

# Prisutnost GSR čestica u policijskim vozilima

---

Senješ, Hrvoje

Master's thesis / Diplomski rad

2023

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Split, University Department for Forensic Sciences / Sveučilište u Splitu, Sveučilišni odjel za forenzične znanosti**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:227:615964>

Rights / Prava: [Attribution-NoDerivs 3.0 Unported](#)/[Imenovanje-Bez prerada 3.0](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2024-11-14**

SVEUČILIŠTE  
U  
SPLITU



SVEUČILIŠNI  
ODJEL ZA  
FORENZIČNE  
ZNANOSTI

Repository / Repozitorij:

[Repository of University Department for Forensic Sciences](#)



**SVEUČILIŠTE U SPLITU**  
**SVEUČILIŠNI ODJEL ZA**  
**FORENZIČNE ZNANOSTI**

**ISTRAŽIVANJE MJESTA DOGAĐAJA**

**DIPLOMSKI RAD**

**PRISUTNOST GSR ČESTICA U**  
**POLICIJSKIM VOZILIMA**

**HRVOJE SENJEŠ**

Split, lipanj 2023.

**SVEUČILIŠTE U SPLITU**  
**SVEUČILIŠNI ODJEL ZA**  
**FORENZIČNE ZNANOSTI**

**ISTRAŽIVANJE MJESTA DOGAĐAJA**

**DIPLOMSKI RAD**

**PRISUTNOST GSR ČESTICA U**  
**POLICIJSKIM VOZILIMA**

**MENTOR: doc. dr. sc. IVAN JERKOVIĆ**

**KOMENTOR: Sunčica Kuzmić, dipl. ing.**

**HRVOJE SENJEŠ**  
**589/2020**

**Split, lipanj 2023.**

Diplomski rad je izrađen na Sveučilišnom odjelu za forenzične znanosti u Splitu i u Centru za forenzična ispitivanja, istraživanja i vještačenja „Ivan Vučetić“ u Zagrebu pod vodstvom mentora doc. dr. sc. Ivana Jerkovića i komentorice Sunčice Kuzmić, dipl. ing. u vremenskom razdoblju od prosinca 2021. do rujna 2022. godine.

**Datum predaje diplomskog rada:** 16. svibnja 2023.

**Datum prihvatanja rada:** 29. svibnja 2023.

**Datum usmenog polaganja:** 07. lipnja 2023.

**Povjerenstvo:**

1. Izv. prof. dr. sc. Željana Bašić
2. Izv. prof. dr. sc. Ivana Kružić
3. Doc. dr. sc. Ivan Jerković

# SADRŽAJ

<b>1. UVOD.....</b>	<b>1</b>
1.1. Forezika, vještačenje i forenzičari u znanosti .....	1
1.2. Tragovi u forenzici .....	2
1.3. Tragovi upotrebe vatrenog oružja.....	3
1.3.1. Inicijalna smjesa.....	4
1.3.2. Sastav i morfološki oblik GSR čestica.....	5
1.3.3. Analiza i identifikacija GSR čestica .....	6
1.3.4. Ograničenja metode analize tragova pucanja s pomoću uređaja SEM/EDX.....	7
1.4. Osiguranje mjesta događaja.....	9
1.4.1. Osiguranje tragova pri uporabi vatrenoga oružja.....	9
1.4.2. Način izuzimanja GSR tragova s ruku.....	10
1.4.3. Izvješće o događaju – tragovi pucanja (GSR metoda).....	12
1.5. Pregled dosadašnjih istraživanja o kontaminaciji GSR česticama .....	14
<b>2. CILJEVI I HIPOTEZE.....</b>	<b>16</b>
<b>3. MATERIJALI I METODE.....</b>	<b>17</b>
3.1. Materijali.....	17
3.1.1. Uzorci.....	17
3.2. Metode izuzimanja GSR uzoraka .....	18
3.3. Metoda analize GSR čestica .....	20
3.4. Obrada rezultata .....	21
3.5. Statistička analiza.....	21
<b>4. REZULTATI.....</b>	<b>22</b>
4.1. Prisutnost karakterističnih GSR čestica u vozilima.....	22
4.2. Brojnost karakterističnih GSR čestica u vozilima .....	23
4.3. Prisutnost indikativnih GSR čestica .....	24

4.4.	Brojnost indikativnih GSR čestica u vozilima .....	25
4.5.	Povezanost prisutnosti karakterističnih i indikativnih GSR čestica .....	27
4.6.	Povezanost brojnosti karakterističnih i indikativnih GSR čestica .....	28
4.7.	Povezanost prisutnosti karakterističnih GSR čestica s varijablama prikupljenim upitnikom .....	28
5.	RASPRAVA.....	31
5.1.	Karakteristične GSR čestice.....	31
5.2.	Indikativne GSR čestice.....	32
5.3.	Povezanost karakterističnih i indikativnih GSR čestica.....	33
5.4.	Povezanost prisutnosti karakterističnih GSR čestica s varijablama prikupljenim upitnikom .....	34
5.5.	Osvrt na provedeno istraživanje, prijedlozi za buduća istraživanja i preporuke 35	
6.	ZAKLJUČCI.....	37
7.	LITERATURA .....	39
8.	SAŽETAK .....	42
9.	ABSTRACT.....	44
10.	ŽIVOTOPIS .....	46
11.	IZJAVA O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI.....	48

# 1. UVOD

## 1.1. Forenzika, vještačenje i forenzičari u znanosti

Forenzičke znanosti sačinjavaju brojne znanstvene discipline čije se zakonitosti i specifični postupci rabe kako bi se otkrila, istražila i na kraju dokazala kaznena djela. Dakle, zadaća je forenzike dokazati postojanje djela i njegova počinitelja te objektivno utvrditi i rasvijetliti činjenice za potrebe sudskog postupka (1,2).

Forenzične znanosti obuhvaćaju različite specijalnosti od kriminalistike, forenzične medicine, antropologije, psihijatrije, toksikologije, entomologije, odontologije, ispitivanja dokumenata, ispitivanja vatrenog oružja i tragova upotrebe vatrenog oružja, analiza glasa, daktiloskopije i dr. (3).

Forenzika, kao i kriminalističke znanosti, pokušavaju odgovoriti na devet zlatnih pitanja i to:

- Što se dogodilo?
- Tko je počinitelj?
- Kada se dogodilo?
- Gdje se dogodilo?
- Kako se dogodilo?
- S čime je izvršeno?
- S kim je izvršeno?
- Zašto (motiv)?
- Koga ili što? (3).

Postulati forenzične znanosti u suzbijanju i otkrivanju kaznenih djela i njihovih počinitelja primjenjuje se na mjestima događaja kaznenog djela i na drugim mjestima u svezi s njim i u forenzičnim laboratorijima (1).

U forenzičnim laboratorijima obavljaju se razna vještačenja poput traseoloških, bioloških, kontaktnih, kemijsko-fizikalnih, toksikoloških, daktiloskopskih, kao i vještačenja stakla, boja, gume, vještačenje dokumenta i rukopisa, oružja, tragova pucanja i dr. (4).

Iz tragova dostavljenih na vještačenje, koji često ne obećavaju mnogo, moguće je dobiti važne informacije.

Procesno reguliranje vještačenja u Republici Hrvatskoj određeno je člankom 308. Zakona o kaznenom postupku (5), gdje je navedeno da se vještačenje određuje u slučaju kad je

potrebno utvrditi ili procijeniti određene važne činjenice, pri čemu je potrebno dobaviti nalaz i mišljenje stručnjaka koji raspolaže potrebnim vještinama i kompetencijama. Sadržajni se način vještačenja provodi prema pravilima određene znanosti, tehnike ili struke, koje primjenjuje vještak ovisno o svom stručnome profilu.

Forenzični je vještak osoba koja, autoritetom svoga znanja i vještinom iz područja određene znanosti i tehnike, na zahtjev tijela daje pismeni ili usmeni nalaz i mišljenje o tome postoje li ili ne postoje činjenice koje su značajne za određeni postupak te o njima iznosi zaključke. Nalaz i mišljenje vještaka, pod uvjetom da ga prihvati tijelo postupka, postaje dokaz u postupku (1).

Forenzični vještaci imaju dvije osnovne dužnosti, a to su provedba znanstvene analize tragova i svjedočenje kao ekspert u sudskim predmetima.

Tijekom sudskih postupaka tijelo postupka sve teže može utvrditi činjenično stanje bez pomoći vještaka te se danas a stručnima znanjima vještaka ne koristi samo za ocjenu činjeničnog stanja, nego i u cilju traganje za nositeljima informacija, tijekom osiguranja mjesta događaja, tragova i predmeta kaznenog djela (1).

## **1.2. Tragovi u forenzici**

Materijalnim tragovima smatraju se sve promjene, vidljive ili nevidljive, koje su posljedica djelovanja čovjeka, životinje ili nekoga predmeta na određenome mjestu ili prostoru, a na neki su način povezane s kaznenim događajem zbog kojega se provodi očevid. Disciplina koja se bavi materijalnim tragovima zove se traseologija (6).

Tragovi se na mjestu događaja, prema Henryju Leeju, mogu pojaviti kao prolazni (kratkotrajni) tragovi, tragovi specifičnog izgleda, rasporeda i položaja, kao uvjetni tragovi i kao kontaktni tragovi (3).

Najčešća vrsta tragova s kojim se vještaci susreću na mjestu događaja jesu kontaktni tragovi koji nastaju fizičkim dodiranjem između osoba ili predmeta.

Kontaktni tragovi mogu se klasificirati na sljedeće načine:

- prema vrsti kaznenog djela
- prema vrsti materijala
- prema podrijetlu
- prema agregatnome stanju



- prema pitanju na koje treba odgovoriti
- prema načinu nastanka
- prema vrsti traga (3).

Klasifikacija prema vrsti traga, koja je u praksi najčešća, obuhvaća tragove oruđa, tragove papilarnih linija, tragove organskih tvari, tragove stakla, tragove guma vozila, tragove boja, tragove umjetnih materijala, tragove drva, tragove prašine, tragove sperme, tragove papira, tragove zemlje, tragove vlakna, tragove oružja, tragove pucanja iz vatrenog oružja, tragove građevinskog materijala, dokumenti, tragovi metala, tragovi dlaka, tragove krvi, tragove minerala, tragove anorganskih tvari, tragove glasa, videosnimke i dr. (3).

Nastajanje materijalnih kontaktnih tragova počiva na načelu proizašlom iz mota francuskog forenzičara Edmonda Locarda da „svaki dodir ostavlja trag“ (7). To se načelo naziva Locardovim načelom razmjene ili kontaktnom teorijom, a zasniva se na tome da ne postoji kontakt ili međusobno djelovanje među objektima (predmetima, osobama, prostorom i sl.), koji neće prouzročiti materijalna manifestacija toga traga, bez obzira na to je li riječ o tragu kao specifičnome obliku, tragu nastalom odvajanjem ili prijenosom tvari (8).

### **1.3. Tragovi upotrebe vatrenog oružja**

U kaznenim djelima kao što su krvni delikti, jedni od najvažnijih tragova za rasvjetljavanje događaja i dinamike njegovoga odvijanja jesu tragovi uporabe vatrenoga oružja.

Te je tragove moguće pronaći na mjestu događaja (čahure, patrone, zrna, fragmenti zrna, vatreno oružje, oštećenja nastala djelovanjem projektila i dr.) te na mrtvome tijelu, na oštećenome/žrtvi, na sudioniku događaja i na osumnjičenome/počinitelju (8).

Tragovi koji zaostaju na sudionicima događaja, odnosno na osumnjičenom ili počinitelju uglavnom su ostatci tragova pucanja iz vatrenog oružja (engl. *Gun Shot Residue-GSR*) koji se sastoje od čestica koje primarno potječu od sastavnica streljiva. To uključuje tragove nesagorjelih i djelomično sagorjelih barutnih čestica, tragove bakra, cinka ili olova koji mogu potjecati od zrna i tzv. GSR čestice specifičnog kemijskog sastava i morfologije koje nastaju iz inicijalne smjese streljiva. Ove se čestice u forenzičnoj zajednici nazivaju još i anorganskim GSR česticama (engl. *inorganic GSR* - iGSR) ili GSR česticama inicijalnoga punjenja (engl. *primer GSR* - pGSR), dok se tragovi nesagorjelih i djelomično sagorjelih barutnih čestica u forenzičnoj praksi nazivaju još i organskim GSR česticama (engl. *organic GSR* - oGSR) (9).

Pri pucanju iz vatrenog oružja, veći dio tragova pucanja zajedno sa zrnom izlazi kroz usta cijevi oružja, dok drugi dio tih tragova izlazi kroz druge otvore na oružju. Kako se u blizini otvora na oružju nalazi ruka osobe koja je pucala, dolazi do kontaminacije njezinih šaka tragovima pucanja iz vatrenoga oružja te kontaminacije njezinih dijelova odjeće ili dijelova tijela (10).

Temeljem obrade rezultata pronađenih i izuzetih tragova koji ostaju nakon pucanja iz vatrenoga oružja na rukama, odjeći, dijelovima tijela osobe (brkovi, brada, kosa, obrve), predmetima ili u unutrašnjosti automobila moguće je dovesti u vezu osobu ili prostor s uporabom vatrenoga oružja, što je jedan od osnovnih ciljeva u sudskome postupku.

### 1.3.1. Inicijalna smjesa

U standardnom streljivu nalazi se tzv. primarno punjenje, odnosno inicijalna smjesa čija je svrha stvaranje iskre u cilju pokretanja izgaranja baruta kao pogonskoga goriva potrebnoga za izbacivanje projektila iz cijevi i njegovo dovođenje do cilja. Inicijalna se smjesa sastoji od različitih kemijskih sastavnica koje imaju ulogu inicijatora, oksidatora ili goriva.

Kemijski sastav GSR čestica uvjetovan je sastavom inicijalne smjese. Prema kemijskome sastavu inicijalne smjese, prepoznatljiva su primarna punjenja na bazi živina fulminat-klorata, živina fulminat nitrata te komercijalnih smjesa patentiranih pod nazivom „Sinoxid™“ i „Sintox™“ (11).

Pri ispaljenju streljiva koje sadržava određeni tip inicijalnog punjenja nastaju i GSR čestice određenoga sastava, prikazano u tablici 1.

Tablica 1. Tip inicijalnog punjenja i GSR čestice određenog sastava (12).

<b>Primarno punjenje</b>	<b>Elementni profil GSR čestica</b>
Živin fulminat-klorat	Hg, Sb, K, Cl
Živin fulminat-nitrat	Hg, Ba, Sb
Sinoxid™	Pb, Ba, Sb
Sintox™	Zn, Ti

Inicijalne smjese na bazi živina fulminata djelovale su izrazito korozivno na cijev oružja, te su patentom Sinoxida istisnute iz proizvodnje. Iako je Sinoxid patentiran 1928. godine, postupno je osvajao tržište te je prisutnost smjese na bazi fulminata dokazana i u streljivu koje se proizvodilo na prostorima bivše SFRJ i pedeset godina kasnije.

Inicijalna smjesa tipa Sinoxid u uporabi je dovoljno dugo da je bilo moguće provesti niz istraživanja i okolišnih studija, te se za sada i dalje, prema ASTM standardu E1588-20 jedino elementni profil GSR čestica ovog tipa smjese smatra karakterističnim za GSR, što znači da čestice karakterističnog oblika i sastava PbBaSb potječu iz procesa ispaljivanja iz vatrenoga oružja (13).

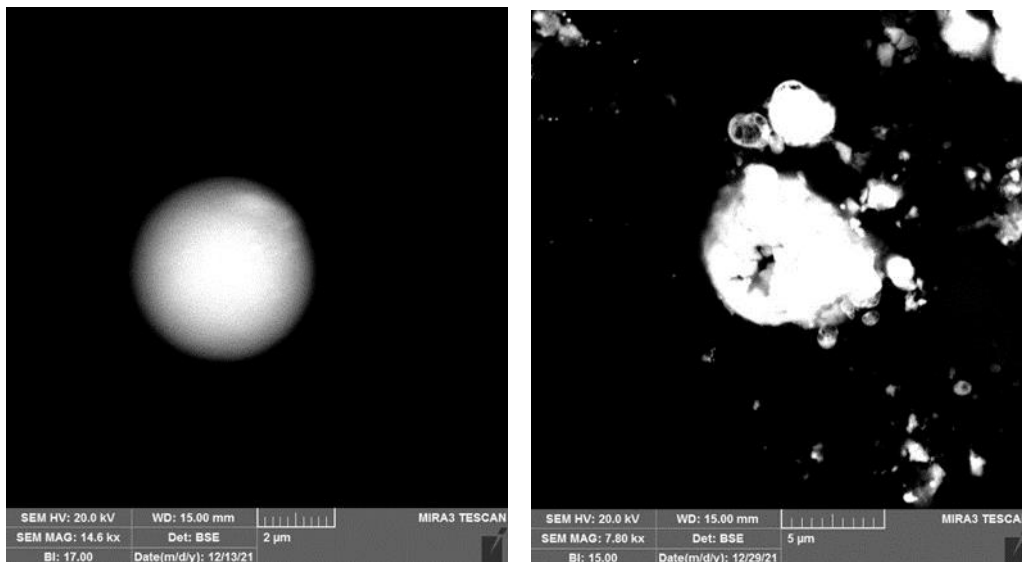
### 1.3.2. Sastav i morfološki oblik GSR čestica

U streljivu, odnosno inicijalnoj kapisli tipa „Sinoxid“, nalazi se smjesa soli najčešće triju metala. Smjesa sadržava antimon (Sb) u vidu antimonova sulfida (gorivo), barij (Ba) u vidu barijeva nitrata (oksidator) i olovo (Pb) u vidu olovova stfnata (inicijator). Na sobnoj su temperaturi navedene soli u krutom stanju te ne može doći do njihova međusobnog miješanja.

Pri procesu opaljenja streljiva, zbog utjecaja velikih pritisaka, temperature i plamena, te se soli kratkotrajno zagrijavaju, čime se njihovo stanje mijenja prvo u tekuće, a zatim u plinovito, gdje se međusobno izmiješaju (14).

Kad zrno ispaljenog streljiva izađe iz cijevi oružja, opada visoki tlak i temperatura uslijed čega se izmiješane smjese soli naglo hlade formirajući kuglaste tvorevine pravilna (slika 1a) ili nepravilna oblika (slika 1b) koje sačinjava kombinacija elemenata antimona, barija i olova. Pri tom procesu mogu nastati jednokomponentne čestice koje sadržavaju jedan od triju navedenih elementa, dvokomponentne čestice koje sadržavaju dva od triju navedenih elementa (PbSb, PbBa, SbBa, te trokomponentne čestice koje sadržavaju sva tri navedena elementa (PbSbBa). U forenzičnoj praksi, dvokomponentne čestice smatraju se indikativnima, dok se trokomponentne čestice smatraju karakterističnima za proces ispaljenja streljiva iz vatrenoga oružja.

Promjer tipične GSR čestice uglavnom iznosi od 0,1 do 10  $\mu\text{m}$ , dok je iznimno moguće pronaći GSR čestice veličine i do 55  $\mu\text{m}$  ili više. Atipično velike čestice uglavnom zaostaju u čahuri streljiva (10).



(a)

(b)

Slika 1. Morfološki oblik GSR čestice snimljen na SEM „Tescan“, model „Mira III“

(a) Pravilan (b) Nepravilan

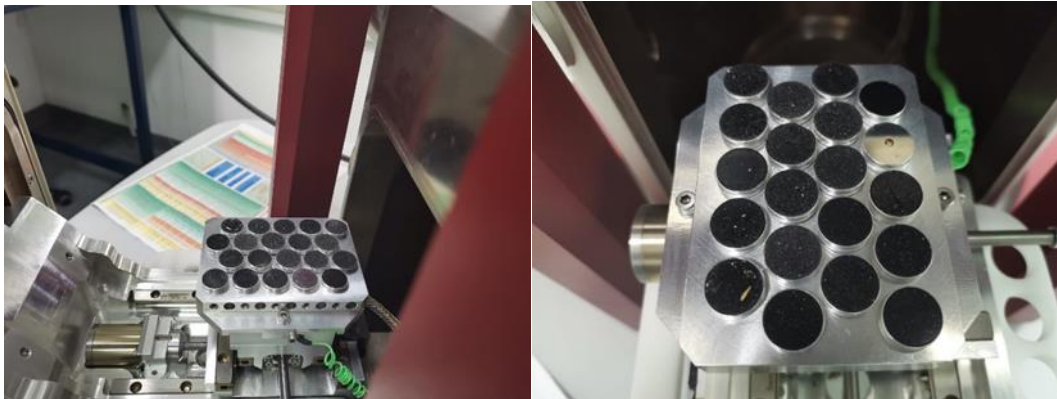
### 1.3.3. Analiza i identifikacija GSR čestica

U Hrvatskoj se tragovi pucanja vještače u Centru za forenzična ispitivanja, istraživanja i vještačenja „Ivan Vučetić“, gdje se za utvrđivanje prisutnosti tragova pucanja na šakama i odjeći osumnjičenika primarno rabi normirana metoda: SEM/EDX analiza tragova pucanja s pomoću skenirajućega elektronskog mikroskopa s energodisperzivnim detektorom rendgenskih zraka (engl. *Scanning Electron Microscope/EnergoDispersive X-ray – SEM/EDX*).

SEM/EDX uređaj, upotrebom dvaju detektora, gotovo istodobno daje informaciju o morfologiji GSR čestice te o njezinome kemijskom sastavu. Uređaj radi tako da ubrzava, usmjerava i fokusira snop elektrona prema površini uzorka (slika 2). Pri tome dolazi do izbijanja elektrona iz te površine uzorka te ulaska elektrona iz drugoga energetskog izvora na mjesto u ljusci omotača atoma koje je ostalo upražnjeno (13). Elektroni tad emitiraju fotone u vidu karakterističnih rendgenskih zraka određenih frekvencija koje se prikupljaju na detektoru (EDX). Do podatka o kemijskome elementu dolazi se s pomoću frekvencije i energije prikupljenih zraka (15).

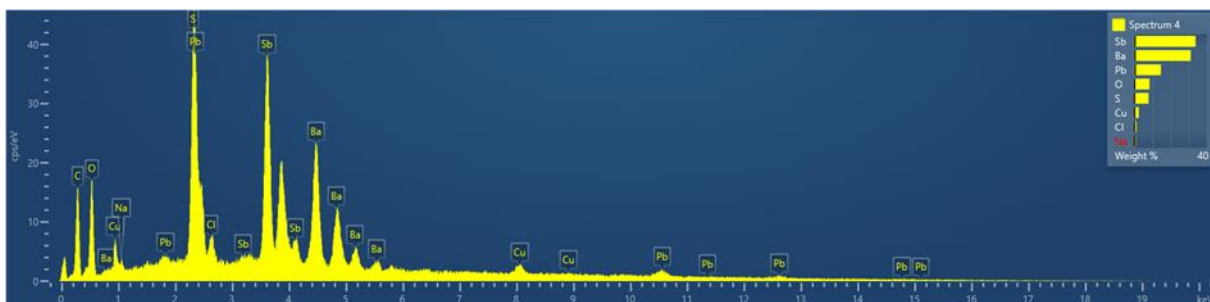
Detektor za prikupljanje odbijenih elektrona (engl. *Back Scatter Electron - BSE*) prikuplja elektrone koji se odbiju od uzorka te pri tom stvara sliku analizirane površine.

Teži kemijski elementi, višega atomskog broja odbijaju veći broj elektrona te je njihova slika sjajnija, što znači da je lakše detektira (15).



Slika 2. Nosač GSR stubova u SEM „Tescan Mira III“

Ispis konačnih rezultata prikazuje rezultate provedene analize. Može se vidjeti koliki je broj čestica na određenome uzorku, koliko su čestice velike, gdje se nalaze na uzorku i koji je njihov kemijski sastav (slika 3) i dr. Također, moguće je za svaku zasebnu česticu ponoviti analizu jer je ona nedestruktivna i ponovljiva te se navedene čestice mogu snimiti u većoj rezoluciji. Tako dobiveni ispisi i snimke prilažu se uz nalaz kao rezultati provedene analize (16).



Slika 3. Karakteristični kemijski sastav GSR čestice

#### 1.3.4. Ograničenja metode analize tragova pucanja s pomoću uređaja SEM/EDX

Kao i svaka metoda, i ova analiza ima svoja ograničenja (14). Prvo je ograničenje to što pronalazak GSR čestica na osobi ne dokazuje da se upravo ta osoba koristila vatrenim oružje u razmatranome slučaju. Taj nalaz može poslužiti samo kao indicija koja upućuje na to da je osoba nekad rabila vatreno oružje, odnosno bila u blizini kad je došlo do uporabe oružja. Dakle,

osoba se mogla kontaminirati GSR česticama ne samo ako je pucala iz vatrenog oružja, već i ako je stajala uz osobu koja je pucala, ili ako je i dodirivala neke predmete koji su ranije bili kontaminirani GSR česticama.

Kao drugo ograničenje navodi se nužnost izuzimanja tragova neposredno nakon događaja, jer GSR čestice zaostaju na šakama samo određeno i ograničeno vrijeme. Naime, eksperimenti su pokazali da protokom četiri sata od trenutka pucanja, na šakama osobe koja je rabila to oružje, često nije moguće pronaći GSR čestice, ili ih je moguće pronaći jedino u malome broju (17).

Važno je napomenuti da članovi forenzične zajednice kontinuirano provode istraživanja kako bi se navedena ograničenja metode, odnosno potencijalni rizici maksimalno otklonili.

Nakon uspješne populacijske studije rasprostranjenosti GSR čestica (18) u kojoj su također sudjelovali vještaci Centra za ispitivanja, istraživanja i vještačenja „Ivan Vučetić“, Europska mreža instituta za forenzičke znanosti (engl. *European Network of Forensic Science Institutes* - ENFSI) nedavno je pokrenula projekt kojim će se utvrđivati mogućnost sekundarnoga prijenosa GSR čestica na osobu koja za vrijeme pucanja stoji pored osobe koja puca iz vatrenog oružja, mogućnost prijenosa čestica s oružja kojim je pucano na osobu koja rukuje oružjem nakon pucanja, a nije pucala iz njega, kao i mogućnost prijenosa čestica s osobe koja je pucala na osobu s kojom se rukuje nakon pucanja.

Budući da stopa gubitka GSR-a ovisi o prirodi površine uzorkovanja i uvjetima kojima je ta površina izložena do samog izuzimanja, dok je ispitivanje provedeno u Centru za forenzična ispitivanja, istraživanja „Ivan Vučetić“ eksperimentalno pokazalo (neobjavljeni rezultati) da se većina GSR-a koja pri pucanju prijeđe na šake osobe koja je pucala može izgubiti već unutar prva dva sata, dok određene površine mogu vrlo dugo GSR čestice, kao što su primjerice odjevni predmeti. Na odjevnim predmetima, posebno ako su stajali u ormaru, prisutnost GSR čestica dokazana je i nakon nekoliko godina, a dokazana je i prisutnost GSR čestica na odjeći čak i nakon pranja. Gubitak čestica sa šaka nastoji se umanjiti papirnatim vrećicama koje imaju dvojak ulogu: sačuvati GSR čestice ako tragove nije moguće izuzeti odmah u kojem se slučaju analizira i sadržaj vrećica, kao i antikontaminacijsku ulogu.

U praksi je potrebno je prepoznati mjesta potencijalno kontaminirana GSR česticama preko kojih bi moglo doći do sekundarnoga transfera GSR čestica na predmet ili osobu od interesa, a jedno od takvih mogućnosti je i kontaminacija osumnjičenoga/žrtve sekundarnim prijenosom GSR česticama tijekom prijevoza/transporta u policijskim vozilima.

## 1.4. Osiguranje mjesta događaja

Forenzično istraživanje u cilju otkrivanja i istraživanja kaznenih djela te identifikacija i pronalaženje njihovih počinitelja prvo započinje osiguranjem mjesta događaja, kao i svakoga mjesta koje je u mogućoj vezi s događajem ili kaznenim djelom, tragovima i predmetima na mjestu događaja (19).

Pri saznanju za počinjenje kaznenog djela, policija osigurava mjesto događaja kako je propisano Zakonom o policijskim poslovima i ovlastima (20), gdje je u članku 66. navedeno da će policijski službenik po spoznaji o događaju povodom kojeg je potrebno obaviti očevid, osigurati mjesto događaja tako da ono označi, zabrani pristup i snimanje, prikupi podatke o osobama koje imaju informacije o događaju, poduzme sve mjere za sprječavanje nastanka daljnje materijalne štete i nastupanja opasnosti za druge osobe te poduzme mjere zaštite žrtve.

Detaljnije postupanje policijskih službenika pri osiguranju mjesta događaja propisano je člancima 109. - 112. Pravilnika o načinu postupanja policijskih službenika (21).

### 1.4.1. Osiguranje tragova pri uporabi vatrenoga oružja

Pri osiguranju tragova pucanja, pored ostalih mjera sigurnosti, potrebno je obratiti pozornost na ruke osumnjičenika te spriječiti da ih osoba pere ili briše (19). Najbolje je tragove s osobe odmah izuzeti. Međutim, kad to okolnosti ne dopuštaju, tad se tragovi trebaju osigurati navlačenjem papirnatih vrećica preko šaka osobe tako da se prekrije područje do iznad zgloba i pričvrsti samoljepljivom trakom. Valja istaknuti da vrećice nisu samo zaštitni element, već se i one kasnije pakiraju svaka zasebno te dostavljaju na vještačenje. Zbog mogućeg gubitka tragova, ne preporučuje se uporaba plastičnih vrećica za zaštitu ruku.

Uz Priručnik kriminalističke tehnike (8), gdje je opisano postupanje s tragovima i osumnjičenim osobama, policija je donijela interni dokument naziva Standardni operativni postupci (22) gdje je u poglavlju Osiguranje mjesta događaja propisano: „Ako je počinitelj kaznenog djela poznat, odnosno ako je zatečen na mjestu događaja, potrebno ga je izolirati i na najpogodniji način spriječiti kontaminaciju i uništavanje tragova koji bi se mogli nalaziti na njemu (ako je moguće ne skidati s počinitelja odjeću, ne premještati ga iz vozila u vozilo i sl.)“.

Pri postupanju s počiniteljem na mjestu događaja u poglavlju Standardni operativni postupak uhićenja počinitelja kaznenog djela u taktici postupanja u pod poglavlju Prijevoz uhićenih osoba propisano je: „Kad se uhićena osoba prevozi vozilom do službenih prostorija, bit će joj stavljena sredstva za vezivanje iza leđa te će se zavezati sigurnosnim pojasom, osim ako ozljede ili okolnosti ne nalažu drugačije. Ako se radi o jednoj uhićenoj osobi i jednom

policijskom službeniku, uhićenik će se smjestiti na mjesto suvozača, a kada su dva policijska službenika uhitila jednu osobu tada jedan policijski službenik sjeda iza mjesta vozača, a uhićena osoba njemu zdesna. Kada se prevoze dvije uhićene osobe, druga će uhićena osoba biti smještena na zadnjem sjedištu, a policijski službenik će sjediti iza sjedišta vozača kako bi osigurao nesmetanu vožnju. Broj uhićenih osoba koje se prevoze ne smije prelaziti broj policijskih službenika ako vozilo ne posjeduje specijalno opremljenu zaštitnu pregradu za prijevoz uhićenika“ (22).

Navedenim Standardnim operativnim postupkom detaljno je opisan način prijevoza osumnjičenih osoba, po kojem policija postupa na cijelom području Republike Hrvatske.

#### 1.4.2. Način izuzimanja GSR tragova s ruku

Za provedbu metode, tragovi se izuzimaju s pomoću GSR stubova (slika 4). Stubovi su u tzv. GSR kompletu koji uključuje deset plastičnih nosača s ljepljivim trakicama i kompletom naljepnica.



Slika 4. GSR stubovi

Forezičar koji izuzima GSR čestice mora se pridržavati antikontaminacijskih mjera te prije samog postupanja mora biti obučen u jednokratno zaštitno odijelo s nazuvcima za obuću i pokrivalom za glavu i zaštitnom maskom za usta, a ruke moraju biti zaštićene jednokratnim lateksnim rukavicama (slika 5).





Slika 5. Zaštitna oprema koja se rabi za sprječavanje kontaminacije

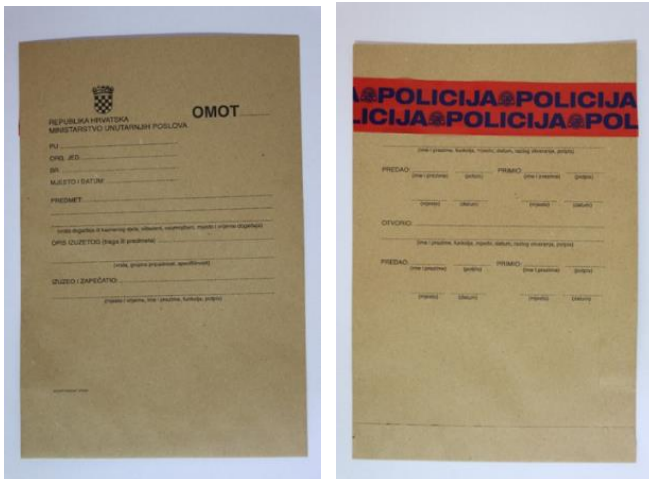
Pri izuzimanju tragova potrebno je prvo otvoriti nosač i skinuti zaštitnu foliju ispod koje se nalazi ljepljiva površina (slika 6), nakon čega se tom ljepljivom površinom lagano pritisće na površinu s koje se želi izuzeti tragove. Broj pritisaka ovisi o vrsti površine koju je potrebno uzorkovati, a preporuka je da broj pritisaka pri izuzimanju uzoraka sa šaka bude najviše 30 puta s obzirom na to da površina gubi svoja svojstva ljepljivosti, dok se za druge površine preporučuje uzorkovanje sve dok trakica ima svoja ljepljiva svojstva.

Nakon izuzimanja, zaštitna se folija ne vraća na ljepljivu trakicu, a nosač s ljepljivom trakicom se oprezno zatvori. Zatim se ispisuje naljepnica na koju se navodi mjesto uzorkovanja i ona se lijepi na plastične nosače, npr. lijeva nadlanica (LN), lijevi dlan (LD), desna nadlanica (DN) i desni dlan (DD).



Slika 6. Nosač ljepljive trakice

Nakon izuzimanja tragova, plastični se nosači pakiraju u papirnate kriminalističko-tehničke omote, na kojima se ispisuju podaci ustrojstvene jedinice koja je obavljala radnju, broj predmeta, datum izuzimanja, naziv događaja kao razlog izuzimanja tragova, podatci oštećene ili osumnjičene osobe, podatci osobe ili objekta s kojeg su izuzeti mogući tragovi, potpis i datum forenzičara koji je izuzeo tragove. Na kraju se omot zatvara lijepljenjem sigurnosne samoljepljive trake (slika 7).



Slika 7. Kriminalističko-tehnički omoti

#### 1.4.3. Izvješće o događaju – tragovi pucanja (GSR metoda)

Kad se potencijalni tragovi pucanja izuzmu, obavezno se ispunjava obrazac *Izvješće o događaju – tragovi pucanja (GSR metoda)* (slika 8) koji je sastavni dio GSR kompleta. U njega se upisuju:

- podatci o sudioniku događaja
- podatci o vatrenome oružju i streljivu
- podatci o policijskim službenicima.

*Podatci o sudioniku događaja* sadržavaju podatke o osobi s koje se izuzimaju tragovi, kao i podatke o vrsti događaja ili kaznenog djela, primjerice, radi li se o pokušaju ubojstva, ubojstvu, samoubojstvu ili o nečem drugom.

Također se navodi gdje se pucanje dogodilo (u prostoriji, na otvorenom), datum i mjesto događaja s navođenjem vremena pucanja ako je poznato, vrijeme zaštite ruku osobe s koje se GSR tragovi izuzimaju i vrijeme njihova izuzimanja. Zatim se navodi je li osoba imala rukavice, šešir, kapu, masku za lice ako je poznato, je li je osoba pružala otpor, kada je osoba

zadnji puta oprala ruke ili ih očistila na bilo koji drugi način, ima li osoba zakoniti pristup vatrenom oružju i je li bila u kontaktu s vatrenim oružjem prije događaja.

Podatci o vatrenom oružju i streljivu sadržavaju informaciju o vrsti oružja, broju ispaljenih hitaca, broju pronađenih čahura, zrna i drugo te informacije o vrsti, marki, modelu i kalibru oružja u slučaju da je ono pronađeno.

Podatci o policijskim službenicima sadržavaju podatke o policijskom službeniku ili drugoj osobi koja je izuzimala tragove pucanja.

**IZVJEŠĆE O DOGAĐAJU – TRAGOVI PUCANJA (\*GSR METODA)**  
(Ovaj obrazac je sastavljen do GSR - kompleta)

**PODACI O SUĐIONIKU DOGAĐAJA:**

1. Ime i prezime: \_\_\_\_\_

2. Vrste događaja / KD-a (ispunite kvadrati):  
 samoubojstva     ubojstvo     pokušaj ubojstva     drugo (navesti): \_\_\_\_\_

3. Pucanje se dogodilo (ispunite kvadrati):  
 u prostoriji     na otvorenom

4. Datum i mjesto događaja: \_\_\_\_\_

5. Za vrijeme događaja imenovani je imao na sebi (ispunite ukoliko je poznato):  
 rukavice     šešir, kapa, masku za lice  
 nije pružao otpor     je pružao otpor (navesti detalje): \_\_\_\_\_

6. Prilikom uhićenja imenovani (ispunite ukoliko je poznato):  
 nije pružao otpor     je pružao otpor (navesti detalje): \_\_\_\_\_

7. Zanimanje ili aktivnosti na dan događaja (navesti ukoliko je poznato): \_\_\_\_\_

8. Kada je imenovani zadnji put oprao ruke ili ih očistio na bilo koji način (ukoliko je poznato): \_\_\_\_\_

9. Ima li imenovani zakoniti pristup vatrenom oružju (ispunite ukoliko je poznato):  da     ne

10. Je li imenovani bio u kontaktu s vatrenim oružjem prije događaja (navesti ako je poznato; kada, gdje i kratki opis): \_\_\_\_\_

---

**PODACI O VATRENOM ORUŽJU I STRELJIVU:**

11. Kolkio je hitaca ispaljeno (navesti ukoliko je poznato): \_\_\_\_\_

12. Je li predmetno vatreno oružje izuzeto? Navedite vrstu oružja (pištolj, revolver, puška...), marku, model i kalibar:  
 Vrsta oružja: \_\_\_\_\_ Marka: \_\_\_\_\_ Model: \_\_\_\_\_ Kalibar: \_\_\_\_\_

13. Jesu li čahure izuzete? Navedite broj čahura, kalibar i oznake na dnu: \_\_\_\_\_

---

**PODACI O POLICIJSKIM SLUŽBENICIMA:**

14. Navesti ime i prezime, te kontakt tjelesnog krim. tehničara ili druge osobe koja je izuzimala tragove pucanja:  
 Ime i prezime: \_\_\_\_\_ "Bilo službeno-imena": \_\_\_\_\_

15. Navesti ostale podatke od značaja (npr. je li špielo izvučeno iz kade napunjeno vodom; i sl.): \_\_\_\_\_

Potpis ovlaštenog službenika: \_\_\_\_\_ Potpis krim. tehničara: \_\_\_\_\_

\*GSR – enaj. siračevica za tragove pucanja GSR/Shot Residue

**UPUTE ZA IZUZIMANJE TRAGOVA PUCANJA (GSR METODA)**  
(Za \*SEM/EDX analizu)

**POSTUPAK IZUZIMANJA TRAGOVA**

(A) Ako izuzimanje tragova pucanja s osobe na mjestu uhićenja nije moguće, tragovi pucanja na šakama osobe moraju se na mjestu uhićenja zaštititi, i to prije vezivanja ruku, odnosno, micanja šetla osobe (ako je to moguće), a obučeni policijski službenik prije izuzimanja tragova postupaju na sljedeći način:  
 • oprati si ruke dezinfekcijskim sredstvom (sapun i sl.) i vodom,  
 • navući si jednokratne rukavice bez prašina koje se nalaze u GSR kompletu,  
 • zaštititi tragove pucanja navlačenjem papirnatih vrpčica na šake osumnjčenika: DR - desna ruka i LR - lijeva ruka. Samoljepljivom trakom vrpčice pričvrstiti za ruke osumnjčenika iznad zglobova.

(B) Ako se tragovi pucanja izuzimaju u PUPP, izuzimanje vršiti u prostoriji za koju su provedene sve propisane antikonaminacijske mjere

(C) Kad se jednjepur šakne zaštitna folija s ljepljive trake GSR stub-ova, ljepljiva površina je izložena i potrebno je s njom rukovati oprezno, kako ne bi došlo do neželjene kontaminacije.

(D) Ne vraćati zaštitnu foliju na ljepljivu traku nakon izuzimanja tragova.

(E) Sustavno obilježiti nadlanicu od vrhova prstiju prema zglobu, uključivši i dijelove nadlance između prstiju šake.

(F) Ne obilježivati vlažna, masna ili krvava područja, te izbjavati klizanje trake po koži.

**KORAK 1** Ispunite obrazac IZVJEŠĆE O DOGAĐAJU – TRAGOVI PUCANJA (GSR METODA), koji se nalazi na suprotnoj strani.

**NAPOMENA**

Prije samog postupka izuzimanja GSR tragova pucanja, potrebno je na četiri (4) plastična poklopa nosača ljepljive trake koje se nalaze u GSR kompletu šikim tiskanim slovima napisati za koju je uzorkovnu površinu svaka posebno namijenjena. Za desni dlan napišite „DESNI DLAN“ (vidi sliku 3), za desnu nadlanicu napisati: „DESNA NADLANICA“ i sl.

**KORAK 2** Temeljito si operite ruke dezinfekcijskim sredstvom (sapun ili sl.) i vodom te zatim na ruke stavite rukavice koje se nalaze u GSR kompletu za izuzimanje tragova pucanja GSR metodom.  
**Ne koristiti nikakve zamjenjake rukavice!**

**KORAK 3 DESNA NADLANICA**

(A) Oprezno odstranite plastični poklopac nosača s ljepljivom trakom na kojem se nalazi napis: „DESNA NADLANICA“ te nakon toga odstranite zaštitnu prozirnu foliju s ljepljive trake (vidi sliku 4).

(B) Dok u ruci držite poklopac, priložite ljepljivu površinu namijenjenu za izuzimanje tragova na nadlanicu desne ruke osobe dok ne predete cijelu površinu prikazanu na Slici 1.

(C) Nakon izuzimanja tragova na desnoj nadlanci, vratite poklopac na mjesto.  
**Ne vraćati zaštitnu foliju na ljepljivu traku!**

**KORAK 4 DESNI DLAN**

Ponovite proceduru opisanu u Koraku 3, upotrebljavajući plastični nosač s oznakom „DESNI DLAN“. Predite cijelu površinu označenu na slici 2.

**KORAK 5 LJEVA NADLANICA I LJEVI DLAN**

Ponovite postupke opisane u Koraku 3 i Koraku 4 za lijevu ruku, upotrebljavajući plastične nosače s oznakom „LJEVA NADLANICA“ i „LJEVI DLAN“.

**KORAK 6** Nakon što ste s ljepljivim trakicama prešli sve četiri opisane površine, vratite plastične kutije u GSR komplet za izuzimanje tragova pucanja GSR metodom. Ispunjeni obrazac također priložite GSR kompletu.



\*SEM/EDX – starijeju elektronski mikroskop s energospektivnim detektorom X-zraka

Slika 8. Obrazac Izvješće o događaju – tragovi pucanja (\*GSR metoda)

Na drugoj su strani obrasca ispisane upute za izuzimanje tragova pucanja (GSR metoda) za SEM/EDX analizu.

Nakon pravilnog izuzimanja i pakiranja GSR stubova dostavlja ih se na vještačenje s osnovnim pitanjem vještaku (8):

- „Nalaze li se na ljepljivim trakicama tragovi GSR čestica?“
- „Nalaze li se na dostavljenoj odjeći tragovi GSR čestica?“

## **1.5. Pregled dosadašnjih istraživanja o kontaminaciji GSR česticama**

Do sada je objavljeno nekoliko znanstvenih radova na temu utvrđivanja tragova ostataka pucanja iz vatrenog oružja u policijskim vozilima, službenim prostorijama policije i na policijskim službenicima.

Navedena istraživanja su provedena u Švicarskoj (23), Kanadi (Toronto) (24) i dva istraživanja u Americi (Chicago, Scranton) (25,26).

Istraživanja provedena u Americi (25,26) dijelom su bila usmjerena na ispitivanje prisutnosti GSR-a u policijskim vozilima, s posebnim naglaskom na materijal sjedala vozila.

Provedenim istraživanjem u Chicagu (25) od 81 vozila koje je uzorkovano, u samo dvama vozilima pronađena je po jedna karakteristična GSR čestica, dok su provedenim istraživanjem u Scrantonu (26), gdje je uzorkovano šest policijskih vozila, u tri vozila pronađene karakteristične GSR čestice. Ispitivanjem su utvrđeni mogući izvori kontaminacije ruku osumnjičene osobe koja se prevozi policijskim vozilima GSR česticama te autori oba rada zaključuju da je potencijal za sekundarni prijenos moguć, ali relativno nizak.

Provedenim istraživanjem u Kanadi (24), koje je sadržavalo tri različite studije, u jednoj su od studija ispitani uzorci prikupljenih sa stražnjeg putničkog prostora policijskih vozila. U tom je istraživanju, od 18 uzorkovanih vozila, u dva vozila pronađena po jedna karakteristična GSR čestica.

Jedno od značajnijih istraživanja gdje je obuhvaćen veći broj uzoraka policijskih vozila provedeno je u Švicarskoj (23). Cilj studije bio je pružiti podatke koji se odnose na oGSR-organski GSR, a uzorci su analizirani s pomoću uređaja za tekućinsku kromatografiju-masenu spektrometriju (engl. *Liquid chromatography-mass spectrometry* - LC-MS). Prikupljeni su uzorci iz 64 vozila, a uzorkovani su vozačevo sjedalo i stražnja sjedala vozila kako bi se pratile potencijalne razlike između lokacija i procijenili rizici za kontaminaciju osumnjičenih osoba GSR česticama tijekom prijevoza u policijsku postaju. Provedenim istraživanjem utvrđeno je da je većina od 64 uzorkovana vozila bila nekontaminirana (44 vozačevo sjedala i 38 stražnjih sjedala).

Uočena kontaminacija hipotetski je protumačena kao posljedica sekundarnoga prijenosa od policijskih službenika (npr. zbog nedavnog sudjelovanja u procesu pucanja iz vatrenog oružja ili manipulacije vatrenim oružjem) ili od vatrenog oružja pohranjenoga u vozilima (23).

Također se navodi zanimljivost da su stražnja sjedala bila više kontaminirana od vozačevih sjedala. Najveći broj otkrivenih ciljanih spojeva bio je 6 od 7, a učestalost kontaminacije se smanjivala s brojem zajedno otkrivenih spojeva. Također, masa detektiranih spojeva bila je manja od količine koja se uobičajeno detektira neposredno nakon ispaljivanja streljiva iz vatrenoga oružja (23).

## 2. CILJEVI I HIPOTEZE

Cilj je ovoga rada utvrditi razinu kontaminacije policijskih vozila GSR česticama u vozilima u Policijskoj upravi zagrebačkoj koja služe za prijevoz osumnjičenih osoba i drugih sudionika događaja.

U istraživanju su ispitane sljedeće hipoteze:

Hipoteza 1: Udio vozila kontaminiranih karakterističnim GSR česticama u policijskim vozilima na području Grada Zagreba manji je od udjela vozila koja nisu kontaminirana karakterističnim GSR česticama.

Hipoteza 2: Sjedište vozača ima višu razinu kontaminacije karakterističnim GSR česticama od stražnjeg sjedišta i naslona gdje se prevoze osumnjičene osobe i drugi sudionici događaja.

Hipoteza 3: Kontaminiranost sjedišta i naslona stražnjega sjedala karakterističnim GSR česticama pokazat će statistički značajnu povezanost s kontaminiranošću vozačevoga sjedišta karakterističnim GSR česticama.

Hipoteza 4: Udio vozila kontaminiranih indikativnim GSR česticama u policijskim vozilima na području Grada Zagreba manji je od udjela vozila koja nisu kontaminirana indikativnim GSR česticama.

Hipoteza 5: Sjedište vozača ima višu razinu kontaminacije indikativnim GSR česticama od stražnjeg sjedišta i naslona vozila gdje se prevoze osumnjičene osobe i drugi sudionici događaja.

Hipoteza 6: Kontaminiranost sjedišta i naslona stražnjeg sjedala indikativnim GSR česticama pokazat će statistički značajnu povezanost s kontaminiranošću vozačevoga sjedišta indikativnim GSR česticama.

Hipoteza 7: Prisutnost i brojnost indikativnih GSR čestica pokazat će statistički značajnu povezanost s prisutnošću i brojnošću karakterističnih GSR čestica.

Hipoteza 8: Odabrane varijable: područje izuzimanja, vježbovno gađanje, uporaba oružja, prisutnost oružja u vozilu i prijevoz osoba pokazat će statistički značajnu povezanost s ishodom kontaminiranosti vozila.

## 3. MATERIJALI I METODE

### 3.1. Materijali

Za navedenu studiju dobivena je suglasnost Ministarstva unutarnjih poslova, Ravnateljstva policije, KLASA: 053-01/21-01/74, URBROJ: 511-01-42-21-3 od 27. listopada 2021.

#### 3.1.1. Uzorci

Istraživanje je provedeno na području Policijske uprave zagrebačke, koja se sastoji od Grada Zagreba i Zagrebačke županije, u kojoj je ustrojena ukupno 20 policijskih postaja.

Navedena uprava jedina spada u I. kategoriju Policijskih uprava jer po svojoj veličini, položaju, broju stanovnika, kretanju stope kriminaliteta odstupa od drugih policijskih uprava.

Od 20 ustrojenih policijskih postaja u policijskoj upravi nalazi se 17 policijskih postaja s djelatnicima temeljne policije u odori koja najviše postupa prema osumnjičenim osobama i prevozi ih službenim vozilima u nadležne policijske postaje. Od navedenih 17 policijskih postaja, devet policijskih postaja djeluje u samom gradu Zagrebu, dok osam policijskih postaja djeluju u ruralnom dijelu grada na području Zagrebačke županije.

Za navedeno istraživanje uzorkovana su službena vozila koja su imala obilježja i oznake policije i koja se rabe za rad na terenu i za prijevoz osumnjičenih osoba, a koja su na dan uzorkovanja bila raspoloživa u pojedinoj policijskoj postaji Policijske uprave zagrebačke.

Uzorkovanje se provodilo u vremenskom periodu od 8. prosinca 2021. godine do 13. travnja 2022. godine tako da je u danu uzorkovanja odabrana jedna od navedenih 17 policijskih postaja, nakon čega su uzorkovana sva toga dana dostupna vozila. Od ukupno 86 vozila (N) uzorkovano je 65 vozila (n), zbog čega, s rasponom pouzdanosti od 95 %, mogućnost pogreške (engl. *margin of error*) iznosi 6,04 % (<https://www.calculator.net/sample-size-calculator.html>).

U 17 policijskih postaja uzorkovano je 65 policijskih vozila, pri čemu je prikupljen ukupno 201 uzorak (GSR stub). Potrebno je spomenuti da je od 65 policijskih vozila prikupljeno 195 uzoraka, a dva vozila su se dodatno još jednom uzorkovala, pri čemu je prikupljeno dodatnih šest uzoraka, što čini ukupno 201 uzorak.

Za potrebe ovog istraživanja izrađen je upitnik za prikupljanje dodatnih podataka.

Budući da su sva vozila jedne policijske postaje na raspolaganju za uporabu svim djelatnicima te postaje i s njima se postupa na jednaki način, upitnik se ispunjavao tijekom izuzimanja uzoraka za svaku policijsku postaju. Prvo se je upisao naziv policijske postaje,

zatim datum uzorkovanja i broj vozila koji će biti uzorkovan.

U upitniku je kreirana tablica u koju se upisivala marka, tip i registarska oznaka uzorkovanog vozila, s pitanjem je li vozilo bilo na čišćenju/pranju te nalazi li se u vozilu vatreno oružje.

Osim navedenih pitanja u tablici obavljani su i informativni razgovori s rukovoditeljima ustrojstvenih jedinica s mogućnošću dobivanja odgovora na sljedeća pitanja:

- Jesu li policijski službenici u 2021. godini bili na ocjenskom/vježbovnom gađanju?
- Jesu li u 2021. godini policijski službenici rabili vatreno oružje tijekom postupanja?
- Jesu li se u službenom vozilu prevozile osobe koje su koristile vatreno oružje ili su sudjelovale u događaju gdje je došlo do uporabe vatrenog oružja nakon čega su se prevozile u službenom vozilu?

### **3.2. Metode izuzimanja GSR uzoraka**

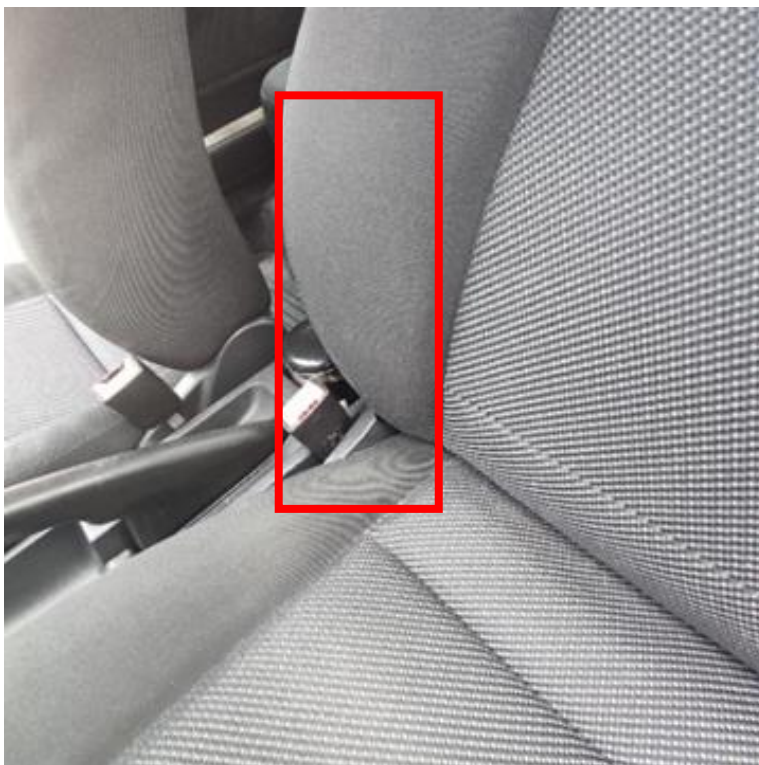
Prije samog izuzimanja tragova, odnosno uzoraka, poštivale su se antikontaminacijske mjere gdje je osoba koja je izuzimala uzorke prvo obukla jednokratno zaštitno odijelo i zaštitila ruke jednokratnim zaštitnim rukavicama, dok su pri svakom novom izuzimanju uzorka sa sjedišta vozila mijenjane rukavice.

Uzorci su prikupljeni korištenjem SEM GSR kitova:

- EM-Tec FS12 box with 10xØ12.7 mm pin stubs plus Ø12 mm high purity conductive tabs in SB1 storage tubes,( Micro to Nano“ Nizozemska, 2021) i
- GSR sampling set, box of 10 C-105500 ( BVDA International BV, Nizozemska, 2021).

Uzorkovanje je provedeno na vozačevom sjedištu uz sam desni rub sjedala i naslona gdje se pretpostavlja da se većinom nalazi službeno naoružanje (slika 9) i na stražnjem desnom sjedištu vozila uz sam prednji rub sjedećeg dijela gdje bi se mogle nalaziti ruke osumnjičenog tijekom prijevoza ako je vezan s prednje strane te stražnjeg ruba sjedećeg dijela i donjeg dijela naslona za leđa (slika 10) gdje bi se mogle nalaziti ruke osumnjičenog tijekom prijevoza ako je vezan sa stražnje strane (na leđima).





Slika 9. Vozačevo sjedište – mjesto uzorkovanja



Slika 10. Stražnje desno sjedište – mjesto uzorkovanja

Uzorci su prikupljeni tako da je prvo otvoren nosač i skinuta zaštitna folija ispod koje se nalazila ljepljiva površina, nakon čega se tom ljepljivom površinom lagano pritiskalo na površinu s koje su se izuzimali tragovi sve dok ljepljiva površina nije izgubila svoja ljepljiva svojstva.

Nakon izuzimanja, nosač s ljepljivom trakicom oprezno je zatvoren, a zatim je ispisana naljepnica na kojoj je navedeno mjesto uzorkovanja:

- vozačevo sjedište (jedan stub)
- prednji rub stražnjeg desnog sjedišta (jedan stub)
- stražnji rub stražnjeg desnog sjedišta (jedan stub).

Nakon toga, naljepnice su zalijepljene na odgovarajuće poklopce stubova uzorkovanja.

### **3.3. Metoda analize GSR čestica**

Ispitivanje i vještačenje uzoraka provedeno u Centru za forenzična ispitivanja, istraživanja i vještačenja „Ivan Vučetić“ koji je akreditiran sukladno međunarodnoj normi HRN/EN/ISO IEC 17025:2017.

Jedna od akreditiranih metoda je i SEM/EDX analiza tragova pucanja. Navedena metoda ima propisanu radnu uputu za SEM/EDX analizu tragova pucanja (27) u sklopu koje su propisane antikontaminacijske mjere, kao i radnu uputu Postupak u slučaju kontaminacije u laboratoriju za analizu tragova pucanja (28).

Ispitivanje izuzetih uzoraka provedeno je sukladno radnim uputama uporabom skenirajućega elektronskog mikroskopa proizvođača Tescan, model MIRA III (TESCAN ORSAY HOLDING, a.s., Republika Češka, 2012) s EDX detektorom X-Max 50 i programskom podrškom Oxford Aztec (Oxford Instruments Nano Analysis, Ujedinjeno Kraljevstvo, 2019), koji je namijenjen za forenzično ispitivanje GSR čestica.

Tijekom otvaranja omota s izuzetim uzorcima pridržavalo se svih propisanih antikontaminacijskih mjera tako da se ispitivač zaštiti čistom kutom i jednokratnim zaštitnim rukavicama, nakon čega se u posebnoj prostoriji pristupa otvaranju dostavljenih omota s uzorcima za GSR analizu. Uzorci su potom preneseni u prostoriju u kojoj se provodi analiza te su postavljani na nosač uzoraka u komori instrumenta, nakon čega je po podešavanju parametara provedena automatizirana analiza uzoraka.

Nakon završene automatizirane analize, dobiveni se rezultati su provjereni i ručnom analizom svake pojedine čestice koja je automatski svrstana u skupinu karakterističnih GSR čestica. Pri manualnoj analizi, ponovno je provjeren morfološki izgled i kemijski sastav svake

čestice koja je pri automatiziranoj analizi sadržavala jednu od tri tražene komponente.

Za svaki pojedini uzorak izrađen je ispis parametara i sumiranih rezultata automatizirane analize, kao i slike i spektri potvrđenih trokomponentnih i dvokomponentnih GSR čestica.

### **3.4. Obrada rezultata**

Pri obradi rezultata, pobrojan je broj trokomponentnih (PbBaSb) (u daljnjem tekstu karakteristične GSR čestice), kao i sumirani broj svih dvokomponentnih (PbSB, PbBa, SbBa) GSR čestica (u daljnjem tekstu indikativne GSR čestice) na svakom pojedinom uzorku: prednje sjedalo, stražnje sjedalo i stražnji naslon. Obrada rezultata je provedena zasebno za karakteristične čestice te sumarno za indikativne čestice tako da se za pozitivno kontaminirano vozilo uzimalo svako vozilo na čijem je barem jednom uzorku pronađena najmanje jedna čestica.

### **3.5. Statistička analiza**

Na temelju prisutnosti karakterističnih i indikativnih čestica izračunat je udio (%) kontaminiranih vozila, udio vozila s kontaminiranim vozačevim sjedištem (%) i udio vozila s kontaminiranim stražnjim sjedištem (%). Za pozitivna vozila, prema sjedištu i ukupno, izračunani su deskriptivni statistički pokazatelji (mod, medijan, minimum i maksimum).

McNemarov  $\chi^2$  korišten je kako bi se usporedio udio pozitivnih (kontaminiranih) uzoraka u odnosu na kojem su sjedalu/naslonu nađeni. Omjeri izgleda (engl. *Odds Ratio* – OR) izračunani su s pomoću generaliziranoga linearnog mješovitog modela (engl. *Generalized Linear Mixed Model* - GLMM) s binomnom raspodjelom. Kendallovim korelacijskim koeficientom ( $\tau$ ) za pozitivne je nalaze ispitana povezanost brojnosti karakterističnih i indikativnih čestica.

Logistička regresijska analiza s penalizacijom, na temelju Firthove metode, provedena je kako bi se ispitala povezanost kategorijskih varijabli prikupljenih upitnikom s kontaminiranosti vozila GSR česticama. Navedena je metoda odabrana radi smanjenja otklona koji može nastati kao posljedica rijetkoga događaja, odnosno kad postoji mali broj slučajeva za određenu kategoriju pri kojoj je ishod pozitivan (29).

Statistička analiza i vizualizacija podataka provedena je s pomoću računalnoga jezika R (verzija 3.6.2, R Core Team, 2019.) u razvojnom okruženju Rstudio (verzija 1.2.5033) te pripajućih paketa ggplot2, lme4 i logistf. Svi testovi provedeni su s razinom statističke značajnosti postavljenom na  $P \leq 0,05$ .

## 4. REZULTATI

### 4.1. Prisutnost karakterističnih GSR čestica u vozilima

Od ukupno 65 uzorkovanih policijskih vozila, u 24 vozila nisu pronađene karakteristične GSR čestice, dok su u 41 vozilu pronađene karakteristične GSR čestice, što iznosi 63,1% kontaminiranih vozila.

U 22/65 vozila (33,8 %) čestice su bile prisutne na sjedalu vozača. Na stražnjem sjedalu i na naslonu stražnjeg sjedišta, čestice identificirane u 16/65 vozila (24,6 %). Tablice 2. i 3. pokazuju prisutnost karakterističnih GSR čestica na vozačevom sjedištu u odnosu na to jesu li pronađene na stražnjem sjedištu ili naslonu stražnjeg sjedišta.

Tablica 2. Prisutnost karakterističnih GSR čestica na vozačevom i stražnjem sjedištu.

		Stražnje sjedište		
		+	-	Ukupno
Vozačevo sjedište	+	5	17	22
	-	11	32	43
Ukupno		16	49	65

Tablica 3. Prisutnost karakterističnih GSR čestica na vozačevom sjedištu i stražnjem naslonu.

		Stražnji naslon		
		+	-	Ukupno
Vozačevo sjedište	+	7	15	22
	-	9	34	43
Ukupno		16	48	65

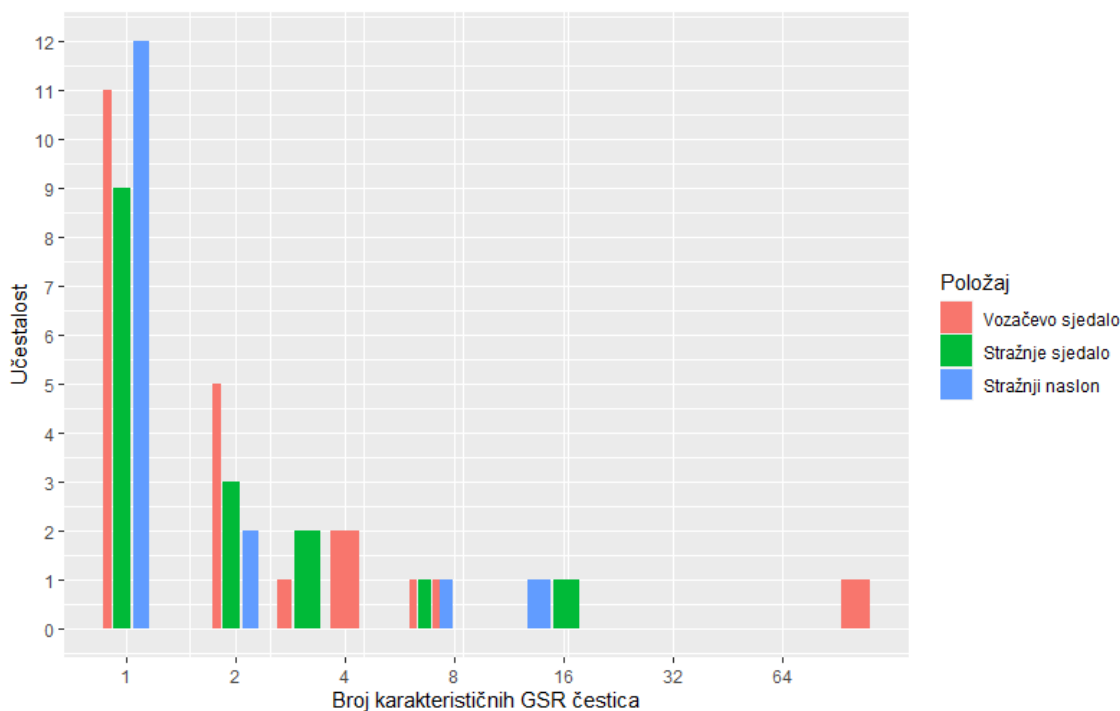
Iako su udio pozitivnih nalaza nije bio jednak, nije zapažena statistički značajna razlika između udjela pozitivnih uzoraka na vozačevom i stražnjem sjedištu (McNemarov  $\chi^2 = 0,893$ ;  $P = 0,345$ , kao ni razlika između vozačevog sjedišta i stražnjega naslona (McNemarov  $\chi^2 = 0,893$ ;  $P = 0,345$ ).

Omjer izgleda (engl. *odds ratio* - OR) u prvome je slučaju iznosio 0,856, što upućuje na to da su izgledi da je stražnje kontaminirano 0,86 puta manji kad je vozačevo sjedalo kontaminirano u odnosu na slučaj kad vozačevo sjedalo nije kontaminirano. Odnosno, izgledi da je stražnje sjedalo kontaminirano jesu oko 15 % manji kad je sjedalo vozača kontaminirano.

U drugome slučaju OR iznosi 1,763, što upućuje na to da su, kad je kontaminirano vozačevo sjedalo, izgledi da je stražnji naslon kontaminiran 1,763 puta veći nego kad ono nije kontaminirano.

## 4.2. Brojnost karakterističnih GSR čestica u vozilima

Tijekom uzorkovanja pronađeno je ukupno 228 karakterističnih GSR čestica, od čega je 146 bilo na vozačevu, 44 na stražnjem sjedištu i 38 na stražnjem naslonu (Grafikon 1).



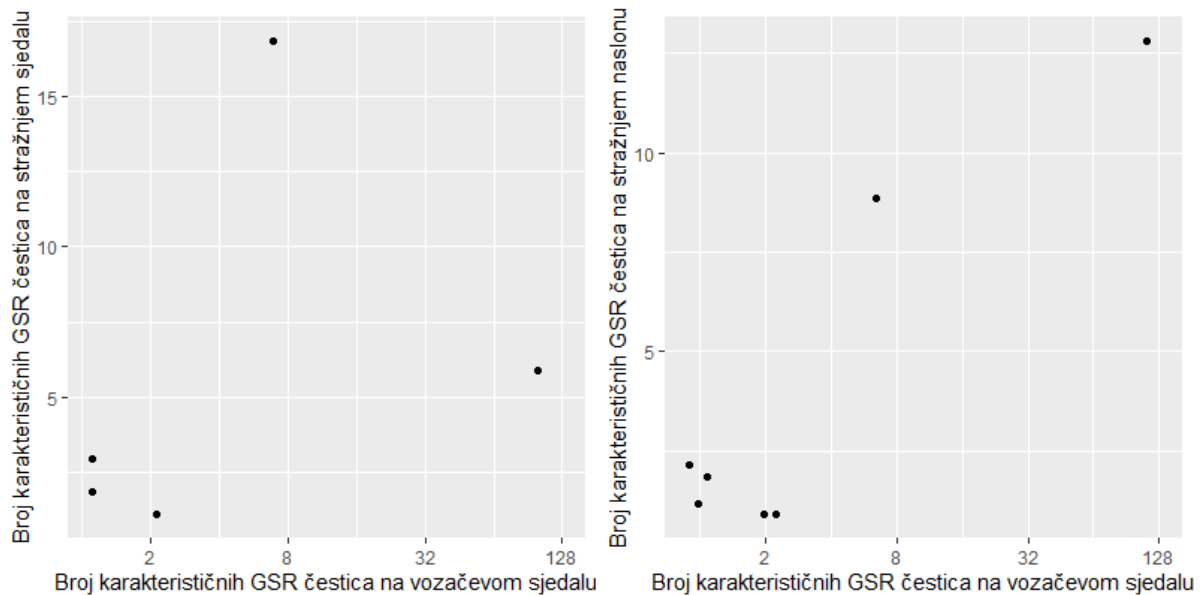
Grafikon 1. Učestalost broja karakterističnih GSR čestica (logaritamska transformacija) na vozačevom sjedalu, stražnjem sjedalu i stražnjem naslonu.

Među uzorcima s vozačeva sjedala koji su bili pozitivni, najčešće se radilo o jednoj čestici, dok je najveći broj čestica u jednom slučaju bio 102. Ista najčešća vrijednost zapažena je i za pozitivne uzorke sa stražnjeg sjedišta i stražnjega naslona, pri čemu je najveći broj čestica bio 17.

Tablica 4. Broj karakterističnih čestica u kontaminiranim vozilima ovisno o sjedištu

Pozitivni uzorci	Broj vozila	Mod	Medijan	Minimum	Maksimum
Vozačevo sjedište	22	1	1,5	1	102
Stražnje sjedište	16	1	1	1	17
Stražnji naslon	16	1	1	1	13

Grafikon 2. prikazuje odnos broja karakterističnih GSR čestica na vozačevom i stražnjem sjedištu, odnosno na stražnjem naslonu, u vozilima gdje su na oba sjedišta pronađene GSR čestice. Iz grafikona jest vidljiva određena pozitivna povezanost broja čestica, no zbog ograničenoga broja pozitivnih uzoraka nije bilo moguće izračunati korelacijske koeficijente i ispitati je li ta korelacija statistički značajna.



Grafikon 2. Povezanost broja karakterističnih GSR čestica u vozilima s uzorcima pozitivnim na vozačevom i stražnjem sjedištu te na vozačevom sjedištu (lijevo,  $n = 5$ ) i stražnjem naslonu (desno,  $n = 7$ ).

### 4.3. Prisutnost indikativnih GSR čestica

Od ukupno 65 uzorkovanih policijskih vozila, u 46 (70,77 %) vozila pronađene su indikativne GSR čestice. U 22/65 vozila (33,8 %) čestice su bile prisutne na sjedalu vozača.

Na stražnjem su sjedalu čestice identificirane u 20 vozila (30,77 %), dok su na stražnjem naslonu nađene u 23 vozila (35,38 %).

Tablica 5. prikazuje prisutnost indikativni GSR čestica u uzorcima ovisno o tome jesu li pronađene na vozačevu ili stražnjem sjedištu, a Tablica 6. ovisno o tome jesu li pronađene na vozačevom sjedištu ili stražnjem naslonu.

Tablica 5. Prisutnost indikativnih GSR čestica na vozačevom i stražnjem sjedištu.

		Stražnje sjedište		
		+	-	Ukupno
Vozačevo sjedište	+	7	15	22
	-	13	30	33
Ukupno		20	45	65

Tablica 6. Prisutnost indikativnih GSR čestica na vozačevom sjedištu i stražnjem naslonu.

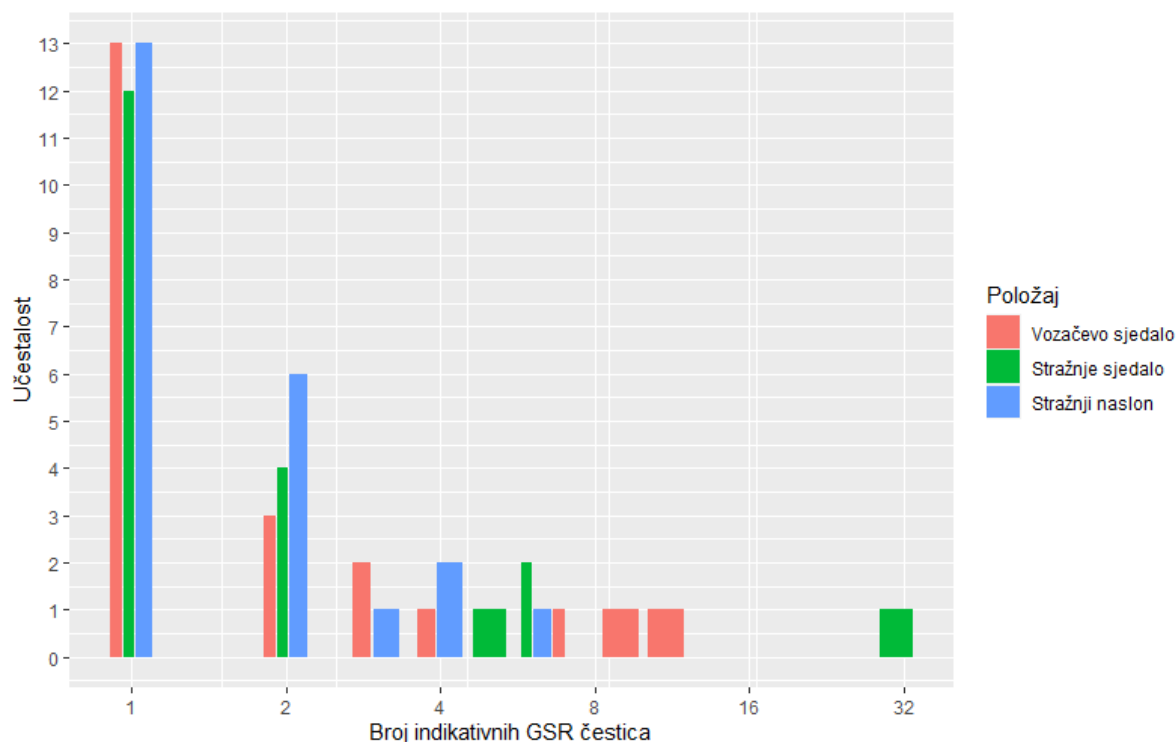
		Stražnji naslon		
		+	-	Ukupno
Vozačevo sjedište	+	8	14	22
	-	15	28	46
Ukupno		23	42	65

Iako su indikativne GSR čestice bile češće pozitivne na vozačevom sjedalu, nije zapažena statistički značajna razlika u prisutnosti indikativnih čestica na vozačevom i stražnjem sjedalu (McNemarov  $\chi^2 = 0,036$ ;  $P = 0,850$ ), kao ni na vozačevom sjedalu i stražnjem naslonu (McNemarov  $\chi^2 = 0,000$ ;  $P = 1,000$ ).

Omjer izgleda iznosio je 1,158, što upućuje na to da su, kad se indikativne GSR čestice nalaze na vozačevom sjedalu, izgledi da se nalaze i na stražnjem 1,158 puta veći nego kad to nije slučaj. Slično vrijedi i za prisutnost indikativnih GSR čestica na stražnjem naslonu, gdje je OR iznosi 1,399.

#### 4.4. Brojnost indikativnih GSR čestica u vozilima

Ukupno je pronađeno 166 indikativnih GSR čestica, od čega je na vozačevom sjedalu pronađeno 56 čestica, na stražnjem sjedalu 68, a na stražnjem naslonu 42 (Grafikon 3).



Grafikon 3. Učestalost broja indikativnih GSR čestica (logaritamska transformacija) na vozačevom sjedalu, stražnjem sjedalu i stražnjem naslonu.

Tablica 7. pokazuje broj indikativnih GSR čestica u vozilima koja su bila pozitivna, ovisno o tome na kojem su se sjedištu nalazila. Među pozitivnim uzorcima najmanji broj čestica bio je jedan, a najčešće se radilo o jednoj čestici. Najveći broj indikativnih GSR čestica na vozačevu sjedištu bio je 11, na stražnjem sjedištu 31, a na stražnjem naslonu 6.

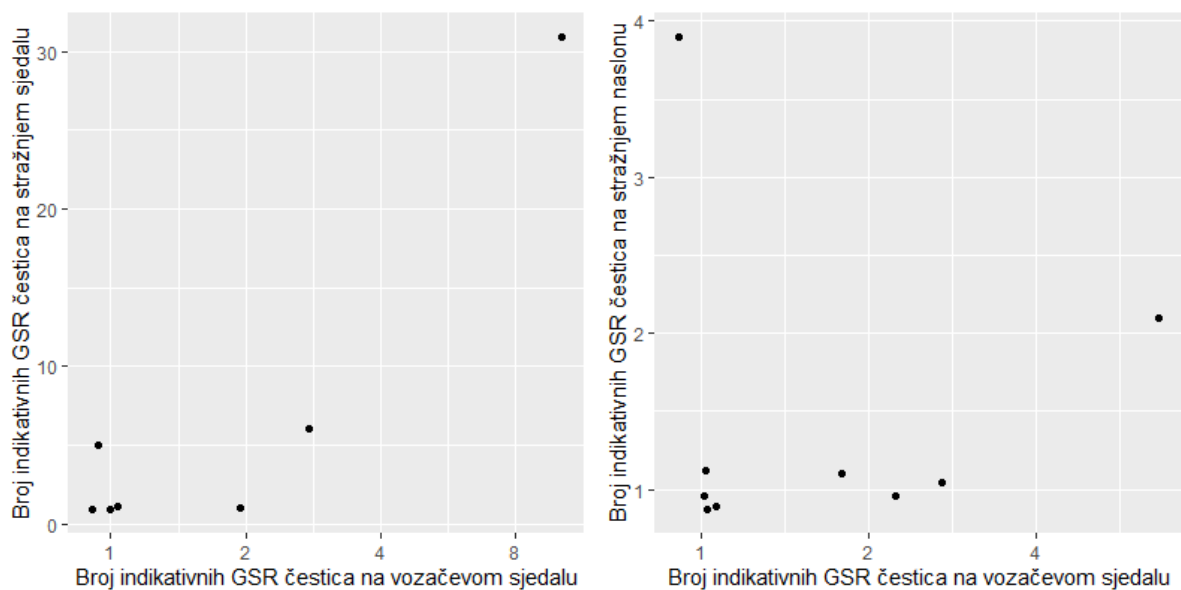
Tablica 7. Broj indikativnih GSR čestica u kontaminiranim vozilima ovisno o sjedištu

Pozitivni uzorci	Broj vozila	Mod	Medijan	Minimum	Maksimum
Vozačevo sjedište	22	1	1	1	11
Stražnje sjedište	20	1	1	1	31
Stražnji naslon	23	1	1	1	6

Grafikon 4. prikazuje odnos broja indikativnih GSR čestica na vozačevom i stražnjem sjedištu u vozilima gdje su na oba sjedišta pronađene te čestice. U većini slučajeva, povećanje broja indikativnih GSR čestica na vozačevom sjedalu bio je popraćen i povećanjem broja



indikativnih čestica na stražnjem sjedalu. Međutim, zbog ograničene veličine uzorka, korelaciju nije bilo moguće statistički ispitati.



Grafikon 4. Povezanost broja indikativnih GSR čestica u vozilima s uzorcima pozitivnim na vozačevom i stražnjem sjedištu te na vozačevom sjedištu (lijevo, n = 7) i stražnjem naslonu (desno, n = 9)

#### 4.5. Povezanost prisutnosti karakterističnih i indikativnih GSR čestica

Karakteristične GRS čestice bile su prisutne u 41/65 (63,08 %) policijskih vozila, a indikativne GSR čestice u 46/65 (70,77 %). Tablica 8. prikazuje prisutnost indikativni i karakterističnih GSR čestica ovisno o tome jesu li pronađene zasebno ili u kombinaciji. Nije zapažena statistički značajna razlika u udjelu uzoraka s indikativnim i karakterističnim GSR česticama (McNemarov  $\chi^2 = 0,552$ ;  $P = 0,458$ ).

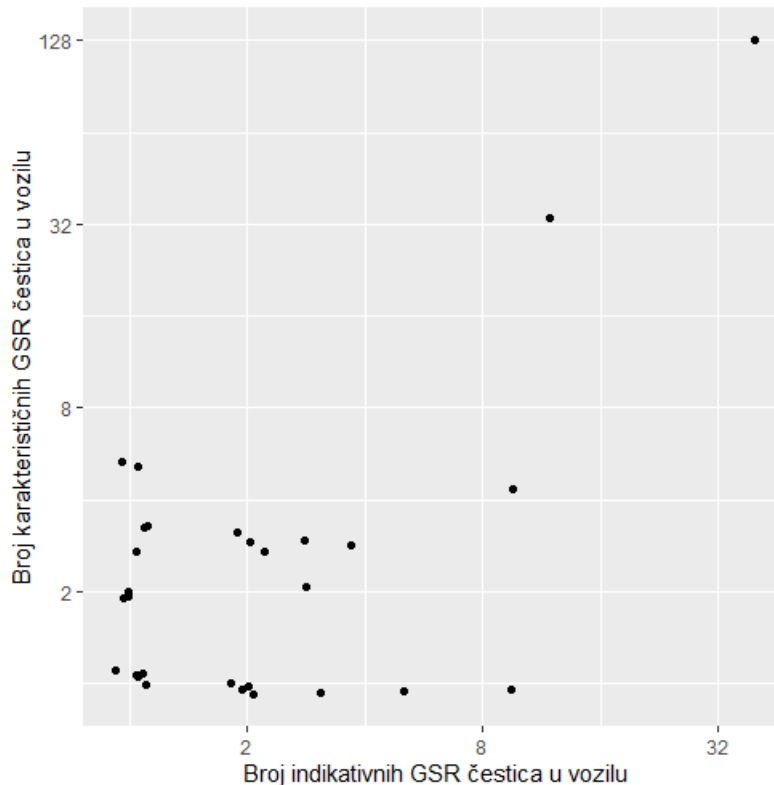
Omjer izgleda iznosio je 0,995, što znači da prisutnost indikativnih GSR čestica u vozilu ne upućuje nužno na prisutnost karakterističnih GSR čestica u vozilu.

Tablica 8. Prisutnost indikativnih i karakterističnih GSR čestica u razmatranim vozilima

		GSR čestice		
		+	-	Ukupno
Indikativne čestice	+	29	17	46
	-	12	7	19
Ukupno		41	24	65

#### 4.6. Povezanost brojnosti karakterističnih i indikativnih GSR čestica

Ukupno je pronađeno 228 karakterističnih GSR čestica i 166 indikativnih GSR čestica, među kojima je bilo 29 vozila u kojima su pronađene obje vrste čestica. Grafikon 5. pokazuje odnos broja indikativnih i karakterističnih GSR čestica. Analiza korelacije navedenih varijabli pokazala je nisku razinu njihove povezanosti ( $\tau = 0,148$ ) koja nije bila statistički značajna ( $P = 0,346$ ).



Grafikon 5. Odnos broja indikativnih i karakterističnih GRS čestica (n = 29, logaritamska transformacija)

#### 4.7. Povezanost prisutnosti karakterističnih GSR čestica s varijablama prikupljenim upitnikom

Tablica 9. prikazuje učestalost kontaminacije vozila karakterističnim GSR česticama ovisno o podacima prikupljeni anketom po policijskim postajama. Od varijabli obuhvaćenih upitnikom, podatak o čišćenju vozila je isključen jer je u svim slučajevima odgovor bio negativan.

Tablica 9. Udio vozila kontaminiranih GSR česticama u odnosu na varijable prikupljene upitnikom

	Kontaminirano vozilo	Kontaminirano vozačevo sjedište	Kontaminirano stražnje sjedište	Kontaminiran stražnji naslon
Područje policijske postaje				
Gradsko	19/32 (59,38 %)	9/32 (28,80 %)	7/32 (21,88 %)	7/32 (21,88 %)
Ruralno	22/33 (66,67 %)	13/33 (39,39 %)	9/33 (27,27 %)	9/33 (27,27 %)
Provedeno ocjensko/vježbovno gađanje policijskih službenika u 2021. godini				
Da	32/46 (69,57 %)	18/46 (39,13 %)	13/46 (28,26 %)	13/46 (28,26 %)
Ne	9/19 (47,37 %)	4/19 (21,05 %)	3/19 (15,79 %)	3/19 (15,79 %)
Postupanje u događajima uz uporabu vatrenog oružja u policijskoj postaji				
Da	7/10 (70,00 %)	6/10 (60,00 %)	4/10 (40,00 %)	2/10 (20,00 %)
Ne	34/55 (61,82 %)	16/55 (29,10 %)	12/55 (21,82 %)	14/55 (25,45 %)
Prijevoz osoba povezanih s događajem uz uporabu vatrenog oružja u policijskoj postaji				
Da	8/8 (100 %)	5/8 (62,50 %)	5/8 (62,50 %)	2/8 (25,00 %)
Ne	33/57 (57,89 %)	17/57 (29,82 %)	11/57 (19,30 %)	14/57 (24,56 %)
Prisutnost službenog oružja u vozilu				
Da	13/19 (68,42 %)	6/19 (31,58 %)	5/19 (26,32 %)	4/19 (21,05 %)
Ne	28/49 (57,14 %)	16/46 (34,78 %)	11/46 (23,91 %)	12/46 (26,10 %)

Logistički regresijski model koji je ispitao povezanost varijabli: područje izuzimanja, vježbovno gađanje, uporaba oružja te prisutnost oružja u vozilu i ishoda – kontaminiranost vozila, nije bio statistički značajan prema rezultatima testa omjera izgleda ( $\chi^2 = 8,041$ ,  $P = 0,154$ ), kao ni prema rezultatima Waldova testa ( $\chi^2 = 7,449$ ,  $P = 0,189$ ). Ipak, varijabla prijevoz osoba bila je statistički značajno povezana ( $P = 0,030$ ) s kontaminiranosti vozila.

Tablica 10. Logističko-regresijska analiza utjecaja prediktora na kontaminiranost vozila

<b>Prediktori</b>	<b>Koeficijent</b>	<b>Standardna pogreška</b>	<b><math>\chi^2</math></b>	<b><i>P</i></b>
Konstanta	-0,259	0,483	0,288	0,592
Policija postaja gradskog/ruralnog područja	-0,304	0,775	0,151	0,697
Provedeno ocjensko/vježbovno gađanje policijskih službenika u 2021. g.	0,954	0,859	1,275	0,259
Postupanje u događajima uz uporabu vatrenog oružja u policijskoj postaji	-0,696	0,845	0,654	0,419
Prijevoz osoba povezanih s događajem uz uporabu vatrenog oružja u policijskoj postaji	2,511	1,475	4,728	0,030*
Prisutnost službenog oružja u vozilu	0,496	0,569	0,762	0,383

\*statistički značajno

## 5. RASPRAVA

Provedeno istraživanje prvo je istraživanje u Republici Hrvatskoj te jedno od rijetkih na svjetskoj razini koje je razmatralo mogućnost kontaminacije policijskih vozila GSR česticama. Ovo je istraživanje prvo koje je provedeno na reprezentativnome uzorku jedne organizacijske jedinice te koje je razmatralo vezu između kontaminiranosti prednjega i stražnjega sjedišta anorganskim tragovima pucanja u vozilu, kao i vezu između prisutnosti indikativnih i karakterističnih GSR čestica. Također, jedino je koje je statistički ispitalo utjecaj pojedinih čimbenika na ishod kontaminiranosti sjedišta policijskih vozila.

Rezultati istraživanja pokazali su da je u najvećoj Policijskoj upravi zagrebačkoj 63,1 % uzorkovanih vozila kojima se koristi za prijevoz osumnjičenih osoba bilo kontaminirano GSR česticama. Gotovo je četvrtina uzorkovanih vozila sadržavala karakteristične GSR čestice na mjestima gdje se prevoze osumnjičene osobe, što upućuje na mogućnost sekundarne kontaminacije pri prijevozu osoba. Međutim, s obzirom na to da se u najvećem broju slučajeva radilo o jednoj čestici, moguće je pretpostaviti da je vjerojatnost sekundarne kontaminacije u tim okolnostima mala (23–26).

### 5.1. Karakteristične GSR čestice

Udio vozila kontaminiranih karakterističnim česticama u ovom radu iznosi 63 %, dok je u do sad objavljenim radovima udio bio znatno niži, od 2,5 % (25) i 11 % (24). Nešto veći udio (50 %) dobiven je pri istraživanju provedenom na samo šest vozila (26).

Udio vozila kontaminiranih karakterističnim GSR česticama na stražnjem sjedalu znatno je manji i iznosi 24,6 %, dok je u ranije objavljenom radu gdje su uzorkovana stražnja sjedišta vozila (24) taj udio iznosio 11 %. U ostalim ranije objavljenim radovima (25,26) nije vidljivo koji su dijelovi vozila uzorkovani, no iz vozila je izuzet samo po jedan uzorak. Budući da je ovo prvo istraživanje u kojemu je iz vozila izuzeto više od jednog uzorka iz istoga vozila, povećani udio ukupno pozitivnih uzorka, kao i povećan broj dokazanih karakterističnih GSR čestica je očekivan.

Ukupan broj pronađenih karakterističnih čestica u ispitivanim vozilima u dosad objavljenim radovima također jako varira: od samo dvije čestice u 81 uzorkovanom vozilu (25) do šest čestica u šest ispitanih vozila (26). Unatoč većem broju uzorka izuzetom iz svakog vozila, sukladno dosadašnjim objavljenim radovima (23–26) najčešći broj dokazanih

karakterističnih GSR čestica u vozilu je jedan. Dva vozila kontaminirana visokim brojem karakterističnih GSR čestica (121 i 33) s pomoću informacija prikupljenih upitnikom mogu se teoretski dovesti u vezu s pozitivnim rezultatom za prijevoz osoba poveznih s kaznenim djelima počinjenima uz uporabu vatrenog oružja, postupanje u kaznenom djelu počinjenom uz uporabu vatrenog oružja i provedeno vježbovno/ocjensko gađanje, no uzimajući u obzir činjenicu da podatke nije bilo moguće prikupiti za pojedinačno vozilo već na razini postaje, na ukupnome uzorku tu potencijalnu korelaciju nije bilo moguće egzaktno ispitati.

U ispitanim vozilima najčešće je bilo kontaminirano prednje vozačevo sjedalo s 33,8 % pozitivnih vozila, dok su stražnje sjedalo i stražnji naslon kontaminirani karakterističnim GSR česticama u 24,6 % vozila, no s obzirom na to da nije bilo statistički značajne razlike između tih udjela pozitivnih vozila, kontaminacija tih dijelova u praksi može biti podjednaka. Kako su ispitivana policijska vozila prilično protočna, odnosno da se osim za prijevoz osumnjičenih osoba, rabe i za prijevoz samih policijskih službenika u različite svrhe te se njima koristi veći broj ljudi, podjednaka razina kontaminacije karakterističnim GSR česticama je očekivana na svim dijelovima vozila.

Rezultati su također pokazali da se, kad je sjedalo vozača kontaminirano karakterističnim GSR česticama, može očekivati da će i naslon stražnjeg sjedišta češće biti kontaminiran, dok je suprotno očekivanom, stražnje sjedalo bilo rjeđe kontaminirano karakterističnim GSR česticama kad je sjedalo vozača bilo kontaminirano. Ovaj neočekivani rezultat moguće je posljedica ograničenog broja vozila u kojima su pozitivna oba uzorka.

Najčešće su ona vozila koja su imala više karakterističnih GSR čestica na vozačevom sjedalu, imala i veći broj tih čestica na stražnjem sjedištu i naslonu, no zbog relativno malog broja pozitivnih vozila nije se moglo egzaktno ispitati hoće li u slučaju većeg broja čestica na vozačevom sjedištu zaista biti potvrđen i veći broj čestica i na dijelovima stražnjeg sjedišta.

Vezu između prisutnosti tragova pucanja na prednjem i stražnjem sjedištu do sad se razmatralo samo ispitivanjem organskih tragova pucanja, pri čemu su rezultati pokazali nešto veću razinu kontaminiranosti na stražnjem sjedištu u odnosu na vozačevo (23), no nije ispitano je li ta razlika statistički značajna.

## **5.2. Indikativne GSR čestice**

Ispitivanje prisutnosti indikativnih GSR čestica u policijskim vozilima do sad je provedeno u dva objavljena rada (25,26), te se sada dobiveni rezultati mogu smatrati sukladnima.

Udio vozila kontaminiranih indikativnim GSR česticama je 77 %, što je u skladu je s rezultatima ranije provedenog istraživanja (64 %) (26), no budući da se radi o radu u kojem je uzorkovano samo šest vozila, dublja analiza rezultata nije provedena. Drugo istraživanje u kojem je ispitivana prisutnost indikativnih GSR čestica (25), pozitivnim rezultatom razmatra dvokomponentne, ali i jednokomponentne čestice, te rezultati nisu prikazani u brojnosti čestica, već u vrijednosti broja čestica po kvadratnom milimetru ispitivane površine, pri čemu nisu navedene površine ispitivanih dijelova, što onemogućava usporedbu rezultata.

U 65 uzorkovanih vozila, najveći broj dokazanih indikativnih GSR čestica bio je 11 i to na vozačevom sjedištu, dok je najveći broj dokazanih čestica na stražnjem sjedištu i naslonu iznosio 31, no kao i kod karakterističnih GSR čestica i ovdje je najčešći broj pronađenih čestica bio jedan.

Slično kao i kod karakterističnih GSR čestica, rezultati nisu pokazali značajnu razliku između udjela uzoraka kontaminiranih indikativnim GSR česticama na vozačevom i stražnjem sjedištu kao niti između udjela uzoraka kontaminiranih indikativnim GSR česticama vozačevog sjedišta i stražnjeg naslona, što znači da je moguće očekivati podjednaku kontaminiranost navedenih dijelova vozila. Rezultati su pokazali da kad je sjedalo vozača kontaminirano indikativnim GSR česticama, može se očekivati da će i dijelovi stražnjeg sjedišta češće biti kontaminirani.

Najčešće su ona vozila koja su imala više indikativnih GSR čestica na vozačevom sjedalu, imala i veći broj tih čestica na stražnjem sjedištu i naslonu, no zbog relativno malog broja pozitivnih vozila nije se moglo egzaktno ispitati hoće li u slučaju većeg broja čestica na vozačevom sjedištu biti potvrđen i veći broj čestica i na dijelovima stražnjeg sjedišta, što je u skladu s rezultatima dobivenima i za karakteristične čestice.

### **5.3. Povezanost karakterističnih i indikativnih GSR čestica**

Ukupan broj vozila kontaminiranih karakterističnim GSR česticama bio je 41, dok je ukupan broj vozila kontaminiranih indikativnim GSR česticama iznosio 46. Ukupno je pronađeno 228 karakterističnih GSR čestica i 166 indikativnih GSR čestica, među kojima je bilo samo 29/65 vozila u kojima su pronađene obje vrste čestica te je utvrđeno da prisutnost indikativnih GSR čestica u vozilu ne upućuje nužno na prisutnost karakterističnih GSR čestica.

Također, kod kontaminiranih vozila nije zapažena značajna korelacija između broja karakterističnih i indikativnih GSR čestica, što upućuje na to vozilo u kojem bude pronađen veći broj indikativnih čestica, neće nužno imati i veći broj karakterističnih čestica.

Sukladno ranijim radovima koji su objavili rezultate ispitivanja indikativnih GSR čestica u policijskim vozilima (25,26), i sada provedeno istraživanje pokazalo je sličan odnos između prisutnosti karakterističnih i indikativnih GSR čestica. U sva tri istraživanja udio vozila kontaminiranih indikativnim GSR česticama nešto je viši u odnosu na udio vozila kontaminiranih karakterističnim GSR česticama, što je i očekivano s obzirom na činjenicu da indikativne GSR čestice, osim pri pucanju iz vatrenoga oružja, mogu nastati i iz nekih okolišnih izvora, poput ispaljivanja vatrometa i drugih pirotehničkih sredstava (30,31), kao i pri uporabi određenoga industrijskog alata (32), čime je i njihova prisutnost u okolini učestalija.

#### **5.4. Povezanost prisutnosti karakterističnih GSR čestica s varijablama prikupljenim upitnikom**

U dosadašnjim radovima u kojima se analizirala razina kontaminacije policijskih vozila tragovima pucanja (23–26) dane su pretpostavke o mogućim razlozima zbog kojih su uzorci GSR pozitivni, dok su se u ovom radu uz uzorkovanje prikupili i relevantni podatci kako bi se identificirali čimbenici koji se mogu povezati s kontaminacijom.

Od razmatranih čimbenika, jedino je utvrđeno da prijevoz osoba koje su sudjelovale u događaju povezanom s procesom ispaljivanja streljiva iz vatrenog oružja može biti povezan s učestalijom kontaminiranošću vozila karakterističnim GSR česticama.

Usko vezano, uporaba vatrenog oružja u pojedinoj policijskoj postaji, nije pokazala takvu vezu, čemu razlog može biti u smanjenoj učestalosti uporabe vatrenog oružja uslijed pandemije. Jednako tako, rezultat je ograničen i uslijed nemogućnosti prikupljanja podataka po vozilima, već po postajama. Isti su razlozi mogući i za nedokazanu veću učestalost pojavnosti GSR čestica u policijskom postajama gradskoga područja u odnosu na ruralno, što se očekivalo s obzirom veću frekvenciju događaja uz uporabu vatrenoga oružja u gradu.

Očekivan je i značajan utjecaj ocjenskog/vježbovnog gađanja policijskih službenika koji se tim prilikama koriste istim vozilima, no rezultati nisu pokazali da je ta varijabla povezana s kontaminacijom vozila. Razlog tome može biti reducirana frekvencija odlaska policijskih službenika na ocjenska/vježbovna gađanja uslijed pandemije, no u pojedinim slučajevima kada su policijski službenici prisustvovali ocjenskom/vježbovnom gađanju, utvrđena je visoka razina kontaminacije, što alarmira na poduzimanje određenih radnji nakon takvih postupanja.

S druge strane prisutnost službenog oružja u vozilu može se isključiti kao potencijalni izvor kontaminacije GSR česticama. Za navedeno su podatci prikupljeni prema vozilu, a



rezultat upućuje na pravilno skladištenje i rukovanje.

## **5.5. Osvrt na provedeno istraživanje, prijedlozi za buduća istraživanja i preporuke**

Jedno od ograničenja ovog rada je nešto manji uzorak koji daje malo veću mogućnost pogreške od standardnih 5 %, no s obzirom na to da su uzorkovane više od tri četvrtine ukupnog broja vozila kojima se koristi u najvećoj policijskoj upravi, odnosno vozila koja su zaista bila aktivna u razmatranom razdoblju, izgledno je da dobiveni rezultati predstavljaju realnu sliku.

Način uzorkovanja također je mogao u određenoj mjeri utjecati na usporedivost brojnosti čestica/učestalosti kontaminacije jer je broj uzoraka izuzetih sa stražnjeg sjedišta bio veći, odnosno broj uzoraka izuzetih sa sjedišta vozača bio manji. Međutim, s obzirom na to da su načinom uzorkovanja obuhvaćena mjesta u kojima je realno očekivati prisutnost GSR čestica (desna strana vozačevog sjedišta gdje je očekivano oružje policijskog službenika) i mjesta na kojima je realno moguće očekivati kontakt osumnjičenika pri prijevozu osoba (donji stražnji dio naslona i prednji dio sjedišta stražnjeg sjedala), takav bi podatak trebao biti relevantan za ispitivanje kontaminacije vozila.

Međutim, ono što ostaje neriješeno provedenim istraživanjem, kao i prethodnim istraživanjima slične tematike (23–26), jest mogućnost sekundarne kontaminacije, zbog čega se ne može tvrditi da su kontaminirana vozila zaista mogla prouzročiti sekundarnu kontaminaciju osoba. Naime, iako vozilo može biti kontaminirano, nije poznato koji je to broj čestica za koji se može tvrditi da će izgledno doći do sekundarnoga prijenosa i što sve na to može utjecati. Navedeni bi problem svakako trebalo detaljno ispitati u budućim istraživanjima u različitim eksperimentalnim uvjetima kako bi se uopće znalo koliki je zaista rizik od sekundarne kontaminacije. Do sad je objavljeno nekoliko radova na temu sekundarne kontaminacije GSR česticama (33–35) gdje je izračunata efikasnost sekundarnoga i tercijarnoga transfera s primarnoga strijelca na osobu u lancu rukovanja (33–35) te osobu koja stoji pokraj strijelca u trenutku ispaljenja pet hitaca (33,34). U trećem istraživanju (34) također je izračunata efikasnost sekundarnog transfera GSR-a, no radilo se o mogućnosti prijenosa s policijskog službenika na uhićenika pri simulaciji uhićenja nakon što je policijski službenik ispalio dva hitca. Važno je napomenuti da su navedena istraživanja provedena s velikim brojem čestica na primarnom uzorku jer su eksperimenti podrazumijevali „najgori scenarij“.

Neovisno o uvjetima sekundarnog prijenosa, ono što se može kontrolirati radi preventivnoga djelovanja svakako je čišćenje vozila. Međutim, kako je ranije navedeno,

podatak o tome kada je pojedino policijsko vozilo čišćeno nije dobiven niti u jednom upitniku, što upućuje na činjenicu da se o tome ne vodi nikakva evidencija, odnosno da ne postoji preporuka o učestalosti čišćenja i pranja unutrašnjosti vozila. Budući da se istim vozilima koristi i za prijevoz policijskih službenika na i s ocjenskog/vježbovnog gađanja, što predstavlja rizik za kontaminaciju vozila, predlaže se u budućim istraživanjima ispitati utjecaj čišćenja vozila na ishod kontaminiranosti vozila u kojima je pronađen natprosječno visok broj GSR čestica.

S obzirom na postotak pozitivno kontaminiranih vozila i broj pronađenih GSR čestica, kako bi se mogućnost sekundarne kontaminacije svela na minimum, odnosno kako bi pitanje sekundarne kontaminacije koja potječe od policijskih službenika prestalo biti predmet rasprave, preporučuje se uvesti određene antikontaminacijske mjere pri postupanju s policijskim vozilima. Uzevši u obzir razinu kontaminacije utvrđenu istraživanjem, preporučuje se redovito čišćenje unutarnjih površina policijskih vozila, uz naputak da svako policijsko vozilo u svakom trenutku mora imati najmanje dvije papirnate vrećice i ljepljivu traku kojima bi se zaštitile šake osobe prije smještanja u vozilo. Provedba ovog zaštitnog postupka sprječava kontaminaciju osumnjičenika eventualno prisutnim česticama u vozilu, kao i da osumnjičenik kontaminira samo vozilo.

Nakon što policijski službenici uporabe vatreno oružje, kao i nakon prijevoza osoba koje se dovode u vezu s uporabom vatrenog oružja, preporučuje se, nakon korištenja, obavezno čišćenje i pranje vozila, čime bi se također smanjila mogućnost eventualnoga sekundarnog prijenosa.

Jedno od rješenja može biti i da se osumnjičene osobe zadrže na mjestu događaja u specijalnim vozilima, tzv. "maricama", gdje bi se osoba obradila na mjestu događaja, dok bi se navedeno vozilo nakon svakog prijevoza očistilo i opralo, čime bi se također smanjila mogućnost kontaminacije i eventualnoga sekundarnog prijenosa.

U cilju rješavanja problematike potencijalne kontaminacije prevoženih osoba u policijskim vozilima koja su moguće kontaminirana GSR česticama koje potječu od naoružanja policijskih službenika, prijedlog je da se Ministarstvo unutarnjih poslova, po uzoru na mnoge države EU (29), u svom naoružanju koristi jedinstvenim streljivom koje se po svom kemijskom sastavu razlikuje od streljiva koje se može kupiti na slobodnom tržištu. Dokazivanjem takvih GSR čestica na šakama u policijskom vozilu prevezene osobe, one bi se mogle sa sigurnošću izdvojiti kao kontaminacija koja potječe od policijskih službenika te bi se ostale pronađene GSR čestice po svom obliku i kemijskom sastavu mogle povezati sa spornim događajem.

## 6. ZAKLJUČCI

1. Ukupno je 63,1 % vozila bilo kontaminirano karakterističnim GSR česticama, a gotovo je četvrtina vozila sadržavala te karakteristične čestice na mjestima gdje se prevoze osumnjičene osobe, što upućuje na mogućnost sekundarne kontaminacije pri prijevozu osoba.
2. Nije zapažena statistički značajna razlika između udjela uzoraka kontaminiranih karakterističnim GSR česticama na vozačevom i stražnjem sjedištu kao niti između udjela uzoraka kontaminiranih karakterističnim GSR česticama vozačevog sjedišta i stražnjeg naslona, što znači da je moguće očekivati podjednaku kontaminiranost navedenih dijelova vozila.
3. Kad je sjedalo vozača kontaminirano karakterističnim GSR česticama, može se očekivati da će i naslon stražnjeg sjedišta češće biti kontaminiran.
4. Suprotno očekivanom, kad je sjedalo vozača kontaminirano karakterističnim GSR česticama, stražnje je sjedalo bilo rjeđe kontaminirano.
5. Broj karakterističnih GSR čestica na stražnjem sjedalu i naslonu raste povećanjem broja karakterističnih GSR čestica na vozačevom sjedalu, no zbog ograničene veličine uzorka, korelaciju nije bilo moguće statistički ispitati.
6. Ukupno je 77 % vozila bilo kontaminirano indikativnim GSR česticama.
7. Nije zapažena statistički značajna razlika između udjela uzoraka kontaminiranih indikativnim GSR česticama na vozačevom i stražnjem sjedištu kao niti između udjela uzoraka kontaminiranih indikativnim GSR česticama vozačevog sjedišta i stražnjeg naslona, što znači da je moguće očekivati podjednaku kontaminiranost navedenih dijelova vozila.
8. Kad je sjedalo vozača kontaminirano indikativnim GSR česticama, veći su izgledi da su kontaminirani i sjedalo i naslon stražnjeg sjedišta.
9. Broj indikativnih GSR čestica na stražnjem sjedalu raste povećanjem broja indikativnih GSR čestica na vozačevom sjedalu, no zbog ograničene veličine uzorka, korelaciju nije bilo moguće statistički ispitati.

10. Kod kontaminiranih vozila nije zapažena značajna korelacija između broja karakterističnih i indikativnih GSR čestica, što upućuje na to vozilo u kojem bude pronađen veći broj indikativnih čestica, neće nužno imati i veći broj karakterističnih čestica.
11. Statistička analiza varijabli: gradsko/ruralno područje, vježbovno gađanje, uporaba oružja i prisutnost oružja u vozilu s kontaminacijom vozila karakterističnim GSR česticama nije pokazala značajan utjecaj na kontaminiranost vozila, dok je varijabla prijevoz osoba jedina bila statistički značajna, što upućuje na to da prijevoz osoba koje su sudjelovale u događaju u kojem je došlo do ispaljenja streljiva iz vatrenog oružja za posljedicu može imati kontaminaciju policijskog vozila GSR česticama.
12. Dokazana prisutnost karakterističnih GSR čestica na stražnjem sjedištu i naslonu upućuje na mogućnost sekundarne kontaminacije osoba koji se prevoze policijskim vozilima, no s obzirom na to da je broj dokazanih GSR čestica u najvećem broju slučajeva bio je 1, malo je izgledno da do te sekundarne kontaminacije zaista i dođe.

## 7. LITERATURA

1. Modly D, Mršić G. Suvremene kriminalističke teorije. Zagreb: Hrvatska sveučilišna naklada; 2014.
2. Struna [Internet]. Hrvatsko strukovno nazivlje. [citirano 04.svibnja 2023.]. Dostupno na: [struna.ihjj.hr/naziv/forenzicke-znanosti/44161/#naziv](http://struna.ihjj.hr/naziv/forenzicke-znanosti/44161/#naziv).
3. Lee HC. Materijalni tragovi. Zagreb: Ministarstvo unutarnjih poslova; 1998.
4. Ministarstvo unutarnjih poslova [Internet]. Centar za forenzična ispitivanja, istraživanja i vještačenja „Ivan Vučetić“.[citirano 04. svibnja 2023.]. Dostupno na: [forenzika.gov.hr/podrucje-akreditacije/119](http://forenzika.gov.hr/podrucje-akreditacije/119).
5. Hrvatski Sabor. Zakon o kaznenom postupku. ( NN 152/08, 76/09, 80/11, 121/11, 91/12, 143/12, 56/13, 145/13, 152/14, 70/17, 126/19, 126/19, 130/20, 80/22).
6. Radmilović Ž. Rad na mjestu događaja. Zagreb: Ministarstvo unutarnjih poslova; 2008.
7. Platt R. Mjesto zločina. Zagreb: Naša djeca d.o.o.; 2004.
8. Ministarstvo unutarnjih poslova. Ravnateljstvo policije. Priručnik kriminalističke tehnike. Zagreb; 2021.
9. Organization of Scientific Area Committees for Forensic Science. [Internet]. Standard Practice for the Collection, Preservation, and Analysis of Organic Gunshot Residues. 2020 (1). Dostupno na: <https://www.nist.gov/system/files/documents/2020/05/22/OSAC%20GSR%20SC%20Organic%20>
10. Franjić B, Milosavljević M. Forenzička balistika. Banja Luka: Internacionalna asocijacija kriminalista; 2009.
11. Bender R, Neimke D, Niewöhner L, Barth M, Ebert M. Discrimination of SINTOX® GSR against environmental particles and its automated investigation by SEM/EDS. Forensic Chem. 2021;24:1-16 Dostupno na: <https://doi.org/10.1016/j.forc.2021.100338>.
12. Schumacher R, Niewohner L. GSR Summer school 2018 presentation „Fundamentals of GSR analysis“.
13. Charles S, Geusens N, Nys B. Interpol Review of Gunshot Residue 2019 to 2021. Forensic Sci Int: Synergy. 2022:1-15. Dostupno na: <https://doi.org/10.1016/j.fsisyn.2022.100302>.
14. Mršić G, Žugaj S. Analiza GSR čestica uporabom elektronskog mikroskopa

- (SEM/EDX). *Policija i sigurnost*. 2007;3-4 (16): 179-200.
15. Goldstein JI, Newbury DE, Echlin P, Joy DC, Romig AD, Lyman Jr. CE, i ostali. *Scanning Electron Microscopy and X-Ray Microanalysis*. New York: Plenum Press; 1992.
  16. ENFSI Working Group FIREARMS. [Internet]. Best Practice Manual in the Forensic Examination of Gunshot Residues.[citirano 05. svibnja 2023.]. Dostupno na: [https://quodata.de/fileadmin/forensik\\_2003/bpm-gsr-20-11-2003.pdf](https://quodata.de/fileadmin/forensik_2003/bpm-gsr-20-11-2003.pdf).
  17. Jalanti T, Henchoz P, Gallusser A, Bonfanti MS. The persistence of gunshot residue on shooters' hands. *Sci Justice*. 1999. str. 48–52. Dostupno na: [https://doi.org/10.1016/S1355-0306\(99\)72014-9](https://doi.org/10.1016/S1355-0306(99)72014-9).
  18. Stamouli A, Niewöhner L, Larsson M, Colson B, Uhlig S, Fojtasek L, i ostali. Survey of gunshot residue prevalence on the hands of individuals from various population groups in and outside Europe. *Forensic Chem*. 2021;23:1-8. Dostupno na: <https://doi.org/10.1016/j.forc.2021.100308>.
  19. Modly D, Popović M, Mršić G. *Osiguranje mjesta događaja*. Zagreb: Hrvatska sveučilišna naklada; 2014.
  20. Hrvatski Sabor. *Zakon o policijskim poslovima i ovlastima*. (NN 76/09, 92/14, 70/19).
  21. Hrvatski Sabor. *Pravilnik o načinu postupanja policijskih službenika*. (NN 20/22, 37/23).
  22. *Ministarstvo unutarnjih poslova. Ravnateljstvo policije. Standardni operativni postupci*. Zagreb; 2011.
  23. Gassner AL, Weyermann C. Prevalence of organic gunshot residues in police vehicles. *Sci Justice*. 2020;60(2):136–44. Dostupno na: <https://doi.org/10.1016/j.scijus.2019.09.009>.
  24. Gerard RV, Lindsay E, McVicar MJ, Randall ED, Gapinska A. Observations of gunshot residue associated with police officers, their equipment, and their vehicles. *J Can Soc Forensic Sci*. 2012;45(2):57–63. Dostupno na: <https://doi.org/10.1080/00085030.2012.10757183>.
  25. Berk RE, Rochowicz SA, Wong M, Kopina MA. Gunshot residue in Chicago Police vehicles and facilities: An empirical study. *J Forensic Sci*. 2007;52(4):838–41. Dostupno na: <https://doi.org/10.1111/j.1556-4029.2007.00457.x>.
  26. Anders DH, Miller SA, Graziano CR, Castellano J, Conte J. Technical note: presence of gunshot residue in and around a police station. *Int J Legal Med*. 2020;134(6):2195–8. Dostupno na: <https://doi.org/10.1007/s00414-020-02357-2>.

27. Centar za forenzična ispitivanja istraživanja i vještačenja "Ivan Vučetić". Radna uputa SEM/EDX analiza tragova pucanja. Zagreb; 2022 (7). Report No.: RU-115/1-11.
28. Centar za forenzično ispitivanje istraživanje i vještačenje "Ivan Vučetić". Radna uputa Postupak u slučaju kontaminacije u laboratoriju za analizu tragova pucanja. Zagreb; 2022 (6). Report No.: RU-115/1-9.
29. Heinze G, Schemper MA. Solution to the problem of separation in logistic regression. *Stat Med.* 2002;21(16):2409–19. Dostupno na: <https://doi.org/10.1002/sim.1047>.
30. Trimpe MA. Analysis of Fireworks for Particles of the Type Found in Primer (GSR). *Midwestern Association of Forensic Scientists Newsletter* 32; 2003. str. 68–76.  
Dostupno na:  
[https://www.academia.edu/11145419/Analysis\\_of\\_Fireworks\\_for\\_Particles\\_of\\_the\\_Type\\_Found\\_in\\_Primer\\_Residue\\_GSR](https://www.academia.edu/11145419/Analysis_of_Fireworks_for_Particles_of_the_Type_Found_in_Primer_Residue_GSR).
31. Mosher PV, McVicar MJ, Randall ED, Sild EH. Gunshot Residue-Similar Particles Produced by Fireworks. *Can Soc Forensic Sci.* 1998;31(3):157–68. Dostupno na: <https://doi.org/10.1080/00085030.1998.10757115>.
32. Garofano L, Capra M, Ferrari F, Bizzaro GP, Tullio DD, Dell OM, i ostali. Gunshot residue: Further studies on particles of environmental and occupational origin. *Forensic Sci Int.* 1999;103(1):1–21. Dostupno na: [https://doi.org/10.1016/S0379-0738\(99\)00035-3](https://doi.org/10.1016/S0379-0738(99)00035-3).
33. French J, Morgan R. An experimental investigation of the indirect transfer and deposition of gunshot residue: Further studies carried out with SEM-EDX analysis. *Forensic Sci Int.* 2015;247:14–7. Dostupno na: <https://doi.org/10.1016/j.forsciint.2014.10.023>.
34. Lucas N, Cook M, Kirkbride KP, Kobus H. Gunshot residue background on police officers: Considerations for secondary transfer in GSR evidence evaluation. *Forensic Sci Int.* 2019;297:293–301.
35. French J, Morgan R, Davy J. The secondary transfer of gunshot residue: An experimental investigation carried out with SEM-EDX analysis. *X-Ray Spectrom.* 2014;43(1):56–61. Dostupno na: <https://doi.org/10.1002/xrs.2498>.

## 8. SAŽETAK

### *PRISUTNOST GSR ČESTICA U POLICIJSKIM VOZILIMA*

**Cilj:** Utvrditi razinu kontaminacije policijskih vozila GSR česticama u vozilima u Policijskoj upravi zagrebačkoj koja služe za prijevoz osumnjičenih osoba i drugih sudionika događaja te ispitati odnos odabranih varijabli s kontaminacijom vozila.

**Metode:** U razdoblju od 8. prosinca 2021. godine do 13. travnja 2022., u 17 policijskih postaja uzorkovano je 65 policijskih vozila. S pomoću GSR stubova prikupljeno je ukupno 195 uzoraka s vozačevog sjedišta te stražnjeg sjedišta i naslona. Ispitivanje izuzetih uzoraka provedeno je uporabom skenirajućega elektronskog mikroskopa. Za pozitivno kontaminirano vozilo uzimalo se svako vozilo na čijem je barem jednom uzorku pronađena najmanje jedna GSR čestica, pri čemu su se zasebno razmatrale karakteristične i indikativne čestice. Ovisno o položaju i o vrsti čestica, izračunat je udio kontaminiranih vozila te brojnost čestica. Logističkim regresijskim modelom ispitan je mogući utjecaj varijabli prikupljenih upitnikom na kontaminiranost vozila kao ishod.

**Rezultati:** Karakteristične GSR čestice pronađene su u 41 vozilu (63,1 %), dok su indikativne čestice pronađene u 46 vozila (70,77 %). Karakteristične čestice bile su u 33,8 % slučajeva prisutne na sjedalu vozača te u 24,6 % slučajeva na stražnjem sjedalu ili naslonu stražnjega sjedala. Indikativne čestice bile su prisutne na sjedalu vozača u 33,8 % slučajeva, na stražnjem sjedalu u 30,77 % slučajeva, a na stražnjem naslonu u 35,38 %. Nije zapažena statistički značajna razlika između udjela pozitivnih uzoraka na vozačevom i stražnjem sjedalu, odnosno uzoraka na vozačevom i stražnjem sjedalu, kao ni razlika u udjelu vozila kontaminiranih karakterističnim i indikativnim česticama ( $P > 0,05$ ). Pronađeno je ukupno 228 karakterističnih GSR čestica i 166 indikativnih GSR čestica, pri čemu je najčešći broj dokazanih čestica u uzorku bio 1. Nije zapažena statistički značajna korelacija između broja karakterističnih i indikativnih čestica ( $\tau = 0,148$ ,  $P = 0,346$ ). Logistička regresijska analiza pokazala je da, među razmatranim varijablama, na kontaminiranost vozila može jedino utjecati prijevoz osoba koje su sudjelovale u događaju gdje se rabilo vatreno oružje ( $P = 0.030$ ).

**Zaključak:** Prisutnost karakterističnih GSR čestica dokazana je u gotovo 2/3 vozila, što može upućivati na opasnost od sekundarne kontaminacije osoba koje se prevoze u vozilima, no s obzirom na mali broj identificiranih čestica ta opasnost nije visoka. Može se očekivati da će



udio kontaminiranih vozila po razmatranim dijelovima biti podjednak, kao i udio vozila kontaminiranih karakterističnim i indikativnim česticama. Međutim, kontaminacija indikativnim česticama ne upućuje na kontaminaciju karakterističnim GSR česticama. Prijevoz osoba koje su sudjelovale u događaju gdje se rabilo vatreno oružje može biti potencijalni rizični faktor za kontaminaciju, što upućuje na potrebu dodatnoga opreza u navedenim slučajevima.

**Ključne riječi:** tragovi pucanja, kontaminacija, policijska vozila, karakteristične GSR čestice, indikativne GSR čestice, SEM/EDX.

## 9. ABSTRACT

### *PRESENCE OF GSR PARTICLES IN POLICE VEHICLES*

**Aim:** To determine the level of contamination of police vehicles in the Zagreb Country Police Administration, which are used for suspects and other event participants transportation with GSR particles, and to examine the relationship of selected variables with vehicle contamination.

**Methods:** From December 8, 2021, to April 13, 2022, 65 police vehicles were sampled in 17 police stations. A total of 195 samples were collected from the driver's seat, back seat, and backrest using GSR stubs. Examination of the extracted samples was carried out using a scanning electron microscope. Any vehicle on which at least one GSR particle was found in at least one sample was considered a positively contaminated vehicle, whereby characteristic and indicative particles were considered separately. The proportion of contaminated vehicles and the number of particles were calculated depending on the location and type of particles. A logistic regression model was used to examine the possible influence of variables collected by the questionnaire on vehicle contamination as an outcome.

**Results:** Characteristic GSR particles were found in 41 vehicles (63.1%), while indicative particles were found in 46 vehicles (70.77%). Characteristic particles were present in 33.8% of samples taken from the driver's seat and in 24.6% of samples taken from the back seat or the backrest of the back seat. Indicative particles were present on the driver's seat in 33.8% of samples, on the back seat in 30.77%, and on the back backrest in 35.38% of samples. No statistically significant difference was observed between the proportion of positive samples taken from the driver's and back seat or samples taken from the driver's seat and backrest of the back seat, as well as no difference in the proportion of vehicles contaminated with characteristic and indicative particles ( $P > 0.05$ ). A total of 228 characteristic GSR particles and 166 indicative GSR particles were found, with the most frequent number of confirmed particles in the sample being 1. No statistically significant correlation was observed between the number of characteristic and indicative particles ( $\tau = 0.148$ ,  $P = 0.346$ ). Logistic regression analysis showed that, among the considered variables, vehicle contamination could only be affected by the transportation of persons who participated in an event where firearms were used ( $P = 0.030$ ).

**Conclusions:** The presence of characteristic GSR particles was confirmed in almost 2/3 of the vehicles, which may point to risk from secondary contamination of persons transported in vehicles, but considering the small number of identified particles, this risk is not high. It can be expected that the share of contaminated vehicles by the sampled areas considered will be equal, as well as the share of vehicles contaminated with characteristic and indicative particles. However, contamination containing indicative particles does not indicate contamination containing characteristic GSR particles. Transportation of persons who participated in an event where firearms were used can be a potential contamination risk factor, pointing to additional caution in these cases.

**Keywords:** gunshot residue, contamination, police vehicles, characteristic GSR particles, indicative GSR particles, SEM/EDX

## 10. ŽIVOTOPIS

### Osobni podatci

Ime i prezime	Hrvoje Senješ
Nadnevak i mjesto rođenja	6. 9. 1981., Vinkovci
Adresa	Ulica Rudolfa Matza 4, 10360 Zagreb
E-mail	hsenjес@mup.hr

### Obrazovanje

2020. –	Sveučilište u Splitu, Sveučilišni odjel za forenzične znanosti, modul: Istraživanje mjesta događaja
2017. – 2019.	Veleučilište kriminalistike i javne sigurnosti Zvanje: magistar kriminalistike (mag. crim.)
2014. – 2017.	Veleučilište kriminalistike i javne sigurnosti Zvanje: prvostupnik kriminalistike (bacc. crim.)
1998. – 2000.	Srednja policijska škola u Zagrebu

Publikacije

**Senješ, Hrvoje;** Kondor-Langer Mirjana; Gluščić Stjepan, Pojedina obilježja nestalih osoba na području Republike Hrvatske, Zbornik radova međunarodnu znanstveno-stručne konferencije – 6 Istraživački dani Visoke policijsku škole u Zagrebu: “Idemo u korak s novim sigurnosnim izazovima”. Zagreb: MUP RH, 2020. Str. 457 – 473.

**Senješ Hrvoje,** Akreditacijska norma HRN EN ISO/IEC 17020 u istraživanju mjesta događaja”. Zbornik radova međunarodnu znanstveno-stručne konferencije – 7. Istraživački dani Visoke policijsku škole u Zagrebu: Razumjevanje novih sigurnosnih

izazova”. Zagreb: MUP RH, 2020. Str. 161 – 171.

Stolica, J., Grgić, L., Šabić, M., **Senješ, H.**, Bašić, Ž., Kružić, I., & Jerković, I. (2022) Mogućnost vizualizacije tragova papilarnih linija prsta uporabom reagensa malih čestica na staklenim površinama urejenim u morsku i riječnu vodu. U: V. međunarodna konferencija Sigurnost povjesnih gradova – Partnerstvo za sigurniju svakodnevicu. Solin, Hrvatska, 20.10. 2022. – 21.10. 2022.

## 11. IZJAVA O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI

Ja, Hrvoje Senješ, izjavljujem da je moj diplomski rad pod naslovom Prisutnost GSR čestica u policijskim vozilima rezultat mojega vlastitog rada, da se temelji na mojim istraživanjima te da se oslanja na izvore i radove navedene u bilješkama i popisu literature. Nijedan dio ovoga rada nije napisan na nedopušten način, odnosno nije prepisan bez citiranja i ne krši ičija autorska prava.

Izjavljujem da nijedan dio ovoga rada nije iskorišten u ijednom drugom radu pri bilo kojoj drugoj visokoškolskoj, znanstvenoj, obrazovnoj ili inoj ustanovi.

Sadržaj mojega rada u potpunosti odgovara sadržaju obranjenoga i nakon obrane uređenoga rada.

Split, 07. lipnja 2023. godine

Potpis studenta/studentice: \_\_\_\_\_