



## ZASTRIEĽANIE A OPRAVOVANIE ÚČINNEJ STREĽBY DELOSTRELECTVA V SÚLADE SO ŠTANDARDAMI NATO V PODMIENKACH OS SR - SPRACOVANIE PRAVOUHĽÝCH OPRÁV NA MIESTE RIADENIA PAĽBY

### APPLICATION OF NATO PROCEDURES FOR ADJUSTMENT OF GROUND BASED ARTILLERY FIRE IN THE ARMED FORCES OF THE SLOVAK REPUBLIC - TARGET GRID CORRECTIONS PROCESSING AT THE FIRE DIRECTION CENTRE

Michal VAJDA, Tomáš DEMETER

#### HISTÓRIA ČLÁNKU

Doručený: 11. 10. 2022

Schválený: 12. 12. 2022

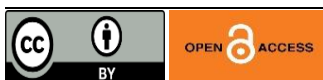
Vydaný: 31. 12. 2022

#### ABSTRACT

In order to provide timely, effective and safe fire support for manoeuvre units, NATO member states agreed to use common procedures when processing fire missions in multi-national operations. The aim of this article was to analyse the possibilities of current national procedures used at the Fire Direction Centre of an artillery unit when processing fire missions adjusted by NATO agreed Target Grid Adjustments. After discovering significant limitations of national procedures, creative analysis was conducted and two analytical and one graphical method of processing adjustments of artillery fire were introduced and described. Suitability and accuracy of these methods were compared and conclusions were drawn for their use in different computing equipment availability conditions.

#### KEYWORDS

artillery, indirect fire, adjustment of artillery fire, target grid corrections



© 2021 by Author(s). This is an open access article under the Creative Commons Attribution International License (CC BY). <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>

## ÚVOD

Článok je pokračovaním článku uverejneného v predchádzajúcom čísle časopisu. Cieľom článku je identifikovať postupy využiteľné na spracovanie pravouhlých opráv (target grid corrections) hlásených pozorovateľom v súlade s postupmi stanovenými NATO (AArtyP-01, 2021) na mieste riadenia paľby delostreleckej jednotky OS SR. Takéto postupy sú nevyhnutné pri vykonávaní zastriehania alebo opravovania účinnej streľby v prostredí medzinárodnej operácie a umožnia národnému miestu riadenia paľby spolupracovať

s ľubovoľným pozorovateľom pracujúcim podľa štandardov NATO. V súčasnosti platný predpis o pravidlách streľby a riadení paľby pozemného delostrelectva OS SR (Del-2-1, 2010), ktorý stanovuje metódy určovania opráv prvkov streľby, sa interoperabilitou s NATO nezaobrá. (Vajda, 2022)

Pri hľadaní vhodných postupov na spracovanie pravouhlých opráv bola najprv vykonaná analýza možnej použiteľnosti súčasných metód na určovanie opráv prvkov streľby stanovených predpisom Del-2-1. Z dôvodu ich prevažujúcej nevhodnosti bola následne vykonaná hlbšia, tvorivá analýza, s cieľom identifikovať analytické a grafické postupy určovania opráv prvkov streľby vhodne využiteľné pri spolupráci s pozorovateľom dodržiavajúcim postupy NATO. Počas analýzy metód bola posudzovaná ich vhodnosť na základe dosahovanej presnosti, výpočtovej náročnosti a boli vyvedené závery pre použitie jednotlivých metód vo vojenskej praxi.

## 1 OPRAVY PRVKOV STREĽBY NA ZÁKLADE PRAVOUHLÝCH OPRAV

Štandardy NATO nestanovujú akým spôsobom miesto riadenia paľby delostreleckej jednotky (Fire Direction Centre - FDC) spracuje informácie o priebehu zastrieľania prijímané od pozorovateľa. Avšak stanovuje formát, v akom pozorovateľ tieto informácie FDC odovzdáva. Tento formát vo väčšine prípadov nie je z pohľadu pravidiel streľby platných v OS SR použiteľným vstupom do procesu určovania opráv prvkov streľby.

NATO definuje 2 spôsoby hlásenia opráv streľby pozorovateľom:

- pomocou pravouhlých opráv (Target Grid Adjustment, Target Grid Corrections),
- pomocou polárnych súradníc výbuchu (Laser Range Finder Adjustment).

Pravouhlé opravy sa vyžívajú pri zastrieľaní rámovaním (Target Grid Procedure) aj pri zastrieľaní laserovým diaľkomerom (Laser Range Finder Procedure) pri použití prístroja so špeciálnym softvérom schopným určovať pravouhlé opravy. Opravy pomocou polárnych súradníc výbuchu sa využívajú len pri zastrieľaní laserovým diaľkomerom bez takéhoto programového vybavenia, na ich spracovanie je možné aplikovať postupy popísané v predpise Del-2-1 a tento článok sa nimi ďalej nezaobrá.

Nespornou výhodou využívania pravouhlých opráv je to, že nie sú nijako závislé na polohe pozorovateľa. Jedinými vstupnými údajmi, ktoré FDC pri zastrieľaní potrebuje pre určenie opráv prvkov streľby, sú hodnoty pravouhlých opráv a hodnota smerníka vzťažného smeru. Najčastejšie je za vzťažný smer určený smerník cieľa (OT line).

Pravidlá streľby platné v OS SR sú však koncipované tak, že FDC pri určovaní opráv prvkov streľby hlási odchýlky (spottings), ktoré sú závislé na polohe pozorovateľa (s výnimkou špecifického prípadu zastrieľania s využitím vrtuľníka). V smere sú definované uhlovou odchýlkou výbuchu od cieľa z pohľadu pozorovateľa. FDC prijímajúce opravy vo formáte NATO ich dokáže v súlade s Del-2-1 spracovať len graficky, aj to s obmedzeniami, vid' tabuľka 1:

Tabuľka 1 Využitelnosť metód určovania opráv prvkov streľby pri opravách prijatých vo formáte NATO

Metóda určovania opráv prvkov streľby stanovená predpisom Del-2-1	Využitelnosť na spracovanie opráv hlásených vo formáte stanovenom v AArtyP-01
Na počítači	Nie*
Výpočtom (pri veľkosti pozorovacieho uhla do 5-00 dielcov)	Nie
Graficky na prístroji pre riadenie paľby	Áno – s obmedzením**
Na delostreleckom sčítači	Nie
<p><u>Legenda:</u>  * - v OS SR nie sú na miestach riadenia paľby zavedené počítače ani softvér na určovanie opráv prvkov streľby a nie je tak možné posúdiť využitelnosť tejto metódy  ** - prístroje na riadenie paľby zavedené v OS SR neboli konštrukčne predurčené pre zakresľovanie opráv prijatých vo formáte NATO, preto je nutná improvizácia a postup je zdĺhavejší</p>	

Zdroj: Del-2-1, 2010

V prípade, že by FDC disponovalo údajom o polohe pozorovateľa, alebo ak by pozorovateľ oznámil okrem smerníka cieľa aj pozorovaciu vzdialenosť, FDC by dokázalo pravouhlé opravy spätne previesť na odchýlky, tak ako sú definované v Del-2-1. Bolo by tak schopné aj v NATO prostredí určovať opravy prvkov streľby všetkými spôsobmi stanovenými v OS SR. Avšak tieto informácie podľa pravidiel NATO pozorovateľ palebnej jednotke neodovzdáva. Prevod pravouhlých opráv na pozorovania by bol krok navyše. Celý proces určovania opráv prvkov streľby by sa tak predĺžil a zvýšilo by sa riziko vzniku chýb (vrátane hrubých chýb, ako napríklad možnej zámery polohy cieľa a pozorovateľne).

## 2 METÓDY NA URČOVANIE OPRÁV PRVKOV STREĽBY

Prvotná analýza metód určovania opráv prvkov streľby stanovených súčasnými pravidlami streľby platnými v OS SR (tabuľka 1) poukázala na ich výrazne obmedzené možnosti použitia pri spracovaní pravouhlých opráv vo formáte stanovenom v AArtyP-01. Navrhnuté a analyzované teda boli ďalšie, vhodnejšie metódy využiteľné na miestach riadenia paľby na výpočet opráv prvkov streľby v prostredí NATO.

### 2.1 Analytické metódy na určovanie opráv prvkov streľby

Jedná sa o najpresnejšie metódy, založené na matematických vzťahoch. Ich výhodou je vysoká presnosť, limitovaná spravidla len chybami zaokrúhľovania. Nevýhodami sú zložitosť výpočtov, ktoré často krát nie je možné vykonať spamäti a riziko vzniku hrubých chýb, spôsobených napríklad únavou alebo nepozornosťou. (Ivan a kol., 2021, Mušinka – Uchal, 2021)

### 2.1.1 Metóda hlavných geodetických úloh

S využitím prvej a druhej hlavnej geodetickej úlohy (Del-6-3, 2012) je možné vypočítať opravy prvkov streľby s presnosťou, ktorá pre praktické využitie nie je zaťažovaná žiadnymi chybami. Postup výpočtu je možné rozdeliť do štyroch nasledovných krokov:

1. krok - výpočet pravouhlých súradníc výbuchu:

$$E_V = E_C + \sin\alpha_{vs} \times \Delta D_{poz} + \cos\alpha_{vs} \times \Delta S_{poz} \quad (1)$$

$$N_V = N_C + \cos\alpha_{vs} \times \Delta D_{poz} + \sin\alpha_{vs} \times \Delta S_{poz} \quad (2)$$

kde:

$E_V, N_V$  – pravouhlé súradnice výbuchu

$E_C, N_C$  – pravouhlé súradnice cieľa

$\alpha_{vs}$  – smerník vzťažného smeru

$\Delta D_{poz}$  – pravouhlá oprava diaľky určená pozorovateľom

$\Delta S_{poz}$  – pravouhlá oprava smeru určená pozorovateľom

2. krok - výpočet topografickej diaľky výbuchu:

$$D_t^V = \sqrt{(E_V - E_B)^2 + (N_V - N_B)^2} \quad (3)$$

kde:

$D_t^V$  – topografická diaľka výbuchu (z palebného postavenia)

$E_B, N_B$  – pravouhlé súradnice palebného postavenia

3. krok - výpočet smerníka na výbuch:

- výpočet pomocného uhla:

$$\alpha' = \tan^{-1} \frac{E_V - E_B}{N_V - N_B} \quad (4)$$

kde:

$\alpha'$  – pomocný uhol

Tabuľka 2 Prevod pomocného uhla na smerník na výbuch

Prevod $\alpha'$ na $\alpha_V$	$N_V - N_B$	$E_V - E_B$	Kvadrant
$\alpha_V = \alpha'$	+	+	I.
$\alpha_V = 180^\circ - \alpha'$	-	+	II.
$\alpha_V = 180^\circ + \alpha'$	-	-	III.
$\alpha_V = 360^\circ - \alpha'$	+	-	IV.

Zdroj: Del-6-3, 2012

kde:

$\alpha_V$  – smerník na výbuch (z palebného postavenia)

4. krok – výpočet opráv prvkov streľby:

$$\Delta D_{bat} = D_t^C - D_t^V \quad (5)$$

$$\Delta S = \alpha_S - \alpha_V \quad (6)$$

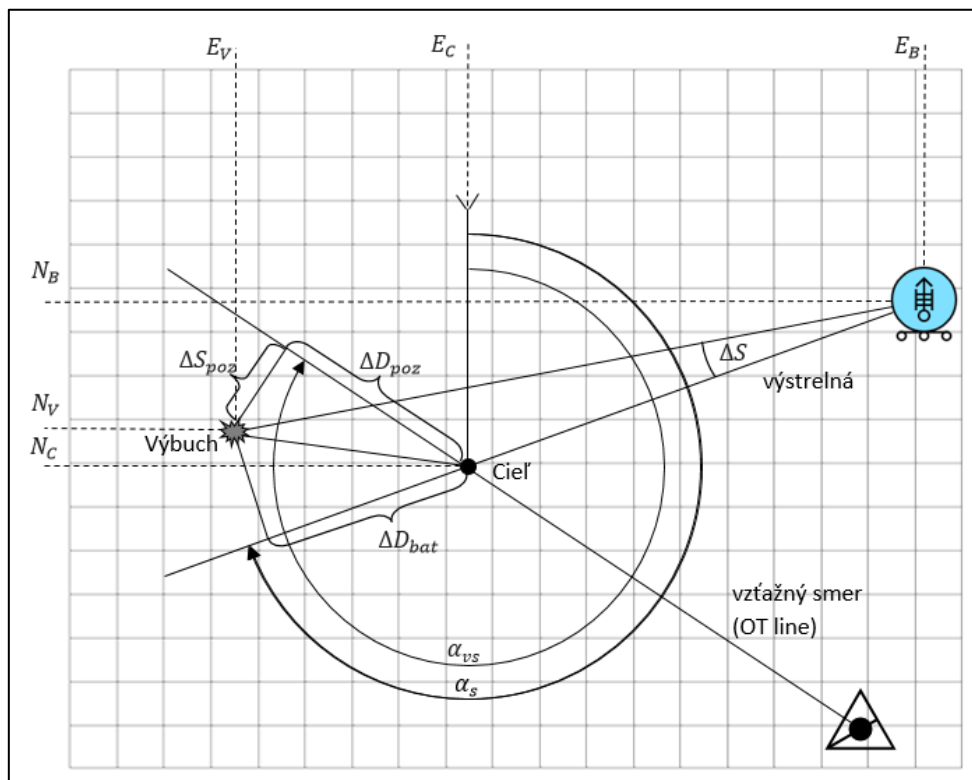
kde:

$\Delta D_{bat}$  – oprava diaľky streľby (v metroch)

$D_t^C$  – topografická diaľka cieľa (z palebného postavenia)

$\Delta S$  – oprava smeru streľby (v dielchoch)

$\alpha_S$  – smerník streľby



Obrázok 1 Schematické znázornenie premenných pri určovaní opráv pomocou hlavných geodetických úloh

Zdroj: vlastné spracovanie

Výkonnosť súčasných výpočtových prostriedkov umožňuje všetky kroky vykonať automaticky a určiť výsledok prakticky okamžite. V prípade nedostupnosti alebo nefunkčnosti počítača na určovanie prvkov streľby je možné tento postup využiť aj na „ručný“ výpočet opráv prvkov streľby pomocou bežnej kalkulačky. V tom prípade by však bolo nutné v priebehu celého procesu vykonať až 25 matematických operácií a vložiť hodnoty až 23 premenných.

### 2.1.2 Zjednodušená analytická metóda

Za účelom minimalizácie počtu matematických operácií a počtu zadávaných premenných bol pre potrebu „ručného“ výpočtu navrhnutý a analyzovaný nasledujúci postup:

1. krok – výpočet veľkosti vektora opráv

$$|\vec{v}| = \sqrt{\Delta S_{poz}^2 + \Delta D_{poz}^2} \quad (7)$$

kde:

$|\vec{v}|$  – veľkosť vektora opráv

2. krok – výpočet smerníka vektora opráv

– výpočet uhla vektora opráv vzhľadom k vzťažnému smeru:

$$\beta = \tan^{-1} \frac{\Delta S_{poz}}{\Delta D_{poz}} \quad (8)$$

kde:

$\beta$  – uhol vektora opráv vzhľadom k vzťažnému smeru

Tabuľka 3 Prevod uhla vektora opráv na smerník vektora opráv

	$\Delta S_{poz}$	$\Delta D_{poz}$	$\alpha_{\vec{v}}$
Ak pozorovateľ hlásil opravy smeru aj diaľky	Doľava (Left)	Menej (Drop)	$\alpha_{\vec{v}} = \alpha_{vS} + \beta$
	Doľava (Left)	Viac (Add)	$\alpha_{\vec{v}} = \alpha_{vS} \pm 180^\circ - \beta$
	Doprava (Right)	Viac (Add)	$\alpha_{\vec{v}} = \alpha_{vS} \pm 180^\circ + \beta$
	Doprava (Right)	Menej (Drop)	$\alpha_{\vec{v}} = \alpha_{vS} - \beta$
Ak pozorovateľ hlásil len opravy smeru alebo len opravy diaľky	Doprava (Right)	-	$\alpha_{\vec{v}} = \alpha_{vS} + 270^\circ$
	Doľava (Left)	-	$\alpha_{\vec{v}} = \alpha_{vS} + 90^\circ$
	-	Viac (Add)	$\alpha_{\vec{v}} = \alpha_{vS} + 180^\circ$
	-	Menej (Drop)	$\alpha_{\vec{v}} = \alpha_{vS}$

Zdroj: Vlastné spracovanie

kde:

$\alpha_{\vec{v}}$  – smerník vektora opráv

3. krok – výpočet uhla vektora opráv vzhľadom k výstrelnej rovine

$$\gamma = \alpha_{\vec{v}} - \alpha_S \quad (9)$$

kde:

$\gamma$  – uhol vektora opráv vzhľadom k výstrelnej rovine v rozsahu od  $-180^\circ$  do  $+180^\circ$  (pri výsledku menšom ako  $-180^\circ$  je potrebné pripočítať  $360^\circ$ )

4. krok – výpočet opráv prvkov streľby

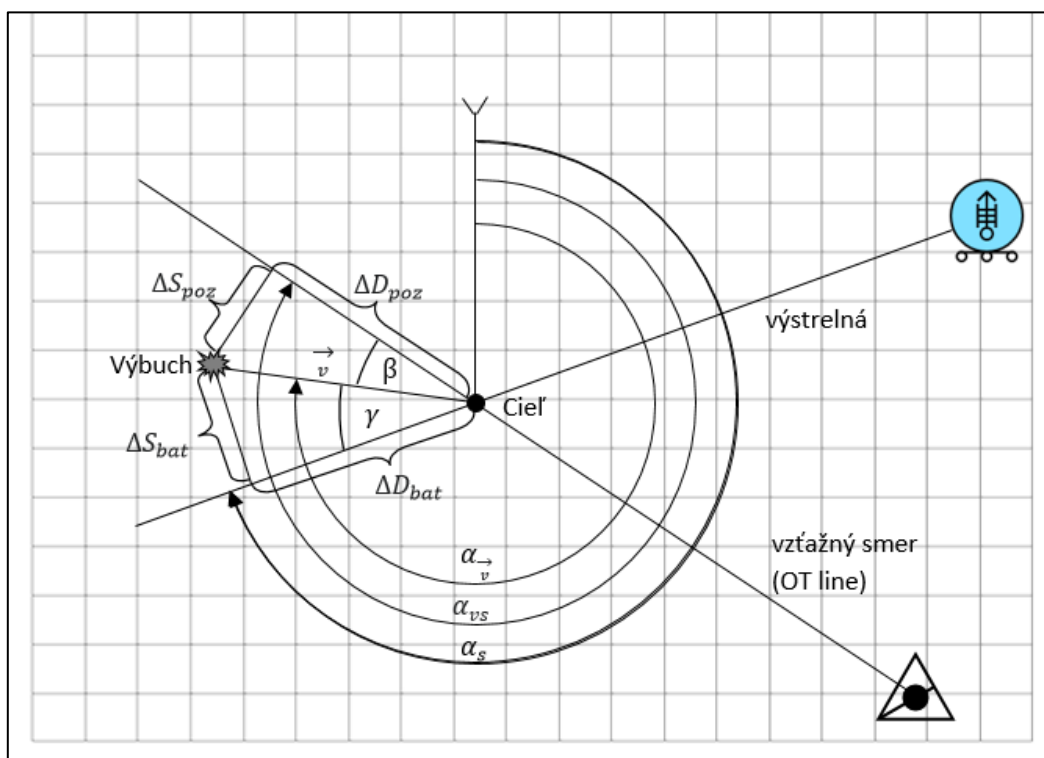
$$\Delta D_{bat} = \vec{v} \times \cos \gamma \quad (10)$$

$$\Delta S_{bat} = \vec{v} \times \sin \gamma \quad (11)$$

$$\Delta S = \frac{\Delta S_{bat}}{0,001 D_t^c} \times 0,95 \quad (12)$$

kde:

$\Delta S_{bat}$  – oprava smeru streľby (v metroch)



Obrázok 2 Schematické znázornenie premenných pri určovaní opráv zjednodušenou analytickou metódou

Zdroj: vlastné spracovanie

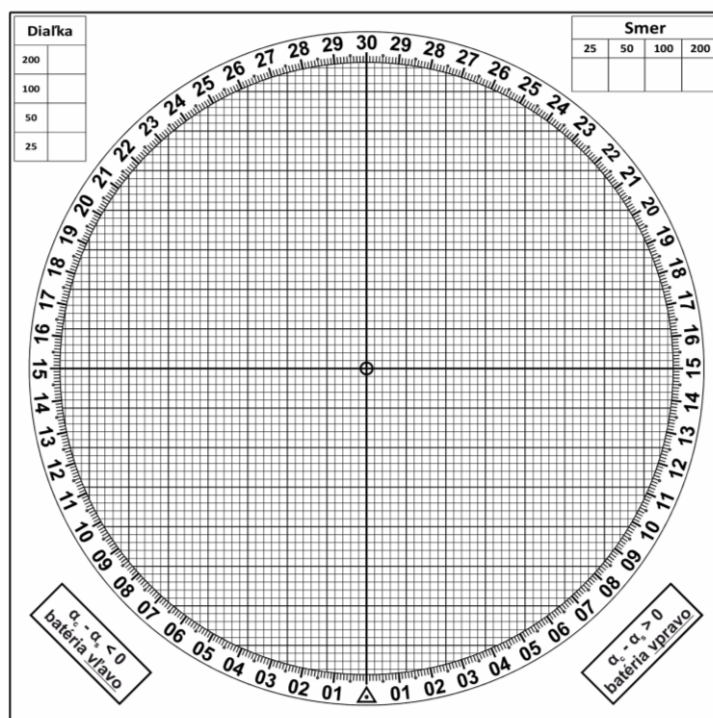
V závislosti na znakoch pozorovania, smerníku vzťažného smeru a smerníku streľby postup vyžaduje 13 až 16 matematických operácií so zadaním 13 až 16 premenných, čo je výrazne menej úkonov oproti metóde hlavných geodetických úloh. Pri výpočte matematických operácií pomocou kalkulačky sú chyby použitej metódy pre praktické využitie zanedbateľné.

## 2.2 Grafické metódy určovania opráv prvkov streľby

Grafické metódy určovania prvkov streľby sú jednoduché, názorné a výskyt hrubých chýb, vďaka ich názornosti, je pri nich minimalizovaný. Určovanie prvkov streľby a ich opráv graficky, pomocou prístroja na riadenie paľby (PUO) je aj jedným zo spôsobov uvedených v súčasnom predpise Del-2-1. Na prístroji je možné vyniesť polohu výbuchu aj pomocou pravouhlých opráv používaných v NATO, prístroj však pôvodne nebol pre takýto spôsob využitia konštruovaný. Vynesenie polohy výbuchu je zdĺhavejšie než pri doteraz využívanom formáte hlásenia odchýlok výbuchov, pre ktorý bol sovietsky prístroj navrhnutý. Bola preto analyzovaná alternatívna, vhodnejšia grafická metóda.

### 2.2.1 Grafická metóda „DEMOTOČ“

Na rýchle, jednoduché a presné určenie opráv prvkov streľby na základe pravouhlých opráv výbuchov hlásených pozorovateľom je účelné využiť pomôcku, ktorá umožňuje vynesenie polohy výbuchu vzhľadom k cieľu a vzťažnému smeru a po pootočení rysovky vypočítať pravouhlé opravy platné pre palebné postavenie. Špecialisti palebnej podpory OS SR už niekoľko rokov takúto alternatívnu pomôcku, známu pod názvom DEMOTOČ, úspešne využívajú. Princiálne vychádza z pomôcky Target Grid (TC 3-09.81., 2016). Pri vzdialenosti výbuchu od cieľa do 400 metrov je možné pre prácu s pomôckou zvoliť takú mierku, ktorá umožňuje dosahovať presnosť určenia opráv prvkov streľby v diaľke aj smere s pravdepodobnou chybou len 5 metrov.

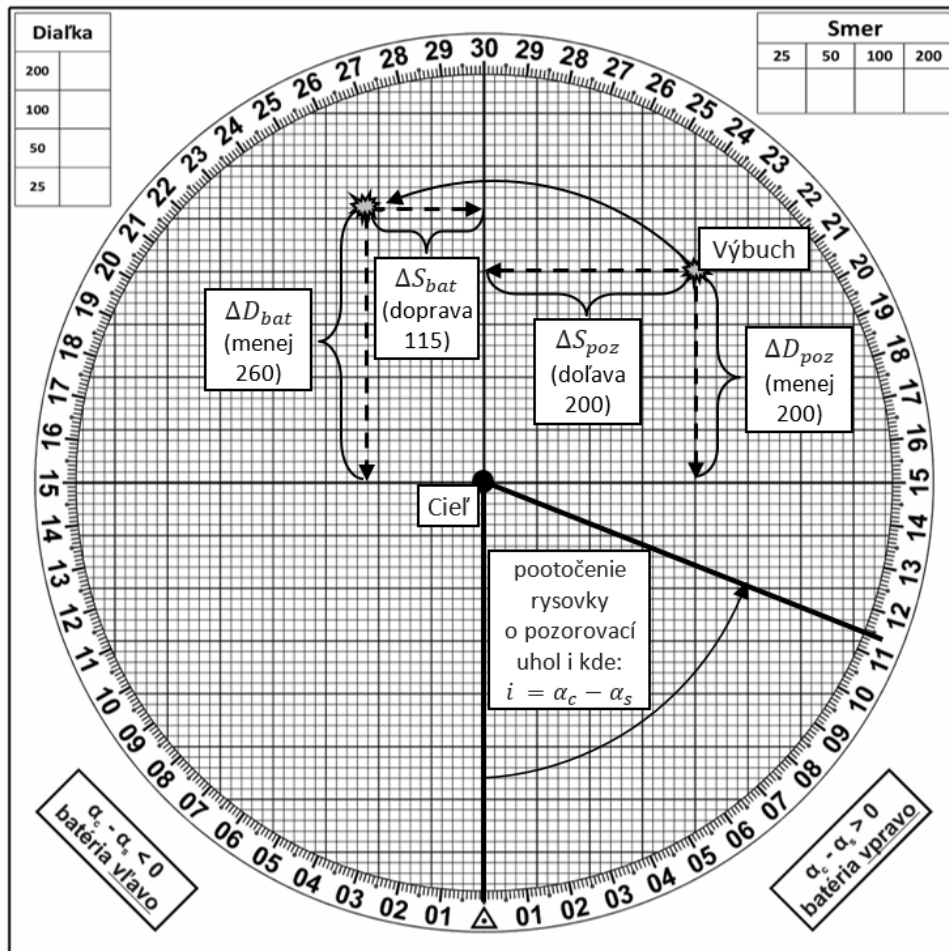


Obrázok 3 Pomôcka na určovanie opráv prvkov streľby „DEMOTOČ“ – otočná rysovka

Zdroj: vlastné spracovanie



Pomôcka DEMOTOČ obsahuje aj pomocné tabuľky pre prevod opráv prvkov streľby v metroch na opravy v hodnotách priamo nastaviteľných na mieridlách diel. Jej použitie je jednoduché, rýchle a chyby grafických prác nie sú väčšie, než na prístroji na riadenie paľby PUO. (DěI-55-26, 1981)



Obrázok 4 Princíp určenia pravouhlých opráv prvkov streľby, z pravouhlých opráv hlásených pozorovateľom, na otočnej rysovke prístroja „DEMOTOČ“

Zdroj: vlastné spracovanie

## ZÁVER

Pri analýze metód na určovanie opráv prvkov streľby zavedených v OS SR autori zistili, že tieto sú na mieste riadenia paľby, pri spolupráci s pozorovateľom pracujúcim v súlade so štandardami NATO, využitelné len vo výrazne obmedzenej miere. Je to spôsobené formátom hlásenia opráv, keď podľa aliančnej doktríny AArtyP-01 pozorovateľ hlási opravy vo väčšine prípadov vo forme pravouhlých opráv diaľky a smeru, pričom obe veličiny udáva v metroch.

Z toho dôvodu boli identifikované a navrhnuté tri možné metódy využiteľné v praxi: 1. metóda hlavných geodetických úloh, 2. zjednodušená analytická metóda 3. grafická metóda „DEMOTOČ“. Po ich analýze boli vyvedené tieto závery:

- všetky tri metódy sú univerzálne použiteľné nezávisle na veľkosti pozorovacieho uhla. Zároveň presnosť všetkých troch metód je dostatočná pre použitie v praxi a žiadna z nich nezanáša do procesu určovania opráv prvkov streľby chyby väčšie, než prípustné v zmysle pravidiel streľby (Del-2-1, 2010, Varecha – Mušinka, 2019),
- pre použitie v počítačoch na určovanie prvkov streľby je vhodné použiť metódu hlavných geodetických úloh,
- v prípade nedostupnosti alebo nefunkčnosti počítačov na určovanie prvkov streľby používať grafickú metódu „DEMOTOČ“. Analytické metódy, vrátane zjednodušenej analytickej metódy, využívať len v prípade nedostupnosti grafickej metódy a z dôvodu vysokého rizika hrubých chýb podmieňovať ich použitie nezávislým kontrolným výpočtom,
- je žiadúce čo najrýchlejšie dokončiť proces implementácie postupov NATO do OS SR (Kompan – Hrnčiar, 2021). Využívanie rôznych postupov a merných jednotiek pre prácu v národnom a medzinárodnom prostredí znásobujú riziko vzniku hrubých chýb a zvyšujú záťaž zodpovedného personálu.

## ZOZNAM BIBLIOGRAFICKÝCH ODKAZOV

- AARtyP-01. *NATO joint fire support (JFS) procedures for land operations*. Edition D, Version 1. NSO. 2021.
- Del-2-1. *Vojenský predpis o pravidlách streľby a riadenia palby pozemného delostrelectva (delo, čata, batéria, oddiel)*. Bratislava : Generálny štáb ozbrojených síl Slovenskej republiky, 2010, 159 s.
- Del-6-3. *Vojenský predpis o delostreleckom prieskume*. Bratislava : Generálny štáb ozbrojených síl Slovenskej republiky, 2012, 244 s.
- Děl-55-26. *Střelba a řízení palby pozemního dělostřelectva, učebnice*. Praha 1981, 853 s.
- IVAN, J., ŠUSTR, M., BLAHA, M., HAVLÍK, T. Evaluation of Possible Approaches to Meteorological Techniques of Artillery Manual Gunnery after the Adoption of Automated Fire Control System. *Vojenské rozhledy*. 2021, 30 (3), 075-092. ISSN 1210-3292. DOI:10.3849/2336-2995.30.2021.03.075-092
- KOMPAN, J. - HRNČIAR, M. Security force assistance advisory team – inputs and outcomes. *Vojenské rozhledy*. 2021, 30 (2), 055-069. ISSN 1210-3292 (print), 2336-2995 (online). DOI: 10.3849/2336-2995.30.2021.02.055-069
- MUŠINKA, M. – UCHAĽ, M. 2021. DELOSYS prostriedok velenia, automatizovaného riadenia palby a prieskumu delostrelectva Ozbrojených síl Slovenskej republiky. In *New Approaches*

*to State Security Assurance: 15th Annual Doctoral Conference proceedings.* Brno : Univerzita obrany v Brne, s. 154-162. ISBN 978-80-7582-104-1.

TC 3-09.81. *Field artillery manual cannon gunnery.* Washington: Hedquarters, Department of the army, 2016.

VAJDA, M. 2022. Zastrieľanie a opravovanie účinnej streľby delostrelectva v súlade so štandardami NATO v podmienkach OS SR - určovanie pravouhlých opráv pozorovateľom. In *Vojenské reflexie*. Roč. XVII, č. 1, 2019, s. 108-130. ISSN 1336-9202. DOI: <https://doi.org/10.52651/vr.a.2022.1.108-130>

VARECHA, J. – MUŠINKA, M. 2019. Vplyv použitia rôznych spôsobov topografického a geodetického pripojenia na presnosť úplnej prípravy prvkov pre streľbu delostreleckých zbraňových systémov. In *Vojenské reflexie*. Roč. XIV, č. 2, 2019. s. 6.-35. ISSN 1336-9202.

mjr. Ing. Michal VAJDA

Externý doktorand katedry bezpečnosti a obrany

Akadémia ozbrojených síl generála Milana Rastislava Štefánika

Demänová 393, 031 01 Liptovský Mikuláš

+421 960 423 162

[michal.vajda@aos.sk](mailto:michal.vajda@aos.sk)

nrtm. Tomáš DEMETER

Veliaci poddôstojník 12. mechanizovaného práporu Nitra

Novozámocká 1, 949 01 Nitra

+421 960 372 215

[tomas.demeter@mil.sk](mailto:tomas.demeter@mil.sk)