

## ANGYAL MIKLÓS – VOLARICS JÓZSEF

### Kriminalisztikai ballisztika I. rész<sup>1</sup>

#### Bevezető: a témaválasztás okai és a tanulmány célja

Annak ellenére, hogy Magyarországon közel 150 ezer magánszemély rendelkezik fegyvertartási engedéllyel (igaz, hogy ebből 60 ezernél is több a gáz- és riasztófegyver viselésére jogosult honpolgár), és negyedmillió körüli a legálisan tartott (lő)fegyverek száma<sup>2</sup>, a bűnügyi statisztikák szerint évente csupán néhány tucat lőfegyverrel elkövetett bűncselekmény történik. Ezek előfordulási gyakorisága is csökkenő tendenciát mutat. A helyzet látszólag tehát megnyugtató és problémamentes. Amiért tanulmányunkban mégis ehhez a témához nyúltunk, azt részben az a folyamatos technikai fejlődés indokolja, ami a lőfegyverek és lőszerak gyártása terén tetten érhető, részben pedig az, hogy a lőfegyverrel elkövetett bűncselekmények vizsgálata mindig komplex tevékenységet igényel. Ezekhez a vizsgálatokhoz komoly technikai felkészültség és infrastruktúra, sokszor speciális laboratóriumi háttér és megbízható helyszíni tevékenység szükséges. Klasszikus mondás a bűnügyi helyszínelők között, hogy *„két problémás helyszín van: a kábszeres és a fegyveres”*. Ami miatt pedig ezt a formát választottuk, az az, hogy – megítélésünk szerint – a hazai ballisztikai szakemberek régóta adósak egy, az elméleti alapokat a gyakorlat oldaláról is megvilágító, magyarázó jellegű, képekkel is dokumentált oktatási anyaggal.

Ezt a tanulmányt – mint oktatási segédanyagot – a rendészettudományi hallgatóknak, valamint a rendőrség és más fegyveres testületek

---

<sup>1</sup> A tanulmány a Rendőrség Tudományos Tanácsának 2020. évi pályázatán első helyezést elért pályamű szerkesztett változata.

<sup>2</sup> Az ORFK Kommunikációs Szolgálat adatközlése (2019).

alkalmazottainak szántuk azzal a céllal, hogy bemutassuk azokat a ballisztikai jelenségeket, elváltozásokat, vizsgálati módszereket, amelyek nem csak a mindennapos bűnügyi munka során hasznosak, de szükségesek lehetnek a biztonságos lőfegyverhasználat oktatásában is.<sup>3</sup>

A munkánkban alapvetően a krimináltechnika territóriumára koncentráltunk. Ez az oka annak, hogy az olvasó tételes joganyaggal nem fog találkozni, és érdemben csak azok a ballisztikai kérdéskörök kerültek górcső alá, amelyek a civilek számára is elérhető, golyós lőfegyverekkel leadott lövéseket érintik. Nem foglalkozunk az igazságügyi fegyverszakértői tevékenységgel sem, csupán néhány helyen utalunk azokra a vizsgálati módszerekre, amelyeket a szakértők, szakértői intézetek használnak. Végül fontos kiemelni még egyszer, hogy munkánk legfőképpen alapfogalmakat és elméleti jellegű kérdésköröket tárgyal, így a lőfegyverek, lőszeresek sajátosságait nem, és a lőfegyverekkel elkövetett bűncselekmények helyszíni szemléinek kriminálisztikai, bűnügyi technikai tevékenységét, a minőségbiztosítás kérdéseit is csak érintőlegesen tárgyaljuk.

A klasszikus ballisztika színes története valamikor a pleisztocén kor atlanti lándzsadobóival és Dávid parittyájával indult, a puskapor felfedezésével egy nagyot „robbant,” és ma már ott tartunk, hogy felülírjuk a lövedékek röppályáját, és oda irányítjuk azokat, ahová csak akarjuk. Reméljük, hogy az elkészült oktatási segédanyag tartalmában és formájában is megfelel a modern kor elvárásainak, és beteljesíti azon szándékolt küldetését, hogy könnyed, érthető formában adja át az érintetteknek a témához kapcsolódó szükséges és elégséges ismeretanyagot.

---

<sup>3</sup> A szöveges részben rengeteg ábrát, képet, videolinket helyeztünk el, amivel az volt a célunk, hogy láttassuk is a tömör tényszerű leírásokban foglaltakat. Kiemelnénk, hogy az ábrák saját szerkesztésűek, a fényképek nagyobb hányadát kifejezetten ezen oktatási anyag céljából készítettük, a többit pedig saját eseteinkből válogattuk.

## A ballisztika fogalma, tárgya, felosztása

Mi a ballisztika? E kérdésünkre szabatos választ ad a Haditechnikai kislexikon szócikke, amely szerint: „*ballisztika, lövéstan: a hajítás, ezen belül a lövedékmozgás törvényszerűségeit kutató tudományág. Mint a mechanika része elsősorban a nehézségi erő és a légellenállás hatása alatt mozgó testek röppályáinak kialakulását vizsgálja. A belső ~ a lövedékeknek a fegyvercsőben, a külső ~ pedig a csőtorkolat elhagyása utáni mozgását elemzi. A belső és külső ~i számításokhoz szükséges mérések, kísérletek rendszerét kísérleti ~nak nevezik.*”<sup>4</sup>

A ballisztika etimológiailag a görög ballein (hajítani) igéből ered, mely latin közvetítéssel került a modern nyelvekbe. A ballisztika a hajításokat általánosságban tárgyaló fizikából önállósult, a lövés során – a hajtóanyag begyűjtésétől a lövedék becsapódásáig – lejátszódó fizikai és kémiai jelenségeket vizsgálja. A feltárt törvényszerűségeket a meglévő eszközök alkalmazása, hatásfokának növelése, új konstrukciók kialakítása során hasznosítják. Tényként rögzítendő, hogy elsősorban katonai tudományág, de alkalmazzák az űrhajózás területén is.

A ballisztika felosztása során többféle szempontot alkalmazhatunk. Módszertan szerint megkülönböztetünk elméleti (ballisztikai számítások), kísérleti (ballisztikai mérések, kísérletek), és gyakorlati ballisztikát (többek között tüzérségi löelemképzés, tűzvezetés, mesterséges égitestek pályára állítása). A fegyverfajtáknak megfelelően kézi lőfegyverek, ágyúk, aknavetők és rakéták ballisztikájáról beszélhetünk. A lövésfolyamat szakaszai alapján pedig belballisztika, külballisztika, célballisztika (vagy élő testbe történő becsapódáskor sebballisztika) felosztással élhetünk. Ez utóbbi rendszer szerint építettük fel mi is az oktatási segédanyagunkat.

---

<sup>4</sup> Haditechnikai kislexikon, második, átdolgozott és bővített kiadás. Zrínyi Katonai Kiadó. Budapest, 1976. 85. o.

## **A kriminalisztika és a ballisztika viszonya**

A lőfegyverek és lövési elváltozások krimináltechnikai, forenzikus<sup>5</sup> vizsgálata több szakterület kompetenciáját érinti. A lőfegyvereken végzett nyomkutató és nyomrögzítés általában a bűnügyi technikus feladata. Végrehajtása során tipikusan nyomok (például daktiloszkópiái nyomok, kesztyű- és szövetnyomok), valamint anyagmaradványok (például elemi szálak, vér, szörképletek, szag, lövési anyagmaradványok) kerülhetnek rögzítésre. A fegyverszakértő tevékenysége magába foglalja a fegyver minősítését, azonosítását, illetve a lövési elváltozások értékelését. A minősítés során nyer megállapítást, hogy a lefoglalt eszköz lőfegyver-e. A vizsgálat kiterjedhet egyes részegységekre (például a biztosítószerkezet) működőképességére, a gyári kivitelől eltérő módosításokra is. A fegyver azonosítása történhet gyári jelzések (többek között sorozatszám, próbajelek, típusjóváhagyó számok), illetve a helyszínen rögzített lövedékeken, töltényhüvelyeken található nyomok alapján. Utóbbiak vizsgálata speciális nyomszakértői eszközökkel és módszerekkel történik. A lövési elváltozások értékelése lehetőséget nyújt a lőirányra, a lőtávolságra, a leadott lövések számára, sorrendiségére, a használt lőfegyverre, lőszerre vonatkozó következtetések levonására. A lövésből származó anyagmaradványok kimutatására a fegyverszakértő kémiai vizsgálatokat végezhet. Hazánkban fizikus szakértő végzi a lövésből származó anyagmaradványok pásztázó elektronmikroszkóppal történő kimutatását, a lövedékből származó maradványok összetételének megállapítását, valamint ezek további maradványok, lövedékek anyagával történő összehasonlítását. Végül orvosszakértői kompetenciakörbe tartozik az emberi testen lévő lövési elváltozások vizsgálata és értékelése (úgynevezett seballisztika).

---

<sup>5</sup> A két jelző között a továbbiakban nem kívánunk különbséget tenni, tekintettel arra, hogy megítélésünk szerint a vizsgálatok jellegüket tekintve kriminalisztikai vizsgálatoknak tekinthetők, csupán az aktuális jogszabályi környezet függvénye, hogy azokat szakemberek (bűnügyi technikusok, vadász szaktanácsadók) vagy forenzikus szakértők végzik. Ennek okán, ahol ez megengedhető, a két jelzőt egymás alternatívájaként fogjuk használni.

Mint az eddigiekből is látható, a lőfegyverekkel kapcsolatos kriminalisztikai tevékenység jelentős részét a lövési elváltozások vizsgálata képezi, melyeket két nagy csoportra lehet felosztani. Alapvetőnek (más szóhasználatnál élve elsődlegesnek) számítanak a kilőtt lövedék által érintett objektumokon létrehozott mechanikai elváltozások. A kiegészítő (vagy másodlagos lövési) elváltozásokat a lövés során keletkező anyagmaradványok, valamint a fegyvercsövet elhagyó gázok által okozott termikus nyomok és mechanikai elváltozások alkotják. Összefoglalva, a lövési elváltozások a lövés során lejátszódó jelenségek tárgyiasult következményei, olyan nyomok és anyagmaradványok, amelyek információtartalommal bírnak keletkezési körülményeikre nézve, eredményes vizsgálatuk előfeltétele a lövésfolyamat és kísérő jelenségei, valamint a vonatkozó törvényszerűségek ismerete.

### **Belső ballisztika**

A belső ballisztika fogalmi meghatározásához ismételten forduljunk a Haditechnikai kislexikonhoz: *„belső ballisztika, belballisztika: a ballisztikának (lövéstannak) az a része, amely a lövedékmozgást a fegyvercsőben vizsgálja. A rakéták ballisztikájában a ~ az égésvégi pontig tart. A ~ fő feladata a lőporégés, a gáznyomás a lövedéksebesség és a lövedékút közötti összefüggések szabatos rögzítése.”*<sup>6</sup>

A lövésnek a fegyvercsőben lejátszódó szakasza az a termodinamikai folyamat, amely során a lőportöltet kémiai energiája átalakul a lövedék mozgási energiájává. Másként fogalmazva a szilárd halmazállapotú lőportöltet elégetéséből keletkező gázok lövedékfenékre ható nyomása létrehozza a lövedék mozgási energiáját. A lőpor égése három különböző módon mehet végbe. Deflagráció (égés) esetén atmoszférikus nyomáson végbemenő robbanás nélküli elégésről beszélhetünk. A lőpor égése a lőfegyverekben explózió (gyors égés, robbanó égés, lobbanás) formájában megy végbe. A gyújtás zárt térben történik, mely a keletkező gázok

---

<sup>6</sup> Haditechnikai kislexikon: i.m. 87. o.

nyomására tágul, így az égés sebessége nem éri el a detonáció értékét. A lőfegyverek csövében a lőpor égése során a csőtorkolat felé gyorsulva haladó lövedék mögötti égési térfogat folyamatosan növekedik. A detonáció (robbanás) során a lőpor teljes tömege nagyon rövid idő alatt alakul át magas hőmérsékletű, nagy nyomású gázokká, melyek környezetükre jelentős mechanikai hatást gyakorolnak. 1 gram lőpor elégetéséből megközelítőleg 11 gáz keletkezik. A gáznyomás közel egyenesen arányos a lőpor égési sebességével. A lőpor égési sebessége elsősorban az alábbiaktól függ:

- A lőpor vegyi összetételétől. Az egybázisú, nitrocellulóz lőporok lassabban égnek, mint a kétbázisú, nitroglicerint is tartalmazó lőporok. A lőpor égésének sebessége adalékanyagokkal, felületkezelő anyagokkal – flegmatizálással – csökkenthető.
- A lőporszemcsék méretétől. Azonos tömeg, összetétel és alak esetén a kisebb szemcseméretű lőpor gyorsabban ég, mivel az égés nagyobb felületen zajlik.
- A lőporszemcsék alakjától, szerkezetétől. A degresszív lőporok égése során az égési felület csökken (lemez és tárcsa alakú, valamint porózus szerkezetű lőporszemcsék). A konstans lőporok felülete az égés során nem változik (például a cső alakú szemcse esetében azonos mértékben csökken a külső palást felülete a belső palást növekedésével). A progresszív lőporok esetében az égési felület nő (például hétylukuú, cső alakú szemcsék).
- A lőpor nedvességtartalmától. A nedvességtartalom növekedése csökkenti az égési sebességet.
- A lőpor hőmérsékletétől. 10% hőmérséklet-emelkedés 2% sebesség-, illetve 4% gáznyomás-növekedést okoz.<sup>7</sup>
- A töltési sűrűségtől. A töltési sűrűség a lőportöltet tömegének és az égési térfogatnak az aránya. A megfelelő mennyiségnél kisebb lőportöltet bizonytalan gyújtást, egyenetlen égést eredményez.

---

<sup>7</sup> Székely Dénes: A lőpor és a töltény. Kiadta Székely Dénes. 2000. 42. o.

Nagyobb mennyiségű lőpor túl magas gáznyomást, extrém esetben robbanást okozhat.

- A gyújtástól. Elsősorban a csappantyúban lévő gyújtóanyag mennyisége, a gyúlyuk mérete és szabályos kialakítása befolyásolja.
- A kezdeti ellenállásoktól. Nagy lövedéktömeg, kihúzóerő (a lövedék hüvelyből való kiszakadásának energiaigénye), a csőfurat korróziója, szennyezettsége (a cső és a lövedék közötti nagyobb súrlódás) miatt a lövedék lassabban indul meg a csőben, az égési térfogat lassabban növekszik, az égési sebesség nő.

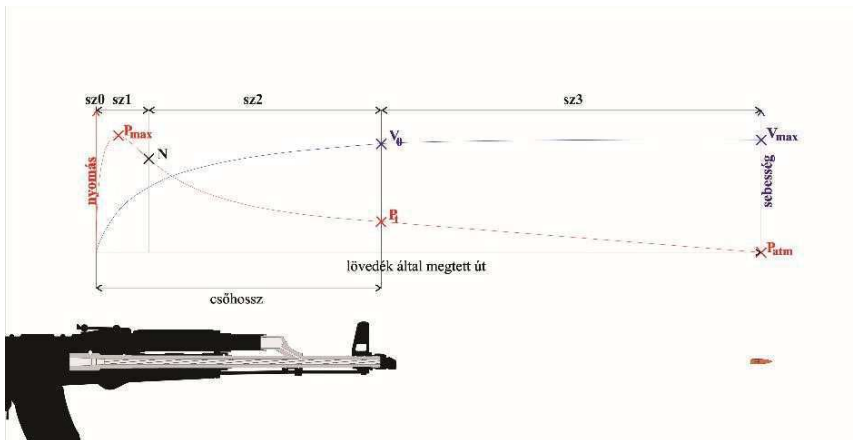
A teljes lövésfolyamat – tehát a csappantyú begyújtásától a lövedék csőtorkolaton való kilépéséig terjedő időszak – kézi lőfegyverek esetében hozzávetőlegesen 0,001–0,005 másodpercet vesz igénybe. A fegyvercsőben a nyomás elérheti a 2600–3000 bar-t, a hőmérséklet a 2000–3500 °C értéket. A lövés során felszabaduló energia az alábbiak szerint oszlik meg:

- 10–40% a lövedék mozgási energiája (mint főmunka)
- 25–30% a másodlagos munkavégzés:
- mozgásból származó másodlagos munkák (a lövedék forgatása, a lőporszemcsék mozgatása, a fegyver hátrasiklása)
- ellenállás jellegű másodlagos munkák (légellenállás – a csőfuratban lévő levegő ellenállásának legyőzése, a cső és a lövedék közötti súrlódás, besajtolási munka – a lövedék huzagolásba préselése)
- a cső (lövedék, töltényhüvely) felmelegedése
- 40–60% felhasználatlanul távozik a csőtorkolaton (kiáramló lőporgázok nyomása, hője).

Ezzel a hatásfokkal a lőfegyverek a gazdaságos hőerőgépek közé tartoznak.

### ***A belső ballisztika szakaszai***

A gáznyomás, a lövedéksebesség és a lövedékút közötti összefüggések bemutathatóak a gáznyomás- és a sebességgörbe ábrázolásával a lövedékút függvényében. Ugyanezen grafikus ábrázoláson jeleníthetőek meg a belsőballisztika szakaszait képező részfolyamatok kezdő- és végpontjai is.



1. számú ábra

A belső ballisztika szakaszai.  $sz_0$ : előzetes szakasz,  $sz_1$ : első szakasz,  $sz_2$ : második szakasz,  $sz_3$ : harmadik szakasz,  $P_{max}$ : legnagyobb gáznyomás,  $N$ : inflexió pont,  $V_0$ : kezdősebesség,  $P_t$ : torkolati nyomás,  $V_{max}$ : legnagyobb sebesség,  $P_{atm}$ : légköri nyomás.

(Megjegyzés: a csőhossz jelen esetben az átmeneti kúp kezdetétől a csőtorkolatig értendő, tehát az a csőszakasz, amelyben a lövedék a kilövés során végez mozgást.)

### ***Előzetes szakasz vagy előperiódus***

A lőfegyverekben a lőpor begyújtása, ezzel a lövés kiváltása a gyújtási lánc útján valósul meg. A korszerű eszközökben a lánc első eleme mechanikai hatás – ütés a csappantyúra. A csappantyúban található iniciáló robbanóanyag elműködése során keletkező szúróláng hatására a lőportöltet begyullad (a lőpor gyulladási hőfoka  $180\text{ }^\circ\text{C}$ ). A nagyméretű tüzérségi lőszeres esetében a gyújtási lánc kibővül a csappantyú és a lőportöltet között elhelyezkedő gyullasztó töltettel. A lineáris lőporégési gáztörvény szerint „az égés a lőpor felületén egy időben kezdődik, párhuzamos



*rétegekben, és a felületre merőlegesen halad, a felület belseje felé. A keletkező gázok mennyisége az égő felület nagyságával egyenesen arányos.”<sup>8</sup>*



2. számú ábra

Gyújtási lánc. 1: az ütőszeg közvetítette mechanikai hatás. 2: az iniciáló robbanóanyagot tartalmazó csappantyú. 3: lőportöltet

Az előzetes szakasz a lőportöltet begyújtásától a lövedék megmozdulásáig terjedő periódus. Ekkor a lőpor égése állandó térben zajlik, melynek törvényszerűségeit a pirosztatika (a belső ballisztika ága) vizsgálja.



3. számú ábra

Előzetes szakasz vagy előperiódus: a lőpor égése állandó térben, a csappantyú elműködésétől a lövedék megmozdulásáig tartó szakasz.

<sup>8</sup> Farkas Tivadar: Ballisztika. ZMNE Bolyai János Katonai Műszaki Főiskolai Kar Fegyverzettechnikai Tanszék. Budapest, 2010. 38. o.

### *Első szakasz vagy fő periódus*

Ha a gáznyomás eléri a maximális érték közel 1%-át, a lövedék az átmeneti kúpba préselődik, de a fara még nem hagyja el a hüvelyszáját. A sörétes töltények esetében ekkor nyílik ki a peremezés. A lövedékút e szakasza a szabad lövedékpálya, melynek végén a lövedék megtorpan, majd az átmeneti kúpon át a csőfuratba préselődik. Ehhez a maximális gáznyomás megközelítőleg 10%-a szükséges. Ekkor a lőpor égése változó térben zajlik, melynek törvényszerűségeit a *pirodinamika* (a belső ballisztika ága) vizsgálja. Az első szakasz a lövedék megindulásától a lőportöltet elégséig (inflexiós pontig) tart.



4. számú ábra

*Első szakasz vagy fő periódus: a lőpor égése változó térben. A lövedék megindulása. A lövés e szakaszában kezdődik meg a fegyver hátrafelé mozgása.*

A lőporégés kezdetben progresszív, azaz a gázfejlődés üteme nagyobb az égési térfogat növekedésénél, ezért a csőben a nyomás és az égési sebesség nő. A maximális gáznyomás elérését követően a folyamat degresszívvé válik – a térfogat növekedése meghaladja a gázképződés sebességét, a nyomás csökken, a lőpor égése lassul.



5. számú ábra

*Első szakasz, vagy fő periódus: a lőpor égése változó térben. A lövedék bepréselődése a csőfuratba. A lövedékkel együtt a lőporszemcsék (sörétes fegyverek esetén a töltési segédanyagok) is előre moznak a csőben.*

### **Második szakasz vagy utóperiódus**

A teljes lőpormennyiség elégett, energia-utánpótlás nem történik, a keletkezett lőporgázok tovább gyorsítják a lövedéket. Az állandó mennyiségű lőporgáz tágulásának időszaka, amely az inflexiós ponttól a lövedék csőtorkolaton történő kilépéséig tart. A lövedék mögötti térfogat nő, a nyomás folyamatosan csökken.



6. számú ábra

*Második szakasz (utóperiódus) kezdete, a lőportöltet teljes elégésének pillanata, az inflexiós pont.*



7. számú ábra

Második szakasz (utóperiódus): a keletkezett lőporgázok tovább gyorsítják a lövedéket.

### **Harmadik szakasz, a gázok utóhatása – csőtorkolati ballisztika**

A lövedék csőtorkolaton történő kilépésekor sajátos, összetett jelenségek játszódnak le. Ennek okán a ballisztika csőtorkolati szakasza a belballisztika és a külballisztika között, külön részterületként is elhelyezhető.<sup>9</sup>

A csőtorkolaton elsőként a lövedék által maga előtt tolt légoszlop lép ki, amely „a külső levegőben sűrűsödési hullámot kelt, s ez gömbfelület mentén terjed szét”.<sup>10</sup> Ezt követi a lövedék, majd a lőporgázok. Egy kis mennyiségű lőporgáz a lövedék elé szökik, tehát azt megelőzően hagyja el a csövet. A kilépő gázok sebessége meghaladja a lövedék sebességét, így a lőporgázok a lövedéket tovább gyorsítják, ez a gázok utóhatása. A csőtorkolaton kitóduló nagy nyomású lőporgázok hangsebességet meghaladó sebességgel terjedő lökeshulláma okozza a torkolati dörejt.

<sup>9</sup> Szajkó István: A hajtás tana, azaz a ballisztika tudománya. In: Venatus Vadász és Fegyvermagazin 1990/1. szám. 42. o.

<sup>10</sup> Kováts Zoltán: Népszerű ballisztika. Zrínyi Katonai Kiadó. Budapest, 1966. 28. o.



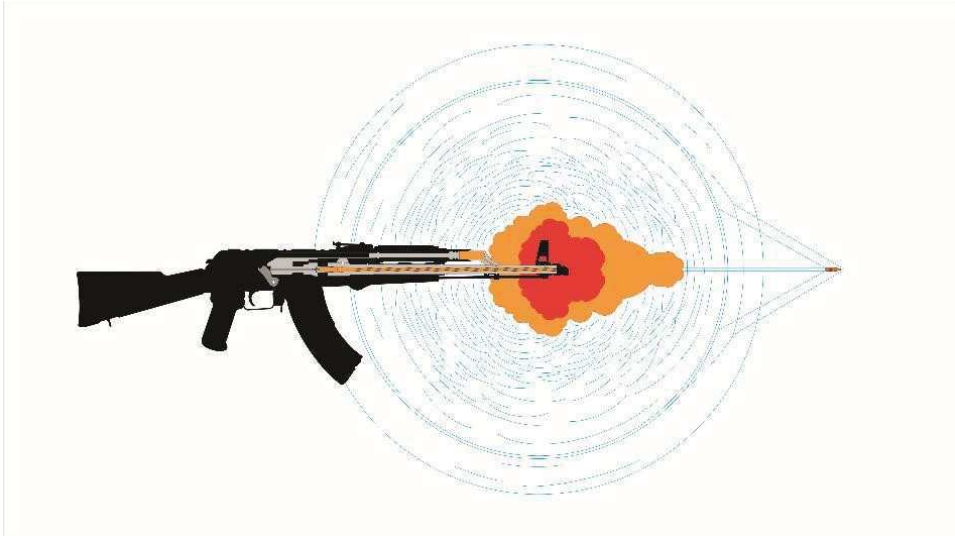
8. számú ábra

*Harmadik szakasz, azaz csőtorkolati ballisztika. A lövedék elhagyja a csőtorkolatot. A hangsebességnél gyorsabban kitóduló lőporgázok által keltett lökéshullám okozza a csőtorkolati dőrejt.*

A kiáramló, magas hőmérsékletű gázokban szénmonoxid, illetve hidrogén található, amelyek a levegő oxigéntartalmával reakcióba lépve csőtorkolati robbanást, torkolattűzet eredményeznek. E robbanás hangja és a torkolati dőrej együttesen hozza létre a kettős dőrej jelenségét. A torkolattűzet megkülönböztetik a torkolatlángtól, ezt a csőtorkolaton kilépő, el nem égett lőporszemcsék begyulladás okozhatja.<sup>11</sup>

---

<sup>11</sup> Hihalmi Harmos Zoltán: Gyakorlati ballisztika. A szerző kiadása. Budapest, 1941. 49. o.

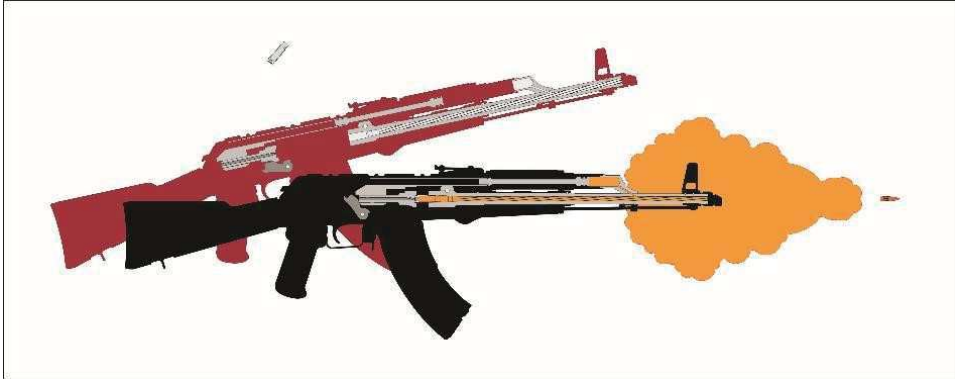


9. számú ábra

*Harmadik szakasz vagy csőtorkolati ballisztika. A lőporgázok éghető komponenseinek robbanása eredményezi a torkolattűzet, valamint a kettős dőrejt.*

### ***A fegyver hátralökése***

A fegyver hátralökése – „rúgása” – a csőtengely mentén ható, a lövedék mozgásával ellentétes irányú erő, amely két részből tevődik össze: a lövedék és a vele mozgó objektumok (lőportöltet, töltési segédanyagok) impulzusával megegyező mértékű erőhatásból, valamint a csőtorkolaton kilépő lőporgázok reaktív hatásából.



10. számú ábra

*A fegyver hátralökése. A lövés során ható erők következtében a fegyver a csőtengellyel azonos vonalon, de a lövés irányával ellentétesen mozog, azonban az agytalp a lövő vállgödrébe szorított helyzetű, így a fegyver nem csak hátra, de (jobb vállból történő lövés esetén) jobbra felfelé is elmozdul.*

### ***A belső ballisztika a kriminalisztikában***

A belső ballisztika a ballisztika részeként (a lőfegyverek rendszertanával és szerkezetanával együtt) a lőfegyverek működésére vonatkozó ismereteink alapjául szolgálhat. A kriminalisztika és a ballisztika közötti közvetlen kapcsolatot a bevezetőben már említett másodlagos lövési elváltozások jelentik. A lőporgázok okozta termikus nyomok és mechanikai elváltozások, valamint a keletkező anyagmaradványok szinte kivétel nélkül a belső ballisztika által vizsgált jelenségek eredményei, melyekből következtetéseket vonhatunk le a történeti tényállás egyes elemeire. A másodlagos lövési elváltozások hordozója azonban az esetek túlnyomó részében a bemeneti nyílás környezete, így tárgyalásukra praktikus okokból a későbbiekben kerül sor.

A lőfegyveres balesetek vizsgálata során előkerülhetnek engedély nélkül tartott lőfegyverek és lőszerke, illetve fény derülhet az engedéllyel tartott eszközök nem megfelelő működtetésére, szakszerűtlen átalakítására. Egy csőrobbanásból származó sérüléstől közvetett módon eljuthatunk

lőfegyverekkel kapcsolatos bűncselekményekig (többek között foglalkozás körében elkövetett veszélyeztetés, lőfegyverrel vagy lőszerrel visszaélés)

## **Külső ballisztika**

A külső ballisztikáról a Haditechnikai kislexikonban az alábbiakat olvashatjuk: *„külső ballisztika, külballisztika: a ballisztika része; a lövedéknek a torkolat elhagyása utáni mozgását vizsgálja. A lövedékre ekkor csak a saját súlya (nehézségi erő) és a légellenállás ereje hat, így alakul ki a röppálya. A két erő hatására kialakuló mozgás pályáját ballisztikus röppályának nevezik. A ~ három fő területe a) a röppálya meghatározása, b) a rendszeres, vagy szabályos hibák hatásának vizsgálata; c) a véletlen hibák okozta eltérések (a szórás) vizsgálata. A ~ újabb fejezetei az asztrobballisztika és a kozmikus ballisztika.”*<sup>12</sup>

A ballisztikában a röppálya meghatározásának célja, hogy a lövő a rendelkezésre álló eszközökkel az aktuális körülmények között az első lövéssel célba találjon. Ennek megfelelően a szabályos, illetve véletlen hibák vizsgálata a röppályát módosító hatások lehetőség szerinti kiküszöbölését, illetve minimalizálását szolgálja.<sup>13</sup>

## **A röppálya**

A *„röppálya: az elhajított test (a lövedék) mozgása közben érintett térbeli pontok összessége; pontosabban az elhajított test tömegközéppontja által leírt görbe. Ballisztikus ~ alakul ki, ha az elhajított testre repülés közben csak a nehézségi erő és a légellenállás hat. Az ilyen ~k meghatározásával a külső ballisztika foglalkozik. Módszerében először csak a nehézségi erő hatását veszi figyelembe, vagyis légüres térben határozza meg a test által leírt pályát. Kis lőtávolságokon, ahol a pálya mentén a nehézségi gyorsulás végig állandónak vehető, a légüres térben kapott ~ alakja olyan másodfokú*

---

<sup>12</sup> Haditechnikai kislexikon: i.m. 203. o.

<sup>13</sup> Hihalmi Harmos Zoltán (1941): 105. o.



*parabola, amely a tetőpontján át húzott függőleges egyenesre szimmetrikus. A ~ a léggel telt térben bonyolultabb, alakját a pálya menti sebesség befolyásolja. A lövedék sebessége a ~ minden pontján a pályaérintőbe esik. A nagyobb lőtávolságokon kialakuló ~kkal a kozmikus ballisztika foglalkozik.*"<sup>14</sup>

Leegyszerűsítve a röppálya a lövedék által megtett út, amely a csőtorkolattól – rakéták esetében az égésvégi ponttól – a becsapódásig tart. A röppálya érdemi tárgyalását megelőzően szükséges a röppálya elemeinek fogalmi meghatározása.

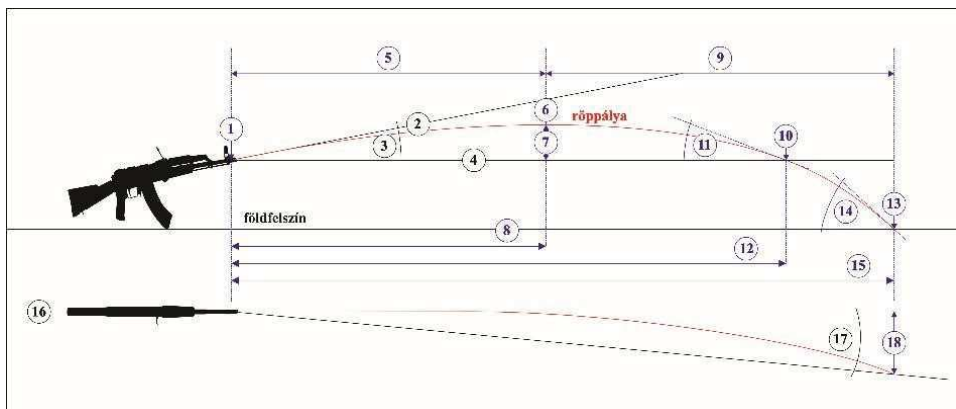
### ***A röppálya elemei***

- Kirepülési pont: a röppálya kezdete, a csőtorkolat síkjának középpontja.
- Emelkedési vonal: a beirányzott fegyver csőtengelyének meghosszabbított egyenese.
- Emelkedési szög: a torkolatszint és az emelkedési vonal által bezárt szög.
- Torkolatszint: a kirepülési ponton áthaladó vízszintes sík.
- Felszálló ág: a kirepülési ponttól a röppálya tetőpontjáig terjedő röppályaszakasz.
- Tetőpont: a röppálya legmagasabb pontja.
- Tetőpont magasság: a torkolatszint és a tetőpont közötti legrövidebb távolság.
- Tetőpont távolság: a tetőpontból induló függőleges vonal és a torkolatszint metszéspontjának a kirepülési ponttól számított távolsága.
- Leszálló ág: a tetőponttól a találkozási pontig terjedő röppályaszakasz.
- Becsapódási pont: a torkolatszint és a röppálya metszéspontja.

---

<sup>14</sup> Haditechnikai kislexikon: i.m. 288. o.

- Becsapódási szög: a becsapódási pontban a röppálya érintő és a torkolatszint által bezárt szög.
- Vízszintes távolság: a kirepülési ponttól a becsapódási pontig tartó távolság.
- Találkozási pont: a röppálya és a földfelszín találkozási pontja.
- Beesési szög: a találkozási pontban a röppálya érintő és találkozási ponton áthaladó, a torkolatszinttel párhuzamos sík által bezárt szög.
- Teljes távolság: a találkozási ponton áthaladó, a torkolatszinttel párhuzamos sík és a kirepülési ponton áthaladó merőleges metszéspontjától a találkozási pontig terjedő távolság.
- Lőszík: az emelkedési vonalon áthaladó függőleges sík.
- Oldalgás: a röppálya adott pontjának a lőszíktől mért legrövidebb távolsága.
- Csúszási szög: a röppálya adott pontja és a kilépési pont által meghatározott egyenes és a lőszík által bezárt szög.

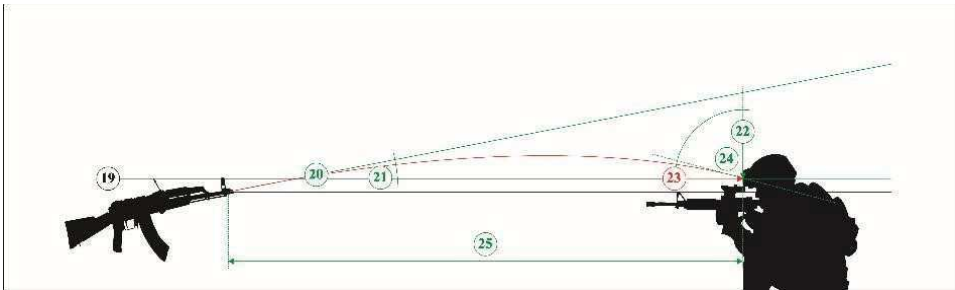


11. számú ábra

A röppálya elemei I. 1: kirepülési pont, 2: emelkedési vonal, 3: emelkedési szög, 4: torkolatszint, 5: felszálló ág, 6: tetőpont, 7: tetőpont magasság, 8: tetőpont távolság, 9: leszálló ág, 10: becsapódási pont, 11: becsapódási szög, 12: vízszintes távolság, 13: találkozási pont, 14: beesési szög, 15: teljes távolság, 16: lőszík, 17: csúszási szög, 18: oldalgás

- Irányzóvonal: a nézőkén és a célgömbön át a célpontig tartó vonal.

- Indulóvonal: a lövés pillanatában a csőtengely meghosszabbításával létrehozott egyenes.
- Indulószög: az indulóvonal és a torkolatszint által bezárt szög.
- Célpont: az a pont, melyre a fegyvert beirányozták.
- Találati pont: a röppálya és a céltárgy lövő felé eső felületének metszéspontja.
- Találati szög: a találati pontban a röppálya érintő és a cél felülete által bezárt, legfeljebb  $90^\circ$ -os szög.<sup>15</sup>
- Céltávolság: a kilépési ponttól a célpontig tartó, a torkolatszinttel párhuzamosan mért távolság.



12. számú ábra

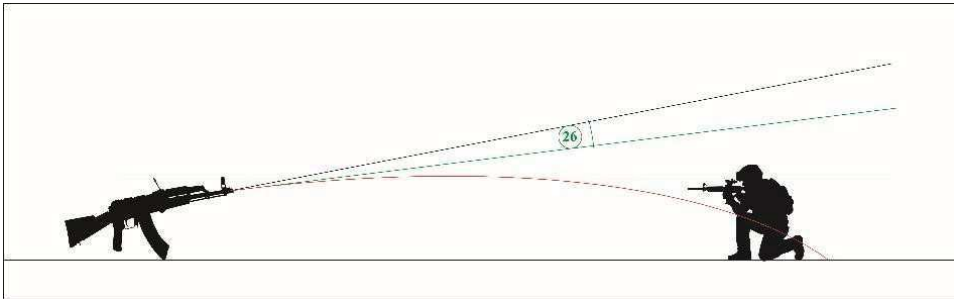
A röppálya elemei II. 19: irányzóvonal 20: indulóvonal, 21: indulószög, 22: célpont, 23: találati pont, 24: találati szög, 25: céltávolság

- Kirepülési szög: a lövés pillanatában valamely szabályos vagy véletlen hiba következtében az indulóvonal és az emelkedési vonal között mérhető szög. Negatív a kirepülési szög, ha az indulóvonal az emelkedési vonal alatt helyezkedik el. Pozitív kirepülési szög esetén az indulóvonal az emelkedési vonal felett található.

<sup>15</sup> Szilvássy László: Repülőfedélzeti tűzfegyverek lövedék mozgásának ballisztikai számítása. In: Repüléstudományi Közlemények On-line tudományos folyóirat 2014/1. szám, 62. o.

Forrás: [www.repulestudomany.hu/folyoirat/2014\\_1/2014-1-07-0175\\_Szilvassy\\_Laszlo.pdf](http://www.repulestudomany.hu/folyoirat/2014_1/2014-1-07-0175_Szilvassy_Laszlo.pdf)

Letöltés ideje: 2017.03.24.



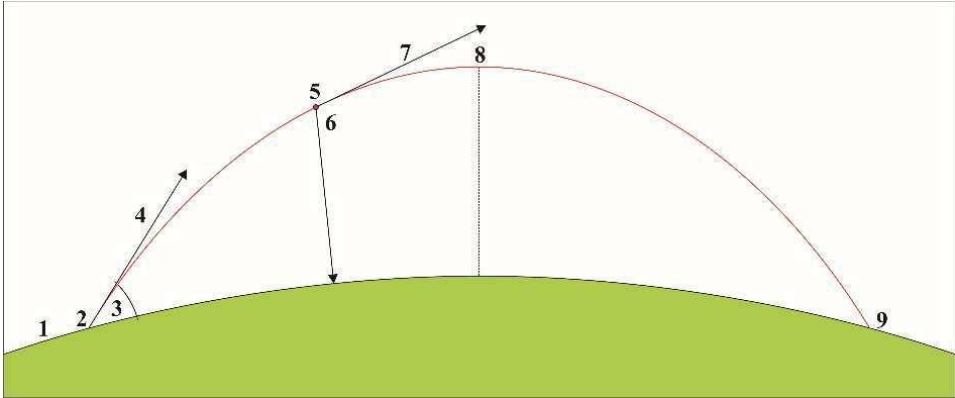
13. számú ábra  
A röppálya elemei III. 26: (negatív) kirepülési szög

### ***A röppálya légüres térben***

A repülő lövedékre, így közvetve a röppályára a nehézségi erő, illetve a légellenállás fejt ki hatását. A ballisztika módszerének megfelelően elsőként vizsgáljuk meg a röppálya alakulását légüres térben. A nehézségi erő vektora a lövedék tömegközéppontjában hat, az erő a föld középpontja felé mutat, nagysága fordítottan arányos a középponttól mért távolság négyzetével. Hatására a röppálya iránya fokozatosan közelebb hajlik a földhöz. A felszálló ágban a lövedék egyre távolabb kerül a föld középpontjától, ezért a rá ható nehézségi erő csökken, majd a tetőpont elérését követően a lövedék közelíteni kezd a föld középpontjához, ezért az erő növekszik. Az ilyen centrális erőterben a röppálya ellipszis alakú. Mindezek figyelembevételével elsőként a németek számították ki röppályát az első világháborúban bevetett Párizs ágyú alkalmazásakor.<sup>16</sup>

---

<sup>16</sup> Kováts Zoltán: i.m. 47. o.

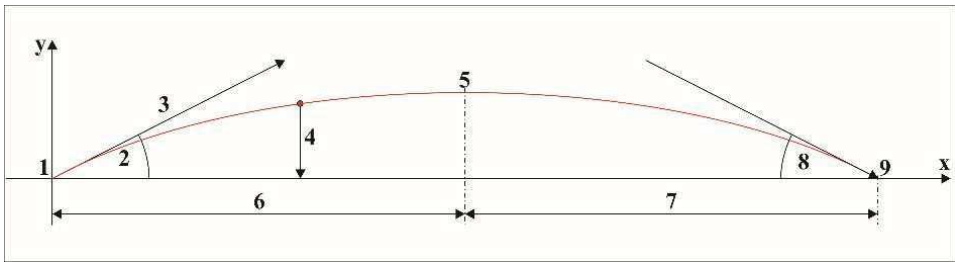


14. számú ábra

*Röppálya centrális erőterben. 1: földfelszín, 2: kilépési pont, 3: indulószög, 4: indulóvonal, 5: röppálya tetszőlegesen kiválasztott pontja, 6: nehézségi erő, 7: a kiválasztott ponthoz tartozó sebesség iránya, illetve röppálya érintő, 9: becsapódási pont*

A kézi lőfegyverek esetében számításba vehető lőtávolságok miatt a földfelszín görbületét szükségtelen figyelembe venni, a nehézségi erő nagysága állandónak, iránya a röppálya bármely pontján függőlegesnek tekinthető.<sup>17</sup> A lövedék az indulóvonal által meghatározott irányban, a kapott kezdősebességgel mozog, eközben azonban a nehézségi gyorsulás értékével szabadon esik a föld felé. E két egyidejű mozgás összegződésének eredménye parabola alakú röppálya. A légüres térben kilőtt lövedék pályája szimmetrikus, tetőpontja a kilépési és becsapódási ponttól azonos távolságokra helyezkedik el, tehát a röppálya felszálló és leszálló ágának hossza, valamint az induló és beesési szögek nagysága megegyezik.

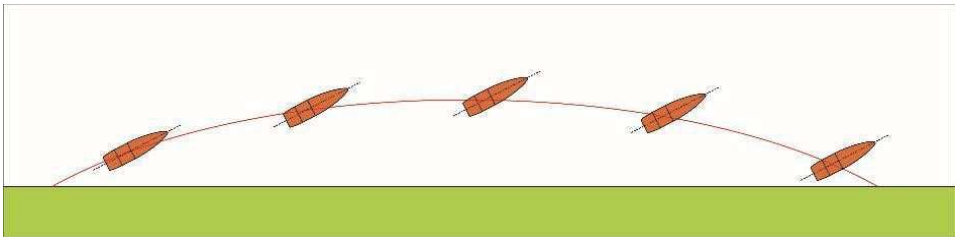
<sup>17</sup> Hihalmi Harmos Zoltán: i.m. 54. o.



15. számú ábra

Röppálya légüres térben. 1: kilépési pont, 2: indulószög, 3: vektor, 4: nehézségi gyorsulás, 5: tetőpont, 6: felszálló ág, 7: leszálló ág, 8: becsapódási szög, 9: becsapódási pont.

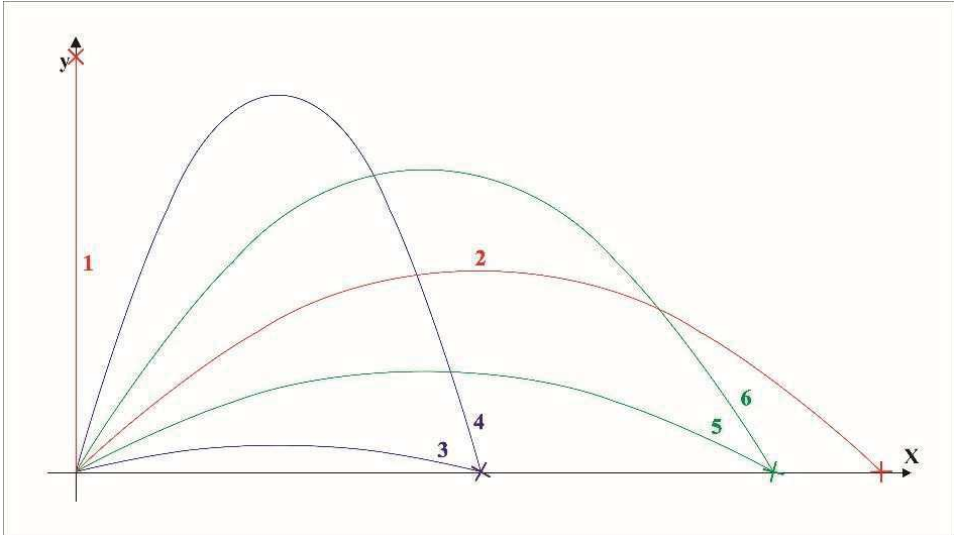
A lövedék alakja a légüres térben nem bír jelentőséggel. A forgásstabilizált lövedék tengelye légellenállás hiányában a teljes röppályán párhuzamos lenne az indulóvonallal.



16. számú ábra

Röppálya légüres térben. A lövedék hossz tengelye a teljes röppálya alatt párhuzamos az indulóvonallal.

A legnagyobb repülési magasság, azaz a legmagasabb tetőpont  $90^\circ$ -os indulószöggel, a legnagyobb repülési távolság  $45^\circ$ -os indulószöggel érhető el. A  $45^\circ$ -nál nagyobb indulószögek a felső, a kisebb indulószögek az alsó szögcsoporthoz tartoznak. Azonos kezdősebességű lövedékek esetén minden, a legnagyobb repülési távolságnál kisebb lőtávolsághoz két röppálya tartozik, melyek indulószögei  $90^\circ$ -ra egészítik ki egymást. Ezeket röppálya pároknak nevezik.



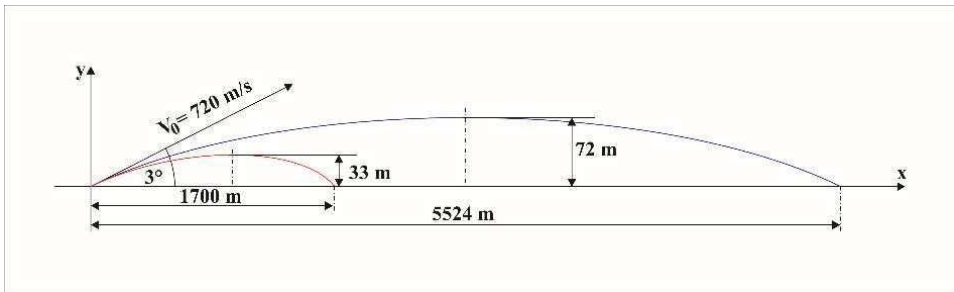
17. számú ábra

Azonos kezdősebességű lövedékek eltérő indulószögű röppályái légüres térben. 1: a  $90^\circ$ -os indulószöghöz tartozó legmagasabb röppálya, 2: a  $45^\circ$ -os indulószöghöz tartozó leghosszabb röppálya, 3–4: röppálya pár  $15^\circ$  és  $75^\circ$ -os indulószöggel, 5–6: röppálya pár  $30^\circ$  és  $60^\circ$ -os indulószöggel

### A röppálya léggel telt térben

Tekintsük meg, hogyan befolyásolja a röppálya alakulását, ha a lövést léggel telt térben adjuk le, azaz a lövedék ki van téve a légellenállás hatásainak: 8x56 R kaliberű 35 m típusú puskából 720 m/s kezdősebességgel,  $3^\circ$ -os indulószög alatt kilőtt lövedék számított repülési távolsága vákuumban 5524 m, léggel telt térben mindössze 1700 m.<sup>18</sup> Különbség tapasztalható a legnagyobb repülési távolsághoz tartozó röppályák indulószögében is. Mint láttuk, vákuumban ez az érték  $45^\circ$ , léggel telt térben a lövedék sebességétől és űrméretétől függően  $20\text{--}40^\circ$  közötti.

<sup>18</sup> Hihalmi Harmos Zoltán: i.m. 67. o.

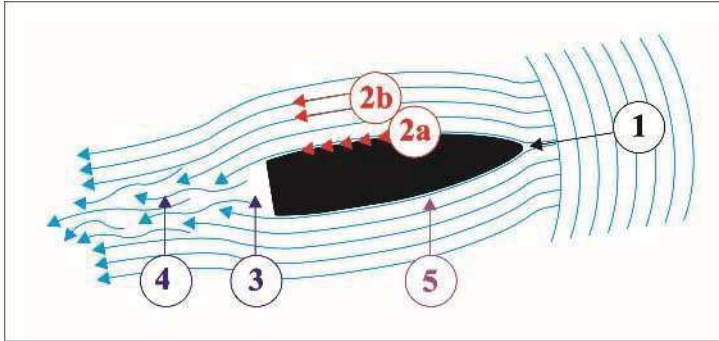


18. számú ábra

*Azonos fegyverrel és indulószöggel vákuumban és léggel telt térben leadott lövések során kialakuló röppályák összehasonlítása.*

A lövedék mozgási energiájának jelentős részét az útjában található levegőmolekulák „félretolására” használja fel. A részecskék mozgása következtében a lövedék környezetében lévő nyomásviszonyok megváltoznak, ami a haladási iránnyal ellentétes erőhatások létrejöttét eredményezi. A lövedékcsúc előtt a lövedéktengely irányában kitérített levegőrészecskék feltorlódnak, az innen váltakozva kiinduló sűrűsödési és ritkulási hullámok energiaigényét a lövedék mozgási energiája „fedez”. A levegő lövedék mentén történő áramlása sűrűsödést eredményez, amely belső (a levegőrészecskék között létrejövő) és külső (a levegő és a lövedék felülete közti) sűrűsödésből áll. A lövedék fara mögött keletkező turbulencia, illetve vákuum miatt kialakuló, környezeténél alacsonyabb nyomású levegő a lövedékre szívó hatást fejt ki. A légellenállás részét képezi még a felhajtóerő.

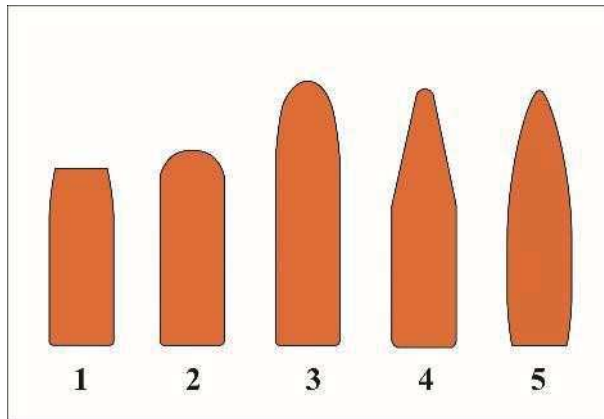




19. számú ábra

A légellenállás összetevői. 1: a lövedék keltette hullámok, 2a: külső súrlódás, 2b: belső súrlódás, 3: légritkulás, 4: örvénylés, 5: felhajtó erő

A légellenállás mértéke függ a lövedék sebességétől, a lövedék fizikai sajátosságaitól, valamint a levegő mint közeg aktuális állapotától. A levegő, azaz a légköri viszonyok változásainak hatása a szabályos hibák, illetve a szórás témakörben kerülnek részletes tárgyalásra. A lövedék kapcsán jelentőséggel bír annak mérete (hossz, űrméret), alakja (homloklapfelület, palást, lövedékfar kialakítása), felületi megmunkálása. Fontos megjegyezni, hogy a lövedék alakjából származó hatások mértékét a lövedék sebessége határozza meg. A légellenállásból eredő lassulásra hatással van a lövedéktömeg (a lassulás a légellenállás és a tömeg hányadosa). Fontos fizikai jellemző még a fajlagos keresztmetszeti terhelés (a lövedéktömeg és a keresztmetszeti felület hányadosa), amely fordítottan arányos a lassulással.



20. számú ábra

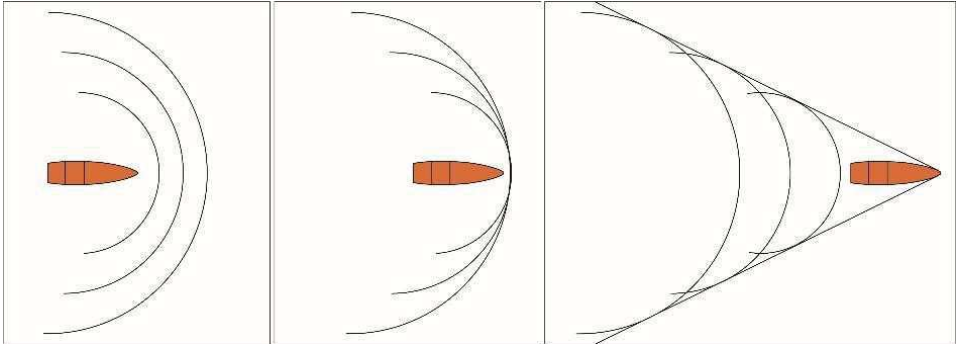
Lövedékformák. A légellenállás balról jobbra csökken. 1: lapos, 2: lekerekített, 3: parabolikus (régebben ogivál), 4: kúpos, 5: ogivál lövedékcsőcs

A légellenállás a sebességgel arányosan növekszik, a gyorsabb lövedéknek azonos idő alatt több levegőrészecske ellenállását kell legyőznie. Miután a sebességnek nem csak nagysága, de iránya is van, így a légellenállásra hatással van a röppálya indulószögének, illetve csúszási szögének értéke is.<sup>19</sup> A lövedék mozgása során kialakuló hullámok gömbfelület mentén, hangsebességgel terjednek. A hangsebességnél alacsonyabb sebesség esetén a lövedék előtt viszonylag kis nyomású levegő helyezkedik el, a keletkező hullámok a lövedékcsőcsot megelőzik, a lövedék sebességét jelentősen nem befolyásolják. A légellenállás a sebesség négyzetével arányos. Hangsebesség közelében a sűrűsödési hullám a lövedéktől nagyobb távolságra alakul ki. A hangsebesség elérésekor a keletkező hullámok a lövedék csúcsa előtt összetorlódnak, az összenyomott, környezeténél sűrűbb levegő megnövekedett ellenállása és a hullámellenállás miatt a légellenállás a sebesség magasabb hatványával lesz arányos. Hangsebesség felett a lövedék áttöri a sűrűsödési hullámokat, azok egy kúpfelület mentén leválnak a lövedékről, kialakul a lövedékcsőcsnál a kissé konvex fejhullám, illetve a lövedékfarnál

---

<sup>19</sup> Szilvássy László: i.m. 59. o.

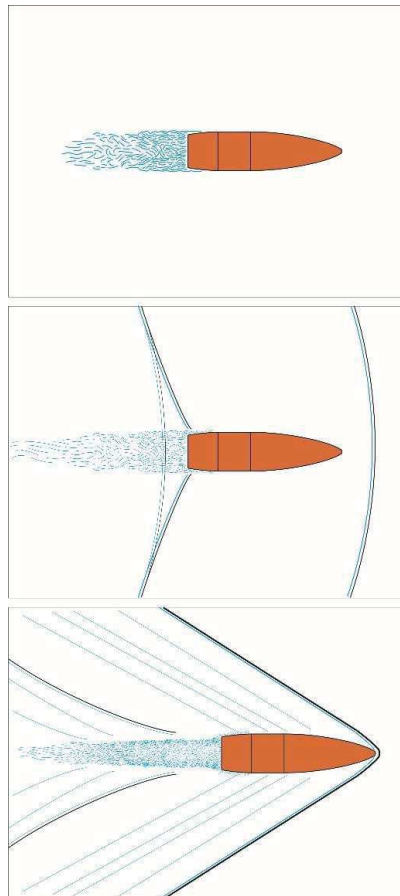
konkáván induló farokhullám. A sebesség növekedésével a fejhullám csúcshöge csökken. 700–800 m/s sebesség esetén a légellenállás ismét a sebesség négyzetével arányos. A hangsebesség átlépése során lejátszódó hangrobbanás jelenségéről a kézfegyverek esetében nem beszélhetünk. A lövedék a hangsebességet a fegyver csövében lépi át, nem a röppálya egy szakaszán.



21. számú ábra

*Bal oldali rajz: hangsebesség alatt repülő lövedék, melyet megelőznek az általa keltett, a levegőben hangsebességgel terjedő hullámok. Középső rajz: hangsebesség környezetében repülő lövedék, a lövedékcsúcs előtt az összetorlódott hullámok láthatóak. Jobb oldali rajz: hangsebesség felett repülő lövedék, amelyről a hullámok kúpfelület mentén leválnak.<sup>20</sup>*

<sup>20</sup> Kováts Zoltán: i.m. 65. o.



22. számú ábra

*Felső rajz: hangsebesség alatt repülő lövedék, mögötte turbulencia látható. Középső rajz: kevéssel hangsebesség felett repülő lövedék, megfigyelhető a fejhullám és a farokhullám. Alsó rajz: hangsebesség kétszeresénél nagyobb sebességgel repülő lövedék, a fejhullám és a farok-hullám hegyesszögben hajlik hátra.*

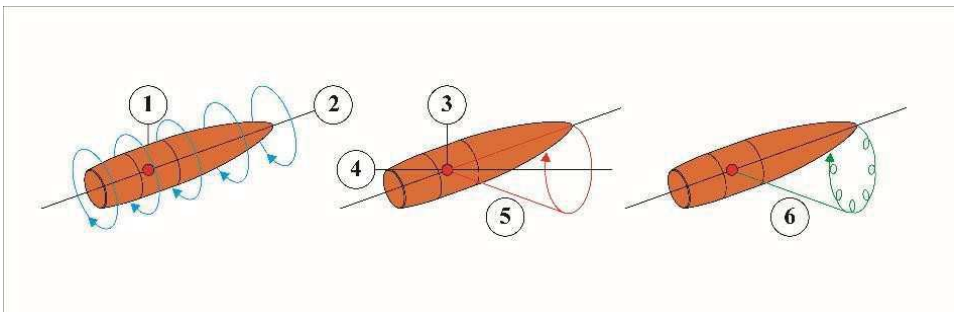
### *A forgás-stabilizált lövedék röpte léggel telt térben*

Alkalmazott definíciónk szerint a „*röppálya: az elhajított test (a lövedék) mozgása közben érintett térbeli pontok összessége; pontosabban az elhajított test tömegközéppontja által leírt görbe.*”<sup>21</sup> Mint láthattuk, a

<sup>21</sup> Haditechnikai kislexikon: i.m. 288.

röppályán haladó lövedékre a nehézségi erő és a légellenállás fejt ki hatását. A nehézségi erő a lövedék tömegközéppontjában hat, de a légellenállás támadáspontja általában nem esik egybe a tömegközépponttal, ezért a légellenállás a lövedéket a tömegközéppont körüli mozgásra készíti.<sup>22</sup> A pontos és hatásos lövés leadásának feltétele a röppálya optimális alakulása, a lövedék megfelelő helyzete a becsapódási pontban. A légellenállás okozta bukácsolás kiküszöbölése érdekében szükséges a lövedék stabilizálása. Azokat a lövedékeket, amelyek esetében a légellenállás támadáspontja a tömegközéppont előtt helyezkedik el, hossz tengelyük mentén megforgatva stabilizálják. (Ha a légellenállás eredője a tömegközéppont mögött hat, szárny-stabilizált lövedék alkalmazása a megfelelő.)

A forgás-stabilizált lövedék egyidejűleg háromféle forgó mozgást végez. Ezek a következők: saját tengely körüli forgás, kúpos ingás, azaz precesszió a dinamikai tengely körül (a precessziós kúp csúcsa a lövedék tömegközéppontja, alapvonalát a lövedékcsúcs mozgása adja), végül pedig a harmadik forgó mozgás, a nutáció tengelye a precessziós kúp palástján helyezkedik el.

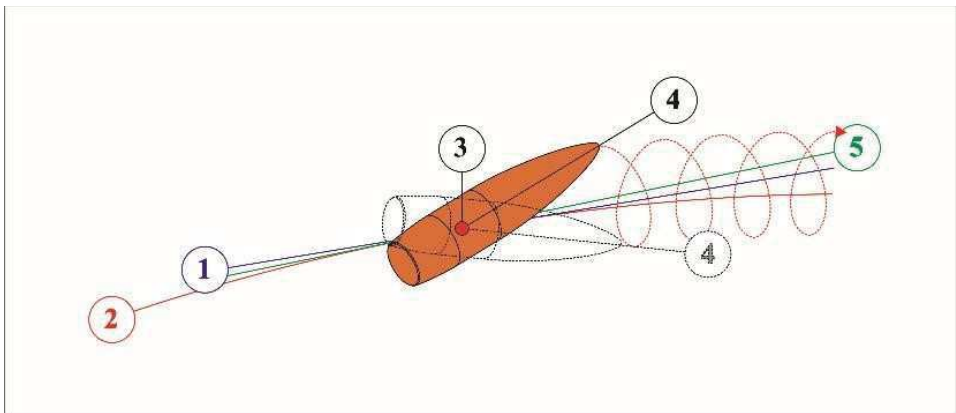


23. számú ábra

A lövedék forgó mozgásai. Bal oldali rajz: tengelyforgás. 1: tömegközéppont, 2: hossz tengely. Középső rajz: precesszió. 3: a precessziós kúp csúcsa, amely azonos a tömegközépponttal. 4: a kúp forgástengelye, a dinamikai tengely. 5: a kúp palástja. Jobb oldali rajz: nutáció. 6: nutációs tengely

<sup>22</sup> Kováts Zoltán: i.m. 92. o.

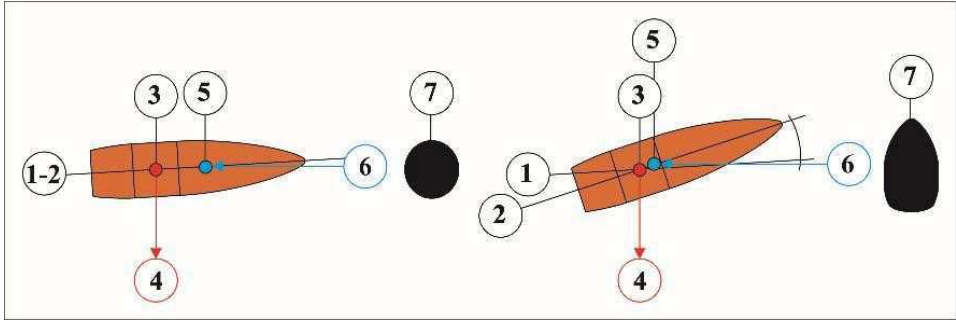
A lövedék hossztengetyét a légellenállás billentő nyomatéka a tömegközéppont körül elfordítva kitéríti a röppálya érintőből, azonban a tengelyforgás következtében a lövedék hossztengetye igyekszik eredeti helyzetébe visszatérni. A folyamatosan ismétlődő jelenség következtében a lövedék lassú kúpos mozgással halad a röppálya mentén, a mozgás tengelye, a dinamikai tengely kissé eltér a röppálya érintőtől. Ezt a jelenséget pörgettyű-hatásnak nevezik, melynek következtében a forgásstabilizált lövedék a lősíkból általában a tengelyforgás irányának megfelelően kitér.



24. számú ábra

*Forgás-stabilizált lövedék röptének vázlata. 1: pályaérintő, 2: röppálya, 3: tömegközéppont, 4: a lövedék hossztengetye, 5: dinamikai tengely*

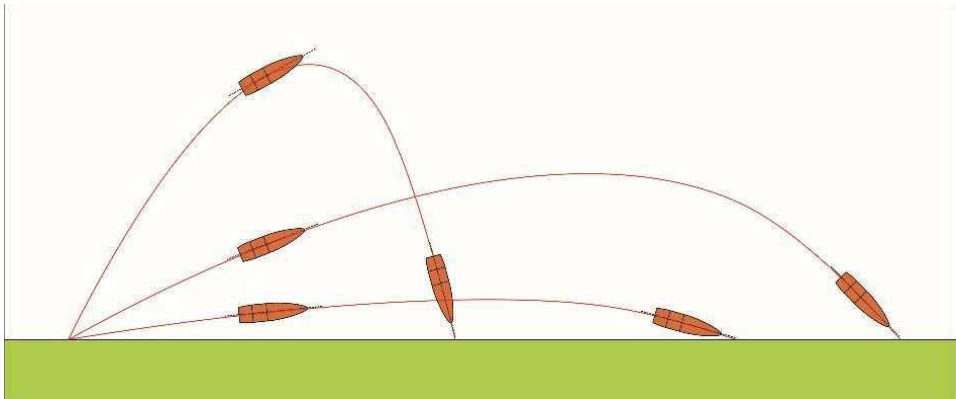
A lövedék mozgásának tárgyalt sajátosságai következtében a légellenállás nagysága folyamatosan változik (a röppálya érintő és a lövedéktengety közötti szög eltéréseinek megfelelően a légellenállás támadáspontjának helyzete, illetve a lövedék haladás irányában mutatott keresztmetszeti felülete változik, a lövedék sebessége a teljes röppályán folyamatosan csökken), ezért a lövedék kúpos ingásának alapvonala szabálytalan körvonalon megy végbe.



25. számú ábra

A lövedék röppálya érintőből történő kibillenésének hatása a légellenállásra. 1: röppálya érintő, 2: lövedéktengely, 3: tömegközéppont, 4: nehézségi erő, 5: légellenállás eredőjének támadáspontja, 6: légellenállás, 7: lövedék haladási irányába néző keresztmetszeti felülete

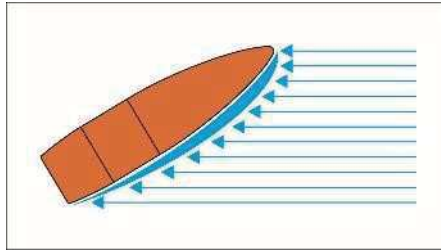
A lövedék forgási sebességének optimális megtervezése biztosítja, hogy a lövedék hossz tengelye kövesse a röppálya érintő lefelé hajlását. Figyelemmel kell lenni arra is, hogy a légellenállás folyamatosan fékezi a tengelyforgást, annak azonban a röppálya teljes hosszán megfelelő értéken kell maradnia. Kézfegyverek esetén ez a percnkénti 200 ezer fordulatot is meghaladhatja.



26. számú ábra

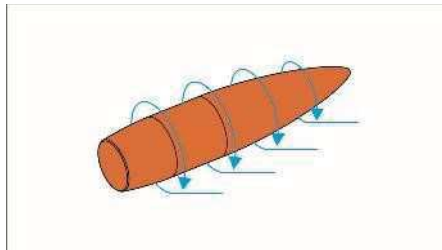
Az optimálisan stabilizált lövedék tengelye követi a röppálya változásait.

Megemlítünk két további jelenséget, melyek a forgás-stabilizált lövedékre oldalirányú erőt fejtenek ki. A párna- vagy Poison-hatás esetében a lövedék alatt megrekedő levegő a környezeténél nagyobb nyomású „párnát” hoz létre, melyen a lövedék a huzagolás irányában gördül, tehát a lősík irányából kitér.



27. számú ábra  
Párna- vagy Poisonhatás

A köpeny-, másként Magnus-hatás során a forgó lövedék magával ragadja a körülötte lévő légrésezecskéket, melyek a forgásiránynak megfelelő oldalon feltorlódva a lövedéket a forgásiránnyal ellentétes oldali ritkább légréész felé mozdítják.



28. számú ábra  
A köpeny- vagy Magnus-hatás

Mindkét jelenség abban az esetben jön létre, ha az indulószög értéke a nullától eltér.



## Lövési hibák

Ha fegyverünket egy célpontra irányozva lövéseket adunk le, tökéletes találatot a legritkább esetben érünk el. Azt fogjuk tapasztalni, hogy a találatok egy adott területen belül, annak közepe felé sűrűsödve helyezkednek el. E terület középpontja a találati pont, melynek a célponttól való eltérése a rendszeres hibák, míg a találati pont körüli szóródásuk a véletlen hibák eredménye.



29. számú ábra

*A rendszeres és a véletlen hibák. 1: célpont, melyre a fegyvert beirányoztuk. 2: találati pont, melynek a célponttól eltérő helyzetét a rendszeres vagy szabályos hibák okozzák. 3: a véletlen hibák okozta szórás.*

### *A rendszeres vagy szabályos hibák okai*

- A fegyver. Aktuális műszaki állapota jelentősen befolyásolja a pontosságot. A csőkopás csökkenő kezdősebességet eredményez. A cső rezgése horizontális indulóhibát okoz. Ez a pörgettyű-, párna- és köpenyhatással együtt okozza az oldalgást, amelyet az alacsony indulószöggel, kis lőtávolságon (mintegy 500 m) tüzelő

kézfegyverek esetében a csekély hatás miatt nem szükséges figyelembe venni.

- A lőszer. A lőpor hőmérséklete, nedvességtartalma, a lövedék tömege, illetve minden egyéb, a belballisztikai részben tárgyalt, a lőpor égési sebességére, azaz a gáznyomásra, kezdősebességre ható körülmény.
- Az irányzék állapota. Nem megfelelően belőtt fegyver, a célgömb elverődése (oldalirányú elhajlása, amely a fegyver dőlt pozícióban való működtetését eredményezi).
- A lövész/irányzó személyi hibái. Ilyenek például: alá- és fölcélzás, finom, illetve durva célzás, oldalra elszorított vagy elferdített (oldalirányban megdöntött fegyverrel leadott) lövések.<sup>23</sup>
- Az indulószög. A lövész/irányzó és a cél közötti nagy magasságkülönbség esetén az indulószög növekedésével a találati pont feljebb helyeződik.
- A légkör. A légnyomás csökkenésével a légellenállási erő csökken, a lőtávolság nő. Hatása a tengerszint felett 1000 m magasságtól jelentős. A hőmérséklet növekedésével a levegő sűrűsége, így a légellenállási erő csökken. A relatív páratartalom emelkedésével kissé nő a légellenállás. Az oldalszél jelentős hatású, míg a hátszél és az ellenszél jelentéktelen mértékben növeli, illetve csökkenti a lőtávolságot.
- A föld mint égitest. Nagyon nagy távolságok esetében a földfelszín görbülete, a nehézségi erő változása, a föld forgása (centrifugális erő, Coriolis-erő) befolyásolja a röppálya alakját, a kézfegyverek esetében ezek egyike sem bír jelentőséggel.

---

<sup>23</sup> Domonkos János: Lövészeti alapismeretek. Magyar Honvédelmi Szövetség Országos Központ Általános Honvédelmi Oktatási és Tömegsport Osztálya. Budapest, 1983. Oldalszám nélkül.

### *Véletlen hibák, a szórás*

A szabályos hibák forrásai a véletlen hibák okozóivá is válhatnak. A szórást a lövések leadása során folyamatosan változó körülmények eredményezik.

- A fegyver esetében a csökopás következménye bizonytalan lövedékmozgás lehet. A kilazult vagy kopott mozgó alkatrészek, helytelen feltámasztás okozta rezonancia az indulási szög ingadozásához vezethet.
- A lőszer tekintetében elsősorban gyártási hibák jöhetnek számításba.
- A légkört vizsgálva a légnyomás ingadozása, a szélirány vagy szélerő változása, a csapadék eredményez szórást.
- A lövész által nem megfelelő módon végrehajtott fegyverfogások, például rossz fogás, elsütési technika eredményez véletlen hibákat.

### *A küllballisztika kriminalisztikai vonatkozásai*

*„A lövedék mozgásának számítása bonyolult dinamikai feladat. Ismernünk kell a vizsgálat kezdetének időpontjára vonatkozó adatokat, a mozgás közben ható erők nagyságát, irányát és értelmét, ezen kívül támadási pontjukat a lövedéken a mozgás minden pillanatában, azaz az idő függvényében. Ha mindezek rendelkezésünkre állnak, akkor meg tudjuk határozni – tetszés szerinti időpontokban – a mozgó lövedék térben elfoglalt helyét, sebességének nagyságát és irányát, a hozzátartozó gyorsulást stb.”<sup>24</sup> A helyszínen tevékenykedő kriminalista utólagos, feltáró és rekonstruáló tevékenységet végez. Ebből fakadóan nincs a bonyolult ballisztikai számításokhoz szükséges adatok birtokában, sőt, ezen adatok nagy része számára hozzáférhetetlen (például adott időben, területen milyen irányú és erejű szél fújt). Szerencsénkre az esetek többségében a kis lőtávolságok miatt a röppályák egyenes vonalakként értékelhetőek.<sup>25</sup>*

---

<sup>24</sup> Kováts Zoltán: i.m. 77. o.

<sup>25</sup> Tóth István: Kriminalisztikai fegyvertan. Rejtjel Kiadó. Budapest, 2005. 16. o.

Ilyenkor nincs szükség számításokra, helyettük megteszik a jól bevált színes zsinegek, pálcák, illetve lézerceruza. Nagy távolságok esetén a röppálya hozzávetőleges meghatározásában ballisztikai táblázatok, valamint az internetről letölthető ballisztikai kalkulátorok lehetnek segítségünkre.

## **Célballisztika**

*„A célballisztika a lövedék mozgási energiájának a céltárgyban való felemésztődésével (áthatoló lövés esetén részbeni leadásával), a löcsatornában való mozgásával, valamint az átadott energia által okozott lövési sérüléssel (anyaghiánnyal, a löcsatorna alakbeli és méretbeli jellemzőivel) foglalkozik.”<sup>26</sup>* Tehát a célballisztika tárgya a lövedék által a röppálya végső szakaszán, azaz a becsapódáskor kifejtett hatások összessége. E hatások milyenségét és mértékét szűkebb értelemben véve a lövedék és a célobjektum tulajdonságai határozzák meg.

### **A lövedék**

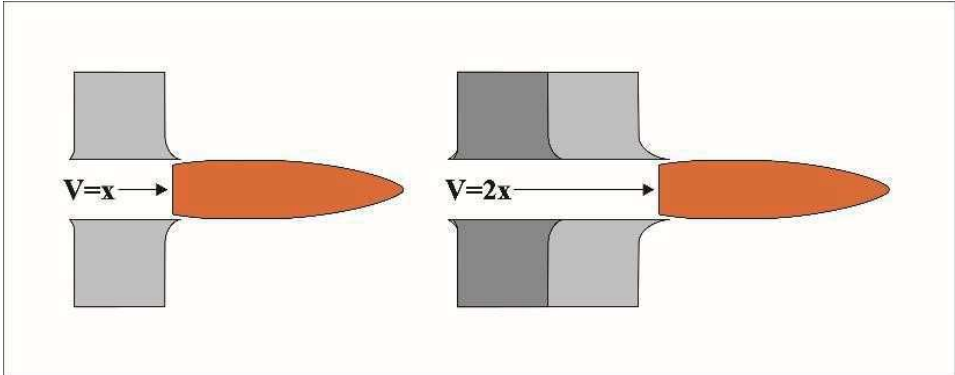
Célballisztikai szempontból a lövedék következő tulajdonságai relevánsak:

- A lövedék sebessége. A forgás-stabilizált lövedék mozgási energiáját haladási és forgási kinetikus energiájának összege adja. A haladási energia számításában a lövedék sebessége négyzetesen szerepel, azonban a célobjektum ellenállása is változik a lövedék sebességének növekedésével (lásd légellenállás), ezért a lövedék áthatoló képessége közelítőleg egyenesen arányos a sebességével.<sup>27</sup>

---

<sup>26</sup> Tóth István: i.m. 14. o.

<sup>27</sup> Hihalmi Harmos Zoltán: i.m. 188. o.

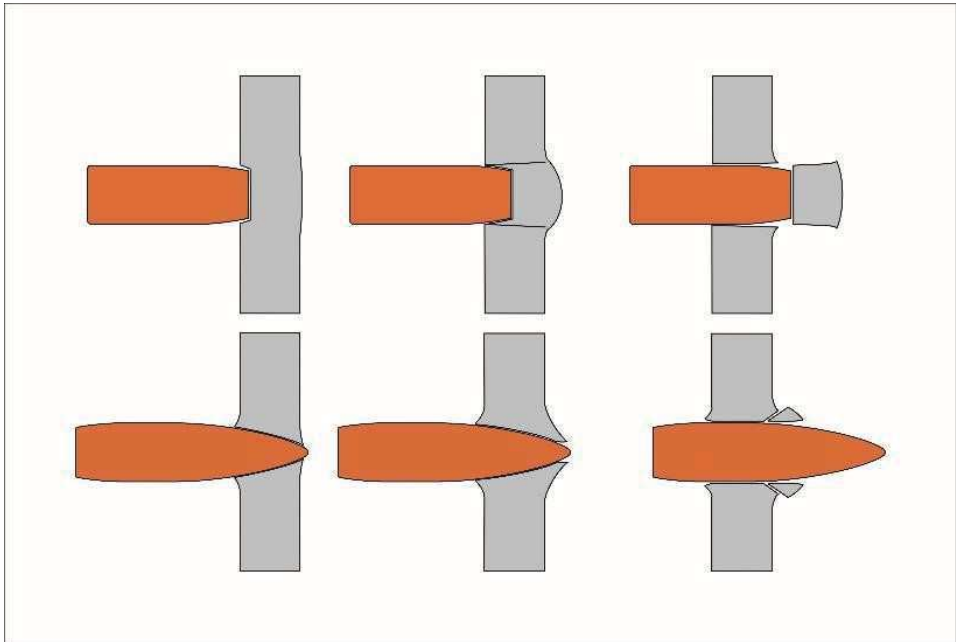


30. számú ábra

*A lövedék által a célban kifejtett hatások és a sebesség viszonya. A kétszer nagyobb sebességű lövedék megközelítőleg kétszer akkora átütőerővel bír (azonos anyag, alak és méret esetén).*

- A lövedék tömege. Azonos alakú és kaliberű lövedék esetén a nagyobb fajsúlyú lövedék nagyobb átütőerővel bír. Az átütőerő megközelítőleg egyenesen arányos a lövedék tömegével.<sup>28</sup>
- A lövedék alakja és kalibere. A lövedék becsapódásakor a céltárgy részecskéit útjából félretolja. Az aerodinamikailag kedvezőbb forma (lásd külbálsztika), illetve kisebb keresztmetszeti felület hatására az átütőerő nő, a nagyobb légellenállást eredményező forma és a keresztmetszeti felület növekedése az energialeadás növekedése felé mutat.

<sup>28</sup> Hihalmi Harmos Zoltán: i.m. 188. o.

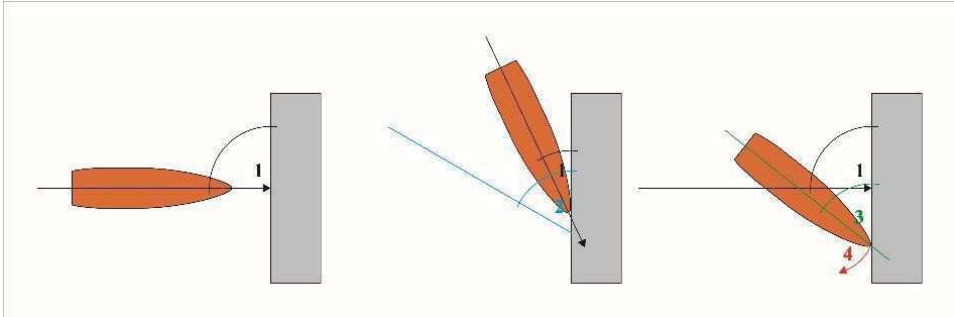


31. számú ábra

*Lapos és ogivál kialakítású lövedékek hatásmechanizmusának összehasonlítása szilárd céltárgy átütésekor*

- A találati szög. A lövedék  $90^\circ$ -os találati szög esetén fejt ki a legnagyobb hatást a céltárgyra. Határszögnek nevezzük azt az értéket, amely alatt a lövedék le pattan a felületről. Ezt a jelenséget nevezzük gurulatnak. A határszög értékére hatással van a lövedék sebessége, alakja, valamint a cél anyaga és vastagsága. Közepes értékű határszögek vízfelületre:  $6\text{--}10^\circ$ , talajra:  $10\text{--}12^\circ$ , falazatra:  $30\text{--}50^\circ$ .<sup>29</sup> A külballisztika témakörben tárgyalt precessziós ingás következtében megtörténhet, hogy a becsapódáskor a röppálya érintő nem esik egybe a lövedék hossztengegyével. Ez esetben billentő nyomaték keletkezik, amely a céltárgy jellemzőitől függően jelentősen rontja a lövedékhatást.

<sup>29</sup> Hihalmi Harmos Zoltán: i.m. 176. o.



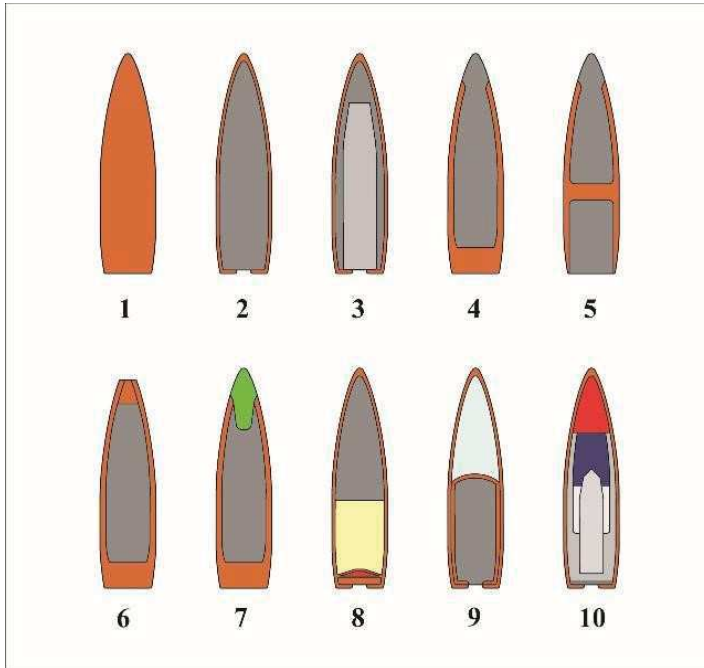
32. számú ábra

A találati szög. Bal oldali ábra: a legnagyobb hatást biztosító  $90^\circ$  nagyságú találati szög. Középső ábra: határszög alatti, gurulatót eredményező becsapódási szög. Jobb oldali ábra: a röppálya érintő és a lövedéktengely eltérése következtében létrejövő billentő nyomaték. 1: találati szög, 2: határszög, 3: a lövedéktengely által a célfelületre bezárt szög, 4: billentő nyomaték

- A lövedék anyaga és szerkezeti felépítése. A homogén lövedék azonos anyagból készül, melyet esetleg vékony bevonattal látnak el. Ilyen lövedékek készülnek az alacsony kezdősebességű kaliberekhez ólomból, vadászati célra rézötövetből, nagy lőtávolságú mesterlövész fegyverekhez lágycélből és rézötvetből. (Sörétszemeket gyártanak cinkből, bizmutból, illetve ónból is.<sup>30</sup>) Az összetett lövedékek legegyszerűbb formája korrózióvédelmi célt szolgáló bevonattal ellátott lágycélből vagy rézötvetű köpennyel burkolt ólommagból áll. A páncéltörő lövedékek áthatoló erejük növelése érdekében keményfém maggal rendelkeznek, amely legtöbbször acélből készül. A leghatásosabb áthatoló magok a kézfegyverek esetében wolfrám-karbid anyagúak. Az expanzív lövedékek, mint nevükből is következik, a becsapódást követően szétterülnek, ennek célja az energialeadás. Az expanzió megvalósulhat a lövedék egy részének szétesésével vagy deformálódásával. E lövedékek ólom- vagy üreges hegyűek, köpenyük a lövedékcsúcsnál nyitott, esetenként műanyag vagy

<sup>30</sup> A. E. Hartink: Sörétes és vegyes csövű vadászpuskák enciklopédiája. Gabo Könyvkiadó. Budapest, 1999. 42. o.

könnyűfém ballisztikai süveggel ellátott. Léteznek speciális célú lövedékek, mint a nyomjelző, a gyújtó, a belövő, illetve a többcélú lövedékek (például páncéltörő-gyújtó).



33. számú ábra

Lövedéktípusok. 1: homogén, 2: ólommagvas, 3: acélmagvas, 4: ólomhegyű, 5: osztott-magvas ólomhegyű, 6: üreges hegyű, 7: ballisztikai süveggel ellátott, 8: nyomjelző, 9: gyújtó, 10: többcélú lövedék, amely áthatoló maggal, robbanó- és gyújtótöltettel is ellátott

### ***A célobjektum***

A lövedék célban kifejtett hatását nagy mértékben befolyásolják a találati pontban elhelyezkedő objektum tulajdonságai. Mi történhet a találat pillanatában? Ha a cél felületének alakjában sajátosságai eleve csak határszög alatti becsapódást tesznek lehetővé, úgy a lövedék gellert kapva arról lepattan. Ebből a megfontolásból igyekeznek a harckocsik páncélzatát a



lehető legkisebb dőlésszögűre kialakítani. Ha a lövedéket felfogó nagyméretű tárgy felülete nagyon kemény, úgy a lövedék arra felkenődve, vagy azon szilánkokra törve teljes mozgási energiáját behatolás nélkül elveszítheti. A megfelelő fizikai és ballisztikai sajátosságokkal rendelkező lövedék a célobjektumba behatolva azt átüti. Ha ehhez kinetikus energiája nem elegendő, a felületen benyomatot, becsapódási krátert hoz létre, vagy a behatolást követően valamilyen mélységben megáll.

#### *Lövedékhatás az anyagminőség függvényében*

A képlékeny anyagok (műanyagok, fémek) plasztikus deformációt szenvednek.

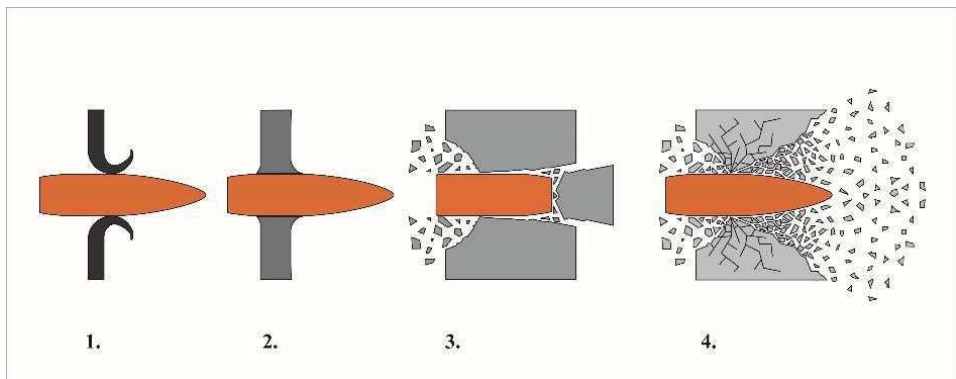
- A vékony lemezek a becsapódó lövedék csúcsa alatt a lőiránynak megfelelően benyomódnak, majd átszakadnak, a nyílás széle tésztaszzerűen megnyúlik, esetenként sugárirányban szakadozott, kifelé hajló lesz. Ezt angol nyelvterületen szirmosodásnak vagy szíromképződésnek (petaling) nevezik.
- Nagyobb anyagvastagságnál a behatoló lövedék palástja mentén az anyag kitüremkedik, átütése a lemezeknél tárgyalttal azonos módon megy végbe.
- Lapos lövedékképzés, illetve közepes keménységű anyagok esetében nyíró jellegű deformáció figyelhető meg, ennek során a lövedék előtt a céltárgy anyagából dugó képződik, melyet az a löcsatornából kilök.<sup>31</sup>

A merev, rideg anyagokba (nagy keménységű, hőkezelt fémek, kőzetek, üveg, beton, téglá) történő lövedékbecsapódás esetén úgynevezett ridegtörés játszódik le. A cél anyaga a közölt energia hatására összetöredezik. Különösen edzett páncéllemezek esetében jellemző a kagylótörésű darabok keletkezése, illetve üvegeknél tapasztalhatjuk sugárirányú törésvonalak megjelenését. A keletkező anyagfolytonossági

---

<sup>31</sup> Szilvássy László: i.m. 60. o.

hiány a kimeneti nyílás felé szélesedő tölcsér, esetleg két, csúcsával egymás felé fordított kúp alakját veszi fel, melyek közül a kimeneti nyílás felé néző a szélesebb. Megtörténhet, hogy a lövedék a célt nem üti át, abban megáll, azonban az előtte maradt anyagrészt a közölt mozgási energia áttöri. Ebben az esetben egy mindkét végén nyitott lócsatorna a végeredmény, amelyben a lövedék benne maradt. A jelenséget áthatolásnak nevezik.<sup>32</sup>



34. számú ábra

*Különböző tulajdonságú célsanyagok átütése. 1: plasztikus deformáció  
szíromképződéssel, 2: plasztikus deformáció, 3: dugóképződés, 4: ridegtörés*

300 m/sec becsapódási sebességnél, közepes anyagminőségek figyelembevételével, a lövedék átmérőjéhez viszonyítva az alábbi behatolási mélységek valószínűsíthetők:

- beton: 1,5–2D
- terméskő: 1,5–2,5D
- tégl: 2,5–5D
- keményfa: 5–7D
- puhafa: 8–10D
- talaj: 10–14D<sup>33</sup>

<sup>32</sup> Hihalmi Harmos Zoltán: i.m. 189. o.

<sup>33</sup> Hihalmi Harmos Zoltán: i.m. 176. o.