

A KŐSZÓRÓ AKNÁKTÓL AZ INTELLIGENS SZÁRAZFÖLDI AKNÁKIG

VII. RÉSZ

AZ INTELLIGENS AKNÁK 1.

A szárazföldi telepítésű aknákról szóló cikksorozat eddig megjelent hat részében az olvasók nyomon követhették ezeknek a ma már műszaki harcanyagok néven szereplő robbanószerkezeteknek a kialakulását, fejlődését. A befejező két rész a címben is szereplő „intelligens” aknákról nyújt rövid összefoglalást.

AZ ÚJ AKNATÍPUSOK LÉTREJÖTTÉNEK OKAI

Az aknák tömeges harctéri alkalmazására a II. világháborúban került először sor. Ennek „eredményéről” Mike Croll az alábbiakat írta könyvében: „A háború utáni kormányoknak óriási kihívások sorával kellett szembenéznük, úgymint az újjáépítés, a gazdasági és társadalmi felfordulás és a menekültmozgás kezelése, a katonaiállomány tömeges leszerelése és az élelmiszer-ellátás. Az élelmiszerhiány egyik oka a több mint 100 millió, a harcok során letelepített akna volt, mely a mezőgazdaságilag művelhető földterületek jelentős részén úgy Európa-szerte, mint Észak-Afrikában már több éve lapult a talajba temetve. A helyzetet súlyosbította, hogy a letelepítésük óta eltelt idő alatt a robbanótesteket benőtte a növényzet, az aknamezők jelentős része jelöletlen volt, és a harc hevében az – egyébként nemzetközileg is előírt – nyilvántartásuk sem készült el. A háború utáni kaotikus időszakban tehát a fent

jelölt feladatokkal egy időben kellett a területek aknamentesítését is elvégezni. 1948-ra aztán az aknák több mint 95 százalékát sikerült felderíteni és megsemmisíteni.” [1; 115.] A tiszteletre méltó teljesítményért azonban hatalmas árat kellett fizetni. Croll szerint minden 2000 akna hatástalanítása egy mentesítő életébe vagy súlyos sérülésébe került. Ezen felül Európában a háború utáni közvetlen időszakban az aknarobbanások polgári áldozatainak száma meghaladhatta az évi 60 000-et is! [1; 130.]

Az aknák II. világháborús harctéri hatékonyságáról a 4. részben számoltunk be. [2] Ennek folyományaként a háború befejezését követően tömeges aknafejlesztésbe kezdtek a világ számos hadseregében, ahogy erről az 5. részben írtunk. [3] Az aknákat pedig mint olcsó, de hatékony védelmi fegyvereket egyre kevésbé ellenőrzött körülmények között alkalmazták a Föld számos konfliktusövezetében, hogy aztán ez az ártatlan lakosság körében is tragédiák sorához vezessen. Egy 1998-as tanulmányban az alábbi adatokról

* Professor emeritus, a hadtudomány kandidátusa, ny. tanszékvezető egyetemi tanár. ORCID: 0000-0001-8569-5013

1. ÁBRA. A Volcano rendszer szárazföldi változata (Fotó: Greg Stevens / dvids)





2. ÁBRA. UH-60 Black Hawk helikopterre szerelt M-139 Volcano aknatelepítő rendszer. A fotó az amerikai 2. csapatrepülő-dandár 2012-es dél-koreai hadgyakorlatán készült (Fotó: U.S. Army)

olvashattunk: „A II. világháború befejezése óta egyes vélemények szerint az egymilliót is eléri az aknák robbanása következtében elpusztult emberek száma. Még ma is havonta több mint hatszázan sérülnek meg, vagy halnak meg aknák miatt. Az ENSZ szakértőinek becslése szerint több mint százmillió (egyes anyagokban 161 millióról is beszélnek) akna lapul a föld felszínén vagy az alatt, áldozatára várva. Ezek mintegy 75%-a gyalogság elleni akna, melyekből 300–500-féle van forgalomban világszerte (az eltérés az aknák csoportosítási elveinek különbözőségéből adódik). A fejlett technológia eme vívmányaitól döresség lenne azt várni, hogy idővel majd úgyis »megeszi őket az idő«. A műanyag testű, hermetikusan zárt szerkezetek, ha nem is örökéletűek, de ahogy Rae McGrath, a Mines Advisory Group (MAG – Akna Tanácsadó Csoport) angol humanitárius szervezet alapító igazgatója mondja, »még évtizedekkel a háborúk befejezése után is gyilkolnak«. Pusztításuk mértékét pedig talán Kenneth Anderson, egy New York-i emberi jogi csoport vezetője jellemezte a legjobban: az aknák lassan ható tömegpusztító fegyverek.” [4; 5.]

A világ államai a kialakult helyzet orvoslására nemzetközi szerződésekben próbálták szabályozni az aknák alkalmazását. Ebből az első az 1980-as, „A mértéktelen sérülést okozónak vagy megkülönböztetés nélkül hatónak tekintendő egyes hagyományos fegyverek alkalmazásának betiltásáról, illetőleg korlátozásáról” szóló genfi egyezmény (CCW)¹ volt, melynek akkor még nem volt döntő változásokat kikényszerítő hatása sem az aknafejlesztés, sem pedig az aknák harctéri alkalmazása terén. 1990 után a CCW egyez-

mény két felülvizsgálati konferenciáján (1995–1996 és 2001) viszont már olyan határozatok születtek, melyek alapjaiban írták át az aknaharc szabályait. A folyamat betetőzéseként 1997 decemberében az ottawai egyezményt aláíró államok elfogadták az automata működésű, hagyományos gyalogság elleni aknák használatának, felhalmozásának, gyártásának és átadásának tilalmát kinyilvánító és a birtokolt aknakészletek megsemmisítését előíró szerződést. Az aknák alkalmazását szabályozó nemzetközi egyezmények jelentős hatással voltak ezeknek a harcanyagoknak a további fejlesztésére. Olyan új műszaki harcanyagokra volt szükség, melyek nem tartoznak közvetlenül az egyezmények hatálya alá, és ehhez a korábbi, egyszerű működés helyett már az ipar nyújtotta legkorszerűbb megoldásokra volt szükség.²

A nemzetközi korlátozások azonban nem csupán az aknák alkalmazásának mennyiségi csökkentését ösztönözték, hanem jelentős technológiai innovációs hullámot is elindítottak. A fejlesztők olyan rendszerek létrehozására törekedtek, amelyek képesek voltak megfelelni a hadművelti követelményeknek, ugyanakkor csökkentették a hosszú távú harctéri veszélyeket. Ennek eredményeként jelentek meg az önmegsemmisítő vagy önsemllegesítő mechanizmusokkal ellátott aknák, valamint azok a többbázisú működési elven alapuló eszközök, amelyek a célpont felismerését és az indítás időzítését elektronikus vezérléssel hajtják végre. Az ilyen rendszerek fejlesztése egyúttal jól tükrözi a haditechnika fejlődésének egyik általános tendenciáját, a hagyományos mechanikus gyújtószerkezetek

¹ Convention on Certain Conventional Weapons.

² A jelölt egyezményekről és azok hatásáról bővebben lásd [5][6].



3 ÁBRA. Az amerikai szárazföldi haderő 1. gyaloghadosztályának 1. páncélozott dandárharccsoportjába tartozó 1. műszaki zászlóalj bemutatót tart a lengyel hadsereg katonáinak az M-139 Vulcan aknatelepítő rendszer használatáról (Karliki támaszpont, 2019. jún. 27.) (Fotó: Kris Wright)

fokozatos kiváltását mikroelektronikai és szenzortechnológiai megoldásokkal. Ez a folyamat nemcsak a működés megbízhatóságát növelte, hanem lehetővé tette a harctéri alkalmazás rugalmasabb szabályozását is.

MEGJELENNEK A TÁVAKNÁSÍTÓ RENDSZEREK

Az 1970-es években forradalmi változások történtek – elsősorban a nyugati haderőknél – az aknatelepítés terén. Ez hosszú időn keresztül kézzel történt, de a harcselekmények dinamikájának állandó növekedése kényszerítő erőként hatott a fejlesztőkre: a tömeges aknatelepítés időszükségletének csökkentésére új módszereket, eszközöket kellett alkotniuk. Ennek eredményeként jelentek meg először a műszaki aknatelepítő gépek (lásd pl. a Czapke Béla által is említett, a cikksorozat 5. részében bemutatott szovjet PMR-3), majd a még nagyobb hatékonyságú műszaki aknaszóró/aknatelepítő rendszerek.³

A műszaki aknatelepítő rendszereket elsősorban közvetlenül a saját csapatok állásai előtt létrehozandó szórt aknamezők létesítésére tervezték. További feladataik lehetnek a szárnyak és az előre telepített aknamezők közötti hézagok vagy az aknamezőkön hagyott átjárók gyors lezárása. Szükség esetén alkalmasak voltak az előkészített aknamezők mélységének vagy az aknasűrűségének növelésére is.

Az aknatelepítésre az újabb harcászati elképzelések szerint viszont már nem csak a haderő által birtokolt területen kerülhetett sor, az aknaharcot ugyanis már jóval korábban, a támadó ellenség területén meg kellett kezdeni. Erre a célra fejlesztették ki a tűzérési és a légi aknatelepítő rendszereket.

A tűzérési aknatelepítő rendszerek a hadművelet (harc) során voltak képesek rövid időn belül aknamezőket tele-

píteni és rejtve fokozni azok sűrűségét az újonnan feltűnt ellenség tevékenységének irányában, akár az állásaiktól több tíz kilométer távolságban. Az aknásítás objektumai a támadók megindulási körletei, szétbontakozási és rohamterepszakaszai, a vezetési pontok, az útcsomópontok, az átkelőhelyek és a légideszantok be- és kirakási körletei stb. lehetnek. Széles körű, tömeges felhasználásukat akadályozta a speciális löszerek – már a megjelenésük idején, az 1970-es években is – magas ára (40–60 ezer dollár/löszér), ami a kilévéskor fellépő hatalmas erők elleni védelem létrehozása miatt jelentett nagy költséget. Ilyen szélsőséges mechanikai igénybevételnél pl. a nélkülözhetetlen elektronikai egységek hagyományos forrasztásai „elengedtek”, ezért különleges és drága csatlakozókat kellett alkalmazni.

A légi aknatelepítő rendszerek már az ellenség teljes hadművelleti mélységében voltak képesek aknazárakat telepíteni a mozgó célok megbénítására. Az aknásítás várható objektumai között szerepeltek a csapatok összpontosítási és megindulási körletei, az előrevonási útvonalak, a tábori és légvédelmi tűzérési eszközök tüzelőállásai, a vezetési pontok, a repülőterek, valamint a hadtáp és más háterszági objektumok. Előnyük a nagy pontosság és a jelentős (több száz km-es) hatótávolság. Az aknamezőket könnyen lehetett telepíteni a szükséges mélységben, igényelt sűrűségben és bármilyen geometriai formában.

A légi aknatelepítő rendszerek fejlesztésének új irányát jelentette az olyan irányítható aknakonténerek kidolgozása, melyeket a tervezett aknatelepítés körzetétől nagy távolságra (több tíz km-re) lehetett a repülőgépről indítani (kidobni) és a célterület fölé vezérelni. Ezáltal egy viszonylag olcsóbb eszköz segítségével kivonhatták a (lényegesen drágább) repülőgépet a légvédelmi tűzeszközök közvetlen hatása alól (ami egyébként a légi aknatelepítő rendszerek legnagyobb problémája volt). Ilyen eszköz volt például az AGM-130, melyet az amerikai GBU-15 moduláris siklóbomba meghajtott változatoként készítettek el.

„1975-től állították rendszerbe az USA-ban a FASCAM⁴ távaknásítási rendszert, mely tulajdonképpen egy több elemből álló aknacsatlád. Ez a távaknásító rendszer már a földi-légi hadművelet-konceptió fegyverrendszerének részét képezte. Az aknákkal képesek voltak folyamatosan akadályozni az ellenség előrevonását, valamint pusztítani a technikai eszközöket és az élőerőt már a peremvonal-tól nagy távolságban a felvonulási utakon, majd közeledve a védelmi vonalig folyamatosan további csapásokat mérhettek rá a rendszer alábbi elemeivel (a megadott távolságok a peremvonalhoz viszonyítottak):

³ Lásd [3].

⁴ Family of Scatterable Mines: szórással telepíthető aknacsatlád.

- »GATOR«⁵ légi aknatelepítő rendszer: 25–250 km távolságig;
- légi »VOLCANO«⁶ helikopteres távaknásító rendszer: az előrevonási utakon, a tereptől és az ellenséges légvédelemtől függően 10–50 km;
- »ADAM«⁷ és »RAAM«⁸ tüzérségi távaknásító rendszerek: 18–24 km;
- földi »VOLCANO«, »GEMSS«⁹ aknaszóró berendezések a peremvonal előtt (harckocsi elleni aknák a peremvonalban lévő közvetlen irányzású páncéltörő tüzesszökök $\frac{1}{2}$ – 1 hatásos tűz-, vagy irányíthatósági távolságán belül, gyalogság elleni aknák a lövészfegyverek hatásos lőtávolságán belül);
- »MOPMS«¹⁰ aknaszóró konténerek a lövészárokból távirányítva, közvetlenül a rohamozó gyalogságra »lőve« az aknákat.¹¹ [7. 35–36.]

A távaknásítási rendszerek megjelenése alapvetően módosította a műszaki zárok alkalmazásának harcászati koncepcióját. Míg a hagyományos aknamezők elsősorban statikus védelemben, előre tervezett védelmi vonalak megerősítésére szolgáltak, addig a szórással telepített aknák lehetővé tették a dinamikus akadályrendszerek létrehozását.

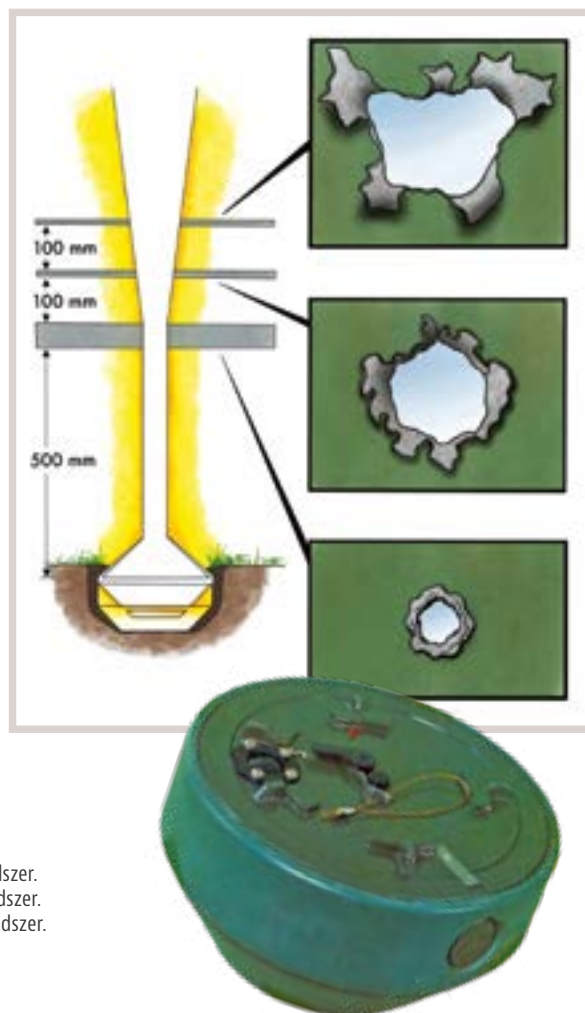
Ennek következtében az aknamezők már nem kizárólag védelmi jellegű műszaki zárként jelentek meg, hanem a manőverharc eszközeivé váltak. A távaknásító rendszerek alkalmazásával rövid idő alatt létrehozhatók voltak olyan ideiglenes akadályzónák, amelyek képesek voltak lassítani az ellenséges páncélos erők előrenyomulását, csatornázni azok mozgását vagy akár megakadályozni a hadműveleti tartályok időbeni bevetését. Ezek a képességek különösen a hidegháború utolsó évtizedeiben váltak fontossá, amikor a NATO és a Varsói Szerződés hadműveleti tervei egyaránt meghatározó szerepet kaptak a gyorsan telepíthető műszaki zárok. Ezt követően a világ számos országában fejlesztettek hasonló távaknásító eszközöket.

A távaknásító rendszerekben alkalmazott aknák azonban már nem működhetek a megszokott módon. A korábbi háborúk tapasztalatai is megmutatták, hogy a nem megfelelően »okmányolt«, vagyis térképi adatok alapján nem hitelesen rögzített aknamezők a saját csapatok számára is veszélyt jelentenek. Ezen kívül az utóbbiak védelmére telepített aknazárok egy ellentámadás során már annak dinamikáját is lassították, hiszen először ezeken kellett biztosítani az alegységek átjutását. A modern harcban a korábban megszokott időrend, mely szerint a támadás előtt két nappal a saját, a támadás előtt pedig az ellenséges aknamezőkön kell éjszaka átjárót nyitni, tarthatatlanná vált. A szórással létrehozott aknazáraknál ráadásul (legyen az légi vagy tüzérségi rendszerű) valójában nincsenek pontosan meghatározható határai az aknamezőnek. Egyetlen megoldás kínálkozott: az új aknáknak az alkal-

mazásuk előtt beállított idő leteltét követően meg kellett semmisíteniük magukat (felrobbannak) vagy önsemlégitő berendezéssel hatástalanná kellett válniuk (kikapcsolt a működtető mechanizmus). Ez az idő általában 3, 6, 12, 24 óra volt, de lehetett akár két vagy több nap is. Ennek hiányában olyan tragikus események is bekövetkezhetnek, mint például a szovjet–afgán háborúban történtek, amikor a helikopteres aknatelepítéssel kiszórt, ilyen időzítő berendezéssel nem rendelkező PFM gyalogság elleni aknamezőre¹¹ az információáramlás hibája miatt néhány órával később egy saját légideszant alegységet »tettek ki«, több mint 30 katoná halálát vagy súlyos sérülését okozva ezzel.

Megszülettek tehát az első »intelligens« aknák. Az »intelligens« jelző ebben az összefüggésben nem valódi autonóm döntéshozatalt jelent, hanem olyan technikai megoldásokat, amelyek a hagyományos aknához képest összetettebb érzékelő- és vezérlőrendszerekkel rendelkeznek. Ezek az eszközök többféle szenzor – például mágneses, akusztikus, infravörös vagy rezgésérzékelő – adatait képesek feldolgozni és a kapott jelek alapján meghatározni a robbanás optimális időpontját.

Az ilyen rendszerek egyik legfontosabb jellemzője a célfelismerési képesség növelése, amely lehetővé teszi, hogy az akna csak a meghatározott típusú célpontokra reagáljon. Ezzel nemcsak a harcászati hatékonyság növelhető, hanem csökkenthető a nem kívánt működés – például kisebb járművek vagy állatok által kiváltott detonáció – kockázata is.



4. ÁBRA. A svéd FFV-028 harcjármű elleni akna és hatása [10; 29. és 31. (23. és 26. számú ábrák)]

⁵ GATOR: aligátor.

⁶ VOLCANO: vulkán.

⁷ Area Denial Artillery Munition: területvédő tüzérségi lőszer.

⁸ Remote Anti-Armor Mine System: nagy hatótávú páncéltörő aknarendszer.

⁹ Ground Emplaced Mine Scattering System: földi telepítésű aknaszóró rendszer.

¹⁰ Modular Pack Mine System: hordozható konténerekben elhelyezett aknarendszer.

¹¹ Bővebben lásd [12].

A továbbiakban néhány ilyen korszerű, hagyományos módon telepített és távaknásításra kifejlesztett aknát mutatunk be.

FÖLDI TELEPÍTÉSŰ, KORSZERŰ ELEKTRONIKUS GYÚJTÓVAL ELLÁTOTT HARCJÁRMŰ ELLENI AKNÁK

A Haditechnika folyóirat 1997/1. számában, *A Dynamit Nobel Graz új műszaki harcanyagai* című cikkben teljes részletességgel olvashattak az érdeklődők egy korszerű, sok tekintetben egyedülálló konstrukciójú harcjármű elleni aknáról, amelyet az osztrák hadseregben PzMi 88 néven rendszeresítettek.¹² A harckocsiakra az intelligens aknák generációjához tartozott, a hatástalanításukra alkalmazott, harcjárművekre szerelt görgős aknataposó hengerek sem működtek el az akna gyújtószerkezetét. A szintén rendszeresített 90.M aknatelepítő utánfutóval föld alá és a föld felszínére, míg kézzel csak a föld felszínére volt telepíthető. A hermetikusan zárt, ütésbiztos, zöld műanyagból készült aknatestben lévő kumulatív robbanótöltetet a támadó harcjárművek teljes szélességében működő elektronikus gyújtószerkezet indította. A 6 kg tömegű akna 1,8 kg hexogén töltetével 100 mm páncél átütésére volt képes. A gépi telepítést biztosítandó, az akna élesedési ideje a kibiztosítást követően 10 perc, az akna működőképessége pedig 30 nap volt. Ezt követően önsemllegesítés következett be, melyet a talaj felszíne fölé emelkedő jelzőrúd tett egyértelművé.

Az aknát működtető szenzorok és feladatuk:

- geofon (hang- és rezgésérzékelő): riasztja az elektronikai rendszert a talaj rezgésének észlelésekor;
- főszenzor, egy mágneses érzékelő: felismeri a járműveket és sebességüket;
- nyomásérzékelő: érzékeli a közvetlen járműterhet;
- felszedés elleni biztosító egység: érzékeli az akna helyzetváltozását (15°) és elmozdulását; megakadályozza az akna illetéktelen felszedését és indítja a gyújtást.

A szenzorok által adott jeleket az elektronikus egység értékelte. Ha a jelszint meghaladta a küszöbértéket, a mikroprocesszor kiszámította a gyújtás időpontját (kb. a járműtest közepe) és indította a gyújtást. Alacsony jelszint esetén 15 másodperc elteltével az érzékelőket – a geofon kivételével – a processzor újból készenléti állapotba kapcsolta.

Az akna különlegességét a hozzá kifejlesztett DEAK 2000¹³ aknakutató műszer jelentette, mely a letelepített PzMi 88 harckocsiakna felkutatására és elektronikus egysége gyújtóáramkörének ideiglenes blokkolására szolgált, így az akna veszélytelenül bizto-

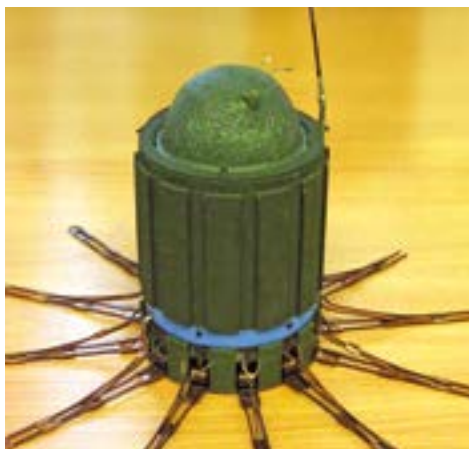
sítható és felszedhető volt. A műszer az élesített harckocsiaknát kb. 1,5 m távolságról ismerte fel és jelezte. Ki- és bekapcsolását az élesített harckocsiaknától mért 10 m-nél nagyobb távolságra kellett végrehajtani. [8]

Sajnálatos módon az akna – amelyet a Bundeswehrnek is felajánlottak – egy éles telepítési próba során felrobbant, így a német rendszeresítésre nem került sor. Megrendelés hiányában aztán maga az üzem is csődbe ment a leányvállalatával (Dynamit Nobel Wien) együtt, és a 156 dolgozóját elbocsájtva 2002-ben bezárt. A vállalatot az amerikai Austin Powder ipari robbanóanyag-gyártó cég vásárolta fel 2003-ban. A haditechnikai gyártóberendezéseket külföldön eladták. [9; 23.]¹⁴

A következő, a nyugati haderőkben a mai napig az egyik legelterjedtebb aknatípus a svéd Bofors cég által gyártott FFV-028. Az aknát bemutatták a hazai C+D '95 kiállításon,¹⁵ most az erről írt cikkből idézünk.

„Az FFV-028 harckocsi elleni akna átmérője 250 mm, magassága 120 mm, teljes tömege 8,0 kg, melyből a kumulatív töltet (hexogén-trotil keverék) tömege 4,0 kg. Az akna élesítési ideje max. 60 perc, a külső hőmérséklet függvényében (gyárilag beállított érték). Az élesített akna működési élettartama max. 180 nap (szintén gyárilag szabályozva). Az FFV-028 SD változat önmegsemmisítő berendezéssel (self destruct) és felszedés elleni biztosítással rendelkezik, az FFV-028 RU változatnál továbbá a kikapcsolt akna az alaphelyzetbe visszaállítható (reusable). Az aknatest műanyagból készült. Az akna érintkezés nélküli gyújtója a mágneses térerő változására működik, egy érzékelő- és egy robbantóegységből, a biztosítószerkezetből, valamint az elektromos áramforrásból áll. Az érzékelő- és robbantóegység, valamint a biztosítószerkezet egyik fokozata elektronikus, integrált áramkörökből áll, a biztosítószerkezet másik fokozata mechanikus (óráműves). A cél közeledésekor az érzékelőegység által felfogott jeleket egy blokk a betáplált programmal automatikusan összehasonlítja. Az akna csak akkor működik, ha a harckocsi az akna fölé, illetve a közvetlen közelébe kerül. Ekkor a kivehető töltet kidobja a kumulatív üregben elhelyezkedő gyújtó-

szerkezetet és eltávolítja a fölötté lévő álcázó talajréteget, majd kis késleltetéssel robban a kumulatív töltet. Az akna a harckocsi teljes szélességében működik. Az akna többrétegű páncél átütésére is képes. A 4. ábra azt szemlélteti, mikor az 500 mm-es távolságban lévő, 50 mm vastag páncéllemezen a kumulatív sugár kb. 65 mm átmérőben, az e felett 100 mm-re elhelyezett 10 mm vastag acéllemezen 80 mm átmérőben, míg az ettől még 100 mm-re lévő újabb 10 mm-es acéllemezen 140 mm átmérőben hatolt keresztül.”



5. ÁBRA. Nyugatnémet AT-2 Meduza harcjármű elleni akna [14]

¹² A szakirodalomban ATM-2000-E (Antitank mine-2000-Electronic) néven is találkozunk vele.

¹³ Az ATM-2000-E akna deaktiválását (DEAK) segítő eszköz.

¹⁴ Ennek a későbbiekben említésre kerülő magyar HAK-1M akna szempontjából is végzetes következménye volt, mert a tervek szerint ez az osztrák cég végezte volna el az aknatestek robbanóanyaggal való töltését.

¹⁵ Central European Defence Equipment and Aviation Exhibition: Közép-Európai Védelmi Felszerelés és Repülési Szakkiállítás.

„Az akna telepíthető kézzel vagy az FFV 5821 aknarakó utánfutó segítségével. Az egytengelyes, gumikerekes utánfutó vontatása min. 5 t teherbírású terepjáró tehergépkocsival történik, melyen 400 db harckocsiaknát szállítanak egy feltöltésként. Az aknák telepítése lehetséges a talaj felszínére vagy 15–20 cm mélyen a talaj felszíné alá, barázdába. Az aknák telepítési távolságát 1 m és 9,9 m között lehet beállítani. [...] A telepítést max. 7 km/óra sebességgel lehet végezni, mely kb. 800 akna letelepítését teszi lehetővé egy óra alatt.” [10; 28–31.]

Az aknával kapcsolatban érdekesség, hogy azt Svédországban Stridsvagnsmina 6 néven rendszeresítették 1982-ben. 1985-ben Hollandia SKr200 index alatt vette át, a Bundeswehr pedig 1988 és 1992 között összesen 125 000 darab FFV-028 SN-t¹⁶ szerzett be, amelyeket DM31 néven rendszeresítettek, és amelyeket részben a Dynamit Nobel gyártott Németországban. Egyes források szerint a németek az aknájukat az eredetihez képest bizonyos paramétereiben áttervezték. Az aknához 282 darab Verlegesystem 85 aknatelepitőt (FFV 5821) is vásároltak.

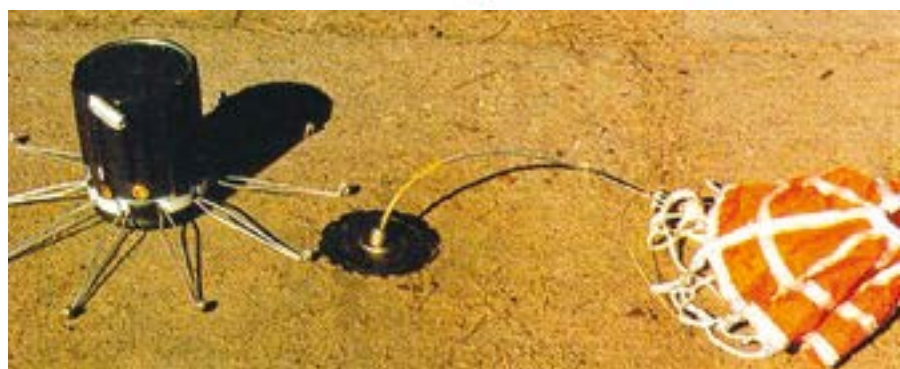
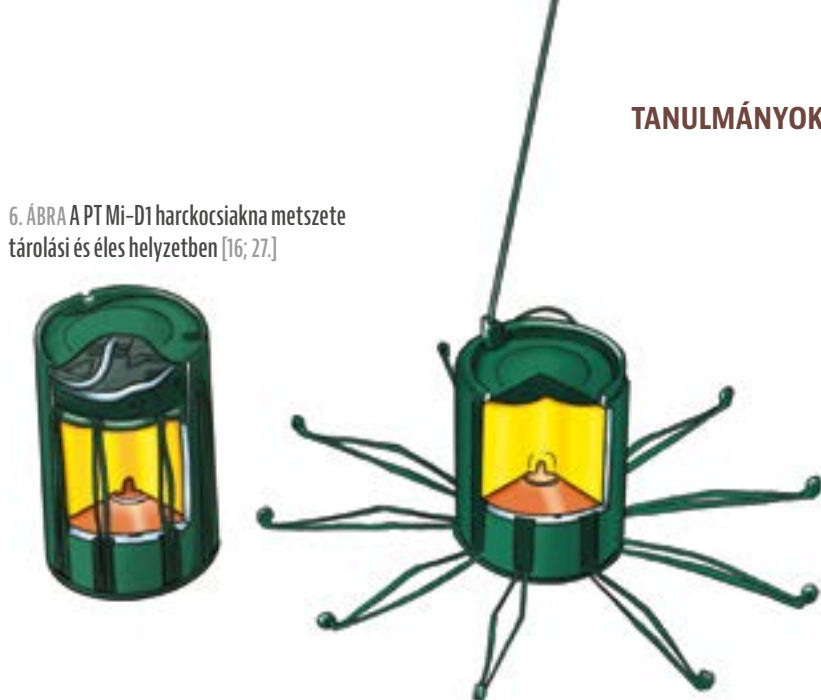
A TÁVTELEPÍTÉSŰ AKNÁK MEGJELENÉSE

Kender Antal és Mikó Lajos 1983-ban megjelent könyvében az alábbiakat írták a távtelepítésű aknák nyugat-európai megjelenéséről: „Nyugatnémet elgondolások szerint – a korszerű katonai követelményekből kiindulva – az ellenség aránylag nagy területen szétbontakoztatott páncélos csapatait 15 km vagy ennél nagyobb távolságból meg kell támadni, szét kell szórni, meg kell semmisíteni.” [13; 100.] Ehhez a Bundeswehr a sorozatvetők fejlesztését tartotta legcélszerűbbnek. 1971-re 201 db 110 mm-es LARS sorozatvetőt gyártattak, melyek 3000–15 000 méter távolságig voltak képesek – többek között – az új, távaknásításra kifejlesztett PANDORA és MEDUZA harckocsiaknákat kijuttatni a harctérre. Ezzel egyidejűleg elkezdték a 2–3-szoros lőtávolságú MARS közepes sorozatvetők fejlesztését is. A két akna közül az AT-2 típusjelű MEDUZA (5. ábra) vált elterjedté annyira, hogy – mint erről az alábbiakban szólnunk – mintájául szolgált később a kelet-európai műszakiharcanyag-fejlesztőknek is.

„Az AT-2 fémtestű akna átmérője 100, magassága 130 mm. Összes tömege 2000 g, ebből a kumulatív robbanótöltet – flegmatizált hexogén – 700 g-ot tesz ki. Kétféle gyújtója érintkezés nélküli mágneses hatásra, valamint elektromos érintkezésre működik. Ez utóbbinál a földet éréskor egy antenyszerű nyúlvány automatikusan kinyúlik, amely a jármű valamely részével érintkezve felrobbantja az aknát. Az aknának – a kis méretű kumulatív hatása szempontjából – legkedvezőbb elhelyezkedését a fékező-erőnyő, valamint a szétnyíló rugós lábak biztosítják.” [13; 121.]

A tartós harctéri veszélyek enyhítése érdekében az AT-2 akna programozható önmegsemmisítő időzítővel rendelkezett. Ennek aktiválása egy elektronikus gyújtószerkezet segítségével történt, amely – a küldetés időtartamához igazodva – hat választható késleltetési opcióval rendelkezett 6 és 96 óra között. A mechanizmus a gyakorlatban történt értékelések során 99%-os megbízhatóságot

6. ÁBRA A PT Mi-D1 harckocsiakna metszete tárolási és éles helyzetben [16; 27.]



mutatott, amelyet az akkumulátor lemerülése egészített ki (mint biztonsági intézkedés) a fel nem robbant lőszer semlegesítésére. Ez a funkció megfelelt a szórásal telepített lőszerre vonatkozó nemzetközi műszaki szabványoknak, és a műveleti időtartam után az aknát hatástalanná téve csökkentette a civil lakosság és a baráti fegyveres erők hosszú távú kockázatait.

A Haditechnika orosz-ukrán háborúval foglalkozó különszámában írtunk arról, hogy a Szovjetunióban hosszú ideig nem foglalkoztak a távaknásítással. [15; 63–64.] Ezzel szemben a Varsói Szerződés megszűnése után a cseh fegyveres erőknél kifejlesztettek egy saját aknaszóró berendezést, mely 500–3000 m között volt képes aknákat kijuttatni a harcmezőre. Két aknatípust fejlesztettek hozzá: egy gyalogság és egy – az AT-2 aknához hasonló – harcjármű ellenit. „Az aknák henger alakúak, korszerű elektronikus gyújtóval, továbbá 3, 12 vagy 48 órás, beállítható önmegsemmisítővel rendelkeznek. A talajra történő érzézésük után automatikusan élesítődnek. [...] A PT Mi-D1 harckocsiakna (6. ábra) 116 mm átmérőjű, tömege 2,75 kg. A kilövést követően ejtőernyővel ereszkedik le a talaj felszínére, ahol a kitámasztó elemei segítségével harchelyzetbe állítja magát és élesedik. Az akna elektronikus, érintkezés nélküli gyújtóval és elmozdítás elleni biztosítással rendelkezik. Töltete 0,76 kg TNT. Az akna hatásosságát bizonyítja, hogy képes 130 mm-es egyrétegű páncél átütésére (900 MPa). 70 mm vastag páncéllemez átütésekor a behatolási átmérő 30 mm volt.” [16; 26–27.]

7. ÁBRA. Lengyel MN-121 harckocsiakna [10; 37. (33. ábra)]

¹⁶ Self-neutralising: az akna önsemlegesítő változata.

1. TÁBLÁZAT. Korszerű, harcjármű elleni akna főbb műszaki jellemzőinek összehasonlítása

Akna típus	Származási ország	Telepítés módja	Tömeg [kg]	Robbanó-töltet	Gyújtó/szenzor rendszer	Páncélatütés [mm]	Önálló hatástalanítás
PzMi 88	Ausztria	kézi vagy gépi telepítés	6	1,8 kg hexogén	geofon, mágneses szenzor, nyomásérzékelő	kb. 100	önsemlegesítés (30 nap után)
FFV 028 / DM31	Svédország / Németország	kézi vagy aknarakó jármű	8	4 kg kumulatív töltet	mágneses érzékelő	többrétegű páncél ellen hatásos	önmegsemmisítő rendszer
AT-2 (Meduza)	Németország	tűzérési távtelepítés	2	700 g hexogén	mágneses és érintkezési gyújtó	harckocsi haspáncél ellen	programozható (6–96 óra)
PTMi-D1	Csehország	távaknásítás (ejtőernyővel)	2,75	0,76 kg TNT	mágneses érzékelő	kb. 130	önmegsemmisítő rendszer
MN-121	Lengyelország	tűzérési vagy szórásos telepítés	2,8	kumulatív töltet	mágneses indukciós gyújtó	kb. 60	önmegsemmisítő mechanizmus
PTMi-D1M	Csehország	szórással telepített	kb. 2–3	kumulatív töltet	mágneses + infravörös szenzor	kb. 110	programozható (3–48 óra)

Lengyelország sem maradt le ezen a téren. A C+D '95 kiállításon közreadott kiadványukban mutatták be az új, MN-121 elektronikus gyújtójú, szórással telepíthető harckocsi-aknát. (7. ábra) „Az MN-121 akna átmérője 116 mm, tömege 2,8 kg. A közölt adatok szerint a második generációs, mágneses indukció alapján működő akna 60 mm vastag páncél átütésére képesek 50 cm távolságról. Az MN-121 akna tűzérési eszközzel való kilövésével is eljuttatható a célterületre.” [10; 36–37.]

Csehországban a PT Mi-D1 harckocsiaknát fejlesztették tovább 1998-ban. Korszerűsítették az akna elektronikai blokkját és aktiválási rendszerét. „Az eredeti összeköttetést az elektromágneses gyújtókészülékkel, mely egy kis antennával volt megoldva, lecserélték egy vezérlőegységre, amely egy mágnessésgmérő érzékelőből (szenzorból) és egy infravörös vezérlésű hálózati kapcsoló-egységből áll.” A PT Mi-D1M akna (8. ábra) a konténerből való kivetés után fékező-ejtőernyővel ért a talajra. Az élesítést követően az akna három lehetséges módon működhetett:

1. A harckocsi elmegy az akna felett, és annak fenékrésze, amikor a mágnessésgmérő érzékelő (szenzor) és az infravörös érzékelő áramkörei zárnak, jelet küld az akna működésbe hozására (robbantására).

2. A harckocsi lánctalpa pontosan rámegy az aknára, amely azonnal működésbe lép az áramkört záró kábel (vezeték) alkalmazásával, mely utóbbi az akna külső kerülete mentén helyezkedik el.

3. Abban az esetben, ha az akna nem lép működésbe (nem robban fel) a harckocsi (vagy más harcjármű) behatása következtében, megsemmisíti önmagát az előre beállított időben.

Az akna romboló hatása: képes átütni a 110 mm vastagságú homogén páncélt merőleges behatás esetén 300–500 mm távolságról. A beállítható önmegsemmisítési idő intervallumai: 3, 12, 24 és 48 óra. [17; 96–99.]

Az ismertetett harcjármű elleni akna műszaki jellemzői és működési elvei jól szemléltetik a korszerű műszaki harcanyagok fejlesztésének főbb irányait. A különböző országok által kifejlesztett eszközök számos közös technológiai megoldást alkalmaznak, ugyanakkor egyes paramétereikben és működési elveikben jelentős eltéréseket mutatnak. Az 1. táblázat az eddig bemutatott fontosabb aknatípusok leglényegesebb műszaki jellemzőit foglalja össze.

Az összehasonlításból jól látható, hogy a korszerű harcjármű elleni akna fejlesztésének közös jellemzője a kumulatív harci rész alkalmazása, az elektronikus érzékelőrendszerek megjelenése, valamint az önmegsemmisítő vagy önsemlegesítő mechanizmusok bevezetése. Ezek a megoldások egyrészt növelik az akna harcászati hatékonyságát, másrészt – a nemzetközi korlátozásokkal összhangban – csökkentik a harctér hosszú távú veszélyeztetettségét.

Végezetül – visszatérve a kiinduló aknához – a Dynamit Nobel Defence a 2020-as évek elején jelent meg az AT-2 akna továbbfejlesztett változatával, az AT-2+ aknával (9. ábra), melyet az Eurosatory 2024 kiállításon mutattak be, a Skorpion 2 távirányítású aknaszóró rendszerrel integrálva. A legfontosabb fejlesztés a többérzékelős gyújtórendszer, amely az eredeti AT-2 akna S3 érzékelőantennájára és mágneses érzékelőre épül, nagyobb megbízhatóságot és alkalmazkodóképességet biztosít a modern járművek elleni védekezéshez. A fejlett gyújtási technológia tovább finomítja a célmegkülönböztetést és az aktiválás pontosságát. Az optimalizált alakú kumulatív töltete akár 140 mm-es

8. ÁBRA. Cseh PTHi-D1M szórással telepíthető harcjármű elleni akna [17; 99.]



páncélatot is képes átütni, valamint finomított önsemlgesítő időzítőkkel rendelkezik, hogy minimalizálja a hosszú távú harctéri veszélyeket és megfeleljen a tartós lőszerekre vonatkozó korlátozásoknak. Őnjáró alapgépekkel (például a Skorpion 2) akár 2000 méter hosszú aknazárak gyors létrehozásához is alkalmazható. Lettország 2025 októberében 50 millió eurós megállapodást kötött a Skorpion 2 rendszerekre a tervezett határzár létesítéséhez. [18]

Az utolsó távaknásító eszköz, amelyet az utóbbi időszakban rendszeresítettek Európában, a lengyel Baobab-K műszaki aknaszóró berendezés. (10. ábra) A fejlesztő programban a BZE BELMA S.A. cég a már 1990 óta fejlesztés alatt álló MN-123 aknával, a Jelcz S.A. a hordozójárművel, míg a Military Institute of Engineering Technology a harcászati-műszaki követelmények kidolgozásával vett részt, ahogy erről egy 2020-as közleményben olvashatunk. [20]

A végeredményről már a Defense News 2023. júliusi száma a következőképpen tudósít: „Lengyelország mintegy 114 millió euró értékű szerződést írt alá 24 darab, hazai gyártású Baobab-K, teherautóra szerelhető aknatelepítő rendszer beszerzésére. A megállapodás értelmében a 24 rendszer szállítása a logisztikai és képzési csomagokkal együtt 2026 és 2028 között várható.” [21]

A 31,7 tonnás Jelcz P662D.43 8 × 8 elrendezésű alapjárműre szerelt kivetőcsövekben 5–5 darab MN-123 típusú kumulatív akna található. (13. ábra) Egy konténer a 20 csővel 100 akna kilövésére képes, így 600 akna telepíthető egy járműre egy feltöltés harcanyagával. A harci gép 85 km/h sebességgel, 580 km-es hatótávolsággal rendelkezik.

A 180 mm átmérőjű, 90 mm magas, 3,7 kg tömegű akna kétféle változatban készült. Az MN-123.1 típus azonnali működésű, az MN-123.2 pedig késleltetett. Konstruktív érdekessége, hogy mindkét oldala kumulatív kialakítású, így a földet érés után bármilyen helyzetbe esve biztosított 0,3 m távolságból, 60 cm méter vastag haspáncélt átütő működése. Az aknákat a járművek felette történő áthaladása robbantja. Az MN-123 aknák 6,8 V-os akkumulátorral működő elektronikus mágneses hatású gyújtószerkezettel rendelkeznek, amely három független biztonsági

funkciót tartalmaz a véletlen detonáció kockázatának minimalizálása érdekében. Programozható önmegsemmisítési/önsemlgesítési berendezésük lehetővé teszi az automatikus hatástalanítást 2, 3 vagy 5 nap után.

Az eszközzel az irányítóállomáson keresztül vezérelt automatizált aknatelepítés hajtható végre. A kezelők a vezérlőegységet automatikus vagy kézi üzemmódban programozhatják az aknamező paramétereinek meghatározására. Automatikus üzemmódban a fedélzeti számítógép menet közben kiszámítja a jármű sebességét, a kilövő beállításait és az aknák kilövési sebességét. Ezek a paraméterek rögzíthetők, digitális térképeken megjeleníthetők és fejlett kommunikációs rendszereken keresztül megoszthatók, megkönnyítve a magasabb parancsnoki egységekkel való koordinációt. A Baobab-K rendszerrel, a hat aknakonténer megfelelő irányba állításával az aknák kilőhetők a jármű középvezonálából egyik vagy mindkét irányban oldalt, vagy két oldalra és hátrafelé, ami nagy telepítési rugalmasságot biztosít. A telepítés során az aknákat 30 és 90 méter közötti távolságba lehet kijuttatni az alapjármű 5 és 25 km/h közötti haladási sebességénél. Ez a sokoldalúság lehetővé teszi akár 1800 méter hosszúságú aknamezők létrehozását is mintegy 22 perc alatt. A BELMA által kifejlesztett indítóegységekkel az újratöltési folyamat kevesebb, mint 30 perc alatt elvégezhető, ami szükség esetén gyors újraindítást biztosít.

A Baobab-K műszaki aknaszóró a külföldi védelmi szakemberek figyelmét is felkeltette. 2025. március 17-én Władysław Kosiniak-Kamysz lengyel védelmi miniszter bejelentette, hogy Sébastien Lecornu francia hadügyminiszterrel folytatott tárgyalásain Franciaország érdeklődését fejezte ki többek között a lengyel fejlesztésű Baobab-K műszaki aknaszóró rendszer beszerzése iránt. A rendszert egy francia kerekas vagy lánctalpas alvázra integrálnák,



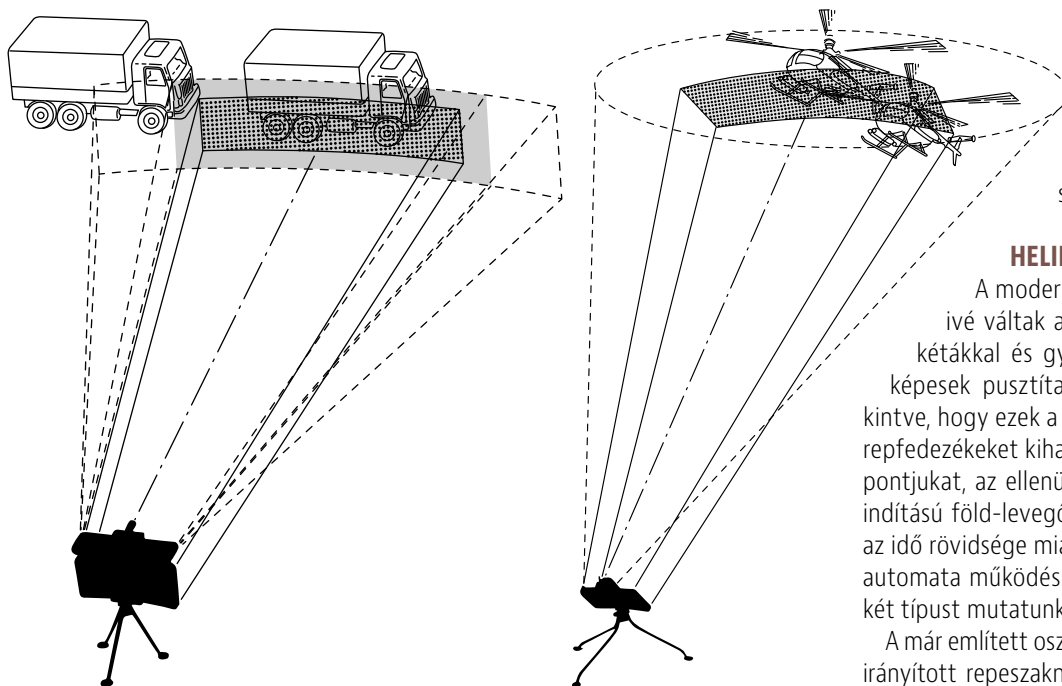
9. ÁBRA. Német AT-2+ szórással telepíthető harcjármű elleni akna [25]



A Skorpion 2 aknavető rendszerről részletesebb információ a mellékelt QR-kód beolvasásával érhető el.



10. ÁBRA. Lengyel Baobab-K műszaki aknaszóró rendszer [20]



11. ÁBRA. A Dragon rendszerrel szerelt gépjármű elleni és a Helikir rendszerrel szerelt helikopter elleni repeszaknák működési elve [8; 18. (1-2. ábrák)]

mivel a francia hadsereg jelenleg nem rendelkezik hasonló aknaszóró képességgel. Az ukrajnai konfliktus azonban bebizonyította az aknák szerepét az ellenséges páncélosok előrenyomulásának megállításában, ami rávilágít egy ilyen rendszer műveleti alkalmazásának szükségességére. [22]

A korszerű aknatelepítő rendszerek jelentősége az elmúlt évek fegyveres konfliktusaiban ismét világosan megmutatkozott. Az orosz–ukrán háború tapasztalatai rámutattak arra, hogy a nagy intenzitású szárazföldi hadműveletekben a műszaki záruk – különösen az aknamezők – továbbra is kulcsszerepet játszanak a páncélos és gépesített erők mozgásának korlátozásában.

A harctéri tapasztalatok szerint az aknamezők nemcsak közvetlen pusztító hatásuk révén, hanem az ellenséges erők manőverének lassításával és kiszámíthatóvá tételével is jelentős hadműveleti hatást fejtenek ki. Az ilyen akadályok kényszeríthetik az ellenséget előre meghatározott útvonalak használatára, amelyeken azután tűzérési vagy páncéltörő eszközökkel hatékonyan támadhatóvá válik. Ezáltal

12. ÁBRA. Bumerang orosz helikopter elleni akna [11; 156.]



¹⁷ Depleted uranium (DU) ammunition.

a korszerű aknatelepítő rendszerek fejlesztése – különösen az automatizált, digitális térképezéssel és távvezérléssel kombinált megoldások – a jövő haditechnikai fejlesztéseinek egyik fontos irányát jelentik.

HELIKOPTER ELLENI REPESZAKNÁK

A modern harcterek hatékony támadóeszközeivé váltak a helikopterek, amelyek páncéltörő rakétákkal és gyengített uránium tartalmú lőszerrel¹⁷ képesek pusztítani az ellenséges harcjárműveket. Tekintve, hogy ezek a légi eszközök képesek a különböző terepfedezékeket kihasználva, rejtetten megközelíteni a célpontjukat, az ellenük való védekezés, pl. egyszerűbb kézi indítású föld-levegő rakétafegyverekkel szinte lehetetlen az idő rövideje miatt. Ezért elkezdtek helikopterek elleni, automata működésű aknákat fejleszteni, melyekből most két típust mutatunk be.

A már említett osztrák Dynamit Nobel Graz cég egy teljes irányított repeszakna-családot is kifejlesztett, melyen belül az APM jelűek élőerő, míg az AVM jelűek járművek (tehergépkocsik, helikopterek, könnyű páncélozott eszközök – max. 6 mm páncélvastagságig) elleni műszaki harcanyagok.

Az aknák indítása a megfigyelt aknánál már megszokott módszereken kívül történhetett passzív infravörös szenzoros, automata elektronikus működtető rendszerrel. Ez utóbbiakat a Hirtenberg AG. fejlesztette ki (11. ábra):

- a Dragon rendszer gép- és harcjárművek elleni automata irányítást tesz lehetővé: a műszer akusztikus szenzorjával érzékelve a közeledő járművet, harckészültségbe helyezi a rendszert; képes az aknát aktiválni 3–80 m távolságban a 3–60 km/h sebességgel haladó jármű megsemmisítésére; a műszer -54 °C – +71 °C hőmérsékleti tartományok között működőképes;
- a Helikir rendszer a helikopterek elleni automata irányítást teszi lehetővé: működési elve alapvetően megegyezik a Dragon rendszerével; az alacsonyan szálló helikoptert 250 km/h sebességig tudja pusztítani, 5–150 m távolságban. [8; 18.]

Az orosz hadseregben a Bumeráng nevű helikopter elleni aknát (12. ábra) rendszeresítették, ahogy erről egy 2022-es orosz kiképzési segédletben olvashatunk. [11]

Az akna telepíthető a műszaki csapatokkal, kézi erővel (ebben az esetben négy stabilizátorlába van), valamint helikopteres távaknásító eszközökkel (ekkor hat „lábat” kap). A kombinált (akusztikus és infravörös) érzékelők a közeledő légi járművek motorzaja alapján élesítik az aknát. A légcsavaros repülőgépet 600 m, a helikopter rotorzaját pedig több mint 3 km távolságból érzékeli. A zajválasztó rendszer képes megkülönböztetni a repülőgép vagy a helikopter motorjának hangját a földi járművek motorjainak vagy a robbanásoknak, lövéseknek a zajától. Ha az érzékelő felismeri egy közeledő légi célpont motorját, akkor amint az egy kilométernél kisebb távolságba ér, a harci rész (az akna robbanófeje) az ellenség irányába fordul. Ezzel egyidejűleg bekapcsolódnak az infravörös célérzékelők (4–6 darab), amelyek meghatározzák a célpont pontos irányát és távolságát. Egy másik célpont újrafelvétele ebben az időben kizárt. Az akusztikus és infravörös érzékelők egyidejű működésének kombinációja megakadályozza, hogy az akna reagáljon az ellenséges helikopter által kilőtt termikus rakétaelhárító csapdákra. Amikor a célpont belép a hatásos pusztítás zónájába (150 méter sugarú félgömb), az akna felrobban, és a 6,4 kg-os robbanóanyag-töltet (TG–50¹⁸) egy 2500 kilométer/óra sebességű, Misnay-Schardin effektus elvén működő robbanással formált lövedékkel megsemmisíti azt. Te-

kintve, hogy a harcanyagot helikopterek ellen fejlesztették ki, a megtámadott céltárgyak maximális sebessége nem haladhatja meg a 360 km/h értéket, vagyis pl. vadászgépek ellen nem alkalmazható. Ha az érzékelt célpont mégsem lépett be a kb. egy kilométeres működési zónába, akkor az infravörös érzékelők kikapcsolnak, és az akna visszatér nyugalmi (alap) helyzetébe, várva a következő cél felbukkanására.

Az ismertetett példák jól szemléltetik, hogy a szárazföldi aknák az elmúlt évtizedekben jelentős technológiai átalakuláson mentek keresztül. A hagyományos, egyszerű mechanikus működésű aknákat fokozatosan felváltották az elektronikus vezérlésű, több érzékelővel ellátott rendszerek, amelyek nagyobb harcászati rugalmasságot és megbízhatóbb működést biztosítanak.

Ezzel párhuzamosan az aknák telepítési módja is átalakult, mivel a kézi telepítést egyre inkább felváltották a különböző távaknásító rendszerek, amelyek lehetővé teszik az akadályrendszerek gyors és nagy területre kiterjedő létrehozását. A fejlesztések fő irányát ma már a célfelismerés pontosságának növelése, az önmegsemmisítő mechanizmusok megbízhatóságának javítása, valamint az automatizált harctéri irányítási rendszerekkel való integráció jelenti.

(Folytatjuk)



13. ÁBRA. Lengyel MN-123 kumulatív harcjármű elleni akna [20]

HIVATKOZÁSOK

- [1] Croll, Mike: Landmines in War and Peace. Pen and Sword Books Limited, 2008.
- [2] Lukács László: A kőszóró aknáktól az intelligens szárazföldi aknáig IV. rész. Aknafejlesztés Magyarországon és a robbanó műszaki záruk hatékonysága. Haditechnika 2025/6, 2–8. DOI: 10.23713/HT.59.6.01
- [3] Lukács László: A kőszóró aknáktól az intelligens szárazföldi aknáig V. rész. Hagyományos aknák fejlesztése a II. világháború után. Haditechnika 2026/1, 6–12. DOI: 10.23713/HT.60.1.01
- [4] Lukács László: A Föld akna problémája és a megoldás lehetőségei, különös tekintettel a Magyar Honvédség közreműködésének javasolható irányaira I. Műszaki Katonai Közlöny 1998/1, 3–19.
- [5] Lukács László: Gondolatok az aknákról a nemzetközi egyezmények és szakmai konferenciák tükrében. Új Honvédségi Szemle, 1999/7, 112–120.
- [6] Kovács Zoltán et al.: Gyalogság elleni aknák: 25 év nélkülük. Műszaki Katonai Közlöny. 2021/2, 5–20. DOI: 10.32562/mkk.2021.2.1
- [7] Lukács László: Kis akna-történelem. Nemzetvédelmi Egyetemi Közlemények, 2002/3, 15–57.
- [8] Lukács László: A Dynamit Nobel Graz új műszaki harcanyagai. Haditechnika, 1997/1, 18–20.
- [9] Weidacher, Reinhold: Behind a Veil of Secrecy: Military Small Arms and Light Weapons Production in Western Europe. Small Arms Survey Graduate Institute of International Studies, 2005.
- [10] Lukács László: Műszaki zárással kapcsolatos eszközök, harceszközök és anyagok a C+D '93 és '95 kiállításokon. Műszaki Katonai Közlöny, 1995. különszám, 4–48.
- [11] Mihajlov, A. N. Методическое пособие для проведения занятий по инженерной подготовке. Противотанковые, противопехотные и специальные мины Советской и Российской армии. Великий Новгород: 2022.
- [12] Lukács László: Idegen hadseregek műszaki zárai, műszaki záró és átjáróanyagok eszközei, lehetőségei – akadémiai jegyzet. ZMKA Műszaki tanszék, Budapest, 1992. https://drive.google.com/file/d/1jqMxNC_7ZSmjwZRkj-k6TfUeW4GBL_3/view (Letöltve: 2026.03.06.)
- [13] Kender Antal – Mikó Lajos: Műszaki záruk telepítése és leküzdése. Zrínyi Katonai Könyv- és Lapkiadó, 1983.
- [14] Fredriksson, Johan: The AT-2 scatterable anti-tank mine. <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:AT-2.jpg> (Letöltve: 2026.02.24.)
- [15] Lukács László: Az orosz-ukrán háborúban alkalmazott aknák és aknatelepítési eljárások. Haditechnika különszám (2025), 58–69. DOI: 10.23713/HT.59.K.09
- [16] Gireth, Jan – Kroupa, Lubomir: A Cseh Köztársaság haderejének új generációs eszköze az MV-3 aknazóró berendezés. Műszaki Katonai Közlöny, 1996/1, 22–28.
- [17] Gireth, Jan: A korszerűsített PT Mi-D1M harckocsi elleni akna. Műszaki Katonai Közlöny, 2000/2–3, 96–100.
- [18] Servaes, Alain: Latvia Signs €50 Million Deal with Germany's DND for Skorpion 2 Mine Laying System. Defense News Army, 2025.10.25. <https://www.armyrecognition.com/news/army-news/2025/latvia-signs-50-million-deal-with-germanys-dnd-for-scorpion-2-mine-laying-system> (Letöltve: 2026.03.02.)
- [19] Kushnyikov, Vlagyimir: Ukraine received German AT-2 anti-tank mine. Militarnyi, 2022.09.24. <https://militarnyi.com/en/news/ukraine-received-german-at-2-anti-tank-mine/> (Letöltve: 2026.02.24.)
- [20] Reszczyński, Jerzy: Baobab – Evolution of the Polish Scattered Mine Delivery System. 2020.03.18. <https://defence24.com/baobabevolution-of-the-polish-scattered-mine-delivery-system> (Letöltve: 2023.01.19.)
- [21] Poland signs 114M contract for 24 BAOBAB-K mine-laying systems. Defense News, 2023.07.06. <https://www.armyrecognition.com/archives/archives-land-defense/land-defense-2023/poland-signs-114m-contract-for-24-baobab-k-mine-laying-systems> (Letöltve: 2026.02.24.)
- [22] France considers purchasing Polish Piorun missiles and Baobab mine-laying systems. Defense News Army, 2025.03.20. <https://armyrecognition.com/news/army-news/2025/france-considers-purchasing-polish-piorun-missiles-and-baobab-mine-laying-systems> (Letöltve: 2025.03.26.)

¹⁸ 50/50 arányú trotil-hexogén keverék (hexotol, Composition B).