

Épületakusztika. Épületek akusztikai minőségének becslése az elemek teljesítőképessége alapján

6. rész: Hangelnyelés zárt térben

Az MSZ EN 12354-6 szabvány 2004. augusztus 1-jén közzétett angol nyelvű változatának 2006. január 1-jén kiadott magyar nyelvű változata.

Building acoustics. Estimation of acoustic performance of buildings from the performance of elements.

Part 6: Sound absorption in enclosed spaces

E nemzeti szabványt a Magyar Szabványügyi Testület a nemzeti szabványosításról szóló 1995. évi XXVIII. törvény alapján teszi közzé. A szabvány alkalmazása e törvény 6. §-ának (1) bekezdése alapján önkéntes. A törvény 6. §-ának (2) bekezdése értelmében műszaki tartalmú jogszabály hivatkozhat olyan nemzeti szabványra, amelynek alkalmazását úgy kell tekinteni, hogy azzal az adott jogszabály vonatkozó követelményei is teljesülnek. A szabvány alkalmazása előtt győződjön meg arról, hogy jelent-e meg módosítása, helyesbítése, nincs-e visszavonva, vagy műszaki tartalmú jogszabály hivatkozik-e rá.

Ez a szabvány az EN 12354-6:2003 európai szabvány magyar nyelvű változata. A fordítást a Magyar Szabványügyi Testület készítette. Jogállása a hivatalos változatokkal megegyező.

This standard is the Hungarian version of the European Standard EN 12354-6:2003. It was translated by the Hungarian Standards Institution. It has the same status as the official versions.

Nemzeti előszó

A szabvány forrása az európai szabvány angol nyelvű szövege.

Magyar fordítás

Épületakusztika. Épületek akusztikai minőségének becslése az elemek teljesítőképessége alapján. 6. rész: Hangelnyelés zárt térben

Building acoustics. Estimation of acoustic performance of buildings from the performance of elements. Part 6: Sound absorption in enclosed spaces

Acoustique du bâtiment. Calcul de la performance acoustique des bâtiments à partir de la performance des éléments. Partie 6: Absorption acoustique des pièces et espaces fermés

Bauakustik. Berechnung der akustischen Eigenschaften von Gebäuden aus den Bauteileigenschaften. Teil 6: Schallabsorption in Räumen

Ezt az európai szabványt a CEN 2003. november 13-án hagyta jóvá.

A CEN-tagtestületek kötelesek betartani a CEN/CENELEC belső szabályzatában előírt feltételeket, amelyek szerint kell ezt az európai szabványt minden változtatás nélkül nemzeti szabványként bevezetni. Ezeknek a nemzeti szabványoknak a naprakész jegyzékei és bibliográfiai adatai kérésre az Igazgatási Központtól vagy bármelyik CEN-tagtestülettől beszerezhetők.

Ennek az európai szabványnak három hivatalos változata van (angol, francia, német). Bármely más nyelvű változat, amelyet egy CEN-tagtestület saját nyelvén és felelősségére fordítással készít, és az Igazgatási Központnak bejelent, ugyanolyan jogállású, mint a hivatalos változatok.

A CEN tagtestületei: Ausztria, Belgium, a Cseh Köztársaság, Dánia, az Egyesült Királyság, Finnország, Franciaország, Görögország, Hollandia, Izland, Írország, Luxemburg, Magyarország, Málta, Németország, Norvégia, Olaszország, Portugália, Spanyolország, Svájc, Svédország és Szlovákia nemzeti szabványügyi testületei.

CEN

EURÓPAI SZABVÁNYÜGYI BIZOTTSÁG
EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION
COMITÉ EUROPÉEN DE NORMALISATION
EUROPÄISCHES KOMITEE FÜR NORMUNG

Management Centre: rue de Stassart, 36 B-1050 Brussels

Tartalomjegyzék

	Oldal
Előszó	4
1. Alkalmazási terület	5
2. Rendelkező hivatkozások	5
3. Alapvető mennyiségek	5
3.1. Az épület akusztikai minősége	5
3.2. Az elemek teljesítőképessége	6
3.3. További fogalmak és mennyiségek	6
4. Számítási modellek	7
4.1. Általános elvek	7
4.2. Kiindulási adatok	7
4.3. Az eredő egyenértékű hangelnyelési felület meghatározása	8
4.4. Az utózengési idő meghatározása	8
4.5. Magyarázat	9
4.6. Korlátozások	9
5. Pontosság	10
A melléklet (előírás): A jelölések felsorolása	11
B melléklet (tájékoztató): Anyagok hangelnyelése	13
B1. Példák	13
B2. Számítás	13
C melléklet (tájékoztató): Térbeli alakzatok hangelnyelése	16
D melléklet (tájékoztató): Szabálytalan alakú és/vagy egyenetlen hangelnyelésű terek becslése	17
D1. Bevezetés	17
D2. Egyenetlen hangelnyelés	17
D3. Szabálytalan alakú terek	20
E melléklet (tájékoztató): Számítási példa	22
Irodalomjegyzék	23

Előszó

Ezt az európai szabványt a CEN/TC 126 „Épületek és épületelemek akusztikai jellemzői” műszaki bizottság dolgozta ki, amelynek titkársági feladatait az AFNOR látja el.

Ezt az európai szabványt szöveghűen vagy jóváhagyó közleménnyel legkésőbb 2004 júniusáig kell nemzeti szabványként bevezetni, és az ellentmondó nemzeti szabványokat legkésőbb 2004 júniusáig vissza kell vonni.

Ez az első változata annak a szabványsorozatnak, amely az épületakusztikában számítási modellt szabványosít:

- 1. rész: *Helyiségek közötti léghangszigetelés*
- 2. rész: *Helyiségek közötti lépéshang-szigetelés*
- 3. rész: *Homlokzatok léghangszigetelése külső zaj ellen*
- 4. rész: *Hangátvitel a belső térből a szabadba*
- 5. rész: *Technikai felszerelések és berendezések zaja*
- 6. rész: *Hangelnyelés zárt térben*

A dokumentum kitér az épületek zárt tereinek leggyakoribb típusaira, de nem veszi számba az ilyen terek minden változatát. Abból a szemléletből indul ki, hogy a továbbiakban szerzett tapasztalatok alapján a szabvány tökéletesíthető és tovább fejleszthető.

E szabvány pontossága helyszíni mérési eredményekkel való széles körű összehasonlítás nélkül részletesen nem határozható meg, miközben ezen adatok csak a számítási modell bizonyos idejű használata után gyűjthetők össze. Az átmeneti időszakban korábbi összehasonlító számítási modelleken alapuló pontossági jellemzők állnak a felhasználók rendelkezésére. A felhasználók (személyek, szervezetek, hatóságok) felelőssége a mérési és számítási módszerekhez szervesen hozzá tartozó pontosság következményeinek megfontolása, pontos kiindulási adatok, továbbá vagy az eredményekhez tartozó biztonsági tényezők, vagy egyéb módosító tényezők alkalmazása.

Az A melléklet előírás, a B, C, D és E melléklet pedig tájékoztatás.

A CEN/CELENEC belső szabályzatának megfelelően a következő országok nemzeti szabványügyi testületei kötelesek ezt az európai szabványt bevezetni: Ausztria, Belgium, a Cseh Köztársaság, Dánia, az Egyesült Királyság, Finnország, Franciaország, Görögország, Hollandia, Izland, Írország, Luxemburg, Magyarország, Málta, Németország, Norvégia, Olaszország, Portugália, Spanyolország, Svájc, Svédország és Szlovákia.

1. Alkalmazási terület

Ez az európai szabvány épületek zárt tereinek eredő egyenértékű hangelnyelési felületét vagy utózengési idejét meghatározó számítási modellt ismerteti. A számítás elsősorban építőanyagok és berendezési tárgyak hangelnyelését jellemző, mért adatokon alapul. A számítást frekvenciasávonként kell elvégezni.

Ez az európai szabvány a számítási modell alapelvét írja le, felsorolja a vonatkozó fogalmakat, meghatározza az alkalmazás lehetőségeit és korlátait. Az akusztikai szakértők részére kidolgozott szabvány keretet biztosít az épületszerkezetekkel összefüggő szakterületen dolgozók részére helyi körülményeket figyelembe vevő alkalmazási útmutatók és segédletek kifejlesztéséhez.

A modell lakó- és irodaépületek helyiségei, valamint az épületekben gyakran előforduló helyiségek – pl. lépcsőházak, folyosók, illetve gépeket és technikai berendezéseket tartalmazó helyiségek – közelítő számítással meghatározott tulajdonságaiból származó tapasztalatokon alapul. Nem használható nagyon nagy méretű vagy szabálytalan alakú terek, például koncerttermek, színházak és üzemcsarnokok esetében.

2. Rendelkező hivatkozások

Ez az európai szabvány évszámmal ellátott vagy évszám nélküli hivatkozásokkal előírásokat tartalmaz más kiadványokból. Ezeket a rendelkező hivatkozásokat a szöveg a megfelelő helyen idézi, a kiadványok pedig a következőkben vannak felsorolva. Évszámmal ellátott hivatkozások esetén ezen kiadványok bármelyikének módosítása vagy átdolgozott kiadása csak akkor vonatkozik erre az európai szabványra, ha ennek módosítása vagy átdolgozott kiadása azt már tartalmazza. Évszám nélküli hivatkozások esetén a hivatkozott kiadvány legutolsó kiadását kell alkalmazni (a módosításokkal együtt).

EN ISO 354 Akusztika. A hangelnyelés mérése zengő szobában (ISO 354:2003)

ISO 9613-1 Akusztika. A hang csillapítása szabadtéri terjedés esetén. 1. rész: A légköri hangelnyelés számítása

3. Alapvető mennyiségek

3.1. Az épület akusztikai minősége

3.1.1.

az épület akusztikai minőségét kifejező mennyiségek (quantities to express building performance)

Zárt terek hangelnyelése a prEN ISO 3382-2 szerint az egyenértékű hangelnyelési felülettel vagy az utózengési idővel fejezhető ki. Ezeket a mennyiségeket frekvenciasávonként határozzák meg (tercsávokban vagy oktávsvávokban).

3.1.2.

egy helyiség egyenértékű hangelnyelési felülete, A (equivalent sound absorption area of a room)

Annak a teljes mértékben hangelnyelő tulajdonságúnak feltételezett felületnek a nagysága – a diffrakció hatását figyelmen kívül hagyva –, mely ha az egyetlen hangelnyelő elem lenne a helyiségben, ugyanazt az utózengési időt eredményezné, mint a vizsgált helyiség.

MEGJEGYZÉS: Egy helyiség egyenértékű hangelnyelési felületének mértékegysége m^2 .

3.1.3.

utózengési idő, T (reverberation time)

A hangforrás kikapcsolása után 60 dB hangnyomásszint-csökkenéshez szükséges idő.

1. MEGJEGYZÉS: Az utózengési idő mértékegysége s.

2. MEGJEGYZÉS: A 60 dB hangnyomásszint-csökkenéssel értelmezett T kisebb értékelési tartomány esetén lineáris extrapolációval teljesíthető.

3. MEGJEGYZÉS: Ha a lecsengési görbe nem monoton, az utözengési időt azokból az időtartamokból határozzák meg, amelyek alatt a lecsengési görbe a kiindulási szint alatt először eléri az 5 dB, illetve 25 dB hangnyomásszint-csökkenést. Az egyértelműség kedvéért ezt az utözengési időt T_{20} -nak célszerű jelölni.

3.2. Az elemek teljesítőképessége

3.2.1.

az elemek teljesítőképességét kifejező mennyiségek (quantities to express element performance)

Az elemek hangelnyelése az EN ISO 354 szerint az egyenértékű hangelnyelési felülettel és a hangelnyelési tényezővel fejezhető ki. Ezeket a mennyiségeket tercsávokban határozzák meg és oktávcsávokban is kifejezhetőek.

MEGJEGYZÉS: Az EN ISO 11654 [7] szerint a frekvenciasávonkénti adatokból az elemek teljesítőképességét kifejező egyadatos jellemző is nyerhető, például $\alpha_w(M)$. Ezek az egyadatos jellemzők a termékek teljesítőképességének összehasonlítására vagy további részletezésére alkalmazhatók, de közvetlenül ezek alapján nem számítható az elemek helyszíni teljesítőképessége.

3.2.2.

egy térbeli alakzat egyenértékű hangelnyelési felülete, A_{obj} (equivalent sound absorption area of an object)

A vizsgálati mintát tartalmazó, illetve az anélküli vizsgálati helyiség egyenértékű hangelnyelési felületének különbsége.

MEGJEGYZÉS: A térbeli alakzat egyenértékű hangelnyelési felületének mértékegysége m^2 .

3.2.3.

hangelnyelési tényező, α_s (sound absorption coefficient)

A vizsgálati minta egyenértékű hangelnyelési felületének és a vizsgálati minta felületének hányadosa.

1. MEGJEGYZÉS: Olyan sík felületű hangelnyelők esetében, amelyek mindkét oldala részt vesz a hangelnyelésben, az előző mennyiség a két oldal hangelnyelésének átlaga, mindkét oldalra vonatkozik.

2. MEGJEGYZÉS: Ez a mennyiség csak sík felületű hangelnyelőkre vagy térbeli alakzatok adott elrendezésére vonatkozik és nem az egyes alakzatokra.

3.2.4.

további szükséges adatok (other relevant data)

A számításokhoz további adatokra lehet szükség, például:

- a helyiség határoló felületeinek nagysága;
- a zárt tér térfogata és alakja;
- a zárt térben elhelyezett térbeli alakzatok és berendezések mennyisége és jellege;
- a teremben lévő személyek feltételezett száma.

3.3. További fogalmak és mennyiségek

3.3.1.

a levegő hangelnyelése, A_{air} (absorption by air)

Egyenértékű hangelnyelési felület, amelyet a levegő abszorpciója eredményez.

3.3.2.

az üres helyiség térfogata, V (empty room volume)

A zárt, üres tér térfogata, a benne lévő tárgyak és berendezések nélkül.

3.3.3.

a térbeli alakzat térfogata, V_{obj} (object volume)

Egy térbeli alakzat legkisebb, szabályos alakú, befoglaló elemének térfogata, elhanyagolva a befoglaló elemek kívül eső, kisméretű részeit.

MEGJEGYZÉS: A befoglaló elemek kívül eső, elhanyagolható kisméretű elemek például az asztal lábai.

3.3.4.**térfogatarány, ψ** (object fraction)

Az összes térbeli alakzat térfogatösszegének és az üres helyiség térfogatának aránya.

3.3.5.**alakzatelrendezés** (object array)

A térbeli alakzatok sajátos elrendezése, hangelnyelését az α_s hangelnyelési tényezővel fejezik ki, amelyet az elrendezés által takart felületek nagyságához viszonyítanak.

4. Számítási modellek**4.1. Általános elvek**

Zárt terek egyenértékű hangelnyelési felületének és utózungési idejének számításakor diffúz hangteret feltételezünk. Ez azt jelenti, hogy a zárt tér méretei nem nagyon térnek el egymástól (lásd a 4.6. szakaszt), és a hangelnyelés a térben egyenletesen elosztott; szóródást okozó felületek jelenléte enyhíti ezen kötöttségeket. A felületek, a térbeli alakzatok – a személyeket is beleértve –, az alakzatelrendezések és a levegő hangelnyelésének hatását is számításba veszik.

1. MEGJEGYZÉS: Szabálytalan alakú és egyenetlen hangelnyelésű terekhez kifejlesztett számítási modellek alkalmazására a D melléklet ad útmutatást. Szabálytalan alakú terek, például lépcsőházak vagy gépekkel berendezett helyiségek esetében feltételezzük, hogy a hangnyomásszint és így a hangelnyelés az utózungési időnél jobban jellemzi a teljesítőképességet.

A modell segítségével meghatározható az épületek frekvenciasávonkénti akusztikai minősége az épületelemek frekvenciafüggő akusztikai adatai alapján. A számítás általában a 125 Hz és 4000 Hz közötti frekvenciatartományban oktávsávonként készül.

2. MEGJEGYZÉS: A számításokat nagyobb vagy kisebb frekvenciákra is ki lehet terjeszteni. Azonban – különösen a kisebb frekvenciákra – jelenleg nem állnak rendelkezésre a számítások pontosságára vonatkozó adatok.

A modellekben használt jelölések felsorolása az A mellékletben található.

4.2. Kiindulási adatok

Az egyenértékű hangelnyelési felület és az utózungési idő a következőkből határozható meg:

- az i felület hangelnyelési tényezője: $\alpha_{s,i}$;
- az i felület nagysága: S_i ;
- a j térbeli alakzat egyenértékű hangelnyelési felülete: $A_{obj,j}$;
- a k alakzatelrendezés hangelnyelési tényezője: $\alpha_{s,k}$;
- a k alakzatelrendezés által takart felület nagysága: S_k ;
- a zárt, üres helyiség térfogata: V ;
- a j térbeli alakzat vagy a k alakzatelrendezés térfogata: $V_{obj,j}$, $V_{obj,k}$.

Az anyagok, térbeli alakzatok és alakzatelrendezések akusztikai adatait elsősorban az EN ISO 354 szerinti, szabványos laboratóriumi mérések eredményei közül kell kiválasztani. Ennek ellenére az adatok más módon is meghatározhatók, például elméleti számítások, tapasztalatokon alapuló becslések vagy helyszíni mérési eredmények felhasználásával. A felhasznált adatok forrását egyértelműen meg kell jelölni.

A számításokhoz használt kiindulási adatok oktávsávós értékei a megfelelő tercsávós értékek számtani középértékeként határozhatók meg.

MEGJEGYZÉS: Ha az oktávsávonkénti számításhoz a kiindulási adatokat tercsávós adatok átlagolásával határozzák meg, a széles sávú hangelnyelő elemek kivételével, az adatokban kisebb pontatlanság keletkezik.

Néhány anyag és felületképzés hangelnyelési adata a B mellékletben található.

Néhány jellemző térbeli alakzat hangelnyelési adata a C mellékletben található.

4.3. Az eredő egyenértékű hangelnyelési felület meghatározása

Zárt tér eredő egyenértékű hangelnyelési felülete a következő összefüggéssel számítható:

$$A = \sum_{i=1}^n \alpha_{s,i} S_i + \sum_{j=1}^o A_{obj,j} + \sum_{k=1}^p \alpha_{s,k} S_k + A_{air} \quad (1)$$

ahol

- n az i felületek száma;
- o a j térbeli alakzatok száma;
- p a k alakzatelrendezések száma.

A levegő abszorpciója következtében keletkező egyenértékű hangelnyelési felület a következő:

$$A_{air} = 4 m V (1 - \Psi) \quad (2)$$

ahol

- m a levegő teljesítménycsillapítási tényezője, Np/m;
- V a zárt, üres helyiség térfogata, m³;
- Ψ térfogatarány.

A térfogatarány a következő összefüggéssel számítható:

$$\Psi = \frac{\sum_{j=1}^o V_{obj,j} + \sum_{k=1}^p V_{obj,k}}{V} \quad (3)$$

A levegőben való hangterjedés közben a hőmérséklet, a nedvességtartalom és a frekvencia függvényében végbemenő hangcsillapítást az ISO 9613-1 szerint határozzák meg. Helyiségekben, szokványos körülmények között lejátszódó hangterjedésre vonatkozó, az előző szabvány szerint meghatározott leglényegesebb értékek az 1. táblázatban találhatóak. Ha a körülmények lényegesen eltérőek, a teljesítménycsillapítási tényezők értékeit az ISO 9613-1 szerint kell meghatározni. Ha a tér állapotjellemzői nem tisztázottak, javasolt értékek: +20 °C hőmérséklet és 50% – 70% páratartalom.

Ha a számításokat az 1000 Hz-es oktávsvég-frekvenciára mint legnagyobb frekvenciára és 200 m³-nél kisebb térfogatú helyiségre korlátozzák, a levegő hangelnyelése elhanyagolható és az (1) egyenletben $A_{air} = 0$ m²-t kell alkalmazni.

Fontos lehet kemény felületű, szabálytalan alakú testek, például gépek, tárolószekrények vagy irodai bútorok egyenértékű hangelnyelési felülete, de ezekre vonatkozó mérési adatok általában nem léteznek. E szabvány céljára az ilyen kemény felületű térbeli alakzatok egyenértékű hangelnyelési felülete a térfogatuk függvényében becsülhető:

$$A_{obj} = V_{obj}^{2/3} \quad (4)$$

ahol

- V_{obj} a kemény felületű térbeli alakzat térfogata.

MEGJEGYZÉS: E mérési tapasztalatokon alapuló összefüggés olyan terek esetében ad megbízható eredményeket, amelyekben viszonylag nagy számú berendezési tárgy található, például technikai berendezést tartalmazó helyiségek.

4.4. Az utózungési idő meghatározása

Az utózungési időt a 4.3. szakasz szerint számított eredő egyenértékű hangelnyelési felület, a zárt, üres helyiség térfogata és a térfogatarány alapján határozzák meg:

$$T = \frac{55,3}{c_0} \frac{V(1-\Psi)}{A} \quad (5)$$

ahol

- c_0 a hang terjedési sebessége levegőben, m/s.

MEGJEGYZÉS: Ahhoz, hogy az $55,3/c_0$ arány az EN ISO 140-4 [8] szerint feltételezett 0,16 legyen, a hang sebességét 345,6 m/s-nak kell választani.

1. táblázat: A levegő m teljesítménycsillapítási tényezője oktávsvágokban, a hőmérséklet és a páratartalom függvényében

	$m \cdot 10^{-3}$ Np/m, oktávsvágok középfrekvenciái Hz-ben						
	125	250	500	1k	2k	4k	8k
10 °C, 30%–50% páratartalom	0,1	0,2	0,5	1,1	2,7	9,4	29,0
10 °C, 50%–70% páratartalom	0,1	0,2	0,5	0,8	1,8	5,9	21,1
10 °C, 70%–90% páratartalom	0,1	0,2	0,5	0,7	1,4	4,4	15,8
20 °C, 30%–50% páratartalom	0,1	0,3	0,6	1,0	1,9	5,8	20,3
20 °C, 50%–70% páratartalom	0,1	0,3	0,6	1,0	1,7	4,1	13,5
20 °C, 70%–90% páratartalom	0,1	0,3	0,6	1,1	1,7	3,5	10,6

MEGJEGYZÉS: Az értékeket az ISO 9613-1-ben tercsávokra, dB/km-ben meghatározott, a légköri abszorpció okozta csillapítási tényezőket tartalmazó táblázatok adataiból származtatják az értékek $4,343$ -mal ($= 10 \lg e$) való osztásával. Az oktávsvágokra vonatkozó értékek 1 kHz alatt a középső tercsávós, 1 kHz fölött pedig az alsó tercsávós értékekkel egyeznek meg. A páratartalom jelzett tartományain belül az értékek lineáris eloszlásúak.

4.5. Magyarázat

- A modell olyan szabályos alakú helyiségekre alkalmazható, melyekben a hangelnyelő anyagok és a véletlenszerűen elhelyezkedő hangelnyelő vagy szóródást okozó felületű berendezések ésszerű elrendezésűek, ahogyan lakások és irodák helyiségeiben megszokott. Ezekben a helyiségekben a levegő hangelnyelése elhanyagolható, és a jellemző térfogatarány üres helyiségekben $\Psi < 0,05$, bútorozott helyiségekben pedig $0,05 \leq \Psi \leq 0,2$.
- A technikai berendezést vagy gépet tartalmazó helyiségekben a berendezések, főként a kemény felületű berendezések által lefoglalt térfogatrésznek, valamint a levegő hangelnyelésének is nagy jelentősége lehet. Abban az esetben, ha a térfogatarány nagyon nagy, a szabadon maradó tér valószínűleg nem tekinthető szokásos tulajdonságúnak, így a modell nem érvényes, lásd a D mellékletet.
- A kemény felületű térbeli alakzatoknak vagy azok elrendezéseinek csak akkor van jelentősége, ha a kiterjedésük nagyobb a hullámhossznál, azaz az 1 m-nél kisebb méretű berendezések rendszerint figyelmen kívül hagyhatók.
- Épületek közös használatú tereinek – pl. lépcsőházak, előcsarnokok – jellemző méretei miatt az utözengési idő becslése kevésbé megbízható eredményt ad. Ezekben a terekben az utözengési idő helyett bármely igény esetén megfelelő lehet a hangelnyelés mértékének meghatározása.

4.6. Korlátozások

Az egyenértékű hangelnyelési felület számítási modellje definíció szerint független a zárt tér típusától, bár az eredő hangnyomásszintekkel való összefüggés a zárt tér típusa és formája alapján határozható meg.

Az utözengési idő számítási modellje a következő zárt terekre korlátozódik:

- szokásos alakú terek: egyik mérete sem nagyobb bármely másik méretének ötszörösénél;
- egyenletesen elosztott hangelnyelés: két szemközti határoló felület hangelnyelési tényezőinek aránya nem nagyobb, mint 3, kivéve ha a térben szóródást okozó térbeli alakzatok vannak;
- nincs túl sok berendezés: a térfogatarány kisebb, mint 0,2.

Ha ezek a feltételek nem teljesülnek, az utözengési idő gyakran hosszabb, mint a becsült értéke. Az ilyen elrendezések utözengési idejének meghatározására a D mellékletben található javaslatok.

5. Pontosság

A modell pontossága számos tényezőtől függ, ezek: a kiindulási adatok pontossága, a tényleges elrendezés és a modell illeszkedése, a figyelembe vett anyagok, elemek és berendezések típusa, a tényleges elrendezés geometriája és a kivitelezés minősége. Ezért nem lehetséges általánosságban megadni a pontosságot a körülmények és alkalmazások minden esetére. Ezért a pontosságra vonatkozó adatokat a szabvány alkalmazása során össze kell gyűjteni, hogy a modell eredményeit a különböző valós helyszínek adataival összehasonlítsák. Azonban a korlátozott gyakorlati tapasztalatból megfigyelték, hogy az alacsony diffuzitású terekben (a helyiség szabálytalan alakja, egyenetlen hangelnyelése, kevés szóródást okozó térbeli alakzat vagy alacsony módussűrűség miatt) a valóságos utózungési idő a becsült értéknek akár kétszerese is lehetett. A diffuzitás növelése, például több szóródást okozó térbeli alakzat elhelyezése, lényegesen csökkenti ezt a különbséget.

A számítások alkalmazása során tanácsos a kiindulási adatokat variálni, különösen összetett elrendezés és ritkán előforduló elemek, valamint bizonytalan kiindulási adatok esetén. Ezen variációk eredménytartománya alapján lehet benyomást szerezni a helyszínekre vonatkozó pontosságról.

A melléklet
(előírás)

A jelölések felsorolása

A1. táblázat: A jelölések felsorolása

Jelölés	Fizikai mennyiség	Egység
A	egy zárt tér eredő egyenértékű hangelnyelési felülete	m^2
A_{obj}	egy térbeli alakzat egyenértékű hangelnyelési felülete	m^2
$A_{obj,j}$	a j térbeli alakzat egyenértékű hangelnyelési felülete	m^2
$A_{obj,k}$	a k alakzatelrendezés egyenértékű hangelnyelési felülete	m^2
$A_{obj,x}, A_{obj,y}, A_{obj,z}, A_{obj,central}$	az $x = 0, x = L, y = 0, y = B, z = 0, z = H$ felülethez közel eső, valamint a helyiség közepén elhelyezkedő térbeli alakzatok egyenértékű hangelnyelési felülete	m^2
$A_{x=L}, A_{y=B}, A_{z=H}$	az $x = L, y = B, z = H$ stb. felület egyenértékű hangelnyelési felülete	m^2
A_{air}	a levegő abszorpciója következtében keletkező egyenértékű hangelnyelési felület	m^2
A_x, A_y, A_z, A_d	az x, y és z tengelyre merőleges felületek mentén kialakuló hangterek és a diffúz hangtér egyenértékű hangelnyelési felülete	m^2
A_s	az s térrész felületeinek és térbeli alakzatainak egyenértékű hangelnyelési felülete	m^2
A'_x, A'_y, A'_z, A'_d	hangelnyelési felület a szóródás jelenségének kifejezésére, mely kifejezi a csatolást az x, y és z irányú felület mentén kialakuló hangterek és a diffúz tér, valamint a diffúz tér és a felületek mentén kialakuló hangterek között	m^2
$A_x^*, A_y^*, A_z^*, A_d^*$	hatásos hangelnyelési felület az x, y és z tengelyre merőleges hangterek és a diffúz hangtér között	m^2
A_{xyzd}^*	hatásos hangelnyelési felület zárt térben f_t átmeneti frekvencia alatt	m^2
C	hangelnyelő anyag mértékegység nélküli paramétere ($= \sigma / \rho_0 f$)	–
c_0	a hang terjedési sebessége levegőben	m/s
d	hangelnyelő anyag egy rétegének vastagsága	m
f	frekvencia	Hz
f_{ref}	vonatkoztatási frekvencia ($= 1000$ Hz)	Hz
f_t	átmeneti frekvencia	Hz
i	a hangelnyelő felületek indexe	–
j	a hangelnyelő térbeli alakzatok, térrészek indexe	–
k	a hangelnyelő alakzatelrendezés, források, térrészek indexe	–
k_0	hullámszám ($= 2 \pi f / c_0$)	m^{-1}
$L_{p,s}$	hangnyomásszint az s térrészben	dB, vonatkoztatási szint: 20 μ Pa
$L_{p,x}$	hangnyomásszint az x felület mentén kialakuló hangtérben; ugyanígy y, z és d indexszel jelölve az y, z felület mentén és a diffúz térben kialakuló hangnyomásszint	dB, vonatkoztatási szint: 20 μ Pa
$L_{w,k}$	a k forrás hangteljesítményszintje	dB, vonatkoztatási szint: 1 pW
L, B, H	egy derékszögű hasáb alakú zárt tér hossza, szélessége és magassága	m

(A táblázat folytatódik)

A1. táblázat: (folytatás)

Jelölés	Fizikai mennyiség	Egység
l_{ref}	vonatkoztatási hossz (= 1 m)	m
m	a levegő teljesítménycsillapítási tényezője	$(Np)m^{-1}$
N_x, N_y, N_z	a módusok relatív száma az x, y és z tengelyekre merőleges felületek mentén	–
n	a hangelnyelő felületek és a k térrészek száma	–
o	a hangelnyelő térbeli alakzatok száma	–
p	a hangelnyelő alakzatelrendezések száma	–
p_0	a hangnyomásszint vonatkoztatási értéke; $p_0 = 20 \mu Pa$	Pa
r	áramlási ellenállás	$Pa \cdot s/m^2$
r_φ	a hangnyomás reflexiók tényezője φ szöggel beeső síkhullám esetén	–
r_k	a k hangforrás és a megítélési pont közötti távolság egy térrészben	m
s	a térrészek száma egy zárt térben	–
S_i	az i felület nagysága	m^2
S_k	a k térbeli alakzatelrendezés által lefedett terület	m^2
$S_{s,j}$	az s térrészt a j térrésszel összekötő nyitott felület	m^2
T	utózungési idő	s
T_x, T_y, T_z, T_d	utózungési idő a zárt térnek az x, y, z irányban és a diffúz térben lévő módusaira	s
T_{eff}	hatásos utózungési idő zárt térben, háromirányú módusokat feltételezve	s
V	a zárt, üres tér térfogata	m^3
V_s	az s térrész térfogata	m^3
V_{obj}	egy térbeli alakzat vagy alakzatelrendezés térfogata	m^3
$V_{obj,j}$	a j térbeli alakzat térfogata	m^3
$V_{obj,k}$	a k alakzatelrendezés térfogata	m^3
W_s	az s térrészbe sugárzott hangteljesítmény	W
W_0	a hangteljesítmény vonatkoztatási értéke; $W_0 = 1 pW$	W
w_s	hangenergia-sűrűség az s térrészben	J/m^3
x, y, z	távolság három irányban a derékszögű hasáb alakú zárt térben	m
Z'	$\rho_0 c_0$ -ra normalizált felületi impedancia	–
Z'_c	a hangelnyelő anyag $\rho_0 c_0$ -ra normalizált karakterisztikus impedanciája	–
α_s	hangelnyelési tényező	–
$\alpha_{s,i}$	az i felület hangelnyelési tényezője	–
$\alpha_{s,k}$	a k egyedi alakzatelrendezés hangelnyelési tényezője	–
$\bar{\alpha}_s$	az s térrész átlagos hangelnyelési tényezője	–
α_φ	hangelnyelési tényező a φ beesési szöggel érkező síkhullámhoz	–
γ	a hangelnyelő anyag hangterjedési tényezője	m^{-1}
$\delta_{x=0}$	az $x = 0$ felület, illetve ugyanezzel a jelöléssel és az $x = L, y = 0, y = B, z = 0, z = H$ indexekkel a megfelelő felületek szóródási tényezője	–
φ	a síkhullám beesési szöge	rad
ρ_0	a levegő sűrűsége	kg/m^3
χ	különböző hangterjedési módok – például árnyékolás, irányított hangsugárzás – csillapítási tényezője a közvetlen hangterjedéshez képest	–
Ψ	térfogatarány	–

B melléklet
(tájékoztató)

Anyagok hangnyelése

B1. Példák

Épületekben gyakran előforduló felületek EN ISO 354 szerint mért hangnyelési tényezőit a B1. táblázat tartalmazza. Ezek az értékek jellemző alapértékeknek tekinthetők.

1. táblázat: A hangnyelési tényező jellemző értékei

Anyag	Hangnyelési tényező, α_s Oktávsávok középfrekvenciái Hz-ben					
	125	250	500	1000	2000	4000
Beton, vakolt tégl	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,03
Téglafal, vakolat nélkül	0,02	0,02	0,03	0,04	0,05	0,07
Kemény padlóburkolat (pl. PVC, parketta) nehéz födém-szerkezeten	0,02	0,03	0,04	0,05	0,05	0,06
Lágy padlóburkolat, nehéz födém-szerkezeten; ≤ 5 mm	0,02	0,03	0,06	0,15	0,30	0,40
Lágy padlóburkolat, nehéz födém-szerkezeten; ≥ 10 mm	0,04	0,08	0,15	0,30	0,45	0,55
Fa padlóburkolat, parketta, párnafákon	0,12	0,10	0,06	0,05	0,05	0,06
Ablakok, üveg homlokzat	0,12	0,08	0,05	0,04	0,03	0,02
Ajtó (fa)	0,14	0,10	0,08	0,08	0,08	0,08
Hálós függöny, 0 mm – 200 mm-rel kemény felület előtt ¹	0,05	0,04	0,03	0,02	0,02	0,02
Függöny, $< 0,2$ kg/m ² , 0 mm – 200 mm-rel kemény felület előtt, jellemző legkisebb érték ¹	0,05	0,06	0,09	0,12	0,18	0,22
Függöny szőtt anyagból $\approx 0,4$ kg/m ² ; hajtogatás vagy fodrozódás aránya $> 1:3$; 0 mm – 200 mm-rel kemény felület előtt, jellemző legnagyobb érték	0,10	0,40	0,70	0,90	0,95	1,00
Nagyméretű nyílások (legkisebb méret > 1 m)	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
50%-ban nyitott felületű szellőzőrács	0,30	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50
MEGJEGYZÉS: Ausztriában, Dániában és Hollandiában használt publikációk alapján.						
¹ Ablak előtti elrendezés esetén értékei elérhetik az önmagában álló ablak értékeit.						

B2. Számítás

Közvetlenül kemény falfelületre helyezett porózus anyagok hangnyelési tényezője az anyag áramlási ellenállásának és vastagságának ismeretében becsülhető. Az áramlási ellenállást az EN 29053 [3] szerint mérik.

Diffúz hangtérben az α_s hangelnyelési tényező a következő egyenletből határozható meg:

$$\alpha_s = \int_0^{\pi/2} \alpha_\varphi \sin 2\varphi d\varphi$$

$$\alpha_\varphi = 1 - |r_\varphi|^2 \quad (\text{B1})$$

$$r_\varphi = \frac{Z' \cos \varphi - 1}{Z' \cos \varphi + 1}$$

ahol

φ a beesési szög, radiánban;

α_φ hangelnyelési tényező φ beesési szöggel érkező síkhullámhoz;

r_φ a hangnyomás reflexiók tényezője φ beesési szöggel érkező síkhullámhoz;

Z' a réteg $\rho_0 c_0$ -ra normalizált felületi impedanciája.

Közvetlenül kemény falfelületre helyezett, a környezetével kölcsönhatásban lévő anyag egy rétegének normalizált impedanciája meghatározható:

$$Z' = Z'_c \coth \gamma d \quad (\text{B2})$$

ahol

γ hangterjedési tényező az elnyelő anyagban, rad/m;

d a réteg vastagsága, m;

Z'_c a hangelnyelő anyag $\rho_0 c_0$ -ra normalizált felületi impedanciája.

Különbé hangelnyelő anyagokra a W' normalizált anyagimpedancia és a γ hangterjedési tényező empirikus összefüggésekkel levezethető az anyag r áramlási ellenállásából a C és a k_0 hullámszám mint paraméterek használatával:

$$C = \frac{r}{\rho_0 f} \quad (\text{B3})$$

$$k_0 = \frac{2\pi f}{c_0}$$

ahol

r a levegő áramlási ellenállása, Pa·s/m²;

f frekvencia, Hz;

ρ_0 a levegő sűrűsége ($\approx 1,2$ kg/m³), kg/m³;

c_0 a hang terjedési sebessége levegőben (≈ 343 m/s), m/s;

A megadott összefüggésekben az időben változó mennyiségek feltételezett időfüggése: $e^{-i 2\pi f t}$.

Szálás anyagokra az összefüggések a következők [1], [4]:

$$Z'_c = (1 + 0,0571C^{0,754}) - i(0,087C^{0,732}) \quad (\text{B4.a})$$

$$\gamma = k_0(0,189C^{0,595}) + ik_0(1 + 0,0978C^{0,700})$$

Nyílt cellás habokra az összefüggések a következők [2]:

$$Z'_c = (1 + 0,114C^{0,369}) - i(0,0985C^{0,758})$$

$$\gamma = k_0(0,168C^{0,715}) + ik_0(1 + 0,136C^{0,494})$$
(B4.b)

Ezen összefüggések mindegyikének saját érvényességi tartománya van a C paraméterre. C nagy értékei esetén ezek az összefüggések fizikailag helytelen eredményhez vezetnek. Ezen értékekre jobb becslést eredményez a [4] szerinti elmélet:

$$Z'_c = \sqrt{1,11 - i - 0,12C}$$

$$\gamma = ik_0 1,33 Z'_c$$
(B4.c)

Nyílt cellás habokra és szálas anyagokra a C folyamatos értékeire az eredmény a következő egyenletek használatával nyerhető:

- $C < 0,25$: B4.b egyenletek
 $0,25 \leq C \leq 80$: B4.a egyenletek
 $C > 80$: B4.c egyenletek

Ezek a becslések többrétegű hangelnyelő elemekre vagy olyan hangelnyelő anyagokra is használhatók, melyek mögött légrés található; lásd: Irodalomjegyzék [4].

C melléklet
(tájékoztató)

Térbeli alakzatok hangelnyelése

Néhány gyakran előforduló térbeli alakzatra és ezek elrendezésére az EN ISO 354 szerint mért egyenértékű hangelnyelési felület és hangelnyelési tényező a C1. és C2. táblázatban található. Ezek az értékek jellemző értékeknek tekinthetők.

C1. táblázat: Néhány gyakran előforduló térbeli alakzat egyenértékű hangelnyelési felületének jellemző értéke

Térbeli alakzat	Egyenértékű hangelnyelési felület, A_{obj} Oktávsávok középfrekvenciái, Hz					
	125	250	500	1000	2000	4000
Önmagában álló szék, fa	0,02	0,02	0,03	0,04	0,04	0,04
Önmagában álló szék, kárpitozott	0,10	0,20	0,25	0,30	0,35	0,35
Csoportban lévő, ülő vagy álló személy, 1 fő / 6 m ² alapterület; jellemző legkisebb érték	0,05	0,10	0,20	0,35	0,50	0,65
Csoportban lévő, ülő személy, 1 fő / 6 m ² alapterület; jellemző legnagyobb érték	0,12	0,45	0,80	0,90	0,95	1,00
Csoportban lévő, álló személy, 1 fő / 6 m ² alapterület; jellemző legnagyobb érték	0,12	0,45	0,80	1,20	1,30	1,40

MEGJEGYZÉS: Ausztriában, Dániában és Hollandiában használt publikációk alapján.

C2. táblázat: Néhány gyakran előforduló alakzatelrendezés hangelnyelési tényezőjének jellemző értéke

Alakzatelrendezés	Hangelnyelési tényező, α_s Oktávsávok középfrekvenciái Hz-ben					
	125	250	500	1000	2000	4000
Székek 0,9 – 1,2 méterenkénti sorokban, fa, ill. műanyag	0,06	0,08	0,10	0,12	0,14	0,16
Székek 0,9 – 1,2 méterenkénti sorokban, kárpitozott; jellemző legkisebb érték	0,10	0,20	0,30	0,40	0,50	0,50
Székek 0,9 – 1,2 méterenkénti sorokban, kárpitozott; jellemző legnagyobb érték	0,50	0,70	0,80	0,90	1,0	1,0
0,9 – 1,2 méterenkénti sorokban ülő személyek (hallgatóság); jellemző legkisebb érték	0,20	0,40	0,50	0,60	0,70	0,70
0,9 – 1,2 méterenkénti sorokban ülő személyek (hallgatóság); jellemző legnagyobb érték	0,60	0,70	0,80	0,90	0,90	0,90
Gyerekek kemény felületű bútorokkal felszerelt osztályteremben, 1 fő / alapterületi m ²	0,10	0,20	0,25	0,35	0,40	0,40

MEGJEGYZÉS: Ausztriában, Dániában és Hollandiában használt publikációk alapján.

D melléklet (tájékoztató)

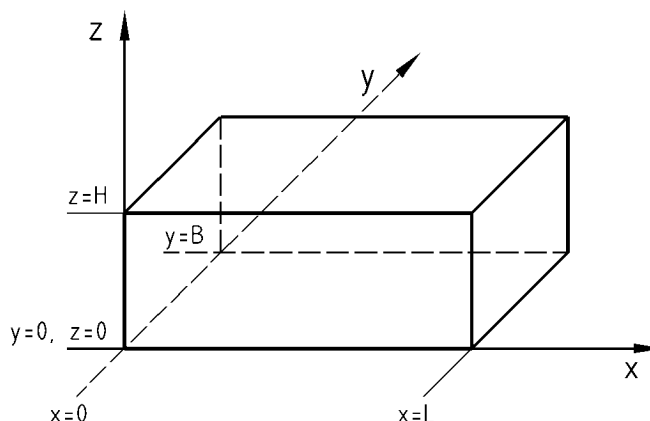
Szabálytalan alakú és/vagy egyenetlen hangelnyelésű terek becslése

D1. Bevezetés

Ha a zárt tér egyenetlen hangelnyelésű, szabálytalan alakú vagy gépektől és berendezésektől zsúfolt, a 4. fejezet számítási modelljének utözengési időre vonatkozó várható értéke hibás vagy nem megfelelő lehet. E melléklet az ezen elrendezésekre vonatkozó javított becslést mutatja be. A két vizsgált alaphelyzet: (a) egyenetlen hangelnyelésű, derékszögű hasáb alakú terek, valamint (b) szabálytalan alakú terek, melyek akár tervezés, akár az üres térben elhelyezett nagy mennyiségű berendezési tárgy eredményeként jöttek létre (a térfogatarány jelentősen meghaladja a 0,2-et).

D2. Egyenetlen hangelnyelés

Az egyenetlen hangelnyelésű, alapvetően derékszögű hasáb alakú tér gyakori. Számos irodában csak a mennyezet hangelnyelő, a többi határoló felület döntően hangvisszaverő. Habár a szakirodalomban számos, erre az elrendezésre vonatkozó javaslat jelent meg, egyik sem működik megfelelően minden helyzetben. Ésszerű megoldás a hangteret a határfelületek mentén kialakuló hangterekre és egy, nem határfelület mentén kialakuló hangterre osztani [5]. A hangelnyelő anyagok különböző hangterekre gyakorolt hatását és a hangterek keveredését létrehozó diffúzió elemek hatását a hangterek közötti teljesítményelosztással veszik figyelembe. Ebben a mellékletben olyan modellen alapuló gyakorlati becslés található, mely szabványos módszerekkel mért hangelnyelési adatokat használ.



D1. ábra: Derékszögű hasáb alakú tér kiterjedéseinek meghatározása

A $V = L \times B \times H \text{ m}^3$ térfogatú terem méreteit a D1. ábra szerint értelmezik. A nagyobb frekvenciákon a teljes hangteret három, az x , y , és z tengelyekre merőleges határfelületek mentén kialakuló hangterre, valamint a diffúzió terre osztják. Minden hangterre meghatározzák a hatásos hangelnyelést és a megfelelő utözengési időt. Az egyes hangterek jelentőségét a terem méreteiből származtatott módusszámmal határozzák meg. A kisebb frekvenciákon a diffúzió hiánya miatt a teljes hangteret csökkentett hangelnyeléssel veszik figyelembe.

MSZ EN 12354-6:2004

A nagy és kis frekvenciák közötti átmenetet az oktávsvok középfrekvenciáinak, valamint a (D1) összefüggéssel adott átmeneti frekvenciának az összehasonlításával határozzák meg:

$$f_t = \frac{8,7c_0}{V^{1/3}} \quad (D1)$$

Egy felület egyenértékű A hangelnyelési felülete a 4.3. szakasz szerinti hangelnyelési adatokból következik, figyelembe véve a sajátos felületet és elhanyagolva a térbeli alakzatokat. A figyelembe veendő térbeli alakzatok A_{obj} egyenértékű hangelnyelési felülete szintén a 4.3. szakasz szerinti hangelnyelési adatokból vezethető le. A terem határoló felületeinek és a különböző térbeli alakzatoknak a hangtérre vonatkozó hangelnyelését az ebben a mellékletben ismertetett módon kell figyelembe venni. Egy további, a terem határoló felületeinek tulajdonítható δ szóródási tényező jelzi a visszaverődő energiahányad diffuzitását; értéke 0,0 és 1,0 között lehet. Annak ellenére, hogy jelenleg csak néhány ilyen együtthatóérték áll rendelkezésre, átfogó becsléssel képet nyerhetünk arról, hogy különféle elrendezések esetén milyen hatása lehet a szóródásnak.

1. MEGJEGYZÉS: A szóródási tényező figyelembe veszi a sík felületek szabálytalanságait. Kemény, sík felületek jellemző értéke 0,05 vagy ennél kisebb, de beugrásokkal tagolt fal, például homlokzat esetén közepes és nagyobb frekvenciákon értéke jellemzően 0,4 és 0,6 közötti.

A (D2) egyenletben adott módusok relatív száma mindegyik hangtér hatását jelzi:

$$N_x = 0,14 + 1,43 \left[\frac{(B+H)}{2c_0} + \frac{\pi f}{c_0^2} BH \right] \frac{c_0^3}{4\pi f^2 V}$$
$$N_y = 0,14 + 1,43 \left[\frac{(L+H)}{2c_0} + \frac{\pi f}{c_0^2} LH \right] \frac{c_0^3}{4\pi f^2 V} \quad (D2)$$
$$N_z = 0,14 + 1,43 \left[\frac{(L+B)}{2c_0} + \frac{\pi f}{c_0^2} LB \right] \frac{c_0^3}{4\pi f^2 V}$$

A határoló felületek mentén kialakuló hangterek A_x , A_y és A_z egyenértékű hangelnyelési felülete, valamint a difúziós tér A_d egyenértékű hangelnyelési felülete, melyek a határoló felületek és a levegő hangelnyelése következtében alakulnak ki, a (D3.a) – (D3.d) egyenletből határozhatók meg:

$$A_x = \frac{c_0^2}{2f^2 L^2} (A_{x=0} + A_{x=L}) (f/f_{ref})^{1/3} + [A_{y=0} + A_{y=B} + A_{z=0} + A_{z=H}] \sqrt{2} (f/f_{ref})^{1/3} + \pi mV \quad (D3.a)$$

$$A_y = \frac{c_0^2}{2f^2 B^2} (A_{y=0} + A_{y=B}) (f/f_{ref})^{1/3} + [A_{x=0} + A_{x=L} + A_{z=0} + A_{z=H}] \sqrt{2} (f/f_{ref})^{1/3} + \pi mV \quad (D3.b)$$

$$A_z = \frac{c_0^2}{2f^2 H^2} (A_{z=0} + A_{z=H}) (f/f_{ref})^{1/3} + [A_{x=0} + A_{x=L} + A_{y=0} + A_{y=B}] \sqrt{2} (f/f_{ref})^{1/3} + \pi mV \quad (D3.c)$$

$$A_d = (A_{x=0} + A_{x=L} + A_{y=0} + A_{y=B} + A_{z=0} + A_{z=H}) + 4mV \quad (D3.d)$$

ahol

$A_{x=0}$, $A_{x=L}$ az $x = 0$ és $x = L$ felület egyenértékű hangelnyelési felülete, m^2 .

2. MEGJEGYZÉS: Az y és z indexek az y és z tengelyekre merőleges felületekkel kapcsolatos azonos mennyiségekre utalnak.

f_{ref} vonatkoztatási frekvencia, Hz; $f_{ref} = 1000$ Hz.

A különböző hangterek kölcsönhatásban vannak a felületek diffúz hatása és a térbeli alakzatok diffúz, illetve hangelnyelő hatása miatt. Ezt a (D4.a) – (D4.d) egyenletről mindegyik hangterre meghatározható A'_x , A'_y , A'_z és A'_d szóródási (diffrakciós) hangelnyelési felülettel fejezik ki:

$$A'_x = [LH(\delta_{y=0} + \delta_{y=B}) + LB(\delta_{z=0} + \delta_{z=H})] + A_{obj,y} + A_{obj,z} + A_{obj,central} \quad (D4.a)$$

$$A'_y = [BH(\delta_{x=0} + \delta_{x=B}) + LB(\delta_{z=0} + \delta_{z=H})] + A_{obj,x} + A_{obj,z} + A_{obj,central} \quad (D4.b)$$

$$A'_z = [BH(\delta_{x=0} + \delta_{x=B}) + LH(\delta_{y=0} + \delta_{y=H})] + A_{obj,x} + A_{obj,y} + A_{obj,central} \quad (D4.c)$$

$$A'_d = \sum_{all} A_{obj} + N_x A'_x + N_y A'_y + N_z A'_z \quad (D4.d)$$

ahol

$\delta_{x=0}$, $\delta_{x=L}$ az $x = 0$ és $x = L$ felület szóródási tényezője külön-külön;

A_{obj} egy térbeli alakzat egyenértékű hangelnyelési felülete, m^2 ;

$A_{obj,x}$ az $x = 0$ és $x = L$ felületekkel kapcsolatban lévő térbeli alakzatok egyenértékű hangelnyelési felülete, m^2 ;

$A_{obj,central}$ a középső térben elhelyezkedő térbeli alakzatok egyenértékű hangelnyelési felülete, m^2 ;

3. MEGJEGYZÉS: Az y és z indexek az y és z tengelyekkel kapcsolatos azonos mennyiségekre utalnak.

Az egyes hangterek hatásos hangelnyelési felülete a (D5.a) – (D5.b) egyenletről határozható meg:

$$A_d^* = \frac{A_d + A'_d - N_x A_x'^2 / (A_x + A'_x) - N_y A_y'^2 / (A_y + A'_y) - N_z A_z'^2 / (A_z + A'_z)}{1 + N_x A'_x / (A_x + A'_x) + N_y A'_y / (A_y + A'_y) + N_z A'_z / (A_z + A'_z)} \quad (D5.a)$$

$$A_x^* = \frac{A_x + A'_x}{1 + A'_x / A_d^*}; \quad A_y^* = \frac{A_y + A'_y}{1 + A'_y / A_d^*}; \quad A_z^* = \frac{A_z + A'_z}{1 + A'_z / A_d^*} \quad (D5.b)$$

A teljes tér A_{xyzd}^* hatásos hangelnyelési felülete kis frekvenciákra ($f < f_i$) a (D6.a) képletből határozható meg:

$$A_{xyzd}^* = (\overline{A_{x=0}} + \overline{A_{x=L}} + \overline{A_{y=0}} + \overline{A_{y=B}} + \overline{A_{z=0}} + \overline{A_{z=H}}) + \sum A_{obj} + 4mV \quad (D6.a)$$

a felületek hangelnyelésének hatásosságát minden x, y és z index esetén \bar{A} -sal csökkentve:

$$\bar{A} = Ae^{-A/S} \quad (D6.b.)$$

ahol A a vizsgált felület egyenértékű hangelnyelési felülete és S a vizsgált felület nagysága.

Az egyes x, y, z és d hangterek utózenngési ideje a (D7) egyenlet alapján:

$$T_x = \frac{55,3}{c_0} \frac{V(1-\Psi)}{A_x^*}; \quad T_y = \frac{55,3}{c_0} \frac{V(1-\Psi)}{A_y^*}; \quad T_z = \frac{55,3}{c_0} \frac{V(1-\Psi)}{A_z^*}; \quad T_d = \frac{55,3}{c_0} \frac{V(1-\Psi)}{A_d^*} \quad (D7)$$

Az x, y, z és d hangtérben $t = 0$ s időben a relatív hangnyomásszint a következő egyenletekből határozható meg:

$$L_{p,d} = -10 \lg \left(1 + N_x \frac{A_d^*}{A_x^*} + N_y \frac{A_d^*}{A_y^*} + N_z \frac{A_d^*}{A_z^*} \right) \quad (D8.a)$$

$$L_{p,x} = L_{p,d} + 10 \lg \left(N_x \frac{A_d^*}{A_x^*} \right); L_{p,y} = L_{p,d} + 10 \lg \left(N_y \frac{A_d^*}{A_y^*} \right); L_{p,z} = L_{p,d} + 10 \lg \left(N_z \frac{A_d^*}{A_z^*} \right) \quad (D8.b)$$

Ha a (D7) egyenletből származó négy utözengési idő közötti különbség kicsi, a diffúz tér utözengési ideje megfelelő becslésnek tekinthető a vizsgált elrendezésre vonatkozóan. Ha nem, az utözengési idő valószínűleg hosszabb, és a lecsengési görbe nem lesz monoton. A nagyobb frekvenciák tartományára realisabb becslést eredményez a T_{20} (D9.a) képlet szerinti számítása a hatásos utözengési idők átlagából. Az utözengési idő e módszer szerint becsült értéke azonban nem lehet kisebb, mint a diffúz téré.

$$T_{\text{estimate}} = \frac{(T_x + T_y + T_z + T_d)}{4} \geq T_d \quad (D9.a)$$

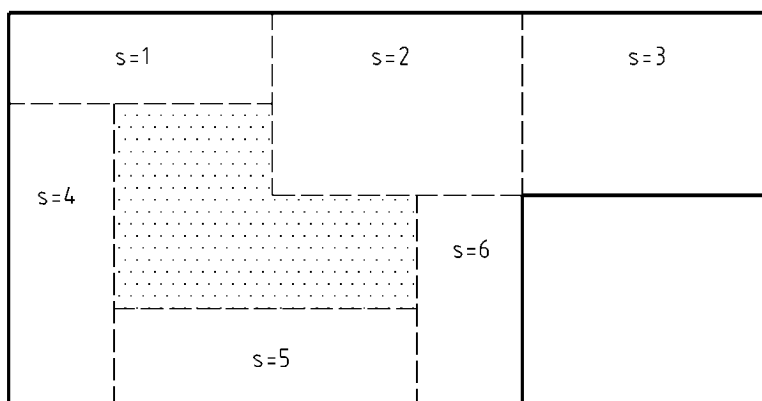
Kisebbs frekvenciákra ($f < f_i$) a becslést a (D9.b) szerinti összefüggés adja:

$$T_{\text{estimate}} = \frac{55,3}{c_0} \frac{V(1-\Psi)}{A_{xyzd}^*} \quad (D9.b)$$

D3. Szabálytalan alakú terek

A nagymértékben szabálytalan alakú, illetve keskeny terekben, továbbá nagyszámú és/vagy nagyméretű térbeli alakzatot tartalmazó szabályos alakú térben az utözengési idő nem lesz állandó. Olyan helyiségekben, ahol nagy mennyiségű gép vagy berendezés található, az utözengési idő helyett a helyiség különböző részeiben kialakuló hangnyomásszint értéke fontos. Az egyes hangnyomásszintek a források elhelyezésétől és hangteljesítményétől, valamint a hangelnyelés elosztásától függenek. Ilyen esetekben a hangnyomásszintek becslése a teret szabályos alakú térrészekre bontó közelítésen alapulhat. Az egyes térrészekben a hangnyomásszinteket az adott térrészben működő hangforrástól származó közvetlen hangból, valamint a térrészek hangteljesítmény-eloszlásából becsülik [6]. A hangteljesítmény-eloszlás az egyes térrészekben lévő források zengő térbe sugárzott hangteljesítményéből, a térrészek egyenértékű hangelnyelési felületéből és az egymással kapcsolatban álló térrészek teljesítmény-egyensúlyából következik.

MEGJEGYZÉS: Ez a közelítés használható a prEN 12365-5-ben [9], és tovább fejleszthető a következőkben ismertetett módon, illetve a 6. rész későbbi verzióiban vagy a prEN 12354-5-ben [9].



D2. ábra: A szabálytalan alakú tér és ennek $s = 1 - 6$ térrészre osztásának szemléltetése

Minden egyes V_s térfogatú térrész egyenértékű hangelnyelési felületét a 4.3. szakasz alapján azzal a feltételezéssel számítják, hogy a vizsgált s térrész, valamint a csatlakozó n darab j térrész közötti $S_{s,j}$ nyitott felületek esetében $\alpha = 1$. A következő összefüggés érvényes minden egyes s térrészre, ahol a k hangforrás hangteljesítményszintje $L_{w,k}$:

$$W_s = c_0 w_s A_s - \sum_{j \neq s}^n c_0 w_j S_{s,j} \quad (\text{D10.a})$$

$$W_s = (1 - \bar{\alpha}_s) W_0 \sum_k 10^{L_{w,k}/10} \quad (\text{D10.b})$$

ahol

W_s az s térrészben lévő hangforrások által a zengő térbe sugárzott hangteljesítmény, W ;

W_0 a hangteljesítmény vonatkoztatási szintje, W , $W_0 = 1$ pW;

w_s hangenergia-sűrűség az s térrészben, J/m^3 ;

A_s a határoló felületek, nyitott felületek, térbeli alakzatok és a levegő egyenértékű hangelnyelési felülete az s térrészben, m^2 ;

$S_{s,j}$ az s és j térrészeket összekapcsoló nyitott felület, m^2 ;

n az s térrésszel kapcsolatban álló k térrészek száma;

$L_{w,k}$ a k hangforrás hangteljesítményszintje az s térrészben, dB, 1 pW-ra vonatkoztatva;

$\bar{\alpha}_s$ az s térrész átlagos hangelnyelési tényezője, minden hangelnyelést figyelembe véve (azaz határoló felületek, nyitott felületek, térbeli alakzatok, levegő)

Az egyes térrészek w_s hangenergia-sűrűsége a (D10.a) egyenlet – adott hangteljesítményszintek és hangelnyelés esetén például mátrix inverzióval való – megoldásából adódik. Így határozható meg minden egyes térrészben a kialakuló $L_{p,s}$ hangnyomásszint, figyelembe véve az r_k távolságra lévő k hangforrások és a megítélési pont közötti közvetlen hangterjedést és a megfelelő hangcsillapítási tényezőket, melyek olyan hatásokból származnak, mint árnyékolás és sugárzási irányultság:

$$L_{p,s} = 10 \lg \frac{\rho_0 c_0}{\rho_0^2} \left[4c_0 w_s + \sum_k \frac{W_0}{4\pi r_k^2} \chi_k \times 10^{L_{w,k}/10} \right] \quad (\text{D11})$$

ahol

$L_{p,s}$ az s térrészben kialakuló hangnyomásszint, dB, 20 μ Pa-ra vonatkoztatva;

ρ_0 a vonatkoztatási hangnyomásszint, Pa, $\rho_0 = 20$ μ Pa;

r_k a k hangforrás és az s térrészben lévő megítélési pont közötti távolság, m;

χ_k hangcsillapítási tényező, mely a k hangforrás és a megítélési pont közötti hangterjedés különböző csillapítási hatásait – például árnyékolás, a sugárzás irányítottága – fejezi ki.

E melléklet
(tájékoztató)**Számítási példa**

A terem méretei (hosszúság, szélesség, magasság): $4,54 \times 2,73 \times 2,40 = 29,75 \text{ m}^3$.

A padló és a mennyezet betonból készült, egy fal (hosszabb oldal) és két oldalfal (rövidebb oldali) vakolatlan téglafal, a maradék határoló felület üveghomlokzat. A padlóburkolat kemény felületű. 1000 Hz-es oktávsvotot vizsgálunk.

1. eset: berendezetlen, üres terem

A B melléklet szerint a határoló felületek hangelnyelési tényezői: $\alpha_{\text{padló}} = 0,05$, $\alpha_{\text{mennyezet}} = 0,02$, $\alpha_{\text{fal 1}} = 0,04$, $\alpha_{\text{oldalfal}} = 0,04$ és $\alpha_{\text{homlokzat}} = 0,04$. Figyelembe véve az 1000 Hz-es oktávsvotot és a térfogatot, a levegő elnyelése elhanyagolható ($A_{\text{air}} = 0 \text{ m}^2$). Ezekkel az adatokkal az (1) egyenlettel az egyenértékű hangelnyelési felület:

$A = 12,39 \times 0,05 + 12,39 \times 0,02 + 10,90 \times 0,04 + 10,90 \times 0,04 + 6,55 \times 0,04 + 6,55 \times 0,04 = 2,26 \text{ m}^2$, kerekítve $A = 2,3 \text{ m}^2$. Az (5) egyenlettel az eredményezett utózengési idő, $T = 0,16 \times 29,75 / 2,26 = 2,1 \text{ s}$.

MEGJEGYZÉS: Általános esetben $A_{\text{air}} = 0,12 \text{ m}^2$, így az utózengési idő 2,0 s lesz.

2. eset: az 1. eset (kemény felületű) térbeli alakzatokkal

Egy asztalt ($0,15 \text{ m}^3$), egy íróasztalt ($0,60 \text{ m}^3$), két széket ($2 \times 0,05 \text{ m}^3$) és két szekrényt ($2 \times 0,65 \text{ m}^3$) helyezünk el a helyiségben, a térfogatarány $\eta = 0,072$ lesz, ezen kemény felületű térbeli alakzatok hangelnyelésének becsült értéke: $\Sigma A_{\text{obj}} = 0,15^{2/3} + 0,60^{2/3} + 2 \times 0,05^{2/3} + 2 \times 0,65^{2/3} = 2,77 \text{ m}^2$.

Az egyenértékű hangelnyelési felület, $A = 2,26 + 2,77 = 5,03 \text{ m}^2$, kerekítve $A = 5,0 \text{ m}^2$, az utózengési idő, $T = 0,16 \times 29,75 (1 - 0,072) / 5,03 = 0,9 \text{ s}$.

3. eset: az 1. eset egy hangelnyelő fallal

Az egyik hosszoldali falazat felületének 90%-án elnyelő anyagot helyezünk el, melynek hangelnyelési tényezője, $\alpha_s = 0,85$. Így az egyenértékű hangelnyelési felület:

$A = 12,39 \times 0,05 + 12,39 \times 0,02 + (1,09 \times 0,04 + 9,81 \times 0,85) + 10,90 \times 0,04 + 6,55 \times 0,04 + 6,55 \times 0,04 = 10,21 \text{ m}^2$, kerekítve $A = 10,2 \text{ m}^2$.

Az (5) képlettel az utózengési idő: $T = 0,16 \times 29,75 / 10,21 = 0,5 \text{ s}$.

Mivel két szemben lévő falfelület hangelnyelése jelentősen eltér egymástól, és a helyiségben nincsen szóródást okozó térbeli alakzat, ez az eset kívül esik a modell alkalmazási területén. Ebben az esetben az utózengési idő a D mellékletből vezethető le. A D2. fejezet szerint a hangtér utózengési ideje egyéb, szóródást okozó felület vagy térbeli alakzatok hatása nélkül [(D3) egyenlet]: $A_x^* = 13,69 \text{ m}^2$, $A_y^* = 2,04 \text{ m}^2$, $A_z^* = 13,22 \text{ m}^2$ és $A_d^* = 10,21 \text{ m}^2$.

A vonatkozó utózengési idők [(D6) egyenlet]: $T_x = 0,35 \text{ s}$, $T_y = 2,34 \text{ s}$, $T_z = 0,36 \text{ s}$ és $T_d = 0,47 \text{ s}$, melyekből a hatásos utózengési idő [(D8) egyenlet]: $T_{\text{eff}} = 0,9 \text{ s}$. Mivel T_y körülbelül ötszöröse a legrövidebb utózengési időnek, valószínűleg ebben az esetben ez jobban megközelíti a valóságos utózengési időt (T_{20}).

Irodalomjegyzék

- [1] Delany, M.E. & E. N. Bazley, *Acoustical properties of fibrous absorbent materials*, Applied Acoustics 3 (1970), 105.
- [2] Dunn, I.P. & W.A. Davern, *Calculation of acoustic impedance of multi-layer absorbers*, Applied Acoustics 19 (1986), 321.
- [3] EN 29053, *Acoustics. Materials for acoustical applications. Determination of airflow resistance (ISO 9053:1991)*
- [4] Mechel, F.P. *Schallabsorber band II*. S. Hirzel Verlag, Stuttgart, Leipzig, 1995.
- [5] Nilsson, E., *Decay process in rooms with non-diffuse sound fields*, Report TVBA-1004, Lund Institute of Technology, May 1992.
- [6] Timmermans, N.S., *Application of coupled interior space noise prediction to compact shipboard power plants*, Internoise '80, Miami 1980.
- [7] EN ISO 11654, *Acoustics. Sound absorbers for use in buildings. Rating of sound absorption (ISO 11654:1997)*
- [8] EN ISO 140-4, *Acoustics. Measurement of sound insulation in buildings and of building elements. Part 4: Field measurements of airborne sound insulation between rooms (ISO 140-4:1998)*
- [9] prEN 12354-5, *Building Acoustics. Estimation of acoustic performance of buildings from the performance of elements. Part 5: Sound levels due to service equipment*
- [10] prEN ISO 3382-2, *Acoustics. Measurement of the reverberation time. Part 2: Ordinary Rooms*

A magyar fordítás vége

A szövegben hivatkozott európai szabvány

EN ISO 354 Acoustics. Measurement of sound absorption in a reverberation room (ISO 354:2003)

A szövegben hivatkozott nemzetközi szabvány

ISO 9613-1 Acoustics. Attenuation of sound during propagation outdoors. Part 1: Calculation of the absorption of sound by the atmosphere

A szabványokkal kapcsolatos minden változást a Magyar Szabványügyi Testület a Szabványügyi Közlönyben hirdeti meg. A Szabványügyi Közlöny előfizethető a Hírlapelőfizetési Irodában (HELIR, Budapest VIII., Orczy tér 1. 1089, telefon: 477-6381, telefax: 303-3440, levélcím: Budapest VIII., Orczy tér 1. 1900). A szabványok megvásárolhatók vagy megrendelhetők az MSZT Szabványboltban (Budapest IX., Üllői út 25. 1091, telefon: 456-6892, telefax: 456-6884, levélcím: Budapest 9., Pf. 24, 1450), illetve elektronikus formában beszerezhetők a www.mszt.hu/webaruhaz címen. A helyesbítő, módosító indítványokat és észrevételeket megfelelő indoklással a Magyar Szabványügyi Testülethez (Budapest IX., Üllői út 25., levélcím: Budapest 9., Pf. 24, 1450, telefon: 456-6892, telefax: 456-6884) lehet benyújtani. Kiadja: a Magyar Szabványügyi Testület.