



Satakunnan ammattikorkeakoulu

Tuomas Myllymäki

RIVITALON RAKENTEIDEN SUUNNITTELU

Tekniikka Pori

Rakennustekniikan koulutusohjelma

2008

RIVITALON RAKENTEIDEN SUUNNITTELU

Myllymäki, Tuomas Antti Juhani
Satakunnan ammattikorkeakoulu
Rakennustekniikan koulutusohjelma
Kesäkuu 2008
Kallio, Jukka
UDK: 624.041, 69.04, 694.2
Sivumäärä:24

Asiasanat: rakennussuunnittelu, rakennesuunnitelma, palo, ääni, rivitalo

Tämän opinnäytetyön tarkoitus oli suunnitella rivitalo ja tehdä samalla tontilla olevan autokatoksen ja varaston rakennesuunnitelmat. Suunniteltu kohde sijaitsee Porin Viikinäisissä. Työssä käsiteltiin rakenteiden mitoitusta sekä selvitettiin, mitä erityisvaatimuksia palo- ja äänimääräykset asettivat suunnitelmille.

Opinnäytetyössä esitetään, miten puurakenteita tulee mitoittaa uusien Eurocode-normien mukaan sekä mitä asioita tulee huomioida rakenteiden mitoittamisessa. Rakenteiden suunnittelu kappaleessa kerrotaan rakenteiden jäykistämisestä sekä niiden erilaisista toteutustavoista. Lisäksi esitetään kuinka kyseisen kohteen kosteat tilat toteutetaan.

Paloteknisessä suunnittelussa selvitettiin rakennuksen paloluokka, sekä miten se määräytyy ja mitä vaatimuksia se asettaa kyseiseen kohteeseen. Työssä suunniteltiin huoneistojen väliset palo-osastot ja selvitettiin rakenteiden liitoksia.

Ääneneristys asetti suunnittelulle tiukat vaatimukset. Huoneistojen välisten seinien ääneneristävyyttä tutkittiin ja selvitettiin, millä eri mahdollisuuksilla ääntä pystytään eristämään. Lisäksi selvitettiin äänen liikkeitä runkorakenteissa sekä miten äänen sivutiesiirtymä saadaan estettyä eri rakennekohdissa.

STRUCTURAL DESIGN OF A TERRACED HOUSE

Myllymäki, Tuomas Antti Juhani
Satakunta University of Applied Sciences
Technology Pori
Construction Engineering
February 2008
Kallio, Jukka
UDC: 624.041, 69.04, 694.2
Number of Pages:24

Key Words: construction planning, building design, fire, sound, terraced house

The purpose of this Bachelor's thesis was to plan a terraced house and design construction drawings for a car shelter and a warehouse on the same plot as the terraced house. The targets are situated in Viikinäinen, Pori. The thesis deals with structural design and studies the special requirements for fire and sound regulations.

This thesis presents how wooden structures are designed according to new Eurocode standards and what issues must be taken into account when designing structures. The paragraph of structural design describes the stiffening of structures and their different methods of implementation. In addition, it is represented how the rooms with a floor gully are implemented in the target.

The fire technical design clarifies the fire resistance class of the building, the determination of the class and the requirements it sets for the target. In this thesis fire sections between apartments were designed and the junctons of the structures were determined.

The sound insulation set strict demands for structural engineering. The sound reduction index of partitions between apartments was examined and different possibilities of soundproofing were determined. The sound motions in the skeletal structure and how the flanking transmission can be prevented in different parts of the structure were also studied.

TERMI- JA SYMBOLILUETTELO

E = Tiiviys (jos perässä luku se kuvaa tiiviyden palonkestoa)

I = Eristävyys (jos perässä luku se kuvaa eristävyuden palonkestoa)

R = Kantavuus (jos perässä luku se kuvaa kantavuuden palonkestoa)

A2-s1, d0 = Palamaton materiaali

S_k = Lumikuorma maassa

u_1 = Katonmuotokerroin

M_d = Murtorajatila

P_k = käyttörajatila

$\delta_{c,90,d}$ = Puristusjännityksen mitoitusarvo

$k_{c,90,fc}$ = Puristusjännityksen korotuskerroin

$f_{c,90,d}$ = Poikittainen puristuslujuuden mitoitusarvo

l_c = Puristus sauvan nurjahduspituus kun sauvan pituus on L

L_c, z = Nurjahduspituus z -suunnan nurjahduksessa

γ_m = Puun osavarmuuskerroin

K_{mod} = Muunnoskerroin

F_{vk} = Puun leikkauskestävyyden perusarvo

τ_d = Jännitys murtorajatilassa

F_{rvd} = Puun leikkauskestävyys murtorajatilassa

A = Pinta-ala

f = Taipuma

F = Pistekuorma

l = Jänneväli

E = Kimmomoduuli

I = Jäyhyysmomentti

F_{mk} = Taivutuskestävyyden perusarvo

M_d = Momentti murtorajatilassa

h = Kappaleen korkeus

b = Kappaleen leveys

V_d = Leikkausvoima murtorajatilassa

F_{cok} = Puristusjännityksen ominaisarvo

$E_{0,05}$ = Kimmomoduuli 5%

N_{ed} = Normaalivoima murtorajatilassa

β_c = Taivutus

F_{md} = Taivutuskestävyyden arvo murtorajatilassa

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	6
2	SUUNNITTELUN LÄHTÖKOHDAT.....	7
2.1	Tavoitteet	7
2.2	Toteutus	7
3	RAKENTEIDEN SUUNNITTELU	7
3.1	Määrittelyt.....	7
3.2	Kuormat	8
3.3	Runkotolppa.....	8
3.4	Tukipaine	10
3.5	Palkit	10
3.6	Jäykistäminen.....	11
4	RAKENNUKSEN PALOTEKNINEN SUUNNITTELU.....	12
4.1	Määrittelyt.....	12
4.2	Palokuormat	13
4.3	Rakennuksen paloluokat	13
4.4	Osastointi P3-paloluokassa	14
4.4.1	Yleiset vaatimukset	14
4.4.2	Seinän rakenne	14
4.4.3	Osastoivat rakennusosat	14
4.4.4	Osastoiva seinä ullakolla.....	15
4.4.5	Osastoivan seinän liittyminen ulkoseinään	16
4.4.6	Osastoivat ikkunat ja läpiviennit	16
4.5	Autokatosta koskevat palomääräykset.....	17
5	RAKENNUKSEN ÄÄNENERISTYKSEN SUUNNITTELU.....	17
5.1	Määrittelyt.....	17
5.2	Määräykset kyseisessä rivitalossa.....	18
5.3	Rakenteiden ääneneristävyys	19
5.3.1	Seinärakenteet	19
5.3.2	Rakenteiden tiiveys	20
5.3.3	Äänen sivutiesiirtymä.....	20
5.4	Äänen siirtyminen viemärissä.....	21
5.5	Toteutus	21
6	YHTEENVETO	22
7	LIITTEET.....	23
	LÄHTEET	24

TAULUKKOLUETTELO

Taulukko 1	Puutavaran osavarmuuskertoimet.....	8
Taulukko 2	Puristus sauvan nurjanduspituuksia l_c kun sauvan pituus on L	9
Taulukko 3	Taipumien ja rakennuksen vaakasiirtymien enimmäisarvot	11
Taulukko 4	Paloluokan määrittely	12
Taulukko 5	Raon vaikutus rakenteen ääneneristävyyteen	20

KUVALUETTELO

Kuva 1	Huoneistojen välisen seinän rakenneleikkaus	15
Kuva 2	Räystään rakenneleikkaus	16
Kuva 3	Huoneistojen välisen seinän leikkaus	18

1 JOHDANTO

Tässä opinnäytetyössä kerrotaan Porin Viikinäisiin tulevan rivitalon rakennesuunnittelusta. Kohteen rakennuttaja tarjosi minulle rakennesuunnitelmien tekemistä. Työn suunnitelmat on tehty Insinööritoimisto Antti Lehtilä Oy:lle.

Työn lähtökohtana oli suunnitella rivitalon, autokatoksen ja varaston runkojen rakennesuunnitelmat, sekä selvittää niihin liittyvät rakennusmääräykset. Työssä selvitetään uusien Eurocode normien käyttöä puurakenteiden mitoittamisessa.

Opinnäytteen aluksi kerron työn tavoitteista ja sen toteutuksesta. Rakenteiden suunnitteluvuorossa esitetään rakenteille tulevat kuormat. Sen jälkeen käsitellään kantavien rakenteiden mitoittamista uusien Eurocode rakennusnormien mukaan. Kyseisessä luvussa tullaan käsittelemään myös rakennuksen runkorakenteiden jäykistämistä.

Seuraavissa luvuissa tullaan tarkastelemaan rakennuksen paloteknillistä suunnittelua ja kerrotaan, mitä palomääräyksiä rivitalossa tulee ottaa huomioon. Lisäksi kerrotaan, miten rakennuksen paloluokka tulee määräytymään. Sen jälkeen kerrotaan miten ääni tulee ottaa huomioon rakentamisessa ja mitä määräyksiä se tuo rivitalo kohteeseen. Lisäksi selvitetään äänen liikkeitä runkorakenteissa, sekä miten eri keinoin äänen eteneminen on mahdollista pysäyttää.

2 SUUNNITTELUN LÄHTÖKOHDAT

2.1 Tavoitteet

Työn tavoitteena on laatia rivitalon, autokatoksen ja siihen kuuluvan varaston rakennepiirustukset rakennusmääräysten mukaan. Tarkoituksena on suunnitella palomääräykset täyttävät rakenteet ja, että huoneistojen välisten seinien liitokset, sekä rakenteet täyttävät seinältä vaaditun ääneneristysarvon. Lisäksi tarkoituksena on suunnitella kosteiden tilojen rakenteet.

2.2 Toteutus

Työn aluksi keskusteltiin rakennuttajan kanssa hänen vaatimuksistaan kohteessa. Rakennuttaja ilmoitti, mistä materiaaleista rakennus suunnitellaan. Sen jälkeen oli selvittävä rakennusmääräykset kyseisen kohteen osalta. Rakennusmääräyksistä selvisi palo- ja äänimääräysten vaikutus rakenteiden suunnittelussa. Suunnittelutyö aloitettiin mitoittamalla rivitalon kantavat rakenteet. Mitoituksen jälkeen aloitettiin rakennekuvien piirtäminen.

3 RAKENTEIDEN SUUNNITTELU

3.1 Määrittelyt

Rakennuksen rakennesuunnittelussa on käytetty suunnitteluhetkellä olevia uusia Eurocoden rakennusmääräyksiä. Kuormituksia määriteltäessä on lukuarvot pyritty pyöristämään ylöspäin, jotta ei pääsisi tapahtumaan alimitoitusta.

Kyseinen kohde sijaitsee Porin Viikinäisissä pellolla ja kyseisestä tontista on tehty perustamistapalausunto, missä määrätään, että rakennus tehdään paaluperusteisena. Paalujen päälle valetaan palkisto, jonka päälle valetaan edelleen teräsbetonilaatta.

3.2 Kuormat

Kattorakenteisiin kohdistuu kuormat rakenteiden omasta painosta sekä lumikuormasta tulevat pystykuormat. Lumikuorma Porin alueella ja kyseisen rakennuksen katon kaltevuudella on $1,6 \text{ kN/ m}^2$. Kuormat lasketaan murtoraja- (Pd) ja käyttörajatilassa (Pk). $Pd = 1,15 * g + 1,5 q_1$ ja $Pk = 1,0 * g + 1,0 q_1$. Kuormitus kerroin on $K_{fi} = 1,0$.

Taulukosta 1 selviää puutavaran osavarmuuskertoimet, joita on käytetty rakenteiden mitoituksessa. Koska kyseinen rakennus on yksikerroksinen ja siinä on paljon jäykistäviä seiniä, tuulikuormasta tulevia kuormia ei tarvitse erikseen tarkastella. Kattorakenteiden omat painot ovat:

- Puurakenteet $0,1 \text{ kN/ m}^2$
- Kattotiili $0,45 \text{ kN/ m}^2$
- Villa $0,15 \text{ kN/ m}^2$
- Kattotuoli k900 $0,1 \text{ kN/ m}^2$
- Gyproc $0,1 \text{ kN/ m}^2$

/10, s. 7-8, 12, s. 11-14/

Taulukko 1 Puutavaran osavarmuuskertoimet

Perusyhdistelmät:	
Sahatavara ja pyöreä puutavara yleensä	1,4
Havusahatavara, jonka lujuusluokka $\geq C35$	1,25
Liimapuu, Kertopuu, LVL	1,2
Puulevyt	1,25

3.3 Runkotolppa

Ulkoseinän runkotolppa oletetaan päistään nivelellisesti tuetuiksi. Ulkoseinien heikompi suunta on tuettu nurjahdusta vastaan tuulensuojalevytyksellä ja sisäpuolelta

kipsilevytyksellä. Runkotolpan mitoituksessa tulee tarkastella seuraavia asioita. Aluksi selvitetään puun lähtöarvot. Lähtöarvot löytyvät Eurocode 5 lyhennetystä suunnitteluohjeesta seuraavista taulukoista: 2.6, 2.7, 3.1, 3.2, 3.3 ja 3.4. Runkotolppaa tarkastellaan useilla eri kuormitustapauksilla.

Taulukko 2 Puristus sauvan nurjanduspituuksia l_c kun sauvan pituus on L

Tuentatapa	Nurjanduspituus l_c
Sauva on jäykästi kiinnitetty toisesta päästään (esim. jäykkäkantainen hallin päädyn "tuulipilari")	0,85 L
Sauva on nivelöity molemmista päistään (normaali tapaus)	1,0 L
Sauva on poikittaistuettu nurjahduksen suunnassa välein a	1,0 a
Sauva on jäykästi kiinnitetty toisesta päästään ja on vapaa toisesta päästään (mastopilari)	2,5 L

- Hoikkuusluku $\lambda = L_c / i_y < 200$ suositus, jossa $i_y = \sqrt{\frac{I}{A}}$
- Jäyhyysmomentti $I = \frac{b^3 * h}{12}$
- Puristusjännityskestävyys $f_{cod} = \frac{f_{cok}}{\gamma_m} * k_{mod} > \delta_{cod} = \frac{N_{ed}}{A}$
- Taivutusvastus $I = \frac{h^2 * b}{6}$
- Puristusjännitys $\delta_{cod} = \frac{N_{ed}}{A}$
- $\lambda_{rel} = \frac{\lambda}{\pi} \sqrt{\frac{f_{cok}}{E_{0,05}}}$
- $k = 0,5 * [1 + \beta_c * (\lambda_{rel} - 0,3) + \lambda_{rel}^2]$
- $kc = \frac{1}{k + \sqrt{k^2 - \lambda_{rel}^2}}$
- Mitoitusehto: $\frac{\delta_{cod}}{K_{,c} * f_{cod}} < 1,0$

Momenttikestävyys tulee tarkastella, jos runkotolppaan kohdistuu momenttia. Momenttia tulee runkotolppaan, jos kuorma ei tule keskelle runkotolppaa. Näin tapah-

tuu, kun runkotolppiin lovetaan palkki. Tuulikuorma aiheuttaa myös runkotolppaan momenttia. Lopuksi runkotolppien mitoituksessa selvitetään näiden yhteisvaikutus.

$$- \text{Taivutuskestävyys } \delta_{md} = \frac{m_d}{W} < f_{md} = \frac{f_{mk}}{\gamma_m} * k_{\text{mod}}$$

Puristetun tai samanaikaisesti taivutetun ja puristetun sauvan tulee täyttää seuraavat mitoitus ehdot:

$$- \text{Yhteisvaikutus } \left(\frac{\lambda_{md}}{k_{\text{crit}} * f_{md}} \right)^2 + \frac{\delta_{c,0,d}}{k_c * f_{c,0,d}} \leq 1$$

3.4 Tukipaine

Tukipainetapauksissa tarkistetaan, että kosketuspinnalla vaikuttavan

puristusjäännityksen mitoitusarvo $\delta_{c,90,d} \leq k_{c,90,fc} * f_{c,90,d}$. Kerroin $k_{c,90,fc}$ saa-

daan Eurocode 5:n lyhennetystä suunnitteluohjeesta taulukosta 5.3, kun tiedetään tuen leveys ja palkin korkeus. /10, s. 19–20/. Tukipaine tarkastellaan ainakin kattoristikon ja alajuoksun kohdalta.

3.5 Palkit

Leikkausvoimaa laskettaessa käytetään murtorajatilan kuormia ja varmuuskertoimet määräytyvät käytettävän materiaalin mukaan (kts. taulukko 1). Kyseisen kohteen palkit (yläjuoksut) mitoitetaan ylhäältä päin tuleville kuormille, joihin kuuluvat omasta painosta aiheutuvat kuormat sekä hyötykuormista tulevat kuormat. Lyhyissä puupalkeissa mitoittavaksi tekijäksi voi yleensä tulla leikkausvoima. Leikkausvoima lasketaan seuraavalla kaavalla /10, s. 19-20/:

$$\text{Leikkauskestävyys } F_{rd} = \frac{k_{\text{mod}} * f_{vk}}{\gamma_m}$$

$$\text{Leikkausvoima } \tau_d = \frac{3}{2} * \frac{V_d}{A} < F_{rd}$$

Taipuma asettaa myös omat vaatimuksensa. Taipuma on yleensä mitoittavana tekijänä, kun jänneväli alkaa kasvaa. Taipuma lasketaan käyttörajatilassa. Taipuman kaava on riippuvainen siitä, mikä kuormitustapaus on kyseessä. Kyseinen taipuman kaava on pistekuorman aiheuttama taipuma. Sallitut taipuman arvot näkyvät taulukosta 3.

$$f = \frac{Fl^3}{48EI}$$

Taulukko 3 Taipumien ja rakennuksen vaakasiirtymien enimmäisarvot. Ulokkeiden taipuma jännevälin suhteen saa olla kaksinkertainen.

Rakenne	Winst 1)	Wnet,fin 2)	Wfin 3)
Pääkannattimet	l/400	l/300	l/200
Orret ja muut toisiokannattimet	-	l/200	l/150
Rakennuksen vaakasiirtymä	-	H/300	-
l on jänneväli H on rakennuksen tarkasteltavan kohdan korkeus 1) Koskee pelkästään lattioita 2) Ei koske tukipisteiden välillä kaarevia tai taitteellisia rakenteita/rakennosia 3) Koskee esikorotettuja sekä tukipisteiden välillä kaarevia tai taitteellisia rakenteita			

Palkin mitoituksessa tulee vielä varmistaa momenttikestävyys alla olevan kaavan mukaisesti.

$$\frac{f_{mk}}{\gamma_m} * k_{mod} < \frac{M_d * 6}{h^2 * b}$$

3.6 Jäykistäminen

Rakennukseen ei kohdistu ainoastaan pystykuormia, kuten omaa painoa ja hyötykuormia, vaan myös vaakakuormia, jotka aiheutuvat tuulesta. Sen suora vaikutus aiheuttaa painetta toiselle puolelle rakennusta ja toiselle puolelle imua. Tuulikuormien siirtämiseksi perustuksille tarvitaan rakennusta jäykistäviä rakennusosia. Useimmiten levyjen käyttö jäykistävässä seinissä on taloudellisin ja järkevin tapa jäykistää pientalo. Jäykistävät rakennusosat pitää kiinnittää kunnolla toisiinsa varmistamaan, että täydellinen kuormituspolku vaakavoiman siirrolle on mahdollinen. /13, s. B13/3-B13/4/

Yleensä puurunkoisten rakennusten seinät koostuvat pystyrunkoisista runkotolpista, jotka on sijoitettu säännöllisin välein. Rakenteellisesti runkoliitoksia voidaan pitää nivelellisinä liitoksina. Tästä syystä puurungon siirtymiä täytyy vastustaa jäykistyksellä, joka liitetään runkoon. Jäykistysseinän alajuoksu tulee ankkuroida perustuksiin vastustamaan nostavia voimia (pystysuuntaisia) ja leikkausvoimia (vaakasuuntaisia). /13, s. B13/4-B13/6/. Rakennuksen kattoristikoiden jäykistäminen toteutetaan asentamalla molempiin päätyihin tuulisiteet kattoristikkokaavion mukaan. Rungon jäykistäminen toteutetaan asentamalla ulkopuolelle tuulensuojalevy gts 9mm ja sisäpuolella 13mm gyproc.

4 RAKENNUKSEN PALOTEKNINEN SUUNNITTELU

4.1 Määrittelyt

Rakennukset jaetaan paloteknisesti kolmeen eri luokkaan: P3, P2 ja P1. Pientalojen (omakotitalo, paritalo ja rivitalo) palotekninen luokka kuuluu pääsääntöisesti luokkaan P3. Ei ole kiellettyä tehdä rakennus korkeamman paloluokan mukaan vaan päinvastoin. Rakennuksen palotekninen luokka on määritelty taulukon 4 mukaan.

Taulukko 4 Paloluokan määrittely

Lähtötieto	Perusteet	kohteen tiedot	P1	P2	P3
1. Kerrosluku	E1: taul. 3.2.1 E2: taul. 4.2, 4.3 ja 4.4	1. kerros	ok	ok	ok
2. Rakennuksen korkeus	E1: taul. 3.2.1 E2: taul. 4.2, 4.3 ja 4.4	5,7m	ok	ok	ok
3. Rakennuksen koko	E1: taul. 3.2.1 E2: taul. 4.2, 4.3 ja 4.4	540m ²	ok	ok	ok
4. Palovaarallisuus luokka	E2: 2.1	Ei tarkastella	ok	ok	ok
5. Henkilömäärä	E1: taul. 3.2.1 E2: taul. 4.1 ja 4.2 E1: taul. 10.4.1	ei rajoituksia	ok	ok	ok
6. Asemakaavamääräykset	Viikinäisten kaava	yli 4m rajasta	ok	ok	ok
PALOLUOKKA			ok	ok	ok

Taulukosta 4 näkyy, voidaanko kyseinen rakennus toteuttaa ko. paloluokassa. Sitä ei voida toteuttaa paloluokassa, jos jossain kohdassa taulukossa ei ole merkintää ”ok”. Kyseinen kohde voidaan toteuttaa kaikissa paloluokissa. Kustannukset näyttelevät suurta roolia rakentamisessa, ja taloudellisinta on suunnitella talo heikoimpaan paloluokkaan eli P3.

4.2 Palokuormat

Palokuormalla tarkoitetaan sitä palavan aineen määrää, joka sijaitsee palotilassa ja sitä kuvataan yksiköllä MJ/m². Palokuormaryhmät jaetaan kolmeen eri luokkaan yli 1200 MJ/m², vähintään 600 MJ/m² ja enintään 1200 MJ/m² ja alle 600 MJ/m². Kantavien ja osastoivien rakennusosien palonkestävyysvaatimukset perustuvat edellä esitettyihin palokuormitusryhmittäisiin. /6, s. 78/ Tämän kohteen rivitalo, autokatos ja varasto kuuluvat alle 600 MJ/m² ryhmään.

4.3 Rakennuksen paloluokat

Paloluokkaan P1 kuuluvan rakennuksen kantavien rakenteiden oletetaan useimmiten kestävän palossa sortumatta. Rakennuksen kokoa ja henkilömäärä ei ole rajoitettu. /6, s. 79/

Paloluokkaan P2 kuuluvan rakennuksen kantavien rakenteiden rakenteet voivat olla paloteknisesti P1-luokkaa heikommalla. P2-luokassa riittävä turvallisuustaso saavutetaan rajoittamalla eri materiaalien käyttöä rakennuksen pintaosilla. Lisäksi kerrosaluetta ja henkilömääriä on rajoitettu. /6, s. 79/

Paloluokkaan P3 kuuluvan rakennuksen kantaville rakenteille ei aseteta mitään vaatimuksia palonkeston kannalta. Riittävä turvallisuustaso saadaan rakennuksen kokoa rajoittamalla ja henkilömääriä rajoittamalla käyttötavasta riippuen. /6, s. 79/

4.4 Osastointi P3-paloluokassa

Pientalon osastointi on tehokkaimmin suoritettavissa pystysuuntaisella osastoinnilla. Kaikissa osastoivissa rakenteissa ovat liitoskohdat vaikeimpia suunnitella siten, että ne eivät heikennä rakenteen palonkestävyyttä. Pientaloissakaan osastointi ei tule toteutumaan, mikäli seinän liittymiskohdat muihin rakenteisiin suunnitellaan väärin. /6, s. 20/

4.4.1 Yleiset vaatimukset

Rakennus jaetaan palo-osastoihin palon ja savun leviämisen rajoittamiseksi, poistumisen turvaamiseksi, pelastus- ja sammutustöiden helpottamiseksi sekä pienentämään omaisuusvahinkojen kustannuksia. Rakennuksen eri kerrokset, kellarikerrokset ja ullakko yleensä muodostetaan eri palo-osastoiksi. Asuinrakennukset tulee aina osastoida huoneistoittain paloluokasta riippumatta. /7, s. 56–58/

4.4.2 Seinän rakenne

P3-luokan pientalon osastoivien rakennusosien luokkavaatimus on EI30. Osastoiva seinä voidaan toteuttaa käyttämällä esim. valmiiksi tyyppihyväksytyjä rakenteita. Koska rakenteellinen tyyppihyväksyntä on vapaaehtoista, voidaan rakennusluvan myöntämisen yhteydessä hyväksyä käytettäväksi myös muunlaisia rakenteita, mikäli ne täyttävät Suomen RakMK:n osan E1 paloturvallisuustason. Yleisesti voidaankin todeta, että lähes mikä tahansa rakenne, jossa on kunnollinen lämmöneriste, tulee täyttämään seinärakenteena EI30 luokkavaatimuksen. /6, s. 20/

4.4.3 Osastoivat rakennusosat

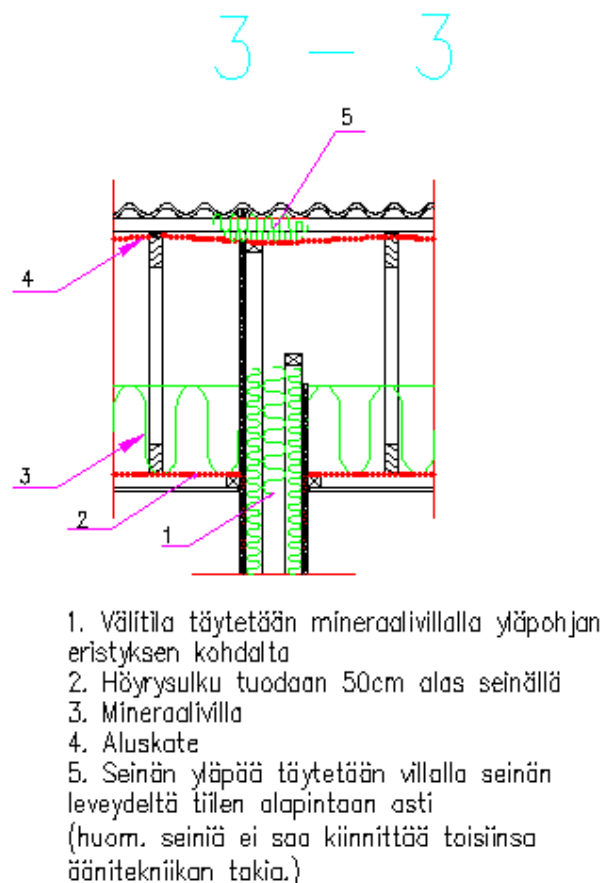
Rivitalon, joka kuuluu P3-luokkaan, osastoivien rakennusosien vaatimukset ovat:

- Osastoivat rakennusosat kerroksissa EI 30
- Osastoivat rakennusosat ullakoilla EI 30 (osiin jakavat rakennusosat EI 15)

Osastoivissa rakennusosissa käytettävillä rakennustarvikkeille asetetaan luokkavaatimus A2-s1, d0. /8, s. 15–16/

4.4.4 Osastoiva seinä ullakolla

Kaikkein helpoin tapa osastoivan seinän yläosan toteutuksessa olisi jatkaa seinä samanlaisena alhaalta ylös aina aluskatteen alapintaan asti. Samalla seinä korvaa yhden kattoristikon, mikäli seinä on ristikon kohdalla, jos osastoiva seinä suunnitellaan kantavana rakenteena. Yläosan rakenteen voi myös toteuttaa eritavalla, kunhan rakenne täyttää saman luokkavaatimuksen. Tällöin on kuitenkin seinien liitoskohta valmistettava tiiviiksi, jotta tulipalo ei pääsisi leviämään liitoskohdan läpi palo-osastosta toiseen. Samasta syystä tulee vesikatteen yläpuolella oleva ruoteen ja osastoivan seinän välinen rako tiivistää huolellisesti, jotta tulipalo ei pääse siirtymään toiselle palo-osastolle. Ullakolla tulee ottaa huomioon seinän rakennusfysikaaliset ominaisuudet ja tarkastella etenkin höyrynsulun sijoittamista tarkoin. /6, s. 21/ Osastoiva seinä vietään kyseisessä kohteessa ei-kantavana rakenteena ullakolle rakenneleikkauksen 3 (kuva 1) mukaan.

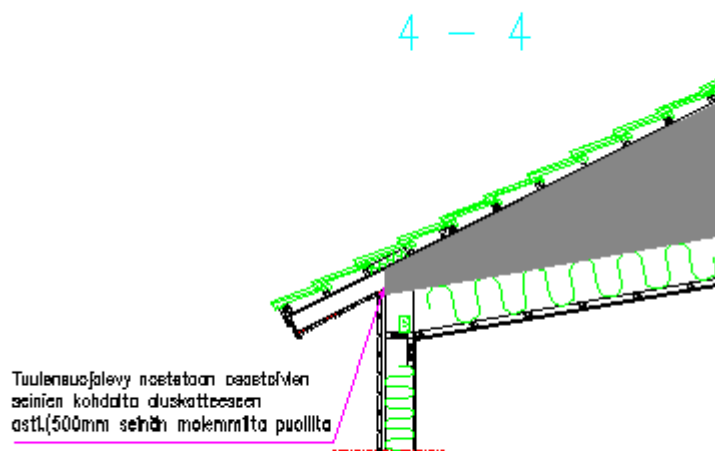


Kuva 1 Huoneistojen välisen seinän rakenneleikkaus

4.4.5 Osastoivan seinän liittyminen ulkoseinään

Tulipalo voi leviä viereiseen palo-osastoon myös ulkoseinän ja osastoivan seinän välisen liitoksen kautta. Tulipalon leviämisen estämiseksi osastoiva seinä viedään ulkoseinän läpi ulkolaudoitukseen asti. Toinen, ehkä hieman helpompi, ratkaisu on katkaista ulkoseinässä oleva tuuletusilmarako. /6, s. 21/

On myös mahdollista, että tulipalo leviää räystäiden kautta huoneistosta toiseen. Vaikka ulkoseinille ei aseteta kuin erikoistapauksissa vaatimuksia, leviää tulipalo helposti ulkoseinässä olevia rakenteita pitkin. Rivitalotulipaloissa on aina tulen leviämisen vaara räystäiden kautta ullakolle ja siitä viereisiin huoneistoihin ja näin aiheutetaan vaaraa kaikille rivitalon asukkaille. Tämän estämiseksi osastoivaa seinää levitetään paloa levittämättömällä rakenteella, rakenneleikkaus kuvan 4 - 4 mukaan (kuva 2). /6, s. 22/



Kuva 2 Räystään rakenneleikkaus

4.4.6 Osastoivat ikkunat ja läpiviennit

Osastoivassa rakenteessa olevan ikkunan, aukon tai oven tulee olla vähintään puolet seinälle vaaditusta palonkestoajasta. Osastoivan rakennusosan läpi saa johtaa tarpeel-

liset putket, roilot, kanavat, johdot ja hormit edellyttäen ettei olennaisesti heikennetä osastoivan seinän rakennetta. Ilmanvaihtolaitteet on suunniteltava siten, etteivät ne lisää palon tai savukaasujen leviämisvaaraa. /8, s. 16/

Nykyaikaisiin pientaloihin asennetaan usein jo rakennusvaiheessa keskuspölynimuri. Keskusimuri voidaan asentaa ilman erikoisjärjestelyitä autotalliin, kellariin ja kattilahuoneeseen. Ainoa kohta, joka vaatii erikoisjärjestelyitä, ovat osastoivien rakenteiden läpimenokohdat. Jotta osastointi ei pettäisi, putkia ei tule sijoittaa osastoivien rakennusosien sisälle. /6, s. 38/

4.5 Autokatosta koskevat palomääräykset

P3-luokkaiseksi voidaan rakentaa yksikerroksinen autosuojarakennus. Avoimena autosuojana voidaan pitää autosuojaa, jonka seinistä on vähintään 30 % ulkoilmaan avointa ja aukkojen pinta-ala on vähintään 10 % lattia-alasta. Erillisessä autosuojarakennuksessa seinien ja katon sisäpuoliset pinnat voivat olla luokkaa D.s2, d2. /9, s. 4-5/

5 RAKENNUKSEN ÄÄNENERISTYKSEN SUUNNITTELU

5.1 Määrittelyt

Ihminen havaitsee äänen kuuloaistinsa avulla. Useimmiten ääni saapuu korvaan ilman välityksellä. Ääni saa ilmassa aikaan paineen vaihteluja, jotka etenevät aaltoliikkeenä. Jos värähtely tapahtuu kiinteässä kappaleessa, esimerkiksi koneen tai laitteen rungossa, sitä kutsutaan tärinäksi tai runkoääneksi. /1, s. 153/

Äänen etenemisen väliaineena voi olla myös kiinteä aine, kuten rakennuksen runkorakenteet tai maakerros. Ilmääni saa ympäristön rakenteet värähtelemään, jolloin ääni menee eteenpäin rungossa taivutusaaltona. Taivutusaallossa rakenteeseen syntyy

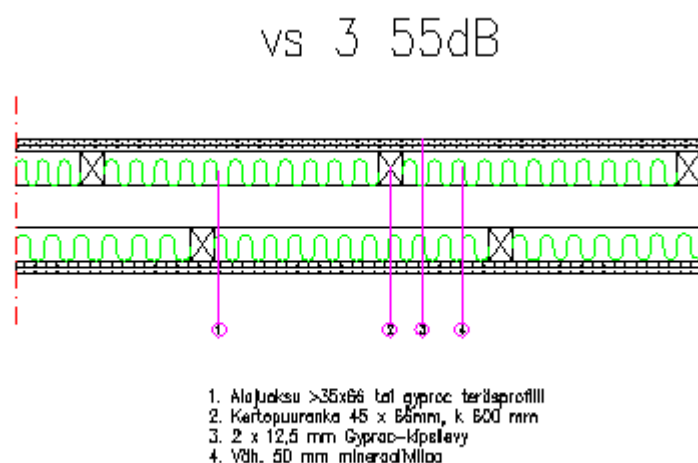
taipumia äänen etenemissuuntaan kohtisuorassa suunnassa. Rakenteissa etenevä ääni on runkoääntä, jonka voi synnyttää myös rakenteeseen kiinnitetty laite tai rakenteeseen kohdistuvat iskut. /4, s. 36/

Ilmaääneneristävyys on rakenteen kohdistuvan äänitehon ja rakenteen välityksellä toiselle puolelle siirtyneen äänitehon suhde desibeleissä. Jos pintaan kohdistuu ääniteho P_1 ja läpi siirtyy ääniteho P_2 , niin suhde P_1/P_2 on läpäisysuhde ja $R=10\lg(P_1/P_2)$ on ilmaääneneristävyys. /1, s. 168/

Koska ääni on ilmamolekyylien rytmistä liikettä, sitä ei voi tapahtua ilmattomassa tilassa. Ääni leviää saman lailla kuin veteen heitetyn synnyttämät aallot: ne etenevät samankeskisesti keskeltä ulospäin niin, että aallonkorkeus pienenee säteen r kasvaessa. /1, s. 159/

5.2 Määräykset kyseisessä rivitalossa

Asuinhuoneiston ja sitä ympäröivien tilojen välillä yleensä ääneneristävyys 55dB. Rakennuksen LVIS-laitteiden ja muiden niihin rinnastettavien laitteiden aiheuttama suurin sallittu äänitaso asunnossa, keittiö $L_{A,eq,T}$ 33 (dB) ja muut asuinhuoneet $L_{A,eq,T}$ 28 (dB). /5, s.5/ Huoneistojen välinen seinä toteutettiin vs3 väliseinällä (kts. kuva 3).



Kuva 3 Huoneistojen välisen seinän leikkaus

5.3 Rakenteiden ääneneristävyys

5.3.1 Seinärakenteet

Kun ääniaalto kohtaa kiinteän tiiviin seinämän, saa ilmanpaine seinän liikkeeseen. Mitä suurempi massa seinällä on, sitä vähemmän se värähtelee. Seinän pintayksikön massa kg/m^2 on tärkein yksinkertaisen seinän tekijä, mikä vaikuttaa ääneneristävyteen. On todettu, että massan kaksinkertaistaminen antaa rakenteelle 6dB lisäyksen äänieristävyteen. Muita tärkeitä tekijöitä ovat jäykkyys, rakenteen häviöt ja hyvin paksuissa rakenteissa aineen aaltovastus. Ääneneristys on korkeilla äänillä parempi kuin matalilla. Yksinkertaisen seinän luonnollisia rakennusmateriaaleja ovat raskaat aineet, kuten betoni, tiili, luonnonkivi, teräs, lyijy jne. Periaatteessa kysymys on siitä, mistä materiaaleista saadaan huokein rakenne, jolla on suuri massa kg/m^2 . /3, s. 9-10/

Kaksinkertaisen rakenteen muodostaa kaksi tiivistä toisistaan erillään olevaa seinämää, joiden välissä on ilmatila. Ilmatilaan voidaan sijoittaa pehmeää materiaalia kuten mineraalivillaa. Äänenpaine aiheuttaa toiseen seinäpuoliskoon heilahdusliikkeen, joka on sitä pienempi, mitä suurempi massa seinäpuoliskolla on. Heilahdusliike siirtyy välissä olevan ilmajousen avulla toiseen seinäpuoliskoon. Välittyminen on sitä pienempää, mitä suurempi ilmajousi välissä on eli mitä suurempi rako välissä on. Kaksinkertaisen seinän ääneneristävyttä pystyy lisäämään tuplaamalla massan, joka lisää eristävyttä noin 9dB. Sen sijaan kaksinkertaistamalla seinien välissä olevaa rakoa, eristävyys kasvaa noin 6dB ja levyrakenteissa välitilaan sijoitettu mineraalivilla parantaa eristävyttä 5...10dB. Muuratuissa rakenteissa vaimennusmateriaalin merkitys on vähäinen. /3, s. 11–12/

Moninkertainen rakenne toimii periaatteessa samoin kuin kaksinkertainen rakenne. Jos seinän kokonaispaksuus on sama ja käytetään samanpainoisia levyjä, on alin resonanssitaajuus melkein sama kuin kaksikertaisella rakenteella. Kun kaksinkertaisen ja monikertaisen seinän ääneneristävyys on aina erinomainen korkeilla äänillä, on kaksinkertaisella rakenteella helpompi saavuttaa parempi ääneneristävyys. Yleensä monikertaisilla seinillä ei päästä yhtä hyviin ääneneristävyysarvoihin kuin kaksinker-

taisella. /3, s. 12–13/ Kohteessa, jota suunnittelin, päädyimme kaksinkertaiseen rakenteeseen näiden edellä mainittujen seikkojen johdosta.

5.3.2 Rakenteiden tiiveys

Rakenteiden hyvän ääneneristävyyden perusedellytys on tiiveys. Mitä parempaa eristävyttä haetaan, sitä tiiviimpi pitää rakenteen olla. Avoimilla aukoilla tai raoilla ei yleensä ole eristävyttä, vaan kaikki siihen kohdistuva ääni kulkee aukon tai raon kautta. Taulukko 5 kuvaa tiivistyksen merkitystä. Siinä oletetaan, että 2,5m korkeassa rakenteessa on rakenteen levyinen rako, jonka eristävyys on 0. Kun rakenteen eristävyys on äärettömän hyvä, pääsee ääni kulkemaan ainoastaan raon kautta. Eristävyys on silloin tilojen välillä sama kuin seinän alan suhde raon alaan desibeleinä. /2/

Taulukko 5 Raon vaikutus rakenteen ääneneristävyyteen

Raon leveys mm	Rakenteen alan suhde raon alaan	eristävyys (dB)
250	10	10
25	100	20
2,5	1000	30
0,25	10000	40
0,025	100000	50
0,0025	1000000	60
0,00025	10000000	70

Vaikka raolla olisi ääneneristävyyttä 10...20dB, heikentävät jo äärettömän pienet raot rakenteen eristävyttä. Kun aaltoliike kohtaa esteen, jossa on aukko, siirtyy energiaa aukon kautta esteen toiselle puolelle. Suuren aukon läpi aaltoliike etenee suoraviivaisesti kuten valo. Jos aukko on pieni aallonpituuteen verrattuna, etenee ääni esteen toiselle puolelle ikään kuin aukko olisi uusi äänilähde. /2/

5.3.3 Äänen sivutiesiirtymä

Sivutiesiirtymällä tarkoitetaan äänen siirtymistä sivuavaa rakennetta pitkin tilasta toiseen. Äänenpainevaihtelut saavat huoneen kaikki pinnat heilahtelemaan ja liiketila etenee sekä huonetiloja erottavan että niitä sivuavien rakenteiden välityksellä. Sivutiesiirtymällä on aina sitä suurempi merkitys, mitä parempi ääneneristävyys raken-

teella on. Usein sivutie siirtymä saattaa heikentää ääneneristävyyttä jopa 15...20dB. /3, s. 14–15/

Sivutiesiirtymän vähentämiseksi tai poistamiseksi voidaan käyttää seuraavia keinoja:

- Sivuava rakenne tehdään massiivisena rakenteena, jonka eristävyys on yhtä hyvä kuin eristävän seinän.
- Ohuehkot sivuavat kivirakenteet liitetään mahdollisimman hyvin massiiviseen rakenteeseen.
- Sivuavat rakenteet katkaistaan elastisella saumalla.
- Kaikki sivuavat rakenteet katkaistaan. /3, s. 15/

5.4 Äänen siirtyminen viemärissä

Viemäreissä ääni syntyy pääasiassa veden virtauksista putkistossa. Virtausnopeuteen vaikuttaa eniten pystyputken kaltevuus. Kiinteiden kappaleiden iskut pystyputkien alapäässä olevissa mutkakohdissa aiheuttavat lähes aina suurimmat äänet. Käytettävällä putkimateriaalilla on suuri merkitys syntyvän äänen voimakkuuteen. Veden virtaus ja kiinteän aineen iskut saavat kevyen putken paljon suurempaan värähdysliikkeeseen kuin raskaan putken. Tästä syystä raskas putki on paljon hiljaisempi. /1, s. 180–181/

5.5 Toteutus

Huoneistojen välinen seinä vaati 55dB ääneneristävyyden ja työssä selvitettiin, millä eri rakennevaihtoehdoilla se on mahdollista. Rakennuttaja halusi tehdä huoneistojen väliset väliseinät kaksinkertaisella rungolla. Työssä suunniteltiin runkorakenteiden liitoskohdat siten, että äänen sivutiesiirtymä tulee olemaan estetty. Toteutus näkyy leikkaus- ja yksityiskohtaisissa rakennekuvissa. Seuraavaksi tutkittiin, miten estetään äänen kulkeminen lattiarakenteissa betonilaattaa pitkin huoneistosta toiseen. Ongelma ratkaistiin katkaisemalla betonilaatta huoneistojen välisen seinän kohdalta.

6 YHTEENVETO

Työn tarkoituksena oli suunnitella rivitalon, autokatoksen ja varaston runkojen rakennepiirustukset. Rakennuksen runkoratkaisuun vaikuttivat paljon taloudelliset asiat ja tapa, jolla rakennuttaja on aikaisemminkin asiat toteuttanut. Opinnäytetyön kirjallinen osuus toimii pohjana tekemilleni rakennesuunnitelmille, jotka kuuluvat opinnäytetyöhön. Suunnitelmat sisältävät rivitalon, autokatoksen ja varaston rakennepiirustukset.

Ääneneristävyyden selvittely alkoi määräyksiä tutkimalla ja sieltä selvisi, että huoneistojen välinen seinän ääneneristävyyden vaatimus tulisi olemaan 55dB. Tutkittiin, millä eri vaihtoehdoilla seinän ääneneristävyys täytyisi. Esitettiin eri rakennevaihtoehdot rakennuttajalle, josta rakennuttaja valitsi kaksinkertaisen rungon. Sen jälkeen suunniteltiin rakenteet Gyprocin käsikirjaa apuna käyttäen niin, että äänensivutie siirtymä saataisiin estetyksi.

Paloturvallisuusasioissa selvitettiin ensin, mihin paloluokkaan kyseinen rakennus kuuluu ja mitä vaatimuksia se kohteelle asettaa. Rakennusmääräyksistä saatiin selville, että huoneistojen välisten seinien palomääräys tulee olemaan EI30. Ääneneristyksessä rakennuttaja oli jo valinnut väliseinämateriaaliksi Gyprocin ja valittu seinärakenne tulisi täyttämään kyseisen vaatimuksen. Sen jälkeen suunniteltiin palokatko-ullakolle ja selvitettiin, miten palo-osastoista tulee tiiviitä.

7 LIITTEET

LIITE 1 Rivitalon runkokaavio

LIITE 2 Rivitalon vesikaton tasokuva

LIITE 3 Rivitalon A-A rakenneleikkaus

LIITE 4 Rivitalon rakenneleikkaukset

LIITE 5 Rivitalon detaljit

LIITE 6 Rivitalon kosteiden tilojen detaljit

LIITE 7 Rivitalon ristikkokaaviot

LIITE 8 Autokatoksen runkokaavio

LIITE 9 Autokatoksen leikkaukset

LIITE 10 Autokatoksen ristikkokaavio

LIITE 11 Pihavaraston runkokaavio

LIITE 12 Pihavaraston leikkaukset

LÄHTEET

1. Mäkelä, Simo. Tekninen eristäminen. Helsinki: Suomen Eristysyhdistys ry ja Opetushallitus, 1999. 224 s.
2. Oy Paroc Ab Äänikirja 1991 ISBN 951-96224-0-3
3. Ääneneristysten toteuttaminen, RIL 129-2003. Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL r.y., Helsinki. 296 s.
4. Rakennusten akustinen suunnittelu, RIL 243-1-2007. Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL r.y., Helsinki. 224 s.
5. Suomen Rakentamismääräyskokoelma, C1 Ääneneristys ja meluntorjunta. Ympäristöministeriö, 1998. 9 s.
6. Rakenteellinen paloturvallisuus, RIL 195-1-2005. Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL r.y., Helsinki. 152 s.
7. Rakennusten paloturvallisuus ja paloturvallisuus korjausrakentamisessa,
8. Suomen Rakentamismääräyskokoelma, E1 Rakennusten paloturvallisuus. Ympäristöministeriö, 2002. 40 s.
9. Suomen Rakentamismääräyskokoelma, E1 Autosuojien paloturvallisuus. Ympäristöministeriö, 2005. 40 s.6
10. Puuinfon sivut [verkkodokumentti]. [Viitattu 10.1.2008]. Saatavissa: http://www.puuinfo.fi/fi/ammattilaisten_palvelut/suunnittelu/eurokoodi_5/suunnitteluohje/
11. Rakennusmestarit ja –insinöörit AMK RKL Ry / Rakennustietosäätiö RTS, Rakentajain kalenteri 2002. Helsinki: Rakennustieto Oy, 2002. 1088 s.
12. Suomen Rakentamismääräyskokoelma, C4 Lämmöneristys. Ympäristöministeriö, 2003. 23 s.
13. Puurakenteet Step1, Tampere: Rakennustieto Oy, 1996.

LITE 1