

DOI: <https://doi.org/10.54937/2024.9788056111024.243-250>

# NOVÉ PRÍSTUPY V SKÚMANÍ TRASOLOGICKÝCH STÔP: VYUŽITIE 3D SKENERA PRIAMO NA MIESTE ČINU A NÁSLEDNÁ 3D TLAČ STÔP

Róberta SCHMIDTOVÁ<sup>1</sup>

## NEW APPROACHES IN THE EXAMINATION OF TRASOLOGICAL TRACES: USE OF A 3D SCANNER DIRECTLY AT THE CRIME SCENE AND SUBSEQUENT 3D PRINTING OF TRACES





<sup>1</sup> Akadémia Policajného zboru v Bratislave, Katedra kriminalistiky a forenzných vied, Bratislava, Slovenská republika

✉ Email: [roberta.schmidtova@akademiapz.sk](mailto:roberta.schmidtova@akademiapz.sk)

ORCID iD: [0009-0006-5393-7755](https://orcid.org/0009-0006-5393-7755)

<https://orcid.org/0009-0006-5393-7755>


 *Competing interests: The author declare no competing interests.*

 *Publisher's Note: Catholic University in Ružomberok stays neutral with regard to jurisdictional claims in published maps and institutional affiliations. Copyright: © 2024 by the authors.*



*This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>)*

*This license allows reusers to distribute, remix, adapt, and build upon the material in any medium or format, so long as attribution is given to the creator. The license allows for commercial use.*

 *Review text in the conference proceeding: Contributions published in proceedings were reviewed by members of scientific committee of the conference. For text editing and linguistic contribution corresponding authors.*

### ABSTRAKT

V súčasnosti sa nachádzame v období, kedy technologický pokrok prináša revolučné zmeny a nové prístupy aj v oblasti kriminalistického výskumu. Tento článok sa zameriava na novú éru v skúmaní objemových trasologických stôp s využitím ručného 3D skenera priamo na mieste činu. Táto metóda poskytuje neuveriteľnú presnosť a detaily, ktoré boli predtým nedosiahnuteľné. v kombinácii s technológiou 3D tlače sme schopní vytvoriť dokonalú fyzickú reprodukcii stopy so všetkými markantmi, čo otvára nové možnosti v súdnom procese a vyšetrovaní. Tento článok sa zameriava taktiež na popis metódy a jej potenciálne výhody a výzvy. Zisťujeme, že táto inovatívna prax prináša nové nástroje a prístupy, ktoré zásadne menia spôsob, akým sa vykonáva trasologické skúmanie a posudzovanie. Okrem toho, v čase rýchlej technologickej evolúcie, je nevyhnutné neustále sa prispôbovať novým výzvam a možnostiam, ktoré tieto nové nástroje poskytujú. Naším cieľom je

prezentovať detailný pohľad na implementáciu tejto inovatívnej metódy v praxi a zhodnotiť jej potenciál v oblasti kriminalistického výskumu.

**Kľúčové slová:** 3D skenovanie, 3D tlač, miesto činu, trasologické stopy

## ABSTRACT

We are currently witnessing a period where technological advancement is bringing about revolutionary changes and new approaches in the field of forensic research. This article focuses on a new era in the examination of volumetric trasological traces utilizing a handheld 3D scanner directly at the crime scene. This method provides incredible precision and details previously unattainable. Combined with 3D printing technology, we are able to create a perfect physical reproduction of the trace with all its characteristics, opening up new possibilities in legal proceedings and investigations. Additionally, this article also aims to describe the method and its potential advantages and challenges. We find that this innovative practice brings new tools and approaches that fundamentally change the way trace evidence examination and evaluation are conducted. Furthermore, in times of rapid technological evolution, it is essential to continually adapt to the new challenges and opportunities these new tools provide. Our goal is to present a detailed overview of the implementation of this innovative method in practice and evaluate its potential in the field of forensic research.

**Keywords:** 3D scanning, 3D printing, crime scene, trasological traces

## Úvod

Príspevok je zameraný na odhalenie nových oblastí použitia 3D technológií a ich použitie a vylepšenie v kriminalistickom procese. Správne a dôkladné zdokumentovanie miesta činu a stôp na mieste činu je pri objasňovaní trestného činu nanajvýš dôležité. Vyžaduje si absolútnu spoluprácu medzi rôznymi odborníkmi. Techniky zaznamenávania detailov miesta činu sa v posledných rokoch zdokonalili zavedením moderných systémov 3D analýzy, ako je 3D zobrazovanie (fotogrametria a počítačové videnie) a snímanie vzdialenosti (laserové skenery a kamery typu Time-of-Flight), ktoré umožňujú získať 3D model s možnosťou vykonať merania aj roky po získaní dát<sup>1</sup>.

Technológia laserového skenovania sa ukázala ako spoľahlivý nástroj na zaznamenávanie každého detailu v prípade klasických miest činu. Akvizícia 3D obrazu umožňuje zachovať morfológické a metrické charakteristiky celkového miesta činu ale aj predmetov, ktoré sa na ňom nachádzajú, a teda reprodukovať rovnaké merania s vysokou presnosťou. v strojárstve, zdravotníctve a stomatológii došlo k prudkému rozvoju a využívaniu technológií trojrozmernej 3D tlače. Ako mnohé technológie v prekrývajúcich sa disciplínach, aj tieto techniky sa ukázali ako užitočné, a preto sú začlenené aj do forenzných vied. 3D tlač nám môže pomôcť s vizualizáciou dôkazných priestorových vzťahov v rámci scény a zvýšiť pochopenie zložitej terminológie. Cieľom príspevku je poukázať na to, že použitie tejto technológie môže uľahčiť kriminalistickým technikom zdokumentovanie a zaistenie trasologických stôp priamo na mieste činu bez porušenia originálu stopy, to. zn. nedeštruktívnym spôsobom.

## 1. Techniky rýchleho získavania údajov a modelovania

### 1.1 3D skenovanie

Jednou z novších technológií na mapovanie miesta činu je 3D laserové skenovanie. Pôvodná technológia bola vyvinutá v 60. rokoch minulého storočia. v polovici 90-tych rokov pokrok v technológii umožnil, aby sa skenery stali prenosnými. Za posledných 15 rokov sa náklady na skener znížili, čím sa zvýšila šanca na jeho zaobstaranie. Pozemné laserové skenery možno považovať za evolúciu teodolitov, ktoré rozširujú meraciu schopnosť z jednotlivých bodov až po veľký súbor nedefinovaných bodov na povrchu. Predovšetkým ich možno zoskupiť do dvoch hlavných kategórií na základe dvoch úplne odlišných princípov merania. Prvá kategória zhromažďuje laserové skenery

<sup>1</sup>BARAZZETTI, L., SALA, R., SCAIONI, M. et al. 3D scanning and imaging for quick documentation of crime scene and accident scenes. <https://doi.org/10.1117/12.920728>

stredného a dlhého dosahu<sup>2</sup>. Všeobecne povedané, integrujú elektronický laserový diaľkomer, ktorý sa rýchlo otáča v horizontálnej aj vertikálnej rovine vzhľadom na prístroj. Počas otáčania sa laserový lúč vyžaruje v pravidelných krokoch v smere meraného povrchu. Vďaka koherencii laserového svetla možno odrazený signál využiť na meranie vzdialenosti prejdenej od senzora k cieľu. Nie sú potrebné žiadne špeciálne reflektory, ale akýkoľvek druh nepriehľadného povrchu môže vrátiť signál. Podľa vlastností povrchu sa odrazivosť môže meniť s následnou zmenou maximálneho rozsahu merania. Po odraze sa signály vrátia späť do snímača. Tu sú spracované na odvodenie meraní vzdialenosti, ktoré sa potom kombinujú s uhlovými polohami laserového diaľkomeru, aby sa vypočítali 3D súradnice. Princípy merania rozsahu sú dvojaké: meranie ToF alebo „fázového posunu“. Prvý z nich umožňuje oveľa dlhší maximálny rozsah merania (až 1 km) pri nižšej presnosti (úroveň 1-2 cm a horšie pri najdlhších rozsahoch); druhý možno použiť na kratšie vzdialenosti (do 50-100 m), ale s vyššou presnosťou (niekoľko milimetrov). Rýchlosť získavania neustále rastie spolu s vývojom technológie laserových skenerov v poslednom desaťročí. Zatiaľ čo prístroje ToF môžu mať rýchlosť snímania rádovo 100 kHz (t. j. 100 000 bodov za sekundu), laserové skenery s fázovým posunom môžu dosiahnuť 1 MHz. Pri oboch závisí najlepší výkon od vzdialenosti od cieľa<sup>3</sup>.

Každý sken pozostáva z mračna bodov, ktoré opisuje snímanú scénu. Niektoré skenery sú vybavené integrovanou kamerou, ktorá umožňuje priame fototextúrovanie skenu. Textúrované skeny poskytujú pôsobivý realistický pohľad na zaznamenané scény. v prípade, že oblasť na prieskum je väčšia a nemožno ju vidieť z jedného uhla pohľadu, je možné zachytiť viac skenov a potom ich zaregistrovať spoločne v rovnakom referenčnom rámci. Registráciu možno vykonať na základe prekrývania medzi skenmi a pomocou algoritmov „povrchovej zhody“. Alternatívne možno na registráciu použiť niektoré špeciálne retroreflexné terčiky, ktoré sú viditeľné pri viacerých skenoch. Druhý prístup je možné použiť aj na registráciu skenov do geodetického referenčného systému. Na ešte kratšie vzdialenosti (maximálne dva metre) je možné využiť optické digitalizovanie na základe laserovej triangulácie (nazývané aj laserové skenery na blízko). Priestorové súradnice cieľového objektu v snímanej scéne sa už nezískavajú meraním jednorozmerného signálu, ale skôr vyhodnotením cieľového rozmerového optického signálu (obrázok). Princíp merania je nasledujúci: laserový zdroj generuje úzky lúč rozšírený valcovou šošovkou, ktorý svieti na objekt ako svetelná priamka; vopred nakalibrovaná kamera získava snímky skenovanej oblasti. Údaje o deformácii laserovej čiary v dôsledku prítomnosti objektu v scéne sa zaznamenávajú a spracúvajú, aby sa znovu vytvoril takzvaný profil objektu. Zlúčením niekoľkých profilov, získaných pohybom profilometra na skenovanie celej scény, vznikne hustá 3D rekonštrukcia cieľového objektu. Vzdialenosť medzi nimi a ich relatívny sklon sú pevné a známe, čo je nevyhnutná požiadavka pre správnu 3D rekonštrukciu. Vďaka vysokej presnosti výsledkov sa táto metóda používa aj na detailnú reprodukciu zbraní, obetí, kostí alebo iných predmetov, ktoré možno považovať za relevantné dôkazy pri vyšetrovaniach.

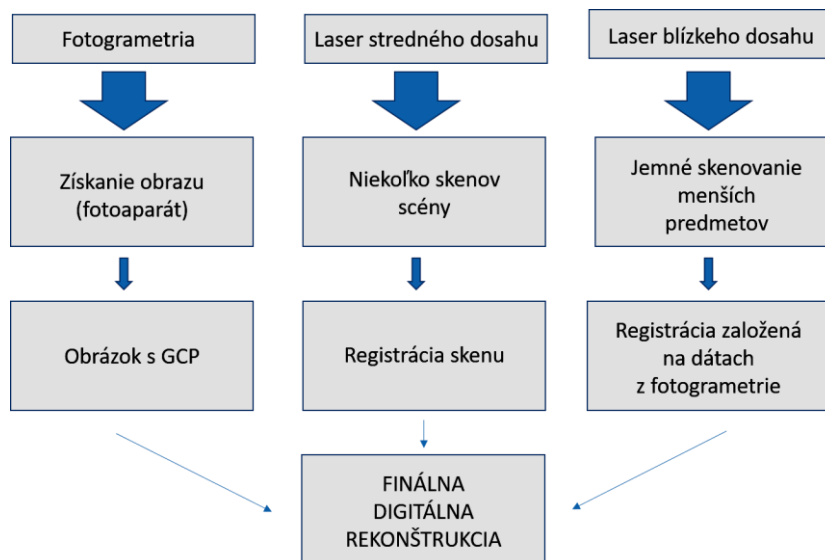
## 1.2 Integrácia údajov

Ako bolo preukázané v niekoľkých reálnych aplikáciách, metrická rekonštrukcia zložitých scén a objektov sa zvyčajne vykonáva pomocou rôznych nástrojov a techník. Vo všeobecnosti sa teodolitové údaje, fotogrametria a laserové skenovanie používajú spoločne na využitie výhod akejkoľvek jednotlivej techniky, zatiaľ čo nevýhody sú výrazne znížené. Napríklad teodolit je schopný merať obmedzený počet špecifických bodov s presnosťou niekoľkých milimetrov. Laserový skener namiesto toho poskytuje obrovské množstvo bodov náhodne rozmiestnených na celej scéne, aj keď s nižšou presnosťou. Nakoniec, obrázky možno použiť na extrahovanie špecifických bodov aj mračien bodov zložených z niekoľkých miliónov bodov, ale výsledky nie sú automatizované a často sú potrební skúsení operátori. Údaje získané rôznymi prístrojmi a technikami sa musia registrovať v spoločnom referenčnom rámci. Túto operáciu je možné vykonať pomocou niektorých zodpovedajúcich bodov viditeľných v rôznych súboroch údajov. Najbežnejšie riešenie spočíva

<sup>2</sup>COLWILL, S. *Low-cost crime scene mapping: reviewing emerging freeware, low-cost methods od 3D mapping and applying them to crime scene investigation and forensic evidence.*

<sup>3</sup>SANSONI, G., CATTANEO, C., TREBESCHI, M. et al. *Scene-of-Crime Analysis by a 3-Dimensional Optical Digitizer: a Useful Perspective for Forensic Science.* <https://doi.org/10.1097/PAF.0b013e318221b880>

v použití sady cieľov, ktoré sa najprv merajú teodolitom. Potom je možné zaregistrovať laserové skeny, ak sú v každom skenovaní viditeľné. Fotogrametrický projekt môže využívať cieľové súradnice ako pozemné riadiace body (GCP), t. j. body so známymi súradnicami, ktoré sú užitočné na odstránenie takzvaného problému s dátumom na 3D rekonštrukciu, ktorá je čisto založená na snímkach. Syntetický popis procesu, keď sú obrázky a laserové skeny získané rôznymi senzormi (napr. laserový skener so stredným dosahom a laser na blízko pre malé predmety) je znázornený na obrázku 1.



Obr. 1: Pracovný postup procesu 3D rekonštrukcie založený na troch rôznych technikách získavania údajov a ich integrácii<sup>4</sup>

## 2. Dokumentovanie trasologickej stopy prostredníctvom 3D skenera

Používanie 3D laserových skenerov rozširuje úlohu geopriestorových technológií pri vyšetrovaní trestných činov. Technológia 3D laserového skenovania sa používa na presné zobrazenie relačného aspektu každého dôkazu. Namiesto toho, aby sa spoliehalo len na fotografické snímky, je možné vidieť presné vizualizácie, ktoré znovu vytvoria miesto činu. Tento vzťahový aspekt je pre vyšetrovateľov dôležitý, pretože dokážu zachytiť presné miesta dôkazov, zrekonštruovať scénu v jej konečnom stave a prebudovať okolnosti, ktoré k tomu viedli. Výsledkom je komplexnejšie vyšetrovanie, ktoré presahuje možnosti tradičných forenzných nástrojov. Mračná bodov generované 3D laserovými skenmi môžu slúžiť ako vizualizácie scény a poskytujú rôzne pohľady na miesto činu. Pretože údaje zozbierané 3D skenermi generujú veľmi husté mračná bodov, ktoré majú polohu v priestore, možno získať veľmi presné merania<sup>5</sup>.

V prípade objemových trasologických stôp je vždy potrebné takúto stopu najprv fotograficky zdokumentovať. Po takomto zdokumentovaní je následne možné prejsť k 3D skenovaniu stopy prostredníctvom ručného laserového skenera. Takýto skener poskytuje zachytenie povrchov a objektov s veľmi vysokým a presným stupňom detailov, čo je veľmi dôležité pri objemovej trasologickej stope, kde je potrebné zachytiť všetky špecifické znaky, narušenia povrchu a opotrebenia. Výhodou takéhoto skenera je aj flexibilita a mobilnosť. Operátor môže skenovať objekty veľmi rýchlo a efektívne bez obmedzenia pohybu. Ručné skenovanie tiež umožňuje operátorovi prispôsobiť proces skenovania na základe potrieb a požiadaviek danej aplikácie. Môže upravovať uhly a smer laserového lúča, čo pomáha získať presné a detailné údaje. Avšak, ručné laserové skenovanie má aj svoje nevýhody. Jednou z nich je potreba zručného a skúseného operátora, aby dosiahol optimálne výsledky. Tento proces môže byť náročný a vyžadovať tréning a skúsenosti na

<sup>4</sup>BARAZZETTI, L., SALA, R., SCAIONI, M. et al. 3D scanning and imaging for quick documentation of crime scene and accident scenes. <https://doi.org/10.1117/12.920728>

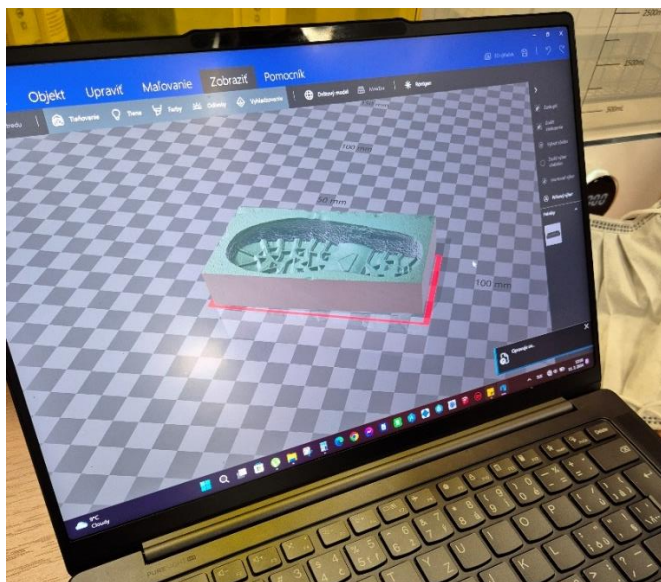
<sup>5</sup>BUCK, U., NAETHER, S., RÄSS, B. et al. Accident or homicide-virtual crime scene reconstruction using 3d methods. <https://doi.org/10.1016/j.forsciint.2012.05.015>

ovládanie zariadenia a manipuláciu s ním. Ďalšou nevýhodou je, že ručné skenovanie môže byť náchylné na chyby z dôvodu neúplného pokrytia povrchu alebo nesprávneho zarovnania snímok. To môže viesť k nedostatočne presným výsledkom a potrebe opakovaného skenovania. Toto je v podstate aj nedeštruktívny spôsob zaistenia objemovej trasologickej stopy, kedy následne pristúpime k samotnej 3D tlači. Bežne je objemová trasologická stopa zaistovaná pomocou metódy odlievania, kde sa používa materiál sadra. Po odliatí a vytvrdnutí je takýto odliatok krehký a náchylný na rozbitie, čo je značnou nevýhodou pri preprave do kriminalistického laboratória. Preto je metóda 3D skenovania a následnej 3D tlače takejto stopy lepšou alternatívnou pre ďalšie kriminalistické skúmaní<sup>6</sup>.

### 3. Vizualizácia a interpretácia údajov

V špecifických softvérových balíkoch možno spracovávať rôzne druhy údajov. Na druhej strane koncoví používatelia potrebujú mať hlavnú platformu, na ktorej by bolo možné vizualizovať, kontrolovať a vyhľadávať všetky spoločne registrované údaje. Toto prostredie by malo byť skutočne 3D a malo by umožňovať zobrazenie textúrovaného mračna bodov z rôznych uhlov pohľadu a perspektív. Vektorové modely odvodené z laserového skenovania alebo fotogrametrie by mali byť integrované do mračna bodov. Veľmi dôležitá by bola funkcia, ktorá používateľovi pomôže nájsť obrázok, na ktorom je detailne znázornená konkrétna oblasť. Tieto možnosti zvyčajne neobsahujú softvérové balíky CAD a GIS, ktoré sú navrhnuté pre iné druhy aplikácií. Na druhej strane niektoré CAD prostredia určené pre forenznú oblasť sú dnes dostupné a dokážu importovať výstupy z fotogrametrických balíkov. Nevýhodou je, že softvérové balíky na správu špecifického druhu dát majú problémy v integrácii s inými. Z tohto hľadiska sú softvérové balíky laserového skenovania najkompletnejšími nástrojmi<sup>7</sup>.

V našom prípade je potrebné naskenované dáta, t. j. objemovú trasologickú stopu pred samotnou tlačou upraviť v prostredí 3D softvéru. My sme na takúto úpravu použili softvér Cyclone REGISTER 360, kde sme odstránili nepotrebné mračná bodov, ktoré boli naskenované mimo stopy. Následne sme takýto výstup vložili do základného Windows 3D builderu, kde sme ho ohrančili z každej strany pomocou stien (obr. 2).



Obr. 2: 3D model trasologickej stopy v prostredí Windows 3D builder

<sup>6</sup>CAREW, R. M., ERRICKSON, D. 2020. An Overview of 3D Printing in Forensic Science: The Tangible Third-Dimension. In: *Journal of Forensic Sciences*. <https://doi.org/10.1111/1556-4029.14442>

<sup>7</sup>TOPOL, A., JENKIN, M., GRYZ, J. et al. *Generating semantic information from 3D scans of crime scenes*. <https://doi.org/10.1109/CRV.2008.27>

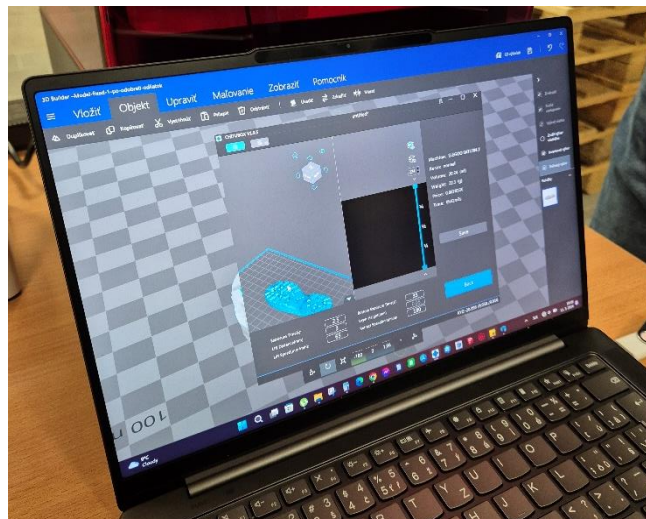
Takýto 3D model sme následne prostredníctvom booleanovských operácií upravili na nám potrebný model, to zn., že sme z neho vytvorili reverzný model. Následne boli dáta vyexportované do formátu, ktorý podporuje naša 3D tlačiarne.

#### 4. Tlač trasologickej stopy pomocou 3D tlačiarne

3D tlač objemovej trasologickej stopy je aktuálne jedna z inovatívnych technológií, ktorá v posledných rokoch získala veľkú pozornosť v oblasti kriminalistiky a forenzných vied. Táto metóda prináša revolučné možnosti vytvárania a analyzovania stôp zločinov, pričom kombinuje pokrok v oblasti 3D tlače s potrebami forenzných vyšetrovaní. Tieto modely obsahujú detailné informácie o povrchu a hĺbke stopy, čo umožňuje lepšie pochopenie a interpretáciu dôkazov v kriminalistických vyšetrovaniach. v porovnaní s tradičnými metódami zaznamenávania a analýzy stôp, 3D tlač prináša niekoľko výhod. Jednou z nich je schopnosť vytvoriť presnú reprodukciu stôp s vysokým rozlíšením a detailom, čo umožňuje lepšiu identifikáciu a porovnanie stôp pri vyšetrovaní trestných činov. Okrem toho umožňuje vytváranie digitálnych kópií stôp, čo uľahčuje ich archiváciu, zdieľanie a analyzovanie medzi kriminalistickými expertmi. v kriminalistickej praxi môže táto technológia slúžiť na identifikáciu páchatel'ov, rekonštrukciu miesta činu, alebo vyhodnocovanie stôp na miestach činu. v tomto kontexte predstavuje 3D tlač objemovej trasologickej stopy nástroj, ktorý má potenciál zmeniť spôsob, akým sa riešia kriminalistické prípady a vykonávajú kriminalistické vyšetrovania.

Pre naše účely bola použitá 3D tlačiareň Anycubic Photon M3 Max. Tlačiareň Anycubic Photon M3 Max je jednou z najnovších prírastkov do rodiny 3D tlačiarň od spoločnosti Anycubic, ktorá je známa svojimi kvalitnými a cenovo dostupnými tlačiarňami. Photon M3 Max podporuje rôzne typy tlačových materiálov, vrátane rôznych druhov živíc.

Príprava 3D tlače modelu trasologickej stopy na tlačiarňu Anycubic Photon M3 Max zahŕňa niekoľko krokov, ktoré sú dôležité pre dosiahnutie optimálnych výsledkov. Prvým z nich je výber softvéru. My sme použili softvér ChiTuBox, ktorý je často používaný s tlačiarňami Anycubic Photon pre prípravu modelov. Ďalej je potrebné 3D model načítať do softvéru. Je potrebné sa usiť, či je model správne umiestnený a škálovaný podľa požiadaviek. V našom prípade nebolo potrebné navoliť pre model žiadnu podporu (Obr. 3).

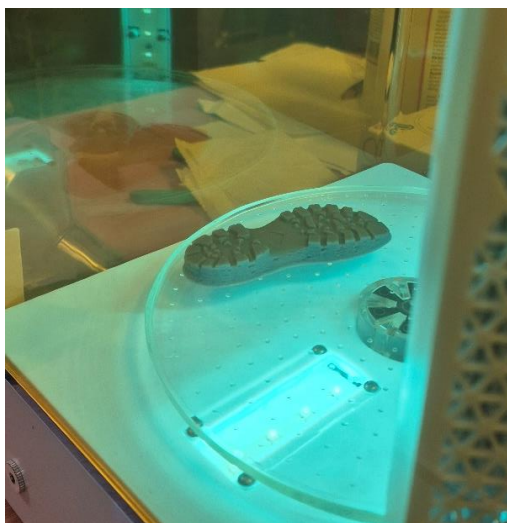


Obr. 3: Príprava 3D modelu na tlač v softvéri ChiTuBox

Ďalším krokom je použitie funkcie "slicing". Slicing je proces, ktorý rozdeľuje 3D model na vrstvy, ktoré budú tlačené jednotlivo. Tu je možné tiež nastaviť rôzne parametre tlače, ako je hrúbka vrstvy, rýchlosť tlače a hustota plnenia. Všetko závisí od veľkosti modelu a akú presnosť a detailnosť tlače požadujeme. Po dokončení slicing uložíme súbor G-code. Tento súbor obsahuje pokyny pre tlačiarňu, ako má tlačiť model vrstva po vrstve.

Pred tým, ako začneme tlačiť, uistíme sa, že tlačiareň je správne nastavená a pripravená na tlač. Zistíme, či je stôl tlačiarne rovnomerne nastavený a čistý, aby sa zabránilo problémom s adhéziou. Načítame súbor G-code do tlačiarne a skontrolujeme nastavenia tlače, ako sú teplota tlačiarne a rýchlosť tlače. Keď sme pripravení, spustíme tlač modelu. Samotný čas tlače závisí od veľkosti modelu, výplne modelu, podpornej štruktúry a ďalších parametrov. Po dokončení tlače sa model odstráni zo stola tlačiarne.

Po samotnom vytlačení modelu z tlačiarne, kde je materiál tlače živica, je potrebné takýto model dodatočne upraviť. Prvým krokom je vyčistenie modelu od zvyšnej živice, ktorá je toxická pre dýchanie aj na dotyk. Takéto čistenie vykonáme pomocou izopropylalkoholu a ultrazvukovej komory, kde by sa mal dôkladne vyčistiť každý detail a dutina modelu, aby sme dosiahli čo najväčšiu presnosť a dôveryhodnosť modelu, resp. presnú reprodukciu trasologickej stopy. Posledným krokom je samotné vytvrdenie modelu pomocou UV svetla v špeciálnej komore alebo na priamom slnku (Obr. 4).



Obr. 4: Vytvrzovanie výtlačku trasologickej stopy v komore s UV svetlom

## Výsledky

Ako už bolo spomenuté, dokumentovanie a vyhotovenie presnej reprodukcie objemovej trasologickej stopy pomocou 3D skenera a 3D tlačiarne prináša niekoľko výhod a využití, ktoré sú dôležité v oblasti kriminalistického výskumu a kriminalistiky. Ručné 3D skenery dokážu zachytiť objemovú trasologickú stopu s vysokou presnosťou a konkrétnymi detailami. To umožňuje vytvoriť presnú reprodukciu stopy, ktorá môže byť dôkazom v súdnom procese alebo analyzovaná v kriminalistickom laboratóriu. Digitalizácia trasologickej stopy umožňuje taktiež vytvoriť záznam, ktorý môže byť ľahko zdieľaný a uchovávaný. Modely trasologickej stopy môžu byť v prípade potreby ďalších analýz taktiež dodatočne ľahko upravené alebo zmenené.

Jednou z najdôležitejších výhod je tá, že proces dokumentovania a vyhotovenia reprodukcie trasologickej stopy pomocou 3D skenera a tlačiarne môže byť rýchlejší a efektívnejší ako tradičné metódy. Takáto reprodukcia trasologickej stopy je vytvorená bez potreby manipulácie s originálnom stopy čiže nedeštruktívnym spôsobom. Taktiež to znižuje riziko poškodenia alebo stratenia stopy počas vyšetovania.

## Záver

Snáď jednou z najfascinujúcejších technologických inovácií za posledných pár rokov je použitie 3D laserového skenovania pri obhliadke miesta činu. Táto technológia sa rozšírila už aj vo forenzných aplikáciách, vrátane trestných činov, priemyselných katastrof a automobilových nehôd. Pomáha pri analýze krvavých škvŕn, rekonštrukcii incidentov pri streľbe, pri dôkladnom zreprodukovani predmetov nachádzajúcich sa na mieste činu. 3D laserové skenery sú schopné zachytiť celú scénu v priebehu niekoľkých minút a sú schopné eliminovať niektoré riziká spojené s chybou vyšetrovateľa.

Zaznamenáva sa niekoľko pozorovacích bodov, takže laser môže skenovať všetky strany miesta činu a súvisiace objekty v ňom. Skenovanie tiež generuje veľmi presné merania, čo umožňuje získať predstavu o priestorovom usporiadaní scény.

V tomto článku sa ukázalo, že integrácia tejto metódy pridáva hodnotu k dosiahnuteľným výsledkom. Laserové skenovanie mračien bodov umožňuje kompletnú rekonštrukciu širokých a ucelených oblastí. Tento článok predstavuje automatizovaný prístup k rekonštrukcii miesta činu v 3D s cieľom lepšie vizualizovať miesto činu a uľahčiť proces vyšetrovania.

Cieľom je poskytnúť čitateľovi základné poznatky o 3D laserových skenovacích prístrojoch, ako aj o ich použití, výhodách a obmedzeniach. Článok sa sústreďuje aj na konkrétny priebeh merania, postproces a následnú 3D tlač modelu trasologickej stopy.

## ZOZNAM BIBLIOGRAFICKÝ ODKAZOV

- BARAZZETTI, L., SALA, R., SCAIONI, M. et al. 3D scanning and imaging for quick documentation od crime scene and accident scenes, [online], 2012, s. 3-5. <https://doi.org/10.1117/12.920728>
- BUCK, U., NAETHER, S., RÄSS, B. et al. Accident or homicide-virtual crime scene reconstruction using 3d methods, [online], 2013. s. 77-83. <https://doi.org/10.1016/j.forsciint.2012.05.015>
- CAREW, R. M., ERRICKSON, D. 2020. An Overview of 3D Printing in Forensic Science: The Tangible Third-Dimension. In: *Journal of Forensic Sciences*. ISSN1556-4029, roč. 65, č. 5. <https://doi.org/10.1111/1556-4029.14442>
- COLWILL, S. Low-cost crime scene mapping:reviewing emerging freeware, low-cost methods od 3D mapping and applying them to crime scene investigation and forensic evidence. Austrália: Murdoch University, 2016. s. 5-34. Dizertačná práca.
- SANSONI, G., CATTANEO, C., TREBESCHI, M. et al. Scene-of-Crime Analysis by a 3-Dimensional Optical Digitizer: a Useful Perspective for Forensic Science, [online], 2011, s. 280-286. Dostupné na internete: <<https://sci-hub.se/10.1097/PAF.0b013e318221b880>> <https://doi.org/10.1097/PAF.0b013e318221b880>
- TOPOL, A., JENKIN, M., GRYZ, J. et al. Generating semantic information from 3D scans of crime scenes, [online], 2008. Dostupné na internete: <<https://vgrserver.cs.yorku.ca/~jenkin/papers/2008/anna2008.pdf>> <https://doi.org/10.1109/CRV.2008.27>