharkot ja puu. Märkiin suojausmenetelmiin lasketaan mineraali- ja vermiittikuituruiskutus, palosuojamaalaus, rappaus, betoni ja vesi. (Teräsrakenneyhdistys ry 2010, 138.)



Kuva 22. Teräksen suojaaminen tulipalolta peittämällä teräspinnat (Paroc www-sivut).

3.3 Betonirakentamisessa huomioitavat palotekniset seikat

Myös betonirakentamisessa on huomioitava rakenteiden paloturvallisuus. Vaikka betoni onkin palamaton ja syttymätön materiaali, se kestää huonosti korkeita lämpötiloja. Betonin eri osa-aineet eivät kestä pitkäaikaista kuumuutta, vaan rakenteet alkavat nopeasti rapautua ja halkeilla. Lisäksi teräsbetonirakenteiden teräs kestää huonosti kuumuutta. Lämpötilan noustessa +500 °C:n lukemiin materiaalin lujuudesta on jäljellä enää puolet. Betoni saadaan kestävämmäksi käytettäessä sekoitusvaiheessa tulenkestäviä runkoaineita, kuten masuunikuonaa, tiilimurskaa tai kevytsoraa. (Siikanen 2009b, 150.)

4 YHTEENVETO

Työssä tarkasteltiin erilaisia hallirakennusten runkorakennevaihtoehtoja. Rakennusmateriaaleina rungoissa käytettiin puuta, terästä tai betonia. Jokaisen materiaalin ominaisuuksista selvitettiin perustiedot sekä sille tyypilliset heikkoudet. Mahdollisia runkorakenteita havainnollistettiin työssä kuvien avulla.

Jos itse rakentaisin hallin, toteuttaisin sen todennäköisesti pilarirunkoisena puuhallina. Syitä valintaani on useita: olen tämän työn myötä mm. innostunut puusta ekologisena vaihtoehtona. Lisäksi puurunkoisten hallien valmistamisesta oli erittäin helppoa löytää tietoa. Pilarirunko taas edustaa tyypillistä insinöörin työtehtävää, josta on helppoa selvittää rakenteeseen kohdistuvat ja siitä aiheutuvat kuormitukset.

Työn aloittamisessa ja suunnittelussa oli minulla suuria vaikeuksia, mutta lopuksi sain kuitenkin työn valmiiksi. Alkupuolella ongelmiksi osoittautuivat erityisesti sopivien lähteiden löytäminen ja työn rajaaminen sopivan kokoiseksi. Kirjoittaminen alkoi kuitenkin sujua nopeasti alkuvaikeuksien jälkeen. Yllättävän paljon aikaa kului myös lähteiden ja viitteiden tarkastamiseen sekä asettelumallin viimeistelyyn.

Yhteistyö opinnäytetyönvalvojan kanssa sujui hyvin. Sain riittävän tuen ja avun työn loppuun saattamiseksi.

LÄHTEET

- Elementtisuunnittelun www-sivut. Viitattu 31.10.2014.
<http://www.elementtisuunnittelu.fi/fi>
- Hollolan Viilu ja Laminaatti Oy www-sivut. Viitattu 17.11.2014.
<http://www.hvloy.fi/>
- Laitinen, E. 1995. Teollinen puurakentaminen. Helsinki: Rakennustieto Oy.
- Metalliaitaelementit www-sivut. Viitattu 17.11.2014. <http://aitaelementti.com/>
- Miettinen, E. & Taivalanti, K. 2001 Ruostumaton teräs arkkitehtuurissa. Helsinki: Rakennustieto Oy.
- Museoviraston www-sivut. Viitattu 17.11.2014. <http://www.nba.fi/>
- Oivarauta.fi www-sivut. Viitattu 17.11.2014. <http://www.oivarauta.fi/>
- Paroc www-sivut. Viitattu 17.11.2014. <http://www.paroc.fi/>
- Piironen E. & Saarni R. Teräs julkisessa rakentamisessa. 1998. Helsinki: Rakennustieto Oy.
- PuuInfo. 2010. Toimi ilmaston puolesta: KÄYTÄ PUUTA. PEFC.
- Puufon www-sivut. Viitattu 19.11.2014. <http://www.puufin.fi/>
- Puumerkin www-sivut. Viitattu 12.10.2014. <http://www.puumerkki.fi/>
- Puurakenteen palomitoitus. 2013. Puuinfo. Viitattu 19.11.2014.
<http://www.puuinfo.fi/sites/default/files/content/rakentaminen/suunnitteluohjeet/puurakenteen-palomitoitus/puurakenteenpalomitoitus.pdf>
- Rautaruukin www-sivut. Viitattu 29.10.2014. <http://www.ruukki.fi/>
- RT 82-10804. Avoin puurakennusjärjestelmä. 2003. Helsinki: Rakennustietosäätiö.
- Salonen, K., Keronen, A. & Lod, T. 2010. Puuhallin suunnittelu, esisuunnittelu ja arkkitehtoniset valinnat. Wood Focus Oy.
- Siikanen, U. 2009a. Puurakentaminen. Helsinki: Rakennustieto Oy.
- Siikanen, U. 2009b. Rakennusaineoppi. 7. uud. p. Helsinki: Rakennustieto Oy.
- Suomen Betoniyhdistys r.y. 2009. BY 201 Betonitekniikan oppikirja 2004. 5. uud. p. Helsinki: Suomen betonitieto Oy.

Taloon.com www-sivut. Viitattu 17.11.2014. <http://www.taloon.com/>

Tammervoiman www-sivut. Viitattu 17.11.2014. <http://www.tammervoima.fi/>

Teeri-Kolmion www-sivut. Viitattu 13.10.2014. <http://www.teeri-kolmio.fi/>

Teräsrakenneyhdistys ry. 2010. Teräsrakenteiden suunnittelu ja mitoitus Eurocode 3 –oppikirja. Helsinki: Teräsrakenneyhdistys ry.

Woodproducts www-sivut. Viitattu 17.11.2014. <http://www.woodproducts.fi/>