



KÖRÖS-ÖKOTREND KFT.

Környezetvédelmi Mérnökiroda

5700 Gyula, Szőlőskert u. 56.

Tel./Fax.: 66 / 461-830

E-mail: okotrend@t-online.hu

Akustikai szakvélemény

Füzesgyarmat, Széchenyi utcai óvoda
épületakustikai vizsgálatáról

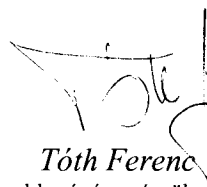
Helyszín:

Füzesgyarmat, Széchenyi u. 8.

Tartalom:

1-13. old. Szakvélemény

Készítette:



Tóth Ferenc

okl. gépészmérnök

zaj- és rezgéscsökkentési szakértő

SZKV-1.4 / 04-183-96, KB-T/04-183-96

KÖRÖS-ÖKOTREND KFT.

5700 Gyula, Szőlőskert u. 56.

Adószám: 12834002-2-04

Bankkódszáma:

11500000-00000000-05450118

Gyula, 2011. augusztus 9.

ÉPÜLETAKUSZTIKAI SZAKVÉLEMÉNY

A BÓLEM Építőipari Kft. megbízása alapján vizsgáltam a Füzesgyarmat, Széchenyi u. 8. alatt épült új óvoda belső tereinek akusztikai jellemzőit. A vizsgálat az új épület használata során észlelt, zavaró akusztikai jelenségek feltárására irányult. A vizsgálat alapján, jelen szakvéleményben az épület használatát zavaró akusztikai problémák okait tártam fel, ezzel együtt az akusztikai komfort javítását szolgáló beavatkozásokra adtam javaslatot.

1. Zajvédelmi követelmények:

Épületen belül akusztikai problémákat egyrészt a hangszigetelési (elválasztó falak és nyílászárók léghanggátlása), másrészt a teremakusztikai jellemzők nem megfelelő értéke okozhat.

1.1. Hangszigetelési követelmények

Léghangszigetelési követelmények:

MSZ-15601-1:2007

Az irányadó értékeket a szabvány által előírt, fokozott / alap* követelménynek megfelelően adtam meg. Az épület egyszintes, így a lépéshanggátlási mutatók nem relevánsak, a szintek között léghanggátlási mutatók pedig nem értelmezhetők, ezért csak az azonos szinten levő helyiségek elválasztó szerkezeteit vizsgáltam.

Sor-szám	Elválasztott helyiségek	Elválasztó szerkezet	Szükséges léghanggátlási szám
Egymás melletti helyiségek (azonos szinten)			
1.	Folyosó – foglalkoztató terem	fal	$R'_w + C = 48 / 45^* \text{ dB}$
2.	Folyosó – foglalkoztató terem	ajtó	$R_w + C = 32 / 27^* \text{ dB}$

1.2. Teremakusztikai követelmények

A teremakusztikai megfelelőségre vonatkozóan, szabványban előírt követelmény nincs. A vizsgálat és az értékelés arra irányult, hogy az akusztikai jellemzők a termék rendeltetésszerű használatát biztosítják-e. A beszédcélú termekben az akusztikai megfelelőséget a beszédérthetőség, a hangenergia egyenletes eloszlása és a tisztaság határozza meg.

Követelményként, a 200 m³ körüli térfogatú csoportszobákra az alábbi értéket tekinthetjük:

Megengedett max. utózengési idő, f=500 Hz oktávsváiban : $T_{60} = \text{max. } 0,8 \text{ s}$ (ideális 0,6-0,7 s)

Utózengési idő ingadozása a 250 Hz – 2000 Hz tartományban: **max. 20%**

A vizsgálat során az utózengési időt, a teremállandót és a közvetlen hangtér/diffúz tér határának sugarát állapítottam meg. Ezeket figyelembe véve, valamint a helyszíni tapasztalatok alapján értékeltem a teremakusztikai megfelelőségét, és adtam meg javaslatunkat.

2. Akusztikai vizsgálatok eredményei

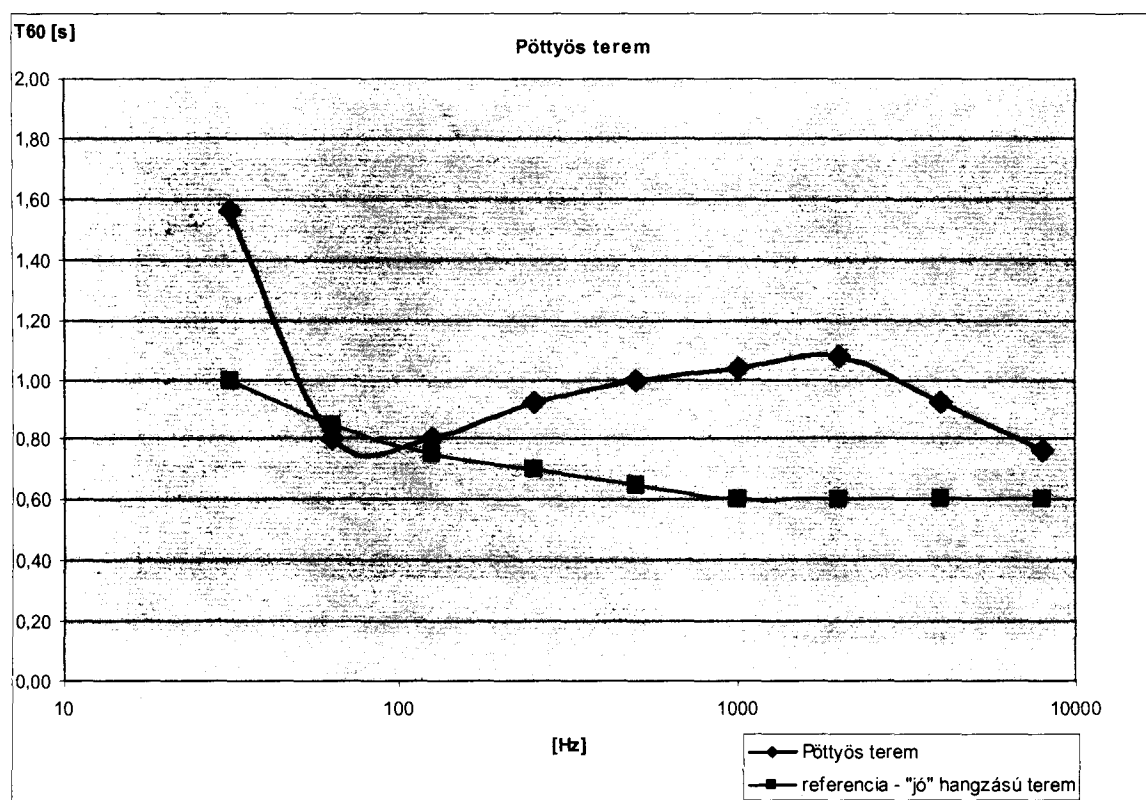
2.1. A „Pöttös” foglalkoztató terem (12.sz. helyiség) vizsgálata

• Teremakusztikai vizsgálat

Geometriai adatok

A terem alapterülete: $T = 7,0 \cdot 6,7 \text{ m} = \text{kb. } 47 \text{ m}^2$
 A terem térfogata: $V = 204 \text{ m}^3$
 Határoló felület: $F = 121 \text{ m}^2$

Utózengési idő és a teremakusztikai jellemzők mérése:



fk,okt	Hz	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
T60 =	[s]	1,56	0,80	0,80	0,92	1,00	1,04	1,08	0,92	0,76

1. ábra A mért utózengési idő, oktávsvonként, „Pöttös” csoportszoba

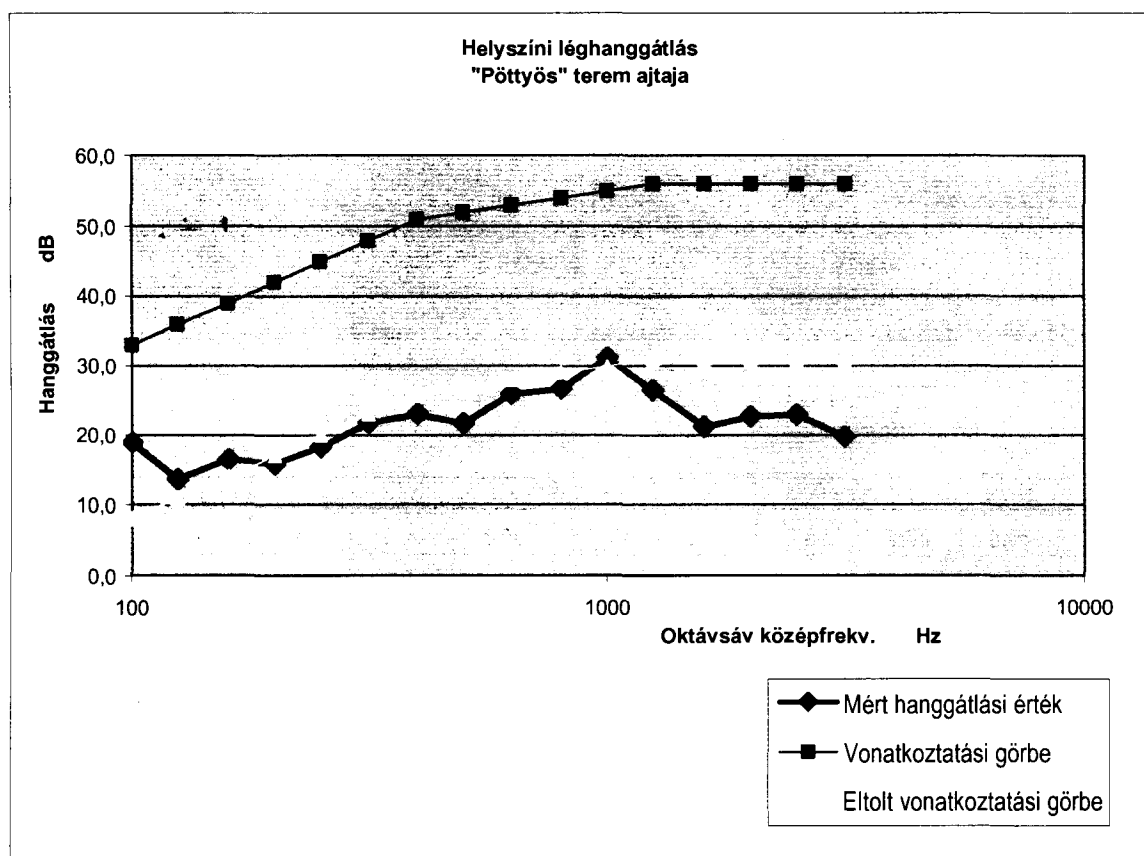
Számított akusztikai jellemzők:

Utószögési idő, $f=500$ Hz-en (mért)	$T_{60} = 1,0$ s
Szórás a 250 – 2000 Hz tartományban:	$\delta = 16\%$
Egyenértékű elnyelési felület:	$A_e = 0,16 \cdot V/T = 32,6$ m ²
Átlagos elnyelési tényező	$\alpha_{\text{atl}} = A_e / F = 0,27$
Teremállandó	$R_T = A_e / (1 - \alpha_{\text{atl}}) = 44,7$ m ²
Diffúz/közvetlen hangtér sugara*	$R_{\text{diff}} = 1,3$ m

* - Az a távolság, ahol a beszélőtől (hangforrás) származó közvetlen hang és a teremben kialakuló diffúz, (egyenletes) hangnyomásszint értéke megegyezik.

• **Helyszíni léghanggátlás vizsgálata**

A helyszíni léghanggátlási számot vizsgáltam az ajtó esetében. Ez segített annak megítélésben, hogy a hangszigetelés megfelelőségét értékeljem.



2. ábra A „Pöttyös” terem ajtó helyszíni hanggátlása

Az ajtó mért, helyszíni, súlyozott léghanggátlási száma: $R'_w = 27$ dB

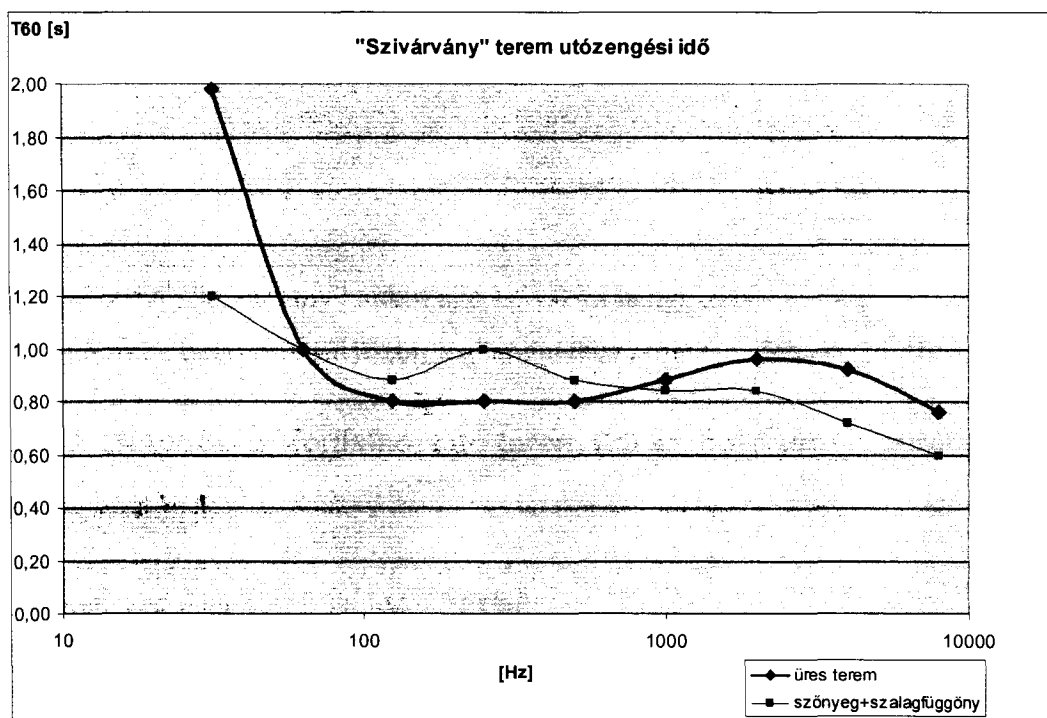
2.2. A „Szivárvány” foglalkoztató terem (13.sz. helyiség) vizsgálata

• Teremakusztikai vizsgálat

Geometriai adatok

A terem alapterülete: $T = 7,0 \cdot 6,7 \text{ m} = \text{kb. } 47 \text{ m}^2$
 A terem térfogata: $V = 204 \text{ m}^3$
 Határoló felület: $F = 121 \text{ m}^2$

Utózengési idő és a teremakusztikai jellemzők mérése:



állapot	fk,okt	Hz	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
üres	T60 =	[s]	1,98	1,00	0,80	0,80	0,80	0,88	0,96	0,92	0,76
szőnyeg + szalagfüggöny	T60 =	[s]	1,20	1,00	0,88	1,00	0,88	0,84	0,84	0,72	0,60

3. ábra A mért utózengési idő, oktávsvonként, Szivárvány terem

Számított akusztikai jellemzők:

Utózengési idő, $f=500 \text{ Hz}$ -en (mért)

$$T_{60} = 0,88 \text{ s}$$

Szórás a 250 – 2000 Hz tartományban:

$$\delta = 18\%$$

Egyenértékű elnyelési felület:

$$A_e = 0,16 \cdot V/T = 37 \text{ m}^2$$

Átlagos elnyelési tényező

$$\alpha_{\text{átl}} = A_e / F = 0,30$$

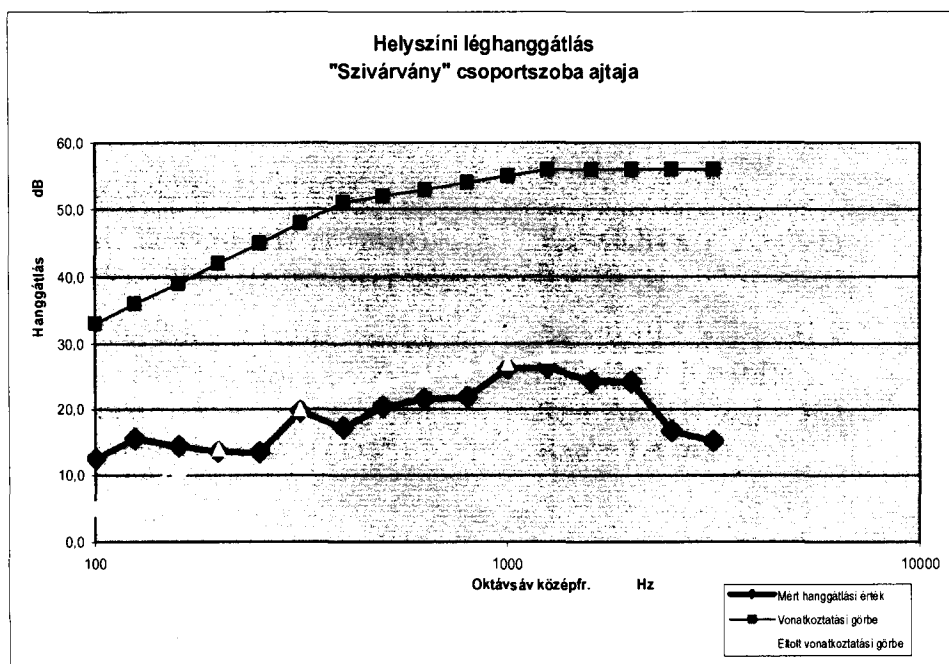
Teremállandó

$$R_T = A_e / (1 - \alpha_{\text{átl}}) = 52,9 \text{ m}^2$$

Diffúz/közvetlen hangtér sugara*

$$R_{\text{diff}} = 1,5 \text{ m}$$

- Helyszíni léghanggátlás vizsgálata**



4. ábra A „Szivárvány” terem ajtó helyszíni hanggátlása

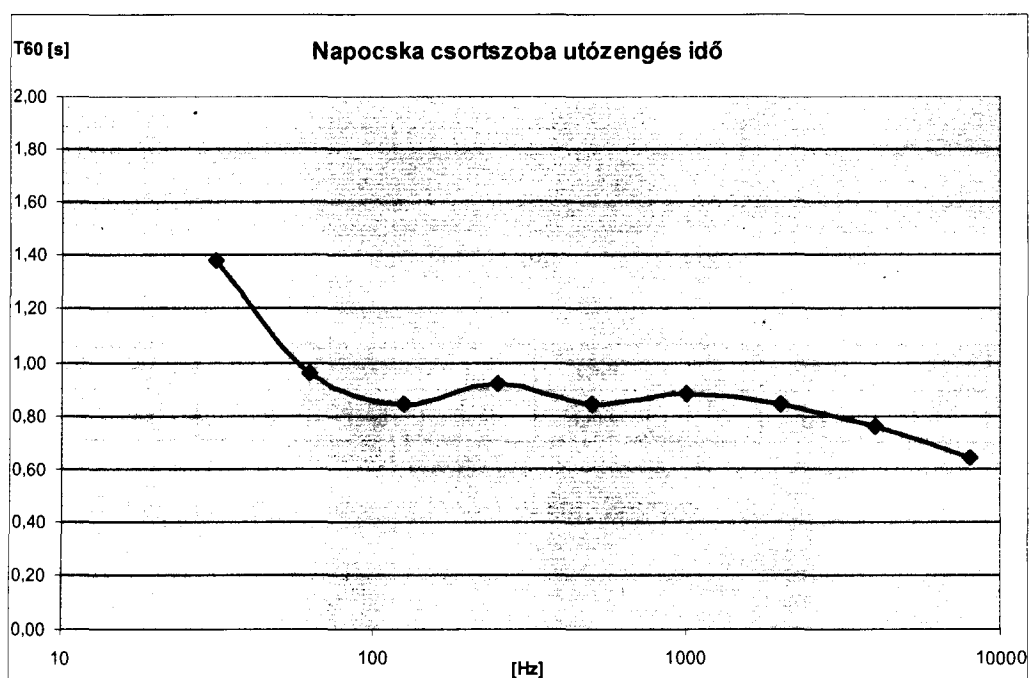
Az ajtó mért, helyszíni, súlyozott léghanggátlási száma: $R'_w = 24 \text{ dB}$

2.3. A „Napocska” foglalkoztató terem (29.sz. helyiség) vizsgálata

Geometriai adatok

A terem alapterülete: $T = 6,60 \cdot 7,7 \text{ m} = 51 \text{ m}^2$
 A terem térfogata: $V = 217 \text{ m}^3$
 Határoló felület: $F = 225 \text{ m}^2$

- Teremakusztikai vizsgálat**



fk,okt	Hz	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
T60 =	[s]	1,38	0,96	0,84	0,92	0,84	0,88	0,84	0,76	0,64

5. ábra A mért utózengési idő, oktávsávonként, „Napocska” csoportszoba

Számított akusztikai jellemzők:

Utózengési idő, $f=500$ Hz-en (mért) $T_{60} = 0,84$ s

Szórás a 250 – 2000 Hz tartományban: $\delta = 10$ %

Egyenértékű elnyelési felület: $A_e = 0,16 \cdot V/T = 41$ m²

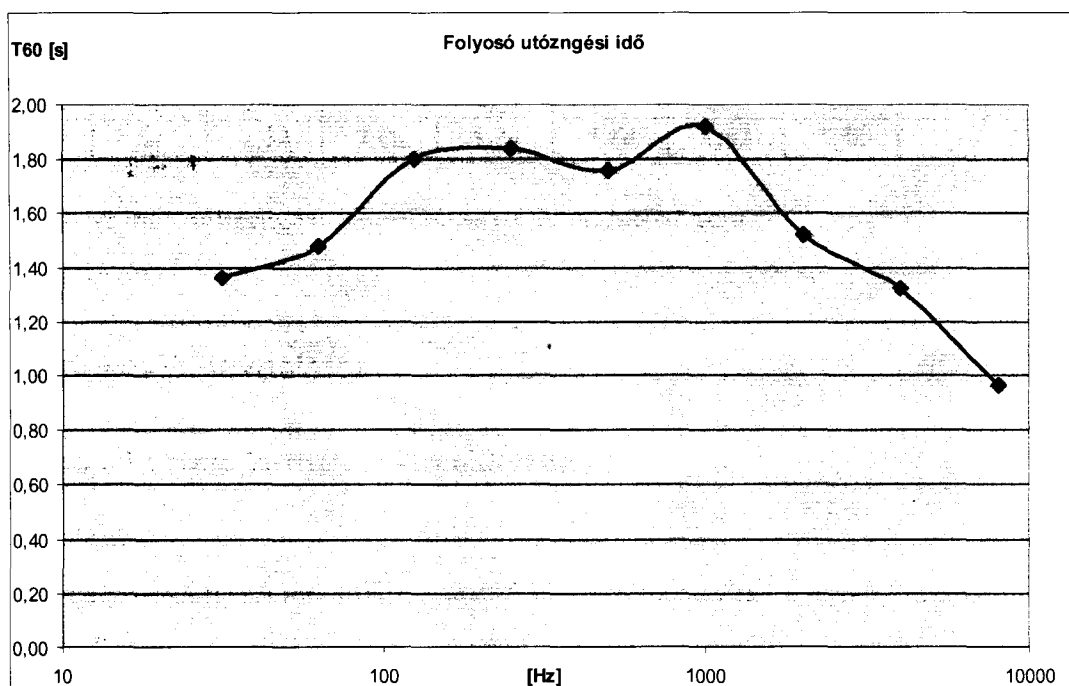
Átlagos elnyelési tényező $\alpha_{\text{átl}} = A_e / F = 0,19$

Teremállandó $R_T = A_e / (1 - \alpha_{\text{átl}}) = 50,6$ m²

Diffúz/közvetlen hangtér sugara* $R_{\text{diff}} = 1,4$ m

2.4. A Folyosó (02-Közlekedő) vizsgálata

• Teremakusztikai vizsgálat

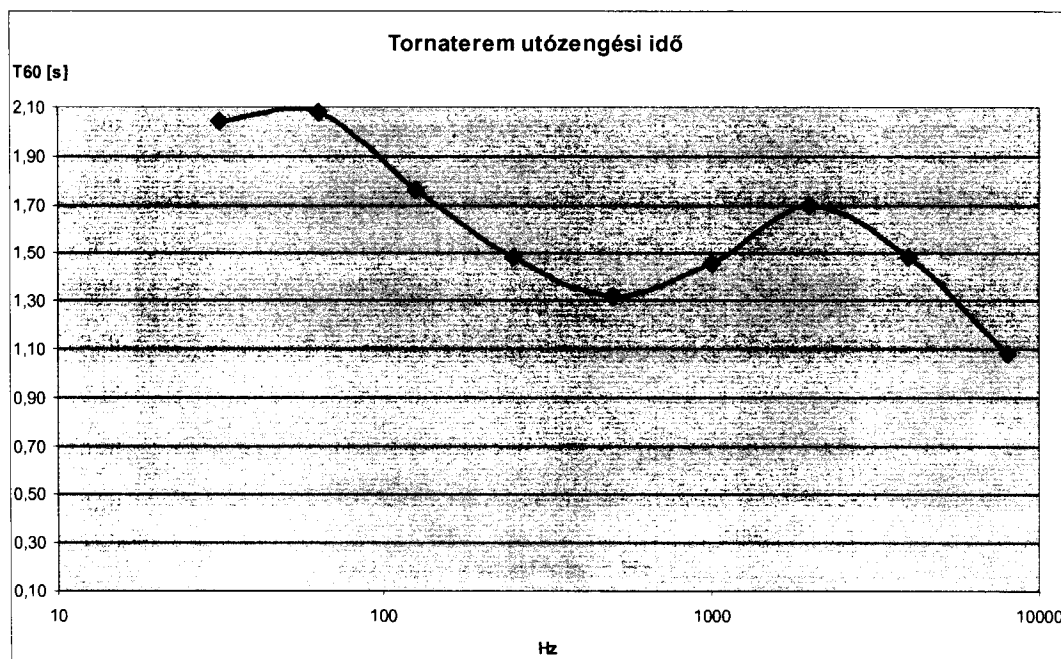


fk,okt	Hz	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
T60 =	[s]	1,36	1,48	1,80	1,84	1,76	1,92	1,52	1,32	0,96

6. ábra A mért utózengési idő, oktávsávonként, folyosó

2.5. A tornaterem (41-közösségi terem) vizsgálata

• Teremakusztikai vizsgálat



fk,okt	Hz	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
T60 =	[s]	2,04	2,08	1,76	1,48	1,32	1,46	1,70	1,48	1,08

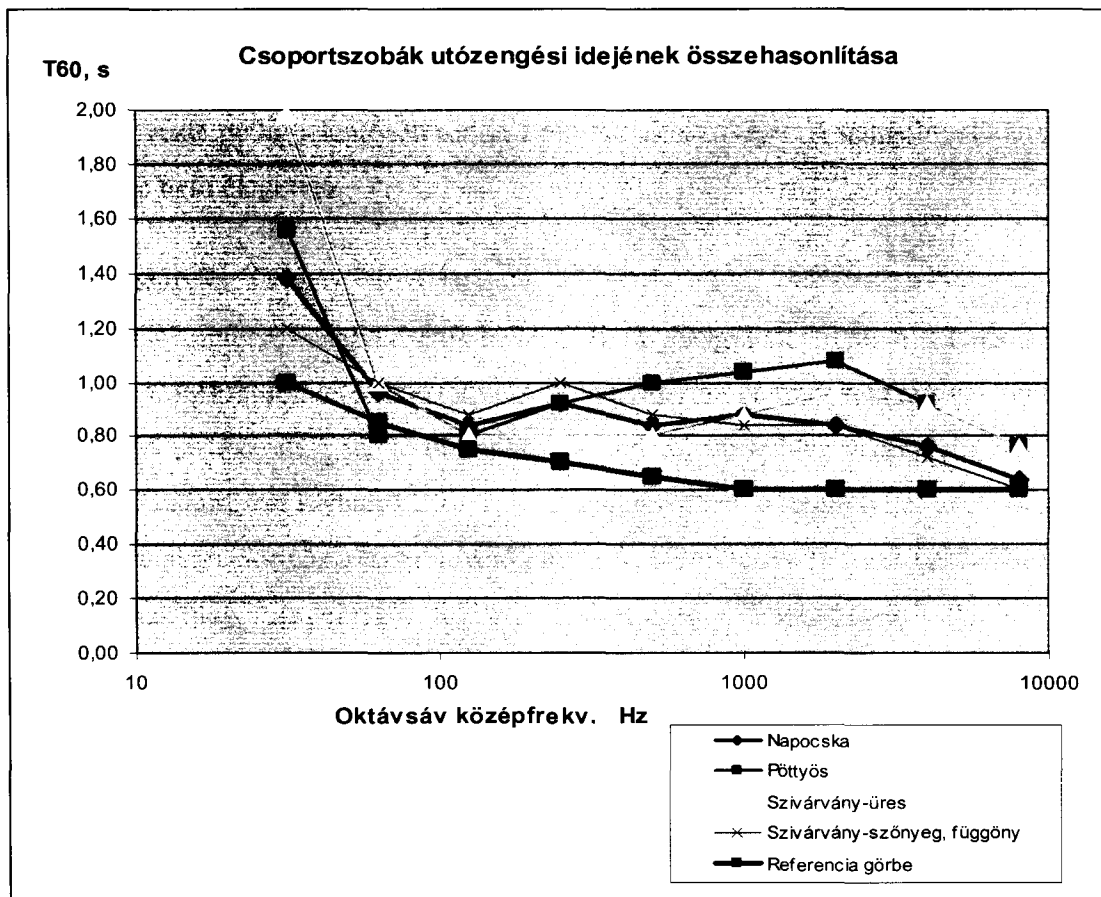
7. ábra A mért utózungési idő, oktávsávonként, tornaterem

3. Értékelés, javaslatok

3.1 Foglalkoztató termék belső akusztikája

• Értékelés

A beszédérthetőség szempontjából az $f=500$ Hz oktávsávban a 0,6-0,7 s közötti utózungési idő a megfelelő, ami az 250-2000 Hz tartományban nem mutat nagy ingadozást. A vizsgálat során a „Napocska (29. helyiség) csoportszobát találtam a legjobbnak, ennél az utózungési idő $T_{60}=0,84$ s, és az ingadozás a fenti tartományban 10% volt. Kissé magasabb az ideálisnál, de nem mutat nagy ingadozást és a mély frekvencián sem tapasztalható kiugrás. A „Szivárvány” és a „Pöttyös” termeknél egyrészt megjelenik a mélyfrekvenciás gerjedés, ami a közel négyzetes, 7*7 méteres alaprajznak megfelelően az 50 Hz környékén van, másrészt a beszéd szempontjából fontos tartományban kissé magasabb, viszont jóval nagyobb szórású az érték.



8. ábra A termék utózengési idejének összehasonlítása

A „Szivárvány” csoportszoba esetében az üres terem és a szalagfüggöny + szőnyeg együttes hatását is vizsgáltam. A szalagfüggöny és a szőnyeg a beszédértés szempontjából fontos 1-4 kHz tartományban javította a terem hangzását, de a többi frekvenciasávban érdemi hatása nem volt.

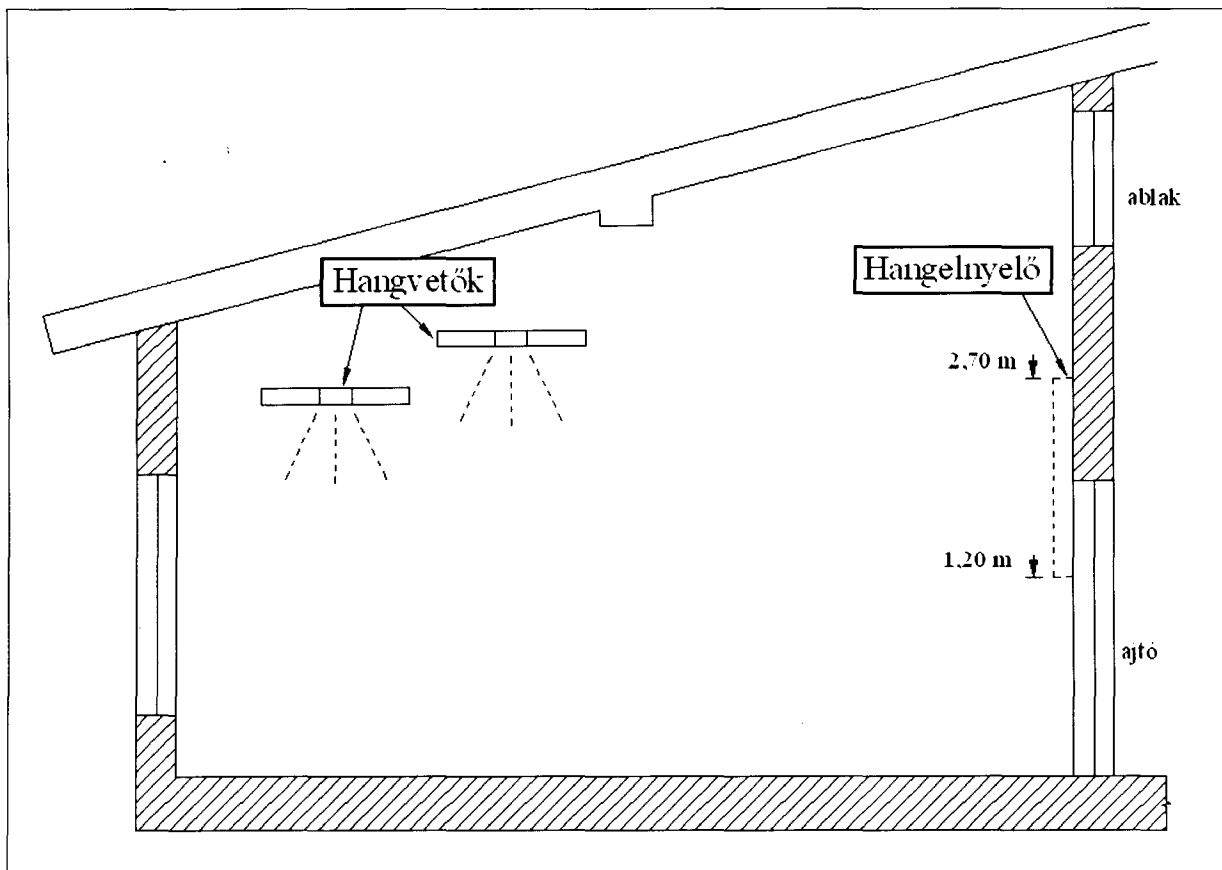
Az akusztikailag legjobbnak talált „Napocska” szoba alapterülete 6,60*7,70 méteres, több berendezési tárgy és elnyelő felület is található benne, mint a másik kettőben. A négyzetestől eltérő alaprajznak köszönhetően nem jelentkezik a mélyfrekvenciás gerjedés, és a jobb utózengési idők mellett érzékelhetően jobb a terem akusztikája.

A termék mennyezete 15%-os lejtéssel készült, ez (a jórészt alacsony hangelnyelésű felületekkel együtt) azt eredményezi, hogy a hangenergia a mennyezetről nem a beszélők fejmagasságába jut vissza, hanem többszörös visszaverődéssel oszlik el a teremben. A beszédérthetőség szempontjából legjobb hely a mennyezet legmagasabb pontjához közeli galéria, a legrosszabb hely pedig az ablak előtti padló.

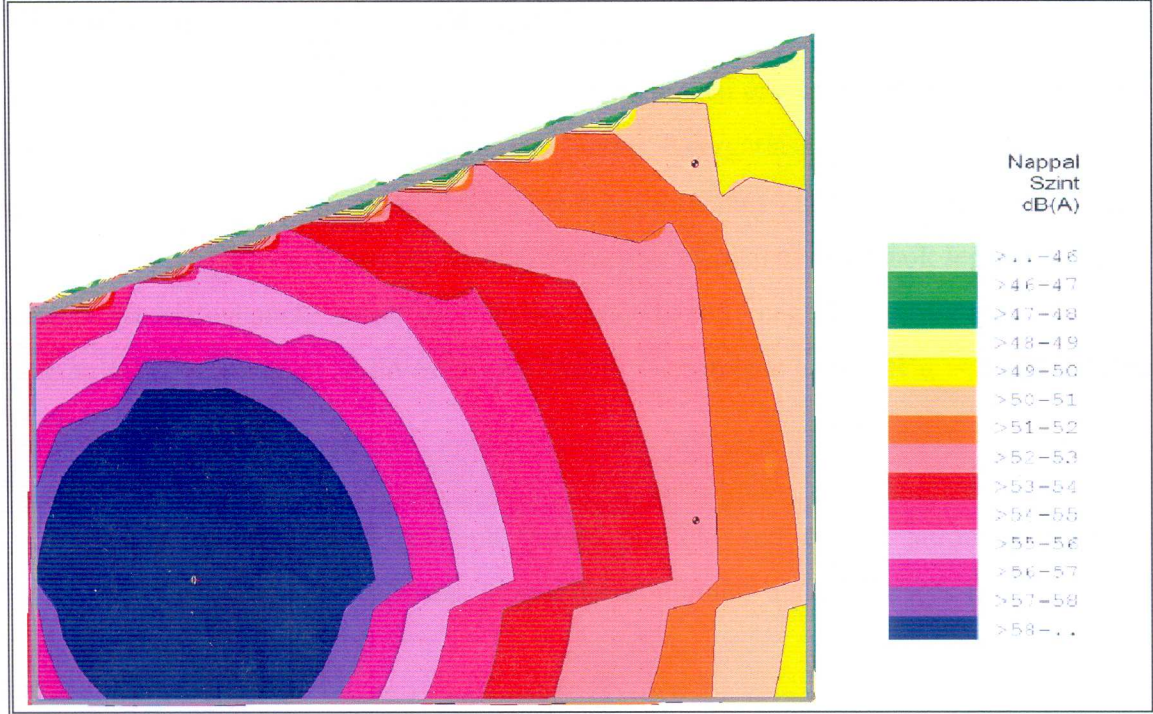
Összességében úgy ítélem meg, hogy a foglalkoztató termek akusztikai problémáit alapvetően a helyiségek geometriája okozza. Önmagában a négyzetes alaprajz sem kedvező (12. és 13. hely.), a ferde mennyezet pedig jelentősen rontja a termek akusztikáját. A hangelnyelő anyagok alkalmazása kedvező, de nem elegendő.

• **Javaslatok:**

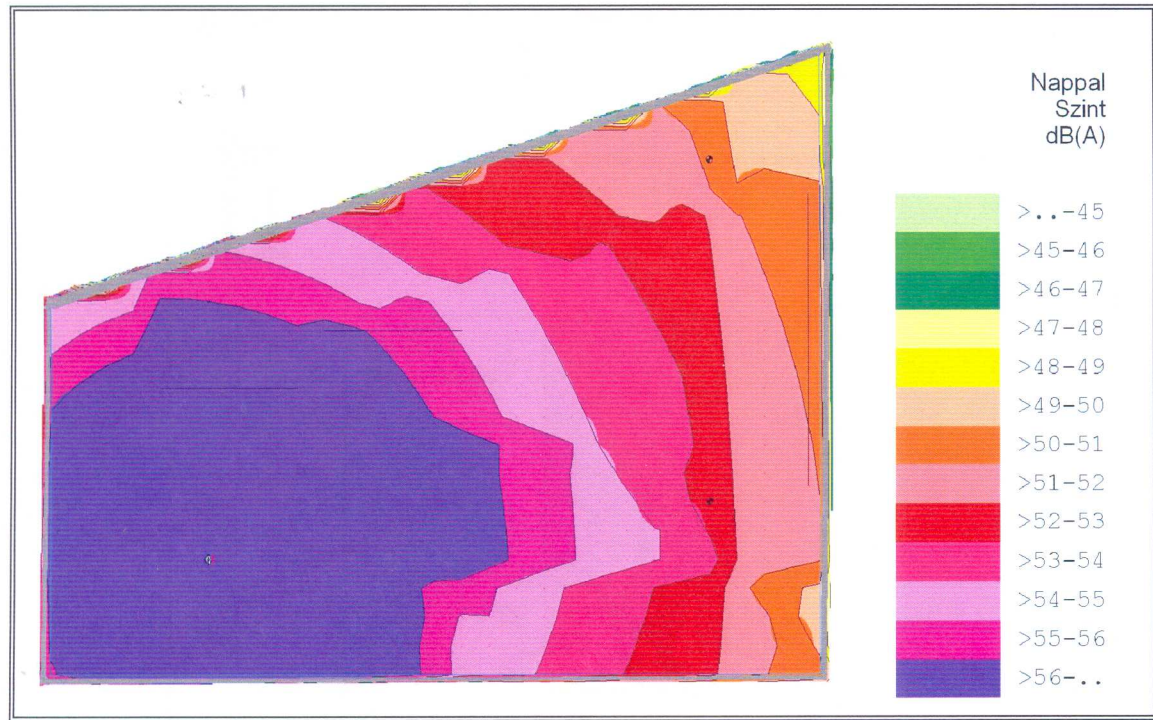
- A 7*7 méteres alapterületű termeknél (a vizsgáltak közül a 12. és 13. helyiség) a két hosszanti fal felületét szekrényekkel, nagyméretű berendezési tárgyakkal tagolni kellene.
- A fő tartózkodási tér fölötti világítótesteknél vízszintes visszaverő felületsávokat kellene kialakítani, két sorban 1,20 – 1,50 m szélességben, a terem teljes szélességében.
- Általában előnyös a hangelnyelő anyagok, berendezési tárgyak használata.
- Akusztikus hangelnyelő felületet felszerelése a folyosó felőli falon, $H = 1,20\text{--}2,70$ m magasság között, külön terv szerint. Ez kb. 10 cm vastagságú, $1,50 \times 1,50$ m méretű, perforált lemez felületű elemeket jelent.



9. ábra A csoportszobák termek akusztikai szabályozása



Szabályozatlan, alapállapot



Akusztikailag szabályozott terem

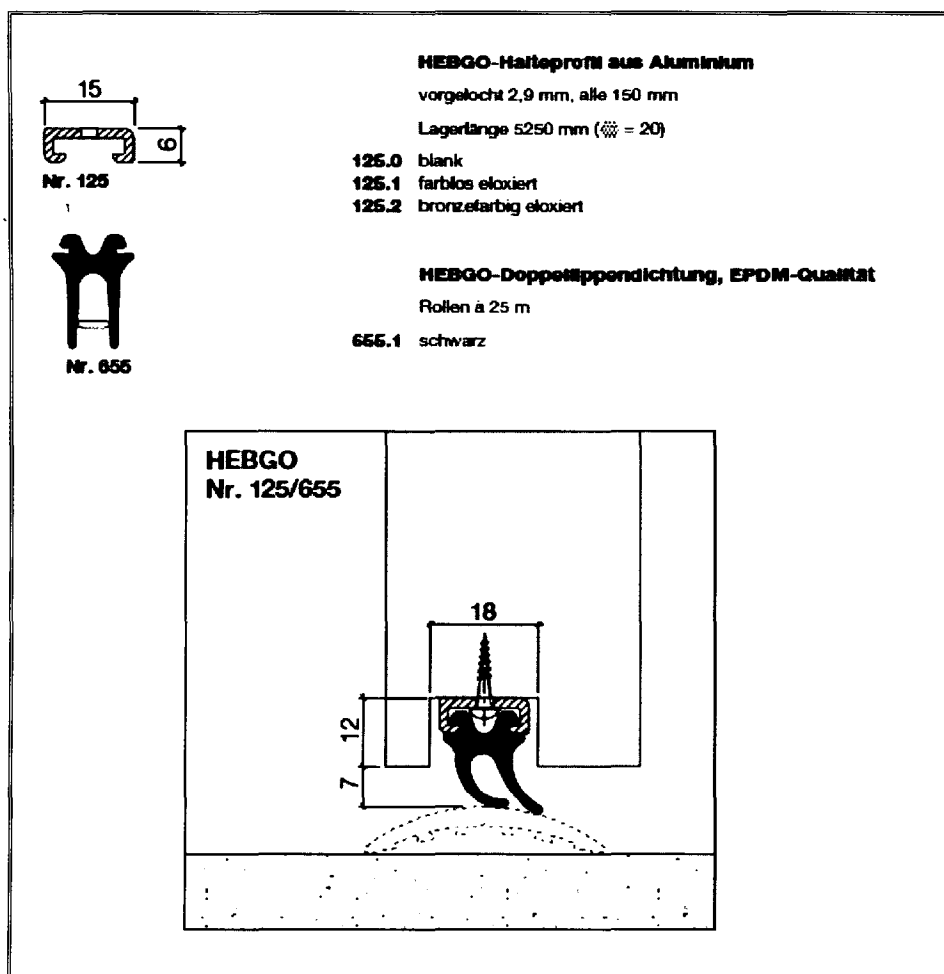
10. ábra Hangnyomásszint-eloszlás a foglalkoztató termekben. Alapállapot és az akusztikai szabályozás utáni állapot.

3.2 Foglalkoztató termék hangszigetelése

A falak és az ajtók az előírt laboratóriumi léghanggátlási értékeket (R_w) biztosítják, de a vizsgálat azt mutatta, hogy az ajtók tényleges, helyszíni hanggátlása (R'_w) lényegesen alacsonyabb a laboratóriumi értéknél. Ennek egyértelműen a botlásmentes kivitelezésű, küszöb nélküli ajtók és a padló között meglevő 4-8 mm rés az oka. Tömegük alapján az ajtólapok **legalább $R_w = 33-35$ dB** hanggátlást biztosítanak, a tok és a nyílászárny között megfelelő szilikongumi tömítés van. A hanggátlást egyértelműen padló és az ajtó közötti rés rontja le a mért **$R'_w = 24-27$ dB** értékre.

• **Javaslatok:**

- Az ajtószárnyak alsó felületét tömítő profillal kell ellátni: automata küszöbtömítő (pl. ELTON) vagy botlásmentes küszöbvel kombinált ajkos tömítés (pl. HEBGO) beépítése javasolt.



11. ábra. Ajtó alatti rés hangszigetelése HEBGO C 125 tömítőprofillal

3.3 Folyosó zajossága

A folyosó rendkívül nagy utózengési idővel rendelkezik, amit a nagy hossz méret, a kemény fal- és üvegfelületek okoznak. Ezért egy-egy zajforrás magas átlagos zajszintet eredményez. A hossz- és az összekötő keresztfolyosók kialakítása, közvetlen csatlakozása miatt pedig a zajok az egész épületet „bejárják”.

- **Javaslatok:**

- Célszerű lenne megvizsgálni annak a lehetőségét, hogy elválasztó ajtókkal (pl. lengőajtó) tagolható-e a folyosó. Elsősorban a kiszolgáló helyiségek (konyha) előtti és a foglalkoztató termek előtti folyosórészeket kellene különválasztani.
- Ahol a lehetőség adott (nincs felső bevilágítás), ott hangelnyelő álmennyezet, hangelnyelő burkolatok beépítése is csökkenti az átlagos zajszintet és foglalkoztató termek ajtaját terhelő zajt.

3.4 Tornaterem

A tornatermeknél a nagy, kemény felületek és a terem méretei miatt jellemző a nagyobb utózengési idő érték. A terem mérete és a használata jellege összhangban van a belső akusztikai minőséggel. Beavatkozást nem látok indokoltnak.

Összefoglalás

A vizsgálat alapján az épület zajosságával, a foglalkoztató termek zavaró akusztikai jelenségeivel kapcsolatos panaszt megalapozottnak találtam. Megítélésem szerint a problémát nem kivitelezési hibák, vagy a tervezettől eltérő anyaghasználat okozta, hanem alapvetően a terv szerinti kialakítás (helyiségek geometriája, a határoló felületek anyaga, folyosó kialakítása) idézte elő.

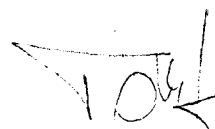
Utólagos javításra, a teremakusztikai jellemzők és a hangszigetelés tekintetében is van mód. Ezzel kapcsolatosan javaslatokat tettem az előző fejezetben. A beavatkozások sorrendjére az alábbiakban adok javaslatot, így a beavatkozások után észlelt akusztikai javulástól függően lehetőség van arra, hogy a legszükségesebb intézkedések valósuljanak meg.

Javasolt beavatkozási sorrend:

1. A csoportszoba ajtók hangszigetelésének javítása küszöbtömítéssel,
2. a folyosószakaszok tagolása ajtókkal,
3. a csoportszobák belső akusztikájának javítása,
4. a csoportszobák előtti folyosószakaszoknál hangelnyelő burkolatok (álmennyezet, falburkolat) beépítése.

Ezek a javaslatok csak az elvi megoldást mutatják be, a kivitelezéshez szükséges van a tervek elkészítésére, akusztikus és belsőépítész tervező bevonásával.

Gyula, 2011. augusztus 9.



Tóth Ferenc