

## AKTUÁLIS KÉRDÉSEK FALAZOTT SZERKEZETŰ ÉPÜLETEK

### HANGSZIGETELÉSÉNEK TERVEZÉSE KAPCSÁN

SZERZŐ | AUTHOR  
Mesterházy Beáta  
Dr. Hunyadi Zoltán

—Az elmúlt évtizedekben megnövekedett építési igények kielégítésére elterjedt szerelt építési technológiákat megelőzően a falazott szerkezetek alkalmazása volt az általános. A falazatok kialakításában, az építési technológiában azonban jelentős változások következtek be, elsősorban az elmúlt évszázad második felétől. E változások a ma alkalmazott falazóelemek több lényeges tulajdonságát (pl. teherbírás, hőszigetelés, hőátviteli képesség) jelentősen meghatározzák, s ez kihatott az akusztikai minőség szempontjából meghatározó hangszigetelési jellemzőkre is.

—Mit is jelent a jó akusztikai minőség? Nagyon leegyszerűsítve: akkor megfelelő az akusztikai minőség, ha az épület belső tereiben a zaj nem halad meg egy bizonyos mértéket. A megfelelő mérték számszerűsíthető, a követelmények zajhatárértékekkel, illetve hangszigetelési követelményekkel adhatók meg. Ez utóbbi úgy is megfogalmazható, mint a szomszédos helyiségből átjutó használati zaj megengedett zajhatárértékre való csökkentéséhez szükséges mérték. S akkor még nem is tettünk említést arról, hogy a „követelményérték” teljesülése nem eredményez automatikusan panaszmentes használatot, csak a szabványoknak „megfelelő” védelmet!

—Jelen cikkben a lakóépületekben alkalmazható, a hazai piacon jelenleg forgalmazott falazóelemekből előállítható falazatokat vizsgáljuk az akusztikai minőség szempontjából. E falazatok közül – hangszigetelési szempontból – elsősorban a homlokzati falaknak, a lakáselválasztó falaknak, valamint az aknafalaknak lehet jelentős szerepe. Az alábbiakban e szerkezeti csoportokat járjuk körbe.

#### BEVEZETÉS

—A falazatok hangszigetelési termékjellemzője a súlyozott lég-hanggátlási szám és a zajterhelés jellege alapján meghatározott

színképillesztési tényező összege ( $R_w+C$ ,  $R_w+C_{tr}$  [dB]), melyek szabványos laboratóriumi méréssel határozhatók meg az MSZ EN ISO 10140 [1] és az MSZ EN ISO 717 [2] szabványsorozatok alapján. A lég-hanggátlási szám ún. szigetelésjellegű mennyiség, a nagyobb számérték tükrözi a jobb akusztikai minőséget. A laboratóriumi hangszigetelés-vizsgálatok szabványok által jól szabályozott körülmények között történnek. A helyszíni beépítésben meghatározható hangszigetelési jellemzők eltérnek a laboratóriumi körülmények között nyert értékektől, jellemzően a gyengébb akusztikai minőség irányába. A különbség abból adódik, hogy – a laboratóriumi beépítéssel ellentétben – helyszíni körülmények között az elválasztó szerkezetek (pl. lakások közötti falak) más szerkezetekkel (falakkal, födémekkel) szervesen összeépülnek, és a kialakuló szerkezeti csomópontokon keresztül is átjut hangenergia a falazat túlsó oldalára. A hangenergia egy része tehát nem közvetlenül az elválasztószerkezeten, hanem a csomópontokon keresztül, a többi szerkezet közvetítésével jut át a szomszédos helyiségbe. A jelenséget kerülőutas hangterjedésnek hívjuk. A csomópontok kialakítása (geometriai jellemzők, méretek, csomópont alakja, merevsége, a csatlakozó szerkezetek egymáshoz viszonyított tömege) meghatározza, hogy mennyi hangenergia jut át a kerülőutakon keresztül az egyik helyiségből a másikba. Szélsőséges esetben előfordulhat, hogy a hangenergia jelentős része a kerülőutakon keresztül jut át a szomszédos helyiségbe. A kerülőutas hangterjedés szabványos módszerek alapján is méretezhető [3] [4], azonban ez messze túlmutat a mindennapi építésmérnöki gyakorlat lehetőségein, praxisán, ismeretanyagán. Általánosságban az mondható el, hogy falazott szerkezetek esetében a kerülőutas hangterjedés jellemzően 2-3 dB-lel, illetve legfeljebb 5 dB-lel rontja le

a laboratóriumban meghatározott akusztikai szerkezetjellemzőt. Amennyiben a szerkezetek üregesek, könnyű- vagy többhéjú kialakításúak, esetleg egymástól nagyon eltérő minőségűek, akkor a kerülőutas hatása felerősödhet, a csomópontok kialakításának fokozottabb szerepe lehet.

—A homogén, egyhéjú falszerkezetek lég-hangszigetelése a fajlagos tömeg alapján jól megbecsülhető, melyre az MSZ EN ISO 12354-1 [3] szabvány és a Taschenbuch Akustik [5] szakkönyv is útmutatást ad. Azonban a szerkezeti fejlődés során kialakult, ma használatos falazott szerkezetek nem kis része nem tekinthető homogén, egyhéjú szerkezetnek. Ezért hangszigetelési tulajdonságaik nem követik a homogén szerkezetek törvényszerűségeit, hangszigetelési jellemzőjüket a fajlagos tömeg alapján nem lehet megbecsülni, s az alapján számításba venni. Jellemzően ilyenek a homlokzatokon alkalmazott, fal-síkkal párhuzamos lamellákat tartalmazó hőszigetelő célú kerámia falazóelemek, melyek hangszigetelése jelentősen kisebb a tömegük alapján becsülhető értéknél.

#### HANGSZIGETELÉSI KÖVETELMÉNYEK SZUBJEKTÍV MEGÍTÉLÉSE

—Az épületek hangszigetelési követelményeit az MSZ 15601 szabványsorozat határozza meg, melynek első része [6] az épületen belüli hangszigetelési követelményeket tartalmazza, második része [7] a homlokzatok hangszigetelésének méretezésére ad módszert. Az épületen belüli hangszigetelési követelményértékek azonban nem minden használó számára jelentenek panaszmentességet.

—A szabványok közmegegyezésen alapulnak. A hangszigetelésre vonatkozó közmegegyezés specialitása az, hogy fizikai mértékegységekkel leírható jelenségek, jelen esetben az egyéni lakáshasználati szokásokat, zajokat, valamint azok

Traditional masonry walls can be found spanning many centuries, but in the last decades these building structures and the technologies have changed which affects the main properties of masonry walls regarding structural load, thermal insulation and finally the sound insulating capacity. The acoustical quality of buildings can be determined where noise should not exceed a certain level and can be quantified within noise limits and sound insulating requirements, but the fulfilment of these demands does not equal complaint-free use. In this article masonry walls that are built with currently available construction trade products are investigated from the point of view of acoustic quality, focusing on elevation walls, party walls and shaft walls.

érzékelését és pszichikai hatását kell közmegegyezéssé formálnia. Közismert, hogy a hangszigetelés definíciója a helyiségeket elválasztó szerkezetre beeső és az által lesugárzott hangenergia hányadosa. A lakásokat emberek használják, ki így, ki úgy él. A hangszigeteléssel való elégedettség tehát múlik azon, milyen mértékű és milyen frekvencia-összetételű a zajos lakás tényleges használati zaja, és azon is, hogy az milyen használati szokások mellett alakul ki. Hasonlóképpen alapvetően befolyásolja a hangszigetelés szubjektív megítélésének minőségét, hogy a zaj ellen védendő lakásban élő milyen mértékben érzékeny a különböző jellegű, különböző frekvencia-összetételű zajokra, s természetesen az is, milyen jó a hallása, mennyire ép a hallószerve a zaj ellen védendő lakás használójának. Közismert, hogy az emberi hallás tulajdonságai a kor előrehaladtával romlanak. Ez azonban nemcsak azt jelenti, hogy a zajos lakásból átszűrődő zajokat a zaj ellen védendő lakás használója kevésbé hallja, kevésbé zavarja, hanem „szerepcseré esetén”, lakáshasználóként magasabb zajszintet létrehozva éli mindennapi életét, megkeserítve ezzel a szomszédjai mindennapjait.

—Az épületen belüli – pl. lakások közötti – hangszigetelés tehát úgy értelmezhető, hogy a lakásválasztó falat terhelő zaj hatását az elválasztószerkezet kerülváltoztatással értelmessé léghanggátló képessége a körülmények adta mértékben csökkenti. Nem feltétlenül a szükséges, illetve elégséges mértékben. A terhelő zaj – a tényleges használati zaj – pontos mértékének meghatározására történtek próbálkozások, de nem vezettek eredményre. Az MSZ-04-601 szabványsorozat [8] mellékletében közölte a különböző funkciójú

épületek – lakó- és üdülőépületek, egészségügyi, oktatási-nevelési és egyéb középületek – szabványos használati zajszintjét. Lakóépületek esetére ezt például  $L_{no} = 80$  dB értékben határozta meg. Ezt úgy lehet értelmezni, hogy eddig a mértékig tekinthető rendeltetésszerűnek a lakás használati zajszintje, e felett már átlépi a társas együttélés írott-íratlan szabályait. Azonban ennek az A hangnyomásszintben, egyadatos jellemzőben meghatározott zajszintértéknek végtelen sok, különböző zajszínekű, frekvencia-összetételű zaj megfelelhet, miközben az elválasztószerkezetünk hangszigetelő képessége frekvenciafüggő védelmet biztosít, s így a különböző színekű zajokkal szemben a védelem mértéke – esetleg – jelentősen is eltérhet. A különböző színeképillesztési tényezők bevezetésével csak az azokkal „megfogalmazott” zajszínek szerinti zaj elleni védelem mértékére lehet választ adni. A használati zajszint jogilag történő szabályozása, folyamatos ellenőrzése, szankcionálása nem lehetséges, és életszerűtlen is.

—Az egymással szomszédos lakások közötti akusztikai szeparáció megfelelő szintje a beszéd áthallatszódásának mértéke alapján is megközelíthető, ezt veszi alapul dr. Hunyadi Zoltán korábbi [9] publikációja és a VDI 4100 [10] szabvány is. Az előbbi Gösele publikációjára hivatkozva megállapítja, hogy a normál hangú (tehát nem kiabálás) beszéd esetében a zajos helyiségben a beszélőtől 1 m-re a jellemző hangnyomásszint kb. 65 dB. Azonos értékre jutunk, ha az MSZ 2082:2020 [11] A melléklete által meghatározott normál beszédhang hangteljesítmény-szintjét,  $L_{WA}^{normál} = 68,4$  dB, valamint a helyiségek szokásos geometriai és teremakusztikai adottságait vesszük

alapul. Emelt hangú beszéd esetében a helyiségben kialakuló hangnyomásszint megközelítőleg 7 dB-lel magasabb, s ezt az értéket alapul vehetjük az akusztikai szeparáció meghatározásánál.

—A védendő helyiségben az áthallatszódó beszédzaj szubjektív megítélése (hallhatóság, érthetőség) a  $\Delta L_A$  elfedési számmal jellemezhető, mely azt fejezi ki, hogy a helyiség alapzaja mennyire fedi el a szomszédból áthallatszódó beszédzajt. Amennyiben ez az érték  $\Delta L_A = 10$  dB, a szomszédból áthatoló beszédzaj „Nem érthető, alig hallható”, mely a VDI 4100 [10] szerint B minőségi kategóriát jelent. Ez azt jelenti, hogy amennyiben a védendő helyiségben az alapzaj értéke  $L_{aA} = 30$  dB – mely megegyezik az éjszakai zajhatárértékkel –, akkor a  $\Delta L_A = 10$  dB elfedési szám teljesüléséhez a szomszédból áthatoló beszéd  $L_{2A}$  zajszintje maximálisan 20 dB lehet. Az elválasztó szerkezetek szükséges hangszigetelése a jellemző geometriai és teremakusztikai paraméterek segítségével a fenti adatokból számszerűsíthető.

—Az MSZT 109. számú bizottság munkacsoportja (dr. Szakács György és Mesterházy Beáta) az MSZ 15601-1:2007 [6] szabvány felülvizsgálata során megvizsgálta, hogy a jelenlegi követelmények mellett a tipikus geometriai helyzetekben megvalósul-e a  $\Delta L_A = 10$  dB elfedési érték. Amennyiben az alapzaj értéke  $L_{aA} = 30$  dB, a mai alap hangszigetelési követelményekkel általános méretű lakószoba esetében igen, de kis- és nagyméretű szobák esetében már általában nem teljesül a 10 dB értékű elfedés. Amennyiben az alapzajt kisebb értékűnek határozzuk meg, a helyzet tovább romlik, csendesebb környezetet feltételezve az alapzaj  $L_{aA} = 25$  dB-lel vehető figyelembe, mely esetben a jelenleginél szigorúbb

követelmények alkalmazása lenne indokolt.  $L_{\text{aA}} = 20$  dB alapzaj esetében (mely nagyon csendes környezetben, pl. kertvárosban, de akár egy belvárosi épület belső udvarra néző helyiségében is megvalósulhat) a jelen alapkövetelményekkel semmilyen elfedés nem biztosítható. Tehát csendesebb környezetben az azonos hangszigetelési követelmények jól érzékelhetően kisebb szubjektív elégedettséget biztosítanak.

—Más kutatások is hasonló eredményre jutottak. Reis Frigyes könyvében [16] hivatkozott Ortschied kutatására [12], melyben a védendő helyiségben tapasztalható beszédérthetőséget vizsgálták a hangszigetelési követelmények függvényében. A kutatás német nyelvterületen zajlott, így az eredmények a német nyelvre vonatkoznak. Értelmes mondatokból álló szöveg %-ban kifejezett beszédérthetőségét határozták meg különböző akusztikai szeparáltságú helyiségek között. A védendő helyiségben az alapzaj A hangnyomásszintje 20 dB volt. Az eredmények szerint a lakások közötti vízszintes – a hazai előírással megegyező  $R'_{\text{w}}+C = 51$  dB hangszigetelési követelményérték teljesülése esetében a zajos helyiségekben a beszélőtől 1 m-re mért  $L_{\text{A}} = 60$  dB mértékű A hangnyomásszint használati zajszint mellett a védendő helyiségben 25%-os mondatérthetőség alakul ki, mely nagyon csekély akusztikai szeparációt jelent. Amennyiben egy elfogadhatóbb (szigorúbb), 5%-os mondatérthetőséget engedünk meg, akkor a fenti akusztikai szeparáció esetében a beszéd megengedett 1 m-es hangnyomásszintje 56 dB, mely halkabb, mint a normál beszédnek megfelelő hangnyomásszint.

—A fentiek alapján belátható, hogy a mai, épületen belüli hangszigetelési alapkövetelmények erősen kompromisszumos értéknek tekinthetők. Az MSZ 15601-1:2007 [6] szabvány emiatt megfogalmaz emelt szintű követelményeket is, azzal a kitételrel, hogy ugyan ezek sem jelentenek minden helyiséghasználó számára teljes elégedettséget, de érzékelhetően kedvezőbb az akusztikai szeparáltság optimális többletköltség mellett. A szabvány megjelenése óta

a tapasztalatok alapján azonban elenyésző azon épületek száma, ahol az emelt szintű akusztikai követelmények teljesítését tűzték ki célul.

### HOMLOKZATI SZERKEZETEK

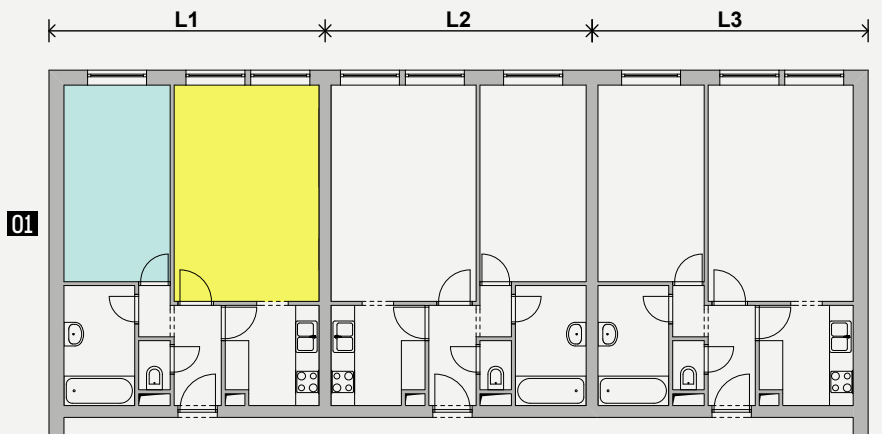
—A homlokzati szerkezetek legfontosabb akusztikai feladata az épület belső helyiségeinek az épület külső oldalát érő, jellemzően közlekedésből származó zaj elleni védelme. A közlekedési zaj ellen védendő helyiség homlokzati szerkezeit úgy kell kiválasztani és összeépíteni, hogy azok eredő zajcsökkentő hatása révén a zaj ellen védendő helyiségbe bejutó közlekedési zaj a szükséges mértékig csökkenjen. A homlokzatok hangszigetelését az MSZ 15601-2:2007 [7] szabvány alapján kell méretezni. A méretezés során a kiinduló adatok a homlokzat mértékadó zajterhelése, a 27/2008 Kvm–EüM-rendeletben [13] előírt belső zajhatárérték, valamint a helyiség geometriai és teremakusztikai jellemzői.

—A falazóelemek kialakításának változását leginkább talán a homlokzati falazóelemek megjelenésén lehet észrevenni. E termékek esetében a szigorodó hőtechnikai követelmények miatt a szerkezeti kialakítás jelentősen megváltozott: a falazóelemek pórusos anyagúak (pl. kerámia, pórusbeton falazóelemek), és/vagy sok szerkezeti üreget tartalmaznak (pl. kerámia falazóelemek). A falazási technológia is átalakult: az elemek többnyire horonyeresztékesekek, a függőleges fugákat nem tölti ki falazóhabarcs. A vízszintes habarcsréteg a korábbi, jellemzően 1 cm-es vastagságról néhány mm vastagságúra zsugorodott. E változások miatt a falazatok hőszigetelési jellemzői jelentősen javultak, ami a gyakori tévhithez szemben a hangszigetelési jellemzőket nem javítja. Az e termékekből készített falazatok hangszigetelési jellemzői törvényszerűen és jelentősen kedvezőtlenebbek, mint a korábbi, tömör, illetve a fejlesztés kezdeti szakaszából származó körkörös perforációjú falazóelemekből készített szerkezeteké.

—A homlokzati falazatok hangszigetelését befolyásolják a homlokzaton alkalmazott, burkolatként működő szerkezetek is, a könnyű és nehéz burkolatok légréssel

vagy légrés nélkül, a vakolt hőszigetelő rendszerek. A hőtechnikai megközelítéssel ellentétben – nevezetesen, hogy egy hozzáadott, kiegészítő réteg bizonyosan javítja az alapszerkezet hőszigetelési tulajdonságait – az is előfordulhat, hogy a falazaton alkalmazott burkolat a falazat tulajdonságait kedvezőtlenül változtatja meg, tehát hangszigetelését lerontja. E hatás ismertetése meghaladja jelen cikk kereteit, így a továbbiakban nem foglalkozunk vele részletesen. Azt azonban fontos kiemelni, hogy vakolt hőszigetelő rendszerrel, vagy burkolattal ellátott falazatok hangszigetelési szempontból összetett szerkezetek, melyek hangszigetelési jellemzői az alkotóelemek hangszigetelési jellemzőiből nem határozhatók meg megfontolások és számítások alapján. A tervezés kiinduló adataival – összetett szerkezetek esetében is – csak laboratóriumi vizsgálati eredmények szolgálhatnak. Temékkatalógusokban az MSZ 15601-2:2007 [7] szabványban megfogalmazott,  $(R_{\text{w}+\text{C}}, C_{\text{tr}})$  részletezettségű, színképillesztési tényezővel kiegészített termékadatnak kell szerepelnie. Áttételes módon elárulja tehát a termékkatalógus adata, hogy valós, tervezési feladat elvégzésére alkalmas-e az adat, vagy csak elméleti megfontolások alapján várt, várható, azaz bizonytalan adatot tartalmaz.

—A 7/2006. (V. 24.) TNM-rendelet [14] hőszigetelési követelményeinek folyamatos „szigorodása” azt eredményezi, hogy a piacon kapható, korábbi fejlesztésű falazóelemek felhasználásuk során egyre vastagabb kiegészítő hőszigetelést igényelnek. A kiegészítő hőszigetelés nélkül az előírt hőszigetelést biztosítani tudó falazóelemekből készült falazatok csak csendes, vagy mérsékelt zajterhelésű környezetben és ~30%-ot meg nem haladó homlokzati nyílászáróarány mellett eredményeznek megfelelő homlokzati hangszigetelést. Ennél zajosabb környezetben, illetve nagyobb nyílászáróarány esetén olyan összetett falszerkezet alkalmazása válik szükségessé, amelyre vonatkozóan nem állnak rendelkezésre laboratóriumi léghangszigetelési jellemzők. Különösen igaz ez a megállapítás homlokzati falburkolattal ellátott



01

- 01 Fiktív példaépület homlokzati határolószerkezetei szükséges hanggátlásának meghatározásához
- 02 Fiktív példaépület homlokzati határolószerkezeteinek szükséges hanggátlása (Megjegyzés: \* reálisan nem megoldható)

02

Szerkezet megnevezése	$R_w + C_{tr}$ [dB]	Nyílászáró szükséges hangszigetelése $R_w + C_{tr}$ [dB]	
		„Kedvező” geometria	„Kedvezőtlen” geometria
30 cm hőszigetelő kerámia falazat 10-15 cm vakolt hőszigetelő rendszerrel	≤40	*	*
30 cm pórusbeton falazat 10-15 cm vakolt hőszigetelő rendszerrel	40	*	*
50 cm pórusbeton falazat	46	35	*
25 cm mészhomok falazat, vagy 20 cm vasbeton fal vakolt hőszigetelő rendszerrel	50	34	>40

falszerkezetekre. Mind a – lakásépítésben széles körben alkalmazott – vakolt hőszigetelő rendszerek, mind az igényes homlokzatburkolatot eredményező nagytáblás homlokzatburkolatok hangszigetelési szempontból rezgőrendszert alkotnak. Ennek az a következménye, hogy falazat és a burkolat tömegének, illetve a közöttük lévő légréteg, illetve hőszigetelő anyag rugalmassági jellemzőinek függvényében a hangszigetelést hátrányosan befolyásoló rezonanciahatás alakul ki. A rezonanciahatást meghatározó rezonanciafrekvencia elméleti úton, anyagjellemzők alapján számítható, az általa okozott hanggátlás-visszaesés mértéke, az érintett frekvenciasáv szélessége és ezáltal a kedvezőtlen hatás erőssége azonban csak laboratóriumi méréssel mutatható ki.

—Hiába rendelkezik a fentiek szerinti összetett szerkezetek minden egyes eleme mint termék megfelelő minősítéssel, melyet a 275/2013. (VII. 16.) korm.-rendelet [15] előírásai megkövetelnek, az összetett

szerkezet egyik alapfeladatát nem fogja tudni ellátni. Betervezője indokolatlanul magára vállalja a felelősséget, amelyért nincs lehetősége jótállni. A csapdahelyzet feloldására jelenleg csak nagy volumenű épületek esetén van lehetőség, amikor a projekt megvalósítása ezt megköveteli, és anyagi értelemben meg is engedi. Szükségesnek látszik olyan szerkezetgyártói, ingatlanfejlesztői társulás, projekt kezdeményezése, vagy kutatástámogatás, mely a 7/2006. (V. 24.) TNM-rendelet [14] megállapodni látszó energetikai követelményeit figyelembe vevő, különböző homlokzati hangszigetelési igényeket teljesítő összetett homlokzati szerkezetek laboratóriumi vizsgálatát finanszírozza.

—Az MSZ 15601-2:2007 [7] szabvány alapján méretezéssel meghatározhatók azok a kritikus szituációk, ahol a homlokzati falazatként alkalmazható szerkezetek körét korlátozni kell, mert nem minden falazat felel meg léghangszigetelési szempontból. Általában

két kritikus adat van: a homlokzatot terhelő zaj, mely az épület különböző homlokzati szakaszain eltérő lehet, és a védendő helyiség geometriai jellemzői. Egy szélsőséges, ám elég gyakori helyzet az, amikor az épületben kisebb és nagyobb méretű lakoszobák is megtalálhatóak, és a kisméretű lakoszoba az épület sarkán helyezkedik el. A szituációt vázlatosan az 1. ábra mutatja.

—Városi főútvonalat melletti épület esetében az épület homlokzatát terhelő zaj az éjszakai időszakban 66-70 dB is lehet. A fenti geometriát figyelembe véve számítással a homlokzat szükséges eredő hangszigetelése kedvező geometriai kialakításnál 42,9 dB, kedvezőtlen geometriai kialakításnál 47,5 dB-re adódik. Mit jelent ez vajon a szerkezetválasztás szempontjából? A mellékelt táblázat összefoglalja, hogy 10% homlokzati üvegezési arányt figyelembe véve milyen szerkezetekkel realizálható a szükséges hangszigetelés a geometria függvényében. Jól látható, hogy ekkora zajterhelés esetében az alkalmazható falazatok köre jelentősen leszűkül, melyek alkalmazása mellett még mindig nagy hanggátlású nyílászáró szerkezetek szükségesek.

—A fentiek alapján elmondható, hogy amennyiben a homlokzatot terhelő zaj kisebb mértékű, a homlokzat eredő hanggátlása kisebb hangszigetelő képességű falazattal is megoldható, vagy nagyobb hangszigetelő képességű falazat mellett a nyílászárók szükséges hangszigetelése kedvező geometria adottságok mellett csökkenthető. Nagyobb zajterhelés és kedvezőtlen geometria mellett a követelmények kisebb hanggátlású falazóelemekből készült falazattal nem teljesíthetők, a falazat hanggátlásának

01

02



növelésével a nyílászárók szükséges hangszigetelése csökkenthető. Nagymértékű zajterhelés mellett a homlokzat szükséges eredő hanggátlása átlagos geometria mellett hőszigetelésre optimalizált termékből épített falazat mellett nem teljesíthető, teherhordási célra, illetve hangszigetelésre optimalizált termékből épített falazat mellett is nagy hanggátlású nyílászáró beépítése szükséges.

— Összesítve elmondható, hogy nagy zajterhelés és nagy hanggátlási igény esetében a szokásos és energetikai szempontok alapján megválasztott szerkezetek és megoldások nem minden esetben megfelelőek. Magas akusztikai és energetikai követelmények egyidejű teljesítése speciális szerkezeteket és egyedi tervezést igényel. A tervezéshez akusztikai laboratóriumban meghatározott hangszigetelési adatok szükségesek.

## LAKÁSELVÁLASZTÓ FALAZATOK

— A lakóegységek közti hangszigetelés mértékét az elválasztó falszerkezet hangszigetelő képességén túl a kerülőutakon át közvetített hangenergia mennyisége határozza meg. A helyszíni hangszigetelés szempontjából az elválasztó felület mérete is fontos. Kiemelendő, hogy amennyiben a lakásválasztó falazat felülete vagy a helyiségek térfogata a szokásos mérettől jelentősen eltér, akkor a szeparáció szubjektív mértéke csökkenhet. Ilyenek tipikusan a kisméretű hálószobák, illetve nagyméretű amerikai konyhas nappalik.

— Sok gyártó kínál lakásválasztásra falazatot, alapanyagukat tekintve ezek többnyire kerámia, mészhomok vagy beton alapanyagúak. Többnyire a tömör, vagy legfeljebb kismértékben üreges szerkezetek alkalmazhatók lakásválasztó falazatként. Általánosságban elmondható, hogy tömör, egyhéjú lakásválasztó falak esetében a minimális fajlagos tömeg  $450 \text{ kg/m}^2$ . Ennek ellenére több gyártó termékkínálatban megtalálhatók ennél kisebb fajlagos tömegű lakásválasztó szerkezetek is. Figyelembe véve a lehetséges geometriai kialakításokat és a kerülőutak hatását, e falazatok

nem minden esetben teljesítik a lakások közötti hangszigetelési követelményeket.

— Külön akusztikai minőségi kategóriát jelentenek az ikerházak, sorházak, melyekben megfelelő szeparációt csak kettős falazattal és gondos kivitelezéssel lehet biztosítani. Kettős falak esetén fontos kérdés a megfelelő építéstechnológia alkalmazása, mely a pontos rétegrend meghatározásán túlmutat. Szakértői tapasztalatok alapján nem lehet eleget hangsúlyozni, milyen nagy jelentősége van a két fal akár csak pontonként merev csatlakozása megakadályozásának. Példaként említhető, hogy másként kell eljárni a kettős fal egyidejű építése esetén – mely megoldás eleve kizárja, hogy legalább az egyik fal mindkét oldali vakolása elkészíthető legyen –, illetve a falazatok két külön ütemben történő megvalósítása esetén.

— A helyszíni léghanggátlás értéke a laboratóriumi léghanggátlási adatokkal és az engedélyezési tervekben megtalálható geometriai adatokkal az MSZ EN ISO 12354-1 [3] szabvány alapján méretezhető, tervezhető, ám e szabvány alkalmazása komoly elméleti tudást igényel. Nem elvárható, hogy minden egyes többlakásos lakóépület tervezésébe akusztikai szakértő bevonása történjen, az építész tervezőknek azonban nehéz eligazodniuk a termékkínálatban és az adatszolgáltatásban. Így javasolt olyan gyártói ajánlás, illetve megoldások rendszerének kidolgozása, mely az egyes építési szituációkban, adott csatlakozó szerkezetek mellett ad optimális és biztosan jó megoldásokat, kitérve olyan gyakran felmerülő kérdésekre, mint pl. a gépészeti vezetékek elhelyezése.

## AKNAFALAK

— A gépészeti aknák helyet biztosítanak a különböző gépészeti vezetékeknek, melyek az épületek elektromos, szellőző, víz- és csatorna, valamint fűtési-hűtési rendszereihez tartozhatnak. Az aknák és a bennük haladó vezetékek az egyes védendő egységeket összekötik, így közvetve az egységek határoló szerkezetét is jelenthetik, mely elsősorban a tűzvédelmi és

hangszigetelési követelmények teljesítése miatt emelendő ki.

— Szerelőaknák alkalmazásakor a tűz elleni védelem megfelelőségének biztosítása élvez prioritást. Az Országos Tűzvédelmi Szabályzat [17] értelmében, amennyiben az aknában haladó vezetékek felületének a teljes akna felületére vonatkoztatott aránya kisebb mint 60%, a tűzvédelmi előírásokat a födémek vonalában képzett lezárással lehet teljesíteni. Ez a lezáras lehet ún. „lágú” (tűzre habosodó pasztával kialakított kőzetgyapot hőszigetelő lemez) vagy „kemény” (aluminát-cement kötésű, szórt eljárással valamilyen tartórácsra felhordott habarcs), jellemző vastagságuk 5-10 cm. Hazánkban az első megoldás dominál. Amennyiben az aknában haladó vezetékek felületi aránya több mint 60%, a tűzvédelmi előírásokat az aknák falazatával kell teljesíteni, a rájuk vonatkozó tűzállósági határérték-követelmény EI 30-90 perc között változhat az épület, önálló épületrész mértékadó kockázati osztályának és szintszámának függvényében az OTSZ 2. számú melléklete alapján.

— A fentiek alapján az aknákat határoló falazatok szükséges hangszigetelésének meghatározása sokrétű feladat. Egyrészt az aknában haladó vezetékek egyben léghangforrások is lehetnek (pl. esővíz-eltávolítók), melyek az aknafalon keresztül a védendő helyiségbe juthatnak. Másrészt az aknában haladó vezetékek a bennük lévő áramló víz vagy levegő hatására rezgésbe jöhetnek, amit az aknafalak a védendő térbe lég-hang formájában lesugározhatnak. Harmadrészt vízszintes irányban csak az aknák szomszédos felületei, függőleges irányban azonban pl. a szellőzővezetékek közvetlenül is összekapcsolják a szomszédos helyiségeket, és így jelentősen befolyásolják a helyiségek közötti lég-hangszigetelés mértékét. Ez utóbbi hatást a hangszigetelési követelmények megfogalmazása is tükrözi (többlakásos lakóépületek alárendelt helyiségei közötti a függőleges irányú lég-hangszigetelési követelmény enyhébb, mint a vízszintes irányú, illetve a további helyiségek közötti követelményérték).

- [1] MSZ EN ISO 10140 szabványsorozat, Akusztika. Épületelemek hangszigetelésének laboratóriumi vizsgálata.
- [2] MSZ EN ISO 717 szabványsorozat, Akusztika, Épületek és épületelemek hangszigetelésének értékelése.
- [3] MSZ EN ISO 12354-1:2018 Épületakusztika, Épületek akusztikai minőségének becslése az elemek teljesítőképessége alapján, Első rész: Helyiségek közötti léghangszigetelés.
- [4] DIN 4109 szabványsorozat, Schallschutz im Hochbau.
- [5] Fasold, W (ed): *Taschenbuch Akustik*, VEB Verlag Technik, Berlin 1984.
- [6] MSZ 15601-1:2007 Épületakusztika, Első rész: Épületen belüli hangszigetelési követelmények.
- [7] MSZ 15601-2:2007 Épületakusztika, Második rész: Homlokzati szerkezetek hangszigetelési követelményei.
- [8] MSZ-04-601 szabványsorozat, Épületakusztika (visszavont).
- [9] Dr. Hunyadi, Zoltán: „Lakóépületek akusztikai minősége a követelményszabványok tükrében”, *Metszet*, Vol 11, No 6 (2020), pp 98-103.
- [10] VDI 4100 Schallschutz im Hochbau - Wohnungen - Beurteilung und Vorschläge für erhöhten Schallschutz (Oktober 2012).
- [11] MSZ 2082:2020 Elektroakusztika, Beszédérthetőségi követelmények.
- [12] Ortschied, J. et al: *Structural noise control from a psychological point of view, Contributions to psychological acoustics*, Bibliotheks- und Informationssystem der Universität Oldenburg, 1991.
- [13] 27/2008 (XII-3) KvVM-EüM együttes rendelet a környezeti zaj- és rezgésterhelési határértékek megállapításáról.
- [14] 7/2006 (V-24) TNM rendelet az épületek energetikai jellemzőinek meghatározásáról
- [15] 275/2013 (VII-16) korm-rendelet az építési termék építménybe történő betervezésének és beépítésének, ennek során a teljesítmény igazolásának részletes szabályairól.
- [16] Reis, Frigyes: *Az épületakusztika alapjai, épületek akusztikai tervezésének gyakorlata*, Terc, Budapest 2003.
- [17] Az 54/2014 (XII-05) BM-rendelettel kiadott, 30/2019 (VII-26) BM-rendelettel módosított Országos Tűzvédelmi Szabályzat.

—Az aknában haladó vezetékek által keltett léghangok csökkentését részben épületgépészeti eszközökkel, részben az aknafalak megfelelő kialakításával lehet megoldani. A helyiségek közötti lég- hangszigetelésben az aknafalak hangszigetelése jelentős szerepet játszik. Egymás mellett elhelyezkedő védendő egységek esetében, amennyiben a lakáselválasztó falazat nem fut végig az aknán belül, a fenti falazattal a helyszíni hangszigetelési követelmény biztosan nem teljesül.

—Az aknafalak határolására jellemzően 10-12 cm vastagságú válaszfalelemeket alkalmaznak. Ezek az akusztikai működés szempontjából közepesen merev szerkezetnek számítanak. Ez hangszigetelési szempontból kedvezőtlen, mert kis léghanggátolást eredményez. Azonban ki kell emelni, hogy a katalógusokban megadott adatok két oldalt vakolt falazatra vonatkoznak, mely aknafalak esetében nem reális, általában csak az egyik oldaluk vakolható. Mivel a vakolat a falazat légzárása szempontjából fontos, a falazat hangszigetelésére is jelentős befolyással van. Aknafalak céljára számításba vehető falazóelemekből készült falak egy oldalon vakolt szerkezetként való laboratóriumi vizsgálata feltétlenül szükséges.

## ÖSSZEFOGLALÁS

—Az épületekre, épületszerkezetekre vonatkozó – elsősorban hőtechnikai – követelmények szigorodása következtében a falazóelemek, az azokból készített falazatok és az elsősorban a homlokzaton alkalmazott összetett rétegrendű falazatok rétegrendje folyamatosan változik, fejlődik. E változások az akusztikai teljesítőképességet is jelentősen befolyásolják, ezen hatás vizsgálata azonban az elsődleges cél érvényesülése mellett sok esetben elmarad. Ugyanakkor az akusztikai minőség iránti igény természetesen nem csökken, a lakásvásárlók, lakástulajdonosok okkal tartanak igényt a fokozott szeparáltságra mind a szomszédok, mind a közterületek irányából érkező zajokkal szemben. Tehát olyan szerkezeti megoldásokra van szükség, melyek hő- és hangszigetelési szempontból is megfelelő minőséget eredményeznek.

—A hőszigetelési célú fejlesztések, mint új termékek, illetve az összetett rétegrendű falszerkezetek tényleges hangszigetelési jellemzői kizárólag akusztikai laboratóriumban végzett vizsgálatokkal határozhatók meg. Ezen kiinduló adatok nélkül az épületek megfelelő akusztikai minősége nem tervezhető meg. Laboratóriumi vizsgálati eredmények feldolgozása során van lehetőség arra, hogy az adott szerkezetet érő jellemző zaj frekvenciajellegének (közúti közlekedési zaj, repülési zaj vagy

élettevékenységekkel kapcsolatos zaj, pl.: beszélgetés, rádióhallgatás, tévézés stb.) megfelelő értékelés, minősítés készüljön a szerkezetéről. Temékkatalógusokban az MSZ 15601-1:2007 [6] MSZ 15601-2:2007 [7] szabványokban megfogalmazott, ( $R_{w,c}$ ,  $C_{tr}$ ) részletezettségű, színképillesztési tényezőkkel kiegészített termékadatnak kell szerepelnie. Összetett, többrétegű szerkezet alkalmazása esetén ugyanilyen hangszigetelési jellemző a szükséges kiinduló adat, függetlenül attól, hogy nemcsak egy gyártó adott termékét tartalmazza, hanem több termék együttese alkotja a szerkezetet. Ennek hiányában a tervező olyan terhet vesz magára, amelyért nincs lehetősége felelősséget vállalni. A felmerülő információhiány magasabb értékű biztonsági tényező alkalmazásával, „biztonság javára való” túlméretezéssel nem orvosolható.

—A hiányzó szerkezetjellemzők, illetve a cikkben felvetett problémák hatása akusztikai laboratóriumban vizsgálhatók, a tervezéshez szükséges akusztikai paraméterek meghatározhatók, megfelelő szakmai tapasztalattal a tervezést segítő megoldások, részletek kidolgozhatók. A BME Épületakusztikai Laboratóriumban lehetséges a szabványos és a kutatási-fejlesztési célú vizsgálatok elvégzése, a komplex – pl. hő- és páratechnikai, tűzvédelmi stb. – követelmények együttes figyelembevételével.