

Cím: Otthoni lakószoba hangszóró elhelyezkedésének akusztikai tervezése számítógépes szimulációval

Kálmán József

Rádiórendszerek szakirány, főiskolai képzés

kalmanjoc@freemail.hu

belső konzulens: Dr. Wersényi György

bíráló:

Feladat:

- Röviden ismertesse a teremakusztikai alapfogalmakat, a hangszórók elhelyezését (2.0-tól 7.1-ig), iránykarakteristikáját, műszaki jellemzőit. Térjen ki a mélyfrekvenciás átvitel problémájára, az állóhullámok kialakulására, a „sweet point”-ból való kitérés okozta hibákra.
- Mutassa be röviden a CARA programot és az ide vonatkozó felhasználás módját. Írjon rövid, magyar nyelvű „használati utasítást”.
- A szoba méreteinek és bútorzatának ismeretében modellezze azt a CARA programmal és végezzen vizsgálatokat a meglévő hangszórók elhelyezését és annak optimalizálását illetően. Elsősorban 5.1-es rendszerre szorítkozzon, de megnézheti a 6.1 és 7.1-es elrendezés lehetőségeit is. Nézze meg, hogy van-e jobb elhelyezkedés, jobb típus a hangosítás megvalósításához.
- Rajzoltasson a programmal hangnyomásszint-eloszlás térképeket, különösen a mélyfrekvenciás átvitel vizsgálatára (50-200 Hz tartomány). Nézze meg a térképek alapján, milyen elrendezés és/vagy hangsugárzó típus lenne megfelelő. Mutassa meg, hogy miként jelentkezik az említett mélyfrekvenciás probléma a szobában különböző helyen ülve.

Államvizsga tárgyak:

Műszaki akusztika

Stúdiótechnika

TV és videórendszerek

Utolsó módosítás: 2008-03-21

TARTALOMJEGYZÉK

1. BEVEZETÉS	3
1.1 A TEREMAKUSZTIKA KIALAKULÁSA	4
1.2 TEREMAKUSZTIKAI ALAPFOGALMAK	7
1.2.1 Porózus elnyelés	9
1.2.2 Rezonáns elnyelés	9
1.2.2.1 Üreges (Helmholtz) rezonátorok	9
1.2.2.2 Membrán rezonátorok	10
1.3 INTERFERENCIA KIALAKULÁSA	11
1.4 A TERMEK ALAKJAI, ALAKJUKBÓL ADÓDÓ AKUSZTIKAI TULAJDONSÁGAIK	12
2. MI A HÁZI-MOZI?	15
2.1 HANGSUGÁRZÓK	15
2.2 „EGYDOBOZOS HÁZI-MOZI” A LEGEGYSZERŰBB MEGOLDÁS	17
2.3 AZ IGAZI HÁZI-MOZI RENDSZER	18
2.4 DIGITÁLIS HANGVETÍTŐ™ TECHNOLOGIA	19
2.5 A HÁZI-MOZI HANGSUGÁRZÓK.....	20
2.5.1 A hangsugárzók elhelyezése.....	21
2.5.2 A frontsugárzók elhelyezése.....	23
2.5.3 A surround sugárzók elhelyezése	24
3. A SZOBA.....	26
3.1 A SZOBÁBAN KIALAKÍTOTT HÁZI-MOZI	29
4. CARA A SZIMULÁCIÓS PROGRAM	33
4.1 CARA HASZNÁLATA EGYESZERŰEN.....	35
4.1.1 CARA indítása, szoba tulajdonságainak beállítása	36
4.1.2 CARACAD használata	39
4.1.2.1 Bútorozás.....	43
4.1.2.2 Speaker & Listener fül adta lehetőségek	45
4.1.2.3 Hangszórók létrehozása a CARA-ban	47
4.1.3 A CARACALC használata	49
5. TEREMAKUSZTIKAI VIZSGÁLATOK	52
5.1 A HANGSZÓRÓK ELHELYEZÉSÉNEK ÉS OPTIMALIZÁLÁSÁNAK SZIMULÁCIÓJA	52
5.1.1 Az alap hangszóró elhelyezés és optimalizált társa.....	53
5.1.2 A javasolt elhelyezés és optimalizált társa	57
5.2 MÉLYFREKVENCIÁS ÁTVITEL VIZSGÁLATA	59
5.3 AZ ELHELYEZÉS SZUBJEKTÍV VÉLEMÉNYEZÉSE.....	62
6. ÖSSZEFOGLALÁS	63
7. IRODALOMJEGYZÉK	64
8. FÜGGELÉK	65

1. BEVEZETÉS

Az ember első akusztikai élményei kétségkívül a szabad térben zajlottak. A természeti neszek és zörejek, az állatok hangja és végül saját hívójele, vadászati vagy harci riadója jelentős szerepet töltek be életében. De elég korán fölismerte a barlangban hangzó hangjelenségek lényeges eltérését a szabadban hallottaktól. A barlangi hang zengőbb, tömörebb, zeneibb hatása fölkelthette érdeklődését e hangoknak közös szórakozást szolgáló kihasználása irányában. De tény, hogy a szabadtéri és zárt téri hangesemények másként szólnak és másként hatnak ránk.

Általában a valamely térrészben lefolyó akusztikai jelenség törvényszerűségeit tárgyaló tudományt *térakusztikának* nevezhetjük. Manapság azonban sűrűbben találkozunk határolt térrészben kialakult akusztikai jelenségekkel, s erre a jelenségcsoportra a *teremakusztika* szakkifejezés alakult ki. A teremakusztika gyakorlatának kialakulása a történelem régi korszakaiba nyúlik vissza. Ma már csak feltételezésekkel képzelhetjük el valamiféle logikai rekonstrukcióját.

A ma hangeseményeit különösen kulturális hangeseményeket (mozi, színház) kétségkívül túlnyomórészt zárt terekben hallgatjuk végig. Mivel a hagyományos mozi a szélessávú internetet használók egyre nagyobb száma miatt kezd „kimenni a divatból”, ezért a fogyasztói társadalom igényeinek kielégítése céljából házunkba költöztethetjük a mozit. De a megfelelő hangélmény érdekében tervezni kell a rendszer elhelyezését, mely egy speciális feladat.

Dolgozatom célja, hogy ha valaki vesz egy „egydobozos házi-mozit” a lakásába akkor azt el tudja helyezni a optimálisabb pozícióba. Kihasználva a szoba adta előnyöket a legjobb hangélmény elérése céljából.

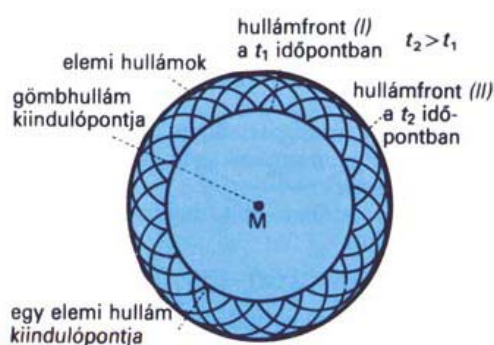
Ennek megtervezésére létezik egy speciális programmal a CARA (Computer Aided Room Acoustics – Számítógép Támogatott Teremakusztikai elemző). A legfontosabb funkcióinak és működésének rövid áttekintését a dolgozatom tartalmazza.

Ezzel a programmal egy konkrét lakószoba hangterének tervezését, majd beállítását is be fogom mutatni. Modellezve a szobát és a benne lévő bútorokat is, mellyel így már még pontosabb szimulálási eredményeket kaphatunk.

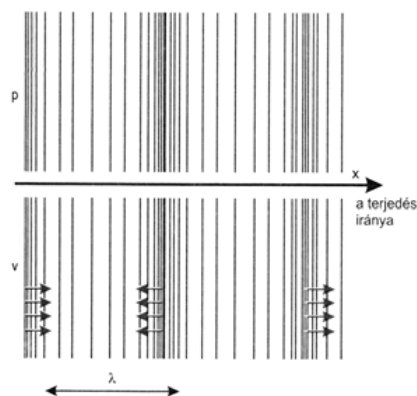
1.1 A teremakusztika kialakulása

Mindenapjainkban a szabadtéri hangterjedés vizsgálata rámutat számos olyan fontos terjedési tulajdonságra, amit a határoló felületek nélküli térben egyszerű példákon keresztül könnyebben érthetünk meg. A szabadtéri hangterjedés jellemzője, hogy a fizikai hang terjedését nem befolyásolja semmilyen elnyelő vagy visszaverő felület. A valóságban ez a legkevésbé teljesül (pl. a földfelszín visszaverő tulajdonsága, a levegő hangelnyelése). Ha egy hangforrást helyezünk egy határoló felületek nélküli térbe, az hangteret létesít maga körül. A hangforrásra a kisugárzott hangteljesítménye (L_w), míg a körülötte kialakuló hangtérre a hangnyomás (L_p) jellemző.

A forrás teljesítményszintje az $L_w(\text{dB})=10 \lg(W/W_0)$ ahol a $W_0=10^{-12} \text{ W}$, míg a térben kialakuló hangnyomásszint $L_p(\text{dB})=10 \lg(p_{\text{eff}}^2/p_0^2)$ ahol a $p_0=2 \times 10^{-5} \text{ N/m}^2$ (ami a hallásküszöb értéke is egyben) képletek alapján számolható. Hogy e kettő viszonyát megvizsgáljuk, figyelembe kell venni, hogy a hangforrás a tér mely részébe hangteljesítményének mekkora részét sugározza. Attól függően, hogy a hangforrásunk milyen kiterjedésű – a lesugárzott hullámhosszhoz viszonyítva –, beszélhetünk pontszerű és vonalszerű vagy felületi sugárzókról.



1. ábra Pontszerű sugárzó

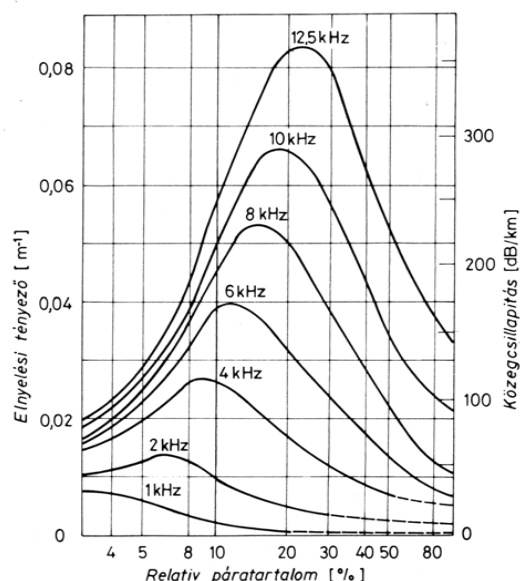


2. ábra Vonalszerű sugárzó

A pontszerű sugárzók a teljesítményüket a tér minden irányába gömbszimmetrikusan sugározzák. Irányítási tényezőjük 1. Ha a hangforrást valamilyen visszaverő felületre helyezzük (földfelszín) az irányítási tényezője 2 lesz, már csak a fél térbe sugároz. Ha a talajra merőlegesen emelt fal tövében helyezzük el a hangforrást, akkor már csak a tér negyedébe sugároz és irányítási tényezője 4. Míg a három határoló felület találkozási pontjában, a sarokban elhelyezetté 8. Ez azt jelenti, hogy a sarokba elhelyezett hangforrás akkora hangnyomásszintet létesít, mint a nyolcszoros teljesítményű teljes gömbsugárzó.

A vonalsugárzókra is érvényesek az előbb tárgyalt irányítási tényező változások. A lényeges különbség a távolság megkétszerezésénél jelentkezik, hiszen itt csak 3-4 dB

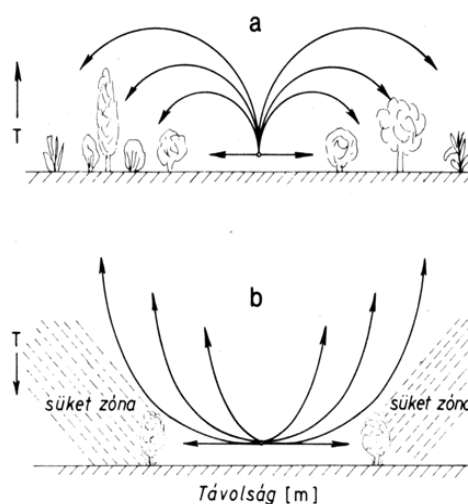
lesz a hangnyomásszint csökkenés. A hangforrás hangteljesítményszintje és a tér hangnyomásszintje közötti kapcsolat függ a tér állapotától (hőmérséklet, páratartalom, szél). A levegőben egy hangforrás által keltett és tovaterjedő hang a levegőrészecskék sűrűlódása miatt csillapodik. Ezt a csillapító hatást a levegő hőmérséklete és relatív páratartalma befolyásolja. A hőmérséklet növekedésével és a relatív páratartalom csökkenésével a csillapítás növekszik, ami a mélyhangok esetében nem, de a magasaknál nagyobb távolságú terjedésnél frekvenciafüggő intenzitás csökkenést eredményez (3. ábra).



3. ábra Intenzitás változás különbsége a frekvencia függvényében

A levegőben a hang terjedési sebessége 15 °C-on 340 m/s, és a hőmérséklet növekedésével nő. Az általában előforduló nyomás és páratartalom változások a hang sebességére nincsenek számottevő hatással. A különböző hőmérsékletű légrétegekben a hang más-más sebességgel terjed. Két különböző hőmérsékletű közeg határfelületén mindig a hidegebb felé törik.

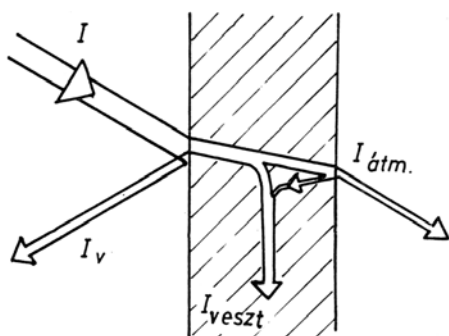
A 4-a ábrán egy tavasszal bekövetkező esetet láthatunk, mikor a beszéd igen nagy távolságokra is hallhatóvá válhat, a hideg földfelszín feletti meleg légtömegeknek köszönhetően. A 4-b ábrán a különösen meleg nyári napokon szabadtéri előadásoknál bekövetkező esetet látjuk, ahol az embertömeg által sugárzott hő miatt a hang elhajlik a magasabban lévő hideg levegőrétegek felé. Ezért is tervezték például a görögök olyan meredeken a színházuk ülősorait. A terjedésre hatása van a szélnek is. A szél irányából a hang terjedési sebességéhez a szél sebessége hozzáadódik, ezáltal messzebbre hangzik, míg vele szembe kivonódik, és a hang elhal. A szél felőli oldalon „süket” zóna is keletkezhet, ez a hatás azonban annyira időleges, hogy számításba vétele nem indokolt.



4. ábra Hang terjedése különböző hőmérsékletű közegekben

A belső terek akusztikájának a vizsgálata lehetővé teszi a hangforrás és az általa a helységben kialakuló hangnyomásszintek, a hangnyomásszintek helyfüggőségének, dinamikai tulajdonságainak (pl. visszhangosság) a vizsgálatát. A helység méreteinek, alakjának és határoló felületeinek a viszonyát a teremben kialakuló akusztikai körülményekkel. A szabadtéri terjedés során említett hang elhajlási tulajdonsága a felületekkel határolt térben is jelentős. Egy nem megfelelően szellőztetett teremben, ahol a hőmérséklet emelkedik, a hanghullámok elhajlása miatt számos teremhangtanilag fontos mennyezeti visszaverődés megszűnhet.

Ha fordított a hőmérsékleti viszony, a közönség kevesebb közvetlen hangenergiát kaphat, a fölfelé elhajló hangsugarak miatt. Emiatt kell az ülésorokat felfelé emelkedővé tervezni. Már a görögök is alkalmazták az akusztikai tereknek a geometriai tervezését, mellyel a térben kialakuló hanghullám terjedés igen jó közelítéssel modellezhető. Fermat (XVII. század) felismerte, hogy a hang két pont között a legrövidebb úton, egyenes mentén terjed. Ez az egyenes vonalú terjedés csak homogén térben valósul meg. Ha téren belül a terjedési sebesség változik (hőmérséklet különbségek) akkor az inhomogén térben a hangsugarak elhajlanak. Ennek felismerése Huygens és Fresnel nevéhez fűződik (XVII. század).



5. ábra Visszaverődés

A belső terek másik legfontosabb hangjelensége a visszaverődés (5. ábra). Ha egy hanghullám (I) falba ütközik, az energiája három részre oszlik. Első része visszaverődik (I_v). A visszaverődés olyan irányú, mintha a fal mögött egy virtuális sugárzó, a tényleges forrás tükörképét sugározná. A második része belép a falba (I_{veszt}). Ott egy része elnyelődik, hővé alakul. Harmadik része kilép a falból és tovább halad (I_{atm}). A kilépés előtt igen kis része még egyszer visszaverődik és elnyelődik. A visszavert, hővé alakult és átmenő energia összessége a belépő hanghullám intenzitásával egyenlő.

A különböző anyagokat az általuk vissza nem vert, elnyelt energia alapján az elnyelési fokkal jellemezzük. Az elnyelési fokot %-ban szokták megadni, és értéke függ a fal anyagától, hanghullám beesési szögétől és a frekvenciától. A 0 elnyelési fokú anyag minden energiát visszaver, ilyen például a csiszolt márvány. Az 1-es elnyelési tényező a teljesen porózus anyagokra jellemző, ahonnan semmilyen energia nem verődik vissza. A sima betonfal átlagos elnyelési tényezője a hallási frekvencia tartományban: 0,01-0,03%, Az ablaküveg: 0,25-0,05%, szőnyegpadló: 0,05-0,4%, vastag függöny: 0,09-1%, nyitott

ablak: 1-10%. Egy teremben kialakuló hangnyomásszintre döntő befolyással vannak a terem határoló felületek elnyelési fokai. A különböző borítású falak elnyelési fokainak az összegzéséből és a falfelületek nagyságából megkaphatjuk a teremállandót $R_T = A(\alpha/1-\alpha)$ (m^2), ami jellemző a terem méretére és a felületeinek az elnyelési fokára.

1.2 Teremakusztikai alapfogalmak

Az előzőekben láthattuk, hogy a hanghullámok egy terem falairól visszaverődnek és ezáltal a terem minden pontján különböző irányú és intenzitású hanghullámok haladnak keresztül. Eszerint megkülönböztethetünk kétféle hangteret, a diffúz és a közvetlen hangteret. A közvetlen hangtérben a hangnyomásszint a hangforrás teljesítményétől, míg a visszavert térben a teremállandótól is függ. Amikor egy teremben egy hangforrást bekapcsolunk az először a közvetlen hangteret hozza létre. Ezután a falakról visszaverődve létrejön a visszavert hangtér is.

A két tér egymásra hatásának köszönhetjük a bennünk kialakuló térérzetet, irányérzetet, távolságérzetet. A teremben a hangnyomásszint mindaddig növekszik, amíg a hangforrásból kilépő teljesítmény nagyobb, mint az elnyelődés során fellépő veszteség. Egy idő után a szint állandó marad mindaddig, amíg a hangforrást ki nem kapcsoljuk. A hangforrás kikapcsolása után a hangnyomásszint csökkenése a falak hangelnyelő tulajdonságaitól függ, ha ez nagy, a csökkenés gyors lesz. Ha a terem állandósult hangnyomásszintjénél kikapcsoljuk a hangforrást és megmérjük azt az időt, amíg a terem hangnyomás szintje 60 dB-t (ezred részére) csökken, akkor megkapjuk a terem utószengésének idejét (6. ábra).



6. ábra Utószengési idő

Sabine-képletet gyakran használják egy terem utószengési idejének megbecslésére:

$$T = \frac{0,16V}{4mV + S\alpha}$$

ahol

V = a terem térfogata

$4mV$ = hangelnyelés

S = a szoba felületeinek teljes nagysága

α = a hangelnyelési együttható középértéke

4mV-t vesznek figyelembe a nagy termekben, de elhanyagolható a kis termekben. Ha a hangelnyelés elhanyagolható mértékű, akkor az utózengési idő meghatározható a terem hangelnyelésének összegéből a terem térfogata arányában. A hangelnyelés értéke, vagy a hangelnyelő terület egy középértékként vehető figyelembe úgy, mint fent, és kiszámítható az alábbi egyenlet szerint.

$$T = \frac{0,16V}{A}$$

A = az összes elnyelő felület = $S_1\alpha_1 + S_2\alpha_2 + S_3\alpha_3 + \dots$

Olyan termekben, ahol az utózengési idő nagy, a még zengő hang elfedi, vagy zavarhatja a később kisugárzottat. Ez rontja a beszéd érthetőségét, a zenei reprodukciót. Előadótermekben, színházakban a legkedvezőbb utózengési idő 400-4000 Hz között a $T=0,4\lg V$ képletből számolható.

Az utózengés idejét a felületek hangelnyelésével csökkenthetjük, például stúdiókban. A hangelnyelés a hangenergia csökkentését jelenti, amely a hanghullámok kinetikus energiájának átalakítása hőenergiává. Egy anyag hangelnyelési kapacitását az abszorpciós együtthatóval lehet kimutatni.

Az abszorpciós együttható egy anyag hangelnyelési kapacitásának kimutatására szolgál, amely azt adja meg, hogy a hanghullám mozgási energiájának hányad része nyelődik el és alakul hővé. Ez fontos tényező a teremakusztikában, különösen az utózengési idő kiszámításánál.

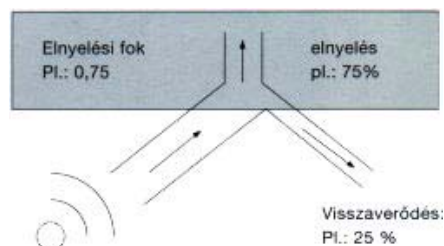
Az abszorpciós együtthatót (α) százalékban adjuk meg, ami a továbbított és elnyelt energia összege elosztva a beérkező hangenergia összegével.

Az abszorpciós együttható 0% lesz, ha a hanghullám energiája visszaverődik, amint a felületbe ütközik. Ha minden energia elnyelődik és/vagy átadódik, az abszorpciós együttható 100% lesz.

Bizonyos mértékű hangelnyelés természetesen létezik egy teremben. Minden építőanyagnak van bizonyos elnyelési kapacitása. Függönyök és egyéb textíliák, kárpitozott bútorok és az emberek is hozzájárulnak a hangelnyelés összértékéhez. Ezt hívjuk természetes hangelnyelésnek. Egy hanghullám magas frekvenciájú energiájának egy kis része elvész a légelnyelés által.

A természetben jelenlévő hangelnyelés azonban soha nem elegendő. Ekkor van szükség a hangelnyelő anyagok használatára. A kereskedelmi hangelnyelő anyagok számos fajtája található meg a piacon.

A hangelnyelési fok meghatározza, a visszavert és elnyelt hangenergia viszonyát (7. ábra). Ennek megfelelően a 0 érték a teljes reflexiót jelenti, míg az 1 a teljes elnyelést.



7. ábra Elnyelési fok

Ha a hangelnyelési fokot megszorozzuk 100-zal, akkor a hangelnyelést %-ban kapjuk, pl.:

$\alpha=0,75$ megfelel 75%-nak (ennek megfelelően 25% a visszaverés). Az elnyelésnek két fő típusa van: porózus elnyelés és rezonáns elnyelés.

1.2.1 Porózus elnyelés

A porózus elnyelés olyan anyagokban érhető el, amelyek nyílt, levegős pórusúak. Ilyen anyagok például az ásványgyapot, textíliák, kárpitozott bútorok, lyukacsos rostlemezek, néhány burkolóanyag stb.

Az abszorpció együttjár a frekvenciával együtt növekszik. Az ilyen típusú elnyelők a legfontosabbak, amikor az általános zaj megszüntetéséről van szó.

A hatékony porózus hangelnyelés egy másik alapfeltétele természetesen az, hogy az anyag felülete akusztikailag nyitott legyen.

1.2.2 Rezonáns elnyelés

A rezonáns elnyelés nem úgy függ az anyag tulajdonságaitól, mint a porózus elnyelésnél. Itt az elnyelés a rezgő rendszer energiavesztéséből ered.

Az abszorpció együttjár nem növekszik a frekvenciával, mint a porózus elnyelőknél, hanem van egy maximuma a meghatározott frekvenciánál, a rezonancia frekvencia.

Kétfajta rezonátor létezik: membrán és üreges (Helmholtz) rezonátor.

1.2.2.1 Üreges (Helmholtz) rezonátorok

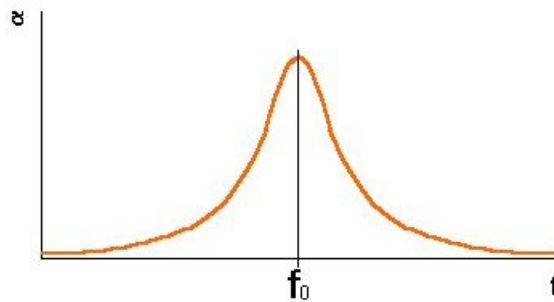
Egy üvegpalack például üreges rezonátor. Itt a zárt levegőmennyiség az üvegpalack széles része és a szűk nyílás a palack nyaka.

Egy egyszerű üreges rezonátor áll egy zárt levegőmennyiségből, amely egy szűk nyílású teremhez kapcsolódik.

A hanghullám, ami az üreges rezonátor nyílásához ütközik, mozgásba hozza a nyílásban lévő levegőt (palack nyaka). A folyamat ugyanaz, mint a membrán rezonátornál, csak itt egy kis levegőmennyiség rezeg egy nagyobb levegőmennyiség tetején. A rezgő rendszernek is van rezonancia frekvenciája, amit a két levegőtérfogat relatív alakja határoz

meg. Egy üreges elnyelő hangelnyelése egy szűk frekvenciasávban koncentrálódik a rezonancia frekvencia körül.

Helmholtz hangelnyelő rezonancia-frekvenciája:



$$f_0 = \frac{c}{2\pi} \sqrt{\frac{S}{V(l + \frac{\pi}{2}b)}}$$

ahol

f_0 = rezonancia frekvencia (Hz)

c = hang sebessége (340 m/s)

S = nyak nyitott része (m^2)

V = üreg térfogata (m^3)

l = nyak mélysége

b = nyak nyílásának sugara

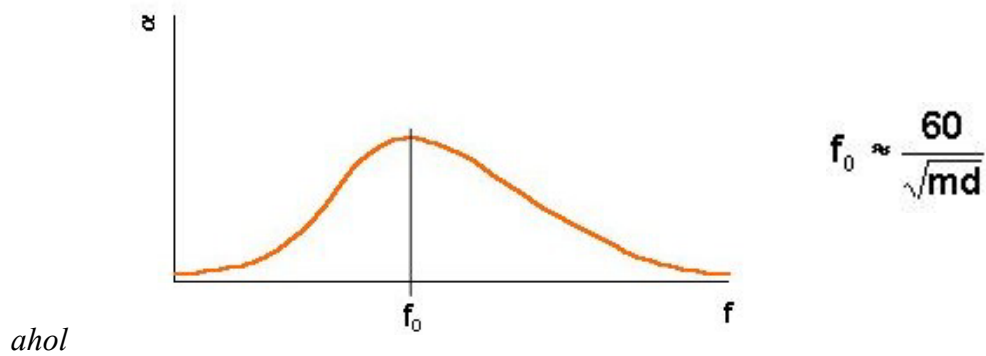
Egy üreges rezonátor nem feltétlenül egy különálló egység. Perforált lemezek és hornyolt hangelnyelő anyagok is üreges rezonátorként működnek. A rezonancia frekvencia kiszámítása ilyenkor valamivel komplikáltabb.

1.2.2.2 Membrán rezonátorok

A membrán rezonátor egy vékony, tömör lemez, amely bizonyos távolságban van a merev faltól és közöttük zárt légtér van.

Amikor a hanghullám a rendszernek ütközik, a membrán mozgásba lendül. A membrán mögötti légtömeg megpróbál ellenállni ennek a mozgásnak. A membrán rezgési amplitúdója és a légtömeg ellenállása is függ a frekvenciától. Egy bizonyos frekvencián a rezonancia frekvencia, a membrán rezgésének amplitúdója és a légtömeg ellenállása közötti kapcsolat eléri a maximális szintet. A nagy amplitúdó és a kismértékű ellenállás a mozgással szemben nagy energiavesztést okoz a rezgő rendszerben. A membrán hangelnyelő abszorpciós együtthatója ezáltal eléri a maximumot a rezonancia frekvencián.

Membrán hangelnyelő rezonancia-frekvenciája:



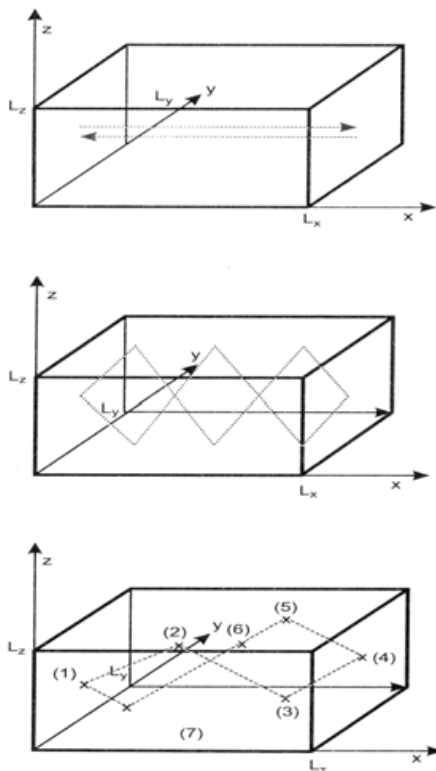
ahol

f_0 = rezonancia frekvencia (Hz)

m = felületi tömeg (kg/m^2)

d = membrán és merev fal közötti távolság (m)

1.3 Interferencia kialakulása



8. ábra Interferencia kialakulásának típusai

Még egy fontos teremjellemzőnk van, ami jelentősen befolyásolhatja a teremben kialakuló hangnyomásszintet. Egy párhuzamos falakkal rendelkező teremben a falak között a méretekkel egész számú viszonyban álló fél hullámhossznak megfelelő frekvenciákon kialakuló állóhullámok miatt a hangenergia eloszlása nem egyenletes. A megfelelő frekvenciával gerjesztve, és téglatest alakú termet feltételezve, három állóhullám rendszer tud kialakulni.

Általában a hangforrások nem egy adott frekvencián sugároznak, hanem széles spektrumot átfogva, így számos frekvencián alakulhatnak ki interferenciás pontok (8. ábra). Magas frekvenciáknál ez kevésbé zavaró, mert az interferenciás pontok elég közel esnek egymáshoz, de mély frekvenciákon igen zavaró lehet a jelenség.

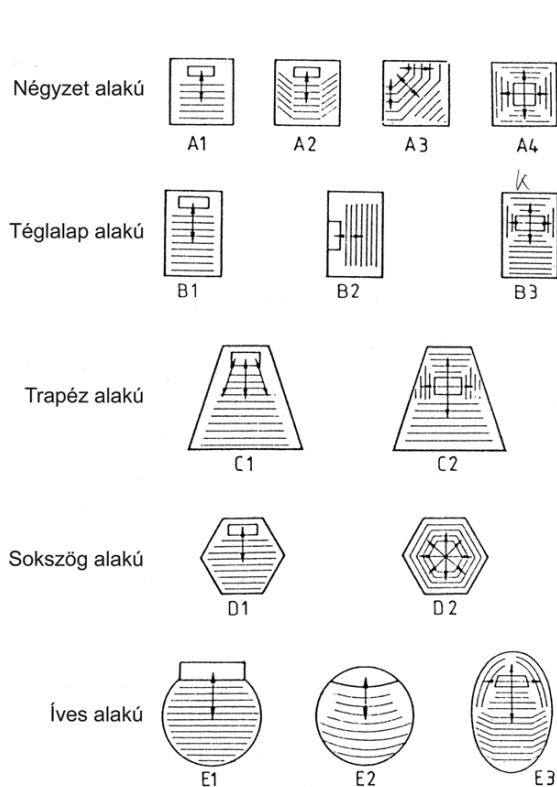
1.4 A termék alakjai, alakjukból adódó akusztikai tulajdonságaik

Egy épület belső tereinek kialakítása során számos építészeti és akusztikai irányelvnek kell teljesülnie ahhoz, hogy mind a funkcionalitás, mind a belső hangzás szempontjából megfelelő létesítmény jöjjön létre.

Aszerint, hogy milyen felhasználású termet vizsgálunk, különböző alakokkal, méretekkel, és belső burkolatokkal találkozunk. Itt érdemes megemlíteni, hogy általános célú olyan „mindenre alkalmas” terem nem létezik, ill. ha mégis, akkor mindenre alkalmatlan.

És egy alapjaiban rossz akusztikával rendelkező teremben sajnos lehetetlen az elektronikus hangosítással pótolni azt, amit a terem nem „tud”.

Akusztikai környezetünket szubjektív és objektív paraméterekkel jellemezhetjük. A szubjektív paraméterek, a beszédérthetőség, a szótagérthetőség, a zengőség, a térszerűség, a teremnagyság érzete. Az objektív jellemzők a méretek és méretarányok, a térfogat, a forma és az utózungési idő. Az épületek belső terének felosztása során alakulnak ki a termék alaprajzai. Számtalan alaprajz lehetséges, de sajnos tökéletes teremalak nem létezik, viszont vannak igen kedvezőtlenek, mint például a négyzet, ahol kis termeknél a falak aránya okozza a gondot (nagy számú, erős állóhullámok).

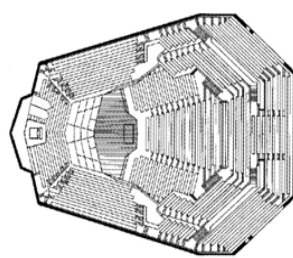


9. ábra Különböző terem alakok

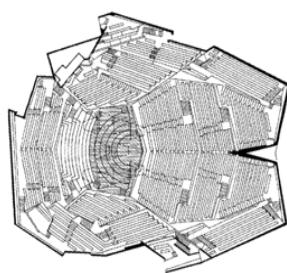
A 9. ábrán az A1, A2, A3 esetben a direkt hangeloszlás még igen jó, de az A4 esetében a beszélő előtti és mögötti hangeloszlás több mint 12 dB különbséget is mutathat. A téglalap alaprajz esetében a B1 ideális, csak a terem végében csökken az érthetőség számottevően. A B2-nél igen nagy a hangeloszlás különbség a terem egészében. A B3 az A4 esetét vetíti újra fel. A klasszikus téglalap alakú alaprajz általában beválik. A hangforrások enyhén irányított természetéből adódóan, a láthatóság növelése, és a hosszanti méretek csökkentésének szükségessége miatt (hangelnyelés) jött

létre a trapéz és patkó alakú alaprajznál. Ezek sok előnyös tulajdonságuk mellett, ha túl

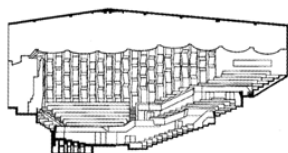
szélesre nyílnak az oldalsó falak elvesztik a fontos hangenergia fókuszáló szerepüket. A szabályos sokszög alakú termek a hátrányos alakok közé sorolandók, mert az előző alakokkal ellentétben itt csak a nézőtér hátsó felére érkezik a falakról visszavert hang, így az egyes részekben különböző térérzet alakul ki. Átalakításukkal B1 vagy C1-hez hasonló termek építhetők belőlük. A D2 az A4-hez hasonló problémákkal küzd. A kör, ellipszis, vagy ívelt hátsófalú termek esetében, ha az oldalfalak fókuszáló hatását nem ellensúlyozzák más megoldásokkal (páholyok, diffúz felület) igen előnytelenek lehetnek.



A. Gewandhaus Leipzig, ground plan.



C. Philharmonie Berlin, ground plan.



B. Gewandhaus Leipzig, longitudinal section.



D. Philharmonie Berlin, longitudinal section.

10. ábra Szabálytalan sokszögű teremalakok

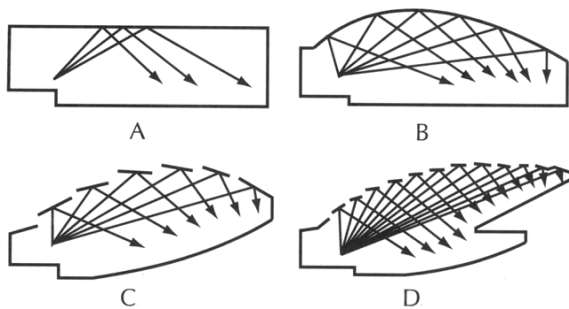
koncerttermekben igen jó akusztikai eredményeket érnek el (10. ábra).

A terem méreteinek és formájának tervezésével igen pontosan beállítható a kialakuló közvetlen hang és a visszaverődések időkéésésének ideje. Ez az érték nem lehet több 17 méternél, biztosítható az egyenletes hangeloszlás, és elkerülhető a zavaró visszhang kialakulása. Az oldalfalokról érkező visszaverődések kitüntetett szerepet játszanak a helyes iránymeghatározásban. Ezek a visszaverődések segítik a szélső hallhatóság energiapótlását, növelik a teremben a térérzetet. Fontos, hogy a visszavert hang energiájának jóval kisebbnek kell lennie, mint a közvetlen hangnak, és hogy az iránymeghatározást ne zavarják, elnyelő felületeket alkalmaznak.

A hátsó falakról visszaverődött nagy utat megtevő vagy az íves felületekről koncentrálódott hang is veszélyt jelent. Ennek kiküszöbölésére diffúz és elnyelő felületkiképzést alkalmaznak. A terem magasságának értéke az alapterületből és a szükséges térfogathoz adódik. A mennyezet magasságának meghatározásánál nagyon lényeges, hogy az onnan érkező visszaverődéseknek később kell érkezniük, mint az oldalfalról érkezőknek. A közvetlen és a mennyezetről visszaverődött hang időkülönbsége nem haladhatja meg a 25 ms-ot. A mennyezet irányító képességét kihasználva növelhető a

A legújabb tervezések rámutattak a szabálytalan sokszögű alaprajz hatásos jellegére. Ezekben a termekben nincsenek párhuzamos felületek, sok a ki- vagy behajló falfelület, a közönséget blokkokban több szinten helyezik el. Ezzel az igen újszerű, érdekes alakokkal és beültetéssel a

hátsó hallgatóság hangenergia-ellátása. Az ideális magasság zenei előadótermekben 4-5 m, a maximum 12 m.



11. ábra Hangelnyelők, hangvetők alkalmazása

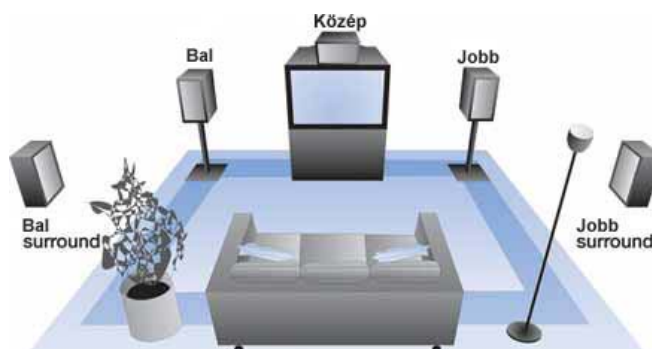
Ha egy olyan, már meglévő teremben szeretnénk javítani az akusztikai viszonyokat, ahol zavaró, nagy időkésésű visszaverődéseket tapasztalunk vagy egyenetlen hangeloszlást, hangelnyelő vagy hangvető felületek alkalmazásával látványos eredmények érhetők el. A

hangelnyelő felületekkel csökkenthetjük az utószengést is.

A 11. ábrán látható hosszú idejű visszaverődéseket csökkenthetjük csak hangelnyelők, csak hangvetők, vagy mindkettő együttes alkalmazásával.

2. Mi a házi-mozi?

A házi-mozi egy hang- és képlejátszó rendszer, mely otthonunkba viszi az igazi mozik látvány- és hangélményét (12. ábra). A házi-mozi lehet *egyszerű*, ami a lakószobában lévő TV készülék köré felállított surround hangrendszerből áll csupán, és lehet

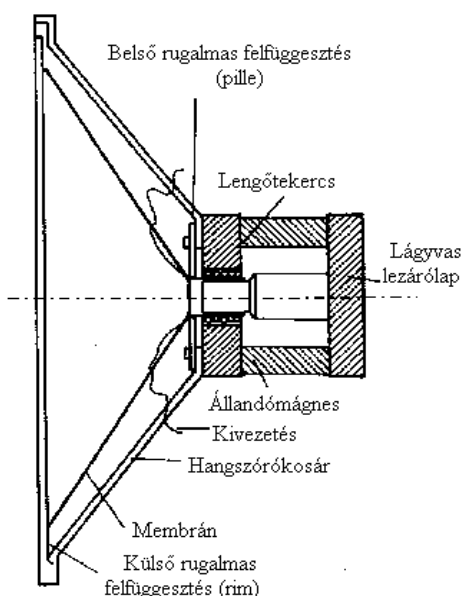


12. ábra Házi-mozi rendszer

összetett, mint egy külön vetítőterem, gondosan kidolgozott belsőépítészeti és akusztikai tervek alapján megépítve, beépített hangsugárzókkal, nagy erősítőkkel és hatalmas vászonra vetített képpel.

Mi különbözteti meg a hagyományos TV-nézést a házi-mozitól? A surround hangzás, mely például egy DVD lemez sokcsatornás hangsávjáról származhat. Ezeket a csatornákat a képernyő körül, elől lévő három és a mindkét oldalon kicsit hátrébb elhelyezett surround hangsugárzók szóltatják meg. Ez eredményezi azt a hangteret, mely a nézőt a látott világba kalauzolja. De előbb vizsgáljuk meg a hangélmény keltést megvalósító eszközök felépítését és működését.

2.1 Hangsugárzók



13. ábra Hangsugárzó felépítése

Minél jobb a hangsugárzók, annál valószínűbb lesz a hangzásuk. Manapság fontos követelmény velük szemben, hogy széles és lapos frekvencia-átvitellel, széles dinamikatarománnyal és magas jel/zaj aránnyal rendelkezzenek. A leggyakrabban használt hangsugárzó a dinamikus hangszóró (13. ábra). A hangszóró olyan berendezés, melyek az elektromos jelet hanghullámokká alakítják. Önmagában keskenysávú, ezért dobozba építjük. Állandó légrésű mágneskör található benne, melyben sugárirányú (kifelé mutató) erőter alakul ki. A lengőcséve, a tekercs ebben tengelyirányú mozgást

végez, így a hozzá kapcsolt membrán is. A membrán általában papír, műanyag anyagú. Az állandó mágnezt alul és felül lágyvas lemezek tartják, melyek mágnesesen vezetők. Ehhez van rögzítve a vas *kosár*, amelyhez a membránt rugalmasan rögzítjük: felül a *rim*, alul a *pille* biztosítja a rugalmas elmozdulást. Ez általában hajlított papír vagy gumi. A lengőcsévé kivezetéseire kerül az elektromos gerjesztés, a kivezetések általában a membránra vannak ragasztva. A kivezetéseken a tekercsbe áramot bocsátunk különböző frekvenciákon. Az áram és a mágnes tér kölcsönhatásaként tengelyirányú erő keletkezik. Az erő mozgásba hozza a nagy felületű membránt és ezáltal hanghullámokat kelt.

A dinamikus hangszórót dobozba építjük, amivel erősen befolyásoljuk annak átviteli függvényét. A doboz feladata kettős: egyrészt mechanikai tartószerkezet, másrészt elszigeteli a membrán két oldalát egymástól (megszünteti az ún. akusztikus rövidzárát) és ezáltal a mélyfrekvenciás átvitelt javítja. Szokás még a mélyfrekvenciás átvitel növelésének érdekében reflexnyílást nyitni a dobozra, ami nagyon gondos tervezést igényel.

A hangszórók, mivel korlátozott tartományban sugároznak, nem alkalmasak a teljes 20 Hz-20 kHz-es tartomány lesugárzására. A többutas hangsugárzók ezért rendszerint két vagy három hangszórót tartalmaznak. A kétutas hangszórók belsejében mindig 2 hangszóró található. Az egyik a magas a másik a mély hangok sugárzásáért felelős. A mélynyomó membránja nagyobb, ezért a lassabb mélyebb impulzusokra reagál. Míg a kisebb membrán magas frekvenciákra érzékeny. A háromutas hangfalak egy harmadik közepes méretű membránnal is rendelkeznek a két szélső tartomány közé eső hanghullámok miatt.



14. ábra Padlón álló háromutas hangfalpár



15. ábra Kétutas hangfalpár

A hangszóró legnagyobb problémája a hatásfoka.

$$\eta = P_{\text{akusztikai}}/P_{\text{elektromos}} \cong 1...2\%$$

Óvatosan bánjunk a kifejezésekkel, amikor arról beszélünk „hány wattos” egy hangszóró. A hangszóróknak megadott üzemi paramétere a „maximális megengedett villamos teljesítmény”, amit feltüntetnek rajta. Ez azt mondja meg, hogy mekkora villamos teljesítmény kapcsolható a kapcsaira anélkül, hogy az tönkremenne. A befektetett villamos teljesítmény alig 1-2 %-a alakul akusztikus teljesítménnyé, tehát a hatásfok nagyon alacsony. Egy 100 wattos hangszóróból akkor jön ki 1 watt hangteljesítmény, ha valóban ráadunk 100 wattot a kapcsaira!

2.2 „Egydobozos házi-mozi” a legegyszerűbb megoldás

Sok gyártó kínál teljes, integrált házi-mozi hangrendszert. Mivel a berendezések általában elég kis helyet foglalnak el ahhoz, hogy beleférjenek egy kartondobozba, ezért általában az ilyen rendszereket „egydobozos házi-mozi”-nak nevezik (16. ábra).



16. ábra Integrált házi-mozi hangrendszer

Ezek az egyszerű, kedvezőáru rendszerek tartalmazzák a szükséges lejátszót, amely lejátssza a DVD-Video mellett a DVD-RAM, DVD-RW, DVD-R, SVCD, VCD, CD, CD-R/RW lemezformátumokat, és az utóbbiakon lévő MP3, JPEG, DivX állományokat is és egy sokcsatornás erősítő és hangsugárzó rendszert, mely tipikusan öt úgynevezett szatellit hangszóróból és egy kisméretű mélysugárzóból áll.

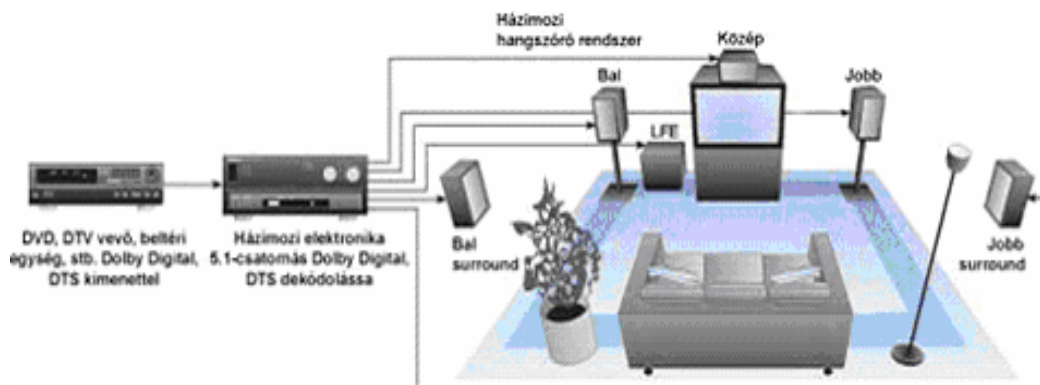
Létezik olyan megoldás is, amikor az erősítőt közvetlenül az egyik hangszóróba (általában a mélysugárzóba) építik be (17. ábra). Ennek hátránya, hogy nem tartalmaz lejátszót, de mégis ez lehet nagy előnye az előző verzióhoz képest, hogyha a lejátszó meghibásodna akkor csak azt kell cserélni és nem pedig az egész berendezést.



17. ábra Mélysugárzóba épített házi-mozi hangrendszer

A megoldástól függetlenül az „egydobozos házi-mozi” elsősorban kis helyigénye valamint kedvező ára miatt népszerű, egy kisebb szobában alkalmas a filmek megszólaltatására, viszont zenei megszólalásában ne várjunk el komoly minőséget.

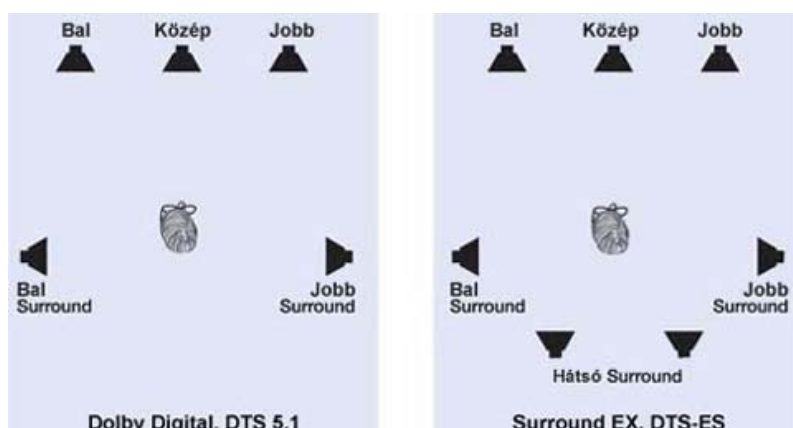
2.3 Az igazi házi-mozi rendszer



18. ábra Az igazi házi-mozi hangrendszer

Ha jobb minőségű hangot szeretnénk elérni mind házi-mozi és zenei téren, célszerű különálló komponensekből felépíteni a rendszert, aminek tartalmaznia kell a DVD lejátszót, magát a házi-mozi erősítőt, a hangfalakat, valamint a mélysugárzót (18. ábra). Egy ilyen rendszer már képes reprodukálni magas minőségben a filmek mellett a zenét is, nagyobb térben is, mivel itt már nem szatellit hangfalakat, hanem rendes HI-FI hangfalakat alkalmazunk, plusz egy aktív mélysugárzót.

Napjainkban két legelterjedtebb surround hang technológiája a Dolby Digital (DD) és a DTS (Digital Theater System). Mindkettő a digitális audiojelet tömörítő eljárás, melyek révén kiváló minőségű többcsatornás hangot lehet digitális lemezen tárolni vagy digitális televíziós (DTV), műholdas és kábeles adások hangformátumként sugározni.



19. ábra Dolby Digital, DTS és a Surround EX, DTS-ES közti különbségek

A DD illetve a DTS 5.1-csatornás surround hangot öt teljes-sávszélességű hangcsatornán továbbítanak. Hármát a front hangsugárzók, kettőt az oldalsó surround sugárzók számára. Egy hatodik, alacsonyfrekvenciás hatáshang (LFE – Low

Frequency Effect) csatorna viszi át azokat a mélyhangokat, melyeket inkább csak érzünk, semmint hallunk. Mivel ez csupán a hallható hangtartománynak tizedét foglalja el, ezért az LFE csatornát ".1" csatornának hívják.

Új változatok a Dolby Digital Surround EX illetve a DTS-ES elnevezésű formátumok, melyek a műsorokat egy harmadik surround csatornával egészítik ki, amit a néző(k) mögött elhelyezett további surround hangsugárzóknak lehet megszólaltatni.

A Surround EX ill. DTS-ES műsorok teljesen kompatibilisek a szokványos 5.1-es lejátszással (a hátsó center információ megosztva szólal meg a bal és jobb surround csatornáknak).

2.4 Digitális hangvetítő™ technológia

A Digitális hangvetítő™ technológia pontosan irányítja a hangot annak nyalábokká fókuszálásával (20. ábra). A középső csatorna hangja közvetlenül hallható, míg a többi csatorna a falról visszaverődve hallható. Így valódi, többcsatornás térhatású hangot kapunk, amely legalább úgy szól, mint egy több hangsugárzós rendszer – de többlet hangsugárzók nélkül!



20. ábra A hangok nyalábokként irányítva

A 21. ábrán a Yamaha cég által gyártott YSP-1000-es biztosítja az optimális többcsatornás hangelőállítást a pontos képhelyzetnek megfelelően.



21. ábra Digitális hangvetítő



22. ábra
IntelliBeam rendszer működése

A YSP-1000 és a YSP-800 beállítása nagyon egyszerű. Tartozik hozzá egy mikrofon, melynek segítségével az IntelliBeam (automatikus beállító rendszer) ellenőrzi és analizálja a hangot, automatikusan beállítja a legjobb nyalábszögeket és

üzemmódokat, valamint optimalizálja minden egyes nyaláb frekvencia-átvitelét és szintjét. Így a kezdeti beállítási folyamat rendkívül egyszerű és akusztikailag tökéletes. Ezen kívül a rendszer kézzel is beállítható.

A távirányítóval öt különböző nyaláb üzemmód közül lehet választani (23. ábra).

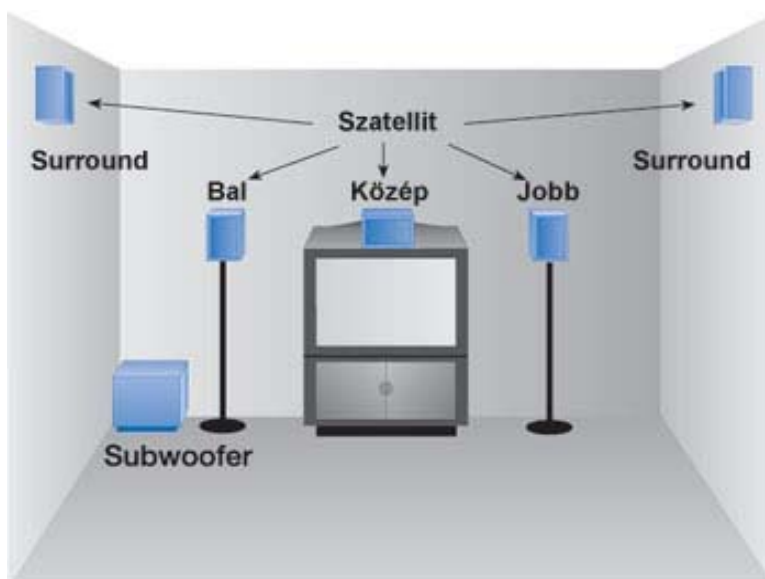


23. ábra
5 nyaláb üzemmód Sztereó üzemmód 3 nyaláb üzemmód Sztereó+3 nyaláb üzemmód Célpont üzemmód

Az öt nyaláb üzemmód valódi, többcsatornás térhatású hangot biztosít. A sztereó üzemmód a két hangsugárzós rendszert képezi le. A sztereó + három nyaláb üzemmód és a három nyaláb térhatással üzemmód is elérhető, valamint a célpont üzemmód a hang egy irányba fókuszálódik. Ez például akkor használható, ha az ember a konyhából ferdén látható tévét akarja nézni.

2.5 A házi-mozi hangsugárzók

A legtöbb hangszórógyártó kínál – általában szatellit sugárzók és mélysugárzó



24. ábra Házi-mozi hangsugárzók

összeállítású – teljes házi-mozi rendszereket (24. ábra).

A szatellit sugárzók + mélysugárzó rendszerek azt a tényt használják ki, hogy a legmélyebb basszusfrekvenciák nem irányítottak, ami azt jelenti, hogy fülünk nem érzékeli, honnan érkeznek a mélyhangok. Ennek okán,

ezek a rendszerek az összes

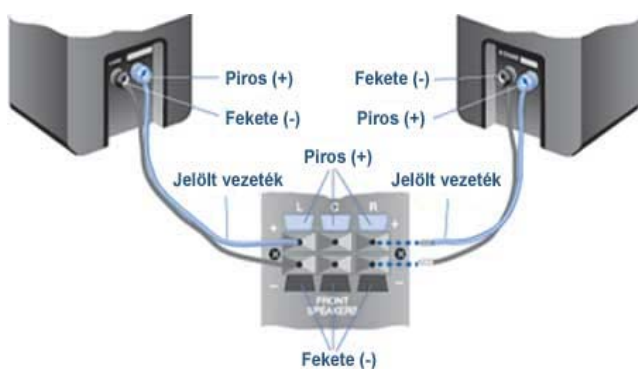
mélyhangot egy dedikált mélysugárzóra továbbítják, melyet „subwoofer”-nek neveznek. A mélysugárzó bárhová eldugható, mivel elhelyezése nem kritikus az eredeti hang irányának reprodukálása szempontjából.

Mivel nem kell mélyhangokat előállítaniuk a szatellit hangszóróknak, ezért kisméretűek lehetnek, így kevésbé tovakodóak és könnyebben elhelyezhetőek. Sok rendszer azonos szatellit hangszórókat alkalmaz a bal, center, jobb és surround

csatornához. Ez azt jelenti, hogy az összes hangszóró azonos hangszínnel ill. hangkarakterisztikával rendelkezik, ami házi-mozi rendszerekben igen kívánatos. Míg más rendszerek azonos szatelliteket kínálnak a frontsugárzáshoz (bal, center és jobb), de a surround sugárzók eltérhetnek, általában lesugárzási karakterisztikájukat tekintve. Ennek ellenére a surround sugárzók hangszínének illeszkedniük kell a frontsugárzókhoz.

Mivel egy házi-mozi rendszerben a surround sugárzók általában közelebb vannak a nézőkhöz, mint a frontsugárzók, a dekódolók a másodperc tört részét kitevő elektronikus késleltetést adnak a surround csatornához. Ezzel lehet biztosítani, hogy a surround sugárzók hangja éppen a frontsugárzók hangja után érkezzon.

Fontos még, hogy megfelelően csatlakoztassuk össze a „+” és „-” (általában piros



25. ábra Hangszórók csatlakoztatása

és fekete) csatlakozóvégeket mindegyik erősítőcsatornán a megfelelő hangszóró csatlakozóihoz (25. ábra). Hogy ezt megkönnyítsék, a hangszórókábeleket az egyik vezeték szigetelésén végigfutó gyöngyökkel vagy csíkkal és/vagy a vezetékek eltérő színével jelölik. Azonos módon bekötve minden hangszóró „fázisban” fog szólni, ami azt jelenti, hogy

membránjaik együtt mozognak előre és hátra. Az „ellenfázisú” bekötés nem okoz ugyan elektronikus kárt, de megzavarja a térbeli hatásokat és gyengíti a mély hangokat.

2.5.1 A hangsugárzók elhelyezése

Először meg kell találni és tervezni a házi-mozi berendezések (TV vagy vetítő, hangsugárzók, erősítő, DVD lejátszó) megfelelő helyét. Az elhelyezéssel kapcsolatos döntések lényegesen befolyásolják, hogy hogyan építsük fel a házi-mozinkat. Nagyon fontos a jó elhelyezkedés a hallgató szempontjából is, mert csak 1 pontban, az úgynevezett „sweet point”-ban lesz a legjobb a hangzás. Itt nyújtja a legjobb hangélményt a házi-mozink. A sweet point egy úgynevezett referencia-lehallgatási pozíció.



26. ábra Rossz elhelyezés



27. ábra Jó elhelyezés

Rossz elhelyezés:

Túl kicsi a kép.
Távoli hangsugárzók – kevés direkt és sok szoba által visszavert hang.

Jó elhelyezés:

Elegendően nagy a kép.
Közeli hangsugárzók – sok direkt és kevés szoba által visszavert hang.

A házi-moziban a „nagy kép” jelenti az igazi mozi élményt, ezért törekedjünk arra, hogy a megjelenített képet kellően szélesnek lássuk (ez minimum 30 fokos látószög) (28. ábra).

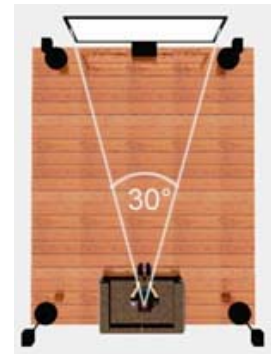
Házi-mozi rendszerének hangját rendkívüli módon befolyásolják a szoba akusztikai tulajdonságai. Az alábbi tippek segíthetnek egy sokkal kedvezőbb megszólalás elérésében.

A túl sok kemény és csupasz felület visszaverődéseket okozhat, ami zengővé és torz frekvencia-átvitelűvé teszi a hangot, érthetlenné a dialógust. Próbáljunk minél több kárpitozott felületet, szőnyeget és függönyt alkalmazni a probléma kézbe tartására.

Ha választhatunk a szobák között, kerüljük azokat, melyek teljesen négyzet alaprajzúak vagy egyik dimenziójuk pontosan kétszer akkora, mint egy másik, mert ezek a hangot színező állóhullámokat keltenek.

Ha lehet az ülőhelye(ke)t pontosan azon oldalfalak közé középre helyezzük, amire a surround sugárzók kerülnek.

Minél közelebb helyezünk egy hangszórót a szoba felületeinek metszésében lévő sarkokhoz, a fal és plafon, a fal és padló találkozásához, annál erősebb (néhány esetben túl erős) annak mélyhang leadása.

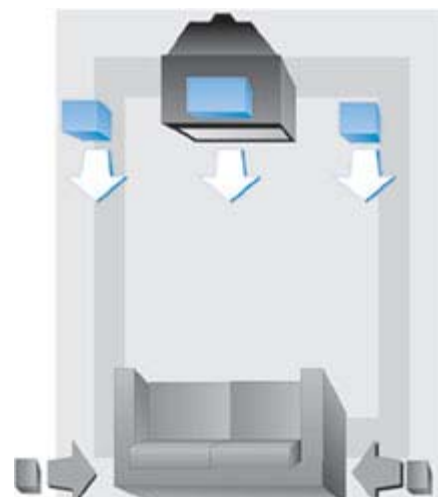


28. ábra "nagy kép"

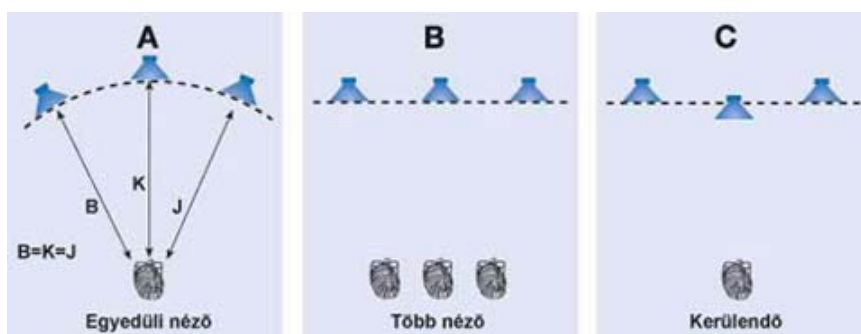
2.5.2 A frontsugárzók elhelyezése

A frontsugárzókat a képernyő körül szimmetrikusan kell elrendezni, ahogy azt itt a 29. ábrán láthatjuk.

Ha többségében egyedüli nézők vagyunk, úgy helyezzük el, hogy az ülőpozíciótól azonos távolságban legyenek a bal, center és jobb hangsugárzók (30. ábra A). Ha legtöbbször a rendszert több néző használja, a hangszórókat egy vonalba helyezzük el (30. ábra B). Mindenesetre kerüljük, hogy centersugárzó közelebb kerüljön a nézőkhöz, mint a bal és jobb sugárzók (30. ábra C).

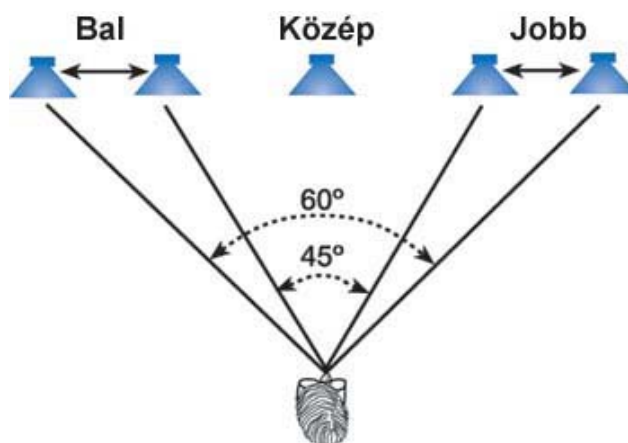


29. ábra Szimmetrikus elhelyezés



30. ábra Elhelyezési tippek

A bal és jobb hangsugárzóktól a közepén elhelyezkedő nézőhöz húzott egyeneseknek egy 45 és 60 fok közti szöget kell bezárnia (31. ábra). Ha többnyire filmek nézésére használjuk a rendszert a 45 fokhoz közeli szög ajánlott, mert ez közelíti azokat a körülményeket, melyek között a filmek hangját keverik és meghallgatják. A nagyobb szög viszont akkor javasolt, ha a rendszert inkább zenehallgatásra, mint mozizásra használjuk.



31. ábra Mozizási és zenehallgatási pozíció

Végezetül a három frontsugárzónak amennyire lehetséges egy a fülmagassághoz közeli magasságban kell lennie. Mivel gyakorta a centersugárzót legkönnyebben adott

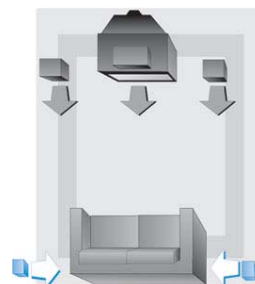
magasságba a TV készülék tetejére vagy a vetítővászon alá tudjuk elhelyezni, ezért meg kell fontolnunk, hogy a bal- és jobbsugárzókat állítható állványra tegyük, hogy azok magasságát a centersugárzóhoz igazíthassuk (32. ábra).



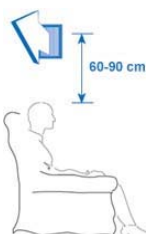
32. ábra Frontsugárzók állítható állványon

2.5.3 A surround sugárzók elhelyezése

A surround sugárzókat a legjobb ülőhely mellett és kevésbé hátrébb (de nem mögötte) (33. ábra);



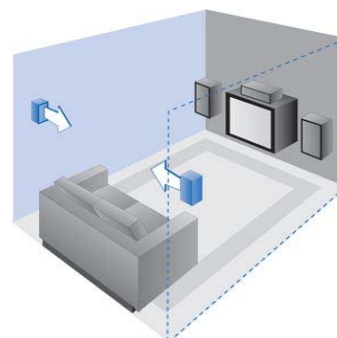
33. ábra



34. ábra



a lokalizációs hatás minimalizálása érdekében jóval a fülmagasság felett (34. ábra);



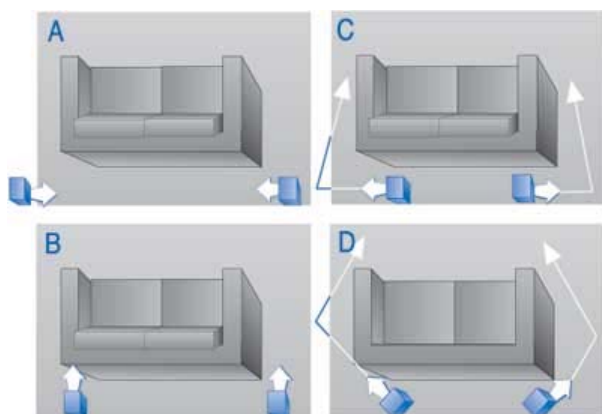
35. ábra

a lehallgatási terület fölé és nem a hallgatókra irányítva kell elhelyezni (35. ábra).

Ez az elrendezés diffúz, mindent jól lefedő surround hangteret hoz létre a lehallgatási területen, olyat, mint a mozikban és a filmek hangját keverő mozistúdiókban. Ha a sugárzók túlságosan elől vannak, nem kap elegendő hátsó hatást, ha túl hátul vannak elvesz a lefedettség és a surround információk nem teljeseznek ki a hangtér minden pontján.

Természetesen nem minden házi-mozi összeállítás rendelkezik épp a megfelelő helyen a surround sugárzók felszerelésére szolgáló oldalfalakkal. Ha ez a helyzet, akkor az alábbi alternatívákat alkalmazhatjuk.

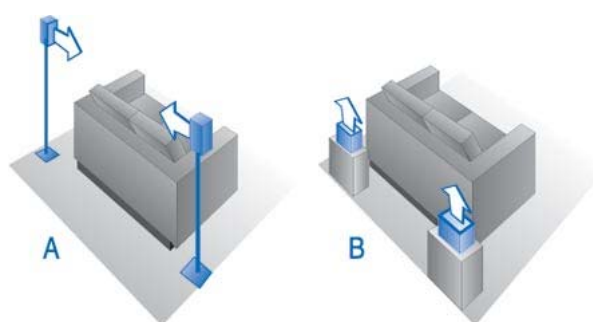
Általában a surround hangszórókat nem előnyös közvetlenül a hallgatók mögötti falra elhelyezni. De ha nincs más lehetőség, van néhány felszerelési technika, amit ki lehet próbálni.



36. ábra Elhelyezések kísérletezései

Szereljük a sugárzókat jóval a fülmagasság fölé és irányítsuk azokat egymás felé (36. ábra A), előre (36. ábra B) vagy úgy, hogy visszaverődjenek a hangok az oldalfalokról (36. ábra C és D). Addig kísérletezzünk az elhelyezéssel és az irányítással, míg a surround hangkép inkább körülfog, semmint hátulról hallatszik.

A fal nélküli elhelyezés alternatíváit mutatja a jobb oldali ábra. A surround sugárzókat mindkét oldalon a fül szintje fölé, állványra helyezve (37. ábra A) nagyjából ugyanaz a hatás érhető el, mint az oldalfalra helyezés. Megpróbálhatjuk elhelyezni a hangszórókat vagy a padlón vagy



37. ábra Fal nélküli elhelyezés

inkább néhányszor tíz centire attól elemelve oldalt vagy hátul fölfelé irányítva (37. ábra B).

A DVD-Audio lemezek sokcsatornás zeneanyagait más körülmények között keverik, mint a filmek hangsávjait. De van rá esély, hogy a mozizáshoz optimálisan elhelyezett surround sugárzók kielégítően adják vissza a sokcsatornás DVD-Audio műsorok hangját is. Ha azonban a DVD-Audio kiadványt készítő által hallottakat akarjuk lemásolni, két választásunk van.

Az egyik, hogy kompromisszumként lejjebb – a padlótól 1,2-1,5 méter magasságba – helyezzük a surround hangszórókat, megfelelően a filmhang diffúziójához és a surround zenehangok sokkal direkter sugárzásához való magasságbeli eltérést.

A másik lehetőség, hogy két pár surround sugárzót – az egyik filmjátszáshoz optimalizált, a másik frontsugárzókkal azonos, a DVD-Audio lejátszáshoz optimálisan fülmagasságban elhelyezett – szerelünk fel és kapcsolgatunk közöttük. Ezt a tisztább (és költségesebb) megoldást néhány A/V vevőerősítő modell is megkönnyíti két pár surround hangszóró csatlakoztatását és köztük való kapcsolást kínálva. Ám míg a központi „sweet spot” helyen ez a megközelítés optimalizálja a hatást, az ezen kívül eső ülésekben túl sokat hallhatunk az egyik vagy másik surround sugárzóból.

3. A szoba

A ház, amiben a szoba van, 1987 év végén készült el, de a családommal 1988 év elején költöztünk oda. Ekkor volt a ház átadása. Ez egy többségében beton falakkal épített tömbház, de nem panelház. A lakás 2,5 szobás. A szimulált szoba a középső a három közül.

A földön parketta, simára csiszolt glettel és festett fal és rücskösen vakolt plafon van. Ezt csak azért írom le, mert a később bemutatott szimulációs programban (CARA-ban) részletesen be kell állítani minden tulajdonságát a szobának. Az alábbi bemutató ábra nem méretarányos alaprajz, csak azért rajzoltam, hogy el lehessen képzelni a lakás kinézetét (38. ábra).

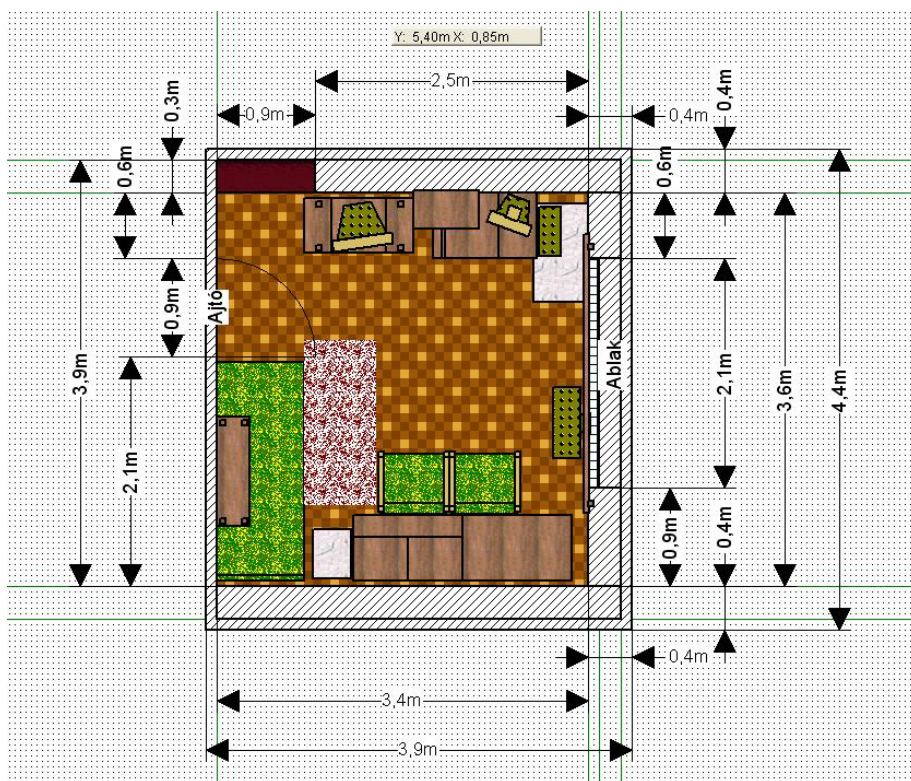


38. ábra A lakás nem méretarányos alaprajza



39. ábra Ajtó helyén lévő könyvespolc

A falvastagságból jól látszik, ahol vastag a fal, ott beton, ahol vékonyabb, ott vagy téglá vagy gipsztégla fal van. A középső és a nagyszoba között volt egy ajtó, de az ki lett véve és be lett falazva. Helyén most könyvespolc van kialakítva, ami besüllyed a vastag falba (39. ábra).



40. ábra Méretarányos szoba alaprajz

Nem vagyok építész, ezért nem tudom, hogy mennyire szabványos ez az alaprajz. De mivel ez a tervező szoftver CAD ezért gondolom, hogy az alaprajz megállja a helyét a tervezőasztalon.

Az alábbi képek a valós és a szimulált terek összehasonlítását teszi lehetővé.



41. ábra Valós szoba



42. ábra Szimulált szoba



43. ábra Valós szoba



44. ábra Szimulált szoba



45. ábra Valós szoba



46. ábra Szimulált szoba

3.1 A szobában kialakított házi-mozi

Pár éve egy nagyáruházban vásároltam a mélynyomóba épített erősítő „egydobozos házi-mozi” hangfal szettet. A típusa Eqvision HTA-15. Az alábbi ábra (47. ábra) az erősítő kezelhetőségét mutatja.

1. HANGERŐ SZABÁLYOZÓ/ÜZEMMÓD KIJELZŐ – Stand by üzemmódban pirosan, bekapcsolva zöldre vált a rajta lévő LED színe

2. HÁTTÉR (SURROUND) HANGERŐ szabályozó

3. WOOFER HANGERŐ – a sub-woofer hangsugárzó hangerejét szabályozza

4. KÖZÉPSŐ (CENTER) HANGERŐ szabályozó

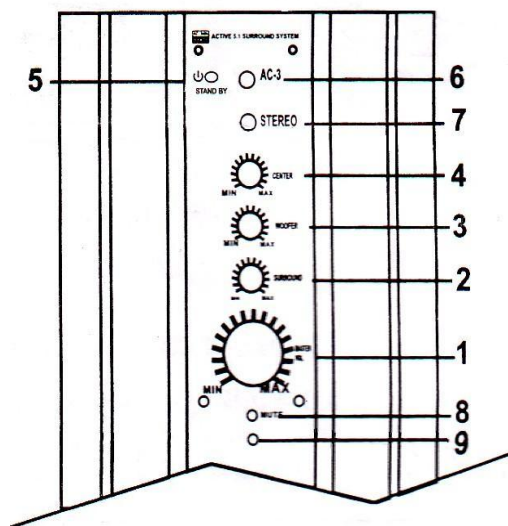
5. POWER/KÉSZENLÉTI ÜZEMMÓD – a rendszer aktív illetve készenléti üzemmódját szabályozza

6. AC-3/KIJELZŐ – be kell nyomni a gombot, amennyiben az AC-3 (5.1) bemenetet választom ki és egy zöld LED is világít mellette

7. SZTEREÓ/KIJELZŐ – be kell nyomni a gombot, amennyiben a sztereó bemeneti módot választom, ez esetben emellett világít a LED

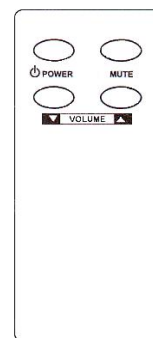
8. NÉMÍTÁS (MUTE)/KIJELZŐ – a távirányítóval lenémítva a visszajelző LED zölden világít

9. TÁVVEZÉRLŐ SZENZOR

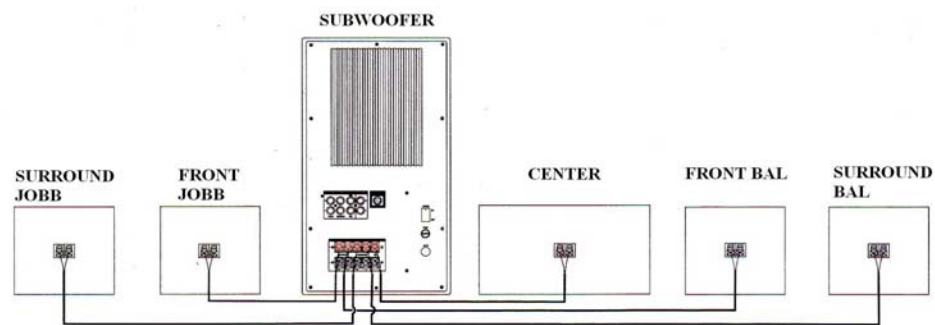


47. ábra Az erősítő kezelhetősége

A hangfal szetthez mellékeltek gyárilag egy kis egyszerű távirányítót is (48. ábra). Ezen csak négy gomb helyezkedik el, melyek a hangerő állítására, a ki-be kapcsolásra és a némításra szolgálnak. A távirányítóval hangerőt állítva legelőször meglepett, hogy az erősítőn a fő hangerőt állító potméter magától állítódik. Ami azt jelenti, hogy egy motorral is el van látva a hangerő szabályozó. Ez egy remek megoldás ami nagyon tetszik a rendszerben.



48. ábra A távvezérlő egyszerű ábrája



49. ábra A hangszórók helyes bekötése a hangkimeneteken

Az 50. ábra pedig az erősítő be/kimeneteit mutatja:

AC-3 (5.1) INPUT /BEMENET/ 1

1. FRONT bemenet JOBB/BAL
2. HÁTTÉR bemenet JOBB/BAL
3. CENTER bemenet
4. SUB bemenet

AC-3 (5.1) INPUT /BEMENET/ 2

5. 9-PIN DIN DUGÓ bemenet

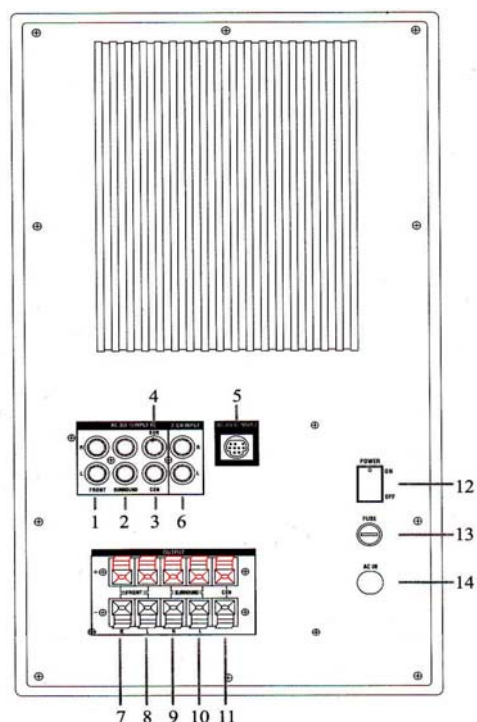
2-CH INPUT /BEMENET/

6. SZTEREÓ bemenet JOBB/BAL

KIMENET /OUTPUT/ a polaritásra ügyelni

kell (piros a +, a fekete a -)

7. FRONT – JOBB kimenet
8. FRONT – BAL kimenet
9. SURROUND /HÁTTÉR/ – JOBB kimenet
10. SURROUND /HÁTTÉR/ – BAL kimenet
11. CENTER kimenet

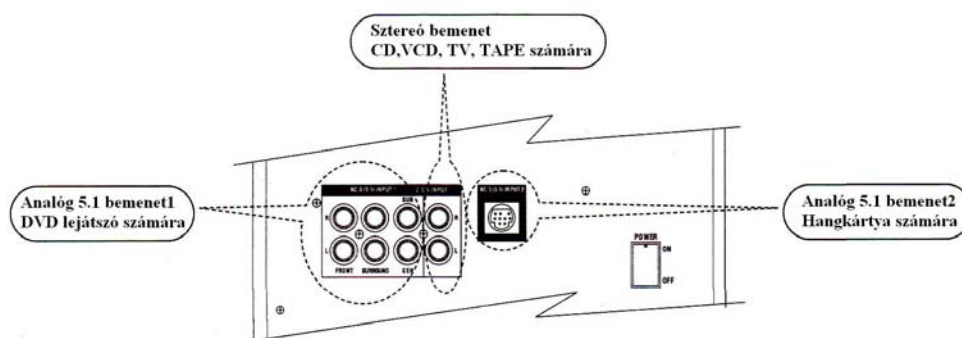


50. ábra Az erősítő be/kimenetei

12. POWER kapcsoló (a rendszer be és kikapcsolása)

13. BIZTOSÍTÉK (1,6A besorolású) a rövidzárlat és az áramingadozás esetén nyújt védelmet

14. TÁPELLÁTÁS (AC vezeték)



51. ábra erősítő bemeneteire köthető eszközök

Eleinte még nem volt 5.1-es hangkártyám a gépemben, ezért csak egy sztereó kábellel volt összekötve a hangrendszerrel a sztereó bemenetén. Nem sokkal később vásároltam egy Sound Blaster Live 5.1-es hangkártyát. Van rajta digitális kimenet, de sajnos az erősítőm nem képes fogadni a digitális jeleket és az optikai jeleket sem, ezért maradtam a hangkártya analóg 5.1-es kimeneténél. A rendszereket most már három sztereó kábellel kötöttem össze. A kábelek egyik vége sztereó jack dugó a másik RCA. Ezt kötve a hangrendszerhez kapott 9-pin Din dugó – RCA kábelvéghez.

De a házi-mozi nem házi-mozi DVD lejátszó nélkül. A DVD lejátszót szintén egy nagyáruházban vásároltam meg. Panda DVD-5828-as típusú playernek meglepően sok kimeneti csatlakoztatási lehetősége van olcsó árához képest (52. ábra).



52. ábra A DVD lejátszó

Képkimenetei: scart, s-videó, kompozit, RGB.

Hangkimenetei: sztereó, 5.1 analóg, optikai, koaxiális.

Bemenete csak a cd dvd olvasó, amely bármilyen formátumban olvassa a lemezeket. Csak azt sajnálom, hogy nincs még rajta kártyaolvasó és USB bemenet. Ha lenne akkor kielégítené minden vágyamat, de így is megvagyok vele elégedve.

A játékost is sajnos csak analóg módon tudom a hangrendszerhez kapcsolni RCA-RCA kábellel. Pedig jobb lenne, ha az erősítő mögött lévő kábeldzsungelt ki tudnám küszöbölni egyetlen egy optikai vagy koaxiális kábelre, mert ezek kevésbé zavarérzékenyek.

A tévém egy 51 cm képátlójú nem sík képcsöves televízió, már sajnos nem annyira mai darab. Ez és a 17 colos CRT monitor szolgálja ki a házi-mozit képközzvetítés

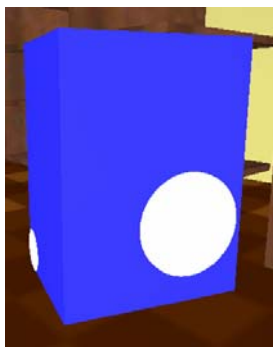
szempontjából. Mivel mind a tv, mind a pc rá van kötve az 5.1-re, ezért a kettő képmegjelenítő köré építettem ki a hangrendszer elhelyezését. Ez nem a legjobb megoldás, de nem rendelkezek kellően nagy anyagi erőforrással, hogy mondjuk egy projektort vagy egy nagy felbontású képmegjelenítőt használjak e kettő helyettesítésére.

Tehát a front bal és jobb szatellit hangsugárzók a tv és a pc mellett, a center a tv-n kapott helyet. A hátsó surround hangszórók hátul a hallgató (film néző) mellett fülmagasságban kismértékben mögé irányítva van elhelyezve, hogy ne közvetlenül a fülbe visítson a hangsugárzó. Bár a hangerején a subwoofer előlapján lehet állítani a többi hangsugárzóhoz képest is. A subwoofer, amely maga az erősítő is egyben – a tv állvány és a számítógép asztal (íróasztal) között a parkettán foglal helyet, hogy könnyen lehessen a hangerőt, vagy a bemenetek közötti váltást beállítani.

Az alábbi képek a valós és a szimulált hangszórók összehasonlítását teszi lehetővé.



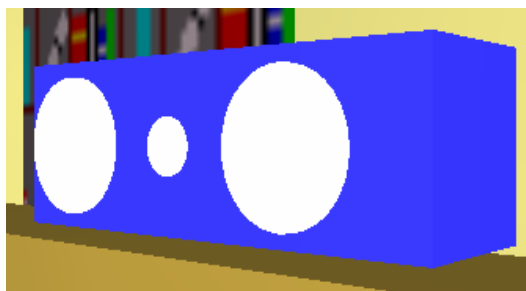
53. ábra A mélyláda összehasonlítása



54. ábra A szatellit hangsugárzók összehasonlítása



55. ábra A center hangsugárzók összehasonlítása



4. CARA a szimulációs program

A CARA (Computer Aided Room Acoustics – Számítógép Támogatott Teremakusztikai elemző) egy nagyon fejlett számítógépes program, mely alkalmas egy terem akusztikai tulajdonságainak kiszámítására és optimalizálására. A CARA a hangforrás leképezésére és a hangjelek visszakövetésére alapszik.

A CARA két lépésben analizálja és javítja a teremakusztika által befolyásolt hangsűrűség-eloszlást:

- meghatározza a szoba alapvető akusztikai tulajdonságait (Acoustic Ambiance – Akusztikus Környezet), emellett különböző javaslatokat tesz a berendezéseket illetően (falburkolat, bútorzat), hogy linearizálja a utózengési idő spektrumát,
- automatikus elhelyezési optimalizálást végez a hangszórókon és a hallgatón, hogy minimalizálja a hanghullámok interferenciáját a térben.

A részletesebb analizálásért a CARA kiszámítja a teljes hangmező adatot 1000-3000 egyenlően felosztott rácsponthoz a szobában. A rácsponthoz száma befolyásolja a modális szerkezetet (stabil állapotú hangnyomás eloszlás), a szoba Dirac-impulzusra adott válaszát az időtartományban, a hangsűrűség-eloszlását, a hangképzőkre (sztereofonikus hanglokalizáció), és a beszédhang érthetőségét.

A CARA a hozzáértőt rengeteg teremakusztikai mérőszámmal engedi dolgozni (frekvenciafüggő utózengési idő, hangsűrűség-eloszlás, beszédhang érthetőség, sztereofonikus hanglokalizáció), melyeket a hangnyomás frekvenciaválaszaiból vagy a teremválasz/visszaverődési diagramokból számít.

Egy különleges funkció, az auralizáció (Auralization) generál egy hallgatási tesztet a (virtuális) teremben, hogy kielemezze pl. a hangszórók elhelyezéséből adódó különbségeket. Bármilyen zene (kétszórós sztereó) használható erre a célra.

A CARA három fő funkcionális egységből áll:

(dőlt, aláhúzott = új funkciók a CARA 2.1/2.2 PLUS-ban)

1. Terem tervezése
2. Teremakusztikai számítások
3. Az eredmények ábrázolása (2D-s és 3D-s diagramokkal)

Terem tervezése:

- Egyedi alaprajzok (L-alakú termék, egybenyíló szobák stb.), melyek maximális mérete 100x100 m lehet. Az Új Terem Tervezése varázsló jó pár előre elkészített alaprajzot kínál fel (minden méretadat megadható nem SI mértékegységekben is, pl. inchben, vagy lábban).
- Belső válaszfalak, oszlopok, álmennyezet, tetőgerendák, ferdetető és döntött padlózat (pl. tetőtéri apartman, mozi).
- Bútorzat-adatbázis (asztalok, konyhaszekrények, karosszékek stb.), vagy elkészíthető a saját bútor számtalan ún. 3D-s alakzatból
- További hangelnyelő felületek (ablakok, festmények, szőnyegek) adhatók meg egy falon
- Anyag-szerkesztő: saját hang-elnyelő anyagok szerkesztéséhez
- Hangszóró szerkesztő: saját hangszórók készítéséhez (doboz formája: döntött falú hasáb), 1-5 utas hangszórók, aktív/passzív mélynyomók, lemezsugárzók. A továbbfejlesztett szerkesztővel összetettebb dobozok is tervezhetők (pl. több részre osztott dobozok, mint egy dipólus hibrid hangszóró).
- Hangszóró beállítások: sztereó, quadro, surround (analóg, digitális, 5.1, 6.1, 7.1, 8.1), PA (Publikus Cím), korlátlan számú mélynyomó.
- Hangszóró adatbázis, közel 200 előre elkészített hangszóróval. Újabb modellek az internetről is letölthetők.
- Elhelyezés optimalizálása: L-alakú, T-alakú, vagy egymást keresztező elhelyezési tartományokban
- Körbejárható 3D-s szoba

Számítások:

- automatikus elhelyezési optimalizálás a hangszórókra és a hallgatóra, szimmetrikus kötöttségi beállításokkal (megegyező mértékű mozgás a hátsó és oldalfalaktól).
- Terem hangmező számítások 1000-3000 egyenlően elosztott rácspontban egy bizonyos szinttel a talapzat felett
- Kb. 1000-szeres számítási sebesség négyszögletes, bútorozatlan szobákban (az előző verziókhoz képest)
- Számolás valós és komplex reflexiók együtthatókkal.

- A további „PLUS” funkciók: Acoustic Ambiance számítása és értékelése (utózungési idő spektruma). Nagy részletességű tranziens terem-válasz számítása az Auralization (hallgatási teszt) alapjaként.

Az eredmények szemléltetése:

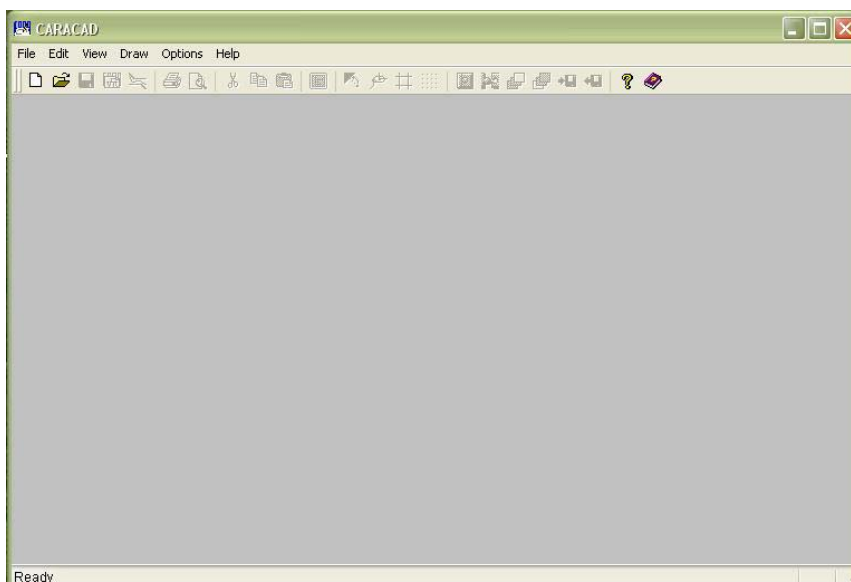
- az optimalizált hangszóró- és hallgató-elhelyezés szemléltetése
- terem-akusztikai mérőszámok listázása: hangsűrűség-eloszlás, lokalizáció, beszédhang érthetősége, utózungési idő
- a hangnyomás modális szerkezetének idő- és frekvenciafüggvényének 3D-s szemléltetése
- a hanghullámok időbeli keletkezésének 3D-s szemléltetése
- 3D-s hangsűrűség-eloszlás, lokalizáció és beszédérthetőség-térképek a teremben
- 2D-s (XY tengelyes) diagramok: hangnyomásszint frekvenciaválaszok, lokalizációs diagram, visszaverődési diagram, a terem átlagos hangelnyelési együtthatójának és utózungési idejének frekvenciafüggősége (Sabine, Eyring, Kuttruff és CARA-T10)
- további „PLUS” funkciók:
„Acoustic Ambiance”, javaslatokkal a visszaverődési idő spektrumának linearizálását illetően (további anyagok hozzáadásával, már a terem tervezése közben)
„Auralization”, hallgatási tesztek, pl. két különböző hangszóró-elhelyezés összehasonlítására

4.1 CARA használata egyszerűen

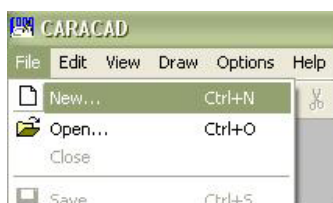
Ebben az alfejezetben a program használatát mutatom be röviden olyanoknak akik még nem is látták a programot vagy akik még pár dolgot nem tudnak használni a programban. Célom, hogy mindenki elsajátíthassa a program használatát. Sajnos mindent nem fogok tudni megmutatni, mert a dolgozat hossza korlátos. A legfontosabb, legjellemzőbb funkciókat mutatom be, amelyen keresztül a tervezés és tesztelés minden jelentősebb fázisa megismerhető, és ezzel egy viszonylag teljes folyamat tárul a felhasználó elé.

4.1.1 CARA indítása, szoba tulajdonságainak beállítása

Először is indítsuk el a **CAD Room Design** nevű programot. Ilyen ikont keressünk:  Ezt parancsikonként az asztalon, vagy a start menü/ minden program/ CARA Room Acoustics 2.2 PLUS/ **CAD Room Design** helyen találjuk meg. Miután elindult, ilyen kép fogad bennünket (56. ábra):



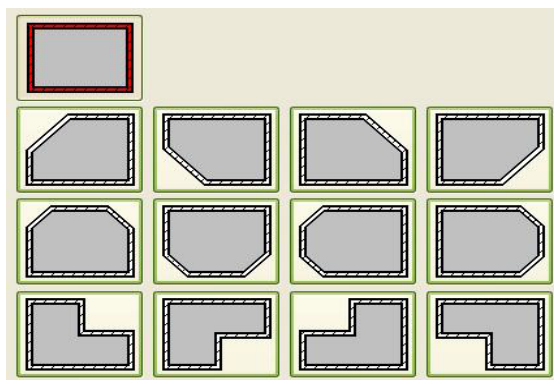
56. ábra Indítási képernyő



57. ábra Új munkafolyamat

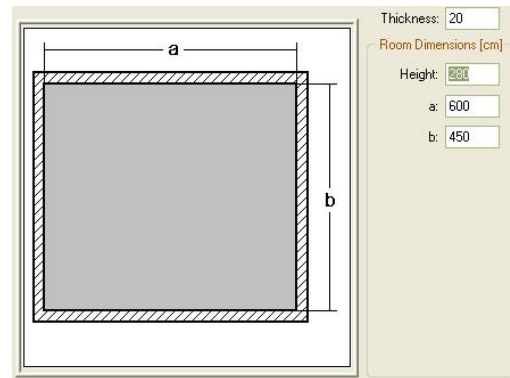
Az első lehetőségünk, hogy új munkát hozunk létre vagy egy már meglévőt nyitunk meg és folytatjuk a szerkesztését. Mindenesetre kezdjük új munkafolyamat létrehozásával (57. ábra). Ezt a file menü *New...* -ra kattintva vagy a Ctrl+N billentyűfunkcióval érhetjük el.

Ekkor megjelenik egy kisablak amelyet három másik követ majd. Ezekben az ablakokban állíthatjuk be a létrehozandó helység alapbeállításait. Az első ablakban a legmegfelelőbb terem alakot választhatjuk ki (58. ábra).



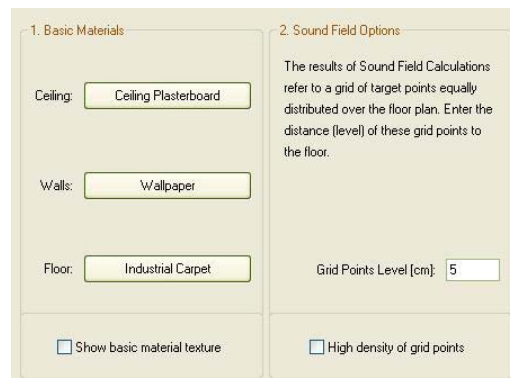
58. ábra 1. kisablak

A tovább gombra kattintva jutunk el a második ablakoz (59. ábra). Ott a szoba méreteit lehet megadni, úgy mint a falvastagság (Thickness), belmagasság (Height), terem szélessége (a), terem hossza (b). *Nagyon fontos itt megjegyezni, hogy később a belmagasságot már nem lehet megváltoztatni!*



59. ábra 2. kisablak

A harmadik ablakban már kétféle dolgot állíthatunk be (60. ábra). Elsőre kiválaszthatjuk az alapanyagokat, hogy mi borítsa a plafont (Ceiling), a falat (Walls) és a padlót (Floor). Ha alatta lévő mezőt bepipáljuk, akkor mutatni fogja a textúrákat a felületeken. A programban lévő alapanyag választék meglepően sokféle, jól átfogja a napjainkban használt anyagokat.



60. ábra 3. kisablak

A fő alapanyagok a következők, ezeken belül még sokféle választék van:

- Üveg - (Glass)
- Falazat: Tégla - (Masonry: Brick)
- Falazat: Kerámia - (Masonry: Ceramic)
- Falazat: Beton - (Masonry: Concrete)
- Falazat: Kő - (Masonry: Stone)
- Vas - (Metal)
- Emberek - (People)
- Vakolat - (Plaster)
- Vakolat elem - (Plaster Board)
- Műanyag - (Plastic)
- Speciális Anyagok - (Special)
- Textil: Szőnyeg - (Textile: Carpets)
- Textil: Egyéb - (Textile: Other)
- Tapéta, Festett - (Wallpaper, Paint)
- Fa (Panel) - (Wood (Panels))
- Fa (Tömör) - (Wood(Solid))

De ha valakinek mindez nem tetszene, akkor foghatja magát és létrehozhat újakat is. Ezt megteheti az Options menüben a *Materials Editor...*-ra kattintva (61. ábra).

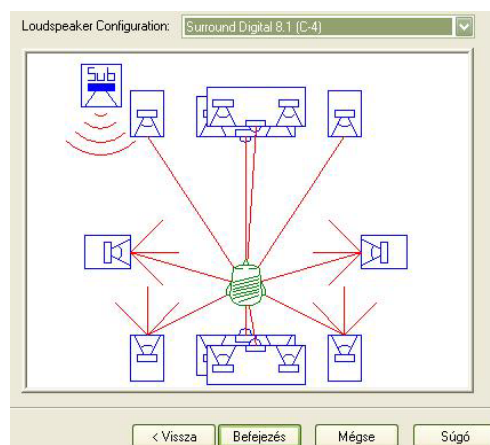


61. ábra Alapanyag szerkesztő

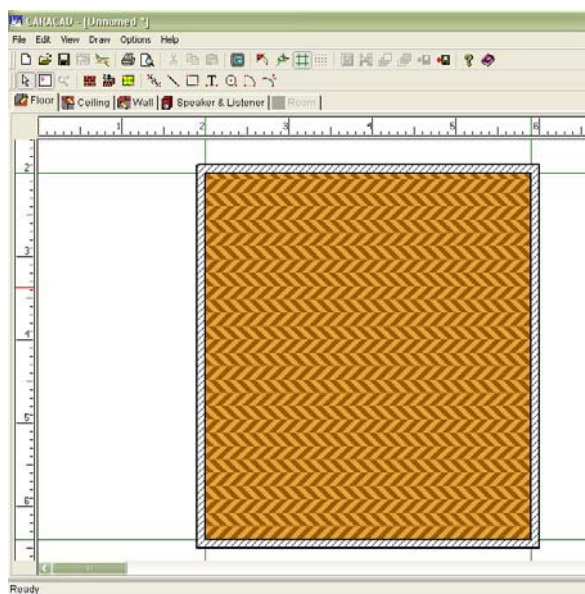
Nekem személy szerint bőven elég volt a programban jelen levő alapanyagkészlet.

A másik beállítási lehetőség a hangtér beállítások. Az alaprajzon lévő rácsponthoz a sűrűségének beállítása cm-ben. Ezek a rácsponthoz a szerkesztésben nyújtanak segítséget. Ha alatta bepipáljuk a mezőt, akkor a nagy sűrűségű rácsponthoz lesznek beállítva.

A negyedik ablakban - mely egyben az utolsó - lehet beállítani a hangszóró konfigurációt 2.0-tól egészen 8.1-ig, úgymint dupla center hangszóróval elől vagy hátul vagy mindkét helyen (62. ábra).



62. ábra 4. kisablak

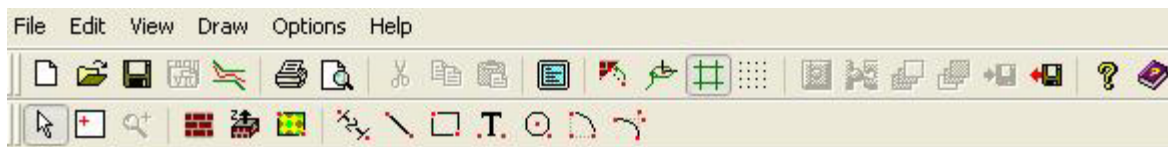


63. ábra A beállított terem

Ha mindent beállítottunk akkor kattintsunk a Befejezés gombra. Ezek után kapjuk itt balra a képet (63. ábra).

4.1.2 CARACAD használata

Ha figyelmesen megnézzük, akkor jól látszik, hogy a szerkesztéshez szükséges menükben (Szerkesztés, Nézet, Rajzolás menükben) lévő menüpontok kivétel nélkül megtalálhatók az eszköztárban (64. ábra).



64. ábra Az eszköztár elemei

A menük:

- File menü
- Edit (Szerkesztés) menü
- View (Nézet) menü
- Draw (Húzás) menü (én a Rajzolás nevet adnám neki)
- Options (beállítás) menü
- Help (Segítség) menü

Eszköztárban lévő elemek:



- a terem akusztikus környezetének gyors szimulálása



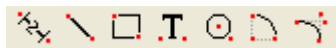
- teljes képernyős nézet



- szerkesztést segítő rácsvonalak és rácpontok



- bútorzat és eszközök bevitele a szobába, valamint ezek szerkesztése



- méretező és szerkesztő vonalak, valamint a T-vel szöveg bevitele



- az elemek, alkatrészek kijelölésére szolgál



- a szerkesztést segítő vonalzon lehet beállítani a nullát kezdő pontként



- nagyítási funkció



- fal kijelölése szerkesztéshez



- 3 dimenziós elem bevitele az alaprajzba



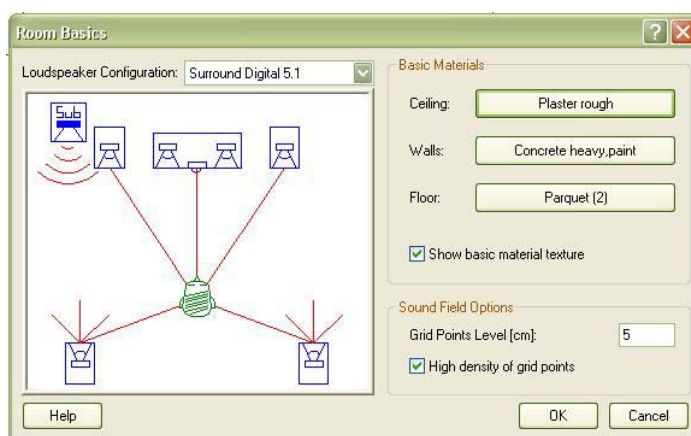
- alapanyagok felszínének beállítása



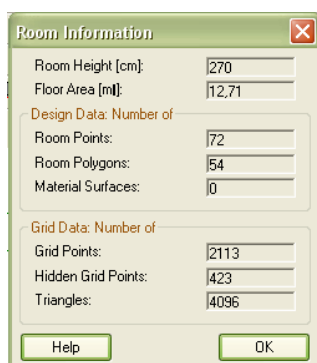
65. ábra Hangszóró szerkesztő

Options – Beállítási menüt kiemelném a menük közül. Itt lehet a *Materials Editor...*-ban a már említett alapanyagokat szerkeszteni. A program egy hangszóró szerkesztővel is rendelkezik, amit szintén itt kell elindítani a *Loudspeaker Editor...*-ra kattintva (65. ábra). Ebben a funkcióban is, mint az alapanyag szerkesztőben is lehet újat illetve egy már meglévőt szerkeszteni. Későbbiekben még leírom azt is, hogy hoztam létre a saját 5.1-es hangrendszeremet a még élethűbb szimuláció elérése végett.

A menüben még lehetőség van a *Room Basics...* - szoba alapvető beállításainak szerkesztésére (66. ábra), úgymint a hangszóró konfiguráció, a felületeket borító anyagok és a szerkesztést segítő rácspontok megváltoztatása.



66. ábra Alapvető beállítások módosítása



67. ábra Szoba információk

Megtalálható még a *Room Informations...* - a szoba információ menüpont is (67. ábra). Itt látható a már nem állítható belmagasság és a szoba területe a padlónál mérve m²-ben.

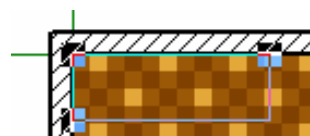


68. ábra Szerkesztő fülek

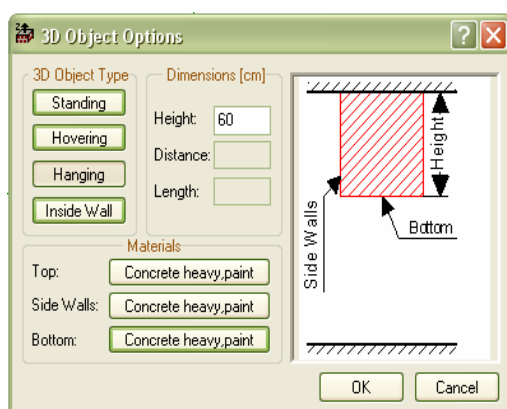
Ezek a fülek az alaprajz szerkesztésében nyújtanak segítséget (68. ábra). A *Floor* a padló, a *Ceiling* a plafon, a *Wall* a fal alaprajzát és szerkesztésének lehetőségét biztosítják. A *Speaker & Listener* fül a hangszórók és a hallgató elhelyezését és beállítását biztosítja. Az utolsó fül a szoba 3 dimenziós látképét mutatja meg. Ha rákattintunk és még a szobába nem helyeztük el a hallgatót - melynek szemével mutatja meg a szobát – akkor először figyelmeztet a program, hogy helyezzük el a hallgatót és csak ezután láthatjuk meg a termünk 3 dimenziós alakját.

A helység alaprajzát nézve még nem a végleges szobaalakot kaptuk meg az alapanyagok, méretek beállításával. Hisz említettem, hogy egy ajtó be lett falazva és helyette könyvespolc van a helyén a vastag falban. Következőekben ennek létrehozási menetét írom le.

Erre az ikonra kattintva  tudunk elemet – például fal elemet – hozzáadni az alaprajzhoz (69. ábra). Rákattintása után már csak ki kell jelölni azt a területet, ahova hozzáadni szeretnénk a fal elemet. Utána az egér jobb gombjával kattintunk a létrehozandó területre és az alábbi ablakot kapjuk (70. ábra):

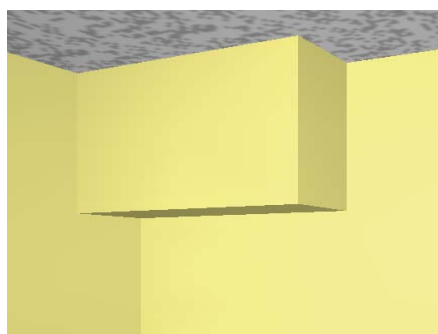


69. ábra Falelem létrehozása

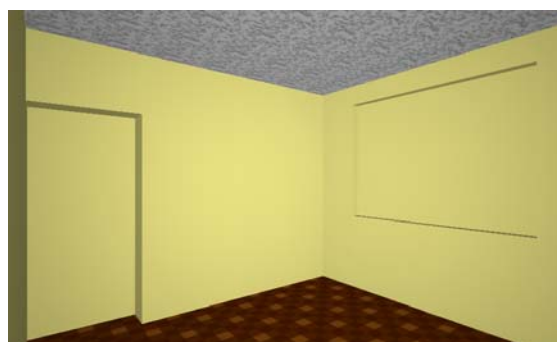


70. ábra Szerkesztő ablak

Látható, hogy lehet választani a 3 dimenziós objektumok típusán. A *Sanding* a padlóról emelkedik, a *Hovering* az mintha lebegne az elem. Van magasság beállítási lehetősége és elem magasság beállítási lehetősége is. A *Hanging* az a plafonról indul a padló felé – az ábra is mutatja – hosszbeállítási lehetőséggel. És végül az *Inside Wall*, ami padlótól a plafonig terjed. Legvégén a beállított elem anyagát kell beállítani. Jelen esetben a fal anyagát kapja, hiszen ez is fal lesz. A 71. ábrán láthatjuk az eredményt.



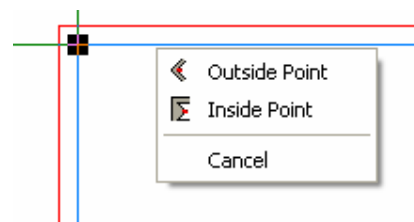
71. ábra Létrehozott fal rész



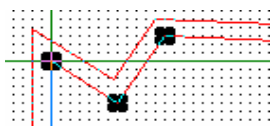
72. ábra A létrehozott falak

Most már csak a többi falat kell létrehozni hasonló módon, azzal a különbséggel, hogy a padlótól plafonig beállítást kell választani. Az előbbi beállításokat alkalmazva az ablak körül is létre hozhatjuk a falat (72. ábra).

Létezik még másik fal állítási lehetőség is, de az én esetemben azt a megoldást nem tudtam használni. Mikor a terem alapbeállításait beállítottuk megkapjuk a sima, szerkesztetlen alaprajzot. A Padló fülön rákattintunk erre az ikonra . Ezután máris



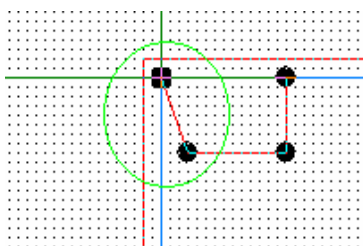
73. ábra Fal állítási lehetőségek



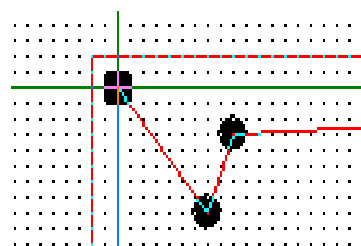
74. ábra Az Outside point állítás

kapunk két állítási lehetőséget(73. ábra). Ilyenkor nyújt segítséget a rácsvonal és a rácsvonalak használata. Ha az *Outside point*-ra kattintunk (74. ábra), akkor a falat a teljes vastagságában állíthatjuk mind kifelé mind befelé.

Ha viszont az *Inside Point*-ra kattintunk, akkor csak a fal belső része állítható (75. ábra). Hátránya, amiért nem használtam ezt a megoldást a falvastagság állítására mert nem engedi a program a fal belső felére a fal belső felét állítani. Ezt mutatom a zöld körrel bekarikázva az alábbi képen (76. ábra).

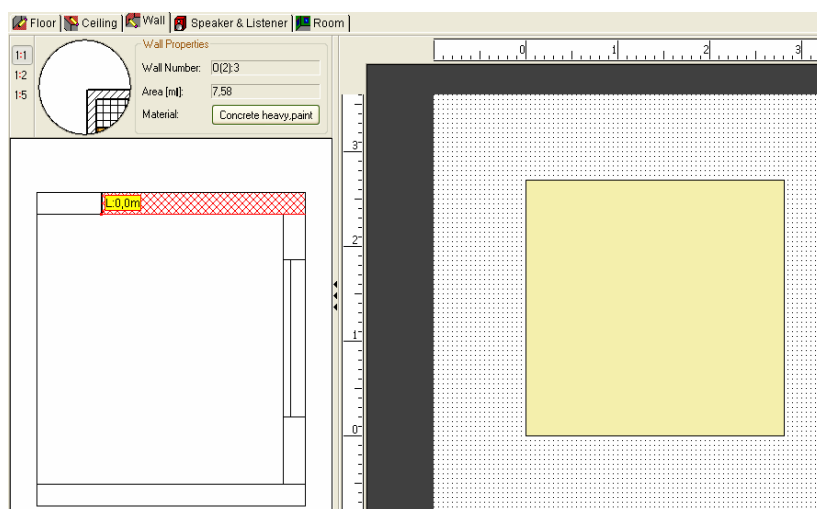


76. ábra Az Inside point nem használható beállítása



75. ábra Az Inside point állítás

A 68. ábránál mutatott (*Wall*) Fal fülre lépve hozzuk létre a szobában az ablakot és az ajtót. Az alábbi 77. ábra a fület mutatja. Itt a kör az egy nagyítót ábrázol. Arra szolgál, hogy a nehezen látható sarkokat, falrészeket felnagyítsa. Mellette a fal kelléktár látható (*Wall Properties*), mely tartalmazza a falak számát, a felületeket m²-ben és a falat borító anyagot lehet megváltoztatni az alapanyag választó kisablakban.



77. ábra A Wall (fal) fül

A bal oldalon látszik a szoba alaprajza és azon pirossal jelölve a kiválasztott fal. A jobb oldalon a kiválasztás felülete. Ha a megfelelő falat kiválasztottuk, akkor meg kell nyomni az  alapanyagok felszínének választása gombot. A jobb oldali fal felszínén kijelölhetjük azt a területet aminek az alapanyagát meg szeretnénk változtatni, amiből a falvédő, ajtó, ablak, vagy akármi más lehet. Ha a leendő ajtó alapanyagán szeretnénk megváltoztatni azt az egér jobb gombjával való rákattintással tehetjük meg. Ekkor megint feltűnik az alapanyag választó ablak, amit már ismerünk. Innét kiválaszthatjuk a nekünk megfelelő anyagot. Az elkészült ajtó, ablak, falvédő a 78, 79. ábrákon látható.



78. ábra Az ajtó, falvédő létrehozva



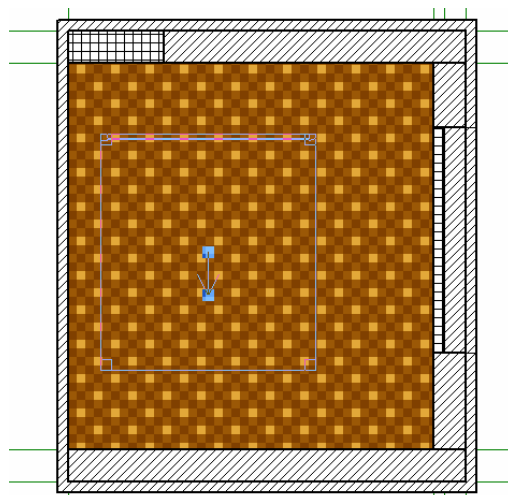
79. ábra Az ablak létrehozva

Mindezek után most már bebútorozhatjuk a szobát.

4.1.2.1 Bútorozás

A (Floor) padló fölön állva úgy tudunk bútort, kelléket betenni a szobába, ha a kellékek hozzáadás gombra kattintunk. Erről a gombról van szó:  Az itt felugró ablakból tudunk kiválasztani sokféle eszközt.

Már említettem, hogy mind a felület és mind a kellékek területén nem hiányos a program. Sokféle alapanyag és kellékkel rendelkezik. Bár ha valakinek nem jók - mint nekem – akkor tud rajtuk változtatni, vagy újat létre hozni.



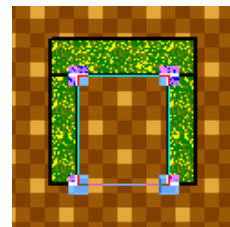
80. ábra A bútor mozgatása

Visszatérve a felugró ablakhoz kiválasztjuk a BED1-et. Egy megfelelő pozícióba állítjuk az alaprajzon a bútort és bal kattintással lerakjuk azt. Ekkor megszűnt a kijelölés. Ha újból kijelöljük látható az ágyon egy nyíl (80. ábra). Ha a nyíl hegyén lévő kockára

kattintunk, akkor lehet elforgatni az ágyat a nyíl töve körül. Ha a nyíl tövében lévő kockára kattintunk, akkor a nyilat lehet elmozdítani. Ezután a nyíl helyzete szabja meg a forgáspontot. Miután beállítottuk a kívánt szögbe kattintsunk mellé, hogy a kijelölést megszüntessük. Ha nem tetszene vagy nem vagyunk megelégedve a bútor helyzetével, akkor odébb is rakhatjuk. Rákattintunk a kijelölő funkcióval a bútor felületére. Még egyszer kattintva a felszínre, de nem a forgató nyílra. Ekkor egy négyágú kereszt lesz a kurzor. Ha ilyen, akkor odébb lehet helyezni az eszközt.

Ha a bútorok, kellékek mérete nem megfelelő, vagyis nem méretarányosak, ez egy újabb problémahelyzetet generál. Ekkor vehetjük igénybe a program szerkesztési lehetőségét.

Olyan bútort lehet csak szerkeszteni, amit már beraktunk az alaprajzba. Szerkesztés menete a következő. Kijelöljük a szerkesztendő kelléket vagy bútort és az eszköztárban erre  az ikonra kattintunk. Ez szétválasztja elemeire a bútort, de az még egyben szerepel az alaprajzon. Ekkor mellé kattintunk és levesszük róla a kijelölést. Ha újból rákattintunk a bútorra, csak akkor a rákattintás helyénél csak az ott lévő elemrész jelölődik ki az egész bútorból (81. ábra).



81. ábra A bútor szerkesztése

Ezek után azt az elemrészt már tetszőlegesen elhelyezhetjük. Ha viszont jobb egérrel kattintunk rá, akkor ugyan úgy szerkeszthetjük az alakját, mintha például fal lenne. Megadhatjuk méretét, helyzetét, az anyagát is, ami borítja a felületét a későbbiekben.

Amikor elkészültünk a méretarányos bútorunkkal, akkor el kell mentenünk azért, hogy később is tudjuk használni. Ezt úgy tehetjük meg, hogy kijelöljük az egész bútort egyben és az eszköztárban az egyesítés  gombra kattintunk. Ezután elérhetővé válik a mentés  gomb. Ezt megnyomva feltűnik a bútorokat magába foglaló kis ablak. Ott saját nevet megadva menthetjük el az elkészített kellékünket.

Jómagam gondos szerkesztgetés után sok bútort készítettem el. Az alábbi ábrák a program 3 dimenziós ábrázolásai (nem az összes általam létrehozott bútor).



82. ábra Ágy és polc



83. ábra Tv-s polc és íróasztal

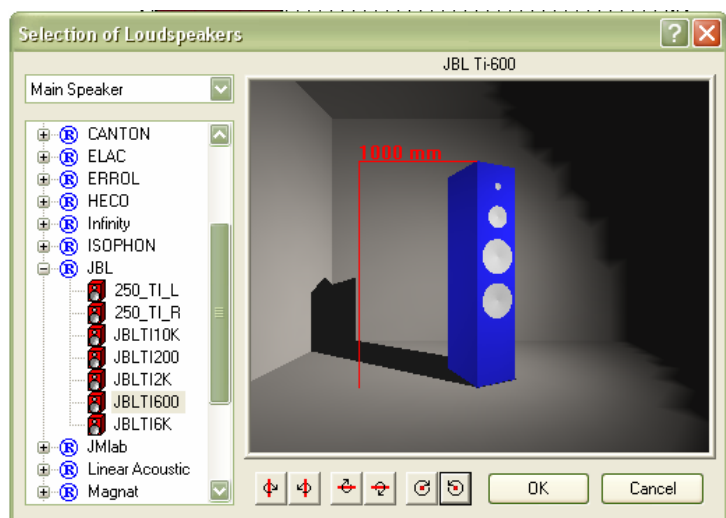


84. ábra Fotel, szekrények, éjjeli szekrény

4.1.2.2 Speaker & Listener fül adta lehetőségek

Kattintsunk a  Speaker & Listener fülre. Elsőre a látványa ugyan az, mint a *Floor* (padló) fülé. Látszik az alaprajz. De ez a fül azért van, hogy beilleszthessük oda a hangszórókat és a hallgatót.

Az eszköztáron a  gombra kattintva egy kisablak tárul elénk, melyben sokfajta hangszóró típus jelenik meg (85. ábra). A nekünk tetsző adott típusból annak többféle fajtája

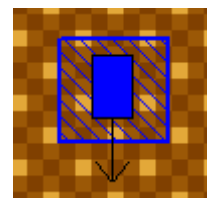


85. ábra Hangszóró kiválasztási ablak

közül választhatunk. Az ablakban láthatjuk még a kiválasztott hangszóró 3 dimenziós formáját is. Ott azt lehet forgatni, billenteni minden irányban, hogy szemügyre vehessük.

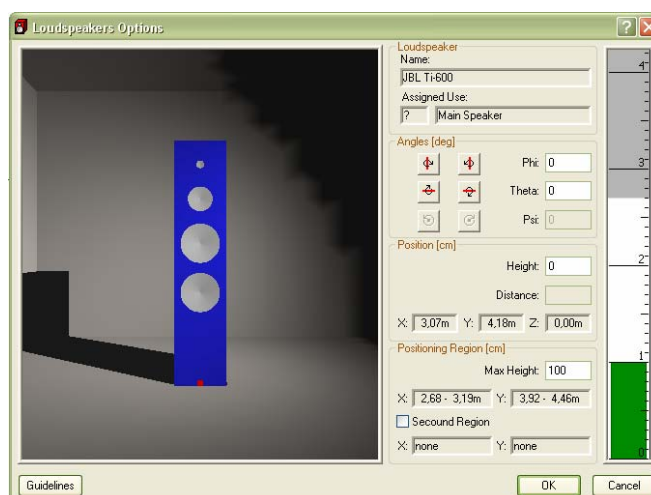
Úgy tudom a web-ről lehet frissíteni a listát a nemesebb hangszóró gyártók termékeivel. Ha sikerült kiválasztani a megfelelő hangládát, akkor nyomhatunk egy OK gombot. Az alaprajzon ugyan úgy tudjuk helyezni, forgatni mintha valamilyen bútor, kellék lenne.

Külön ki kell emelnem a hangszóró körül lévő sraffozott terület (86. ábra). Ennek méretét én állítom be aszerint, hogy az nekem tetszen. Ez a terület funkció azért van, mert a programban van lehetőség az optimális hangszóró elhelyezés szimulálására is, és ez a terület az, amin belül helyezi el a szimulálás végeztével optimálisan a hangdobozt.



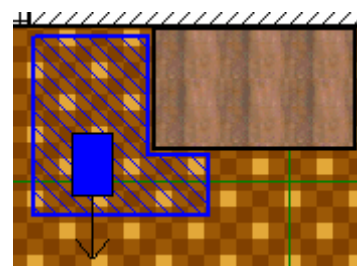
86. ábra Hangszóró területe

Jobb egérrel rákattintva előugrik szintén egy kisablak, melyben a hangszóró padlóhoz viszonyított magasságát lehet beállítani (87. ábra). Ezt be is lehet írni kézzel a *Height* mezőbe, vagy az ablak jobb szélén lévő mérőszalagban lévő zöldre színezett hangszórónk alját megfogva egérrel a kellő magasságba állítani.



87. ábra Hangszóró beállítása

Van még egy fontos lehetőség az úgynevezett (*Secound Region*) másodlagos régió, terület beállítására is, amit ki kell pipálni ha használni akarunk (88. ábra). Ekkor kibővül az előbb említett sraffozott terület egy másodikkal. Így még pontosabb beállítási lehetőséget adhatunk a programnak a szimulálásban az elhelyezést illetőleg. Így tudjuk megadni például, hogy nem csak a szekrény mellett lehet a hangszóró hanem kicsit előtte is.



88. ábra Secound Region beállítása

Amikor a hallgatót helyezzük a szobába akkor a fület  ábrázoló ikonra kattintunk és már tehetjük is oda a hallgatót ahol hallgatni fogja majd a hangszórót és vagy nézni fogja a házi-mozit (89. ábra). Ugyan úgy mint az előbbinél itt is tartozik hozzá egy terület. Jobb egérrel rákattintva viszont egy

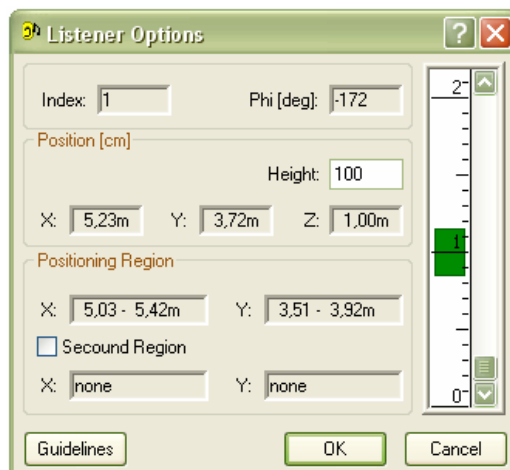


89. ábra A hallgató

picit más ablak fogad minket (90. ábra).

Alapjában véve itt is ugyan azokat lehet beállítani mint a hangszórónál. Itt is van másodlagos terület. Viszont itt a jobb szélén a fej magasságát lehet a zöld területtel úgy beállítani, hogy nem az alját, hanem a közepét lehet megfogni az egérrel.

A következő alfejezetben bemutatom, hogyan hoztam létre a saját hangsugárzó rendszeremet a még jobb szimulációs eredmények függvényében.

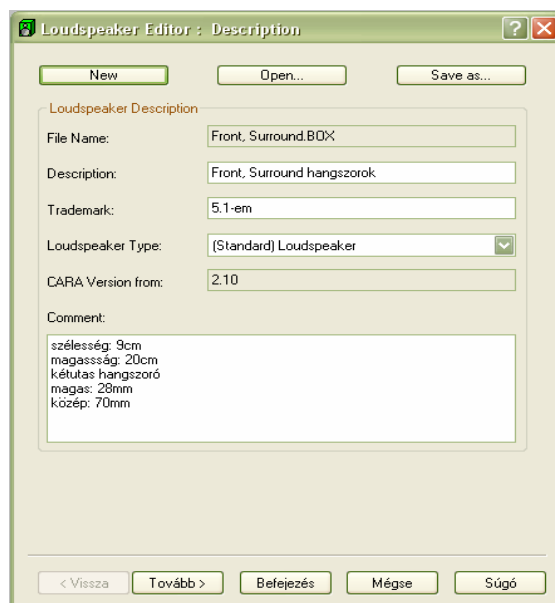


90. ábra A hallgató beállítása

4.1.2.3 Hangszórók létrehozása a CARA-ban

Azt már az *Options* menünél említettem, hogy lehet szerkeszteni vagy akár új hangszórót is létrehozni a CARA-ban. Mindezt úgy tehetjük meg, ha elindítjuk a program hangszóró szerkesztőjét. *Options* menü/*Loudspeaker Editor...*-ra kattintunk. Ekkor elindul a hangszóró szerkesztő és elénk ugrik megint egy kis ablak.

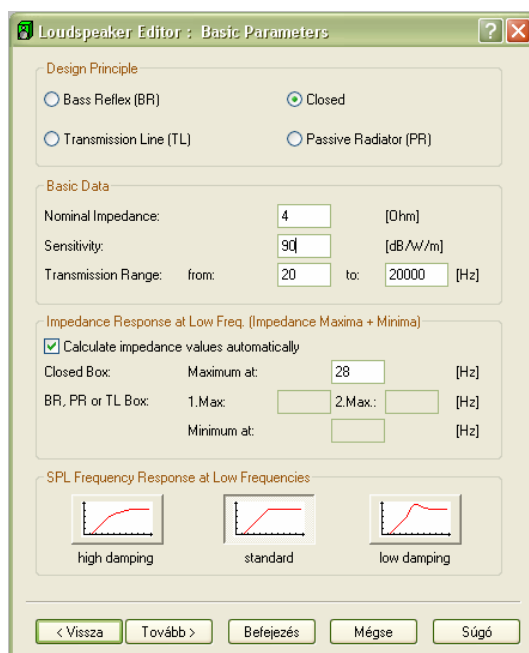
Az ablakban legfőképpen tudjuk kiválasztani a *New* gombbal, hogy új hangszórót hozunk létre, vagy az *Open* gombbal azt, ha egy létező típust akarunk betölteni átszerkesztéshez. A más programból is ismerős *Save as...* mentés másként gombbal tudjuk más néven elmenteni az előbb betöltött és szerkesztett hangszórót (91. ábra).



91. ábra 1.kisablak

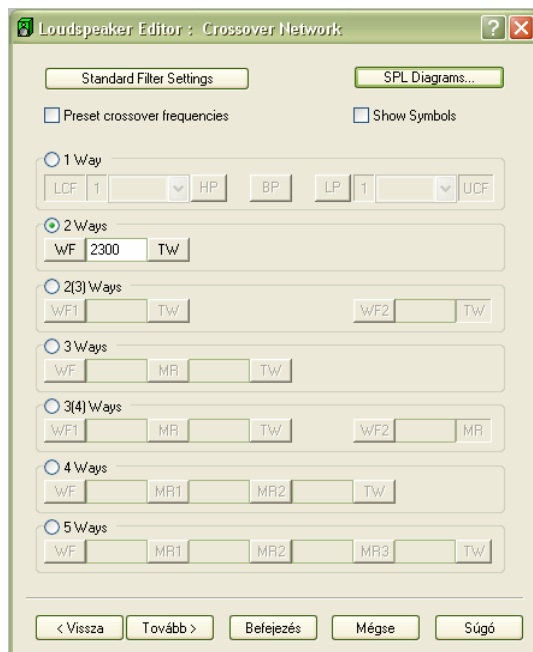
A *Description* mezőbe kell beírni a létrehozandó eszköz nevét. A *Trademark* mezőbe viszont a márkanévet kell beírni. Ezt látjuk meg először a típuslistában, s csak ebben lesz látható az előbbi hangszóró neve. Ezek alatt lévő mezőben a hangszóró típusát választhatjuk ki, úgymint a szabványos hangszóró és a subwoofer (mélyláda). A végén lehet megjegyzést, észrevételt is írni a létrehozandó eszközünkről. Ha mindent kiválasztottunk és leírtunk megnyomhatjuk a *Tovább* gombot.

A következő ablakban kell beállítani a hangszórónk alapvető paramétereit (92. ábra). Megadhatjuk a hangdoboz elvét, hogy zárt vagy esetleg reflex nyílással rendelkezik e. Aztán kérdezi az alapvető hangsugárzó adatokat. Utána bepipáltam, hogy kalkulálja ki automatikusan a maximális impedancia értéket alacsony frekvenciánál. Az alacsony frekvenciánál az SPL frekvencia választ *standard* alapbeállításra állítottam, mert hiába kerestem a saját hangrendszerem leírásában a tulajdonságait nem találtam meg. Ezek után lépünk a következő ablakba.

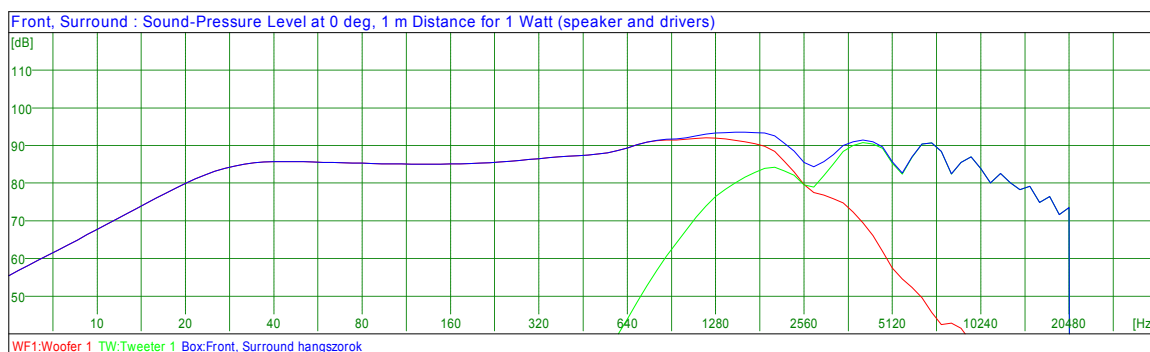


92. ábra 2. kisablak

Itt a keresztezési hálózatban tudjuk beállítani, hány utas legyen a hangsugárzónk (93. ábra). Nekem mindegyik két utas kivéve a mély hangsugárzóm, mert abban csak egy nagy membrán van. Beállíthatom még itt a mély *WF* és a magas *TW* frekvenciák átviteli karakterisztikáit, valamint a kettő közötti frekvencia értékkel a keresztezés helyét (94. ábra).

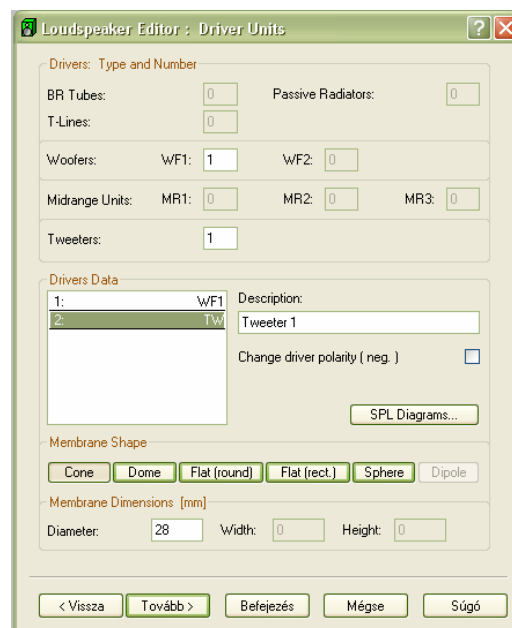


93. ábra 3. kisablak



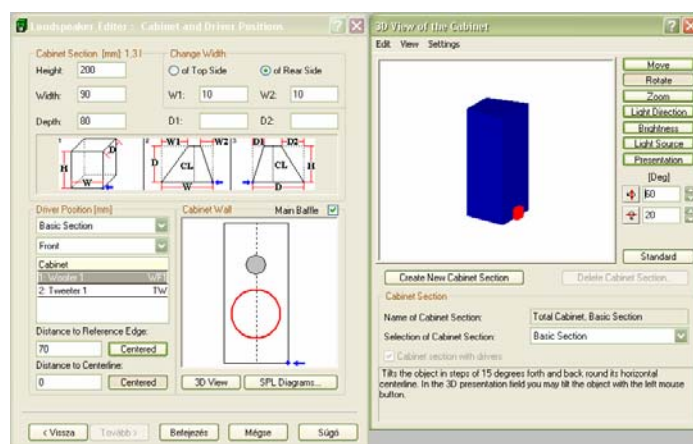
94. ábra Mély és magas frekvenciák keresztezési helye

A következő ablak a meghajtó egységek beállításáról szól (95. ábra). Mégpedig hány magas és mély hangszóróból áll majd a hangsugárzónk. Ezek számát, méretét és felületét (kúpos, dóm, kerek, gömb) lehet beállítani.



95. ábra 4. kisablak

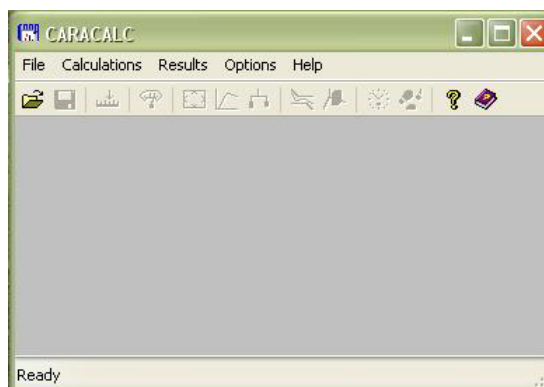
A következő utolsó ablakban pedig a virtuális hangszórónk alakját, kinézetét tudjuk beállítani (96. ábra). Sok magyarázatot nem igényel ez az ablak, mert értelemszerűen ki lehet tölteni. Csak annyit jegyeznék meg, hogy a hangszórókat külön be kell állítani, hogy a hangdoboz melyik felületére helyezzük el. Mindezt még megtekinthetjük 3 dimenziós képen is.



96. ábra 5. kisablak

4.1.3 A CARACALC használata

Miután mindent létrehoztunk és beletettünk a szobába, elkezdhetünk szimulálni. A program szimulációs egységét külön el kell indítani, úgy mint a tervező részét. Elindításához kattintsunk erre az ikonra , ha a program tervező részében vagyunk. Ott ez az ikon az eszköztárban megtalálható. Ha viszont már bezártuk a CARACAD-ot, akkor a start menü/minden program/CARA Room Acoustics 2.2 PLUS/CALC Calculations helyen tudjuk elérni az indítását. Miután elindult, az alábbi képpel fogad bennünket (97. ábra).



97. ábra Indítási képernyő

A *File* menüben a szokásos dolgok vannak. Munkafolyamat megnyitása, mentése, bezárása és a program bezárása.

A *Calculations* (Kalkuláció) menüben tudjuk kiválasztani, hogy éppen mit szeretnénk szimulálni. Legelőször a szimuláció előtt fontos, hogy az *Options* menüben egy-két alap beállítás be legyen állítva.

A menüben lehet kiválasztani a nekünk éppen aktuális szimulálást. Úgymint az optimális pozíció (*Positional Optimization*), a hangtér kalkuláció (*Sound Field Calculation...*), speciális kalkuláció (*Special Calculation...*) és az auralizáció (*Auralization...*) a hangösszehasonlítás funkciót. A *Break* (Megszakítás) menüpont a kalkuláció megállítására szolgál. Attól még, hogy a kalkulációs ablakot bezárom, attól még a folyamat nem áll le. Tehát ha meg akarom állítani, akkor minden esetben ezt kell megnyomni.

A *Results* (Eredmények) menüben tudjuk a lefutott szimulálás eredményét megtekinteni, kiválasztva az éppen a aktuális eredmények közül az ábrázolás módját.

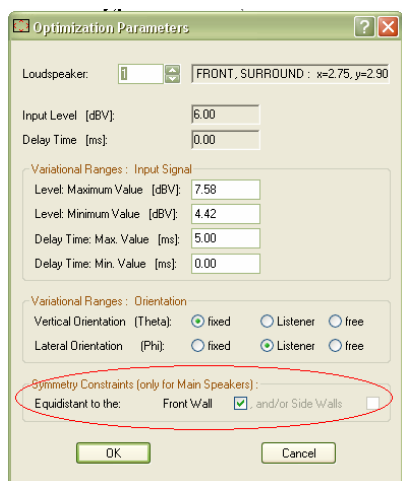
Látszik, ha megfigyeljük, hogy az eszköztár egy az egyben az *Options* (Beállítások) menüpont. Itt csak azt a pár alapbeállítást említeném, amiket beállítottam, változtattam.

Tehát a beállítások menüben a *Parameter...* (Paraméterek) menüpontban, aminek ez a jele az eszköztárban , csak a *Maximum Reflection Order* (Maximális Refleksiós Nagyságrend) értékét változtattam (98. ábra). Oda be lehet írni 0-30-ig értékeket, mely megadja a szimulálás minőségét. Ha 2-re állítom, akkor pár perc alatt lefutnak a szimulációk. Nagyon kevés mintavételi ponttal számol ilyenkor, tehát az eredmények nem lesznek pontosak. Az ábrák, grafikonok nagyon tüskés kinézetűek



98. ábra Reflexiós nagyságrend állítása

lesznek. Ha viszont már 5-re állítjuk az értéket, akkor viszont már több óráig fut a szimuláció. A kapott értékek is szebbek lesznek.



99. ábra Hangszórók párhuzamos mozgathatóságának beállítása

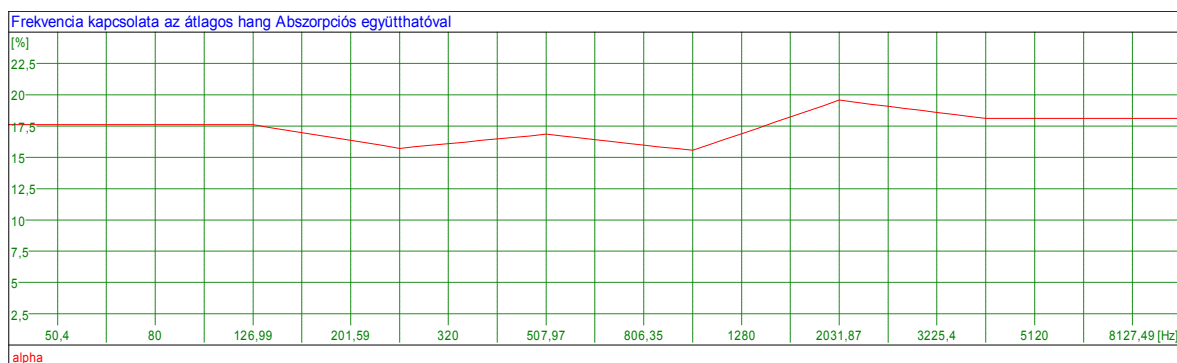
A másik amit beállítottam az 5.1-es házi-mozi optimális elhelyezéséhez szükséges alapbeállítás, hogy a szimulálásnál egy síkban mozgassa a hangszórókat (99. ábra). Ezt a beállítást a *Variational Ranges...* (Variációs tartományok) almenüpontban lehet beállítani. Megtalálható az eszköztárban is  ilyen ikon kinézettel. Rákattintva a megnyílt ablakban a bekarikázott területen kell bepipálni a *Symmetry Constraints* (Szimmetrikus kényszer) beállításnál a *Front Wall* (elöl lévő fal) mögötti jelölő négyzetet.

Azt állítjuk be ezzel a beállítással, hogy a Front sugárzókat a Center sugárzóval egy vonalban a mögöttük lévő fallal párhuzamosan állítsa be a szimuláció lefutása alatt.

Még egy dologról nem tettem említést. Ez az *Acoustic Ambiance* (Akusztikus Környezet), amely analizálja és javaslatokat tesz a teremakusztika alapvető tulajdonságainak javítása érdekében. Ha megfogadjuk a tanácsoltakat, akkor linearizálni tudjuk az utószögési idő spektrumát a szobában. Megtalálható mind a CARACAD-ben és mind a CACRACALC programrészben ez a funkció. Mindkét részben az  ikonra kattintással indítható a szimulációs vizsgálat.

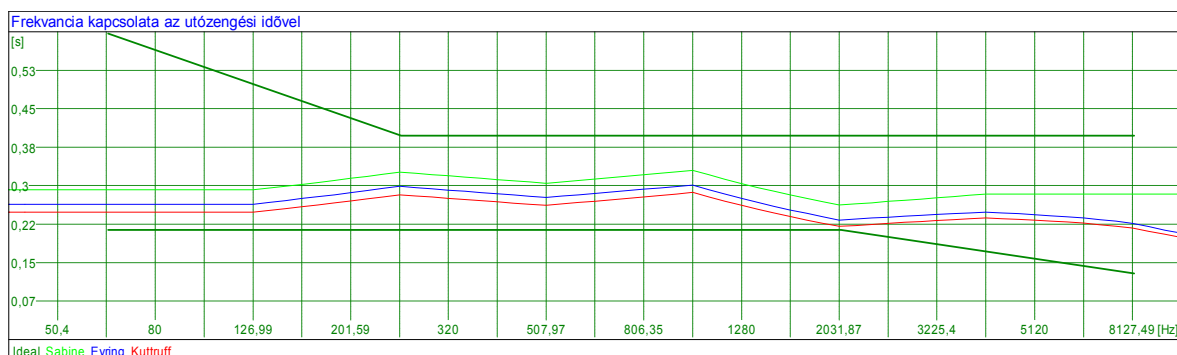
5. Teremakusztikai vizsgálatok

A programban a szoba létrehozás után bebútoroztam azt, és lefuttattam az akusztikus környezet (*Acoustic Ambiance*) szimulációt. Meglepődve elsőre a következő eredményt kaptam (100. ábra):



100. ábra Az abszorpciós együttható értékei különböző frekvenciákon

Jól látható, hogy a szobában az abszorpciós együttható értéke majdnem állandó különböző frekvenciákon. Ez nagyon jó, mert ebből következik, hogy az utózengési idő változása is hasonlóképpen fog reagálni a különböző (mély, közepes, magas) frekvenciákra (101. ábra).



101. ábra Utózengési idő különböző frekvenciákon

Mivel elsőre sikerült lineáris értékeket kapnom, ezért nem tudott a program tanácsolni semmit, hogy milyen anyagot kelljen hozzáadni vagy éppen elvenni a szoba akusztikájának javítása érdekében.

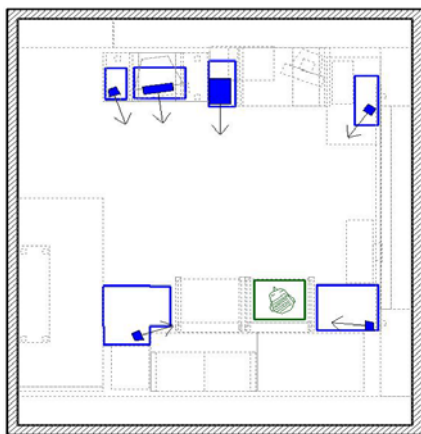
5.1 A hangszórók elhelyezésének és optimalizálásának szimulációja

Itt kétféle állapotot vizsgáltam meg. Az egyik mérésben a szobában általam elhelyezett hangszóró-elrendezést hasonlítottam össze a program által optimalisan elhelyezettel, különböző ülőpozíciókban.

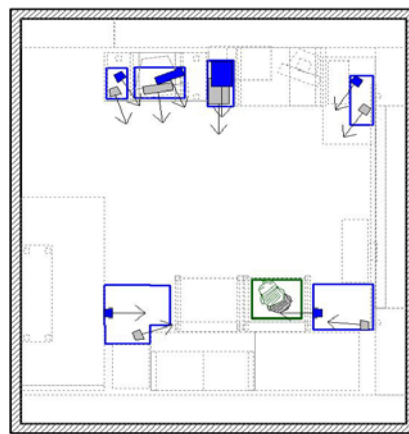
A másik mérésben a házi-mozi hangsugárzók elhelyezése (2.5) fejezetekben tárgyalt, általam javasolt elhelyezést hasonlítottam össze a program által optimalizált elrendezéssel, különböző ülőpozíciókban.

5.1.1 Az alap hangszóró elhelyezés és optimalizált társa

A 102. és 103. ábrákon már látszik is a különbség. Az első ábra a jobb fotelben ülő hallgatóval optimalizálatlan elhelyezésben, míg mellette ugyan az optimalizálva. A szürke színű hangszórók az optimalizálás előtti állapotot mutatják, míg mellettük a kék az optimalizált helyzetet.

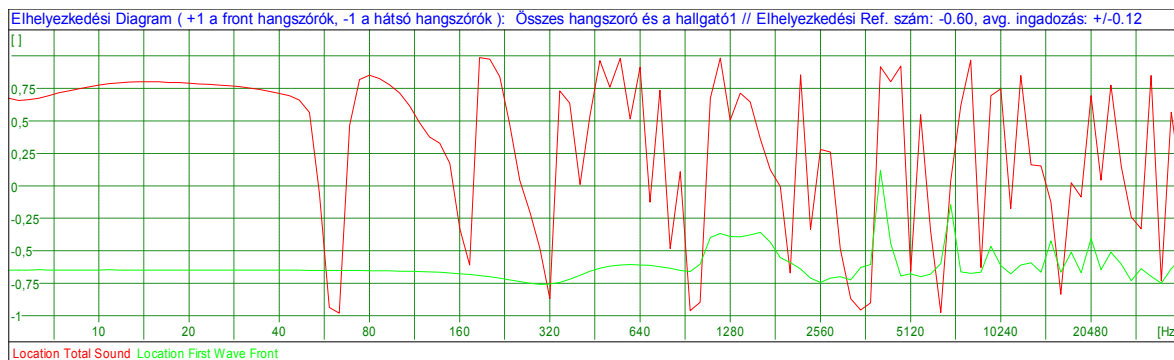


102. ábra Általam elhelyezett elrendezés



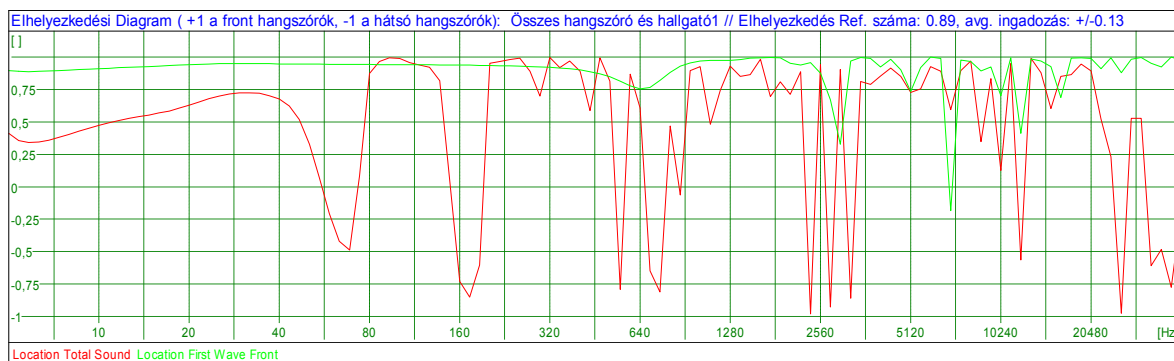
103. ábra A program által optimalizált

A 104. ábra az optimalizálatlan elhelyezkedést mutatja. A grafikonon a zöld vonal jelöli az elől lévő hangszórók első hanghullámainak elhelyezkedését, míg a piros az összes hang elhelyezkedését mutatja.



104. ábra Optimalizálatlan elhelyezkedés

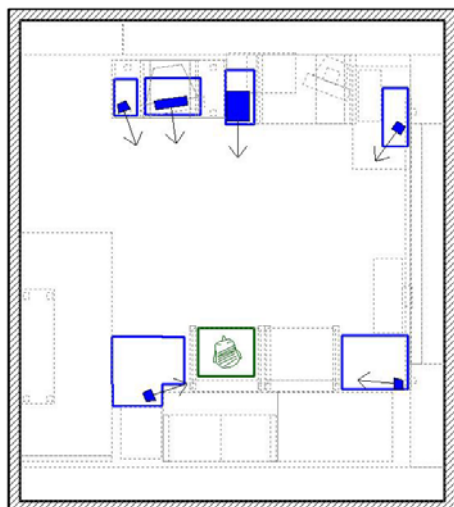
A 105. ábra viszont a program által optimalizáltat mutatja:



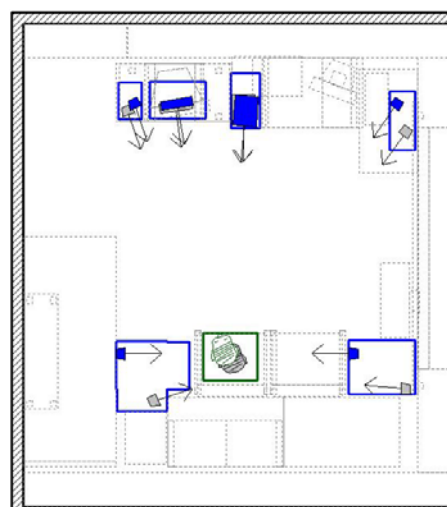
105. ábra Optimalizált elhelyezkedés

Összehasonlítva jól látszik, hogy az elől lévő hangszórókból meghallható hang elhelyezkedésben nagyon is van változás.

Most nézzük meg ugyan ezt, csak a bal fotelben ül a hallgató (106, 107. ábra).

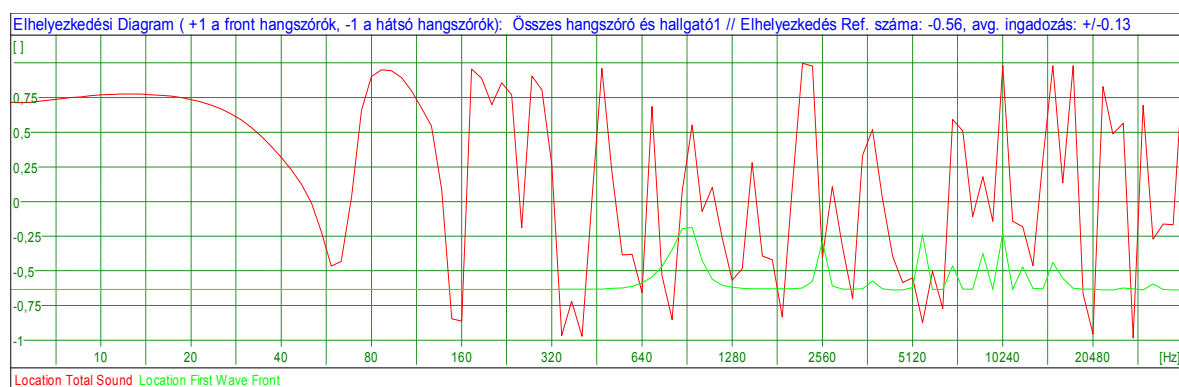


106. ábra Általam elhelyezett elrendezés



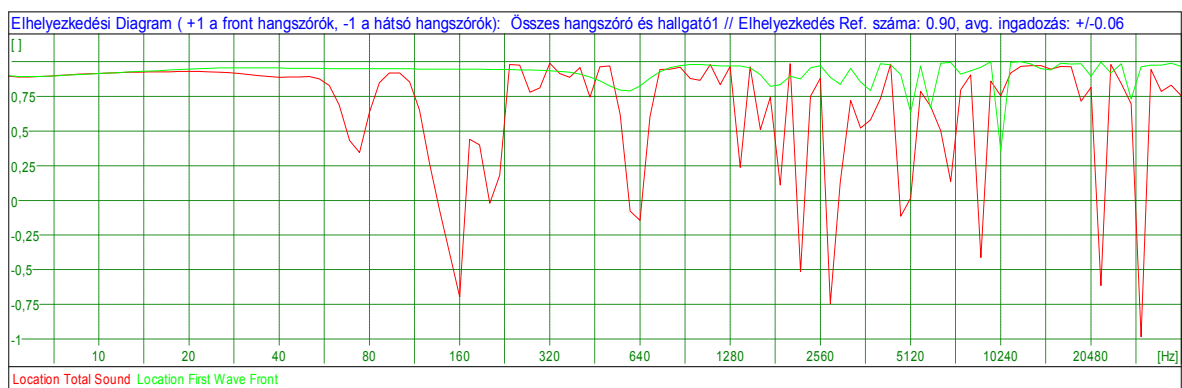
107. ábra A program által optimalizált

Az én elhelyezésem a bal széken ülő hallgatónál (108. ábra):



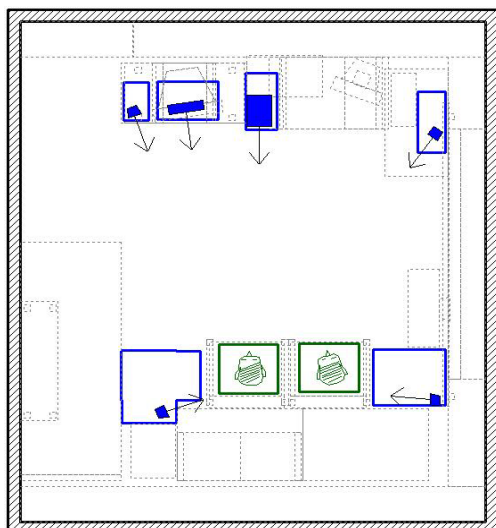
108. ábra Optimalizálatlan elhelyezkedés

Optimalizálva (109. ábra):

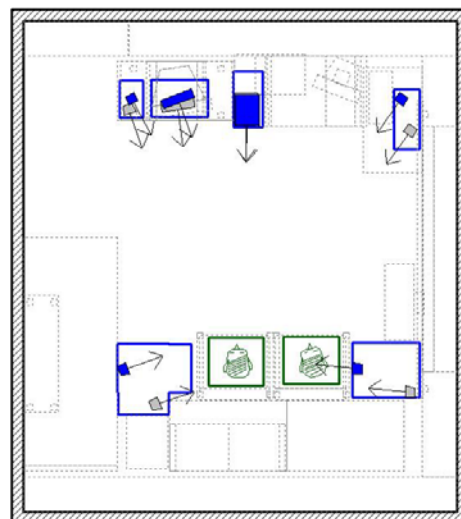


109. ábra Optimalizált elhelyezkedés

Lássuk ugyanezeket, csak egyszerre két hallgatóval (110, 111. ábra):



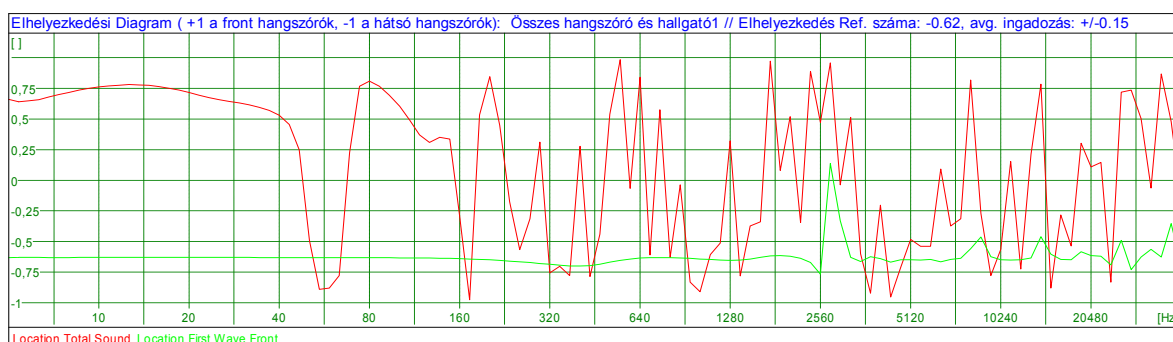
110. ábra Általam elhelyezett elrendezés



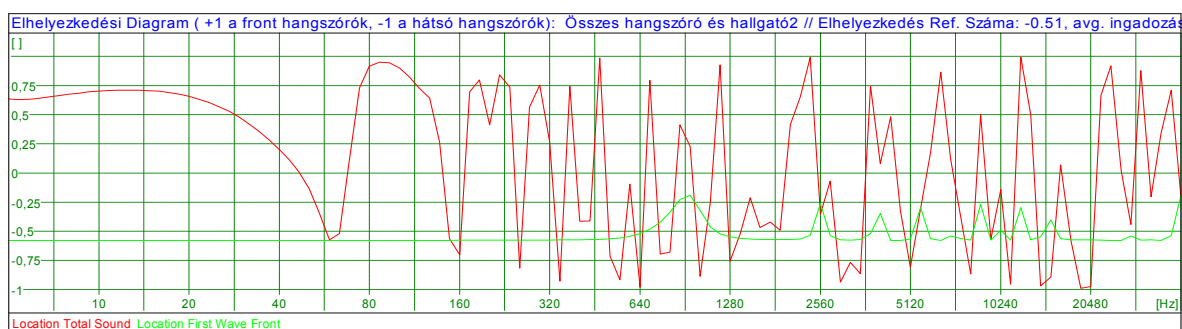
111. ábra A program által optimalizált

Mikor két hallgatót helyeztem egyszerre a szobába, s úgy végeztem el a szimulációt, mint az előbbieket, akkor az eredmények megjelenítésnél nem tudtam beállítani, hogy egyszerre mutassa a két hallgatóra szimulált értékeket. Magyarán ki kell választani, hogy melyik hallgatóra szimulált értéket mutassa meg. Ezen eredmények megegyeznek, vagy nagyon hasonlítanak az előbb bemutatottakkal.

Az általam beállított berendezésnél a hallgató1 (jobb fotel 112. ábra) és a hallgató2 (bal fotel 113. ábra):

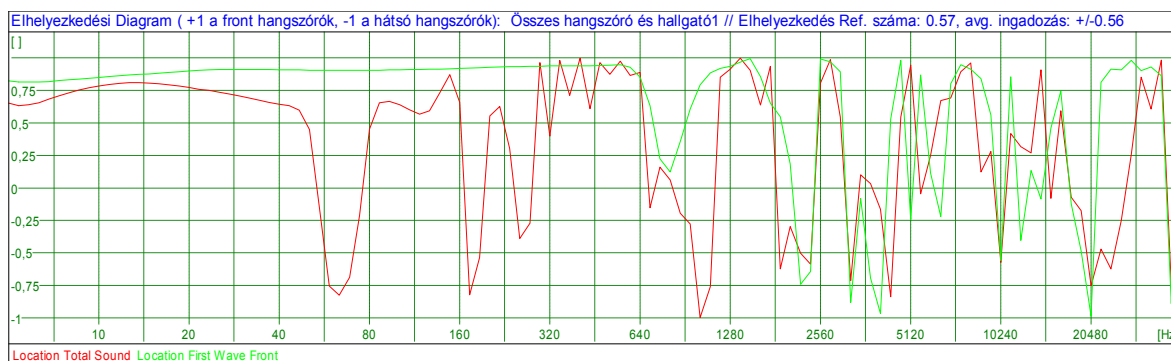


112. ábra Optimalizálatlan elhelyezkedés

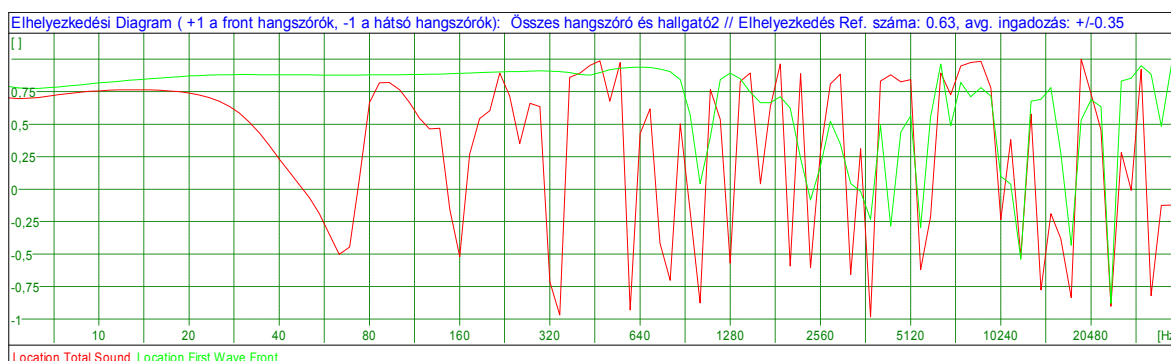


113. ábra Optimalizálatlan elhelyezkedés

Optimalizálva a hallgató1 (jobb fotel 114. ábra) és a hallgató2 (bal fotel 115. ábra):



114. ábra Optimalizált elhelyezkedés



115. ábra Optimalizált elhelyezkedés

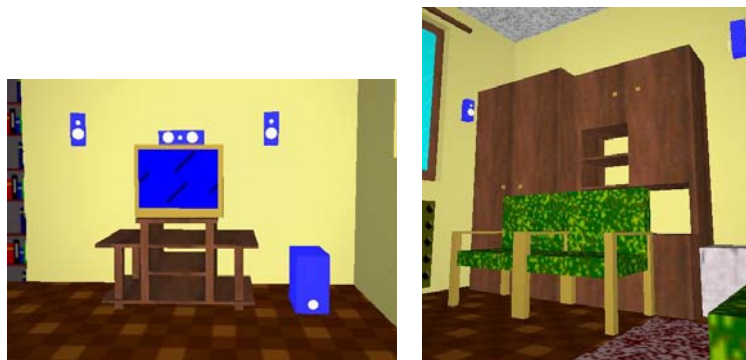
5.1.2 A javasolt elhelyezés és optimalizált társa

Ebben az alfejezetben megvizsgálom a tanácsolt hangsugárzó elhelyezést a házi-mozi hangrendszeremre. Ezt a fajta elrendezést eddig csak a program adta szimulációs környezetben valósítottam meg. De ha az eredmények ezt a fajta elrendezést igazolják, akkor érdemes elgondolkozni a megvalósításán.

A 116. ábrán látszik, hogy ez az elrendezés a mostani szoba berendezésekkel nem teljesen kompatibilis. Ezért ha olyan jó lesz, mint ahogy remélem, akkor ennek megvalósítása komoly anyagi beruházást jelent.

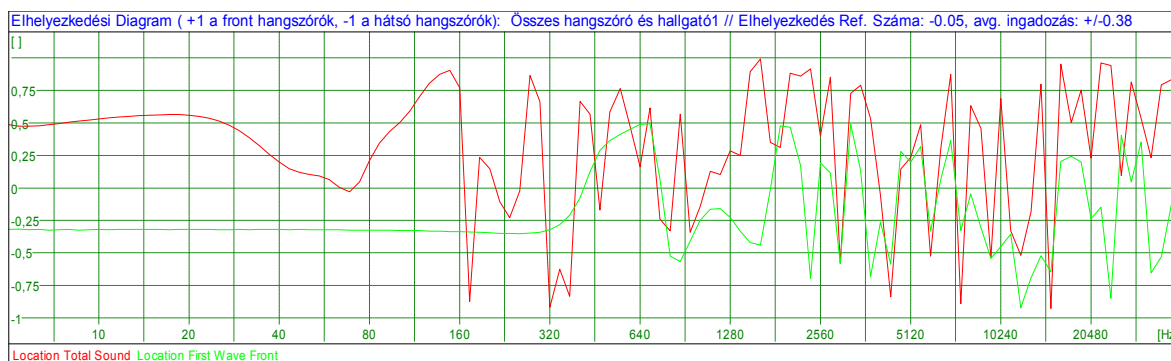


116. ábra Tanácsolt elrendezés



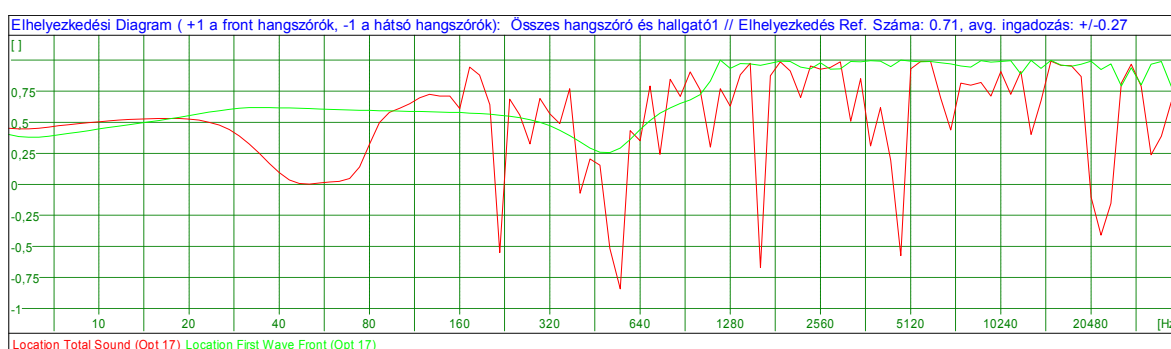
117. ábra Tanácsolt elrendezés 3 dimenziós képei

Elhelyezkedési diagram általam beállítva (jobb fotel 118. ábra):



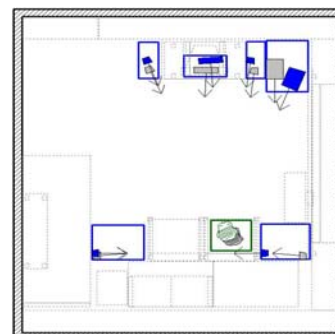
118. ábra Optimalizálatlan elhelyezkedés

Ugyanez optimalizálva (119. ábra):



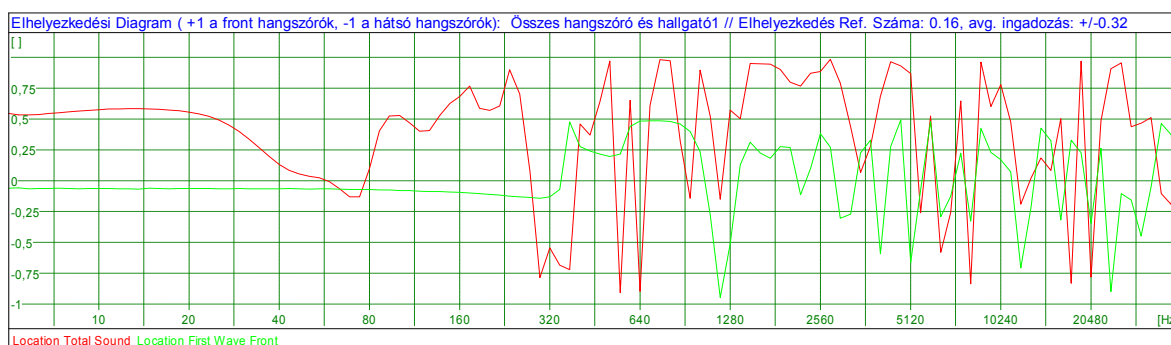
119. ábra Optimalizált elhelyezkedés

Megmutatom még az optimalizált hangszóró elrendezést is (120.ábra):

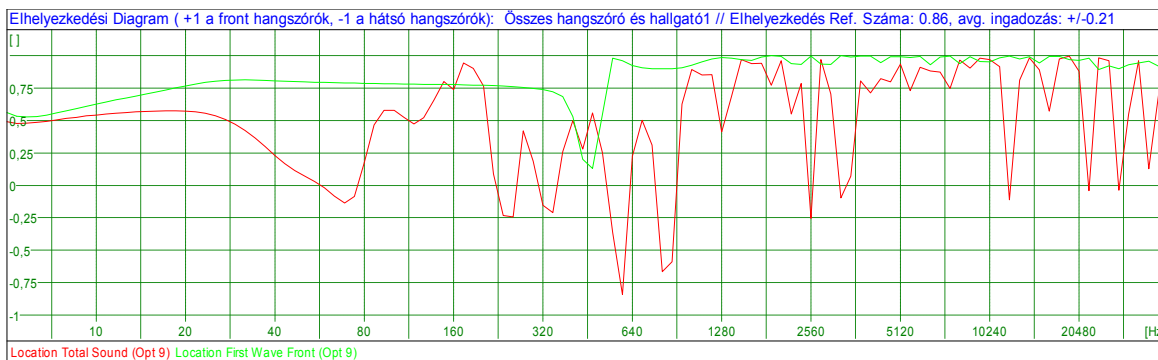


120. ábra Optimalizált elrendezés

Mindezt szimulálva a bal oldalra is az alábbi ábrák mutatják. Az első diagram szintén az általam optimalizált (121. ábra), melyet a program által optimalizált követ (122. ábra).

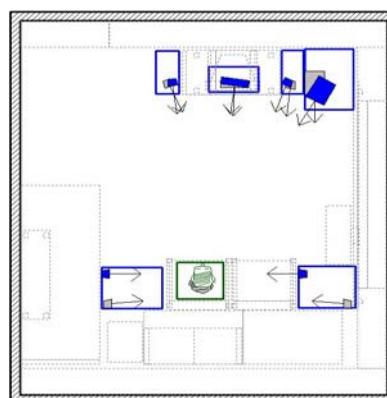


121. ábra Optimalizálatlan elhelyezkedés



122. ábra Optimalizált elhelyezkedés

Az optimalizált pozíció ábrája (123. ábra):



123. ábra Optimalizált elrendezés

Mindent összevetve, valóban jobb ez az elrendezés az általam építetthez képest. Még így is, hogy félig meghagytam a lakószoba jelleget. Akkor lenne a legjobb, ha egy külön szobában lehetne elhelyezni a házi-mozi rendszert egy kanapéval és egy nagy felbontású képmegjelenítővel.

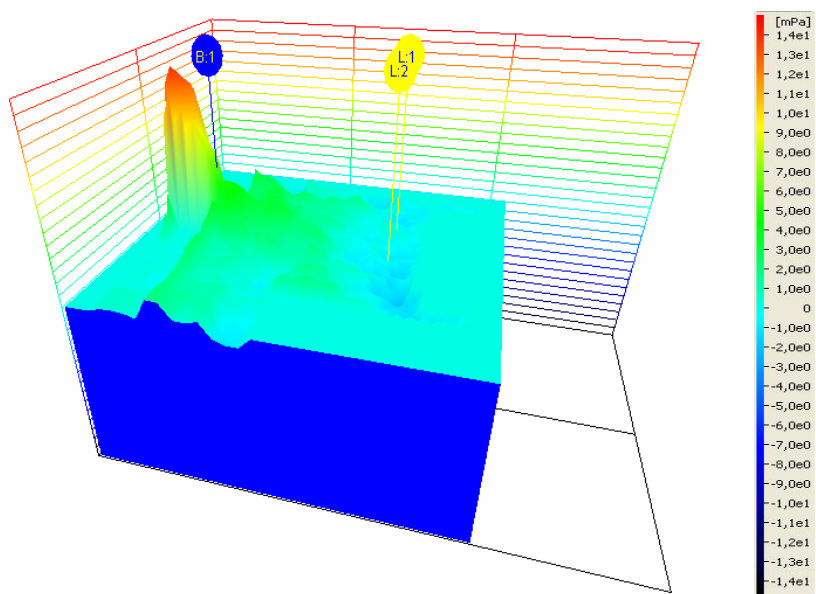
5.2 Mélyfrekvenciás átvitel vizsgálata

Ebben a fejezetben hangnyomásszint-eloszlás vizsgálatnak vetem alá a szobámat a mélyfrekvenciás átvitelt vizsgálva az 50-200 Hz-es tartományban. A szoba berendezési tárgyait megváltoztatva – ismét a félig lakószoba elrendezést használva – szintén megnézem a hangnyomásszint-eloszlás változását. Mindezeket egyszerre két hallgatóval és a szimulációt csak a mélyládára beállítva szimuláltattam le.

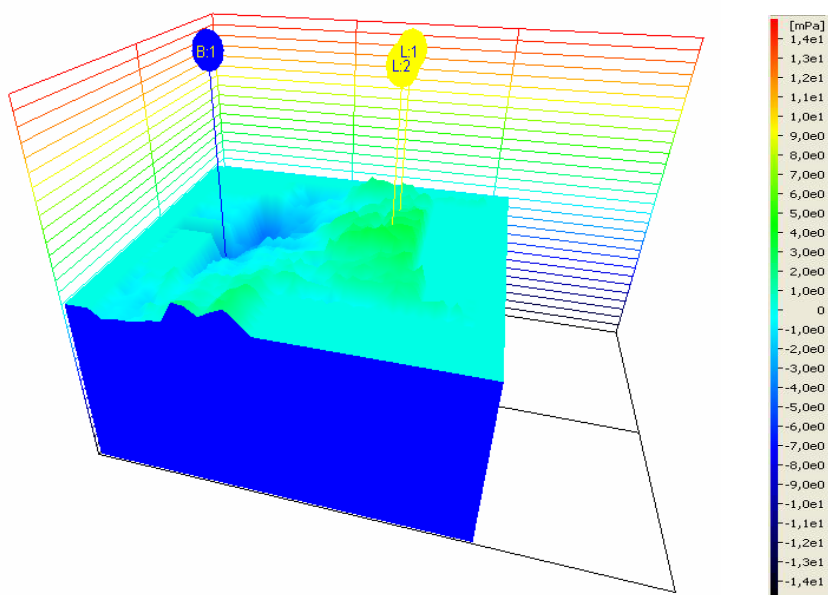
Egy átlagos nappaliban 6.1-es, sőt, 7.1-es hangrendszereknek nincs igazán értelme, mert nem növelik a hangélményt, vagyis otthoni mozizásra tökéletesen elegendő az 5.1-es hang is. Csak nagyon nagy nappaliba van értelme 6.1 vagy 7.1-et telepíteni, és csakis akkor, ha tökéletesen el lehet helyezni (egymástól megfelelő távolságra) az összes hangfalat. Ha kicsit is feljebb, lejjebb, odébb kerülnek a hangfalak, plusz ha túl sok a berendezési tárgy, amitől egyszerűen csak zsúfolt lesz a szoba, már felesleges az egész.

Még egy fontos problémát érdemes megemlíteni. Ha a hangszórót a falak metszésébe eső sarkokhoz, a fal és plafon, a fal és padló találkozásához helyezzük el, akkor annak mélyhang leadása megnő és erősebb lesz. Ezzel a problémával is számolnunk kell ha házi-mozi tervezésbe kezdünk.

A valós szoba modellezett hangnyomásszint-eloszlás térképe egy 3 dimenziós mozgó ábra. Sajnos ezt csak a CARA program tudja lejátszani, ezért az alábbi képek ennek kifényképezett részletei (124, 125. ábra). Mivel túl sok képről van szó, itt csak egy pár képet mutatok be. De az összes kép megtalálható a dolgozatom Függelék című fejezetében.

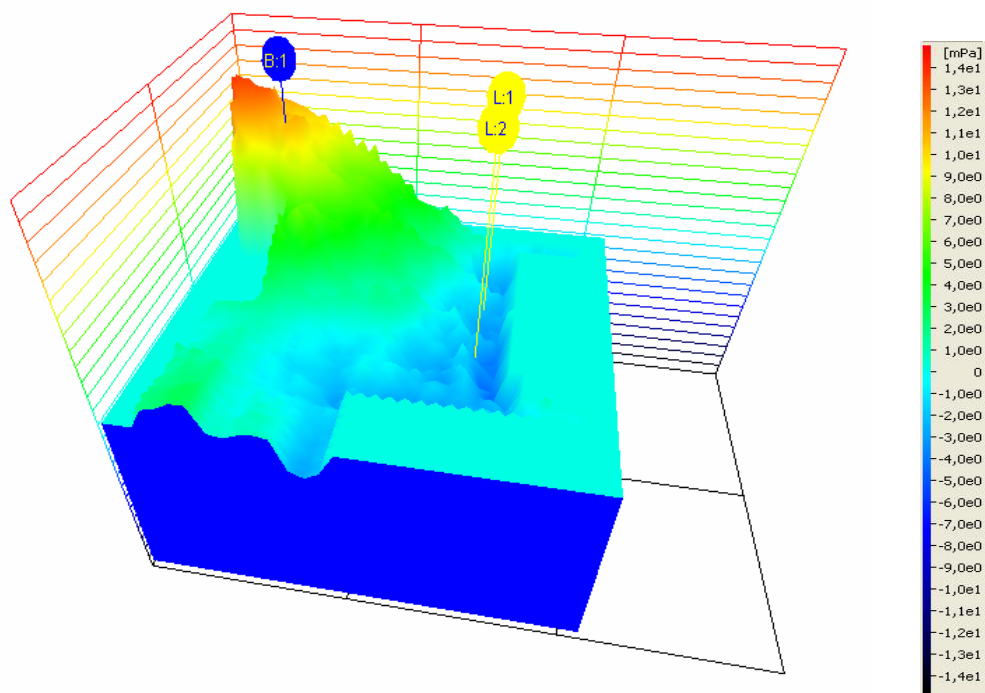


124. ábra 50,4 Hz-en a maximális hangnyomásszint-eloszlás a szobában

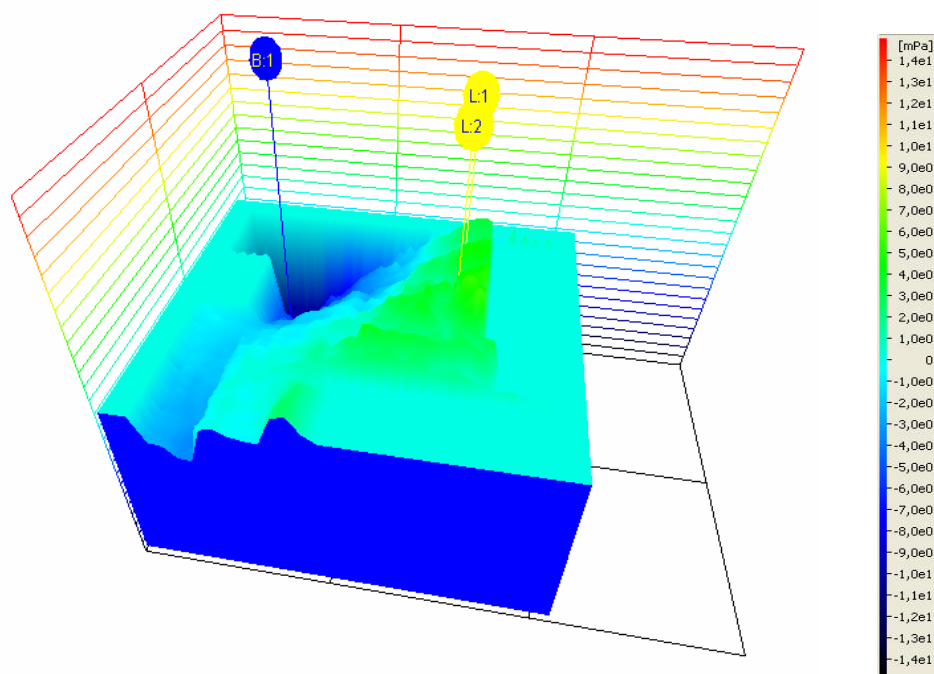


125. ábra 50,4 Hz-en a minimális hangnyomásszint-eloszlás a szobában

Az átrendezett szoba hangnyomásszint-eloszlás térképe látható itt lejjebb (126, 127. ábra). Itt is csak pár képpel mutatnám meg, hogy milyen is a nyomás-eloszlás térkép. A többi a Függelék című fejezetben lesz megtalálható.



126. ábra 50,4 Hz-en a maximális hangnyomásszint-eloszlás az átrendezett szobában



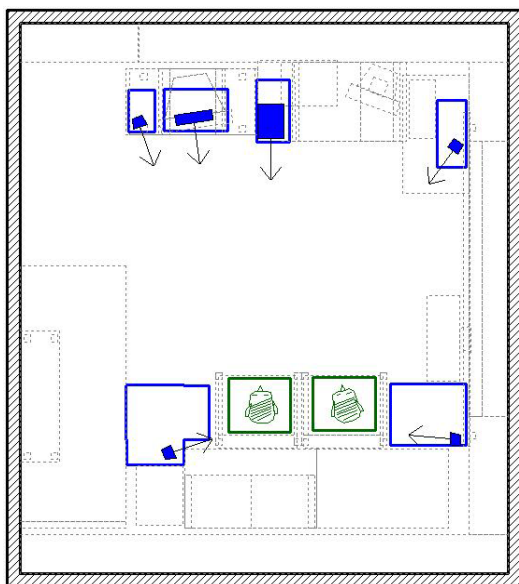
127. ábra 50,4 Hz-en a minimális hangnyomásszint-eloszlás az átrendezett szobában

5.3 Az elhelyezés szubjektív véleményezése

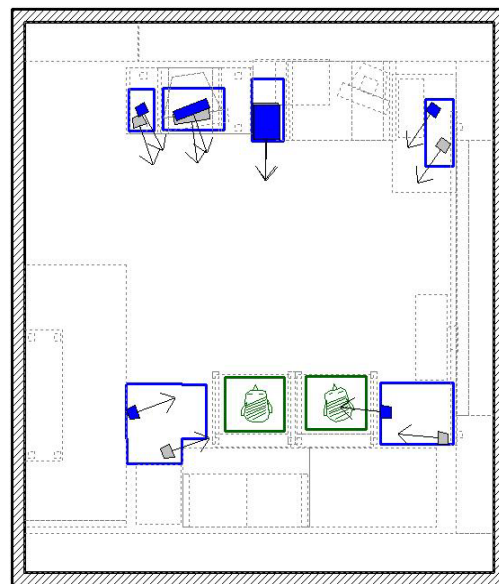
Objektív tesztelőként megkértem családtagokat, hogy hallgassák meg a hangszóró-beállítások különbségét. Csak az otthoni elrendezést és az optimalizált társát tudtuk megvizsgálni és szubjektíven véleményezni, mert a félig lakószoba jellegre nem tudtam átrendezni a szobát. (nem pakoltam ki a bútorokat)

A családdal meghallgatva az 128. ábrán szereplő elrendezést, majd az 129. ábrán lévőre átrendezve a hangszórókat is meghallgattuk a hangzást. Átrendezésnél csak néhány centimétereket kellett odébb helyezni a hangszórókat és a lényeges volt odafigyelni az egy síkban való elhelyezésre is, de a hangélmény magáért beszélt. Megfigyelhető volt, hogy a szubjektív hangélmény a fülek érzékenységétől, elsősorban életkortól is függ. A fiatalabbak több hangmagasság és hangerőbeli árnyalatot tudtak megkülönböztetni, mint az idősebbek, de ők is érzékeltek különbségeket. Ezáltal a program szerint javasolt elhelyezések meggyőzően javítottak a hangélményen.

Összehasonlítva azt a megállapítást vontam le a következtetésekből, hogy bár a program jó és nagyon sok mindent tud még, amit nem is használtam, érdemes mélyebben is foglalkozni a lehetőségeivel, sőt nagyobb, zárt hangterek előzetes akusztikai tervezésébe is érdemes bevonni. Különösen házi-mozi hangszóró elhelyezések megvalósítására alkalmas, akár 5.1-hez vagy 7.1-hez is.



128. ábra Optimalizálatlan elhelyezés



129. ábra Optimalizált elhelyezés

6. Összefoglalás

A dolgozatomban elején ismertettem a teremakusztikával kapcsolatos alapfogalmakat. Röviden az olvasó elé tártam a termék alakjaiból adódó akusztikus problémákat. Külön kitértem a napjainkban egyre növekvő igényeket kielégítő házi-mozi rendszerekre is. Különösen az „egydobozos házi-mozi” mibenlétéről, alkalmazásáról. Ismertettem egy újfajta digitális hangvetítő technológiát is, melyet a Yamaha cég gyárt. A rendszer előnye, hogy térhatású hangot képes előállítani egyetlen hangsugárzóból többlet hangszórók nélkül.

Bemutattam a hangszórókat működésük alapján, majd az olvasónak ajánlottam hangsugárzó elhelyezési technikákat is.

Létezik egy számítógépes program a CARA (Computer Aided Room Acoustics – Számítógép Támogatott Teremakusztikai Elemző), amivel a hangszórók elhelyezkedésének akusztikai tervezését valósítottam meg, létrehozva benne a vizsgálandó szobát és a benne lévő berendezési tárgyakat. A program teljes, de fizetős verziója mindenki számára elérhető a <http://www.cara.de/> weboldalról.

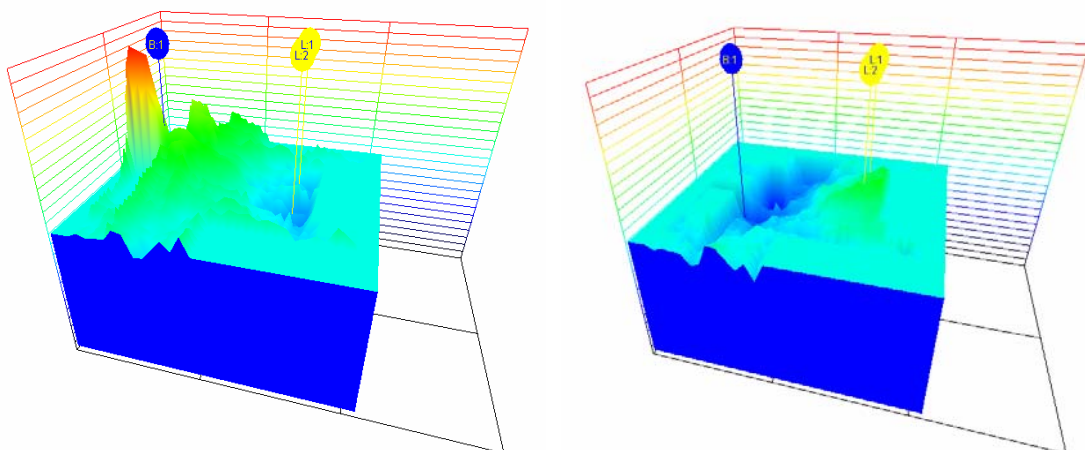
Dolgozatomban leírtam egy rövid használati utasítást is a program egyszerű rövid használatáról és annak legfontosabb funkcióiról. A programot egy konkrét lakószoba (a saját szobám) hangterének tervezésére, majd beállítására használtam. Ez példát nyújthat más szobák, termék akusztikai tervezéséhez is.

Úgy gondolom, a dolgozatomban célját sikerült elérnem, mert hasznos tanácsokkal tudtam ellátni mérési tapasztalatok alapján is a házi-mozi tulajdonosokat az elrendezés szempontjából és mindazokat, akik azon gondolkodnak, hogy hangrendszer tulajdonosok legyenek.

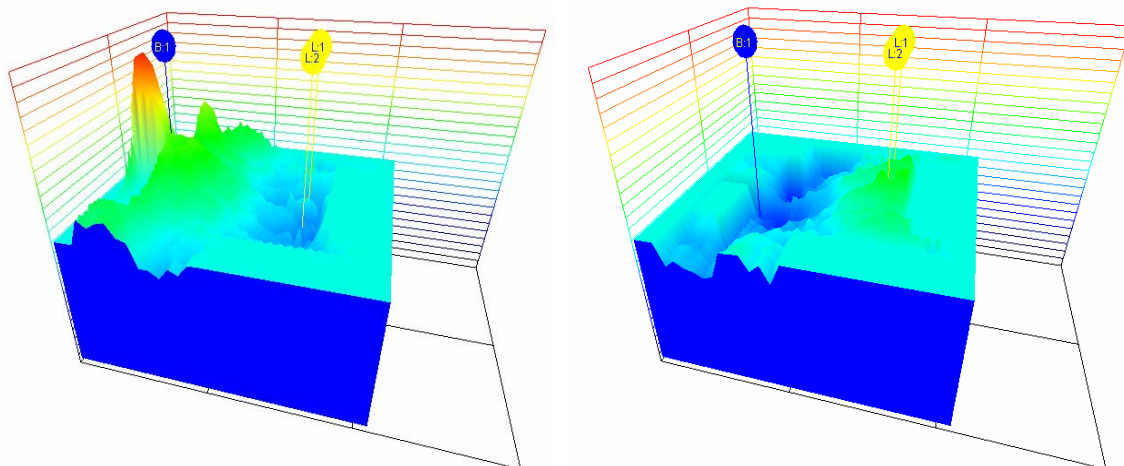
7. IRODALOMJEGYZÉK

- [1] Tarnóczy Tamás: Teremakusztika I., II., Akadémiai Kiadó, 1986.
- [2] Tarnóczy Tamás: Hangnyomás, hangosság, zajosság, Akadémiai Kiadó, 1984
- [3] Dr. – Ing. Ivar Veit: Műszaki akusztika röviden és tömören, Műszaki könyvkiadó, 1977
- [4] Dr. Wersényi György: Műszaki Akusztika (ta74) jegyzet 2004
- [5] Dr. Wersényi György: Bevezetés a stúdiótechnikába, egyetemi jegyzet 2007
- [6] <http://www.cara.de/>
- [7] http://www.diszkronika.hu/pdf/Akusztika_1-4.pdf
- [8] <http://www.isover.hu/termekeink/owa/owacoustic/hangelnyeles.html>
- [9] <http://www.isover.hu/acoustic/absorption/acoustics/contentframe.html>
- [10] <http://www.hazi-mozi.hu/cikkshow.php?cid=4&old=1>
- [11] <http://www.hoc.hu/index.php?p=articles&cid=&y=84&z=1>
- [12] http://prohardver.hu/teszt/5_1-es_hangfalak_tesztje/nyomtatobarat/teljes.html
- [13] <http://www.saint-gobain.hu/acoustic/absorption/absorption/index.html>
- [14] <http://www.lauder.hu/~attila/tan/multi/Hazimozi.htm>

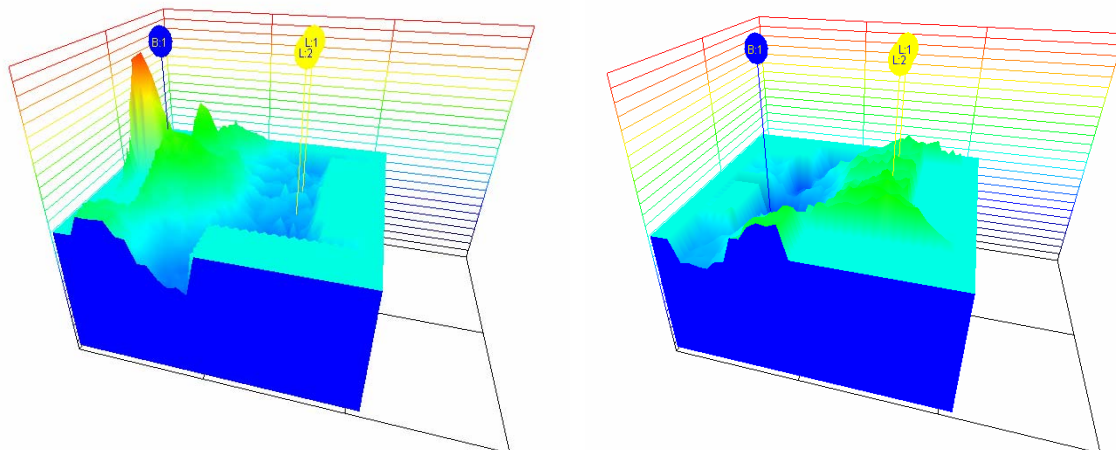
8. Függelék



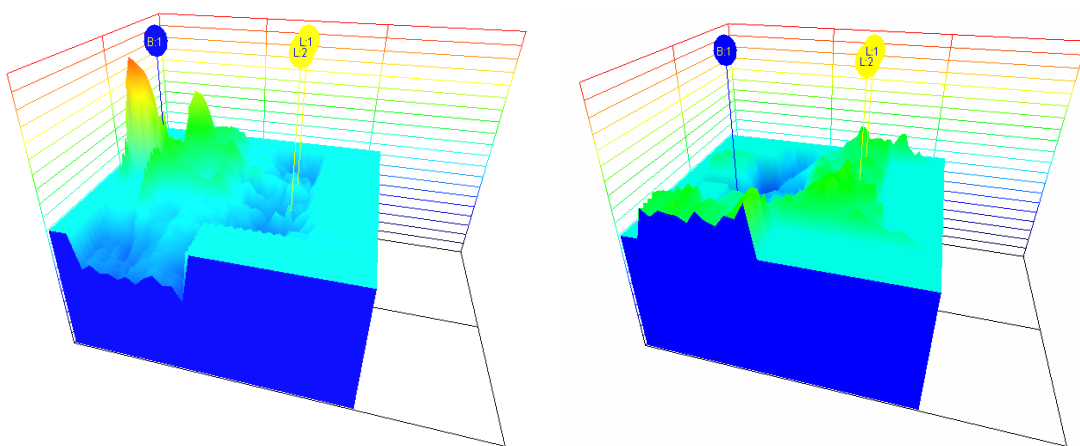
63,5Hz-en a maximális és minimális hangnyomásszint-eloszlás a szobában



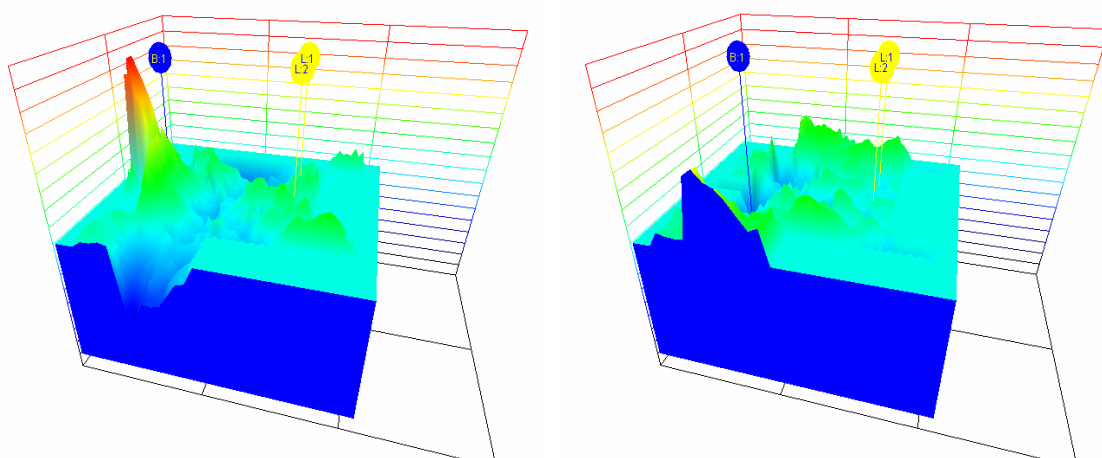
74,1 Hz-en a maximális és minimális hangnyomásszint-eloszlás a szobában



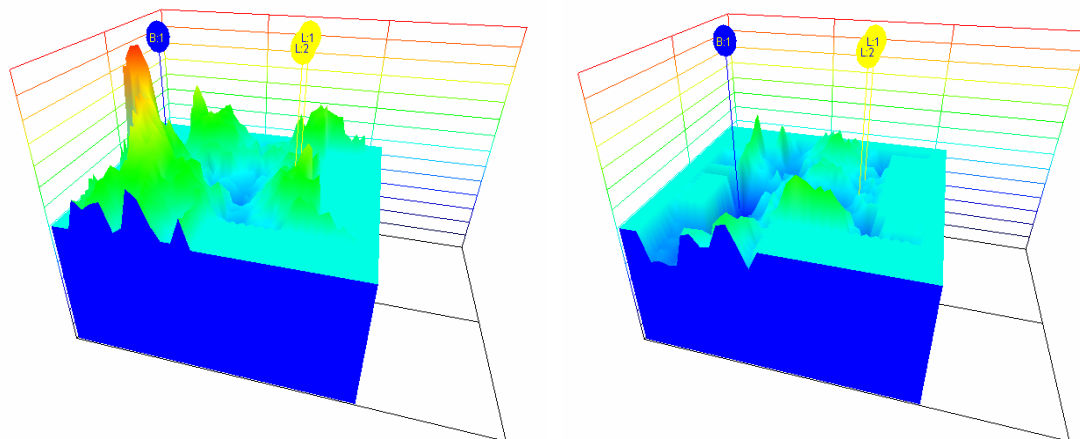
86,4 Hz-en a maximális és minimális hangnyomásszint-eloszlás a szobában



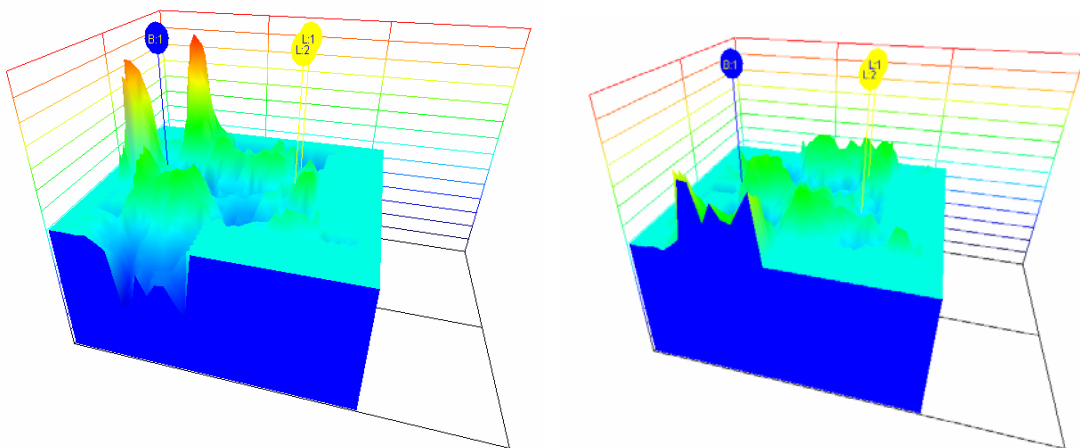
100,8 Hz-en a maximális és minimális hangnyomásszint-eloszlás a szobában



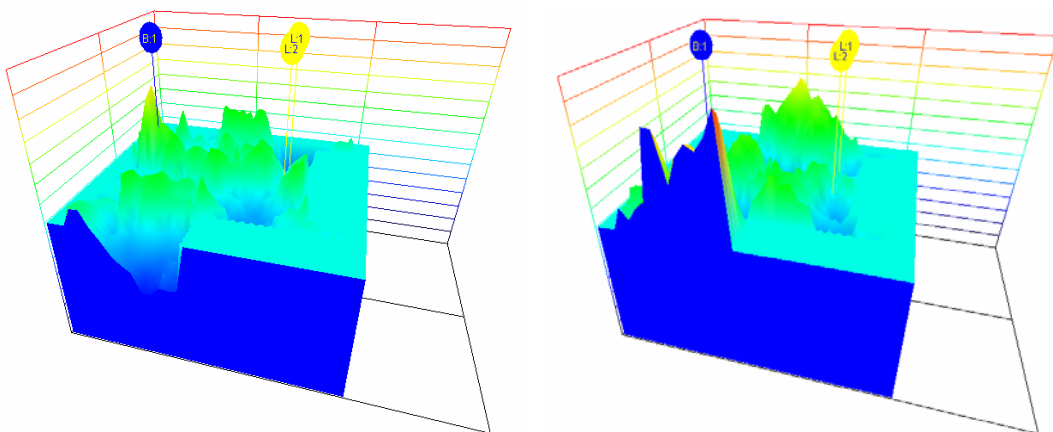
117,6 Hz-en a maximális és minimális hangnyomásszint-eloszlás a szobában



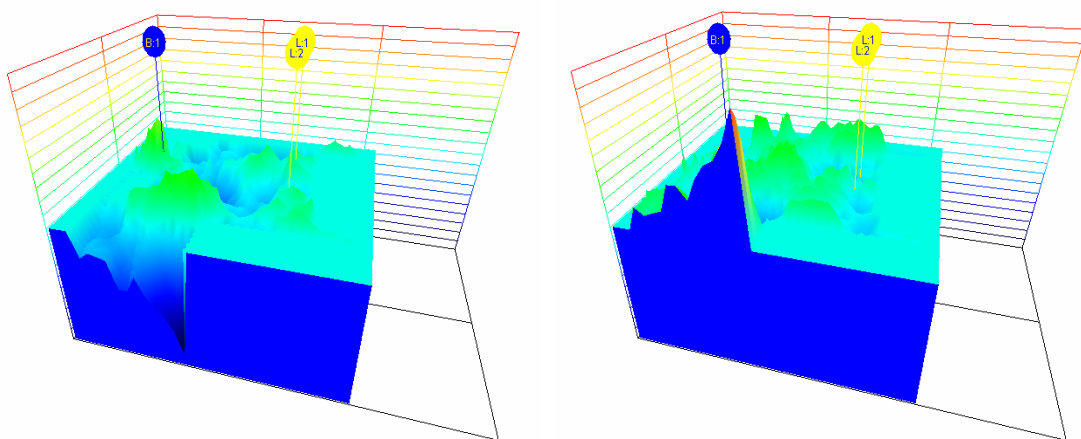
137,2 Hz-en a maximális és minimális hangnyomásszint-eloszlás a szobában



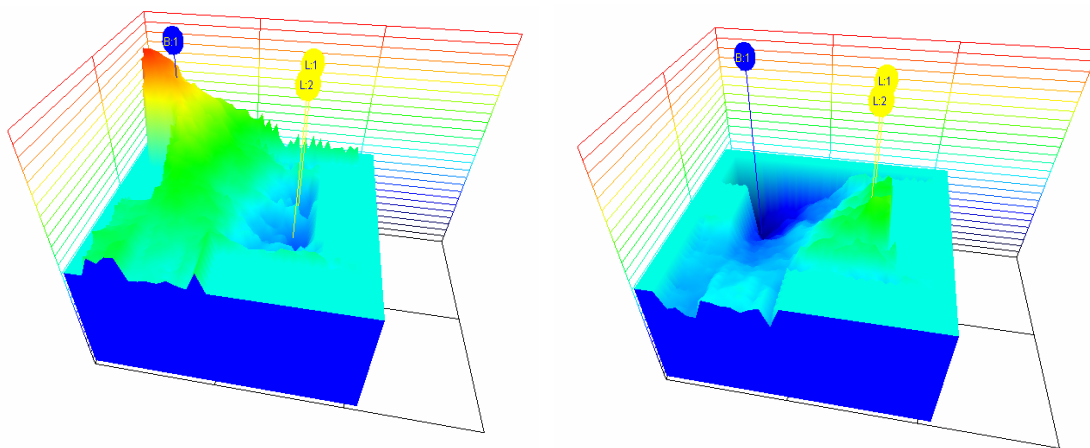
160 Hz-en a maximális és minimális hangnyomásszint-eloszlás a szobában



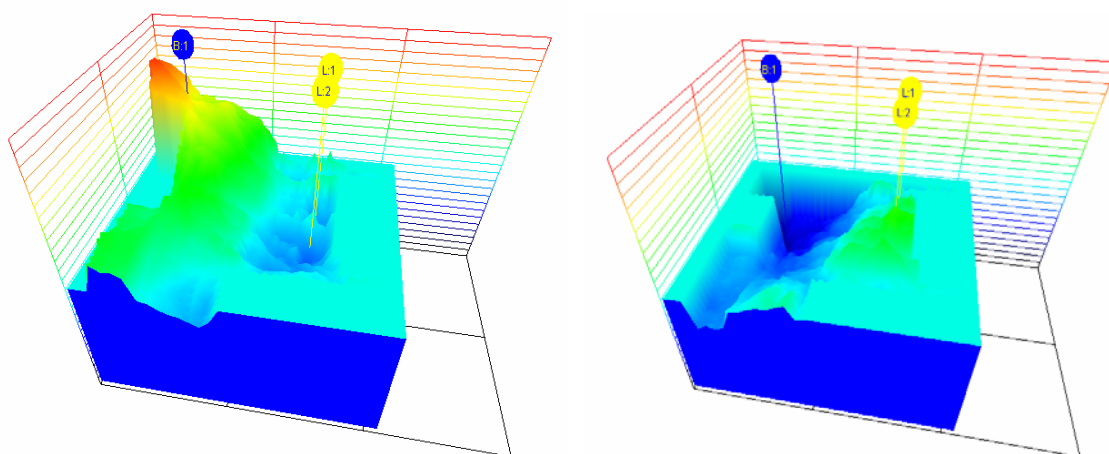
186,6 Hz-en a maximális és minimális hangnyomásszint-eloszlás a szobában



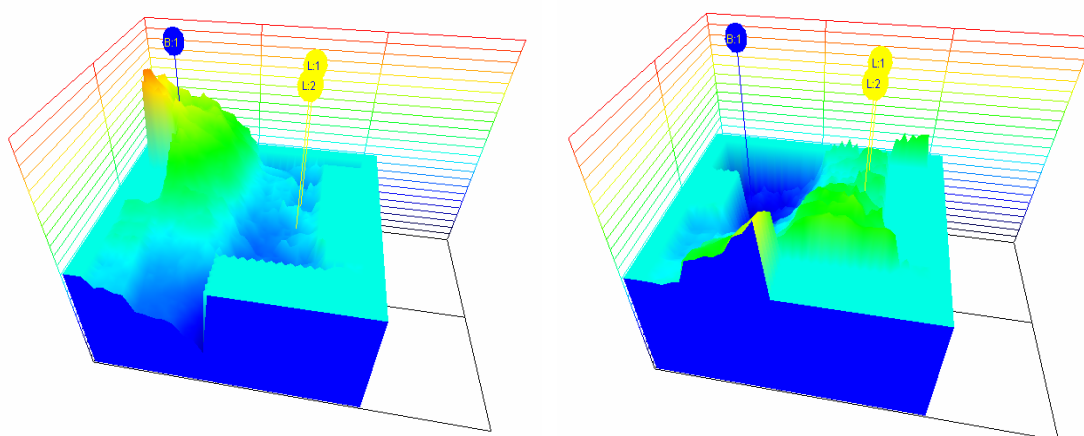
201,5 Hz-en a maximális és minimális hangnyomásszint-eloszlás a szobában



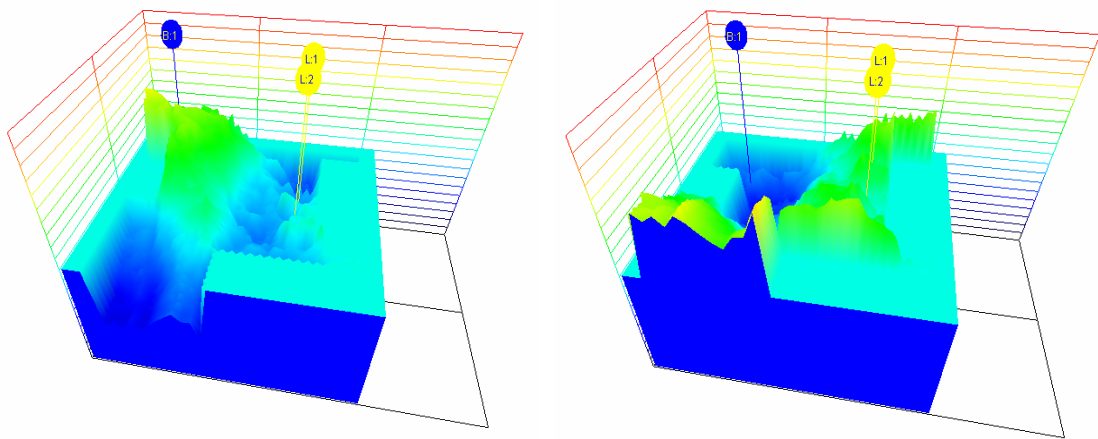
63,5 Hz-en a maximális és minimális hangnyomásszint-eloszlás az átrendezett szobában



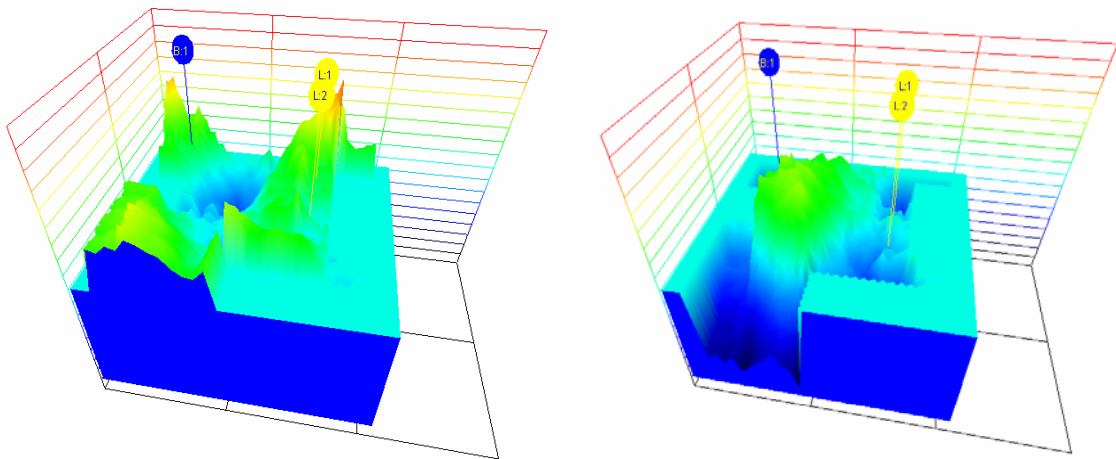
74,1 Hz-en a maximális és minimális hangnyomásszint-eloszlás az átrendezett szobában



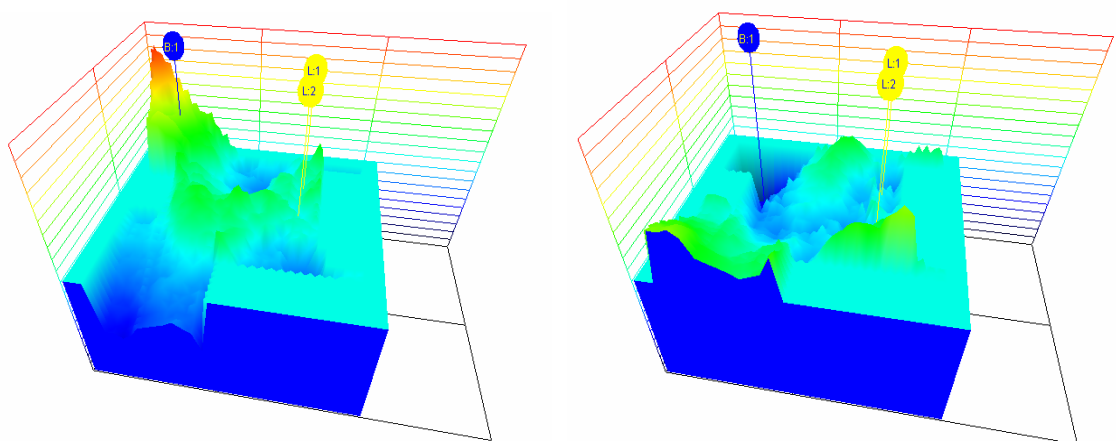
86,4 Hz-en a maximális és minimális hangnyomásszint-eloszlás az átrendezett szobában



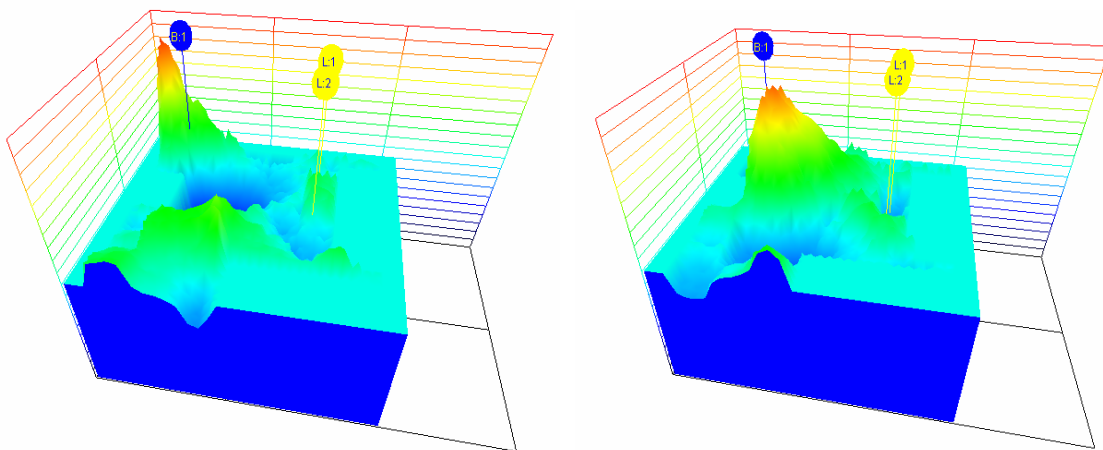
100,8 Hz-en a maximális és minimális hangnyomásszint-eloszlás az átrendezett szobában



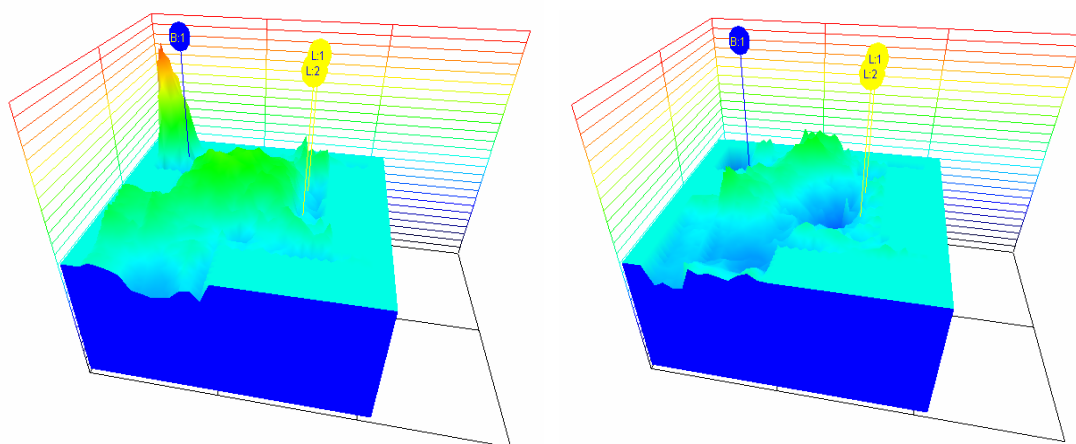
117,6 Hz-en a maximális és minimális hangnyomásszint-eloszlás az átrendezett szobában



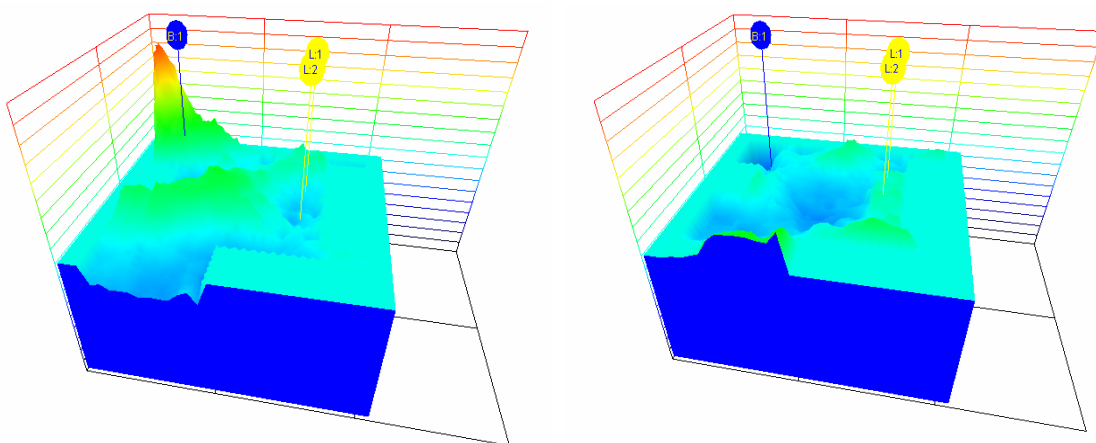
137,2 Hz-en a maximális és minimális hangnyomásszint-eloszlás az átrendezett szobában



160 Hz-en a maximális és minimális hangnyomásszint-eloszlás az átrendezett szobában



186,6 Hz-en a maximális és minimális hangnyomásszint-eloszlás az átrendezett szobában



201,6 Hz-en a maximális és minimális hangnyomásszint-eloszlás az átrendezett szobában