

Oskari Uusitalo

Parveke- ja luhtikäytävän lattiaelementtirakenteen yksinkertaistaminen

Parveke- ja luhtikäytävän lattiaelementtirakenteen yksinkertaistaminen

Oskari Uusitalo
Opinnäytetyö
Lukukausi (Kevät) 2018
Rakennustekniikan koulutusohjelma
Oulun ammattikorkeakoulu

TIIVISTELMÄ

Oulun ammattikorkeakoulu
Rakennustekniikan koulutusohjelma, Rakennesuunnittelija Insinööri

Tekijä: Oskari Uusitalo

Opinnäytetyön nimi: Parveke- ja luhtikäytävä lattiaelementti rakenteen yksinkertaistaminen

Työn ohjaaja(t): Pekka Kilpinen

Työn valmistumislukukausi ja -vuosi: 2018

Sivumäärä: 20

Suomen työ- ja elinkeinoministeriö haluaa lisätä Suomessa puurakentamista, mikä lisää kilpailua puurakentamisen alalla. Tehokkaammin valmistettavat ja nopeammin asennettavat tuotteet ovat alalla toimiville yrityksille kilpailuvaltteja.

Opinnäytetyön tavoitteena oli kehittää lähtötietojen perusteella uusi kustannustehokas sekä toimiva parveke- ja luhtilattiarakenne, joka täyttää nykyiset rakennusvaatimukset. Lisäksi selvitettiin LapWall Oy:n lähtötietojen pohjalta uuden rakenteen esimitoitus ja sen palonkestävyys 30 minuutin palonkestoaikaa vastaan.

Työssä pyrittiin kehittämään uutta parveke- ja luhtilattiarakennetta niin, että sitä voidaan käyttää mahdollisimman laajasti LapWall Oy:n rakennuskohteissa. Työssä perehdyttiin rakenteelle eurokoodimääräysten sekä valtion asettamiin vaatimuksiin. Kehitetty uusi rakenne otettiin huomioon taloudellisesti tekemällä kustannuslaskelmat rakenteen omakustannus- sekä työhinnasta.

Opinnäytetyössä todettiin, että tutkittavana ollut parveke- ja luhtilattiarakenne täyttää mitoitusvaatimukset ja palomääräykset. Tuote otettiin käyttöön yrityksen tuoteluetteloon.

Asiasanat: osastoivuus, paloluokka, rakennustarvikeluokka

ABSTRACT

Oulu University of Applied Sciences
Bachelor of civil engineering, option of house building engineering

Author: Oskari Uusitalo

Title of thesis: The simplification of the floor element structure of balcony and lofthouse hallway

Supervisor: Pekka Kilpinen

Term and year when the thesis was submitted: 2018

Pages: 20

Ministry in Employment and Economy of Finland wish more wood construction on Finland which increases competition in the wood construction industry. More efficiently manufactured and faster installed production are competitive advantages for the companies in the field.

The objective of the thesis was to get a cost-effective and functional structure that meets today`s requirements. The thesis contemplated dimensioning of the Lapwall company planned construction and fire design against 30 min fire resistance. Cost calculation was also made for the structure.

The objective of the thesis was to implement the structure at different locations of the subscriber which can be exploited as widely as possible. The thesis orientated to construction design of the structure and its different requirements. Economy of the structure was taken into account, by making cost calculations.

Structure of the thesis was satisfied by the construction design requirements and fire regulations. The new product was introduced to LapWall company`s catalog.

Keywords: functionality of the fire section, fire class, construction material class

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ	3
ABSTRACT	4
SISÄLLYS	5
1 JOHDANTO	6
2 ESIMITOITUS JA PALOLUOKITUS	7
2.1 Murtorajatilamitoitus	7
2.2 Käyttörajatilamitoitus	11
2.3 Palomitoitus	11
2.4 Osastoivuus ja paloluokitus	12
3 UUDENRAKENTEEN KUVAUS JA MITOITUS	14
3.1 Rakenteen kuvaus	14
3.2 Rakenteen mitoitus	15
3.3 Rakenteen paloluokka vaatimukset	17
3.4 Kustannuslaskelma	19
4 YHTEENVETO	20
LÄHTEET	21
LIITTEET	22
Liite 1 Laskentapohja	
Liite 2 Rakenteen soveltuvuustaulukko	
Liite 3 Hintavertailutaulukko	
Liite 4 Kerto-Q-levyn jännevälitaulukko	

1 JOHDANTO

Suomen työ- ja elinkeinoministeriö aloitti vuonna 2012 puurakentamishjelman, jonka tarkoituksena on pienentää hiilijalanjälkeä lisäämällä kotimaisen puun käyttöä. Työ- ja elinkeinoministeriö haluaa lisätä puurakentamista sekä sitä kautta puutuotteiden kysyntää ja vientiä.

Opinnäytetyössä tarkastellaan LapWall Oy:ssä kolmen käytössä olevien luhtikäytävän ja parveke-elementtirakenteen yksinkertaistamista. Tarkoituksena on yrityksen henkilökuntaa haastatteleamalla kerätä tarvittavat lähtötiedot ja tehdä uudelle rakenteelle tarkemmat laskelmat.

Opinnäytetyössä tutkitaan, sopiiko uudistettu parveke- ja luhtilattiarakenne LapWall Oy:n tuoteluetteloon. Tuoteluetteloon on selvitettävä rakenteen alustava mitoitus, palomitoitus ja osastoivuus sekä se, missä rakennustyypeissä rakennetta voidaan käyttää.

LapWall Oy halusi myös, että yksinkertaistetun rakenteen kustannuksia verrattaisiin heidän omassa tuoteluettelossa oleviin rakenteisiin. Vertailu tehdään omakustannushintalaskelman sekä asennusaika- ja hintalaskelman pohjalta.

2 ESIMITOITUS JA PALOLUKITUS

Suomessa puurakenteiden suunnittelu noudattaa erilaisia standardeja sekä erilaisia laissa säädettyjä asetuksia ja ohjeita, kuten Maankäyttö- ja rakennuslaki, ympäristöministeriön ohjeet ja asetukset sekä Eurokoodit (1).

Eurokoodien mukainen suunnittelu on ensisijainen suunnittelujärjestelmä. Muuta järjestelmää käyttäessään on suunnittelijan osoitettava suunnitelmiansa kelpoisuus rakennusvalvontaviranomaiselle. Puurakenteiden suunnittelussa käytetään standardia SFS-EN 1990 ja sen kansallisia liitteitä. (2; 3.)

2.1 Murtorajatilamitoitus

Rajatilamitoitus ottaa huomioon rakenteen materiaaliominaisuudet, ilmasto-olosuhteet, ajasta riippuvan toiminnan kuten kuorman vaikutusajan ja erilaiset mitoitustilanteet. Murtorajatila tarkastelee rakennetta tai sen osaa kestävyys-suhteen. (2; 3.)

Rakenteen kuormille on määritetty käytettävän Eurokoodin standardin EN 1990 kansallisen liitteen kuormitusyhdistelmää. Yhdistelmä ottaa huomioon muuttuvat kuormat ja pelkän omanpainon aiheuttamat kuormat. Kuormitusyhdistelmistä valitaan mitoitukseen määräävä kuormitus (2; 3.)

Kuormitusyhdistelystä saatua arvoa käytetään staattisten maksimi arvojen laskennassa. Statiikan perusteita ei tässä opinnäytetyössä käsitellä. Opinnäytetyössä kerrotaan lyhyesti vain taivutus- ja leikkausmitoituksen kulun. Muut mitoitustapaukset rajataan työn ulkopuolelle, koska rakenteen tarkastelussa riittävät edellä mainitut. (2; 3.)

Taivutusmitoitus

Yleisesti taivutusmitoituksessa tulee täytyä murtorajatilamitoitusehto, jossa taivutusjännityksen pitää olla pienempi tai yhtä suuri kuin rakenteen taivutuslujuus (2; 3).

Arvojen suhteesta saadaan niin sanottu käyttöaste, joka kertoo paremmin, kuinka paljon tarkasteltavan rakenneosan kuormituskapasiteettia on vielä käytössä. Ehdon voi muokata suoraan kaavan 1 muotoon, josta saadaan käyttöaste suoraan selville. (2; 3.)

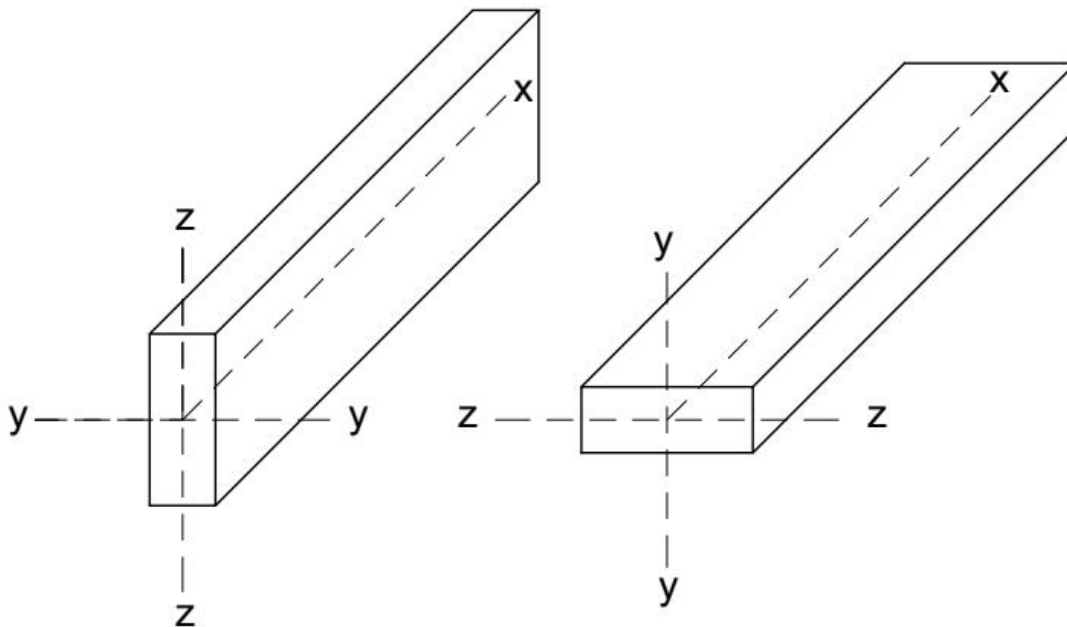
$$\frac{\delta_{m,d}}{f_{m,d}} \leq 1$$

KAAVA 1

$\delta_{m,d}$ = taivutusjännitys

$f_{m,d}$ = rakenteen taivutuslujuus

Mitoituksessa on huomioitava kuormituksen suunta rasitettavan poikkileikkauksen sisäistä koordinaatistoakselia vasten (2; 3). (Kuva 1.)



KUVA 1. Poikkileikkauksen sisäinen koordinaatistoakseli

Poikkileikkauksen lujuusominaisuudet muuttuvat, kun kuormitus pääakselia kohden muuttuu (2; 3).

Kerroin k_m huomioi jännitys jakauman ja materiaalin epähomogeenisuuden vaikutuksen kahteen suuntaan taivutetun poikkileikkauksen taivutuskestävyyteen

nähdän. Epähomogeenisuudella tarkoitetaan materiaalin ominaisuuksien epätasalaatua. Kerroin k_m on sahatavaralle, liimapuulle, LVL:lle ja CLT:lle suorakaitteen muotoiselle poikkileikkaukselle 0,7 ja muille poikkileikkauksille sekä puisille rakennetuotteille 1,0. (2; 3.)

Materiaalien mitoituslujuudet saadaan, kun materiaalin ominaislujuuden ja osavarmuusluvun suhde kerrotaan muunnoskerroimella k_{mod} (kaava 2).

$$f_d = k_{mod} \frac{f_k}{\gamma_M}$$

KAAVA 2

f_d = mitoituslujuus

k_{mod} = muuntokerroin

f_k = ominaislujuus

γ_M = osavarmuusluku

Kaavassa f_k tarkoittaa ominaislujuutta rasituksen mukaan. k_{mod} on kuormituksen keston ja kosteuden vaikutuksesta johtuva muunnoskerroin γ_M on materiaalin osavarmuusluku. (2; 3.)

Suomessa ilmoitettujen puutuotteiden ominaislujuudet ja jäykkyysominaisuudet on testattu vastaamaan 5 minuutin kuormitusaikaa ja RH:n 65 prosentin kosteusolosuhdetta +20 °C:n lämpötilassa. RH-arvolla tarkoitetaan, kuinka monta prosenttia on kyseisessä lämpötilassa ilman kosteus sen kyllästymispisteen kosteudesta. (2; 3.)

Puutuotteilla tulee olla Suomessa CE-merkintä, jolla on eurooppalainen tekninen hyväksyntä (ETA), ympäristö ministeriön tai VTT:n tyyppihyväksyntä. Lausunnolla tai sertifikaatilla voi myös saada merkinnän, jos niille on ohje suunnitellustandardin EN 1995:2004 soveltamisesta. (2; 3.)

Muunnoskerroimen k_{mod} valintaan vaikuttavat olosuhteiden käyttöluokka ja kuorman aikaluokka. Käyttö- ja aikaluokat on määriteltä eurokoodi EN 1995-1-1 standardissa. (2; 3.)

Leikkausmitoitus

Leikkausmitoituksessa mitoitusehtona on, että leikkausjännityksen tulee olla pienempi kuin materiaalin mitoitusleikkauslujuus (2; 3).

Leikkausjännitys τ_d lasketaan yleisesti kaavasta, jossa tarkasteltavan osan toiselle puolelle jäävän osan staattinen momentti neutraaliakselin suhteen ja poikkileikkausta rasittavan leikkausvoimantulo jaetaan poikkileikkauksen neliömomentin ja leveyden tulolla (2; 3) (kaava 3).

$$\tau_d = \frac{V_d S}{I b}$$

KAAVA 3

$\tau_d =$ leikkausjännitys

$V_d =$ leikkausvoima

$S =$ staattinen momentti

$I =$ neliömomentti

$b =$ kappaleen leveys

Laskentakaavasta on suorakaidepoikkileikkaukselle yksinkertaistus, jossa leikkausjännitys saadaan kolminkertaisen poikkileikkausta rasittavan leikkausvoiman ja kaksinkertaisen poikkileikkaus pinta-alan suhteesta (2; 3) (kaava 4).

$$\tau_d = \frac{V_d^3}{A^2}$$

KAAVA 4

$A =$ kappaleen poikkileikkaus pinta – ala

Käyttöluokassa 1 taivutetun rakenteen (palkki) halkeamat huomioidaan käyttämällä tehollista leveyttä b_{ef} . Tehollinen leveys saadaan, kun leveys kerrotaan kertoimella k_{crit} . Tehollinen leveys tulee kyseeseen, kun materiaali on sahatavaara. Sahatavaran k_{crit} -kerroin on 0,67. (2; 3.)

Mitoituksessa voidaan suurinta leikkausvoiman arvoa V_{max} pienentää arvoon V_{red} , kun rakennetta rasittaa jatkuva tasainen kuormitus. (2; 3.)

2.2 Käyttörajatilamitoitus

Käyttörajatilanmitoitus tilanteissa rakennetta tai rakenneosaa tarkastellaan normaalin käyttötilanteen mukaan. Rakenteen tai rakenneosan käyttörajatilan mitoitus huomioi käyttäjän mukavuuden ja rakennuskohteen ulkonäön. Käyttörajatilanmitoituksissa tarkastellaan rakenteeseen tai rakenneosaan aiheutuvia siirtymiä, värähtelyä ja mahdollisia vaurioita. Taipuman ja värähtelyn rajoittamisella pyritään vaikuttamaan edellä mainittuihin tapauksiin. Opinnäytetyössä ei tarkastella värähtelymitoitusta. (2; 3.)

Taipuman mitoitus

Taipuman mitoituksessa pyritään rajoittamaan rakenteen tai rakenneosan suurinta taipumaa. Taipuman rajoittamiseksi voidaan tehdä esikorotus, jolloin saadaan taipuma pysymään standardin EN 1995-1-1 mukaisina. Liiallista taipumaa voidaan myös pienentää suurentamalla poikkileikkausta, jolloin jäykkyysominaisuudet muuttuvat. (2; 3.)

Rakenteen tai rakenneosan lopputaipuma koostuu muun muassa esikorotuksesta, hetkellisestä taipumasta, viruman aiheuttamasta lisätaipumasta ja kokonaistaipumasta (2; 3).

2.3 Palomitoitus

Palomitoituksessa rakennusosia tarkastellaan standardoidun lämpötila-aikakäyrän mukaisesti. Rakennusosille on annettu palonkestävyysvaatimukset R, E ja I. Rakennusosan tulee täyttää edellä mainitut vaatimukset. (4; 5.)

Kantavien rakenteiden osalle on määrätty vaatimus R. Osastoiville rakenteille vaaditaan E ja tarvittaessa myös vaatimus I. Osastoiville ja kantaville rakenteille ovat vaatimukset R ja E sekä myös tarvittaessa vaatimus I. (4; 5.)

Palomitoituksessa rakenne tarkastellaan vaatimuksen R suhteen tietyn palonkestoajan mukaan siten, että kantavuus säilyy. Palomitoituksessa rakenteen mitoitusehtona on, että palotilanteen kuormien aiheuttama rasitus on pienempi kuin palotilanteen kestävyuden mitoitusarvo. (4; 5.)

Hiililymissyvyys tilanteessa, jossa tarkastellaan massiivipuulaattaa tai -seinää, on yksidimensionaalinen hiililymisnopeus. Yksidimensionaalisella hiililymisnopeudella tarkoitetaan yhdeltä puolelta tasomaisen rakenteen palamisesta johtuvaa hiililymistä eli poikkileikkaus pienenee. (4; 5.)

2.4 Osastoivuus ja paloluokitus

Suomen ympäristöministeriö on säätänyt 5. päivä helmikuuta 1999 maankäyttö- ja rakennuslain (132/1999) 13 §, jossa rakentamisessa sovellettavat määräykset ja ohjeet rakennusten paloturvallisuudesta esitetään. Vuonna 2011 on astunut voimaan asetus, joka kumoaa edellisen asetuksen paloturvallisuudesta. Suomessa sovelletaan Suomen rakentamismääräyskokoelman E1 ohjetta edellä mainitusta säädöksestä rakennusten paloturvallisuudesta. (5.)

Paloluokitus

Paloluokituksessa rakennus, rakennusosa ja materiaali jaetaan omiin luokkiinsa. Paloluokkiin vaikuttavia tekijöitä ovat rakennuksen käyttötarkoitus, palokuormitus ja rakennuksen henkilömäärä. (5.)

Rakennukset jaetaan kolmeen paloluokkaan P1, P2 ja P3. Paloluokassa P1 rakennuksen kantavien osien oletetaan kestävän palotilanteessa sortumatta. Rakennuksen kokoa ja henkilömäärää ei P1-luokassa rajoiteta. Palotekniset kriteerit ovat P2-paloluokassa matalammat rakennuksen kantavien osien osalta kuin P1-luokassa. Paloluokassa P2 riittävä turvallisuustaso saavutetaan asettamalla vaatimuksia pintaosien ominaisuuksille ja paloturvallisuutta parantaville laitteille. Paloluokassa P3 riittävä turvallisuustaso saadaan rajoittamalla rakennuksen kokoa ja henkilömäärää. (5.)

Rakennusosien paloluokka määräytyy sen mukaan, miten rakennusosa kestää paloa. Rakennusosan paloluokituksessa käytettävät merkinnät ovat R, E ja I. Merkintä R osoittaa kantavuutta, E tiiveyttä ja I eristävyyttä palotilanteessa. Rakennusosan paloluokituksessa ilmoitetaan myös palonkestävyys aika minuutteina. Palonkestävyydessä käytetään seuraavia aikoja: 15, 30, 45, 60, 90, 120, 180 ja 240. Rakennusosan paloluokka määräytyy näistä tekijöistä ja ilmaistaan esimerkiksi muodossa REI60. (5.)

Rakennusmateriaalit on jaettu niin sanottuihin rakennustarvikeluokkiin. Taulukossa 1 on esitetty rakennustarvikeluokat. Rakennustarvikeluokkia on kuusi ja ensimmäinen luokka on jaettu kahteen. Näitä luokkia merkitään seuraavasti A1, A2, B, C, D, E ja F. Rakennustarvikeluokan merkinnän jälkeen ilmoitetaan savuntuottoluokka, jonka merkintä on s1, s2 tai s3. Tämän jälkeen ilmoitetaan palossa aiheituvan pisaroinnin luokka, joita ovat d0, d1 ja d2. Lattiapäällysteet merkitään rakennustarvikeluokassa alaindeksillä FL sekä savuntuotto s1 ja s2 merkinnällä esimerkiksi A1_{FL}-s1. (5.)

TAULUKKO 1. Rakennustarvikeluokat (7, s. 3)

Luokka	Selite
A1	Tarvikkeet, jotka eivät osallistu lainkaan paloon.
A2	Tarvikkeet, joiden osallistuminen paloon on erittäin rajoitettu.
B	Tarvikkeet, joiden osallistuminen paloon on hyvin rajoitettu.
C	Tarvikkeet, jotka osallistuvat paloon rajoitetusti.
D	Tarvikkeet, joiden osallistuminen paloon on hyväksyttävissä
E	Tarvikkeet, joiden käyttäminen palossa on hyväksyttävissä.
F	Tarvikkeet, joiden käyttäytymistä ei ole määritetty.
s1	Savuntuotto on erittäin vähäistä
s2	Savuntuotto on vähäistä
s3	Savuntuotto ei täytä s1 eikä s2 vaatimuksia
d0	Palavia pisaroita tai osia ei synny
d1	Palavat pisarat tai osat sammuvat nopeasti
d2	Palavien pisaroiden tai osien tuotto ei täytä d0 eikä d1 vaatimuksia

Luokat A1 ja F esiintyvät aina ilman lisämäärettä. E ilman lisämäärettä tarkoittaa, että tarvikkeesta ei irtoa palavia pisaroita. Kaikki muut luokat sisältävät myös lisämääreitä esim. A2-s1, d0. (5.)

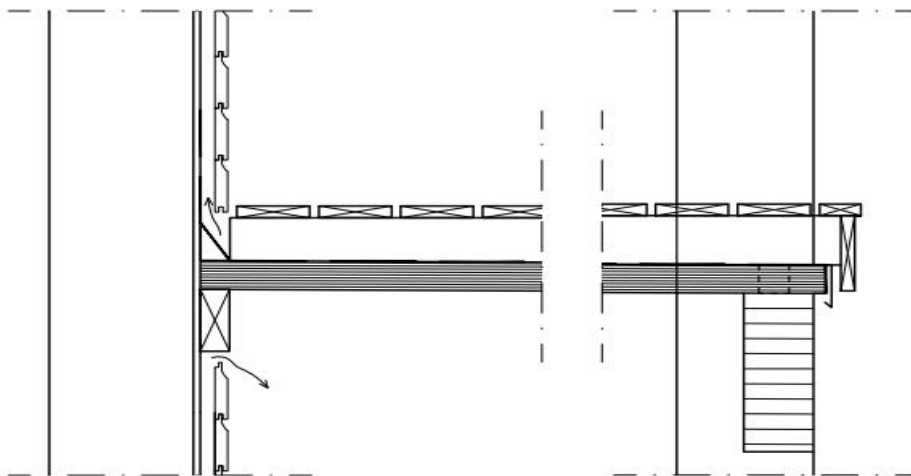
3 UUDENRAKENTEEN KUVAUS JA MITOITUS

Työssä tarkasteltavan parveke- ja luhtilattiarakenteen on suunnitellut etukäteen LapWall Oy:n suunnitteluosasto. Opinnäytetyössä tehtävänä oli selvittää rakenteen soveltuvuus eri rakennustyyppien paloluokissa sekä tehdä esimitoitus rakenteelle, jonka perusteella saatiin maksimidimensiot uudelle rakenteelle. Rakenteelle tehtiin myös kustannuslaskelma, jossa verrattiin jo LapWall Oy:n olemassa olevien vastaavien rakenteiden omakustannushintaa.

3.1 Rakenteen kuvaus

Rakennemallissa on esitetty kerrokset alapinnasta yläpintaan. Ensimmäisenä on kantava osa, jonka materiaali on Kerto-Q-levy. Alustavan mitoituksen lähtökohtana on löytää muutama järkevä Kerto-Q-levy vaihtoehtodimensiot huomioiden. Kerto-Q-levy asennetaan 1:100 kaadolle. Jos levy on kaksi metriä pitkä, kaato on sillä matkalla kaksi senttimetriä. (Kuva 2.)

Levyn päällä toisena kerroksena on vedeneristys, jonka tarkoituksena on suojata kantavaa osaa sade- ja sulamisvedeltä. Kolmas kerros on oikaisukoolaus, joka toimii runkona pintarakenteelle. Oikaisukoolauksella on tarkoitus luoda pintarakenteelle tasainen pohja, jolla on mieluisa kulkea. Pintakerroksena toimii niin sanottu rallilaudoitus, jonka yleiskoko on 28 x120. (Kuva 2.)



KUVA 2. Leikkauskuva uudesta rakenteesta

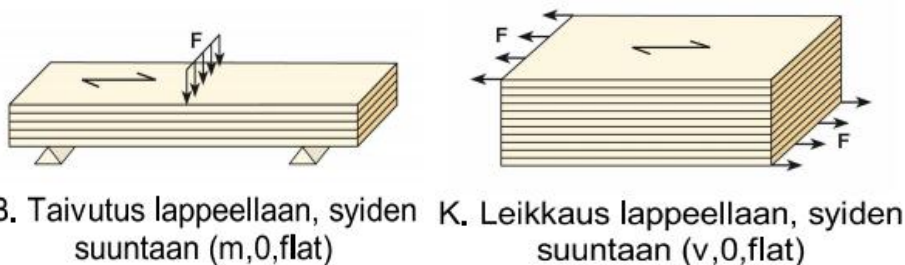
3.2 Rakenteen mitoitus

Kuvatulle rakenteelle tehtiin laskentapohja, joka laskee Kerto-Q-levyn eripaksuuksille eurokoodisuunnittelun mukaisesti normaali- ja palotilanteen taivutus- sekä leikkausmitoituksen. Laskentapohjassa on myös käyttörajatilan taipuman laskenta.

Laskentapohjassa ominaiskuormat muodostuvat rakenteen omasta painosta ja hyötykuormasta. Rakenteen omaan painoon on laskettu rakenteen päällysrakenteiden omapaino sekä kantavan osan omapaino. Hyötykuorman arvona käytettiin $2,5 \text{ kN/m}^2$.

Hyötykuormalla tarkoitetaan tilan käytöstä muodostuvia kuormia, kuten henkilöt huonekalut, koneet ym. Hyötykuorman aikaluokka tässä tapauksessa on keskipitkä. Rakenteen omanpainon laskennassa käytettiin valmistajan antamia tilavuuspainon arvoja. Päällysrakenteisiin käytettiin keskimääräistä puuntilavuuspainon arvoa 500 kg/m^3 .

Laskentapohjassa ominaislujuuksien arvot on otettu VTT:n myöntämästä sertifikaatista nro 184/03. Taivutuslujuuden ominaisarvona käytettiin $f_{m,0,flat,k} = 36 \text{ N/mm}^2$, koska kuormitusilanteessa kuorma on lappeen kohtisuoraan syiden suuntaan. Vetolujuuden ominaisarvo määräytyy samalla tapaa $f_{v,0,flat,k} = 1,3 \text{ N/mm}^2$. (Kuva 3.)



KUVA 3. Kuvaus Kerto-Q-levyn taivutus- ja leikkauskestävyydestä

Rakenteen ollessa luhtikäytävässä tai parvekkeessa on se silloin käyttöluokassa 2. Käyttöluokan 2 rakenne on katetussa tilassa, jossa sen kastuminen on estetty. Kuorman keston ja kosteusvaikutuksen muunnoskertoimen k_{mod} arvoksi määräytyi 0,8. Jos kuormitusyhdistelmässä on useita eri aikaluokkaan kuuluvia kuormia, muuntokertoimenarvo valitaan lyhytkestoisimman mukaan. (Liite 1.)

Liitteen 1 esimerkkilaskennassa käytettiin 75 millimetrin levyvahvuutta, jonka taivutuslujuuden käyttöasteeksi saatiin 18 prosenttia ja leikkauslujuudelle 14 prosenttia. Esimitoituksessa ei oteta kantaa syyn suuntaan kohtisuoraan tapahtuvan puristuksen laskentaan, koska ei tiedetä tukipinnan vaikutusta. Puristusmitoitus tuella pitää tarkastaa kohdekohtaisesti.

Liitteen 1 palomitoitus tehtiin 30 minuutin palonkestoajaa vastaan, koska paloluokituksessa ilmeni, että rakenteita käytetään pääasiassa parvekkeissa ja luhtikäytävissä. Liitteen 2 taulukosta ilmenee rakenteen soveltuvuus eri paloluokissa.

Rakenteen palomitoituksessa käytettiin tehollisen poikkileikkauksen menetelmää hiiltemissyvyyden laskentaan. Hiiltemissyvyyden mitoituservo laskettiin RIL 205-2-2009 kaavan 3.1 mukaisesti, koska kyseessä on massiivinen puulaatta. Kaavassa käytetään standardipalorasituksen β_0 hiiltemisnopeuden arvoa.

Tehollisen poikkileikkauksen menetelmässä k_0 -kertoimen arvo määräytyi palonkestoajan mukaan. Yli 20 minuutin palonkestoajan k_0 -kertoimen arvoksi saatiin 1,0. Laskentapohjaan tehtiin myös palomitoitus mahdollisuus 15 minuutin palonkestoajaa vastaan. 15 minuutin palonkestoajan k_0 -kertoimen arvoksi tuli 0,75.

Poikkileikkauksen tehollinen hiiltemissivvyys saatiin, kun hiiltemisen etenemissivvyys kerrottiin k_0 -kertoimella. Tehollinen poikkileikkaus saadaan, kun levyvahvuudesta vähennetään tehollinen hiiltemissivvyys.

Tehollisen poikkileikkauksen arvoilla laskettiin taivutus- ja leikkausmitoitukseen tarvittavat jäykkyys- ja lujuusominaisuuksien arvot. Palotilanteen kuormitusyhdistelmässä käytettiin RIL 205-2-2009 kaavaa 2.7.1S. Liitteessä 1 palomitoitukseen taivutuksen käyttöasteeksi saatiin kahdeksan prosenttia ja leikkausmitoituksen käyttöasteeksi neljä prosenttia.

Käyttörajan taipuman mitoitus osoittautui suurimman jännemitan selvittämiseksi määrääväksi. Liitteessä 4 on esitetty taulukossa kunkin levyvahvuuden suurimmat jännemitat. Taipumamitoitus tehtiin opinnäytetyön luvun 2.2 käyttörajanmitoituksen mukaisesti ilman esikorotuksia.

3.3 Rakenteen paloluokkavaatimukset

Opinnäytetyössä käsiteltävän rakenteen paloluokka määräytyy pääosin rakennuksen käyttötarkoituksen mukaan. Puurakenne rajaa työtä siten, että rakennetta tarkasteltiin vain kolmesta eri käyttötarkoituksesta. Tarkastelun kohteena olivat 3-8 -kerroksinen kerrostalo P2-paloluokassa, maksimissaan 2-kerroksinen luhtitalo P2-paloluokassa sekä paloluokan P3 luhtitalo.

Tilaaajan pyrkimyksenä oli saada rakenne täyttämään paloluokan REI30-vaatimukset. Työssä selvitettiin, missä rakennuksen paloluokassa voidaan rakennetta käyttää ja mitä vaatimuksia siinä ilmenee. Palokuorman ja rakennuksen käyttötarkoituksella taulukosta 2 saatiin rakennuksen kantavien rakenteiden luokkavaatimukset.

TAULUKKO 2. Kantavien rakenteiden luokkavaatimukset (7, s.7)

TAULUKKO 6.2.1	KANTAVIEN RAKENTEIDEN LUOKKAVAATIMUKSET						
	Rakennuksen paloluokka						
	P1			P2		P3	
	Palokuorma MJ/m ²			Palokuorma MJ/m ²			
	yli 1200	600–1200	alle 600	yli 1200	600–1200	alle 600	
Sarake	1	2	3	4	5	6	7
Enintään 2-kerroksinen rakennus yleensä	R 120 *	R 90 *	R 60 *	R 30	R 30	R 30	-
- jos rakennuksen eristeet eivät ole vähintään luokkaa A2-s1, d0	R 120	R 90	R 60	R 30	R 30	R 30	-
- hoitolaitokset, majoitustilat, kellarit	R 120	R 90	R 60	R 30	R 30	R 30	-
3–8-kerroksinen rakennus yleensä	R 180	R 120	R 60	ei mahd.	ei mahd.	ei mahd.	ei mahd.
3–8-kerroksinen asuin- tai työpaikkarakennus							
- kerrokset	R 180	R 120	R 60	R 180 *	R 120 *	R 60 *	ei mahd.
- kellarikerrokset	R 180	R 120	R 60	R 180	R 120	R 60	ei mahd.
Yli 8-kerroksinen rakennus	R 240	R 180	R 120	ei mahd.	ei mahd.	ei mahd.	ei mahd.
Ylimmän maanalaisen kellarikerroksen alapuolella sijaitsevat kellarikerrokset	R 240	R 180	R 120	R 240	R 180	R 120	R 60

Taulukosta 2 ilmenee, että kantavien rakenteiden täytyy olla vähintään R30-paloluokassa, kun rakennus on enintään 2-kerroksinen ja korkeintaan P2-paloluokassa. 3-8-kerroksinen kerrostalon kantavien rakenteiden on oltava vähintään R60-luokassa, kun palokuorma on vähemmän kuin 600 MJ/m².

Luhtikäytävää käsiteltiin työssä uloskäytävänä. Rakennusmääräyskokoelman E1 rakennusten paloturvallisuus ohjeesta kävi ilmi, että P2-luokan rakennuksen porrassyökyjen ja tasanteiden on täytettävä R30-vaatimus, kun palokuorma on alle 600 MJ/m². Kantavien rakenteiden pintaluokan on oltava vähintään A2-s1, d0. Työtä rajattiin tämän osalta siten, että rakennetta ei tarkasteltu luhtikäytävän osalta 3-8-kerroksisessa kerrostalossa, jossa paloluokka on P2.

Parvekkeissa paloluokituksen kriteerit ovat alhaisemmat kuin luhtikäytävissä, jolloin REI30-rakenne olisi mahdollinen toteuttaa myös P2-luokan 3-8-kerroksisessa kerrostalossa.

Rakenteen pintaluokissa sovellettiin Puuinfon teknisiä tiedotteita apuna tulkitsemaan RakMK E1 ohjetta. P2-luokan 3-8-kerroksisen rakennuksen luhtikäytävän pintaluokat määräytyivät uloskäytäviin sovellettavien määräysten mukaan. Luhtikäytävän pinnat täytyisi E1 ohjeen mukaan suojaverhoilla, jos rakenteen pinnat eivät täytä A2-s1, d0-luokan vaatimusta. Palosuojamaalauksella rakenteen pintaluokaksi saatiin B-s1, d0, joka riittää täyttämään parvekkeissa vaaditun luokan.

Rakenteen ominaisuuksilla päästiin neljänteen rakennustarvikeluokkaan eli D-s1, d0-pintaluokkaan. Käyttötarkoituksen mukainen P2-luokka, jossa maksimissaan 2-kerrosta, rakenteen pintaluokka täyttää vaatimukset semmoisenaan. Hoitolaitoksien pintaluokka kriteerit ovat vaativammat. Hoitolaitoksien pintaluokka on B-s2, d2, jolloin rakenne on suojamaalattava vaatimuksien täyttämiseksi.

P3-paloluokassa, joka maksimissaan 2-kerroksinen ovat pintaluokan vaatimukset samaa luokkaa kuin vastaavassa P2-paloluokassa eli rakenne soveltuu sellaisenaan. Lattian pintaluokka vaatimus D_{FL}-s1 tarkoittaa puutuotteita, jolloin yläpinnan rallilaudoitus on riittävä tähän luokkaan.

3.4 Kustannuslaskelma

Kustannuslaskelmassa keskityttiin LapWall Oy:n kolmen käytössä olevan ja tässä opinnäytetyössä kehitetyn rakenteen omakustannushintaan. Laskelmat pitää esittää työssä prosenttiosuuksina LapWall Oy:n pyynnöstä.

Rakenteet, joita verrattiin, löytyvät LapWall Oy:n tuoteluettelosta. Rakenteet ovat tehtaalla tehtyjä valmiita elementtejä. Tuotekorttien nimet ovat LWPAR, LWPAROS ja LWPAROSKL. Työssä laskettiin 33-75 millimetrin levyvahvuuksille omakustannushinnat ja hintoja verrattiin edellä mainittujen elementtien hintaan. Liitteessä 3 on esitetty vertailu kokonaisuudessaan.

Omakustannuslaskelmassa on laskettu kuutiohinnasta neliöhinta ja lisättiin viiden prosentin hukka, josta saatiin kokonaisneliöhinta. Liitteessä kolme on esitetty kunkin levyvahvuuden hintavertailu prosentteina. Taulukkoon on merkitty ne arvot, jotka ovat kalliimpia, miinusmerkillä. Esimerkiksi liitteen kolme taulukossa 75 millimetrin levyvahvuudella LWPARLVL, joka nimettiin edustamaan opinnäytetyössä kehitettyä rakennetta, on 0,99 prosenttia kalliimpi kuin LWPAR eli normaali parvekevälipohja.

4 YHTEENVETO

Opinnäytetyössä selvitettiin yksinkertaistetun rakenteen soveltuvuutta LapWall Oy:n tuoteluetteloon. Tavoitteena oli kehittää kilpailukykyinen parveke- ja luhtilattiaelementti, joka täyttää nykyiset rakennusvaatimukset. Työssä havaittiin, että tarkasteltu rakenne täytti pääosin työssä tutkitut paloluokkavaatimukset, joita työssä tutkittiin. 3-8-kerroksisen kerrostalon P2-paloluokan luhtikäytävissä rakennetta ei pystytä käyttämään, koska luhtikäytävän rakenteet tulisi suojaverhoilla A2-s1, d0-rakennustarvikeluokan tuotteilla (liite 2).

Tilaaaja halusi, että rakennetta ei tarvitse suojaverholla ollenkaan. Työssä tehdyn tarkastelun mukaan rakenne soveltuu käytettäväksi muihin tilaajan asettamiin kohteisiin paloluokkavaatimusten mukaan. Opinnäytetyön rakennetta pystytään käyttämään laajasti puurakentamisen alalla, mikä oli myös tavoitteena.

Paloluokkavaatimukseksi tilaaaja asetti rakenteelle EI30-vaatimuksen. Työssä tarkasteltu rakenteen paloluokkavaatimus täyttyi 33 millimetrin levyvahvuudessa. 57 millimetrin levyvahvuus täyttää EI60-vaatimuksen, joka antaa rakenteelle laajemman käyttömahdollisuuden.

Rakenteelle tehdyt vertailulaskelmat omakustannushinnasta osoittivat, että rakenne on omakustannushinnaltaan kilpailukykyinen verrattuna nykyisiin tuotteisiin. Opinnäytetyössä tarkasteltu tuote oli vain prosentin kalliimpi verrattuna halvimpaan nykyisistä tuotteista.

Opinnäytetyössä haasteena oli paloluokkavaatimusten oikein tulkitseminen ja rakenteen soveltuvuuden tarkastelu eri käyttökohteissa. Opinnäytetyössä päästiin mielestäni todella hyvin tavoitteisiin, jotka tilaaaja oli asettanut. Työssä tarkasteltu rakenne on otettu osaksi LapWall Oy:n tuoteluetteloa.

LÄHTEET

1. Puurakentamisen asema ja mahdollisuudet Suomessa. 2018. Puurakentaminen. Puuinfo. Saatavissa: <https://www.puuinfo.fi/puutieto/puurakentaminen/puurakentamisen-asema-ja-mahdollisuudet-suomessa>.
2. RIL 205-1-2007 Puurakenteiden suunnitteluohje. Helsinki: Suomen rakennusinsinöörien liitto RIL.
3. RIL 201-1-2008. 2008. Suunnitteluperusteet ja ranteiden kuormat. Helsinki: Suomen rakennusinsinöörien liitto RIL.
4. RIL 205-2-2007 Puurakenteiden suunnitteluohje. Helsinki: Suomen rakennusinsinöörien liitto RIL.
5. Rakennusten paloturvallisuus. 2011. Suomen rakentamismääräyskoelma E1. Ympäristöministeriö.
6. Parveke ja luhtikäytävä (max2/P3). 2013. Tekniset tiedotteet. Puuinfo. Saatavissa: <http://www.puuinfo.fi/suunnitteluohjeet/parveke-ja-luhtik%C3%A4yt%C3%A4v%C3%A4-max-2p3>. Hakupäivä 18.12.2016.
7. Parveke ja luhtikäytävä (max2/P2). 2013. Tekniset tiedotteet. Puuinfo. Saatavissa: <http://www.puuinfo.fi/suunnitteluohjeet/parveke-ja-luhtik%C3%A4yt%C3%A4v%C3%A4-max-2p2>. Hakupäivä 18.12.2016.
8. Parveke ja luhtikäytävä (3-8/P2). 2013. Tekniset tiedotteet. Puuinfo. Saatavissa: <http://www.puuinfo.fi/suunnitteluohjeet/parveke-ja-luhtik%C3%A4yt%C3%A4v%C3%A4-3-8p2>. Hakupäivä 18.12.2016.

LASKENTAPOHJA

Murtorajatiljan mitoitus

Kuormitus:

Omapaino :	$G_k=$	1,41436	kN/m
Hyötykuorma	$Q_k=$	6,25	kN/m
Lumikuorma		0	kN/m

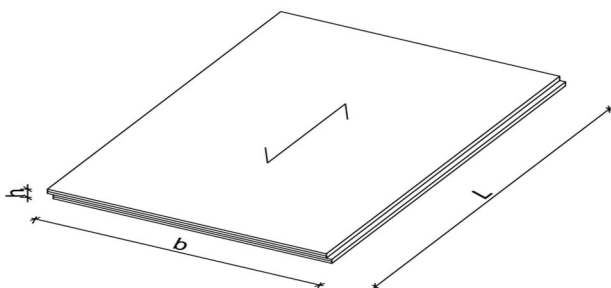
Yhdistely:

Kuormakerroin:

 K_{FI} 1 $1,15K_{FI}G_k+1,5K_{FI}Q_k$ 11,00151528 kN/m $E_d=$ 11,00152 kN/m $1,35K_{FI}G_k$ 1,9093875 kN/m

Poikkileikkaus ominaisuudet:

Jännemitta:	$L=$	2720	mm
Leveys:	$b=$	2500	mm
Levyypaksuus:	$h=$	75	mm



Haetaan maksimi jänne mitta kokeilemalla:

$$w_{\text{net,fin}} = 8,999758 < L/300 = 9,066667 \quad \text{99,26 \%}$$

b	2500 mm
A	187500 mm ²
W	2343750 mm ³
I	87890625 mm ⁴

Lujuusominaisuudet:

Osavarmuusluku: $\gamma_M = 1,2$

Käyttöluokka		
1	2	3
0	0,8	0
$k_{\text{mod}} = 0,8$		

$f_{m,0,\text{flat},k}$	36 N/mm ²	$f_{m,d}$	24 N/mm ²
$f_{r,0k}$	1,3 N/mm ²	$f_{v,d}$	0,866667 N/mm ²

Taivutus:

$M_d = 10174201,33 \text{ Nmm}$

$$\sigma_{m,d} = M_d/W = 4,340993 \text{ N/mm}^2 \leq f_{m,d} = 24 \text{ N/mm}^2$$

Käyttöaste: 18 %

Leikkaus:

$V_d = 14962,06078 \text{ N}$

$$\tau_d = 3V_d/2A = 0,119696 \text{ N/mm}^2 \leq f_{v,d} = 0,866667 \text{ N/mm}^2$$

Käyttöaste: 14 %

Palomitoitus

Paloluokka: Paloaika: min

KUORMAT

Omapaino 1,41436111 kN/m $\Psi_{2,t}$ 0,3
 Hyötykuorma 6,25 kN/m
 Lumikuorma 0 $E_{d,fi}$ 3,2893611 kN/m

Hiiltyminen

t 30 min
 do 7 mm
 k₀ JOS t < 20 MIN k₀ VÄLILLÄ 0...1
 β_0 0,65 mm/min Yksidimensionaalinen hiiltyminen (esim.
 d_{char,0} 19,5 mm massiivinenpuu laatta)
 d_{ef} 26,5 mm

Poikkileikkaus

Levyn vahvuus: mm Jännemitta: mm

L	2720 mm	JOS JOKU LUKU MIINUS MERKINEN MITOITUS EI TOTEUDU. SYY def HILTYMISSYVYYS SUUREMPI KUIN ALKUPERÄINEN POIKKILEIKKAUS (POIKKILEIKKAUS PALAA LÄPI).
b	1000 mm	
b _{fi}	2500 mm	
h	75 mm	
h _{fi}	48,5 mm	
A	75000 mm	
A _{fi}	121250 mm	
W	937500 mm	
W _{fi}	980104 mm	
I	35156250 mm ⁴	
I _{fi}	9507010,42 mm ⁴	
f _{m,k}	36 N/mm ²	k _{mod,fi} 1
f _{v,k}	1,3 N/mm ²	k _{fi} 1,10
f _{c,90,k}	N/mm ²	$\gamma_{M,fi}$ 1
		f _{m,d,fi} 39,6 N/mm ²
		f _{v,d,fi} 1,43 N/mm ²

Taivutus:

$$M_{d,fi} = 3042001 \quad E_{d,fi} \cdot L^2 / 8$$

$$\sigma_{m,d} = M_d / W_{fi} = 3,10375291 \text{ N/mm}^2 \leq f_{m,d} = 39,6 \text{ N/mm}^2$$

Käyttöaste: **8 %**

Leikkaus:

$$V_{d,fi} = 4473,531 \text{ N}$$

$$\tau_d = 3V_d / 2A_{fi} = 0,055 \text{ N/mm}^2 \leq f_{v,d} = 1,43 \text{ N/mm}^2$$

Käyttöaste: **4 %**

Käyttörajatilan mitoitus:

Kuormitus:

$$G_k = 1,414361 \text{ kN/m}$$

$$Q_k = 6,25 \text{ kN/m}$$

Poikkeikkaus ominaisuudet:

L	2720 mm	E_{mean}	10500 N/mm ²
h	75 mm	G_{mean}	120 N/mm ²
b	2500 mm		
A	187500 mm ²	p_{ref}	1 kN/m
I	87890625 mm ⁴	F_{ref}	0 kN

Taipuma:

Hetkellinen taipuma:

$$w_{ref} = \mathbf{0,821616} \quad \text{tai} \quad (5p_{ref}L^4/384E_{0,mean}I) + (3p_{ref}L^2/20G_{mean}A) = 0,821616$$

$$(F_{ref}L^3/48E_{0,mean}I) + (3F_{ref}L/10G_{mean}A) = 0$$

$w_{inst,G}$	1,162062			$w_{inst,Q}$	5,135103
w_{inst}	6,297	<	L/400	6,8	92,6 %

Kokonaistai-
puma:

K_{def}	1
$\psi_{2,1}$	0,3
$\psi_{0,t}$	0
$\psi_{2,t}$	0

$w_{fin,G}$	2,324125			$w_{fin,Q,1}$	6,675634
$w_{net,fin}$	9,000	<	L/300	9,066667	99,3 %

Maksimijännemitta taipuman perusteella:

kokeillaan maksimi jännemitta:

L 2720 mm

$w_{net,fin}$	8,999758	<	L/300	9,066667	99,26 %
---------------	----------	---	-------	----------	---------

Tulokset:

Murtorajatila:

Taivutus:

M_d 10174201 Nmm

$\sigma_{m,d} = M_d/W_{fi} = 4,340993 \text{ N/mm}^2 \leq f_{m,d} = 24 \text{ N/mm}^2$

Käyttöaste: 18 %

Leikkaus:

V_d 14962,06 N

$\tau_d = 3V_d/2A =$ 0,119696 N/mm² \leq $f_{v,d} =$ 0,866667 N/mm²

Käyttöaste: 14 %

Palomitoitus:

Taivutus:

$M_{d,fi}$ 3042001 $E_{d,fi} \cdot L^2/8$

$\sigma_{m,d} = M_d/W_{fi} =$ 3,103753 N/mm² \leq $f_{m,d} =$ 39,6 N/mm²

Käyttöaste: 8 %

Leikkaus:

$V_{d,fi}$ 4473,531 N

$\tau_d = 3V_d/2A_{fi} =$ 0,055343 N/mm² \leq $f_{v,d} =$ 1,43 N/mm²

Käyttöaste: 4 %

Käyttörajatila:

Hetkellinen taipuma:

w_{inst} 6,297 < L/400 7

käyttöaste: 92,6 %

Loppu taipuma:

$w_{net,fin}$ 9,000 < L/300 9

Käyttöaste: 99,3 %

Maksimi jännemitta:

L 2720

Käyttöaste: 99,3 %

Levyn paino:

$m = 510 \text{ kg/m}^3 \cdot h \cdot L \cdot b$ 260,1 kg

RAKENTEEN SOPIVUUS ERI RAKENNUSTYYPEISSÄ:

SOVELTUU EI SOVELLU

SOVELTUU PALO-SUOJAMAALATTUNA

(3-8 KRS. P2) OSASTOIVUUS/ RAKENNUSTARVIKELUOKKA VAATIMUKSET			
Rakenteentyyppi/Rakennusosa	RUNGON PYSTY JA VAAKARAKENTEET	PARVEKE/ LUHTIKÄYTTÄVÄLAATTA	RUNGON PYSTY JA VAAKARAKENTEET 2-8 KRS.
AVOIN PARVEKE	R30/B-s2,d0	REI30/B-s2,d0	-
SISÄINENPARVEKE	-	REI30/B-s2,d0	-
AVOIN LUHTIKÄYTTÄVÄ	R60/B-s2,d0*	REI30/B-s2,d0*	-
UMPINAINENLUHTIKÄYTTÄVÄ	R30/B-s2,d0*	REI60/B-s2,d0*	R60/A2-s1,d0*

Luhtikäytävä laatan yläpinnanvaatimus D_{r1} - s1

*RakMK E1 Paloturvallisuus ohjeen kohdan 10.5.4 mukaan 3-8-kerroksisen P2-luokan rakennuksen uloskäytävän porrassyökyt ja -tasanteet ja niitä kannattavat rakenteet, jotka eivät ole vähintään A2-s1, d0-luokkaa, tulee suojaverhota portaiden yläpintaa lukuun ottamatta vähintään K2 30, A2-s1, d0-luokan tarvikkeilla. P2-luokan rakennuksen porrassyökyjen ja tasanteiden tulee täyttää luokan R 30 vaatimukset, kun siihen johtavien tilojen palokuorma on alle 600 MJ/m2. Vastaava vaatimus on R 60, kun palokuorma on tätä suurempi.

Kerto- Q levyn rakenustarvike luokka: 4. luokka D-s1,d0

Palosuojamaaluksella saavutettu rakenustarvike luokka: 2. luokka B-s1,d0

(MAX 2 KRS./P2) OSASTOIVUUS/ RAKENNUSTARVIKELUOKKA VAATIMUKSET			
Rakenteentyyppi/Rakennusosa	RUNGON PYSTY JA VAAKARAKENTEET	PARVEKE/ LUHTIKÄYTTÄVÄLAATTA	RUNGON PYSTY JA VAAKARAKENTEET 2-8 KRS.
AVOIN PARVEKE	R15/D-s2,d2*	REI15/D-s2,d2*	-
SISÄINENPARVEKE	-	REI15/D-s2,d2*	-
AVOIN LUHTIKÄYTTÄVÄ	R30/D-s2,d2*	REI30/D-s2,d2*	-
UMPINAINENLUHTIKÄYTTÄVÄ	R30/D-s2,d2*	REI30/D-s2,d2*	-

Luhtikäytävä laatan yläpinnanvaatimus D_{r1} - s1

Pintaluokka D-s2, d2, lukuun ottamatta lattiapintaa, kun kysymyksessä on muu P2-paloluokan rakennus

*Pintaluokka B-s2, d2, lukuun ottamatta lattiapintaa, kun kysymyksessä on hoitorakennus

Kerto- Q levyn rakenustarvike luokka: 4. luokka D-s1,d0

Palosuojamaaluksella saavutettu rakenustarvike luokka: 2. luokka B-s1,d0

(MAX 2 KRS./P3) OSASTOIVUUS/ RAKENNUSTARVIKELUOKKA VAATIMUKSET			
Rakenteentyyppi/Rakennusosa	RUNGON PYSTY JA VAAKARAKENTEET	PARVEKE/ LUHTIKÄYTTÄVÄLAATTA	RUNGON PYSTY JA VAAKARAKENTEET 2-8 KRS.
AVOIN PARVEKE	R15/D-s2,d2	REI15/D-s2,d2	-
SISÄINENPARVEKE	-	REI15/D-s2,d2	-
AVOIN LUHTIKÄYTTÄVÄ	R30/D-s2,d2	REI30/D-s2,d2	-
UMPINAINENLUHTIKÄYTTÄVÄ	R30/D-s2,d2	REI30/D-s2,d2	-

Luhtikäytävä laatan yläpinnanvaatimus D_{r1} - s1

Kerto- Q levyn rakenustarvike luokka: 4. luokka D-s1,d0

Palosuojamaaluksella saavutettu rakenustarvike luokka: 2. luokka B-s1,d0

HINTAVERTAILU			
LWPARLVL	LWPAR	LWPAROS	LWPAROSKL
Levyvahvuus:	Hinta %	Hinta %	Hinta %
75	-0,99 %	14,96 %	17,34 %
69	7,09 %	21,76 %	23,95 %
63	15,17 %	28,57 %	30,57 %
57	23,25 %	35,37 %	37,18 %
51	31,33 %	42,17 %	43,79 %
45	39,41 %	48,98 %	50,40 %
39	47,49 %	55,78 %	57,02 %
33	55,57 %	62,58 %	63,63 %

KERTO-Q LEVYN MAKSIMI JÄNNEVÄLI					
Levyvahvuus/leveys	2500 mm	1800 mm	1200 mm	900 mm	Paloluokka
75 mm	2730 mm	2730 mm	2730 mm	2730 mm	E160*
69 mm	2520 mm	2520 mm	2520 mm	2520 mm	E160*
63 mm	2310 mm	2310 mm	2310 mm	2310 mm	E160*
57 mm	2100 mm	2100 mm	2100 mm	2100 mm	E160*
51 mm	1890 mm	1890 mm	1890 mm	1890 mm	E130
45 mm	1675 mm	1675 mm	1675 mm	1675 mm	E130
39 mm	1460 mm	1460 mm	1460 mm	1460 mm	E130
33 mm	1240 mm	1240 mm	1240 mm	1240 mm	E130
33 mm ohuimmat levyvahvuudet eivät täytä E130 vaatimusta.					
*Täyttää alemmankin luokanvaatimuksen.					
Mitoituksessa ei ole tehty värähtely mitoitusta.					