

PARVEKELASITUSTEN ÄÄNENERISTÄVYYDEN MITOITUS LIKENNEMELUALUEILLA

Mikko Kylliäinen¹ ja Pekka Taina²

¹ Insinööritoimisto Heikki Helimäki Oy
Pinninkatu 58 A
33100 TAMPERE
mikko.kylliainen@helimaki.fi

² Insinööritoimisto Heikki Helimäki Oy
Tempelikatu 6 B
00100 HELSINKI
pekka.taina@helimaki.fi

Tiivistelmä

Valtioneuvoston päätöksessä melutason ohjearvoista (993/1992) on asetettu rajat suurimmille sallituille melutasoille asuinrakennusten oleskelu-alueilla. Oleskelualueiksi tulkitaan tavallisesti piha-alueet tai rajattu osa niistä, mutta joissakin kunnissa myös asuin kerrostalojen parvekkeet katsotaan valtioneuvoston päätöksen tarkoittamiksi oleskelualueiksi. Asuinrakennuksen sijaitessa vähänkään vilkkaamman liikenneväylän varrella melutaso parvekkeilla usein ylittää suurimman sallitun arvon. Melutasoon parvekkeilla voidaan vaikuttaa parvekelasituksilla, kaiteen rakenteilla ja äärimmäisissä tapauksissa parvekkeen sisäpuolen pintamateriaalien valinnalla. Parvekelasien mitoitus laskennallisesti niin, että melutaso parvekkeen sisällä jää alle valtioneuvoston päätöksen määrittelemän rajan, on kuitenkin hankalaa, koska parvekelasitusten, kaiteiden ja pieliän ääneneristävydestä on niukasti tietoa. Parvekkeen ulkovaipan eli lasituksen ja kaiteiden muodostaman kokonaisuuden ääneneristävydestä kenttäolosuhteissa on kerätty mittaustietoa. Mittaustuloksista on määritely parvekkeen ulkovaipan ääneneristävyydelle uusi mittaluku, parvekkeen ulkovaipan pinta-alakorjattu äänitasoeroluku. Lasitusten mitoittamiseksi rakennusten suunnitteluvaiheessa on kehitetty parametrinen laskentamalli, jossa laskentaparametreina ovat parvekkeen ulkovaipan pinta-alakorjattu äänitasoeroluku, parvekkeen ulkovaipan pinta-ala ja parvekkeen absorptioala.

1 JOHDANTO

Valtioneuvoston päätös melutason ohjearvoista [1] määrittelee rakennuksen sisällä sekä ulkoalueilla sallittavat äänitason keskiarvot. Asuinrakennusten ulkoalueista valtioneuvoston päätös toteaa, että asumiseen käytettävillä alueilla, virkistysalueilla taajamissa ja taajamien välittömässä läheisyydessä sekä hoito- tai oppilaitoksia palvelevilla alueilla on ohjeena, että melutaso ei saa ylittää ulkona melun A-painotetun ekvivalenttitason ($L_{A,eq}$) päiväohjearvoa (klo 7–22) 55 dB eikä yöohjearvoa (klo 22–7) 50 dB. Uusilla alueilla melutason yöohjearvo on 45 dB.

Valtioneuvoston päätöksestä ei käy selvästi ilmi, pitääkö melutason olla ohjearvon määrittelemän rajan alapuolella myös parvekkeilla. Suomen rakentamismääräyskokoelma ei edellytä parvekkeiden rakentamista asuinkerrostaloihin, mikä antaa mahdollisuuden tulkintaan, että parveke ei olisi valtioneuvoston päätöksen tarkoittama ulkoalue. Joissakin kunnissa on kuitenkin tulkittu säädöksiä niin, että valtioneuvoston päätöksen ohjearvot koskevat myös parvekkeita. Ohjearvojen toteutumisen valvomiseksi rakennusvalvontaviranomaiset ovat edellyttäneet liikennemelumittausten suorittamista parvekkeilla. Tämä tulkinta tarkoittaa sitä, että melualueille rakennettaessa parvekkeet on suojattava melulta parvekelasituksin sekä kaide- ja pielirakentein.

Parvekelasitusten ja kaidarakenteiden ääneneristävyys voitaisiin melualueilla valita soveltamalla rakennuksen ulkovaipan ääneneristykseen suunnittelussa käytettäviä menetelmiä. [2] Parvekelasien mitoitus laskennallisesti niin, että melutaso parvekkeen sisällä jää alle valtioneuvoston päätöksen määrittelemän rajan, on kuitenkin hankalaa, koska parvekelasituksessa on parvekkeen tuuletuksen vuoksi rakoja, joiden vaikutusta ei ole mahdollista ennustaa kovin tarkasti. Parvekelasitusten pieletkään eivät välttämättä ole kovin tiiviitä ja niiden metalliprofiilien ääneneristävyys ennustaminen on vaikeaa. Lisäksi rakennuksen ulkovaipan ääneneristykseen suunnitteluun käytettäviä menetelmiä pitäisi korjata, koska nämä menetelmät on tarkoitettu asuinhuoneiden ulkovaipan mitoitukseen ja perusoletuksena on ollut äänen vaimeneminen huoneessa asuinhuoneen huonevaimennuksen mukaisesti. Parvekkeiden absorptioala oletettavasti poikkeaa merkittävästikin kalustetusta asuinhuoneesta.

Riittävien tuotetietojen puuttuessa parvekelasien valinta on monesti perustunut parvekelasitusten kenttämittauksista saatuihin mittaustuloksiin. Mittalukuna voidaan käyttää esimerkiksi normalisoitua äänitasoerolukua tieliikennemelua vastaan $D_{ls,2m,n,w} + C_{tr}$. Tämän mittaluvun käytössä on kuitenkin se ongelma, että se kuvaa äänen siirtymistä ulkoa parvekkeelle, ei parvekelasitusten tai kaidarakenteiden ääneneristysominaisuuksia. Mittaluku on siten parvekekohtainen ja sen arvo riippuu monesta muuttujasta, kuten parvekkeen tilavuudesta, absorptioalasta ja parvekkeen ulkovaipan pinta-alasta parvekelasituksen ja kaidarakenteen ääneneristävyyslisäksi. Toisin sanoen näitä kenttämittauksista saatuja äänitasoerolukuja ei suoraan voida soveltaa parvekelasien valintaan tilanteessa, jossa yksikin muuttuja on erilainen kuin mittaustilanteessa.

Tämän esityksen tarkoituksena on kehittää parvekelasitusten valinnalle suunnittelumenetelmä, joka perustuu kentällä mitattuihin parvekelasitusten äänitasoerolukuihin, mutta jonka avulla voidaan valita parvekelasitukset missä tahansa mitoitus-tilanteessa parvekkeen koon muuttuessa. Lähtökohtana on se, että valtioneuvoston päätöksen mukaiset melutason ohjearvot täyttyvät parvekkeen ollessa kalustamaton. Toinen lähtökohta on se, että menetelmän täytyy perustua standardoituun mittaustapaan. Parvekelasitusten ja kaidarakenteiden muodostaman kokonaisuuden ääneneristävyystä ja parvekkeiden huoneakustiikasta on kerätty tietoa Insinööritoimisto Heikki Helimäki Oy:n tietokannoista.

2 ÄÄNITASOEROLUVUN MITTAUSTAPA

Rakennuksen julkisivun äänitasoeron mittaustapa on esitetty standardissa ISO 140-5 [3] ja äänitasoerolukujen laskentatapa vertailukäyrämenettelyllä standardissa ISO 717-1 [4]. Kun äänilähteenä käytetään kaiuttimen tuottamaa kohinaa, normalisoitu äänitasoero $D_{ls,2m,n}$ saadaan lasketuksi 2 m etäisyydellä parvekkeesta vallitsevan äänenpainetason L_1 , parvekkeella vallitsevan äänenpainetason L_2 sekä parvekkeella mitatun jälkikaiunta-ajan

T avulla lasketun absorptioalan A [m²] perusteella. Mittaustulos normalisoidaan vertailuabsorptioalan A_0 (10 m²) avulla seuraavasti:

$$D_{\text{ls},2\text{mn}} = L_1 - L_2 - 10\lg \frac{A}{A_0} = D - 10\lg \frac{A}{A_0} \quad (1)$$

Ulkona mitattavaan äänenpainetasoon L_1 sisältyy heijastus rakenteista takaisin äänilähteen suuntaan. Heijastavan rakenteen ollessa tasainen pinta, jonka absorptiosuhde on lähes 0, heijastus korottaa 2 m etäisyydellä äänenpainetasoa keski- ja suurilla taajuuksilla tyypillisesti noin 3 dB. [5] Koska parvekkeet ovat monimuotoisia ja ne muodostavat ulkoseinä- ja kaiderakenteiden kanssa kulmia, heijastusten vaikutus voi olla 3 dB arvosta poikkeavakin, mutta tätä on käytännön suunnittelutyössä hankalaa ottaa huomioon. Kaavan 1 mukaiset äänitasoerot mitataan kolmannesoktaavikaistoittain taajuusalueella 100...3150 Hz. Näistä äänitasoeroista lasketaan normalisoitu äänitasoeroluku tieliikennemelua vastaan $D_{\text{ls},2\text{m},\text{n},\text{w}} + C_{\text{tr}}$ standardin ISO 717-1 [4] mukaisesti.

3 PARVEKKEEN PINTA-ALAKORJATTU ÄÄNITASOEROLUKU

Kaavan 1 mukainen äänitasoero $D_{\text{ls},2\text{m},\text{n}}$ samoin kuin äänitasoeroluku $D_{\text{ls},2\text{m},\text{n},\text{w}} + C_{\text{tr}}$ tieliikennemelua vastaan on parvekekohtainen suure, joka ei suoraan ole sovellettavissa tilanteeseen, jossa parvekkeen mitat poikkeavat mittaustilanteesta. Jotta mittaustulokset olisivat sovellettavissa suunnitteluun, ne on vakioitava jollakin tavalla. Ulkoa sisään siirtyvän äänitehon kannalta merkittävä muuttuja on parvekelasituksen ja kaiderakenteen yhteenlaskettu pinta-ala S_p [m²]: vaihteluvälin toisessa ääripäässä on tilanne, jossa lasitus ja lasinen kaide kiertävät parvekkeen kolmelta sivulta ja toisessa ääripäässä tilanne, jossa parvekkeen pielet ja kaide ovat betonia ja lasituksen osuus rajoittuu kaitteen, kattolaatan ja pieliin rajoittamaan aukkoon. Jos vertailupinta-alaksi otetaan $S_0 = 10$ m², voidaan määrittää parvekkeen pinta-alakorjattu äänitasoero $D_{\text{p},\text{n},\text{S}}$:

$$D_{\text{p},\text{n},\text{S}} = D_{\text{ls},2\text{mn}} + 10\lg \frac{S_p}{S_0} \quad (2)$$

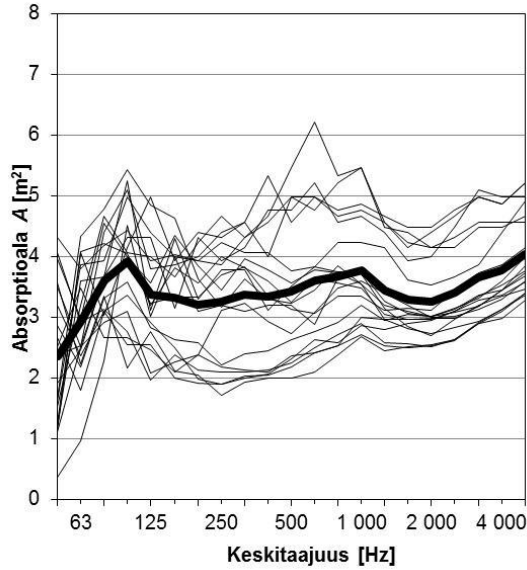
Vastaavasti voidaan määrittää parvekkeen pinta-alakorjattu äänitasoeroluku $D_{\text{p},\text{n},\text{S},\text{w}}$ normalisoidusta äänitasoeroluvusta $D_{\text{ls},2\text{m},\text{n},\text{w}}$ seuraavasti:

$$D_{\text{p},\text{n},\text{S},\text{w}} = D_{\text{ls},2\text{m},\text{n},\text{w}} + 10\lg \frac{S_p}{S_0} \quad (3)$$

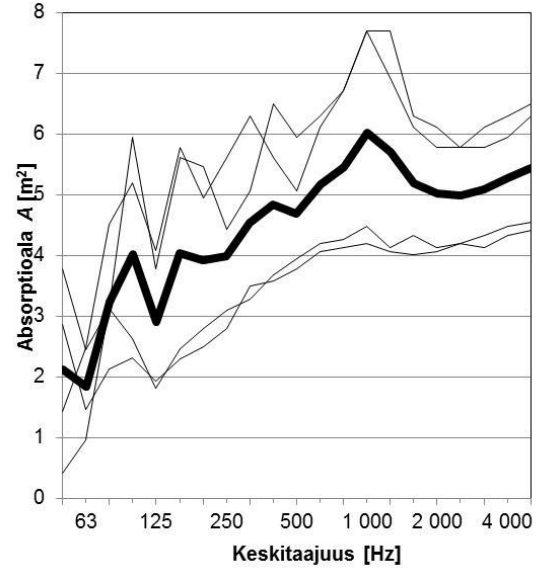
4 PARVEKKEEN ABSORPTIOALA

Tutkimuskirjallisuudesta ei ole löytynyt jälkikaiunta-ajan mittaustuloksia lasitetuista parvekkeista. Parvekkeiden jälkikaiunta-aikoja ja tilavuuksia on kerätty Insinööritoimisto Heikki Helimäki Oy:n mittausraporteista vuosilta 2006–2012. Parvekkeet ovat mittauksia tehtäessä olleet tyhjiä, ja ainoana vaimentavana pintana on ollut mittaaja sekä mittalaitteet. Tämä tilanne vastanee suunnilleen sitä, että kalustamattomalla parvekkeella oleskelee yksi ihminen. Mitattujen 19 parvekkeen tilavuudet vaihtelivat välillä 13–28 m³. Jälkikaiunta-aikojen ja tilavuuksien perusteella lasketut parvekkeiden absorptioalat A [m²] on esitetty kuvassa 1. Kuvasta nähdään, että yksittäisten parvekkeiden absorptioalat ovat pienimpiä taajuuksia lukuun ottamatta taajuuden suhteen lähes vakioita. Eri parvekkeiden absorptioalat vaihtelevat taajuusalueella 100–3150 Hz noin välillä 2–5 m². Tällä taajuus-

alueella parvekkeiden absorptioalojen keskiarvo on noin $3,5 \text{ m}^2$. Parvekkeen absorptioala on siis huomattavasti pienempi kuin normalisoidujen äänitasoerojen $D_{1s,2m,n}$ laskennassa käytettävä vertailuabsorptioala 10 m^2 . Parvekelasituksen mitoitusmenetelmän lähtökohdaksi oletetaan parvekkeen absorptioalan A olevan aina $3,5 \text{ m}^2$.



Kuva 1: Parvekkeiden absorptioalat keskitäajuuksittain. Paksulla viivalla on esitetty absorptioalojen keskiarvot.



Kuva 2: Parvekkeiden absorptioalat keskitäajuuksittain, kun parvekkeille on lisätty absorptiomateriaalia. Paksulla viivalla on esitetty absorptioalojen keskiarvot.

Jos parvekkeelle lisätään ääntä absorboivaa materiaalia, jonka pinta-ala on S_a ja absorptioala $A = \alpha S_a$, parvekkeen absorptioala materiaalin lisäyksen jälkeen on

$$A = 3,5 + \alpha S_a \quad (4)$$

Tilanteessa, jossa parvekkeella on absorboivaa materiaalia, jälkikaiunta-aika ja absorptioala muuttuvat taajuudesta riippuvaksi. Kuvassa 2 on esitetty absorptioalat neljältä parvekkeelta. Kahden ylemmän käyrän kuvaamille parvekkeille on lisätty $3,6 \text{ m}^2$ akustiikkavillaa, jonka paksuus on 50 mm , ja kahden alemman käyrän kuvaamille parvekkeille $1,4 \text{ m}^2$ akustiikkavillaa, jonka paksuus on 40 mm . Absorptioalan muutos verrattuna vastaaviin parvekkeisiin ilman akustiikkavillaa on suunnilleen akustiikkavillan määrä kerrottuna luvulla $0,8$. Kaavassa (4) voidaan siten käyttää absorptiosuhteen α arvona $0,8$.

5 PARVEKELASIIEN MITOITUSMENETELMÄ

Melun pääasiallinen kulkureitti parvekkeelle on parvekelasitus ja parvekkeen kaiderakenne, jos se on lasia. Jos kaide ja parvekkeen pilet ovat betonia, ne voidaan lasituksia paljon suuremman ääneneristyskykynsä johdosta jättää huomiotta. A-äänitaso parvekkeella $L_{2,A,par}$ voidaan määrittää parvekkeen pinta-alakorjatun äänitasoeroluvun $D_{p,n,S,w}$, spektripainotustemin C_{tr} , parvekelasituksen ja parvekkeen kaiderakenteen yhteisen pinta-alan S_p sekä parvekkeen jälkikaiunta-ajan perusteella kaavoja (1), (3) ja (4) soveltamalla parametrisesti seuraavasti:

$$L_{2,A,par} = L_{1,A} - (D_{p,n,S,w} + C_{tr}) + 10 \lg \frac{S_p}{S_0} - 10 \lg \frac{A}{A_0} + 3 \quad (5)$$

Tieliikennemelualueilla kaavassa (5) käytetään spektripainotustermiä C_{tr} ja raidemelualueilla sen tilalla spektripainotustermiä C .

Kaavan 1 mukaisesti laskettuun äänitasoeroon sisältyy äänitasa 3 dB korottava heijastus rakennuksen julkisivusta, joten parvekkeen pinta-alakorjattu äänitasoeroluku johtaisi 3 dB liian pieneen äänitasoon parvekkeella. Siksi kaavassa 5 äänitasa parvekkeella on korotettava saman verran. Äänitasojen laskemiseksi ja parvekkeen pinta-alakorjatun äänitasoeroluvun $D_{p,n,S,w}$ laskemiseksi mittaustuloksista tarvitaan parvekkeen ulkovaipan pinta-ala S_p . Kaavan 5 mukaan äänitasa parvekkeella kasvaa mittaustilanteeseen verrattuna, jos lasituksen pinta-ala on suurempi. Vastaavasti äänitasa laskee, jos lasituksen pinta-ala on pieni. Äänitasa voidaan lisäksi laskea lisäämällä parvekkeen absorptioalaa.

6 MITOITUSMENETELMÄN TARKKUUS

Esitettyyn mitoitukseen sisältyy epätarkkuuksia. Ne johtuvat ensinnäkin siitä, että minkään yksittäisen parvekkeen absorptioalaa ei voida ennalta tarkasti tietää. Toinen epävarmuustekijä liittyy siihen, että jossakin rakennuksessa mitatut parvekelasitusten ja kaiderakenteiden ääneneristysarvot eivät välttämättä toteudu samanlaisina asennuksessa tapahtuvien virheiden ja niistä seuraavien äänivuotojen takia. Lisäksi yksilukuarvoihin perustuvassa laskennassa katoaa suureksi osaksi tieto äänispektrien vaikutuksesta, sillä saman yksilukuarvon voi tuottaa monenlainen ääneneristävyyspektri.

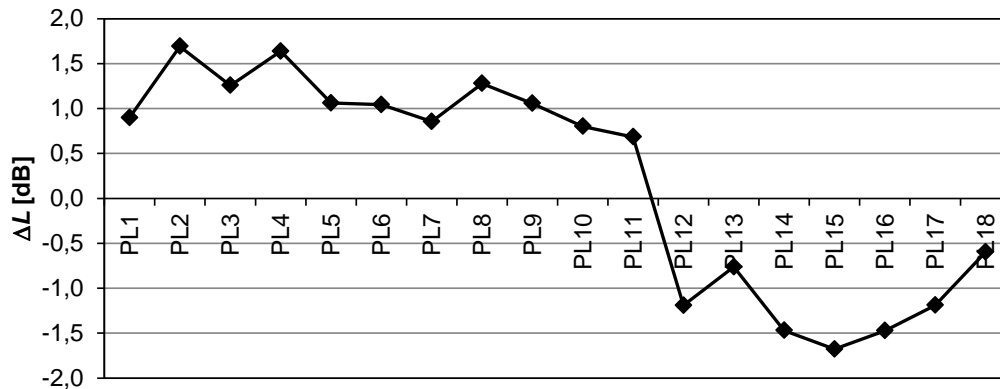
Absorptioalaan liittyviä epävarmuustekijöitä ei voida ratkaista ilman laajoja mittaussarjoja erilaisilla parvekkeilla. Parvekelasitusten mitattuihin ääneneristysarvoihin liittyvän epävarmuuden ratkaisemiseksi on kaksi keinoa: laaja mittaussarja tai mitoitukseen liitettävä korjaustermi, joka ottaisi huomioon asennuksessa tapahtuvat virheet. Rakennuksen ulkovaipan ääneneristävyttä mitoitettaessa korjaustermi on perinteisesti ollut 3 dB [2], mutta näin suuri korjaus eli parvekelasitusten ja kaiderakenteiden ääneneristysarvojen pienentäminen 3 dB verran johtaisi siihen, että useimmissa tapauksissa ei löytyisi riittävän hyvin ääntä eristäviä rakenteita.

Yksilukuarvojen käyttöön liittyvää mitoitukseen tarkkuutta voidaan arvioida käytettävissä olevalla aineistolla. Kaavassa (1) äänenpainetasojen erotus on tietyllä kolmannesoktaavikaistalla $D = L_1 - L_2$. Äänenpainetaso L_1 tuotetaan kaiuttimella ja L_2 mitataan parvekkeella. Jos äänenpainetasojen L_1 tilalle sijoitetaan standardissa ISO 717-1 [4] esitetty liikennemelun äänispektri ja lasketaan erotusten D avulla L_2 , voidaan laskea parvekkeelle muodostuva A-äänitasa $L_{2,A,ls}$.

Kaavan (5) mukaan voidaan laskea parametrisesti parvekkeen mittojen sekä parvekelasitusten ja kaiderakenteiden ääneneristysarvojen perusteella parvekkeelle muodostuva äänitasa $L_{2,A,par}$. Kun äänitasa L_1 asetetaan samaksi, erotuksen $\Delta L = L_{2,A,par} - L_{2,A,ls}$ perusteella voidaan arvioida parametrinen mallin tarkkuutta (kuva 3).

Kuvan 3 mukaan parametrinen laskentamalli suurimmillaan yliarvioi parvekkeelle muodostuvaa äänitasa 1,7 dB ja aliarvioi suurimmillaan 1,7 dB. Pyöristäen voidaan siten arvioida, että mallin tarkkuus on ± 2 dB. Suurin tarkkuuteen vaikuttava tekijä lienee ab-

sorptioala: jos parvekkeen todellinen absorptioala on suurempi kuin mallissa arvioitu, malli yliarvioi äänitason parvekkeella ja aliarvioi, jos parvekkeen absorptioala on oletettua pienempi. Käytettävissä olevan aineiston perusteella ei kuitenkaan ole mahdollista osoittaa parvekkeen absorptioalan olevan esimerkiksi suoraan verrannollinen sen tilavuuteen.



Kuva 3: Parametrisellä laskentamallilla saadun parvekkeelle muodostuvan äänitason ja äänenpainetasojen erotuksen kautta lasketun äänitason ero 18 parvekkeella.

Rakennusvalvontaviranomaiset edellyttävät silloin tällöin valtioneuvoston päätöksessä määriteltyjen äänitasojen toteutumisen osoittamista parvekkeilla tehtävin äänitasomittauksin. Myös tällaisiin mittauksiin sisältyy epävarmuutta, joka riippuu esimerkiksi äänikentästä parvekkeella, sääolosuhteista sekä ajoneuvojen ajonopeudesta melua tuottavalla liikenneväylällä ja liikennemäärästä, joka on laskettava mittausten aikana, koska koko vuorokauden kestävä mittausta on vaikeaa käytännössä toteuttaa. Koska myös parvekelasien mitoittamiseen sisältyy epävarmuutta, olisi toivottavaa, että viranomaiset sallisivat parvekkeiden mitatulle äänitasolle jonkin toleranssirajan sallittuun melutasoon nähden. Tämä raja voisi olla luokkaa 2–3 dB.

VIITTEET

[1] Valtioneuvoston päätös melutason ohjearvoista, Suomen säädöskokoelma, nro 993/1992.

[2] Kylliäinen M & Hongisto V, RIL 243-1 Rakennusten akustinen suunnittelu – akustikan perusteet, Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry, Helsinki, 2007.

[3] ISO 140-5: Acoustics – Measurement of sound insulation in buildings and of building elements – Part 5: Field measurement of airborne sound insulation of facade elements and facades, International Organization for Standardization, Genève, 1998.

[4] ISO 717-1: Acoustics – Rating of sound insulation in buildings and of building elements – Part 1: Airborne sound insulation, International Organization for Standardization, Genève, 1996.

[5] Hopkins C, Sound insulation, Butterworth-Heinemann, Oxford, 2007.