

Vrednotenje sledi orožja na tulcih nabojev izvršenih iz novo izdelanih pištol Arex Delta M Gen.2

Sašo Murtič¹, Katarina Walland², Matej Trapečar³

Med streljanjem površine orožja pustijo odtis na površinah izstrelkov. S preiskavo in primerjavo individualnih sledi orožja na izstrelkih lahko ustrezno usposobljen preiskovalec poveže izstrelke z orožjem, iz katerega so bili izstreljeni. Individualne značilnosti sledi orožja so edinstvene. Nastanejo med izdelavo in rabo orožja, pri čemer je praktično nemogoče, da bi jih našli na drugem orožju. Ker besedna zveza »praktično nemogoče« nima matematične ali druge podlage, jo je treba empirično preverjati. Hkrati se postopki izdelave orožja spreminjajo in izboljšujejo, prav tako orodje postaja vedno bolj odporno proti obrabi, zato je predvidevano, da je možnost edinstvenosti manjša. V raziskavi smo preverili, ali lahko pravilno medsebojno povežemo tulce nabojev, izvršenih iz novo izdelanih pištol Arex Delta M Gen.2. Vzeli smo deset pištol iz dveh različnih lotov. Pištolo so bile izdelane v razmeroma bližnjem sosledju, nekateri zaklepi orožja pa so bili izdelani celo zaporedno, zato smo lahko preverjali tudi morebitne podrazredne značilnosti. Preiskave in primerjave smo opravili z avtomatiziranim balističnim identifikacijskim sistemom Evofinder®. Najprej smo med seboj vizualno primerjali tulce nabojev iz istih pištol in ugotovili, da imajo dovolj individualnih značilnosti, da smo jim lahko pripisali isti izvor oziroma verjetno isti izvor. Nato smo primerjali tulce nabojev, izvršenih iz preostalih pištol istega lota, za katere smo lahko potrdili, da se sledi orožja ne ujemajo oziroma verjetno ne ujemajo. Za vsak tulec smo zagnali algoritem avtoidentifikacije in spremljali, na katero mesto ujemanja razvrsti tulce, izvršene iz iste pištolo. Ugotovili smo, da ni samoumevno, da bo sistem tulce nabojev, izvršenih iz iste pištolo, razvrstil na prva mesta ujemanja, še manj pa, da jim bo sam pripisal isti izvor.

Ključne besede: Arex Delta, Evofinder, forenzika, sledi orožja, tulec naboja

UDK: 343.983

1 Uvod

Streljanje je dinamičen proces, med katerim se zaradi delovanja velikih sil površine orožja (trši material) odtisnejo na površine tulca in krogle naboja (mehkejši material). Te sledi orožja delimo na razredne, podrazredne in individualne. Razredne so odvisne od konstrukcije orožja in so definirane že pred izdelavo orožja (Association of Firearm and Tool Mark Examiners, 2021; Nacionalni forenzični laboratorij, 2022). Pri krogli naboja so to značilnosti cevi orožja, in sicer usmerjenost, število in tip žlebov (Nacionalni forenzični laboratorij, 2022), pri tulcu naboja pa je teh sledi več, ker se na tulec odtisne več delov orožja, kot so izmetalo, izvlekač, čelo in dno zaklepa, ležišče naboja in odprtina izmeta (Monturo, 2019). Pomembna je njihova obli-

ka in medsebojna korelacija (Nacionalni forenzični laboratorij, 2022). V raziskavi smo se bolj posvetili individualnim in podrazrednim značilnostim. Podrazredne značilnosti nastanejo med izdelavo orožja kot posledica izdelave dela orožja z istim orodjem z enako obrabo ali na primer s kalupom z napako, zato ima lahko več zaporedno izdelanih delov orožja enako površino (Giverts in Kokin, 2020; Monturo, 2019). Te sledi so za preiskave zavajajoče, saj dajejo videz individualnosti (Monturo, 2019). Individualne sledi orožja so namreč ključne nepravilnosti na površinah orožja. Nastanejo med izdelavo kot posledica obrabe orodja ali drugih nepravilnosti na orodju oziroma nepravilnosti med samim postopkom izdelave. Te nepravilnosti se prenesejo na orožje, z orožja pa na tulec in kroglo naboja. Nastajajo pa tudi med rabo orožja, ko se vanj posega, na primer zdrsnine zaradi čiščenja orožja, prisotni delci in nečistoče v orožju, korozija na površini orožja in podobno (Association of Firearm and Tool Mark Examiners, 2021). Tulca ali krogli naboja, izstreljeni iz istega orožja, nosita enake individualnosti sledi orožja, ki so enakih vzorcev, oblik, relativnih višin in globlin ter na enakih medsebojnih korelacijah (Nacionalni forenzični laboratorij, 2022). Individualnosti morajo biti zadostne kvalitete in kvantitete, da lahko trdimo, da je praktično nemogoče, da bi jih našli pri drugem orožju (Association of Firearm and Tool Mark Examiners, 2021). Praktično nemogoče je besedna

¹ Dr. Sašo Murtič, izredni profesor za pravo in logistiko, Fakulteta za industrijski inženiring in Fakulteta za informacijske študije Novo mesto, Slovenija. ORCID: 0000-0002-2959-6309. E-pošta: saso.murtic@fni-unm.si

² Katarina Walland, Nacionalni forenzični laboratorij, Generalna policijska uprava, Slovenija. E-pošta: katarina.walland@policijska.si

³ Dr. Matej Trapečar, izredni profesor za logistiko, Nacionalni forenzični laboratorij, Generalna policijska uprava, Slovenija. ORCID: 0000-0002-6788-677X. E-pošta: matej.trapecar@siol.net

zveza, ki opisuje stanje z izredno majhno možnostjo pojava v teoriji, empirični testi in izkušnje pa kažejo na to, da se pojav ne bo zgodil in ga trenutno še ni mogoče izraziti matematično. To je temeljna domneva forenzičnih balističnih preiskav in pomeni (na podlagi raziskav in validacijskih študij ter na podlagi dela ustrezno usposobljenih preiskovalcev), da ne bo najdeno nobeno drugo orožje, razen tistega identificiranega v zadevi, ki bi pustilo sledi za identifikacijo z izstrelki (Association of Firearm and Tool Mark Examiners, 2021). Presoja o individualnosti je subjektivne narave, temelji pa na znanstvenih načelih in usposabljanju ter izkušnjah preiskovalca. Merila in vodila za take preiskave sta izdala ameriško združenje preiskovalcev sledi orožja in orodja (angl. *The Association of Firearm and Tool Mark Examiners* – AFTE) in združenje evropskih forenzičnih institucij (angl. *European Network of Forensic Science Institutes* – ENFSI). Z razvojem avtomatiziranih balističnih identifikacijskih sistemov (v nadaljevanju ABIS) in drugih metod se preiskave tudi delno objektivizirajo (Monturo, 2019; Nacionalni forenzični laboratorij, 2022).

Ker izraz »praktično nemogoče« za zdaj še nima matematične ali kakšne druge podlage, ga je treba konstanto empirično preverjati. Zato je bilo raziskav, v katerih se primerjavo sledi orožja na zaporedno (ali zelo blizu) izdelanih delih orožja, opravljenih že veliko, tako s krogli kot s tulci nabojev.

Bonfanti in De Kinder (1999) sta zbrala podatke 17 raziskav, ki so bile narejene med letoma 1934 in 1997. V nekaterih so primerjali kose orožja (15-krat pištole, enkrat revolver in enkrat samo udarne igle), narejene zaporedno ali v bližnjem sosledju, zaporednih ali bližnjih serijskih števil oziroma naključno izbranih kosov orožja iz serije. Zajeli so lahko primerjavo več delov orožja (čelo zaklepa, udarna igla, izvlekač in izmetalo), v drugih pa so se osredinili le na en del orožja. Večinoma so ugotovili, da so razlike v individualnih značilnosti zadostne za razločevanje med kosi orožja. Težava so bile sledi izdelave čela zaklepa in koncentrične sledi struženja udarne igle, kjer je bila potrebna previdnost, saj identifikacija ne sme temeljiti samo na teh sledih. Fadul idr. (2012) so 281 ameriškim preiskovalcem z različnimi izkušnjami poslali v primerjavo tulce nabojev, izvršenih iz desetih zaporedno narejenih pištolskih zaklepov. Primerjave so torej temeljile le na pregledu sledi, ki jih pusti čelo zaklepa. Ugotovili so dva napačna odgovora in 14 nedoločeni (ki se ne štejejo za napačne). Preiskovalec, ki je podal napačen odgovor, je podal tudi enega nedoločena. Prav tako je drug preiskovalec podal pet nedoločeni odgovorov. Izračunana stopnja napake je bila 0,000636. Weller idr. (2012) so preverili ujemanje sledi orožja na čelu zaklepa desetih zaporedno narejenih zaklepov pištole Ruger P serije, kalibra 9 x 19 mm. Najprej so tulce pregledali s tradicionalno metodo s konfokalnim mikroskopom, nato pa še računalniško z uporabo algoritma navzkrižne korelacije. Podrazredne značilnosti se

niso odtisnile na tulce, čeprav so bile opažene na čelih zaklepov. Odtisnile so se sledi peskanja, ki pusti individualne oblike sledi. Razlikovanje med zaklepi je bilo uspešno, prav tako je bila računalniška metoda po uspehu zelo blizu tradicionalni. Castroidr. (2014) so naredili test s 1079 pištolami Glock kalibra 40 S&W. Nekateri zaklepi pištol so bili narejeni zaporedno. Dva tulca naboja iz vsake pištole so pregledali z optičnim primerjalnim mikroskopom, primerjali pa so samo zdrsne sledi odprtih udarnih igel. Prav vse pare tulcev naboja iz iste pištole so lahko identificirali med sabo, pri nadaljnjih primerjavah pa so uspešno razločili tulce iz drugih pištol. Pištole Glock imajo značilne markantne zdrsne sledi odprtine udarne igle, zato so Hamby idr. (2016) podobno preverili, ali jih lahko razlikujejo samo na podlagi te sledi. Preiskovani tulci nabojev so bili izvršeni iz 1632 pištol Glock, nekatere med njimi so imele zaporedno narejene zaklepe. S primerjalnim mikroskopom so jih primerjali in ugotovili, da nobenega zaklepa ne bi napačno povezali. Nato so tulce nabojev iz 617 pištol Glock preverili še v ABIS IBIS[®]. Sistem je za vse tulce pravilno določil, da nimajo para. Zhang idr. (2017) so iz vsake od petih pištol Norinco QSZ-92, katerih serijske številke so bile bolj ali manj zaporedne, izstrelili po 3070 tulcev nabojev. Ujemanje sledi so preverjali izključno z ABIS Evofinder[®], programsko verzijo 6.3. Od 3070 tulcev iz vsake pištole so jih v sistemu posneli prvih 20 in potem naključno izbranega iz naslednjih sklopov po 10 tulcev. Na koncu je bilo za vsako pištolo skenirano po 325 tulcev. Preverili so, ali sistem uspešno poveže prvoizvrženi tulec z drugimi tulci iz iste pištole, ne glede na to, da je vmes več tisoč strelcev. Sistem ločeno primerja in razvrsti korelacije za sledi čela zaklepa in sledi udarne igle. Sistem je vse tulce uspešno povezal, čeprav se sledi orožja s številom strelcev delno spremenijo, vendar ne do te mere, da jih sistem ne bi razvrstil na prva mesta ujemanja vsaj za en del primerjav (ali udarna igla ali čelo zaklepa).

Postopki izdelave orožja in materiali orodja se razvijajo in spreminjajo, prav tako se razvija metoda forenzične preiskave, predvsem z digitalizacijo in ABIS. Zato je namen naše raziskave znova preveriti temeljno domnevo forenzičnih balističnih preiskav in ugotoviti, ali je mogoče povezati tulce nabojev z orožjem, iz katerega so bili izvršeni. To smo storili na primeru novo izdelanega orožja, ker pri njem individualne značilnosti izvirajo večinoma samo iz postopkov izdelave. Ker smo izbrali pištole, izdelane v razmeroma bližnjem sosledju oziroma tudi zaporedno, smo pregledovali tudi morebitne podrazredne značilnosti. Na koncu smo sledi preverili še objektivno z ABIS Evofinder[®].

2 Metode raziskovanja

Raziskava je bila opravljena v obdobju od marca do julija 2023. Za pridobitev vzorcev (tulcev nabojev) smo se obrnili na največjega slovenskega proizvajalca orožja Arex defense,

ki izdeluje polavtomatske pištole po sodobnih postopkih. Pripravili so nam dvakrat po deset polavtomatskih pištol Arex Delta M Gen. 2 z zaporednimi serijskimi številkami. Seta po deset pištol sta bila iz dveh lotov. En lot je navadno 500 pištol. Pištole so bile pripravljene za dostavo na trg, kar pomeni, da so že opravile interne preizkuse in uradno testiranje po standardu C.I.P. V Arexu je vsak zaklep, poleg zunanjih napisov proizvajalca, modela, kalibra in serijske številke, na notranji strani označen s številko lota, z oznako pozicije v napravi CNC, z oznako naprave CNC in z zaporedno številko izdelave.

Tabela 1: Podatki pištol iz lota št. 1207461

Naša oznaka	Serijska številka	Številka izdelave	Interne oznake proizvajalca
a1	D54512	0404	P2Z XM
a2	D54513	0299	P2S XM
a3	D54514	0305	P1S XM
a4	D54515	0429	P1S XM
a5	D54516	0402	P1Z XM
a6	D54517	0325	P1S XM
a7	D54518	0332	P2Z XM
a8	D54519	0348	P2Z XM
a9	D54520	0307	P2S XM
a10	D54521	0346	P1Z XM

V tabeli 1 so zbrani podatki pištol iz lota št. 1207461. V prvem stolpcu so navedene naše skrajšane oznake pištol, v drugem so serijske številke pištol, v tretjem zaporedne številke izdelave zaklepov in v četrtem interne oznake proizvajalca glede izvedbe in tehnoloških postopkov.

Tabela 2: Podatki pištol iz lota št. 1208044

Naša oznaka	Serijska številka	Številka izdelave	Interne oznake proizvajalca
b1	D58629	0216	P1Z XM
b2	D58630	0202	P2Z XM
b3	D58631	0305	P2S XM
b4	D58632	0291	P1S XM
b5	D58633	0318	P2Z XM
b6	D58634	0016	P2Z XM
b7	D58635	0290	P2Z XM
b8	D58636	0027	P2S XM
b9	D58637	0233	P2S XM
b10	D58638	0289	P2S XM

V tabeli 2 so zbrani podatki pištol iz lota št. 1208044. Uporabili smo dve vrsti streliva kalibra 9 x 19 mm s kroglo tipa FMJ, in sicer proizvajalcev Sellier & Bellot (z maso krogle 8,0 g) in Samson (z maso krogle 10,2 g). Poleg mase krogle je razlika med strelivoma v materialu netilke – pri naboju Sellier & Bellot je iz medenine, pri naboju Samson pa iz ponikljane medenine.

Iz vsake pištole smo z vsako vrsto streliva opravili po tri strele in tulce nabojev shranili v kuverte za vsako pištolo posebej. Na koncu smo torej pridobili 120 vzorcev. Da ne bi prišlo do mešanja vzorcev, smo vsako kuverto posebej odprli in z acetonom očistili tulce nabojev črnine od smodniških plinov. Nato smo jih dvakrat označili na cilinder tulca z alkoholnim flomastrom, in sicer je oznaka vsebovala našo oznako pištole, podčrtaj in zaporedno številko tulca, na primer b7_1. Vsakič so bili prvi trije tulci iz streliva Sellier & Bellot in zadnji trije iz streliva Samson. Tako pripravljene vzorce smo še vedno skozi ves postopek hranili v ločenih kuvertah za vsako pištolo posebej.

Za razumevanje sledi orožja in raziskavo so pomembni tudi postopki izdelave delov orožja, ki pridejo v stik s tulci nabojev. Cev je izdelana z vrtanjem, sledi honanje, nato pa se vanjo vstavi trn z že narejenim ožlebljenjem, čemur sledi hladno kovanje cevi. Ležišče naboja je pri tipu preiskovanih pištolskih cevi izdelano posebej in ni hladno kovano (Forgotten Weapons, 2022).

Zaklep je v napravi CNC iz surovca legiranega jekla najprej rezkan s končno obdelavo čela zaklepa s posnemanjem. V eni napravi CNC je osem vpenjalnih mest, ki pa so vsa obdelana z istimi orodji. Sledi ročna obdelava – raziglanje, da se odstranijo ostri robovi. Nato gre zaklep na raziglanje v boben s keramičnimi prizmami, sledi peskanje z jeklenimi sekanci. Naslednja je termična in površinska obdelava (karbonitriranje z oksidacijo), ki jo zaupajo zunanjemu izvajalcu. Udarne igle je iz surovcev stružena na stružnih avtomatih CNC, sledi raziglanje v bobnu s keramičnimi prizmami. Termično je obdelana s kaljenjem in površinsko zaščitena z vročim bruniranjem. Izmetalo je izsekano in krivljeno iz traku pločevine, sledi raziglanje v bobnu s keramičnimi prizmami. Prav tako kot udarne igle je izmetalo termično obdelano s kaljenjem in površinsko zaščiteno z vročim bruniranjem. Lot zaklepov navadno šteje 500 kosov, medtem ko je lot udarnih igel in izmetalo lahko precej večji. Sestavljanje delov orožja je vključno (T. Bedek, osebna komunikacija, 21. marec 2023).

2.1 Postopek za vrednotenje individualnih in podrazrednih značilnosti sledi orožja

Tulce nabojev smo morali najprej orientirati, in sicer tako, da je urna pozicija 12 na tulcu, kot da bi gledali naboj v ležišču

naboja v trenutku in smeri streljanja. Nato smo tulce poskenirali v ABIS Evofinder®, ki služi tudi kot digitalni primerjalni mikroskop. V sistemu je pomembno, da so vsi tulci poskenirani z enako orientiranostjo. Skenirali smo samo dno tulcev, ker imajo na tem delu običajno sledi najboljšo in zadostno identifikacijsko vrednost. Ko sistem posname dno tulca naboja, samodejno prepozna obliko sledi udarne igle in jo označi. Prav tako prepozna tudi netilko in jo označi. Te oznake pozneje upošteva pri avtoidentifikaciji, saj za primerjave sledi udarne igle upošteva samo, kar je znotraj oznake za udarno iglo, za primerjavo sledi čela zaklepa pa sledi na netilki. Vsak poskeniran tulec smo v sistem shranili z našo oznako in v posebej za raziskavo ustvarjeno ločeno mapo. Nato smo tulcem še roč-

orožja smo vrednotili po lestvici ENFSI. Ta lestvica ima šest stopenj ujemanja: A pomeni zadostno ujemanje za identifikacijo (izstrelek je bil izstreljen iz istega orožja), B pomeni verjetno ujemanje (verjetno izstreljen iz istega orožja), C pomeni nedoločeno ujemanje (ni mogoče z gotovostjo potrditi ali ovreči, ali sledi na izstrelkih pripadajo določenemu orožju), D pomeni verjetno neujemanje (verjetno izstrelek ni bil izstreljen iz istega orožja), E pomeni neujemanje (izstrelek ni bil izstreljen iz istega orožja) in Z pomeni, da je izstrelek neprimeren za primerjavo, na primer, da je preveč deformiran za prepoznavo sledi orožja (ENFSI Standing committee for quality and competence, 2010).

Tabela 3: Primer obrazca za vnašanje stopenj ujemanja primerjav sledi orožja med dvema tulcema

Št. primerjave	Oznaki primerjanih tulcev		Območje pregleda		Skupna ocena
	udarna igla	čelo zaklepa	izmetalo		
Razred ujemanja:					

no označili sledi izmetala, kjer so bile dobro vidne. Vsak sklop tulcev iz iste pištole smo vizualno preliminarно pregledali in izbrali dva z najbolj reprezentativnimi sledmi, pri čemer je bil osnovni pogoj, da imata oba vidno sled izmetala, saj se je pri nekaterih tulcih ta sled deloma ali večinoma izgubila zaradi vtisnjenih oznak proizvajalca. Pazili smo tudi na to, da je vsaj nekaj parov tulcev streliva različnega proizvajalca. S tem smo preverili, ali so si sledi na različnih materialih (predvsem se razlikujejo v materialu netilke) vseeno dovolj podobne za identifikacijo. Izbrane pare tulcev smo vizualno pregledali in primerjali njihove individualne značilnosti. Na ta način smo preverjali, ali so tulci nosilci sledi orožja z dovolj individualnimi značilnostmi, da bi lahko identificirali orožje. Primerjave potekajo tako, da je znotraj programa balističnega sistema na levi strani sporni tulec, na desni pa primerjalni; tulca potem primerjamo ter iščemo enakosti in razlike, pri čemer ju lahko premikamo, vrtimo, gledamo pod različnimi jakostmi in koti svetlobe ter pod različnimi pogledi (2D, 2D+d ali 3D) in filtri.

Ko smo za vseh 20 sklopov po šest tulcev, se pravi za vseh 20 pištol, opravili take primerjave, smo prvoizbrane tulce iz vsake pištole iz enega lota primerjali med sabo. Primerjali smo torej tulec iz pištole a1 s tulci iz pištol a2, a3, a4, a5, a6, a7, a8, a9 in a10, nato tulec iz pištole a2 s tulci iz pištol a3, a4, a5, a6, a7, a8, a9 in a10, in tako naprej, dokler nismo primerjali vseh tulcev iz pištol iz prvega lota med sabo. Enako smo storili s tulci pištol iz drugega lota z oznakami b. Ujemanja sledi

Vsako posamezno primerjavo smo zabeležili v obrazec (tabela 3). Beležili smo zaporedno številko primerjave, naši oznaki tulcev, ki smo jih primerjali, in razred ujemanja za sledi orožja. Za lažji in bolj strukturiran pregled smo dno tulca razdelili na tri območja, in sicer smo posebej vrednotili sledi orožja udarne igle, čela zaklepa in izmetala, na koncu pa smo podali skupno oceno primerjave. Za deset pištol iz enega lota smo skupno opravili 55 primerjav: najprej po eno primerjavo znotraj vsakega sklopa šestih tulcev iz ene pištole, nato pa še 45 (9 + 8 + 7 + 6 + 5 + 4 + 3 + 2 + 1) primerjav tulcev iz pištol iz istega lota. Ker dva lota pomenita 20 pištol, je bilo na koncu skupno opravljenih 110 primerjav za individualne značilnosti sledi orožja. Za lažjo analizo in prikaz rezultatov vseh primerjav enega lota pištol smo si pripravili pregledno tabelo za vnos skupnih ocen primerjav, kamor smo vpisali končne skupne ocene ujemanj. Med samim pregledom smo bili pozorni tudi na prepoznavanje in ustrezno vrednotenje podrazrednih značilnosti. Zaznane potencialne podrazredne značilnosti smo dokumentirali in opisali.

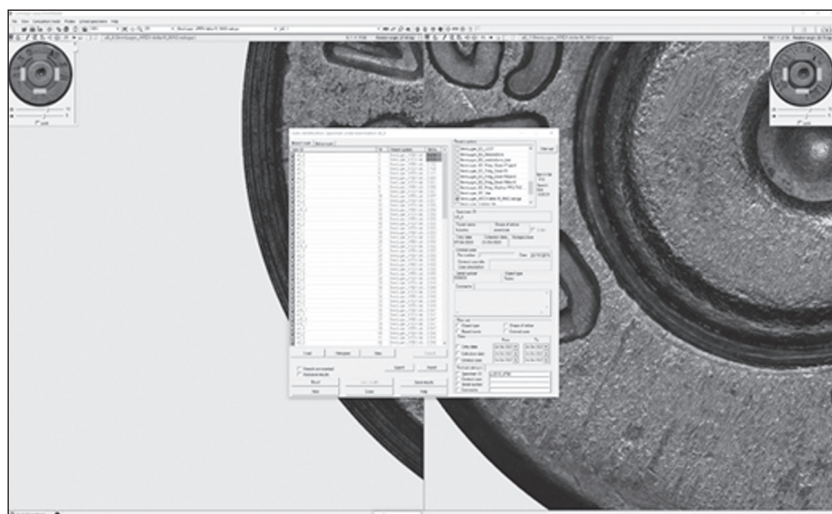
2.2 Postopek za vrednotenje avtomatiziranega balističnega identifikacijskega sistema

Vzorci za vrednotenje algoritma avtoidentifikacije v ABIS Evofinder® so bili po en tulec naboja iz vsake pištole, ki so bili prvoizbrani za primerjave. V programu balističnega sistema je na levi strani sporni tulec, za katerega algoritem računa

ujemanja z drugimi tulci. Vsak tulec posebej smo priklicali in zanj zagnali algoritem avtoidentifikacije. Sistem lahko primerja po treh območjih, in sicer po sledih udarne igle, po sledih čela zaklepa na netilki in po sledih izmetala. Ker na vseh tulcih izmetalo ni bilo vidno, smo izbrali primerjanje samo po udarni igli (angl. *Striker mark* – SM) in čelu zaklepa (angl. *Breach mark* – BM). Za primerjanje smo izbrali mapo vseh 120 vzorcev iz naše raziskave, torej smo vsak izbran tulec primerjali s preostalimi 119. Sistem poda padajoč vrstni red ujemanja vseh primerjanih tulcev in njihov koeficient ujemanja za vsako območje posebej (slika 1).

3 Rezultati

Za raziskavo smo morali temeljito pregledati vseh 120 tulcev nabojev za sledi orožja. 110-krat so bili to iskanje in primerjave individualnih značilnosti, med temi tudi zaznavanje morebitnih podrazrednih značilnosti, in na koncu analiza 200 rezultatov avtoidentifikacije v ABIS Evofinder®.



Slika 1: Prikaz podajanja rezultatov ujemanja algoritma avtoidentifikacije med tulcem a6_6 in preostalimi tulci iz raziskave za območje čela zaklepa

Za raziskavo je bilo pomembno, kako je algoritem avtoidentifikacije razporedil preostalih pet tulcev iz iste pištole, kot je bil izbrani tulec. Rezultate smo zbrali v obrazce, v katere smo v prvi stolpec vnesli oznako preiskovanega tulca, nato smo v prvi sklop treh stolpcev vnesli rezultate ujemanja po sledih čela zaklepa, in sicer najprej vrstni red preostalih tulcev iz istega orožja, nato mesto ujemanja, na katero jih je algoritem razporedil, in v zadnji stolpec sklopa še koeficient ujemanja, ki ga je algoritem izračunal. V drugi sklop treh stolpcev smo vnesli rezultate ujemanja po sledih udarne igle na enak način. Zbrane rezultate smo prikazali grafično.

Avtoidentifikacijo smo zagnali 20-krat za vsak izbran tulec iz vsake pištole. Za vsak tulec smo dobili ujemanja z dveh območij, torej je bilo skupaj 40 avtoidentifikacij, in ker je bilo treba poiskati ujemanja petih preostalih tulcev, 200 mest in koeficientov ujemanja.

3.1 Vrednotenje individualnih in podrazrednih značilnosti sledi orožja

Preiskave individualnih značilnosti smo začeli s preliminarnim pregledom sledi orožja v sklopu šestih tulcev iz ene pištole. Pri tem pregledu smo najprej ugotovili, da se individualne značilnosti sledi orožja izmetala iste pištole lahko precej spreminjajo (slike 2, 3 in 4).



Slika 2: Sledi izmetal na tulcih z oznakami a1_1 in a1_2

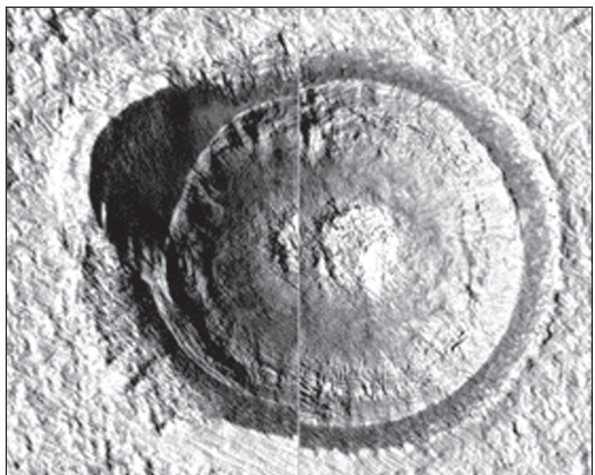


Slika 4: Sledi izmetal na tulcih z oznakami a5_5 in a5_6



Slika 3: Sledi izmetal na tulcih z oznakami a2_3 in a2_6

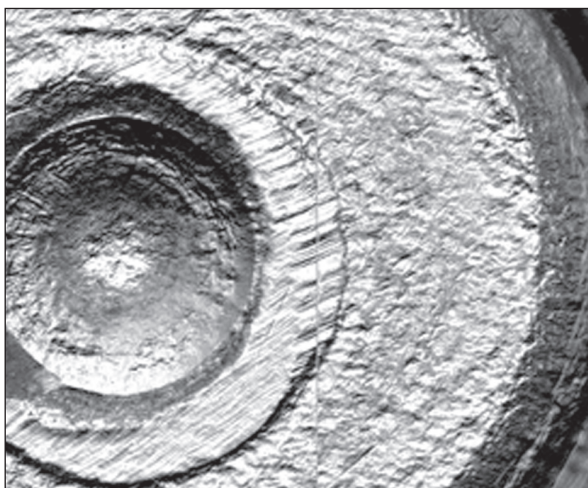
Iz vsakega sklopa šestih tulcev iz ene pištole smo zbrali dva za medsebojno primerjanje. Ker je bilo pištol 20, je bilo 20 zbranih parov tulcev: a1_1 in a1_4, a2_3 in a2_4, a3_2 in a3_1, a4_4 in a4_5, a5_4 in a5_1, a6_6 in a6_1, a7_5 in a7_3, a8_3 in a8_1, a9_1 in a9_6, a10_2 in a10_1, b1_3 in b1_1, b2_4 in b2_6, b3_6 in b3_5, b4_1 in b4_3, b5_6 in b5_2, b6_3 in b6_6, b7_2 in b7_4, b8_3 in b8_2, b9_2 in b9_4 ter b10_1 in b10_3. Primerjave teh parov so sestavljale prvih 20 primerjav individualnih značilnosti v naši raziskavi.



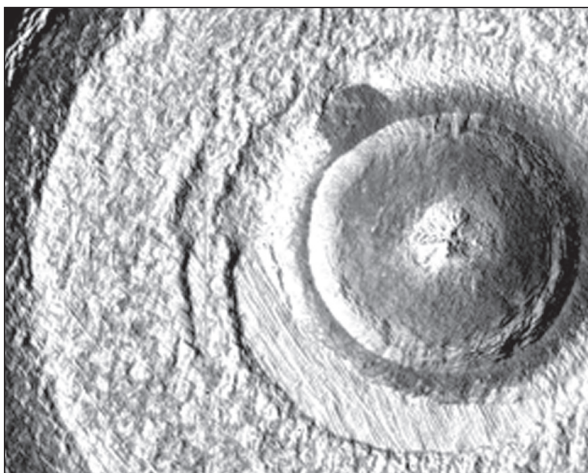
Slika 5: Primer ujemanja individualnosti udarne igle med a9_1 in a9_6

Individualne značilnosti sledi udarne igle so bile precej izrazite (slika 5). Rahle krožne sledi se kažejo na robu območja udarne igle, ni pa izrazitejših koncentričnih sledi po vsem območju udarne igle. Pogosto so se pojavljale zdrsnine na

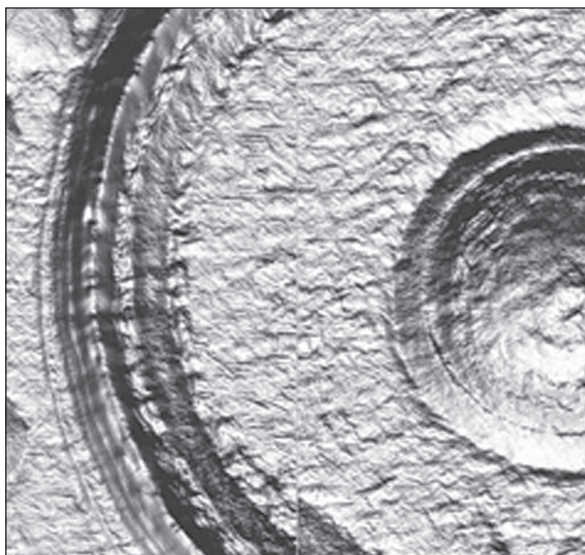
grebenu odprtine udarne igle (slika 6), ki jih naredi odprta udarna igla, ko se cev nagne, in imajo močno identifikacijsko vrednost, a se ne pojavijo vedno. Prav tako se je zgodilo, da se te značilnosti niso ujemale v popolnosti v predelu okrog urne pozicije 9. Naslednja individualnost je bila oblika odprtine udarne igle (slika 7). Preostalo območje na tulcu je bilo bogato s sledmi obdelave čela zaklepa. Na tulcih iz pištol z oznakami a smo našli predvsem sledi peskanja z jeklenimi sekanci (slika 8).



Slika 6: Primer ujemanja zdrsnin na grebenu ob udarni igli med a10_2 in a10_1



Slika 7: Primer ujemanja oblike odprtine udarne igle med a4_4 in a4_5



Slika 8: Primer ujemanja sledi peskanja na čelih zaklepov med a9_1 in a9_6

Na tulcih iz pištol z oznakami b sledi peskanja niso bile tako obsežne in izrazite, je pa bilo več sledi posnemanja (slika 9). Te vidne sledi posnemanja so potencialne podrazredne značilnosti. To smo zato preverili pri nadaljnjih medsebojnih primerjavah tulcev. Pri prvih 20 primerjavah smo preverili še vpliv materiala streliva na sledi orožja. Ker je razlika predvsem v materialu netilke, smo primerjali ocene ujemanj čela zaklepa na parih tulcev enakega streliva in ocene ujemanj čela zaklepa na parih tulcev različnega streliva. Od desetih parov tulcev različnega streliva smo pri treh parih za čelo zaklepa podali oceno ujemanja B, od desetih parov enakega streliva pa smo za čelo zaklepa podali oceno ujemanja B le za en par. Menimo, da to ni tolikšna razlika, da bi lahko sklepali o splošnem pravilu.

V naslednji fazi smo proizbrane tulce nabojev iz prej opisanih in preiskovanih parov tulcev iz pištol enega leta primerjali med sabo. Tulc a1_1 smo primerjali s tulci a2_3, a3_2, a4_4, a5_4, a6_6, a7_5, a8_3, a9_1 in a10_2. Nato tulc a2_3 s tulci a3_2, a4_4, a5_4, a6_6, a7_5, a8_3, a9_1 in a10_2 in tako naprej do zadnje primerjave tulca a9_1 s tulcem a10_2. Vseh primerjav tulcev iz 10 pištol enega leta je bilo 45. V tabeli 4 so zbrani rezultati primerjav tulcev nabojev med pištolami a.

Sašo Murtič, Katarina Walland, Matej Trapečar: Vrednotenje sledi orožja na tulcih nabojev izvrženih iz novo izdelanih pištol Arex Delta M Gen.2



Slika 9: Primer ujemanja sledi posnemanja na čelih zaklepov med b5_6 in b5_2

Enako smo naredili tudi s tulci iz pištol b iz drugega leta. Rezultati so prikazani v tabeli 5. Torej je bilo v tej fazi skupno opravljenih 90 primerjav. Ocenjevali smo na isti način, torej

smo primerjali in ocenili sledi na treh območjih, za skupno oceno pa podali povprečje teh ocen.

Tabela 4: Rezultati primerjav tulcev nabojev med pištolami znotraj leta št. 1207461

Oznake pištol	a1	a2	a3	a4	a5	a6	a7	a8	a9	a10
a1	B	D	E	D	E	E	D	E	E	D
a2	D	A	E	E	D	D	E	D	D	E
a3	E	E	A	E	E	E	E	E	E	E
a4	D	E	E	A	D	E	E	E	E	E
a5	E	D	E	D	B	E	E	D	D	D
a6	E	D	E	E	E	A	E	D	E	E
a7	D	E	E	E	E	E	A	E	D	E
a8	E	D	E	E	D	D	E	A	E	E
a9	E	D	E	E	D	E	D	E	A	D
a10	D	E	E	E	D	E	D	E	D	A

Tabela 5: Rezultati primerjav tulcev nabojev med pištolami znotraj lota št. 1208044

Oznake pištol	b1	b2	b3	b4	b5	b6	b7	b8	b9	b10
b1	A	D	E	E	E	E	E	E	D	E
b2	D	A	E	E	E	E	E	E	E	E
b3	E	E	A	E	E	E	E	E	E	E
b4	E	E	E	A	E	E	E	E	E	E
b5	E	E	E	E	B	E	E	D	E	E
b6	E	E	E	E	E	A	D	E	E	D
b7	E	E	E	E	E	D	A	E	E	E
b8	E	E	E	E	D	E	E	A	D	E
b9	D	E	E	E	E	E	E	D	A	E
b10	E	E	E	E	E	D	E	E	E	A

Pri večini primerjav smo našli dovolj razlik med individualnimi značilnostmi, da smo lahko podali oceno E (neujemanje). Smo pa našli tudi podobne značilnosti oziroma nismo našli očitnih razlik na enem območju tulca, tako da smo lahko podali le oceno C (nedoločeno). Največkrat smo oceno C podali za primerjave sledi izmetal, in sicer 12-krat pri primerjavah pištol a. Primer podobnosti sledi izmetal iz različnih pištol na tulcih a1_1 in a6_6 je prikazan na sliki 10.



Slika 10: Podobnosti sledi izmetal med a1_1 in a6_6

Osnovno obliko in relief imajo vse sledi izmetal enake ali precej podobne, tako da je bilo primerjanje zahtevno, iskanje

individualnosti in razlik pa zelo podrobno. Čeprav je to območje najmanjše, je včasih vzelo največ časa in premisleka. Za območje udarne igle smo ujemanje C ocenili 6-krat, 2-krat za pištolo a in 4-krat za pištolo b. Primer podobnosti sledi udarne igle na tulcih b5_6 in b9_2 je prikazan na sliki 11.



Slika 11: Podobnosti sledi udarnih igel med b5_6 in b9_2

Pri sledih čela zaklepa smo podali oceno nedoločeno le enkrat, pri a4_4 in a7_5 (slika 12). Ti rezultati obratno sorazmerno sovpadajo z velikostjo preiskovanega območja. Manjše kot je preiskovano območje, več je ugotovitev stopnje nedoločeno. Kadar smo katerokoli območje ocenili s C, sta si bili potem ostali dve območji dovolj različni, tako da je bila vedno skupna ocena D (verjetno neujemanje) ali E (neujemanje).



Slika 12: Podobnost sledi na čelih zaklepov med a4_4 in a7_5

Že med samimi pregledi smo ugotovili, da se individualne značilnosti na tulcih iz pištol a in b dovolj razlikujejo, da medsebojne primerjave ne bi pomenile dodane vrednosti v raziskavi, zato jih nismo opravljali.

3.2 Vrednotenje sledi orožja z avtomatiziranim balističnim identifikacijskim sistemom

V programu ABIS Evofinder®, programski verziji 6.7.1.143, smo za vsak prvoizbran tulec naboja iz vsake pištole zagnali algoritem avtoidentifikacije za sledi po čelu zaklepa (BM) in udarni igli (SM). Algoritem je primerjal vseh 120 tulcev iz naše raziskave v izbrani mapi in podal rezultate v tabeli, kjer so tulci navedeni po vrstnem redu glede na koeficient ujemanja s preiskovanim tulcem. Če algoritem oceni zadostno ujemanje, da bi izstrelka lahko pripadala istemu orožju, izračunani koeficient poudari z obarvanjem v različne odtenke od zelene do rumene. Živo zelena pomeni največje prepričanje algoritma o identifikaciji (eden od najmanj 10^8 neujemajočih vzorcev bo imel enak ali boljši koeficient ujemanja), odtenki do rumene (eden od 10^4



Slika 13: Ujemanje sledi na netilkah med b6_3 in b8_3

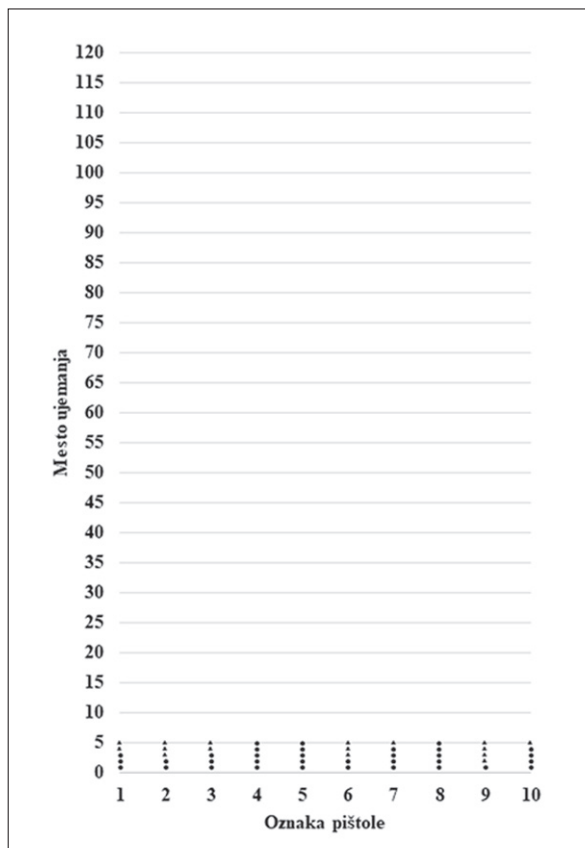
Sledi posnemanja na tulcih pištol b so pomenile potencialno možnost za podrazredne značilnosti. Pri nekaterih tulcih smo določeno ujemanje našli na omejenem območju, kot na primer na netilkah b6_3 in b8_3 (slika 13).

Ujemanje sledi posnemanja pa se ni nadaljevalo v preostalo območje čela zaklepa (slika 14).

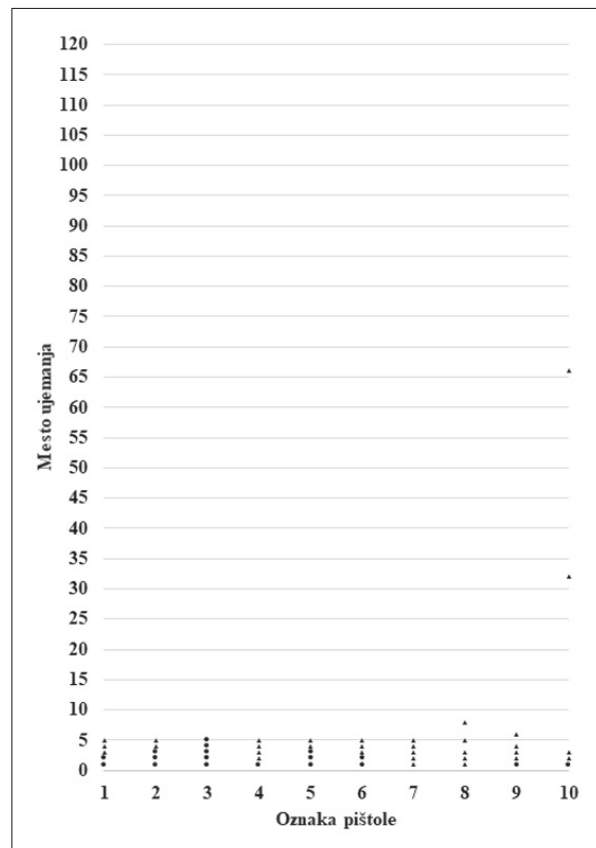
neujemajočih vzorcev bo imel enak ali boljši koeficient ujemanja) pa vedno manjše prepričanje (ScannBI Technology Ltd., 2017). Ni pa to odvisno od velikosti koeficienta, ampak bolj od razlike med naslednjimi koeficienti. Točnega principa take identifikacije žal ne poznamo. Vse rezultate avtoidentifikacije smo zbrali v tabelah za vsako pištolo posebej, prikazali pa grafično (grafi 1, 2, 3 in 4) mesta ujemanja po pištolah. Trikotniki v grafih pomenijo mesta ujemanj oziroma koeficiente, ki jih sistem ni obarval. Mesta ujemanj oziroma koeficiente, ki jih je sistem obarval, smo poudarili z okroglo obliko znaka na grafu.



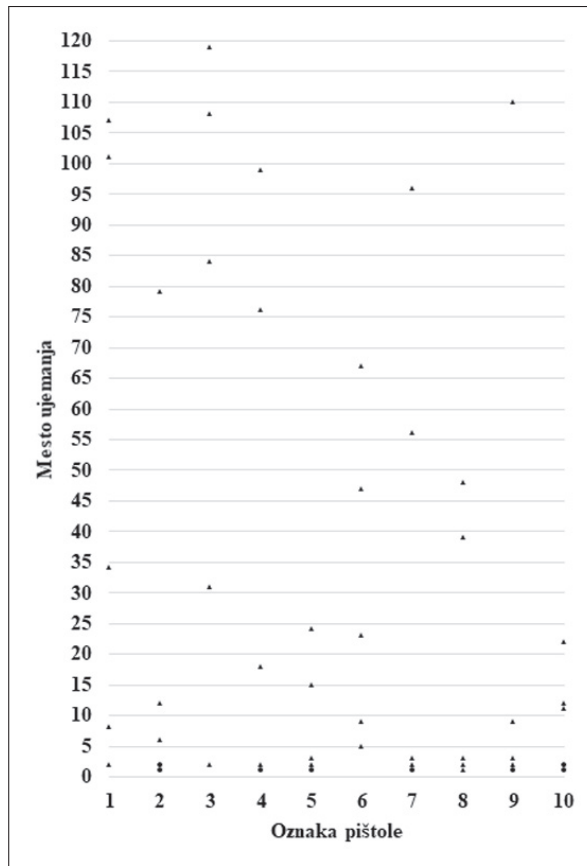
Slika 14: Neujemanje sledi čel zaklepov med b6_3 in b8_3



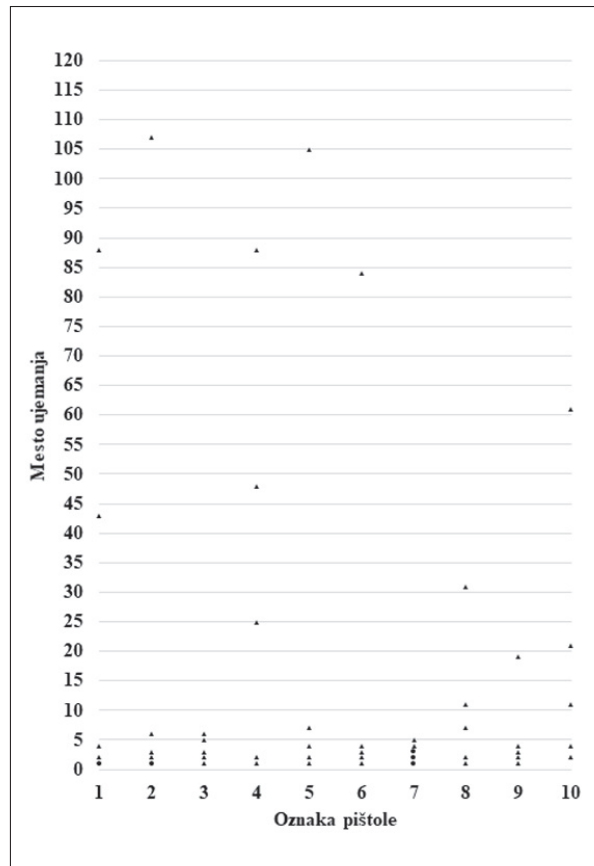
Graf 1: Mesta ujemanj po območju čela zaklepa za pištole a



Graf 2: Mesta ujemanj po območju udarne igle za pištole a



Graf 3: Mesta ujemanj po območju čela zaklepa za pištole b



Graf 4: Mesta ujemanj po območju udarne igle za pištole b

Iz pregleda rezultatov je najbolj očitno, da je sistem pri pištolah a pri skoraj vseh primerjavah preostale tulce iz iste pištole razvrstil na prvih pet mest, izjema so trije primeri primerjav sledi udarne igle za tulce iz pištol a8, a9 in a10. Pri pištolah b je algoritem samo enkrat preostale tulce iz iste pištole razvrstil na prvih pet mest, in sicer pri primerjavah sledi udarne igle za pištolo b7. Pri pištolah a je rezultate ujemanja tudi večkrat poudaril z obarvanjem. Zakaj so take razlike med različnimi loti pištol, je nemogoče pojasniti, ker ne poznamo natančnega principa delovanja algoritma. Poudariti je treba, da sistem nikoli ni prišel do lažno pozitivnega rezultata, da bi poudaril ujemanje s tulcem iz druge pištole. Zanimivo je, da je pri primerjanju sledi orožja čela zaklepa na tulcu b9_2 s sledmi čela zaklepa na tulcu b9_4 podal koeficient ujemanja 0,023 in ga razvrstil na komaj 110. mesto, medtem ko smo pri vizualnih primerjavah našli izrazite individualne sledi orožja.

4 Razprava

Individualne značilnosti sledi orožja smo iskali in primerjali v ABIS Evofinder®. Medsebojno smo primerjali tulce iz iste pištole in nato še s preostalimi tulci iz pištol istega lota. Za preverjanje namena raziskave smo pregledali zbrane rezultate v tabelah 4 in 5. Ker so ocene ujemanja v razdelkih po najdaljši diagonali (z odebeljenimi rezultati) A in B, v vseh ostalih razdelkih pa so D ali E, to pomeni, da smo našli dovolj individualnih značilnosti, da smo lahko tulce nabojev iz istih pištol med sabo identificirali oziroma jih opredelili kot verjetno ujemajoče, pri tulcih nabojev iz drugih pištol pa smo našli dovolj razlik v individualnih značilnostih, da smo lahko trdili, da se ne ujemajo oziroma verjetno ne ujemajo.

Čeprav gre za pištole, narejene po sodobnih načinih izdelave s kvalitetnimi orodji, med samim postopkom nastane dovolj sprememb, ki so potem opredeljene kot individualne

sledi orožja in je njihova kombinacija praktično neponovljiva. Potrdili smo, da je mogoče razlikovanje med tulci iz pištol zaporednih serijskih številčk že takoj po izdelavi, ko individualnosti izhajajo le iz izdelave in preizkusnega tovarniškega streljanja ter še ni drugih individualnosti zaradi streljanja, korozije, čiščenja in drugih posegov v orožje. Na tulec se odtisne več delov orožja; ključni za preiskavo so zaklep, izmetalo in udarna igla, ki so izdelani vsak zase in so sestavljeni naključno, ne po vrstnem redu izdelave. Zato kljub temu, da smo na nekih predelih našli enakosti sledi orožja, čeprav sta bila tulca iz različnih pištol, ob upoštevanju temeljnih meril in ustreznih usposobljenosti preiskovalca, še vedno lahko ustrezno opredelimo različni izvor tulcev. Potrjujemo raziskave, navedene v uvodu, in s tem tudi potrjujemo temelj, na katerem slonijo forenzične preiskave sledi orožja, ki trdi, da je praktično nemogoče, da bi dva kosa orožja imela enake individualne značilnosti sledi orožja. Že opravljene raziskave dopolnjujemo z našo raziskavo, ki smo jo opravili z drugo znamko in modelom orožja, s primerjavo subjektivnih (vizualnih) in objektivnih (ABIS) rezultatov, z uporabo streliva dveh proizvajalcev in z bolj celostnim pregledom in analizo sledi orožja. Presenetila nas je raznolikost individualnih značilnosti sledi orožja izmetala na tulcih, izvrženih iz istega orožja. Domnevamo lahko, da se površina izmetala zato, ker so sile med izmetom precejšnje in ker so pištole še nove, še ni povsem utrdila in se zato še spreminja. Pri sledih udarne igle smo glede na način izdelave s struženjem pričakovali izrazitejši krožni sledi kot podrazredne značilnosti, česar pa nismo zaznali. Ocenjujemo, da poznejši postopki obdelave te sledi zgladijo. Pri območju čela zaklepa so kvalitetne individualnosti pomenile zdrsnine na grebenu odprtine udarne igle, ki jih naredi odprtina udarne igle in imajo močno identifikacijsko vrednost, vendar se ne pojavijo vedno. Prav tako se je zgodilo, da se niso ujemale v popolnosti v predelu okrog urne pozicije 9, kar je morda posledica tega, da tam lahko zdrsne prek grebena stranski, gornji in spodnji rob odprtine udarne igle in se zdrsnine prekrivajo. Na tulcih iz pištol z oznakami a smo našli predvsem sledi peskanja z jeklenimi sekanci. Sicer so te sledi zelo majhne in vsaka posamezna nima velike individualne vrednosti, je pa zapletena kombinacija vseh teh vtisov zdrsnin lahko individualna značilnost z močno identifikacijsko vrednostjo. Možnost, da sta dve površini speskani z enakim vzorcem, je namreč praktično nemogoča. Sledi peskanja na čelu zaklepa so kot močne individualnosti prepoznali tudi Weller idr. (2012), ki so preiskovali sledi zaklepa pištol Ruger P. Zaklepi teh pištol so narejeni z istimi postopki, vendar se sledi posnemanja čela zaklepa niso odtisnile na tulce. Mi pa smo jih zaznali na tulcih iz pištol z oznakami b, čeprav so bile sledi peskanja na teh tulcih manj obsežne in izrazite. Da smo na tulcih iz pištol b zaznali sledi posnemanja, na tulcih iz pištol a pa ne, pripisujemo temu, da so bila verjetno rezila na orodju preoblikovana zaradi rabe

in so pustila nekaj izrazitejših sledi, ki jih poznejše obdelave niso zgladile. Te vidne sledi posnemanja so potencialne podrazredne značilnosti. Določeno ujemanje sledi posnemanja na tulcih iz različnih pištol smo zaznali, a ne v tolikšni meri, da bi lahko potrdili pravo prisotnost podrazrednih značilnosti. Zaklepa sta v tem primeru bila narejena kot zaporedni številki 0016 in 0027, kar je razmeroma blizu. Mogoče bi na zaklepih z vmesnimi zaporednimi številkami lahko zaznali še bolj ujemačo sledi. Potrdimo lahko, da je potrebna previdnost in da identifikacije ne smejo temeljiti samo na teh sledih. Pri preverjanju vpliva materiala streliva na sledi nismo zaznali takih razlik v ujemanju, da bi lahko govorili o kakšnem bistvenem vplivu.

Sledi orožja smo objektivno vrednotili z algoritmom avtoidentifikacije v ABIS Evofinder®. Algoritem računa ujemanja tulcev s spornim in to prikaže s koeficienti in lestvico od najbolj do najmanj ujemačega. Od skupno 40 primerjav ujemanja sledi orožja je le pri slabi polovici, 18 primerjavah, sistem razvrstil preostale tulce iz iste pištole na prvih pet mest, in le pri štirih primerjavah tudi to ujemanje poudaril z obarvanjem vseh petih preostalih tulcev.

Iz grafov razberemo, da ni samoumevno, da bodo preostali tulci nabojev, izvrženi iz iste pištole, na prvih petih mestih ujemanja, še manj pa, da bi sistem sam prepoznal njihov skupni izvor. Nekateri rezultati močno odstopajo, kar lahko pripisemo tudi temu, da zbirka, po kateri algoritem primerja, vsebuje samo tulce nabojev iz istega in istovrstnega orožja. Sledi so si v tem primeru že po osnovi zelo podobne. Izkazalo se je, da se objektivno vrednotenje ujemanja sledi orožja z algoritmom avtoidentifikacije v ABIS Evofinder® še ne more povsem primerjati s subjektivnim vrednotenjem balističnega preiskovalca in ga še ne more zamenjati. Podobno so ugotovili tudi Zhang idr. (2017). Je pa odlični pripomoček in pomaga, kajti če sistem zazna identifikacijo, jo poudari, in vsaj glede na našo raziskavo so bili poudarki pravilni. Smo pa opravili premalo takih primerjav, da bi lahko govorili o splošnem pravilu. Pri pištolah a so bili rezultati ujemanja v skladu z našimi pričakovanji, pri pištolah b pa precej slabši od pričakovane. Zakaj je prišlo do takih razlik, ne znamo pojasniti, saj ne poznamo ozadja delovanja algoritma, nas pa preseneča, ker smo pri naših vizualnih primerjavah našli izrazite individualne značilnosti. Vseeno pa se je le štirikrat zgodilo, da algoritem ni postavil nobenega tulca iz iste pištole na prvo mesto, od tega trikrat za območje čela zaklepa in enkrat za območje udarne igle. So bili pa v teh primerih rezultati ujemanja na drugem območju boljši, tako da se ni zgodilo, da pri tulcih iz iste pištole ne bi bil vsaj en tulec na prvem mestu vsaj pri enem območju. To se tudi ujema z rezultati raziskave Zhanga idr. (2017). Hamby idr. (2016) so v svoji raziskavi uporabili ABIS IBIS®, proizvajalca Forensic Technology, ki je bil prav

tako uspešen pri povezovanju izvora tulcev. Algoritem avto-identifikacije takih sistemov se uporablja predvsem pri brskanju in iskanju povezav med izstrelki po velikih zbirkah, kajti vizualne primerjave ena na ena vzamejo ogromno časa. Sistem razvrsti tulce v zbirki in običajno se vizualno primerja nekaj deset prvih zadetkov. Sodobne forenzične preiskave sledi orožja si je težko predstavljati brez tega pripomočka.

Taka raziskava je prva na Slovenskem in prva s pištolami Arex defense, ki so konstruirane in izdelane v Sloveniji. Z njo potrjujemo, da je mogoče povezati tulce nabojev z novo izdelanim orožjem, ko je možnost individualnih značilnosti sledi orožja najmanjša. S tem povečujemo zaupanje v forenzične preiskave sledi orožja. Preverili smo tudi eno od zadnjih programskih verzij (6.7.1.143) ABIS Evofinder®. V primerjavi z verzijo 6.3 iz raziskave Zhang idr. (2017) nismo ugotovili bistvenih razlik v končnih ugotovitvah.

Za nadaljnje raziskave predlagamo podobno raziskavo, zasnovano na kroglah nabojev, izstreljenih iz iste pištole, vendar na način slepega testa. Pri proizvajalcu Arex defense so cevi narejene s hladnim kovanjem, ki potencialno omogoča nastanek podrazrednih značilnosti. Glede na to, da krogla navadno potuje le skozi en del orožja, skozi cev, je prisotnost podrazrednih značilnosti na kroglah bolj problematična. Tehnologija izdelave in materiali orodja ter orožja se konstantno spreminjajo, zato je treba vplive na sledi orožja stalno preverjati. Prav tako smo ugotovili, da objektivni način z avtoidentifikacijo znotraj ABIS še ni zanesljiv do te mere, da bi lahko preiskovalec podal rezultate brez samostojnega vizualnega pregleda sledi orožja, najde oziroma nakaže pa ogromno ujemanj, zato je odličen pripomoček. Razvoj takih načinov je hiter, zato je treba vsako novo (programsko) verzijo ABIS preverjati na kar najbolj obsežen način. Menimo, da jim brez lastnega vizualnega pregleda v bližnji prihodnosti še ne bomo zaupali, zato se bodo preiskave sledi orožja še vedno opravljale tudi na klasičen način.

Praktično uporabnost raziskave bojo prepoznali forenzični balistični strokovnjaki predvsem v podrobni analizi individualnih značilnosti sledi orožja, izvrženih iz pištol Arex Delta M Gen.2, v povezavi sledi orožja s postopki izdelave in sistemom delovanja orožja, v preverjanju algoritma avto-identifikacije ABIS Evofinder® in v primerjavi rezultatov avto-identifikacije z vizualnimi rezultati. Ker smo primerjave sledi orožja opravili na način, kot se dela v sodobnih forenzičnih laboratorijih, lahko raziskava prispeva k razumevanju preiskav sledi orožja drugi strokovni javnosti, ki pride v stik z njimi, kot na primer policiji, sodstvu in izobraževalnim institucijam.

Omejitve naše raziskave so predvsem v tem, da smo bili okuženi z vednostjo, iz katere pištole so bili tulci izvrženi.

Skušali smo biti čim bolj nepristranski in vsakič poiskati nedvoumne enakosti v individualnih značilnostih za identifikacijo ter nedvoumne razlike v individualnih značilnostih za potrjevanje različnega izvora tulcev. Vzorce je pregledala ena sama oseba. Prva dva sklopa raziskave sta subjektivne narave, zato bi z vključitvijo več preiskovalcev dobili boljšo sliko rezultatov. Drugi preiskovalci lahko najdejo druge sledi ali pa jih drugače presodijo in s tem drugače ocenijo ujemanja. Omejitev je tudi, da smo si sami izbrali pare tulcev z reprezentativnimi sledmi orožja. To ima lahko za posledico boljše rezultate (z več ujemanji z ocenama A in E), kot bi jih dobili pri naključnem izboru parov. Omejitev je tudi število uporabljenih pištol v raziskavi. Če bi imeli več pištol z zaporedno narejenimi zaklepi, bi mogoče lahko potrdili zaznane morebitne podrazredne značilnosti. Vseeno pa klasične forenzične preiskave sledi orožja zajemajo celotno površino tulca, tako da z upoštevanjem temeljnih meril preiskav pri vzorcih iz pištole Arex Delta M Gen. 2 ne bi smelo priti do napačnih identifikacij.

Literatura

1. Association of Firearm & Tool Mark Examiners. (2021). *Glossary* (6th ed.). <https://forensicsresources.org/wp-content/uploads/2021/07/AFTE-Glossary-06-25-2021.pdf>
2. Bonfanti, M. S. in De Kinder J. (1999). The influence of manufacturing processes on the identification of bullets and cartridge cases – A review of the literature. *Science & Justice*, 39(1), 3–10.
3. Castro, C. E., Norris, S. A., Setume, B. K. in Hamby, J. E. (2014). The examination, evaluation, and identification of 40 S&W calibre cartridge cases fired from 1079 different GLOCK semiautomatic pistols manufactured over a six-year period. *Canadian Society of Forensic Science Journal*, 47(2), 65–73.
4. ENFSI Standing committee for quality and competence. (2010). *Guidance for best practice in firearms examination microscopic comparison*. ENFSI.
5. Fadul, T. G. Jr., Hernandez, G. A., Stoiloff, S. in Gulati, S. (2012). *An empirical study to improve the scientific foundation of forensic firearm and tool mark identification utilizing 10 consecutively manufactured slides*. Miami-Dade Police Department Crime Laboratory.
6. Forgotten Weapons. (12. 4. 2023). Tour of the AREX Defense Factory in Slovenia. *YouTube*. <https://www.youtube.com/watch?v=HQkjXKALCS0>
7. Giverts, P. in Kokin, A. V. (2020). The problem of subclass features in forensic firearms identification. *Theory and Practice of Forensic Science*, 15(1), 109–117.
8. Hamby, J. E., Norris, S. in Petraco, N. D. K. (2016). Evaluation of GLOCK 9mm firing pin aperture shear mark individuality based on 1,632 different pistols by traditional pattern matching and IBIS pattern recognition. *Journal of Forensic Sciences*, 61(1), 170–176.
9. Monturo, C. (2019). *Forensic firearm examination*. Academic Press.
10. Nacionalni forenzični laboratorij. (2022). *Balistične preiskave izstrelkov*. Nacionalni forenzični laboratorij.
11. ScannBI Technology Ltd. (2017). *Evidence finder Cartridge cases*. ScannBI Technology Ltd.

12. Weller, T. J., Zheng, A., Thompson, R. in Tulleners, F. (2012). Confocal microscopy analysis of breech face marks on fired cartridge cases from 10 consecutively manufactured pistol slides. *Journal of Forensic Sciences*, 57(4), 912–917.
13. Zhang, K., Luo, Y. in Zhou, P. (2017). Reproducibility of characteristic marks on fired cartridge cases from five Chinese Norinco QSZ-92 9 × 19 mm pistols. *Forensic Science International*, 278, 78–86.

Evaluation of Firearms Traces on the Cartridge Cases Extracted from Newly Manufactured Arex Delta M Gen. 2 Handguns

Sašo Murtič, Ph.D., Associate Professor of Law and Logistics, Faculty of Information Studies and Faculty of Industrial Engineering, Novo mesto, Slovenia. ORCID: 0000-0002-2959-6309. E-mail: saso.murtic@fini-unm.si

Katarina Walland, National Forensic Laboratory, General Police Directorate, Slovenia. E-mail: katarina.walland@policija.si

Matej Trapečar, Ph.D., Associate Professor of Logistics, National Forensic Laboratory, General Police Directorate, Slovenia. ORCID: 0000-0002-6788-677X. E-mail: matej.trapecar@siol.net

During firing, a firearm's surface leaves an imprint on the surface of the projectiles, and by analyzing and comparing individual firearm traces on the projectiles, a trained investigator can establish a connection between the projectiles and the specific firearm that fired them. Individual characteristics of firearm traces are unique, occurring during firearms production and use, making them practically impossible to find on other firearms. However, the phrase 'practically impossible' lacks a mathematical or other basis and therefore requires empirical verification. Additionally, weapon manufacturing processes are continuously evolving, and tools are becoming more durable, potentially decreasing the likelihood of uniqueness. In this research, we investigated whether we could accurately link cartridge cases expelled from the newly produced Arex Delta M Gen.2 handguns. We selected ten handguns from two distinct batches, which were manufactured in close proximity to each other. Some of the slides were even made consecutively, allowing us to examine potential subclass characteristics. We conducted our investigations and comparisons using the Evofinder® automated ballistic identification system. Initially, we visually compared cartridge cases from the same handguns and discovered that they possessed enough individual characteristics to be attributed to the same or possibly the same origin. Subsequently, we compared spent cartridge cases expelled from other handguns within the same batch and confirmed that the firearm marks did not match, or probably did not match. We applied the auto-identification algorithm to each cartridge case and observed the matching positions of cartridges expelled from the same handguns. We found that it is not obvious that the system will classify the cartridge cases fired from the same handgun into first matching positions, and it is even less likely for the system itself to assign them to the same origin.

Keywords: Arex Delta, Evofinder, forensics, traces of a weapon, cartridge casing

UDC: 343.983