

Bera József¹

LÉGI KÖZLEKEDÉS ÉS KÖRNYEZETBIZTONSÁG ÖSSZEFÜGGÉSEINEK ELEMZÉSE²

A modern környezetvédelem problémája, hogy olyan környezeti hatásokat kell kezelnie, melyek forrása egyéni és társadalmi értelemben is alapvető emberi igény elégít ki. Ilyen kibocsátó forrás a légi közlekedés is, ami a kockázatok miatt a repülésbiztonság folyamatos fejlesztését eredményezte. A repülésbiztonság középpontjában a veszélymentes állapot fenntartása érdekében a balesetek elkerülése és a váratlan repülőesemények kockázati kezelése áll, ami a környezeti hatásokra és következményeire már kevésbé terjed ki. Ennek oka, hogy a repülésbiztonság elsődleges szerepe miatt a környezetvédelem nem jelenthet közvetlen, vagy önálló beavatkozást a légi közlekedési folyamatokba. Ez a tény rámutat arra, hogy a környezeti hatások és a repülésbiztonság összehangolt vizsgálatára az eddigieknél nagyobb hangsúlyt kell helyezni. A környezetbiztonsági elemzésekhez ezért olyan átfogó modellezési elv kialakítása szükséges, ami lefedi a légi közlekedési folyamatot, a környezet igénybevételét és a környezetvédelmi veszély csökkentését. A tanulmány a környezeti hatások és a repülésbiztonság új szabályozási elvét mutatja be.

ANALYSIS OF CONNECTION OF AIR TRANSPORT AND ENVIRONMENTAL SAFETY

The problem of the modern environmental protection is that it has to manage environmental effects, whose resources are basic human needs according to the person and the society. Such kind of resource is the air transport too, which result the uninterrupted developing of the flight safety by reason of the risks. In the center of the flight safety is the avoidance of the accidents and risk management of sudden flight events, but it covers less the environmental impact and its results. The reason for this is that the environmental protection doesn't mean direct intervention to the process of air transport because of main role of the flight safety. This fact points out that there should be a stronger emphasis on the harmonized research of the environmental impacts and the flight safety. That's why we need to develop a comprehensive modeling principle to the analysis of the environmental safety which covers the process of the air transport, the requisitioning of the environment and the lowering of the environmental dangers. This essay presents a new regulatory principle of the environmental impact and the flight safety.

KÖRNYEZETHASZNÁLAT ÉS KÖRNYEZETBIZTONSÁG

Amennyiben elfogadjuk, hogy a körülöttünk lévő világ folyamatosan változik, a környezetvédelemnek is állandó megújuláson kell átesnie. Ebből következik, hogy a légi közlekedést is megújult, modern környezetvédelem eszközeivel lehet eredményesen befolyásolni. A környezetbiztonság területén a modern környezetvédelem környezethasználati folyamatokba való szerves beépítése és a kapcsolt környezettechnika alkalmazása jelenthet előrelépést [1]. Ennek feltételeit azonban meg kell teremteni, amihez tudományos ismereteken alapuló stratégia kidolgozása szükséges.

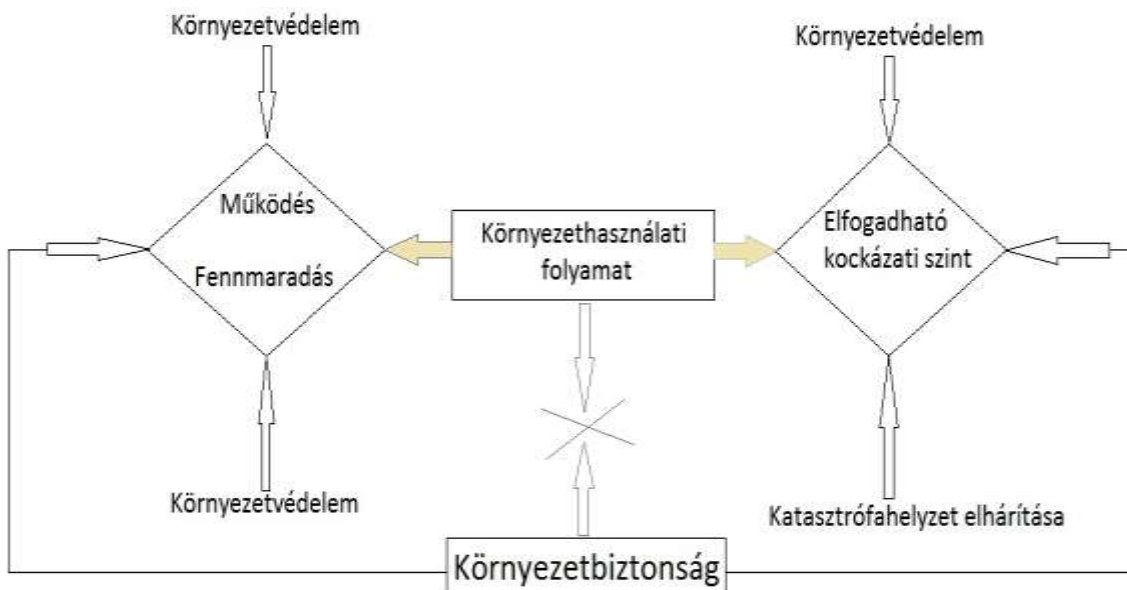
A veszélymentes vagy bántódásmentes állapot megvalósításához nélkülözhetetlen egyfajta „környezethasználat” – „környezetvédelem” – „környezettechnika” – „környezetbiztonság”

¹ PhD hallgató, Óbudai Egyetem, bera.jozsef@prosysmod.hu

² Lektorálta: Prof. Dr. Pokorádi László, egyetemi tanár, Óbudai Egyetem, pokoradi.laszlo@bgk.uni-obuda.hu

kapcsolati háló kialakítása. A környezetvédelmi szempontú veszély hiánya, azaz a veszélymentes állapot lesz a környezetbiztonság [2].

Természetesen törekedni kell arra, hogy ez az állapot ne csak pillanatnyi legyen, hanem véglegesen vagy tartósan fennálljon. Ennek útján jutunk el a modern környezeti biztonsághoz, ami a környezet használata és védelme közötti összhang megteremtésével lesz egyenértékű. A modern környezeti biztonságnak ugyanakkor tartalmaznia kell a környezetvédelmi érdekből való beavatkozás módszereit és jellemzőit azokkal a lehetőségekkel és korlátokkal, melyeket a használati folyamat még megenged. A környezetbiztonság és környezethasználati folyamatok közötti összefüggést az eddigiekben elmondottak alapján szerző saját szemlélete alapján az 1. ábra mutatja be.



1. ábra Környezetbiztonság és környezethasználati folyamatok összefüggése³

A környezetbiztonság és a környezethasználat között fennálló probléma megoldásához szükséges a kompromisszumos helyzet [2] kialakítása, ennek érdekében elengedhetetlen az olyan döntések meghozatala, melyek bizonytalanságot és kockázatot generálnak a repülésbiztonság oldalán. E tekintetben a környezethasználati folyamat és a környezetbiztonság közvetlen kapcsolatát kerülni kell, ahogy ez az 1. ábrán is látható. Lényeges szempont, hogy a környezeti hatások mértéke eredményesen csökkenjen, miközben a beavatkozások miatt a repülésbiztonság és a környezeti kockázat ne növekedjen.

Több szerző is rámutatott arra a tényre, hogy a légi közlekedésben bekövetkező negatív folyamatok – ami lehet nem várt esemény, vagy beavatkozás – kezelése csak a légi közlekedési folyamatok szabályozásával lehetséges [4][7]. Ebből a szabályozási szemléletből következik, hogy környezetvédelmi eredményt csak olyan, az egyéb működési és fennmaradási feltételekre is kiterjedő összehangolt beavatkozások összessége eredményezhet, ami a környezetvédelem mellett a repülésbiztonság oldalán is pozitív eredményhez vezet. Megoldásra váró probléma

³ forrás: szerző által készített ábra.



tehát a modern környezetvédelem, valamint a működés és a fennmaradás komplex rendszerének biztonság tudományba való beillesztése.

Figyelemmel az eddigiekben elmondottakra, szükséges a modern környezetbiztonság feltételrendszerének kialakítása, ezáltal biztosítva, hogy ne csak a katasztrófa helyzetek elhárításával érjük el a veszélymentes állapotot, hanem a megelőző környezetvédelem kerüljön előtérbe, amikor preventív intézkedésekkel megelőzzük és meggátoljuk a veszélyhelyzetek és a tartós környezetterhelés kialakulását a lehetőség fázisában. Ezért kap hangsúlyt az *1. ábrán* a környezethasználati folyamat és a környezetbiztonság közötti direkt és/vagy indirekt kapcsolat megszüntetése.

Az *1. ábrán* vázolt kapcsolati hálóból következik, hogy a környezetvédelem nem lehet olyan szintű korlátozás, ami a funkcionális működést akadályozza vagy ellehetetleníti. Rögzíteni kell azonban, hogy a helyes környezetvédelem a két irányban megvalósuló szabályozás eszközeit alkalmazza azáltal, hogy a kibocsátási oldalra és az észlelési oldalra egyaránt kiterjed. Mindez felveti azt az igényt, hogy a környezetvédelemben a problémamegoldáshoz olyan kompromisszumok sorozatát dolgozzuk ki, ami egyaránt érvényes a környezethasználatra és a környezetterhelés elleni védelemre. A kompromisszumos helyzet kialakítása és fenntartása ugyanakkor szükségsszerűvé teszi a komplex környezetvédelmi helyzetek megismerését és kutatását.

KÖRNYEZETBIZTONSÁG ÉS BIZONYTALANSÁG

A légi közlekedés szempontjából meghatározó azoknak a beavatkozási pontoknak az ismerete, melyek közvetlen segítséget adnak ahhoz, hogy mikor és milyen mértékben kerüljön sor környezetbiztonsági okokból beavatkozásra.

A környezetterhelési adatok egyrészt megalapozzák, másrészt indokolttá is teszik a környezetbiztonsági oldaláról meghozott döntéseket, ugyanakkor a repülésbiztonságot és a rendszerműködést is szem előtt tartva, a különböző érdekek ütközését is mérlegelni kell a döntési folyamatok során. Ez a szempontrendszer a környezetbiztonság és a bizonytalanság együttes elemzését követeli meg, hiszen amikor a repülésre irányadó környezetvédelmi előírás

- többletköltséget okoz;
- esetleg a repülési feladat végrehajtását nehezíti;
- a repülési feladat végrehajtásában jelentős korlátozást jelent;
- egyes esetekben egyéb repülésbiztonsági előírással ütközik

a végrehajtással érintett személyek a repülési feladatot és annak biztonságos végrehajtását sorolják a környezetvédelemmel összefüggő kérdések elé.

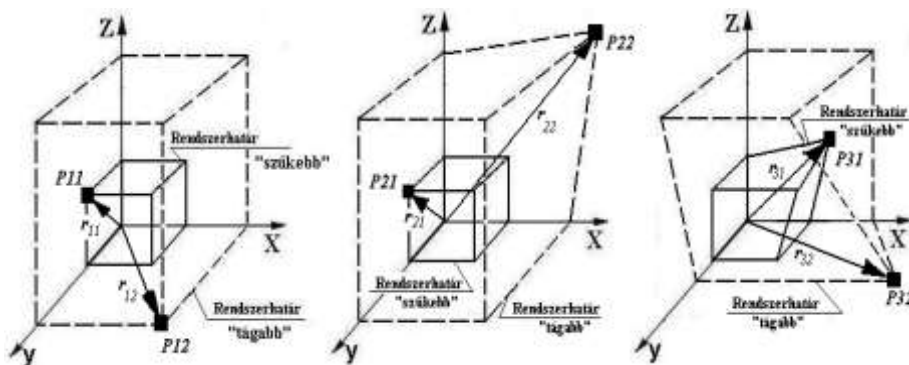
A beavatkozási ponton számtalan esetben emberi döntésen vagy döntések sorozatán alapul a folyamat, ezáltal az információk megléte vagy hiánya, az információáramlás és az adatok együttes kezelése a végrehajtásért felelős személyeknél kiemelt szerepet kap. Összességében a környezetbiztonság műszaki értelemben függ a képességtől, humán oldalon a rendelkezésre álló környezetterhelési adatok értelmezésétől. Meghatározó ebben a folyamatban a környezetbiztonság jellemzőinek helyes kezelése és az instacioner jelleg miatt a bizonytalanságból adódó hibalehetőség kiszűrése.

A biztonságot ugyanakkor nem lehet egyetlen mérőszámmal jellemezni. Mivel többféle veszélyes helyzet van, nem lehet egyféle biztonságról beszélni, ebből eredően a környezetbiztonság is egy többváltozós rendszert alkot. Kérdés, hogy a környezeti hatásokkal fémjelzett állapotot adott időpontban a repüléssel kapcsolatban mikor és mekkora terhelésnél lehet veszélyes állapotnak minősíteni? Ha választ szeretnénk kapni erre a kérdésre, akkor meg kell oldani egy újabb problémát is, miszerint a környezetvédelmet, például a zaj elleni védelmet hol és milyen módon lehet a légi irányítás rendszerébe integrálni?

Ezért új megközelítésben tartjuk szükségesnek vizsgálni a repülési zajterhelés problémáját, a bekövetkezési alapú szabályozást helyezzük előtérbe, miáltal a veszély- és kockázatelemzés lesz a repülési eljárások környezetvédelmi értékelésének sarokpontja.

A környezetvédelmi rendszer leírása a környezeti hatások vizsgálatára, a rendszerelemek tulajdonságaira és a környezet jellemzői miatt folyamatosan változó rendszerhatárookra, azaz időfüggő rendszerre terjed ki [3]. Ez nagyfokú és időben változó bizonytalanságot eredményez, ami kihatással van a környezetbiztonságra is. A környezetvédelmi rendszer, illetve a rendszerműködés szempontjából figyelembe vett rendszerkörnyezet ebben a megfogalmazásban nem azonos a környezetvédelmi vagy környezetbiztonsági szempontból lehatárolt környezettel. A rendszerkörnyezetet a rendszert övező tér olyan elemei alkotják, melyek leírása a hatások alapján, állapot tényezőkkel lehetséges.

A rendszer értelmezésénél figyelemmel kell lenni egyrészt a rendszer állapotára, másrészt a rendszer – rendszerhatárok – rendszerkörnyezet kapcsolatára, illetve annak változásaira, amit a környezeti háttérterhelésre vonatkozó példák is alátámasztanak. Célkitűzés tehát az olyan összefüggések keresése és felállítása, melyek egységesen és dinamikusan követik a rendszer és környezete kapcsolatában bekövetkező változásokat, amire a rendszerhatárok vizsgálatán keresztül nyílik lehetőség. A környezetvédelmi rendszer felépítését a 2. ábra szemlélteti.



2. ábra Környezetvédelmi rendszer és rendszerhatárok felépítése⁴

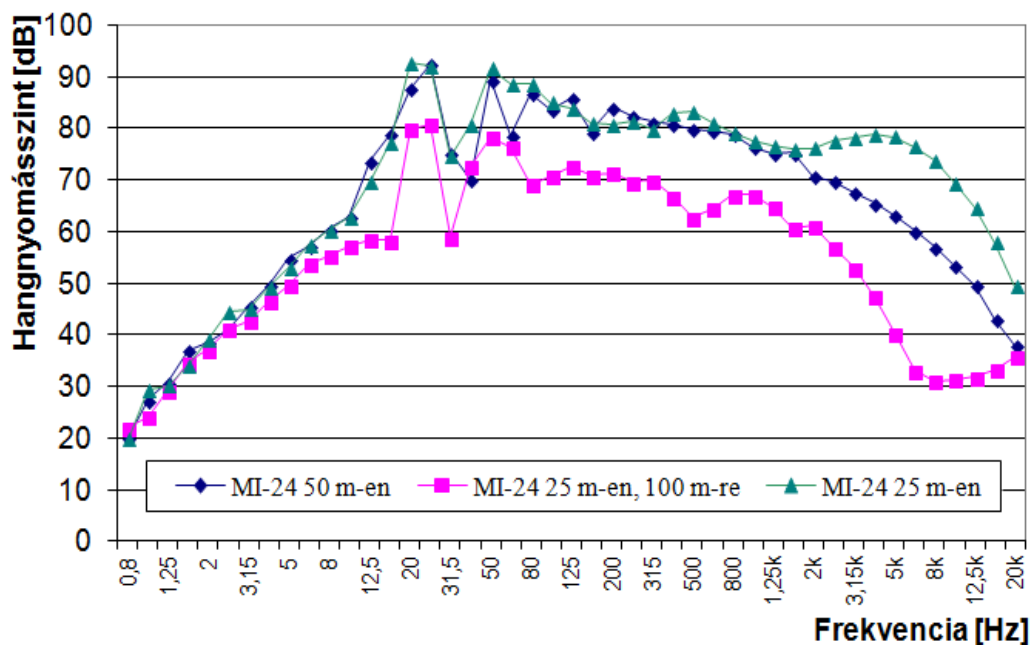
A megfelelő környezeti állapot biztosítása érdekében olyan rendszerjellemzők alkalmazása szükséges, melyek a változások becslésére és prognosztizálására is alkalmasak, megfelelő adatot szolgáltatnak a környezeti bizonytalanság leírására. Egyfajta megoldás, amikor az átlagértékekhez rendelt követelményszinteket a bizonytalan rendszer bemeneti tényezőihez rendelt valószínűség-

⁴ forrás: szerző által készített ábra.

eloszlások alapján, tulajdonképpen véletlenszerűen kiválasztott értékekkel írjuk le, és ezzel adjuk meg a környezetvédelmi rendszer lehetséges válaszainak valószínűségi jellemzőit.

Emellett jelentős szerepet kap a rendszer működésének figyelése, az állapot-változás nyomon követése, azaz a környezetvédelmi törődés. A legtöbb esetben ugyanis a környezeti bizonytalanság szempontjából meghatározó a rendszerelemek működése, a paraméterekhez kapcsolt időkoordináta. Ez kiegészül az adott időpontban rögzített térbeli helyzettel. Összefoglalva, a környezetvédelmi rendszer viselkedését a rendszer idő- és helykoordinátái alapján tartom célszerűnek vizsgálni, mert ezáltal lehet a környezeti bizonytalanságot csökkenteni.

Egy repülési feladat végrehajtásában bekövetkező, nem tervezett módosítás környezeti hatását szemléletesen mutatják a 3. ábrán látható hangnyomásszint értékek. A bemutatott zajszintek rögzítésére egy kijelölt terhelési pont felett végrehajtott helikopteres átrepülés során került sor, a vizsgálat idején a mérési pont és a zajforrás közötti távolságot változtattuk.



3. ábra Hangnyomásszint-frekvencia függvény eltérő repülési távolságok esetében⁵

A légi közlekedéssel és a légi jármű üzemeltetéssel kapcsolatos zajhelyzet kezelésére a fejlesztések és korszerű légi járművek létrehozásával, valamint a repülési manőverekbe való beavatkozással, az üzemeltetési és a légi forgalmi folyamatokba való beavatkozás útján van lehetőség [8]. A 3. ábrán bemutatott hangnyomásszint-frekvencia függvény a légi jármű üzemeltetés folyamatába való beavatkozás eredményére mutat példát. Egy ilyen adatsor alátámaszthatja például a környezetterhelés érdekében meghozott döntést, az adatok rendelkezésre állása segítheti az előzetes elhatározást is, melyben a bizonytalanság és a repülésbiztonsággal összefüggő kockázatra is figyelemmel kell lenni.

A bizonytalanság értelmezésekor POKORÁDI rögzíti, hogy a bizonytalanság mellett feltétlen figyelembe kell venni a kockázat fogalmát is, mely értelmezésével és különböző becslési mód-

⁵ forrás: szerző saját mérései alapján.

jaival is foglalkozik [6]. A kockázat tudományos vizsgálatára Pokorádi által rögzített megközelítésben jellemző, hogy közös vonásként jelenik meg a kockázat és a bizonytalanság összekapcsolása. Megfogalmazásában „a kockázat egy nemkívánatos esemény bekövetkezésének objektív bizonytalansága”.

A várható környezeti hatás és a hatás megváltozásának jelenségében rejlő bizonytalanság miatt a légi közlekedéssel kapcsolatban is számos kockázatosnak ítélt esemény bekövetkezésével számolhatunk. Amikor az esemény következménye megfigyelhető és mérhető, a várhatóan kialakuló környezeti hatás becslését korábban vagy referencia körülmények mellett rögzített adatok segítik, akkor objektív következményről beszélünk. Másik véglet, amikor a döntéshozó személy ismereteitől vagy értékrendszerétől, illetve az adott helyzettől függ a következmény értéke, ekkor szubjektív következményről beszélünk. A környezeti hatás szubjektív megítélését erősen torzíthatja az átlagértékek alkalmazása, mivel a tényleges, pillanatnyi vagy egy-egy rövidebb eseményhez kötött terhelési érték hiánya nem ad a valós helyzet megértéséhez elegendő információt. Ez a tény ahhoz vezet, hogy az eseményt kockázatosnak ítélje meg a döntéshozó.

KÖRNYEZETI HATÁS, ÉS KÖRNYEZETBIZTONSÁG ALAPELVE

A légi közlekedés alaphelyzetben olyan rendszert alkot, amit mindaddig, amíg a repülési tevékenységet vesszük górcső alá, viszonylagos pontossággal tudunk meghatározni. A probléma és a bizonytalanság akkor kezdődik, amikor a környezeti hatások miatti rendszerhatárok ciklikusan, folyamatosan vagy időszakonként eltérő mértékben változnak, vagyis a környezetből érkező, értékükben és időben is változó jelek hatására elveszik az egyértelmű rendszerhatár (lásd 2. ábra). Mit értünk a rendszerhatárból eredő bizonytalanságon?

A választ az alábbi felsorolással foglaljuk össze:

- a megfelelő, a tényleges környezeti hatásra jellemző adatokat használjuk fel a rendszerhatárok meghatározásához, ezek hiánya torz rendszerhatárt eredményezhet;
- az előírt határértékeknek hol, milyen területen és milyen időpontokban kell teljesülni, e nélkül nem lehetséges a rendszerhatár kijelölése;
- rögzíteni kell, hogy milyen szempontból határozzuk meg a környezetvédelmi követelményeket, az értékelési szintek mekkora szerepet kapnak az értékelésben, mit tekintünk védendőnek a környezeti hatással szemben;
- lokális vagy összefüggéseiben nagyobb kiterjedésű hatásról beszélünk;
- mekkora és milyen jellegű a környezet állapotában bekövetkező változás mértéke.

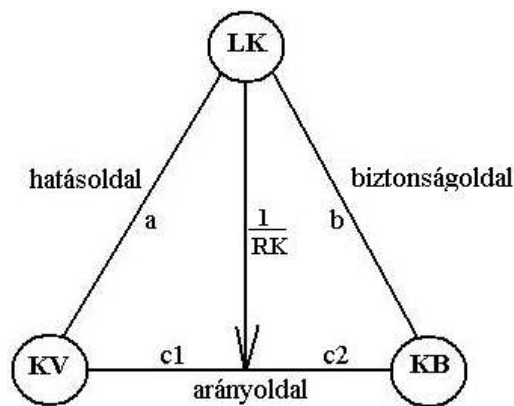
Fenti felsorolás alapján a rendszer és a környezet kapcsolatának fontos jellemzője, hogy a gerjesztő paraméterek bizonytalansága térben és időben is változó tényező, az adatok száma és pontossági foka így nagy jelentőséggel bír. Következmény, hogy a repülőtér és a légi forgalom magában hordozza a rendszerhatárok környezet jellemzőitől függő módosulását, a rendszergerjesztést önmagában nincs értelme vizsgálni. A környezet jellemzőitől függ a környezeti hatás, változik a kimutathatósági szint, ezzel a rendszerhatár.

A környezetvédelem és a környezetbiztonság összehangolt kezelése a repülésbiztonság, illetve a környezeti hatással járó folyamatok fenntartása szempontjából nem jelenthet korlátlan vagy

egyoldalú beavatkozást a légi közlekedési folyamatokba. A rendszerműködés és a környezeti hatások kezelése olyan szabályozást igényel, ami figyelembe veszi valamennyi, a működéssel és egyéb biztonsági feltétellel összefüggő tényező szerepét.

A szabályozás szerepének ismertetéséhez a környezeti hatás és környezetbiztonság alapelvét az alábbiakban rögzítjük.

A légi közlekedés (LK), a lokális környezetvédelem (KV) és a környezetbiztonság (KB), mint három alaptényezőt a közöttük fennálló kapcsolat miatt egyenlő oldalú háromszög sarokpontjaként célszerű rögzíteni. Közöttük a háromszög oldalai, mint hatásoldal, biztonságoldal és arányoldal adnak kapcsolatot, amit a 4. ábra szemléltet.



4. ábra Légi közlekedés környezetbiztonsági hatásháromszög modellje

Az egyenlő oldalú háromszög felvételével az *LK* sarokpontból az alapra húzott magassági egyenes az $\frac{1}{RK}$ értékével azonos, a repülési korlátozások mértékéből adódik, és értelemszerűen felel a *KV-KB* sarokpontok közötti oldalt, ami legyen ebben az esetben a *c1* és *c2* részre osztott arányoldal.

Az *LK* csúcspontból húzott merőlegest $\frac{1}{RK}$ -vel, azaz a repülési korlátozások "reciprok" értékével jelöltük. Ennek oka, hogy a repülési korlátozások növekedésével a légiközlekedés lehetőségei csökkennek, azaz kevesebb vagy korlátozottabb lesz a repülés.

Ezzel együtt a metszéspont arányoldalon való mozgatása – a *KV* sarokponthoz közelítve, illetve a *KB* sarokponttól távolodva és fordítva – a *c1* és *c2* változtatásával lesz egyenértékű, ami egyben láthatóvá teszi az *LK-KV-KB* alaptényezők között fennálló arányokat is.

A háromszög *KV-LK* oldala a repülési tevékenységből eredő mért vagy észlelt hatásokkal összefüggő hatásoldalt jelenti, kiterjedése értelemszerűen az adott hatás nagyságát jellemzi. A háromszög *KB-LK* oldala a repülési tevékenységgel összefüggő környezetbiztonság mértékével azonos. A *KV-LK* és *KB-LK* oldalak hossza alapesetben – mivel kiindulásként egyenlő oldalú háromszöget vettem fel – egyenlők és megegyeznek a *c1* és *c2* összegével, vagyis az arányoldal hosszával. A *KV-LK* hatásoldal így a környezeti hatás kiterjedését, a *KB-LK* biztonságoldal a környezetbiztonság mértékét jelenti.



Célkitűzés, hogy a környezeti hatások úgy csökkenjenek, hogy a repülést korlátozó tényezők ne növekedjenek jelentősen, vagyis az $\frac{1}{RK}$ érték lehetőség szerint változatlan maradjon, de ne csökkenjen. Ezzel a környezetbiztonság oldala növekszik.

Ahhoz, hogy ez a feltétel teljesüljön, az „a” egyenes hossza csak olyan módon változhat, hogy a hatásháromszög „b” oldala növekszik, az $\frac{1}{RK}$ hossza pedig vagy változatlan marad, vagy szintén nagyobb lesz. Tehát a hatásoldal csökkenése az $\frac{1}{RK}$ változatlanul tartása és a „b” jelű biztonságoldal növelése mellett a repülésbiztonsági helyzet javulásával egyenértékű.

Ez a feltétel is magában hordozza a környezetvédelmi, túlzott esetben a környezetbiztonsági probléma megoldásához szükséges kompromisszumhelyzet kialakítását és fenntartását, amit a repülésbiztonság alapfeltételeként határoztunk meg. *Kompromisszum feltétel* [2] alapján: a környezethasználat és a környezet igénybevétele között fennálló kompromisszumos egyensúly, ami a környezeti hatás alapján, de a műszaki folyamat fenntartásával meghozott döntéseken és döntési sorozatokon alapul. Ezáltal a légi közlekedés környezetbiztonsági hatásháromszög modellje a környezetvédelmi és környezetbiztonsági szempontból szükséges kompromisszum feltétel teljesülését tükröző állapottényező lesz.

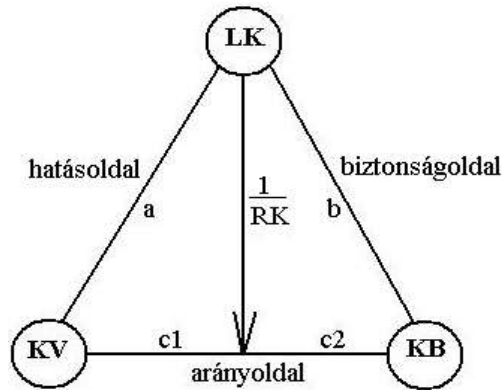
Amennyiben a háromszög alapoldala, ami ebben az esetben az arányoldal, és az $\frac{1}{RK}$ alkotta metszéspont a *KV* sarokpont felé mozdul el, az „a” jelű *KV-LK* hatásoldal kiterjedése csökken, azaz a környezeti hatás is kisebb lesz. Ebben az esetben a „b” jelű *KB-LK* biztonságoldal növekedésével környezetbiztonság szempontjából kedvezőbb helyzet alakul ki. Ennek feltétele az $\frac{1}{RK}$ változatlanul tartása, illetve az, hogy a repülési korlátozások ne növekedjenek jelentős mértékben.

Amennyiben az arányoldal és az $\frac{1}{RK}$ alkotta metszéspont az *RK* érték változatlanul tartása mellett a *KB* sarokpont felé mozdul el, a *KV-LK* oldal kiterjedése növekszik, azaz a környezeti hatás is nagyobb értékű lesz. Ebben az esetben a *KB-LK* biztonságoldal kiterjedése csökken, vagyis a környezetbiztonsági helyzet romlik. Ebből is látható, hogy a környezeti hatás változásai összefüggésben vannak a környezetbiztonsággal. Mivel a környezetbiztonság megtartása a cél, az 5. ábrán szemléltetett, a „légi közlekedés környezetbiztonsági hatásháromszög” modell alapján belátható, hogy a környezeti hatások növekedése a környezetbiztonság romlásához vezet, de hasonló az eredménye változatlan vagy csökkenő környezeti hatások mellett a repülési korlátozások negatív értelmű változásának, az $\frac{1}{RK}$ érték csökkenésének is.

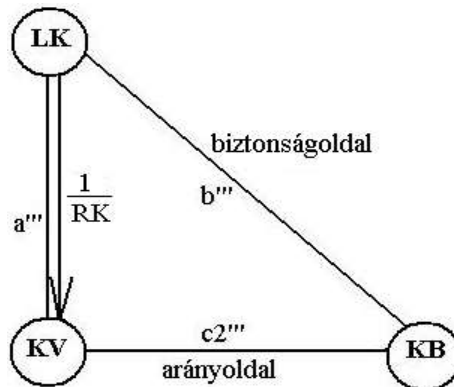
A környezetbiztonsági hatásháromszög modellt tekintve a kompromisszum feltétel megalapozottságát támasztja alá, hogy légi közlekedés környezetbiztonsági modelljét szükséges kiterjeszteni az alábbiakra is:

- megvalósíthatóság;
- bizonytalanság.

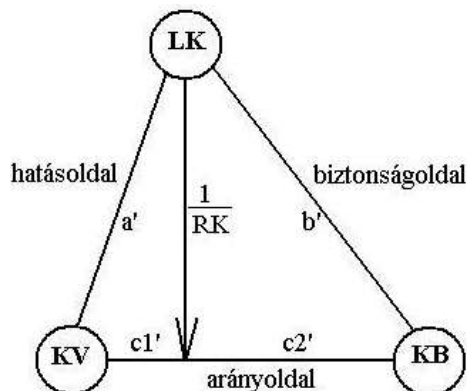
A környezetvédelmi és környezetbiztonsági szempontból kedvező és kedvezőtlen, illetve a legkedvezőbb és az arányos helyzetet a 6., 7., 8. és 9. ábrákon szemléltetjük.



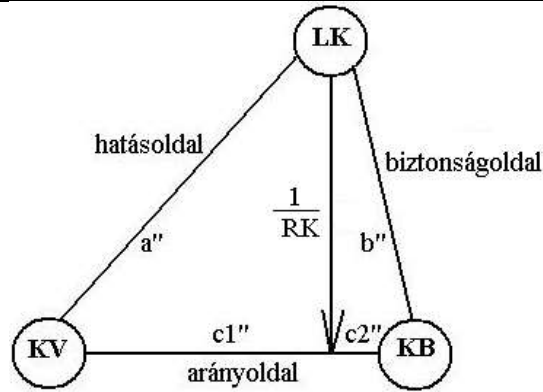
6. ábra Kompromisszum feltétel teljesülését tükröző környezetbiztonsági hatásháromszög modell



7. ábra Legkedvezőbb helyzetet adó környezetbiztonsági hatásháromszög modell



8. ábra Kedvező helyzetet adó környezetbiztonsági hatásháromszög modell



9. ábra Kedvezőtlen helyzetet adó környezetbiztonsági hatásháromszög modell

Mivel célkitűzés, hogy a repülési műveletek fenntartása és végrehajthatósága fennmaradjon – vagyis az egyenlő oldalú háromszög magassági vonala ne legyen kisebb –, ezáltal a *KV-LK* sarokpontok közötti hatásoldal minél kisebb legyen, a *KV* sarokpontot kell az arányoldalon kijelölt metszésponthoz közelíteni úgy, hogy a *KB* sarokpont helyzete ne változzon. Ezzel a környezeti hatás csökkentése nem jár a folyamatba való olyan mértékű és jellegű beavatkozással, ami más szempontból a repülésre nézve gátló tényezőt jelent, vagy akár a repülésbiztonság veszélyeztetését jelentené. A repülési feladatok jellege, így az $\frac{1}{RK}$ közelítése az 1 értékhez ugyanakkor a *KV-LK* hatásoldal szempontjából is előnyös lehet, amikor a repülési feladat ellátása egy másik zajos tevékenység helyettesítése miatt szükséges.

Tehát megállapítható, hogy csak a *KV-KB* arányoldal *c1* szakaszának változtatása, vagyis az *RB* és az arányoldal alkotta metszéspontból adódó, a *KV* és a *KB* sarokpontokkal alkotott részoldalak arányában bekövetkező változás jelenthet megoldást a légiközlekedés környezetvédelmi helyzetének javítására. A 6., 7., 8. és 9. ábrán bemutatott eltérő helyzeteket az 1. táblázatban foglaljuk össze.

Ábra	Hatásoldal	Arányoldal	Minősítés
6.	$a = b$	$c1 = c2$	Kompromisszum feltétel
7.	$a''' = \frac{1}{RK} < b'''$	$c1''' = 0, c2''' \gg 0$	Kedvezőbb helyzet
8.	$a' < b'$	$c1' < c2'$	Kedvező helyzet
9.	$a'' > b''$	$c1'' > c2''$	Kedvezőtlen helyzet

1. táblázat Környezetbiztonsági hatásháromszög értelmezése

Ahhoz, hogy a *c1* és *c2* oldalpárok kedvező aránya kialakuljon, természetesen több szempontot is figyelembe kell venni, melyek a környezetterhelésre hatással vannak. A 7. ábra szerinti helyzet egy szélsőséges állapotot tükröz, előfordulási gyakorisága kicsi.

A környezetbiztonsági háromszög modell számára nem elégséges a [5] alapján az (1) összefüggéssel meghatározott átlagolt hangnyomásszint érték. Olyan jellemző alkalmazását tartjuk szükségesnek, ami a ténylegesen fellépő környezeti hatással hozható közvetlen összefüggésbe a bekövetkezési lehetőségekre és valószínűségekre is tekintettel.

$$L_{AM, re} = 10 \cdot \lg \frac{\tau_{ref}}{T_M} \cdot M \cdot 10^{0,1 \cdot L_{AX}} \text{ [dB]} \quad (1)$$

ahol:

$L_{AM, re}$ – repülésből származó mértékadó A-hangnyomásszint [dB];

τ_{ref} – referencia érték, 1 s;

T_M – megítélési idő [s];

M – mértékadó repülési műveletek száma;

L'_{AX} – átlagos repülési zajesemény szint [dB].

A (1) összefüggés alapján több fontos megállapítást is tehetünk, melyek figyelembevételére a légi forgalom miatt kialakuló környezeti hatás értékelésénél és a légi forgalom változásában kiemelt szerepet kap. Az alkalmazott T_M megítélési idő értéke nappal 16 óra, éjjel 8 óra átlagos környezetterhelést ad, így a zajterhelés értéke elsősorban a mértékadó műveletszám, vagyis a forgalom változásaitól függ. Az alkalmazott összefüggés meghatározó eleme tehát a megítélési időben rögzített légi forgalom.

Másik fontos tényező az átlagos repülési zajesemény szint, ami a zajforrás mellett a környezet állapotától – például hangterjedési viszonyok – és a védelmet igénylő területtől is függ. Mért érték, a becsléshez és az értékeléshez alkalmazott (1) összefüggés meghatározó adata. A zajesemény szint érték tehát a kibocsátó forrást és a környezetet együttesen jellemzi, vagyis közös adat. Elsődlegesen befolyásolja a környezetterhelést okozó forrás és a környezete között fennálló viszonyt. Nem függ az M mértékadó műveletszámtól, és minden esetben a szubjektív módon észlelt, a hangtérben kialakuló hangnyomás változását, a zavarást mutatja.

Mindebből levonhatjuk azt a következtetést, hogy a repülési zaj megítélésében a ténylegesen észlelt zajesemény-szinteknek nagyobb jelentősége van, mint az egyenértékkel kifejezett zajterhelésnek.

KÖVETKEZTETÉSEK

A környezetterhelés csökkentését célzó beavatkozások olyan szabályozást igényelnek, melyek figyelembe veszik valamennyi, a működéssel és egyéb biztonsági feltétellel, például repülésbiztonsággal összefüggő tényező szerepét. A szabályozást a folyamat egészére ki kell terjeszteni.

A légi közlekedés – ezen belül a légi jármű üzemeltetés és a légi közlekedési létesítmények működtetése – abban az esetben felel meg teljes körűen a környezetbiztonság vonatkozásában megfogalmazott szempontoknak, amennyiben

- a környezeti hatásokkal kapcsolatos beavatkozások megvalósíthatósága, valamint a
- a környezeti hatások kezelése és a beavatkozások eredményének bizonytalansága

a repülésbiztonsággal szoros összefüggésben a vizsgálatok körébe kerül. Ezek a szempontok az alábbi alapfeltétel rögzítését igénylik:

- a repülésbiztonság környezetbiztonsági alapfeltétele, hogy a légi közlekedéssel kapcsolatos környezeti igénybevételek kezelése a használati folyamatok és a kialakuló hatások közötti kompromisszumhelyzet kialakításával és szűk határok közötti fenntartásával történjen.

A kompromisszumhelyzet áttekintéséhez és fenntartásához egy új módszer alkalmazását javasoljuk, melynek eredménye a környezetbiztonsági háromszög modell.

A bemutatott elvek alkalmazásával a légi közlekedés környezetbiztonsági hatásháromszög modellje a környezetvédelmi és környezetbiztonsági szempontból szükséges kompromisszum feltétel teljesülését tükröző állapottenyező lesz.

A környezetvédelmi és környezetbiztonsági szempontból kedvező és kedvezőtlen, illetve a legkedvezőbb és az arányos helyzeteket vizsgálatára, az esetleges változások levezetésére és nyomon követésére környezetbiztonsági háromszög modell megfelelő eszköz lehet. Alkalmazása mellett a folyamatok figyelemmel kísérhetők, mivel lehetővé teszi egy-egy döntés eredményeként kialakuló megváltozott helyzet kiértékelését a hatásoldal – biztonságoldal – arányoldal kiterjedésén keresztül.

A légi közlekedéssel összefüggő környezeti igénybevétel, ezen belül a repülési zaj modellezésének átgondolását is igényli a környezetbiztonsági háromszög modell alkalmazása olyan módon, hogy a környezeti hatásban ne kizárólag a forgalom rendelkezzen dominanciával. Ehelyett megfontolásra javasoljuk azt a megközelítést, ami az előírt repülési eljárásokhoz tartozó zajszinteket helyezi középpontba, ezáltal a zavaró hatás a bekövetkező legnagyobb zajszintekre is kiterjedő bekövetkezési valószínűségekkel lesz jellemezhető.

FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] BARÓTFI ISTVÁN (ed.) Környezettechnika, Mezőgazda Kiadó, Budapest, 2000, 981 p.
- [2] BERA JÓZSEF - POKORÁDI LÁSZLÓ Műszaki folyamatok hatása a környezetbiztonságra, In: Bitay Enikő (szerk.) Fiatal Műszakiak Tudományos Ülésszaka XIX: Nemzetközi Tudományos Konferencia, 480 p. Konferencia helye, ideje: Kolozsvár, Románia, 2014.03.20-2014.03.21. Kolozsvár: Erdélyi Múzeum-Egyesület, pp. 57-60.
- [3] BERA JÓZSEF Kockázatkezelés a környezetvédelmi tervezés folyamatában, In: Bitay Enikő (szerk.) Fiatal Műszakiak Tudományos Ülésszaka XVII. Konferencia helye, ideje: Kolozsvár, Románia, 2012.03.22-2012.03.23. Kolozsvár: Erdélyi Múzeum-Egyesület, pp. 35-38.
- [4] KAVAS LÁSZLÓ - ÓVÁRI GYULA A XXI. század helikopterfejlesztésének néhány fontosabb irányzata, Repüléstudományi Közlemények XXV. évfolyam 2013.1. szám, Szolnok, 2013, pp. 210-222.
- [5] MSZ 13-183-3:1992 (1992) *A közlekedési zaj mérése. Repülési zaj*, Magyar Szabványügyi Testület, Budapest, 6 p.
- [6] POKORÁDI LÁSZLÓ Rendszerek és folyamatok modellezése, Campus Kiadó, Debrecen, 2008, 242 p.
- [7] ROHÁCS JÓZSEF - HORVÁTH ZSOLT A repülésbiztonság problémája és fejlesztési elvei, Repüléstudományi Közlemények XXV. évfolyam, 2013.3. szám, Szolnok, 2013, pp. 39-55.
- [8] SZABÓ JÓZSEF (ed.) Repülési Lexikon, Akadémiai Kiadó, Budapest, 1991, I. kötet 623 p., II. kötet 603 p.