



# MŰSZAKI KATONAI KÖZLÖNY

## Kiemelt közlemények

**BALLA TIBOR – PADÁNYI JÓZSEF:**  
*Műszaki kiválóságok: Murahidy Gusztáv Győző*

**EMBER ISTVÁN:**  
*Hatásvizsgálati robbantás kumulatív töltetekkel*

**RAKACZKI ISTVÁN:**  
*Csehszlovák erődítések 1933–1938*

32. évf. (2022)  
3. szám

ISSN 2063-4986 (elektronikus)



**LUDOVIKA**  
EGYETEMI KIADÓ

## **Műszaki Katonai Közlöny**

A Nemzeti Közszolgálati Egyetem Hadtudományi és Honvédtisztképző Kara, valamint a Magyar Hadtudományi Társaság Műszaki Szakosztályának elektronikus (online) megjelenésű tudományos folyóirata.

ISSN 2063-4986 (elektronikus)

### **Szerkesztőbizottság elnöke**

Padányi József

### **Szerkesztőbizottság**

Árpád Lőrincz

Hanka László

Hornyacsek Júlia

Horváth Tibor

Kovács Tibor

Kovács Zoltán

Kuti Rajmund

Pavel Manas

Nagy Rudolf

Tóth Rudolf

### **Főszerkesztő**

Kovács Zoltán

### **Szerkesztőség címe**

Nemzeti Közszolgálati Egyetem Hadtudományi és Honvédtisztképző Kar  
Művelési Támogató Tanszék

1101 Budapest, Hungária krt. 9–11. A épület, 949. iroda

Levelezési cím: 1581 Budapest, Pf. 15.

E-mail: [kovacs.zoltan@uni-nke.hu](mailto:kovacs.zoltan@uni-nke.hu)

Telefon: +36 1 432 9000/29 539 • HM 02-22-9539

### **Kiadó**

Nemzeti Közszolgálati Egyetem, Ludovika Egyetemi Kiadó

Kapcsolat: [www.ludovika.hu](http://www.ludovika.hu); [kiadvanyok@uni-nke.hu](mailto:kiadvanyok@uni-nke.hu)

1083 Budapest, Ludovika tér 2.

A kiadásért felel: Deli Gergely rektor

Olvasószerkesztők: Bujdosó Hajnalka, Resofszi Ágnes

Tördelőszerkesztő: Fehér Angéla



## Tartalom

Balla Tibor – Padányi József <i>Műszaki kiválóságok: Murahidy Gusztáv Győző . . . . .</i>	5
Ember István <i>Hatásvizsgálati robbantás kumulatív töltetekkel . . . . .</i>	13
Rakaczki István <i>Csehszlovák erődtések 1933–1938 . . . . .</i>	25
Kutassy Emese <i>Topográfiai térképek megbízhatósága terepmodell előállításához . . . . .</i>	49
Nagy Rudolf <i>Szerves foszforsavészter-alapú idegmérgek a növényvédelemben. . . . .</i>	71
Ádám Balázs – Ember István <i>Béléstestek készítésének technikai lehetőségei alacsony sűrűségű anyagból . . . . .</i>	101
Gyarmati József – Hegedűs Ernő – Gávay György <i>Automata sebességváltóban alkalmazott kapcsolt bolygóművek – Wilson-váltó. . . . .</i>	113





Balla Tibor<sup>1</sup>  – Padányi József<sup>2</sup> 

# Műszaki kiválóságok: Murahidy Gusztáv Győző

## Engineer Geniuses: Gusztáv Győző Murahidy

*Murahidy Gusztáv az I. világháború minden európai harcterén megmutathatta műszaki tehetségét. Katonáival számos hidat építettek, javítottak vagy erősítettek meg. Építettek állásokat, telepítettek drótkadályokat, ha kellett a gyalogsággal válllvetve harcoltak. A háború után sem szakadt el szakmájától, oktatott a Ludovikán, majd műszaki parancsnokként teljesített szolgálatot. A becsülettel viselt háborús évek után is a katonai műszaki szakmában maradt, de már az Egyesült Államok hadseregének munkáját segítette civil mérnökként.*

**Kulcsszavak:** műszaki támogatás, erődítés, hidépítés

*Gusztáv Murahidy could showcase his engineering skills on all European fronts of the First World War. Together with his brothers in arms, he built, repaired and strengthened numerous bridges. He built firing positions, installed wire entanglements, and when needed, fought shoulder to shoulder with the infantry. He stayed in his beloved profession of the Great War, taught at the Ludovika Academy, then served as an engineering chief officer. Following honourable service in the Second World War, he still stayed in his profession, but by that time, he aided the work of the United States Army as a civilian engineer.*

**Keywords:** engineer support, fortification, bridge construction

<sup>1</sup> Kutatóprofesszor, Nemzeti Közszerológati Egyetem Hadtudományi és Honvédtisztképző Kar, e-mail: [balla.tibor@uni-nke.hu](mailto:balla.tibor@uni-nke.hu)

<sup>2</sup> Egyetemi tanár, Nemzeti Közszerológati Egyetem Hadtudományi és Honvédtisztképző Kar, e-mail: [padanyi.jozsef@uni-nke.hu](mailto:padanyi.jozsef@uni-nke.hu)

## 1. Katonatiszti pályafutása az I. világháborúban

1890. január 29-én Budapesten született Münzberg Gusztáv néven, római katolikus vallású családban. 1932 és 1936 között, pontosan meg nem határozható időpontban családnevét Murahidy-re magyarosította. Édesapja Münzberg Győző, dohánygyári aligazgató, édesanyja Grigoli Gizella volt. Gyermekkorában – két húgával együtt – a Soroksári (ma Ráday) utca 41. szám alatt lévő szülői házában nevelkedett.

Első felesége Pfogner Anna volt, akitől 1949. október 7-én az ausztriai Welsben elvált.<sup>3</sup> 1949. november 24-én másodszor is megházasodott, a délvidéki sváb származású Bernhardt Erzsébetet vette nőül az ausztriai Vöcklabruckban, ahol a Gmundnerstrasse 41. alatt éltek.<sup>4</sup> Első házasságából két gyermeke született, Edit (Budapest, 1918. február 20.) és Győző (Budapest, 1920. május 9.). Fia apja foglalkozását választotta, 1941-ben avatták hadnaggyá, műszaki tisztként, 4. rangszámmal.<sup>5</sup> Hivatásos tisztként szolgált 1945-ig a 101. honvéd hidászszázalognál, 1945–1947 között Ausztriában és Németországban, majd Ausztráliában élt. Második házasságából származó nevelt fia, Major Norbert (Budapest, 1925. november 27.) 1945-ig szintén hivatásos tiszt volt, 1945–1947 között orosz hadifogságban sínylődött, 1947-től segédmunkásként, 1961-től pedig mérnökként dolgozott.<sup>6</sup>

Elemi iskolai tanulmányait Budapesten a III. kerületi szentendrei úti elemi iskolában végezte. A magyar királyi Honvéd Főreáliskolában folytatott tanulmányait 1904-ben kezdte meg, s 45 társa közül évfolyamelsőként, jeles eredménnyel fejezte azt be 1907-ben. 1907–1910 között a császári és királyi Katonai Műszaki Akadémiát dicsérettel végezte el Mödlingben. 1916–1917-ben a bécsi műegyetem tanfolyamának elvégzése után hidépítő mérnöki diplomát szerzett.<sup>7</sup>



1. ábra: Murahidy Gusztáv vezérőrnagy 1943. november 1-jén

Forrás: HL AKVI 1890/3150.

<sup>3</sup> Pfogner Anna 1974. január 23-án hunyt el Budapesten, életének 79. évében.

<sup>4</sup> Bernhardt Erzsébet 52 év emigráció után tért haza, 1996-ban Budapesten hunyt el, életének 98. évében. Férje mellé temették el a Farkasréti temetőben. *Hadak Útján – Bajtársi Híradó*, 48. (1996), 447.

<sup>5</sup> *Honvédségi Közlöny – Személyes ügyek*, 53. (1941), 37. 480.

<sup>6</sup> Hadtörténelmi Levéltár (HL) Tiszti anyakönyvi lapok (AKVI) 1890/3150; HL Honvédelmi Minisztérium (HM) 4. osztály 1943.

<sup>7</sup> HL AKVI 1890/3150.

Pályafutása során műszaki ismereteit több gyakorlati ismeretekkel együtt járó tanfolyam (kőzetfúró, folyami vontató vezetői, mozdonyvezetői) elvégzésével és a megkívánt vizsga sikeres letételével is gyarapította. Nyelvismerete lenyűgöző volt, hiszen a magyar mellett tökéletesen használta a német és az angol nyelvet, továbbá olaszul és franciául is igen jól tudott.<sup>8</sup>

Katonatiszti pályafutását 1910. augusztus 18-án hadnagyként kezdte a császári és királyi 7. (1912 után 4.) utászászlóaljban Budapesten. Fiatal tisztként már életmentő képességeit is bebizonyította: 1911. április 19-én egyik tisztársával egy munkást húzott ki a Dunából, aki az újpesti vasúti hídról ugrott a vízbe.<sup>9</sup> 1913-tól a császári és királyi hidászsászlóalj állományában szolgált Krems an der Donauban. Az I. világháború kitörésekor, 1914. augusztus 1-jén főhadnaggyá nevezték ki. A viláégés során végig alakulata, a közös hadsereg 1. hídépítő zászlóalja kötelékében, az 1. hidászsázad parancsnokaként küzdött a különböző háborús hadszíntereken: 1914 őszétől 1915 szeptemberéig az orosz hadszíntéren Galíciában és Orosz-Lengyelországban harcolt, ahol számos nagyobb hídépítésben vett részt a Visztulán (például Anapolnál, Zawichostnál), valamint az 1915. május 2-án lezajlott gorlicei áttörés után a Dunajecen Radlownál és Rudkánál, továbbá a Wisłoka és a San folyókon, amelyek jelentősen megkönnyítették a saját csapatok átkelésének lefolyását. A Dunajec mentén húzódó osztrák–magyar állások megerősítésében is szerephez jutott alakulatával.



2. ábra: A műszakiak által, mocsaras területen épített híd

Forrás: Jacobi Ágost (szerk.): *Magyar műszaki parancsnokságok, csapatok és alakulatok a világháborúban*. Budapest, Közlekedési Nyomda K.F.T., 1938. 221.

1915 októberétől zászlóaljával részese volt a központi hatalmak Szerbia ellen indított összehangolt hadjáratának, amelynek során szintén hídépítéseket végzett (például Kevevára–Szendrő között a Dunán, Zimony és Belgrád között a Száván), továbbá részt vett a Dunán Ramnál történt átkelésben. 1916 januárjától a Kotori-öbölben több új kikötői móló építésében segédkezett. 1916 áprilisától a dél-tiroli osztrák–magyar offenzíva hadműveleteinek előkészítése során több híd építésében is közreműködött. 1916 augusztusától 1917 júliusáig a román fronton műszaki századparancsnokként, majd pótkeretparancsnokként ténykedett, részt vett a központi hatalmak 1916. november 24–25-én történt hídverésében, amikor a császári és királyi hidászok Szvistov és Zimnicea között egy 930 méter hosszú Herbert-rendszerű hidat

<sup>8</sup> Szakály Sándor: *A magyar katonai felső vezetés 1938–1945*. Lexikon és adattár. Budapest, Ister Kiadó, 2001. 239.

<sup>9</sup> Tóth Marcell: *A Don-kanyar elfeledett tábornoka, Murahidy Gusztáv. Szeged Várostörténeti és Kulturális Folyóirat*, 2018. február 3.

verték a Dunán. Jelen volt a Ruszcsuk–Gyurgyevó, illetve a Piua Petrii és Gura Ialomiței között épült két másik Duna-híd kivitelezésénél is.<sup>10</sup> Közben 1917. május 1-jén századossá léptették elő beosztásában.

1917 júliusától 1918 novemberéig az olasz hadszíntéren támogatta a Monarchia csapatainak harcait. A császári és királyi 4/1. hidászszázad parancsnokaként részese volt a Tagliamento folyón való átkelésnek 1917 november elején, valamint a Piave folyónál 1918 júniusában lezajlott osztrák–magyar offenzíva során épített hadihidak kivitelezésében. Az Osztrák–Magyar Monarchia 1918 október végén, november elején az olasz hadszíntéren bekövetkezett katonai összeomlása, majd a november 3-án Padovában aláírt fegyverszünet után részt vett az egyesített hidászszakaszok magyar katonáinak és a hadihídanyag jelentős részének Budapestre mentésében. Szerényen így írt erről a bravúrról: „[A]z 1. hidászszázad aljzati, tisztjeik vezetésével, teljes felszerelésükkel, 1918 november 16-ig, nagyrészt fárasztó gyalogmenetben bevonultak Krems a/Donau-ba. Csak ott következett be a felbomlás.”<sup>11</sup>

Azt, hogy a műszaki tiszték szakmaiságát semmiféle tekintélytisztelet nem írhatta felül, mutatja a következő eset, amelyet Murahidy vetett papírra:

„A lerombolt orosz vasúti híd csaknem teljesen lezárta a Visztula medrét, csak a jobb part közelében maradt meg egy 80 m-es hídmező, melynek gyújtása nem sikerült. A lerombolt híd által duzzasztott folyónak, csaknem egész vízmennyisége ezen a helyen folyt le, tetemesen magasabb sebességgel. Már a cölöpözés során észrevettük, hogy e nyílás irányában álló aljzatoknál igen erős a kimosás. Mikor a híd a forgalomnak átadatott, jelentést tettünk arról is, hogy még 10–12 napi munka lesz a hídnál, mert a híd még nem kész, az alapjármokon nincsenek meg a merevítések, a hosszmervítések hiányosak és a veszélyeztetett aljzatok kimosás elleni biztosítására 1200 köbméter kő kell. A jelentés dacára parancs érkezett, mely a századokat más munkához rendelte. A század-parancsnokok együttesen jelentek meg erre a hadsereg hadtápparancsnokánál, jelentették a várható katasztrófa valószínűségét, intézkedést kértek a lerobbantott híd eltávolítására és írásban kérték a parancsot. Miután megkapták az írásbeli parancsot, még összeültek, jegyzőkönyvbe foglalták javaslataikat és az eseményeket és teljesítették a parancsot. A híd 3 hét múlva, a jegyzőkönyvben legveszélyesebbnek jelzett helyen, egy német szabadságos vonat áthaladása közben bedőlt; a mozdony és 2 négytengelyű kocsi a Visztulába zuhant, számosan meghaltak. A megindult vizsgálat a századparancsnokokat felmentette. A hadsereg hadtápparancsnokát ellenben azonnal nyugdíjazták.”<sup>12</sup>

Az olasz hadszíntéren hajtották végre azt a műszaki bravúrt, amely szintén bekerült a műszaki csapatok aranykönyvébe. Erről így írt:

„A Ponte San Columbano mellett készült hídon egy 38 cm-es mozsárütegnek kellett átkelni. A 11. hadsereg parancsnoksághoz lehvitták a Herbert-hídat gyártó Gridl-cég egy szakértő

<sup>10</sup> Jacobi (1938): i. m. 525.

<sup>11</sup> Jacobi (1938): i. m. 213.

<sup>12</sup> Jacobi (1938): i. m. 224.

mérnökét és a hadsereg parancsnokságnál 2 napig tartó, heves viták és számítások után bizottságilag megállapították, hogy a 25 m-es feszítávolságot 17,5 m-re kell csökkenteni, a hossztartókat meg kell erősíteni és akkor a 38 cm-es mozsár a hídon átkelhet. Amikor ezek a tárgyalások folytak a 38 cm-es üteg már odaérkezett a hírhoz. Természetesen mi is számoltunk, de minden számításon felül élénken emlékeztünkben állott a békebeli kísérlet, mikor egy 25 m feszítávolságú hídmezőt törésig akartunk terhelni. Ennél a kísérletnél egy 50 tonna súlyú kocsit alatt, a hossz- és kereszttartók ugyan maradandó alakváltozást szenvedtek, de a 25 m-es főtartók teljes épességben maradtak. Azt is tudtuk, hogy a 38 cm-es mozsár legszűlyosabb egysége sem éri el a 40 tonnát. Mi csak egy órát töltöttünk a számításokkal, azután megerősítettük a hossztartókat (4 helyett 6-ot vettünk), 12 m hosszú 30/40 méretű vágánygerendákat fektettünk a híd fedélzetére és a 38-as egységeit, kézi erővel áthúztuk a vágánygerendákon. Másfél nappal később érkezett a bizottság a hírhoz és elmagyarázta, hogyan építsük át a hidat, végül érdeklődtek a 38-as iránt. Nagyszerű volt az elképedt bizottsági arcok tömege, mikor jelentettük, hogy az már tegnap délelőtt átkelt, s ha minden jól megy, még ma megkezdheti a tüzelést az új állásban.<sup>13</sup>

## 2. A két háború között

1918 és 1922 között a szolgálati szabályzat, a hídépítés, a hidász- és árkászszolgálat oktatósztjeként tevékenykedett a budapesti magyar királyi Honvéd Ludovika Akadémián.<sup>14</sup> Legitimista magatartása miatt azonban csapathoz vezényelték. 1922-től a magyar királyi egyesített honvéd hidászszakasznál szolgált Szentendrén, majd a Honvédelmi Minisztérium 1. osztályára osztották be Budapesten. A budapesti honvéd törzstiszti tanfolyam elvégzése után, 1928. május 1-jén őrnaggyá és a miskolci magyar királyi 7. honvéd vegyesdandár műszaki parancsnokává nevezték ki. 1930-tól a magyar királyi 101. honvéd hidászszázalaj parancsnoka volt. A Pálffy téri (ma Bem tér) laktanyában elhelyezett alakulata élén időnként különleges feladatot is végre kellett hajtania. Példának okáért 1933-ban a Gödöllőn rendezett Cserkész Világtalálkozó táborának területét a Budapesti Helyiérdekű Vasút (BHÉV) vonala kettészelte. A két táborrész között a BHÉV-vágányok felett zászlóaljja egy kétpályás Herbert-rendszerű közúti hidat épített. 1934-ben a budapesti Margit híd rekonstrukciós és szélesítési munkálatainak kezdetén sztrájk tört ki, mire a főváros vezetése a Honvédelmi Minisztériumhoz fordult segítségért. A Murahidy őrnagy által irányított 101. honvéd hidászszázalaj három napon át, a sztrájk végeztéig folytatta a hídon az aktuális munkákat. 1934. november 1-jén alezredessé, 1938. november 1-jén pedig ezredessé léptették elő.<sup>15</sup>

<sup>13</sup> Jacobi (1938): i. m. 230.

<sup>14</sup> Bachó Béla (szerk.): *A m. kir. honvéd Ludovika Akadémia története*. Budapest, A Magyar Királyi Honvéd Ludovika Akadémia, 1930. 974.

<sup>15</sup> Szakály (2001): i. m. 239.

### 3. A II. világháborúban

1939–1940-ben műszaki tanárként tevékenykedett a budapesti törzstiszti tanfolyamon, majd 1940 nyarán a szegedi magyar királyi V. honvéd hadtest műszaki parancsnokává nevezték ki. 1940 őszén a hadtest feladata a Szeged és Fekete-Körös közötti határszakasz védelme volt. Észak-Erdély magyar csapatok általi megszállása során részt vett a nagyváradi és a kolozsvári bevonulásban.

Hadtest műszaki parancsnoki beosztása mellett 1940. augusztus 31. és 1940 novembere között az Erőd Leszerelési Parancsnokság parancsnoki teendőit is ellátta, amely a trianoni magyar határ mentén létesített román kiserőd-rendszer felszámolását végezte el. E munka során alárendeltségébe tartozott a 110. önálló utászszázad is.<sup>16</sup> 1941 tavaszán miniszteri biztosként megszervezte az ország tűzifával való ellátását Kárpátaljáról. Ennek a feladatnak a végrehajtásáért „okirati dicsérő elismerésben” részesült.<sup>17</sup>

1941. április 8–11. között a délvidéki hadműveletek kapcsán, a Szegeden elhelyezett magyar királyi V. honvéd hadtest határbiztosító feladataiban vett részt. 1942. március 30-án vezérőrnaggyá<sup>18</sup> és a később a keleti frontra vonult 2. magyar hadsereg műszaki parancsnokává nevezték ki. 1942 novemberétől ismételten a szegedi magyar királyi V. honvéd hadtest műszaki parancsnoka, 1943-tól pedig egyúttal honvéd állomásparancsnok is volt Szegeden. 1943. augusztus 1-jén felmentették beosztásából.

1943. november 1-jén egészségügyi okokból nyugállományba helyezték, azt követően Budapesten, az I. kerületi Márvány utca 5–7. III/1., majd a XII. kerületi Maros utca 44/a. alatti lakásban lakott.<sup>19</sup> 1944. március 19-től nyugdíjas polgári alkalmazottként Hans von Greiffenberg német gyalogsági tábornok törzsének IV/a. osztályán (a német Wehrmacht magyarországi építési hadbiztoságán) dolgozott az I. kerületi Attila út 93. alatt.

1944. október 15-én a Gestapo letartóztatta, de von Greiffenberg tábornok közbenjárására két nap múlva szabadon bocsátották. 1944. december 9-én saját autóján Budapestről Sopronba távozott feleségével, majd december utolsó napjaiban nejével együtt elhagyta az országot. 1945. április 9-én a németek az ausztriai Vöcklabruckban letartóztatták és bebörtönözték. Az amerikai csapatok szabadították ki onnan feleségével együtt.<sup>20</sup>

### 4. A háborús évek után, már civilként

1951. október 11. és 1955. szeptember 30. között az Egyesült Államok Ausztriai Erőinek Mérnöki Főhadiszállásán dolgozott polgári mérnökként és csoportfőnökként. A katonai előljárók

<sup>16</sup> Tóth (2018): i. m.

<sup>17</sup> *Honvédségi Közlöny – Személyes ügyek*, 53. (1941), 33. 432.

<sup>18</sup> Az újonnan kinevezett vezérőrnagyok között a 14. rangszámmal szerepelt, olyan nevek között, mint a sorozatunkban korábban már bemutatott Schmall Endre (8. rangszám). *Honvédségi Közlöny – Személyes ügyek*, 54. (1942), 14. 208.

<sup>19</sup> Megállapított nyugdíja 1109 pengő volt. Vö.: HL HM 4. osztály 1943.

<sup>20</sup> HL AKVI 1890/3150.

kiváló mérnöknek és vezetőnek tartották. 1955. november 3-tól 1957-ig főmérnökként dolgozott az Egyesült Államok Hadserege 139. Mérnöki Különítményének Főhadiszállásán a csapatrész parancsnokának legnagyobb meglepedésére. 1957. március 9-én érkezett New Yorkba második feleségével, majd civil mérnökként tevékenykedett az Egyesült Államokban haláláig. Mint irányító tervezőnek jelentős szerepe volt a Niagara-erőmű terveinek (külső közművek) kidolgozásában. 1965-ben szervező titkára volt a közlekedési mérnökök Bostonban tartott világkonferenciájának. 1970. május 12-én hunyt el az Egyesült Államok Massachusetts állambeli Boston városában. Végso nyughelye azonban hazánkban van: 1970. július 3-án temették el a budapesti Farkasréti temetőben (3. ábra). Sírja a 33/6. parcellában van, és 2004 óta hivatalosan is védett.<sup>21</sup>

Szakmai érdemeit számos osztrák–magyar és magyar kitüntetés adományozásával is elismerték. 1913-ban az 1912–1913. évi Mozgósítási Kereszt, 1914 decemberében a Bronz Katonai Érdemérem (1917-től kardokkal), 1917. február 25-én a Katonai Érdemkereszt III. osztálya hadidíszítménnyel és kardokkal, 1915–1918 között még az Ezüst Katonai Érdemérem kardokkal, a Károly Csapatkereszt, a Sebesültek Érme,<sup>22</sup> 1928. február 29-én a Kormányzói Dicsérő Elismerés Magyar Koronás Bronzérme vörös-fehér szegélyes smaragd zöld szalagon, 1930. augusztus 18-án a Tiszti Katonai Szolgálati Jel III. osztálya, az 1930-as években a Magyar Háborús Emlékérem 1914–1918, 1940. augusztus 18-án a Tiszti Katonai Szolgálati Jel II. osztálya, 1940. október 11-én a Magyar Érdemrend Tisztikeresztje, 1941-ben az Erdélyi Emlékérem, 1942. október 29-én a Magyar Érdemrend Tisztikeresztje hadidíszítménnyel és kardokkal, 1943. szeptember 30-án a Nagy Honvéd Sportügyességi Jelvény kitüntetéseket kapta meg.<sup>23</sup>

Több külföldi kitüntetést is birtokolhatott: az 1930-as években az Osztrák Háborús Emlékérem (1914–1918) kardokkal, a Bolgár Háborús Emlékérem (1915–1918) kardokkal, a Német Világháborús Emlékérem kardokkal birtokába jutott, 1926. február 8-án a Német (Porosz) Vaskereszt II. osztálya, 1943. május 26-án pedig a Német Sas Rend csillaggal és kardokkal viselésére kapott engedélyt.<sup>24</sup>

Két alkalommal részesült honvédelmi miniszteri dicséretben: 1925. február 14-én gróf Csáky Károly honvédelmi miniszter okiratban dicsérte meg az 1924 áprilisában a Szolnok–Zagyvarékás szakaszon végzett árvízvédelmi munkákban tanúsított önfeláldozó magatartásáért, 1941. július 12-én pedig vitéz dálnokfalvi Bartha Károly vezérezredes, honvédelmi miniszter az ország tűzifaellátásának biztosítása érdekében kifejtett kiváló és eredményes teljesítményéért fejezte ki számára dicsérő elismerését.

<sup>21</sup> HL AKVI 1890/3150; Tóth (2018): i. m.

<sup>22</sup> Kétszer is megsebesült az I. világháború során. Először az orosz hadszíntéren, Zawichost hídfő védelmi harcában, amikor gyalogsági közelharcban jobb combját lándzsával átszúrták, s fogságba került, ahonnan három légénységi társával együtt megszökött, és visszatért alakulatához. Másodszor vélhetően az olasz fronton zajlott harcok folyamán szenvedett sebesülést.

<sup>23</sup> *Honvédségi Közlöny*, 70. (1943), 41. 1368.

<sup>24</sup> *Honvédségi Közlöny*, 70. (1943), 22. 559.



Pályafutása idején több írásmű is megjelent a neve alatt:

A hídépítő zászlóaljak. In Jacobi Ágost (szerk.): *Magyar műszaki parancsnokságok, csapatok és alakulatok a világháborúban*. Budapest, Közlekedési Nyomda K.F.T., 1938. 211–233.

Kötelek, kábelek fektetése és kiemelése folyóvíz akadályoknál. *Magyar Katonai Szemle*, (1943), 2. 367–378.



3. ábra: Murahidy Gusztáv vezérőrnagy sírja a Farkasréti temetőben

Forrás: a szerzők felvétele

## Felhasznált irodalom

Bachó Béla (szerk.): *A m. kir. honvéd Ludovika Akadémia története*. Budapest, A Magyar Királyi Honvéd Ludovika Akadémia, 1930.

*Hadak Útján – Bajtársi Híradó*, 48. (1996), 447.

Hadtörténelmi Levéltár Tiszti anyakönyvi lapok 1890/3150

Hadtörténelmi Levéltár Honvédelmi Minisztérium 4. osztály 1943.

Jacobi Ágost (szerk.): *Magyar műszaki parancsnokságok, csapatok és alakulatok a világháborúban*. Budapest, Közlekedési Nyomda K.F.T., 1938.

Szakály Sándor: *A magyar katonai felső vezetés 1938–1945*. Lexikon és adattár. Budapest, Ister Kiadó, 2001.

*Honvédségi Közlöny – Személyes ügyek*, 53. (1941), 33. 432.

*Honvédségi Közlöny – Személyes ügyek*, 53. (1941), 37. 480.

*Honvédségi Közlöny – Személyes ügyek*, 54. (1942), 14. 208.

*Honvédségi Közlöny*, 70. (1943), 22. 559.

*Honvédségi Közlöny*, 70. (1943), 41. 1368.

Tóth Marcell: A Don-kanyar elfeledett tábornoka, Murahidy Gusztáv. *Szeged Várostörténeti és Kulturális Folyóirat*, 2018. február 3. Online: <http://szegedfolyoirat.sk-szeged.hu/2018/02/03/toth-marcell-don-kanyar-elfeledett-tabornoka-murahidy-gusztav/>



Ember István<sup>1</sup> 

# Hatásvizsgálati robbantás kumulatív töltetekkel<sup>2</sup>

## Efficiency Test Blasting with Shaped Charges

*A 3D nyomtatás napjainkban elterjedt módszere az iparnak, a gyógyászatnak és számos más területnek. A robbantástechnika is része lehet ennek a felsorolásnak, különös tekintettel a kumulatív töltetekre. Mivel a hadi és civil felhasználás vonatkozásában kialakultak átfedések, nem beszélhetünk kizárólag egy területre fókuszált kutatásokról. A kialakított tölteteket több méretben és eltartással vizsgáltuk. Jelen tanulmányban kizárólag a politejsavat alkalmaztuk alapanyagként az egyes töltetek minden alkateleméhez. Az eredmények azt jelzik, hogy van létjogosultsága az alacsony sűrűségű anyagok felhasználásával készült béléstestek további tesztelésének.*

**Kulcsszavak:** *hatásvizsgálat, 3D nyomtatás, kumulatív töltet, robbantás, PLA*

*3D printing is a widespread method in industry, medicine and numerous other fields. Blasting technology could be part of the above-mentioned list, with regard to shaped charge technology. We cannot speak about only one focus of research, because the military and civilian use have overlaps. The formed charges were made in different sizes with different stand-off distances. In our study, all parts of all shaped charges are made with polylactic acid. The results show that the low-density liners have adequate efficiency and deserve further blasting trials.*

**Keywords:** *efficiency trial, 3D printing, shaped charge, blasting, PLA*

<sup>1</sup> Doktori hallgató, Nemzeti Közzolgálati Egyetem Hadtudományi és Honvédtisztképző Kar Hadtudományi Doktori Iskola, e-mail: [Ember.Istvan@uni-nke.hu](mailto:Ember.Istvan@uni-nke.hu)

<sup>2</sup> A cikk az Innovációs és Technológiai Minisztérium ÚNKP-21-3-II-NKE-26 kódszámú Új Nemzeti Kiválóság Programjának a nemzeti kutatási, fejlesztési és innovációs alapból finanszírozott szakmai támogatásával készült.

## 1. Bevezetés

3D nyomtatók alkalmazásával napjainkban már igen széles spektrumban találkozhatunk. Az egészségügy és az ipar szereplői egyaránt alkalmazzák, de felívelőben van hadiipari, katonai alkalmazása is. A különböző precíziós robbantások civil és katonai vonalon megkövetelik, hogy a szakemberek magas szintű szaktudással és felszereléssel végezzék munkájukat, hajtásuk végre feladataikat. A 21. század technikai fejlettsége számos modern megoldást biztosít ehhez, és a 3D nyomtatók meghatározó részei lehetnek ennek. Ilyen nyomtatási módszerrel modernizálható, optimalizálható lehet egy-egy célfeladat, valamint egyszerűsödhetnek az anyagbeszerzési, raktározási folyamatok.

Katonai vonatkozásban kiemelt szerepe lehet a robbantástechnika kombinálásának a 3D nyomtatással. Ez a kombináció több tekintetben is illeszkedik a meghatározott kutatási irányokhoz.<sup>3</sup>

A többnyire brizáns<sup>4</sup> és bináris<sup>5</sup> robbanóanyaggal készült precíziós töltetek főként kumulatív hatásukkal<sup>6</sup> képesek hatékonyan ellátni feladataikat. Jelenleg a robbanóanyagok 3D nyomtatására nincs kidolgozott, ismert technológia, de a töltetek alkatelemei vonatkozásában szinte minden megvalósíthatóvá válik.

Jelen tanulmányban egy hosszabb vizsgálati sorozat második mérföldköveként végzetünk robbantásos tesztek, empirikus eredmények elérése érdekében. A vizsgálatot azzal a feltételezéssel állítottuk össze, hogy viszonylag kis méretű, akár 20 mm-es belső átmérőjű, alacsony sűrűségű, 3D nyomtatással készült kumulatív töltet is képes lehet 15 mm homogén acél átütésére. Ez az eredmény igazolná több tekintetben az ilyen töltetek hatékony alkalmazási lehetőségét nemcsak katonai, hanem ipari vonatkozásban is. Ez utóbbi vonal további kutatásokat követel majd a jövőben, ha az eredmények kellő effektivitást igazolnak.

## 2. A vizsgált töltetek

Az aktuális vizsgálat szempontjából az alacsony sűrűségű anyagok jöhetnek számításba, mint a politejsav<sup>7</sup> (PLA). Ez triviális választásnak tűnt, hiszen a 3D nyomtatás meghatározó alapanyaga, amely a környezetben viszonylag gyorsan lebomlik. Mivel könnyen beszerezhető és felhasználható, ezért a nyomtatási költségek is minimalizálhatók, valamint az elterjedt gyártása miatt ellátási nehézségek sem várhatók.

<sup>3</sup> Boda József et al.: A hadtudományi kutatási irányok, prioritások és témakörök. *Államtudományi Műhelytanulmányok*, 16. (2016). 1–23.

<sup>4</sup> Lukács László: *Szemelvények a magyar robbantástechnika fejlődéstörténetéből, különös tekintettel a továbbfejlesztés várható irányaira és a kor új kihívásaira*. Budapest, Dialóg Campus Kiadó, 2017.

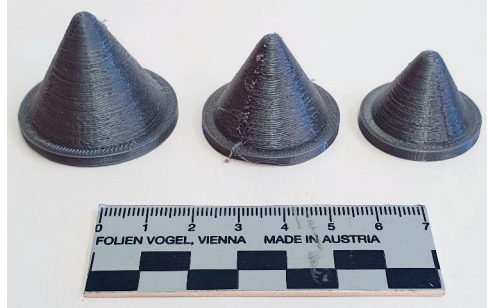
<sup>5</sup> Kugyela Lóránd: A többkomponensű robbanóanyagok múltja, jelene és jövője. *Katonai Logisztika*, 28. (2020), 4. 58–75.

<sup>6</sup> Lukács László: A kumulatív töltetek és gyakorlati alkalmazásuk. *Műszaki Katonai Közlöny*, 20. (2010), 1–4. 175–185.

<sup>7</sup> Angolul: *poly lactic acid*.

A PLA sűrűsége a fémekhez viszonyítva alacsony,<sup>8</sup> alkalmazása és beszerzése egyszerű, így ebből készítettük el a vizsgált változatokat. A béléstestek falvastagsága 3 mm-ben lett meghatározva. Egyes kutatók vékonyabb változatokat tartanak eredményesebbnek,<sup>9</sup> ennek ellenére a kiválasztott méret inkább az elfogadott trendhez igazodik.

Az 1. ábrán láthatók a három méretben kinyomtatott béléstestek, amelyek ekkor még nem kaptak utókezelést. Az utókezelés a gyakorlatban a nyomtatási maradékok és sorják eltávolítására koncentrálódik, bár esetenként az élek az alkatелеmek pontos és akadálymentes illeszkedése érdekében kisebb reszelést igényeltek.



1. ábra: Alkalmazott béléstestek (balról jobbra: 30 mm, 25 mm, 20 mm belső átmérővel)  
Forrás: a szerző szerkesztése

A béléstestek tekintetében más változatok alkalmazása is felmerült, de ezeket gazdasági okok miatt el kellett vetnünk. A falvastagság optimalizálásával például lehetséges lenne a hatásfokot növelni. Ebben az értelemben a fal nem homogén vastagsága hozhat ilyen eredményt. Mivel a kumulatív sugár hegye és magja között jelentős a sebességbeli különbség,<sup>10</sup> ezt az eltérést optimalizálhatjuk ilyen módszerrel. Amennyiben a béléskúp hegyénél vékonyabb az anyag, a kialakult kumulatív anyagsugár magjának nagyobb lesz a sebessége, ezzel megnő az elvi megnyúlásának lehetősége, ami a penetráció egyik alapköve.

A céltárgy átütése ideális folyadékok találkozásaként írható le az ismert fizikában, annak ellenére, hogy alapvetően két szilárd anyag, két fém találkozik egymással az esetek túlnyomó részében.<sup>11</sup> Ezt a folyamatot a fenti ideális megnyúlás mellett a céltárgy és a béléstest sűrűsége határozza meg. Mindezek mellett jól előrevetíthető, hogy az alacsony sűrűségű PLA a réz átütési képességeit meg sem fogja közelíteni, azonban nem minden feladathoz szükséges az extrém penetrációs képesség. Egyes tűzszersz-szakfeladatok során például kifejezetten előnyös, ha egy bizonyos méretre optimalizált az átütés, és a céltárgyon áthaladva a kumulatív sugár gyorsan erejét veszíti.

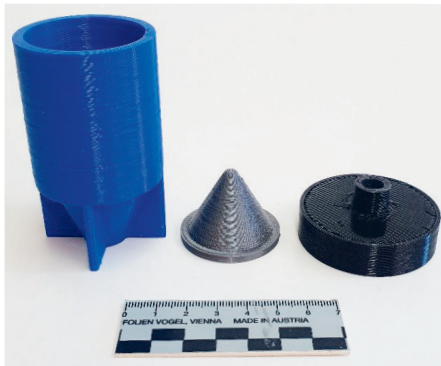
<sup>8</sup> A különböző gyártók technikai leírásai alapján a sűrűség változó lehet: 1,24–1,31 g/cm<sup>3</sup>.

<sup>9</sup> Henry O. Agu: *The Effect of 3D Printed Material Properties on Shaped Charge Liner Performance*. Doktori értekezés. Cranfield, United Kingdom, Cranfield University, 2019.

<sup>10</sup> Hatala András: Üreges töltetek I. rész. *Haditechnika*, 44. (2010), 2. 72–76.

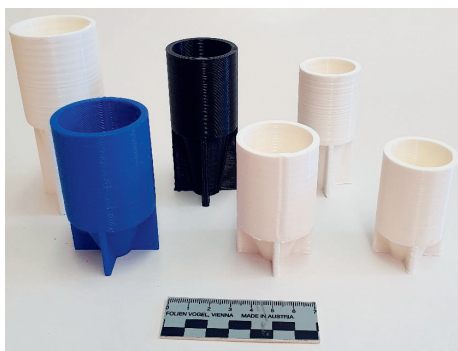
<sup>11</sup> Alistair Doig: Some Metallurgical Aspects of Shaped Charge Liners. *Journal of Battlefield Technology*, 1. (1998), 1. 1.

A töltetházakat a béléstestek befogadására méreteztük, a gyutacs vezetésére, támasztására szolgáló kupak pedig a töltetház külső átmérőjéhez igazodik. Minden alkatétel PLA alapanyagból készült. A kupak esetében ragasztásos utómunkálatra volt szükség. A vezetőhengert a nyomtatási idő és az anyagfelhasználás optimalizálása érdekében külön nyomtattuk ki, majd ragasztottuk össze a kupakkal.



2. ábra: 30 mm-es kis eltartású töltetház a béléstestével és kupakjával  
Forrás: a szerző szerkesztése

A 3. ábrán látható mind a hat vizsgált töltettípus. Annak érdekében, hogy viszonyítási alappal rendelkező eredményt kapjunk, két eltartási mérettel készültek a töltetek. A kisebb esetében a béléstest belső átmérőjével megegyező, a nagyobb esetében annak kétszeresében határoztuk meg ezt a távolságot. A fókusz távolságot a kialakított egymásra merőleges merevítő, valamint a visszaáramlását biztosította. Ez utóbbi alkatétel jelentősége, hogy a kumulatív sugár céltárgyba ütközésekor egy rövid, de kiemelten fontos ideig képes a céltárgyról visszaverődő anyagsugarat elvezetni oldalra. Ezzel gyakorlatilag az alkatétel optimalizálja a kumulatív sugár formálódását, ami közvetlen hatással van a penetrációs képességre.



3. ábra: A vizsgált töltettípusok (hátsó sor – nagyobb eltartás, első sor – kisebb eltartás; balról jobbra 30 mm, 25 mm, 20 mm mindkét sorban)  
Forrás: a szerző szerkesztése

Az eredmények hiteles igazolása céljából minden változatot három alkalommal vizsgáltunk (1. táblázat).

1. táblázat: A felrobbantott töltetek jellemzői

Fsz.	Béléstest átmérője	Fókusz távolság	Béléstest forma	Béléstest anyag	Mennyiség
1.	30 mm	1D	kúp	PLA	3 db
2.	30 mm	2D	kúp	PLA	3 db
5.	25 mm	1D	kúp	PLA	3 db
6.	25 mm	2D	kúp	PLA	3 db
9.	20 mm	1D	kúp	PLA	3 db
10.	20 mm	2D	kúp	PLA	3 db
<b>Összesen</b>					<b>18 db</b>

Forrás: a szerző szerkesztése

### 3. A vizsgálat körülményei

A vizsgálati feladatot a MH 1. Honvéd Tűzszerész és Hadihajós Ezred (MH 1. HTHE) szakállományának segítségével és biztosításával hajtottuk végre Táborfalván, a Magyar Honvédség (MH) kijelölt robbantási területén.

A robbantást három tűzben hajtottuk végre, méretcsoportonként egy sorozatban. A három méret miatt tehát három robbantást végeztünk el, összesen 18 töltetet vizsgálva. A villamos hálózatot soros kapcsolással alakítottuk ki a MH rendszeresített villamos gyutacsaival és elektromos vezetékével. A vizsgálat tárgyát képző tölteteket Semtex-H robbanóanyaggal töltöttük fel. A robbantógödrök a talajban kialakított 30 × 30 cm alapterületű és 30 cm mély gödrök voltak, ezekben helyeztük el a céltárgyakat a rájuk ragasztott töltetekkel. A gödröket egymástól olyan távolságra alakítottuk ki, hogy a detonáció lökőhulláma és egyéb hatásai ne befolyásolhassák a vizsgálatot. Ez a gyakorlatban közel 5 m távolságot jelentett.

A Mű/213. Robbantási utasítás vonatkozó rendszabályait alkalmaztuk a feladat során, mivel a hagyományos feladatoktól ez a tevékenység sem tért el, és a szabályzat részletesen meghatározza a fémrobbantásra vonatkozó előírásokat.

A kialakított töltetek paramétereit részletes bontásban a 2. táblázatban láthatjuk. A töltetek több méretben és eltartással készültek, ezért mindegyiket egy kódolt elnevezéssel, típusjelöléssel tettük beazonosíthatóvá. Ez a kód a béléstest belső átmérőjéből, az eltartásból<sup>12</sup> és a béléstest formájából<sup>13</sup> tevődik össze.

<sup>12</sup> 1D = egy béléstest belső átmérőnyi eltartás; 2D = kettő béléstest belső átmérőnyi eltartás.

<sup>13</sup> K = kúp; FG = félgömb.

2. táblázat: A felrobbantott töltetek paramétereit

Fsz.	Típus	Külső átmérő (mm)	Magasság (mm)	Töltetház tömege (g)	Béléstest tömege (g)	Robbanóanyag tömege (g)	Szerelt tömeg (g)
1.	30-1D-K	46	80	41	3,8	76,3	121,1
2.	30-1D-K	46	80	41,7	3,8	75,5	121
3.	30-1D-K	46	80	41,8	3,9	76,2	121,9
4.	30-2D-K	46	110	53,9	3,9	75,6	133,4
5.	30-2D-K	46	110	53,6	3,8	75,3	132,7
6.	30-2D-K	46	110	54,1	3,8	75,7	133,6
7.	25-1D-K	41	70	32,0	5,4	48,8	86,2
8.	25-1D-K	41	70	32,0	5,4	49,7	87,1
9.	25-1D-K	41	70	31,9	5,4	48,6	85,9
10.	25-2D-K	41	95	43,0	5,4	48,9	97,3
11.	25-2D-K	41	95	42,9	5,4	48,8	97,1
12.	25-2D-K	41	95	42,6	5,4	49,2	97,2
13.	20-1D-K	36	61	24,5	3,8	33,3	61,6
14.	20-1D-K	36	61	24,5	3,9	33,0	61,4
15.	20-1D-K	36	61	24,4	3,8	32,8	61,0
16.	20-2D-K	36	81	32,2	3,9	32,5	68,6
17.	20-2D-K	36	81	31,8	3,8	32,5	68,1
18.	20-2D-K	36	81	30,8	3,8	33,3	67,9

Forrás: a szerző szerkesztése

A 3. táblázatban jelölt típusonkénti elosztás szerint alkalmaztuk a céltárgyakat a hatásvizsgálat során. Mindegyik esetben homogén acéllemezt használtunk, azonban a vastagság tekintetében eltérő felhasználás mellett döntöttünk. A két kisebb méret esetében (20 mm és 25 mm) a ki-tűzött cél 15 mm volt. Mivel a 30 mm-es változat esetében nem voltak kétségeink a 15 mm-es vastagságú céltárgy átütésében, ezért itt 25 mm-re növeltük a vastagságot.

3. táblázat: A céltárgyak jellemzői

Fsz.	Típus	Céltárgy
1.	20-1D-K	1 db 15 mm vastag és kb. 60 × 60 mm-es acéllemez töltetenként.
2.	20-2D-K	
3.	25-1D-K	
4.	25-2D-K	
9.	30-1D-K	1 db 25 mm vastag és kb. 80 × 80 mm-es acéllemez töltetenként.
10.	30-2D-K	

Forrás: a szerző szerkesztése

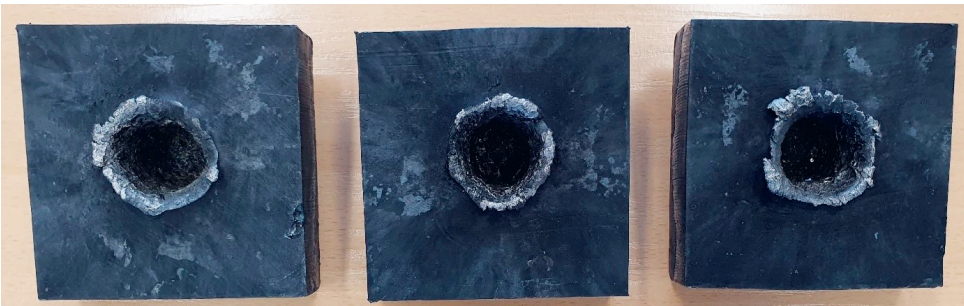
Ezek a céltárgyak ugyan anyagminőségükben nem egyeznek meg például az egyes tűzérési gránátokkal vagy építőipari alkatelmekekkel, de a közel azonos anyagsűrűség miatt megfelelő alpnak gondoltuk a vizsgálathoz. A további tesztek során elengedhetetlen lesz a konkrét feladatokhoz anyagminőségben is megfelelő céltárgyakat alkalmazni a minden kétséget kizáró eredmények érdekében.

A töltetek elkészítésének folyamata:

1. a töltetházak összeszerelése, az alkatelemek egymáshoz rögzítése pillanatragasztóval;
2. a töltetek feltöltése plasztikus robbanóanyaggal;
3. a feltöltött töltetekben a gyutacs helyének a kialakítása formázó kupakkal;
4. a töltetek tömegének ellenőrzése digitális mérleggel;
5. a gyutacstámasztó kupak felhelyezése;
6. a töltetek rögzítése a céltárgyhoz pillanatragasztóval;
7. a rögzített töltetek behelyezése a robbantásra kialakított robbantó gödrökbe.

#### 4. A vizsgálati eredmények

A 30 mm-es töltet 30 mm-es eltartással nem okozott átütést a 25 mm vastag céltárgyon egyik esetben sem. A behatolás átmérője 22–23 mm volt, a bemeneti nyílás körül viszonylag szabályos perem alakult ki, amelynek legnagyobb magassága 9 mm mindhárom esetben. A lyukak viszonylag homogén átmérővel rendelkeznek, mindegyikük mélysége 22 mm. A céltárgy alján az anyag 9 mm-es megnyúlása tapasztalható valamennyi töltetnél. Megállapítható, hogy ez az anyagvastagság már ha nem is jelentősen, de nagyobb, mint a töltet maximális teljesítményéből fakadó átütési képesség.



4. ábra: 30 mm-es kúp alakú béléstesttel szerelt 30 mm-es eltartású töltetek céltárgyai robbantás után  
Forrás: a szerző szerkesztése

A 30 mm-es töltet 60 mm-es eltartással nem okozott átütést a 25 mm vastag céltárgyon egyik esetben sem. A behatolás átmérője 22–25 mm volt, amely 15 mm-re szűkült, a bemeneti nyílás körül pedig szabálytalan perem alakult ki, amelynek legnagyobb magassága 4–5 mm mindhárom esetben. A lyukak alapvetően nem homogén átmérővel rendelkeznek, mélységük 17–21 mm. A céltárgy alján az anyag 6–7 mm-es megnyúlása tapasztalható valamennyi töltetnél. Megállapítható, hogy ez az anyagvastagság már nagyobb, mint a töltet maximális teljesítményéből fakadó átütés.





5. ábra: 30 mm-es kúp alakú béléstesttel szerelt 60 mm-es eltartású töltetek céltárgyai robbantás után  
Forrás: a szerző szerkesztése

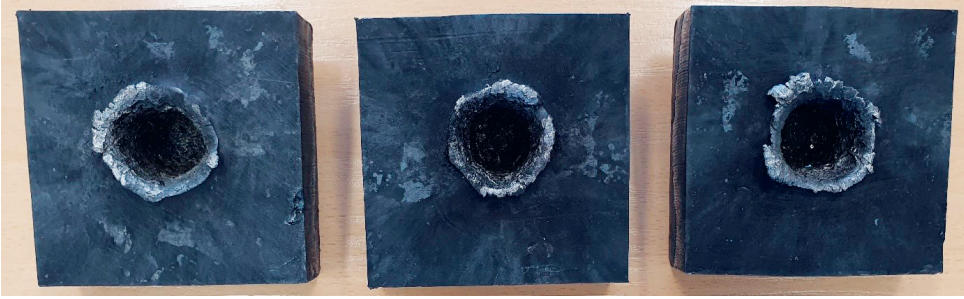
A 25 mm-es töltet 25 mm-es eltartással minden esetben átütést okozott a 15 mm vastag céltárgyon. A behatolás átmérője 18–19 mm volt, a bemeneti nyílás körül alapvetően szabályos perem alakult ki, amelynek legnagyobb magassága 5 mm mindhárom esetben. A lyukak viszonylag homogén átmérővel rendelkeznek. A kimeneti nyílások 17–19 mm átmérőjűek, amelyeket 9–10 mm magas perem övez.



6. ábra: 25 mm-es kúp alakú béléstesttel szerelt 25 mm-es eltartású töltetek céltárgyai robbantás után  
Forrás: a szerző szerkesztése

A 25 mm-es töltet 50 mm-es eltartással minden esetben átütést okozott a 15 mm vastag céltárgyon. A behatolás átmérője 17–20 mm volt, a bemeneti nyílás körül alapvetően szabálytalan perem alakult ki, amelynek legnagyobb magassága 3–5 mm mindhárom esetben. A lyukak nem homogének, szűkülő átmérővel rendelkeznek. A kimeneti nyílások 15–18 mm átmérőjűek, amelyeket 9–14 mm magas perem övez.





7. ábra: 25 mm-es kúp alakú béléstesttel szerelt 50 mm-es eltartású töltetek céltárgyai robbantás után  
Forrás: a szerző szerkesztése

A 20 mm-es töltet 20 mm-es eltartással minden esetben átütést okozott a 15 mm vastag céltárgyon. A behatolás átmérője 15–16 mm volt, a bemeneti nyílás körül alapvetően szabályos perem alakult ki, amelynek legnagyobb magassága 3–4 mm mindhárom esetben. A lyukak viszonylag homogén átmérővel rendelkeznek. A kimeneti nyílások 14–15 mm átmérőjűek, amelyeket 10–13 mm magas perem övez.



8. ábra: 20 mm-es kúp alakú béléstesttel szerelt 20 mm-es eltartású töltetek céltárgyai robbantás után  
Forrás: a szerző szerkesztése

A 20 mm-es töltet 40 mm-es eltartással minden esetben átütést okozott a 15 mm vastag céltárgyon. A behatolás átmérője 12–14 mm volt, a bemeneti nyílás körül alapvetően szabálytalan perem alakult ki, amelynek legnagyobb magassága 2–4 mm mindhárom esetben. A lyukak nem homogének, szűkülő átmérővel rendelkeznek. A kimeneti nyílások 12–15 mm átmérőjűek, amelyeket 7–9 mm magas perem övez.



9. ábra: 20 mm-es kúp alakú béléstesttel szerelt 40 mm-es eltartású töltetek céltárgyai robbantás után  
Forrás: a szerző szerkesztése

A vizsgálat szempontjából a 20 és 25 mm-es béléstesttel szerelt töltetek egyaránt teljesítették az elvárt 15 mm-es átütést. Ez azt jelzi, hogy a legkisebb változat is eredményes lehet egy ilyen jellegű penetrációs feladatnál. Természetesen figyelembe kell venni, hogy a kisebb eltartású 20 mm-es változat határértékközei teljesítményt nyújtott, míg a nagyobb eltartású kisebb változat szabálytalanabb eredményt hozott, viszont maradhatott benne még átütésre fordítható energia. Ez utóbbi állítást a kilépő nyílások peremei igazolják.

Mindenképpen további vizsgálatra érdemes a visszaáramlását, mert igazolandónak érezzük működését. Ebben a vonatkozásban megegyező paraméterű, de ilyen kialakítástól mentes töltetekkel végzett vizsgálatok szükségesek, amelyek igazolhatják vagy cáfolhatják a visszaáramlását hatékonyságra gyakorolt hatását.

A céltárgyak megfeleltek a kitűzött céloknak, a 15 mm-es változatokon elért eredmények ezt jól alátámasztják, bár további robbantások lesznek szükségesek. A későbbi tesztek során a tervezett felhasználási területen alkalmazott anyagminőségű céltárgyakat kell majd használni a minden kétséget kizáró hatékonyság bizonyításához.

## 5. Összegzés

A vizsgálatok alapvetően elérték a céljukat, bár egyes részeredmények a várakozásunkon alul alakultak. A 30 mm-es töltetek nem tudták átütni a 25 mm-es céltárgyat, bár ez csak néhány mm-en múlt, tehát határértékközei eredményről beszélhetünk.

A fenti sikertelenség mellett azonban kijelenthető, hogy a többi töltet képes volt teljes átütést létrehozni, és a penetráció megfelelt az elvárásoknak átmérő és alak tekintetében. Jól beazonosítható, hogy a kisebb eltartások esetén homogénebb szerkezetű lyuk alakult ki a céltárgyakban. A nagyobb fókusz távolság esetén is egyértelműen azonosítható a teljesítmény, de a lyuk keresztmetszeti felépítése jelentősen változó volt.

Az eredmények azt mutatják, hogy a legkisebb töltetváltozat is alkalmas lehet polgári (jégrobbantás – műtárgyak jégmentesítése<sup>14</sup>) és katonai (hagyományos robbanótestek, improvizált robbanótestek<sup>15</sup> hatástalanítása és az ABV-tűzszerszert<sup>16</sup>) felhasználásra egyaránt.

A továbbiakban abban az irányban fogjuk folytatni a vizsgálatokat, hogy a céltárgy anyagvastagsága és anyagminősége egyaránt megegyezzen a felhasználási területen lyukasztani tervezettekkel. Ennek érdekében például a katonai vonalon gyakorló – pirotechnikai és robbanóanyag-mentes – gránátokon tervezünk vizsgálatokat folytatni.

## Felhasznált irodalom

- Agu, Henry O.: *The Effect of 3D Printed Material Properties on Shaped Charge Liner Performance*. Doktori értekezés. Cranfield, United Kingdom, Cranfield University, 2019. Online: <https://dspace.lib.cranfield.ac.uk/handle/1826/15285>
- Berek Tamás: ABV (CBRN) tűzszerszecssoport, mint a biztonsági kihívásokra adott válaszlépés. *Bolyai Szemle*, 25. (2016), 4. 22–34. Online: <https://bit.ly/3fbM4nf>
- Boda József – Boldizsár Gábor – Kovács László – Orosz Zoltán – Padányi József – Resperger István – Szenes Zoltán: A hadtudományi kutatási irányok, prioritások és témakörök. *Államtudományi Műhelytanulmányok*, (2016). 16. 1–23. Online: [www.med.u-szeged.hu/download.php?docID=90702](http://www.med.u-szeged.hu/download.php?docID=90702)
- Daruka Norbert: Jégvédekezés robbantással. *Műszaki Katonai Közlöny*, 24. (2014), 4. 51–67. Online: [https://mkk.uni-nke.hu/document/mkk-uni-nke-hu/2014\\_4\\_4\\_Jegvedekezés%20robbantással.pdf](https://mkk.uni-nke.hu/document/mkk-uni-nke-hu/2014_4_4_Jegvedekezés%20robbantással.pdf)
- Doig, Alistair: Some Metallurgical Aspects of Shaped Charge Liners. *Journal of Battlefield Technology*, 1. (1998), 1. 1–3. Online: [https://cdn.preterhuman.net/texts/terrorism\\_and\\_pyrotechnics/explosives/Shaped\\_Charges\\_Penetrators/Some\\_metalurgical\\_aspects\\_of\\_shaped\\_charge\\_liners.pdf](https://cdn.preterhuman.net/texts/terrorism_and_pyrotechnics/explosives/Shaped_Charges_Penetrators/Some_metalurgical_aspects_of_shaped_charge_liners.pdf)
- Hatala András: Üreges töltetek I. rész. *Haditechnika*, 44. (2010), 2. 72–76.
- Kovács Zoltán: Fontos létesítmények IED elleni védelme. *Műszaki Katonai Közlöny*, 22. (2012), Különszám. 35–44. Online: [https://mkk.uni-nke.hu/document/mkk-uni-nke-hu/2012\\_k\\_05%20IED%20elleni%20v%C3%A9delem%20-%20Kov%C3%A1cs\\_Z.pdf](https://mkk.uni-nke.hu/document/mkk-uni-nke-hu/2012_k_05%20IED%20elleni%20v%C3%A9delem%20-%20Kov%C3%A1cs_Z.pdf)
- Kugyela Lóránd: A többkomponensű robbanóanyagok múltja, jelene és jövője. *Katonai Logisztika*, 28. (2020), 4. 58–75. Online: <https://doi.org/10.30583/2020.4.058>
- Lukács László: A kumulatív töltetek és gyakorlati alkalmazásuk. *Műszaki Katonai Közlöny*, 20. (2010), 1–4. 175–185. Online: <https://folyoirat.ludovika.hu/index.php/mkk/article/view/2866/2122>
- Lukács László: *Szemelvények a magyar robbantástechnika fejlődéstörténetéből, Különös tekintettel a továbbfejlesztés várható irányaira és a kor új kihívásaira*. Budapest, Dialóg Campus Kiadó, 2017.

<sup>14</sup> Daruka Norbert: Jégvédekezés robbantással. *Műszaki Katonai Közlöny*, 24. (2014), 4. 51–67.

<sup>15</sup> Kovács Zoltán: Fontos létesítmények IED elleni védelme. *Műszaki Katonai Közlöny*, 22. (2012), Különszám. 35–44.

<sup>16</sup> Berek Tamás: ABV (CBRN) tűzszerszecssoport, mint a biztonsági kihívásokra adott válaszlépés. *Bolyai Szemle*, 25. (2016), 4. 22–34.



Rakaczki István<sup>1</sup> 

# Csehszlovák erődítések 1933–1938

## Czechoslovakian Fortifications 1933–1938

*A soknemzetiségű Csehszlovákia 1918–1920 között jött létre. Az új államot a becsatolt nemzetiségek és az alkalmazott külpolitika miatt ellenséges nemzetek vették körül. Az ország integritásának biztosítására, francia ráhatásra erődített védelmi rendszer kiépítése kezdődött. A nagyszabású munkálatok egy része 1938-ra fejeződik be. Az elkészült erődöknek csak egy részét sikerült felfegyverezni és berendezni. Az erődzászlóaljok létrehozása, kiképzése, felfegyverzése nem valósult meg. Az 1938-as müncheni egyezmény alapján az erődök és a cseh területek német birtokba kerülnek.*

**Kulcsszavak:** Csehszlovákia létrejötte, erődrendszer, nehézerődök, könnyűerődök, erődfejlesztés

*Multi-ethnic Czechoslovakia was formed in 1918–1920. The new state was surrounded by hostile nations because of the nationalities annexed and the foreign policy pursued. To ensure the integrity of the country, a fortified defence system was built under French impact. Part of the major work was completed by 1938. Only some of the completed fortifications were armed and equipped. The formation, training and arming of the battalions did not take place. Due to the 1938 Munich Agreement, the forts and the Czech territories are transferred to German possession.*

**Keywords:** formation of Czechoslovakia, fortification system, heavy forts, light forts, fortification armory

### 1. Bevezetés

Az 1933–1938 között épült csehszlovák erődökről magyar nyelvű szakirodalom minimálisan áll rendelkezésre. Néhány korabeli napilap és más kiadvány foglalkozik napi politikai szinten a csehszlovák erődökkel. A bécsi döntés után a Felvidékre bevonuló magyar katonai alakulatok

---

<sup>1</sup> Doktori hallgató, Nemzeti Közszolgálati Egyetem Hadtudományi Doktori Iskola, e-mail: [irakaczky@gmail.com](mailto:irakaczky@gmail.com)

csak fegyverzet nélküli könnyűerődökkel találkoznak. 1945 után Csehszlovákia elkezd a meglévő objektumok rendbetételét, javítását és harckész állapotba hozását. Az 1950-es évek elején a munkálatok abbamaradnak, és egy idő után feledésbe is merülnek az objektumok. Az ezredforduló táján civil szervezetek kezdeményezésére, majd a hadsereg együttműködésével elindul a feltárás, majd a látogathatóvá tétel. Az utóbbi mintegy 20 évben Csehszlovákiában megjelent egyetemi diplomamunkák és szakirodalom egy részének felhasználásával mutatom be az 1933–1938 közötti csehszlovák erődépítést. Ugyanakkor itt szeretnék utalni arra, hogy a műszaki támogatás e területe (műszaki zárás, erődítés), nem vesztett aktualitásából napjainkban sem. Gondoljunk csak az Ideiglenes Biztonsági Határzár létrehozására.<sup>2</sup>

Az államerődítés az állandó erődítéseknek olyan rendszere, amely szervesen illeszkedik az adott állam hadviselési koncepciójába, s amelynek célja, hogy a mozgó haderőkkel együttműködve hátráltassa az ellenséges haderő hadműveleteit, a saját haderőét pedig támogassa és védje.<sup>3</sup>

Európa 19–20. századi hadtörténelmében csak az olyan tartós erődítési rendszerek voltak hatásosak, amelyek a hadászati elgondolással összhangban nagy területen zárták le a hadászati-hadműveleti irányokat, biztosan hártották el az ellenséges haderő csapásait, és kedvező feltételeket teremtettek a mögöttük felvonuló saját csapatok támadásba való átmenetéhez. Ezekből az alapvető követelményekből kiindulva a tartós erődítési rendszerek nagyobb részét az 1930-as évek során az adott ország határainak közelében, szélességben és mélységben tagolva építették meg. Szárnyaik természeti akadályokra (hegyvonulatokra, tengerpartokra), vagy semleges országok határaitra támaszkodtak.<sup>4</sup>

## 2. Csehszlovákia létrejötte

1918. október 28-án délelőtt nyilvánosságra hozták Andrássy Gyula gróf, az osztrák–magyar közös külügyminiszter Wilsonnak írt válaszát, amelyben közölte: kormánya kész külön megtárgyalni a fegyverszünetet, a békét, egyetért az amerikai elnök álláspontjával a birodalom nemzeteinek, különösképpen a csehek és a délszlávok jogait illetően.

A Monarchia volt népei közül elsőként a Cseh Nemzeti Tanács kiáltotta ki a csehszlovák állam megalakulását, és intézkedéseket tett a hatalom gyakorlati átvételére.

Az ideiglenes kormány 1918. október 18-i washingtoni deklarációját – a hármas miniszteri aláírás és a párizsi keltezés ellenére – az USA-ban tartózkodó Masaryk az ottani munkatársai-val dolgozta ki. A deklaráció előre elutasította a Monarchia federalizálásának osztrák tervét, egyúttal befolyásolni akarta az USA által az Osztrák–Magyar Monarchiának adandó választ.

<sup>2</sup> Padányi József: Műszaki zár a határon. *Műszaki Katonai Közlöny*, 25. (2015), 3. 21–33. és Boda József et al.: A hadtudományi kutatási irányok, prioritások és témakörök. *Államtudományi Műhelytanulmányok*, (2016), 16. 1–23.

<sup>3</sup> Szabó József János: Az országerődítések történetéből. In Szabó József János: *Az Árpád-vonal*. Budapest, Timp Kiadó, 2002a. 41.

<sup>4</sup> Szabó József János: Államerődítések a két világháború között Európában. In *Az Árpád-vonal*. Budapest, Timp Kiadó, 2002b. 60–64.

Emiatt olyan szellemben fogalmazódott meg, amely szimpatikus lehetett az amerikai füleknek. Hivatkozott Woodrow Wilson elnök elveire, amelyekre a csehszlovák akció is támaszkodott. A deklaráció a következő patetikus mondatot is tartalmazta: „Mi, Komenský nemzete, nem tehetünk mást, csak azt, hogy elfogadjuk azokat az elveket, amelyeket az amerikai Függetlenségi Nyilatkozat tartalmaz, továbbá Lincoln elveit és az emberi és polgári jogok deklarációját.” A deklaráció jelezte továbbá, hogy a létrejövő csehszlovák állam a szabadságjogokon és az általános választójogon alapuló köztársaság lesz, amely megvalósítja az állam és az egyház különválasztását, a gazdasági és a szociális reformokat, biztosítja a nők egyenjogúságát, garantálni fogja a kisebbségek arányos képviseletét és külön jogait(!), továbbá megvalósítja a parlamentáris kormányformát, megszünteti a nemesi előjogokat, és milíciaalapon fogja működtetni hadseregét.<sup>5</sup>

Az 1919. évi békekonferencia első szakaszában Lloyd George és Wilson még ragaszkodott ahhoz, hogy a határok megvonásánál lehetőleg minél kisebb idegen népcsoportok kerüljenek az új államba. „Nem lesz soha béke Európában, ha az új államokat megterheljük irredentizmussal” – hangzottak Lloyd George előrelátó szavai.

Csehszlovákia győzelmében a békekonferencián nagy szerepe volt a Jugoszláviával és Romániával kialakított szoros együttműködésnek is. A közös érdek a magyar békedelegáció követelésének visszautasítása volt. Különösen tartottak mind a hárman a népszavazásra vonatkozó magyar kéréstől.<sup>6</sup>

A legmegdöbbentőbb adatokat a csehekről közli könyvében Sir Robert Donald: 1918. december 6-án még csak 202 571 magyart kívántak, és mire Trianonban a békeszerződést aláírták a cseh uralom alá került magyarok száma több mint egymillióra növekedett.<sup>7</sup> Az új állam területe 140 508 km<sup>2</sup>, összesen 13 612 244 lakossal.

A csehszlovák államalapítók legnagyobb ellenállásba a Csehszlovákiához került kisebbségek közül a 3,5 milliós csehországi és a 180 ezres szlovákiai-kárpátaljai, együttesen 3,68 milliós csehszlovákiai német kisebbséggel kapcsolatosan ütköztek. A Morvaországból, Sziléziából, valamint az I. világháborút lezáró békeszerződés értelmében az országhoz csatolt Felvidékből alakult köztársaság többnemzetiségű ország lett: csehek (51%), szlovákok (13%), németek (25%), magyarok (5%), ruszinok (4%), és az 1919–1920-as cseh–lengyel háború eredményeként Csehszlovákiához csatolt terület 125 ezer (0,9%) lengyel alkotta nemzetiség lakott egy hosszan elnyúló, 1000 km-es, kelet felé egyre keskenyedő részen, Kárpátján alig 70 km-es vékony sávban. 1918-ban 3,68 millió német és 2,5 millió szlovák élt az ország területén, tehát az egyik kisebbség népesebb volt, mint a „két államalkotó nemzet egyike” (1. ábra).<sup>8</sup>

Csehszlovákia expanziós politikája következtében az országot határoló államok ellenséges érzületűek voltak (Ausztria, Németország, Lengyelország, Magyarország).

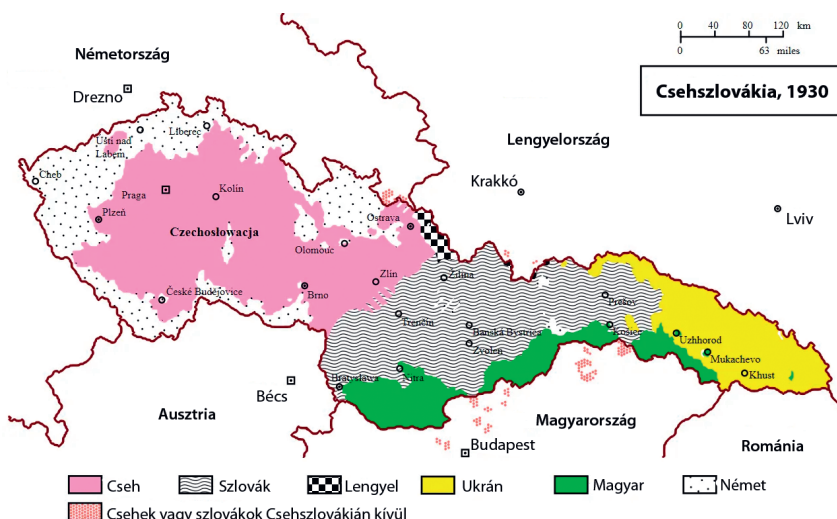
<sup>5</sup> Halász Iván: Az első Csehszlovák Köztársaság és a második Lengyel Köztársaság születése az első közjogi dokumentumok tükrében (1918–1919). *Állam- és Jogtudomány*, 60. (2019), 3. 32–58.

<sup>6</sup> Ádám Magda: Csehszlovákia megalakulása. *História*, 4. (1982), 4–5. 44–46.

<sup>7</sup> Írók és könyvek. *Magyarország*, 9. (1928), 130. 29.

<sup>8</sup> Aleš Pařil: *Důsledky světové hospodářské krize pro Československo ve 30. letech 20. století*. České Budějovice, Jihočeská Univerzita, 2013. 12–13.





1. ábra: Csehszlovákia nemzetiösszetétele

Forrás: Krystian Żelazny: *Sytuacja prawna mniejszości narodowych w Czechosłowacji (1918–1992) (1)*. Kurier Wileński, 2015. február 27.

### 3. Országvédelmi koncepciók

Az 1930-as évek elején egyre sürgetőbb feladatként jelentkezett az ország védelmének meg-erősítése, habár a környező országok – Lengyelország kivételével – az 1919–1920-as békedik-tátumok értelmében minimális létszámú hadsereggel és támadó hadműveletre alkalmatlan haditechnikával rendelkeztek. A nagyobb intenzitású fegyverkezés és egy határvédelmi erődrendszer kiépítése Hitler hatalomra jutását követően indult el.

Csehszlovákia védelmével kapcsolatos kutatások már 1921 óta folytak. A fiatal köztársasá-got fenyegető jövőbeli kockázatokat elsőként Henri Édouard Roset francia ezredes azonosítot-ta, aki a csehszlovákiai katonai misszió tagjaként szolgált. 1921 nyarán írt munkájában hang-súlyozta, hogy egy katonailag és gazdaságilag erős Csehszlovákia elviselhetetlen fenyegetést jelentene Németország, Ausztria és Magyarország számára, ezért katonai erőfeszítéseik első számú célja Csehszlovákia megsemmisítése és gazdasági leigázása lenne. A következőképpen fogalmazta meg a fő veszélyt: „A legnagyobb veszélyt Csehszlovákiára az jelentené, ha az el-lenség északról nyomulna be Morvaországba. Ez kettészakítaná a köztársaságot, és az állam védelme összeomlana.” Ugyanakkor utalt egy lehetséges cselekvési irányra is. Ebben a mun-kában már felvetődik annak a lehetősége, vagy inkább szükségessége, hogy Csehszlovákia területén és különösen az északi határon állandó erődítményeket építsenek.<sup>9</sup>

Az 1933–1934-es évek intenzív vitákkal teltek elsősorban a Németországgal, valamint a Magyarországgal és Lengyelországgal szembeni védekezés formájáról és módjáról, abban a reményben, hogy Ausztria semleges marad. A katonai vezetők szerint sem volt szerencsés

<sup>9</sup> Marek Šásik: *Československé opevnění 1935–38*. Plzeň, Západočeská univerzita v Plzni, 2013. 8–9.



az ország alakja és az államhatárok vonalvezetése. Az államhatárok teljes hossza 4120 km volt (1545 km Németországgal, 984 km Lengyelországgal, 832 km Magyarországgal, 558 km Ausztriával és mindössze 201 km Romániával, Csehszlovákia egyetlen szövetségeseivel). Az ország hossza meghaladta az 1000 km-t, szélessége a cseh területeken 270 km, Morvaországban 150 km, Közép-Szlovákiában 90 km, Podkarpatszka Ruszban a legkeskenyebb rész mindössze 40 km.

További probléma volt a lakosság összetétele. A 15 182 000 fős összlakosságnak (1921-es adat) csak 66,24%-a volt csehszlovák és 33,76%-a nemzetiségi kisebbség. Ezek a kisebbségek azonban a Németországgal, Ausztriával és Magyarországgal közös államhatár körül szinte összefüggő tömbben éltek, vagyis egy olyan területen, amely békeidőben erődítési területté, háborúban pedig megbízhatatlan hátországgal rendelkező csatatérré vált, ami miatt nagy erőket kellett a stratégiai szakaszok és fontos objektumok őrzésére kijelölni.<sup>10</sup>

Mindkét koncepciónak megvoltak az előnyei és hátrányai, számos ellenérvvel. A motorizált szárazföldi és légielő előnye a gyors bevetettség az ellenséges támadás esetén, valamint a gazdaság fejlesztésének és modernizálásának fellendítéséről szólt. Ez azonban azt jelentené, hogy nagyszámú, állandó, professzionális katonai egységet kellene fenntartani. Ennek a koncepciónak nem elhanyagolható hátránya volt a motorizáció még mindig csekély fejlettsége, a harckocsik és a légielő lassú fejlődése, valamint a nagy mennyiségű üzemanyag biztosításának szükségessége. Az erődítés elsősorban a bevethető katonák számának megtakarításáról szólt, különösen a lehetséges ellenséges támadás irányaiban. Az állandó erődítmények lassabban avulnak, mint a harckocsik és a repülőgépek. Békeidőben is megépíthetők, és éveken vagy évtizedeken át fenntarthatók.

Összehasonlítva a csehszlovák vezérkar képességeit a német potenciállal, egyértelmű volt, hogy a stratégia alapja a konfliktus kezdetétől fogva a kitartó védekezés kell hogy legyen. A végső döntés tehát az erődítés lett. Ugyanakkor azonban a csehszlovák hadsereg motorizálása és a modern páncélos (harckocsi-) felszerelések bevezetése sem maradhatott el. Bohumír Bradáč honvédelmi miniszter 1933 decemberében a *Neuer Morgen* című folyóiratnak adott interjújában még így nyilatkozott: „Rendkívül takarékosan kell bánnunk a rendelkezésünkre álló erőforrásokkal, így inkább a modern fegyverzetet választjuk, mint az erődítéseket, amelyeket amúgy sem lehetne megfelelő nagyságrendben megépíteni.”<sup>11</sup>

1934 nyarán végre tisztázódott a csehszlovák állam védelmének koncepciója. Elsősorban a jelentős francia befolyás alatt álló csehszlovák hadsereg hatására elfogadták a francia katonai doktrínát. Az ország vezetése véglegesen eldöntötte, hogy az állandó vasbeton erődítések stratégiai koncepcióját alkalmazza. Az erődöket a védelem szempontjából legmodernebb fegyverzettel és megfelelő szinten kiképzett katonai erővel látja el. Az erődrendszer építésével párhuzamosan folytatni kell a hadsereg mobil részének korszerűsítését, hogy készen álljon hadműveleti bevetésre az erődvonalat áttörő ellenség ellen. A teljes program megvalósítására tízmilliárd 14 millió koronát hagyott jóvá a csehszlovák vezetés. A fejlesztés eredményeként mintegy 100 ezer főből álló helyőrségnek kellett felállnia 42 erődzászlóaljban.

<sup>10</sup> Sásik (2013): i. m. 10.

<sup>11</sup> Sásik (2013): i. m. 17.

Első hallásra nagyon komoly összegről van szó, de ha belegondolunk abba, hogy a leginkább veszélyeztetett szakasz az Odera és az Elba folyók között mintegy 400 km hosszúságot tesz ki, ahol az ellenség 30–35 hadosztállal tud támadni, legalább 25–30 hadosztályra lenne szükség ahhoz, hogy észszerű remény legyen a terület megvédésére. Ehhez azonban erő, eszköz és főleg pénz kell. Egy gyalogos hadosztály létrehozása – beleértve a fegyvereket és a lőszeret is – akkoriban körülbelül 150 millió koronába került. Harminc hadosztályhoz körülbelül 600 ezer<sup>12</sup> emberre lenne szükség, és körülbelül 4500 millió koronába kerülne.<sup>13</sup>

Egy 330 km hosszú, összefüggő nehézerődítmény-rendszer 45 ezer emberrel kell ellátni, a Krkonoše és a Jeseníki hegyek védelméhez még két hadosztályra lenne szükség, ahol az erődítmények csak az utakat zárják el, valamint négy hadosztályra (lehetőleg motorizált) mobil tartalékként, összesen mintegy 165 ezer ember. Egy normál kilométernyi, fegyverekkel és lőszerrel ellátott erődítésnek 12,5 millió korona a költsége. Az erődített rendszer körülbelül ugyanannyiba kerülne, mint a terepi katonai egységek megszervezése, felépítése, de az erődrendszerrel 435 ezer embert takarítana meg.<sup>14</sup>

Természetesen voltak más vélemények is, de ezek gyorsan háttérbe szorultak. Katonai véleményként idézhetjük Tesarik vezérkari százados véleményét 1935 júliusából: „A jövő háborúja mozgóháború lesz. A modern, az idő által megkopott határerődök nem használnak a mozgó »acélerődökkel« szemben. [...] Erődítések helyett autópályák hálózatát kell kiépítenünk, hogy a jobb »acélerődjeinket« gyorsan elküldhessük az előrenyomuló »acélerődök« ellen.”<sup>15</sup>

Miután kiválasztották a védelmi koncepciót, amely a határok erődítményekkel való biztosítását jelentette, következtek azok a lépések, amelyek az objektumok tényleges megépítéséhez vezettek. Fontos momentum volt a védelmi minisztérium 1934. július 21-i 713 Taj.-hl.št./3. oddal. (a Vezérkar 3. Osztálya – a szerző megj.) 1934. számú rendelete. Ebben a dokumentumban található az első utalások Franciaország együttműködésére a csehszlovák erődítmények építésében, illetve egy „különleges csoport” létrehozására, amely az objektumok építésével kapcsolatos minden kérdéssel foglalkozik.<sup>16</sup>

#### 4. Erődrendszer a Maginot-elv alapján

A fenti döntés alapján a csehszlovák hadsereg parancsnoksága a csehszlovákiai francia katonai misszió keresztül felvette a kapcsolatot a párizsi hadügyminisztériummal, hogy engedélyezze a csehszlovák hadsereg több tisztjének látogatását a Maginot-vonal építményeiben. Ezt

<sup>12</sup> A csehszlovák statisztikai adatok alapján az 1930-as években kb. 9,5 millió a cseh-szlovák népesség, és kb. 4,8 millió a nemzetiségek száma. A szlovák anyanyelvű lakosság – mintegy 2,3 millió fő – a Hlinka vezette mozgalom hatására egyre kevésbé megbízható. Marad kb. 7,2 millió cseh lakosság. A hadköteles korú férfilétszám ennek kb. az ötöde, tehát mintegy 1,5 millió fő a hadra fogható létszám. Ha a 600 ezer fős hadsereget létrehoznák, a hadköteles, cseh nemzetiségű férfi lakosság kb. 40%-át kellene besorozni.

<sup>13</sup> Ondrej Merta: *Těžké objekty československého opevnění z let 1935–1938 s přihlédnutím k území jižní Moravy*. Brno, 2002. 8.

<sup>14</sup> Merta (2002): i. m. 8.

<sup>15</sup> Sásik (2013): i. m. 16.

<sup>16</sup> Josef Novák: *Československé opevnění z let 1935–1938 na jižní Moravě ve spojitosti s inspekční cestou Adolfa Hitlera*. Brno, Masarykova univerzita, 2014. 8–9.

a kérést teljesítették, és már 1934. augusztus 14-én a František Havel dandártábornok vezette, nyolc tisztből álló csoport elutazott Franciaországba.<sup>17</sup>

Jelentős változás történt 1935. március 20-án, amikor a csehszlovák erődítések építésének irányítására létrehozták az Erődítési Tanács (ET) nevű katonai hatóságot. Ez Prágában, a vezérkar épületében kapott helyet, és a Legfelsőbb Honvédelmi Tanácsnak volt alárendelve. Az ET fő feladata az volt, hogy erődítési javaslatokat dolgozzon ki, meghatározza a megerősítendő helyszíneket, a határerődítés módját, valamint az építkezés menetét és ütemezését. Ezzel egyidejűleg létrehoztak egy másik katonai osztályt, az úgynevezett Erődítési Igazgatóságot (EI), amely az ET-től eltérően végrehajtó szerv volt, és a helyszíni erődítési munkálatok irányításáért felelt.<sup>18</sup>

A cseh katonai vezetés létrehozta a szervezeteket, de működni még nem tudtak. Josef Hubálek vezérkari mérnök alezredes írja az *Államhatár megerősítése az Orlické-hegység területén* című kiadványában:

„Franciaországban három nap alatt részletesen megvizsgálták a Maginot-vonal kiválasztott jellegzetes objektumait. A helyi bejárásokat követően két napon át Párizsban szakértők tartottak oktató előadásokat az erődítési objektumokról, azok fegyvereiről és felszereléséről. Ezek a rövid és felületes túrák a létesítményekben és az oktató előadások csak képet adhatnak a résztvevőknek az erődítményi szerkezetek méretéről és összetettségéről. Ez nem adta meg a cseh tiszteknek azt a tudást, amely lehetővé tette volna számukra, hogy önállóan és felelősségteljesen tervezzenek ilyen fontos és költséges létesítményeket.”

Egy újabb franciaországi látogatást követően kezdték tervezni az első objektumokat. A tervezés során azonban problémák merültek fel, ezért a Csehszlovák Honvédelmi Minisztérium felkérte a francia felet, hogy küldjön két francia tisztet, akik tanácsadóként vesznek részt a tervezésben és a kivitelezésben. Franciaország 1935 tavaszán eleget tett ennek a kérésnek.<sup>19</sup>

1935-től mérnöki csoportparancsnokságok alakultak, amelyek az EI alá tartoztak. E parancsnokságok a korábban létrehozott tartományi katonai parancsnokságokra épültek, amelyek Prágában és Brünnben működtek. A mérnöki csoportparancsnokságok feladata a nehézerődítési objektumok építésének irányítása volt a területi fennhatósága alá tartozó térségben. Például Szlovákiában, Petržalka és Komárno területén a nehézerődítmények építés-irányítását a 21-es mérnöki csoport, a bajtai szakaszon pedig az 1-es mérnöki csoport végezte.<sup>20</sup>

Az 1935-ös terv szerint a teljes védelmi rendszer kiépítése 5 szakaszból áll, és csak az úgynevezett nehézerődítések építését irányozta elő. Az első szakasz (Moravská Ostrava, Králiky–Mückenbergről, Steinberg–Ramzová, Háj–Opava–Krnov) erődítményeinek építését 1939-ig kellett volna megvalósítani, de a pénzügyi háttér mellett biztosítani kellett az elegendő számú, képzett katonai és civil munkaerő rendelkezésre állását is. A második szakasz megkezdését 1938-ra, a harmadik szakaszét pedig egy évvel későbbre tervezték. A fennmaradó fázisokat

<sup>17</sup> Novák (2014): i. m. 9.

<sup>18</sup> Novák (2014): i. m. 11.

<sup>19</sup> Novák (2014): i. m. 13.

<sup>20</sup> Novák (2014): i. m. 14.

később kellett végrehajtani. E program keretében összesen 10 388 millió cseh koronát kellett volna elkölteni az öt szakasz 860 km folyamatos és nem folyamatos védelmi rendszerének megvalósítására.<sup>21</sup>

Ez az összeg magában foglalta az objektumok felszerelését is, beleértve a fegyverzetet, löszert és egyéb ellátmányt.

A második programot a kormány 1936. június 5-én vette tudomásul. Ez a program szintén csak a nehézerődítmények folytonos szakaszainak megépítését irányozta elő, de már négy szakaszra osztva. A miniszterelnök azonban még a terv elkészítése előtt utasítást adott arra, hogy az erődítési munkálatokat minden szakaszon egyszerre kezdjék meg, hogy ezzel is demonstrálják a köztársaság elszántságát az ország területi integritásának megvédésére. Az utasítást csak könnyűerődítmények alkalmazásával lehetett teljesíteni, ezért az erődítés általános koncepcióját meg kellett változtatni.<sup>22</sup>

A csehszlovák erődítmények végleges rendszerét csak az 1937-es utolsó terv határozta meg. Az 1937. november 9-én elfogadott – Karel Husárek tábornok vezetésével, az EI prágai parancsnoksága által kidolgozott – úgynevezett „Husárek-féle végleges erődítési program” adta meg. Ez a terv Csehszlovákia határai mentén, összesen több mint 3000 kilométer hosszúságban védelmi objektumok építését irányozta elő, és csak az 1940-es évek végén fejeződött volna be. Az erődítményeket négy szakaszban kellett megépíteni, a legnagyobb hangsúlyt az első szakaszra helyezve, amely kulcsfontosságú szakasznak számított.

Husárek tanulmánya szerint a csehszlovák erődítési rendszer fő elemei a könnyű géppuskás építmények (vz. 37-es [37-es modell – a szerző] könnyűerődítmények) két vonalban egymás mögött elhelyezkedő rendszere, amelyet a fontos szakaszokon nehézerődökkel erősítettek meg. Gyakorlatilag csak az Odera és a Krkonoše-hegység közötti, legveszélyeztetettebb szakaszon kellett kiépíteni a nehézerődök folyamatos övezetét. Ugyanakkor a tanulmány belső vonalak létrehozását is tervezi, ezzel cáfolva a vonalas erődítések kritikusainak gyakori kifogását, miszerint nincs mélységi védelmi vonal. A kiépített két védelmi vonal áttörése után az ellenség gyorsan támadást tud kifejleszteni a nem védett területen. Husárek 1938 folyamán véglegesített terveinek megvalósításával a hadsereg erős, mélyen tagolt védelmi rendszerrel rendelkezett volna, ami komolyan korlátozta volna a támadó hadművelleti képességeit.<sup>23</sup>

A vz. 37-es könnyűerődítmények rendszerét szinte egész Csehország, Morvaország, Szlovákia és részben Kárpátalja területén tervezték kiépíteni. Szlovák területen, a magyar határon 1938-ban a Duna menti Párkánytól a román határig könnyűerődítéseket kellett megépíteni a fedezék- és a fő védelmi állásokon, és lezárásokat kellett építeni a Garam alsó szakasza mentén.

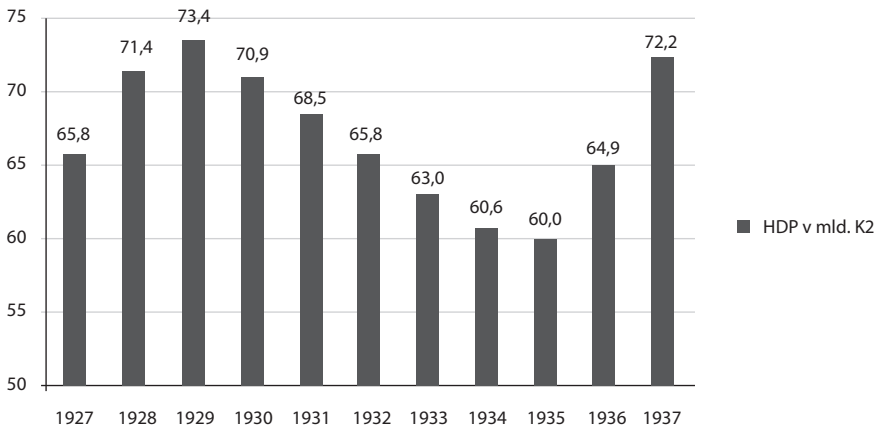
<sup>21</sup> Novák (2014): i. m. 16–17.

<sup>22</sup> Merta (2002): i. m. 10–11.

<sup>23</sup> Merta (2002): i. m. 11.

Az 1937-es terv alapján egyértelmű, hogy Csehszlovákia – beleértve a legmagasabb beosztású tisztviselőit is – nem számított arra, hogy a háború kitörése nagyon hamar bekövetkezik. Ez is oka annak, hogy az utolsó szakasz erődítési munkáinak befejezése a terv szerint 1951. Az erődítmények építése e program szerint sokkal időigényesebb feladatot jelentett, mint a korábban benyújtott tervek. Az elfogadott építési tervek alapján összesen 1276 úgynevezett nehézobjektumot és 15 463 könnyűépítményt kellett volna megépíteni. A becsült összköltség, beleértve az egyéb, például a laktanyák építésével, fegyverzet beszerzésével stb. kapcsolatos kiadásokat is, a korábbi összeghez hasonló, 10 milliárd 800 millió CZK körül volt.<sup>24</sup>

A költségek nagysága látható a cseh GDP-adatok tükrében. Csehszlovákia ráadásul azon néhány európai ország közé tartozott, ahol a II. világháborúig a GDP nem haladta meg az 1929-es gazdasági szintet (2. ábra). A parlament 1934. február 17-én fogadta el a csehszlovák korona leértékeléséről szóló törvényt. A korona aranytartalma több mint hatodával csökkent, ezzel egyidejűleg a korona aranyfedezetét a korábbi 38,2%-ról 25%-ra csökkentették.



2. ábra: Csehszlovákia GDP-je milliárd cseh koronában 1927–1937 között

Forrás: Pařil (2013): i. m. 37.

A nehéz építmények építését már az első erődítési programban is tervbe vették. Állandóan változtatták azonban az ilyen objektumok koncepcióját és számát, főként a magas pénzügyi költségek miatt, de a „fejlettebb” könnyűerődök építése miatt is, amelyeknek a nehézerődítés vonalát kellett volna kiegészíteniük. Ugyanakkor ezek az egységek a határvédelem kulcsfontosságú helyszíneivé váltak, mivel a tervezett nehézerődítmények teljes befejezése néhány éven belül volt várható. Csehszlovákiának nem volt tapasztalata hasonló építmények építésében, ezért egyfajta modellként szolgáltak a franciaországi Maginot-vonalon megépült

<sup>24</sup> Novák (2014): i. m. 19.

vasbeton objektumok. Az építkezések az EI által kidolgozott *Megvalósítási adatok az állandó erődítmények építéséhez* című terv alapján folytak. Ezt 1936. január 13-án hagyták jóvá, de a dokumentumban szereplő időpontokat a munkálatok során többször módosították és kiegészítették, utoljára 1938. szeptember 10-én. A nehézerődítmények építését az erre a célra létrehozott 13 műszaki törzsnek kellett irányítania.

Az első megépített vasbeton objektum az Odera menti Bohumín városka környéki Antošovice közelében lévő MO-S 8-as gyalogsági erőd volt, amelyet 1935. december 15–22. között betonoztak. A munkálatokat a prágai Karel Skorkovský mérnök irányította, aki a kiírt pályázat megnyerése alapján a szakasz többi épületét is betonozta, nevezetesen a MO-S 2-től MO-S 8-ig jelzetteket.<sup>25</sup>

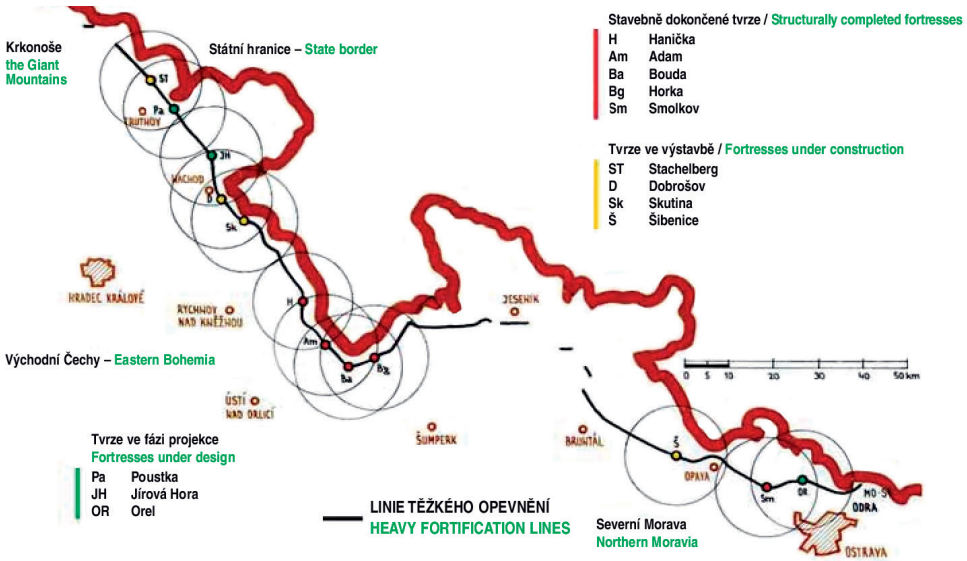
## 5. Nehézerődök (Těžké opevnění, TO)

Már a kezdetektől fogva – az államhatár egy részének megerődítéséről szóló döntést követően – stratégiai feladatokat határoztak meg a nehézerődítésekre vonatkozóan, amelyek alapján a nehézerődítési objektumok tervezése és későbbi építése elindult. Elvárás volt, hogy a tábori hadsereg gyors támogatása nélkül ellenálljanak mindenféle ellenséges támadásnak, és minden körülmények között – a konfliktus kezdetétől a bekerítésben folytatott harcokig – hosszú ideig védjék a meghatározott terepszakaszt. Miután a francia szakértők segítségével megoldották az objektumok tervezésének problémáját, és a hazai szakembereket az erődítési munkálatok igazgatóságán összpontosították, megkezdődhetett a tényleges munka. Egy szigorúan titkos szolgálati szabályzat tartalmazta az állandó erődítési objektumok építésére és a nehézerődítési objektumok tervdokumentációjának elkészítésére vonatkozó elveket.

Az 1936-os indulás óta a műszaki dokumentumokat állandóan frissítették és gazdagították az épületek építése során szerzett tapasztalatok alapján és a jelentkező igényeknek megfelelően. Az utolsó, tizennegyedik kiegészítést 1938. szeptember 19-én állították össze. Minden egyes gyalogsági építmény kialakítása egységes elvek szerint történt, de teljesen egyedileg, a konkrét terepviszonyoknak és a kitűzött harci feladatoknak megfelelően dolgozták ki. Ezért minden egyes létesítmény projektje mindig eredeti volt, amelynek nem volt másolata. Csak 1938-ban, Ausztria megszállása után kezdték el sietve építeni a dél-morvaországi nehézerődítményeket az északi hadszíntérről származó tervek alapján. A taktikai feladatoknak megfelelően a nehézerődítményeket elszigetelt, egymással felszíni közvetlen kapcsolatban nem lévő épületekre és erődépületekre osztották, amelyeket viszont föld alatti alagútrendszerek kötöttek össze egymással.<sup>26</sup>

<sup>25</sup> Novák (2014): i. m. 18.

<sup>26</sup> Sásik (2013): i. m. 20–21.



3. ábra: Nehézerődítések terve az Odera–Krkonoše-szakaszon

Forrás: Jakub Mikolášek: *Border fortifications in Czechoslovak Republic – reconstruction of the development of underground spaces*. 2013. Figure 1.

Husárek programja szerint három lehetőség volt a TO-objektumok telepítésére. Az első és legerősebb változatot az északi határra Odera–Krkonoše-szakaszra tervezték (3. ábra). Ez egymástól 600–800 m távolságra lévő, önálló gyalogsági erődökből álló védelmi vonal, amelyet fontos helyeken tüzérségi erődökkel, illetve önálló tüzérségi vagy aknavető objektumokkal, hátul pedig többsoros könnyűerődítményekkel erősítettek meg (4. ábra).

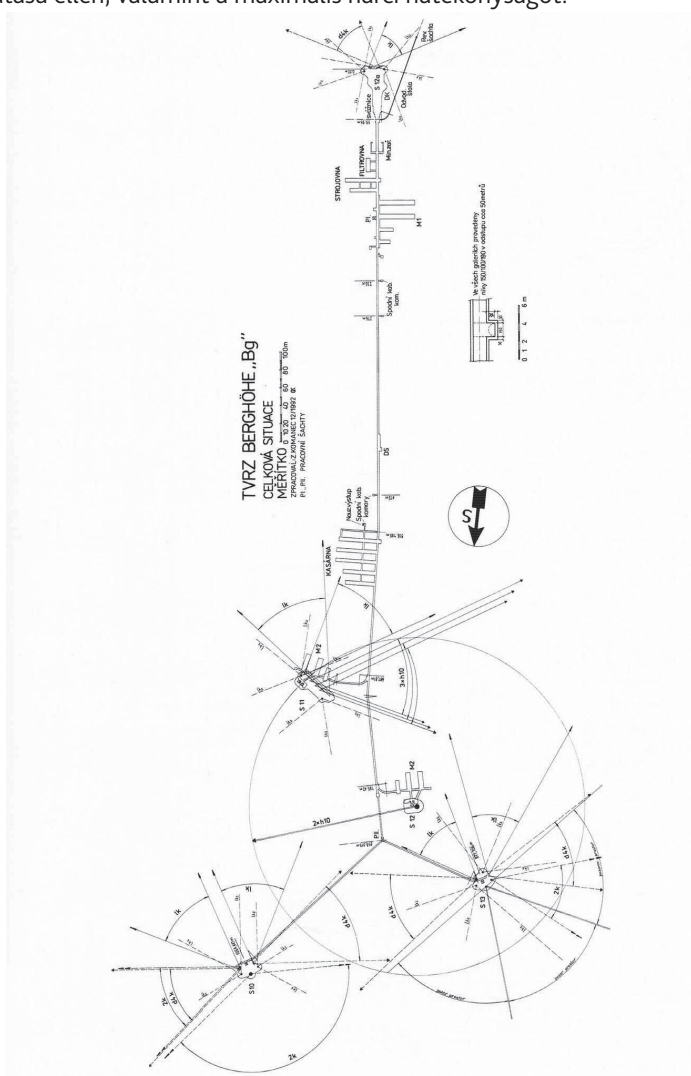
A második változat egymástól 600–800 m távolságra lévő, önálló gyalogsági létesítményekből álló vonalból állt, amelyet aknavető építményekkel és könnyű objektumokkal kellett megerősíteni (Dél-Morvaország, pozsonyi hídfő, Komárno). A harmadik és egyben leggyengébb változat pedig az volt, hogy a könnyűerődítmények (a nyugat-csehországi, a prágai vonal és Dél-Szlovákia, illetve Észak-Szlovákia fő védelmi zónái) előtt, vagy közvetlenül azok vonalában gyalogsági építmények csoportjait páncéltörő akadályok formájában alkalmazták. A TO-k feladata ebben a változatban az volt, hogy visszaverjék az ellenség meglepetésszerű támadását, és így időt nyerjenek a fő védelmi zónában lévő motorizált erődcsapatoknak a pozícióik elfoglalására.<sup>27</sup>

A nehézerődítési vonal alapvető elemei az önálló gyalogsági építmények voltak. Ezek 13 × 28 m alaprajzú masszív vasbeton szerkezetek voltak. A maximum 8 m-es magasság kétszintes elrendezésben épült: a felső szint a föld felett, az alsó szint a föld alatt volt, ami jelentősen csökkentette a területüket és növelte az ellenállásukat. Az objektum felső szintje elsősorban a harci műveletek végrehajtásához szükséges helyiségekből állt: a tüzérségi helyiségek a fő fegyverekkel, a parancsnoki állás, a telefonközpont és a lőszerraktárak. Az alsó szint

<sup>27</sup> Sásik (2013): i. m. 21.



hátsó traktusában állt a dízelgenerátor és a szűrő-szellőztető berendezés, itt volt a létesítmény személyzetének elhelyezését biztosító helyiség, a fő lőszerraktár, valamint egy kút és egy mosdóhelyiség, egyszerű szennyvíztisztító berendezéssel. A lőszer- és élelmiszerkészletnek még bekerítés esetén is 14 napos harcra elegendőnek kellett lennie. Több páncélozott elemet – harangokat, kupolákat és tornyokat – is terveztek. A gyalogsági állások kialakításának két fő feladatát kellett biztosítani: a legénység megfelelő védelmét az ellenséges fegyverek minden fajtájának hatása ellen, valamint a maximális harci hatékonyságot.<sup>28</sup>



4. ábra: A „Berghöhe” erődrendszer áttekintő rajza

Forrás: Zdeněk Komanec – Michal Prášil: *Tvrze československého opevnění 1935–1938. Díl 2. Brno, Společnost přátel československého opevnění, 1999. 117.*

<sup>28</sup> Sásik (2013): i. m. 22.



A tervezés szerint összesen 15 tüzérségi nehézerődöt (egyenként 300–700 katona számára) kellett építeni az északi határ mentén. 1938 szeptemberének végére ezek közül csak öt komplexum készült el, öt pedig építés alatt állt.

A védelmi rendszer vasbeton elemei összesen hat ellenállási szintben épültek. Az objektumok két alaptípusra oszthatók, az úgynevezett „arab” és „római” típusokra. A két típust pontos jelölésekkel különböztették meg egymástól. Az első ilyen típus, az úgynevezett „arab”, az 1 és 2 arab számokkal volt jelölve (innen az „arab” vagy „kis méretű tárgy” elnevezés). A második típust, az úgynevezett „római” – vagy nehézerőd – típust az I, II, III és IV római számokkal jelölték.<sup>29</sup>

Arab 1 – Ezt az objektumtípust a nehezen járható hegyi terepen és az erődvonal kevésbé kitért helyein kellett építeni. Ezek fokozatos átmenetet képeztek volna a könnyű és a nehézerődítmények között. A típust elsősorban a Sas-hegység és a Jeseníky-hegység gerincén tervezték használni. 1938 szeptemberig Pozsonyban egyetlen ilyen ellenállási objektumot építettek.

Arab 2 – általában egyetlen páncélkupolával és kis létszámú legénységgel rendelkeztek. Sűrű erdőben helyezkedtek el, ahol minimális volt a lehetőség az ellenséges tüzérség közvetlen ágyúzására. A 15 cm kaliberű tüzérségi lövedékeknek kellett ellenállniuk.

Római I – ezek a vasbeton egységek olyan helyeken épültek, ahová az ellenség nehézfegyverekkel nehezen tudott eljutni. Elvileg 15 cm kaliberű lövedékek találatainak kellett ellenállniuk. Ezeket az objektumokat nehezen megközelíthető, erdős terepen építették.

Római II – ezt az ellenállási osztályt a nyílt terepen lévő erődvonalban használták leginkább. A Római II típusú épületek 24 cm kaliberű lövedékeknek voltak ellenállóak.

Római III – az ebbe az ellenállási osztályba tartozó gyalogsági építményeket erődök közelében és olyan helyeken építették, ahol az ellenség erős támadása volt várható. Az objektumok 30,5 cm kaliberű lövedékeknek voltak hivatottak ellenállni.

Római IV – ebben a kategóriában csak tüzérségi erődítményeket építettek. Ezek az objektumok elvileg a tüzérségi lövedékek és légi bombák minden kaliberének ellenálltak.

A fent említett objektumtípusok több szempontból is különböztek egymástól, de alapvetően a falak vagy a földem vastagsága tekintetében. A pontos adatokat, amelyek alapján az objektumokat ellenállásuk szerint osztályozták, az alábbi, 1. táblázat tartalmazza.

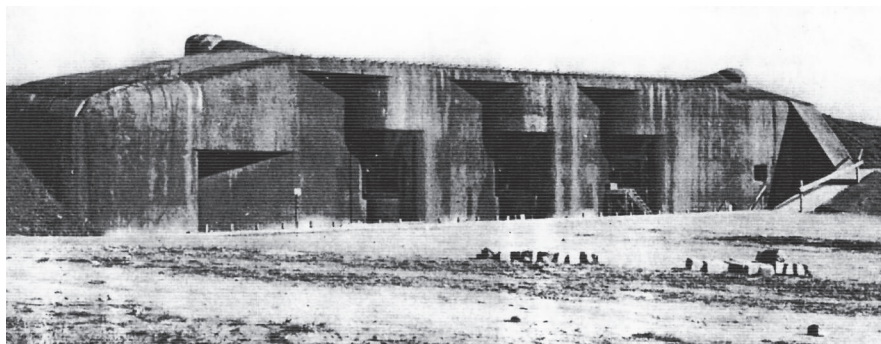
1. táblázat: A különböző ellenállási kategóriák falvastagsági adatai

Épület	„Arab”		„Római”			
	1.	2.	I.	II.	III.	IV.
Földem	100 cm	150 cm	150 cm	200 cm	250 cm	350 cm
Homlokfal	120 cm	175 cm	175 cm	225 cm	275 cm	350 cm
Fal a fő fegyverzet lőréseivel	80 cm	80–100 cm	100 cm	100 cm	125 cm	125–150 cm
Hátsó falak	80 cm	80 cm	100 cm	100 cm	125 cm	150 cm

Forrás: Novák (2014): i. m. 26.

<sup>29</sup> Novák (2014): i. m. 25.

A nehézerőd-rendszeren belül épített önálló objektumok a legmagasabb ellenállóképességű, azaz IV. osztályúak voltak, hogy ellenálljanak a legnagyobb űrméretű fegyverek lövedékeinek (5. ábra). A tüzérségi erődöket speciálisan az erődharcra kiképzett katonáknak kellett volna működtetniük. Létszámuk az erődrendszer méretétől függően változott. A legkisebb nehézlétesítményben, a Bouda rendszerében összesen 316 embernek kellett állomásoznia, a legnagyobb erődben, a Babiban 717 embernek kellett szolgálnia. Már ezek a számok is mutatják, hogy ezek a rendszerek milyen jelentős méretűek voltak, hiszen a felszerelésen kívül a teljes helyőrségnek is helyet kellett biztosítani.<sup>30</sup>



5. ábra: A „Hůrka” tüzérségi erőd 1938 őszén

Forrás: Komanec–Prášil (1999): i. m. 8.

A 2. táblázatban látható, hogy az összes erődítmény nagyon hasonló volt abban a tekintetben, hogy több gyalogsági építmény, egy vagy két tüzérségi építmény, egy bejárati objektum, valamint az ágyútorony és az aknavető torony egységeiből álló csoportosítást jelent, amely építés, taktika, tüzérfő és szervezet szempontjából egyetlen egységet alkot. Néha egy különleges tüzérségi megfigyelőállás is tartozott hozzá. Az összes épületet kiterjedt föld alatti folyosórendszer kötötte össze.

2. táblázat: Néhány erődrendszer felépítése

Erődrendszer neve	Gyalogsági építmény	Tüzérségi építmény	Lövegtorony	Aknavető torony	Bejárati objektum	Tüzérségi megfigyelőállás	Összesen
Adam	3	2	1	1	1	0	8
Babí	4	2	2	2	1	(1)	11+1
Bouda	3	0	1	0	1	0	5
Dobrošov	2	2	1	1	1	0	7

Forrás: Novák (2014): i. m. 29.

<sup>30</sup> Novák (2014): i. m. 28.

A létesítmény belső terét vagy közvetlenül a betonozás során betonfalakkal (tüzérségi helyiségek), vagy később téglaválaszfalakkal osztották helyiségekre. Az utolsó téglasor helyére általában aszfaltozott parafaréteget fektettek, hogy csillapítsák a mennyezetről a válaszfalakra ható, robbanás okozta lökések átvitelét, és megakadályozzák azok megrepedését. A helyiségek és a folyosók falait cementhabarccsal vakolták. Egyes helyiségekben a falakat vaslemezekkel bélelték, hogy megvédjék a személyzetet és a lövegszerkezeteket az épületet ért találatok során szétrepülő betonszilánkoktól.

Az alsó szinten volt a dízelgenerátor, amely egy 10 kW-os elektromos áramfejlesztőt hajtott. A generátor kipufogógázát csöveken az épületen kívülre vezették. A létesítményben elektromos áramot használtak a levegőszűrő, szellőztető berendezések, a vízszivattyú, a világítás és a kommunikációs berendezések működtetésére. Az elektromos generátort kizárólag harci tevékenység alatti használatra szánták. Békeidőben csak időszakosan indították be, hogy ellenőrizzék a működőképességét. Az összes elektromos vezetékét vízálló fémburkolatú kábeleken keresztül vezették, amelyeket konzolokkal rögzítettek a falakhoz és a födémhez. A telepítés során különös gondot fordítottak a kialakítás szilárdságára, hogy a kábelek találat esetén se essenek le a falakról. A kábeleken túlnyúlásokat hagytak, hogy megakadályozzák a törést, ha a falak megrepednének.

## 6. Az erődök fegyverzete

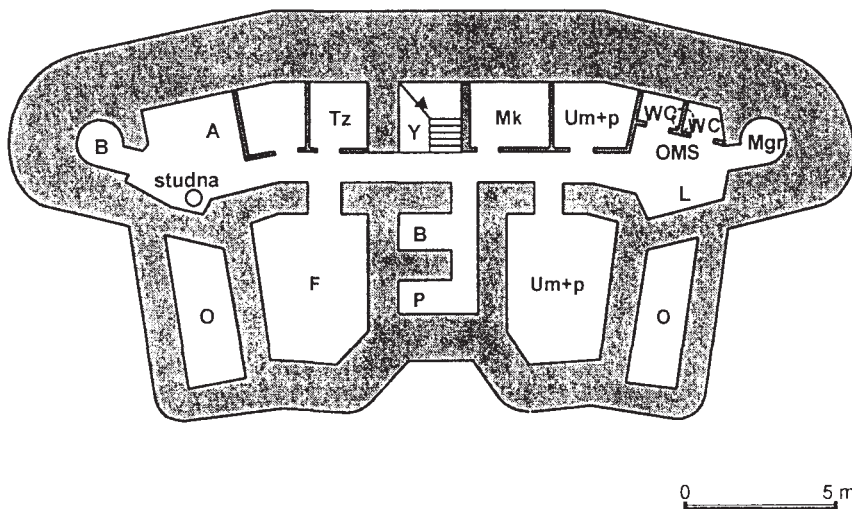
A csehszlovák erődítések meghatározó fegyverzete a nehéz géppuska volt. A fejlesztéssel és a gyártással a brünni Československá zbrojovka a. s.-t bízták meg. Már 1935-ben gyártotta a vz. 35 mintájú nehéz géppuskát a tábori hadsereg és a harckocsik számára. Az erődítési munkálatok megkezdésével egy új, 1937 elejétől gyártott nehéz géppuskát fejlesztett ki. 1936 májusától az ET áttért a nehéz géppuskák iker kivitelű, úgynevezett duplagéppuska alkalmazására. 1936-ban több mint 6000 nehéz géppuskát rendeltek a brünni fegyvergyárból. A gyár speciális berendezéseket is tervezett és gyártott a pontos tűzvezetéshez és a fegyverek felszereléséhez. Az M-fegyver lövegtalpat a duplagéppuskához két szőlőegység egy szerkezeti egységbe egyesítésével hozták létre, és egyúttal biztosították a két géppuska egyidejű használatát, valamint mindkét fegyverből a külön-külön tüzelés lehetőségét is. Az Erődítési Művek Igazgatósága 435 harci és 164 tartalék lövegtalpat rendelt az M-fegyverhez. 115 harci és 38 tartalék lafettát rendeltek a szőlő géppuskákhoz. A gépfegyverek a speciálisan a bunkerekbe tervezett lövegtalpnak köszönhetően teljesen el voltak rejtve az épület belsejében, és csak a cső torkolata a tűzszűrővel és a céltávcső egy része nyúlt ki az elülső páncéllemezen, ami maximalizálta a fegyverek és kezelőik védelmét.<sup>31</sup>

A páncéltörő ágyúk képezték az erődök második fő fegyverét. A Škoda Plzeň Works 1934 decemberétől fejlesztette ki a szükséges páncéltörő fegyvert 37 és 47 mm-es kaliberben. Az ET azonban 1935 májusában felkérte a Škodát, hogy csak a nagyobb teljesítményű változatot fejlessze tovább, majd nem sokkal később kiterjesztette kérését, hogy a löveget az új nehéz

<sup>31</sup> Sásik (2013): i. m. 31.

géppuskával kombinálják az úgynevezett vegyes iker L1-essé. 1935 novemberében elkészült az ikerlőveg makettje, 1936. május elején pedig két prototípust is tüzelési teszteknek vetettek alá. A katonai közigazgatás jóváhagyta a fegyver bevezetését az erődítmények fegyverzetébe. A Honvédelmi Minisztérium hivatalosan megrendelt 268 darab L1-es ágyút, puskát és lövegfalpat a TO objektumaihoz. A megrendelt tétel 1938. április 15-én készült el, és átadták az erődépítési parancsnokságnak. A páncéltörő ágyú a maga korában valóban korszerű fegyver volt, amit az is bizonyít, hogy a 47 mm-es „Pak K 36 [t]” megjelöléssel került be a német arzenálba. Csehszlovákia megszállása után a németek a fegyvereket lefoglalták, és később erődítményeikben használták.<sup>32</sup>

A fegyverzet következő tagja az aknavető. Az épülő erődítmények néhol rendkívül zord terepviszonyai között az aknavetőknak jelentős szerepet szántak a géppuska- és ágyútűz kiegészítésében és fokozásában, mindenképp a nehézerődítmények körüli holtterek tűz alatt tartásában. E feladatokat a gyalogsági tüzelőállásba szerelt 90 mm-es aknavetővel kellett volna ellátni. Az aknavető fejlesztése 1935 óta folyt a pilseni Škoda gyárban, de a páncéltörő ágyúhoz képest jelentős volt a késedelem. A prototípust 1936 januárjában mutatták be, de jelentős hibákkal rendelkezett, emiatt teljesen újra kellett tervezni. Az aknavető csak 1938 júliusában felelt meg az összes szükséges paraméternek, amikor „9 cm-es aknavető vz. 38” hivatalos elnevezéssel bekerült a fegyverzetbe. Az ET azonnal megrendelt 54 darabot lőszerrel és tartozékokkal együtt 1939 eleji szállításra. Az 1938. szeptemberi események alapján egyértelmű, hogy nem állt rendelkezésre aknavető.

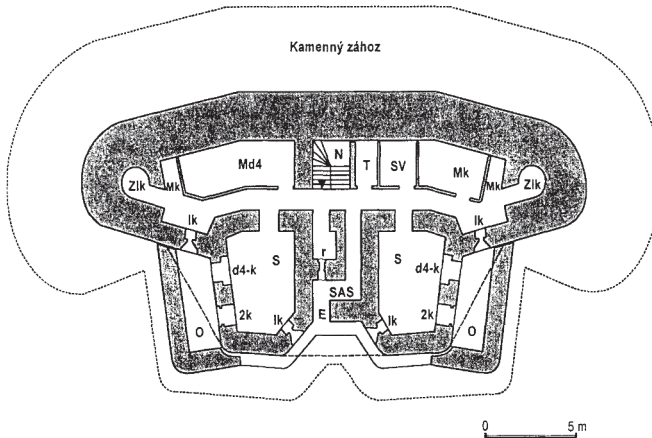


6. ábra: Az MJ-S 3 gyalogsági bunker alsó szintjének rajza

Forrás: Merta (2002): i. m. 72.

(A betűk jelentése: A: műszaki helyiség, aggregátorok; B: üzemanyagraktár; F: szűrő-szellőztető helyiség ventilátorokkal; OMS: szociális egység [L: mosdók, WC]; Mgr: kézigránát-tároló; Mk: géppuskalőszer-tároló; O: védőárok; P: élelmiszerraktár; Tz: híradó-, telefonhelyiség; Um+p: legénységi és altisztai szállás; Y: közlekedő.)

<sup>32</sup> Sásik (2013): i. m. 32.



7. ábra: Az MJ-S 3 gyalogsági bunker felső szintjének rajza

Forrás: Merta (2002): i. m. 71.

(A betűk jelentése: d4-k: vegyes fegyverzet [47 mm páncéltörő és nehéz géppuska]; E: bejárat; SAS: gázbiztos bejárat; r: bejáratvédelem; lk: könnyű géppuska; Md4: páncéltörőlőszer-tároló; Mk: géppuskalőszer-tároló; N: víztartály; O: védőárok; S: lőállások; T: híradóhelyiség; Zlk: páncélharang könnyű géppuska számára; 2k: iker nehéz géppuska-lőállás; SV: objektumparancsnok szállása és irodája.)

## 7. Könnyűerődök (Lehké opevnění, LO)

A könnyűerődök két típusát alkalmazták: a 36-os és a 37-es modellt (vz. 36, vz. 37). A 36-os modell nagyon egyszerű kialakítású és alacsony előállítási költségű erődítési objektum volt. Az építmény egy tüzérségi helyiségből áll, amelyben hátulról, az ellenségtől takarva lehet közlekedni. Az épület bejáratát egyszárnyú fém tolóajtó zárta. A szemközti homlokkalban két (A, B típus) vagy három (C típus), közvetlenül a betonfalban kialakított, 30 mm vastag csúszó acéllemezekkel lezárható lőrés található. A lőrések frontális vagy oldalazó kialakításúak, az ellenség várható támadási irányával szemben vannak tájolva. A födémlemezen található egy nyílás a periszkóp számára. Az objektumok 26 típusú könnyű géppuskákkal, vagy 24 típusú nehéz géppuskákkal voltak felfegyverzve. Előnye továbbá a kis méret, amely lehetővé tette, hogy az objektumot bárhol a terepen megépíthessék és jól álcázzák. A rendszeresített fegyverek feladata az utak, kereszteződések, vasutak, hidak és völgyek tűz alatt tartása volt nagy távolságról. A tüzelőállások alakja és felépítése régióként változott.<sup>33</sup>

A 37-es modell a II. világháború előtt Csehszlovákia védelmére épített erődítmények legelterjedtebb típusa volt. Ezeket a Németországgal, Ausztriával és Magyarországgal közös határok mentén építették egy-két sorban, valamint több belső védelmi álláson (például Prága védelmi öve), többzetes nagyságrendben. Az objektumok általában oldalazó tüzelőállásokkal rendelkeztek, így lehetőségük volt zárótűz vagy tűzfedezet biztosítására is. A tervezett ellenállás mértékétől függően normál, megerősített vagy gyengített építésűek voltak. A lőállások alakja, rendeltetése és száma szerint több típusra oszthatók (kétoldalas, egyoldalas oldalazómű

<sup>33</sup> Lásd: [www.mj-s4.cz/old/lehke\\_opevneni7b3f.html?lang=cs](http://www.mj-s4.cz/old/lehke_opevneni7b3f.html?lang=cs)



és frontális tüzelésű). A leggyakrabban használt típus a kétoldali oldalazómű volt. Az ellenség felé néző, védőszárnyakkal ellátott homlokfalazat 80 (120) cm vastag vasbetonból készült. A földborítás fedte földem vastagsága 60 (100) cm. A füves földréteg elfedte az épületet és csökkentette a beérkező lövedékek hatását. A hátsó falak vastagsága 50 (80) cm. Az épületet úgy tervezték, hogy ellenálljon 10–15 cm kaliberű lövedékek találatainak. A légénység 2–7 főből állt. A fegyverzet mellett a felszereléshez tartozott egy kézi ventilátor két elszívóval a tüzelés során keletkező füstgázok elvezetésére, periszkópok a földemen és egy gránátvető-csatorna a kézigránátok kilövésére a bunker hátoldalának védelmére. A süllyesztett bejáratot kívülről ráncos, előtetővel védett ajtó, belülről pedig páncélozott ajtó zárta. Az építmény külső falán lévő kampókat az álcaháló rögzítésére használták.<sup>34</sup>



8–9. ábra: A magyar határnál lévő erődök (Beretke, Szalánc)

Forrás: Rusz Ferenc felvételei

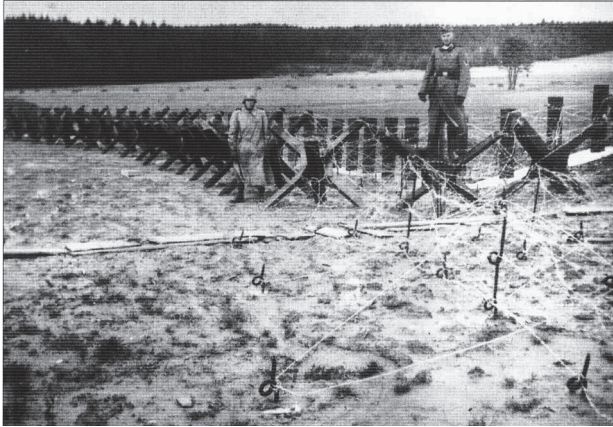
A vz. 37-es könnyűerődítési objektumok esetében nem tervezték speciális erődfegyverek és erődegységek alkalmazását. Az objektumokat azon gyalogos hadosztályok reguláris egységeinek kellett védeniük, amelyekhez a védelmi szakasz tartozott. Az egységek a saját felszerelésüket hozták magukkal az objektumokba. Ezért a fő fegyverzet a 26 mintájú könnyű géppuskák, kivételesen a vz. 37 nehéz géppuskák voltak. A fegyverzet kiegészítését páncéltörő puskákkal és egy vz. 38-as mintájú 9 mm-es géppuskával is tervezték, amelynek fejlesztése és gyártása 1938 szeptemberéig nem valósult meg.

## 8. Műszaki záruk

Mint a legtöbb állam hadserege ebben az időben, a csehszlovák hadsereg is nagy figyelmet fordított az erődrendszerek környéki akadályokra és úttorlaszokra, amelyek a nehéz és könnyű erődítmények vonalainak szerves részévé váltak. Az akadályok feladata az volt, hogy közvetlenül az erődítési vonal előtt átmenetileg megállítsák, vagy legalábbis jelentősen lelassítsák az ellenség előrenyomulását, és kitegyék őket az erődítményfegyverek tüzének. A műszaki záruk célja volt továbbá, hogy akadályozzák az ellenség hozzáférését az objektumok

<sup>34</sup> Lásd: [www.mj-s4.cz/old/lehke\\_opevneni7b3f.html?lang=cs](http://www.mj-s4.cz/old/lehke_opevneni7b3f.html?lang=cs)

lövégállásaihoz, és megakadályozzák az objektumok hátulról való támadását. Az akadályok felállítására vonatkozó szabály – mint a hadtudomány egyik örök szabálya – az volt, hogy csak azok az akadályok igazán hatékonyak, amelyeket a saját csapatok tüze fedez.<sup>35</sup> Mindkét csehszlovák erődítménytípushoz azonos típusú műszaki zárat terveztek és építettek, amelyeket rendeltetésük szerint könnyű- és nehézakadályokra osztottak. A könnyűakadályokat a nyílt és a járható terepen mozgó páncélozott járművek ellen tervezték. Az erődítési vonalakon belüli elrendezésüket tekintve megkülönböztetünk perem- és intervallumakadályokat. Az egyes objektumok köré körkörös akadályokat építettek.



10. ábra: Akadályok. Az előtérben területvédő könnyűakadály a folytatásban tüzérségi objektumot védő nehézakadály  
Forrás: Komanec–Prášil (1999): i. m. 47.

A páncélostámadások megtörésére telepítették a harckocsiakasztókat. Ez egy 220 cm hosszú, két U-profilból hegesztett oszlop volt, amelyet 90 cm mélyen a talajba ágyaztak egy 1 × 1 m méretű, előkészített vasbeton párkányba, egymástól 115 cm távolságra. Általában 100 m hosszú páncélelhárító árkot használtak nehézakadálynak, amely 5 m széles volt, 3 m az alján, és 2 m mély. A nehézerődítmények övezetében, ahol a köztes földterületeket előre megvásárolták, békeidőben az objektumokkal együtt építették őket, hogy biztosítsák a polgári lakosság legszükségesebb mozgását. A könnyű vagy gyalogsági akadályokat sávokban építették ki az erődítményi objektumok közelében, vagy különálló és hordozható akadályként a mezei és erdei utakra.<sup>36</sup>

<sup>35</sup> Padányi József: *A Magyar Honvédség műszaki csapatainak lehetőségei és feladatai békeidőben a természeti és civilizációs katasztrófák megelőzésében és a következmények felszámolásában*. Kandidátusi értekezés. Budapest, Tudományos Minősítő Bizottság, 1994.

<sup>36</sup> Sásik (2013): i. m. 58–60.



## 9. Az 1938-as események

Összességében az erődítmények építése 1938-ban hihetetlen ütemben haladt. A nehézerődítmények betonozásában 25, a könnyűerődítmények betonozásában pedig közel 130 cég vett részt. A legjelentősebb elmaradás a nehézerődők kivitelezésében mutatkozott. A fegyverzet, a műszaki egységek és berendezések vagy gyártás alatt voltak, vagy még egy részük az előállítás helyén volt. A kevés elkészült nehézerőd sem volt harcász állapotban.

Vojtěch Luža tábornok *A hadsereg 1938-ban* című felmérésében az erődítésekkel kapcsolatos kérdésre a következőképpen nyilatkozik: az elméleti számítások, amelyeket a tüzérség hatékonysága szerint végeztem, rossz eredményt adtak. Átlagosan körülbelül hat órát (a könnyű erődítményekre, amelyek a többséget alkották) tudnak az erődítmények ellenállni.

Az erődítési rendszerek nagyrészt lineárisak voltak, ha áttörik őket, nem egy megerősített területen, hanem nyílt terepen kell harcolni. Egy túlerő ellensúlyozása erődítményekkel tehát csak néhány órá – néhány napos – hatású lett volna. A folytatásban nyílt terepen kellett volna harcolni a túlerővel szemben, amihez nem rendelkezünk egy hadművelleti hadsereg kellően felszerelt egységeivel.<sup>37</sup>

1938. szeptember végén a német hadsereg meglehetősen részletes információkkal rendelkezett a csehszlovák védelmi egységek elhelyezkedéséről, a konkrét erődítmények helyéről, felszerelésükről és más fontos részletekről. Ezeket az információkat a Harmadik Birodalom az Abwehr hírszerzési tevékenysége révén szerezte meg, de a tökéletes légi felderítésnek és fényképezésnek, a kiválasztott erődített helyek (különösen a tüzérségi erődök építési helyszíneinek) hosszú távú, gyakorlatilag folyamatos megfigyelésének és nem utolsósorban a Csehszlovák Köztársaság állampolgárainak – a szudéta németeknek – köszönhetően, akiknek soraiban a német hírszerzés számos, igen készséges együttműködő partnerre talált.<sup>38</sup>

Az erődítmények építése mellett a németeket ezen objektumok felszerelése is érdekelte; a fegyverzet és annak képességei, valamint a különleges felszerelések és azok ellátása. Ehhez klasszikus ipari kémkedést alkalmaztak, amelyhez közvetlenül a fegyvergyártó vállalatoknál kiterjedt ügynökhálózatot használtak. A német hadvezetés így részletes információkhoz jutott a könnyű- és nehézerődítmények egyes páncélelemeinek gyártási módjáról, számáról és képességeiről, beleértve azok építési rajzait is. Az Abwehrhez érkező jelentések szinte teljesen megegyeztek a Škoda Plzeň vagy a Vítkovicei Vasmű Erődítési Művek Igazgatósága számára készített jelentéseivel.<sup>39</sup>

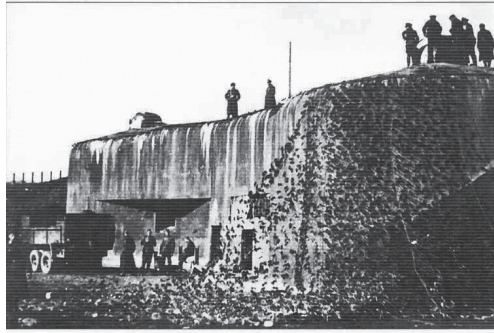
A hitleri külpolitikát a Rajna-vidék 1936-os remilitarizálása után az a cél vezérelte, hogy egyetlen államban egyesítse Európa összes német ajkú területét. Ez a törekvés nagyrészt meg is valósult, amikor a Wehrmacht – az Anschluss keretében – 1938 márciusában megszállta Ausztriát. A folytatásban 1938. szeptember 30-án, a kora hajnali órákban megszületett a müncheni

<sup>37</sup> Novák (2014): i. m. 53.

<sup>38</sup> Novák (2014): i. m. 54.

<sup>39</sup> Sásik (2013): i. m. 66.

egyezmény, amelyben Mussolini olasz, Daladier francia és Chamberlain brit miniszterelnök jóváhagyta Hitler területi követeléseit Csehszlovákiával szemben. A szerződés értelmében Németország a birodalomhoz csatolta a túlnyomórészt németek lakta Szudéta-vidéket, de közvetve a Prágával szemben fennálló magyar és lengyel igények teljesítésére is lehetőséget teremtett.



11. ábra: 1938-as német felvétel az S 12a erődről

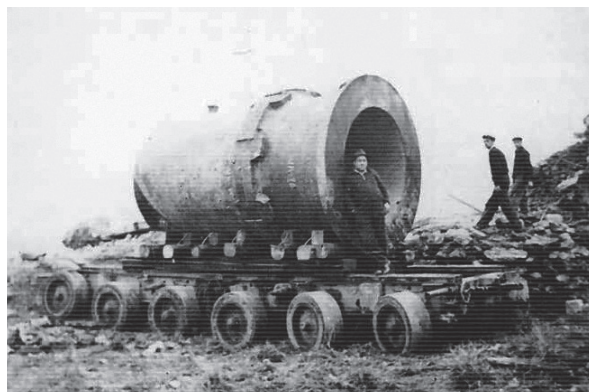
Forrás: Komanec–Prášil (1999): i. m. 105.

A müncheni egyezmény eredményeként az északi és a nyugati védelmi vonal harc nélkül a németek kezére került. Az egyezmény hatására az erődépítési munkálatok befejeződtek. A német vezérkar utasítására a hadmérnökök felmérték az erődrendszert. Az elkészült és berendezett erődök használható eszközeinek egy részét leszerelték és elszállították.

A német hadsereg 1938 őszén alaposan tesztelte az objektumokat és minden olyan berendezést és akadályt, amelyet a visszavonuló csehszlovák csapatok nem szereltek le és nem vittek a belső területekre. A vizsgálatokat több helyszínen, az erődépületek térségében végezték. Az objektumokat lőtték, bombázták és robbantották.

A teszteken kívül a csehszlovák erődobjektumokat a Belgiumban, Hollandiában, Franciaországban és Görögországban található erődök elleni bevetésre készülő német csapásmérő egységek kiképzésére is használták, például a Milostovice melletti, a Králíky és a Mládkov közelében lévő építményeket. Az Eben Emal belga erődítmény elleni támadásra készülő ejtőernyősök az Adam tüzérségi erődben is gyakorlatoztak. 1939-től a németek elkezdték a páncélharangok, kupolák és az ágyú-tüzelőállások leszerelését is, amelyeket saját erődítési tevékenységükhöz használtak fel.<sup>40</sup>

<sup>40</sup> Merta (2002): i. m. 40–42.



12. ábra: Az S 13-as erőd páncélkupolája Culemeyer típusú tréleren

Forrás: Komanec–Prášil (1999): i. m. 111.

Hitler érdeklődött a csehszlovák erődítmények iránt, többször is meglátogatta az erődöket. Látogatásai során katonai parancsnokok kísérték, akik megismertették vele az erődítmények objektumait és azok elemeit. Kezdetben a csehszlovák könnyűerődök váltak látogatásainak célpontjává, mivel ezek általában közel voltak azokhoz a falvakhoz, amelyeken áthaladt.

1938. október 7-én a Bruntál járásban lévő Nové Heřminovy (Neu Erbersdorf) község közelében található két vz. 37-es erődöt keresett fel. Ezt a látogatást le is filmezték. Adolf Hitler bronz mellsobrát is elhelyezték az épületen, valamint egy emléktáblát, amelyen ez állt: „Köszönet Adolf Hitlernek, a szudéta németek felszabadítójának és a Nagy Német Birodalom alapítójának. Nové Heřminovy falu, 1938. október 7. – december 4. Egy nemzet, egy birodalom, egy Führer!”<sup>41</sup>

A Reuters távirati iroda munkatársának megmutatták a németek az északi cseh erődöket. A cikk alapján a marosvásárhelyi napilap tudósít.

„Egy német mérnök őrnagy társaságában jártam be az erődöket, amelyek nagyjából a föld alatt vannak. A német tiszt ezt mondta az erődökről: most már nyitott könyv előttünk ennek az erődrendszernek minden titka. A cseh erődök különben másfél méter széles acél-falakkal készültek és sűrű gépfegyverfészek és tüzérségi állások vannak beépítve. Belülről csak a falakat lehet látni és a keskeny folyosókat, amelyek a kazamatákhoz vezetnek, ahol az ágyúk vannak felállítva.

Bemutatta azután a német őrnagy az angol újságírónak a földalatti folyosókat, amelyen kisvasút szállítja a municiót. Általában a cseh Maginot-vonal is a föld alatt van, felette pedig drótkadályok sűrű sora s tank ellen készített árkok vannak. Érdekesekek még – írja a Reuter Iroda munkatársa – az acélból készült gépfegyver tüzelőállások és a legmodernebb fényszóró felszerelések.”<sup>42</sup>

<sup>41</sup> Novák (2014): i. m. 59–64.

<sup>42</sup> Német tiszt a cseh „Maginot” vonalról. *Magyar Szó*, 12. (1938), 231. 3.

## 10. Összegzés

Az I. világháborút lezáró fegyverszünetek után létrejött Csehszlovákia az ellenséges környezetben rövid időn belül szembesült az ország védelmi képességének kiépítési kötelezettségével. A jelentős francia befolyás – és a francia katonai-politikai érdekek – következtében a csehszlovák katonai és politikai vezetés a hatalmas finansziális igényű erődépítést választotta. A tervezési és kivitelezési munkálatok 1935-ben indultak el, de lassan haladtak. 1938-ban a csehszlovák gazdaság tulajdonképpen hadigazdaságként működött. Teljes elsőbbséget élvezett a hadiipar: védelmi egységek építése, hadi felszerelések, műszaki eszközök gyártása, beépítése.

Ez a folyamat befejeződött 1938. szeptember 30-án, a müncheni egyezmény aláírásával. Németország a német kisebbség lakta Észak- és Nyugat-Csehszlovákiát visszakapta, így az itt megépült, vagy építés alatt álló erődrendszer és felszerelésének egy része német birtokba került. A hatalmas anyagi áldozat nem hozott eredményt. Ha ebben az időben a Wehrmacht megtámadja Csehszlovákiát, a félkész erődökkel, technikailag és harcászati felkészületlen erődzászlóaljakkal szemben, nagy valószínűséggel sikerrel vette volna fel a harcot. 1945-ben a német katonai egységek az északi cseh erődök segítségével hosszú ideig feltartóztatták a Vörös Hadsereg támadását.

## Felhasznált irodalom

- Ádám Magda: Csehszlovákia megalakulása. *História*, 4. (1982), 4–5. 44–46.
- Boda József – Boldizsár Gábor – Kovács László – Orosz Zoltán – Padányi József – Resperger István – Szenes Zoltán: A hadtudományi kutatási irányok, prioritások és témakörök. *Államtudományi Műhelytanulmányok*, (2016), 16. 1–23. Online: [www.med.u-szeged.hu/download.php?docID=90702](http://www.med.u-szeged.hu/download.php?docID=90702)
- Halász Iván: Az első Csehszlovák Köztársaság és a második Lengyel Köztársaság születése az első közjogi dokumentumok tükrében (1918–1919). *Állam- és Jogtudomány*, 60. (2019), 3. 32–58. Online: [https://jog.tk.hu/uploads/files/AJT\\_2019\\_03\\_Halasz\\_tanulmany.pdf](https://jog.tk.hu/uploads/files/AJT_2019_03_Halasz_tanulmany.pdf)
- Írók és könyvek. *Magyarság*, 9. (1928), 130. 29. Online: [https://adt.arcanum.com/hu/view/MagyarsagMilotayPetho\\_1928\\_06/?pg=190&layout=s](https://adt.arcanum.com/hu/view/MagyarsagMilotayPetho_1928_06/?pg=190&layout=s)
- Komanec, Zdeněk – Michal Prášil: *Tvrze československého opevnění 1935–1938. Díl 2.* Brno, Společnost přátel československého opevnění, 1999.
- Merta, Ondrej: *Těžké objekty československého opevnění z let 1935–1938 s přihlédnutím k území jižní Moravy.* Brno, 2002. Online: <https://is.muni.cz/th/q4wnm/text.pdf>
- Mikolášek Jakub: *Border Fortifications in Czechoslovak Republic – Reconstruction of the Development of Underground Spaces.* 2013. Online: <https://bit.ly/3W1z8kx>
- Német tiszt a cseh „Maginot” vonalról. *Magyar Szó*, 12. (1938), 231. 3. Online: [https://adt.arcanum.com/hu/view/MagyarSzoMarosvasarhely\\_1938\\_10/?pg=40&layout=s](https://adt.arcanum.com/hu/view/MagyarSzoMarosvasarhely_1938_10/?pg=40&layout=s)
- Novák, Josef: *Československé opevnění z let 1935–1938 na jižní Moravě ve spojitosti s inspekční cestou Adolfa Hitlera.* Brno, Masarykova univerzita, 2014. Online: [https://is.muni.cz/th/rl1st/BP\\_Novak.pdf](https://is.muni.cz/th/rl1st/BP_Novak.pdf)
- Padányi József: *A Magyar Honvédség műszaki csapatainak lehetőségei és feladatai békeidőben a természeti- és civilizációs katasztrófák megelőzésében és a következmények felszámolásában.* Kandidátusi értekezés. Budapest, Tudományos Minősítő Bizottság, 1994.
- Padányi József: Műszaki zár a határon. *Műszaki Katonai Közlöny*, 25. (2015), 3. 21–33.

- Pařil, Aleř: *Důsledky světové hospodářské krize pro Československo ve 30. letech 20. století*. České Budějovice, Jihočeská Univerzita, 2013. Online: [https://theses.cz/id/ycpyju/Ale\\_Pail\\_\\_Bakalsk\\_prce.txt](https://theses.cz/id/ycpyju/Ale_Pail__Bakalsk_prce.txt)
- Sásik, Marek: *Československé opevnění 1935–38*. Plzeň, Západočeská univerzita v Plzni, 2013. Online: <https://dspace5.zcu.cz/bitstream/11025/11990/1/Ceskoslovenske%20opevneni%201935-38.pdf>
- Szabó József János: Államerődítések a két világháború között Európában. In *Az Árpád-vonal*. Budapest, Timp Kiadó, 2002b. 60–64.
- Szabó József János: Az országerődítések történetéből. In Szabó József János: *Az Árpád-vonal*. Budapest, Timp Kiadó, 2002a. 41–81.
- Żelazny, Krystian: Sytuacja prawna mniejszości narodowych w Czechosłowacji (1918–1992) (1). *Kurier Wileński*, 2015. február 27. Online: <https://kurierwilenski.lt/2015/02/27/sytuacja-prawna-mniejszosci-narodowych-w-czechoslowacji-1918-1992-1/>

Kutassy Emese<sup>1</sup> 

# Topográfiai térképek megbízhatósága terepmodell előállításához

## Reliability of Topographic Maps to Produce a Terrain Model

*A tanulmányban áttekintem az I. katonai felméréstől napjainkig készített topográfiai felméréseket. Összehasonlítom ezek geodéziai alapjait, a használt eszközöket, és az általuk biztosítható pontosságokat. Bemutatom a II. világháború utáni katonai és polgári topográfiai felmérések és térképezések különbségeit. A topográfiai térképek felhasználása a környezeti katasztrófák elhárítása során is fontos, ezért vizsgálom a pontossági követelményeiket és gyakorlati alkalmazási lehetőségeiket. Célom a topográfiai térképek felhasználhatóságát vizsgálni a hullámtéri árvízlevezető képesség modellezéséhez készített terepmodell létrehozásához.*

**Kulcsszavak:** katonai topográfia, polgári topográfia, terepmodell, pontosság

*In this study, I review the topographic surveys conducted from the First Military Survey to the present day. I compare their geodetic foundations, the tools used, and the accuracies they can provide. I present the differences between military and civilian topographic surveys and mappings after World War II. The use of topographic maps is also important in response to environmental disasters, so I am examining their accuracy requirements and application possibilities. My goal is to investigate the usability of topographic maps to create a terrain model for modelling floodplain flood drainage.*

**Keywords:** military topography, civilian topography, terrain model, accuracy

---

<sup>1</sup> Nemzeti Közszolgálati Egyetem Víztudományi Kar, e-mail: [kutassy.emese@uni-nke.hu](mailto:kutassy.emese@uni-nke.hu)

## 1. Bevezetés

A topográfia szó görög eredetű. A „toposz” helyet, helyszínt, a „grafein” rajzolást, leírást jelent, tehát a topográfia szóösszetétel helyszínrajzkészítést jelent. A föld felszínén található természetes és mesterséges tárgyak (tereptárgyak) – beleértve a terep domborzatát is – geometriai helyének és tulajdonságainak meghatározásával és ábrázolásával foglalkozó tudomány és szakterület. A topográfia feladata a tereptárgyak felmérése és térképi ábrázolása.<sup>2</sup> Ismeretes, hogy a topográfiai térképek katonai és polgári célú felhasználás tekintetében is rendkívül jelentősek. Az utóbbi években a környezetszennyezéssel járó katasztrófák,<sup>3</sup> valamint ár- és belvizek kártételei elleni védekezésben is ezeket használták.<sup>4</sup>

Kutatásom aktualitását adja, hogy a topográfiai térképeket napjainkban széles körben a gazdasági élet számtalan területén is alkalmazzák: erdőgazdálkodási feladatok ellátásakor, vízügyi tervezésekhez, vízgyűjtő területek áttekintésére, árterületek ellenőrzésére, közlekedés-tervezéshez, út- és vasúttépítési munkák tervezéséhez, energiaellátó hálózatok kialakításához, környezeti hatásvizsgálatokhoz. A topográfiai térképeket azon feladatoknál lehet a legelőnyösebben használni, ahol a terep természetes és mesterséges alakulatainak és domborzati viszonyainak áttekintő jellegű, de viszonylag részletes és a természetbeni állapotának megfelelő ismeretére van szükség.<sup>5</sup>

## 2. A topográfiai térképekről általában

A topográfiai térkép a tereptárgyakat felülnézetben, méretarány szerinti kicsinyítésben, ahol szükséges, jelkulcsok, jelek segítségével, a domborzattal együtt ábrázolja. A topográfiai térkép tartalma síkrajzból, domborzatrajzból, névrajzból, szelvénykeretből, szelvényhálózatból és a kereten kívüli megírásokból áll.

A felmérések során a síkrajz és a domborzat meghatározása történik, amelyek mind megjelenési formájukban, mind a meghatározásukhoz alkalmazott mérési módszerekben különbségeket mutatnak. A megjelenítésnél a síkrajz alaprajzszerű jelkulcsi ábrázolással, a domborzat rajzolása pedig szintvonalakkal történik. Ez az ábrázolási módszer az utóbbi évszázadban gyakorlatilag nem változott.<sup>6</sup> A szintvonalak gondolatát Nikolaes van der Heyde vezette fel, 1674-ben, tengeri kikötők zátonymentes hajózási útvonalainak kijelölésével kapcsolatban. 1730-ban Nikolaus Samuelis Cruquius készítette el az első szintvonalas mélységtérképet, a szárazföld domborzatának első szintvonalas ábrázolása Millet de Mureau, Dufouruis és Du

<sup>2</sup> Mélykúti Gábor: *Topográfia 3. Térképek jellemző tulajdonságai*. Nyugat-magyarországi Egyetem, 2010a. 20.

<sup>3</sup> Beke Dóra – Földi Alexandra – Kuti Rajmund: Közúti balesetek során bekövetkező talajszennyezések és kárelhárítási eljárások vizsgálata. *Hadmérnök*, 14. (2019), 3. 13–20.

<sup>4</sup> Kuti Rajmund: Időjárás extrémítások és a vízbázisok védelmének összefüggései. In Földi László – Hegedűs Hajnalka (szerk.): *Adaptációs lehetőségek az éghajlatváltozás következményeihez a közszolgálat területén*. Budapest, Nemzeti Közszolgálati Egyetem, 2019. 501–548.

<sup>5</sup> Mélykúti (2010a): i. m. 21.

<sup>6</sup> Mélykúti Gábor: *Topográfia 7. Magyarországi térképezések története*. Nyugat-magyarországi Egyetem, 2010b. 1.



Carla nevéhez fűződik. Az alkalmazandó alapszintvonal (szintköz) értéke elsősorban az ábrázolandó domborzat lejtőszögétől és a térkép méretarányától függ. Közelítő meghatározására az

$$S_z = \frac{M \cdot tg \alpha_{max}}{1000K}$$

képlet szolgál, amelyben M a térkép méretaránya,  $\alpha_{max}$  az előforduló legnagyobb lejtőszög, K a kartográfiai tényező. A fenti képlet, valamint tapasztalati eredmények figyelembevételével a topográfiai térképeken használatos alapszintvonal-értékeket az 1. táblázat tartalmazza.<sup>7</sup>

1. táblázat: A topográfiai térképeken használatos alapszintvonal értékei

Terep jellege	Méretarány			
	1:4000, 1:5000	1:10 000	1:25 000	1:50 000
sík, morotvás	1 m	1 m	5 m	10 m
hullámos, buckás	1 m	1–2 m	5 m	10 m
domb- és hegyvidék	2–2,5 m	2,5–5 m	10 m	20 m

Forrás: a szerző szerkesztése a MÉM OFTH (1972): i. m. alapján

## 2.1. Felmérési módszerek

A felmérési módszerek lehetnek helyszíni felmérések, amelyek során a méréseket közvetlenül a terepen végezzük, vagy fototopográfiai eljárások, amelyek során a térképezés túlnyomó részét fotogrammetriai mérésekkel, kisebb részét terepi munkával végezzük el. A helyszíni felmérés történhet numerikus – általában tahimetriával –, illetve grafikus – mérőasztalos – eljárással. A fototopográfianak három klasszikus módszere alakult ki, amelyek a kombinált, a differenciált és az univerzális eljárás.

A topográfiai térképkészítés felmérési munkáknál a terep domborzati viszonyait is mindig ábrázolni kell, ezért magasságmérési módszerek alkalmazására az egész térképezendő területen, felületszerűen szükség van. Mindezek mellett a kisebb térképezési méretarány kisebb pontossági követelményeket támaszt, ugyanakkor a topográfiai térképnek nemcsak geometriai feltételeket kell kielégítenie, hanem a terep, a táj jellegét is vissza kell tükröznie, ezért a közvetlenül a terepen (például grafikus felméréssel, légi fényképek terepi minősítésével) készített térképek, illetve a terepi ellenőrzések szerepe megnő.<sup>8</sup>

### 2.1.1. Grafikus felmérés

A grafikus felmérés lényege, hogy a mérési eredményeket már a terepen, közvetlenül a felmérési térképlapra szerkesztik fel, és a méréssel egyidejűleg, folyamatos rajzolással készül

<sup>7</sup> MÉM Országos Földügyi és Térképészeti Hivatal: *A földmérési alaptérképek domborzati tartalma és pontossága*. Budapest, Földmérési Intézet, 1972. 13–14.

<sup>8</sup> Mélykúti (2010b): i. m. 2.

a térkép. Ennél az eljárásnál a vízszintes iránymérés, a távmérés és a magasságkülönbségek meghatározása külön munkafázis.

A grafikus felmérés előnye, hogy a térkép közvetlen terepi szemlélet alapján, a helyszínen készül, és jól lehet ötvözni a fotogrammetriai módszerek eredményeivel, hátránya pedig, hogy a mérési munka lassúbb, mint a numerikus felmérés, a mérési eredményeket csak a térkép őrzi grafikus formában, és érzékenyebb az időjárásra, mint a numerikus eljárás.

E módszer közvetlen kapcsolatot biztosít a felméréendő terep és a térkép között, így a terep és a készülő térkép együttes szemlélésével közvetlenül megállapíthatók az eltérések, hiányságok, és a térképi tartalom helyben kiegészíthető.<sup>9</sup>

### 2.1.2. Numerikus eljárás (tahimetria)

A kezdeti időszakban csak a kisebb területek felmérésére alkalmas optikai tahiméterek álltak a felmérők rendelkezésére, amely műszerrel végzett felméréseket nevezték numerikus felmérésnek. A tahiméterek segítségével a vízszintes iránymérés, a távolságmérés és a magasságkülönbség-mérés egy időben végezhető el.

A mérések végrehajtása, a magassági körön és a távmérő lécen tett leolvasások, valamint ezek segítségével a vízszintes távolság és magasságkülönbség számítása az alkalmazott tahiméter típusától függött. A MOM által gyártott mérőasztal-felszereléseknél a tangens tahiméter és a diagram tahiméter változatokat alkalmazták.<sup>10</sup>

### 2.1.3. Fototopográfiai eljárások

A topográfiai felmérési technológiák fejlődését a fotogrammetriai módszerek és lehetőségek változásai is jelentősen befolyásolták. Kezdetben csak a légifényképek nagyításaihoz jutottak hozzá a terepfelmérők, amely már nagy előrelépés volt, hiszen a légi fénykép már az aktuális terepi állapotról adott áttekintést, ezáltal segített megtervezni a mérést, felismerni a bemérendő tereptárgyakat, tájékozódni a terepen. A légi fényképek használata akkor vált igazán jelentőssé, amikor azokat már mérési célra is fel tudták használni.

A *kombinált eljárás* a fotogrammetriai és geodéziai eljárásnak a kombinációja, amelynek során egy fototérkép került a mérőasztalra. A fotogrammetria szolgáltatja a síkrájzot, a domborzatot pedig geodéziai módszerrel méri be. A terepen a fototérkép minősítésével készült a térkép síkrájza, a domborzat szintvonalrajzát is ezen a fototérképen mérték fel és rajzolták ki. Nagy előnye, hogy a síkrájzot méréssel már csak azokon a helyeken kellett kiegészíteni, ahol a tereptárgyak nem látszottak a fényképen. A terepi mérésekhez a fotogrammetria egy transzformált fényképet szolgáltat. Minden légi fényképet a perspektív és a magasságkülönbségből eredő torzulás terhel. Síkfelület fotogrammetriai szempontból egy olyan felület, amelyen a szélső képalkotó sugár kamaratengellyel bezárt 45°-os szög esetén sem eredmé-

<sup>9</sup> Mélykúti (2010b): i. m. 3.

<sup>10</sup> Mélykúti Gábor: *Topográfia 8. Magyarországi térképezések története*. Nyugat-magyarországi Egyetem, 2010c. 7–8.

nyez a magasságkülönbség vízszintes hibahatárt meghaladó torzulást. Ez a megállapítás egy fényképre vonatkozik és nem szelvényre vagy munkaterületre. A fototérkép a mérési munka igen nagy részét kiváltotta, és nagymértékben segítette a domborzat felmérését, mivel a légi felvételen a talaj elszíneződései, a növényzet elhelyezkedése, a földutak, csapások vonalai igen sok információt nyújtottak a domborzati formákról is. Magyarország területének körülbelül 65%-án alkalmazható az 1:10 000 méretarányú felméréshez a kombinált eljárás.<sup>11</sup>

Az *univerzális eljárás* során a térképszelvénynek a síkrajza és a szintvonalrajza is fotogrammetriai térkiértékelő műszerrel készült, amely műszer újabb technikai előrelépés volt. A legmegbízhatóbb és egyben a legpontosabb fotogrammetriai eljárás a sztereofotogrammetria, ahol a mérések egy képpár segítségével előállított virtuális térmodellen végezhető. Megbízhatósága előre jelölt pontok, valamint megfelelő magasságból végzett légi fényképezés esetén vetekszik a földi, geodéziai mérésekkel. Minden területen alkalmazható és a síkrajz és a domborzat egyidejű kiértékelésére is alkalmas, célszerű olyan területeken alkalmazni, ahol sok a szintvonal, tehát elsősorban hegy- és dombvidéken. Ilyen területekről a fotogrammetria a topográfia részére sztereomérési lapot készít, amely egy teljes topográfiai szelvény területe. A topográfus feladata főként a helyszíni azonosítási munka volt, minősítette a síkrajzi, vízrajzi vonalakat és a jelkulcsi előírások szerint tussal rajzolta ki azokat. A domborzatkiértékelést ellenőrizte, azon csak nagyon indokolt esetben – megfelelő mérésekkel alátámasztva – változtatható.<sup>12</sup> Magyarország területének körülbelül 20-25%-án gazdaságos (célszerű) az univerzális felmérési eljárást alkalmazni.

A *differenciált eljárást* kis magasságkülönbséggel, de igen változatos domborzattal rendelkező, úgynevezett mikrodomborzatos, buckás területeken lehetett alkalmazni. A síkrajzi térképezés a síkfotogrammetriai módszerrel előállított fototérképen történt, a domborzat felmérése pedig fotogrammetriai térkiértékeléssel. Az eljárás elnevezése abból adódik, hogy e két feladat csak két különböző magasságban végrehajtott légifénykép-sorozat segítségével volt megoldható, ahol a fototérkép-készítés csak magasabbról készített, kisebb képméretarányú képek készítésével vált gazdaságossá (egy kép – egy szelvény). A magassági felméréshez pedig alacsonyabbról készített, nagyobb képméretarányú légi fényképekre volt szükség. A differenciált eljárás alkalmazásakor a terepen el kellett végezni a fototérkép síkrajzi minősítését, a térkiértékeléssel előállított szintvonalak ellenőrzését és az esetleges takarások miatti kiegészítő méréseket.<sup>13</sup>

### 3. A 18–19. századi felmérések

Magyarország első részletes topográfiai térképezései az úgynevezett katonai felmérések keretében történtek a 18. század második felétől kezdődően. Az elnevezés is mutatja, a térképekre való igény a katonaság részéről merült fel leginkább, és a térképezés végrehajtásához szükséges

<sup>11</sup> Buga László et al.: *A magyar katonai térképészet 100 éve*. Budapest, Zrínyi Kiadó, 2019. 185.

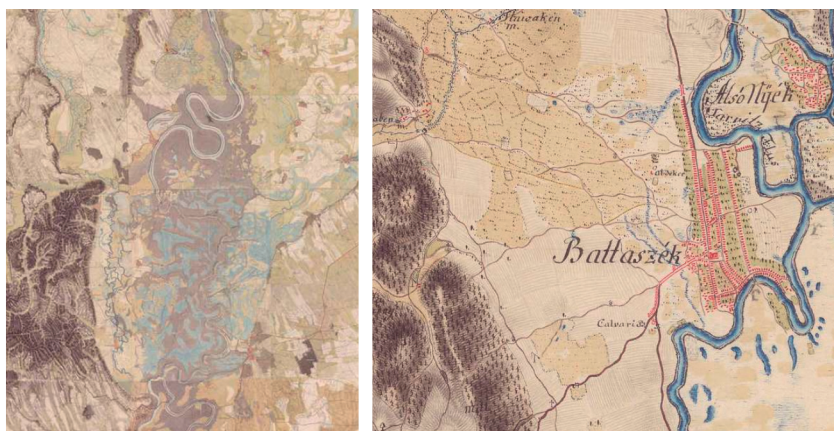
<sup>12</sup> Buga et al. (2019): i. m. 188.

<sup>13</sup> Buga et al. (2019): i. m. 191.

apparátussal is a katonaság rendelkezett. Mivel a felmérések idején Magyarország az Osztrák Birodalomhoz, majd az Osztrák–Magyar Monarchiához tartozott, közös volt a hadügy, a térképezés is közösen zajlott, bécsi irányítással.<sup>14</sup>

### 3.1. Az I. katonai felmérés

Magyarország részletes topográfiai térképezését Mária Terézia rendelte el. Az I. katonai felmérés célja egy olyan katonai térkép készítése volt, amely tartalmazza a településeket, fő domborzati formákat, növényzetet, talajokat, utakat, hidakat, a vízrajzi elemeket stb., ami a tájékozódás mellett a katonai célokat is kiszolgálja. A térkép tartalma a felszínen fellelhető mesterséges építményeket és a helyhez kötött tárgyakat a helyén, a felszín domborzatát annak vetületében ábrázolja. A térképezés méretaránya 1:28 800 volt. A Magyar Királyság területéről 965 szelvény készült, 1782–1785 között volt a felmérés. A felmérésnél a kicsiből a nagy felé haladtak, nem volt háromszögeléssel meghatározott alapponthálózat, a felmérést grafikus háromszögeléssel, dioptrával, mérőasztal-eljárással végezték. A domborzatábrázoláshoz lendületcsíkozást alkalmaztak. Nem volt egységes jelkulcs, a jeleket a látványból vezették le<sup>15</sup> (1. ábra). Az I. katonai felmérés hiányosságai miatt I. Ferenc 1806-ban elrendelte az új felmérést, amely az egész Osztrák Birodalmat egyben, összefüggően ábrázolja.



1. ábra: Az I. katonai felmérés 1:28 800 méretarányú térképe

Forrás: <https://maps.arcanum.com/>

### 3.2. A II. katonai felmérés

A II. katonai felmérést 1806–1869 között hajtották végre, méretaránya ennek is 1:28 800 volt. A Magyar Királyság felmérése 1819–1869 között történt. Ezek a felmérések már részletesebbek és pontosabbak, mint az I. katonai felmérés szelvényei, de vetület nélküli rendszerben készültek.

<sup>14</sup> Jankó Annamária: *Magyarország katonai felmérései 1793–1950*. Budapest, Argumentum Kiadó, 2007.

<sup>15</sup> Mélykúti Gábor: *Topográfia 11. Magyarország térképezésének története*. Nyugat-magyarországi Egyetem, 2010d.

A bécsi Stephansdom kezdőmeridiántól már néhány száz kilométerre kilométer nagyságrendű eltérések mutatkoztak. A domborzatábrázolásnál már a Lehmann-féle csíkozást is használták.<sup>16</sup> 1860-tól a Monarchia területén új háromszögelési hálózat kialakítása kezdődött, amely biztosította a térképrendszer egységes geometriai, geodéziai alapját.<sup>17</sup> A terepen grafikus mérőszal-felvételekkel dolgoztak, és a felméréshez 1827-től egységes jelkulcshasználatot alakítottak ki. A domborzatábrázolás a felmérés kezdetekor a lejtők meredekségének kifejezésére megfelelő úgynevezett lendületcsíkozással, a magasabb hegységekben a felvételezés többnyire szemmértékkel történt (2. ábra). 1827-től már a lejtőszögeket lejtésmérő alkalmazásával állapították meg. 1833-ban kezdtek trigonometriai magasságméréseket végezni, amelynek az alapszintje az Adriai-tengerre vonatkozott, a magasságokat bécsi ölben adták meg.<sup>18</sup>



2. ábra: A II. katonai felmérés 1:28 800 méretarányú térképe

Forrás: <https://maps.arcanum.com/>

### 3.3. A III. katonai felmérés

A III. katonai felmérést 1869-ben rendelték el, mivel a több mint 60 évig tartó II. katonai felmérés elején készült térképek tartalmilag elavultak. A felmérés 1869-től 1887-ig tartott az Osztrák–Magyar Monarchia területén. A birodalom teljes területére összefüggően készültek el a felmérési szelvények.<sup>19</sup> A felmérés méretaránya 1:25 000, méterrendszerű volt, míg a kiadásra tervezett térképé 1:75 000 méretarányú (3. ábra). A magasságmérések alapszintje az Adriai-tenger közép tengerszintje volt. A domborzatábrázoláshoz szintvonalas ábrázolást is alkalmaztak. A háromszögelés számításához a Bessel-ellipszoid földrajzi koordinátáit használták, a térképezéshez poliédervetületet használtak.<sup>20</sup> Magyarország egy részén a II. katonai

<sup>16</sup> Jankó (2007): i. m.

<sup>17</sup> Mélykúti (2010d): i. m. 5.

<sup>18</sup> Jankó (2007): i. m.

<sup>19</sup> Jankó (2007): i. m.

<sup>20</sup> Mélykúti (2010d): i. m. 5.



felmérés 1:28 800 méretarányú szelvényeit fényképészeti úton 1:25 000 méretarányúra nagyítva felmérési szelvényeket készítettek a mérések végrehajtásához. Az alappontsúrírtés mérőasztalon előre-, illetve oldal metszéssel történt, a további pontsúrírtésnél hátrametszést is alkalmaztak, és a domborzati idomvonalakat is bemérték.<sup>21</sup> A méréseket dioprával, mérőasztalon, grafikusán végezték, a távolságokat lépéssel vagy becsléssel határozták meg.<sup>22</sup>



3. ábra: A III. katonai felmérés 1:25 000 méretarányú térképe

Forrás: <https://maps.arcanum.com/>

## 4. A 20. századi felmérések

A III. katonai felmérés is még némi kívánni valót hagyott maga után, hiszen a háromszögelés és a részletmérés nem volt elég pontos, így elrendelték a IV. katonai felmérést 1896-ban. Ez azonban az I. világháború kitörése miatt abbamaradt, és a III. katonai felmérés térképeit egészen az 1950-es évekig használták.<sup>23</sup>

### 4.1. Topográfiai térképezés az I. világháború után

Az I. világháború után 1919-ben a szakképzett térképészeket „Magyar Katonai Térképészeti Csoport” néven önálló csoportba sorolták. A későbbiekben már „Magyar Katonai Térképező Csoport” néven szerepelt, és közvetlenül a Hadügyminisztériumhoz tartozott. Topográfiai, kartográfiai, földleíró, műszaki és közigazgatási alcsoportjaiban tisztek, hivatalnokok, legénységi állományúak mellett polgári alkalmazottak is dolgoztak.<sup>24</sup>

<sup>21</sup> Jankó (2007): i. m.

<sup>22</sup> Mélykúti (2010d): i. m. 5.

<sup>23</sup> Mélykúti (2010d): i. m. 5.

<sup>24</sup> Buga et al. (2019): i. m. 91. és 113.

A Magyar Katonai Térképező Csoport több szervezeti átalakítás és névváltozás után, egyéb feladatai mellett, 1927–1940 között topográfiai új felmérést végzett mérőasztal-felméréssel és az akkor kialakult, eredményeit tekintve máig korszerűnek tekinthető sík- és térfotogrammetriai technológiával. Ez a munka azonban az ország területének csak alig több mint 10%-át érintette.

## 4.2. Topográfiai térképezés a II. világháború után

A II. világháborút követően a topográfiai térképezés két – katonai és polgári – ágon zajlott.

### 4.2.1. Katonai topográfiai térképezés

1947-ben már csak a háborúban megmaradt térképek álltak rendelkezésre a hadsereg igényeinek kielégítésére, amelyek a területi lefedettséget illetően hiányosak és heterogének voltak. Nagy szükség lett a megfelelő térképekre, ezért 1950-ben megkezdődött az 1:50 000 topográfiai térképek korszerűsítése, amely egy térképhelyesítési eljárás volt, egységes konstrukciójú és jelkulcsú térképmű létrehozására. A helyesbítéshez először a két világháború között készített térképek szolgáltak, majd a jobban alkalmazható fototranszformátumok használatára tértek át. A megfelelő síkrajzi kirajzolás mellett a domborzatábrázolás azonban alacsony színvonalú volt. A 10 méteres alapszintközű szintvonalak irodai tervezéssel készültek, amelyeket estenként a terepen „szemmértékkel” javítottak. Mindezek ellenére a végeredmény tartalmilag és formailag egységes térképmű lett.

A felmerült hiányosságok miatt 1952–1959 között új felmérést végeztek, azonban az idő rövidege miatt nem az ország teljes területére. Azokon a területeken, ahol az 1930-ban készült térképek rendelkezésre álltak, térképhelyesbítést hajtottak végre. Az új felmérésnél a fototopográfiai eljárást alkalmazták. A munkálatok eredménye egy pontos topográfiai térképmű lett (1:25 000 – 1:500 000), amely az egész országot lefedte.

A térképek tartalmi elavulása miatt 1964–1968 között az 1:50 000 méretarányú térképek újabb térképhelyesbítésére került sor, terepi bejárással. A nagymértékű változással érintett területeken fotogrammetriai kiértékeléssel dolgoztak. A domborzatábrázolás javítását szükség szerint az 1:10 000 méretarányú polgári topográfiai térképek alapján végezték.

1968–1985 között készült az 1:25 000 méretarányú új topográfiai térkép, amelynek alapja a polgári 1:10 000 méretarányú topográfiai térkép volt. A síkrajzi tartalmat légi fényképek alapján, terepi bejárással aktualizálták, a domborzattervezést pedig a polgári szelvények alapján.





4. ábra: Bátaszék 1941-es katonai térképe

Forrás: <https://maps.arcanum.com/>

1984–1997 között térképfelújítást végeztek az előző időszak alatt létrehozott topográfiai térképeken. Ennek során a térképi tartalmi változások átvezetése elsősorban a légi fényképek alapján történt helyszíneléssel kiegészítve. A térképek alapfelülete a Kraszovszkij-féle forgási ellipszoid, vetülete a Gauss–Krüger-féle hengervetület, nemzetközi szelvényezési rendszerben. Magassági alapfelülete a balti alapszint. A domborzatábrázolás a – jellemző pontok magasság megírásával kiegészített – szintvonalakkal történt.<sup>25</sup>

1995-ig elkészült az 1:50 000 méretarányú térkép vektoros, digitális változata (DTA-50), és egy rácsalós digitális domborzatmodell is, amelyet a szintvonalainak digitalizálásával hoztak létre. 2003 végére befejeződött a DTA-50 tartalmának helyesbítése. Elkészültek azok az 1:50 000 méretarányú topográfiai térképek, amelyek már a NATO-előírásoknak is megfeleltek. Ezeknél a térképeknél már a WGS-84 ellipszoidot és az UTM vetületi rendszert alkalmazták. 2004-ben a Gauss–Krüger-vetületű térképeket kivonták a forgalomból.<sup>26</sup>

Magyarországon a II. világháborút követően végrehajtott, az ország egész területét lefedő új felméréseket és azok felújításait foglalja össze a 2. táblázat.

2. táblázat: A katonai topográfiai felmérések jellemzői

Módszer	Vetületi rendszer	Méretarány	Időszak
gyors helyesbítés	Gauss–Krüger	1:50 000	1947–1951
új felmérés	Gauss–Krüger	1:25 000	1952–1959
helyesbítés	Gauss–Krüger	1:25 000	1968–1982
felújítás	Gauss–Krüger	1:25 000	1984–1996
helyesbítés	UTM	1:50 000	1998–2003

Forrás: a szerző szerkesztése

<sup>25</sup> Alabér László: *A topográfiai térképrendszer átalakításának lehetőségei a Magyar Honvédség igényeinek és a NATO-csatlakozás követelményeinek figyelembevételével*. Doktori (PhD-) értekezés. Budapest, Zrínyi Miklós Nemzetvédelmi Egyetem, 2004. 18–21.

<sup>26</sup> Mélykúti (2010d): i. m. 8.

#### 4.2.2. Polgári felmérések

A II. világháború után, az ország újrabeépítésénél megnőtt a gazdasági igény a topográfiai térképek iránt. A katonai topográfiai térképek megfeleltek volna ezen igények kiszolgálására, de a titokvédelmi előírások miatt erre nem volt lehetőség. A titkos minősítés a térképeken alkalmazott matematikai és geodéziai alapok miatt volt. A katonai topográfiai térképektől eltérő vetületi rendszerű polgári topográfiai térképek létrejöttéhez – a nemzetgazdasági érdekek kielégítésének érdekében – az 1:25 000-esnél nagyobb méretarányú térképművek voltak szükségesek. 1951-ben létrehozták a Földmérési Irodát, hogy megkezdjék az 1:5000 méretarányú állami topográfiai alaptérképek készítésének munkálatait.<sup>27</sup>

A magyarországi polgári topográfiai felmérések három fő szakaszra bonthatók: 1952–1980 között történtek a felmérések, 1976-tól 1999-ig a térképfelújítások, 1995-től kezdődően pedig a térképhelyesbítések, amelyek még napjainkban is tartanak<sup>28</sup> (3. táblázat).

3. táblázat: A polgári topográfiai felmérések jellemzői

Módszer	Térképtípus	Méretarány	Időszak
új felmérés	vegyes	1:10 000	1952–1980
felújítás	EOTR	1:10 000	1976–1999
helyesbítés	EOTR	1:10 000	–

Forrás: a szerző szerkesztése

A felmérések 1952 májusában Mezőkövesd környékén kezdődtek meg. A kezdetekkor általában numerikus eljárást (ritkábban mérőasztalos eljárást) alkalmaztak. 1954-ben a felmérések nemzetközi szelvényezésben készültek, és az adriai magassági rendszert felváltotta a balti rendszer. 1955-ben a katonai térképész szolgálat a polgári topográfia rendelkezésére bocsátotta a saját feladataihoz készült légi felvételeket, ezzel is segítve a munkálatokat. 1956-ban az első fototérképek alapján megkezdődött a sík területek kísérleti felmérése kombinált eljárással. Hamarosan kiderült, hogy az ország 1:5000 méretarányú felmérése túl nagy, szinte megvalósíthatatlan munka, ezért áttértek az 1:10 000 méretarány alkalmazására.<sup>29</sup> 1960-tól az MN Térképészeti Intézet is bekapcsolódott az 1:10 000 méretarányú felmérésbe. 1961-től általánossá vált a fototopográfiai technológiák alkalmazása. 1966-ban az Állami Földmérési és Térképészeti Hivatal kiadta az 1:10 000 méretarányú topográfiai térképek készítésére vonatkozó komplex utasítást, amely részletesen szabályozta az 1:10 000 méretarányú topográfiai térképkészítés minden munkautemét (geodézia és illesztőpontmérés, légi fényképezés, fotogrammetria, topográfia, kartográfia, sokszorosítás).<sup>30</sup> A topográfiai munkák állami átvételét

<sup>27</sup> Alabér (2004): i. m. 22.

<sup>28</sup> Magyar Földmérési Térképészeti és Távérzékelési Társaság Topográfiai Szakosztálya: *Az 1:10000 méretarányú EOTR-térképfelújítás (második ciklus) befejezése alkalmából megrendezett Topográfiai Tanácskozás előadásainak anyaga*. Budapest, 1999. 10–11.

<sup>29</sup> Alabér (2004): i. m. 22.

<sup>30</sup> Állami Földmérési és Térképészeti Hivatal: *Komplex Utasítás az 1:10000 méretarányú topográfiai térképek készítéséhez*. 618/1966 (T.14.) ÁFTH számú utasítás. Budapest, 1966.

innentől az újonnan megalakult Földmérési Intézet végezte. 1969-ben döntés született a polgári kataszteri és topográfiai térképeknek az Egységes Országos Térképrendszerbe való foglalásáról. A térképek alapfelülete ennek értelmében az IUGG-67 ellipszoid lett, vetületeként pedig az Egységes Országos Vetületi rendszert (EOV) alkalmazták. 1980-ra az 1:10 000 méretarányú topográfiai felmérés befejeződött.<sup>31</sup>

A felmérés évei alatt változott a térkép méretaránya, a felmérési technológia, az alkalmazott vetületi rendszer, illetve kisebb-nagyobb mértékben az alkalmazott jelkúlsrendszer is. Ezek, valamint a terepen történt jelentős változások miatt már 1975-ben megkezdődött az 1:10 000 méretarányú térképek tervszerű felújítása és beillesztése az új Egységes Országos Térképrendszerbe (EOTR).<sup>32</sup> A polgári topográfiai térképezés alapjainak változásait a 4. táblázatban foglaltam össze.

4. táblázat: A polgári topográfiai térképkészítés adatai

Módszer	Év	Méretarány	Alapfelület (ellipszoid)	Vetületi rendszer	Szelvényezési rendszer	Alapszint
Új felmérés	1952	1:5000	Bessel	sztereografikus	kataszteri	adriai
Új felmérés	1954	1:5000	Bessel	sztereografikus	nemzetközi	balti
Új felmérés	1957	1:10 000	Kraszovszkij	Gauss–Krüger	nemzetközi	balti
Új felmérés	1965	1:10 000	Bessel	sztereografikus	hazai	balti
felújítás	1976	1:10 000	IUGG-67	EOV	EOTR	balti

Forrás: a szerző szerkesztése

2000-ben a felújítási munkák befejezése után elkezdődött a domborzatrajz digitális átalakítása, és egyben helyesbítése digitális ortofotók alapján, terepi bejárással. A tartalmi azonosság ellenére a polgári topográfiai térképek nem felelnek meg a katonai követelményeknek és viszont, hiszen eltérő a méretarány, az alapfelület, a vetületi rendszer és a koordináta-rendszer. A meglévő topográfiai térképek nagy része az évtizedekkel ezelőtti állapotokat ábrázolja, mivel a térképhelyesbítések időben elhúzódnak. Az elmúlt évtizedekben a felújítási, helyesbítési munkák, az adattartalom aktualizálása ortofotók és helyszínelés alapján történt, amelyeknél a terepi munka az irodai feldolgozás harmada. A kevés helyszíni munka a térképek minőségét és tartalmi megbízhatóságát negatív irányban befolyásolja.<sup>33</sup>

### 4.3. A digitális domborzatmodellek (DDM)

A Magyarország területét lefedő DDM-ek a szintvonalas térképek digitalizálásával készültek. Elnevezéseiknél száma a pixelfelbontásra utal (DDM-100, DDM-50, DDM-10, DDM-5). Az 1:100 000, illetve az 1:10 000 méretarányú EOTR topográfiai térképekből előállított DDM-100 és a DDM-5 adatgazdája a Földmérési és Távérzékelési Intézet (FÖMI), míg a DDM-50 és a DDM-10, amelyek az 1:50 000 méretarányú, Gauss–Krüger katonai topográfiai

<sup>31</sup> Geodéziai és Kartográfiai Egyesület: *Az 1:10000 méretarányú topográfiai felmérés befejezése alkalmából megrendezett Topográfiai Tanácskozás előadásainak anyaga*. Budapest, 1981. 5–8.

<sup>32</sup> Magyar Földmérési Térképészeti és Távérzékelési Társaság Topográfiai Szakosztálya (1999): i. m. 10–11.

<sup>33</sup> Alabér (2004): i. m. 23–24.

térképekből készültek, a Magyar Honvédség (HM Térképészeti NKft.) kezelésében áll. A DDM-10 pontossága domborzati kategóriákra vonatkoztatott középhibája síkvidéken kevesebb mint 0,8 m, dombvidéken 2,5 m, végül hegyvidéken 5,0 m. Minőségi hiba, hogy a DDM-10-ben a magassági értékek egész számokkal vannak megadva, így korlátozottan használható a levezetett térképeknél, különösen hidrológiai modellezési célokra. A DDM-5-nek, amely TIN-alapú lineáris interpolációval készült, a pontossága átlagosan 0,7 m. A TIN-alapú modelleknél sok helyen szögletes a felszín, ami ugyancsak a levezetett térképeknél és a hidrológiai elemzésnél jelent problémát.<sup>34</sup>

A topográfiai térképek a Föld külső felszíne alkotta domborzatot ábrázolják úgy, hogy a vízzel borított felszínnek (tavak, folyók) a vízfelszín átlagos magasságát jelenítik meg. De egy másfajta nézőpont értelmében a felszín fogalmába beleértjük a felszín borító természetes és mesterséges tereptárgyakat, azaz a növényzetet és az épített objektumokat. Az egyes adatnyerési eljárások (a légifotó-kiértékelés) olyanok, hogy azokból elsődlegesen a tereptárgyakat is magában foglaló felszín határozható meg.<sup>35</sup>

A legáltalánosabban használt digitális modell a digitális magasságmodell (DMM), amely a szakirodalomban többnyire angol elnevezéssel fordul elő digital elevation model (DEM) néven. Ebbe a megfogalmazásba beletartozik a digitális domborzatmodell (DDM) – amely tereptárgyak nélküli földfelszín – és a digitális felszínmodell (DFM) is –, amely a tereptárgyakat is magában foglaló felszín digitális modelljét jelenti. A digitális terepmodell elnevezést használják mindkét modellre, amennyiben az alkalmazás szempontjából jelentősége van, hogy a modell melyik típusba tartozik, akkor felhasználás előtt azt definiálni kell<sup>36</sup> (5. táblázat).

5. táblázat: A digitális modellek csoportjai

Felszín	Modell neve	Közös név	Adatforrás
Domborzat	Digitális domborzatmodell (DDM)	Digitális magasságmodell (DMM)	Térképek, földi felmérések
Domborzat tereptárgyakkal	Digitális felszínmodell (DFM)	Digitális terepmodell (DTM)	Légi felvételek, űrfelvételek

Forrás: a szerző szerkesztése

A DTM-alapú hidrológiai modellezésnél egyik cél lehet az, hogy a modelltől levezessük a terület vízfolyásait, illetve meghatározzuk az egy adott ponthoz tartozó vízgyűjtőterületet. A másik cél pedig a lefolyás modellezése, azonban ehhez már szükség van más adatokra is, azaz a DTM tulajdonképpen egy összetett hidrológiai modell részévé válik.<sup>37</sup>

A lefolyás modellezéséhez szükség van a vízsebesség meghatározására, amelyet általában a lejtőszög figyelembevételével lehet meghatározni. A DTM alapján meghatározható a lefolyási úthossz, amelyből a lefolyási idő értékét kiszámítani. Eróziós modellekben meghatározható a munkavégző-képesség, amelyet az alábbi képlet alapján számíthatunk:

<sup>34</sup> Telbisz Tamás – Székely Balázs – Timár Gábor: *Digitális Terepmodellek*. Budapest, ELTE TTK, 2013. 49.

<sup>35</sup> Telbisz–Székely–Timár (2013): i. m. 8.

<sup>36</sup> Telbisz–Székely–Timár (2013): i. m. 10.

<sup>37</sup> Telbisz–Székely–Timár (2013): i. m. 65.

$$\omega = A_s \cdot \tan \beta$$

ahol  $A_s$  a lokális vízgyűjtőterület és  $\beta$  a lejtőszög.

A DTM készítése során keletkező hibák észlelése leggyakrabban valamilyen ábrázolás alapján történik. A 3D-s megjelenítéssel a kiugró értékek könnyen felfedezhetők. A hiba helyének meghatározására a felülnézeti képek – leginkább a szintvonalas térképek – alkalmasak. Azt azonban, hogy „a valósághoz” képest mennyi a hiba, általában nem lehet megadni, viszont a két különböző módon kapott DTM egymástól való eltérése már meghatározható. Készíthető különbségtérkép, illetve ha az egyik felszín csak pontokból áll, akkor az adott pontokra statisztikai elemzés végezhető. Leggyakoribb mutatószám a négyzetes középhiba:

$$\mu = \sqrt{\frac{1}{n}(z - z_c)^2}$$

ahol  $n$  a vizsgálatba vont pontok száma;  $z$  a DTM magassága egy adott pontban,  $z_c$  az ismert pont magassága ugyanitt.<sup>38</sup>

## 5. Katonai és polgári topográfiai térképkészítés összehasonlítása

A térképek pontosságai előírásait döntően három tényező határozza meg, amelyek a felhasználók által igényelt pontossági kívánalmak, az adott felmérési időszak műszaki, technológiai lehetőségei és a gazdaságosság.<sup>39</sup> A modellezési folyamat szempontjából a kiinduló térképi anyag kiválasztásánál négy szempontot vehetünk figyelembe a modell alapjaként szolgáló topográfiai térképeknél.

Az egyik a térképkészítés felmérési technológiai, illetve annak pontossági követelményei. A katonai és polgári topográfiai munkák történeti ismertetéséből kiderül, hogy gyakorlatilag ugyanazon technológiai módszerekkel történtek a tényleges felmérések. Pontossági követelmények szempontjából különbségek a térképek méretarányából adódó keretfeltételek miatt vannak. A másik fontos szempont az elérhető, rendelkezésre álló térképek aktuálissága, frissessége. A polgári topográfiai térképek különböző fázisainak időbeli lefolyása ugyanúgy több évtizedet ölel fel, mint a katonai célú térképeké. Bár a polgári topográfiai térképek esetén kiemelt fontosságú, illetve a jelentős változásokon áteső területeken, létesítményeknél (például autópálya-építés) történnek még felújítások – fotogrammetriai módszerrel –, de ezek lényegében csak a síkrajzi változásokat érintik, és ezek állapotának aktualizálásában merülnek ki. A harmadik igény, hogy a modellezni kívánt terület paraméterei (a terület nagysága, domborzati viszonyai) alapján válasszuk meg a megfelelő méretarányú térképanyagot.

A modellter domborzati viszonyai (mikro-, illetve makrodomborzat) a domborzat jellegéből adódóan befolyással vannak a szintvonal ábrázolására is, hiszen azonos méretarány mellett más alapszintvonalat célszerű alkalmazni a hegyvidéken, mint a sík területeken. Légi fotogrammetriával 10 cm-en belüli pontosságú térképezés hajtható végre 1:1000–1:4000

<sup>38</sup> Telbisz–Székely–Timár (2013): i. m. 71.

<sup>39</sup> MÉM Országos Földügyi és Térképészeti Hivatal (1972): i. m. 41–42.

méretarányban, vízszintes és függőleges értelemben egyaránt. Kijelenthető, hogy legtöbb esetben nem állnak rendelkezésre ilyen méretarányú alaptérképek. Kis kiterjedésű modellezni kívánt területeken megoldás lehet a rendelkezésre álló térképanyag pontosítása, kiegészítése, aktualizálása. Ennek korlátot szab a területre jellemző magasságkülönbség, illetve a fedettség. Amennyiben ezek jelentősek, földi kiegészítő méréseket célszerű végezni.<sup>40</sup> Nagyobb kiterjedésű modellezni kívánt terület esetén a kívánt pontossági, alkalmazhatósági követelményeknek megfelelően választhatók a rendelkezésre álló térképanyagok. Kisebb terjedelmű területeken a modellezni kívánt tér jellegéből fakadóan (közel sík hullámtéri terület, illetve nagyobb szintkülönbségeket mutató patakok lefolyásviszonyainak vizsgálata) is különböző paraméterű lehet a rendelkezésre álló alaptérképanyag. Végül fontosak még a térkép méretarányától függő, alkalmazható digitális terep-, illetve domborzatmodell adott pontossági mérőszámai. A polgári digitális domborzatmodell az 1: 10 000-es méretarányú topográfiai térképek szintvonalrajzaiból készített, sztereofotogrammetriai kiértékeléssel javított adatkészlet. Az alapul szolgáló topográfiai térképek felmérési ideje 1979 és 2000 közé tehető. A 2000 óta bekövetkezett komolyabb domborzati változások aktualizálása (például autópálya-építések, külszíni bányák nyitása) sztereofotogrammetriai eljárással történt. 2000-ben, 2005-ben és 2015-ben lehetőség nyílt a teljes országra végrehajtani, a többi évben történt frissítések pedig az adott évi légi felvételezések területére készülhettek el. A topográfiai térképekből létrehozott alapadatok magassági megbízhatósága átlagosan  $\pm 0,7$  m, a frissítések megbízhatósága és pontossága a 40 cm-es terepi felbontású ortofotó generálásához szükségesnek felel meg.<sup>41</sup> A kétféle topográfiai térkép készítésének geodéziai összehasonlítását a 6. táblázat tartalmazza.

6. táblázat: A geodéziai alapok

Geodéziai alapok	Katonai	Polgári
Alapfelület	WGS 84	IUGG 67
Vetületi rendszer	UTM Egyenlítő helyzetű érintő hengervetület	EOV Süllyesztett ferdetengelyű hengervetület
Kezdőmeridián	Greenwich	Gellért-hegy
Magassági alapszint	balti	balti
Geodéziai alapszint	WGS-84, EUREF-89	HD-72
Szelvényezési rendszer	földrajzi fókálózat	kilométer-hálózat

Forrás: a szerző szerkesztése

## 5.1. Katonai térképek

A 4.2.1. fejezetben leírtakból is látszik, hogy a 20. század eleje óta teljes egészében új katonai topográfiai felmérés az ország teljes területére nem történt. Az 1947-ben kezdődő gyors helyesbítés után a 1952–1959 közötti új felmérést Magyarországnak csak azon részein hajtottak végre,

<sup>40</sup> Hársfalvai Mária et al.: *Útmutató a távérzékelési módszerek alkalmazására a meliorációs kiviteli tervezésben*. Budapest, FÖMI, 1990. 13–17.

<sup>41</sup> Lásd: <https://lechnerkozpont.hu>

ahol nem voltak fellelhetők az 1930-ban készült topográfiai térképek, a meglévő térképeken térkép helyesbítést hajtottak végre. A magassági ábrázolás az adriai alapszintre vonatkozott, 10 m-es alapszintvonalakkal. Az 1953–1959 évek közti felmérés, az úgynevezett negyedik katonai felmérés pontossága vízszintes ábrázolásnál a térképen  $\pm 0,3$  mm, ami az 1:25 000 méretaránynál 7,5 m-t jelent, magassági értelemben pedig  $\pm 2,5$  m. Az új, a szocialista országok által használt jelkulcsokkal, 5 m-es szintvonalközökkel.<sup>42</sup>

A katonai térképészet digitális domborzatmodellje (DDM) Magyarország területére 1992-ben készült el, és a balti alapszint feletti magasságokat tartalmazza egy  $10 \times 10$  (DDM-10), illetve egy  $50 \times 50$  m-es (DDM-50) oldalhosszúságú rácshálózat sarokpontjaiban. Először az  $50 \times 50$  m-es hálósűrűségű modell számítását végezték el, majd ezt sűrítették interpolációval  $10 \times 10$  m-esre. A DDM létrehozásához az 1:50 000 méretarányú katonai topográfiai térképek szintvonalas domborzati fóliáit használták.<sup>43</sup>

A fentebb írtak alapján a katonai célú DDM-adatbázisok a katonai célú és méretarányú térképek pontossági követelményeinek megfelelő mérőszámokkal rendelkeznek.

## 5.2. Polgári térképek

A polgári topográfiai térképek készítésének a 4.2.2. pont alapján három üteme volt. Teljes szelvények helyesbítése nem volt jellemző. Adott szelvényen a változott területeket aktualizálták, de a szelvények túlnyomórészt hasonló korúak, mint a katonai térképek.

Ezekből a folyamatosan helyesbített és felújított térképekből készültek a különböző digitális domborzatmodellek, a méretarányból adódó szintvonalközű térképből generált domborzatmodellel.<sup>44</sup> A modellek pontossága sem lehet jobb, mint annak a térképnek a pontossága, amelyből készültek.

1976-ban az Országos Földügyi és Térképészeti Hivatal (OFTH) kiadta a T. 1. Szabályzatot, amely meghatározta az 1:10 000 méretarányú topográfiai térképeknek az Egységes országos Térképrendszerben való felújításához a műszaki alapokra, a tartalomra, a pontossági előírásokra és a kivitelre, valamint az állami átvételre leadandó munkarészekre vonatkozó előírásait. A felújítás és átdolgozás végrehajtása után a T. 1. szabályzat pontossági előírásainak megfelelő térképanyag előállításának érdekében, a munkálatok legfontosabb szempontja a megbízhatóság volt.

A Szabályzatban meghatározták a készítendő térképek pontossági előírásait vízszintes és magassági értelemben az alaphálózatra, az alappontokra, a magassági pontokra, az illesztőpontokra, a részletpontokra és a szintvonalakra vonatkozóan.

A vízszintes illesztőpontok középhibáját  $\pm 0,50$  m, megengedett legnagyobb hibáját  $\pm 1,00$  m-ben állapították meg, a magassági illesztő-, ellenőrző- és kóté pontok hibahatárai az alapszintközök nagyságától függenek. Ezeket tartalmazzák a 7–9. táblázatok.

<sup>42</sup> Buga et al. (2019): i. m. 201.

<sup>43</sup> Zentai László: A digitális térképek Magyarországon az első digitális adatbázisoktól a kilencvenes évek végéig. *RS&GIS Távérzékelési Technológiák és Térinformatika Online*, (2012.), 1.

<sup>44</sup> Lásd: <https://lechnerkozpont.hu>



7. táblázat: Magassági illesztő- és ellenőrzőpontok meghatározásának hibahatárai

Alapszintköz	Középhehiba	Megengedett legnagyobb hiba
1,0 m	± 0,20 m	± 0,40 m
2,0 m	± 0,40 m	± 0,80 m
2,5 m	± 0,50 m	± 1,00 m
5,0 m	± 1,00 m	± 2,00 m

Forrás: a szerző szerkesztése

8. táblázat: A térképen megírt magassági pontok meghatározásának hibahatárai

Alapszintköz	Középhehiba	Megengedett legnagyobb hiba
1,0 m	± 0,30 m	± 0,60 m
2,0 m	± 0,60 m	± 1,20 m
2,5 m	± 0,80 m	± 1,60 m
5,0 m	± 1,60 m	± 3,20 m

Forrás: a szerző szerkesztése

9. táblázat: Szintvonalak hibahatárai

Alapszintköz	Középhehiba	Megengedett legnagyobb hiba
1,0 m	± 0,40 m	± 0,80 m
2,0 m	± 0,80 m	± 1,60 m
2,5 m	± 1,00 m	± 2,00 m
5,0 m	± 2,00 m	± 4,00 m

Forrás: a szerző szerkesztése

Szintvonalak esetén erdős, fedett területen a megadott hibák kétszerese a megengedett.

A fotogrammetriai munkáknál az illesztőpontok kiszúrása a légi fénykép negatívján  $\pm 0,1$  mm, a magasságkülönbségből adódó síkraízi eltolódás  $\pm 0,40$  mm lehetett, ami 1:10 000 méretarányánál 1,0 m, illetve 4,0 m-t jelent.

A térmodellek vízszintes tájékozása akkor befejezett, ha az illesztőpontokon a hibák szabálytalan jellegűek és sehol nem haladják meg a  $\pm 0,3$  mm-t. A magassági tájékozásnál uni-

verzális eljárás esetében az ellenőrző- és illesztőpontokon mért hibáknak a  $\mu = \sqrt{\frac{v^2}{n}}$  képlet-

tel számított középhibája nem haladhatja meg az 10. táblázatban foglalt értékeket. A differenciált eljárásnál 1 m-es szintköznel a  $\pm 0,40$  m-nél, 2 m-es szintköznel a  $\pm 0,70$  m-nél nagyobb hiba egyik illesztőponton sincs.

10. táblázat: A magassági tájékozás középhibái

Alapszintköz	Középhehiba
1,0 m	± 0,22 m
2,0 m	± 0,56 m
2,5 m	± 0,78 m
5,0 m	± 1,58 m

Forrás: a szerző szerkesztése

A helyszíni eljárással meghatározott illesztőpont és a fotogrammetria által meghatározott kótált pontok magassága és a helyszíni mérés és a kiértékelt szintvonalak között interpolálással meghatározott magasságértékek közötti legnagyobb eltérést a 11. és 12. táblázat mutatja.

11. táblázat: A kótált pontoknál megengedett eltérések

Alapszintköz	Legnagyobb eltérés
1,0 m	± 0,6 m
2,0 m	± 1,2 m
2,5 m	± 1,6 m
5,0 m	± 3,2 m

Forrás: a szerző szerkesztése

12. táblázat: Szintvonalrajzolás fotogrammetriai munkáknál

Alapszintköz	Középhiba	Megengedett legnagyobb hiba
1,0 m	± 0,25 m	± 0,50 m
2,0 m	± 0,50 m	± 1,00 m
2,5 m	± 0,60 m	± 1,20 m
5,0 m	± 1,20 m	± 2,40 m

Forrás: a szerző szerkesztése

Topográfiai munkáknál szelvényenként 2 db magassági alappont meghatározásánál és vízszintes alappontot tartalmazó szintezési vonalaknál a megengedett legnagyobb záróhiba  $\mu = \pm 40\sqrt{T_{km}}$ , de 6,3 km-nél hosszabb vonal esetén sem haladhatja meg a 100 mm-t. Kialappontokat tartalmazó szintezési vonalaknál ez  $\mu = \pm 80\sqrt{T_{km}}$ , illetve 200 mm. Trigonometriai magasságmérésnél a megengedett legnagyobb hiba  $\pm 0,40$  m.<sup>45</sup>

## 6. Terepmodell-előállítás kivánalmai

A vízgazdálkodás tudománya régóta alkalmaz modelleket. A modellezés általános célja, hogy valamilyen előrejelzést adjon egy adott természeti jelenségről. A hidrológiai modellezés során megkülönböztetünk 1D, 2D és 3D névvel jelölt modelleket, annak függvényében, hogy a vízrendszerünk mely paramétereit, milyen mozgási jelenséget, mennyire összetett környezetet, illetve milyen irányú változásokövetését szeretnénk vizsgálni. A valóságot legpontosabban leíró modellek a 3D megközelítésűek, amelyek a tér mindhárom fő irányában képesek a változások követésére.<sup>46</sup>

Folyók és tavak hidraulikai és hidrológiai vizsgálatait terepi mérésekkel, illetve 1D, 2D és 3D numerikus áramlástanival modellezéssel lehet végrehajtani. E vizsgálat a folyóknál kiterjed

<sup>45</sup> MÉM OFTH: *T. 1. Szabályzat*. Budapest, 1976. 18–29.

<sup>46</sup> Czifágy Szabolcs: Hidrológiai modellek I. Hidrológiai modellezés alapjai. In *Modellek a geoinformatikában*. 2011. 56–57.

a folyamhidraulikai, valamint folyószabályozással összefüggő vizsgálatokra, így elsősorban a lefolyásmodellezésre, hidrodinamikai modellezésre, az árvízi levezetőképesség meghatározására, az árvízi veszélytérképezésre, a hullámterez vízfolyások elöntési folyamatainak modellezésére, a hordaléktranszport-számításokra, a szennyező anyagok elkeveredésére, műtárgy-hidraulikai számításokra. A tavaknál jellemző alkalmazás például a sekély tavak vízmozgásának és vízcserefolyamatainak feltárása, a vízkészletváltozások meghatározása, a szél hatására kialakuló vízszintingadozások meghatározása, a szél keltette hullámozás becslése, az üledékvándorlás számítása, valamint a tavak hő- és energia-háztartási folyamatainak számítása.

Az árvízi levezetőképesség modellezéséhez a terep geometriáján kívül szükséges a terület hidraulikai érdességének és a hullámtéren lévő létesítményeknek az ismerete.

## 7. Összegzés

A hullámtér – amely a folyók, vízfolyások partvonalára és az árvédelmi fő védvonal közötti terület – magassági viszonyainak, változásának ismerete, állapotértékelése a nagyvízi mederkezelési tervet megalapozó tervdokumentációhoz is szükséges.<sup>47</sup>

A hullámterek levezetőképessége szempontjából fontos folyamatok, morfológiai változások (például feltöltődés) komplexek, amelyek számos, a vízgyűjtő szintjén és lokálisan, a hullámtér adott szakaszán ható tényezők együttes eredményeként mennek végbe. A hullámtér, ártér egy adott szakaszán érvényesülő tényezők hatása lokálisabb.<sup>48</sup>

Alapvetően befolyásolja a modellezéshez felhasználható térképi anyag kiválasztását maga a modellter, annak kiterjedése, elhelyezkedése, domborzatviszonyai, növényzettel való fedettsége.

A vízfolyások menti hullámterek lokális, kisebb tervezési, modellezési egységként foghatók fel (például Gemenc, amely 30 km hosszú, 6 km széles, mintegy 180 km<sup>2</sup> területű), lehatárolható kontúrokkal, határokkal. Mérete miatt általánosan egységes növényzeti fedettséget feltételezhetünk (például ártéri erdő). Domborzatviszonyaira leginkább a sík, illetve buckás, morotvás paraméterek a jellemzők.

A modellezési folyamathoz alapként felhasználni kívánt topográfiai térképeknél a pontosságot nagyban befolyásolja az alkalmazott méretarány.

A katonai topográfiai térképek legnagyobb méretaránya 1:25 000. Ebből adódóan is kimondható, hogy e térképek főként a katonai igények kielégítésére szolgálnak, hiszen ebből a célból is készültek. Mindezek mellett a belőlük készíthető terepmodellek globális szinten alkalmazhatók egyéb környezeti hatások vizsgálatához, például egy nagyobb árhullám esetén a várható elöntési terület előrejelzéséhez, az időbeni lefolyáshoz, ezáltal a védekezés tervezéséhez, a szükséges erőforrások lokalizálásához.

<sup>47</sup> 83/2014. (III. 14.) Korm. rendelet a nagyvízi meder, a parti sáv, a vízjárta és a fakadó vizek által veszélyeztetett területek használatáról, hasznosításáról, valamint a folyók esetében a nagyvízi mederkezelési terv készítésének rendjére és tartalmára vonatkozó szabályokról 1. §, 1. melléklet.

<sup>48</sup> Nagy Judit: *Hullámtéri akkumuláció és az azt befolyásoló tényezők vizsgálata az Alsó-Tiszán*. Doktori (PhD-) értekezés. Szeged, Szegedi Tudományegyetem, 2020. 17.

A polgári topográfiai térképek pontossági szempontból ugyanúgy a térkép méretarányából fakadó, alkalmazandó alapszintköz értékéből adódó pontossággal rendelkeznek. De amint már szó volt róla, más szintvonalköz is előfordulhat egy szelvényen belül, a domborzat jellegétől függően. Nyilván ez a szintvonalakból előállított DDM-re is hatással van.

A polgári topográfiai térképek inkább alkalmasak kis kiterjedésű, lokális területeken lezajló folyamatok modellezésének térképi alapjául. De ebben az esetben is fontos szerepet játszik maga a modellezni, vizsgálni kívánt folyamat, illetve a folyamat lefolyásának helyet adó tér kiterjedése, domborzati, fedettségi (például hullámtéri erdők) viszonyai.

Természetesen a modellezni kívánt folyamat, illetve a modellezéssel elérni kívánt cél paraméterei is jelentős mértékben meghatározzák a felhasználni tervezett alapokkal szemben támasztott követelményeket. Kérdés, hogy a modellezni kívánt terület magassági paramétereit milyen pontossággal akarjuk megismerni. A vízszintes és magassági értelemben egy adott pontosságú ortofotó készítéséhez különböző repülési magasság szükséges (lásd differenciált eljárásnál). De e felvételek elkészítése is sok tényezőtől függ (időjárási körülmények, a terület fedettsége stb.). A modellezni kívánt hullámterek időbeni változása is jelentős. A vizsgálat alá vont terület, hullámtér magassági viszonyainak két egymást követő árullám közötti változása – például a hordalék lerakódása miatt – is megnehezítheti akár a terület korrekt magassági modelljének ismeretét.

## Felhasznált irodalom

- Alabér László: *A topográfiai térképrendszer átalakításának lehetőségei a Magyar Honvédség igényeinek és a NATO-csatlakozás követelményeinek figyelembevételével*. Doktori (PhD-) értekezés. Budapest, Zrínyi Miklós Nemzetvédelmi Egyetem, 2004.
- Állami Földmérési és Térképészeti Hivatal: *Komplex Utasítás az 1:10000 méretarányú topográfiai térképek készítéséhez*. 618/1966 (T.14.) ÁFTH számú utasítás. Budapest, 1966.
- Beke Dóra – Földi Alexandra – Kuti Rajmund: Közúti balesetek során bekövetkező talajszennyezések és kárelhárítási eljárások vizsgálata. *Hadmérnök*, 14. (2019), 3. 13–20. Online: <https://doi.org/10.32567/hm.2019.3.2>
- Buga László – Hegedűs Ábel – Jankó Annamária – Mihalik József – Rojkó Annamária – Suba János – Szabó Béla – Szabó Gyula – Szabóné Szalánczi Erika – Tremmel Ágoston – Várszegi Lajos: *A magyar katonai térképészet 100 éve*. Budapest, Zrínyi Kiadó, 2019.
- Czigány Szabolcs: Hidrológiai modellek I. Hidrológiai modellezés alapjai. In *Modellek a geoinformatikában*. 2011. Online: [www.geo.u-szeged.hu/~joe/pub/Tamop/Jegyzet/ch05.html#id390086](http://www.geo.u-szeged.hu/~joe/pub/Tamop/Jegyzet/ch05.html#id390086)
- Geodéziai és Kartográfiai Egyesület: *Az 1:10000 méretarányú topográfiai felmérés befejezése alkalmából megrendezett Topográfiai Tanácskozás előadásainak anyaga*. Budapest, 1981.
- Hársfalvai Mária – Horváth Jenő – Kovács Alajos – Licskó Béla – Pál János – Szilágyi Andrea – Vekerdy Zoltán: *Útmutató a távérzékelési módszerek alkalmazására a meliorációs kiviteli tervezésben*. Budapest, Földmérési Intézet 1990. Online: [www.researchgate.net/publication/262412985\\_Utmutato\\_a\\_taverzekelesi\\_modszerek\\_alkalmazasara\\_a\\_melioracios\\_kiviteli\\_tervezesben](http://www.researchgate.net/publication/262412985_Utmutato_a_taverzekelesi_modszerek_alkalmazasara_a_melioracios_kiviteli_tervezesben)
- Jankó Annamária: *Magyarország katonai felmérései 1793–1950*. Budapest, Argumentum Kiadó, 2007. Online: <https://bit.ly/3gPo6ic>
- Kuti Rajmund: Időjárási extrémítások és a vízbázisok védelmének összefüggései. In Földi László – Hegedűs Hajnalka (szerk.): *Adaptációs lehetőségek az éghajlatváltozás következményeihez a közszolgálat területén*. Budapest, Nemzeti Közszolgálati Egyetem, 2019. 501–548.

- Magyar Földmérési Térképészeti és Távérzékelési Társaság Topográfiai Szakosztálya: *Az 1:10000 méretarányú EOTR-térképfelújítás (második ciklus) befejezése alkalmából megrendezett Topográfiai Tanácskozás előadásainak anyaga*. Budapest, 1999.
- Mélykúti Gábor: *Topográfia 3. Magyarországi térképezések története*. Nyugat-magyarországi Egyetem, 2010a. Online: [https://dtk.tankonyvtar.hu/xmlui/bitstream/handle/123456789/7587/0027\\_TOP3.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://dtk.tankonyvtar.hu/xmlui/bitstream/handle/123456789/7587/0027_TOP3.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Mélykúti Gábor: *Topográfia 7. Magyarországi térképezések története*. Nyugat-magyarországi Egyetem, 2010b. Online: [https://dtk.tankonyvtar.hu/xmlui/bitstream/handle/123456789/7701/0027\\_TOP7.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://dtk.tankonyvtar.hu/xmlui/bitstream/handle/123456789/7701/0027_TOP7.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Mélykúti Gábor: *Topográfia 8. Magyarországi térképezések története*. Nyugat-magyarországi Egyetem, 2010c. Online: [https://dtk.tankonyvtar.hu/xmlui/bitstream/handle/123456789/8027/0027\\_TOP8.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://dtk.tankonyvtar.hu/xmlui/bitstream/handle/123456789/8027/0027_TOP8.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Mélykúti Gábor: *Topográfia 10. Magyarországi térképezések története*. Nyugat-magyarországi Egyetem, 2010d. Online: [https://dtk.tankonyvtar.hu/xmlui/bitstream/handle/123456789/7767/0027\\_TOP10.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://dtk.tankonyvtar.hu/xmlui/bitstream/handle/123456789/7767/0027_TOP10.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Mélykúti Gábor: *Topográfia 11. Magyarországi térképezések története*. Nyugat-magyarországi Egyetem, 2010e. Online: [https://dtk.tankonyvtar.hu/xmlui/bitstream/handle/123456789/8090/0027\\_TOP11.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://dtk.tankonyvtar.hu/xmlui/bitstream/handle/123456789/8090/0027_TOP11.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- MÉM Országos Földügyi és Térképészeti Hivatal: *A földmérési alaptérképek domborzati tartalma és pontossága*. Budapest, Földmérési Intézet, 1972.
- MÉM Országos Földügyi és Térképészeti Hivatal: *T.1. Szabályzat az 1:10000 méretarányú földmérési topográfiai térképek felújítására az egységes országos térképrendszerben*. Budapest, 1976. Online: <https://lechnerkozpont.hu/data/sites/default/files/doc/iny/szabalyzatok/T1.pdf>
- Nagy Judit: *Hullámtéri akkumuláció és az azt befolyásoló tényezők vizsgálata az Alsó-Tiszán*. Doktori (PhD-) értekezés. Szeged, Szegedi Tudományegyetem, 2020. Online: [http://doktori.bibl.u-szeged.hu/id/eprint/10469/1/Disszertacio\\_Nagy\\_Judit.pdf](http://doktori.bibl.u-szeged.hu/id/eprint/10469/1/Disszertacio_Nagy_Judit.pdf)
- Telbisz Tamás – Székely Balázs – Timár Gábor: *Digitális Terepmodellek*. Budapest, Eötvös Loránd Tudományegyetem Természettudományi Kar Földrajz- és Földtudományi Intézet Természetföldrajzi Tanszék, 2013. Online: [https://tef.elte.hu/phocadownload/TelbiszSzekelyTimar\\_DigitalisTerepmodellek.pdf](https://tef.elte.hu/phocadownload/TelbiszSzekelyTimar_DigitalisTerepmodellek.pdf)
- Zentai László: *A digitális térképek Magyarországon az első digitális adatbázisoktól a kilencvenes évek végéig. RS&GIS Távérzékelési Technológiák és Térinformatika Online*, 2012. Online: [www.rsgis.hu/RS&GIS-2012-1-3.html](http://www.rsgis.hu/RS&GIS-2012-1-3.html)

## Jogi forrás

- 83/2014. (III. 14.) Korm. rendelet a nagyvízi meder, a parti sáv, a vízjárta és a fakadó vizek által veszélyeztetett területek használatáról, hasznosításáról, valamint a folyók esetében a nagyvízi mederkezelési terv készítésének rendjére és tartalmára vonatkozó szabályokról



Nagy Rudolf<sup>1</sup> 

# Szerves foszforsavészter-alapú idegmérgek a növényvédelemben

## Organic Phosphoric Acid Ester Based Neurotoxins in Plant Protection

*A vegyi fegyverek és a növényvédőszeresek kapcsolata évezredekre nyúlik vissza. A halászó és vadászó elődeink is alkalmazták már a természetes növényi mérgeket, amelyeket a növények a kártevőkkel szembeni védelemre termelnek. A kémiai tudományok fejlődésével a modern értelemben vett és szintetikus előállított növényvédőszeresek is többnyire ezeknek az anyagoknak a hatásmechanizmusát kívánták lemásolni. Az e célból végzett kísérletek eredményei vezettek el a mérgező harcanyagok egyik legtoxikusabb válfajának, a szerves foszforsavészter-típusú idegmérgek katonai arzenálban való megjelenéséhez. Mára már az e kategóriába sorolt növényvédőszer-készítményeknek nemcsak a kémiai biztonság vagy a közegészségügy oldaláról kell figyelmet szentelni, de a közbiztonságra gyakorolt veszélyességük is felmerül. E cikkben a szerző a rovarirtó szerként a mezőgazdaságban is csak korlátozottan alkalmazható ezen idegmérgek felhasználásának biztonságát érintő részleteket ismerteti.*

**Kulcsszavak:** idegméreg, szerves foszforsavészter, kockázat, veszély, biztonság

*The relationship between chemical weapons and pesticides dates back thousands of years. Our fishing and hunting ancestors have already used natural plant poisons, which are actually produced in plant organisms to protect them from pests. With the development of chemistry, plant protection products in the modern sense and synthetically produced pesticides have mostly wanted to replicate the mechanism of action of these substances. The results of the experiments led to the appearance of one of the most toxic chemical warfare agents, organophosphoric acid ester type neurotoxins in the military arsenal. Today, plant protection products in this category not only need to be considered from a chemical safety or public health perspective, but also from*

<sup>1</sup> Óbudai Egyetem Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai Mérnöki Kar, e-mail: [nagy.rudolf@uni-obuda.hu](mailto:nagy.rudolf@uni-obuda.hu)



*a public safety aspect. In this article, the author describes details concerning the safety of the use of these neurotoxins, which have limited use as insecticides in agriculture.*

**Keywords:** nerve agent, organophosphorus ester, risk, hazard, safety

## 1. Bevezetés

A növényvédő szerek iránti igény egyidős a mezőgazdaság megjelenésével. Az ókori növénytermesztés időszakából már vannak feljegyzések, amelyben például a rovarok elleni küzdelemhez a dalmát krizantém (*Chrysanthemum cinerariaefolium*) virágának porát javasolják használni. Az abban található piretrin természetes eredetű rovarirtó szer. Biológiai hatékonyságukat kontaktméregként fejtik ki. A szerves foszforsavészterhez (SZFÉ) hasonlóan a rovar idegrendszerének működésében idéz elő zavart. Gátolja az ingerületvezetést, az ideg–izom kapcsolatokban megakadályozza a jelátvitelt, és így a mérgezett egyed mozgásképtelenné válik.<sup>2</sup>

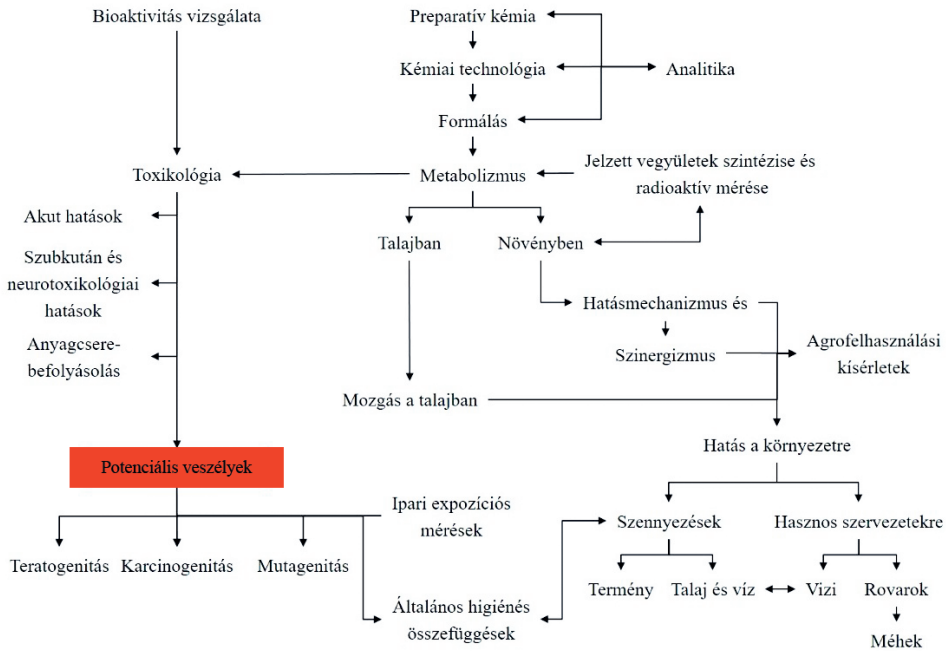
A kemizáció megjelenésével a természetes hatóanyagok mellett a kezdeti véletleneknek köszönhetően felfedezett új vegyületek megjelenését a már tudatosan megtervezett fejlesztések követték. A peszticidkutatás eredményeként állították elő a biológiailag aktív inszekticideket. A modern kémiai növényvédelem számára mesterségesen szintetizált vegyületek mára széles körű alkalmazást nyertek a mezőgazdaságban. Emellett viszont sok olyan problémára derült fény, amely jelezte, hogy ezen anyagok alkalmazása a környezeti egyensúlyt és az emberi egészséget, életet is súlyosan veszélyeztetheti. Az említett érvek, valamint a mind hatékonyabb vegyületek indokoltá tették a növényvédő szerek hatásának alaposabb vizsgálatát. A mai hatóanyagok lényegesen célzottabb hatásúak, ezért biztonságosabbak. Ennek igazolása során a hatóanyagok szigorú követelményeket felvonultató vizsgálatokon mennek át. Ez a folyamat több tudományág összehangolt erőfeszítéseit igényli, amelynek részeként már a vegyület fejlesztésének megtervezése során be kell építeni az alkalmazás lehetséges veszélyeinek feltérképezését szolgáló vizsgálatokat, mint ahogyan azt az 1. ábra is szemlélteti.<sup>3</sup>

A vizsgálatok eredményével összhangban az engedélyezési eljárás során megállapítják a növényvédő szer hatásaival szemben hatékony védelmet garantáló egyéni védőeszközöket (EVE) is. E hatások mellett figyelmet kell fordítani a mezőgazdasági növényvédelmi munkák során meghatározó módon jelentkező, a viselő és a környezet közti hőcsere okozta hatásokra is, mivel az EVE hőszigeteléssel és párazárással akadályozza azt. Ilyenkor a hőigénybevétel minimalizálása érdekében az ergonómiai elveknek megfelelően kell a védőeszköz használati időtartamát és a környezeti tényezőket figyelembe venni.<sup>4</sup>

<sup>2</sup> В. А. Зинченко: *Химическая защита растений, средства, технология и экологическая безопасность, учебники и учебные пособия для студентов высших учебных заведений*. Москва, КолосС, 2012. 5.

<sup>3</sup> György Matolcsy et al.: *Pesticide Chemistry*. Budapest, Akadémiai Kiadó, 1988. 2.

<sup>4</sup> Szabó Gyula: *A fizikai munkavégzés ergonómiája*. Budapest, Óbudai Egyetem, 2012. 137.



1. ábra: Egy peszticidkutatás folyamatábrája

Forrás: Bánki László et al: Egy peszticid kifejlesztése mint komplex tudományos feladat – A Budapesti Vegyiművek BUVINOL herbicidjével kapcsolatos kutatások. Budapest, Medicina Könyvkiadó, 1976. 28.

## 2. A foszforsavészter típusú rovarölő szerek jellemzése és hatásmechanizmusa

### 2.1. Alapvetések

A vegyi anyagok alkalmazása több tekintetben is hordozhat magában kockázatokat. Jelenthetnek veszélyt a környezetre, előidézhetnek tűz- és robbanásveszélyt, illetőleg egészségkárosító hatásúak is lehetnek. Mindezek egy-egy kémiai anyag kapcsán akár egyidejűleg is jelentkezhetnek.<sup>5</sup>

A mezőgazdaságban alkalmazott anyagok igen széles spektrumát fogják át a kémiai vegyületeknek, amelyek anyagi jellemzői között a kémiai biztonság szempontjából veszélyesnek minősítendő tulajdonságok ugyancsak jelen lehetnek. Így például a növényi szervezetek által vízdoldható formában felvehető szerves vegyületeket a talajjavítás céljait szolgáló műtrágyák képviselik, ezek egyike a robbanásveszélyes ammónium-nitrát ( $\text{NH}_4\text{NO}_3$ ).

<sup>5</sup> Bellovicz Gyula: *Munkavédelem*. Egyetemi jegyzet. Győr, Széchenyi István Egyetem, 2014. 65.

Az előzőkénél összetettebb kémiai vegyületcsoportokhoz tartozó szerves vegyületeket főként a kártevők, azaz a nemkívánatos mikroorganizmusok, növények és állatok ellen folytatott küzdelemben peszticidekként használják fel.<sup>6</sup> Az agrotechnikában alkalmazott vegyszeres növényvédelemben a kultúrnövényeket károsító kártevők, kórokozók és terméshozam-csökkenést eredményező gyomnövények ellen különféle növényvédő szereket<sup>7</sup> használnak fel.<sup>8</sup>

A növényvédő szerek célszervezetek alapján való felosztása szerint megkülönböztethetünk vírusellenes (*virucid*), baktériumölő (*baktericid*), gombaölő (*fungicid*), gyomirtó (*herbicid*) és az állati kártevők elleni (*zoocid*), valamint riasztó (*repelens*) és csalogató (*attraktáns*) szereket.<sup>9</sup>

Az állati kártevők elleni védekezésre szolgáló szerek sorában atkaölőket (*akaricid*), rovarölőket (*inszekticid*), rágcsálóirtókat (*rodenticid*) stb. találunk. A növényvédelemben használt szerek hatékonysága sok tényezőtől tevődik össze. Az egyik meghatározó, a kártételt előidéző szervezetre kémiaiilag hatásos komponens a hatóanyag.<sup>10</sup> A szerek hatóanyagait képező vegyületek kémiaiilag is igen sokfélék.

## 2.2. A kémiai hatóanyag azonosítása

A növényvédő szerek hatóanyagainak jellemzésére egy-egy a vegyületben található funkciócsoport vagy kémiai elem szolgál, amelyek a teljesség igénye nélkül a következők lehetnek:

- karbamátok;
- tiokarbamátok;
- fenoxi-ecetsav származékok;
- piretroidok;
- piridilszármazékok;
- triazinszármazékok;
- klór-nitrofenol származékok;
- szerves klórvegyületek;
- szerves higanyvegyületek;
- szerves ónvegyületek;
- szerves foszforvegyületek stb.<sup>11</sup>

<sup>6</sup> *Химическая Энциклопедия, в пяти томах.* (1995), 8 (т. 3) 994.

<sup>7</sup> Növényvédő szer minden olyan anyag vagy anyagkeverék, amelyet bármely kártevő megelőzésére, elpusztítására, elriasztására vagy populációjának visszaszorítására szánnak, valamint minden olyan anyag vagy anyagkeverék, amely a növények életfolyamatainak szabályozására alkalmas. Robert I. Krieger et al: *Assessing Exposures and Reducing Risks to People from the Use of Pesticides.* Washington, DC, American Chemical Society, 2007. 2.

<sup>8</sup> Walz Géza (szerk.): *Munkavédelem a mezőgazdaságban, az erdőgazdaságban, a faiparban és az élelmiszeriparban.* Budapest, Mezőgazdasági Kiadó, 1979. 395.

<sup>9</sup> Горица Цвијановић – Слађана Савић: *Заштита екосистема и биоремедијација.* Београд, Институт за Економику Пољопривреде, 2016. 45.

<sup>10</sup> Shirley A. Briggs: *Basic Guide to Pesticides. Their Characteristics and Hazards.* Washington, DC, Taylor & Francis, 2017. 3.

<sup>11</sup> Fökl Rezső (szerk.): *Munkaegészségügyi és Munkavédelmi Enciklopédia.* 2. kötet. Budapest, Országos Műszaki Információs Központ, 1987. 2022.

Utóbbiak legismertebb képviselői a szerves foszforsavból származtatható vegyületek, amelyek aktív biológiai hatására kiterjedt katonai kutatások során derült fény. Innen eredően a jelen tanulmány tekintetében, tehát mint nagy hatékonyságú vegyületek, elsődleges figyelmet érdemlők a növényvédelmi célokra alkalmazás oldaláról is. Köszönhetően ennek, a továbbiakban részletes vizsgálat alá vesszük növényvédelmi alkalmazásuk sajátosságait.

E vegyi anyagok csoportjának megjelenése szorosán összefonódik a Leverkuseni I. G. Farbenindustrie németországi konzern központi tudományos kutatólaboratóriumát 1934-ben vezető G. Schröder nevével. Effektív inszekticidek keresése közben egyes foszfortartalmú vegyületek magas toxicitását fedezte fel. A vizsgálatok során rendkívül toxikusnak mutatkoztak a foszforsav fluoranhidridjei. G. Schröder erőfeszítéseit kizárólag a szerves foszforvegyületek kutatására összpontosította. A II. világháború elejére G. Schröder laboratóriumának munkatársai több mint 2000 új szerves foszfor- és foszfortartalmú vegyületet állítottak elő, amelyek közül jó néhányat vizsgáltak részletesen. Az 1950-es években folytatódó kutatások során a brit Imperial Chemical Industries konzern és a német Bayern A. G. cég laboratóriumaiban ezeket tovább fejlesztve foszforil-kolinoknak és foszforil-tiokolinoknak elnevezett szerves foszforvegyületeket szintetizáltak a növényvédelem céljaira.<sup>12</sup>

A vegyszeres növényvédelem szabályrendszerében a szerves foszforsavészterek felhasználásához kötődő kezelési előírások meghatározó szerepet töltenek be. Ezt igazolják fizikai és kémiai tulajdonságaik és biokémiai reakcióik.

### 2.3. Fizikai tulajdonságok

A mezőgazdaságban alkalmazott szerves foszforsavészter típusú vegyületek fizikai tulajdonságaikat tekintve meglehetősen változatosak. Azonban a bennük gyakran megtalálható oxigén, nitrogén, kén és halogén atomok, valamint viszonylag gyakran hosszabb szénláncú vagy aromás gyűrűt tartalmazó szerves csoportok jelenléte miatt, molekulatömegük meglehetősen nagy a szerves vegyületekhez képest. Ebből adódik, hogy szobahőmérsékleten képviselői 300 °C alatti tartományba eső forráspontú folyadékok vagy alacsony olvadáspontú szilárd, kristályos halmazállapotú anyagok. A forráspontjukra melegítve gyakran szenvednek részleges hőbomlást. Illékonyaságuk gyakran komoly veszélyt jelent alkalmazásuk során. Sűrűségük nagyságrendileg a vízhez közelítő a 2,0 mg/cm<sup>3</sup>-hez közel eső értékekig változik.<sup>13</sup>

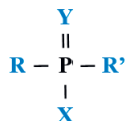
Oldékonyságukat tekintve e vegyületekben fellelhető parciális töltések mértékétől és a funkció csoportok méretétől függően a vízzel képesek lehetnek korlátozottan elegyedni, de többségük csak szerves oldószerekben oldódik jól. Az alkilmerkaptó-csoportot tartalmazók jellegzetes, kellemetlen szagú vegyületek. Porózus, különösen szerves anyagokon, így szöveteken, szőrzeten, farostban jól abszorbeálódnak. Némelyek festett felületekben és gumi termékekben vagy a bőrön keresztül felszívódhatnak.

<sup>12</sup> Graham A. Matthews: *A History of Pesticides*. Boston, CABI, 2018. 12.

<sup>13</sup> Leo M. L. Nollet – Hamir S. Rathore: *Handbook of Pesticides: Methods of Pesticide Residues Analysis*. Boca Raton, CRC Press, 2010. 412.

## 2.4. Általános kémiai jellemzés

Az inszekticidek jelen tanulmányban vizsgált csoportjába soroljuk az alábbi általános képlettel (2. ábra) rendelkező vegyületeket.



2. ábra: Foszfon és foszforsavészterek általános szerkezeti képlete

Forrás: Timothy C. Marrs – Bryan Ballantyne (szerk.): *Pesticide Toxicology and International Regulation*. Hoboken, John Wiley & Sons, 2004. 98.

ahol:

R – alkil-, alkiloxi- vagy alkilmerkaptó- funkciós csoport stb.;

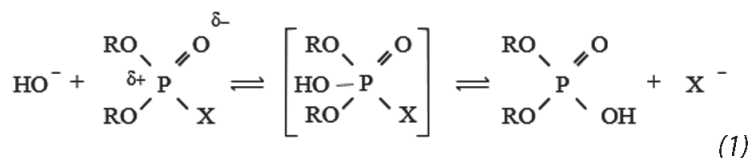
R' – alkil-, alkiloxi- vagy aminocsoport nitrogénjén helyettesített alkilcsoport stb.;

X – lehetnek aciloxi-, dialkilamino-, alkilmerkaptó-, nitrofenoxi-csoportok, helyettesített foszforsavmaradék, halogénezett aromás, illetve heterociklikus stb.;

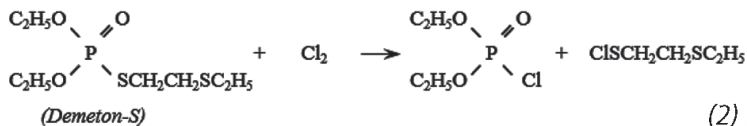
Y – O, S.

## 2.5. Kémiai reakciók

Annak ellenére, hogy több reakcióképes centrummal is rendelkeznek, ezek a vegyületek kémiailag stabilak. A szerkezeti szempontból központi elemnek tekinthető foszforatom elektronszegény sajátossága lehetőséget biztosít e vegyületeknek kölcsönhatásba lépni negatívan polarizált reagensekkel, mint azt az (1) reakcióegyenlet<sup>14</sup> is példázza.



A legkevésbé erős a molekulán belül a gyakorta megtalálható merkaptokapcsolatot képező foszfor–kén, illetve az oxigénnel létesített észterkötés. Ezért a foszforsavészterek reakciói alapvetően e kötések felhasadásával mennek végbe, ahogyan az az alábbi (2) egyenlet szerinti, a szerves oldószeres közegben lezajló klórral való kölcsönhatásból is kitűnik.<sup>15</sup>

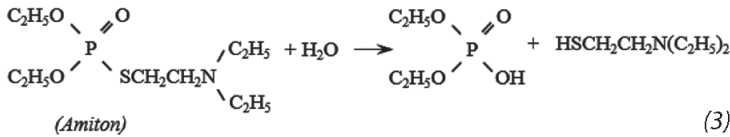


<sup>14</sup> Patrick J. Murphy (szerk.): *Organophosphorus Reagents. A Practical Approach in Chemistry*. Oxford, Oxford University Press, 2004. 173.

<sup>15</sup> Halász László – Nagy Károly: *Mérgező anyagok kémiája*. Egyetemi jegyzet. Budapest, Zrínyi Miklós Nemzetvédelmi Egyetem, 2000. 51.

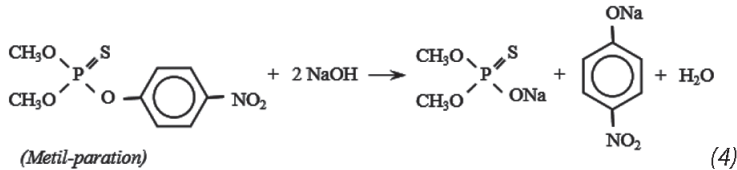
### 2.5.1. Hidrolízis

A hidrolízis az egyik olyan reakció, amelynek fontos szerepe van a szerves foszforsavészterek természetes úton való lebomlásában a metabolizmus mellett. A nem vízdékony – jellemzően nagy molekulatömegű szerves funkciós csoportokat tartalmazó – válfajai nagyon ellenállóak a víz hatását tekintve. Környezeti hőmérsékleten a hidrolízis megindulását csak órák elteltével konstatálhatjuk. Néhány vízzel jól elegyedő változatnál ellenben a bomlási reakció semleges közegben is viszonylag gyorsan végbemegy nem mérgező termékek keletkezése közben. A hidrolízist főképpen az elektrofil centrumot tartalmazó funkciós csoport lehasadása kíséri.



Erősen lúgos közegben (pH > 10) már lehetséges az észterkötések hasadása is.<sup>16</sup>

Savas közegben a lúgos pH-hoz viszonyítva lassabb hidrolízis tapasztalható. Ezt jelzi a Demeton-S felezési idejét mutató 1. táblázat.



1. táblázat: A Demeton-S hidrolízise felezési idejének és a közeg pH-jának összefüggése

Felezési idő	pH				
	1	3	5	7	9
$t_{1/2}$ (óra)	28	10	10	8,5	4,2

Forrás: Halász–Nagy (2000): i. m. 55.

Azonban a savas közeg az egyéb degradációt eredményező folyamatok, mint például a szerves foszforsavészterek fotolízisének felgyorsulását is eredményezhetik, ahogyan azt a huminsav<sup>17</sup> és vegyületeinek organofoszfátokra gyakorolt hatásainak vizsgálatával foglalkozó kutatások is kimutatták.<sup>18</sup> A Tammelin<sup>19</sup>-észterek esetében azonban savas közegben (pH 2-3) önmagában is gyorsabban zajlik le a hidrolízis, bár ez is csak napokban mérhető. A jelenség magyarázatának

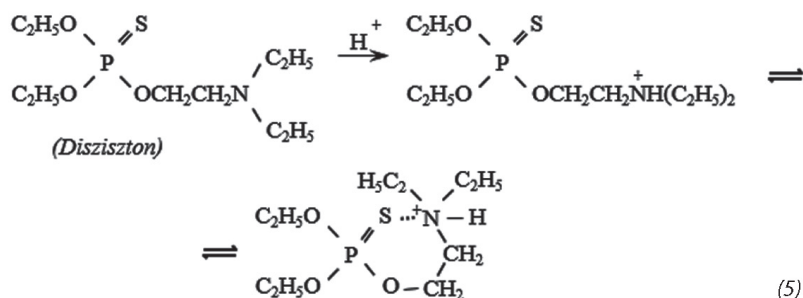
<sup>16</sup> Vásárhelyi Györgyi – Földi László: Vegyifegyver megsemmisítési technológiák. *Hadmérnök*, 2. (2007), 4. 55.

<sup>17</sup> Elhalt növényi és állati szervezetek lebomlása és termőtalajjá alakulása során képződő bonyolult összetételű szerves sav. *Химическая Энциклопедия, в пяти томах*. Москва, Издательства Большая Российская Энциклопедия 1988. т. 1, 1212.

<sup>18</sup> Mamoru Kamiya – Katsura Kameyama: Photochemical Effects of Humic Substances on the Degradation of Organophosphorus Pesticides. *Chemosphere*, 36. (1998), 10. 2337–2344.

<sup>19</sup> Tammelin svéd vegyész vezette kutatócsoport által az ötvenes években előállított tercier aminokat tartalmazó vegyületek elnevezése.

tartják, hogy az aminocsoportban található pozitív töltésű ágens magához vonzza a foszforil oxigén, illetve a foszfortioát kénatomjának elektronjait, amely maga után vonja a foszfor részleges pozitív töltésének növekedését, ahogyan azt az (5) egyenlet szemlélteti.<sup>20</sup>

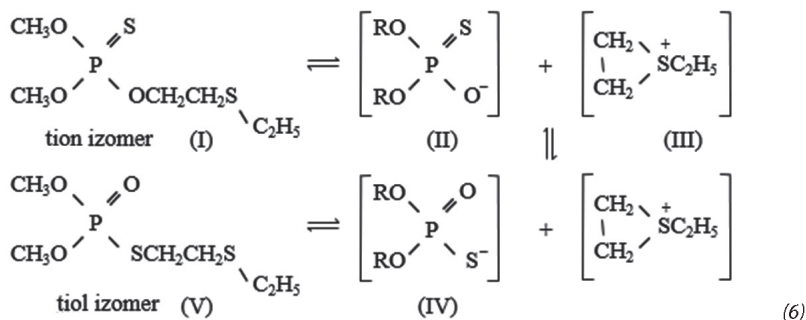


### 2.5.2. Izomerizáció

A szerves foszforsavészterek izomériája több aspektusból is lényeges tényező, amely nemcsak az adott vegyületek fizikai tulajdonságaira van kihatással, hanem nem egy esetben kémiai is új sajátosságokkal ruházta fel a kölcsönhatásban reakciópartnerként jelen lévő molekulákat. Ezek egyes esetekben csak reakciókinetikai módosulásokat jelentenek, míg máskor eredményezhetnek teljesen eltérő termékekhez vezető vegyi folyamatokat is.

#### Szerkezeti izoméria

Némely szerves foszforsavészterek belső strukturális felépítésüknek köszönhetően képesek spontán szerkezeti átrendeződésre, ahogyan azt a (6) Demeton-S reakcióegyenletéből is láthatjuk.



Bizonyos tényezők a szerkezeti átrendeződést elősegíthetik. Így például a tárolás vagy reakció-tér közegeként szolgáló oldószerek is közrehatnak ebben, amint azt a 2. táblázat is mutatja. Ez lényeges lehet a vizsgált növényvédőszer termékként való forgalmazása során alkalmazott elegyek komponenseinek kiválasztásánál.

<sup>20</sup> В. Н. Александров – В. И. Емельянов: *Отравляющие вещества*. Москва, Военное издательство, 1990. 103.



2. táblázat: A tiolváltozat izomerizációs foka 39 nap elteltével

Oldószer	Izomer aránya (%)
benzol	4,1
etilacetát	4,3
dioxán	4,8
oldószer nélkül	6,0
metil-etilbeton	8,6
kloroform	23,5
etanol	56

Forrás: T. Roy Fukuto – R. L. Metcalf: Isomerization of  $\beta$ -Ethylmercaptoethyl Diethyl Thionophosphate (Systox). *Journal of the American Chemical Society*, 76. (1954), 20. 5103–5106.

### Optikai izoméria

A foszfor egy másik sajátos tulajdonsága, hogy viszonylag jelentős számú vegyértékelektronjainak köszönhetően képes több atommal is kötést létesíteni vegyületeiben. Köszönhetően ennek, a szerves foszforsavészterek tekintetében a kapcsolódó 4 ligandum elhelyezkedése egy tetraéder jellegű szerkezetet ad, amelynek súlypontjában helyezkedik el a központi foszfortom. Ennek következtében a kialakuló kémiai kötésekben az atomok egymáshoz viszonyított elrendeződése okozta szimmetriatengelyeinek térbeli geometriáját figyelembe véve a szénvegyületeknél jól ismert izomerek képződhetnek. Így az anyaggal kölcsönhatásba lépő fény polarizációs síkja is megváltozik.

Ezek az öt vegyértékű szerves foszforsavészter típusú növényvédő szerek molekuláinak esetében csakúgy, mint az élő szervezetekben található más hasonló szerkezetű szerves foszfortartalmú molekulák vonatkozásában jelentős biológiai aktivitásbeli eltéréseket generálnak, amint azt a kutatások<sup>21</sup> is alátámasztják.

### 2.5.3. Fotolízis<sup>22</sup>

A kémiai vegyületek fényvel való kölcsönhatásának képessége régóta ismert. Mint azt a növényi fotoszintézissel kapcsolatos tanulmányainkból elsajátíthattuk, e biokémiai folyamat egyszerű szerves vegyületekből képes szerves makromolekulákat létrehozni. Az átalakulás folyamatában a növényi sejten belül megtalálható szerves vegyületek és a fénysugárzás elemi összetevői, a fotonok kölcsönhatásának eredményeként valósulhat meg. Minthogy a spektrumban megtalálható egyes, például az UV-tartományba tartozó fotonok akár jelentős energiát is képviselhetnek, ezért az egyes, az SZFÉ-kben lévő atomok közötti kötések átrendeződését is kiválthatják. Az ilyen formán bekövetkező direkt fotolízis természetesen a szerves foszforsavészterek esetében is megvalósulhat, amelyek így stabil kémiai állapotukból magasabb

<sup>21</sup> Herbert S. Aaron et al.: The Stereochemistry of Asymmetric Phosphorus Compounds. 11. Stereospecificity in the Irreversible Inactivation of Cholinesterases by the Enantiomorphs of an Organophosphorus Inhibitor. *Journal of the American Chemical Society*, 1958. 456.

<sup>22</sup> A fotolízis a kémiai kötések felbomlását jelenti a fotonmolekulában való elnyelődésének hatására. *Химическая Энциклопедия в пяти томах* (1998): i. m. (т. 5) 333.

energiaállapotba kerülve részleges bomlást szenvedhetnek. Az így megvalósuló degradáció a mezőgazdasági növényvédelemben alkalmazott organofoszfát növényvédő szerek teljes lebomlásához nem elegendő.

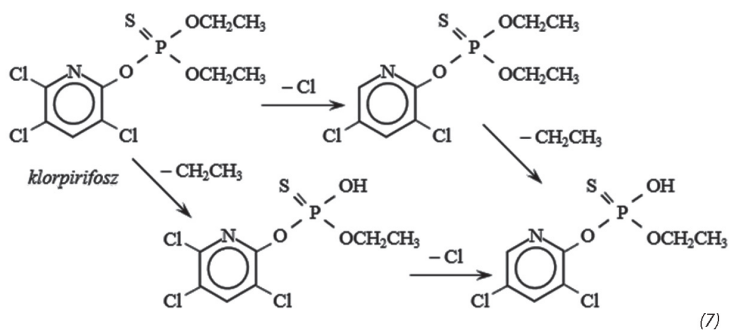
A fotolízis általában csak az anyag primer degradációját eredményezi. Bár aszerint, hogy az SZFÉ-k milyen szerkezeti eltéréseket mutatnak, az esődleges bomlási folyamataikban kialakuló kémiai struktúrák tekintetében ugyancsak eltérő primer bomlástermékekhez vezetnek. Az így kialakuló vegyületek eltéréseit nagyban befolyásolják, hogy a környezeti elemek mely tényezőivel kölcsönhatásban jönnek létre. Alapvető különbséget generál a bomlási folyamatok kezdeti szakaszában, hogy a folyamatot kiváltó kezdeti lépés a szabad természetben jelen lévő szervesetlen molekulák idézik elő, vagy az élő szervezetben lezajló biológiai katalizátorok, enzimek segítségével történik az egyes szubsztituensek lehasítása a szerves molekuláról. Az élettelen környezeti folyamatokban jellemzően az oxigén és a víz játszik a fő szerepet, és az általuk képzett gyökök váltják ki a kezdeti szerkezeti változásokat, amelyek végső soron a  $\text{CO}_2$  és  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{S}_2\text{O}$  stb. az SZFÉ-ket alkotó atomjait tartalmazó szervesetlen molekulákká való teljes lebomlásához vezetnek el. Ugyanakkor az SZFÉ-k metabolizmusát és a szervezetből való kiürülésüket lehetővé tevő enzimek a már korábbiakban ismertetett mechanizmus révén lazítják az SZFÉ-ben lévő kötések. Így biztosítanak alacsonyabb energiaszinten bekövetkezhető, jellemzően hidrolízis okozta bomlást, amelyek vízoldható alapvegyületekké alakítva, de még mindig összetett szerves vegyületekként ürülnek ki a szervezetből. Többnyire foszforsav formájában távoznak az élő szervezetekből. Meg kell említeni, hogy a lebontás mechanizmusában eltérés mutatkozik az emlősök és a rovarok között, ezért is tapasztalunk eltéréseket a toxikológiai hatások tekintetében. Az emlősök esetében a májban, valamint az emésztőrendszerben található enzimek biztosítják a méregtelenítést, míg a kiürülés a veséken keresztül zajlik le.

A másik lehetőségként bekövetkezhető fotolitikus folyamat, amely a vegyületeknek kémiai átalakulását eredményezheti. A környezetben jelen lévő kémiai anyagokból a fény fotonjának elnyelődése eredményeként létrejövő gyökökkel való kölcsönhatás lehet, amikor a fény által létrehozott szabad gyökök ( $\text{O}_3^\cdot$ ,  $\text{OH}^\cdot$  stb.) kölcsönhatásba lépve a molekula aktív központjaival változást idéznek elő az adott vegyület kémiai szerkezetében.<sup>23</sup> A szerves foszforsavészterek tipikus fotolitikus reakciói magukban foglalják az izomerizációt, dealkilizést, oxidációt, dehalogénezést, észterhasítást, ciklizálást vagy a kén oxidációját. A klorpirifosz (7) reakcióegyenlet szerinti lehetséges fotolitikus lebomlási folyamatai is jól szemléltetik az említetteket.<sup>24</sup>

A fotolitikus átalakulások időbeni lezajlásának jellemzésére a kiindulási vegyület teljes mennyisége 50%-os lebontásának időtartamát, azaz a szakterminológia szerinti megfogalmazásban a felezési időt használják.

<sup>23</sup> Randhavane Shrikant – A. K. Khambete: Photolysis: Case Studies for Organophosphate Pesticides Treatment. *International Research Journal of Engineering and Technology*, 2. (2014), 3. 1597.

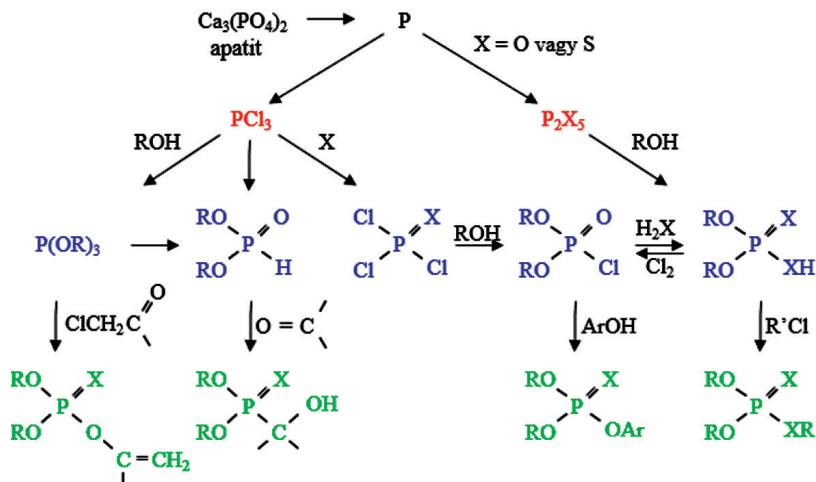
<sup>24</sup> Attila Kiss – Diána Virág: Photostability and Photodegradation Pathways of Distinctive Pesticides. *Journal of Environmental Quality*, 38. (2009), 1. 159.



## 2.6. Előállításuk

Az előállítás során fázisonként alakítják ki a foszfortomhoz kapcsolódó funkciós csoportokat szubsztitúciós reakciók és kondenzációs lépések sorozatában. A szerves foszforsavészter növényvédő szerek bonyolult, több funkciós csoporttal rendelkező szerves vegyületek, ezért az előállítás alapanyagára és a reakciókörülményekre vonatkozólag nagyszámú változat állítható fel, amelyet jól szemléltet a 3. ábra.

„Az apatitból az ívfény hőmérsékletén redukcióval (szén és kvarchomok jelenlétében) sárga foszfort nyernek.” A foszfor halogénezésével juthatunk foszfor-trikloridhoz, illetve ezt követő oxidáció révén foszfor-pentoxid állítható elő. Alkilező szerekkel reagáltatva a köztes terméket dialkil-foszfitokat kaphatunk. A folyamat következő szakaszában alakítják ki ennek észtereit, amelyeken további szubsztituenek helyezhetők el a kívánt végső kémiai szerkezet-hez igazodva.<sup>25</sup>



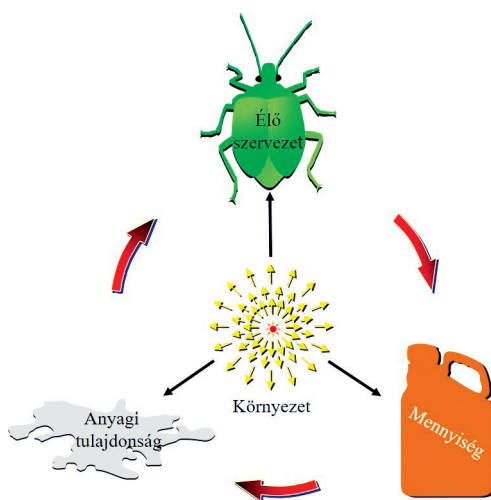
3. ábra: Foszforszter inszekticidek előállításának alternatívái

Forrás: Bakó–Fogarassy–Keglevich (2011): i. m. 67.

<sup>25</sup> Bakó Péter – Fogarassy Elemér – Keglevich György: *Szerves vegyipari technológiák*. Egyetemi jegyzet. Budapest, Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, 2011. 67.

## 2.7. Toxikus tulajdonságok

Mivel a peszticidek és köztük is a rovarirtó szerek toxicitása a növényvédő szerek és az élő szervezetek interakciójában nyilvánul meg, az ezen kölcsönhatást befolyásoló legfontosabb toxicitást meghatározó tényezők e két komponens sajátosságaiból tevődnek össze. Egyik oldalról tehát a mennyiségi mutatókon felül ide tartoznak a mérgező anyag fizikai-kémiai tulajdonságai. Másik oldalról pedig a célszervezet vagy az egyéb vizsgált szervezet biológiai jellemzői, amelyhez azonban szorosan köthető a szervezetbe jutás módja is, hisz a mérgező anyagnak a biológiai egyed szervezete által ezeknek védelme érdekében felépített barriereken kell áttörnie a mérgezés kiváltásához. Ebben a folyamatban természetesen közrejátszanak még az előbb említett tényezők mindegyikére kihatással lévő abiotikus környezeti feltételek, mint azt a 4. ábra is mutatja.<sup>26</sup>



4. ábra: A peszticidek toxicitását meghatározó tényezők

Forrás: a szerző szerkesztése

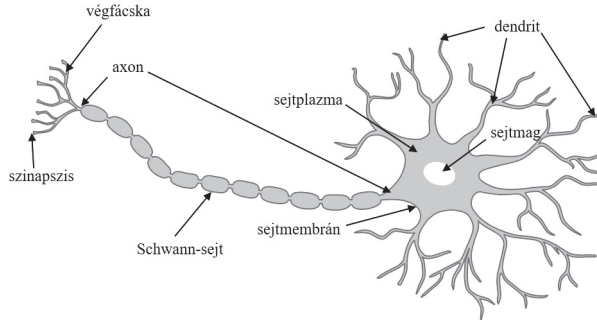
## 2.8. Az ingerület terjedése az idegsejtekben

A szerves foszforsavészter típusú peszticidek a szervezetbe kerülve a külső környezeti hatásoktól mentes körülmények között fejtik ki hatásukat. Különleges fiziológiai jellemzőjük a különböző biokémiai reakciókat katalizáló enzimek kémiai megkötése és inaktíválása. Ebben fontos szerepet játszik a szervezetben több helyütt megtalálható kolinészteráz fehérje blokkolása, amelynek fő funkciója az idegi impulzusok továbbításának irányítása.

A jelenség magyarázatául szolgál az idegrendszer strukturális egységén, az idegsejten (neuronon) áthaladó ingerület terjedésének befolyásolása. Az idegsejt teste, ahogyan

<sup>26</sup> Зинченко (2012): i. m. 16.

az az 5. ábrán is megfigyelhető, néhány rövid (dendrit) nyúlványból és egy a végén elágazó, támaszsejtek által létrehozott velőshüvellyel körülvett hosszú axon képezte idegrostból áll.<sup>27</sup>



5. ábra: Az idegsejt felépítése

Forrás: <https://pngimage.net/wp-content/uploads/2018/06/nervios-png-2.png>

Az olyan külső és belső ingereket, mint a fény, hang, mechanikai behatások, a közeg összetételének és állapotának megváltozása stb. a dendritek fogadják és továbbítják a sejttestnek. Az axon viszont a sejtől az ingerelt szerv receptoraihoz vagy más neuronok dendritjeihez vezeti az idegi impulzusokat.

Az idegrendszer elemi láncolata több egymás után elhelyezkedő idegsejtből áll. Az egyik neuron axonja egy másik neuron teste vagy dendritje közelében helyezkedik el. Ugyanakkor közöttük nincs közvetlen kontaktus, ezeket egy 20–50 nm szélességű tér (szinaptikus rés) és az azt kitöltő, áramot rosszul vezető folyadék választja el. A neuronok közötti kontaktusnak e helyeit szinapszisoknak nevezzük. Úgyszintén léteznek ideg–izom szinapszisok, amikor az idegsejt axonja az izomban elhelyezkedő izomrost membránján végződik, valamint ideg–receptor szinapszisok, amelyeken keresztül az ingerület az axontól a kiválasztó mirigyek receptoraihoz jut.

Az idegi impulzus (ingerület) ezen a láncolaton kombinált módon terjed elektromos és kémiai úton. Az axonban a vezetés elektromos természetű, vagyis első megközelítésben az elektromos áram vezetébéli terjedésével analóg.

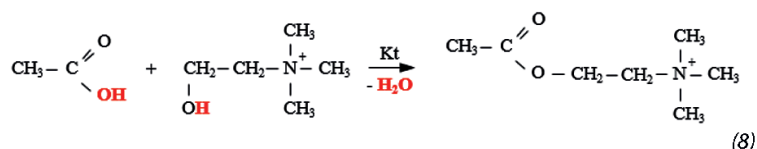
## 2.9. Az ingerületvezetés biokémiai folyamatai

Az interneuron, ideg–izom és az ideg–receptor szinapszisokban az idegrendszer láncolatának elkülönülő tagjai között vegyi anyagok – idegi impulzusvezetők vagy mediátorok – segítségével jön létre az ingerület továbbítása. A mediátorok az idegrostok végződésének helyén speciális hólyagocskákban (úgynevezett vezikulákban) találhatóak. Az axonban terjedő impulzus hatására a neurotranszmitterek a preszinaptikus membránon, azaz a szinaptikus rés előtti membránon keresztül a szinaptikus résbe ürülnek, ingerlik a következő idegsejt dendritjének vagy recepto-

<sup>27</sup> Kiss István – Kováts Nóra: *Egészségvédelem*. Veszprém, Pannon Egyetem – Környezetmérnöki Intézet, 2011. 161.

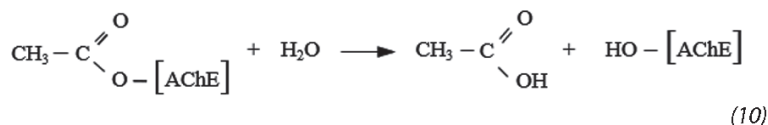
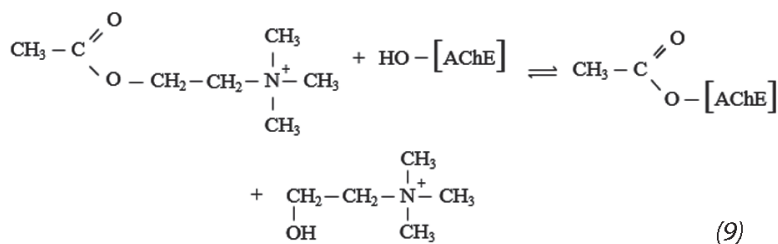
rának posztzinaptikus membránját, ilyen módon biztosítva az idegi impulzus tovaterjedését az ingerületvezetés következő eleméhez.<sup>28</sup>

A különböző szövetekben és szervekben több mint 10 kémiai ingerületátvivő funkcionál. A harántcsíkolt izomszövet ingerlő mozgató idegrendszerében, a verejtékmirigyeket ingerlő szinaptikus idegrostokban és az idegrendszer néhány más területén, ilyen ingerületátvivő az acetil-kolin, amely a biológiai katalizátor, acetil-kolin-transzferáz jelenlétében a (8) reakcióegyenlet szerinti folyamatban kolinból és ecetsavból képződő összetett észter.



Mindaddig, amíg mediátor van a szinapszisban, nevezetesen acetil-kolin, addig az idegi ingerület 1000 impulzus/s frekvenciával halad keresztül azon. Az impulzus áthaladását követően azonnal szükséges a mediátor elbontása, az idegrendszer működésének normalizálásához. Általában így is történik: amint az acetil-kolin kifejti hatását a szinapszisban, azonnal kémiai reakcióba lép vele az acetilkolin-észteráz (AChE) enzim. A (9) reakció eredményeként amin-alkohol (kolin) és acetilezett kolinészteráz keletkezik.

Az utóbbi instabil és víz hatására gyorsan elbomlik a (10) reakciónak megfelelően az ecetsav és a kiindulási kolinészteráz regenerálódása közben.



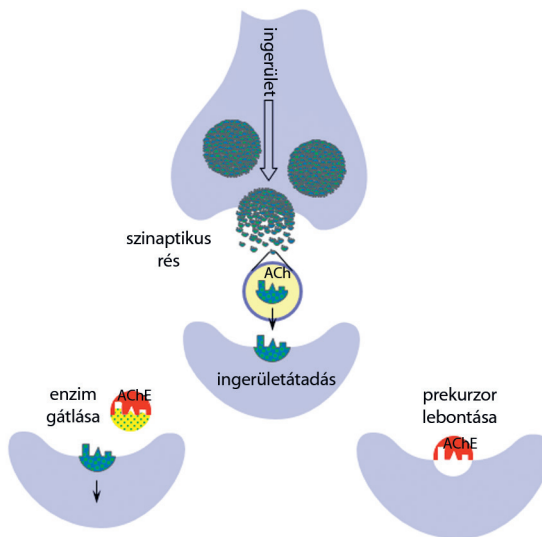
A folyamat sebessége kolosszális. Az idegi impulzusok az ember szervezetében körülbelül 120 m/s sebességgel terjednek, köszönhetően annak, hogy minden egyes kolinészteráz

<sup>28</sup> Jiri Bajgar: *Nerve Agents Poisoning and its Treatment in Schematic Figures and Tables*. (h. n.), Elsevier, 2012. 7.

molekula 1 s alatt mintegy 25 ezer molekula acetil-kolint képes elbontani, ezzel szemben az acetil-kolin hidrolízise enzim nélkül órákig is eltart.<sup>29</sup>

## 2.10. Foszforsavészterek hatásmechanizmusa

A szervesfoszfor-vegyületek akut szisztémás toxicitást keltenek azért, hogy gátolják az AChE enzimeket a foszforiláció folyamatán keresztül. A peszticidek kötődnek a kolinészterázhoz és megakadályozzák az acetil-kolin és az ecetsav hidrolízisét a szinaptikus résben azért, hogy a létrejött nagy stabilitású peszticid-AChE komplex a folyamat katalizálásáért felelős enzimet tartósan lekötö (inaktiválja). Ezáltal az acetil-kolin felhalmozódik a szinapszisban és folyamatos idegi válaszra készíti a szervezetet.<sup>30</sup>



6. ábra: Az ingerületátvitel és gátlásának sémája a szinapszisban

Forrás: a szerző szerkesztése Kiss–Kováts (2011): i. m. 162. alapján

Ez például az izomszövetben folyamatos összehúzódást vált ki, vagyis görcsös állapot lép fel az izomzat elernyedési fázisának kimaradásával. Az expozíció utáni enzimgátlás sok esetben visszafordíthatatlan.

<sup>29</sup> Александров–мельянов (1990): i. m.

<sup>30</sup> Kiss–Kováts (2011): i. m.



### 3. A növényvédelem szabályozási környezete

Az organofoszfát növényvédő szerek Magyarországon bármely célból folyó kezelésének jelenleg hatályos rendelkezéseit jogszabályi szinten többségében növényvédelmet közvetlenül érintő és az irodalomforrások sorában megjelölt jogszabályok rögzítik. Emellett azonban nem egy, a kémiai biztonság egyéb részterületeinek szabályozási körében megjelenő más jogi aktus is tartalmaz követendő előírásokat az e kategóriába sorolt veszélyes anyagok okozta kockázatok csökkentése érdekében. Mindezek terjedelmes tartalmának ismertetése a jelen tanulmány szabta keretek miatt a teljesség igénye nélkül és csak kivonatossan lehetséges.

#### 3.1. Nemzetközi szabályozás

Nemzetközi és hazai szinten a növényvédő szerek emberi egészségre és környezetre jelentett kockázatainak és kifejtett hatásainak csökkentésére egyre intenzívebbé váló szabályozási folyamat indult el, amelyet a nemzeti szabályozások is részben vagy egészben lekövettek. Ennek mértéke az adott ország mezőgazdasági fejlettségétől is jelentős mértékben függ.<sup>31</sup>

A kérdéskörrel közvetlenül vagy közvetve foglalkozó első, a magyar jogalkotásba is implementált szabályok az ENSZ szakosított szervei az Egészségügyi Világszervezet, az Élelmiszerügyi és Mezőgazdasági Szervezet, illetve az Európai Gazdasági Bizottság és a Nemzetközi Munkaügyi Szervezet, valamint a Gazdasági Együttműködési és Fejlesztési Szervezet égisze alatt születtek meg.

Az említett nemzetközi szervezetek által tető alá hozott, a környezetre veszélyes növényvédő szerek vonatkozásában is kiemelt jelentőségű egyezmények:

- bázeli egyezmény (1989) a veszélyes hulladékok országhatárokat átlépő szállításának ellenőrzéséről és ártalmatlanításáról;
- stockholmi egyezmény (2004) a környezetben tartósan fennmaradó szerves szennyező anyagok kibocsátásának csökkentéséről;
- rotterdami egyezmény a nemzetközi kereskedelemben forgalmazott egyes veszélyes anyagok és növényvédő szerek előzetes tájékoztatáson alapuló jóváhagyási eljárásról.<sup>32</sup>

##### 3.1.1. Rotterdami konvenció

Az 1998-ban napvilágot látott rotterdami egyezmény, amely a nemzetközi kereskedelemben forgalmazott egyes veszélyes vegyi anyagok és növényvédő szerek előzetes tájékoztatáson alapuló jóváhagyási eljárásáról szól.

A rendelet I. mellékletének 1. része a kiviteli bejelentés alá tartozó vegyi anyagokat tartalmazza. A 2. részében találjuk azokat a vegyi anyagokat, amelyek kivitelük esetén előzetes

<sup>31</sup> Nemzeti Élelmiszerlánc-biztonsági Hivatal: *Nemzeti Növényvédelmi Cselekvési Terv, 2019–2023*. Agrárminisztérium (é. n.).

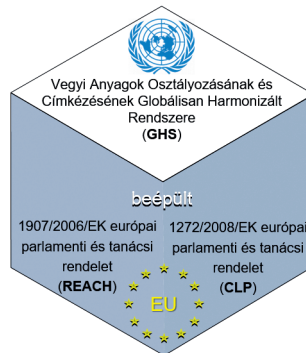
<sup>32</sup> Tompa Anna (szerk.): *Kémiai biztonság és toxikológia*. Budapest, Medicina Könyvkiadó, 2005.

értéstitést is igényelnek, mivel ezen anyagok kivitele az EU-ban, de legalább annak egyik tagállamában tilalom vagy szigorú korlátozás alá esik.

Az abban szereplők beépültek a közösségi jogba is a veszélyes vegyi anyagok kiviteléről és behozataláról szóló 649/2012/EU európai parlamenti és tanácsi rendelet útján. E rendelet rendszeres felülvizsgálat eredményeként kihirdetett uniós szabályozás által módosuló mellékletei ugyancsak tartalmazzák a korlátozásokkal és eljárásjogi szabályok hatálya alá eső, a növényvédőszerekben megtalálható vegyi anyagokat. Így kapcsolódik a rotterdami egyezmény megvalósításához.

### 3.1.2. Egyéb kapcsolódó ENSZ-szabályozások

A mérgezések számának visszaszorulásában meghatározó szerepe volt a WHO erőteljes fellépésének, amelyet követően sok országban szigorították az SZFÉ-k kereskedelmének szabályait. Az ezt lehetővé tevő szabályozások sorában komoly jelentősége van a veszélyek jellemzését, megfelelő azonosíthatóságát, felhasználásuk biztonságát garantáló, és az ahhoz kapcsolódó információkat jól közvetítő nemzetközi előírásrendszernek, amelynek elsődleges szabályozási rendszerét hazánk vonatkozásában a 7. ábra illusztrálja.



7. ábra: Vegyi anyagok nemzetközi szabályozásának elsődleges rendszere

Forrás: a szerző szerkesztése

## 3.2. Vegyi anyagok globális rendszere

A vegyi anyagok osztályozásának és címkezésének globálisan harmonizált rendszere (GHS) egy az ENSZ szintjén kidolgozott dokumentum, a veszélyes anyagok szisztematikusan felépített besorolási rendszere. A GHS-dokumentum, az úgynevezett „lila könyv” nem szabály, sem szabvány, hanem globális megállapodás a vegyi anyagok harmonizált osztályozásáról, a veszélyek közléséről és alkalmazásuk magyarázatáról. A GHS-elemek olyan mechanizmust biztosítanak, amely kielégíti a veszély kommunikációs folyamatának alapvető feltételeit, azaz eldönti, hogy a vegyi anyag veszélyes, majd feladata a címke és a biztonsági adatlap elkészítése. A GHS-megállapodás vagy annak rendelkezései nem vonatkoznak közvetlenül, de szükséges, hogy az államok saját szabályaik elfogadásával és saját szabályozási eljárásuk révén hajtsák

végre a harmonizált feltételeket és kritériumokat. A GHS-t rendszeresen felülvizsgálják és igazítják. A hetedik módosított GHS-kiadás 2017-ben jelent meg.

### 3.2.1. A kémiai biztonság szabályozásának alappillére az Unióban

Az EU tagállamaiban a vegyi anyagok jelentősen megnövekedett gyártása és alkalmazása szükségessé tette a kemizáció megfelelő felügyelet alatt tartásával kapcsolatos széttagolt szabályozás egységesítését, ami a *vegyi anyagok regisztrálásáról, értékeléséről, engedélyezéséről és korlátozásáról szóló 1907/2006/EK rendelet* (REACH) megalkotásában öltött testet. A REACH előírásait Magyarországon közvetlenül kell alkalmazni. A REACH által delegált felelősségi rendszerben a vegyi anyagokat előállító iparra helyezi a kémiai anyagok biztonságának értékelésével, illetve a kockázatcsökkentési intézkedésekkel kapcsolatos kötelezettséget. A REACH által előírtak egyebek mellett érintik a regisztrációt, adatszolgáltatást, tájékoztatást, engedélyezési eljárást, illetve a korlátozásokat. A REACH által a jogalanyokra kirótt kötelezettségek teljesítésében az uniós és tagállami szinteken létrehozott Európai Vegyianyag Ügynökség, illetve az illetékes nemzeti hatóságok nyújtanak támogatást. A regisztrációköteles anyag évi legalább 10 t mennyiségben gyártott vagy importált, volumene esetében a REACH kémiai biztonsági értékelés és jelentés készítését írja elő az emberi egészség és környezet tekintetében fennálló veszély minősítése céljából.

A növényvédő szerek engedéllyel való forgalomba hozatalát a REACH a növényvédő szer hatóanyagának regisztrációjához kötötte teszi csak lehetővé. A REACH másik kémiai biztonságot érintő kapcsolódását mint a veszélyes anyagokét a munkavédelmi szabályozás területén azonosíthatjuk. Mivel a növényvédő szerekkel való, egészséget nem veszélyeztető és biztonságos munkavégzés előírásrendszerében kitételként rögzített a munkavédelem törvényi szabályozásának való megfelelés, és nemcsak a vegyi üzemekben történő előállítás folyamatai során, de a mezőgazdasági felhasználás területén is.

### 3.2.2. Az európai irányelv a veszélyes anyagok és készítmények osztályozásáról

A kémiai biztonság másik uniós elemeként az Európai Unió átvette a GHS-t az Európai Parlament és a Tanács 1272/2008/EK rendeletébe (CLP). A növényvédő szerek kereskedelmének szabályozása tekintetében a CLP lényegi elemei a címkézés és csomagolás előírásai. Már a csomagolás tervezésekor be kell tartani az alábbi főbb kritériumokat:

- gátolja meg az anyag kiszóródását, kiszivárgását, kiömlését;
- a zárórendszer ismételt zárást követően is akadályozza meg az anyag kijutását;
- a csomagolóeszköz sérülés nélkül viselje el az anyagmozgatás behatásait, és feleljen meg a felhasználás során jelentkező igénybevételnek stb.

A CLP-szabályozást a magyar jogrendbe a kémiai biztonságról szóló 2000. évi XXV. törvénnyel (Kbtv.) implementálták. A növényvédő szerek viszont közvetlenül nem tartoznak a Kbtv. hatálya alá, azonban mint veszélyes anyagokra a címkézésére vonatkozó rendelkezéseket a növényvédő szerekre is alkalmazni kell, amint azt a 8. ábrán látható példa is illusztrálja.



8. ábra: Veszélypiktogramok SZFÉ-hatóanyagú növényvédő szer címkéjén

Forrás: <https://archiwum.allegro.pl/oferta/danadim-400-ec-5l-owadobojczy-zboze-burak-dimeto-at-i9089591844.html>

Magyarországon a vonatkozó biztonsági szabályokat a 44/2000. EüM rendeletben szereplő mondatokat, specifikus szabványmondatokkal egészíti ki a növényvédő szerek forgalomba hozatalának és felhasználásának engedélyezéséről, valamint a növényvédő szerek csomagolásáról, jelöléséről, tárolásáról és szállításáról a 89/2004. FVM rendelet (FVM r.) 4. és 5. melléklete. A növényvédő szerek címkézése alapján a felhasználónak el kell tudnia dönteni, hogy a szer hol, mikor és milyen körülmények között alkalmazható.<sup>33</sup>

Ezért a peszticidek címkéin elhelyezett, az adott növényvédő szer fizikai, környezeti és egészségügyi veszélyeit illusztráló piktogramok közvetítik a felhasználó felé az alkalmazás jelentette kockázatok fő típusait. A növényvédő szerek címkéin is fellelhető CLP-rendelet szerinti veszélypiktogramokat a „B” melléklet ismerteti. A veszélyek képi megjelenítésén túl betűk és számjegyek kombinációjából álló azonosítóval rendelkező szabványmondatok adnak útmutatást a biztonságos használathoz. Az P betűvel kezdődő jelkombinációkhoz rendelt információk a peszticid biztonságos használatára, míg az úgynevezett H-mondatok a lehetséges veszélyekre hívják fel a figyelmet.

Az európai uniós engedélyezés az Európai Parlament és a Tanács 1107/2009/EK rendelete (Rendelet) alapján történik. Jelenleg a Magyarországon engedélyezett készítmények hatóanyagainak listájában már csak a 3. táblázatban szereplő foszforsavészterek találhatók meg.<sup>34</sup>

<sup>33</sup> 43/2010. (IV. 23.) FVM rendelet a növényvédelmi tevékenységről.

<sup>34</sup> 89/2004. (V. 15.) FVM rendelet a növényvédő szerek forgalomba hozatalának és felhasználásának engedélyezéséről, valamint a növényvédő szerek csomagolásáról, jelöléséről, tárolásáról és szállításáról.

3. táblázat: Jelenleg felhasználási engedéllyel rendelkező foszforsavészterek

Ssz.	Hatóanyag	Kémiai	
		Elnevezés	Szerkezeti képlet
1.	fosztiazat (talajfertőtlenítő szer, 2026. 02. 28-ig)	S-(sec-butil)-O-etil-(2-oxo-1,3-tiazolidin-3-il)-tiofoszfónát	
2.	pirimifosz (rovarölő szer, 2024. 09. 30-ig)	O-[2-(diethyl-amino)-6-metil-4-pirimidinil]-O,O-dimetil-foszfortioát	

Forrás: Nemzeti Élelmiszerlánc-biztonsági Hivatal: Növényvédő szerek adatbázisa. Lásd: <https://novenyvedoszer.nebih.gov.hu/Engedelykereso/kereso>

### 3.3. Növényvédőszer-használat hazai előírásrendszere

Az EU más tagországaihoz hasonlóan hazánkban is kizárólag engedélykivarral rendelkező hatóanyaggal, illetve készítménnyel szabad növényvédelmi tevékenységet folytatni. A magyar hatósági eljárás köszönhetően a Rendelet implementációjának minden tekintetben az EU-ban kialakult, az integrált növényvédelem követelményeit figyelembe vevő előírásokat követi. Az engedélyezés jelenlegi magyarországi szabályrendszere az *élelmiszerláncról és hatósági felügyeletéről szóló 2008. évi XLVI. törvénynek* (Törvény), illetve a hozzá kapcsolódó végrehajtási rendeleteknek köszönhetően alakult ki.<sup>35</sup>

A növényvédő szerek engedélyezési eljárásának alapvető részletszabályait a következő jogszabályok rögzítik:

- a Törvény,
- valamint az FVM rendelet.

A növényvédő szerek engedélyezési folyamatának célja ellenőrizni:

- a kultúrnövény kártevő elleni védelmére való alkalmasságát,
- a szükséges ökotoxikológiai követelmények teljesülését, valamint
- a felhasználás biztonságát szolgáló információk megjelenítését a csomagoláson.<sup>36</sup>

<sup>35</sup> Pethő Ágnes (szerk.) (NÉBIH, 2015. január): 3–4. háttéranyag, Növényvédő szer felhasználás Magyarországon, 5.2 melléklet. A KÖRNYEZETBEN TARTÓSAN MEGMARADÓ SZERVES SZENNYEZŐ (POP) NÖVÉNYVÉDŐ SZEREK HAZAI FELHASZNÁLÁSA 1950–2010 KÖZÖTT, Pethő Ágnes (szerk.) et al. (OKKP, 2013. április): ATRAZIN-TARTALMÚ NÖVÉNYVÉDŐSZEREK HAZAI FELHASZNÁLÁSA 1960–2007, Módszertani Gyűjtemény tervezetek: A környezetben várható koncentrációk előre jelzett értékeinek kiszámítása és felhasználása a kockázatbecslésben (2014. május), Kockázatbecslés a nem cél-szervezetekre – ökotoxikológia (2014. január).

<sup>36</sup> Ungváry György – Morvai Veronika (szerk.): *Munkaegészségtan*. Budapest, Medicina Könyvkiadó, 2010. 507.

Az elmondottakból következik, hogy a foszforészter típusú növényvédő szerek is akárcsak más hatóanyagú készítmények Magyarországon csak úgy hozhatók forgalomba és használhatók fel, ha azt az engedélyező hatóság jóváhagyta. A növényvédő szerek nemzeti engedélyezésében teljes hatáskörrel rendelkező hatóságként a Nemzeti Élelmiszer-biztonsági Hivatal jár el mint engedélyező hatóság.

Az engedélyezés hatástani vizsgálatokon alapul, amelyeket jogszabály ír elő. A hatóság az engedélyezési eljárásban döntését megalapozandó vizsgálja a növényvédő szer:

- hatékonyságát;
- a védendő növények vagy növényi termékek esetleges károsodását;
- a célszervezetként megjelölt gerinceseknek okozható szenvedést és fájdalmat;
- az emberek és állatok egészségére hatást vagy a talajvízen keresztül jelentkező ártalmakat;
- a növényvédő szer környezeti viselkedésével összefüggésbe hozható környezetkárosító hatásokat;
- a hatóanyagok és összetevők, illetve egyéb szennyezők koncentrációját és anyagi minőségét;
- az engedélyezett használatból eredő és toxikológiai vagy környezeti szempontból jelentős növényvédőszer-maradékokat;
- a növényvédő szer fizikai és kémiai tulajdonságainak a megjelölt használatra, valamint tárolásra való alkalmasságát, megfelelőségét;
- a növényi kultúrákban a szermaradék-határértékek megtarthatóságát.

A mindezek alapján hozott döntésének eredményeként kiállított engedély érvényességi ideje legfeljebb 15 év időtartamban állapítható meg.<sup>37</sup>

## 4. Az SZFÉ inszekticidek felhasználásának kockázatai

A növényvédelmi hatósági engedélyezési eljárások kémiai biztonságot érintő kihatásai igen sokrétűek, kezdve a forgalomba hozattaltól egészen a kezelt növényi kultúrák fogyasztásához kapcsolódó élelmiszer-biztonságig bezárólag. Azonban a közegészségügy, az élelmiszer-biztonság vagy a munkaegészségügy bármely szegmenséről is legyen szó, a biztonság garanciái a felhasználás szabályainak betartásából fakadnak, amelyek lehetővé teszik a kockázatok kivédését.

### 4.1. SZFÉ növényvédő szerek alkalmazásának kockázati tényezői

A mezőgazdasági növényvédelemben megjelenő kockázatoknak az általánosan vizsgált munkabiztonsági kockázatoktól némely tekintetben szűkebb, más vonatkozásokban viszont szélesebb tartalmuk van. Alapvetően olyan kérdésköröket kell vizsgálni, mint:

<sup>37</sup> Tőkés Gábor (szerk.): *Növényvédő szerek engedélyezése Magyarországon és az Európai Unióban*. Mezőgazdasági Szakigazgatási Hivatal, Növény-, Talaj- és Agrárkörnyezet-védelmi Igazgatóság, 2011. 15.

- a veszélyes anyagok szállítása, tárolása;
- a növényvédelmi technológia kiválasztása;
- a kezelés alatt álló termőterület használata;
- a készítményekkel kapcsolatos anyagmozgatás;
- a növényvédelmi munkaeszközök és járművek üzemeltetése;
- a karbantartás és tisztítás elvégzése;
- a keletkező veszélyes hulladékok kezelése.

A peszticidek szintézise során a vegyipari munkásoknál az SZFÉ-nek való kitettsége jelentősen alulmúlja a formulált peszticidek előkészítését és adagolását végző munkavállalókéét, mivel a gyártási folyamatának fázisait szinte teljes egészében zárt technológiában hajtják végre. Azonban a termőföldek növényvédő szeres kezelésével kapcsolatos munkát végzőknél jelentős szennyeződést okozhat. A növényvédelmi célú munkavégzés kockázatértékelésének összetettségét az anyagok egészségkárosító hatásának és a környezeti tényezők kölcsönhatásának változatossága tovább fokozza.

Az SZFÉ-k kockázatértékelése alapvetően nem különbözik lényegesen a hagyományosan vett, a kémiai biztonságot érintő módszerektől. A meteorológiai viszonyok és a növényzet, illetve a talaj, valamint az alkalmazott munkagépek technikai jellemzőinek expozíciót módosító hatása a kockázatértékelés módszertanában azonban alapvető eltéréseket idéz elő.

## 4.2. SZFÉ növényvédő szerek környezeti hatásai

Az SZFÉ növényvédő szerek által okozott környezetszennyezés többnyire a mezőgazdasági és közegészségügyi felhasználásukból eredeztethető. A korszerű növényvédő szerek akárcsak más széles körben alkalmazott kemikáliák, főként a technológiai fegyelem be nem tartásával való felhasználás eredményeként vagy baleseti események bekövetkezésével veszélyeztetik az ökológiai rendszereket. A felhasználási előírások figyelmen kívül hagyásának következtében környezeti károkat kiváltó folyamatok elsődlegesen a talajban, a kezelni nem kívánt növényzetre kiüledve és az élővizekben is közvetlenül éreztethetik hatásukat. A levegőben való terjedésük a technológiák és az ahhoz igazodva megválasztott receptúrák, valamint munkaeszközök kialakításának köszönhetően igen kis valószínűséggel válhatnak ki jelentős közvetlen hatást.

### 4.2.1. Növényvédő szerekkel dolgozókat érintő veszélyek

Az SZFÉ-kal folytatott szántóföldi vagy egyéb mezőgazdasági termelési formákhoz kapcsolódóan végzett növényvédelem által érintett területen a tevékenységet végzők a készítmény magyar nyelvű biztonsági adatlapjának birtokában kell hogy végezzék a feladataikat. A növényvédő szert forgalmazó, csak a gyártó vagy az importáló által elkészített, biztonsági adatlap kíséretében értékesítheti az engedélyezett hatóanyag-tartalmú készítményt. Az abban lefektetett biztonságos kezelésre vonatkozó előírások segítik a mezőgazdasági tevékenységet végzők számára a munkahelyi egészség és biztonság, illetőleg a környezetvédelem érdekében



szükséges intézkedések megtételét a növényvédelmi munkák során. Ennek egyik feltétele, hogy az megtalálható legyen a munkahelyen.

#### 4.2.2. A készítmény összetétele jelentette veszélyek

A növényvédelemben a kémiai kóroki tényezők jelentette veszélyek tekintetében elsődlegessége van a hatóanyagnak. Ennek megfelelően a növényvédő szereket I-től III-ig terjedő kategóriákba sorolják veszélyességük csökkenő mértéke alapján. A SZFÉ-t tartalmazó készítmények többsége az I. kategóriába sorolt volt. Köszönhetően a jelentős toxikus veszélynek, a növényvédő szert szállító járművel csak úgy volt engedélyezett a szállítás, ha a veszélyes anyagok közötti szállítására vonatkozó előírások vonatkozó, 6.1 kategóriájának megfelelő jelzésekkel vesz részt a forgalomban.

A bennük található aktív hatóanyag mellett egyéb, a felhasználás hatékonyságát javító komponenst is tartalmaz, például oldószereket, abszorpciót elősegítő anyagokat stb. Ezek a növényvédelmi kezelések hatékonyságát növelik, ilyenek lehetnek a tapadásfokozók, nedvesítőszerke, továbbá habzsgátlók, diszperziót befolyásoló készítmények is. Az említett komponensek is hordoznak magukban kémiai kockázatokat, amelyekre ugyancsak figyelemmel kell lenni az alkalmazás során. Hiszen akár az egyik, jellemzően ide értendő oldószerek tűzveszélye is jelentősen befolyásolja a növényvédelmi munkák biztonságát.

Túl ezen, a növényvédelmi munka nem csak a közvetlen kontaktus révén való esetleges bőrön át felszívódással vagy egyéb más módon történő közvetlen expozícióval veszélyezteti a munkát végzőket. Ugyanis a kezelt területen kiszórt vegyszermaradványok is okozhatnak akár súlyos mérgezést. Különösen igaz ez az olyan a szervezetben kumulálódó vegyületekre, mint az SZFÉ-k. Mivel a szervezet méregtelenítő biokémiai folyamatai lassúbbak, mint az esetlegesen napi rendszerességgel ismétlődő expozícióval a szervezetbe jutó mennyiség, így egyre növekvő dózis mérgezi a szervezetet. Ennek a megelőzésére állapítják meg az úgynevezett munkaegészségügyi várakozási időt, amely időtartam kiváráásával megakadályozható a fokozott expozíció bekövetkezése.

Hasonló, de a fogyasztók védelmét szolgáló indokkal alkalmazzák az élelmezés-egészségügyi várakozási időt, amelynek el kell telnie a legutolsó növényvédelmi kezeléstől számítva. Ezt megelőzően nem történhet meg a növényi termék felhasználása, forgalomba hozatala, fogyasztása.

#### 4.2.3. Veszélyazonosítás

A jelentkező veszélyek azonosítása során figyelemmel kell lenni a permetezés előkészítésére használt technológia, eszközök, valamint a felhasználás során alkalmazott mezőgazdasági gépek megfelelőségére. Az ilyen munkavédelmi szempontú szemlék végrehajtásának sora a szezonális munkák megkezdését megelőző gépszemlékkel veszik kezdetüket. A műszaki állapot megfelelőségének megítéléséhez az üzemeltetés helyszínén megtalálható módon szükségesek a gépkönyvek, az üzemeltetési naplójukkal együtt, a növényvédő szer szabályszerű kezelését rögzítő dokumentumokat is ideértve persze.

A SZFÉ növényvédő szert kezelők biztonságát veszélyeztető tényezők vizsgálata során a következő lehetséges veszélyforrások azonosíthatók:

- anyag kifolyása a sérült csomagolásból;
- védőfelszerelés hiánya;
- a bekeverő tartály tömlőcsatlakozóinak tömítetlensége;
- vegyszer bekeverésekor az anyag kiömlése;
- vegyszerező gép nem megfelelő műszaki állapota;
- vegyszerező tartály kifolyással járó sérülése;
- vegyszerező szállítócsöveinek sérülése;
- szórófejek eltömődése miatti túlnyomás kialakulása;
- a mezőgazdasági vontató kabinjában a túlnyomás megszűnése;
- mezőgazdasági vontató fülkeszűrőjének meghibásodása;
- szivattyú tömítetlensége;
- zárócsapok szivárgása;
- ruházat szennyezettsége az öltözőben;
- személyes higiénia elhanyagolása;
- hulladékok szabálytalan kezelése.

#### 4.2.4. Kockázatcsökkentő intézkedések

A kémiai biztonság terén megfogalmazható alapvetésként adódik az SZFÉ-hatóanyagú készítmények alacsonyabb veszélyességi kategóriába sorolt vegyületekkel való helyettesítése. A kockázatcsökkentés ezen elvének megfelelően mára már csak a II. forgalmi kategóriába sorolt SZFÉ-hatóanyagú készítmények tartoznak az engedélyezett sorába.

Az anyag megválasztása mellett jelentős súllyal esik latba az alkalmazott technológia biztonsága. A vegyszerezés levezénylésében kiemelt szerep hárul a feladat kijelölt vezetőjére és a növényvédelmi munkát végzőkre. A szántóföldi vegyszerezést megbeszéléssel kell kezdeni, amelyen részt vesznek a növényvédelemért felelős vezető, valamint a növényvédelmi munkákat végző permetező és a gépek technikai kiszolgálását végzők. Az egyeztetés eredményeként a biztonsági adatlapok alapján a megfelelő EVE-ket kiválasztva a munkát végzők az öltözőben fel kell vegyék az EVE-ket. Használatukkal összefüggésben figyelemmel kell lenni a szükséges EVE-k rendszeres tisztítására, karbantartására, illetve pótlására, de tudatosítani szükséges a munkavállalókkal a velük munkavédelmi oktatás keretében megismertetett használati szabályok betartását. Különösen igaz ez a védelmi képességét elveszített, sérült eszközök használatának tilalmára.

Az egyéni védelmen túl különösen fontos a dohányzás és a szennyezett környezetben való étkezés tilalmának betartása és betartatása. Ez minden veszélyes anyaggal folytatott munka esetében jelentősen csökkenti a mérgeanyagok szervezetbe jutását a tápcsatornán keresztül.

Az SZFÉ-k jelentette esetleges veszélyekkel a közvetlen növényvédelmi munkákon túl az egyéb kiszolgáló tevékenységeknek helyet adó munkahelyeken találkozhatunk. Jellemzően ezek a mezőgazdasági tevékenységet folytató vállalkozások telephelyein találhatók. Kiemelten pedig az ideiglenes tároló-, raktár- és karbantartó helyek ezek.

A mennyiségi mutatókat illetően a növényvédő szerek göngyölegek telephelyi tárolása jelentős súllyal esik latba, amikor az esetleges szennyezésekkel és az ezekből eredeztethető expozíciókkal kell számolnunk. A kezelés biztonságának megalapozása raktárak működtetésének technológiájához és a ki- és beszállítások szigorúan dokumentált nyomon követéséhez kapcsolódik. A raktározás, megrendelés és vegyszerkiadás felelős végzése csak hozzáértő növényvédelmi szakember felügyeletével biztosítható. Amennyiben azonban a tárolási fegyelem nem kielégítő, súlyos gondok adódhatnak. Jellemzően azonban ez a hulladékok és a kiürített, szennyezett göngyölegeknél, valamint felhalmozódó szennyvíz esetében eredményezhet haváriákat. Egy ilyen veszélyes hulladék raktározásához köthető az az esemény, amely a Rajna folyó környezetszennyezését is okozta. A vegyszerek általában a tárolóhelyiségben nem töltenek sok időt. A tárolás átmeneti, mert mindig csak annyi vegyszert tárolnak be, amennyi az adott kultúrához, kezelendő területhez és károsító szervezet elleni védekezéshez szükséges. Ez a jelenlegi magas árak mellett gazdasági megfontolások alapján is indokolt. A raktárépületnek tisztíthatónak kell lennie, valamint teljesen zártnak, aminek érdekében a bejáratát biztonsági zárral kell ellátni. A raktárajtón a „Növényvédő szer raktár” táblát kell elhelyezni veszélyt jelző piktogramok kíséretében. A raktári rend tekintetében a tárolás egyéb vegyszerektől elkülönítve, rendezetten kell történni. A raktárban csak a növényvédő szerrel kapcsolatos logisztikai munkák végezhetőek. Azaz bekeverés, hígítás csak a már említett kezelendő területen.

Növényvédő szer bekeverése mindig az adott területen zajlik. Amennyiben olyan hiba merül fel, amely a helyszínen orvosolható, akkor helyben megoldják, ha ez nem megvalósítható, akkor a telephelyre visszaszállítva végzik el a szükséges javítást. A tartályban bekevert permetezőszert külön szállítótartályba kell elhelyezni, bármely más anyagtól elkülönítve. A vegyszerezés időtartama napi 8 óra. A vegyszerezés 5 és 25 °C között, 10 km/h szélesebbség alatt, száraz időben történik. Az I. forgalmi osztályba tartozó SZFÉ-hatóanyagú szerekkel való vegyszerezés nem hajtható végre légi kiszórással az elsodródás fokozott veszélye miatt.

A vegyszerezés munkafázisát csak az arra kijelölt és felkészült munkavállalók végezhetik. Munkájukat a szakirányító felügyeli. A növényvédelmi tevékenység a munkavédelmi szabályozás szerint a II. Veszélyességi osztályba, 01 Növénytermesztés, állattenyésztés, vadgazdálkodás és kapcsolódó szolgáltatások, kategóriába sorolandó az 5/1993 MÜM rendelet alapján. Így a növényvédelemben dolgozó munkavállalók a „B” foglalkozás-egészségügyi osztályba sorolandók a 89/1995. (VII. 14.) Korm. rendelet a foglalkozás-egészségügyi szolgálatról szóló rendelet alapján. A munkavállalóknak rendelkezniük kell a szükséges végzettségekkel. A növényvédelmi munkák elvégzéséhez a szakirányító számára felsőfokú, a vegyszerezőnek középfokú (technikusi), míg a vízszállítónak betanított növényvédelmi szakképesítés az előírt.

Az ez irányú szakellátás első fázisa a munkába állást megelőző alkalmassági vizsgálattal veszi kezdetét. Minden tavasszal és ősszel a vegyszerezési munkák előtt és után el kell végezni a foglalkozás-egészségügyi vizsgálatokat. Az SZFÉ-vel végzendő munkára való alkalmasság minősítéséhez az 5/2020. (II. 6.) ITM rendelet 3. melléklet 3 táblázata 5. sorában nevesített biológiai hatásmutató vizsgálata szükséges, amely bázisát képezi a későbbi kontrollvizsgálata-

toknak mint összehasonlítási alap, akárcsak a soron kívüli munkaalkalmassági vizsgálatoknál fokozott expozíció gyanújának felmerülésekor.<sup>38</sup>

Legalább ilyen a munkahigiénével összefüggő és a nem tervezett expozíció kivédését hatékonyan szolgáló tényező a higiénés feltételek munkavállalók részére való biztosítása. Ugyanakkor a növényvédelmi munka végeztével szükséges is megkövetelni a rendszeres tisztálkodást, mivel az esetlegesen szennyezett ruházatról ugyanúgy felszívódhatnak az SZFÉ-k, mint más szennyezett tárgyakkal való érintkezéskor. Kialakításában az úgynevezett fekete-fehér öltöző rendszerben működő tisztálkodási feltételeket kell kiépíteni a növényvédő szerrel dolgozók számára.

### 4.3. Hulladékok kezelése

A hulladékkezelés központi kérdése a kiürült, vegyszerek maradványaival szennyezett csomagolóeszközök szabályozott begyűjtése és előírászerű veszélyes hulladékként kezelése.

Másik fontos megoldandó probléma, hogy a telephelyek szabadtéri részein időről időre telephelyrendezést szerveznek a munkafolyamotokhoz kapcsolódóan az esetlegesen felhalmozódó hulladékok szabályozott kezelését biztosítandó.

Ezektől az egyéb hulladéktól elkülönülten kezelendők a növényvédő szerek után visszamaradt csomagolóeszközök. Ezek göngyöleg formájában érkeznek és távoznak a telephelyről. A csomagolóeszközöket a vegyszer felhasználása után tisztítani kell. A tisztítás után ezek a hulladékok a technológiai átfutásukhoz igazodó kisebb-nagyobb átfutási idővel bekerülnek a vegyszerraktárba egy külön erre a célra kialakított részre, a 103/2003. (IX. 11.) FVM rendelet a növényvédő szerrel szennyezett csomagolóeszköz-hulladékok kezeléséről szóló rendelet alapján.

Ezeket addig tárolják, amíg megfelelő mennyiségben fel nem halmozódik a gazdaságos, egyszeri szállítmányban való elszállításához. Az elszállítást a forgalmazó kell végezze. A csomagolóeszközök mellett az elhasználadott EVE-k is hulladéknak minősülnek. Megsemmisítésre való elszállításukig az illetéktelenek hozzáféréseit kizáró módon, elzártan kell tárolni az erre a célra alkalmas biztonságosan lezárt zsákokban összegyűjtve.

### 4.4. Szennyvízkezelés

Másik szennyezés veszélyét jelentő hulladék a különféle tisztítási műveletekből származó SZFÉ-kel szennyezett víz. A legnagyobb mennyiségben ez a vegyszerezés során használt mezőgazdasági munkagépek tisztításakor, illetve karbantartásakor keletkezik. A környezeti károk elkerülése érdekében ezt a feladatot az erre a célra kialakított és a szennyezett mosóvíz felfogására szolgáló zárt ciszternával rendelkező járműmosón kell elvégezni.

<sup>38</sup> Nagy Rudolf – Sütő Norbert: Peszticidok veszélyei a szerves foszforsav-észter alapú rovarirtó szerek tükrében. *Védelem Tudomány*, 7. (2022), 2. 109–144.

## 5. Összegzés

Az agrokemikáliák esetében nemcsak a felhasználás mennyiségi tényezői tekintetében különösen jelentős az időszakos felülvizsgálatok szerepe, hanem a késői hatások értékelése tekintetében is, ahogyan azt például az emberiség a saját kárára a DDT példáján is megtapasztalhatta. Emellett a növényvédő szerek mint veszélyes anyagok tekintetében ugyancsak érvényesíthető az a kémiai biztonságot érintő alapelv, hogy ahol az lehetséges, helyettesítsük azokat a felhasználás során jelentkező kockázatok tekintetében kevésbé veszélyesekkel. Felvetődhet, hogy ezen anyagok alkalmazásának háttérbe szorításával csökkentjük a kockázatokat. Azonban az élelmiszer-termelés hatékonyságának fokozása a Föld egyes régióiban jelentkező túlnépesedés, illetőleg a térségünkben is nap nap után mutatkozó éghajlatváltozás miatt bekövetkező invazív kártevők előretörése kapcsán mind inkább kivitelezhetetlennek tűnik.

A foszforsavészter típusú rovarirtó szerek mint hatóanyagok tekintetében is a veszélyeséget érintő toxikológiai szempontok előtérbe kerülése nyomán jól érzékelhető tendencia mutatkozik ezeknek a hatóanyagoknak a kivételére irányuló törekvésekre, amit az engedélyezett hatóanyagok egyre szűkülő palettája is jól jelez. A növényvédelemben azonban a célszervezetek, azaz a kártevőkkel szembeni küzdelem továbbra is megköveteli, hogy kellő hatékonyságú szerek álljanak az emberiség rendelkezésére, amelyek kiválthatják az e cikkben vizsgált vegyi anyagokat. Ehhez a megfelelő feltételeket a biztonsági szempontok előtérbe helyezése teremti meg, köztük az olyan korszerű mezőgazdasági technológiák, mint például a növényvédelmi drónok és más, a készítmények felhasználását csökkenteni képes intelligens IT-megoldások. Azonban még jelentős a lemaradás a megfelelő szabályozási környezet megteremtésében, mivel több hatóság koordinált munkáját követeli meg a biztonságos alkalmazás lehetővé tétele. Így egyelőre még várni kell ennek kiterjedt bevezetésére a növényvédelemben.

Másik alternatív fejlesztési területként mutatkozik a génmódosított növények termesztése, amelyek különösen a rezisztens károsító szervezetekkel szemben mutatnak megfelelő ellenállást. Magyarországon jelenleg azonban a több tekintetben felvetődő aggályok miatt nem engedélyezett a génmódosított növények termesztése, ahogyan az a géntechnológiai tevékenységről szóló 1998. évi XXVII. törvény utóbbi évtizedekben bekövetkezett módosításaiból is kiténik.

A másik utat az ökológiai mezőgazdaság jelentheti. A biogazdaságokban előállítható termékek volumene azonban messze elmarad az elvárt szükségletektől, egyebek mellett a magasabb minőségi követelmények okozta termelési nehézségekből adódóan.

## Felhasznált irodalom

Aaron, Herbert S. – Harry O. Michel – Benjamin Witten – Jacob I. Miller: The Stereochemistry of Asymmetric Phosphorus Compounds. 11. Stereospecificity in the Irreversible Inactivation of Cholinesterases by the Enantiomorphs of an Organophosphorus Inhibitor. *Journal of the American Chemical Society*, 1958. Online: <https://doi.org/10.1021/ja01535a052>

Александров, В. Н. – В. И. Емельянов: *Отравляющие вещества*. Москва, Военное издательство, 1990.

- Bajgar, Jiri: *Nerve Agents Poisoning and its Treatment in Schematic Figures and Tables*. (h. n.), Elsevier, 2012. Online: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-416047-7.00006-2>
- Bakó Péter – Fogarassy Elemér – Keglevich György: *Szerves vegyipari technológiák*. Egyetemi jegyzet. Budapest, Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, 2011.
- Bánki László et al: *Egy peszticid kifejlesztése mint komplex tudományos feladat – A Budapesti Vegyiművek BUVINOL herbicidjével kapcsolatos kutatások*. Medicina Könyvkiadó, Budapest, 1976.
- Bellovicz Gyula: *Munkavédelem*. Egyetemi jegyzet. Győr, Széchenyi István Egyetem, 2014.
- Briggs, Shirley A.: *Basic Guide to Pesticides. Their Characteristics and Hazards*. Washington, DC, Taylor & Francis, 2017.
- Fökl Rezső (szerk.): *Munkaegészségügyi és Munkavédelmi Enciklopédia*. 2. kötet. Budapest, Országos Műszaki Információs Központ, 1987.
- Fukuto, T. Roy – R. L. Metcalf: Isomerization of  $\beta$ -Ethylmercaptoethyl Diethyl Thionophosphate (Systox). *Journal of the American Chemical Society*, 76. (1954), 20. 5103–5106. Online: <https://doi.org/10.1021/ja01649a028>
- Halász László – Nagy Károly: *Mérgező anyagok kémiája*. Egyetemi jegyzet. Budapest, Zrínyi Miklós Nemzetvédelmi Egyetem, 2000.
- Kamiya, Mamoru – Katsura Kameyama: Photochemical Effects of Humic Substances on the Degradation of Organophosphorus Pesticides. *Chemosphere*, 36. (1998), 10. 2337–2344. Online: [https://doi.org/10.1016/S0045-6535\(97\)10202-8](https://doi.org/10.1016/S0045-6535(97)10202-8)
- Химическая Энциклопедия, в пяти томах*. Москва, Издательства «Большая Российская Энциклопедия», 1988.
- Химическая Энциклопедия в пяти томах*. Москва, Издательства «Большая Российская Энциклопедия» 1995.
- Химическая Энциклопедия, в пяти томах*. Москва, Издательства «Большая Российская Энциклопедия», 1998.
- Kiss, Attila – Diána Virág: Photostability and Photodegradation Pathways of Distinctive Pesticides. *Journal of Environmental Quality*, 38. (2009), 1. 157–163. Online: <https://doi.org/10.2134/jeq2007.0504>
- Kiss István – Kováts Nóra: *Egészségvédelem*. Veszprém, Pannon Egyetem – Környezetmérnöki Intézet, 2011. Online: <https://tudastar.mk.uni-pannon.hu/anyagok/04-Egeszsegvedelem.pdf>
- Krieger, Robert I. – Nancy Ragsdale – James N. Seiber: *Assessing Exposures and Reducing Risks to People from the Use of Pesticides*. Washington, DC, American Chemical Society, 2007. Online: <https://doi.org/10.1021/bk-2007-0951>
- Marrs, Timothy C. – Bryan Ballantyne: *Pesticide Toxicology and International Regulation*. Hoboken, John Wiley & Sons, 2004. Online: <https://doi.org/10.1002/0470091673>
- Matolcsy, György – Miklós Nádasdy – Viktor Andriská – Sándor Terényi: *Pesticide Chemistry*. Budapest, Akadémiai Kiadó, 1988.
- Matthews, Graham A.: *A History of Pesticides*. Boston, CABI, 2018. Online: <https://doi.org/10.1079/9781786394873.0000>
- Murphy, Patrick J. (szerk.): *Organophosphorus Reagents. A Practical Approach in Chemistry*. Oxford, Oxford University Press, 2004.
- Nagy Rudolf – Sütő Norbert: Peszticidok veszélyei a szerves foszforsav-észter alapú rovarirtó szerek tükrében. *Védelem Tudomány*, 7. (2022), 2. 109–144. [www.vedelemtudomany.hu/articles/VII/2/2022-0406-nagy-suto.pdf](http://www.vedelemtudomany.hu/articles/VII/2/2022-0406-nagy-suto.pdf),
- Nemzeti Élelmiszerlánc-biztonsági Hivatal: *Nemzeti Növényvédelmi Cselekvési Terv, 2019–2023*. Agrárminisztérium, (é. n.). Online: [https://portal.nebih.gov.hu/documents/10182/998660/NCST\\_+2019.pdf/dc1dd23c-f47a-318c-d623-31d44683247c](https://portal.nebih.gov.hu/documents/10182/998660/NCST_+2019.pdf/dc1dd23c-f47a-318c-d623-31d44683247c)
- Nollet, Leo M. L. – Hamir S. Rathore: *Handbook of Pesticides: Methods of Pesticide Residues Analysis*. Boca Raton, CRC Press, 2010.

- Pethő Ágnes (szerk.) (NÉBIH, 2015. január): 3–4. háttéranyag, Növényvédő szer felhasználás Magyarországon, 5.2 melléklet. A KÖRNYEZETBEN TARTÓSAN MEGMARADÓ SZERVES SZENNYEZŐ (POP) NÖVÉNYVÉDŐ SZEREK HAZAI FELHASZNÁLÁSA 1950–2010 KÖZÖTT, Dr. Pethő Ágnes (szerk.) et al. (OKKP, 2013. április): ATRAZIN-TARTALMÚ NÖVÉNYVÉDŐSZEREK HAZAI FELHASZNÁLÁSA 1960–2007, Módszertani Gyűjtemény tervezetek: A környezetben várható koncentrációk előre jelzett értékeinek kiszámítása és felhasználása a kockázatbecslésben (2014. május), Kockázatbecslés a nem cél-szervezetekre – ökotoxikológia (2014. január). Online: [www.kornyezetvedok.hu/vgt/vgt2/orszagos/3\\_4\\_hatteranyag\\_Novenyvedoszer\\_felhasznalas\\_Magyarorszagon\\_.pdf?pi](http://www.kornyezetvedok.hu/vgt/vgt2/orszagos/3_4_hatteranyag_Novenyvedoszer_felhasznalas_Magyarorszagon_.pdf?pi)
- Shrikant, Randhavane – A. K. Khambete: Photolysis: Case Studies for Organophosphate Pesticides Treatment. *International Research Journal of Engineering and Technology*, 2. (2014), 3. 1596–1599. Online: <https://irjet.net/archives/V2/i3/Irjet-v2i3247.pdf>
- Szabó Gyula: *A fizikai munkavégzés ergonómiája*. Budapest, Óbudai Egyetem, 2012.
- Tompai Anna (szerk.): *Kémiai biztonság és toxikológia*. Budapest, Medicina Könyvkiadó, 2005.
- Tőkés Gábor (szerk.): *Növényvédő szerek engedélyezése Magyarországon és az Európai Unióban*. Budapest, Mezőgazdasági Szakigazgatási Hivatal, Növény-, Talaj- és Agrárkörnyezet-védelmi Igazgatóság, 2011. Online: [https://portal.nebih.gov.hu/documents/10182/21468/Novenyvedo\\_szerek\\_engedelyezese.doc/29de8dfd-5184-43be-996d-2e1ec19bfae1](https://portal.nebih.gov.hu/documents/10182/21468/Novenyvedo_szerek_engedelyezese.doc/29de8dfd-5184-43be-996d-2e1ec19bfae1)
- Цвијановић, Горица – Слађана Савић: *Заштита екосистема и биоремедијација*. Београд, Институт за Економику Пољопривреде, 2016.
- Ungváry György – Morvai Veronika (szerk.): *Munkaegészségtan*. Budapest, Medicina Könyvkiadó, 2010.
- Vásárhelyi Györgyi – Földi László: Vegyifegyver megsemmisítési technológiák. *Hadmérnök*, 2. (2007), 4. 46–59. Online: [www.hadmernok.hu/archivum/2007/4/2007\\_4\\_vasarhelyi.pdf](http://www.hadmernok.hu/archivum/2007/4/2007_4_vasarhelyi.pdf)
- Walg Géza (szerk.): *Munkavédelem a mezőgazdaságban, az erdőgazdaságban, a faiparban és az élelmiszeriparban*. Debrecen, Mezőgazdasági Kiadó, 1979.
- Зинченко, В. А.: *Химическая защита растений, средства, технология и экологическая безопасность, учебники и учебные пособия для студентов высших учебных заведений*. Москва, КолосС, 2012.

## Jogi források

1998. évi XXVII. törvény a géntechnológiai tevékenységről
- 387/2021. (VI. 30.) Korm. rendelet A Veszélyes Áruk Nemzetközi Közúti Szállításáról szóló Európai Megállapodás „A” és „B” Melléklete kihirdetéséről, valamint a belföldi alkalmazásának egyes kérdéseiről
- 103/2003. (IX. 11.) FVM rendelet a növényvédő szerrel szennyezett csomagolóeszköz-hulladékok kezeléséről
- 89/2004. (V. 15.) FVM Rendelet a növényvédő szerek forgalomba hozatalának és felhasználásának engedélyezéséről, valamint a növényvédő szerek csomagolásáról, jelöléséről, tárolásáról és szállításáról
- 43/2010. (IV. 23.) FVM rendelet a növényvédelmi tevékenységről
- 5/2020. (II. 6.) ITM rendelet a kémiai kóroki tényezők hatásának kitett munkavállalók egészségének és biztonságának védelméről
- 5/1993. (XII. 26.) MüM rendelet a munkavédelemről szóló 1993. évi XCIII. törvény egyes rendelkezéseinek végrehajtásáról





Ádám Balázs<sup>1</sup>  – Ember István<sup>2</sup> 

# Béltestek készítésének technikai lehetőségei alacsony sűrűségű anyagból

## Technical Possibilities of Low-Density Liner Construction

*A kumulatív töltetek béltestei alacsony sűrűségű anyagokból is készülhetnek. Ezek a típusok a hagyományosaktól eltérő hatékonysággal rendelkeznek. Azonban van egy kifejezetten nagy előnyük. 3D nyomtató segítségével viszonylag egyszerűen elkészíthetők, és tervezésük sem igényel kiemelkedő technikai szaktudást. Tanulmányunkban megvizsgáljuk néhány változat méretezésének és kialakításának lehetőségeit. A félgömb és a kúp alakzat alkalmazása bevett gyakorlat a kumulatív töltetekben béltestként, ezért mi is ezeket választottuk ki. Célunk, hogy könnyen kivitelezhető módszert találjunk az ipari és katonai felhasználóknak egyaránt ezek elkészítésére.*

**Kulcsszavak:** kumulatív töltet, PLA, 3D nyomtatás, robbantás, béltest

*The liners of shaped charges may be produced with low-density materials. These types have different effectiveness to conventional ones. However, they have an expressly enormous benefit. They are easily constructible with 3D printers and the planning process does not require high technical knowledge. In our study, we examine the sizing and designing process in the case of some liner types. The half-sphere and the cone are typical geometrical forms using in shaped charges, for that very reason we also chose these forms. Our goal is to find an easy way of construction for both industrial and military users.*

**Keywords:** shaped charge, PLA, 3D printing, blasting, liner

---

<sup>1</sup> Honvédtisztjelölt, Nemzeti Közzolgálati Egyetem Hadtudományi és Honvédtisztképző Kar Műveleti Támogató Tanszék, e-mail: [Adam.Balazs@uni-nke.hu](mailto:Adam.Balazs@uni-nke.hu)

<sup>2</sup> Egyetemi tanársegéd, Nemzeti Közzolgálati Egyetem Hadtudományi és Honvédtisztképző Kar Műveleti Támogató Tanszék, e-mail: [Ember.Istvan@uni-nke.hu](mailto:Ember.Istvan@uni-nke.hu)

## 1. Bevezetés

A kumulatív töltetek legfontosabb alkateleme minden kétséget kizáróan a béléstest. Ez a sokszor hétköznapiak tűnő geometriai formájú alkatrész képes a robbanás energiáját elképesztő hatékonysággal egy adott pontba összpontosítani. Az alkalmazott robbanóanyag szintén nagy jelentőségű, de egy jól bevált brizáns típus, amely homogén vagy több összetevőből áll,<sup>3</sup> egyaránt alkalmas lehet a feladatra. Jelentőségük ilyen vonatkozásban elmarad a béléstesthez képest.

Mivel tehát a béléstestek jelentősége meghatározó, úgy döntöttünk, hogy az elkészítésére kísérletet teszünk 3D nyomtatók alkalmazásával. Azért esett a választásunk erre a technológiára, mert napjainkban gyakorlatilag bárki számára elérhető innovatív megoldásként gondolunk rá. Véleményünk szerint néhány éven belül annyira alapvető eszközökké válnak a hétköznapijainkban, hogy alkalmazásuk lehetőségeit idejében fel kell mérni.

A robbantástechnika is ilyen terület, ahol van létjogosultsága a 3D nyomtatásnak. A különböző töltetek alkatelemeit problémamentesen el lehet velük készíteni, különösen akkor, ha nincs szükség nagy darabszámra. Ilyen esetben alkalmazásuk gazdaságosabb is lehet.

A kumulatív töltetek esetében felhasználásuk lehetséges az ipari, katasztrófavédelmi és katonai területeken egyaránt. A különböző speciális jégmentesítési feladatok, egyes épületbontási részfeladatok, vagy a hagyományos<sup>4</sup> és improvizált robbanótestek<sup>5</sup> hatástalanítása egyaránt része a fenti feladatcsoportnak. Ezek a területek sok tekintetben eltérő tölteteket igényelnek, amelyek méretezése is sajátos lehet.<sup>6</sup> Sok tekintetben ez is lehet egy jövőbeli fejlesztési irány, amikor kifejezetten egy-egy feladatra tervezett töltetet alkalmazunk, mert a gyártási kapacitás szinte bárhol elérhető lesz.

Mivel a fellebb említett tevékenységek között több olyan is akad, amelynek van kapcsolódása a hadtudomány mértékadó kutatási irányaihoz,<sup>7</sup> úgy döntöttünk, kísérletet teszünk ilyen alkatelemek elkészítésére. Célunk volt felmérni, hogy van-e lehetőség olyan alacsony sűrűségű anyagból készült kumulatív béléstest nyomtatására, amely alkalmas lehet kumulatív töltetben való felhasználásra. Ez az eredmény a jövőbeni további vizsgálatokon túl emelheti a leendő honvédtisztek felsőoktatásban folyó képzésének színvonalát, mert egy új, modern és előremutató módszert ismerhetnek majd meg a jövőben, ha az eljárást részletesen kidolgozzák.

<sup>3</sup> Kugyela Lóránd: A többkomponensű robbanóanyagok múltja, jelene és jövője. *Katonai Logisztika*, 28. (2020), 4. 58–75.

<sup>4</sup> Például légi bombák; bővebben Daruka Norbert: Robbanótestek I. – Amit a bombákról tudni érdemes. *Műszaki Katonai Közlöny*, 24. (2014), 4. 68–82.

<sup>5</sup> Boda József et al.: A hadtudományi kutatási irányok, prioritások és témakörök. *Államtudományi Műhelytanulmányok*, (2016), 16. 1–23.

<sup>6</sup> Lukács László: A kumulatív töltetek és gyakorlati alkalmazásuk. *Műszaki Katonai Közlöny*, 20. (2010), 1–4. 175–196.

<sup>7</sup> Kovács Zoltán: Repülőtéri létesítmények fizikai védelme IED ellen. *Repüléstudományi Közlemények*, 26. (2014), 2. 106–113.

## 2. A 3D nyomtatás technológiai

A 3D nyomtatás alkalmazási lehetősége a különféle műanyagok miatt ma már rendkívül szerteágazó. Számos tudományágban és ipari környezetben is megtalálható a technológia, amely folyamatosan fejlődik, ezzel egyre több lehetőséget biztosít a felhasználók kreativitásának igényéhez. Így napjainkban már nemcsak műanyagok, hanem fémek vagy, ahogy azt egy 2021-es Németországban zajlott építkezés is bemutatta, akár lakóépület nyomtatására is lehet használni megfelelő alapanyagokkal. A tudomány leginkább élvonalában járó területei, ahol 3D nyomtatást használnak: az orvostudomány, az ipar és az űrhajózás.

Az orvoslás területén 3D nyomtatás segítségével készülhetnek fel az orvosok a komplikáltabb műtétekre, ugyanis lehetséges a belső szervek később nyomtatható 3D modellezése. A modell segítségével a műtétet végzők meg tudják vizsgálni a belső szervek pontos alakját, a bemetszések tervezett helyét, és a műtét lefolyását is modellezni tudják. Ezek mellett implantátumokat és emberi testbe építhető olyan szerkezeteket lehet előállítani, amelyeket korábban titánból vagy más orvosi fémekből gyártottak. A fogászatban is gyakran használnak 3D nyomtatást a fogorvos modellezéséhez vagy implantátumok készítéséhez, amelyek nagy előnye az egyedi tervezhetőség és személyre szabott kialakítás.

Bár a technológia felhasználása rendkívül széles körű, leginkább prototípusokat és egyedi modelleket állítanak vele elő, ugyanis más eljárásokkal készült modellekhez képest ezek sokkal pontosabbak, költségeik pedig azok töredékébe kerülnek. Sorozatgyártásra azonban csak korlátozottan alkalmas a technológia, mivel ahhoz túl időigényes és költséges. Ipari felhasználása és az űrutasításban betöltött szerepe leginkább a prototípus-készítésben, illetve az egyedileg gyártott kis sorozatszámú alkatrészek gyártásában nyilvánul meg. Azért fontosak ezek a prototípusok a kutatást és fejlesztést végző mérnökök számára, mert segítségükkel sokkal pontosabb képet kaphatnak a termékről, mivel a minták rendkívül rövid idő alatt elkészíthetők a végtermékkel megegyező minőségben.

A különféle felhasználási területek miatt a műanyag 3D nyomtatás számos eljárás és technológia alapján valósulhat meg, ezek előnyeinek és hátrányainak ismerete elengedhetetlen a kutatómérnökök számára a megfelelő 3D nyomtatási technológia és a konkrét nyomtatótípus kiválasztásához.

Az eltérő technológiai megoldások az eltérő működési elvüknek köszönhetően különböző anyagok és geometriák nyomtatására alkalmazhatók. A kötőanyagok szerint 7 nagyobb csoportja és összesen 15 alcsoportja van a nyomtatási technológiáknak.<sup>8</sup>

Az első nagyobb csoport a fotopolimerizáció elvén működik. Működése során fényérzékeny folyadékot helyeznek a nyomtató kádjába, ahol a nyomtatófej fénye megszilárdítja a megvilágított folyadékreszecskeket. A szilárdulást kiváltó hatás SLA<sup>9</sup>-elvnél egy UV<sup>10</sup>-lézersugár, amely „lerajzolja” a tárgyat, DLP<sup>11</sup>-elvnél egy projektoros fényforrás, amely egyszerre világítja

<sup>8</sup> Davide Sher: 3D Hubs Publishes Complete 3D Printing Technologies Infographic. *3D Printing Media Network*, 2016. november 4.

<sup>9</sup> Angol elnevezése: *stereolithography*.

<sup>10</sup> Angol elnevezése: *ultra violet*, magyarul: ultraibolya.

<sup>11</sup> Angol elnevezése: *digital light processing*.

meg egy réteg összes megszilárdítandó pontját, míg CDLP<sup>12</sup>- (CLP-) elvnel led fény és oxigén-dúsítás végzi a szilárdítást, ami pehelykönnyű belső szerkezetet eredményez.

A második csoport az alapanyagok melegítését és folyékony halmazállapotúvá válását használja a nyomtatáshoz. Ilyen működési elv a szálhúzásos (FDM-)<sup>13</sup> módszer. A 3D nyomtatók legnagyobb része ezen elv alapján működik. Ezek a legolcsóbb és legköltséghatékonyabban „táplálható” nyomtatótípusok. Működésük lényege, hogy feltekerített műanyag szál, úgynevezett filament kerül egy adagolófej-egységbe, amely fogaskerék segítségével nyomja azt bele a nyomtatófej következő részegységébe, a „hotend”-be. A „hotend”-et fűtőszál fűti a megfelelő (általában 200–215 °C közötti) hőmérsékletre, itt a filament megolvad, és az adagoló fogaskerék hatására a „hotend” végén található fűvókán keresztül kipréselődik egy melegített tálcára, ahol újra szilárd halmazállapotot vesz fel. A szálhúzásos módszer egyik hátrányát jelenti, hogy az egymásra épülő rétegek egymáson tudnak csak feltámaszkodni, így bizonyos hajlásszög fölött (nyomtatóként változó, de általában 60°) a tárgyak nyomtatásához támasztékokat kell beépíteni a tárgy 3D modelljébe. A kutatás során mi is szálhúzásos nyomtatót használtunk, ugyanis ezekhez rendkívül nagy választékban állnak rendelkezésre eltérő tulajdonságú filamentek.

A harmadik nagy csoport az anyagok fröccsentésének elvén működik. A munkatálcára fröcskölt alapanyagot más-más szilárdulást kiváltó hatás éri, MJ<sup>14</sup>-elvnél ez egy UV-lámpa, NPJ<sup>15</sup>-elvnél hő (ezt a technológiát fém nyomtatására használják) és DOD<sup>16</sup>-elvnél pedig egy másik anyagsugár (a két anyagsugár reakciója során jön létre a szilárdulás).

A negyedik csoportba tartozó BJ<sup>17</sup>-elv alapja, hogy itt a nyomtatófejek kötőanyagot visznek fel egy portálcára. Egy réteg felvitele után a nyomtatófej kötőanyaggal rajzolja a porba a mintát, amelyet újabb réteg poralapú alapanyag követ. Ezzel az eljárással fémet, illetve gipszet lehet nyomtatni, ami rendkívül alkalmassá teszi festhető modellek készítésére.

Az ötödik nagy csoport por formájú alapanyagot használ, amelyet ugyancsak külső hatás szilárdít meg. A szilárdító hatást MJF<sup>18</sup>-elvnél a porágyba fecskendezett folyadék éri el, SLS<sup>19</sup>-elvnél a porrétegekbe irányuló lézerefény segítségével szilárdítják meg, kapcsolják össze az alapanyagsemcséket (itt a lézer „lerajzolja” a nyomtatandó tárgyat), a DMLS/SLM<sup>20</sup> pedig hasonlóan működik az SLS-elvhez, csak itt az alapanyag fém, ezért erősebb lézer szükséges a szilárdításhoz. Az EBM-elv segítségével fémmnyomtatásra van lehetőség, itt a porágy részecskéi elektromos kisülések hatására kapcsolódnak össze egymással.

A hatodik nagy csoportba tartozó eszközök működési elvével fémmnyomtatásra van lehetőség. Alapvetően por vagy szál formájában érkezik a nyomtatófejbe az alapanyag, amelyet

<sup>12</sup> Angol elnevezése: *continuous digital light projection*.

<sup>13</sup> Angol elnevezése: *fused deposition modeling*.

<sup>14</sup> Angol elnevezése: *material jetting*.

<sup>15</sup> Angol elnevezése: *nanoparticle jetting*.

<sup>16</sup> Angol elnevezése: *drop on demand*.

<sup>17</sup> Angol elnevezése: *binder jetting*.

<sup>18</sup> Angol elnevezése: *multi jet fusion*.

<sup>19</sup> Angol elnevezése: *selective laser sintering*.

<sup>20</sup> Angol elnevezése: *direct metal laser sintering* vagy *selective laser melting*.

LENS<sup>21</sup> működési elvénél egy nagy erejű lézer olvaszt meg és rögzít a már kinyomtatott részekhez, EBAM<sup>22</sup>-elvnél pedig az olvasztáshoz szükséges energiát és hőmérsékletet elektromos áram segítségével éri el a nyomtatófej.

A hetedik csoportot alkotó technológia laminálást használ a 3D modell megalkotásához. A LOM<sup>23</sup> elnevezésű működési elv lényege, hogy feltekereselt alapanyag kerül rétegenként a tárgylemezre. Minden réteg alsó része valamilyen kötőanyaggal, leginkább speciális ragasztóval van ellátva. Az új réteget nyomás és/vagy hő segítségével kapcsolják az előzőhöz. A kapcsolódás létrejötte után lézer vagy penge metszi ki az alapanyagrétegből a kívánt tárgy formáját.

Minden technológiának megvannak a maga előnyei és hátrányai, de az egyes nyomtatók és azok „táplálásának”, karbantartásának költségei jelentősen eltérnek egymástól. Így csak néhány olyan nyomtatási eljárásról beszélhetünk, amelyeket például magánszemélyek otthonában megtalálhatunk. Költségei miatt a legtöbb eljárás napjainkban még csak az ipari és a piaci verseny résztvevői számára megtérülő befektetések. Viszont az elvek és eljárások sokszínűsége miatt minden anyag és forma vagy nyomtatási feladat elkészítéséhez megvannak a legmegfelelőbb nyomtatók. A mi kutatásunkhoz éppen ezért egy rendkívül költséghatékony eljárást kerestünk, amellyel számos eltérő tulajdonságú anyag nyomtatható kisebb karbantartások és beállítások elvégzése után. Éppen ezért a kutatás során a CraftUnique cég termékét, a CraftBot 3 nyomtatókat használtunk.

### 3. A nyomtatáshoz használható filamenttípusok

Az FDM nyomtatási technológiákhoz használható filamenttípusok rendkívül széles választéka teszi ezt a nyomtatási elvet sokoldalúvá (1. táblázat). Az eltérő filamentek más-más fizikai tulajdonságokkal rendelkeznek, ezért a különböző feladatokhoz a legalkalmasabb tulajdonságokkal rendelkező anyagot lehet kiválasztani. Természetesen ebből kifolyólag a filamentek nyomtatásának technikai paraméterei is jelentősen változnak.

A PLA<sup>24</sup> a legszélesebb körben alkalmazott műanyagtípus, azért, mert könnyű használni, meglehetősen jól tapad a fűtött tálcához, megfelelően részletes kidolgozásra alkalmas, mégis erős. Hátránya, hogy viszonylag alacsony, 60 °C-os hőmérséklet felett elkezd puhulni. Az ABS<sup>25</sup>-filament rendkívül erős, akár munkaeszközök és szerszámok készítésére is alkalmas lehet. Ellenáll az időjárás viszontagságainak és a nap fényének is huzamosabb ideig, ezért alkalmas kültéri tárgyak nyomtatására. Hátránya, hogy nyomtatás közben az egyenetlen hűlés következtében könnyen meghajlik, így használata nehézkes, speciális technikát igényel. A PETG<sup>26</sup> rendkívül erős, UV-sugárzást álló és számos vegyi anyagnak ellenáll, ezért

<sup>21</sup> Angol elnevezése: *laser engineered net shaping*.

<sup>22</sup> Angol elnevezése: *electron beam additive manufacturing*.

<sup>23</sup> Angol elnevezése: *laminated object manufacturing*.

<sup>24</sup> Angolul: *polylactic acid*, magyarul: politejsav.

<sup>25</sup> Angolul: *acrylonitrile butadiene styrene*, magyarul: akrilnitril-butadién-sztirol.

<sup>26</sup> Angolul: *polyethylene terephthalate glycol*, magyarul: polietilén-tereftalát-glikol.

leggyakoribb felhasználási területe a folyadéktárolók készítése. Keménysége következtében könnyen karcolódik és sérül. A nylon hasonlít a PETG-hez, de még annál is erősebb, ez az egyik legerősebb filament. Amennyiben viszont kevesebb szál felhasználásával vagy kisebb kitöltési aránnyal nyomtatják, rugalmasabbá tehető. Kicsi a súrlódási együtthatója, ezért mozgó-, csúszóalkatrészek alapanyagként alkalmazzák leginkább. A magas tálcahőmérséklet igénye és fizikai tulajdonságai nagyon nehezen nyomtathatóvá teszik. Rendkívül higroszkópos, tehát vízmegkötő hatású, de mivel ez a nyomtatás minőségét nagymértékben rontja, párától elzárt térben kell nyomtatni. Az ASA<sup>27</sup> nagyon hasonló az ABS-hez, kifejlesztésének célja az ABS UV-állóságának fokozása volt. Az UV-állóság mellett nőtt a hőállósága és az ütésállósága is elődjéhez képest. A flexibilis filamentek normál polimerek és gumi ötvözéséből jöttek létre. Alapvetően a flexibilitásuk nem egyenlő a gumiéval. Egyik előnyük abban nyilvánul meg, hogy jelentősen nagyobb rugalmassággal rendelkeznek a többi filamenthez képest. Hátrányuk, hogy nagy nehézségekkel jár a nyomtatásuk. A PC-<sup>28</sup> anyagokból készített tárgyak rendkívül erősek, ütésállóak, és a többi anyaghoz képest extrém mértékű hőt képesek elviselni. Az anyag 150 °C-ig megtartja kristályszerkezetét, ezért ilyen hőmérsékleti viszonyok között is strapabíró marad. Hátránya, hogy hőállósága miatt nagyon magas hőmérsékleten lehet csak nyomtatni, illetve nagyon higroszkópos. PVA<sup>29</sup>-anyagot alátámasztások nyomtatására használnak. Vízben oldódik, ezért a nyomtatás befejeztével egyszerűen és könnyedén eltávolítható az elkészült tárgyból. Ez a képessége nagyon bonyolult formák kinyomtatására is képessé teszi az FDM nyomtatástechnológiát és a többi filament típust. Nagymértékben higroszkópos, így fokozott figyelmet kell fordítani a megfelelő, páramentes tárolási feltételek biztosítására.<sup>30</sup>

1. táblázat: Filamenttípusok fontosabb paraméterei

Fsz.	Filament	Ajánlott fejhőmérséklet	Ajánlott tálcahőmérséklet	Sűrűség
1.	PLA	180–230 °C	20–60 °C	1,24 g/cm <sup>3</sup>
2.	ABS	210–250 °C	80–110 °C	1,12 g/cm <sup>3</sup>
3.	PETG	220–250 °C	50–75 °C	1,33 g/cm <sup>3</sup>
4.	Nylon	240–260 °C	70–100 °C	1,08 g/cm <sup>3</sup>
5.	ASA	240–260 °C	50–100 °C	1,06 g/cm <sup>3</sup>
6.	TPE, TPU, TPC (flexibilis)	210–230 °C	30–60 °C	1,20 g/cm <sup>3</sup>
7.	PC	270–310 °C	90–110 °C	1,18 g/cm <sup>3</sup>
8.	PVA	185–200 °C	45–60 °C	1,19 g/cm <sup>3</sup>

Forrás: a szerzők szerkesztése All3DP: 3D Printer Filament: The Best Types in 2022. 2021. december 27.; Diallo (é. n.): i. m.; <https://omnexus.specialchem.com/polymer-properties/properties/density> alapján

<sup>27</sup> Angolul: *acrylic styrene acrylonitrile*, magyarul: akrilnitril-sztirol-akrilát.

<sup>28</sup> Angolul: *polycarbonate*, magyarul: polikarbonát.

<sup>29</sup> Angolul: *polyvinyl alcohol*, magyarul: polivinil-alkohol.

<sup>30</sup> B. Diallo: 3D Printer Filament Types. *Leapfrog*, (é. n.).



## 4. A béléstesttel szemben támasztott követelmények

A kumulatív béléstesteknek több fontos paraméternek kell megfelelniük. Az anyag meghatározó jelentőségű, hiszen annak sűrűsége a töltet penetrációs képességének fontos eleme. Esetünkben nem a megszokott réz alapanyagot használtuk, amely ugyan kiváló átütési képességgel rendelkezik, de 3D nyomtatása nagy anyagi befektetést igényel. Az alacsony sűrűségű béléstestek alkalmazása magától értetődő választás volt a nyomtatási lehetőségek miatt.

Anyagvastagság tekintetében a 3 mm-t választottuk, bár vékonyabb változatok is lehetnek eredményesek.<sup>31</sup> Mivel az egyszerű nyomtathatóság, tervezhetőség kiemelten fontos szempont volt, elvetettük az összetettebb formák (dupla kúpos és trombita), valamint a nem homogén anyagvastagság alkalmazását. Mindkét fentebb említett lehetőség segíthet a kumulatív sugár ideális formálódásában azáltal, hogy egyenletesebb súlyelosztású lesz a sugár, ezért nem alakul ki akkora sebességkülönbség a hegye és a magja között. Ezeket a lehetőségeket érdemesnek tartjuk későbbi vizsgálatokra.

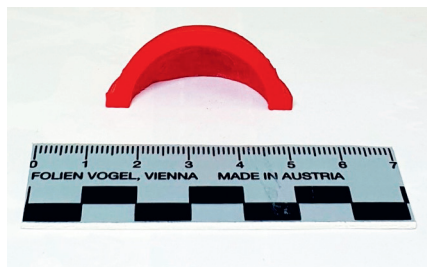
A kúp alak esetében a 60°-os kúpszögre esett a választás, amely hatékonyság szempontjából és összeszerelés tekintetében is kedvező alternatívának tűnt. A félgömb esetében jelentősebb méretezési feladatunk nem adódott, bár érdemes lehet további vizsgálatra egy-egy gömbszelet változat is.

## 5. Kumulatív béléstestek 3D modellezése

A 3D modellek előállításához az internetről ingyenesen letölthető, de nem felhőalapú szolgáltatást nyújtó „FreeCAD” alkalmazást használtuk. A kutatás során két különböző alakú béléstestformát méreteztünk, ez egy kúp (60°-os kúpszöggel) és egy félgömb volt. A félgömb változat 40, 35 és 30 mm-es belső átmérőben készült, míg a kúpot 40, 35, 30, 25, valamint 20 mm-es belső átmérőjű változatokban nyomtattuk.

A félgömb kialakításához szükség volt egy sík felületére fektetett félgömbre. A sík felületéhez egy korongot illesztettünk, amelynek a középpontjába egy kisebb sugarú kör – átmérője megegyezik a béléstest belső átmérőjével – került. Ebből metsző gömb segítségével alakítottuk ki a végső formát (1. ábra). Az így elkészült üreges test falvastagsága 3 mm lett. A test külső szélén lévő gyűrű biztosítja a stabil és egyenletes felfekvést, kapcsolódást az ugyancsak 3D nyomtatással készült töltetházakhoz. Ez a gyűrű biztosítja azt is, hogy a töltetház és a béléstest függőleges síkja pontosan egybeessen, ez a robbantások pontos és megbízható eredményének egyik kulcseleme.

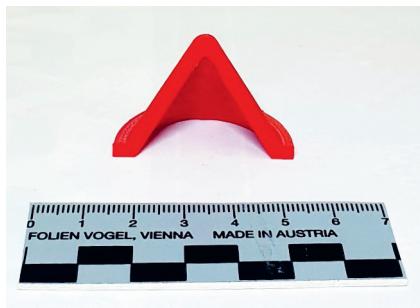
<sup>31</sup> Henry O. Agu: *The Effect of 3D Printed Material Properties on Shaped Charge Liner Performance*. Doktori értekezés. Cranfield University, 2019.



1. ábra: 3D nyomtatással készült félgömb béléstest metszete

*Forrás: a szerzők gyűjteménye*

A kúp elkészítéséhez szükség volt egy 60°-os kúpszögű kúpra. A test alapjára itt is egy korong került, majd egy kisebb kúppal a test belsejéből kimetszettünk egy olyan kúp alakzatot, amely biztosítja a 3 mm egyenletes falvastagságot. A test külső szélére itt is perem került, amely biztosítja a stabil és egyenletes felfekvést a töltetházak belső részében (2. ábra).



2. ábra: 3D nyomtatással készült kúp béléstest metszete

*Forrás: a szerzők gyűjteménye*

## 6. 3D modellek szeletelése és a G-kód előállítása

A 3D modellek szeleteléséhez<sup>32</sup> és a nyomtatás előkészítéséhez több felhő-, illetve nem felhőalapú alkalmazást és szoftvert lehet használni. Mivel a kutatás során CraftBot 3 nyomtatókat használtunk, célszerű volt a nyomtató gyártójának, a CraftUnique-nak a termékét alkalmazni. Így esett a választás a CraftWare alkalmazás használatára. A program rendkívül egyszerűen épül fel. Elsősorban a nyomtatandó tárgy apró módosításait lehet és kell rajta elvégezni, mint a tárgy nyomtatótálcán való elhelyezése, forgatása, szétdarabolása és a méretek módosítása. Itt lehet beállítani továbbá a dupla nyomtatófejek használatát; közülük a párhuzamos módnak nagy hasznát vettük, ugyanis ezzel mindkét nyomtatófej azonos pályán mozog, és így egy

<sup>32</sup> A 3D nyomtatás során ez a folyamat biztosítja, hogy a tervezett tárgyakból a nyomtató számára értelmezhető, a nyomtatás során elvégezhető információk, adatok keletkezzenek.

nyomatás időtartama alatt két béléstest is elkészülhetett. Ez jelentősen csökkentette az összes nyomtatási időt, viszont ezzel a hibalehetőségek száma is duplájára nőtt. Másodsorban támasztékokat lehet generálni az olyan felületek megtámasztására, amelyek a vízszinteshez képest túl nagy szöveget zárnak be (ez minden nyomtatónál más érték, de általában 60° fölött javasolt támasztékok használata). A kúphoz nem volt szükség támasztékok generálására, viszont a félgömb esetében igen. A félgömb nyomtatására két változatot teszteltünk a kutatás kezdetén. Az első esetben a félgömb sík felületét helyeztük a nyomtatótálcára, ekkor a támasztékot a félgömb belsejébe kellett tenni, amelyet nyomtatás után oldalvágó és kézi gravírozó segítségével távolítottunk el. A második esetben a félgömb helyzetét 180°-kal elfordítottuk, ebben az esetben a tárgy csúcsa volt a nyomtatótálcán és a töltésházban elmozdulást gátló gyűrűnek kellett támaszték. Itt is gravírozóval távolítottuk el a felesleges anyagmaradványokat. Néhány próbanyomatás után eldől, hogy az első verzióban készítjük el a béléstesteket.

A programban a továbbiakban beállíthatók a szeletelés speciális paraméterei, mint a hőmérsékletek, kitöltés, nyomtatófej sebessége és a filament anyagára vonatkozó információk. A béléstestek nyomtatását 0,4 mm átmérőjű fúvókával végeztük, ezért a szeletelés során is alapbeállításként ezt kellett használnunk. A béléstestek oldalfalának egyenletes és teljes kitöltése miatt a belső részekben 100%-os kitöltést használtunk párhuzamos vonalakkal. A kutatás során csak PLA-anyagból nyomtattunk, ezért 60 °C-os tálcá- és 215 °C-os „hotend” hőmérsékletet alkalmaztunk.

## 7. Kumulatív béléstestek nyomtatásának sajátosságai

A kumulatív béléstestek nyomtatása nyomtatástechnikailag nem volt nehéz feladat. Mivel a nyomtatófej körkörös koncentrikus pályán tudott mozogni, a nyomtatási hibákat gyakran eredményező változatos mozgásokat sikerült kiküszöbölnünk. Amennyiben egy nyomtatandó darab megfelelően letapadt a tálcához, úgy az esetek 90%-ában már sikeres volt a nyomtatás.

A CraftWare program nettó nyomtatási időt jelez elő, de a gyakorlati tapasztalat alapján ez sokszor pontatlan. A tényleges nyomtatási idő ugyanis függ a tálcá és „hotendek” kezdő hőmérsékletétől is. A teljes nyomtatási idő általában a program által megadott időtől 15-20%-kal több (2. táblázat).

A béléstestek támasztékainak nyomtatásához lehetett volna használni PVA-alapanyagot, amely vízben oldódik, így a nyomtatás végeztével könnyen eltávolítható, de ennek költsége jelentős. Ebben az esetben egy nyomtatáshoz mindkét nyomtatófejre szükség lett volna, növelve ezzel a folyamat teljes idejét. A másik lehetséges megoldás volt, hogy a béléstestet és a támasztékot ugyancsak két külön fejjel nyomtatjuk, de mindkettőben PLA-anyagot, csak eltérő színben alkalmazunk. Az eltérő szín remekül körvonalazta volna a lecsiszolandó felületek pontos elhelyezkedését, de gyakorlati tapasztalatok alapján ezt egy nyomtatófejjel (azonos színből) való nyomtatásnál is remekül lehetett érzékelni.

2. táblázat: A nyomtatott béléstestek paramétereit

Fsz.	Töltet típus	Forma	Külső átmérő (mm)	Magasság (mm)	Nyomatási idő (perc)
1.	20 mm-es béléstest	Kúp	29	20,32	18
2.	25 mm-es béléstest	Kúp	34	24,65	25
3.	30 mm-es béléstest	Kúp	39	29,00	33
4.		Félgömb	39	18,00	37
5.	35 mm-es béléstest	Kúp	44	33,30	40
6.		Félgömb	44	20,50	49
7.	40 mm-es béléstest	Kúp	53	37,70	56
8.		Félgömb	53	23,00	69

Forrás: a szerzők szerkesztése

## 8. Összegzés

Véleményünk szerint megfelelő eljárást sikerült kialakítani, amely alkalmas lehet arra, hogy alkatelemeket készítsünk kumulatív töltetekbe. Ezeknek a béléstesteknek a hatékonysága elmarad a megszokott anyagokhoz képest, mint a réz és alumínium, de egyes feladatoknál még alkalmasabbak is lehetnek hozzájuk képest. Mindezek mellett a módszer mindenképpen alkalmas a katonai felsőoktatásban a képzés színvonalának emelésére, a szükséges ismeretek magasabb szintű elsajátításának támogatására.

Tervezzük a terület további vizsgálatát, hiszen az eddigi eredmények azt mutatják, hogy van még potenciál a 3D nyomtatás robbantástechnikai alkalmazásában. Kijelenthetjük mindezt úgy, hogy a katonai műszaki tudományok és a hadtudományok területén folyó fejlesztések, kutatások a régóta felfutó<sup>33</sup> és jelenleg nagy erővel folyó orosz–ukrán háború árnyékában új lendületet kaphatnak.

A továbbiakban tervezzük bonyolultabb formában és nem homogén anyagvastagsággal, valamint különböző anyagokból modellezni a béléstesteket. Ezek az irányok és kombinációik sok tekintetben hozhatnak előremutató eredményeket.

## Felhasznált irodalom

- Agu, Henry O.: *The Effect of 3D Printed Material Properties on Shaped Charge Liner Performance*. Doktori értekezés. Cranfield University, 2019. Online: <https://dspace.lib.cranfield.ac.uk/handle/1826/15285>
- All3DP: *3D Printer Filament: The Best Types in 2022*. 2021. december 27. Online: <https://all3dp.com/1/3d-printer-filament-types-3d-printing-3d-filament/>
- Boda József – Boldizsár Gábor – Kovács László – Orosz Zoltán – Padányi József – Resperger István – Szemes Zoltán: A hadtudományi kutatási irányok, prioritások és témakörök. *Államtudományi Műhelytanulmányok*, (2016), 16. 1–23. Online: [www.med.u-szeged.hu/download.php?docID=90702](http://www.med.u-szeged.hu/download.php?docID=90702)

<sup>33</sup> Padányi József – Tomolya János: Háború és béke Ukrajnában, avagy keleten a helyzet változatlan, 1. rész. *Hadtudomány*, 27. 2017a, 1–2. 63–83.; Padányi József – Tomolya János: Háború és béke Ukrajnában, avagy keleten a helyzet változatlan, 2. rész. *Hadtudomány*, 27. 2017b, 3–4. 29–42.

- Daruka Norbert: Robbanótetek I. – Amit a bombákról tudni érdemes. *Műszaki Katonai Közlöny*, 24. (2014), 4. 68–82. Online: [https://mkk.uni-nke.hu/document/mkk-uni-nke-hu/2014\\_4\\_5\\_Robbanotetek%20I.%20-%20Amit%20a%20bombakrol%20tudni\\_1.pdf](https://mkk.uni-nke.hu/document/mkk-uni-nke-hu/2014_4_5_Robbanotetek%20I.%20-%20Amit%20a%20bombakrol%20tudni_1.pdf)
- Diallo, B.: *3D Printer Filament Types* (é. n.). Online: [www.lpfrg.com/guides/3d-printer-filament-types/](http://www.lpfrg.com/guides/3d-printer-filament-types/)
- Kovács Zoltán: Repülőtéri létesítmények fizikai védelme IED ellen. *Repüléstudományi Közlemények*, 26. (2014), 2. 106–113. Online: <https://folyoirat.ludovika.hu/index.php/reptudkoz/article/view/4602>
- Kugyela Lóránd: A többkomponensű robbanóanyagok múltja, jelene és jövője. *Katonai Logisztika*, 28. (2020), 4. 58–75. Online: <https://doi.org/10.30583/2020.4.058>
- Lukács László: A kumulatív töltetek és gyakorlati alkalmazásuk. *Műszaki Katonai Közlöny*, 20. (2010), 1–4. 175–196. Online: <https://folyoirat.ludovika.hu/index.php/mkk/article/view/2866/2122> (Letöltés: 2022. 04. 23.)
- Padányi József – Tomolya János: Háború és béke Ukrajnában, avagy keleten a helyzet változatlan, 1. rész. *Hadtudomány*, 27. 2017a, 1–2., 63–83. Online: <https://doi.org/10.17047/HADTUD.2017.27.1-2.63>
- Padányi József – Tomolya János: Háború és béke Ukrajnában, avagy keleten a helyzet változatlan, 2. rész. *Hadtudomány*, 27. 2017b, 3–4. 29–42. Online: <https://doi.org/10.17047/HADTUD.2017.27.3-4.29>
- Sher, Davide: 3D Hubs Publishes Complete 3D Printing Technologies Infographic. *3D Printing Media Network*, 2016. november 4. Online: [www.3dprintingmedia.network/3d-hubs-publishes-complete-3d-printing-technologies-infographic/](http://www.3dprintingmedia.network/3d-hubs-publishes-complete-3d-printing-technologies-infographic/)



Gyarmati József<sup>1</sup>  – Hegedűs Ernő<sup>2</sup>  – Gávay György<sup>3</sup> 

# Automata sebességváltóban alkalmazott kapcsolt bolygóművek – Wilson-váltó

## *Harckocsi-sebességváltó modell kialakítása 3D nyomtatással oktatási célból*

Application of Planetary Gears in Automatic Transmission –  
Wilson Gearbox

*Model of 3D Printed MBT Gearbox for Educational Purposes*

*Napjainkra az automata sebességváltók széles körben elterjedtek, nemcsak a polgári életben, de a katonai alkalmazásban is. A nagy tömegű lánctalpas harcjárműveken szinte kizárólag ilyen sebességváltót alkalmaznak. Jelen tanulmány ehhez kötődően ismerteti a Leopard 2 harckocsiban is alkalmazott Wilson-kapcsolást, illetve ennek oktatási célú 3D nyomtatott modelljét.*

**Kulcsszavak:** automata sebességváltó, Wilson-kapcsolás, 3D nyomtatott oktatási modell

*Nowadays hydraulic automatic transmission are widely used not only in civilian life, but also in military applications. There are hydraulic automatic transmissions in almost every heavy tracked combat vehicles. The present study describes the Wilson gearbox used in the Leopard 2 tank and its 3D printed model for educational purposes.*

**Keywords:** automatic gearbox, Wilson design, 3D printed training model

---

<sup>1</sup> PhD, habil, tanszékvezető, egyetemi docens, Nemzeti Közszolgálati Egyetem Hadtudományi és Honvédtisztképző Kar Haditechnikai Tanszék, e-mail: [gyarmati.jozsef@uni-nke.hu](mailto:gyarmati.jozsef@uni-nke.hu)

<sup>2</sup> PhD, adjunktus, Nemzeti Közszolgálati Egyetem Hadtudományi és Honvédtisztképző Kar Haditechnikai Tanszék, e-mail: [hegedus.erno@uni-nke.hu](mailto:hegedus.erno@uni-nke.hu)

<sup>3</sup> PhD, adjunktus, Nemzeti Közszolgálati Egyetem Hadtudományi és Honvédtisztképző Kar Haditechnikai Tanszék, e-mail: [gavay.gyorgy@uni-nke.hu](mailto:gavay.gyorgy@uni-nke.hu)



## 1. Bevezetés

A Magyar Honvédség 44 db Leopard 2A7HU harckocsi beszerzéséről döntött a Zrínyi Honvédelmi és Haderőfejlesztési Program során. A harckocsik Renk HSWL 354 típusú automata sebességváltóval<sup>4</sup> rendelkeznek.<sup>5</sup> Cikkünkben az automata sebességváltón hidromechanikus kialakítást értünk, ami egy hidrodinamikus nyomatékvtóából és egy bolygóműves sebességváltóból áll. Jelen tanulmány az automata sebességváltóban alkalmazott kapcsolt bolygóművek, azon belül is a Wilson-kapcsolású automata sebességváltó vizsgálatát és bemutatását tűzte ki célul.

Általános tendencia a NATO által alkalmazott harc- és gépjárműveknél, hogy egyre elterjedtebben alkalmaznak automata sebességváltókat, így a Magyar Honvédség haditechnikai eszközei között is egyre növekvő számban jelennek meg ilyen sebességváltóval felszerelt típusok. A tanulmány célkitűzése, hogy feltárja és bemutassa az automata sebességváltók bolygóműveivel kapcsolatos összefüggéseket. E cél érdekében az NKE Hadtudományi és Honvédtisztképző Kar Haditechnikai Tanszék oktatási célra 3D nyomtatott sebességváltó-modell elkészítését is elvégezte, amelyet szintén bemutatunk a tanulmányban.

A korszerű harckocsikon már a II. világháborúban megjelent a hidromechanikus kialakítású automata sebességváltómű (automata sebességváltó). Az amerikai M-26 Pershing és az M-18 Hellcat harckocsikon már 1944-ben rendszeresítettek Allison gyártmányú Torqmatic 900-T típusú automata sebességváltót. Meg kell említeni, hogy az 1930-as években Magyarországon tervezett és épített V3, V4 harckocsi is automata (hidromechanikus) sebességváltóval volt felszerelve.

Az automata sebességváltók harcjárműveken való elterjedésének okait, a kézi kapcsolású mechanikus sebességváltóművekkel szembeni előnyös tulajdonságaiban lehet keresni. A nagy tömegű harcjárművekben a kézi kapcsolás jelentős nehézségekbe ütközött. A harcjármű vezetőjének jelentős erőt kellett kifejtenie, ami vezetés közben lekötötte. A szinkronizálási nehézségek tovább nehezítették a kapcsolást, esetenként gyakorlatlan vezetőnél pedig akár meg is akadályozták azt. Kapcsolás közben a hajtáslánc megszakadt, ami alacsonyabb sebességnél, nehéz terepen való haladáskor akár a harcjármű megállását is okozhatta.

Az automata sebességváltók bolygóműveinél a fokozatok kapcsolása lemezes tengelykapcsolók működtetésével történik, míg a mechanikus (kézi kapcsolású) sebességváltóknál az egyes fokozatokhoz tartozó fogaskerekek a főtengelyhez (korábban bordástengely) való rögzítésével történik. Az automata sebességváltóknál a hajtáslánc így lényegében teljesen nem szakad meg kapcsolás közben. A mechanikus sebességváltók esetében szinkronizálni kell a sebességeket, míg az automatánál nem. Lényeges tulajdonság, hogy a korszerű automata sebességváltók kapcsolás közben is a motor teljesítményének 60%-át továbbítják a kerék (lánctalp) felé. A kapcsolás gépi vezérlése, a korábbi hidromechanikus rendszert felváltva már elektronikus vezérlésű hidraulikus végrehajtó elemekkel történik. Az automata sebességváltók

<sup>4</sup> A jóval elterjedtebb sebességváltó kifejezést használjuk a nyomatékvtó helyett.

<sup>5</sup> Lastschaltgetriebe HSWL 354, lásd: <https://www.renk-group.com/de/produkte-service/produkte/fahrzeugant-riebe/fahrzeuggetriebe/hswl-354/>, illetve HSWL 354, lásd: <http://www.army-guide.com/eng/product377.html>

részét képező hidrodinamikus nyomatékváltó nyomatékátadási jellemzőiből, csillapításra való alkalmasságából (nincs mechanikus kapcsolat, csak hidraulikus) fakadóan a dinamikus terhelések a teljes járműhajtásláncre kiterjedően csökkennek, ami élettartam-növekedéssel és meghibásodáscsökkenéssel jár. A sebességváltókban korábban alkalmazott ásványi olajokat napjainkra fokozatosan felváltották a szintetikus olajok, amelyek élettartama, lerakódásképződésre való hajlama, külső hőmérséklet függvényében mutatott viszkozitásingadozása egyaránt sokkal kedvezőbb, így az automata sebességváltók olajcsere- és szervizperiódusa jelentősen megnövekedett. Fontos tulajdonság, hogy könnyen megvalósítható akár *több* hátrameneti fokozat is, ami jelentős harcászati képesség-növekedést jelent a harcjárművek esetében.

Az automata sebességváltók korai fejlődési fázisára több hátrányos tulajdonság volt jellemző. A hidrodinamikus nyomatékváltó működését jellemző szlip (csúszás), illetve a bolygóműves sebességváltó kevés számú alkalmazott fokozata a kézi kapcsolású váltóval szemben az üzemanyag-fogyasztás növekedését hozta magával. A napjainkban gyártott típusok esetében azonban a fokozatszám akár a nyolcat is elérheti, valamint a hidrodinamikus nyomatékváltó szlipjét egyes üzemmódokban mechanikus tengelykapcsoló iktatja ki. A hidrodinamikus nyomatékváltó szerepe a korszerű automata sebességváltóknál az indulásra és az első kettő, legfeljebb a harmadik sebességi fokozatok közötti váltásra korlátozódik.

Napjainkban a harcjármű-sebességváltókkal szemben támasztott alapvető követelmény a folyamatos teljesítménytöbblet. Ez az úgynevezett *power shift* kapcsolás automatizált kettős tengelykapcsolós DCT (*double clutch transmission*, kettős tengelykapcsolójú sebességváltó) sebességváltóművekkel is megvalósítható. Ez a megoldás viszont legfeljebb 600 Nm nyomaték továbbítására alkalmas jelenleg. A korszerű harckocsikra jellemző 800 kW feletti motorteljesítmény-tartományban a folyamatos teljesítményátvitelt lehetővé tevő megoldás a hidromechanikus kivitelű automata sebességváltó, amelynek elválaszthatatlan része a bolygóműves sebességváltómű. A korszerű – rendszerint 50 t feletti szerkezeti tömegű – harckocsikon rendre olyan automata sebességváltót építenek be, amely egy hidrodinamikus nyomatékváltóból és egy bolygóműves sebességváltóból tevődik össze. A hidraulikus rész egy hidrodinamikus nyomatékváltó, amely szivattyú, turbina és szabadon futóra épített vezetőkerékből épül fel. Nagyobb teljesítmény esetében két vezetőkeréket, illetve kettő turbinakeréket is alkalmazhatnak. Korszerű kialakításánál a nyomatékváltót súrlódó tengelykapcsoló hidalja át. A mechanikus rész egy bolygóműves sebességváltó, több bolygómű összekapcsolásával, amelyet lamellás tengelykapcsolókkal lehet különböző sorrendben kapcsolni, ahol a kapcsolat közben a teljesítménynek mintegy 60%-a megmarad. Főtengelykapcsoló nincs, ezért kapcsolat közben a hajtáslánc nem szakad meg, ennek köszönhetően kapcsolat közben nem lassul le a harcjármű. Nagy tömegű, kézi kapcsolású sebességváltóval szerelt harcjárművek esetében a jellemzően alacsony sebességből származó kis mozgási energia miatt az alacsonyabb fokozatok közötti felkapcsolás során a harcjármű jelentős mértékben lassulhatott vagy akár meg is állhatott. Az 1. táblázat adatai alapján célszerű megvizsgálni, hogy – összefüggésben a harckocsik tömegének növekedésével – miért állhat meg a harckocsi emelkedőn végzett haladás során, ha a sebességváltó teljesítményátadása nem folyamatos.

Érdekességképpen, a Rába H14 katonai terepjáró tehergépkocsi teljesítmény-tömeg aránya 20,6 kW/t, amely értékkel az 1. táblázatban szereplő harcjárműveknél kedvezőbb értéket mutat.

Rá kell világítani arra is, hogy a korszerű harckocsik – M1 Abrams, Leopard 2A7 és a Challenger II, illetve a Merkava 4 – tömege megközelíti a 70 t-t, ugyanakkor a harckocsinak dinamikusan kell leküzdenie a különböző terepakadályokat a harc során, magas fokú mozgékonyt mutatva. Ez – napjaink harckocsijainak jelentős tömegét figyelembe véve – csak folyamatos teljesítményátadású hidromechanikus kivitelű automata sebességváltó alkalmazásával lehetséges.

1. táblázat: Harckocsiknál alkalmazott sebességváltók fejlődése a motorteljesítmény és a tömeg változásával összefüggésben

Év	Harckocsitípus	Szerk. tömeg (t)	Motor-teljesítmény (kW)	Teljesítmény/tömeg arány (KW/t)	Sebességváltó szerkezete
1939	Pz. II.	9	130	14,44	kézi kapcsolású
1942	Pz. IV.	22	180	8,18	kézi kapcsolású
1944	Pz. V.	45	515	11,44	kézi kapcsolású bolygóműves
1978	Leopard 2A4	55	1103	20,05	hidromechanikus bolygóműves
2010	Leopard 2A7	68	1210	17,8	hidromechanikus bolygóműves

Forrás: Bombay László – Gyarmati József – Turcsányi Károly: Harckocsik 1916-tól napjainkig. Budapest, Zrínyi Kiadó, 1999. 227.

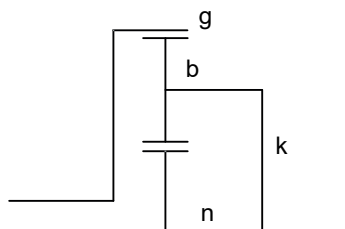
Összességében – a bevezetőben leírtak alapján – a katonai alkalmazói igény és a műszaki fejlődés jelenlegi állása további tág teret enged a hidrodinamikus nyomatékú és a bolygóműves sebességváltók kombinálásával létrejött automata sebességváltók terjedésének, nemcsak a polgári életben, de a katonai – nagy tömegű harcjárművek terepi – alkalmazásban is. Jelen tanulmány ehhez kötődően ismerteti a Leopard 2 harckocsiban is alkalmazott Wilson-kapcsolást, illetve ennek oktatási célú 3D nyomtatott modelljét.

## 2. A bolygómű analitikai alapjai

Az egyszerű bolygóműre érvényes az alábbi, úgynevezett Willis-formula:

$$u_{ng} = \frac{\omega_n - \omega_k}{\omega_g - \omega_k} \quad (1)$$

ahol az indexeket az 1. ábra magyarázza és  $u_{ng}$  a belső áttétel.



1. ábra: Egyszerű bolygómű

Forrás: a szerzők szerkesztése

Megjegyzés: g = gyűrűkerék; b = bolygókerék; n = napkerék; k = bolygókeréktartó karja

Az (1) Willis-formula kanonikus alakja:

$$\omega_n - u_{ng}\omega_g + (u_{ng} - 1)\omega_k = 0 \quad (2)$$

Az egyszerű bolygómű három fékezetető tengellyel rendelkezik. Az áttételt a három esetben a kanonikus alakból úgy lehet meghatározni, ha a megfelelő helyre nullát helyettesítünk.

Fékezett bolygókeréktartó kar esetén  $\omega_k = 0$  amit a (2) egyenletbe behelyettesítve kapjuk:

$$\omega_n - u_{ng}\omega_g = 0 \quad (3)$$

amiből:

$$i_{ng} = \frac{\omega_n}{\omega_g} = u_{ng} \quad (4)$$

Fékezett gyűrűkerék esetén  $\omega_g = 0$ , amit a (2) egyenletbe behelyettesítve kapjuk:

$$\omega_n + (u_{ng} - 1)\omega_k = 0 \quad (5)$$

amiből:

$$i_{nk} = \frac{\omega_n}{\omega_k} = 1 - u_{ng} \quad (6)$$

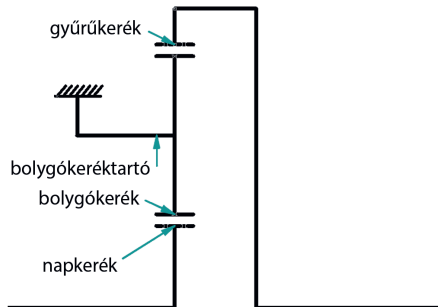
Fékezett napkerék esetén,  $\omega_n = 0$  amit a (2) egyenletbe behelyettesítve kapjuk:

$$u_{ng}\omega_g + (u_{ng} - 1)\omega_k = 0 \quad (7)$$

amiből:

$$i_{gk} = \frac{\omega_g}{\omega_k} = \frac{u_{ng}-1}{u_{ng}} \quad (8)$$

A három lehetséges helyzethez tartozó áttételek meghatározásához a (4), (6), (8) képletek szerint csak  $u_{ng}$  szükséges. A legelső eset alapján, ahol a bolygókeréktartó karja van fékezve, a bolygómű a 2. ábra szerint ábrázolható.



2. ábra: A KB (külső-belső) típusú bolygómű fékezett bolygókeréktartó karral

Forrás: a szerzők szerkesztése

A 2. ábra szerint a bolygómozgás a bolygókeréktartó kar fékezése miatt megszűnik, ezért az áttétele hagyományos homlokkerekes hajtás szerint számítható:

$$i_{ng} = u_{ng} = \frac{\omega_n}{\omega_g} = -\frac{z_g}{z_b} \frac{z_b}{z_n} = -\frac{z_g}{z_n} \quad (9)$$

Az eredményt  $u_o$  jelöléssel a KB típusú bolygómű belső áttételének nevezzük, amely alapján a többi áttétel számítható. A levezetéseket nem részletezve:

$$i_{ng} = u_{ng} = u_o = -\frac{z_g}{z_n} \quad (10)$$

$$i_{nk} = 1 - u_{ng} = 1 - u_o = \frac{z_n + z_k}{z_n} \quad (11)$$

$$i_{gk} = \frac{u_{ng} - 1}{u_{ng}} = \frac{u_o - 1}{u_o} = \frac{z_g + z_k}{z_g} \quad (12)$$

### 3. A bolygómű szabadságfoka

Az egyszerű bolygómű két szabadságfokkal rendelkezik. Amennyiben a három tengely közül az egyik fékezett, akkor a rendszer egy szabadságfokú lesz, és a maradék kettő tengely alkalmassá válik teljesítmény-, illetve nyomatéktovábbításra mindkét irányban.<sup>6</sup>

A szabadságfok számítása:

$$s = 3(n - 1) - 2p_s - p_1 \quad (13)$$

ahol:  $n$ : fogaskerek száma;  $p_2$ : két kötöttségű kinematikai párok száma (csapágycsukások);  $p_1$ : egy kötöttségű kinematikai párok száma (fog érintkezés).

Egyszerű bolygómű esetében:

$$s = 3(5 - 1) - 2 \cdot 4 - 1 \cdot 2 = 2$$

Az egyszerű bolygómű szabadságfoka tehát kettő, a teljesítmény, illetve a nyomaték továbbítható abban az esetben, ha eggyel csökkentjük a szabadságfokok számát, ez megoldható úgy, hogy egy szabadon kiválasztott tengelyt fékezzünk.

A teljesítmény és nyomaték továbbítása lehetséges a szabadságfok csökkentése nélkül. Ennek kettő megoldása van:

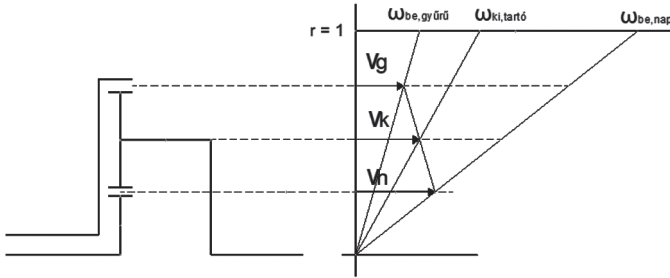
- kettős behajtású és
- kettős kihajtású rendszerek.

Kettős kihajtásra jó példa a differenciálmű, amely kúpogaskerekéből, illetve hengeres fogaskerekéből is összeállítható. Hengeres elrendezésnél a kihajtás a napkeréken és a gyűrűkeréken keresztül történik, a hajtó a bolygókeréktartó. Kúpkerékes megoldásnál a hajtó a differenciálház, amely a tartó szerepét tölti be, a hajtott kerekek a rózsakerekek, amelyek a napkerék, illetve gyűrűkerék szerepét töltik be.

<sup>6</sup> Lévai Zoltán: *Gépjárművek szerkezetana*. Budapest, Tankönyvkiadó, 1978. 432.

Kettős behajtás lehet a napkeréken és a gyűrűkeréken, mint hajtókerekeken keresztül, a hajtott pedig a bolygókeréktartó. A 2. ábrán jól látható, hogy a napkerék állandó kerületi sebessége mellett, a gyűrűkerék kerületi sebességének a növelésével, hogyan nő a bolygókeréktartó kerületi sebessége és ebből adódóan a kimenő szögsebesség.

Kettő szabadságfokkal rendelkező bolygóművet mutat a 3. ábra.



3. ábra: Egyszerű KB típusú bolygómű hajtott nap- és gyűrűkerékkel

Forrás: a szerzők szerkesztése

Kettős behajtású bolygómű esetében, ahol a hajtó a nap- és a gyűrűkerék, és a hajtott a bolygókerék karjának kerületi sebessége, a 3. ábra szerinti Kutzbach-szerkesztésből láthatóan

$$v_k = \frac{v_g + v_n}{2} \quad \text{és} \quad r_k = \frac{r_g + r_n}{2}. \quad (14)$$

A hajtó kerületi sebességeket kifejezve a fordulatszámából és a sugárból:

$$v_k = \frac{v_g + v_n}{2} = \frac{2\pi n_g r_g + 2\pi n_n r_n}{2} = \pi(n_g r_g + n_n r_n). \quad (15)$$

A kar kerületi sebessége és sugara ismeretében a fordulatszám már meghatározható:

$$n_k = \frac{v_k}{2\pi r_k} = \frac{\pi(n_g r_g + n_n r_n)}{2\pi} \frac{2}{r_g + r_n} = \frac{n_g r_g + n_n r_n}{r_n + r_g} = \frac{n_g r_g}{r_n + r_g} + \frac{n_n r_n}{r_n + r_g}. \quad (16)$$

A két számlálót és nevezőt osztva rendre  $r_g$ -vel és  $r_n$ -nel:

$$n_k = n_g \frac{1}{\frac{r_n}{r_g} + 1} + n_n \frac{1}{\frac{r_g}{r_n} + 1} = n_g \frac{i}{i+1} + n_n \frac{1}{i+1} \quad (17)$$

ahol:

$$i = \frac{r_g}{r_n} = \frac{z_g}{z_n}. \quad (18)$$

A gyűrűkerék meghajtásáról legegyszerűbb egy másik bolygómű beépítésével gondoskodni. A 4. ábrán kapcsolt bolygóművekből álló hajtómű látható, ahol a „2” jelzésű bolygómű bolygókeréktartója az „1” jelzésű bolygómű gyűrűkerékével van összekapcsolva. A szerkesztés az F2 fék zárt és az F1 fék nyitott helyzetét ábrázolja. A szerkesztés menete az ábrán látható. A bolygóműves hajtómű az F2 nyitásával és F1 zárásával kikapcsolja a „2” jelzésű bolygóművet, és csak az „1” jelzésű bolygómű áttétele érvényesül.

### 4. Wilson-sebességváltóművek

Egyszerű bolygómu esetében kar fordulatszáma a (17) szerint az

$$n_k = n_3 \frac{i_0}{i_0+1} + n_1 \frac{1}{i_0+1} \tag{19}$$

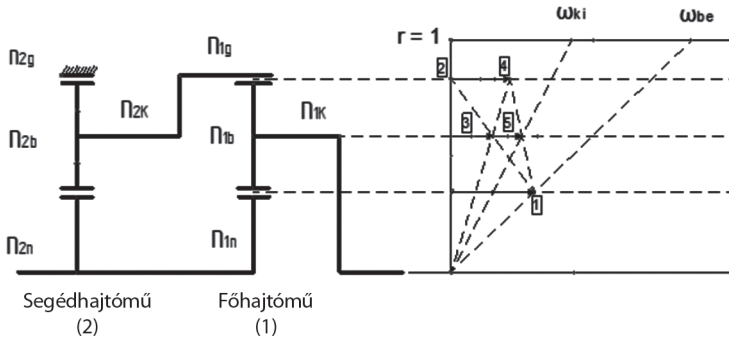
összefüggés alapján számítható.

Kapcsolt bolygómuvek esetében, ahol a segédhajtómű bolygókeréktartója hajtja meg a főhajtómű gyűrűkerékét a karok fordulatszáma az alábbiak szerint számítható:

$$n_{2k} = n_{2g} \frac{i_{2,0}}{i_{2,0}+1} + n_{2n} \frac{1}{i_{2,0}+1} \tag{20}$$

$$n_{1k} = n_{1g} \frac{i_{1,0}}{i_{1,0}+1} + n_{1n} \frac{1}{i_{1,0}+1} \tag{21}$$

A jelöléseket a 4. ábra magyarázza:



4. ábra: Segédhajtóművel meghajtott gyűrűkerék és a kimenő szögsebesség szerkesztése

Forrás: a szerzők szerkesztése

A fő- és segédhajtómű fogaskerekei méretét azonosnak véve – ez a hidromechanikus automata sebességváltó esetében gyakori megoldás –, és a segédhajtómű gyűrűkerékét befékezve a hajtott bolygókeréktartó kar fordulatszáma a következőként írható fel:

$$n_{2k} = n_{1n} \frac{1}{i_{1,0}+1} \tag{22}$$

$$n_{1k} = n_{1g} \frac{i_{1,0}}{i_{1,0}+1} + n_{1n} \frac{1}{i_{1,0}+1}. \tag{23}$$

A segédhajtómű karja meghajtja a főhajtómű gyűrűkerékét, vagyis

$$n_{2k} = n_{1g},$$



A fő- és a segédhajtómű fogaskerekeinek az azonos méretei miatt

$$i_{1,0} = i_{2,0} = \frac{z_{2g}}{z_{2n}} = \frac{z_{1g}}{z_{1n}} = i_0. \quad (24)$$

A hajtó tengely közvetlenül hajtja meg a két napkereket:

$$n_{2n} = n_{1n},$$

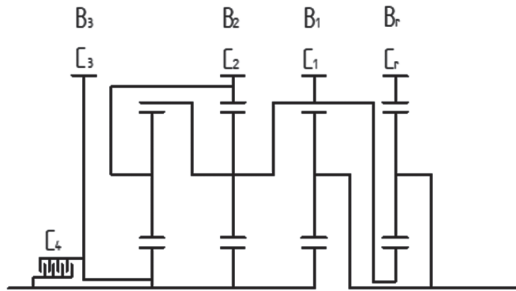
a behelyettesítést elvégezve a hajtott kar fordulatszáma:

$$n_{1k} = \left( n_{1n} \frac{1}{i_0+1} \right) \frac{i_0}{i_0+1} + n_{1n} \frac{1}{i_0+1}, \quad (25)$$

Az egyszerűsítések elvégzését követően:

$$n_{1k} = n_1 \frac{2i_0+1}{(i_0+1)^2} \quad (26)$$

A (26) képlet szerint a 4. ábra szerinti kapcsolású bolygóműves sebességváltó esetében a hajtott fordulatszám ( $n_{1k}$ ) lineárisan arányos a hajtó fordulatszámmal ( $n_1$ ). A hajtás a (26) szerint lassító.

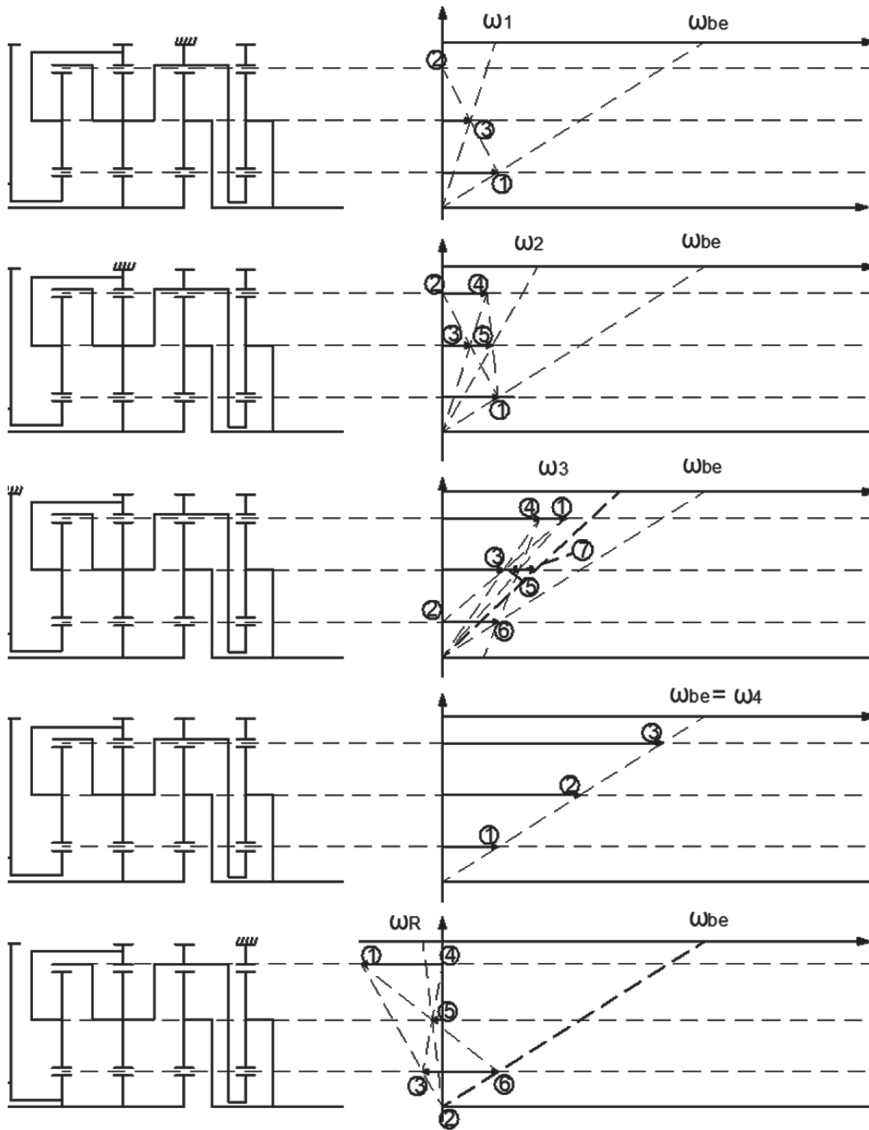


5. ábra: Wilson-sebességváltó

Forrás: a szerzők szerkesztése

Megjegyzés:  $B_i$ :  $i$ -edik bolygómű;  $C_i$ :  $i$ -edik tengelykapcsoló

A kapcsolási elvet felhasználva kettő olyan bolygóműves sebességváltót mutatunk be, amelyet már automata sebességváltó mechanikus részeként felhasználnak. Egy Wilson-váltót mutat az 5. ábra. A sebességváltó négy előremeneti fokozattal és egy hátrameneti fokozattal rendelkezik.



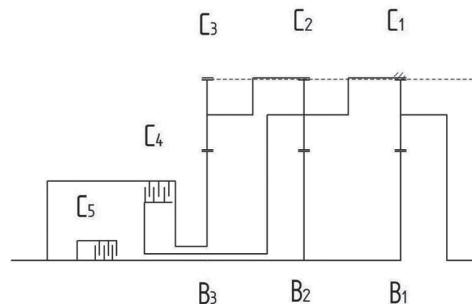
6. ábra: Wilson-váltó Kutzbach-szerkesztése  
 Forrás: a szerzők szerkesztése

A 6. ábra mind az öt kapcsolás grafikus analizisét tartalmazza. Első fokozat kapcsolásakor a C<sub>1</sub> fék van behúzva, ebben az esetben az 5. ábra szerint csak B<sub>1</sub> jelű bolygómű működik, a hajtott tengely szögsebessége szerkesztésének a menete a 6. ábrán jól látható.

A második sebességi fokozat a  $C_2$  fék bekapcsolásával jön létre. A teljesítménytovábbítás a kettős behajtású bolygóműveknél tárgyaltak szerint történik. A szerkesztés első lépéseként a  $B_2$  jelű bolygómű karjának a kerületi sebességét kell szerkeszteni. A hajtó és a fékezett fordulatszámok alapján meghatározható  $B_2$  karjának a kerületi sebessége. A  $B_1$  jelű bolygóműnek így adott lesz mindkét hajtó kerületi sebessége, amiből a hajtott kar és ebből a  $\omega_{ki}$  már szerkeszthető.

A harmadik sebességi fokozat a  $C_3$  fék kapcsolásával történik, ebben az esetben a  $B_1$  a  $B_2$  és a  $B_3$  jelű bolygóművek vannak bekapcsolva. A  $C_3$  fék a  $B_3$  bolygómű napkerekeit rögzíti, de a szerkesztést nem lehet elkezdni a hajtó oldalon, mivel a hajtótengely által meghajtott bolygókerékhez tartozó gyűrűkerék kerületi sebessége nem ismert. A szerkesztés első lépéseként a  $B_3$  gyűrűkeréknek a kerületi sebességét kell felvenni szabadon ①. Felhasználva, hogy a  $B_3$  napkereke fékezett ②, a  $B_3$  bolygómű bolygókeréke segítségével a kar sebessége szerkeszthető ③, ami megadja a  $B_2$  gyűrűkerékének a kerületi sebességét is ④. A  $B_3$  bolygómű gyűrűkeréke a  $B_2$  jelű bolygómű karjához van kötve, ezért a középpontból a  $B_3$  gyűrűkerék vektorához húzott vonal kimetszi a  $B_2$  kar sebességvektorát ⑤. A  $B_2$  jelű bolygómű bolygókerékének már két kerületi sebessége is megvan, ezek segítségével szerkeszthető a hajtó kerületi sebesség ⑥. A rajz alapján  $B_3$  és  $B_1$  gyűrűkeréke azonos kerületi sebességű, amiből a hajtott kerületi sebesség és szögsebesség már szerkeszthető.

A negyedik sebességi fokozat a  $C_4$  tengelykapcsoló bekapcsolásával a bolygóművek rövidzárásával történik. A hátrameneti fokozatnál a  $C_R$  fék van bekapcsolva. A teljesítménytovábbításban a  $B_R$  és a  $B_1$  jelű bolygómű vesz részt. A szerkesztés itt sem kezdhető a hajtótengely ismertnek feltételezett fordulatszáma alapján. Első lépésként a  $B_1$  jelű bolygómű gyűrűkerékéhez tartozó kerületi sebesség van szabadon felvéve ①. A kar a központi tengely körül forog ②, ahol a két pont összekötése adja a hátrameneti napkerék kerületi sebességét ③. A hátrameneti bolygómű gyűrűkeréke fékezve van ④, ezért ennek a bolygókeréknek kettő sebességvektora ismert, amelyek végpontjai összekötése kimetszi a hajtott kar kerületi sebességét ⑤. A vektor végpontját összekötve a középponttal az  $r = 1$  egyenesen a vonal kimetszi a kimenő  $\omega_R$  szögsebességet. A hajtott tengely meghajtja a  $B_1$  kart is, a  $B_1$  bolygókerék két adata így adott, amiből a harmadik, vagyis a hajtó kerületi sebesség és szögsebesség már szerkeszthető ⑥.

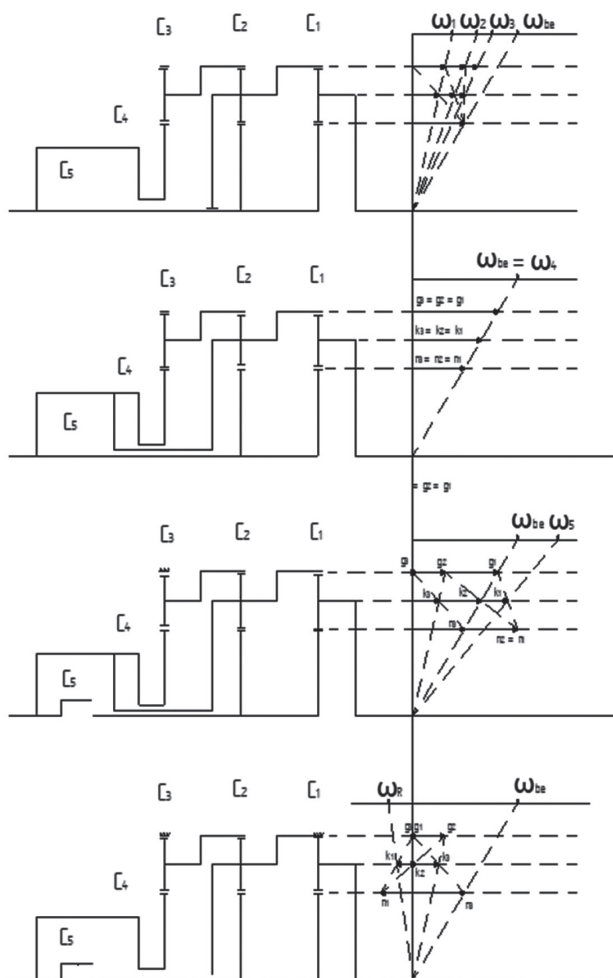


7. ábra: Bolygóműves sebességváltó

Forrás: a szerzők szerkesztése

Megjegyzés:  $B_i$ :  $i$ -edik bolygómű;  $C_i$ :  $i$ -edik tengelykapcsoló

A 7. ábra öt előremeneti és egy hátrameneti fokozattal ellátott többkaros bolygóműves sebességváltóművet mutat, amelynek második és harmadik sebességi fokozata a Wilson-váltónál látható módon kettős behajtással van megoldva.



8. ábra: A sebességi fokozatok kapcsolása

Forrás: a szerzők szerkesztése

A sebességi fokozatok kapcsolása és azok szerkesztése a 8. ábra alapján nyomon követhető.

## 5. Összegzés és következtetések

Napjainkra a hidromechanikus kivitelű automata sebességváltók széles körben elterjedtek, nemcsak a polgári életben, de a katonai alkalmazásban is. Jelen tanulmány az automata sebességváltóban alkalmazott kapcsolt bolygóművek – elsősorban a Wilson-váltó – elemzésére vállalkozott. A tanulmány feltárta és bemutatta az automata sebességváltók bolygóműveivel kapcsolatos összefüggéseket.<sup>7</sup> A Wilson-kapcsolást a Leopard 2 harckocsi sebességváltójában is alkalmazzák. Általános tendencia a NATO által alkalmazott harc- és gépjárműveknél, hogy egyre elterjedtebben alkalmaznak automata sebességváltókat, így a Magyar Honvédség haditechnikai eszközei között is egyre növekvő számban jelennek meg ilyen sebességváltóval felszerelt típusok. A Magyar Honvédség 44 db Leopard 2A7HU harckocsi beszerzésére kötött szerződést a KMW (Krauss-Maffei Wegmann) vállalattal a Zrínyi Honvédelmi és Haderőfejlesztési Program keretében. Az NKE Hadtudományi és Honvédtisztképző Kar Haditechnikai Tanszék elkészítette egy Wilson-rendszerű bolygóműves sebességváltó oktatási célú 3D nyomtatott modelljét annak érdekében, hogy a katonai felsőoktatásban hasznosíthassa (9. ábra).



9. ábra: Az NKE HHK Haditechnikai Tanszéken 3D nyomtatott oktatási célú sebességváltó-modell

Forrás: Dr. Gyarmati József fényképfelvétele

Összességében megállapítható, hogy az automata sebességváltók harcjárműveken való alkalmazásának előnyei, hogy azok:

- a nagy tömegű (55–70 t), nagy teljesítményű motorokkal (1000–1300 kW) felszerelt harcjárművek hajtásláncában adódó nagyobb terhelés elviselésére képesek;
- a harckocsivezető leterheltségét csökkentik;
- lehetségessé vált a folyamatos teljesítménytöbblet, a terhelés alatt kapcsolás, és hogy a kapcsolás közben is továbbítják a motor teljesítményének egy részét;

<sup>7</sup> Terplán Zénó: *Fogaskerék-bolygóművek*. Budapest, Műszaki Könyvkiadó, 1979; illetve Zsáry Árpád: *Gépelemek I.* Budapest, Tankönyvkiadó, 2003.

- a hidrodinamikus nyomatékvtó miatt kialakuló dinamikus terhelések a teljes jármű-hajtáslángra kiterjedően csökkennek;
- alkalmazásával megvalósítható akár több hátrameneti fokozat is, amely jelentős harcászati képesség-növekedést jelent a harcjárművek esetében.
- alkalmazásával a kapcsolás közben nem lassul le, illetve nem áll meg a harcjármű.

A bolygóművek vizsgálata, tanulmányozása, illetve különösen oktatása során igen hasznosnak bizonyult a Kutzbach-szerkesztés alkalmazása.<sup>8</sup> Oktatásmódszertani szempontból – az általános célú elemi bolygómű modellek mellett – hasznosnak bizonyultak a 3D nyomtatással előállított oktatási célú sebességváltó-modellek is.

A TKP2021-NVA-16 számú project az Innovációs és Technológiai Minisztérium Nemzeti Kutatási Fejlesztési és Innovációs Alapból nyújtott támogatással, a Tématerületi Kiválósági Program 2021 TKP2021-NVA pályázati program finanszírozásában valósult meg.

## Felhasznált irodalom

Lastschaltgetriebe HSWL 354 <https://www.renk-group.com/de/produkte-service/produkte/fahrzeugantriebe/fahrzeuggetriebe/hswl-354/>

HSWL 354 <http://www.army-guide.com/eng/product377.html>

Lévai Zoltán: *Gépjárművek szerkezetana*. Budapest, Tankönyvkiadó, 1978.

Zsáry Árpád: *Gépelemek I.* Budapest, Tankönyvkiadó, 2003.

Terplán Zénó: *Fogaskerék-bolygóművek*. Budapest, Műszaki Könyvkiadó, 1979.

Bombay László – Gyarmati József – Turcsányi Károly: *Harckocsik 1916-tól napjainkig*. Budapest, Zrínyi, 1999.

---

<sup>8</sup> Gépjárművek erőátvitel. Lásd: [www.lezo.hu/szerkezettan/hajtas/eroatvitel/eroatvitel.html](http://www.lezo.hu/szerkezettan/hajtas/eroatvitel/eroatvitel.html)

# Tartalom

<b>BALLA TIBOR – PADÁNYI JÓZSEF: <i>Műszaki kiválóságok: Murahidy Gusztáv Győző</i></b>	<b>5</b>
<b>EMBER ISTVÁN: <i>Hatásvizsgálati robbantás kumulatív töltetekkel</i></b>	<b>13</b>
<b>RAKACZKI ISTVÁN: <i>Csehszlovák erődítések 1933–1938</i></b>	<b>25</b>
<b>KUTASSY EMESE: <i>Topográfiai térképek megbízhatósága terepmodell előállításához</i></b>	<b>49</b>
<b>NAGY RUDOLF: <i>Szerves foszforsavészter-alapú idegméreg a növényvédelemben</i></b>	<b>71</b>
<b>ÁDÁM BALÁZS – EMBER ISTVÁN: <i>Béléstestek készítésének technikai lehetőségei alacsony sűrűségű anyagból</i></b>	<b>101</b>
<b>GYARMATI JÓZSEF – HEGEDŰS ERNŐ – GÁVAY GYÖRGY: <i>Automata sebességváltóban alkalmazott kapcsolt bolygóművek – Wilson-váltó</i></b>	<b>113</b>