

2. Rakennejärjestelmät

Asuinrakennusten ääneneristävyys on aina kokonaisuus, johon vaikuttavat kaikki rakenteet. Tilojen välinen ääneneristävyys ajatellaan helposti vain tilojen välisen rakenteen ääneneristävyyden kautta. Laboratoriossa tämä pitää paikkansa. Todellisissa rakennuksissa ääntä kuitenkin aina tulee myös muita rakenteita pitkin (ns. sivutiesiirtymä eli flanking ilmiö). Eristävyyttä voi myös heikentää LVIS-asennukset tai puutteellinen tiivistys tai väärät materiaalit liitoksissa.

Seuraavassa käydään läpi tavallisimmat rakenteet, joilla RakMK C1-1998 ääneneristävyysvaatimukset pitäisi luotettavasti saada täytettyä myös suurissa tiloissa.

Rakenteiden valinnassa on huomioitu, että ääneneristävyyttä arvioitaessa tilan kokona käytetään enintään 60 m³:n tilavuutta (Rakennustarkastusyhdistyksen johtokunnan päätös 24.4.2009) kts. kappale 1.7.

Sekä ilma- että askelääneneristävyysvaatimukset koskevat kaikkia suuntia, esim. askelääntä mitataan myös alhaalta ylös ja sivusuunnassa.

Rakenteita on selvitetty laskennallisesti standardien EN 12354-1 (Building acoustics. Estimation of acoustic performance in buildings from the performance of elements. Airborne sound insulation between rooms) ja EN 12354-2 (Building acoustics. Estimation of acoustic performance in buildings from the performance of elements. Impact sound insulation between rooms) mukaan. Mallit huomioivat ensimmäisen asteen sivutiesiirtymän eli äänen, joka siirtyy yhden liitoksen yli. Lähtökohta laskelmissa on ollut, että laskelmien tuloksen pitää olla vähintään 2 dB parempi kuin määräysten taso (huomioiden 60 m³ enimmäistilavuus laskettaessa). Kerrostalojen osalta on kuitenkin erikseen kerrottu tilanteet, joissa marginaali on pienempi.

Laskennat on tehty huomioimatta ovia ja ikkunoita. Kohdekohtaisesti laskettaessa voidaan huomioida ovien ja ikkunoiden vaikutus (pienentävät sivutiesiirtymää) ja sitä kautta on mahdollista kohdekohtaisesti käyttää ehkä hieman kevyempiä rakenteita. Myös asunnon sisäiset kevytrakenteiset seinärakenteet pienentävät sivutiesiirtymää. Sivutiesiirtymää voidaan pienentää myös käyttämällä kelluvia lattiaita, joita ei ole käsitelty tässä yhteydessä erikseen. Kelluvia lattiaita käytettäessä vaatimukset muille rakenteille pienenevät, rakenteet tulee selvittää tapauskohtaisesti.

Kevytrakenteisella rakenteella tarkoitetaan jatkossa rakennetta, jossa on runkorakenne (teräs tai puu) ja sen pinnassa levyrakenne. Kevyitä rakenteita eivät ole tässä mielessä erilaiset harkko rakenteet eivätkä elementtirakenteet, jotka painavat selvästi vähemmän kuin vastaavan paksuiset betoniset rakenteet. Kevyet

kivirakenteiset pinnat ovat erittäin herkkiä sivutiesiirtymälle ja niiden vaikutus tulee selvittää tapauskohtaisesti.

2.1 Rivitalot

Rivitalot ovat tavallisesti joko yksi- tai kaksikerroksisia. Joissain tapauksissa on tehty kolmekerroksisia rivitaloja. Rivitaloissa päällekkäin olevat tilat ovat samaa asuntoa. Asuntojen sisällä ei ole ääneneristävyysvaatimuksia. Viralliset vaatimukset koskevat vain asuntojen välistä ääntä.

Jos rivitalossa on tilanteita, joissa päällekkäiset tilat kuuluvat eri asuntoihin tulee rivitaloa käsitellä kuin kerrostaloa. Tällöin ääneneristävyydellä on pystysuunnassa vaatimuksia, kun muutoin vaatimukset kohdistuvat vain vaakasuuntaan.

Rivitalojen rakentaminen on muuttunut yhä enemmän maavaraisista alapohjista kantaviin alapohjiin.

Rivitaloille on luonteenomaista, ettei runko jäykisty kahteen suuntaan samalla lailla kuin betonisissa kerrostaloissa. Kerrostaloissa on betonirakenteita kolmessa suunnassa, jolloin koko rakenne jäykistyy selkeästi (kaikki betonirakenteet ovat joka sivultaan tuettuja rakenteita). Rivitaloissa betoniset ala- ja välipohjat sekä väliseinät ovat vain päistään tuettuja rakenteita ja rakennuksen pituussuuntainen värähtely pääsee etenemään rakennuksen rungossa paljon herkemmin kuin kerrostaloissa.

1. Rakennekokonaisuus (RT1)

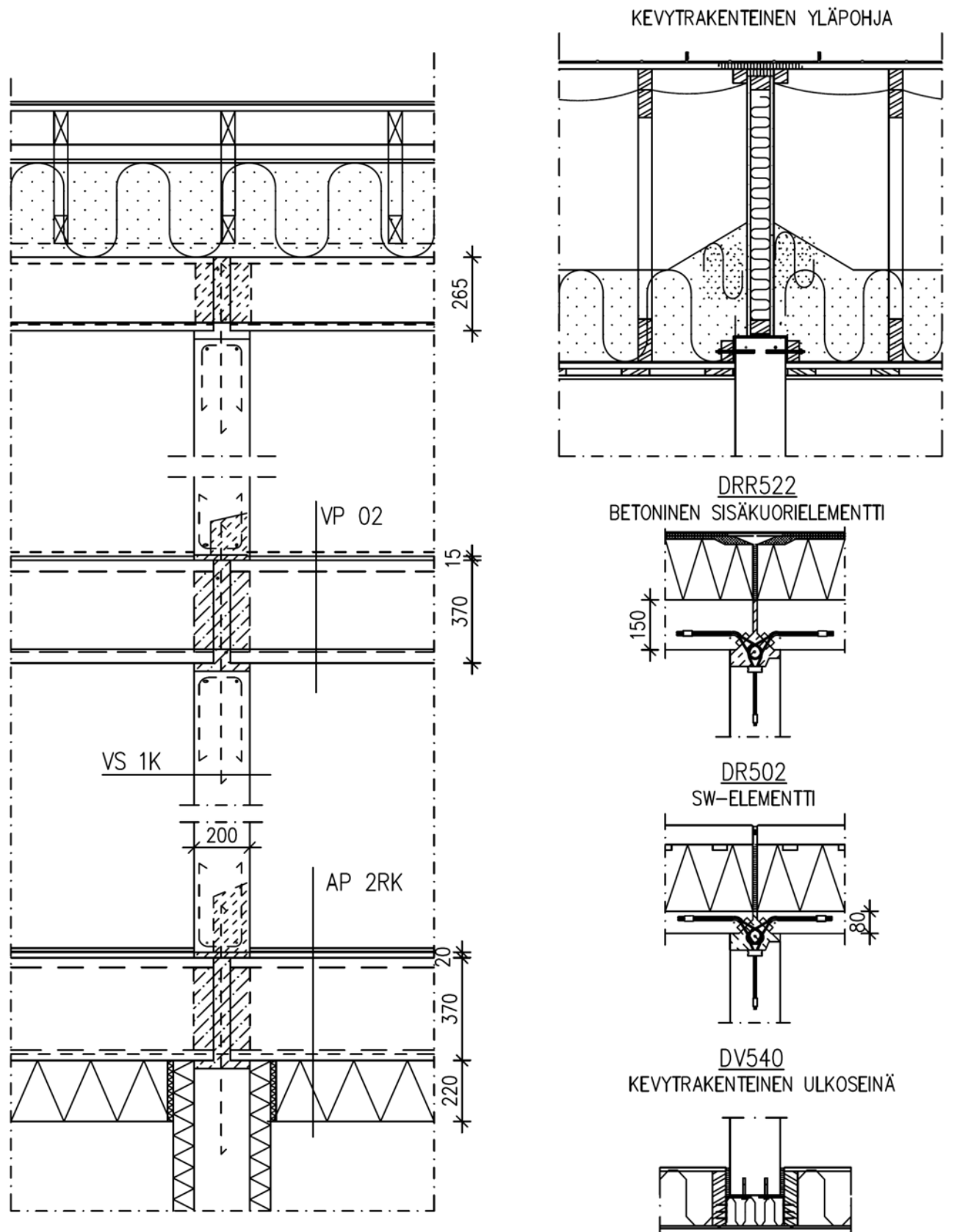
RT1

Asuntojen välillä on 200 mm betoniseinä, johon liittyvät kiinteästi 370 mm ontelolaatat. Ontelolaatat ovat rakennuksen pituussuunnassa.

- VS: 200 mm betonielementti
- AP: O37 ontelolaatta tai 260 mm betonilaatta
- VP: O37 ontelolaatta (VP02) tai 260 mm betonilaatta
- YP: O27, O32 tai O37 ontelolaatta tai 240 mm betonilaatta tai kevytrakenteinen yläpohja
- US: kevytrakenteiset ulkoseinät tai sisäkuorielementti 150 mm¹⁾ tai betoninen sandwich-elementti¹⁾.
- rakennuksen runkorakenne jäykistettävä asuntokohtaisesti pituussuunnassa. Jäykisteenä voivat toimia betoniset sisäkuorielementit tai jos ulkokuoret ovat kevytrakenteisia, erilliset vähintään 1500 mm pitkät, 150 mm paksut betoniseinät.

¹⁾ **Kaikki huonetilaa sivuavat rakenteet eivät sivutiesiirtymän vuoksi voi olla kiviaineksisia, jolloin huonetilan tulee toiselta sivulta rajautua joko kevytrakenteiseen asunnon sisäiseen levyseinään tai kevytrakenteiseen ulkoseinään.**

Käytettävät rakenteet ja detaljit (RT1): VP01, AP2RK, VS1K, DRR522, DR502 ja DV 540.



Kuva 2.1. Rivitalojen rakennekokonaisuus 1 (RT1).

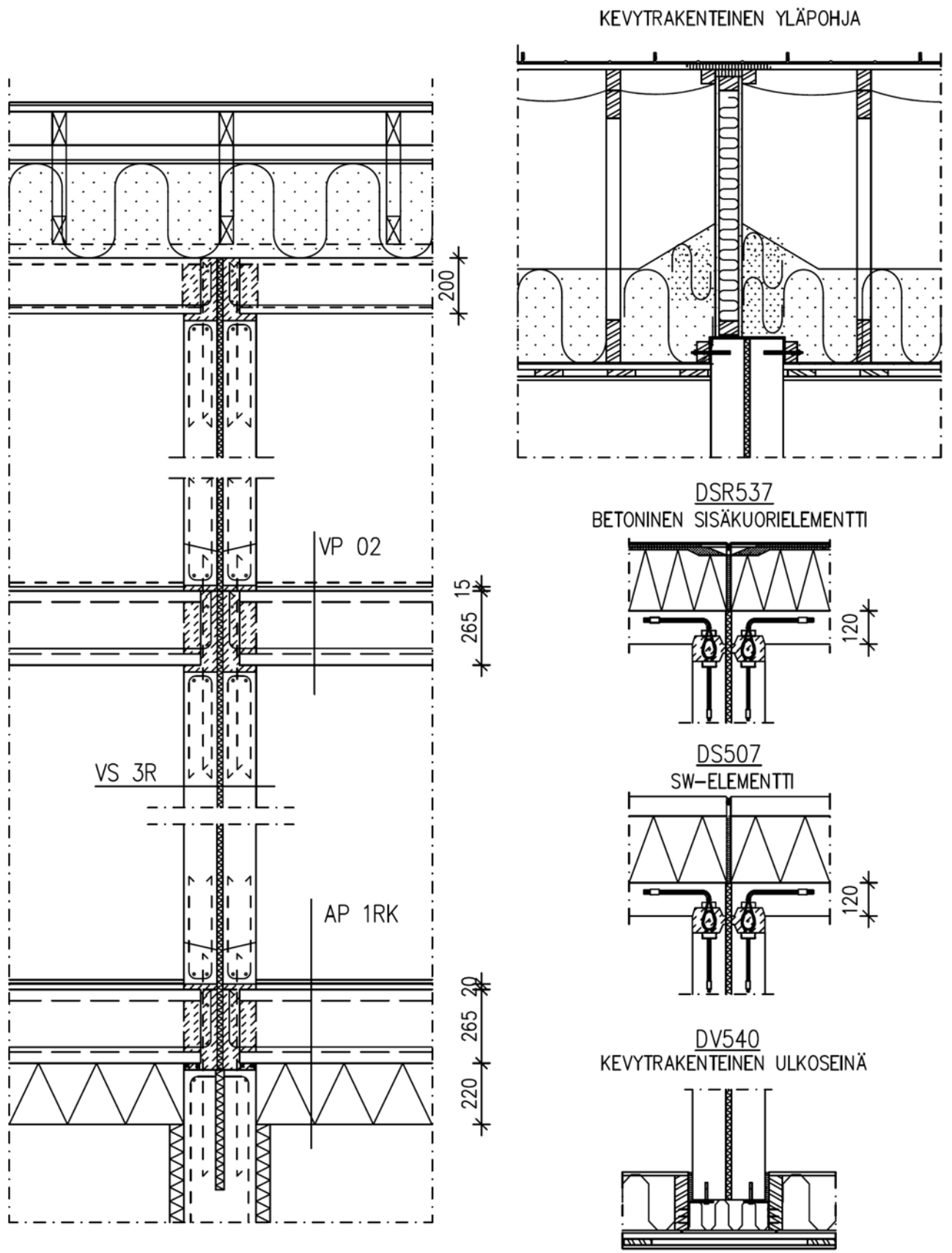
2. Rakennekokonaisuus (RT2)

Asunnot on erotettu toisistaan kaksinkertaisella betoniseinällä

Asuntojen välillä kaksinkertainen betoniseinä, joka erottaa asunnot toisistaan. Ontelolaatat rakennuksen pituussuunnassa, jolloin kantava betoniseinälinja 120 mm betonia. Ulkoseinät voivat olla joko sisäkuorielementtejä tai kevyt rakenteisia ulkoseinäelementtejä. Asuntojen väliset rakenteet erotetaan toisistaan (ulkoseinä katkaista siten, ettei eri asuntojen välille synny kiinteää yhteyttä ja ala-, väli- ja yläpohjat irrotetaan toisistaan asuntojen välillä).

- VS: 120 mm betonielementti, villa 20 mm, 120 mm betonielementti (betonielementtien välillä ei ole mitään kiinteää yhteyttä, perustus halkaistu noin 400 mm lattiatason alapuolelle)
- AP: O27 ontelolaatta (massa saumattuna n. 380 kg/m²) tai 240 mm betonilaatta
- VP: O27 ontelolaatta (VP02, massa saumattuna n. 380 kg/m²) tai 240 mm betonilaatta
- YP: O20 ontelolaatta (massa saumattuna n. 250 kg/m²) tai 200 mm betonilaatta tai kevytrakenteinen yläpohja
- US: sisäkuorielementit \geq 120 mm betonia tai betoninen sandwich-elementti tai kevytrakenteiset ulkoseinät
- Rakennuksen runko jäykistyy ulkoseinillä, jokainen asunto erikseen

Käytettävät rakennetyypit (RT2): VP02, AP1RK, AP2RK, US1RK, US2RK, US3R, US4R, US5RK, US6R, US7RK, US8RK, VS3R, DSR537, DS507, DV540 (huom. kaksinkertainen betoniseinä välissä ja ulkoseinä katkaistu).



Kuva 2.2. Rivitalojen rakennekokonaisuus 2 (RT2).

3. Rakennekokonaisuus (RT3)

Asunnot on erotettu toisistaan kaksinkertaisella levyseinäseinärakenteella ja rakennuksen runko on katkaistu asuntojen välillä.

Ontelolaatat rakennuksen poikkisuunnassa, jolloin kantava ulkoseinälinja sisäkuorielementit 120-150 mm betonia. Ulkoseinän sisäkuoret katkaistaan asuntojen välillä. Ontelolaattojen sauman, joka jätetään auki ja irti toisistaan, tulee osua asuntojen kaksinkertaisen seinärakenteen keskelle. Asuntojen välillä on kaksinkertainen levyseinäseinärakenne erillisrungoilla. Asuntojen välisen kaksinkertaisen seinän välistä koko rakenne katkeaa, eli asunnosta toiseen ei ole mitään kiinteää yhteyttä.

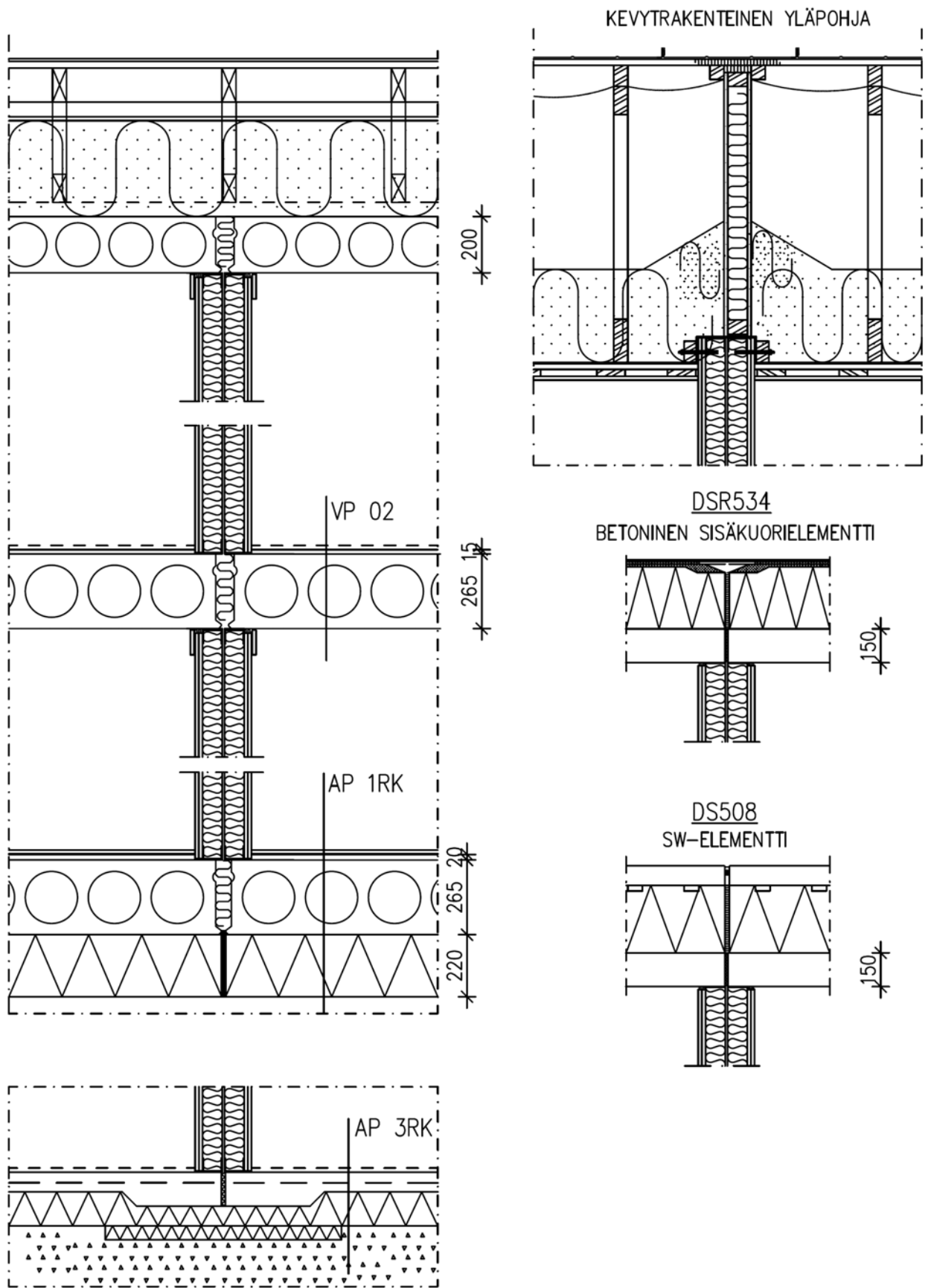
- VS: 2*13 mm kipsilevy, ilmaväli 145 mm (jossa 70 mm erillisrangat ja villa 70+70 mm), 2*13 mm kipsilevyt
- AP: O27 ontelolaatta (massa saumattuna n. 380 kg/m²) tai maavarainen betonilaatta, molemmat rakenteet on katkaistava asuntojen välillä
- VP: O27 ontelolaatta (VP02, massa saumattuna n. 380 kg/m²), **Asuntojen välillä ei ole kiinteää yhteyttä.**
- YP: O20 ontelolaatta (massa saumattuna n. 250 kg/m²) tai kevytrakenteinen yläpohja. **Asuntojen välillä ei ole kiinteää yhteyttä.**
- US: Sisäkuorielementit vähintään 120 mm tai betoninen sandwich-elementti (rakenne katkaistu asuntojen välisen seinään kohdalta)

Ääneneristävyyttä asuntojen välillä (erityisesti alle 100 Hz taajuusalueella) voi parantaa lisäämällä levykerroksia tai käyttämällä painavampia levyjä. Ääneneristävyys matalilla taajuuksilla jää parannuksista huolimatta heikommaksi kuin betonisella huoneistojen välisellä seinällä. Toinen väliseinän levypuolisko runkoineen voidaan korvata 120 mm betoniseinällä.

Rakenne vaatii rakennuksen poikkisuuntaisen betonisen jäykistyksen esim. eteisen tai wc-tilojen seinässä.

Lattipinnoitteen valinta on vapaa, kun asuntojen väliset rakenteet on katkaistu kokonaan.

Käytettävät rakennetyypit (RT3): VP02 (katkaistu asuntojen välillä), AP3R (katkaistu asuntojen välillä), US3R, US4R, US5R, US6R, US7RK, US8RK, DS508, DSR534, VS5R.



Kuva 2.3. Rivitalojen rakennekokonaisuus 3 (RT3).

4. Rakennekokonaisuus (RT4)

Asuntojen välillä yksinkertainen 240 mm betoniseinä (240 bet), johon liittyvät kiinteästi 270 mm tai 370 mm ontelolaatat. Ontelolaatat (O27 tai O37) ovat joko rakennuksen pituus- tai poikkisuunnassa. Ulkoseinä joko sisäkuorielementit (>150 mm betonia) tai vastaavan painoiset sandwich-elementit (SW) tai kevyet ulkoseinät (kevyt).

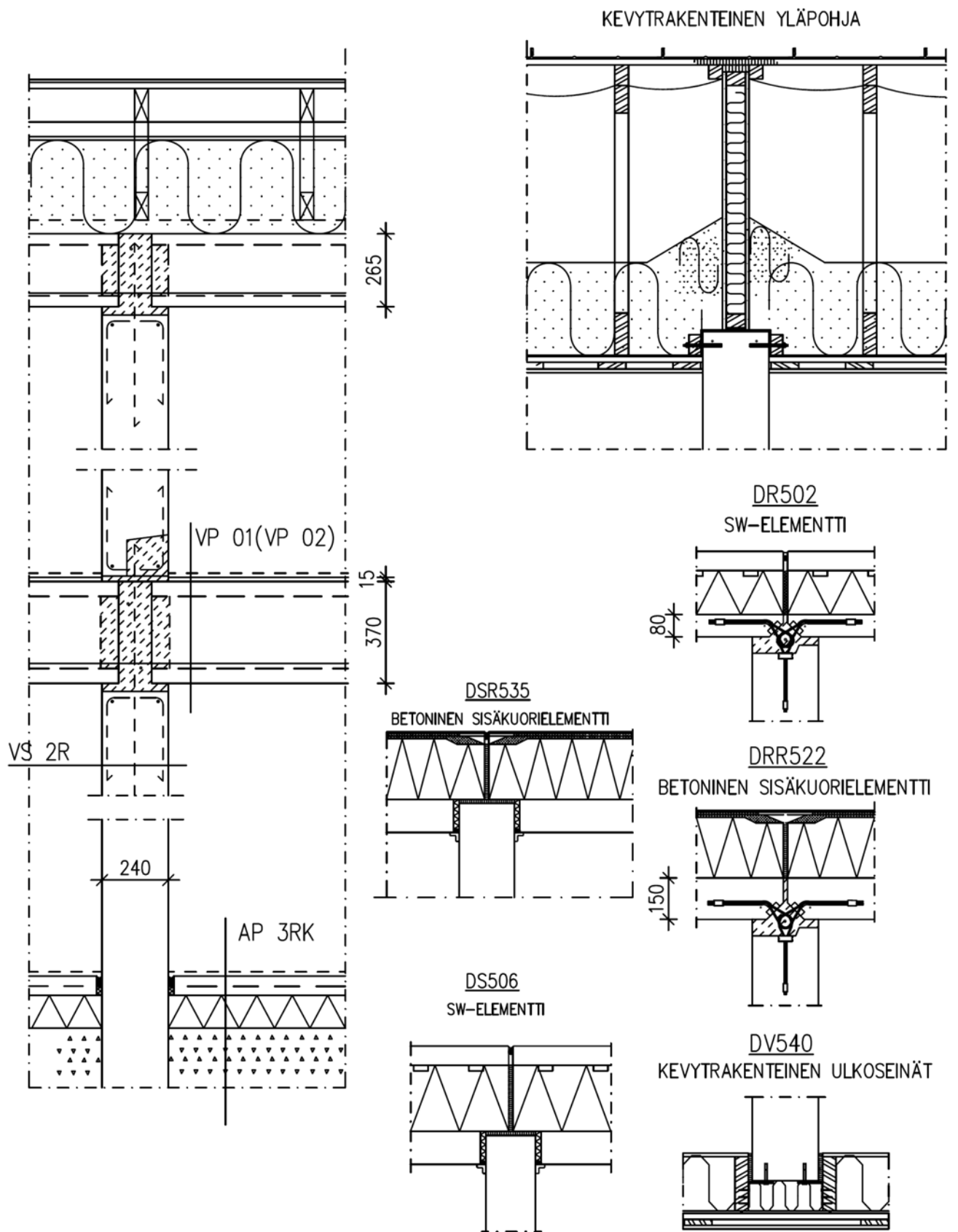
- VS -240 mm betoni
- AP – maavarainen (irti) tai kelluva lattiarakenne tai O27 tai O37
- US – SW tai sisäkuori 150 mm tai kevyt
- VP – O27 tai O37 tai massiivibetonilaatta 240 mm
- YP – kevytrakenteinen yläpohja (katkeaa asuntojen välillä) tai O27 tai O37 tai massiivibetonilaatta 240 mm

Runkorakenne on jäykistettävä asuntokohtaisesti pituussuunnassa, jos käytetään kevyitä julkisivuja.

Käytettäessä betonisia ulkoseiniä on hyödyllistä, jos käytetään ulkoseinän ja väliseinän liitoksessa rakenteiden katkaisua ja irrotusta (kts. det DS506 ja DSR535).

Lattiapinnoitteena Tuplex + parketti tai parempi vaihtoehto: laminaatti + joustava alusmateriaali. Kelluvan lattian ja maavaraisen irrotetun lattiapäällysteen päällä voidaan vapaasti käyttää mitä vain lattiapinnoitusta. On kuitenkin huolehdittava siitä, ettei askelääni kytkeydy portaiden kautta väliseinään.

Käytettävät rakennetyypit (RT4): VP01, AP3RK, US1RK, US2RK, US5RK, US7RK, US8RK, VS2R, DR502, DRR522, DV540a, DV540b, DS506, DSR535.



Kuva 2.4. Rivitalojen rakennekokonaisuus 4 (RT4).

2.2 Kerrostalot

Mittauksissa käytettävä 60 m³:n tilavuusrajoitus huomioon otettuna tulee käyttää seuraavassa esitettyjä rakenteita.

Kerrostalojen askelääneneristävyyttä voidaan parantaa käyttämällä hiljaisempia lattiamateriaaleja kuin yleisesti käytössä oleva lautaparketti + Tuplex. Laskelmissa, joihin esitetyt rakenneratkaisut perustuvat sekä kerros- että rivitalojen osalta, on käytetty lautaparketti + Tuplex-lattiapinnoitusratkaisua.

Tutkimusten perusteella laminaatti ja seuraavat alusmateriaalit

- Tarkoflex light 2,0 mm
- Solmer Provent Micro Pumping 3,6 mm
- Combi HD 3,0 mm
- Silencio 36 mm

olivat askeläänitasoluvultaan noin 3 dB hiljaisempia kuin lautaparketti + Tuplex. Myös Tarket TX 162 muovimatto oli noin 3 dB hiljaisempi kuin lautaparketti + Tuplex. Kts kohta 1.5 vertailumittaukset.

Kerrostalojen rakennekokonaisuudet

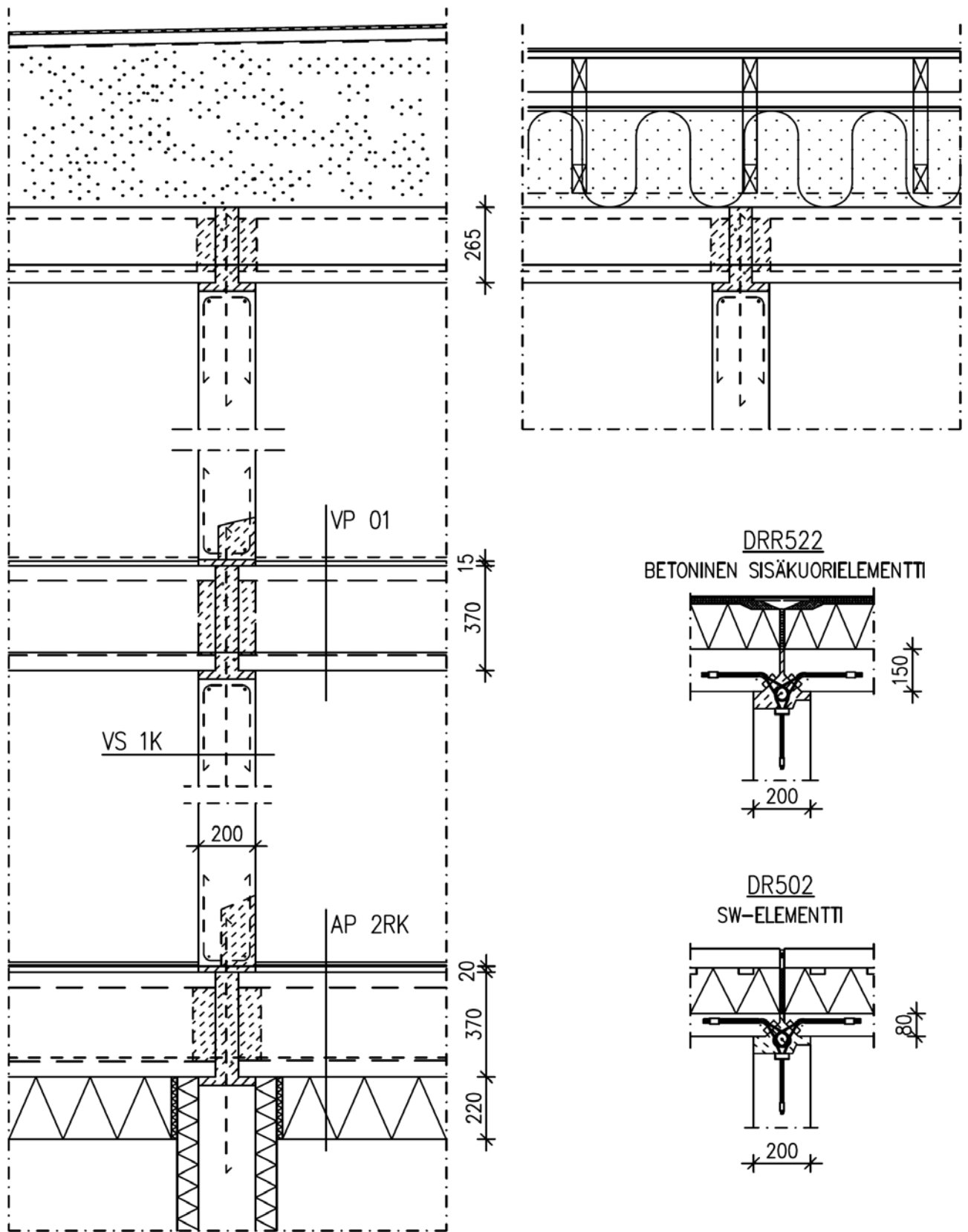
1. Rakennekokonaisuus, ontelolaatat (KT1)

Kerrostaloasuntojen rakenteet:

- Ala- ja välipohjat:
 - Ontelolaatta O37 (VP01, paino saumattuna ja tasoitettuna > 500 kg/m²) tai
 - Ontelolaatta O32 tai O27 + vähintään 50 mm betonivalu (VP03, paino > 500 kg/m²)
 - Pintarakenteena lautaparketti + Tuplex tai parempi
- Yläpohjat
 - Ontelolaatta O27, O32 tai O37
- Asuntojen väliset seinät sekä porrashuoneiden ja asuntojen väliset seinät
 - 200 mm betoniseinä
- Ulkoseinät
 - Sandwich-elementit
 - Betoniset sisäkuorielementit (betonin paksuus 150 mm) ja ulkopinnassa joko rappaus tai tiili.
- Asuinhuoneessa suositellaan sivutiesiirtymän vähentämiseksi, että vähintään yksi sivuava seinä olisi levyrakenteinen (tämä vaikuttaa vaakasuuntaiseen ilmaaneneristävyyteen)
- Välipohjien pintamateriaalina on suositeltavaa käyttää parempia vaihtoehtoja kuin lautaparketti + Tuplex

Käytettävät rakennetyypit (KT1): VP01, VP03, VP04, VP05, VP06, VP07, VP08, VP09, VP10, VP11, VP12, VP13, VP14, VP15, VP16, AP2RK, AP3RK, US1RK, US2RK, US5RK, US7RK, US8RK, VS1K, DR502, DRR522, DSR531.

HUOM. Kerrostaloissa saadaan edellä esitetyillä ratkaisulla laskennallisesti määräysten taso täytettyä mutta ilman varmuusmarginaalia tilanteissa, joissa tilojen kaikki seinät ovat betonirakenteisia. Jos tilojen yksikin sivuava seinä (esim. ei-kantava väliseinä) on kevytrakenteinen, ääneneristävyys paranee. Ääneneristys on laskennallisesti lähimpänä vaatimusten taso, kun tilavuudet ovat 40-80 m³, jolloin suositellun tilavuusrajoituksen vaikutus on pieni.



Kuva 2.5. Kerrostalojen rakennekokonaisuus 1 (KT1).

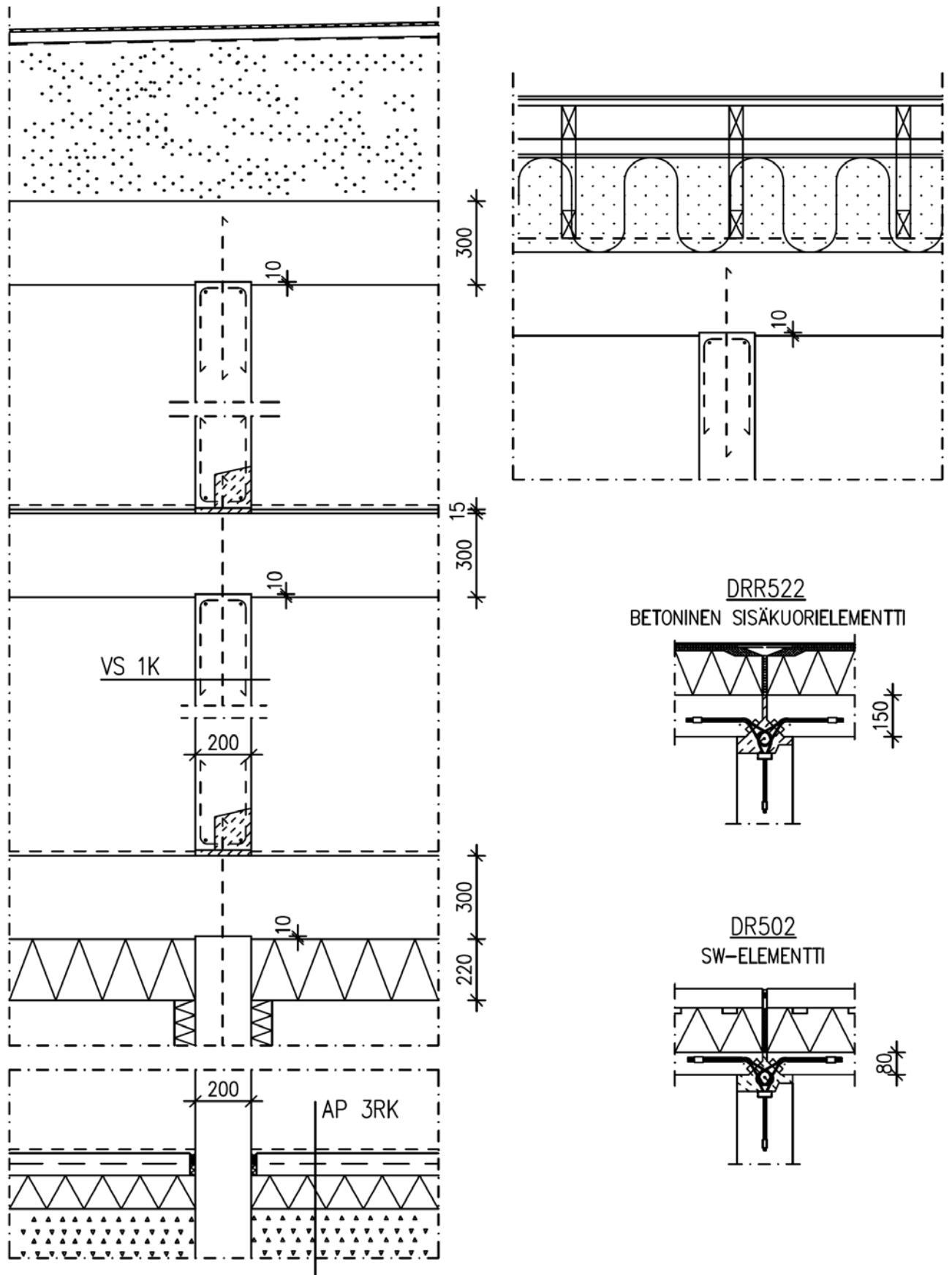
2. Rakennekokonaisuus massiivibetonilaatat (KT2)

Kerrostaloasuntojen rakenteet:

- Ala- ja välipohjat 260-300 mm massiivibetoni (VP11)
 - Pintarakenteena Tuplex + lautaparketti tai parempi
- Ulkoseinien sisäkuoret 150 mm betonia tai betoninen sandwich-elementti
- Asuntojen väliset seinät sekä porrashuoneiden ja asuntojen väliset seinät 200 mm betonia
- Yläpohjat 260-300 mm massiivibetoni
- Asuinhuoneessa suositellaan sivutiesiirtymän vähentämiseksi, että vähintään yksi sivuava seinä olisi levyrakenteinen (tämä vaikuttaa vaakasuuntaiseen ilmääneneristävyyteen)

Käytettävät rakennetyypit (KT2): VP10, VP11, VP12, VP13, VP14, VP16, AP3RK, US1RK, US2RK, US5RK, US7RK, US8RK, VS1K, DR502, DRR522, DSR531.

HUOM. Kerrostaloissa saadaan edellä esitetyillä ratkaisulla laskennallisesti määräysten taso täytettyä mutta ilman varmuusmarginaalia tilanteissa, joissa tilojen kaikki seinät ovat betonirakenteisia. Jos tilojen yksikin sivuava seinä (esim. eikantava väliseinä) on kevytrakenteinen, ääneneristävyys paranee. Ääneneristys on laskennallisesti lähimpänä vaatimusten tasoa, kun tilavuudet ovat 40-80 m³, jolloin suositellun tilavuusrajoituksen vaikutus on pieni.



Kuva 2.6. Kerrostalojen rakennekokonaisuus 2 (KT2).

2.3 Kerroslattiarakenteet

Kerroslattiarakenteet (VP04, VP05, VP06, VP09, VP12, VP13, VP14) parantavat joko suoraan sekä ilma- että askelääneneristävyttä tai ne parantavat välillisesti ilma- ja/tai askelääneneristävyttä vähentämällä sivutiesiirtymää sivuavien rakenteiden kautta.

Seuraavia kerroslattiaratkaisuja voidaan käyttää:

- Betoninen kelluva pintalaatta
- Pumpattavilla tasoitteilla tehdyt kelluvat lattiat
- Levyrakenteinen kelluva lattiarakenne
- Rannila-joustava asennuslattia
- Lundell-joustava asennuslattia
- Granab-joustava asennuslattia

Kerroslattialattiarakenteita valittaessa tulee huomioida niiden resonanssitaajuudesta johtuva töminä-ääni. Tämä ei suoraan näy askeläänitasoluvussa, jonka mittaaminen alkaa 100 Hz:tä ylöspäin, mutta ääni koetaan usein häiritseväksi (vrt. kappale 1.4).

2.4 Asunnon sisäiset portaat

Asunnon sisäiset portaat saattavat aiheuttaa määräykset ylittävää askelääntä. Liiallinen askelääni voidaan estää asentamalla asunnon sisäiset portaat tärinäneristimille ja/tai tukemalla portaat lattiaan ja välipohjaan (ei asuntojen väliseen seinään). Jos asuntojen välissä on kaksikertainen betoniseinä, voidaan portaat kiinnittää suoraan kiinni seinään.

Portaiden tärinäneristykseen löytyy muutamilta valmistajilta valmiita mitattuja ratkaisuja.

2.5 Ulkoseinien huomioiminen rakennekokonaisuuksissa

2.5.1 Ulkoseinien käsittely sivutiesiirtymän laskennassa

Ulkoseinien ja asuntojen välisten seinien ja välipohjien valinnassa tulee aina huomioida rakennekokonaisuus. Lopullinen ilma- ja askelääneneristävyys määräytyy tiloissa usein sivutiesiirtymän perusteella. Sivutiesiirtymää laskettaessa voidaan betoniset sisäkuorielementit käsitellä rakennuksen sisäisen sivutiesiirtymän suhteen betonisen sisäkuoren rakennepaksuudella (ei koske betonisia sandwich-elementtejä).

Taulukko 2.1. Betonirakenteiden laskennallisia ääneneristävyyksiä.

Betoni [mm]	R _w (C, C _{tr}) [dB]
100 mm	50 (-1,-4) dB
120 mm	53 (-1,-4) dB
150 mm	57 (-2,-5) dB
180 mm	60 (-1,-5) dB
200 mm	61 (-1,-4) dB
300 mm	68 (-1,-4) dB

2.5.2 Ulkoseinien ääneneristävyys uudisrakennuksissa

Kun lasketaan julkisivujen ääneneristävyttä esim. tieliikennemelulle, tulee huomioida sisäkuorielementtien (erityisesti rapattujen) heikko ääneneristävyys verrattuna pelkkään betoniseen sisäkuoreen.

Seuraavassa taulukossa on esitetty eräiden betonisten ulkoseinärakenteiden ääneneristävyyksiä. Taulukoiden 2.1, 2.2 ja 2.3 arvot ovat laskennallisia (laskenta tehty Helimäki Akustikkojen ILPO-ohjelmistolla). Laskennallisissa arvoissa ei ole huomioitu sivutiesiirtymiä.

Taulukko 2.2. Sisäkuorielementtirakenteiden laskennallisia ääneneristävyyksiä.

Betonien sisäkuori [mm]	eriste paksuus + tyyppi	Rappaus [mm]	R _w (C, C _{tr}) [dB]
150 mm	160 mm EPS	10 mm	52 (-3,-7) dB
150 mm	160 mm EPS	25 mm	54 (-4,-9) dB
150 mm	160 mm FAL1	10 mm	53 (-2,-5) dB
150 mm	160 mm FAS4	25 mm	56 (0,-4) dB
150 mm	250 mm EPS	10 mm	52 (-3,-8) dB
150 mm	250 mm EPS	25 mm	54 (-4,-9) dB
150 mm	250 mm FAL1	10 mm	53 (-2,-6) dB
150 mm	250 mm FAS4	25 mm	58 (-1,-5) dB
150 mm	450 mm EPS	10 mm	53 (-3,-8) dB
150 mm	450 mm EPS	25 mm	56 (-1,-5) dB
150 mm	450 mm FAL1	10 mm	54 (-3,-8) dB
150 mm	450 mm FAS4	25 mm	59 (-1,-4) dB

Taulukko 2.3. Betonisten sandwich-elementtirakenteiden laskennallisia ääneneristävyyksiä.

Betonien sisäkuori [mm]	eriste paksuus + tyyppi	Betoninen ulkokuori [mm]	$R_w(C, C_{tr})$ [dB]
80 mm	160 mm eriste	70 mm	54 (-1,-4) dB
150 mm	160 mm eriste	70 mm	60 (-1,-4) dB
80 mm	250 mm eriste	70 mm	54 (-1,-4) dB
150 mm	250 mm eriste	70 mm	60 (-1,-4) dB
80 mm	450 mm eriste	70 mm	54 (-0,-3) dB
150 mm	450 mm eriste	70 mm	60 (-1,-4) dB

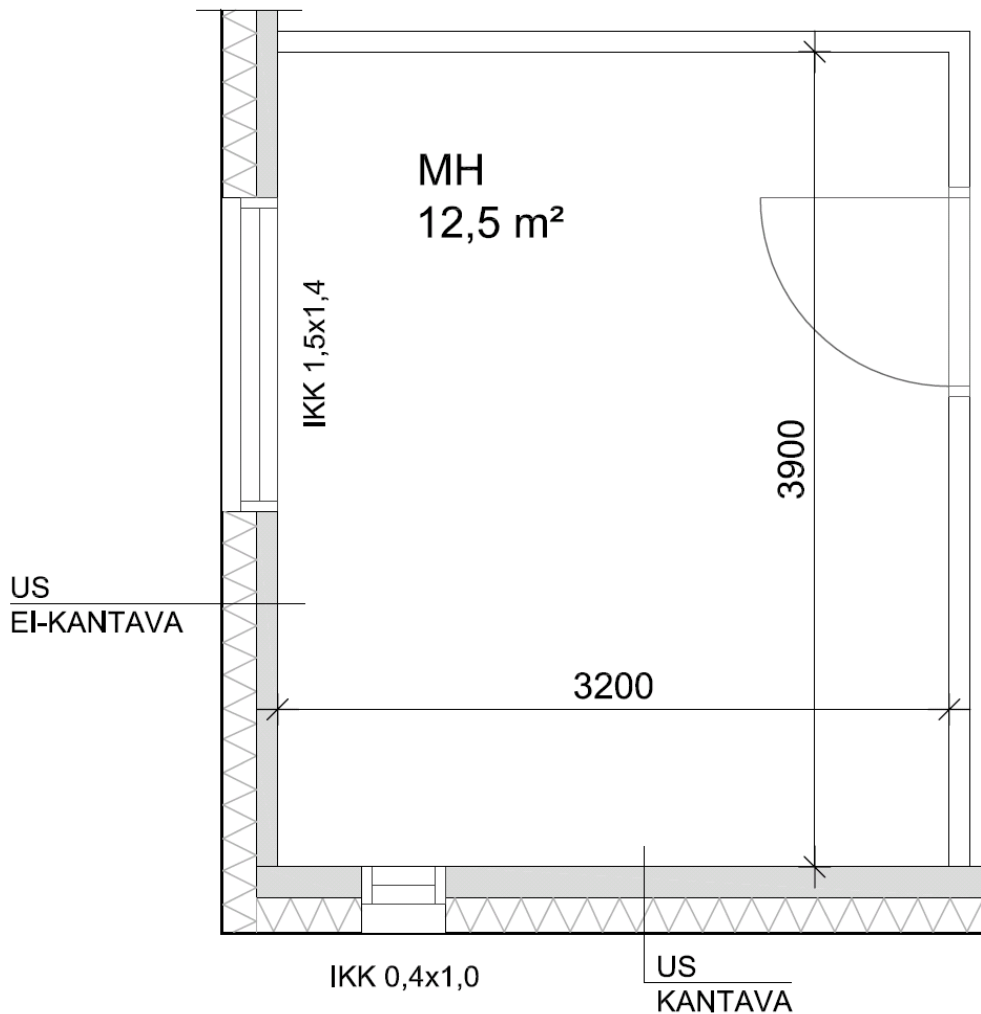
2.5.3 Ulkoseinien ääneneristävyys korjauskohteissa

Liikennemelualueella tehtävissä ulkoseinien korjauksissa tulee huomioida ulkoseinän muutosten vaikutus ääneneristävyyteen. Esimerkiksi poistettaessa sandwich-elementin betoninen ulkokuori ja lämmöneristeet sekä asennettaessa sen tilalle uusi kova lämmöneriste (villa, EPS tai PU) ja ohutrappaus heikkenee seinärakenteen eristävyys tieliikennemelua vastaan 50 dB:stä 42 dB:iin. Jos alkuperäinen rakenne ikkunoinen täytti kaavavaatimuksen tieliikennemelueristävyyden suhteen, jääään kaavavaatimuksesta 3 dB, kun seinärakenne uusitaan. Edellä esitetty korjaustapa lisää myös sivutiesiirtymää rakennuksen sisällä ja heikentää siten sekä ilma- että askelääneneristävyyttä. Jos on mahdollista, tulisi vanha sandwich-elementti jättää seinärakenteeseen ja tehdä lisärakenteet sen päälle.

Korjattaessa vanhoja rakenteita tulee aina huomioida, mitä muutokset vaikuttavat ääneneristävyyteen.

2.5.4 Esimerkki ulkovaipan ääneneristysmitoituksesta liikennemelualueella

Tutkittava esimerkkihuonetila sijaitsee rakennuksen nurkassa, joka on tavallisesti vaativin tila rakennuksessa rakenneosien pinta-alasuhteista johtuen (kuva 2.7).



Kuva 2.7. Esimerkkilaskelmissa käytetyn huoneen pohjapiirros. Huoneen lattiapinta-ala on 12,5 m², korkeus 2,6m ja ikkunoiden yhteispinta-ala 2,5m.

Esimerkkilaskelmissa on laskettu äänitasoeromenetelmällä esimerkkihuoneelle kokonaisäänitasoerot $\Delta L_{A_{tot}}$, joita on verrattu tavanomaisimpiin äänitasoerovaatimukseen $\Delta L_{A,vaad}$ 30, 32, 35, 38 ja 40 dB. Laskelmat on tehty ikkunoiden eristävyysarvoille R_w+C_{tr} 37, 41, 43 ja 45 dB. Taulukossa 2.4 on esitetty erilaisille ohutrapatuille sisäkuorirakenteille eri vaatimustason perusteella, onko niitä mahdollista käyttää kyseisen vaatimustason omaavissa kohteissa. Taulukossa 2.5 on esitetty vastaavat arvot kolmikerrosrappaukselle. Tuloksia tarkasteltaessa tulee muistaa, että ne pätevät esimerkkitapauksessa. Mikäli ulkoseinä- tai ikkunarakenteen pinta-alaa kasvatetaan tai huonealaa pienennetään, vaaditaan saman vaatimustason täyttämiseksi rakennusosilta parempaa ääneneristävyyttä.

Taulukko 2.4. Ohutrapattuja seinärakenteita, joita on mahdollista käyttää eri äänitasoero-vaatimuksissa. Laskelmat pätevät kuvassa 2.7 esitetyille esimerkkihuoneelle.

Äänitasoero- vaatimus $\Delta L_{A,vaad}$ [dB]	Rakennus- osan R_w+C_{tr} [dB]	Sijainti	Sisäkuoren paksuus [mm]	Lämmöneristeen paksuus ja tyyppi					
				160 mm		250 mm		450 mm	
				EPS	FAL1	EPS	FAL1	EPS	FAL1
30 ja 32	≥40	ei- kantava	120	x	x	x	x	x	x
			150	x	x	x	x	x	x
	≥44	kantava	150	x	x	x	x	x	x
35	≥43	ei- kantava	120	-	x	-	x	x	x
			150	x	x	x	x	x	x
	≥45	kantava	150	x	x	x	x	x	x
38	≥48	ei- kantava	150	-	x	-	-	-	-
	≥48	kantava	150	-	x	-	-	-	-
40	≥51	ei- kantava		-	-	-	-	-	-
	≥52	kantava		-	-	-	-	-	-

Taulukon 2.4. perusteella voidaan päätellä, että äänitasoero-vaatimuksen ollessa enintään 38 dB pitää sekä ei-kantavan että kantavan seinän sisäkuoren olla vähintään 150 mm paksu ja tällöinkin lämmöneristeeksi kelpaa vain 160 mm paksuinen mineraalivilla FAL1. Tätä paksummat eristekerrokset ovat siis kyseisessä tapauksessa ääneneristävyydeltään huonompia. Tämä voidaan havaita myös taulukossa 2.2 esitetyistä ulkoseinien ääneneristävyyssarvoista. Taulukkojen 2.2 ja 2.5 perusteella voidaan havaita, että kolmikerrosrappaus tuottaa hieman parempia arvoja, jolloin 38 äänitasoero-vaatimuksen yhteydessä on siis mahdollista käyttää myös paksumpia mineraalivillapaksuuksia tai EPS-eristettä. Arvoja tarkasteltaessa tulee muistaa, että ääneneristävyyden parannus on suhteellisen pieni ja pätee vain, kun määritellään rakennuksen ulkovaipan ääneneristävyyttä. Esimerkiksi asuntojen välinen sivutiesiirtymä on kappaleessa 2.5.1 todetun mukaisesti riippuvainen vain sisäkuoren betonikerroksen paksuudesta, jolloin siis yllä kuvatussa tapauksessa ohut ja kolmikerrosrapattu ulkoseinärakenne ovat samanveroisia määritettäessä esimerkiksi asuntojen välistä ilma- tai askelääneneristävyyttä.

Taulukko 2.5. Kolmikerrosrapattuja seinärakenteita, joita on mahdollista käyttää eri äänitasoerovaatimuksissa. Laskelmat pätevät kuvassa 2.7 esitetylle esimerkki huoneelle.

Äänitasoero- vaatimus $\Delta L_{A,vaad}$ [dB]	Rakennus- osan R_w+C_{tr} [dB]	Sijainti	Sisäkuoren paksuus [mm]	Lämmöneristeen paksuus ja tyyppi					
				160 mm		250 mm		450 mm	
				EPS	FAL1	EPS	FAL1	EPS	FAL1
30 ja 32	≥40	ei- kantava	120	x	x	x	x	x	x
			150	x	x	x	x	x	x
	≥44	kantava	150	x	x	x	x	x	x
35	≥43	ei- kantava	120	-	x	x	x	x	x
			150	x	x	x	x	x	x
	≥45	kantava	150	x	x	x	x	x	x
38	≥48	ei- kantava	120	-	x	-	x	x	x
			150	-	x	-	x	x	x
	≥48	kantava	150	-	x	-	x	x	x
40	≥51	ei- kantava	120	-	-	-	x	-	x
			150	-	x	-	x	-	x
	≥52	kantava	150	-	x	-	x	-	x

Rakennuksen ulkovaipan mitoittaminen tulee tehdä huonekohtaisesti. Laskelmiin vaikuttavat huoneen koko, ikkunoiden, ovien ja seinien pinta-alat. Valitsemalla sopivat ikkuna ja seinätyypit, kaavavaatimukset saadaan täytettyä. Edellä esitetyt taulukot ovat esimerkkilaskelmia ja pätevät vain esimerkin tapauksessa.

Lähdeluettelo

Apilo L., Nykänen H. ja Sipari P. 2008. Lausunto koskien rakennuksen ääneneristävyyttä ja sen mittausta ja tulkintaa. VTT tutkimusraportti nro VTT-S-03879-08. 4+17 s.

Asumisterveysohje. 2003. Asuntojen ja muiden oleskelutilojen fysikaaliset, kemialliset ja mikrobiologiset tekijät. Helsinki: Sosiaali- ja terveysministeriö. 93 s.

Betonirakenteiden äänitekniikka. 2000. Rakennusteollisuus RTT Ry. 79 s.

Gerretsen E. Classification of acoustical quality of dwellings – backgrounds of a renewed Dutch standard. Proceedings inter-noise 2001. Hague 2001.

Huhtala, T. 2006. Mittausjakson pituuden vaikutus maaperästä mitatun raideliikenteen värähtelyn asuntoihin aiheuttaman haitan arvioinnissa. 105-29 s.

ISO 140-3. 1995. Acoustics - Measurement of sound insulation in buildings and of building elements - Part 3: Laboratory measurements of airborne sound insulation of building elements. Geneve: International Organization for Standardization. 20 s.

ISO 140-4. 1998. Acoustics -- Measurement of sound insulation in buildings and of building elements -- Part 4: Field measurements of airborne sound insulation between rooms. Geneve: International Organization for Standardization. 24 s.

ISO 140-5. 1998. Acoustics -- Measurement of sound insulation in buildings and of building elements -- Part 5: Field measurements of airborne sound insulation of façade elements and façades. Geneve: International Organization for Standardization. 24 s.

ISO 140-6. 1998. Acoustics -- Measurement of sound insulation in buildings and of building elements -- Part 6: Laboratory measurements of impact sound insulation of floors. Geneve: International Organization for Standardization. 15 s.

ISO 140-7. 1998. Acoustics -- Measurement of sound insulation in buildings and of building elements -- Part 7: Field measurements of impact sound insulation of floors. Geneve: International Organization for Standardization. 17 s.

ISO 140-8. 1997. Acoustics -- Measurement of sound insulation in buildings and of building elements -- Part 8: Laboratory measurements of the reduction of transmitted impact noise by floor coverings on a heavyweight standard floor. Geneve: International Organization for Standardization. 14 s.

ISO 140-11. 2005. Acoustics -- Measurement of sound insulation in buildings and of building elements -- Part 11: Laboratory measurements of the reduction of transmitted impact sound by floor coverings on lightweight reference floors. Geneve: International Organization for Standardization. 30 s.

ISO 140-14. 2004. Acoustics -- Measurement of sound insulation in buildings and of building elements -- Part 14: Guidelines for special situations in the field. Geneve: International Organization for Standardization. 31 s.

ISO 226. 2003. Acoustics – Normal equal-loudness-level contours. Geneve: International Organization for Standardization. 18 s.

ISO 717-1. 1996. Acoustics -- Rating of sound insulation in buildings and of building elements -- Part 1: Airborne sound insulation. Geneve: International Organization for Standardization. 15 s.

ISO 717-2. 1996. Acoustics -- Rating of sound insulation in buildings and of building elements -- Part 2: Impact sound insulation. Geneve: International Organization for Standardization. 12 s.

ISO 2631-2. 2003. Mechanical vibration and shock – Evaluation of human exposure to whole-body vibration – Part 2: Vibration in buildings (1 Hz to 80 Hz). Geneve: International Organization for Standardization. 18 s.

EN 12354-1. 2000. Building acoustics. Estimation of acoustic performance in buildings from the performance of elements. Airborne sound insulation between rooms. Bryssel: European Committee for Standardization. 66 s.

EN 12354-2. 2000. Building acoustics. Estimation of acoustic performance in buildings from the performance of elements. Impact sound insulation between rooms. Bryssel: European Committee for Standardization. 36 s.

Kylliäinen, M. Uncertainty of impact sound insulation measurements in field, TTY 2003, raport 125. 113 s.

Kylliäinen, M. Hongisto, V. Rakennuksen ulkovaipan ääneneristystä koskevan asemakaavamääräyksen toteutuksen valvominen mittauksin. Akustiikkapäivät 2007, 27-28.9.3007 Espoo.

Kylliäinen, M. Hongisto, V. RIL 243-1-2007. Rakennusten akustinen suunnittelu – Akustiikan perusteet. Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry. 224 s.

NS 8176.E 1999. Vibration and Shock – Measurement of vibration in buildings from landbased transport and guidance to evaluation of its effects on human beings. 28 s.

Rasmussen B and J.H. Rindel. Concepts for evaluation of sound insulation of dwellings from chaos to concensus? Forum Acusticum 2005. Paper 7820.

Rasmussen B. Sound insulation between dwellings-Classification schemes and building regulation in Europe. Proceelings Inter-noise 2004, Prague 2004, paper 778.

Rasmussen B. Sound insulation of residential housing: Building codes and classification schemes in Europe. Handbook of Noise and Vibration Control. chapter 114. John Wiley & Sons. 2007.

Rauhala J 2009, TTY, Eristerapatun betonielementtiulkoseinän ilmääneneristävyys. 107-101 s.

RIL 243-2-2007. Rakennusten akustinen suunnittelu – Oppilaitokset, auditoriot, liikuntatilat ja kirjastot. Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry. 79 s.

RIL 243-3-2008. Rakennusten akustinen suunnittelu – Toimistot. Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry. 96 s.

Schönback W. Lang J. and Pierrard R. Sound insulation in housing construction. Vienna, July 2006.

SRakMK, B3. 2004. Suomen rakentamismääräyskokoelma, osa B3. Ympäristöministeriön asetus pohjarakenteista. 29+1 s.

Talja, A. 2004. Suositus liikennetärinän mittaamisesta ja luokitukselta, VTT tiedotteita 2278. 50+22 s.

Talja, A. & Saarinen, A. 2009. Maaliikenteen aiheuttaman runkomelun arviointi. Esiselvitys. VTT tiedotteita 2468. 56 + 11 s.

Talja, A., Toratti, T. & Järvinen, E. 2002. Lattioiden värähtelyt. Suunnittelu ja kokeellinen arviointi. VTT Tiedotteita 2124. 50+12 s.

Talja, A. et al. 2008. Rakennukseen siirtyvän liikennetärinän arviointi, VTT tiedotteita 2425. 95+69 s.

Törnqvist, J. ja Nuutilainen, O. 2002. Rautatieliikenteen tärinän vaikutus rakenteisiin, vaurioalttiuden kartoittaminen ja mittaaminen, luonnos, VTT rakennus- ja yhdyskuntatekniikka. 56+20 s.

Törnqvist, J. ja Talja, A. 2006. Suositus liikennetärinän arvioimiseksi maankäytön suunnittelussa, VTT working papers 50. 46+36 s.

Ympäristöopas 99. 2003. Ääneneristys rakennuksessa. Helsinki: Ympäristöministeriö.
48 s.

Ympäristönsuojelulaki n:o 86.2000. Ympäristönsuojelulaki. Helsinki:
Ympäristöministeriö.