

Szabó László István<sup>1</sup>

## A FORGÓ- ÉS MEREVSZÁRNYAS REPÜLŐGÉPEK ÉS AZ ÁLTALUK HASZNÁLT REPÜLŐTEREK ZAJTERHELÉSE, A CSÖKKENTÉS LEHETSÉGES MEGOLDÁSAI, MÓDSZEREI

DOI: 10.30583/2019/4/114

### Absztrakt

*Napjainkban a polgári és a katonai repülés területén a forgó- és merevszárnyas repülőeszközök széles skálájával találkozhatunk, amelyek az általuk használt repülőterekkel együtt komoly, de eltérő zajterhelést fejtenek ki a környezetükre. Ez gyakran okoz konfliktust a repülőterek üzemeltetői és a környező lakosság között. A feszültséget csak tovább növeli az utóbbi évtizedekben a repülőeszközök számának növekedése, valamint a repülőterek körzetében található lakóövezetek terjeszkedése. A szerző ebben a cikkben ismerteti a repülőterek és környezetük kapcsolatát, a repülőeszközök okozta zajhatás okait, a zajterhelés jellemzőit, a helikopterek és a merevszárnyú repülőgépek zajterhelésének hasonlóságait, különbségeit. Vizsgálja a repülőterek zajterhelésének okait, jellemzőit, javaslatot tesz a zajhatások csökkentésének módszereire, műszaki megoldásaira.*

**Kulcsszavak:** zajterhelés, hangtér, zaj, egészségromlás, halláskárosodás

### Abstract

*Nowadays, we can meet wide range of rotary-wing and fixed-wing aircraft on the field of both the civilian and military aviation, which together with the airports and airfields cause serious, but different noise effects to their environment. This often creates conflicts between the aircraft operators and the surrounding population. Tensions have been exacerbated in recent decades by the increase in the number of aircraft and the expansion of residential areas around airports. In this article, the author presents the relationship among airports and their environment, the causes of aircraft noise, noise load characteristics, the similarities*

---

<sup>1</sup> Szabó László István százados, Nemzeti Közszerológiai Egyetem – KMDI PhD hallgató, [laci-szabo@freemail.hu](mailto:laci-szabo@freemail.hu), <https://orcid.org/0000-0002-3545-9968>

*and differences in the noise load of helicopters and fixed-wing aircraft. He examines the causes and characteristics of noise pollution at airports, proposes methods and technical solutions for noise reduction.*

**Keywords:** noise pollution, sound space, noise, deterioration of health, hearing loss

## Bevezetés

A repülés, mint tevékenység mindig az emberiség figyelmének középpontjában állt, melynek oka a kíváncsiság egy olyan szférában való tevékenység végzése iránt, mely nem tekinthető az ember természetes közegének. Már a repülés úttörői is felismerték azt a tényt, hogy eszközök biztonságos körülmények közötti kipróbálásához jól megválasztott területre van szükségük. Ekkor még elegendő volt egy megfelelő szélességű és hosszúságú legelő vagy sík terület, viszont az idő múlásával és a technika fejlődésével a repülés egyre inkább szervezett és kontrollált keretek közé kényszerült. Szabályai hosszú évek tapasztalatai és emberéleteket követelő repülőszerencsétlenségek kivizsgálásainak eredményei alapján fogalmazódtak meg. Mivel a repülés veszélyes tevékenység, így végzéséhez az átlagosnál magasabb szintű tudás, odafigyelés, türelem és fegyelem szükséges.

A repülés rohamos fejlődésével a repülőterek fejlesztése is nagy ütemben haladt, a fűvel borított mezők megváltoztak, betonnal burkolták be a felszállópályákat és a gurulótakat, a gépek tárolására és karbantartására egyaránt alkalmas hangárokat építettek, valamint a megnövekedett légi- és repülőtéri forgalom miatt, azok megbízható irányítása érdekében magas irányítótornyokat létesítettek.<sup>2</sup>

A repülési technológia fejlődésének köszönhetően a repülőeszközök gyorsabbá és gazdaságosabbá váltak, így a repülés az átlagemberek és az utazni vágyók számára is egyre elérhetőbb lett. Ennek egyenes következménye, hogy a repülőgépek mérete és mennyisége intenzíven növekedett, amely az utas- és légiforgalom további növekedését vonta maga után, valamint szükségessé vált a repülőterek bővítése és fejlesztése is. A forgalom, valamint a repülőterek méreteinek folyamatos növekedése, az ebből adódó környezetterhelési problémák viszont folyamatosan hatást gyakorolnak az épített és természeti

---

<sup>2</sup> Forrás: Háy György: Repülők, Műszerek, Emberek, Műszaki könyvkiadó, Budapest, 1990, 93 – 102. o.

környezetünkre, az emberekre, az állat- és növényvilágunkra. A hatás napjainkra már szinte társadalmi kérdéssé vált.<sup>3</sup> Ez egyaránt vonatkozik a polgári és a katonai repülésre és repülőterekre, valamint azok üzemeltetésére.

Az urbanizációs folyamatok következtében a városok és települések egyre közelebb kerülnek a repülőterekhez, amely sokszor komoly feszültséget okoz a lakosság és a repülőterek üzemeltetői között. Különösen igaz ez a zajterhelésre. Katonai repülőterek esetén a feszültséget tovább fokozza az a tény, hogy ezeken a bázisokon robbanóanyagok, lőszer- és bombaraktárak, valamint rakétatárolók vannak, amelyek szintén növelik a lakosság veszélyeztetettségét.<sup>4</sup>

Napjainkban a cikk aktualitását az adja, hogy: *„Számolnunk kell az-  
zal a ténnyel, hogy a lakosság egyre érzékenyebb a zajhatásokra,  
amely különösen igaz a repülőterek környezetére. Legtöbb esetben a  
problémát a repülőterek környékének nagyfokú beépítettsége okozza,  
azaz a város szinte rátelepül a repülőterekre, mivel a kijelölt biztonsági  
és zajvédelmi távolságot a város terjeszkedése miatt a hatóságok nem  
követelik meg. Emellett gyakran előfordul az is, hogy a szükséges zaj-  
védelmi intézkedések betartása nem megfelelő, amely hosszabb távon  
a környéken élők, valamint a repülőtéren dolgozók súlyos egészség-  
romlásához, maradandó halláskárosodásához vezethet.”*<sup>5</sup>

A repülőterek zajterhelésének korábbi kutatása során vizsgáltam a merev- és forgószárnyas repülőeszközök, valamint ezek repülőtereinek üzemeltetéséhez szükséges eszközök zajterhelésének okait, annak mértékét, valamint a zajterhelés csökkentésének lehetséges módszereit, a megvalósítás jogszabályi alapjait. Megállapítottam, hogy a helikopterek és a merevszárnyú repülőgépek által használt repülőterek között mind kialakításuk, mind pedig zajterhelés szempontjából vannak hasonlóságok, de nem kevés eltérés is tapasztalható. Felmerül a kérdés, hogy a zaj szempontjából az üzemeltetés során melyik repülőtér terheli jobban a környezetét, illetve a különbségek miből adódnak.

---

<sup>3</sup> Forrás: Szabó Sándor, Tóth Rudolf: Repülőterek kialakítása, létesítményeinek kritikus elemei, védelmük lehetséges műszaki megoldásai; Repüléstudományi közlemények XXV. 2. 2013. 89-113. o.

<sup>4</sup> Forrás: Szabó Sándor, Tóth Rudolf: Repülőterek kialakítása, létesítményeinek kritikus elemei, védelmük lehetséges műszaki megoldásai; Repüléstudományi közlemények XXV. 2. 2013. 89-113. o.

<sup>5</sup> Forrás: Kretz András: A repülőterek zajterhelésének vizsgálata, a környezet zaj elleni védelmének lehetőségei, Repüléstudományi közlemények 2018/1, 29. o.

Ebben a cikkben bemutatom a zaj kialakulásának okait, fizikai tulajdonságait, környezetre gyakorolt hatásait, valamint a repülőterek, a forgó- és merevszárnyas repülőgépek zajterhelésének alapvető jellemzőit.<sup>6</sup> Javaslatot teszek a repülőterek zajvédelmével kapcsolatos műszaki megoldásokra, a zajterhelés lehetséges csökkentésére. Kutatásom közben csak nyilvános, mindenki számára hozzáférhető anyagokat vizsgáltam, a cikk nem tartalmaz nem nyilvános és korlátozottan hozzáférhető dokumentumokból származó adatokat.

## A repülőterek és környezetük kapcsolata

Egy repülőtér építése és üzemeltetése során elkerülhetetlenek a környezetet érintő károsító hatások, akár katonai, akár polgári felhasználású repülőtérrel beszélünk, de ezek tervezési és kivitelezési megoldásokkal csökkenthetők. A polgári repülőterek általában a lakott területekhez közelebb helyezkednek el a könnyebb megközelíthetőség érdekében. A katonai repülőtereket távolabb építik, mert olyan létesítményeknek is helyet adnak, mint lőszerraktárak, fegyverraktárak stb. Ezen belül lehetnek rakéták, bombák, valamint egyéb robbanóanyagok tárolására alkalmas létesítmények, mely eszközök robbanása esetén súlyos környezeti károk léphetnek fel. Ezek elsődleges és másodlagos hatásaitól a lakosságot mindenképpen védeni kell.<sup>7</sup>

A repülőterek környezeti elemeit nem részegységekre lebontva kell vizsgálni, hanem az egészet egy egységként kell kezelni, a zajterhelés felmérésekor a tevékenység globális vizsgálatára van

---

<sup>6</sup> Természetesen, a repülőeszközök a zajterhelésen kívül más módon is terhelik környezetüket. Például:

- a hajtóművek által kibocsátott üvegházhatású és egyéb mérges gázok;
- a leszálló fényszórók által okozott fényszennyezés;
- földi rezonancia, rezgések, vibráció;
- a repülőbalesetek, légikatasztrófák által okozott környezetterhelés;
- a kerozin és a különféle kenőolajok által okozott talaj- és vízszennyezés;
- a fedélzeti meteorológiai radar, terepkövető lokátorok sugárterhelése;
- a leszállást segítő fedélzeti berendezések sugárterhelése;
- stb.

<sup>7</sup> Forrás: Szabó Sándor, Tóth Rudolf: Repülőterek kialakítása, létesítményeinek kritikus elemei, védelmük lehetséges műszaki megoldásai; Repüléstudományi közlemények XXV. 2. 2013. 89-113. o.

szükség.<sup>8</sup> Ez azért fontos, mert nincs olyan környezeti elem, melyre egy repülőtér vagy a rajta üzemeltetett eszközök ne lennének valamely mértékben hatással<sup>9</sup>.

A repülőeszközök fel- és leszállása, valamint a lakóépületek feletti mozgása nem csak fokozott zajterhelést, de veszélyforrást is jelenthet az ott élők számára. Amennyiben a várakozási zónák lakott terület fölé kerülnek kijelölésre, egy meghibásodás vagy egy repülőbaleset bekövetkezése súlyos katasztrófát idézhet elő.

A repülőgéptípusok szerkezeti felépítéséből, kialakításából adódó zajterhelés nagyságában, még azonos kategóriákon belül is lehetnek eltérések, melyek komoly zaj- és légszennyező hatást fejthetnek ki a környezetükre. A repülőgépek és helikopterek esetében is szükség van kiszolgálóeszközökre, melyek további terhelést jelentenek, és ezek mértéke szintén eltérhet egymástól. A folyamatosan növekvő forgalommal együtt járó zajhatások is emelkedni fognak. A zajterhelés és az ezzel összefüggő környezetkárosító hatások csökkentésére már léteznek a gyakorlatban jól alkalmazható megoldások, és ezek a módszerek folyamatosan bővülnek. A következő fejezetben ismertetem a repülőeszközök által okozott környezeti zajterhelést és azok okait.

## A zaj és zajterhelés kialakulása, alapvető jellemzői

Napjainkban, a környezetünkben meglévő zajok<sup>10</sup> kialakulása egy olyan folyamat eredménye, melynek kezdete a XVIII. századra, az ipari

---

<sup>8</sup> Forrás: Szabó Zsolt.: Zajgátló védőövezet kialakítása a katonai repülőtereken; <http://archiv.uni-nke.hu/downloads/bsz/bszemle2011/2/SzaboZs.pdf>, Letöltve: 2018.10.02.

<sup>9</sup> Forrás: Szabó Zsolt.: Zajgátló védőövezet kialakítása a katonai repülőtereken; <http://archiv.uni-nke.hu/downloads/bsz/bszemle2011/2/SzaboZs.pdf>, Letöltve: 2018.10.02., 2. o.

<sup>10</sup> **Zajnak nevezzük:** *A hang a levegő egyensúlyi helyzetének mechanikai értelemben vett megzavarásának hatására létrejövő – forrásból kiinduló – légnyomásváltozások hullámmozgásának sorozata, melyet képes érzékelni a fülünk. A hullámhossztól függően lehet mély dörgés vagy akár magas csipogás is. Érzékelés szempontjából megkülönböztetünk kellemes és kellemetlen hangokat. Zajnak a kellemetlen, zavaró hangot nevezzük, mely egyidejűleg lehet fizikai és pszichológiai jelenség is. A zaj az emberi tevékenység egyik nem kézzel fogható mellékterméke, amelynek a hatása az energia természete ellenére csak rövid ideig érzékelhető a környezetében.* (Forrás: Tancsik Gábor: A zaj, a zajvédő falak széles skálájának bemutatása, majd azok alkalmazása hazai példákon, TDK, 2013. 8.o.)

forradalom gépesítési időszakára tehető, amikor a természetes zajforrások kiegészültek a mesterségesen előállított zajforrásokkal. A zajok a különböző frekvenciájú és erősségű hangok összessége, amelyeket a légnyomásváltozások következtében létrejött különböző rezgések (nyomásváltozások) hoznak létre, és amelyeket az emberek és egyéb élőlények érzékszerveik segítségével észlelnek.<sup>11</sup>

A mesterséges zajforrások között említhetjük az üzemeket, gyárakat, repülőtereket, szerszám- és munkagépeket, különböző közlekedési eszközöket, amelyekbe beletartoznak a forgó- és merevszárnyas repülőeszközök is. Az emberek megítélése és érzése szerint különbség észlelhető a helikopterek és a merevszárnyas repülőgépek által keltett zajterhelések<sup>12</sup> erősségében, szintjében és frekvenciájában. Egy repülőeszköz hangja lehet informatív jellegű, mikor információt hordoz (például az eszköz közeledtéről vagy távolodásáról), de egyértelműen zavaró zajról beszélhetünk akkor, ha egy beszélgetést a feletünk elhaladó repülőgép lehetetlenné tesz.<sup>13</sup>

A zajok az emberre gyakorolt hatásmechanizmusa alapján négy csoportba sorolhatók, melyek az alábbiak:

- beszédérthetőség és figyelem zavarása,
- alvást és pihenést zavaró hatás,
- testi és lelki folyamatokra gyakorolt hatás,
- halláskárosodás.<sup>14</sup>

Környezetvédelmi szempontból a zajterhelés mértékének alsó és felső küszöbértékét elsősorban az emberre vonatkoztatva állapítják meg, de figyelembe veszik az állat- és növényvilágra gyakorolt hatásokat is. Az állatok hallása kifinomultabb, ezért az erős zajterhelés zavart okozhat viselkedésükben, tájékozódóképességük lecsökken, pedig ez kulcsfontosságú a számukra. A hangok és rezgések nem csak a levegőben, hanem a talaj rétegeiben is képesek terjedni, így megzavarva a föld alatti üregekben élő rágcsálók, bogarak és egyéb emlős

<sup>11</sup> Forrás: Bera József, Pokorádi László: Helikopterzaj elmélete és gyakorlata, Campus kiadó, Debrecen, 2010. 3 – 14. o.

<sup>12</sup> **Zajterhelés:** a zajforrások által okozott fizikai hatás meghatározott helyen, rendszerint az ember tartózkodási helyén. (Forrás: Bera József, Pokorádi László: Helikopterzaj elmélete és gyakorlata, Campus kiadó, Debrecen, 2010. 13. o.)

<sup>13</sup> Forrás: Bera József, Pokorádi László: Helikopterzaj elmélete és gyakorlata, Campus kiadó, Debrecen, 2010. 3 – 14. o.

<sup>14</sup> Forrás: Bera József, Pokorádi László: Helikopterzaj elmélete és gyakorlata, Campus kiadó, Debrecen, 2010. 5. o.

élőlények hétköznapijait is.<sup>15</sup> A zajnak az emberekre gyakorolt negatív hatásait egy későbbi alfejezetben fogom ismertetni.

A hang terjedését, intenzitását és annak hatását nagyban befolyásolja a környezet, valamint a hangforrástól való távolság. Például a terep domborzati viszonyainak, növénytakarójának és tereptárgyainak hangelnyelő képessége csökkenti, hangvisszaverő tulajdonsága növeli a környezet zajterhelését. Olyan terepviszonyok között, ahol a hang visszaverődési képessége nagyobb, mint az elnyelődési képesség, értelemszerűen nagyobb zajterhelés jelentkezik. Ez a tulajdonság jól érzékelhető a lakott településeknél, ahol a járdák, úthálózatok burkolatáról és az épületek faláról a hang felerősíti a zajterhelést.<sup>16</sup>

A hangforrás által kisugárzott hang úgynevezett hangtérben<sup>17</sup> érzékelhető. *A szabad hangtér kialakulása feltételezi a hangenergia korlátlan terjedését minden irányban.*<sup>18</sup> Amennyiben a hang terjedési vonalában akadályok helyezkednek el, az akadályokra beérkező energia egy része visszaverődik vagy irányt változtat, egy része pedig elnyelődik. Tehát a hangtérbe bekerülő tereptárgyak, természetes vagy mesterségesen kiépített akadályok jelentős mértékben módosítják, korlátozzák a hangenergia terjedését. Ennek köszönhetően a hangteret és a hozzá köthető tulajdonságokat, valamint a hangnyomást jelentős mértékben megváltoztathatják. A fentieken túl a hang terjedési sebességét a szállítóközeg tulajdonsága és hőmérséklete is befolyásolja. Más sebességi tartományok között terjed a hang a folyadékokban, a gázokban és egyéb halmazállapotú közegben és azok különböző hőmérsékletén.<sup>19</sup> A terjedési sebességek változására néhány példa az 1. számú táblázatban látható. Repülőterek esetén a meteorológiai viszonyok is nagyban befolyásolják az ott kialakult zajterhelés nagyságát, mivel a légnyomás és a páratartalom értékeinek változása, valamint a légmozgások folyamatosan változtatják a szállítóközeg tulajdonságait.

---

<sup>15</sup> Forrás: Bera József, Pokorádi László: Helikopterzaj elmélete és gyakorlata, Campus kiadó, Debrecen, 2010. 3 – 14. o.

<sup>16</sup> Forrás: Bera József, Pokorádi László: Helikopterzaj elmélete és gyakorlata, Campus kiadó, Debrecen, 2010. 3 – 14. o.

<sup>17</sup> **Hangtér:** Hangtérnek nevezzük a tér azon részét, amelyben a hullámok terjednek. (Forrás: Bera József, Pokorádi László: Helikopterzaj elmélete és gyakorlata, Campus kiadó, Debrecen, 2010. 19. o.)

<sup>18</sup> Forrás: Bera József, Pokorádi László: Helikopterzaj elmélete és gyakorlata, Campus kiadó, Debrecen, 2010. 24. o.)

<sup>19</sup> Forrás: Bera József, Pokorádi László: Helikopterzaj elmélete és gyakorlata, Campus kiadó, Debrecen, 2010. 17 – 54. o

A táblázatból látható, hogy a legjobb hangvezető a gyémánt, de a gyakorlatban és a repülés esetén a levegőt vesszük az elsődleges közvetítőközegnek. A táblázatban a levegő hangterjedési sebesség  $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ -os értékre van megadva, ettől eltérő hőmérsékleten a sebességértékek is értelemszerűen változnak, amelyet a relatív nedvességtartalom is befolyásol.

HANGOT SZÁLLÍTÓ ANYAGOK ÉS ÉRTÉKEIK<sup>20</sup>

1. számú táblázat.

A közeg megnevezése	Transzverzális sebesség (m/s) <sup>21</sup>	Longitudinális sebesség (m/s) <sup>22</sup>
Levegő (20 °C)	343 (*)	-
Hidrogén	1280	-
Oxigén	316	-
Víz	1484	
Víz (0 °C)	1407	
Jég (-4 °C)	3250	
Olaj(SAE 20/30)	1740	
Üveg	5300	
PVC (lágy)	800	
PVC (kemény)	2250	1060
Beton	3100	
Alumínium	6300	3080
Higany	1450	
Acél	5920	3255
Titán	6100	3050
Wolfram	5460	5460
Vas	5170	
Gyémánt	18 000	

<sup>20</sup> Forrás: Tóth Zoltánné Erika: Hangsebesség, <http://vilagur.network.hu/blog/a-cso-dalatos-vilagur-es-a-fold-cikkek/hangsebesseg>, Letöltve: 2018.12.26.

<sup>21</sup> **Transzverzális hullámról** beszélünk akkor, ha az egyes részecskék mozgásának iránya a hullám terjedési irányára merőleges. (Forrás: Rugalmas pontsoron terjedő hullámok, <https://tudasbazis.sulinet.hu/hu/termesztudomanyok/fizika/fizika-9-evfolyam/rugalmas-pontsoron-terjedo-hullamok/a-transzverzalis-es-longitudinalis-hullam>, Letöltve: 2018.12.28.)

<sup>22</sup> **Longitudinális hullám** esetén a részecskék mozgásának iránya egybeesik a hullám terjedésének irányával. (Forrás: Rugalmas pontsoron terjedő hullámok, <https://tudasbazis.sulinet.hu/hu/termesztudomanyok/fizika/fizika-9-evfolyam/rugalmas-pontsoron-terjedo-hullamok/a-transzverzalis-es-longitudinalis-hullam>, Letöltve: 2018.12.28.)



A hang terjedését befolyásoló anyagok és egyéb tényezők tudatos kialakításával és felhasználásával nagyban csökkenthetők a repülőtéri zajok. A hangforrás és zajhatás tekintetében a repülőgéptípusok is nagyban eltérhetnek egymástól, ezért a következő fejezetben a forgó- és merevszárnyas repülőeszközök által keltett zajok közötti hasonlóságokat és különbségeket fogom megvizsgálni.

## **Helikopterek és merevszárnyú repülőgépek hangforrásai, zajhatásainak alapvető jellemzői, a zajterhelésük hasonlósága és különbsége**

A hangforrások fogalom szerinti meghatározása nem tartozik az egyszerűen elvégezhető feladatok közé, mivel a vizsgálatok sikeressége és pontossága érdekében többféle szempontot is figyelembe kell venni, mert lehetnek egyszerűek és összetettek. Egy repülőtér üzemeltetése közben előforduló hangforrások általában összetettek, mivel nem egy, hanem több pontból indulnak ki, és összességében adják meg az adott pillanatban mérhető zajterhelést. A hangforrások beazonosítása gyakran okoz nehézséget, mert azokat az eszközöket, létesítményeket is zajforrásnak tekinthetjük, amelyek csak szerkezeti elemeikben közvetítik a hang rezgési energiáját.<sup>23</sup>

### **A forgószárnyas repülőeszközök, mint hangforrások fajtái és hanghatásuk jellemzői**

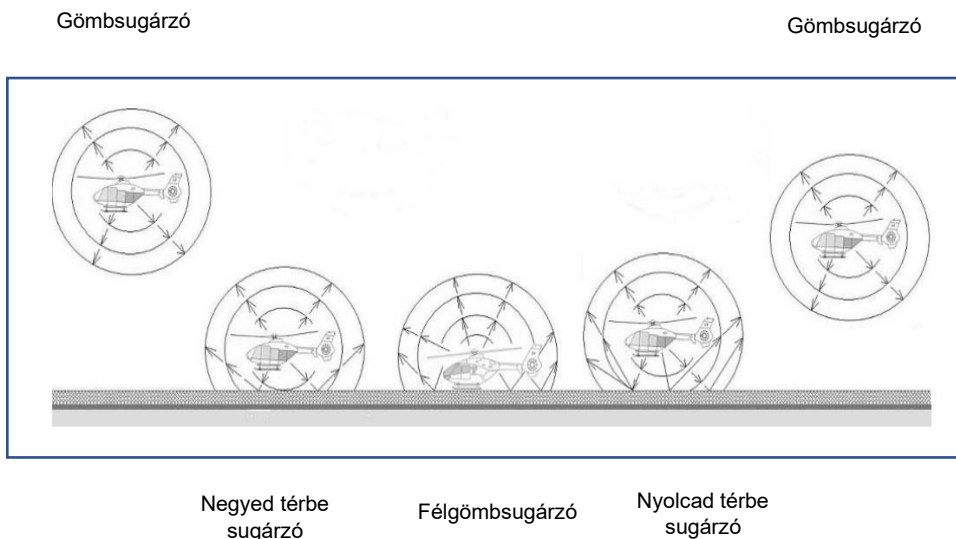
A hangforrások jellegük szerint lehetnek: *gömbszugárzó, félgömbszugárzó, negyed térbe sugárzó és nyolcad térbe sugárzó* fajták.

A helikoptert, mint hangforrást pontszerűnek tekinthetjük, ha viszonylag nagy távolság van az észlelő és az repülőeszköz között. A leszállóhelyen üzemelő helikopter egy hangvisszaverő síkfelületre helyezett gömbszugárzóként viselkedik, ezért féltérbe sugározza ki a hangenergiát.<sup>24</sup> Mivel ilyen esetben az észlelési távolság kicsi, és ezen a távolságon belül általában nincsenek olyan akadályok, létesítmények, melyek a hang terjedését jelentősen befolyásolnák, emiatt csak maga a hangforrás tulajdonságai lesznek a meghatározók. Figyelembe véve, hogy a hanghatás jellegét a hangforrás sebessége is befolyá-

<sup>23</sup> Forrás: Bera József, Pokorádi László: Helikopterzaj elmélete és gyakorlata, Campus kiadó, Debrecen, 2010. 17 – 54. o.

<sup>24</sup> Forrás: Bera József, Pokorádi László: Helikopterzaj elmélete és gyakorlata, Campus kiadó, Debrecen, 2010. 17 – 54. o.

solja, amely állóhelyen 0 km/h, az eszköz félgömb sugárzóként viselkedik.<sup>25</sup> (Lásd 1. ábra.) A repülési üzemmód hanghatása az állóhelyen történő működéshez képest szintén változik, de a zajhatás nagysága és intenzitása attól is függ, hogy a repülőeszköz hajtóműve milyen üzemmódon működik. Pl.: alapgáz, közbenső, maximális teljesítmény.



1. számú ábra. A helikopter, mint hangforrás<sup>26</sup>

A repülési üzemmódok közé soroljuk a felszálló, a névleges, valamint az utazó üzemmódot. Ezek között a zajterhelés tekintetében jelentős különbségek vannak, melynek oka a hajtómű(vek) eltérő teljesítménye.<sup>27</sup> Továbbá fontos kiemelni, hogy: „Az állóhelyi üzemmód és a felszállás közötti időben az emelkedési fázis a hajtómű teljesítménye és a jármű térben elfoglalt helye, így a helikopter, mint hangforrás viselkedése szempontjából átmeneti állapotnak tekinthető. Ilyenkor a forrás sebessége még kicsi, de a sík hangvisszaverő felületről emelkedve a lesugárzott hangenergiával érintett tér jellege már megváltozik”.<sup>28</sup>

<sup>25</sup> Forrás: Bera József, Pokorádi László: Helikopterzaj elmélete és gyakorlata, Campus kiadó, Debrecen, 2010. 17 – 54. o.

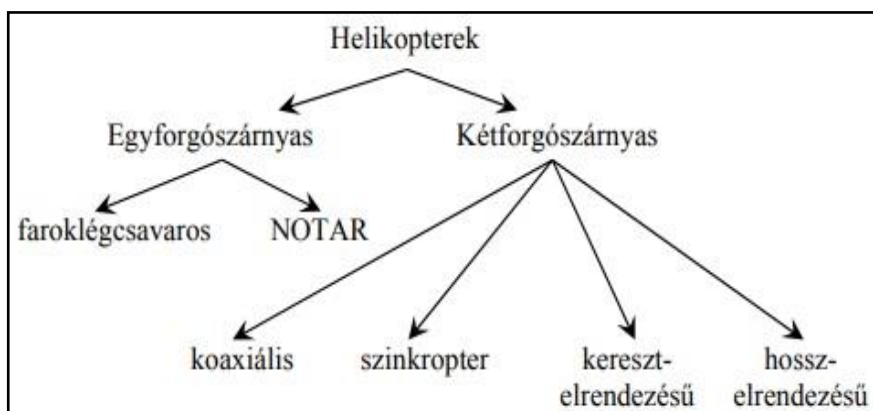
<sup>26</sup> Forrás: Bera József, Pokorádi László: Helikopterzaj elmélete és gyakorlata, Campus kiadó, Debrecen, 2010. 37. o.

<sup>27</sup> Forrás: Bera József, Pokorádi László: Helikopterzaj elmélete és gyakorlata, Campus kiadó, Debrecen, 2010. 183. o.

<sup>28</sup> Forrás: Bera József, Pokorádi László: Helikopterzaj elmélete és gyakorlata, Campus kiadó, Debrecen, 2010., 37. o.

A helikopter, a felszállás utáni szakasztól kezdve, mikor sebessége folyamatosan növekszik ( $v_{\text{forrás}} > 0$ ), és a térben egyenletes vonalú mozgást végez, továbbá a hang terjedésének útjában nincs akadályozó tényező vagy visszaverődő felület, gömbsugárzónak tekinthető. Leszállás végrehajtásakor a folyamatosan lassuló és leszállóhelyhez közeledő szerkezet szintén gömbsugárzóként működik, majd leszállása után a hangtér megváltozásának következményeként a helikopter újra félgömbsugárzóként viselkedik.<sup>29</sup>

A forgószárnyas repülőeszközök között műszaki kialakítás szempontjából sok eltérés lehet a sárkányszerkezet, a teherbírás, valamint a repülési tulajdonságok tekintetében, ezért több szempont szerint is csoportosíthatók. Egy változat a 2. ábrán látható.



2. számú ábra. Helikopterek csoportosítása a forgószárnyak száma alapján<sup>30</sup>

A helikopterek műszaki kialakítása (a lapátok száma és elhelyezkedése stb.) fontos a zajterhelés szempontjából, mert a lapátok forgómozgása által okozott zaj nagysága függ a lapátok méretétől, profiljától, számától, beállítási szögétől, elhelyezkedésétől stb.<sup>31</sup>

A forgószárnyalapátok elhelyezkedése nem csak az aerodinamikai jellemzőket befolyásolja, mint például az útirányú vezérlést, a forgószárny reakciónyomatékának kiegyensúlyozottságát, hanem a hajtóművekkel és reduktorokkal együtt keltett rezgések mennyiségét és a

<sup>29</sup> Forrás: Bera József, Pokorádi László: Helikopterzaj elmélete és gyakorlata, Campus kiadó, Debrecen, 2010. 37. o.

<sup>30</sup> Forrás: Bera József, Pokorádi László: Helikopterzaj elmélete és gyakorlata, Campus kiadó, Debrecen, 2010. 60. o.

<sup>31</sup> Forrás: Bera József, Pokorádi László: Helikopterzaj elmélete és gyakorlata, Campus kiadó, Debrecen, 2010. 77 - 106. o.

sárkányszerkezeten megjelenő vibráció mértékét is.<sup>32</sup> A jó tervezés, valamint a forgószárny megfelelő elhelyezése és kialakítása csökkentheti a helikopter zajszintjét. A helikopteres repülés kis magasságokban történik, így az általa kibocsátott hang is földközeli magasságban terjed. A forgószárnyas repülőeszközök zajkibocsátásának szintjét a szakirodalom három repülési módhoz adja meg: **felszállási, leszállási** és **átrepülési** zajszint formájában, melynek mértékegysége decibelben (dB) van meghatározva.<sup>33</sup>

### **A merevszárnyas repülőeszközök hangforrásainak fajtái, a hanghatásuk jellemzői**

A merevszárnyú repülőgép, mint zajforrás, sok szempontból hasonlít a helikopterre, így a rá vonatkozó zajszintmérések értékeit is ugyanazzal a módszerrel határozzák meg. Repülőgépek zajhatását ugyanazon fő elemek okozzák, mint a helikopterekénél, azzal a különbséggel, hogy nem található rajtuk forgószárny, faroklégcsavar és főreduktor, valamint repülési sebesség és magasság szempontjából más paraméterekkel rendelkeznek. Zajszintjük három forrásból származik, melyek a következők:

- a főhajtóművek és a segédhajtómű zaja;
- az aerodinamikai zaj, amely a törzsön és vezérsíkok mentén történő légáramlás közben keletkezik;
- fedélzeti zajok (légkondicionáló, fedélzeti berendezések stb.), amelyek az előző kettővel együtt fejtik ki hatásukat, de azoktól nagyságrenddel kisebbek.<sup>34</sup>

A fő- és segédhajtóművek használata általában a földfelületre és az azon elhelyezkedő élőlényekre, tereptárgyakra stb. fejt ki zajhatását, az aerodinamikai zaj erősségét pedig fokozza a kis magasságban végrehajtott nagy repülési sebesség, melynek oka a nagyobb levegősűrűség. E felsorolásból az első kettő alapvetően a repülőgép fedélzetén kívüli természetes és mesterséges környezetet terheli, míg az utolsó

---

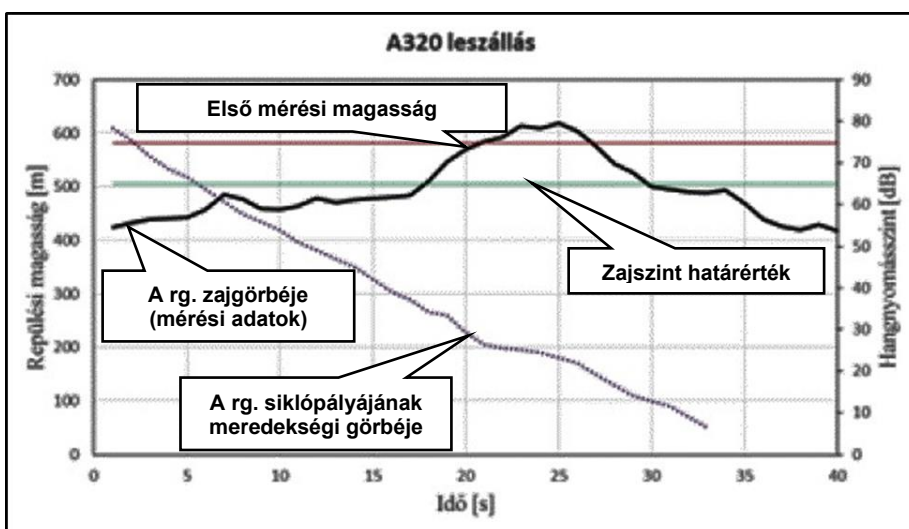
<sup>32</sup> Forrás: Bera József, Pokorádi László: Helikopterzaj elmélete és gyakorlata, Campus kiadó, Debrecen, 2010. 77 - 106. o.

<sup>33</sup> Forrás: Bera József, Pokorádi László: Helikopterzaj elmélete és gyakorlata, Campus kiadó, Debrecen, 2010. 135 - 166. o.

<sup>34</sup> Forrás: Munkácsi Zsuzsa, Muntag András, Pávó Gyula, Weidinger Tamás, Szarvas Gábor: A légiközlekedési zaj tulajdonságai és terjedésének vizsgálata Budapest-Ferihegy Nemzetközi Repülőtér környezetében, [http://www.repulestusdomany.hu/kulonszamok/2010\\_cikkek/Munkacsi\\_Zs\\_es\\_a\\_tobbiek.pdf](http://www.repulestusdomany.hu/kulonszamok/2010_cikkek/Munkacsi_Zs_es_a_tobbiek.pdf), Letöltve: 2018.12.28. 4. o.

pont szerinti fedélzeti zajhatás a személyzetre és a fedélzeten tartózkodó utasokra gyakorol hatást.

Merevszárnyú repülőgépek esetében a fő zajforrás elemének a hajtóművet tekinthetjük.<sup>35</sup> A gázturbinás sugárhajtóművek műszaki megbízhatósága, teljesítménye és szabályozhatósága miatt a polgári repülésben is elterjedtek, katonai vonalon pedig a harci repülőgépeket szinte kivétel nélkül ezzel építik.<sup>36</sup> Az ilyen típusú hajtóművek zajkeltő elemei a levegő-beömlőnyílás, a kompresszor, a turbina, a fúvócső, a segédberendezések és a kiáramló gázsugár.<sup>37</sup> A repülőgépek zajhatásának változását leszállás közben a 3. ábra jól szemlélteti.



3. számú ábra. Airbus A320-232 típusú repülőgép leszállás közbeni hangnyomásszintjei a repülési magasság függvényében<sup>38</sup>

<sup>35</sup> Forrás: Munkácsi Zsuzsa, Muntag András, Pávó Gyula, Weidinger Tamás, Szarvas Gábor: A légitörlekedési zaj tulajdonságai és terjedésének vizsgálata Budapest-Ferihegy Nemzetközi Repülőtér környezetében, [http://www.repulestudomany.hu/kulonszamok/2010\\_cikkek/Munkacsi\\_Zs\\_es\\_a\\_tobbiek.pdf](http://www.repulestudomany.hu/kulonszamok/2010_cikkek/Munkacsi_Zs_es_a_tobbiek.pdf), Letöltve: 2018.12.28. 4. o.

<sup>36</sup> Forrás: Fülek András: Sugárhajtóművek környezeti terhelése, <https://docplayer.hu/38399060-A-sugarhajtomuvek-kornyezeti-terhelese.html>, Letöltve: 2018.12.28. 71. o.

<sup>37</sup> Forrás: Fülek András: Sugárhajtóművek környezeti terhelése, <https://docplayer.hu/38399060-A-sugarhajtomuvek-kornyezeti-terhelese.html>, Letöltve: 2018.12.28. 72. o.

<sup>38</sup> Forrás: Bera Bálint, Pokorádi László: Leszálló közforgalmú repülőgépek zajának mérése, Műszaki tudományos közlemények 5., [https://eda.eme.ro/bitstream/handle/10598/29032/XXI.FMTU\\_014\\_BeraBalint-PokoradiLaszlo.pdf?sequence=4&isAllowed=y](https://eda.eme.ro/bitstream/handle/10598/29032/XXI.FMTU_014_BeraBalint-PokoradiLaszlo.pdf?sequence=4&isAllowed=y), 95. o., Letöltve: 2020.02.13.

A gázturbinás sugárhajtóművekkel rendelkező repülőgépek jobb tolóerő-súlyviszonnyal rendelkeznek, mint a dugattyús motoros repülőgépek, kevésbé érzékenyek a túlterhelésre, repülési jellemzőik jobbak, de zajterhelés szempontjából hátrányként jelenik meg a hosszabb indítási folyamatból adódó, a föld felszínén kialakuló rezgés és zajhatás.<sup>39</sup> A repülőgépek zajnyomás szintjét a 18/1997. (X. 11.) KHVM-KTM együttes rendelet 2. számú melléklete tartalmazza, melynek 5. számú táblázata a repülőgépekre 300 m-es, helikopterre pedig 150 m-es referenciatávolságoknak megfelelő a zajszintmérési értékeket tartalmaz részletesen.<sup>40</sup>

Speciális kategóriát képeznek a katonai repülőgépek. A Magyarországon üzemeltetett repülőgéptípusok közül jelenleg a Magyar Honvédség Saab JAS-39 Gripen típusú vadászrepülőgépe rendelkezik a legnagyobb hangnyomási értékekkel. Ezt bizonyítják Bera József mérési eredményei, amelyet különböző referenciatávolságokból hajtott végre. A Saab JAS-39 Gripen és a Mi-24 HIND repülőeszközökre vonatkozó zajmérési adatok alapján megállapítható, hogy a két típus hangnyomás-értékei nagy eltérést mutatnak, amely a 2. számú táblázatban látható.<sup>41</sup>

#### REPÜLŐESZKÖZÖK HANGNYOMÁS-ÉRTÉKEI ADOTT MÉRÉSI TÁVOLSÁGBÓL

2. számú táblázat

Repülőgéptípusok	Távolság	Hangnyomás-érték
JAS-39 Gripen <sup>42</sup>	1200 m	L Aeq <sup>43</sup> = 80,4 dB
Mi-24 HIND <sup>44</sup>	150 m	55 - 87 dB

(Bera József mérési eredményei alapján, készítette a szerző)

<sup>39</sup> Forrás: Ailer Piroska: Repülőgép gázturbinák. Mert repülni márpedig kell! [http://kefoportal.kefo.hu/images/download/jarmuipar/prezentaciok/AP\\_Repu-logep\\_gazturbinak\\_v3.pdf](http://kefoportal.kefo.hu/images/download/jarmuipar/prezentaciok/AP_Repu-logep_gazturbinak_v3.pdf), Letöltve: 2018.12.30. 12. o.

<sup>40</sup> Forrás: Bera József: Repülőtér létesítés és környezeti zajvédelem, <https://docplayer.hu/1787246-Repuloter-letesites-es-kornyezeti-zajvedelem.html>, pdf. 8. o. Letöltve: 2018.12.30.

<sup>41</sup> Forrás: Bera József: Repülőtér létesítés és környezeti zajvédelem, <https://docplayer.hu/1787246-Repuloter-letesites-es-kornyezeti-zajvedelem.html>, pdf. 9. o., Letöltve: 2018.12.30.

<sup>42</sup> Forrás: Bera József: Repülőtér létesítés és környezeti zajvédelem, <https://docplayer.hu/1787246-Repuloter-letesites-es-kornyezeti-zajvedelem.html>, pdf. 9. o., Letöltve: 2018.12.30.

<sup>43</sup> **L Aeq érték:** zajterhelés: a munkahelyen fellépő zaj egyenértékű A-hangnyomásszintje (L Aeq), (Forrás: 66/2005. (XII. 22.) EüM rendelet a munkavállalókat érő zajexpozícióra vonatkozó minimális egészségi és biztonsági követelményekről, <https://net.jogtar.hu/jogszabaly?docid=a0500066.eum>, Letöltve: 2020.01.27.)

<sup>44</sup> Forrás: Bera József, Pokorádi László: Helikopterzaj elmélete és gyakorlata, Campus kiadó, Debrecen, 2010. 156. o.

A táblázatban szereplő, a Saab JAS-39 típusra vonatkoztatott, 1200 m-es távolságból mért, felszállás közbeni hangnyomásszint értéke 80,4 dB<sup>45</sup>, mely meglehetősen nagy ahhoz képest, hogy egy Mi-24 HIND helikopter felszállása közben, 150 m-es referenciatávolságból mért zajterhelése, frekvenciatartománytól függően, csak 55 - 87 dB között mozog.<sup>46</sup> Természetesen ezek az értékek típusfüggők, de az bizonyos, hogy egy helikopter hangnyomásértékei kisebbek egy vadászrepülőgép által keltett hangnyomásértékektől.

A fentiek alapján megállapítható, hogy a repülőeszközök által keltett zajterhelést különböző tényezők befolyásolhatják, melyek közül a legfontosabbak az alábbiak:

- a hangforrás jellege;
- a repülési üzemmódok;
- a repülőgép és a helikopter sárkányszerkezete;
- a hajtóművek száma, műszaki kialakítása, teljesítménye;
- a repülési magasság és sebesség;
- a hangforrástól való távolság;
- a terep domborzati viszonyai és a felszíni növényzet.<sup>47</sup>

A helikopterek és a vadászgépek zajterhelésének különböző feltételek szerint történő mérési értékeit és azok eltérését jól szemlélteti a 4. és 5. ábra. A 4-es ábra egy helikopter által, egy átlagos alapzajjal rendelkező település felett, 50 m magasságú átrepülés hangértékét mutatja. Az 5-ös ábrán egy Gripen vadászrepülőgép felszállása során, egy lakott területen, 1200 m-es távolságból mért hangnyomásértékek láthatók, a település átlagos alapzajszintjével együtt.<sup>48</sup>

Mivel a repülés zajterhelését komplexen kell vizsgálni, ezért a repülőeszközök után ismertetem a repülőterek hangforrásainak fajtáit, általuk okozott zajterheléseket, azok általános jellemzőit, a csökkentés lehetséges megoldásait.

---

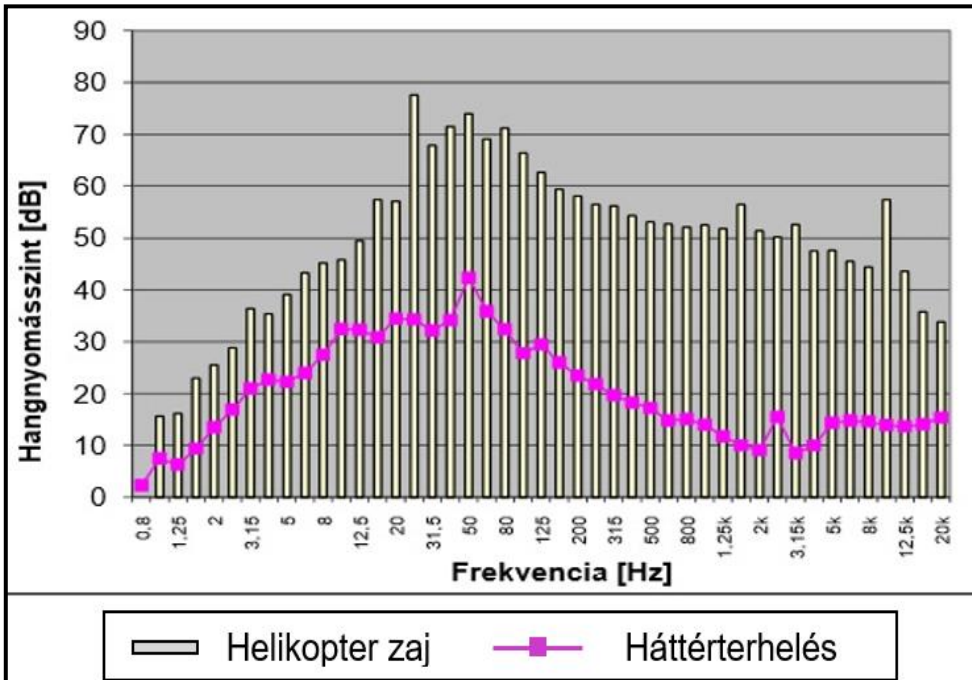
<sup>45</sup> Forrás: Bera József: Repülőter létesítés és környezeti zajvédelem, <https://docplayer.hu/1787246-Repuloter-letesites-es-kornyezeti-zajvedelem.html>, pdf. 9. o., Letöltve: 2018.12.30.

<sup>46</sup> Forrás: Bera József, Pokorádi László: Helikopterzaj elmélete és gyakorlata, Campus kiadó, Debrecen, 2010. 156. o.

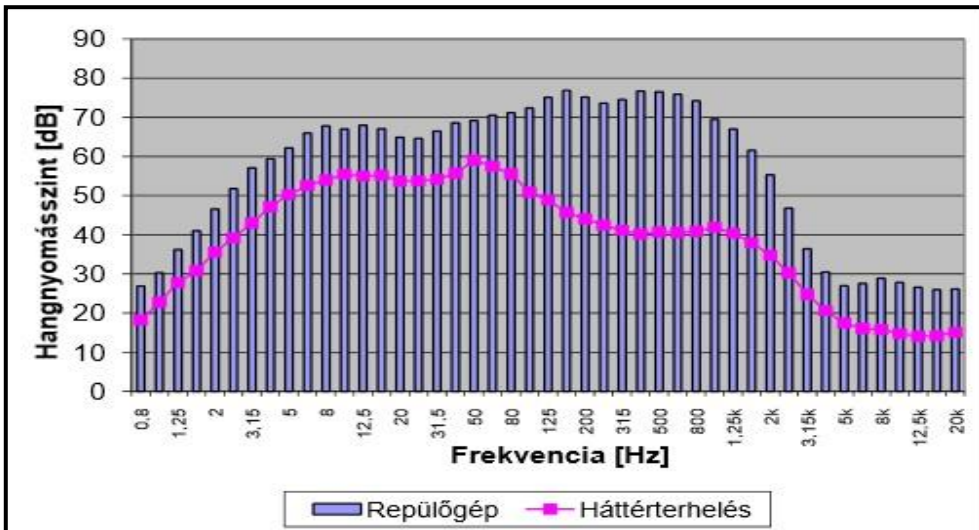
<sup>47</sup> Forrás: Bera József, Pokorádi László: Helikopterzaj elmélete és gyakorlata, Campus kiadó, Debrecen, 2010. 135 -166. o.

<sup>48</sup> Sz.n. Az emberi hallás tartománya, <http://www.kontera.hu/az-emberi-hallas-tartomanya.html>, Letöltve: 2020.02.13.





4. számú ábra. Helikopterzaj 50 m-es átrepülés esetén<sup>49</sup>



5. ábra. Gripen vadászpilótaútjáról származó zaj<sup>50</sup>

<sup>49</sup> Forrás: Bera József: Repülőter létesítés és környezeti zajvédelem, <https://docplayer.hu/1787246-Repuloter-letesites-es-kornyezeti-zajvedelem.html>, pdf. 8. o., Letöltve: 2018.12.30.

<sup>50</sup> Forrás: Bera József: Repülőter létesítés és környezeti zajvédelem, <https://docplayer.hu/1787246-Repuloter-letesites-es-kornyezeti-zajvedelem.html>, pdf. 9. o., Letöltve: 2018.12.30.



## Repülőterek zajterhelésének jellemzői, csoportosítása, csökkentésének lehetséges módszerei

Mint tudjuk, egy repülőtér területén belül nem csak a repülőeszközök által keltett hanghatásokkal találkozhatunk, hanem az üzemeltető és kiszolgáló gépek, eszközök, berendezések által generált hang- és zajhatásokkal is. Az ilyen zajterhelések nagysága függ a kiszolgálóeszközök számától, működési jellemzőiktől, műszaki állapotuktól, valamint a repülőterek munkaterületének méretétől.<sup>51</sup> *A repülőterek lehetnek nyilvánosak, amelyeket azonos feltételekkel bárki igénybe vehet, avagy nem nyilvánosak, amelyeket bizonyos esetek kivételével csupán a tulajdonos, illetve az üzemben tartó engedélye alapján lehet igénybe venni.*<sup>52</sup> Ez utóbbiak közé tartoznak a katonai repülőterek is.

Zajterhelés szempontjából eltérések tapasztalhatók a polgári és katonai repülőterek között, amely hazai és nemzetközi viszonyokra is igaz. Ennek több oka is lehetséges. Például az alaprendeltetésükből, funkciójukból, kialakításukból, működési idejükből, földrajzi elhelyezkedésükből, vagy a létesítmények és technikai eszközeik műszaki színvonala közötti eltérésekből is adódhat az eltérő zajszint.<sup>53</sup> A gyakorlatban a polgári repülőterek képesek forgó- és merevszárnyas repülőgépek üzemeltetésére, nem épülnek külön repülőterek a két repülőeszköz-fajta számára. Ez a megoldás főleg a katonai alkalmazásra jellemző, de nem jelenti azt, hogy a katonai repülőterek<sup>54</sup> nem tudják ellátni bármelyik kategóriának az üzemeltetését. Továbbá, nem tartoznak a repülőterek kategóriájába azok a helikopterleszállóhelyek, melyeket kórházak területén, épületek tetején vagy például hajófedélzeten helyeznek el. Az ilyen megoldások a katonai és a polgári repülés esetén egyaránt előfordulnak.

**A helikopterek** üzemeltetésére szánt repülőterek műszaki kialakítása eltér a merevszárnyú repülőgépeket üzemeltető bázisoktól,

<sup>51</sup> Forrás: Novoszáth Péter: A modern városok program keretében megvalósuló repülőtérfejlesztések, Repüléstudományi közlemények XXX. évf. 25-36. o.

<sup>52</sup> Forrás: Novoszáth Péter: A modern városok program keretében megvalósuló repülőtérfejlesztések, Repüléstudományi közlemények XXX. évf. 25. o.

<sup>53</sup> Forrás: Novoszáth Péter: A modern városok program keretében megvalósuló repülőtérfejlesztések, Repüléstudományi közlemények XXX. évf. 25-36. o.

<sup>54</sup> **A katonai repülőtér nem más, mint katonai célra igénybe vett repülőgépek, helikopterek és más légijárművek elhelyezésére, kiszolgálására, fel- és leszállására alkalmas és az ehhez szükséges építményekkel, berendezésekkel ellátott terület.** (Forrás: Kretz András: A repülőterek zajterhelésének vizsgálata, a környezet zaj elleni védelmének lehetőségei, Repüléstudományi közlemények 2018/1, 34. o.)

melynek alapvető oka a kétféle repülőeszköz eltérő repülési tulajdonságából és üzemeltetési, valamint alkalmazási sajátosságaiból adódik. Amíg a helikopterek képesek kis alapterületű leszállóhelyeken történő fel- és leszállásra, a gurulótak használata nélkül az állóhelyre való megérkezésre, addig a merevszárnyú repülőgépeknek szükségük van olyan szilárd burkolatú pályákra és gurulótakra, amelyek lehetővé teszik a gépek biztonságos fel- és leszállását, valamint a földön történő mozgását.<sup>55</sup> A helikopterek ilyen tulajdonsága miatt csökkennek az általuk keltett rezgések, ezáltal a zajhatás mértéke és időtartama is lerövidíthető.

Azt, hogy egy repülőtér milyen repülőeszközök fogadására és üzemeltetésére legyen képes, már a tervezési fázis előtt el kell dönteni, mert ez meghatározza a tervezési, létesítési követelményeket, valamint a repülőtér műszaki kialakítását. Helikopteres repülőtér esetében nincs szükség indítózóna kiépítésére, viszont az állóhelyeket olyan biztonságos távolságra kell egymástól építeni, amely kizárja a forgószárnyszél által keltett turbulencia más repülőeszközben történő károsítását, valamint a légitaxi műveletek végrehajtásának biztonságos kivitelezhetőségét. Magyarországi viszonylatban jó példa erre az MH 86. Szolnok Helikopterbázis, amely kiépítettségét tekintve alkalmas többféle helikoptertípus fogadására, biztonságos üzemeltetésére. A repülőtér kiépítése a 6. ábrán látható.

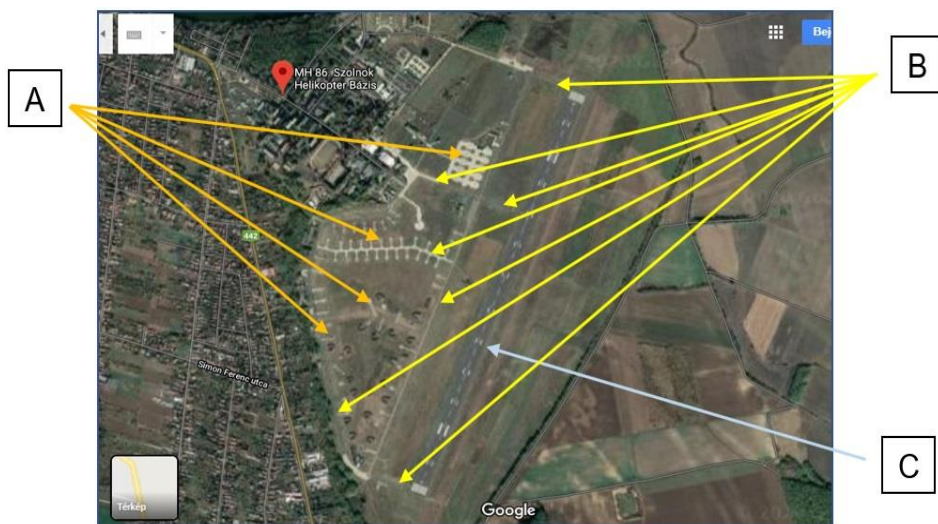
Eredetileg merevszárnyú repülőgépeknek épült, de kialakítása miatt kiválóan alkalmas lett forgószárnyas repülőtérnek is! Kialakítása nem egyedi, de nem is elterjedt.

A képen jól látható a helikopter-állóhelyek egymástól való elhelyezkedése, a gurulótak kiépítettsége, az egyes állóhelyeket körülzáró fedezékek, illetve a felszállópálya. Annak ellenére, hogy felszállópályával rendelkezik, merevszárnyú repülőgépek fogadására és indítására csak korlátozottan alkalmas, viszont jól alkalmazható a helikopterek repülőgépszerű le- és felszállására.

Jelenleg is különböző kategóriába tartozó repülőeszközök (könnyű és közepes szállító, valamint harci helikopterek és merevszárnyú kiképző repülőgépek) állomásoznak a bázison. A repülőtér munkaterületén elhelyezkedő gurulótak, felszállópálya stb. méretét a repülőtéri rend tartalmazza.

---

<sup>55</sup> Ez alól kivételek a helyből felszálló, merevszárnyú repülőgéptípusok.



6. ábra. MH 86. Szolnok Helikopterbázis látképe, a munkaterület részegységeinek megjelölésével <sup>56</sup> (Szerkesztette a szerző)

A: Helikopter állóhelyek, B: Gurulóutak, C: Felszállópálya

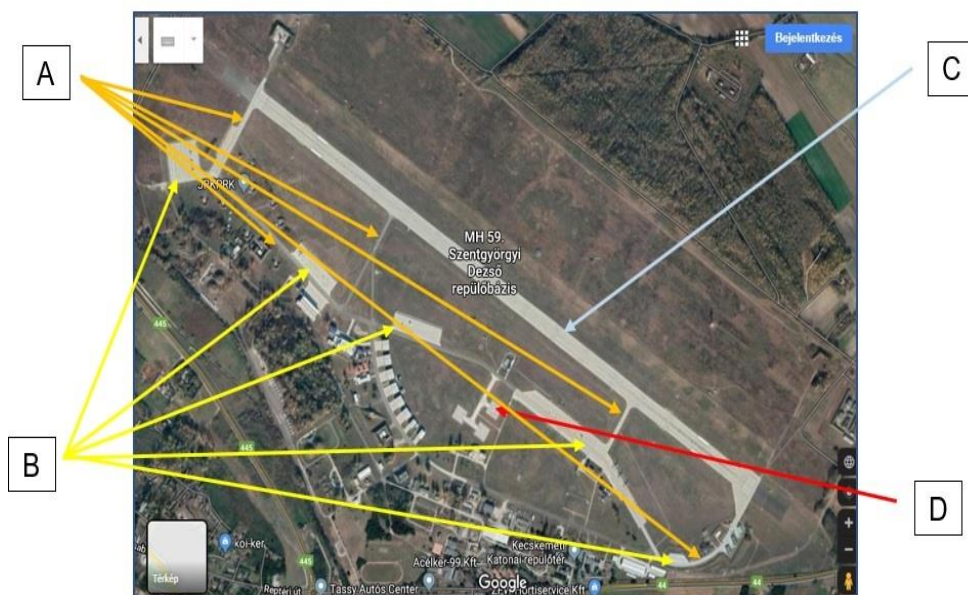
**Merevszárnyú repülőgépek** esetében az állóhelyekről való felszállás lehetetlen, néhány helyből felszálló repülőgéptípus kivételével, így a gurulás közben eltöltött idő és a felszállópályáról való elemelkedés ideje csak a repülési viszonyok függvényében rövidíthető le, amely alapvetően befolyásolja az általuk keltett zajhatások időtartamát is. (Például: a felszállási irány, a gurulóutak helyes megválasztásával, indítózónák kijelölésével stb.) Fontos szabály, hogy a széliránynak megfelelően célszerű kijelölni az indítózónákat azért, hogy a gurulásból adódó zaj- és rezgésterhelés földi idejét csökkenteni lehessen.

Merevszárnyú repülőgépek üzemeltetésére épített repülőtereken kevesebb az állóhely, viszont itt több és nagyobb apron (a repülőgépek parkolási helyéül szolgáló nagy betonfelület) található. A 7. ábrán jól láthatók a repülőtéren kiépített gurulóutak, apronok és a felszállópálya.

A repülőtérre vonatkoztatott adatokat itt is, mint az előző repülőtér esetében, a repülőtérrend tartalmazza. A repülőtér képes forgószárnyas repülőtechnika fogadására is, melynek köszönhetően 3 db helikopter-leszállóhely is kiépítésre került. A Bázison üzemeltetett

<sup>56</sup> Forrás: [www.google.hu/maps/place/MH+86.+Szolnok+Helikopterbázis/@47.1232201,20.2268838,2166m/data=!3m1!1e3!4m5!3m4!1s0x474145b0ee0fd695:0x934f6ab415412f2f!8m2!3d47.1308785!4d20.2230079](https://www.google.hu/maps/place/MH+86.+Szolnok+Helikopterbázis/@47.1232201,20.2268838,2166m/data=!3m1!1e3!4m5!3m4!1s0x474145b0ee0fd695:0x934f6ab415412f2f!8m2!3d47.1308785!4d20.2230079), Szerkesztve: 2020.01.22.

merevszárnyú repülőeszközök között megtalálhatók vadászipulógék és különböző kategóriájú csapatszallító repülőgépek.



7. számú ábra. MH 59. Szentgyörgyi Dezső Repülőbázis látképe, a munkaterület részegységeinek megjelölésével<sup>57</sup>  
(Szerkesztette a szerző)

A: Gurulóutak, B: Apronok, C: Felszállópálya, D: Helikopterleszállóhely

Vadászipulógépeket üzemeltető repülőtereknél nagyobb zajterheléssel kell számolni, mint egy helikopteres repülőtér esetében, mert az előbbiek hajtóműveinek maximál, vagy utánégetés üzemmódon való működése (ezek az üzemmódok szükségesek a felszálláshoz) következtében kialakuló zajterhelés többszöröse a helikopter vagy szállítórepülőgép hajtóműve által felszálláskor keltett zajterhelésének. A helikopterek és a repülőgépek okozta zajterhelés mellett számolni kell az üzemeltetéshez szükséges technikai eszközök zajhatásával is, amelyek többféle szempont szerint csoportosíthatók. (Lásd 3. számú táblázat.)

<sup>57</sup> Forrás: <https://www.google.hu/maps/place/MH+59.+Szentgy%C3%B6rgyi+Dezs%C5%91+rep%C3%BCI%C5%91b%C3%A1zis/@46.9189296,19.7451126,914m/data=!3m1!1e3!4m5!3m4!1s0x4743d97b17bc1b49:0xb59b5000fbab464c!8m2!3d46.9184133!4d19.7481213>, Szerkesztve: 2020.01.28.

<b>A zajforrások csoportosítása</b>	<b>A zajhatást előidéző technikai eszközök és feladatok</b>
Földi kiszolgáló eszközök által okozott zajok	üzemanyag-szállító gépjármű; tűzoltóautó; generátorral felszerelt indítójármű; oxigént és nitrogént töltő tehergépkocsi; hidraulikarendszerek földi ellenőrzésére használt gépjárművek, daruk; műhelykocsik; buszok és személygépkocsik; tehergépjárművek; földi telepítésű lokátorok; repülőtér-karbantartó mezőgazdasági és egyéb gépjárművek;
A repülőeszközök karbantartása során keletkező zajok	időszakos vizsgálatok, ellenőrzések, földi hajtóműpróbák, hajtóműcserével kapcsolatos feladatok (hajtómű hideg- és melegindítása), javítások utáni ellenőrzések, hajtómű-beszabályozások stb. <i>A zajhatást alapvetően a feladat végrehajtásához szükséges kiszolgálógépjárművek, technikai eszközök és a rg. hajtóművek okozzák.</i>
A légijárművek üzemeltetési feladataival összefüggő zajok	hajtóműindítás; fel- és leszállás. <i>Ebbe a feladatcsoportba alapvetően a repülőeszközök repülésre történő előkészítési, a repülés közbeni kiszolgálási és a repülés utáni feladatok tartoznak, a zajhatást az igénybe vett technikai eszközök és gépjárművek okozzák. A legnagyobb zajterhelést a hajtómű okozza indításnál, le- és felszállásnál.</i>

(Készítette a szerző)

A repülőtereken a kiszolgálóeszközök által okozott zajterhelés elsősorban abból adódik, hogy az ott alkalmazott kiszolgálóeszközök többsége még robbanómotoros meghajtású, de találkozhatunk olyan eszközökkel is, melyek már a korszerű és környezetbarát technológiával, például villanymotor-meghajtással képesek feladatukat ellátni, működni. A táblázatban felsorolt zajkeltő technikai eszközök és feladatok mindegyike megtalálható a polgári és a katonai repülőtereken. A különböző repülőterek működésével összefüggő zajterhelések közötti különbségek a technikai eszközök minőségi és számbeli eltéréséből, a repülőgéptípusok hajtóműveinek, sárkányszerkezetének és egyéb típusspecifikus jellemzőinek különbözőségéből, az eszközök

<sup>58</sup> Forrás: Szabó Zsolt.: Zajgátló védőövezet kialakítása a katonai repülőtereken; <http://archiv.uni-nke.hu/downloads/bsz/bszemle2011/2/SzaboZs.pdf>, Letöltve: 2018.10.02. 146 – 147. o.

alkalmazásának gyakoriságából és időtartamából, valamint a repülőterek forgalmának nagyságából adódik.

Napjainkban előtérbe került és kiemelt figyelmet kapott a repülőterek és környezetük zajterhelésének csökkentési igénye, ezért az üzemeltetők egyre több műszaki és üzemszervezési zajcsökkentő módszert alkalmaznak a lakosság és a természeti környezet védelme érdekében. Ezek közül a leggyakrabban alkalmazott megoldások az alábbiak:

- a repülési tilalom elrendelése vagy a fel- és leszállások számának szabályozása, a repülések napszaknak megfelelő időbeni korlátozása stb.;
- zajcsökkentő technikai kiszolgálási szabályok bevezetése (pl.: földi hajtóműpróbák, berepülések és átrepülések végrehajtásának szabályozása stb.);
- repülési eljárások szabályozása (pl.: fel- és leszállási irányok változtatása, lakott terület megközelítése stb.);
- meghatározott zajszint feletti géptípusok repülőtér-használatának korlátozása;
- zajcsökkentő műszaki megoldások alkalmazása (pl.: hangszigetelő falak<sup>59</sup> („8. ábra”), erdősávok telepítése<sup>60</sup> („9. ábra”), hangszigetelt hajtóművezőhelyek építése, a környező épületeknél hangszigetelő nyílászárók alkalmazása stb.);
- zajgátló védőövezet kialakítása.<sup>61</sup>

A felsorolt megoldásokat az üzemeltetők a gyakorlatban csak részben alkalmazzák a magas költségek és a negatív gazdasági hatások miatt.

---

<sup>59</sup> Hangszigetelő zajárnyékoló falak anyaga, formája, méretei egymástól eltérhetnek, attól függően, hogy zaj elleni funkciót töltenek be. Durisol nevű zajárnyékoló falak alkalmazhatók közúti forgalom vagy nagysebességű vasúti szakaszok zajterhelésének csökkentésére, de felhasználhatók repülőterek esetén a lakott területek és repülőterek közötti zajhatások mérséklésére is. (Forrás: Durisol zajárnyékoló fal, <https://www.leier.hu/leier-durisol-zajarnyekolo-fal>, Letöltve: 2020.02.13.)

<sup>60</sup> Erdősávok távolságának, méretének nagysága, fafajta telepítése repülőtér, repülőtípus és területfüggő.

<sup>61</sup> Forrás: Szabó Zsolt.: Zajgátló védőövezet kialakítása a katonai repülőtereken; <http://archiv.uni-nke.hu/downloads/bsz/bszemle2011/2/SzaboZs.pdf>, Letöltve: 2018.10.02. 147. o



Összességében elmondható, hogy a merev- és a forgószárnyas repülőgépek és repülőtereik közötti zajterhelések mértéke és intenzitása nagy eltérést mutatnak. Mérésekkel igazolható, hogy a gázturbinás hajtóművekkel működő merevszárnyú polgári és katonai repülőgépek, (vadászrepülőgépek) zajterhelése lényegesen meghaladja a forgószárnyas repülőgép zajterhelésének mértékét, így a repülőterek zajterhelése között is hasonló eltérések jelentkeznek. Napjainkban követelmény a zajhatások nagyságának csökkentésére mindkét területen, amelyre megfelelő módszerek állnak rendelkezésre.



8. számú ábra. Durisol zajárnyékoló fal<sup>62</sup>



9. számú ábra. Tornado típusú repülőgép felszállása forszázs üzemmódon, háttérben a telepített erdősáv látható<sup>63</sup>

<sup>62</sup> Forrás: <https://www.innoteka.hu/>, Durisol zajárnyékoló fal Budapesten, a Szövet-ség utcában, [https://www.innoteka.hu/cikk/csucstechnologiaju\\_zajar-nyekolo\\_fal.1711.html](https://www.innoteka.hu/cikk/csucstechnologiaju_zajar-nyekolo_fal.1711.html), Letöltve: 2020.02.12.

<sup>63</sup> Forrás: Fotóriport a Frisian Flag 2016 gyakorlatról, <https://www.jetfly.hu/gal-lery/egyeb-repulos-hirek/fotoriport-a-frisian-flag-2016-gyakorlatrol>, Letöltve: 2020.02.13.

A következő fejezetben ismertetem, hogy a hazai katonai repülőterek zajcsökkentésére milyen lehetőségek állnak rendelkezésre, és ezek megvalósításának milyen jogszabályi háttere van, valamint ezen belül milyen szabályokat kell betartani a magyar katonai repülőtereknek a zajhatás területén.

## **A hazai katonai repülőterek zajcsökkentésének jogszabályi háttere, lehetséges megoldásai**

A Magyar Honvédség (továbbiakban: MH) jelenleg három katonai repülőteret működtet: ebből egy repülőtér ad helyet a könnyű és közepes szállító-, és a harci helikopter típusoknak és motoros kiképző repülőgépeknek. Egy másik repülőtéren üzemelnek az ország légterét első lépcsőben védelmező vadászipülőgépek, valamint a harmadik repülőtéren állomásozik a nemzetközi együttműködés keretein belül üzemeltetett nehéz szállító repülőgép flotta. Az MH által üzemeltetett repülőtereken használt kiszolgáló technikai eszközök alapvetően hasonlóak mind mennyiségben, mind minőségben, így az eszközök zajterhelése szempontjából nagy különbség nincs köztük. Eltérés csak a repülőtechnika által keltett földi zajterhelésében és a repülőtér körzetében végzett repülés okozta zaj nagyságában van.

Ma már a katonai repülőterekre is vonatkoznak azok a környezetvédelmi előírások és jogszabályok, melyeket minden repülőteret üzemeltető szervezetnek maradéktalanul be kell tartani. Legalapvetőbb az 1995. évi LIII. törvény a környezet védelmének általános szabályairól<sup>64</sup> (például: zaj és rezgés 31.§ (1), (2), (3). bekezdés), melyet további előírások is követnek. Tartalmazzák a polgári és katonai repülőterekre vonatkozó eltérő követelményeket is, amelyek az általuk üzemeltetett repülőeszközök különböző tulajdonságaiból, valamint a fel- és leszállás közbeni hosszabb - rövidebb idejű környezeti zajterhelésükből adódnak. A hazai polgári repülőterek zajterhelésére vonatkozó előírásokat - amelyek csak részben vonatkoznak a katonai repülőterekre -, a következő jogszabály tartalmazza: 280/2004.(X.20.) Korm. rendelet, melynek hatálya nem terjed ki a Magyar Honvédség területén végzett

---

<sup>64</sup> Forrás: 1995. évi LIII. törvény a környezet védelmének általános szabályairól, [http://www.termeszetvedelem.hu/user/browser/File/Szakertoi\\_nevjegyzek/optikus-1995\\_evi\\_liii\\_torveny.pdf](http://www.termeszetvedelem.hu/user/browser/File/Szakertoi_nevjegyzek/optikus-1995_evi_liii_torveny.pdf), Letöltve: 2020.02.13.



katonai tevékenységek közben keletkező zaj értékelésére és kezelésére, valamint az ezzel kapcsolatos adatszolgáltatásra.<sup>65</sup>

A három hazai katonai repülőtérünkre vonatkozó előírásokat a lábjegyzetben található jogszabályok tartalmazzák.<sup>66</sup> Ezekben található a szabályozásnak azon sarkalatos pontjai, melyek nélkül napjainkban egy repülőtér üzemeltetése elképzelhetetlen. Ezek a kötelezően betartandó jogszabályi előírások egyaránt vonatkoznak a katonai repülőterek üzemeltetésére, létesítésére, építésére és korszerűsítésére, valamint az ország légterében végrehajtandó állami célú repülések végrehajtására. Rendelkeznek a repülőterek üzemeltetéséhez szükséges berendezések üzemben tartásának feltételeiről, zaj- és rezgésterhelési határértékekről stb., de táblázatos formában, napszakokra lebontva, tartalmazzák a megengedett zajterhelési értékeket is.

A zajcsökkentés a megfelelő jogszabályi háttér ellenére sem egyszerű feladat. Ennek ellenére elmondható, hogy az MH által üzemeltetett repülőtereknél szintén alkalmaznak zajcsökkentő megoldásokat, amelyeket **Szabó Zsolt**: *„Zajgátló védőövezet kialakítása a katonai repülőtereken”* és **Kretz András**: *„A repülőterek zajterhelésének vizsgálata, a környezet zaj elleni védelmének lehetőségei”* című publikációjukban megerősítenek.

---

<sup>65</sup> Forrás: Kretz András: A repülőterek zajterhelésének vizsgálata, a környezet zaj elleni védelmének lehetőségei, Repüléstudományi közlemények 2018/1, 37. o.

<sup>66</sup> 176/1997. (X. 11.) Korm. rendelet a repülőterek környezetében létesítendő zajgátló védőövezetek kijelölésének, hasznosításának és megszüntetésének szabályairól;  
27/2001. (XI. 23.) HM rendelet az állami repülések céljára szolgáló repülőtér és a katonai repülés céljára földön telepített léginavigációs berendezés üzemben tartásának feltételeiről;  
26/2007. (III. 1.) GKM-HM-KvVM együttes rendelet a magyar légtér légiközlekedés céljára történő kijelöléséről;  
93/2007. (XII. 18.) KvVM rendelet a zajkibocsátási határértékek megállapításának, valamint a zaj- és rezgés-kibocsátás ellenőrzésének módjáról;  
27/2008. (XII. 3.) KvVM-EüM együttes rendelet a környezeti zaj- és rezgésterhelési határértékek megállapításáról;  
49/1999. (XII. 29.) KHVM rendelet a motoros légijárművek zajkibocsátásának korlátozásáról;  
159/2010. (V. 6.) Korm. rendelet a repülőtér létesítésének, fejlesztésének és megszüntetésének, valamint a leszállóhely létesítésének és megszüntetésének szabályairól;  
18/1997. (X. 11.) KHVM-KTM együttes rendelet a repülőterek környezetében létesítendő zajgátló védőövezetek kijelölésének, hasznosításának és megszüntetésének részletes műszaki szabályairól;

A zajcsökkentésre vonatkozó jogszabályi előírások betartása nehéz, ezek teljesítéséhez szükség van olyan műszaki megoldásokra és repülésszervezési módszerekre, amelyek kombinált alkalmazása segíti a zajhatások csökkentését, a környező lakosság és a természeti környezet zajártalmak elleni védelmét. A katonai repülőterek által okozott zajterhelések csökkentésére a gyakorlatban már bevált, az előző fejezetben említett megoldások és módszerek mellett, azok kiegészítésére, az alábbiakat javaslom:

- Az építési szabályok szigorú érvényesítésével biztosítani a lakott területektől való biztonsági távolságok betartását. (Különösen igaz ez az új építésű repülőterek esetén.)
- A településfejlesztési tervek újragondolása, ahol lehetséges, a védőtávolságok megtartása érdekében építési tilalmak elrendelése és betartása.
- A területi építési szabályokkal elrendelni a repülőterek biztonsági távolságán belül található, már meglévő épületek hangszigetelésének kötelező megvalósítását.
- Repülésszervezési módszerekkel csökkenteni a felszállási zajterhelés időtartamát.
- Megfontolandó a felszállópályák legzajosabb szakaszain, azok hossz tengelyével párhuzamosan olyan mobil hangvédő falak telepítése, amelyek, a repülés biztonságát, a repülésirányítók és hajózószemélyzet<sup>67</sup> vizuális látását nem veszélyeztetik, a közlekedést nem zavarják, viszont a lakott területek felé csökkentik a zajterhelést.<sup>68</sup>
- Szabályozni a földi hajtóműpróbák végrehajtásának időszakát, valamint kötelezni az üzemeltetőket, hogy a próbák csak zajcsökkentő megoldással ellátott hajtóművezőhelyen történjenek. Ilyen megoldások láthatók a kecskeméti Szentgyörgyi Dezső

---

<sup>67</sup> Vad- és háziállatok munkaterületre való bejutása esetén a gurulást végző repülőgépvezetőnek is kell tudni érzékelni a falak mögötti mozgást.

<sup>68</sup> A fal magassága távvezérléssel állítható kivitelben készülne, rossz látási viszonyok vagy vészhelyzeti leszállás esetén egyes szakaszai földbe süllyeszthetők lennének és átlátszó elemekből épülnének. Kiépítésük opcionális, repülőtér függő. A nem lakott területek irányába a zajcsökkentés megoldható erdősávval is. Amennyiben ez nem kivitelezhető vagy a repülőtér körben lakott település határolja, úgy indokolt a felszállópálya mindkét oldalán a mobil falak telepítése.

Repülőbázison „10. ábra<sup>69</sup>”, valamint a *Budapest Airport területén* „11. ábra<sup>70</sup>”.

- Korlátozni kell a kötelék- és műrepülés, valamint a légiharc-feladatok magassági tartományát, és biztosítani, hogy ezek végrehajtása a lakott területektől biztonságos távolságban történjen.
- Felszállás közben korlátozni kell az utánégető (forszázs) üzemmód használatát, annak alkalmazása csak indokolt esetben történjen.
- Kiképzési repülések alkalmával a kis magasságban vagy magas páratartalom és alacsony hőmérsékleti viszonyok között végrehajtott repülések korlátozása.
- Különböző célirányos műszaki fejlesztésekkel tovább csökkenthetők a zajterhelések, mint például: ahol lehet az ember vezette repülőgépek helyett pilóta nélküli gépek alkalmazása, zajmonitor-rendszerek kiépítése, használata. A mérési eredmények alapján megfelelő zajcsökkentő repülésszervezési módszerek kidolgozása stb.



10. számú ábra. Hajtóművezőhely üzem közben a kecskeméti Szentgyörgyi Dezső Repülőbázison

<sup>69</sup> Forrás: Szórád Tamás, Dübörgő főpróba, [https://air-base.blog.hu/2012/11/30/duborgo\\_fopropa](https://air-base.blog.hu/2012/11/30/duborgo_fopropa), Letöltve: 2020.02.12.

<sup>70</sup> Forrás: Márványi Péter, A repülőtér - 2. rész, Repülés 2013., <http://iho.hu/hir/repules-2013-br-a-repuloter-2-resz-131228>, Letöltve: 2020.02.13.

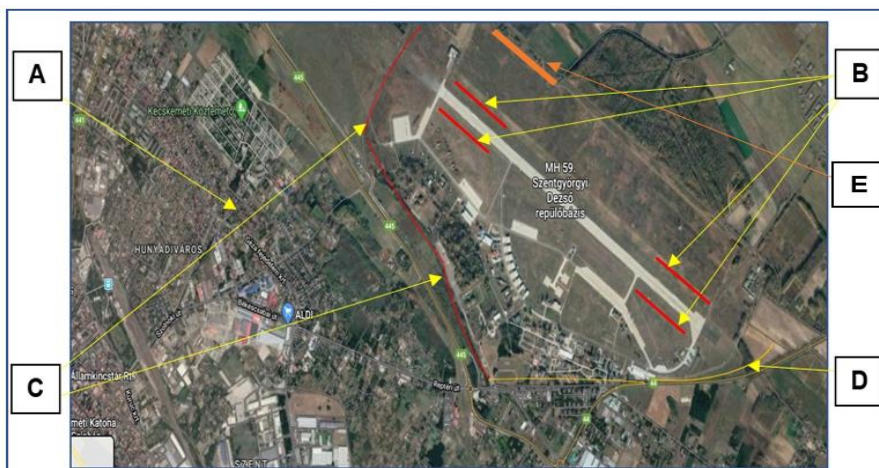


11. számú ábra. Hangszigetelt hajtóművezőhely a Budapest Airport területén, üzem közben

A zajcsökkentő falak vagy erdősávok telepítésének lehetőségét egy konkrét példán, a kecskeméti repülőtérre vonatkozóan végeztem el, és az ezzel kapcsolatos javaslataimat a „12. ábra” tartalmazza.

Mobil zajcsökkentő fal építése a felszállópályának csak a lakott területi oldalára indokolt, a másik oldalon az erdősáv telepítésének folytatását javaslom. (Sárga színnel jelölve.) Amennyiben ez nem valósítható meg, úgy erre az oldalra is célszerű a mobilfal megépítése. Javaslom továbbá, a már megépült fix telepítésű fal továbbépítését a felszállópálya végéig, melynek lehetséges nyomvonalát piros színnel jelöltem.

A fenti zajcsökkentő megoldások és módszerek között találhatók olyanok is, amelyek a polgári repülőterek esetében is elfogadottak, jól alkalmazhatók. A leghatásosabb zajcsökkentés a repülőeszközök és hajtóművek tervezésével, valamint korszerű anyagokból történő építésével valósítható meg, de ezek rendkívül költséges megoldások, és a hazai repülőterek üzemeltetőinek nincs hatás- és jogköre a gyártók felé.



12. számú ábra. Javasolt zajvédő falak és erdősáv elhelyezkedése a repülőtér területén, mobil hangvédő falak a felszállópálya középvonalaival párhuzamosan<sup>71</sup> (Szerkesztette a szerző)

A: Kecskemét város, B: Földbe süllyeszthető átlátszó zajvédő falak, C: Javasolt zajvédő falak, D: Már megépített zajvédő fal. (Védelemként is szolgál a 44-es út forgalmára nézve.) E: Erdősáv telepítésének helye

## Összefoglalás

Napjaink egyik fő problémája a zajhatás, amely különösen igaz a repülésre és a repülőterek üzemeltetésére. A zaj terjedését és nagyságát több tényező befolyásolja, melyek között megtalálhatók a meteorológiai és a terepviszonyok, a településtől való távolság, az üzemeltetett repülőgépek típusa, a légiforgalom nagysága és időtartama, de függ a repülőterek kialakításától, méretétől, a le- és felszállópályák irányától stb. A tisztán polgári, katonai vagy vegyes üzemeltetésű repülőterek vizsgálata során megállapítható, hogy a zajhatások között eltérések tapasztalhatók, amelyek az általuk üzemeltetett repülőgépek vagy helikopterek eltérő típusspecifikus tulajdonságaikból adódnak.

A forgó- és a merevszárnyas repülőgépek zajterhelését meghatározó tényezők a hajtóművek (mennyiségük, a műszaki kialakításuk,

<sup>71</sup> Forrás: A kecskeméti repülőtér zajterhelésének lehetséges csökkentése a zajvédő falak javasolt elhelyezésével és az erdősáv tovább telepítésével, <https://www.google.hu/maps/@47.4322131,19.2656103,3437m/data=!3m1!1e3>, Szerkesztve: 2020.02.11.

teljesítményük), a sárkányszerkezet felépítése, a hangforrás jellege, a sebességhatárok, a repülési üzemmódok, valamint a meteorológiai és a terepviszonyok. Helikopterek esetében nem elhanyagolható a forgószárny vagy forgószárnyak elhelyezkedése, lapátok kialakítása és száma, mert a rezgés- és zajterhelés tekintetében meghatározó tényezők.

A repülőterek zajhatásának nagysága alapvetően a repülőeszközök földi vagy földközeli működésétől függ, mert a kiszolgálóeszközök zajterhelése nem nagyobb egy forgalmas autópályánál. A zajcsökkentésnek megvannak a jogszabályi előírásai és követelményei, de ezek betartása nehéz, a csökkentés elképzelhetetlen a repülőtereken kialakított mechanikai zajvédelmi létesítmények, valamint repülésszervezési és repülőter-üzemeltetési módszerek alkalmazása nélkül. A zajvédelem költséges, gyakran okoz az üzemeltetőknek gazdasági problémát, ezért megvalósításához hosszabb időre van szükség, teljes körű kiépítését csak fokozatosan lehet elérni.

A hazai katonai repülőtereken üzemelő repülőeszközök közül a Saab JAS-39 Gripen rendelkezik a legnagyobb hangnyomás-értékekkel, így megállapítható, hogy egy vadászrepülőter zajvédelme egy forgószárnyas repülőterhez képest komoly műszaki megoldásokkal és nagyobb költséggel valósítható meg. A hazai repülés és repülőterek okozta zajok elleni védelemnek megvannak a gyakorlatban jól alkalmazható műszaki megoldásai, repülésszervezési módszerei, valamint a végrehajtás jogszabályi háttere. Az MH által üzemeltetett repülőtereken ezek már részben megvalósultak, de a jövőben szükség lesz e terület további fejlesztésére.

### **Irodalomjegyzék:**

1. Ailer Piroska: Repülőgép gázturbinák. Mert repülni márpedig kell! [http://kefoportal.kefo.hu/images/download/jarmuipar/prezentaciok/AP\\_Repulogep\\_gazturbinak\\_v3.pdf](http://kefoportal.kefo.hu/images/download/jarmuipar/prezentaciok/AP_Repulogep_gazturbinak_v3.pdf), Letöltve: 2018.12.30.
2. Bera Bálint, Pokorádi László: Leszálló közforgalmú repülőgépek zajának mérése, Műszaki tudományos közlemények 5., [https://eda.eme.ro/bitstream/handle/10598/29032/XXI.FMTU\\_01\\_4\\_BeraBalint-PokoradiLaszlo.pdf?sequence=4&isAllowed=y](https://eda.eme.ro/bitstream/handle/10598/29032/XXI.FMTU_01_4_BeraBalint-PokoradiLaszlo.pdf?sequence=4&isAllowed=y), 93-96. o., Letöltve: 2020.02.13.
3. Bera József: Repülőter létesítés és környezeti zajvédelem, <https://docplayer.hu/1787246-Repuloter-letesites-es-kornyezeti-zajvedelem.html>, Letöltve: 2018.12.30.



4. Bera József, Pokorádi László: Helikopterzaj elmélete és gyakorlata, Campus kiadó, Debrecen, 2010.
5. Bruce Buckley, Edward J., Hopkins, Richard Whitaker: A klímakutatás enciklopédiája, Képes útmutató, Jászöveg Műhely Kiadó és Könyvesbolt, Budapest, 2005.
6. Fotóriport a Frisian Flag 2016 gyakorlatról, <https://www.jetfly.hu/gallery/egyeb-repulos-hirek/fotoriport-a-frisian-flag-2016-gyakorlatrol>, Letöltve: 2020.02.13
7. Fülek András: Sugárhajtóművek környezeti terhelése, <https://docplayer.hu/38399060-A-sugarhajtomuvek-kornyezeti-terhelese.html>, Letöltve: 2018.12.28.
8. Háy György: Repülők Műszerek, Emberek, Műszaki könyvkiadó, Budapest, 1990
9. Kretz András: A repülőterek zajterhelésének vizsgálata, a környezet zaj elleni védelmének lehetőségei, Repüléstudományi közlemények 2018/1
10. Márványi Péter, A repülőtér - 2. rész, Repülés 2013., <http://iho.hu/hir/repules-2013-br-a-repuloter-2-resz-131228>, Letöltve: 2020.02.13.
11. Munkácsi Zsuzsa, Muntag András, Pávó Gyula, Weidinger Tamás, Szarvas Gábor: A légiközlekedési zaj tulajdonságai és terjedésének vizsgálata Budapest-Ferihegy Nemzetközi Repülőtér környezetében, [http://www.repulestudomany.hu/kulonszamok/2010\\_cikkek/Munkacsi\\_Zs\\_es\\_a\\_tobbiek.pdf](http://www.repulestudomany.hu/kulonszamok/2010_cikkek/Munkacsi_Zs_es_a_tobbiek.pdf), Letöltve: 2018.12.28.
12. Novoszáth Péter: A modern városok program keretében megvalósuló repülőtérfejlesztések, Repüléstudományi közlemények XXX. évf. 2. szám 25-36. o.
13. Rugalmas pontsoron terjedő hullámok, <https://tudasbazis.sulinet.hu/hu/termeszetudomanyok/fizika/fizika-9-evfolyam/rugalmas-pontsoron-terjedo-hullamok/a-transzverzalis-es-longitudinalis-hullam>, Letöltve: 2018.12.28.
14. Szabó Sándor, Tóth Rudolf: Repülőterek kialakítása, létesítményeinek kritikus elemei, védelmük lehetséges műszaki megoldásai; Repüléstudományi közlemények XXV. 2. 2013. 89-113. o.
15. Szabó Zsolt: Zajgátló védőövezet kialakítása a katonai repülőtereken; <http://archiv.uni-nke.hu/downloads/bsz/bszemle2011/2/SzaboZs.pdf>, Letöltve: 2018.10.02.

16. Sz.n. Az emberi hallás tartománya, <http://www.kontera.hu/az-emberi-hallas-tartomanya.html>, Letöltve: 2020.02.13.
17. Szórád Tamás, Dübörgő főpróba, [https://air-base.blog.hu/2012/11/30/duborgo\\_foproba](https://air-base.blog.hu/2012/11/30/duborgo_foproba), Letöltve: 2020.02.12.
18. Tancsik Gábor: A zaj, a zajvédő falak széles skálájának bemutatása, majd azok alkalmazása hazai példákon, Tudományos Diákköri Konferencia, 2013
19. Tóth Zoltánné Erika: Hangsebesség, <http://vilagur.net-work.hu/blog/a-csodalatos-vilagur-es-a-fold-cikkei/hangsebes-seg>, Letöltve: 2018.12.26.
20. 18/1997. (X. 11.) KHVM-KTM együttes rendelet a repülőterek környezetében létesítendő zajgátló védőövezetek kijelölésének, hasznosításának és megszüntetésének részletes műszaki szabályairól, <https://net.jogtar.hu/jogszabaly?docid=99700018.KHV>, Letöltve: 2018.12.28.
21. 26/2007. (III. 1.) GKM-HM-KvVM együttes rendelet a magyar légtér légiközlekedés céljára történő kijelöléséről, <http://docplayer.hu/19024423-26-2007-iii-1-gkm-hm-kvvm-egyuttes-rendelet-a-magyar-legter-legikozlekedes-celjara-torteni-kijeloleseril-i-fejezet.html>, Letöltve: 2018.12.28.
22. 27/2001. (XI. 23.) HM rendelet az állami repülések céljára szolgáló repülőtér és a katonai repülés céljára földön telepített léginavigációs berendezés üzemben tartásának feltételeiről, <https://net.jogtar.hu/jogszabaly?docid=A0100027.HM>, Letöltve: 2018.12.28.
23. 27/2008. (XII. 3.) KvVM-EüM együttes rendelet a környezeti zaj- és rezgésterhelési határértékek megállapításáról, <https://net.jogtar.hu/jogszabaly?docid=A0800027.KVV>, Letöltve: 2018.12.28.
24. 49/1999. (XII. 29.) KHVM rendelet a motoros légijárművek zajki-bocsátásának korlátozásáról, [http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:9RE-RIBtPD0QJ:www.kvvm.hu/cimg/documents/49\\_1999\\_KHVM\\_rendelet\\_a\\_motoros\\_l\\_gij\\_rm\\_vek\\_zajki-bocs\\_t\\_s\\_nak\\_korl\\_toz\\_s\\_r\\_l.doc+&cd=3&hl=hu&ct=clnk&gl=hu](http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:9RE-RIBtPD0QJ:www.kvvm.hu/cimg/documents/49_1999_KHVM_rendelet_a_motoros_l_gij_rm_vek_zajki-bocs_t_s_nak_korl_toz_s_r_l.doc+&cd=3&hl=hu&ct=clnk&gl=hu), Letöltve: 2018.12.28.
25. 93/2007. (XII. 18.) KvVM rendelet a zajki-bocsátási határértékek megállapításának, valamint a zaj- és rezgéski-bocsátás ellenőrzésének módjáról, <https://net.jogtar.hu/jogszabaly?docid=A0700093.KVV>, Letöltve: 2018.12.28.



26. 159/2010. (V. 6.) Korm. rendelet a repülőtér létesítésének, fejlesztésének és megszüntetésének, valamint a leszállóhely létesítésének és megszüntetésének szabályairól, <https://net.jogtar.hu/jog-szabaly?docid=A1000159.KOR>, Letöltve: 2018.12.28.
27. 176/1997. (X. 11.) Korm. rendelet a repülőterek környezetében létesítendő zajgátló védőövezetek kijelölésének, hasznosításának és megszüntetésének szabályairól, <https://net.jogtar.hu/jogszabaly?docid=99700176.KOR>, Letöltve:2018.12.28.
28. 1995. évi LIII. törvény a környezet védelmének általános szabályairól, [http://www.termeszetvedelem.hu/\\_user/browser/File/Szakertoi\\_nevjegyzekek/optijus-1995\\_evi\\_liii\\_torveny.pdf](http://www.termeszetvedelem.hu/_user/browser/File/Szakertoi_nevjegyzekek/optijus-1995_evi_liii_torveny.pdf), Letöltve: 2020.02.13.