



Leczovics Péter

TERMÉSZETI ANALÓGIÁK A HADI- ÉS VÉDELEMTECHNIKÁKBAN III.

Absztrakt

A hadi- és a védelemtechnikai fejlesztések minden egyes állam számára kiemelt fontosságúak, és szigorúan titkos minősítésűek. A kutatások eredményei csak akkor kerülnek nyilvánosságra, amikor már megvalósították, és sikeresen kipróbálták őket.

A tudományos beszámolók is csak jóval később kerülnek publikálásra, lényegében szinte akkor, amikor az eredmények felhasználása átkerül a polgári, civil életbe. A fejlesztések során a kutatók, mérnökök számos esetben fordulnak a természethez, mivel az évmilliók során kialakult alkalmazkodás kiváló megoldásokat adhat.

Kulcsszavak: puffogó futrinka, ultrahang, fekete doboz

NATURAL ANALOGIES IN MILITARY AND DEFENSE TECHNIQUES III.

Abstract

Military technical developments are very important to all countries and they are strictly confidential. The results of the research will only be made public once they have been implemented and successfully tested. Scientific reports are also published much later, essentially almost when the use of the results is transferred to civilian life. During the developments, researchers and engineers turn to nature in many cases, as the solutions developed over millions of years can provide excellent solutions.

Keywords: bombardier beetle, ultrasound, black box



1. BEVEZETÉS

A bionika/biomimikri a XX. században létrejött tudomány, a természeti formák, mechanizmusok, jelenségek vizsgálatával, elemzésével, ezek adaptálásával foglalkozik. Az évmilliók által kifejlődött, - gyakorlatilag – optimális természeti megoldások műszaki megvalósítása lényegében a technikai fejlődés alapja. A természet évmilliók alatt létrejött fizikai, kémiai, biológiai folyamatai számos megoldást adtak már eddig is az emberiségnek a tudományok világában.

A bionika/biomimikri eredményei az összes tudományt lefedik, sőt adott esetben egy-egy természeti ”ötlet” alkalmazása több tudományág területén is megjelenik. Gondoljunk csak például a madarakra, repülésükre, megjelenési formáira, csőrére, szárnyára, tollazatára, felépítésére, vagy éppenséggel a fészükre, de szinte bármilyen példát felhozhatnánk a természet világából, amelyek kiválóan szolgálnak a műszaki fejlesztések kidolgozásához.

Alapvetően két „iskola” alakult ki, amely tulajdonképpen a megközelítés alapján különböztethető meg. A történelmi hűség kedvéért meg kell jegyezni, hogy a 60-s években létrejött kifejezést - bionikát – lényegében az angolszász területeken az űrtechnológia, haditechnika, valamint a robottechnika kisajátította, és talán ezért is jött létre egy másik iskola, amely tartalmilag lényegében azonos, de a megközelítés más. Figyelembe véve a bionika/biomimikri – mint tudomány – megjelenését, kijelenthető, hogy az egyik lehetőség az időbeli feloszt

- 1960 előtti időszak,
- 1960 után,

a másik megközelítés szerinti csoportosítási lehetőség,

- a felvállalt azonosság,
- utólagosan megállapítható analógia.

Az utólagosan megállapítható analógiák esetében az egyik lehetőség, amikor a természeti jelenség és a megvalósítás kronológiai sorrendben van, a másik pedig, hogy a megvalósulás megelőzte a természeti jelenség felismerését, adaptálását.



Bármely csoportosítási lehetőséget vesszük figyelembe, mindegyikre van példa, akár oda-vissza. Gondoljunk csak bele 1960 előtt számtalan megoldás létezett, de a fellelhető történelmi feljegyzések, irodalmi hivatkozások szerint, viszonylag kevés utalás történik a természeti formák, jelenségek inspirációjára. Az 1960-s évek előtti időszakban létrejött természeti analógiák közül a legismertebbek talán az építészetben jöttek létre, és vélhetően már saját korukban is kitűntek a „megszokott” megvalósítások közül. A tudatosan felvállalt adaptálások közül kiemelkedik Gaudi építésze, akinek jól tükrözi hitvallását, az alábbi kijelentése. [1]:

„A nagykönyv, amelyet mindig követnünk kell, nem más, mint a természet könyve. Minden azon alapszik.”

Haditechnikai vonatkozásban a különböző történelmi krónikák, legendák őrizték meg a természeti analógiákat, gondoljunk csak a – korábbi cikkben említett – vegyi, biológiai fegyverekre, Leonardo da Vinci – korát jövő megelőző – haditechnikai megoldásaira, vagy a későbbi időszakokban pl. Borellire. Ugyanez elmondható a természeti népek hadviselésére, pl.álcázás.

Jelen összeállításban ismét három témakört ismertetek.

- Az első esetben egy olyan analógiát mutatok be, amelynél – talán – a műszaki megoldás megelőzte a bionikát, bár egyszerű analógiákat azért találunk a természetben.
- A következő analógia viszonylag egyszerűen nyomon követhető, a denevérek és egyéb állatfajok tájékozódási mechanizmusa, valamint a módszerek technikai alkalmazása.
- A harmadik témakörben azt mutatom be, hogy miért nem kap agyrázkódást a folytonos kopácsolástól a harkály, és megfejtés milyen absztrakciókat eredményezett.



2. FUTRINKÁTÓL A PAPRIKA SPRAY-IG

A természetben számtalan módszer alakult ki a túlélésre, amikor egy-egy támadás során az állat védekezésre szorul. Közismert pl. a borzok, görények védekezési módszere, amikor támadás esetén irritáló „gázfelhőt”, pontosabban aeroszolt bocsátanak ki.

A borz faroktövéénél, a végbélnyílásánál két mirigy található. A mirigyek egy tiol-nak nevezett vegyi anyagot termelnek, ennek szaga a záptojáshoz, égett gumihoz hasonló. Ezt a vegyi anyagot a borz védekezésképpen – veszély elhárítás – képes kb. 10 méterre is kilövellni, nagy pontossággal. [3]

Hasonló elven „működik” a görények védekezési mechanizmusa, szintén rendelkeznek bűzmirigyekkel, amelyekből izgalom vagy félelem hatására irritáló hatású váladékot présel ki [4].



1.kép Az amerikai csíkos borz vagy bűzös borz (Meles Meles).

Forrás:[2]



A kétéltűek között is szép számmal találhatók olyan egyedek, amelyek szintén irritáló, néhány esetben mérgező hatású váladékot bocsájtanak ki. Ilyen például a barna varangy (2. kép), amely hátán, mellén található mirigyekben mérgező váladék képződik, és ez a váladék elriasztja a támadóit [5].

Talán a legismertebb a nyílméregbéka, amelynek a termelt váladéka az egyik legerősebb mérge. 1 milligramm mérge 20 ember megölésére is képes. A mérget – egy neorotoxint – a leírások szerint nem a béka szervezete termeli, hanem táplálékából – hangyák – nyeri [6]. Megjegyzendő, hogy a mérgeanyag a testfelületen található, és érintésútján fejt hatását.



2. kép A barna varangy.

Forrás:[5]



3. kép Arany nyílméregbéka. Forrás:[6]

Egy másik védekezési módszert a tarajos sül képvisel. Hátát, nyakát fekete-fehér tüskék borítják. A farkán levő tüskék több, mint akár 50 cm hosszúak is lehetnek, nagyon hegyesek és lazán rögzülnek a testhez. Veszély észlelése esetén a sül először- mintegy figyelmeztetés gyanánt – a farkán lévő tüskevégzódések mozgatásával csörgő hangot ad ki. Nem lövi a tüskéket, de azok kirepülnek, ha az állat csörögve rázza őket [7].



4. kép A tarajos süllő és tüskéi. Forrás: [7,8]

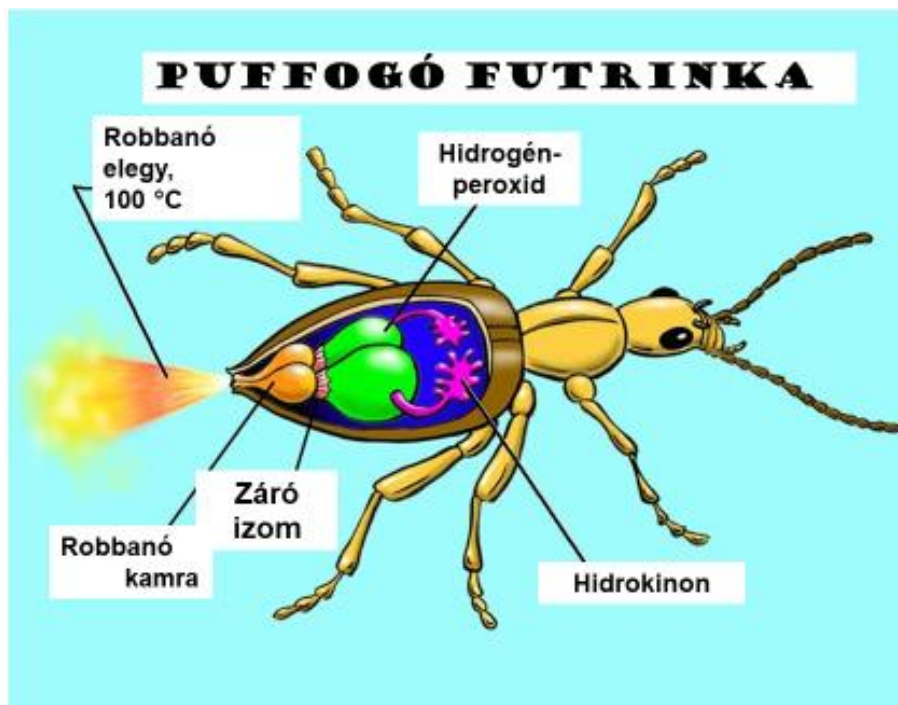
Visszatérve a cikk elején említett módszerre – gázok, aeroszolok, folyadékok kilövellése –, a sorból kiemelkedik egy rovar. A puffogó futrinka, közismertebb nevén a bombardier bogár (5. kép), ha támadás éri nem menekül, hanem lefújja támadóját. Az érdekessége a védekező módjának, hogy a védekezéshez alkalmazott – 1,4 benzokinon tartalmú – gázelegy cca. 100°C-s. A védekező mechanizmus bonyolult és precíz – mondhatjuk a természet csúcstechnológiája –, amelyet hosszas kutatások során fejtettek meg. A XX. század végére sikerült a hatásmechanizmust meghatározni, a potrohban elhelyezkedő, egy mm nagyságú mirigyben lejátszódó exoterm vegyi reakció váltja ki a magas hőmérsékletű robbanó elegyet, amely mai kifejezéssel aeroszolként lövell ki.



A kutatások során az is kiderült, hogy az összehúzódások eredményeként másodpercenként átlag 300 minirobbanás játszódik le egy-egy kilövellés során, valamint a fecskendő nyílásának mozgathatósága alapján a bogár 360 fokos körben képes irányítani a gőzsugarat.

5. kép: A bombardier bogár Forrás: [3]

A puffogó futrinka szervezetét az 1. ábra, a bionikai levezetését az 1. táblázat mutatja be.



1. ábra A puffogó futrinka (bombardier bogár) szervezete Forrás:[9]



1. táblázat: A spray-k bionikai levezetése

A probléma meghatározása, definiálása	Egyéni védőeszköz, amely gyorsan, egyszerűen használható
Analógiák keresése a természetben	Néhány állatfaj védekezés céljából gázokat, folyadékot spriccel ki
Analógiák elemzése	A kilövellt anyag (folyadék, aeroszol) rövid ideig kábulást, kisebb sérüléseket okoz
A megoldás kidolgozása	Különböző spray-k kidolgozása, megvalósítása

Az aeroszolok heterogén anyagrendszerek, több fázisból állnak,

- egy homogén (diszpergáló) közegből, és
- a benne elosztatott (diszpergált) anyagból,

ez utóbbi lehet

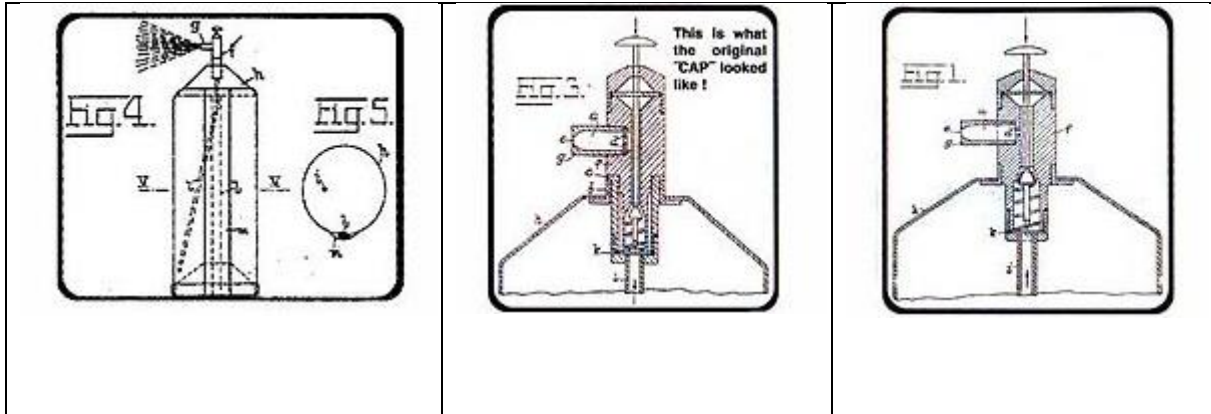
- folyadék, illetve
- szilárd anyag.

Érdekesség, hogy bár a levegőben (gázban) elosztatott folyadék vagy szilárd anyag már az ókorban – de talán már előbb is – ismert volt (füstök, por, köd), mégis maga a kifejezés a XX. század terméke. [10]

Az aeroszolok széleskörű alkalmazásának lehetősége elsősorban a tároló edény, és az adagoló rendszer kidolgozása miatt váratott magára, függetlenül attól, hogy Frederick G. Donnan az I. világháborúban védelmi célokra – ködképzés, álcázás – nagyobb mennyiségben alkalmazta. [11]

Az „spray-dobozokat” 1862-ben tesztelték, azonban mivel acélból készültek és túl nagyméretűek voltak, így széleskörű alkalmazása nem valósult meg.

Az igazi áttörést Erik A. Rotheim (1898-1938) norvég vegyész által kidolgozott aeroszolos spray – tartály és szelep (2. ábra) – megvalósítása jelentette. (1929. Norvégia, 1931. USA) [12].

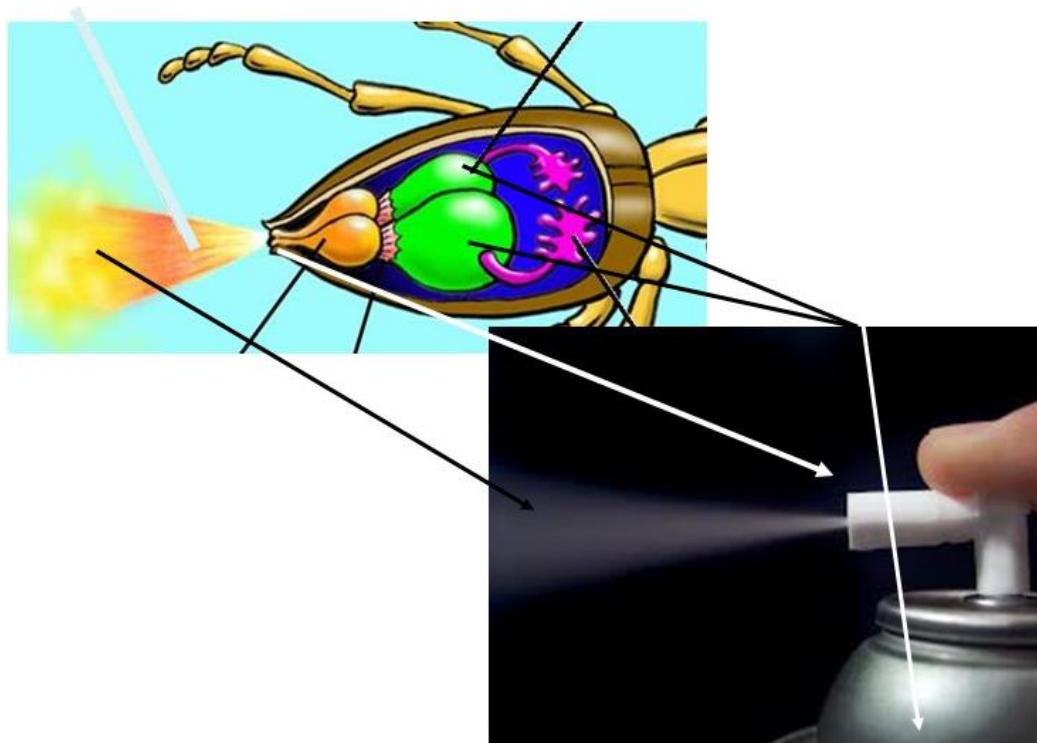


2. ábra Részletrajzok a szabadalomból. Forrás: [12].

Bár a kidolgozott szabadalom elsősorban festékek szórására készült, a II. világháború idején az USA támogatta a malária szúnyogok elleni védekezés fejlesztését. L. Goodhue és W Sullivan 1943-ban kifejlesztette a cseppfolyósított gázzal (fluorozott szénhidrogén – CFC) működő spray-t. 1965-ben megjelentek az aeroszolos spray-k kozmetikai változatai, [13] amelyek alapján vált közismertté, közkedvelté.

Védelmi szempontból – könnygáz, paprika spray-k – alkalmazására konkrét adat nincs, de ha belegondolunk, akkor a már említett II. világháborús fejlesztések megalapozták a rendvédelmi, majd egyéni védőeszközök kifejlesztését, felhasználását. Magyarországon 1976-ban rendszeresítették az első gázspray-eket (könnygáz) a rendvédelmi szervezeteknél [14].

Visszatérve a futrinkára, az analógiát a 3. ábra mutatja be. A futrinka védekezési mechanizmusát tanulmányozva amerikai és brit tudósok megállapították, hogy a rovar szervrendszere új típusú sugárhajtóművek kidolgozásához is adhat ötletet [15]. Modellezéssel, számítógépes szimulációval tanulmányozzák a futrinka „adagoló rendszerét”, hogy a hajtóművek teljesítményét fokozzák.



3. ábra: A „működési elv” és a gázspray összevetése
(a szerző összeállítása)

3. ÉRZÉKELNI A LÁTHATATLANT

Mindenki tapasztalhatta, hogy nyáron, a kora esti órákban a denevérek csapongva repkednek. Ezen – látszólag összevissza, csapongva – repülésnek a zsákmányszerzés, azaz a táplálék szerzés a célja.

A korábbi feltételezések alapján hanghullámok – ma már tudjuk ultrahang – alapján tájékozódnak. A XVIII.szdz. végén kezdték kutatni, megfigyelni a denevérek tájékozódását. Spallanzani olasz biológus 1795-ben fedezte fel, majd Donald Griffin kísérletekkel igazolta 1938-ban, hogy a kibocsájtott ultrahang visszaverődését a hallásukkal érzékelik. [16]

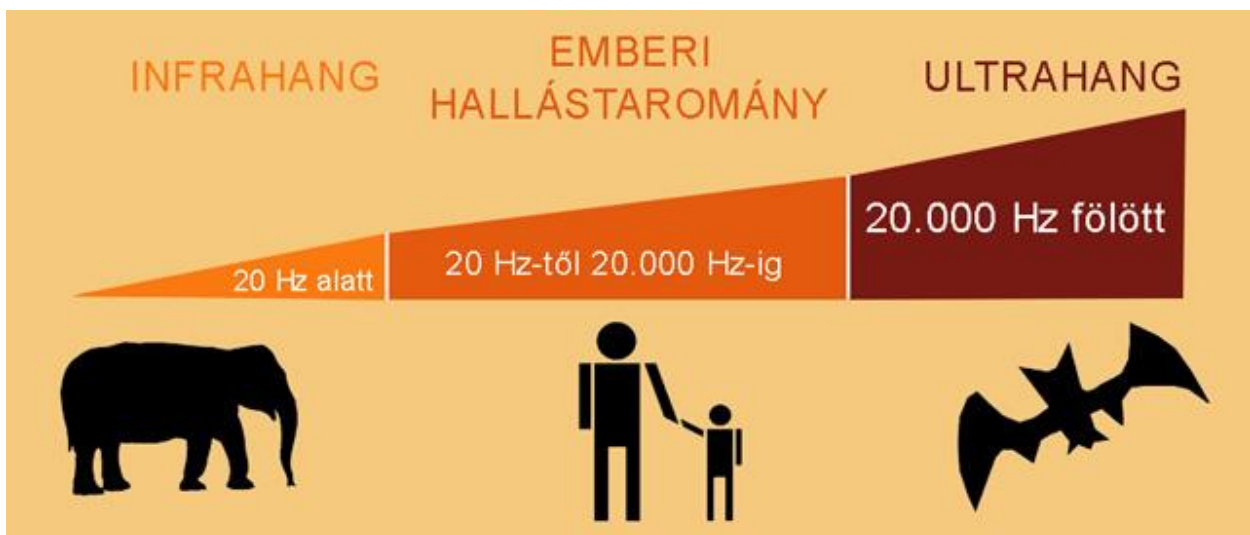
Az emlősökhöz – az emberhez is – hasonlóan a denevérek a gégefőben lévő hangszálakkal képzik a hangokat, az itt található izmok megfeszítésével. A képzett hangot egyes denevérfajok az orrukon, más fajok a szájukon keresztül bocsájtják ki. A kibocsájtott hangok visszaverődését



– amelyet a korábban is említett vizsgálatok is igazoltak – a fülükkel érzékelik. Ami azonban meglepő, hogy a denevérek ki tudják kapcsolni a hallásukat, ami lényegében érthető, hiszen nemcsak a visszaverődő visszhangokat érzékelnék, hanem a saját maguk által kibocsájtott hangokat is, ami lényegesebb erősebb, mint a visszaverődő hang.

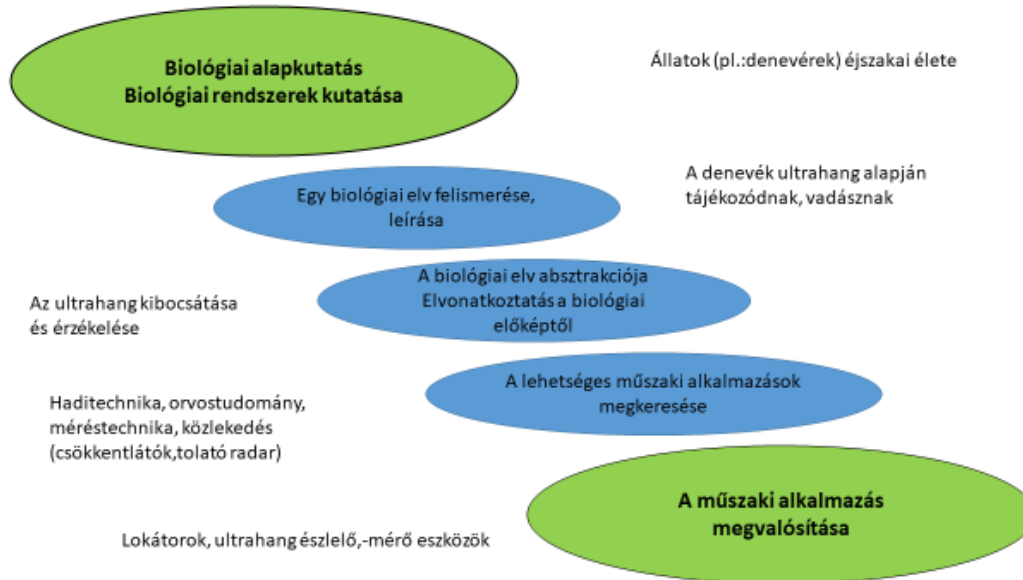
A hang egy rugalmas közeg mechanikai rezgése, amely hullámokban terjed. A periodikus jelenség jellemzésére a frekvencia kifejezést használjuk, amely lényegében az ismétlődés gyakoriságát – azaz az ismétlődés időegység alatt hányszor ismétlődik – jelenti, egysége a Hertz.

Az ember hallása a 20 Hz és 20 kHz közötti hanghullámokat érzékeli, a 20 Hz alatti tartományt infrahangnak, a 20 kHz feletti tartományt ultrahangnak nevezzük.



4. ábra: Az egyszerűsített hangtartományok Forrás:[17]

Visszatérve a denevérekhez, 1843-ban Cristian Doppler felfedezte, hogy a hullámforrások mozgása befolyásolja az érzékelt hullámok frekvenciáját. A Curie testvérek 1880-ban fedezték fel a piezoelektromos és a reciprok piezoelektromos effektust, az ultrahangok gerjesztésének és kimutatásának elvét, ezzel megteremtve az echotechnika alapjait. (2. táblázat). A technikai fejlődést a Titanic katasztrófája – 1912.április 14. – felgyorsította, az I. világháborúban francia tudósok Sonar néven olyan ultrahangos eszközt fejlesztettek ki, mely a felszínről is lehetővé tette a mélyből támadó német tengeralattjárók felismerését. [18,19].



5. ábra: A denevérek viselkedésének absztrakciója.

A jelenséget a szárazföldi védelmi technikában is alkalmazták, kidolgozták a lokátorokat, és telepítési rendszerét. A kezdetekben az ún. a passzív lokáció elvén működő eszközök kerültek alkalmazásra. Ezen berendezések a külvilág által kibocsátott hanghullámokat érzékelik, és az intenzitás alapján a bemérendő tárgyak irányát, illetve több eszköz alkalmazásával bemérhetővé vált a távolság, valamint pontos helyzete [20].

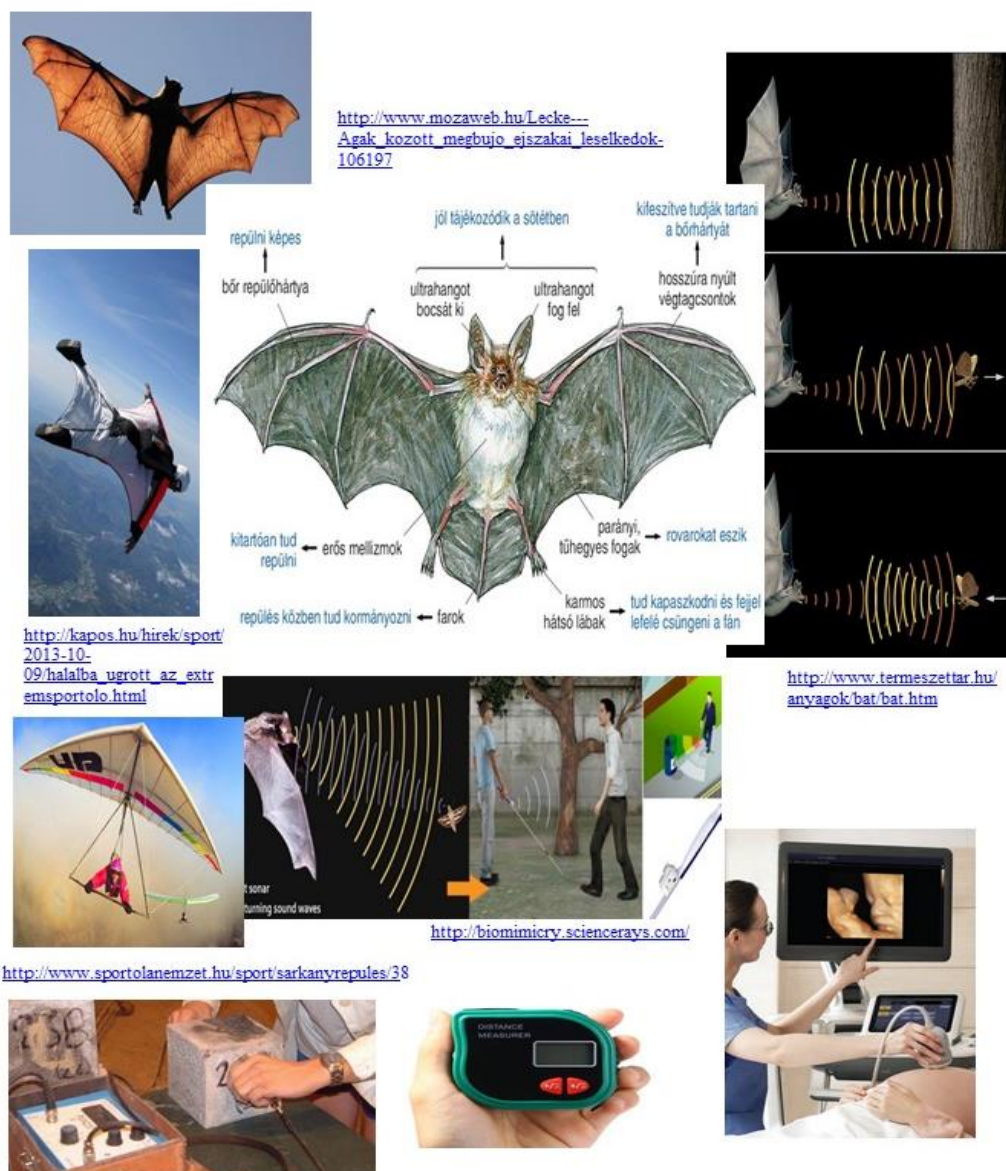


6. kép Betonlokátor Angliában, az I. világháború idején (a közeledő léghajók hangjának észlelésére). Forrás: [20].



A XX. századtól hatalmas fejlődésen mentek keresztül a lokátorok, megjelentek az ún. aktív lokátorok, és számos egyéb módszer alkalmazásával (pl. akusztikus, elektroakusztikus, optikai, stb.), amelyek már nemcsak az ultrahangot, de egyéb hanghullámokat is sikeresen használnak.

A denevérek tájékozódásának alapja, elemzése – az ultrahang terjedése, visszaverődése – nemcsak a védelmi technikákban játszik szerepet. Az orvostudomány, közlekedés, anyagvizsgálat, építéstudomány, stb. szintén felhasználja.

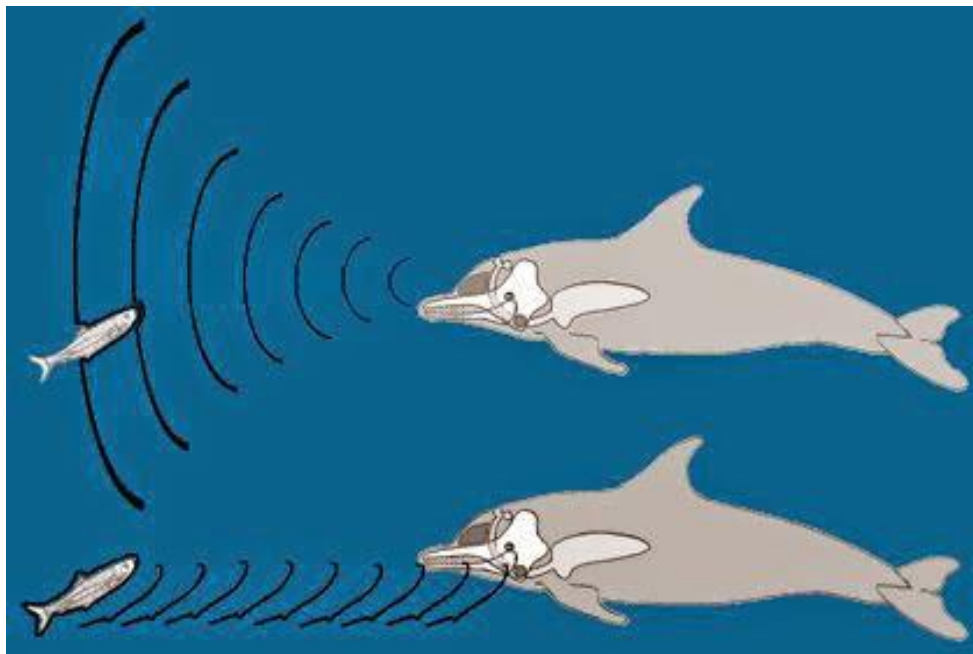


7. ábra A denevérek interdiszciplinaritása (a szerző összeállítása)



A kibocsátott hang és visszaverődésével kapcsolatos tájékozódás nemcsak a denevéreknél ismerhető fel. A természetben számtalan élőlény „alkalmazza” a hanghullámokat a tájékozódás, zsákmányszerzés érdekében.

A delfinek tájékozódása is a hangképzésen alapul, azonban jelentősen eltér a denevérek hangképzésétől, érzékelésétől. Mivel víz alatt élnek, hangszálaik sincsenek, így a tájékozódáshoz szükséges hangokat az orrjáratában található ún. majomszáj szervével képzik [21]. A hanghullámok a koponyacsonton és a bőrön keresztül közvetlenül vízbe jutnak. A rövid kattánásokat egy másik szerv – a dinnye – fókuszálja, és ezt a hangsugarat a delfin feje mozgásával képes irányítani. A víz a levegőnél sokkal jobban vezeti a hangot, így a delfin akár 70 méterről képes felismerni egy alig két centiméteres halat, ráadásul nemcsak környezetét tudja így felmérni, hanem anyagát is. A denevérekkel ellentétben a delfin a visszaverődő hangokat nem a fülével érzékeli, bár rendelkezik füllel. Az arcával, az alsó állkapcsával és a mellkasával fogja fel a hanghullámokat (5. ábra).



8. ábra A delfinek tájékozódása [22]



A hanghullámok a levegőben cca. 340 m/ s sebességgel terjednek, energiájukat gyorsan elvesztik, ezzel szemben a hanghullámok a vízben hozzávetőlegesen 1500 m/s sebességgel terjednek, a levegőben csillapítás 50 dB/km, a vízben 0,1 db/km alatti érték. A szonár – hanggal való navigáció és felderítés – víz alatti műveleteknél a legfontosabb érzékelő, felderítő, navigáló eszköz.

Összefoglalva, az ultrahang alkalmazása ma már széleskörű, szinte fel sem sorolható, és az újabb fejlesztések további alkalmazási lehetőségeket biztosítanak (pl.: otthon megfigyelése, stb). ugyanakkor érdemes megjegyezni, hogy az ultrahangos készülékek, fegyverek elleni védekezés is előtérbe került – bár a módszerek még nem publikusak – azonban a természetben is található megoldás.

4. HARKÁLYTÓL A FEKETE DOBOZIG

1.1. Harkály

Mindenki tudja, hogy a fakopáncsok – közismertebb nevükön harkályok – a fák kopogtatásával állapítják meg az élelmük elhelyezkedését.



7. kép A nagy fakopáncs hímje [23].



A kopogtatással meghatározzák a lehetőséget, majd a további ütögetéssel elérik céljukat, és a lárvát speciális alakú nyelvükkel kiemelik. A biológusok, tudósok megállapították, hogy egy-egy ütést cca.6-7 m/sec sebességgel hajtanak végre, és a megfigyelések szerint napi tíz-tizenkétezerszer, és ennek ellenére nem kapnak agyrázkódást, illetve egyéb agyi sérüléseket. [24]

Az előzőekben megadott „ütési” sebesség komoly terhelést jelent a fakopáncs agyának, amely terhelésnek – ha belegondolunk – az ember agya a tizedét sem viseli el.

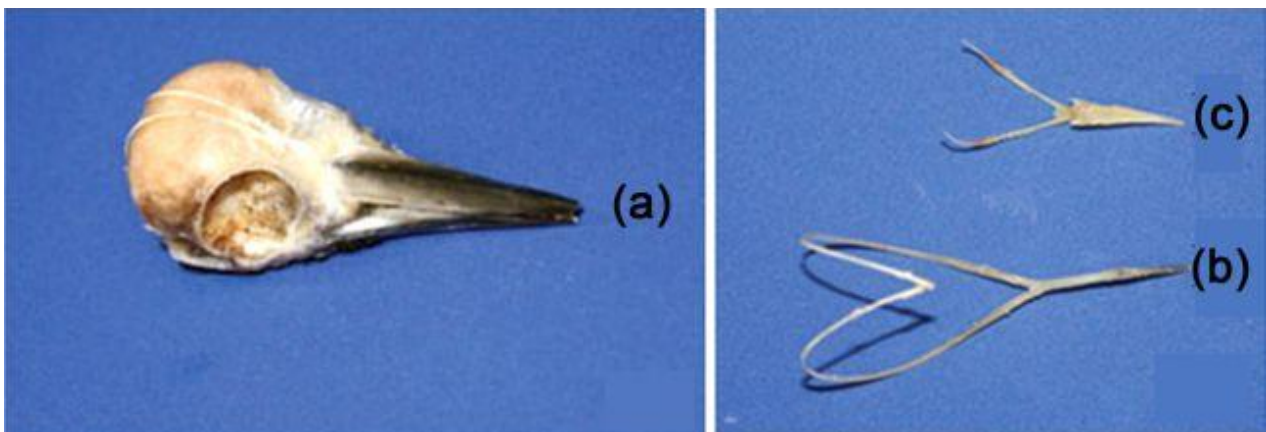
A hatásmechanizmus régóta foglalkoztatja a tudósokat, kutatókat, hogy megfejtve a „titkot”, minél hatékonyabb, ütésállóbb védőeszközöket tudjanak létrehozni. A vizsgálatokhoz igénybe vették a kor modern eszközeit, lassított videófelvevételek, számítógépes szimulációkat, valamint az anatómiai vizsgálatokat. Megállapították, hogy a „rejtély” megoldása a fakopáncsok koponyájának felépítésében rejlik, ugyanis a madaraktól eltérően a fakopáncsokat a csőrük végének eltérő hossza, szivacszerű koponyacsontjai, valamint nyelvcsontja védi meg.



9. ábra A fakopáncs feje. Forrás: [25]



A harkályok nyelvcsontja különleges kialakítású, jelentősen eltér a madarakétól. A csőr alatt kezdődő nyelvcsont a csőr tövéénél kettéágazik, a koponyát kívülről megkerülve a homlokon újból egyesül, így védve a fejet az ütésektől. A szivacsos csontok a koponyára ható erőket oszlatják szét, és az egyenlőtlen csőrkávák is csökkentik az agyra jutó káros hatásokat.



10. ábra: A nagy fakopáncs koponyája(a), és nyelvcsontja (b), búbos banka nyelvcsontja (c). Forrás: [24]

A természeti jelenség levezetése a technikai megoldások megvalósítása érdekében bionikai levezetést a 2. táblázat mutatja be.



2. táblázat: Bionikai levezetés

jelenség a harkály táplálékszerzés érdekében kopogtatja a fákat a kopogtatás során nem kap agyrázkodást
az ok felderítése A harkály koponyájának felépítése
technikai probléma felvetése Az ütközés során az anyagok sérülnek, tönkremennek
cél olyan eszközök kifejlesztése, amelyek - biológia értelemben: emberi életet ment (a fej védelme) - technikai értelemben: adatok mentése
megvalósítás: - fejjvédő eszközök (polgári és harci) kifejlesztése - fekete doboz

A fekete doboz, ami élénk, piros, illetve narancssárga

Története a II. világháború utáni időszakra vezethető vissza, függetlenül attól, hogy a franciák, britek is felvetették az adatrögzítés szükségességét a háború idején. Az ötlet lényegében a repülés történetével van összefüggésben, mivel szükségessé vált, hogy bármilyen meghibásodást, tragikus eseményt utólagosan elemezni lehessen, azaz szükségessé vált egy olyan eszköz, amely adatokat rögzít, és a rögzített adatok utólagosan elemezhetővé váljanak.

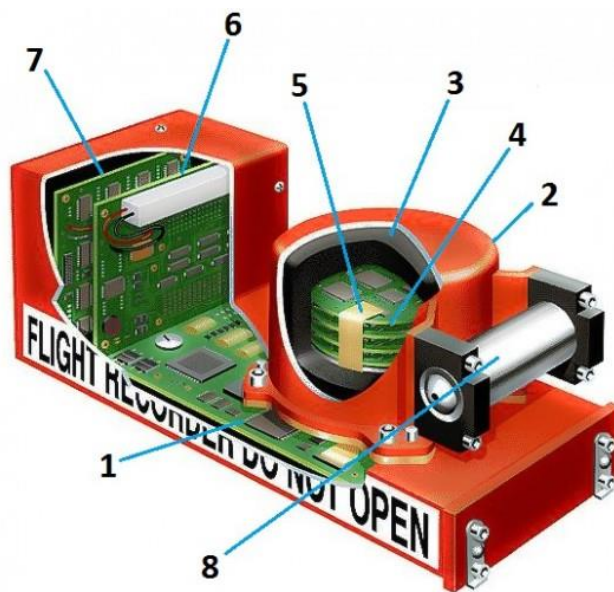
1957-ben dr. David Warren (1925-2010) ausztrál kémikus, üzemanyag specialista építette meg az első ilyen típusú készüléket. [26] Ezen ötlet további fejlesztésével jött létre a mai napig is használatos ún. fekete doboz.

A fejlesztések során alapvetően két típus került kialakításra:



- a CVR (Cockpit Voice Recorder), amely a beszélgetéseket rögzíti,
- az FDR (Flight Data Recorder), amely a műszaki adatokat rögzíti.

A CVR egység a kisebb (32 cm), és a pilótafülke közelében van elhelyezve, az FDR pedig a nagyobb (52 cm) és a repülőgép farkában kerül elhelyezésre, ez utóbbi főbb egységeit a 10. ábra mutatja be.



1. központi vezérlést végző alaplapp
2. memóriavédő tokozat
3. erős, hőszigetelt belső tokozat
4. memória egység
5. hangrögzítő chip-ek, párhuzamosan kötve
6. a fedélzettől független tápellátást biztosító hangdigitalizáló elektronika
7. adatátalakító interfész
8. víz alatti helyzetjelző adó ULB
(*Underwater Locator Beacon*),

10. ábra Az FDR felépítése. Forrás: [27]

A víz alatti helyzetjelző – ULB – cca. 6 km mélységben is képes működni, az ultrahang jelét (37,5 kHz) 3 kilométer távolságból is lehet fogni max. 30 napig.

A készülék borítása acél-titán ötvözetből készül, és a szerkezetnek számos extrém terhelést is el kell viselnie, így például 3.400 g gyorsulást, sav-, víz-, és hőállónak (1.000°C, 60 perc) kell lennie [27,28].

Bár a harkályok sérülésmentes „kopogtatása” absztrakcióval jut el a fekete dobozig, a jelenség gyakorlati megvalósításban – egyszerű analógia – számos megoldást ad, mint például a különböző fejtvedő eszközök esetében is, akár hadászati, akár sport, de a polgári életben – bukósisak formájában – fontos szerepet játszott, illetve játszik.



FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] https://hu.wikipedia.org/wiki/Antoni_Gaud%C3%AD
- [2] <https://www.publicdomainpictures.net/hu/view-image.php?image=226582&picture=bzos-borz>
- [3] <https://www.haziallat.hu/allati-trendi/olvasnivalo/a-termeszet-legerosebb-vedekezesi-mechanizmusa/3811/>
- [4] <https://www.haziallat.hu/kisemlos/kisemlos-fajok/vadaszgoreny-testfelepítése/4538/>
- [5] https://hu.wikipedia.org/wiki/Barna_varangy
- [6] <https://www.origo.hu/tudomany/20080214-a-fold-tiz-leghalalosalabb-allata.html>
- [7] <https://www.haziallat.hu/nagyemlos/egzotikus-fajok/a-tarajos-sul-ragcsalo/3799/>
- [8] <https://www.catawiki.hu/1/21392865-tarajos-sul-tuskek-hystrix-cristata-20-40-5>
- [9] <https://hirado.hu/2017/01/09/vegyszer-fegyvert-hasznal-a-pofogo-futrinka/>
- [10] <http://www.matud.iif.hu/2011/10/13.htm>
- [11] <https://hu.eferrit.com/az-aeroszol-spray-k-toertene/>
- [12] https://en.wikipedia.org/wiki/Erik_Rotheim
- [13] <https://femina.hu/szepseg/dezodor-tortene/>
- [14] <http://www.kaliberinfo.hu/cikkek/1976-az-elso-gaszpray-k-rendszerezese-a-magyar-rendorsegnel/>
- [15] https://24.hu/fn/gazdasag/2003/12/18/lemasolt_termeszet/
- [16] Lányi György: Élő technikai modellek, Táncsics Könyvkiadó, Budapest, 1979
- [17] https://regi.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop425/0005_26_mediumismeret_i_scom_03/33_hangtan__a_hallhat_vilg.scoml



- [18] <https://www.informed.hu/history/az-ultrahang-orvosi-alkalmazasanak-rovid-tortenete-20880.html>
- [19] <https://www.babanet.hu/ultrahang/tortenet/>
- [20] <https://hu.wikipedia.org/wiki/Lok%C3%A1tor>
- [21] <https://hu.wikipedia.org/wiki/Squalodon>
- [22] <http://emf-kryon.blogspot.com/2015/01/delfinek.html>
- [23] <https://www.orszagalbum.hu/kep.php?p=134377>
- [24] <https://www.origo.hu/tudomany/20111027-kulonleges-koonyaja-miatt-nem-kap-agyrazkodast-a-fakopancs.html>
- [25] <https://ng.24.hu/tudomany/2016/08/12/madarsisak/>
- [26] https://mult-kor.hu/20100721_elhunyt_a_fekete_doboz_feltalaloja
- [27] https://index.hu/tech/2013/11/21/a_fekete_doboz_valojaban_piros/
- [28] http://turizmusonline.hu/kozlekedes/cikk/tudjon_meg_mindent_a_fekete_dobozrol

Leczovics Péter

Óbudai Egyetem, Ybl Miklós Építéstudományi Kar, Építőmérnöki Intézet

czovics5099@gmail.com

Orcid: 0000-0003-1843-304