

Ari Oja

**Rakennetyyppikirjasto Plan B  
Korjaussuunnittelupalvelut Oy:lle**

Opinnäytetyö

Kevät 2017

SeAMK Tekniikka

Rakennustekniikan tutkinto-ohjelma



SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU  
SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU

## Opinnäytetyön tiivistelmä

Koulutusyksikkö: Tekniikan yksikkö

Tutkinto-ohjelma: Rakennustekniikka

Suuntautumisvaihtoehto: Talonrakennustekniikka

Tekijä: Ari Oja

Työn nimi: Rakennetyyppikirjasto Plan B Korjaussuunnittelupalvelut Oy:lle

Ohjaaja: Martti Perälä

Vuosi: 2017 Sivumäärä: 59 Liitteiden lukumäärä: 1

---

Opinnäytetyö tehtiin Plan B Korjaussuunnittelupalvelut Oy:lle keväällä 2017. Työn tavoitteena oli tuottaa rakennetyyppikirjasto yrityksen käyttöön AutoCAD-ohjelmalla. Rakennetyyppikirjastoon tuli koota valmiiksi pohjaksi yleisimpiä käytettyjä välipohja- ja -seinärakenteita.

Teoriaosuus käsittelee rakenteiden historiaa, välipohja- ja -seinärakenteita yleisesti, paloturvallisuutta sekä akustista suunnittelua. Työssä esitetään korjausrakentamisen rakennesuunnittelussa huomioitavia teknisiä asioita ja käydään läpi määräyksiä yleisesti. Havainnollistamiseksi rakenneratkaisuista on käyty läpi tyypillisiä esimerkkejä.

Rakennetyyppikirjastossa on esitetty yleisesti käytettyjä rakenteita välipohjissa ja väliseinissä. Työhön on liitetty rakenteiden yleisiä, paloteknisiä ja akustisia numeroarvoja ja ominaisuuksia. Rakennusfysikaalisten ominaisuuksien arvot on joko kerätty valmiina arvoina rakennetyyppien tuotetoimittajilta tai vaihtoehtoisesti laskettu.

Opinnäytetyö toimii pohjana yrityksen rakennetyyppikirjastolle ja kirjallinen osuus tiedonlähteenä yrityksen uusille suunnittelijoille korjausrakentamisen normeista, rakentamisen historiasta, paloturvallisuudesta ja rakennusakustiikasta.

Avainsanat: Rakennetyyppi, Rakennushistoria, Paloturvallisuus, Akustiikka

SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

## **Thesis abstract**

Faculty: School of Technology

Degree programme: Construction Engineering

Specialisation: Building Construction

Author: Ari Oja

Title of thesis: Structure type digital library for Plan B Korjaussuunnittelupalvelut Oy

Supervisor: Martti Perälä

Year: 2017      Number of pages: 59      Number of appendices: 1

---

The thesis was ordered by Plan B Korjaussuunnittelupalvelut Oy in the spring of 2017. Plan B Korjaussuunnittelupalvelut Oy is a construction engineering company aiming at engineering in renovation projects. The aim of the thesis was to create a digital library which would include most common structure types of dividing walls and floors. The digital library was created by using the AutoCAD program.

The theoretical part dealt with the history of structures, dividing walls and floors in general, fire safety and acoustic design. The thesis also presented technical cases and solutions for structural engineering in renovation building and went through requirements for structural engineering in general. Typical illustrative examples were also reviewed.

The library of common structure types listed commonly used structures in dividing walls and floors. Numerical values of common-, fire- and acoustic technical attributes were shown in the library. The values were either collected as ready values from the product suppliers or alternatively calculated.

The thesis works as layout for the company's structure type digital library and the theoretical part as a source of information on building renovation standards, history of structures, fire safety and acoustic design for new designers.

Keywords: Structure type, history of structures, fire safety, acoustic

## SISÄLTÖ

Opinnäytetyön tiivistelmä.....	1
Thesis abstract.....	2
SISÄLTÖ.....	3
Käytetyt termit ja lyhenteet.....	8
1 JOHDANTO.....	9
2 VANHAT RAKENTEET.....	10
2.1 Rakentamisen historia osana rakennesuunnittelua.....	10
2.2 Rakennusmateriaalien historiaa.....	10
2.2.1 Betoni.....	10
2.2.2 Tiili.....	11
2.2.3 Teräs ja rauta.....	12
2.2.4 Puu.....	12
2.3 Välipohjat.....	13
2.3.1 Välipohjat ennen vuotta 1920.....	14
2.3.2 Välipohjat 1920-1950.....	16
2.3.3 Välipohjat 1950-1975.....	16
2.3.4 Välipohjat vuodesta 1975 2000 -luvun alkuun.....	19
2.4 Väliseinät.....	20
2.4.1 Väliseinät ennen vuotta 1960.....	20
2.4.2 Väliseinät 1960-luvun jälkeen.....	23
2.5 Ulkoseinät.....	24
2.6 Yläpohjat.....	24
3 UUDET JA KORJATTAVAT VÄLIPOHJAT.....	25
3.1 Rakenteet.....	25
3.2 Kosteuden hallinta.....	25
3.2.1 Betoni.....	25
3.2.2 Puu.....	25
3.3 Palotekniset asiat.....	26
3.4 Ääneneristävyys.....	26
4 UUDET JA KORJATTAVAT VÄLISEINÄT.....	28

4.1 Rakenteet.....	28
4.2 Kosteuden hallinta.....	28
4.3 Palotekniset asiat .....	28
4.4 Ääneneristävyys.....	30
<b>5 PALOTURVALLISUUS .....</b>	<b>31</b>
5.1 Yleistä .....	31
5.2 Rakennuspallo .....	31
5.2.1 Palon vaiheet .....	32
5.2.2 Palamisreaktio .....	34
5.2.3 Lämmön siirtyminen tulipalossa .....	35
5.3 Palomääräykset ja käsitteet .....	37
5.3.1 Rakennusten paloluokat.....	37
5.3.2 Rakennusosat .....	38
5.3.3 Rakennustarvikkeet .....	40
5.4 Paloturvallisuus korjausrakentamisessa .....	41
<b>6 AKUSTINEN SUUNNITTELU.....</b>	<b>44</b>
6.1 Yleistä .....	44
6.2 Ääni.....	45
6.3 Äänenpaine ja äänenpainetaso.....	45
6.4 Melu .....	46
6.5 Ilmaääneneristys .....	47
6.6 Runkoäänet.....	49
6.6.1 Askelääneneristys.....	49
6.6.2 Sivutiesiirtymät.....	52
6.7 Määräykset .....	53
6.8 Ääneneristys korjausrakentamisessa.....	55
<b>7 YHTEENVETO.....</b>	<b>56</b>
<b>LÄHTEET .....</b>	<b>57</b>

Kuva-, kuvio- ja taulukkoluetelo

Kuva 1. Tönnönkosken silta ja myllypaikka, Orimattila. (Museovirasto.).....	11
Kuva 2. Himangan VPK tutustumassa rakennuspalon vaiheisiin ja käyttäytymiseen palokontissa. ....	33
Kuva 3. Metsäpirtin hirsisauna täyden palon jälkeisessä sammumisvaiheessa ja palaminen tapahtuu enää enimmäkseen hehkupalona. ....	34
Kuva 4. Ajoneuvopalon sammutus. Vaalea vesihöyry ympäröi tummia palokaasuja. ....	36
Kuvio 1. Puuvälipohja. (Rakennustieto Oy 2006.).....	13
Kuvio 3. Kellarin kappaholvi, rataakiskoilla. (Rakennustieto Oy 2006.).....	14
Kuvio 2. Tynnyriholvin periaatetta. (Rakennustieto Oy 2006.) .....	14
Kuvio 4. I-Teräsvälipohja. (Rakennustieto Oy 2006.).....	15
Kuvio 5. Alalaattapalkisto. (Rakennustieto Oy 2006.) .....	16
Kuvio 6. Massiivinen teräsbetonilaatta. (Rakennustieto Oy 2006.) .....	17
Kuvio 7. Rakennetut asuinkerrostalot suomessa. (Tilastokeskus.) .....	17
Kuvio 8. Ontelolaatta. (Rakennustieto Oy 2006.).....	18
Kuvio 9. Nilcon kotelolaatta. (Rakennustieto Oy 2006.) .....	19
Kuvio 10. Kuorilaatta ja paikallavalu. (Rakennustieto Oy 2006.).....	20
Kuvio 11. Vanhoja väliseinärakenteita. (Rakennustietosäätiö RTS 2002.) .....	22
Kuvio 12. Havainnollistava kuva materiaalien käyttäytymisestä palossa. (Ympäristöministeriö 2003.) .....	29

Kuvio 13. Esimerkkirakenne kiviseinän rakenteesta, kun ääneneristävyttä halutaan parantaa. (Saint Gobain Rakennustuotteet Oy 2013.) .....	30
Kuvio 14. Tulipaloissa kuolleet 2002 Suomen Pelastusalan Keskusjärjestön mukaan. (Ympäristöministeriö 2003.) .....	32
Kuvio 15. Palon vaiheet. (Ympäristöministeriö 2003.).....	32
Kuvio 16. Kantavien rakenteiden paloluokat. (Ympäristöministeriö 2003.) .....	38
Kuvio 17. Melun häiritsevyyteen vaikuttavat tekijät. (RIL 243-1-2007).....	47
Kuvio 18. Ilmaääneneristysluvun määrittäminen vertailukäyrän ja mittaustulosten avulla. (RIL 243-1-2007) .....	49
Kuvio 19. Askeläänitasoluvun määrittäminen mittaustulosten ja vertailukäyrän avulla. (RIL 243-1-2007).....	51
Kuvio 20. Sivutiesiirtymien merkinnät standardin EN 12354-1 mukaan (RIL 243-1-2007).....	52
Taulukko 1. Rakennuksen kokoa koskevat rajoitukset (Suomen Rakentamismääräyskokoelma, Osa E1, 2011.).....	37
Taulukko 2. Rakennuksen suurin sallittu henkilömäärä. (Suomen Rakentamismääräyskokoelma, Osa E1, 2011.).....	38
Taulukko 3. Kantavien rakenteiden luokkavaatimukset (Suomen Rakentamismääräyskokoelma, Osa E1, 2011.).....	39
Taulukko 4. Yleissääntöjä muutostyön vaikutuksista paloturvallisuusvaatimukseen (Ympäristöministeriö 2003.) .....	41
Taulukko 5. Vanhoja paloturvallisuussäännöksiä (Ympäristöministeriö, 2003.)....	43
Taulukko 6. Tunnettujen äänilähteiden äänenpainetasoja. (Mitrunen R 2014.) .....	46

Taulukko 7. Asuinrakennuksien akustiset vaatimukset (Suomen Rakentamismääräyskokoelma, Osa C1 1998).....	53
Taulukko 8. Määräyksiä, ohjeita ja suosituksia rakennuksen akustiikasta (RIL 243-1-2007) .....	54



## Käytetyt termit ja lyhenteet

<b>Rakennetyyppi</b>	Rakenteen pystyleikkaus, joka esittää rakenteen sisäiset materiaalit.
<b>Perusparannushanke</b>	Korjaustoimenpide, jossa kiinteistön laatutasoa muutetaan alkuperäistä paremmaksi.
<b>Portlandsementti</b>	Portlandklinkkeristä valmistettu sementtityyppi
<b>Rakennusakustiikka</b>	Rakennuksen tilojen välisiä ääniominaisuuksia kuvaava termi.

## 1 JOHDANTO

Tämä opinnäytetyö keskittyy asunto- ja kiinteistöosakeyhtiöiden perusparannushankkeissa yleisesti käytettyihin väliseinien ja välipohjien rakennetyyppeihin. Opinnäytetyön tuloksena syntyy rakennetyyppikirjasto, johon on kerätty tyypillisimpiä rakennusratkaisuja ominaisuuksineen perusparannushankkeissa. Ominaisuuksissa keskitytään pääsääntöisesti eri rakennusmateriaalien paloturvallisuuteen ja ääneristävyyteen. Rakennetyypeissä on huomioitu korjaushankkeille tavanomaiset rajoitteet hyvää rakennustapaa noudattaen. Rakennetyyppikirjasto toteutetaan AutoCAD-ohjelmalla.

Opinnäytetyön tilaajana on Plan B Korjaussuunnittelupalvelut Oy. Yritys on perustettu joulukuussa 2016 ja tarjoaa rakennesuunnittelu- sekä asiantuntijapalveluja pääsääntöisesti Helsingissä. Yrityksen tavoitteena on saada toimeksiantoja ensisijaisesti asunto- ja kiinteistöosakeyhtiöiden perusparannushankkeista. Opinnäytetyön tuloksena yritys saa käyttöönsä rakennetyyppikirjaston, joka tehostaa rakennesuunnittelua perusparannushankkeissa jo luonnossuunnitteluvaiheesta lähtien.

## **2 VANHAT RAKENTEET**

### **2.1 Rakentamisen historia osana rakennesuunnittelua**

Saneeraushankkeissa rakennesuunnittelijan tulee ymmärtää vanhoissa rakennuksissa käytettyjen rakenteiden ja rakennusmateriaalien rakenteellinen sekä fysikaalinen toimivuus. Saneeraushankkeet ovat aina yksilöllisiä rakenteiden ja materiaalien myötä. Hankkeissa suunnittelijan tulee pyrkiä parantamaan tai vähintäänkin ylläpitämään vanhojen rakenteiden rakennusfysikaalisia ominaisuuksia ja rakenteellista toimivuutta kuormittamatta liikaa vanhoja rakenteita.

### **2.2 Rakennusmateriaalien historiaa**

Rakennusmateriaaleja on kehitelty eri tarpeisiin niin kauan kuin on rakennettu. Esimerkiksi jääkaudella ihminen käytti rakennusmateriaalina luita ja nahkoja suojien rakentamiseen. Luu, nahka, puu ja muut suoraan luonnosta löytyvät aineet, kuten multa, sammal, oljet, savi ja kivi ovatkin olleet tavallaan mukana rakentamisessa jo iät ja ajat. Muutaman viimeisen vuosituhannen ja varsinkin viimeisten muutaman vuosisadan aikana rakennusmateriaalit ovat kuitenkin kehittyneet merkittävästi.

#### **2.2.1 Betoni**

Betonia on käytetty omalla tavallaan rakennusaineena jo antiikin Rooman kukoustuskaudella. Myöhemmin 1800-luvulla portlandsementin keksimisen jälkeen betonirakentaminen löytyi uudelleen ja levisi Suomeenkin 1800-luvun loppupuoliskolla. Vuonna 1900 järjestetyn Pariisin maailmannäyttelyn jälkeen betonirakentaminen kasvoi vahvasti, kun tieto betonirakenteen käytöstä runkomateriaalina levisi. (Betoniteollisuus ry 2017.)

Suomessa ensimmäistä kertaa sementtiä valmistettiin vuonna 1869 Saviolla. Suhteellisen pienistä valmistusmääristä ja kovan ulkomaisen kilpailun vuoksi valmistus jouduttiin kuitenkin lopettamaan jo vuonna 1894. Parikymmentä vuotta myöhemmin

vuonna 1914 Paraisten Kalkkivuori Oy, ja hetkeä myöhemmin vuonna 1919 Lohjan Kalkkitehdas Oy aloittivat jälleen sementin valmistuksen Suomessa. Se mahdollisti laajamittaisen betonirakentamisen Suomessa. (Suomen betoniyhdistys ry 1991.)

Betonin käytöstä Suomessa 1800-luvulla on varsin vähän kirjallista tietoa. Ensimmäinen rakenne Suomessa, josta on tiettävästi löytynyt kirjallista tietoa, on Kiviniemen riippusilta Vuoksen yli. Se on samalla Suomen ensimmäinen riippusilta. Ketju-riippusillan maatuet, joihin ketjut on ankkuroitu, on valmistettu betonista. Sillan jänneväli oli 77 metriä ja betonivalusta osa tehtiin veden alla. Vedenalaisia betonivaluja onkin tehty aivan betonitekniikan alusta asti. (Suomen betoniyhdistys ry 1991.)



Kuva 1. Tönnönkosken silta ja myllypaikka, Orimattila. (Wager 2014.)

Suomen ensimmäinen teräsbetonsilta oli kuvassa 1 oleva 1911 rakennettu Tönnön silta ja se on edelleen käytössä kevyen liikenteen siltana (Museovirasto 2017).

### 2.2.2 Tiili

Polttamattomia savitiiliä on käytetty rakennusmateriaalina jo yli 5000 vuotta. 2200eKr Mesopotamian alueella tunnettiin jo tiilen polttaminen ja Välimeren alueen kautta pohjoiseen Eurooppaan tiilen valmistustekniikka levisi keskiajalla. Varhaisim-

mat Suomesta löydetyt todisteet tiilen käytöstä rakennusmateriaalina on 1200-luvulta. 1300-luvulla tiiltä käytettiin jo laajasti esimerkiksi kirkkojen ja linnojen rakennusmateriaalina. (Museovirasto 2017.)

### **2.2.3 Teräs ja rauta**

Ensimmäiset todisteet raudan käytöstä ovat noin 6000 vuotta vanhoja. Raudan valmistamisen ensi askeleet otettiin Lähi-Idässä noin 3400 vuotta sitten. Noin 2500 vuotta sitten alkoi raudan tie rakennusmateriaalina, kun kreikkalaiset käyttivät rautasinkilöitä kivirakenteiden liitoksien varmistamiseen. Kallista rautaa käytettiinkin pitkään vain siellä, missä se oli välttämätöntä. Teollisen vallankumouksen aikaan 1700-luvulla rauta alkoi kehittyä itsenäiseksi rakennusmateriaaliksi, kun oli opittu valmistamaan tarpeeksi laadukasta terästä suurissa erissä. (Archie 2017.)

### **2.2.4 Puu**

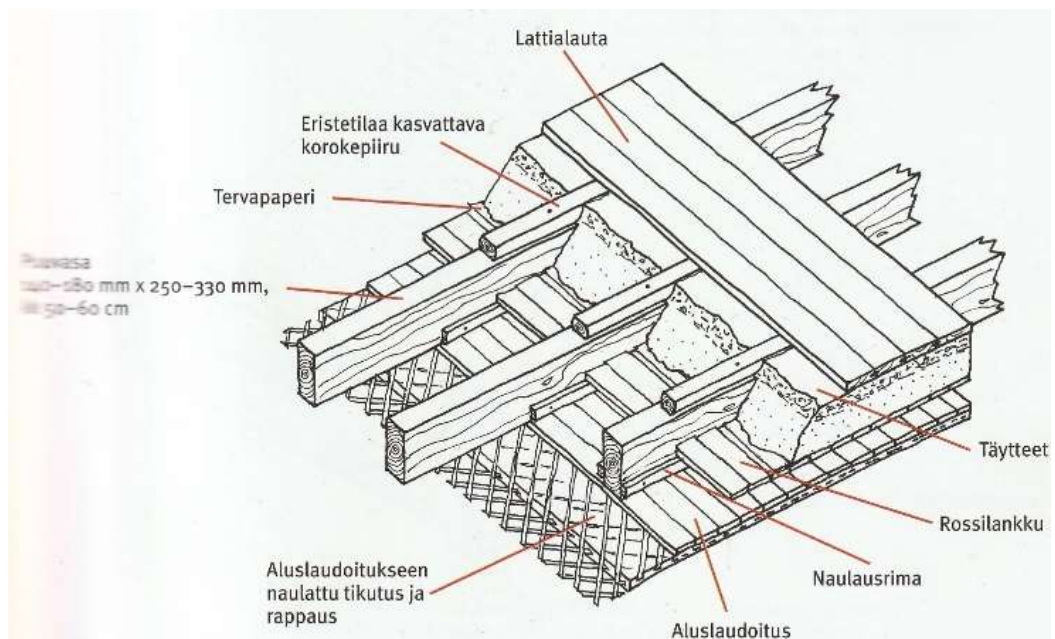
Puuta on käytetty rakennusmateriaalina käytännössä niin kauan kuin on rakennettu. Jo varhaiskivikaudella puu oli luun, sarven ja tulikiven ohella tärkein materiaali kaikkiin tarpeisiin. Varhaiskivikauden loppujaksolla 35 000 – 8 000 eKr. puusta rakennettiin jo asumuksia. Esimerkiksi UNESCON maailmanperintökohteesta Valcamonican kalliopiiirrosalueelta on löydetty kivikautisia kalliomaalauksia, jotka esittävät monikerroksisia puurankaisia taloja. Myös esimerkiksi yhdessä maailman vanhimmista kaupungeista, Jerikossa, rakennukset oli pystytetty auringon kuivaamista savitiilistä, mutta tiilimuurauksen sisäpuolella kantavana rakenteena toimi puurakenteet. Japanilainen temppeli, joka pystytettiin jo noin 900 vuotta eKr., lienee vanhin säilynyt puurakennus. (Siikanen 2016.)

Suomessa puurakentamisella on pitkät perinteet. Lähes kaikki suomalaiset rakennukset tehtiin puusta aina 1800-luvulle asti kivikirkkoja, muutamia kartanoita ja porvaritaloja lukuun ottamatta. (Siikanen 2016.)

## 2.3 Välipohjat

Välipohjan tarkoitus on kannatella yläpuolisia kuormia ja jakaa kuormia runkorakenteille, estää ilman liikettä ja eristää niin ääntä kuin lämpöäkin sekä jakaa tiloja toimien alapuolisten tilojen kattona ja yläpuolisissa tiloissa lattiana. Yleisimpiä haasteita välipohjarakenteissa tulee pitkistä jänneväleistä ja äänieristyksestä. Pitkät jännevälit ovat toteutettavissa liimapuu-, betoni- tai teräsrakenteiden avulla. Erittäin pitkissä jänneväleissä, kun alapuolisissa tiloissa on oltava esimerkiksi suuria avaria tiloja, muodostuu rakennesuunnittelulle haasteita, jotka ovat kuitenkin lähes aina toteutettavissa oikeilla rakenneratkaisuilla.

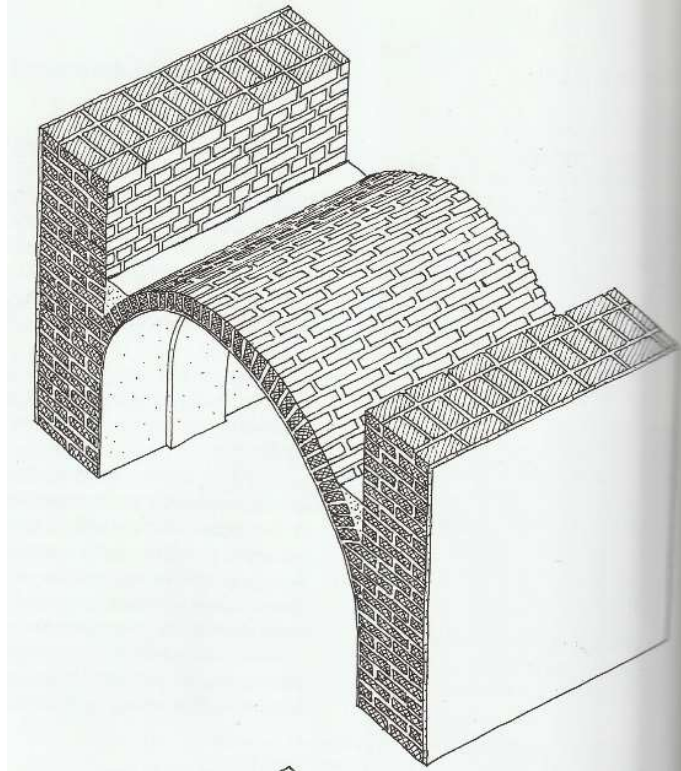
ePuurakenteinen välipohja on yksi vanhimmista välipohjatyypeistä. Puu on ollut kaikkialla saatavilla oleva rakennusmateriaali, se on kevyt materiaali ja se kestää suhteellisen hyvin taivutusta lyhyillä jänneväleillä. Lisäksi sitä on helppo työstää ja se on luonnostaan lämmin ja silmää miellyttävä materiaali. Kuviossa 1 oleva puurakenteinen välipohja on yleinen puurakenteinen välipohjatyyppeistä vielä nykyäänkin, joskin rakennusmateriaalit ovat vuosien varrella vaihtuneet.



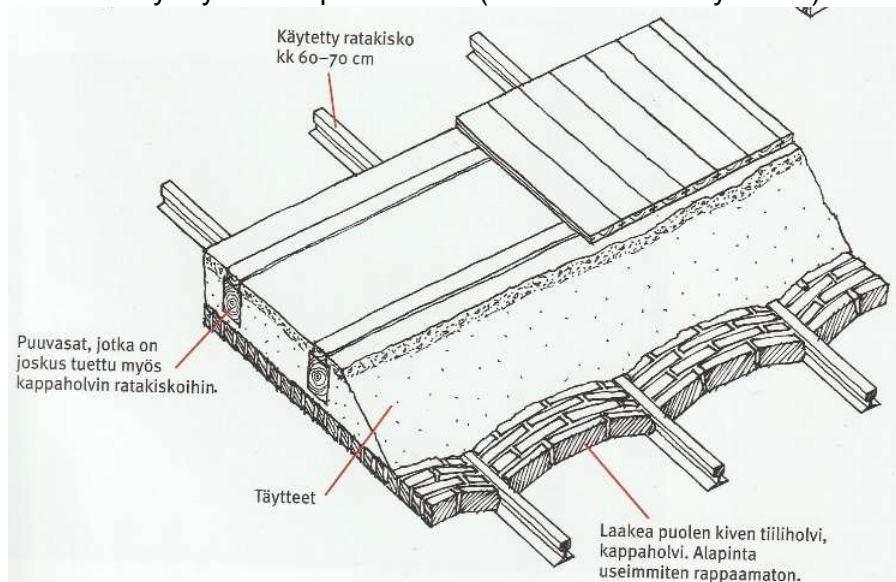
Kuvio 1. Puuvälipohja. (Rakennustieto Oy 2006.)

### 2.3.1 Välipohjat ennen vuotta 1920

1900-luvulle asti välipohjat rakennettiin lähes poikkeuksetta kantavien puurakenteiden eli vassojen varaan. Jonkin verran käytettiin myös kuvion 2 tapaisia kannattavia tiiliholveja ja tiilimuureihin tukeutuvia ratakiskoja palkkeina välipohjarakenteessa esimerkiksi kuvion 3 osoittamalla tavalla. (Rakennustieto Oy 2006)

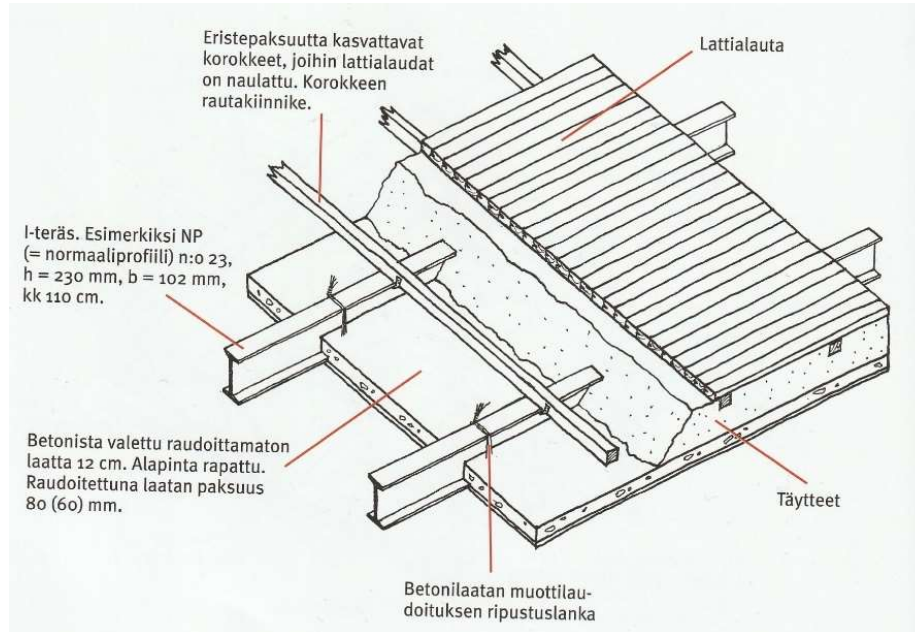


Kuvio 3. Tynnyriholvin periaatetta. (Rakennustieto Oy 2006.)



Kuvio 2. Kellarin kappaholvi, ratakiskoilla. (Rakennustieto Oy 2006.)

Vuosina 1900-1915 asuinkerrosten välipohjia rakennettiin runsaasti myös I-teräspalkkien tai ratakiskojen varaan, jolloin välipohjan alapinnan muodosti puurakenne tai palkkien väliin valettu betonilaatta, kuten kuvion 4 tapauksessa. (Rakennustieto Oy 2006.)



Kuvio 4. I-Teräsvälipohja. (Rakennustieto Oy 2006.)

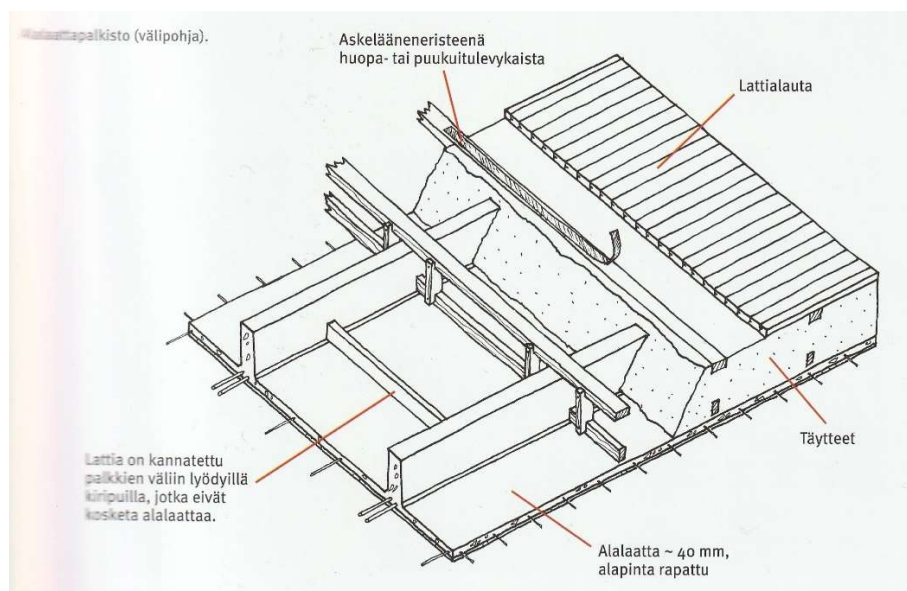
1900-luvun ensimmäisellä vuosikymmenellä Suomessa käytettiin myös ensimmäistä kertaa välipohjarakenteissa varsinaisia teräsbetonipalkkeja. 1900-luvun kahdella ensimmäisellä vuosikymmenellä kehiteltiin suuri määrä erilaisia teräsbetonisia välipohjarakenteita, joista yleisimmäksi välipohjatyypiksi vakiintui alalaattapalkisto. (Rakennustieto Oy 2006.)

Kaikille välipohjatyypeille yhteinen tekijä oli kuitenkin niiden täyttäminen erilaisilla täytteillä äänen- ja lämmöneristyssyistä. Paloturvallisuussyistä lattia varsinkin ulla-kolla suojattiin lisäksi joko tiilestä muuratulla tai betonista valetulla palopermannolla. (Rakennustieto Oy 2006.)



### 2.3.2 Välipohjat 1920-1950

Teräsbetoni oli hallitseva välipohjarunkojen rakennusaineena 1920- ja -30-luvuilla. Yleisin välipohjatyyppejä oli kuviossa 5 esitetty alalaattapalkkisto, jonka kantavien palkkien muotoiluun ja muun lattiarakenteen toteutukseen oli tosin monia vaihtoehtoja. (Rakennustieto Oy 2006.)



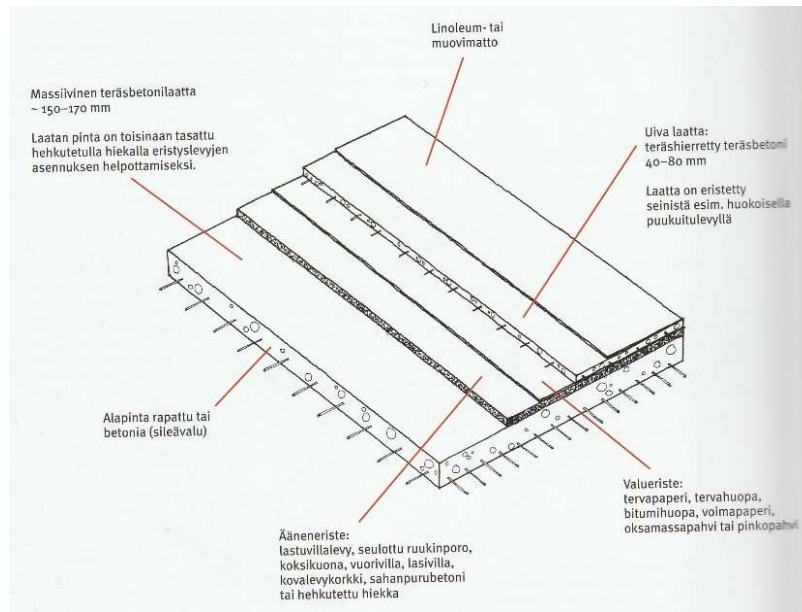
Kuvio 5. Alalaattapalkkisto. (Rakennustieto Oy 2006.)

Alalaattarakenteessa teräs otti vastaan vetojännitykset ja betonin "palkkiosat" puristusjännitykset, kuten normaalistikin teräsbetonirakenteissa. Mahdollinen palopermanto toteutettiin valamalla pintaan noin 40-70 millimetrin paksuinen betonikerros erottamaan alapuolista tilaa ullakkotilasta sekä tiivistämään rakennetta. (Rakennustieto Oy 2006.)

### 2.3.3 Välipohjat 1950-1975

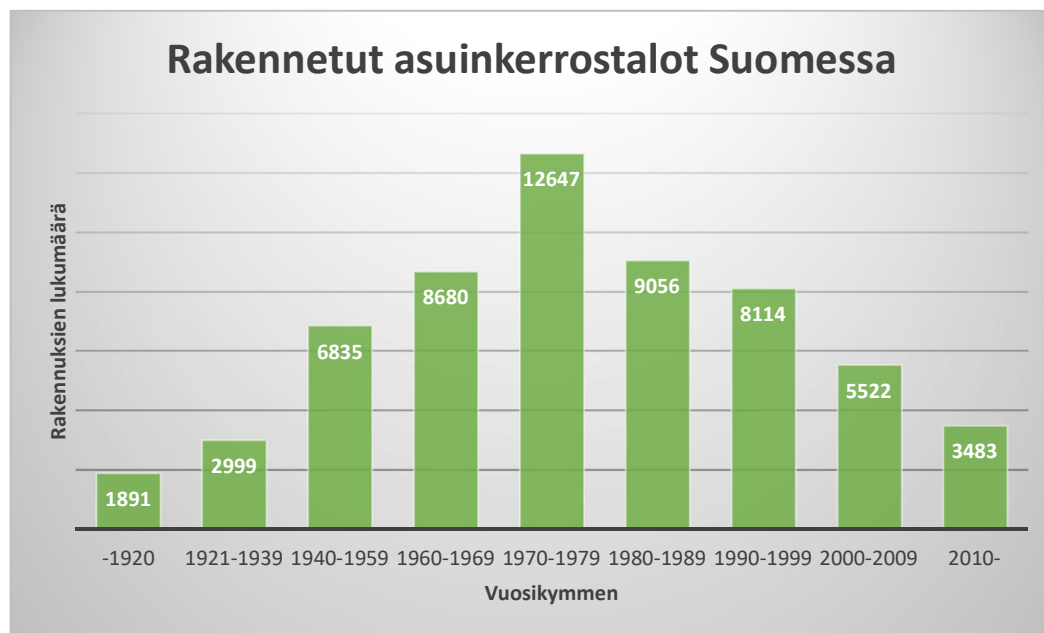
Betonia säästävä, mutta rakentajille monimutkainen alalaattapalkkisto oli hallitseva välipohjatyyppejä aina 1950-luvulle asti. Materiaali- ja työkustannusten muuttuessa kuviossa 6 esiintyvä massiivilaatta yleistyi 1950-luvun alkupuolella. Pian huomattiin massiivilaatan olevan askeläänieristyksestään huono välipohjaratkaisu verrattuna alalaattapalkkistoon. Ääneneristystä pyrittiin korjaamaan eristekerroksen päälle valetulla ohuella teräsbetoni-laattalla eli niin sanotulla uivalla laattalla. Tästä syntyi uusi

ongelma lattian suoruuden kannalta, sillä kuivuuessaan teräsverkolla raudoitettu uiva betonilaatta käyristyi reunoiltaan ylöspäin. (Rakennustieto Oy 2006.)



Kuvio 6. Massiivinen teräsbetonilaatta. (Rakennustieto Oy 2006.)

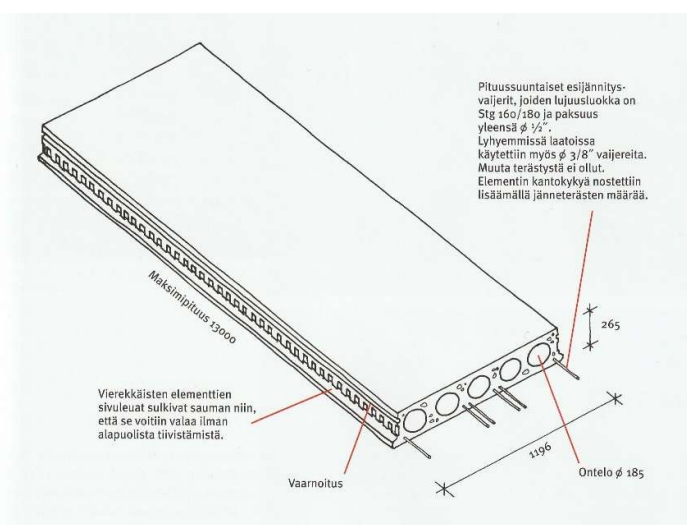
1970-luku oli elementtirakentamisen kulta-aikaa. Etenkin vuosina 1973-1974 asuinrakennusten uudistuotanto oli Suomessa maailmanennätysluokkaa, kuten alla olevasta kuviosta ilmenee, kun rakennettavien asuntojen kuutiotilavuutta verrataan aikakauden väkilukuun.



Kuvio 7. Rakennetut asuinkerrostalot suomessa. (Tilastokeskus.)

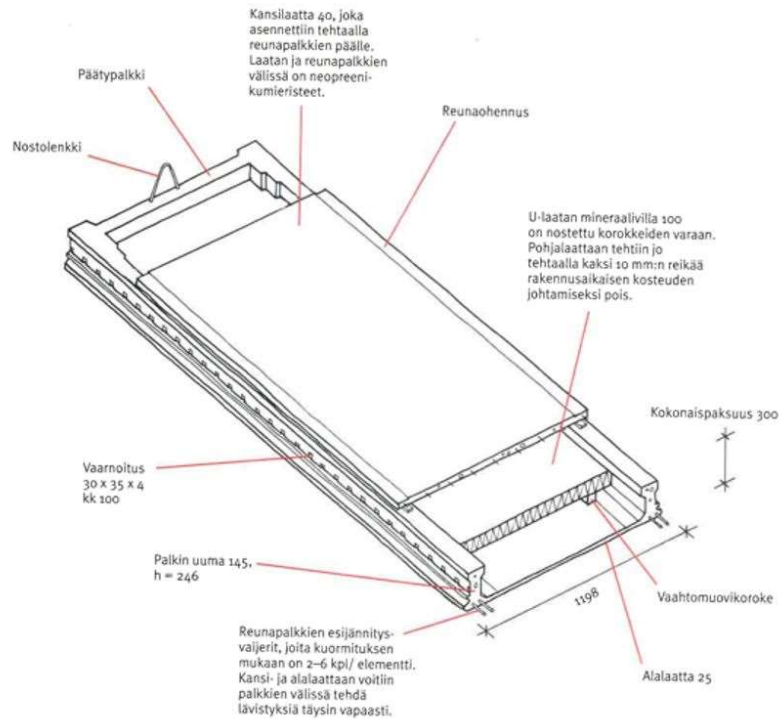
1960- ja 1970-luvuilla alettiin välipohjia rakentaa myös massiivisista välipohjajelelementeistä paikallaan valetun massiivilaatan sijaan. Elementit olivat 190-200 mm paksuja, jänneväliltään korkeintaan n. 5,4 -metrisiä ja leveydeltään 120 cm leveistä moduulimitoitetuista elementeistä aina suuriin huoneyksikön kokosiin teräsbetonielementteihin. (Rakennustieto Oy 2006.)

1970-luvun alkupuolelta alkaen välipohjien elementtivalikoimaan tuli myös BES-järjestelmän mukaisia esijännitetyjä välipohjalaattoja. 1970 Suomessa alkoi kuvion 8 mukaisten esijännitettyjen ontelolaattojen valmistus, jossa raudoituksen muodostivat laatan alapinnan esijännitysvaijerit. Esijännitetyillä elementeillä päästiin jopa yli 10 metrin jänneväleihin. Standardileveys oli 1200 mm ja -paksuus 265 mm. Toinen vaihtoehto ontelolaatalle oli Lennart Nilssonin kehittämä kuviossa 9 esitetty U-laatta eli kotelolaatta. U-laattoja, eli tuotenimeltään Nilcon-laattoja, valmistettiin Suomessa vuosina 1971-1983 Polarin ja Puolimatkan perustamissa tehtaissa Forssassa ja Nurmijärvellä. Nilcon-elementtien avulla oli mahdollisuus päästä jopa 18-20 metrin jänneväleihin, mikä oli selvästi pitempi väli kuin 1970 -luvun ontelolaatoilla. (Rakennustieto Oy 2006.)



Kuvio 8. Ontelolaatta. (Rakennustieto Oy 2006.)

Kotelolaatat eivät koskaan tulleet yhtä yleisiksi elementtiratkaisuiksi kuin ontelolaatat. Kotelolaattojen ohut alalaatta vaati varovaista käsittelyä. Ontelolaattoja myös valmistettiin useissa tehtaissa ja niitä käyttivät useat rakentajat. Ontelolaattoja pystyi myös muokkaamaan paljon vapaammin. Sen johdosta saksalaisvalmisteisesta ontelolaatasta muodostui varsin pian BES -järjestelmän peruspilari. (Rakennustieto Oy 2006.)

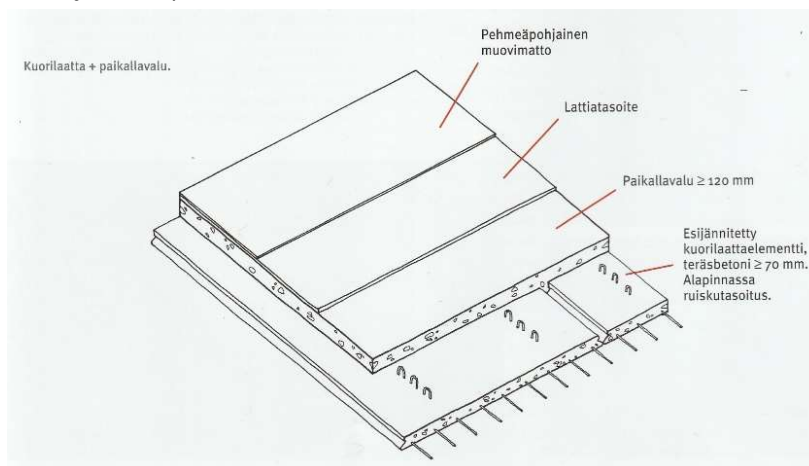


Kuvio 9. Nilcon kotelolaatta. (Rakennustieto Oy 2006.)

### 2.3.4 Välipohjat vuodesta 1975 2000 -luvun alkuun

BES-järjestelmän mukainen esijännitetty ontelolaatta oli yleisin välipohjarakenne. Ontelolaattojen tarjonta erikokoisina parani, kuten myös niiden rakennusfysikaaliset ominaisuudet. Ontelolaattojen rinnalla tehtiin edelleen paikallaan valettuja välipohjia. Esimerkiksi Kuopiossa ne olivat jopa yleisempiä kuin ontelolaatat välipohjarakenteena. 1990-luvulla rakennettiin jännevälien kasvattamiseksi myös jälkijännitetyjä laattoja. (Rakennustieto Oy 2006.)

Vuonna 1979 Oy Lohja Ab alkoi valmistaa moduulimitoitettuja esijännitettyjä kuvion 10 mukaisia kuorilaattoja. 120cm leveissä ja 70mm paksuissa kuorilaatoissa oli sisällä vetoteräkset ja ne toimivat valumuottina, jonka päälle valettiin 130-150 mm paksu betonikerros. Jonkin verran välipohjia tehtiin myös tällä menetelmällä. (Rakennustieto Oy 2006.)



Kuvio 10. Kuorilaatta ja paikallavalu. (Rakennustieto Oy 2006.)

## 2.4 Väliseinät

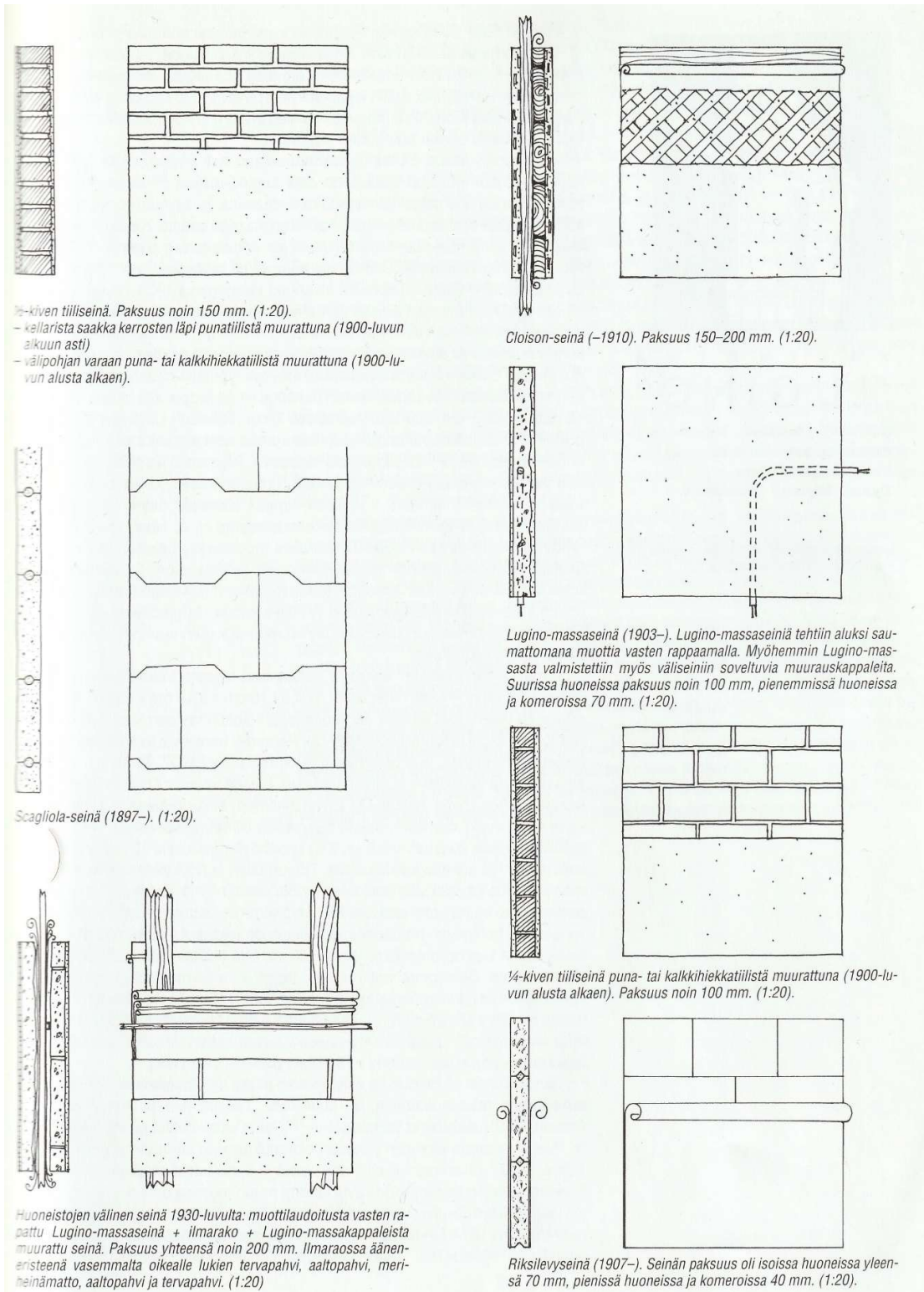
Väliseinien tarkoitus rakentamisessa on jakaa tiloja eri osastoihin, eristää lämpöä ja ääntä, sekä mahdollisesti tukea yläpuolisia rakenteita. Väliseinät voidaan jakaa kevyisiin ei-kantaviin väliseiniin, sekä kantaviin väliseiniin. Lisäksi väliseinistä voidaan puhua paloseinä, jonka tarkoituksena on luoda palokatko ja toimia huoneistojen välisenä seinänä. Huoneistoja erottavilta seiniltä vaaditaan yleensä myös parempaa ääneneristävyyttä, ilmativeyttä ja palonkestoa.

### 2.4.1 Väliseinät ennen vuotta 1960

1900-luvun vaihteeseen asti rakennetuissa taloissa on useimmiten varsin vähän kevyitä väliseiniä. Yleinen tapa jakaa tiloja tuohon aikaan oli vain ½ tiilen paksuinen seinä, joka vaati omat perustuksensa ja täten seinä kulki talon läpi asti perustuksista ylöspäin. Tämä johtui siitä, ettei puisten välipohjien varaan voinut perustaa näin raskaita väliseiniä. (Rakennustietosäätiö RTS 2002.)

Vuosien 1875 ja 1895 rakennusjärjestysten mukaan Helsingissä sai kuitenkin tehdä kevyen, kantamattoman ja tulihormeista vapaan väliseinän muustakin kuin tulenkestävästä materiaalista. 1800-luvun lopussa ja 1900-luvun alussa kevyitä väliseiniä tehtiinkin usein puurakenteisina. Yleisin kevyt väliseinätyyppi oli puurakenteinen, jossa oli 2-3 kerrosta ristikkäistä kerrosta lankkua tai lautaa, niiden välissä vuorauspahvi tai -paperi ja lopuksi seinä rapattiin molemmin puolin. Tätä seinärakennetta kutsuttiin Cloisson-seinäksi. (Rakennustietosäätiö RTS 2002.)

Teräs- ja teräsbetonirakenteet sekä uudet väliseinäratkaisut helpottivat väliseinien rakentamista 1900-luvun alussa ja niiden rakentaminen yleistyi. 1920-luvulla perustuksista lähtien muurattiinkin enää vain kantavat ja jäykistävät väliseinät. Kantavia rakenteita korvattiin osittain teräsbetonipilareilla. Näistä syistä kevyiden väliseinien osuus pystyrakenteissa kasvoi nopeasti. Kuviossa 11 on esitetty vanhoja väliseinärakenteita. (Rakennustietosäätiö RTS 2002.)



Kuvio 11. Vanhoja väliseinärakenteita. (Rakennustietosäätiö RTS 2002.)

## 2.4.2 Väliseinät 1960-luvun jälkeen

1960-luvulla ja 1970-luvun alussa muuratut väliseinät kuuluivat väistyvään rakennustapaan, kun väliseinät pääsääntöisesti rakennettiin puu- tai metalliprofiilirunkoisina levyseininä, kevytbetonielementtiseininä, betonielementtiseininä tai paikallaan valettuina betoniseininä. Paikallaan valetut kantavat betoniseinät säilyttivät kilpailukykyensä elementteihin verrattuna suurten muottiyksiköiden avulla, vaikka elementtirakentaminen muuten oli pääasiallinen rakennustyyli. Tosin esijännitettyihin välipohjaelementteihin siirtyminen vähensi kantavien väliseinien tarvetta yleensäkin. (Rakennustietosäätiö & Rakennustieto Oy 1994.)

1970-luvulla väliseinärakenteita pyrittiin keventämään BES-järjestelmän esijännitetyille välipohjalaatoille asettamien rajoitusten takia. Levypintaiset eristämättömät väliseinät tulivat tämän seurauksena yleisimmäksi väliseinätyypiksi. Rankaväliseiniä valmistettiin myös elementteinä. 1970-luvulla seinäpinnat olivat lastulevyä, kipsilevyä tai (asbesti)kuitusementtilevyä, eli niin sanottua Luja-levyä. Lujalevyissä asbestin käyttö loppui vuonna 1979. 1980-luvulla kipsilevy väliseinäpintojen yleisimpänä rakennusaineena syrjäytti lastulevyn. 1990-luvulla ääneneristyksen vaatimukset hinnan ja palomääräysten ohella vaikuttivat väliseinärakenteisiin tuoden osiin väliseinistä mineraalivillan tai kaksinkertaisen levytyksen. (Rakennustieto Oy 2015.)

Märkätiloissa seinät tehtiin 1970-luvulle asti pääsääntöisesti raskaina betonirakenteisena valmiina kylpyhuone-elementtinä. 1970-luvun alkupuolella sen korvasi kevytrakenteinen kylpyhuone-elementti. 1970- ja 1980-luvuilla märkätilojen väliseiniä rakennettiin myös paikallaan rankarakenteisena. Näistä märkätilaratkaisusta saadut kokemukset johtivat kevytbetoni- ja kalkkihiekkaharkkoseinien yleistymiseen 1990-luvulla. (Rakennustieto Oy 2015.)



## 2.5 Ulkoseinät

Kerrostaloissa Suomessa runkotyyppinä oli tiilimuurirunko, harvoja poikkeuksia lukuun ottamatta, aina 1920-luvulle asti, ja yleisimpänä runkotyyppinä ulkoseinissä se oli vielä paljon pidempään. Liikehuoneistoissa tiilirunko saatettiin alimmassa kerroksessa korvata betonipilareilla. 1920-30-luvuilla ulkoseinärakenteisiin alettiin liittää mm. kevytbetonia lastuvillalevyjä ja korkkia lämmöneristyskyvyn parantamiseksi. 1930-luvun lopulla perinteisessä tiilimuurissa täystiilen rinnalle tuli paremmin lämpöä eristävä monireikätiili, jonka seurauksena ulkoseinän vahvuus kaventui. 1940-50-luvuilla ulkoseinien perinteisen tiilirungon tilalle alkoi tulla betonipilarirunko ja betoniseinärunko. Myös kantavana rakennetyyppinä kehittynyt kirjahyllyrunko antoi betonipilarirungon tapaan vapaammat kädet ulkoseinien materiaalivalinnoissa, koska ne pystyi toteuttamaan ei kantavana rakenteena. 1960-luvulla betoni syrjäytti tiilen lähes kokonaan kantavana pystyrakenteena. Siitä lähtien betoni on säilyttänyt paikkansa yleisimpänä kantavana pystyrakenteena kerrostaloissa, vaikkakin 1990-luvulla ja 2000-luvulla puu ja teräsrankaisiakin kerrostaloja on pystytetty. (Rakennustieto Oy 2006.)

## 2.6 Yläpohjat

Yläpohjien runkorakenteen kehitys on kulkenut käytännössä käsi kädessä välipohjien rungon kehityksen kanssa. Ullakolle tosin on tehty paloturvallisuussyistä palopermanto joko tiilestä tai betonista. Joskus yläpohjan rakenne tehtiin välipohjaa hieman ohuempana pienempien kuormien takia. 1960-luvun lopulla, kun tasakatto alkoi yleistyä ja osassa tasakatoista vesikatto integroitiin yläpohjaan, yläpohjan rakenne alkoi poiketa hieman enemmän välipohjien rakenteesta. Mukaan tuli vesikatteen alle asennettavat kevytsorabetonilaatat sekä niiden ja yläpohjan runkorakenteen väliin tuleva paksuhko kevytsorakerros.

## **3 UUDET JA KORJATTAVAT VÄLIPOHJAT**

### **3.1 Rakenteet**

Uudisrakennuksien välipohjarakenteet ovat helpohko suunnitella yhteensopiviksi muiden rakenteiden kanssa verrattaessa korjausrakentamiseen. Korjausrakentamisessa tulee uutta välipohjaa tehtäessä huomioida rakennusfysikaaliset ominaisuudet, liittyminen vanhoihin rakenteisiin sekä mahdolliset muutokset kuormien jakautumisessa.

### **3.2 Kosteuden hallinta**

#### **3.2.1 Betoni**

Betonivaluissa tulee huomioida kosteuden siirtymisen estäminen muihin rakenteisiin ja hyvä ilmanvaihto betonista haihtuvan kosteuden poistamiseksi sisätiloista. Haasteita tuo kosteuden hallinnan ja betonin kuivumisnopeuden yhteensovittaminen. Liian nopea kuivuminen on haitallista betonille ja kosteus taasen rakenteille. Kuivumisnopeutta voidaan hidastaa peittämällä betoni ja kuivumisen haittoja oikealla betonilaadun valinnalla. Kosteuden haittoja voidaan ehkäistä rakenteiden suo-  
jauksella, ilmanvaihdolla ja muottimateriaalien valinnalla. Betonirakenteiden pinnoittamisessa tulee huomioida betonin kosteus uudisrakentamisen tavoin.

#### **3.2.2 Puu**

Puurakenteisia välipohjia rakennettaessa tulee huolehtia käytettävän puumateriaalin kuivuudesta rakennusvaiheessa. Mahdollisesti kostea puu rakenteissa tulee kuivattaa ennen rakenteiden peittämistä. Suositeltava puun kosteus riippuu käyttökoh-  
teesta. Runkorakenteissa käytettävän puun kosteuspitoisuus tulisi olla alle 24 %, ulkoverhouksessa alle 18 %, sisäverhouksessa alle 16 % ja lattiaverhouksessa kosteuspitoisuus pitäisi saada alle 10 %. Mikäli puutavara kuivataan ilmakeivillä

ulkona, sen kosteuspitoisuus vaihtelee ulkoilman suhteellisen kosteuden mukaan välillä 15-25 %. Mikäli kosteuspitoisuus puutavarassa halutaan tämän alle, niin se tulee keinokuivata. (Puuinfo Oy.)

### **3.3 Palotekniset asiat**

Paloteknisiä asioita on käsitelty laajemmin kappaleessa 5. Välipohjissa tulee huomioida palonsuojauksen kannalta erityisesti alapuolisten tilojen palotilanteet ja välipohjaa tulee käsitellä kantavana rakenteena ja täten kantavien rakenteiden mukaiset määräykset palonkestoajoista tulee täyttyä. Välipohjat toimivat monesti myös osastoivana rakenteena ja tämäkin tulee huomioida välipohjan rakenteita suunniteltaessa.

Korjausrakentamisessa huomioidaan vanha rakennus ja sen aikaiset rakentamismääräykset kappaleen 5.3 mukaan. Kerrostalojen välipohjat, myös puiset, voidaan yleensä säilyttää tarvittaessa suojaamalla ne alapuolista paloa vastaan palosuojauksella tai verhouksella. Palosuojaus tai eristekerroksen vaihto on helpoin tapa välipohjarakenteiden palonkestoajan parantamiseen. Palonkestoaikaa voidaan parantaa esimerkiksi lisäämällä välipohjan pintaan tarkoitukseen sopiva ohut mineraalivilla ja levytys. (Ympäristöministeriö 2003.)

### **3.4 Ääneneristävyys**

Uudisrakentamisessa ääneneristävyys otetaan huomioon ja toteutetaan Suomen Rakentamismääräyskokoelman mukaan. Korjausrakentamisessa rakennusakustiikan parantamiseen on muutamia vaihtoehtoja.

Mikäli välipohjien rakennusakustiikkaa halutaan parantaa purkamatta, keinoina on välipohjarakenteen päälle valettava, massaa kasvattava pintavalu, tai kevyempi puu-/levyrakenteinen kelluva ratkaisu. Myös rakenteen alapuolelle ripustettavalla levyrakenteisella alaslaskettavalla katolla saadaan ääneneristystä parannettua. Mikäli välipohjarakenteen kuormituksia ei voida tai haluta hirveästi kasvattaa, voidaan yleisinä korjaustoimenpiteinä pitää kolmea tapaa. (Mitrinen 2014.)

Askelääneneristystä voidaan helpoiten parantaa vanhan lattiapinnan päälle rakennettavalla kelluvalla lattialla. Tällöin lattian päälle asennetaan askeläänieristematto, joka joustavuutensa ansiosta estää iskuista aiheutuneiden äänien kulkeutumista alapuolisiin rakenteisiin. Askeläänieristeen päälle voidaan asentaa esimerkiksi puu- tai levylattia. (Mitrunen 2014.)

Askelääneneristystä ja pääasiassa ilmaääneneristystä voidaan parantaa myös kiinnittämällä välipohjan alle rimat, joihin kiinnitetään jousirangat. Hyvä tulos saadaan kiinnittämällä jousirankoihin vielä kaksinkertainen levytys. (Mitrunen 2014.)

Varmin tapa äänieristykselle on kuitenkin vanhojen rakenteiden avaus ja eristeiden korvaaminen uusilla paremmilla materiaaleilla. Askelääneneristystä voidaan parantaa vielä kelluvalla laatalla. Tällä tavoin voidaan saavuttaa lähes uuden rakenteen veroinen ääneneristys oikeiden ääniteknistien toimenpiteiden valinnalla. (Mitrunen 2014.)

Välipohjien pelkkä lisäääneneristys saattaa olla täysin hyödytön, jos liitosten tiivistykset ja sivutiesiirtymät jätetään huomioimatta. Sivutiesiirtymien vähentämisen voi toteuttaa esimerkiksi välipohjarakenteen pintarakenteiden katkaisulla. (Mitrunen 2014.)

## 4 UUDET JA KORJATTAVAT VÄLISEINÄT

### 4.1 Rakenteet

Väliseinien rakenteet vaihtelevat rakennusajankohdan mukaan. Uusissa väliseinissä on hyvä käyttää hyväksi koettuja rakennetyyppikirjastossa esiintyviä rakenteita. Korjattavien väliseinien kohdalla tulee tutustua korjattavaan rakenteeseen ja sen toimivuuteen. Korjaustapa tulee valita tämän mukaan.

### 4.2 Kosteuden hallinta

Väliseiniä rakennettaessa mahdollinen kosteus tulee märkien rakenteiden kautta. Betonirakenteissa tämä ehkäistään väliseinissä samoilla menetelmillä kuin välipohjissa kappaleen 3.2.1 mukaan. Puurakenteissa käytettävien materiaalien kuivuudesta tulee varmistua samoin kuin välipohjarakenteissa kappaleen 3.2.2 mukaan. Tiili- ja harkkorakenteisissa väliseinissä saumaussmassan kuivuminen tulee varmistaa ennen mahdollisia pinnoitustöitä.

Korjausrakentamisessa rakennuksen käytöstä aiheutuvien mahdollisten kosteusvaurioiden ehkäisyyn sovelletaan uudisrakentamisen tapoja. Suihku- ja pesupisteiden alueella suositellaan käytettäväksi kivirakenteista seinää, joka on luja ja liikku-maton. Rankarakenteista seinää käytettäessä se tulee jäykistää levytyksen ja vedeneristyksen vaurioiden ehkäisemiseksi (RT 84-11166 2014.)

### 4.3 Palotekniset asiat

Paloteknisiä asioita on käsitelty laajemmin kappaleessa 5. Mikäli väliseinät ovat kantavia, tulee kantavien rakenteiden mukaiset määräykset palonkestoajoista täyttyä. Väliseinät toimivat monesti myös osastoivana rakenteena ja tämäkin tulee huomioida välipohjan rakenteita suunniteltaessa.

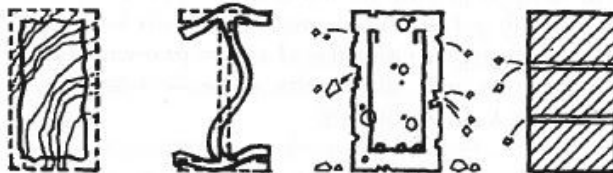
Korjausrakentamisessa huomioidaan vanha rakennus ja sen aikaiset rakentamismääräykset kappaleen 5.3 mukaan.

Väliseinien vaadittuihin palonkestoaikoihin päästään helposti oikeilla materiaalivalinnoilla ja palosuojauksella. Kuviossa 12 on havainnollistettu yleisimpien rakennusmateriaalien käyttäytymistä palotilanteessa. Materiaaleista puu on palava aine, joka näin ollen osallistuu paloon. Puun erityisominaisuutena voidaan kuitenkin pitää hiiltymistä, jonka nopeus tunnetaan (0,8 mm/min). Puun palaessa, sen lujuus sisäosassa pysyy lähes muuttumattomana, vaikka ulkopinta hiiltyykin. Puun peruspalosuojauksena voidaan näin pitää rakenteellisen kantavuuden ylivoimattamista. (Ympäristöministeriö 2003.)

Teräksen ominaisuudet palotilanteessa ovat puuhun nähden lähes vastakohtaiset. Se on käytännössä palamaton materiaali, mutta toisaalta lujuus alenee, kun lämpötila nousee. Lieskahduksen aiheuttavassa lämpötilassa teräksen lujuus onkin pudonnut jo noin kolmasosaan alkuperäisestä lujuudesta. Tämän vuoksi teräsrakenne onkin lähes poikkeuksetta palosuojattava esimerkiksi koteloinnilla. (Ympäristöministeriö 2003.)

Betoni on teräksen tavoin palamaton materiaali. Palossa se saattaa kuitenkin lohkeilla lämpötilamuutosten seurauksena. Betoniluokalla ja suhteituksella on tähän merkitystä ja lohkeilua voidaan estää tiheällä ja ohuella raudoituksella, jonka lisäksi betoni voidaan myös palosuojata. Betonin puristuslujuus lieskahduksen aiheuttavassa lämpötilassa putoaa noin puoleen. (Ympäristöministeriö 2003.)

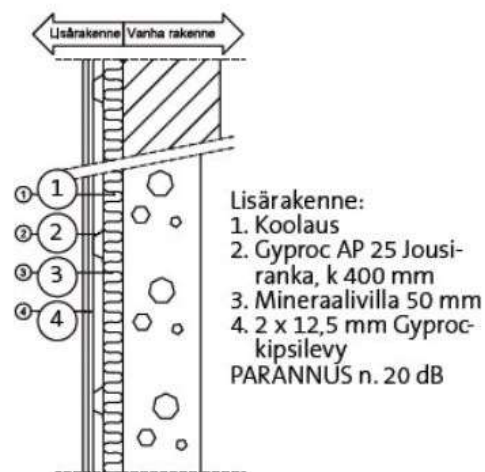
Poltettu tiili on palamaton materiaali. Lisäksi se on valmiiksi poltettua, joten kuumuus ei vaikuta sen ominaisuuksiin juurikaan. Palon kuumuuden ja sammutusveden jäädyttävän vaikutuksen seurauksena reikätiilet saattavat kuitenkin lohkeilla. Huomiioon on otettava myös saumat, jotka eivät kestä paloa poltetun tiilen tavoin. Muut muurauskivet muistuttavat myös tiiltä palo-ominaisuuksiltaan, joskin kalkkihiekkatiilen ominaisuudet tulipalossa ovat hieman heikommat. (Ympäristöministeriö 2003.)



Kuvio 12. Havainnollistava kuva materiaalien käyttäytymisestä palossa. (Ympäristöministeriö 2003.)

#### 4.4 Ääneneristävyys

Uudisrakentamisessa ääneneristävyys saatetaan vaaditulle tasolle tuttuja ja hyväksi todettuja rakennetyyppejä ja ratkaisuja käyttäen ja rakentamismääräyskokoelmaa noudattaen. Korjausrakentamisessa taas on yleensä rakenteiden painon huomattava lisääminen lähes mahdotonta. Ääneneristyksen parantaminen voidaan silloin toteuttaa kevytrakennetekniikalla. Tällöin uudet väliseinät toteutetaan joko kaksinkertaisella rungolla tai rungon ja jousirangan yhdistelmällä. Varsinkin vanhoissa korjattavissa kohteissa on paljon kivipohjaisista aineista rakennettuja seiniä, jotka ovat suhteellisen ohuita. Kun uudet väliseinät liittyvät vanhoihin rakenteisiin, ääneneristävyyden ongelmat tulevat sivutiesiirtymistä. Lattialaattaa pitkin sivutiesiirtymä voidaan vaimentaa kappaleen 3.4 mukaisella kelluvalla kipsilevyllä. Kattolaatan kautta tapahtuva sivutiesiirtymä saadaan parhaiten poistetuksi kipsilevyrakenteella, joka on kiinnitetty kattoon akustisten jousirankojen avulla. Vanhojen kivi-seinien ääneneristystä ja niiden kautta tapahtuvaa sivutiesiirtymistä voidaan parantaa kiinnittämällä toiselle puolen pystykoolaus, johon kiinnitetään jousirangat ja kaksinkertainen levytys kuvion 13 havainnollistamalla tavalla. Tämä voidaan tehdä myös molemmiin puolin seinää ääneneristyksen parantamiseksi entisestään. (Saint Gobain Rakennustuotteet Oy 2013.)



Kuvio 13. Esimerkkirakenne kiviseinän rakenteesta, kun ääneneristävyttä halutaan parantaa. (Saint Gobain Rakennustuotteet Oy 2013.)

## 5 PALOTURVALLISUUS

### 5.1 Yleistä

Tässä kappaleessa käsitellään välipohja- ja väliseinärakenteiden paloteknisiä vaatimuksia ja ominaisuuksia sekä tulipaloa ja sen riskitekijöitä rakennuksissa. Suurissa, vaativissa tai haastavissa kohteissa on syytä rakennushankkeeseen ottaa mukaan palotekninen suunnittelija.

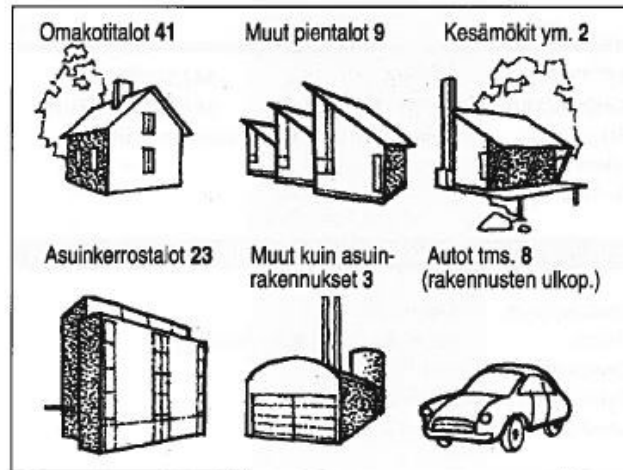
### 5.2 Rakennuspalo

Rakennuspalo koostuu tietyistä tekijöistä ja vaiheista. Rakennusmääräyskokoelman E-osa keskittyy rakenteellisen paloturvallisuuden varmistamiseen. Määräysten ja ohjeiden taustoja ja tarpeita voidaan helposti tarkastella myös palon syttymisen ja kehittymisen kautta. Ymmärtämällä tulipalon käyttäytymistä ja sen vaikutuksia voidaan ehkäistä syttymistä ja palon syttyäkin rajoittaa sen aiheuttamia vahinkoja. (Ympäristöministeriö 2003.)

Määräysten tavoitteena on vahinkojen minimoiminen. Suomessa tulipaloja on vuosittain noin 12 000, joista suunnilleen kolmannes on rakennuspaloja. Palovahinkoja korvataan vuosittain noin sadalla miljoonalla eurolla. Henkilöitä tulipaloissa kuolee lähes sata vuosittain. Yleisin kuolinsyy on häämyrkytys. Yhdeksän kymmenestä kuolleesta ovat asuinrakennuksessa tapahtuvan rakennuspalon uhreja ja kuvion 14 mukaan mallintaa asuinrakennuksen tyypin vaikutusta palokuolemiin. Palon tai savun aiheuttamien vammojen johdosta sairaaloissa hoidetaan vuosittain noin 1300



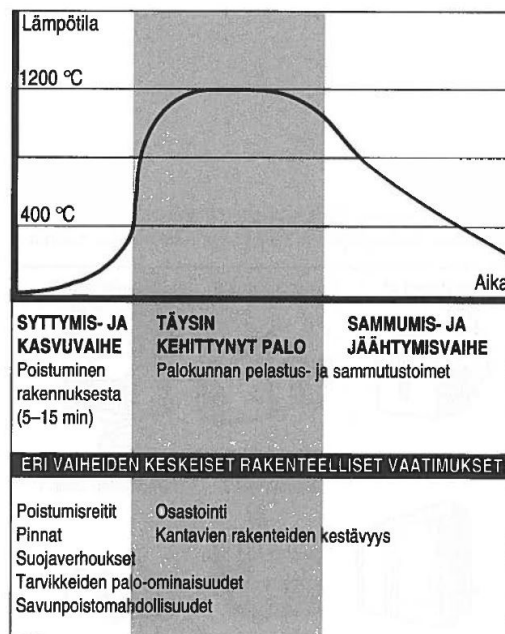
henkilöä, joista vajaa puolet on loukkaantunut varsinaisissa tulipaloissa. (Ympäristöministeriö 2003.)



Kuvio 14. Tulipaloissa kuolleet 2002 Suomen Pelastusalan Keskusjärjestön mukaan. (Ympäristöministeriö 2003.)

### 5.2.1 Palon vaiheet

Palotilanne voidaan jakaa kolmeen vaiheeseen kuvion 15 osoittamalla tavalla.



Kuvio 15. Palon vaiheet. (Ympäristöministeriö 2003.)

Palon ensimmäinen vaihe on syttymis- ja kasvuvaihe. Palon kasvunopeudella on ratkaiseva merkitys tässä vaiheessa. Syttymis- ja kasvuvaiheessa rakennesuunnittelussa keskitytään rakenteiden pintojen laatuun ja suojaverhouksien käyttöön. Näillä pyritään estämään syttyminen tai hidastamaan palon leviämistä. Muilta suunnittelualoilta tässä vaiheessa on tärkeää huomioida esimerkiksi arkkitehtisuunnittelussa poistumisreitit ja niiden toimivuus, sähkösuunnittelussa paloilmoitinlaitteiston toimivuus ja syttymisen ehkäisy sekä LVI-suunnittelussa savunpoistomahdollisuudet, syttymisen ehkäisy ja mahdollisesti sprinklaus-järjestelmän toimivuus. Syttymis- ja kasvuvaiheessa rakennusteknisesti tulee pyrkiä turvaamaan rakennuksesta turvallisen poistumisen mahdollistaminen sekä palon hidastaminen. (Ympäristöministeriö 2003.)

Täysin kehittyneen palon vaiheessa tulee rakennusteknisesti pyrkiä rajoittamaan paloa varmistamalla toimiva palo-osastointi sekä turvaamaan palo- ja pelastushenkilökunnan toiminta. Tärkeimpiä rakennusteknisiä asioita tässä vaiheessa ovat osastoinnin tiiveys ja kantavien rakenteiden kestävyys. Osastoinnin tarkoituksena onkin henkilöturvallisuuden parantaminen poistumismahdollisuudet turvaamalla, pelastus- ja sammutustoimien helpottaminen rajalinjoja muodostamalla ja omaisuusvahinkojen rajoittaminen. Kuvasta 2 voi huomata palon ja varsinkin savukaasujen määrää palotilanteessa, joka luo palo-osastoinnin tiiveyden haasteet. (Ympäristöministeriö 2003.)



Kuva 2. Himangan VPK tutustumassa rakennuspalon vaiheisiin ja käyttäytymiseen palokontissa.

Palon viimeisenä vaiheena voidaan pitää sammumis- ja jäähtymisvaihetta. Pääsääntöisesti P1-luokan rakennuksilta määräykset edellyttävät sortumattomuutta myös tässä vaiheessa. Tässä vaiheessa rakennesuunnittelun kannalta ajateltuna osastoinnin ja kantavien rakenteiden kestävyys ovat tärkeimpiä rakenteellisia vaatimuksia. Myös savun ja sammutusveden aiheuttamien vesivahinkojen ehkäisy tulisi mahdollisuuksien mukaan huomioida. (Ympäristöministeriö 2003.)

### 5.2.2 Palamisreaktio

Palamisen edellytyksenä on palavan aineen, hapen ja riittävän korkean lämpötilan kohtaaminen sekä niiden häiriintymätön ketjureaktio. Palaminen voi olla liekehtivää tai hehkuvaa kuten kuvassa 3. Ainoastaan kaasut palavat liekehtimällä. Nesteet eivät yleensä käytännössä pala, vaan ainoastaan höyrystyvät, ja näin syntyneet palamiskelpoiset kaasut palavat liekehtimällä. Kiinteät aineet palavat hehkumalla, jolloin palamisreaktio tapahtuu aineen pinnalla. Ennen varsinaista palamista kiinteillä orgaanisilla aineilla alkaa tavallisesti terminen hajoaminen eli pyrolyysi, jonka seurauksena aineesta irtoaa palamiskelpoisia kaasuja. Esimerkiksi puusta 50 % on selluloosaa, joka kaasuuntuu 240-350 °C lämpötilassa ja 25 % hemiselluloosaa, joka kaasuuntuu jo 200-260 °C lämpötilassa. (Saint-Gobain Rakennustuotteet Oy 2011; Ympäristöministeriö 2003; Anttila.)



Kuva 3. Metsäpirtin hirsisauna täyden palon jälkeisessä sammumisvaiheessa ja palaminen tapahtuu enää enimmäkseen hehkupalona.

Aineet, jotka reagoidessaan hapen kanssa vapauttavat energiaa enemmän kuin mitä kemiallisessa reaktiossa itsessään kuluu, luetellaan palaviksi aineiksi. Rakennusteknisesti voidaan ajatella palavien aineiden jakamista ryhmiin. Palamattomat aineet kuten betoni. Vaikeasti syttyvät aineet, jotka palavat vain lämmönlähteen vaikutuksen alaisena (käsittelemällä helposti syttyviä aineita suoja-aineella, voidaan ne nostaa tähän ryhmään, kuten EPS -eristeiden S -laatu). Helposti syttyvät aineet, jotka syttyttyään palavat itsenäisesti kuten puu. Itsesytyvät aineet, jotka voivat syttyä ilman ulkoista lämmönlähdettä. Tämä ei kuitenkaan muodosta rakennusaineiden luokitusta rakennusmääräysten mukaan, joka esitetään kappaleessa 5.2.3. Happea normaalitilanteen palo saa ilmasta ja lämpö paloon tulee aluksi syttymisen aiheuttajan toimesta. Palon yleisiä syttymissyitä ovat mm.:

- suora liekki, esimerkiksi kynttilä
- kuuma esine tai kaasu, esimerkiksi kiuas
- optiset syyt, esimerkiksi linssit ja peilit
- vialliset sähkölaitteet, esimerkiksi oikosulun aiheuttama johtimien kuumeneminen
- luonnonvoimat, esimerkiksi salama
- itsesytyminen, fysikaalisten kemiallisten tai biologisten reaktioiden aiheuttama aineen lämpeneminen ja sytyminen, esimerkiksi sammutettu kalkki kastuessaan lämpenee 350 °C lämpötilaan ja sytyttää ympäröiviä materiaaleja

(Saint-Gobain Rakennustuotteet Oy 2011; Anttila.)

### **5.2.3 Lämmön siirtyminen tulipalossa**

Palo-osastoinnissa on otettava huomioon lämmön siirtyminen tulipalossa. Lämmön siirtymistä tapahtuu säteilyn, johtumisen ja kuljettumisen kautta. (Ympäristöministeriö 2003.)

Säteilyn lähteenä on lämpimät kappaleet, jotka säteilevät ympäristöönsä sähkömagneettista säteilyä. Säteilystä suurin osa on infrapunasäteilyä, mutta riittävän kuumissa kappaleissa myös näkyvän valon osuus kasvaa. Säteily ei juurikaan vaimene ilmassa ja jossakin määrin se läpäisee myös läpinäkyviä aineita kuten lasia. (Ympäristöministeriö 2003.)

Johtumisessa lämpö siirtyy kappaleen läpi. Yleensä tiheät aineet, kuten metalli, johtavat paremmin lämpöä kuin huokoiset aineet. Palo voikin levitä palo-osastosta toiseen esimerkiksi seinän läpi vedetyn metallisen putken välityksellä. (Ympäristöministeriö 2003.)

Kuljettuminen lienee yleisin palotilanteen palopesäkkeiden syttymisen syy. Palokaasut kuumennuttuaan nousevat ylöspäin ja huoneiston täytyttyä palokaasuista ja niiden syrjäytettyä hapen ja sammuttuaan saattavat palokaasut syttyä uudestaan saadessaan jälleen happea. Palokaasujen aiheuttaman ilmavirran mukana saattaa kulkeutua myös kevyempiä palavia kappaleita, jotka toimivat lämmönlähteenä uusille palopesäkkeille. Kuvasta 4 voi huomata palokaasujen määrän ja arvioida virtauksen. (Ympäristöministeriö 2003.)



Kuva 4. Ajoneuvopalon sammutus. Vaalea vesihöyry ympäröi tummia palokaasuja.

### 5.3 Palomääräykset ja käsitteet

#### 5.3.1 Rakennusten paloluokat

Rakennukset jaetaan paloluokkiin P1, P2 ja P3. Paloluokkaan P1 kuuluvissa rakennuksissa oletetaan kantavien rakenteiden kestävän palossa sortumatta, eikä rakennuksen kokoa ja henkilömäärää ole rajoitettu. (Suomen Rakentamismääräyskoelma, osa E1 2011.)

Paloluokan P2 rakennuksissa palotekniset vaatimukset rakenteille voivat olla luokkaa P1 matalampia. Sen sijaan vaatimuksia asetetaan erityisesti pintojen ominaisuuksille ja paloturvallisuutta parantaville laitteille. Luokassa P2 myös rakennuksen kokoa ja henkilömäärää on rajoitettu. (Suomen Rakentamismääräyskokoelma, osa E1 2011.)

P3-paloluokassa rakennuksen kokoa ja henkilömäärää rajoittamalla saavutetaan riittävä turvallisuustaso. Kantaville rakenteille ei ole asetettu paloteknisiä erityisvaatimuksia. (Suomen Rakentamismääräyskokoelma, osa E1 2011.)

Taulukossa 1 esitetään rakentamismääräyskokoelman mukaiset rakennuksen koon rajoitukset paloluokittain.

Taulukko 1. Rakennuksen kokoa koskevat rajoitukset (Suomen Rakentamismääräyskokoelma, Osa E1 2011.)

Rakennuksen ominaisuus	Rakennuksen paloluokka		
	P1	P2	P3
<b>KERROSLUKU</b>			
- yleensä	ei rajoitusta	enintään 2	enintään 2
- asuinrakennus, työpaikkarakennus	ei rajoitusta	enintään 8	enintään 2
- tuotanto- tai varastorakennus, autosuoja	ei rajoitusta	enintään 2	enintään 1
<b>KORKEUS</b>			
- yleensä	ei rajoitusta	enintään 9 m	enintään 9 m
- asuinrakennus, työpaikkarakennus 3–4 krs.	ei rajoitusta	enintään 14 m	<i>ei sallittu</i>
- asuinrakennus, työpaikkarakennus 5–8 krs.	ei rajoitusta	enintään 26 m	<i>ei sallittu</i>
- yksikerroksinen tuotanto- tai varastorakennus	ei rajoitusta	ei rajoitusta	enintään 14 m
<b>KERROSALA</b>			
Kerrosala yleensä			
- yksikerroksinen	ei rajoitusta	ei rajoitusta	enintään 2400 m <sup>2</sup>
- kaksikerroksinen	ei rajoitusta	ei rajoitusta	enintään 1600 m <sup>2</sup>
- yli kaksikerroksinen	ei rajoitusta	enintään 12 000 m <sup>2</sup>	<i>ei sallittu</i>
Kerrosala tuotanto- ja varastorakennuksissa sekä autosuojissa			
- yksikerroksinen	ei rajoitusta	ei rajoitusta	ei rajoitusta
- kaksikerroksinen	ei rajoitusta	ei rajoitusta	<i>ei sallittu</i>
<b>Selostus</b>	<i>Rakennuksen korkeus on julkisivupinnan ja vesikatkon leikkausviivan korkeus maan pinnasta (MRA 58 §). Tarvittaessa lasketaan rakennuksen nurkkapisteiden korkeuksien keskiarvo.</i>		

Taulukossa 2 esitetään Suomen Rakentamismääräyskokoelman mukaiset korkeintaan kaksikerroksisen rakennuksen henkilömäärärajoitukset. Yli kaksi kerroksisten rakennusten henkilömäärää ei ole rajoitettu.

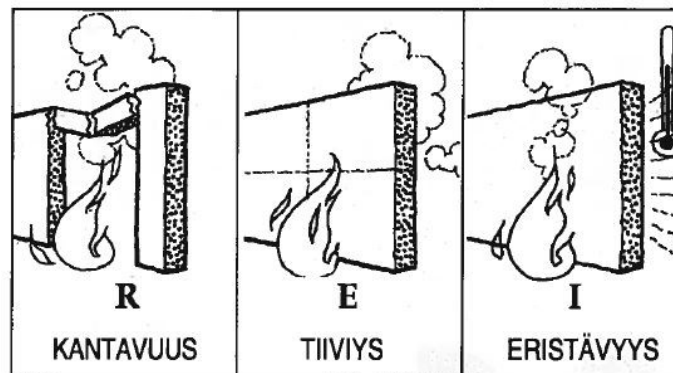
Taulukko 2. Rakennuksen suurin sallittu henkilömäärä. (Suomen Rakentamismääräyskokoelma, Osa E1 2011.)

Käyttötapa	Kerroksia	Rakennuksen paloluokka		
		P1	P2	P3
Asunnot		ei rajoitusta	ei rajoitusta	ei rajoitusta
Majoitustilat	1	ei rajoitusta	paikkaluku 150	paikkaluku 50
	2	ei rajoitusta	paikkaluku 50	paikkaluku 10
Hoitolaitokset	1	ei rajoitusta	paikkaluku 100	paikkaluku 10
	2	ei rajoitusta	paikkaluku 25	<i>ei sallittu</i>
Kokoontumis- ja liiketilat	1	ei rajoitusta	ei rajoitusta	henkilöitä 500
	2	ei rajoitusta	henkilöitä 250	henkilöitä 50
Työpaikkatilat	1	ei rajoitusta	ei rajoitusta	ei rajoitusta
	2	ei rajoitusta	ei rajoitusta	työntekijöitä 150
Tuotanto- ja varastotilat	1	ei rajoitusta	ei rajoitusta	ei rajoitusta
	2	ei rajoitusta	työntekijöitä 50	<i>ei sallittu</i>

Mikäli palon leviäminen on estetty palomuurilla, rakennuksen osat voivat kuulua eri paloluokkiin, kunhan rakennuksen osien uloskäytävät rakennetaan erillisiksi niin, ettei palomuurissa mahdollisesti olevaa ovea ole tarpeen käyttää palotilanteessa. (Suomen Rakentamismääräyskokoelma, Osa E1 2011.)

### 5.3.2 Rakennusosat

Rakennusosista kantaviin ja osastoihin vaatimuksia kohdistuu kantavuuteen, tiivyyteen ja eristävyys. Merkinnoissa R tarkoittaa kantavuutta, E tiiviyttä ja I eristävyttä, jotka on havainnollistettu kuviossa 16. Merkintöjä yhdistellään sen mukaan mitä



Kuvio 16. Kantavien rakenteiden paloluokat. (Ympäristöministeriö 2003.)

vaatimuksia toteutuu. Merkinnän perässä ilmoitetaan luku, joka kuvaa palonkestävyysaikaa minuutteina. Näiden mukaan muodostunut merkintä tarkoittaa rakennusosan paloluokkaa. Taulukossa 3. esitetään vaatimukset kantavien rakenteiden paloluokille. (Suomen Rakentamismääräyskokoelma, Osa E1 2011)

Taulukko 3. Kantavien rakenteiden luokkavaatimukset (Suomen Rakentamismääräyskokoelma, Osa E1 2011.)

		Rakennuksen paloluokka						
		P1			P2			P3
		Palokuorma MJ/m <sup>2</sup>			Palokuorma MJ/m <sup>2</sup>			
		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

Yläpohjan rakenteiden vaatimukset enintään 2-kerroksisessa rakennuksessa, jossa ei ullakkoa, mikäli yläpohjan eristeet ovat vähintään A2-s1, d0-luokkaa, tai mikäli yläpohjan eristeet on suojattu syttymiseltä, hiiltymiseltä tai muulta vaurioitumiselta:

- P1-luokan rakennuksissa K<sub>2</sub> 60-luokan suojaverhous tai EI 60-luokan rakenne ja
- P2-luokan rakennuksissa K<sub>2</sub> 30-luokan suojaverhous tai EI 30-luokan rakenne.

Läpiviennit ja muut asennukset tulee toteuttaa siten, että eristeiden suojaus ei niiden johdosta heikkene.

- rakenteet, jotka ovat rakennuksen kantavan rungon tai jäykisteiden olennainen osa <sup>1)</sup>	R 60	R 60	R 60	R 30	R 30	R 30	-
- rakenteet, jotka eivät ole rakennuksen kantavan rungon tai jäykisteiden olennainen osa <sup>1)</sup>	R 15	R 15	R 15	R 15	R 15	R 15	-
Ullakon tai ontelon vesikattorakenteet, jotka eivät ole rakennuksen rungon olennaisia kantavia tai palossa runkoa jäykistäviä rakenteita	-	-	-	-	-	-	-

#### Taulukon huomautukset:

Parvekkeiden palonkestävyysaikavaatimus on puolet kerroksen kantavien rakenteiden vaatimuksesta.

Tuotanto- ja varastorakennuksessa sallitaan lievennyksiä Suomen rakentamismääräyskokoelman ohjeiden E2 mukaisesti.

<sup>1)</sup> Ohje: Taulukossa 6.2.1 tarkoitettuja kantavan rungon tai jäykisteiden olennaisia osia ovat pääkannattajat, runkoa jäykistävät sekundääräkannattajat ja yläpohjan jäykisteet ja muut sellaiset yksittäiset rakenteet, jotka toimivat yläpohjan stabiliteetin säilyttämiseksi, sekä näiden väliset liitokset.

#### Taulukon merkinnät:

- \* = rakennuksen eristeiden ja muiden täytteiden tulee olla vähintään A2-s1, d0-luokan tarvikkeista.
- = kantavat rakenteet on tehtävä vähintään luokan A2-s1, d0 tarvikkeista
- = ei luokkavaatimusta (katso kohta 6.1.2)
- ei mahd. = ei mahdollinen



### 5.3.3 Rakennustarvikkeet

Rakennustarvikkeiden luokkajako ja merkinnät koostuvat kolmesta osasta. Merkintöjen ensimmäinen osa kuvaa rakennustarvikkeen vaikuttamista palon syttymiseen ja sen leviämiseen. Merkinnän toinen osa ilmaisee rakennustarvikkeen savuntuottoa. Kolmas merkintä ilmaisee palavan pisaroinnin rakennusaineesta. Alla taulukko, merkinnät ja selitykset Suomen Rakentamismääräyskokoelman mukaan.

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 käyttäytyminen 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 esiinny

d1 = Palavat pisarat tai osat sammuvat nopeasti

d2 = Palavien pisaroiden tai osien tuotto ei täytä d0- eikä d1- vaatimuksia

Rakennusmateriaalin merkintä ilmoitetaan esimerkiksi A1-s1, d0. (Suomen Rakentamismääräyskokoelma, Osa E1 2011.)

#### 5.4 Paloturvallisuus korjausrakentamisessa

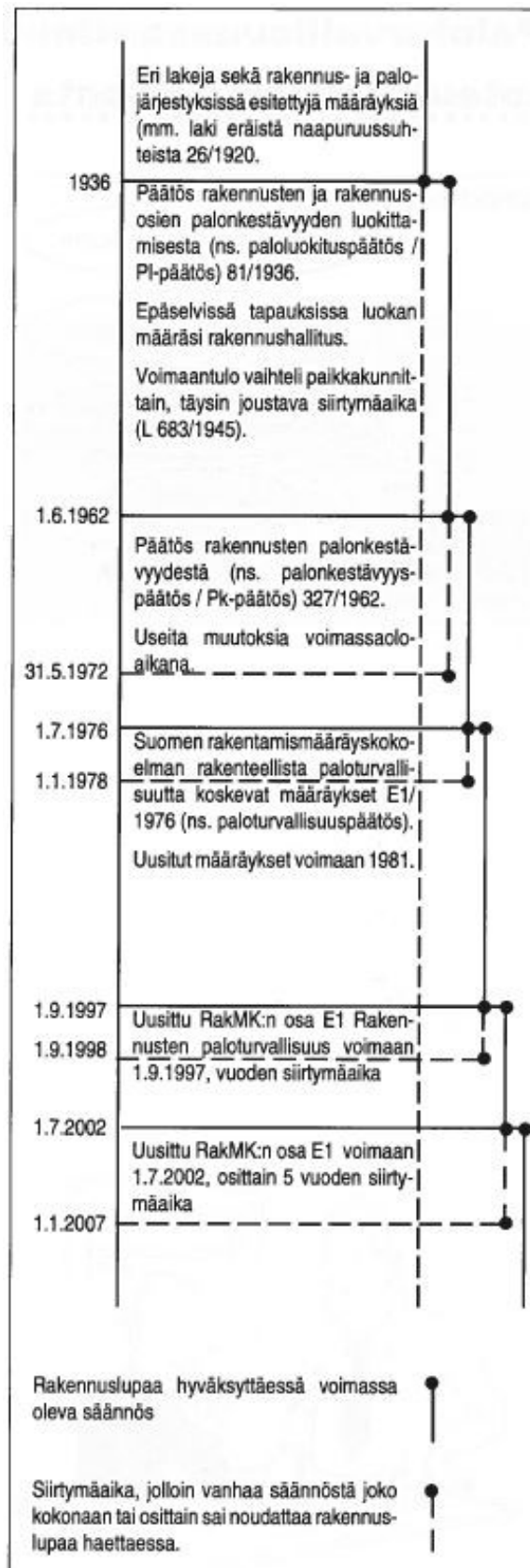
Korjausrakentamisessa vastaan tulee useiden aikakausien rakennuksia, joista jokainen on oman aikansa yksilö ja syntynyt eri tyylikausien, rakentamistapojen ja erilaisten rakentamissäännösten vaikutuksien alaisena. Tämä on tehnyt lähes mahdolltomaksi erityisten ja tarkkojen määräysten antamisen korjausrakentamiselle. Rakennuksen käsittely sen omista lähtökohdista onkin pääperiaate korjausrakentamisessa. Rakentamiselle on aikanaan lupa annettu, joten rakennus voidaan korjata samanlaiseksi käyttötarkoitusta muuttamatta. Toisaalta mikäli rakennukseen tehdään isompia muutoksia, tulee aina pyrkiä lähelle nykytasoa palomääräyksissä. Korjausrakentamisessa tuleekin aina nykyisiä rakennusmääräyksiä rakennuksen ja muutostöiden mukaan. (Ympäristöministeriö 2003.)

Taulukko 4. Yleissääntöjä muutostyön vaikutuksista paloturvallisuusvaatimuksiin (Ympäristöministeriö 2003.)

<b>Yleissääntöjä paloturvallisuusvaatimuksista korjaustöissä</b>
Käyttötarkoitus ei muutu tai muuttuu helpompaan suuntaan:
- vaatimuksia vain, jos on oleellisia puutteita henkilöturvallisuudessa
Käyttötarkoitus muuttuu riskialttiimpaan suuntaan:
- yleensä paloturvallisuutta joudutaan parantamaan
Hoito-, huolto- tai rangaistuslaitos:
- henkilöturvallisuus pyritään saattamaan nykytasolle
Vaativa käyttötarkoitus:
- pyritään lähelle nykytasoa
Laaja korjaustyö:
- pyritään lähelle nykytasoa
Uudisrakentamiseen rinnastettava laaja korjaustyö:
- nykyvaatimukset
Lisärakentaminen vaipan ulkopuolelle:
- nykyvaatimukset
Lisärakentaminen vaipan sisäpuolella:
- pyritään lähelle nykytasoa
Ullakkorakentaminen:
- pyritään lähelle nykytasoa

Korjausrakentamisessa tulee aina tarkastella rakennusta sen omista lähtökohdista ja verrata sen rakennusaikaisia paloturvallisuusmääräyksiä nykyisiin. Vanhimmat määräykset paloturvallisuudelle keskittyivät kaavoitukseen kaupunkien suurpaalojen ehkäisemiseksi ja myöhemmin keskityttiin myös määräyksiin rakennuskohtaisemmin. Suomessa yhtenäisiä määräyksiä paloturvallisuudesta koko maassa käsiteli ensimmäisenä laki eräistä naapuruussuhteista (L26/1920), joka annettiin vuonna 1920. Viereisessä taulukossa on esitetty vanhoja paloturvallisuussäännöksiä ja niiden voimassaoloaikoja. Taulukon 5 määräyksien lisäksi on vielä tulleet uusimmat Suomen Rakentamismääräyskokoelman E1 osat vuosina 2008, sekä nykyinen vuonna 2011 julkaistu versio. (Ympäristöministeriö 2003.)

Taulukko 5. Vanhoja paloturvallisuussäännöksiä (Ympäristöministeriö 2003.)



## 6 AKUSTINEN SUUNNITTELU

### 6.1 Yleistä

Tässä kappaleessa käsitellään välipohja- ja väliseinärakenteiden akustisia ominaisuuksia. Suurissa, vaativissa tai haastavissa kohteissa on syytä rakennushankkeeseen ottaa mukaan akustikko eli akustiikkasuunnittelija. Akustiikkasuunnittelijan tarve tulisikin ottaa huomioon jo heti hankkeen alkuvaiheessa ja suuremmissa hankkeissa akustinen suunnittelu on iso osa koko hanketta ja täten akustiikkasuunnittelija tulisikin ottaa mukaan osaksi suunnitteluprosessia lähes poikkeuksetta.

Monien kouluhankkeiden, toimistorakennusten ja terveydenhuollon rakennusten tarjouspyyntöasiakirjoissa todetaan nykyisin, että akustiikan asiantuntijaa käytetään konsultoimaan tarvittaessa. Opetus 50 vuoden takaisesta rakennushankkeesta on, että konsultointi tarvittaessa ei riitä käyttötarkoitusta vastaavien ääniolosuhteiden aikaansaamiseksi. Hyvä lopputulos edellyttää akustiikkasuunnittelua siten, että akustiikkasuunnittelija on suunnitteluryhmän jäsenenä rakennuksen suunnitteluvaiheesta toteutukseen asti ja tuottaa suunnitelmat sellaisella tarkkuudella, että ne voidaan liittää urakkatarjouspyyntöihin. (Kylliäinen.)

Niin korjaus- kuin uudisrakentamisessakin suunnittelun lähtökohtana on rakennuksen käyttäjän tarpeet. Suunnittelussa tulee täten aina huomioida käyttäjän tarpeet sekä viihtyisyys myös akustiikan kannalta. Lisäksi tulee huomioida myös turvallisuuden ja terveellisen ympäristön tuomat vaatimukset. Asuntorakentamisessa terveyshaitta saattaa helposti muodostua esimerkiksi makuuhuoneen huonon ääneneristyksen kautta, jolloin unen toistuva häiriintyminen voi aiheuttaa terveyshaittoja. (RIL 243-1-2007.)

Akustiikan kannalta suunnitteluun tulee omat haasteensa. Arkkitehtisuunnittelijan tulee huomioida akustiikan kannalta erilaisten vaatimusten mukaisten tilojen keskinäiset sijainnit, sekä tilojen muodot. LVI- ja sähkösuunnittelijoiden tulee huomioida teknisiltä laitteilta sallittavat äänitasot. Rakennesuunnittelijan tulee taasen huomioida ääneneristyksen tarve rakenteessa ja suunnitella ne sen mukaan. (RIL 243-1-2007.)

## 6.2 Ääni

Ääni on ilman painevaihtelua. Ääni syntyy, kun esimerkiksi ihminen puhuessaan saa äänihuulillaan aikaan ilman tihentymiä ja harventumia. Ääni liikkuu materiaalissa olevien hiukkasten välityksellä pitkäaikaisaaltoina äänilähteestä ympäristöön. Kuuloaistimus syntyy korvan rumpukalvon värähtelystä ja värähtelyn taajuus määrittää sen, kuinka korkeana tai matalana ääni koetaan. Kuulon herkkyys riippuu äänen voimakkuudesta ja taajuudesta. (RIL 243-1-2007.)

Tyhjiössä ääni ei etene, vaan ääni tarvitsee väliaineen edetäkseen. Ilmaääni on yleisesti käytetty nimitys ilmassa etenevälle äänelle. Rakennustekniikassa runkorakenteiden tai maakerroksen toimiessa väliaineena äänen etenemiselle käytetään nimitystä runko- ja askelääni. Ne syntyvät ilmaäänen, rakenteisiin kohdistuneiden iskujen tai rakenteeseen kiinnitettyjen laitteiden aiheuttaman värinän seurauksena. Runkoäänet saavat rakenteet värähtelemään ja ne taasen saavat ympäröivän ilman värähtelemään, mikä aistitaan ilmaäänenä. (RIL 243-1-2007.)

## 6.3 Äänenpaine ja äänenpainetaso

Ilmanpainevaihtelu, joka äänenä voidaan aistia, on erittäin pieni verrattuna ilmanpaineeseen (n. 100 kPa), kun taas kuulokynnyksen (20  $\mu$ Pa) ja kipukynnyksen (20 Pa) ero on suhteellisesti melko suuri. Laskennassa ja suunnittelussa tämän vuoksi olisi hankala käyttää äänenpainetta ja sen vuoksi on laskennassa otettu käyttöön äänenpainetaso  $L_p$  (dB), joka lasketaan logaritmisesta kaavasta, minkä avulla tarkasteltavaa äänenpainetta verrataan kuulokynnykseen. Äänenpainetason logaritmisuus tulee esille, kun eri äänilähteiden voimakkuutta vertaa toisiinsa. Jos tilassa on kaksi äänilähdettä, joiden äänenpainetason ero on suurempi kuin 10 dB, käytännössä voimakkaampi äänilähde määrää äänenpainetason, eikä hiljaisemman äänilähteen vaimentamisesta ole hyötyä. Taulukossa 6 on esitetty tunnettuja äänenpainetasoja havainnollistamaan. (RIL 243-1-2007.)

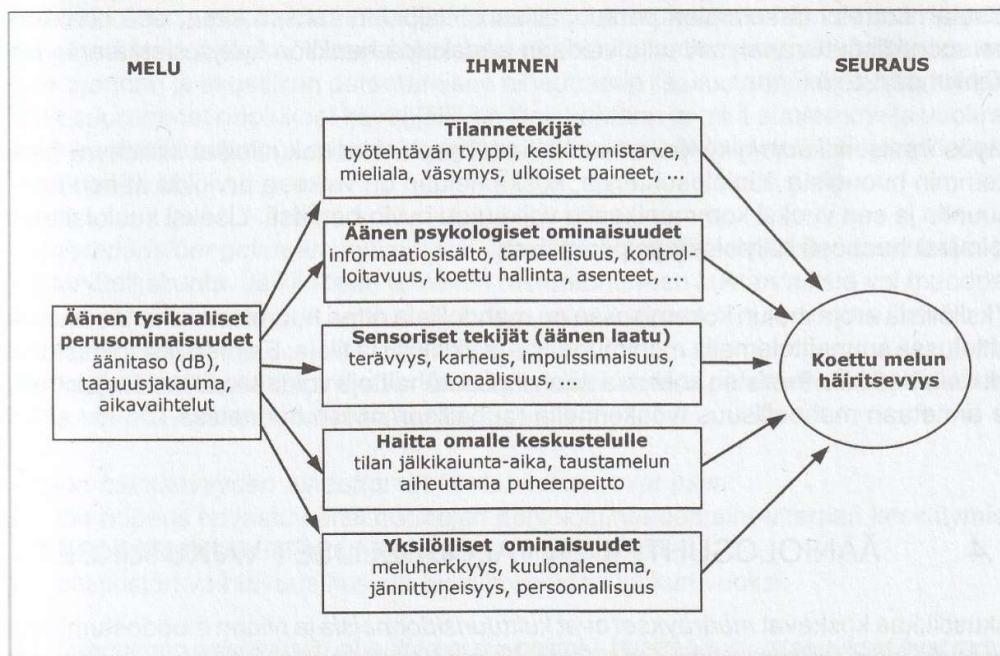
Taulukko 6. Tunnettujen äänilähteiden äänenpainetasoja. (Mitrunen 2014.)

Äänenpainetaso $L_p$	Äänilähde
25 dB	Hiljainen asuinhuoneisto
30 dB	Kuiskaus
45 dB	Toimistoympäristö
55 dB	Keskustelu
65 dB	Kovaääninen puhe
80 dB	Vilkas katuliikenne
100 dB	Piikkaus
110 dB	Oopperalaulaja
120 dB	Kipukynnys
140 dB	Suihkukone

#### 6.4 Melu

Melun määritelmänä pidetään ei-toivottua ääntä. Kun ääni on tarpeettoman tai haitallisen voimakasta tai se häiritsee ihmisen toimintaa, se luokitellaan meluksi. Melussa yhdistyykin äänen fyysiset ilmiöt ihmisen kokemukseen. Esimerkiksi puheäänen kuuleminen toimistoympäristössä on hyödyllistä silloin kun itse osallistuu keskusteluun. Saman tasoinen puhe voidaan kokea kuitenkin myös meluna, mikäli pitää keskittyä vaativaan työhön, eikä ole osallinen keskustelussa. Ääni kokemuksena onkin yksilöllistä ja henkilön asenne äänilähdettä tai äänen aiheuttajaa koh-

taan on myös osa koettua ääntä. Myös äänen laatu ja tyyppi vaikuttavat äänen häiritsevyyteen ja kuvio 17 selventää äänen häiritsevyyteen vaikuttavia tekijöitä. (RIL 243-1-2007.)



Kuvio 17. Melun häiritsevyyteen vaikuttavat tekijät. (RIL 243-1-2007.)

## 6.5 Ilmaääneneristys

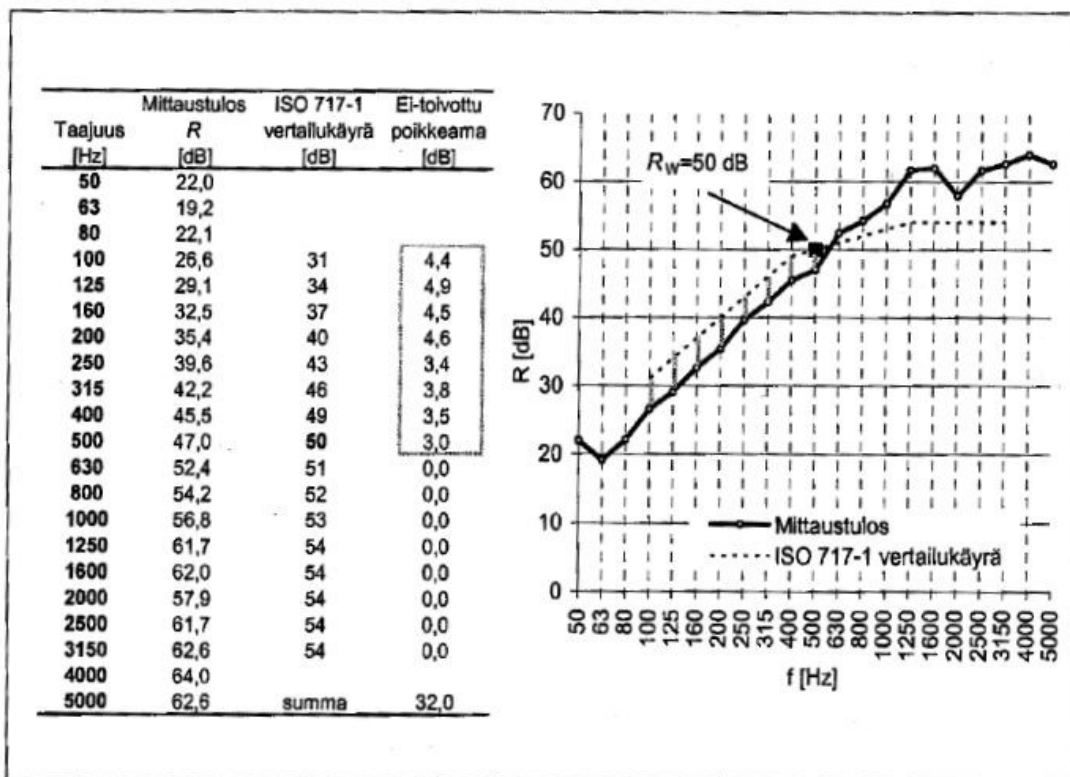
Ilmaääneneristävyydellä  $R$  (dB) kuvataan rakenteen pintaan kohdistuvan äänitehon ja rakenteen läpi kulkeutuvan äänitehon suhdetta. Rakennusosan ilmaääneneristävyyttä määritetään normaalisti standardin SFS-EN ISO 140-3 mukaan laboratorioolosuhteissa. Ilmaääneneristysvaatimuksia varten on otettu käyttöön ilmaääneneristysluku  $R_w$  (dB), koska ilmaääneneristävyys riippuu taajuudesta ja testitulos esitetään yleensä vähintään taajuuksilla 100 – 3150 Hz. Ilmaääneneristysluku määritetään standardin SFS-EN ISO 717-1 mukaan ja sitä voi pitää ilmaääneneristävyyden pelkistettynä lukuarvona. Todelliselle rakennuksen ilmaääneneristävyydelle käytetään arvoa  $R'_w$  (dB), joka esittää rakennuksessa tehdyn mittauksen arvoa, kun taas arvo  $R_w$  esittää laboratoriomittauksen arvoa. Rakentamismääräykset ja suositukset esitetään  $R'_w$ -arvolle. (RIL 243-1-2007.)



Ilmaääneneristysluvun taustalla on ollut kysymys siitä, miten hyvin puheääntä asuntojen välillä olevat rakenteet eristävät. Ilmaääneneristysluvussa onkin otettu huomioon ihmisen korvan herkkyys aistia eri taajuuksia. Ilmaääneneristysluku ei siis olekaan keskiarvo eri taajuuksien ilmaääneneristävydestä, vaan arvoja korjataan niin sanotulla A-painotuksella. Tämän jälkeen ilmaääneneristysluku kuvaa karkeasti sitä, kuinka paljon tilojen välinen rakenne eristää puheäänien äänitasoa. Melun lähteitä on kuitenkin muitakin, ja ilmaääneneristysluku ei toimi hyvänä yksilukuisena ilmoitusarvona esimerkiksi tiemelulle. Sitä korjaamaan on kehitetty spektripainotustermi  $C_{tr}$ , jonka avulla saadaan yksilukuinen arvo  $R_w + C_{tr}$ , joka kuvaa melko hyvin yksilukuisena arvona sitä, kuinka paljon seinä leikkaa A-äänitasosta. Spektripainotustermi  $C$  on taasen kehitetty parantamaan asuntojen välistä ilmaääneneristävyttä nykytilanteessa, jossa äänilähteiden taajuudet ovat hieman muuttuneet uusien yleistyvien kodinkoneiden, kuten äänentoistolaitteiden vuoksi. Ilmaääneneristävyden arvoja tulisikin korjata sopivalla spektripainotustermillä, mikäli ympäristössä esiintyy erityisiä melunlähteitä.  $R_w + C$  sopii käytettäväksi esimerkiksi silloin, kun ympäristössä on asumisen ääniä, nopeiden junien ääniä tai teollisuusmelua (korkeat ja keskitaajuudet),  $R_w + C_{tr}$  taasen, kun ääniympäristössä esiintyy katumelua, hitaiden junien ääniä, diskomusiikkia tai teollisuusmelua (matalat ja keskitaajuudet). (RIL243-1-2007; Paroc Group Oy.)

Standardissa SFS-EN ISO 717-1 on esitetty vertailukäyrä, jota käytetään ilmaääneneristysluvun laskennassa. Mittaustulokset sijoitetaan alla olevan kuvion 18 käyrästä ja verrataan tuloksia vertailukäyrään. Mittaustuloksia ja vertailukäyrää vertaillessa vertailukäyrä sijoitetaan 1 dB:n askelin ylimpään mahdolliseen asentoon, jossa ei-toivottujen poikkeamien summaksi tulee korkeintaan 32 dB. Ei-toivotulla poikkeamalla tarkoitetaan erotusta kohdassa, jossa mittaustulokset ovat pienempiä

kuin vertailukäyrän arvot. Kun vertailukäyrän ja mittaustulosten väliset ehdot täyttyvät edellä mainitulla tavalla, luetaan ääneneristysluku vertailukäyrästä taajuuden ollessa 500 Hz. (RIL 243-1-2007.)



Kuvio 18. Ilmaääneneristysluvun määrittäminen vertailukäyrän ja mittaustulosten avulla. (RIL 243-1-2007.)

## 6.6 Runkoäänet

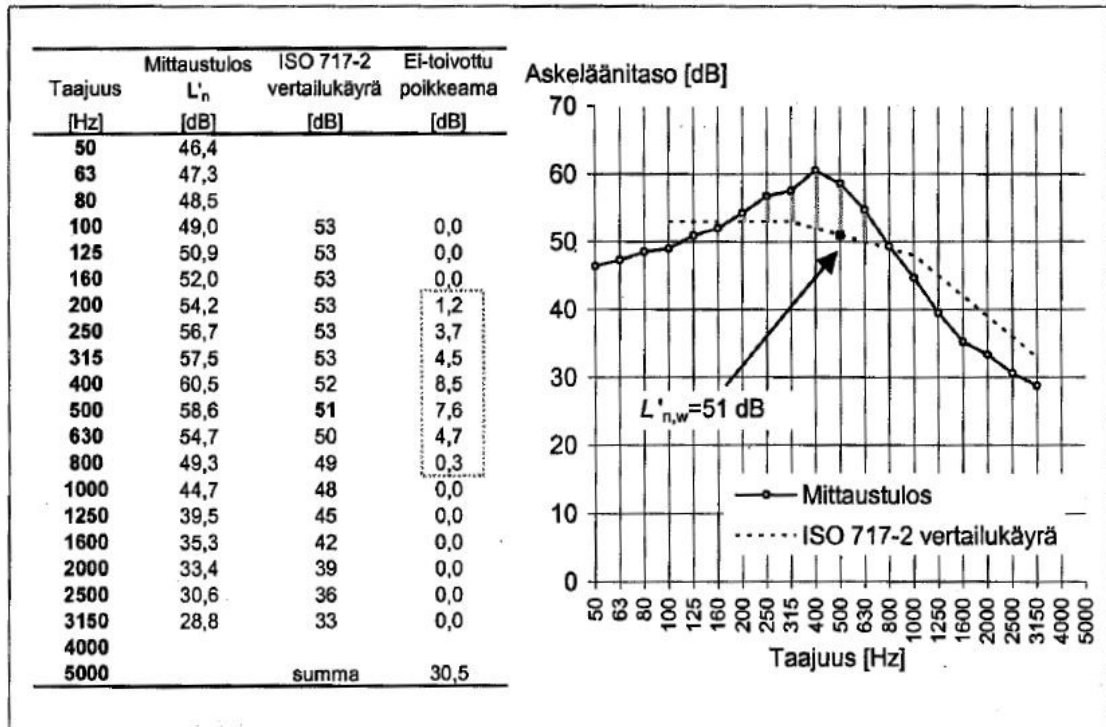
### 6.6.1 Askelääneneristys

Kävelystä, huonekalujen siirtelystä tai muista vastaavista äänistä lähtöisin olevia runkoääniä kutsutaan askelääniksi. Näissä tapauksissa iskun kohteena oleva rakenne saa ilman värähtelemään ympärillään, jolloin rakenteen toisella puolella ääni havaitaan ilmaääninä. Askelääneneristyksen tarkoituksena on vähentää näitä iskujen aiheuttamia ääniä. Askelääneneristystä arvioidaan standardoidun askeläänikojeen avulla, jonka rakenteeseen tuottama voima on tarkkaan tunnettu. Askeläänikojeella onkin tarkoitus tuottaa rakenteeseen tunnetun suuruinen runkoääni ja aske-

lääneneristyskyky mitataan runkoäänen naapuritilaan synnyttämän äänenpainetason avulla. Askelääneneristys voidaan mitata niin laboratorioissa kuin rakennuksessakin. Laboratorioissa mitatut tulokset antavat tietoa vain yksittäisen rakennusosan askelääneneristyskyvystä, kun taas rakennuksessa tehdyssä mittauksessa saadaan tieto myös sivutiesiirtymien vaikutuksista. Rakentamismääräykset koskevatkin askelääneneristystä rakennuksessa. Suunnittelun perustana tuleekin käyttää rakennuksessa mittauksin todettuja toimivia rakenneratkaisuja, tai laskentamenetelmiä, joiden perustana käytetään lattiapäällysteiden ja välipohjarakenteiden laboratorio-mittausten tuloksia. (RIL 243-1-2007.)

Myös askelääneneristävyys ilmoitetaan yhtenä lukuarvona, ilmaääneneristävyuden tavoin. Lukuarvo  $L_{n,w}$  on eri taajuksilla saatujen tulosten painotettu keskiarvo. Rakennuksissa saaduista mittauksista käytetään merkintää  $L'_{n,w}$ . Askeläänitasoluku määritetään samalla periaatteella ilmaääneneristysluvun kanssa. Tuloksia verrataan standardin SFS-EN ISO 717-2 vertailukäyrään, joka sijoitetaan alla olevan kuvion 19 mukaan alimpaan asentoon, 1 dB välein, jossa ei-toivottujen poikkeamien summa on korkeintaan 32 dB. Ei-toivotuilla poikkeamilla tarkoitetaan erotusta taa-

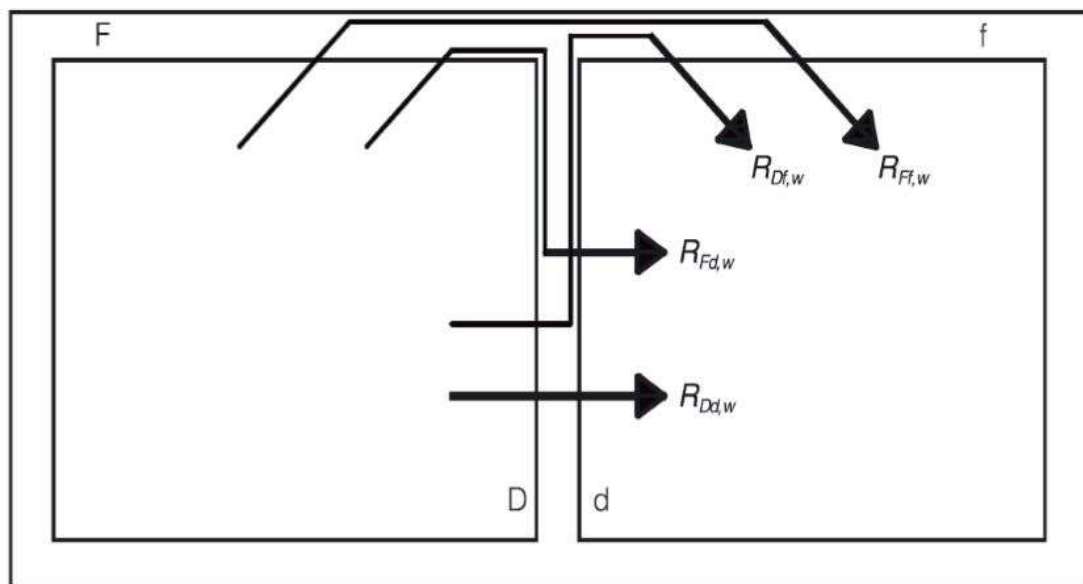
juuksilla, joilla mittaustulokset ovat vertailukäyrän arvoja suurempia. Askeläänitasoluku luetaan vertailukäyrän taajuuden 500 Hz kohdalta. Mitä pienempi askeläänitasoluku on, sitä parempi on tilojen välinen askelääneneristävyys. (RIL 243-1-2007.)



Kuvio 19. Askeläänitasoluvun määrittäminen mittaustulosten ja vertailukäyrän avulla. (RIL 243-1-2007.)

## 6.6.2 Sivutiesiirtymät

Suorin tie tilasta toiseen ei ole äänen ainoa reitti, vaan sillä on useita reittejä kahden tilan välillä kuvion 20 havainnollistamalla tavalla. Sivutiesiirtymäksi kutsutaankin niitä äänen siirtymistapoja tilojen välillä, jotka tapahtuvat muita reittejä kuin tiloja rajoittavien rakenteiden läpi suoraan. Sivutiesiirtymän merkitys on suunnittelussa tärkeä, sillä muutoin toimivat ääneneristysratkaisut eivät merkitse mitään, ellei sivutiesiirtymien vaikutuksia ole huomioitu. Mikäli rakennuksissa mitattujen ja laboratoriotulosten erot ylittävät 3-5 dB, ei ole yleensä järkevää alkaa parantamaan ääneneristävyyttä itse rakenteessa, vaan on keskityttävä sivutiesiirtymien huomioimiseen. Standardi EN 12354-1 on laadittu rakenteiden sivutiesiirtymien arvioimiseksi. Laboratorioissa mitatun ääneneristävyyden ja edellä mainitun standardin avulla laskettuja sivutiesiirtymiä käyttäen tulisi ääneneristävyyden vastata rakennuksessa tehtyjä mittauksia. Näin ei kuitenkaan yleensä ole, koska standardin laskukaava ei ota huomioon LVIS-kanavien sivutiesiirtymiä. (RIL 243-1-2007; Mitrunen 2014.)



Kuvio 20. Sivutiesiirtymien merkinnät standardin EN 12354-1 mukaan (RIL 243-1-2007.)

## 6.7 Määräykset

Voimassa olevan Suomen Rakentamismääräyskokoelman osa C1 sisältää tarkan lukuarvokohtaisen määräyksen akustisille olosuhteille ainoastaan asuinrakennuksissa taulukon 7 mukaan. Asunnoille on määritelty ilmaääneneristävyyden pienimmät sallitut arvot, askeläänille suurimmat sallitut äänitasot, LVIS -laitteille suurimmat sallitut äänitasot ja uloskäytävien suurin sallittu jälkikaiunta-aika. (Paroc Group Oy; RIL 243-1-2007.)

Taulukko 7. Asuinrakennuksien akustiset vaatimukset (Suomen Rakentamismääräyskokoelma, Osa C1 1998.)

Pienimmät sallitut ilmaääneneristysluvun $R'_{w}$ (dB) arvot	dB	Ohje
– Asuinhuoneiston ja sitä ympäröivien tilojen välillä yleensä	55	Asuinhuoneiston porrastaso-ovena käytetään vähintään luokan 30 dB ovea tai oviyhdistelmää.
– Asuinhuoneiston ja toista huoneistoa palvelevan uloskäytävän välillä, kun välissä on ovi	39	
Suurimmat sallitut askeläänitasoluvun $L'_{n,w}$ (dB) arvot	dB	Ohje
– Asuinhuoneistoa ympäröivistä tiloista keittiöön tai muuhun asuinhuoneeseen, yleensä	53	Vaatus ei koske mittausta satunnaisesti käytettävistä huolto- ja varastotiloista, autosuojista tai vastaavista tiloista eikä mittausta asuinhuoneistoon kuuluvista pienistä wc-, kylpyhuone- ja löylyhuonetiloista. Näistä tiloista asuntoon mahdollisesti aiheutuva meluhäiriö on otettava huomioon suunnittelussa ja rakentamisessa niin, että asuinhuoneistossa saavutetaan edelleen hyvät ääniolosuhteet.
		<b>Selostus</b> <i>Keyyet rakenteet läpäisevät matalia ääniä, joita askeläänitasoluvun <math>L'_{n,w}</math> määrittelyssä ei huomioida. Nämä äänet saattavat kuulua häiritsevänä kuminana.</i>
– Uloskäytävästä asuinhuoneeseen	63	<b>Ohje</b> Uloskäytävällä tarkoitetaan tässä sellaista porrashuonetta ja käytävää, josta on käynti toiseen huoneistoon.
Suurin sallittu jälkikaiunta-aika uloskäytävissä	s	
– Uloskäytävässä, josta on käynti vähintään kahteen huoneistoon	1,3	
Rakennuksen LVIS-laitteiden ja muiden niihin rinnastettavien laitteiden aiheuttama suurin sallittu äänitaso asunnossa	Ohje	
	$L_{A,eq,T}$ (dB)	$L_{A,max}$ (dB)
– Keittiö	33	38
– Muut asuinhuoneet	28	33
		<b>Ohje</b> LVIS-laitteiden aiheuttamaa äänitasoa koskevat vaatimukset eivät koske ääntä, joka aiheutuu samassa huoneistossa tapahtuvasta vedenlaskusta. Jos huoneiston ilmanvaihtoa voidaan henkilökohtaisesti tehostaa ilmanvaihdon ohjearvoja (RakMK D2) suuremmaksi, voidaan äänitasovaatimukset tehostuksen aikana ylittää 10 dB.
		<b>Selostus</b> <i>Rakennuksen LVIS-laitteita ovat esimerkiksi hissit, vesi- ja viemärlaitteet, kompressorit, ilmanvaihtolaitteet, jäädytyslaitteet ja lämmityslaitteet. Näihin rinnastetaan myös keskuspölynimuri, mattoimuri ja talopesulan laitteet, kuten pesukoneet, lingot, kuivauspuhaltimet ja mankelit.</i>

Lisäksi viranomaiset ovat antaneet useita ohjeita ja säädöksiä. Alla olevassa taulukossa 8 esitetään suunnittelussa huomioon otettavia määräyksiä, ohjeita ja muita asiakirjoja rakennuksen tyyppin mukaan. Lisäksi asemakaavasta löytyy usein määräyksiä ulkoseinien ja ikkunoiden ääneneristyksestä. (RIL 243-1-2007.)

Taulukko 8. Määräyksiä, ohjeita ja suosituksia rakennuksen akustiikasta (RIL 243-1-2007.)

Tilan käyttötarkoitus	RakMK C1	RakMK D2	SFS 5907	STM 2003	SIY 2000	VnP 993/92	VnA 85-2006
Asuinhuoneistot	M, O	O	S	T	S	O	
Majoitustilat	O	O	S	T		O	M
Vanhusten palvelutalot	O	O	S	T		O	M
Toimistot	O	O	S	T	S	O	M
Koulut	O	O	S	T		O	M
Päiväkodit	O	O	S	T		O	M
Terveystieteiden tutkimuskeskus	O	O	S	T		O	M
Teollisuustyöpaikat		O	S				M
Liiketilat		O		T		O	
Teatterit, myymälät		O				O	M
Keittiöt, ravintolat		O					M
Urheilutilat, uimahallit, kasarit		O					M
Kirjastot, näyttelytilat, kirkot		O		T		O	M
Laboratoriot, korjaamot		O					M
Ympäristömelu pihalla	M		S			O	M

RakMK C1 Suomen rakentamismääräyskokoelma, osa C1:1998 Ääneneristys

RakMK D2\* Suomen rakentamismääräyskokoelma, osa D2:2003 Rakennusten sisäilmasto ja ilmanvaihto

SFS 5907:2004 Rakennusten akustinen luokitus, Suomen standardisoimisliitto SFS r.y.

STM 2003\*\* Asumisterveysohje, Sosiaali- ja terveysministeriön oppaita 1:2003

SIY 2000 Sisäilmayhdistys r.y:n julkaisu 5, Sisäilmastoluokitus, 2000

VnP 993/92 Valtioneuvoston päätös 993 melutason ohjeista

VnP 85-2006<sup>x</sup> Valtioneuvoston asetus 85 työntekijöiden suojelemisesta melusta aiheutuville vaaroille, 2006

M sisältää viranomaisen antaman määräyksen lukuarvon

O sisältää viranomaisen antaman ohjeen lukuarvon

S suosituslukuarvoja sisältävä dokumentti

T sisältää terveysvaikutusten kannalta tärkeitä lukuarvoja

\* sisältää ainoastaan LVIS-äänitasoja

\*\* sisältää ainoastaan ympäristöstä kuuluvia kokonaismelutasoja lähteestä riippumatta

<sup>x</sup> koskee ainoastaan työtehtäviä, joissa altistutaan voimakkaalle melulle

## 6.8 Ääneneristys korjausrakentamisessa

Rakennusvalvonnan tehtävänä on valvoa rakennusten akustiikan toteuttamista Suomen Rakentamismääräyskokoelman mukaan. Maankäyttö- ja rakennuslain mukaan korjausrakentamisessa sovelletaan voimassa olevaa rakentamismääräyskokoelmaa vain soveltuvien osien. Kuitenkin ääniolosuhteisiin liittyviä normeja vaaditaan usein tarkasti noudatettaviksi, sillä ääniongelmat ovat yleisiä valitusaiheita vanhoissa peruskorjatuissa taloissa. Tyypillisiä ongelmakohtia ovat puurakenteiset välipohjat tai alalaattapalkisto. Korjausrakentamisessa tulee muistaa myös vanhempien talojen kunnioitus ja historiallisesti tai rakennustaiteellisesti arvokkaiden rakennusten korjaustöissä ääneneristysvaatimuksista tulisikin joustaa. Korjaustyön laajuus tulee myös huomioida äänitekniisiä asioita suunniteltaessa. Mikäli korjattavien rakenteiden viereen jää koskemattomia rakenteita, tulee sivutiesiirtymien mahdollisuudet tarkasti kartoittaa ennen tarkempia suunnitelmia. (Paroc Group Oy.)



## 7 YHTEENVETO

Opinnäytetyön tavoitteena oli tehdä rakennustyyppikirjasto AutoCAD-pohjalle. Rakennustyyppikirjasto toteutettiin helposti muokattavana versiona, johon on valmiiksi koottu yleisimpiä rakennustyyppisiä ominaisuuksineen. Täten pohjaa voi nyt käyttää mahdollisesti suunnitteluhankkeissa ja siihen voi helposti lisätä uusia rakennustyyppisiä sen mukaan, kun niitä työssä tulee vastaan. Rakenteita ei mitoitettu kuormille niiden monien eri rakennuskohtaisten variaatioiden vuoksi.

Opinnäytetyön kirjallinen osuus palvelee tilaajaa toimimalla perehdyttävänä aineistona korjausrakentamiseen, rakentamisen historiaan sekä palotilanteen ja akustikan ymmärtämiseen. Kirjallisen tietoa on kerätty eri lähteistä, joista merkittävimpinä voidaan pitää Rakennustietosäätiö RTS:n ja Rakennustieto Oy:n Kerrostalot-kirjasarjaa, Suomen Rakentamismääräyskokoelmaa, Ympäristöministeriön ympäristöopasta 39: Rakennusten paloturvallisuus & paloturvallisuus korjausrakentamisessa sekä Rakennusinsinöörien liiton teosta RIL 243-1-2007, Rakennusten akustinen suunnittelu.

Kirjallisessa osuudessa tutustutaan rakentamisen historiaan ja käytettyihin rakennusratkaisuihin. Kolmas ja neljäs kappale käsittelevät väliseinien ja välipohjien rakentamista ja korjaamista yleisellä tasolla. Viidennessä kappaleessa tutustutaan rakennuspalon vaiheisiin ja paloon itseensä, määräyksiin paloturvallisuudesta ja niiden soveltamiseen korjausrakentamisessa. Kuudes kappale käsittelee akustista suunnittelua äänen, äänen siirtymäreittien, määräysten ja korjausrakentamisen kautta.

## LÄHTEET

Betoniteollisuus ry. 2017. Betonin historia. [Verkkosivu]. [Viitattu 17.1.2017]. Saatavissa: <http://betoni.com/tietoa-betonista/perustietopaketti/betonin-historia/>

Museovirasto. 2017. Tiilen historiaa suomessa. [Verkkosivu]. [Viitattu 16.1.2017]. Saatavissa: <http://www.nba.fi/tiili/suomeen.htm>

Archie. 2017. Archie -aineisto. [Verkkosivu] [Viitattu 18.1.2017]. Saatavissa: <http://archi-e.fi/>

Suomen Betoniyhdistys ry. 1991. Betoni Suomessa 1860-1960. Helsinki: Rakennustieto.

Siikanen, U. 2009. Rakennusaineoppi. Helsinki: Rakennustieto Oy.

Siikanen, U. 2016. Puurakentaminen. Helsinki: Rakennustieto Oy.

Puuinfo Oy. Ei päivystä. Puutavaran kosteus. [Verkkajulkaisu]. Saatavissa: <http://www.puuinfo.fi/node/1503>

Rakennustietosäätiö RTS, Rakennustieto Oy, Rakennustekniikan keskus -säätiö & Museovirasto. 2006. Kerrostalot 1880-2000. Helsinki: Rakennustieto Oy.

Rakennustietosäätiö RTS & Rakennustieto Oy. 2002 Kerrostalot 1880-1940. Helsinki: Rakennustieto Oy.

Rakennustietosäätiö & Rakennustieto Oy. 1994. Kerrostalot 1960-1975. Helsinki: Rakennustieto Oy.

Rakennustieto Oy. 2015. Kerrostalot 1975-2000. Helsinki: Rakennustieto Oy.

Tähkää J. 2015. Nilcon -kotelolaatan haasteet ja mahdollisuudet kokonaisvaltaisessa linjasaneerauksessa. Turun ammattikorkeakoulu. Rakennustekniikka, tuotantojohtamisen koulutusohjelma. Opinnäytetyö. Julkaisematon.

Ympäristöministeriö. 2003. Ympäristöopas 39: Rakennusten paloturvallisuus & paloturvallisuus korjausrakentamisessa. Helsinki: Ympäristöministeriö

Suomen Rakentamismääräyskokoelma, osa E1. 2011. Rakenteellinen paloturvallisuus. Helsinki: Suomen ympäristöministeriö. Saatavissa: <https://www.edilex.fi/rakentamismaaraykset>

Suomen Rakentamismääräyskokoelma, osa C1. 1998. Ääneneristys ja meluntorjunta rakennuksessa, määräykset ja ohjeet. [Verkkosivu]. Helsinki: Suomen ympäristöministeriö. Saatavissa: <https://www.edilex.fi/rakentamismaaraykset>

Saint-Gobain Rakennustuotteet Oy. 2011. Gyproc palosivusto. [viitattu 16.4.2017]. Saatavissa: <http://www.gyproc.fi/suunnittelu/palosivusto>

Saint-Gobain Rakennustuotteet Oy. 2013. Ratkaisut – Korjausrakentaminen – Ääneneristyksen parantaminen. [Verkkajulkaisu]. [Viitattu 24.4.2017] Saatavissa: <http://www.gyproc.fi/ratkaisut/korjausrakentaminen/aaneneristyksen-parantaminen>

Paroc Group Oy. Ei päivystä. Palo- ja äänikirja. [viitattu 23.4.2017] Saatavissa: <http://www.paroc.fi/kampanjat/paroc-palo-ja-aanikirja>

RIL 243-1-2007. 2017. Rakennusten akustinen suunnittelu. Helsinki: Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry

Mitrunen R. 2014. Vanhojen välipohjarakenteiden äänitekkinen korjaussuunnittelu. Metropolia ammattikorkeakoulu. Rakennustekniikka, rakennustekniikan koulutusohjelma. Opinnäytetyö. [Viitattu 20.4.2017]. Saatavissa: [https://publications.theseus.fi/bitstream/handle/10024/72928/Vanhojen%20valipohjarakenteiden%20aanitekkinen%20korjaussuunnittelu\\_Mitrunen.pdf?sequence=1](https://publications.theseus.fi/bitstream/handle/10024/72928/Vanhojen%20valipohjarakenteiden%20aanitekkinen%20korjaussuunnittelu_Mitrunen.pdf?sequence=1)

Kylliäinen M. Ei päivystä. Akustikko - konsultti vai suunnittelija? [Verkkajulkaisu]. Tampere: A-Insinöörit. [Viitattu 17.4.2017]. Saatavissa: <http://www.ains.fi/palvelumme/rakennesuunnittelu/artikkelit/akustikko-%E2%80%93-konsultti-vai-suunnittelija>

Anttila K. Ei päivystä. Palofysiikka: Yritysturvallisuuden seminaari. [Verkkajulkaisu] [Viitattu 16.4.2017] Saatavissa: <http://www.tml.tkk.fi/Opinnot/T-110.5690/2005/Palofysiikka1.pdf>

RT84-11166. 2014. Märkätilojen rakenteet. Helsinki: Rakennustietosäätiö RTS Oy

Tilastokeskus. 2015. Perustuu Tilastokeskuksen aineistoon: Rakennukset (lkm, m2) käyttötarkoituksen ja rakennusvuoden mukaan [Verkkosivu] [viitattu 19.1.2017].

Saatavilla: [http://pxnet2.stat.fi/PXWeb/pxweb/fi/StatFin/StatFin\\_asu\\_rakke/010\\_rakke\\_tau\\_101.px/?rxid=60c858dc-f1b6-4102-8dcb-c15ba6c4c322](http://pxnet2.stat.fi/PXWeb/pxweb/fi/StatFin/StatFin_asu_rakke/010_rakke_tau_101.px/?rxid=60c858dc-f1b6-4102-8dcb-c15ba6c4c322)

Wager, H. 2004. Päijät-Hämeen liitto, Museovirasto. Tönnönkosken silta ja myllypaikka [Verkkajulkaisu]. [viitattu 19.1.2017]. Saatavissa:

[http://www.rky.fi/read/asp/r\\_kohde\\_det.aspx?KOHDE\\_ID=1886](http://www.rky.fi/read/asp/r_kohde_det.aspx?KOHDE_ID=1886)