

Tridimenzionalno dokumentiranje stečkov srednjeveške župe Dabar v Bosni in Hercegovini

Article

Published Version

Creative Commons: Attribution-Share Alike 4.0

Open Access

Čaval, S. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9337-3951>, Prunk, S., Sakara, M. and Miklavcic, T. (2021) Tridimenzionalno dokumentiranje stečkov srednjeveške župe Dabar v Bosni in Hercegovini. *Studia Universitatis Hereditati*, 9 (1). ISSN 2350-5443 doi: 10.26493/2350-54 Available at <https://reading-pure-test.eprints-hosting.org/98979/>

It is advisable to refer to the publisher's version if you intend to cite from the work. See [Guidance on citing](#).

Identification Number/DOI: 10.26493/2350-54 <<https://doi.org/10.26493/2350-54>>

Publisher: University of Primorska, Koper, Slovenia

All outputs in CentAUR are protected by Intellectual Property Rights law, including copyright law. Copyright and IPR is retained by the creators or other copyright holders. Terms and conditions for use of this material are defined in the [End User Agreement](#).

www.reading.ac.uk/centaur

CentAUR

Central Archive at the University of Reading

Reading's research outputs online

Tridimenzionalno dokumentiranje stečkov srednjeveške župe Dabar v Bosni in Hercegovini

Saša Čaval

University of Reading, Velika Britanija
s.caval@reading.ac.uk

Špela Prunk

Park Škocjanske jame; Pokrajinski muzej Koper
spela.prunk@pokrajinskimuzejkoper.si

Maša Sakara

Pokrajinski muzej Koper
masa.sakara@pokrajinskimuzejkoper.si

Tjaša Miklavčič

Pokrajinski muzej Koper
tjasamik@siol.net

Stečki so srednjeveški kamniti nagrobniki, ki jih najdemo še vedno *in situ* v pokrajinah držav Zahodnega Balkana. Okoli 8% stečkov ima raznovrstne dekoracije v obliki nizkega reliefa, medtem, ko manj kot 400 nagrobnikov nosi tudi napise. Zaradi klimatskih vplivov vrezani napisi in ornamenti izginjajo s površine stečkov, zaradi česar jih je vse težje odkriti in prepoznati. V sklopu arheoloških raziskav stečkov na območju srednjeveške župe Dabar (današnji občini Berkovići in Bileća), je bil izveden pilotski projekt 3D skeniranja stečkov z ročnim skenerjem. Osem stečkov, dva z napisom in šest z dekoracijami, je bilo skeniranih v celoti, z namenom da bi lahko ovrednotili vidnost in prepoznavanje umetnostnih izrazov, ter samo tehniko detajlnega dokumentiranja materialne kulture. Članek predstavlja potek skeniranja in analizira rezultate.

Ključne besede: stečki, srednji vek, tridimenzionalno skeniranje, 3D, dediščina, kamniti spomeniki, Bosna in Hercegovina

Three-dimensional documentation of the tombstones of the medieval parish of Dabar in Bosnia and Herzegovina

Stećci are medieval tombstones that can be found *in situ* in the landscapes of the Western Balkans. Only approx. 8% of stećci have various decorations in the form of low relief, while less than 400 tombstones also bear inscriptions. Climate influences often cause erosion of these engravings, which makes them increasingly difficult to detect and identify. As part of the archaeological research on the stećci phenomenon in the area of the medieval župa Dabar (modern municipalities of Berkovići and Bileća), a pilot study of 3D scanning of these monuments with a hand-held scanner was performed. Eight tombstones, two with an inscription and six with decorations, were thus scanned in their entirety, in order to evaluate the visibility and recognition of the engravings, and to assess the technique for detailed documentation of material culture itself. The article presents the process of scanning and analyzes the results.

Keywords: stećci, medieval period, three-dimensional scanning, 3D, heitage, tombstones, Bosnia and Herzegovina

Digitalno zajemanje podatkov postaja vse pomembnejši del dokumentiranja, proučevanja in predstavljanja arheološke dediščine (Zachar et al. 2017). Z razvojem tehnik 3D digitalizacije je ta vedno bolj dostopna in posledično prisotna tudi v dokumentiranju in predstavljanju arheoloških predmetov. Digitalni tridimenzionalni model predmeta oz. objekta, kot njegova kopija v virtualni obliki, nam omogoča njegov ogled in opazovanje na drugačen način v primerjavi s preučevanjem fizičnega predmeta. Lahko ga razumemo kot njegov digitalni nadomestek (Štuhec 2012, 94; 2017, 15–19; Jončić in Zachar 2017, 23–30).

3D skeniranje je še posebej primerno za predmete z različnimi reliefnimi značilnostmi, kot so okrasni ali napisi, ki so zaradi procesov staranja predmeta pogosto težko prepoznavni ali berljivi. Prav zato smo metodo želeli preizkusiti na srednjeveških nagrobnih spomenikih oz. stečkih v Bosni in Hercegovini. Ti so namreč okrašeni z reliefnimi upodobitvami in napisi, ki so zaradi atmosferskih dejavnikov, ki so nanje vplivali v zadnjih stoletjih, velikokrat težko berljivi. Za proučevanje podobnih reliefnih okrasov in branje napisov na objektih in predmetih si raziskovalci običajno pomagajo s papirjem, ki ga prislono na reliefno površino, pobarvajo ali zmočijo in oblikujejo po površini ter na ta način dobijo obris oz. obliko vrezanih motivov ali črk. Vendar pa ročna oblika kopiranja takšnih okrasov in napisov (npr. kopiranje na paus papir ali pa t.i. squeeze) ni dovolj natančna in je odvisna od posameznikove sposobnosti prepoznavanja omenjenih elementov ter od mehkoabe in oblikovalnosti papirja. Poleg tega se predmet običajno natančno pregleda tudi z uporabo različnih načinov osvetlitve in opazovanjem iz različnih smeri (Hameeuw in Willems 2001, 163). Tudi prenos oz. dostop do takšnih rezultatov je še vedno omejen na osebni pristop h kopiji. Prav v tem je prednost digitalnega dokumentiranja, saj mogoča enostaven prenos informacij med raziskovalci in olajša nadaljnje proučevanje.

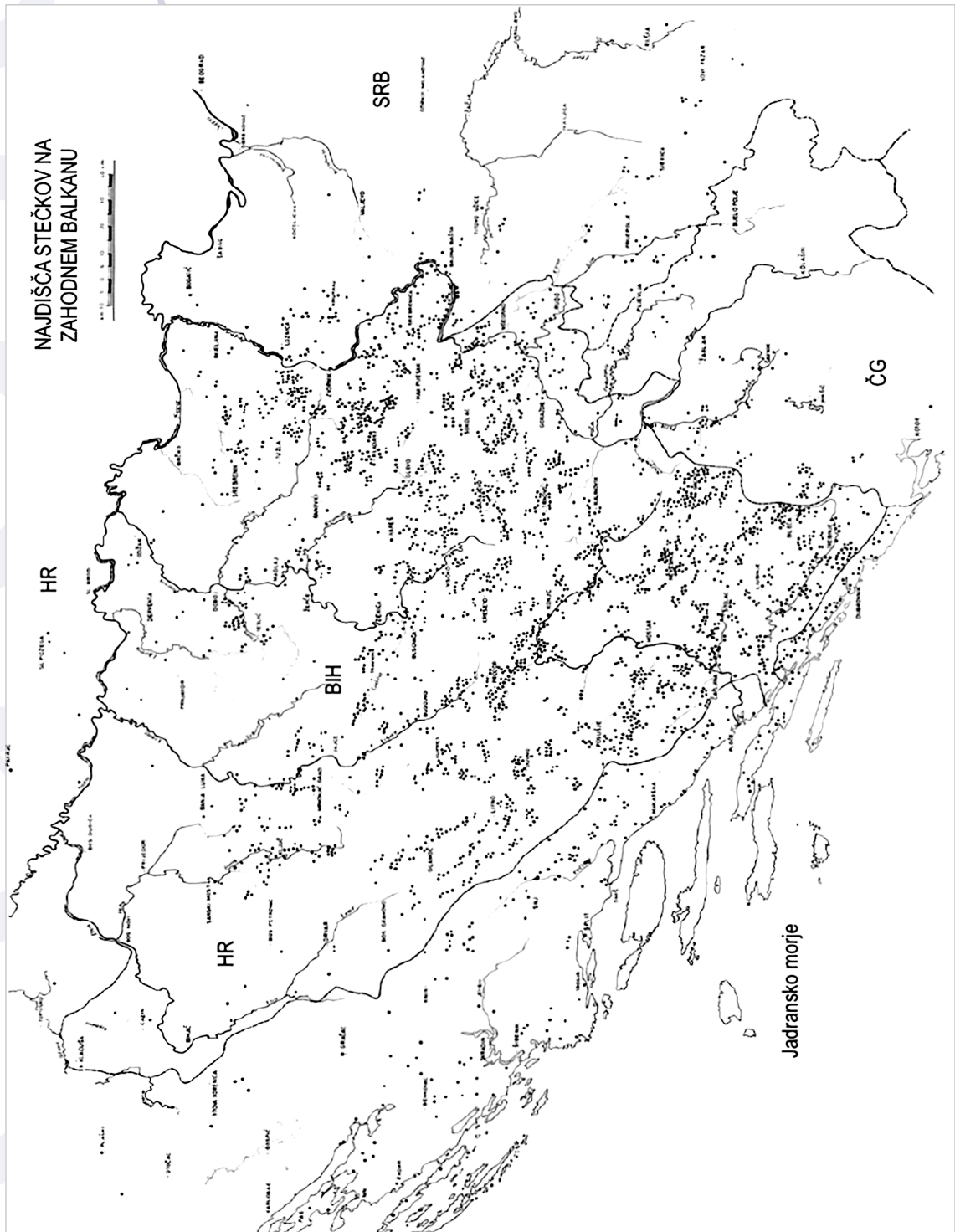
3D dokumentiranje stečkov je potekalo v okviru projekta *Social Landscapes as Multicul-*

tural Spaces: Stećci in Bosnia and Herzegovina (SOLMUS), financiranem preko programa EU Horizon 2020, MSCA-IF-2017 (797881), ter s sodelovanjem Pokrajinskega muzeja Koper in Parka Škocjanske jame, Slovenija.

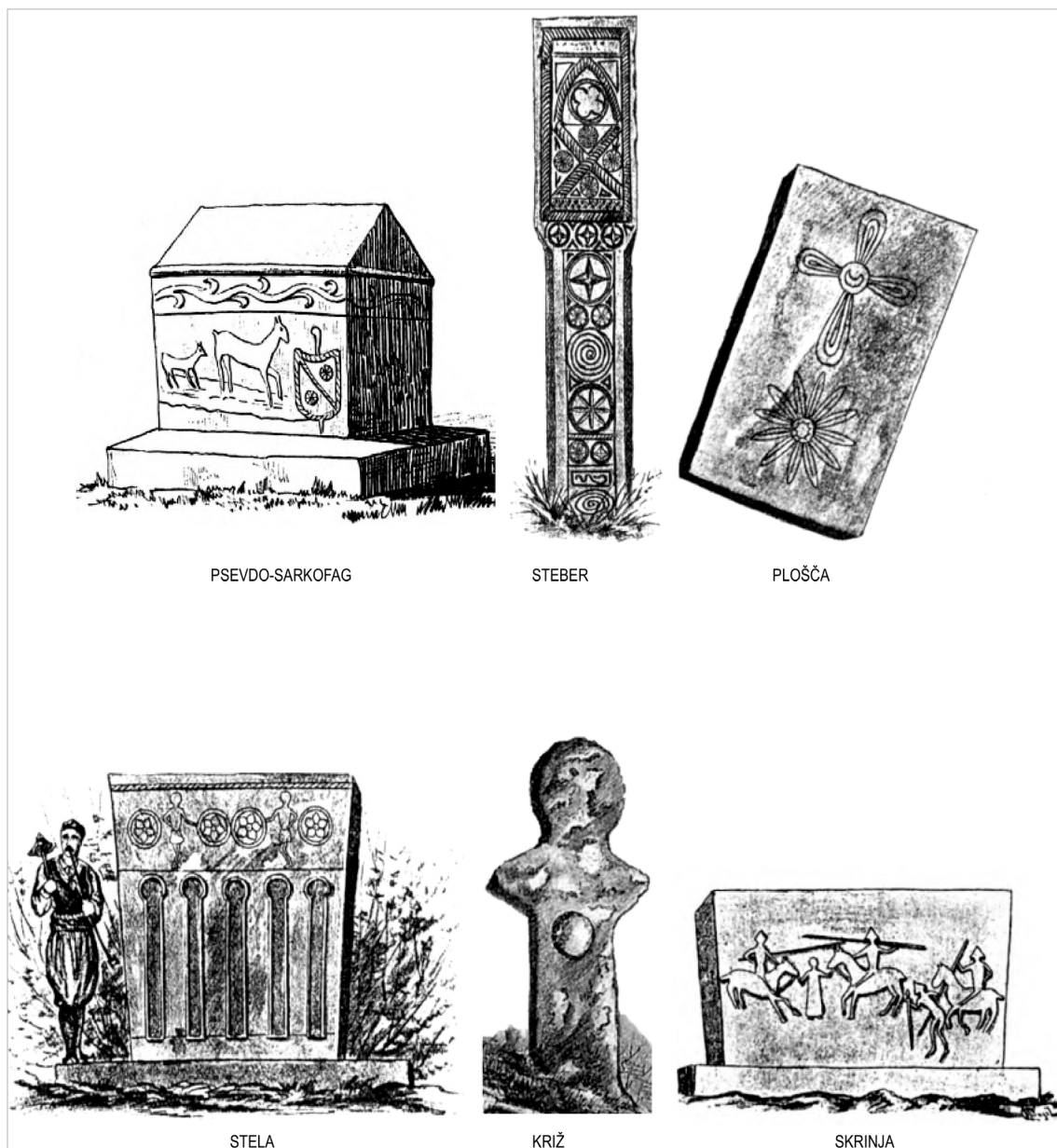
Stečki

Stečki so srednjeveški nagrobniki, razpršeni po krajinah Srbije, Hrvaške, Črne gore, in zlasti Bosne in Hercegovine (BiH) (sl. 1). Predstavlja jo poseben pogrebni pojav, v katerem se prepletajo tradicije, vere, umetniški in estetski izrazi ter pisave. Morfološko so zelo raznoliki, saj jih najdemo v obliki psevdosarkofagov, križev, plošč, stebrov in skrinj (sl. 2). Približno 8% stečkov nosi napise in okrase, ki ikonografsko kažejo na kontinuiteto srednjeveške Evrope, kakor tudi edinstvene lokalne tradicije. Število teh spomenikov je izjemno visoko: trenutno je na Zahodnem Balkanu zabeleženih več kot 72.000 stečkov, in samo v BiH jih najdemo več kot 60.000. Stečki utelešajo zgodovinske, kulturne in verske elemente srednjeveškega Zahodnega Balkana ter pričajo o pogledih srednjeveških skupnosti na življenje in smrt, o prepletu simbolizma in resničnosti. Poosebljajo stoletja bosanske strpnosti, ki se je razvila iz dolgotrajnega sobivanja lokalnih raznolikih etničnih in verskih skupin, vendar se stečki ne pripisujejo nobeni od teh etničnih ali verskih skupin in še vedno veljajo za skrivnostne spomenike preteklosti.

Kdaj naj bi se stečki začeli pojavljati ostaja nejasno. Nekatere teorije jih povezujejo z megalitskimi tradicijami, druge pa jih predstavljajo kot romanske ali gotske obmorske urbane hiše, kot lokalne srednjeveške krščanske sarkofage ali bosanske podeželske hiše. Zakaj se pojavijo v 12. stoletju, kaj je sprožilo njihovo začetno ustvarjanje ter morebiten obstoj predhodnih oblik ostaja večinoma neznan. Najzgodnejši steček, datiran po napisu, je nagrobnik župana Trebinja Grdeše (1151-1177), v južni Hercegovini. Trenutno poznavanje začetkov te dediščine, ki je že od leta 2016 vpisana tudi na UNESCO-v seznam svetovne dediščine (<https://whc.unesco.org/en/list/1504>), je rezultat stanja raziskav saj so vsi do



Slika 1. Razširjenost stećkov na Zahodnem Balkanu (Bešlagić 1982).
 Stećci sites in the Western Balkans (Bešlagić 1982).



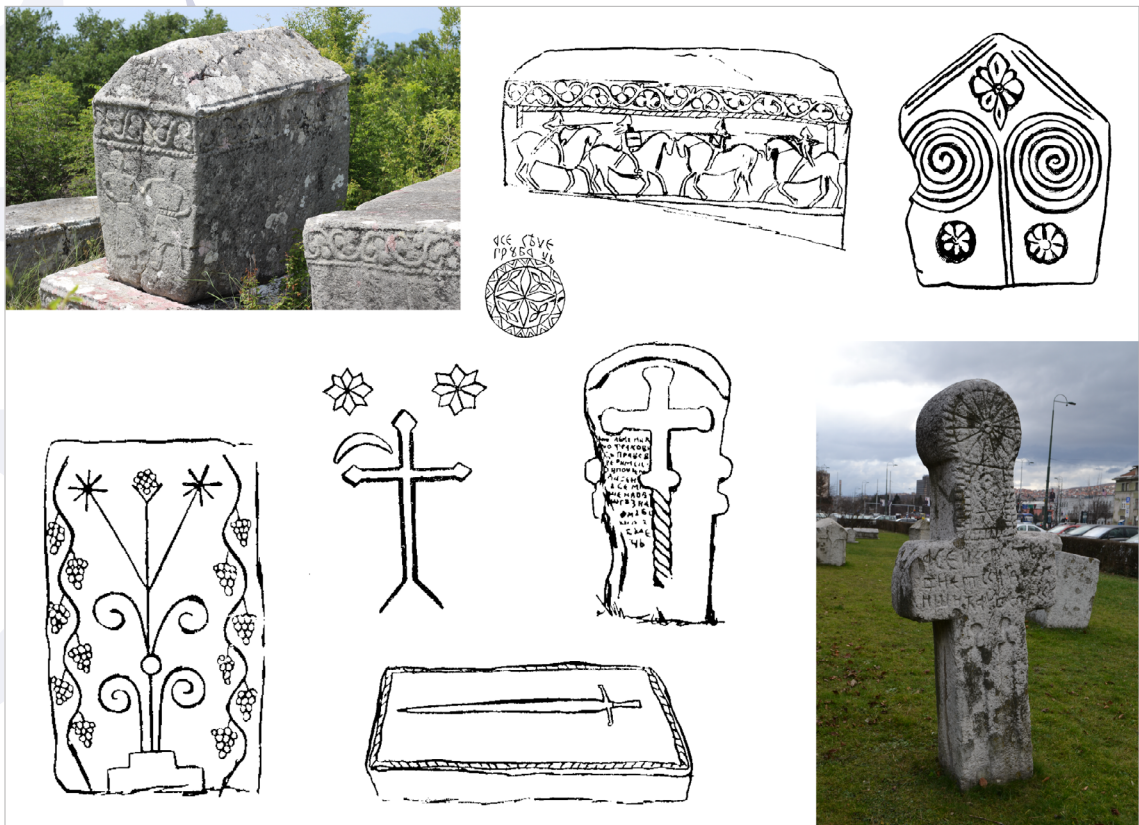
Slika 2. Tipi stečkov (Asboth 1890).
Types of stećci tombstones (Asboth 1890).

sedaj raziskani grobovi ali napisi datirani v čas po Grdešinem spomeniku.

Napisi in okrasi na stečkih

Od preko 72.000 nagrobnikov jih ima le približno 6000 (8,3%) okrase, izdelane večinoma v

nizkem reliefu, nekaj pa tudi v ugreznjenem reliefu. Motivi so tako posvetni kot religiozni, in povezujejo srednjeveško stvarnost s predhodnim rimskim obdobjem in prazgodovinsko tradicijo. Ameriška umetnostna zgodovinarica Marian Wenzel je v šestdesetih letih 20. stoletja podrob-



Slika 3. Ikonografija in napisi na stečkih (povzeto po Wenzel 1965; Vego 1962b, 40; fotografije: E. Bujak, www.nekropola.ba).

The iconography and epitaphs on the stećci tombstones (after Wenzel 1965; Vego 1962b, 40; photos: courtesy of E. Bujak, www.nekropola.ba).

no pregledala okrase stečkov, vzpostavila tipologijo in ugotovila, da naj bi večina ikonografije izvirala iz lokalnega srednjeveškega kovinskega posodja, pri čemer je izoblikovala izraz „bosanski slog“ (Wenzel 1965, 14; 1962; 1999). Preprosti motivi, razdeljeni na družbene in verske simbole, figuralne človeške in živalske kompozicije, arhitekturne postavitve, rastlinski in geometrijski okraji delujejo kot abeceda opusa stečkov (sl. 3). Ti številni motivi so bili nadalje kombinirani za bolj dodelane scenske predstavitve kot so npr. ples kola, viteški turnirji, lov na divje živali, itd. Wenzlova je menila, da so spomeniki ritualni, narejeni zato, da pomagajo blaginji pokojnikov v posmrtnem življenju. Prepričana je bila, da so nastali v razmeroma ozkem časovnem obdobju,

v 14. in 15. stoletju. Vendar pa njena hipoteza, ki povezuje ikonografijo stečkov s krščanskimi elementi, »ojačanimi z nekaterimi klasičnimi ikonografskimi ureditvami«, in podobnost s pogansko ikonografijo (Wenzel 1965, 11–21; Lovrenović 2009) petinpetdeset let pozneje zveni bolj kot domneva in kliče po reviziji. Ker sta evolucija in razvoj teh okrasov še vedno nejasna, ta prvi in izredno pomemben prispevek M. Wenzel predstavlja začetni korak v raziskovanju pogosto neodvisne teme fenomena stečkov.

V okrasih na stečkih je mogoče zaznati kulturno osmozo prazgodovinske in srednjeveške, predkrščanske animistične in krščanske doktrinarne religije (prim. Thomas et al. 2017). Vprašanje njihove verske pripadnosti je v zgodovinopis-

ju prisotno že od začetka usmerjenih študij, pri čemer so ga poskušali razrešiti z mnogimi, tudi povsem nasprotujočimi si teorijami. Povezovali so jih s predkrščanskim sredozemskim, ilirskim, vlaškim, japonskim (Mužič 2009), mitraističnim (Purgarić-Kužić 1995), megalitskim verskim in duhovnim pojmovanjem (Bešlagić 1982), pa tudi s krščanskimi tradicijami. Od sredine dvajsetega stoletja dalje so postopoma začeli prevladovati pogledi na njihov nebogomilski izvor oziroma medkonfesionalnost (Lovrenović 2009).

Nekaj manj kot 400 stečkov ima vklesane napise v dveh pisavah v lokalnem jeziku (sl. 3). Obe pisavi, glagolica in bosančica, sta povsem lokalni, nastali v osrednjejužnoslovanski redakciji v 9. oz. 10. stoletju, in danes izumrli (Nakaš 2012; Kardaš 2015). Posebne politične, kulturne in konfesionalne okoliščine v srednjeveški bosanski državi so se odražale v razvoju pismenosti in same pisave (Đorđić 1971). Glagolica, najstarejša slovanska pisava, se je v hrvaški rimskokatoliški cerkvi ohranila do 19. stoletja. Zgodnejšo glagolico naj bi konec trinajstega stoletja nadomestila izrazito ločena različica cirilice, t.i. Bosanska cirilica ali Bosančica (glej in primerjaj Nakaš 2012, 2018; Jurić-Kappel 2005; Kardaš 2015; Vražalica 2018). Bosančica se je pogosto uporabljala tako v lokalni bosanski kot v rimskokatoliški cerkvi v zgodovinskih deželah Bosne, Hercegovine in Dalmacije (Lovrenović 2009; Vego 1962a).

Napisi na stečkih so bili zbrani in objavljeni že v šestdesetih letih dvajsetega stoletja (Vego 1962a–70), vendar je sama disciplina srednjeveške epigrafike od takrat le malo napredovala. Poleg 325 napisov, ki jih je objavil prof. Vego v svojih monografijah (Vego 1962a–70), jih je danes znanih še dodatnih 59 (Bešlagić 2004, 13). Ker večina napisov imenuje pokojnika, so zgodovinarji poskušali identificirati imenovane posameznike preko zgodovinskih dokumentov, ki se hranijo predvsem v Državnem arhivu v Dubrovniku na Hrvaškem (npr. Markotić 1990; Kurtović 2010). Vendar to gradivo ponuja več kot le potrditev, da je oseba res obstajala, saj je dragocena ilustracija družbenega in ekonomskega položaja ter ideoloških stališč ljudi, tako političnih kot

verskih. Vkllesani napisi hkrati prikazujejo odnos do pokrajine in okolja, stopnjo pismenosti in obrti in, čeprav geografsko obrobni del, stečki dokazujejo ideološko in versko pripadnost srednjeveškega Zahodnega Balkana Evropi.

Napisi na nagrobnikih so zapisani v klasični formuli: *Tu leži...* (*A se leži...*), ki je kot taka znana že iz klasičnih grških časov. Glede na vsebino so razdeljeni na verske formulacije, epitafe, ki prenašajo moralna sporočila ali priklice, sekularne opise (junaške) smrti in družinske vezi ali preprosto nosijo samo ime pokojnika (Lovrenović 2009). Napisi so na stečke pisali pisarji, t.i. *dijaki*. Stečki nimajo osnovne, glavne ploskve za napis. Napise najdemo največkrat ob robu stečka, na sekundarnem mestu, kjer se zdijo bolj kot dopolnilo k okrasu (če ta obstaja), a brez očitne povezave med vsebinama. Napisi pogosto sledijo obliki in robovom stečka in so vgravirani pod kotom, ki ustreza kotu pogleda bralca napisa (Vego 1962a–70; Lovrenović 2009).

Metoda 3D skeniranja stečkov

Tridimenzionalne modele stečkov smo izdelale z dvema tehnikama: fotogrametrijo in uporabo 3D skenerja. Na ta način smo dopolnile osnovno dokumentacijo, ki jo sestavljata fotografija in risba. V nadaljevanju bomo predstavile potek zajema podatkov s 3D skenerjem.

Za delo smo uporabile prenosni skener *Ein-Scan Pro 2X Plus (Multifunctional Handheld 3D Scanner)*. Gre za skener, ki deluje na strukturirano belo svetlobo (ang. *structured light scanner*). Z oddajanjem linearnih vzorcev sistem prepozna geometrijske značilnosti predmeta in na podlagi sprememb na vzorcu izračuna 3D koordinate skeniranega predmeta (Ebrahim 2011, 20–21). Osnovni podatek, ki ga dobimo s skeniranjem, je oblak točk. Programska oprema, ki je na voljo skupaj z uporabljenim 3D skenerjem, omogoča osnovno obdelavo podatkov, kot je preoblikovanje zajetih točk v poligonalno mrežo, osnovno odstranjevanje šuma, zapolnjevanje manjših praznin, ipd. Za naprednejšo obdelavo 3D modelov in manipulacijo podatkov pa se je potrebno posluževati dodatnih programov

(npr. SolidEdge, MeshLab, idr.). Dotični skener ima možnost statičnega (ang. *fixed mode*), ki je primeren za manjše predmete, ali ročnega (ang. *handheld mode*) načina skeniranja, pri čemer lahko uporabimo visokoločljivostni (ang. *HD mode*) ali hitri (ang. *rapid mode*) način skeniranja. Za skeniranje stečkov smo uporabile način hitrega ročnega skeniranja (ang. *handheld rapid scan*). V tem načinu lahko skeniramo predmete do velikosti 4 m.

Terenski zajem podatkov

Skeniranje poteka tako, da se s skenerjem obkroži predmet ob čemer naprava sprotno zapisuje prejete podatke. Pri tem je potrebno paziti na ohranjanje razdalje med skenerjem in predmetom, ki varira med 45 cm in 55 cm, z optimalno razdaljo 51 cm (Shining 3D 2018). Skener torej zaznava površino predmeta in povezuje skenirana področja med seboj na podlagi že dokumentiranih točk. Za povezovanje skeniranih površin med seboj smo uporabljale povezovanje na podlagi geometrije predmeta (ang. *feature alignment*). Za takšen način skeniranja je potrebna razgibana površina oz. predmet z več geometrijskimi elementi, čemur stečki praviloma ustrezajo.

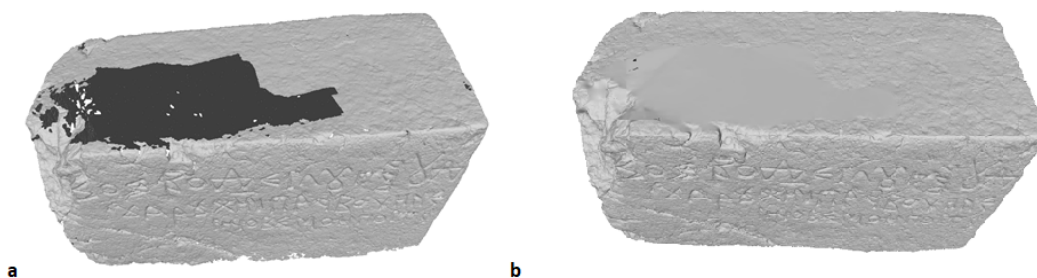
Drugi možnosti povezovanja skeniranih površin sta uporaba markerjev (ang. *marker alignment*), pri katerem potrebujemo dodatne točke (dodamo jih sami, točke običajno nalepimo na predmet) ali hibridna poravnava (ang. *hybrid alignment*), pri kateri uporabljamo kombinacijo predhodno opisanih načinov poravnave. Za uspešno zajemanje podatkov je najbolje, da je potek skeniranja kontinuiran in enakomeren. Ker se podatki sprotno shranjujejo, lahko tudi v primeru, da skeniranje predčasno prekinemo, kasneje nadaljujemo od zadnjega dokumentiranega mesta, vendar le v primeru, da je površina dovolj razgibana. V nasprotnem primeru skener nima dovolj referenčnih točk za prepoznavanje mesta prekinitve in nadaljnjo poravnavo.

Površino predmeta lahko skeniramo z uporabo dodatne kamere, ki poleg reliefa predmeta zazna tudi njegovo teksturo in barvo. V našem primeru dodatne teksturne kamere nismo upo-

rabljali, saj so nas zanimali predvsem geometrijski podatki o spomeniku. Poleg tega je teksturo mogoče dodati iz fotografij kasneje tekom obdelave podatkov (Jončič in Zachar 2017, 28). Poleg določitve načina poravnave in odločitve glede uporabe kamere, je pri nastavitvah potrebno določiti tudi način delovanja skenerja (ang. *operation mode*). Za skeniranje stečkov smo uporabili klasičen (ang. *classic*) način delovanja, pri katerem je hitrost skeniranja 15 zajemov na sekundo (ang. *frames/sec*). Procesiranje podatkov pri tem načinu deloma poteka že tekom samega skeniranja, kar skrajša čas procesiranja podatkov po končanem skeniranju. Resolucijo skeniranja prav tako določimo sami, izbiramo pa lahko med nizko, srednjo ali visoko (ang. *low, medium, high detail*), na lestvici med 3,0 mm in 0,2 mm. Za skeniranje stečkov smo uporabile srednjo resolucijo.

Izbor omenjenih metod sta pogojevala časovna omejitev, ki smo jo imele za izvedbo skeniranja ter velikost podatkov, saj drugačni načini delovanja skenerja, kot je npr. uporaba teksturne kamere ali višja resolucija skeniranja, občutno povečajo čas zajemanja ter velikost podatkov, kar obenem zahteva tudi zmogljivejšo računalniško opremo. Ker je za uporabo skenerja nujno potrebna elektrika, smo se raziskavo odločili izvesti na dveh lokacijah, kjer je bila ta dovolj blizu za priključitev instrumenta. Na lokalnem pokopališču v Milavićih smo ob izkopavanjih dokumentirali šest stečkov, na zaščitenem arheološkem najdišču Trebesin pa dva, skupno torej osem stečkov.

Že takoj na začetku skeniranja smo naleteli na problem, katerega glavni razlog je bil preosvetljenost predmeta. Skener je namreč močno občutljiv na svetlobo podatkov (Jončič in Zachar 2017, 31), ki v kombinaciji z belo površino (naravna barva apnenca, iz katerega so izdelani stečki) onemogoča izdelavo ne le kvalitetnih posnetkov, temveč kakršnihkoli posnetkov sploh. Nagrobnike smo zato poskusile zasenčiti, vendar se je svetloba od njihove površine še vedno odbijala tako močno, da skener površine ni zaznal. Poskusile smo s skeniranjem ob manjši jakosti svetlobe, torej po sončnem zahodu oz. ob mra-



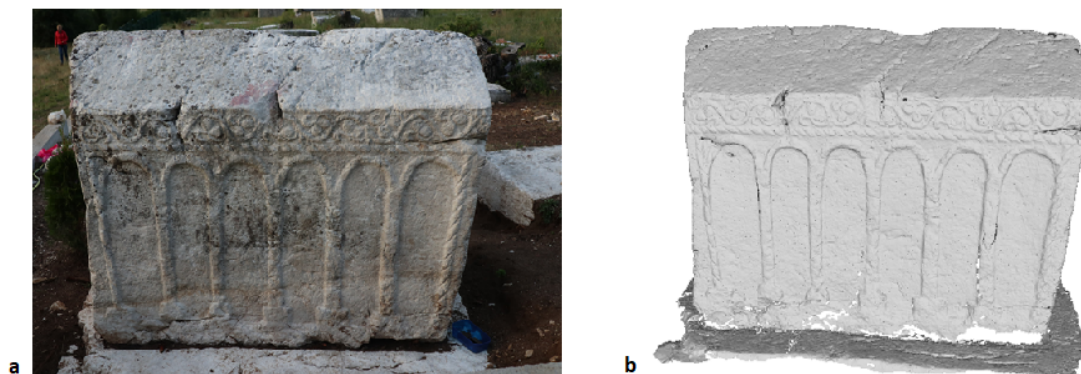
Slika 4. a - Primer odprtega oz. nezapolnjenega modela stečka (površina, ki ni bila zajeta tekom skeniranja je temnejše barve); b - Primer zaprtega oz. zapolnjenega modela stečka.
a - An example of open or an unfilled tombstone model (the surface that was not covered during the scanning is darker in color); b - Example of closed or filled tombstone model.

ku in nadalje v temi, kar se je izkazalo za uspešno. Skeniranje v takšnih pogojih je potekalo brez večjih problemov. Druga možnost izvedbe skeniranja stečkov ob dnevni svetlobi bi bila, če bi jih premazale s temnejšo barvo (npr. z v vodi raztopljenim ogljem), kar bi omililo bleščanje. V tem primeru bi bilo potrebno preveriti, kakšna barvila lahko uporabljamo, da na ta način ne poškodujemo spomenikov.

Računalniška obdelava

Po terenskem delu je sledila osnovna računalniška obdelava zajetih podatkov. To omogoča že programska oprema samega skenerja, za zahtevnejšo obdelavo pa se je, kot že omenjeno, potrebno posluževati dodatnih programov, ki omo-

gočajo večjo manipulacijo s podatki. Osnovni podatek skeniranja je oblak oz. množica točk definirana s tridimenzionalnimi koordinatami. S pomočjo programske opreme oblak točk preoblikujemo v poligonalni model (*mesh*), ki je sestavljen iz množice trikotno oblikovanih ploskev. Gostota ploskev narekuje resolucijo 3D modela. Ta podatek nam služi za izdelavo končnega modela predmeta (sl. 5b). Pri izdelavi modela predmeta lahko izbiramo med dvema opcijama: nezapolnjen oz. odprt (ang. *unwatertight*) ali zapolnjen (ang. *watertight*) model (sl. 4). Pri slednjem program površine, ki niso bile zajete tekom skeniranja (manjkajoče površine oz. luknje), avtomatično zapolni (sl. 4b). Pri tem se je potrebno zavedati, da so te površine arbitrar-



Slika 5. Milavići nekropola, enota 1: a - fotografija in b - 3D model stečka (tip psevdosarkofag oz. slemenjak z arhitekturnim okrasom ter z vitico in trilistnim trakom).
Milavići cemetery, unit 1: a - photo and b - 3D model of stečak (a pseudo-sarcophagus or gabled type, with architectural decoration and a tendril and a three-leaf ribbon).

ne, kar moramo upoštevati pri nadaljnji uporabi modela. Oblike datotek v katerih lahko shranimo 3D podatke in modele izdelane v programu skenerja so: .prj, .asc (separated), .asc (whole), .stl, .obj, .ply, .3mf in .p3.

Prednost tridimenzionalnih modelov je v tem, da omogočajo opazovanje predmeta na drugačen način kot to počnemo s fizičnim predmetom. Modelu lahko spreminjamo osvetlitev, barvo, dodajamo ali odvezujemo teksturo, obračamo, ipd. Določeni reliefi na zgornji površini stečkov so denimo že močno poškodovani zaradi vpliva atmosferskih dejavnikov (erozija kamna), kar otežuje njihovo berljivost. Takšne površine enostavneje preberemo oz. prepoznamo prav iz tridimenzionalnega modela. Poleg tega nam ta omogoča dodatno raziskovanje spomenikov tudi po opravljenem terenskem delu ter kot tak predstavlja pomemben del dokumentacije najdišča. Obenem so tridimenzionalni modeli predmetov pomembni tudi z vidika njihovega predstavljanja širši zainteresirani javnosti tako v izvornem okolju, kot tudi drugje, recimo v tujini, kjer tovrstni spomeniki niso poznani. Služijo lahko kot podlaga za njihovo preučevanje, varovanje, promocijo ter predstavljanje, bodisi z izdelavo kopije ali kot virtualna vsebina.

Rezultati skeniranja stečkov

Osem skeniranih stečkov se nahaja na dveh najdiščih: Milavići v današnji občini Bileća in Trebesin v današnji občini Berkovići. Obe lokaciji sta v srednjem veku sodili v župo Dabar.

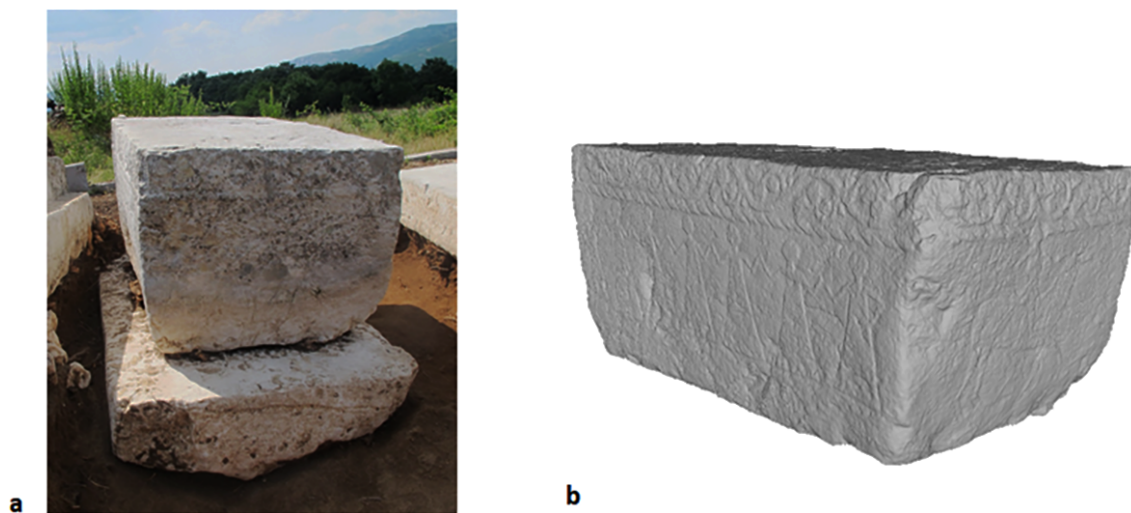
Milavići

Pokopališče v Milavićih je v uporabi že vsaj zadnjih 650 let. Sodobni pokopi so skoncentrirani v osrednjem spodnjem delu pokopališča, medtem ko so srednjeveški stečki postavljeni v večjem delu ograjenega pokopališča, še posebej v njegovem zahodnem delu. Danes je na tem pokopališču ohranjenih 352 stečkov (Pekić 2005). Naše raziskave so se osredotočile na dve lokaciji znotraj pokopališča (območje 1000 in 2000), in sicer na grobove s stečki v skrajnem JZ vogalu pokopališča (območje 1000) in na osrednji, dvignjeni

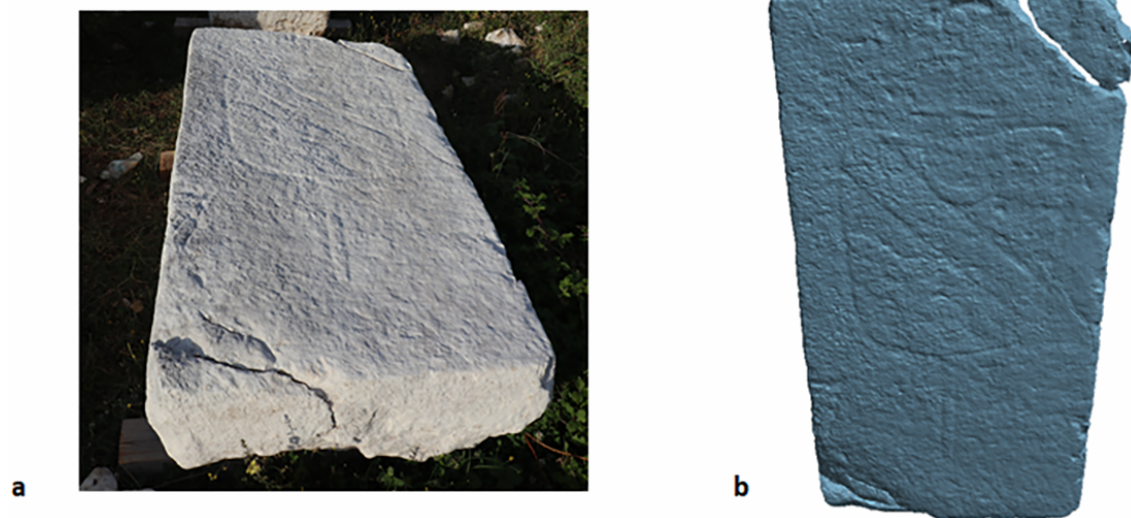
del (območje 2000), kjer stečkov ni bilo. 3D skeniranje je bilo opravljeno na nagrobnikih v območju 1000, ko so bili ti že premaknjeni s svojega originalnega mesta na začasno odložišče izven pokopališča.

Nagrobniki s pripadajočimi grobovi in pokopi so bili dokumentirani kot ena enota in tako smo torej arheološko raziskali enote 1 do 7. Pri teh enotah smo prvotno nagrobnike fotografirali z namenom, da z vnosom fotografij v Agisoft Metashape program izdelamo 3D modele nagrobnikov. Takšen format bi omogočil trajni posnetek tedanjega stanja vsakega posameznega stečka ter omogočil lažji dostop za preučevanje in analiziranje oblik, okrasov, napisov itd., torej za neomejeno napredovanje znanstvenega raziskovanja stečkov. S fotogrametričnimi rezultati smo bili srednje zadovoljni, zato smo poskusili še s 3D skeniranjem. Pri prvih treh enotah je bil dokumentiran le prvi nadzemni element, tj. steček prve enote (sl. 5), medtem ko so bile pri enotah 4 do 7 nadzemni elementi dokumentirani in skenirani, podzemni elementi pa tudi stratigrafsko izkopani, dokumentirani in vzorčeni. Nadzemni del enote je vseboval kamniti nagrobnik, stečak, ter kamnite opore pod vogali in stranicami nagrobnika v obliki naravnooblikovanih kamnov. Vloga teh kamnov je bila zagotoviti statično oporo stečku, da je ta ostal v bolj ali manj vodoravnem oz. prvotno zamišljenem položaju. Podzemni del enote je vseboval grobno jamo z grobno strukturo, znotraj katere je ležal skelet v iztegnjenem položaju. Grobna stuktura je bila v našem primeru sestavljena ali iz kamnitega suhega zidu v dveh vrstah, ali pa iz apnečastih naravnih plošč, ki so omejevale grobno kamro. Enake apnenčaste plošče so bile uporabljene tudi za pokrov grobne kamre.

Tridimenzionalno skeniranje se je izkazalo kot zelo uporabno, saj je ponudilo dokumentiranje z izredno visokim nivojem zajema informacij. Dobro vidne dekoracije na stečkih so pridobile pri detajlih (enota 4, sl. 6), medtem ko so se na dveh nagrobnikih pokazali okrasi, ki so bili prostemu očesu slabo vidni (enota 6; sl. 7b) ali celo nevidni.



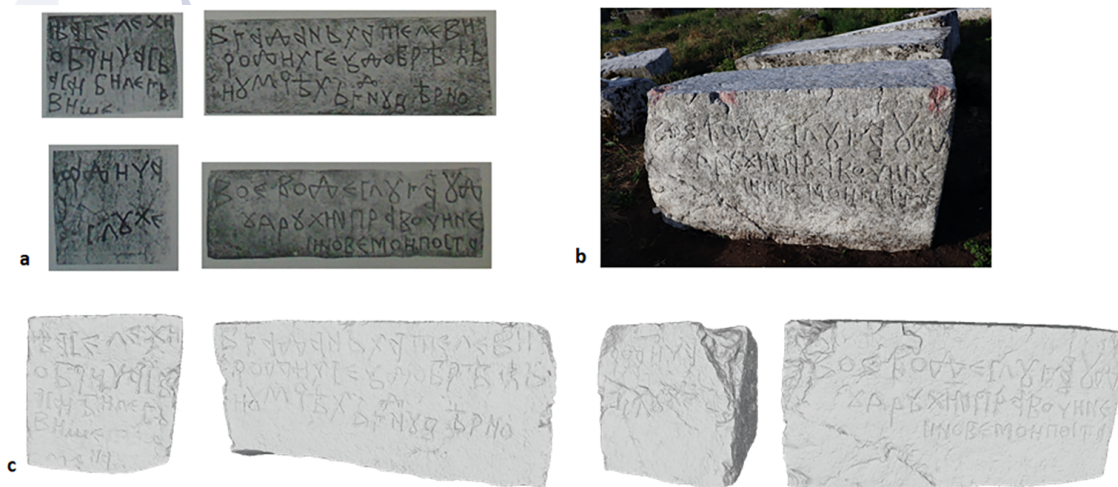
Slika 6. Milavići nekropola, enota 4: a – fotografija; b - 3D model stečka z dobro vidnimi dekoracijami.
Milavići cemetery, unit 4: a – a photograph; b – a 3D model of stečak with well visible decorations.



Slika 7. Milavići nekropola, enota 6: a – fotografija; b - 3D model stečka z dobro vidnimi dekoracijami v obliki meča in ščita na zgornji površini.
Milavići cemetery, unit 4: a – a photograph; b – a 3D model of the tombstone with well-visible decorations in the shape of a sword and shield on the upper surface.

Tudi iz skeniranja globoko vrezanega napisa na nagrobniku Bogdana Hateljevića (sl. 8; Pekić 2005, 202; Čaval, v tisku) smo pridobili nove informacije, ki prej niso bile prepoznane. Ta nagrobnik smo tridimenzionalno dokumentirali zato, da ovekovečimo edini napis na tem pokop-

pališču; napis, ki ga je prof. Vego (1962b, 40, 41; št. 93) datiral v konec 14. in začetek 15. stoletja, medtem ko so kasnejše zgodovinske raziskave postavile napis v drugo polovico 14. stoletja, a vsekakor pred leto 1390 (Pekić 2005, 202). Napis je edina dekoracija nagrobnika in se razpro-



Slika 8. Milavići nekropola, stečak Bogdana Hateljevića: a – fotografija stečka z napisom; b - Vegov prepis (Vego 1962b, 40, št. 93); c – 3D skeni svih štirih stranic z dobro vidnim napisom in novo odkrito peto vrstico na prvi stranici napisa. Milavići cemetery, stečak of Bogdan Hateljević: a – a photograph; b – transcription of the inscription by M. Vego (Vego 1962b, 40, No. 93); c – a 3D model of the tombstone with well-visible inscription and newly discovered fifth line of inscription on the first side of the tombstone.

stira na vseh štirih stranicah nagrobnika. Kljub globoko vrezanem napisu je skeniranje izluščilo dodatno vrstico napisa, in sicer kot peto vrstico na prvi strani nagrobnika. Celoten napis se sedaj bere

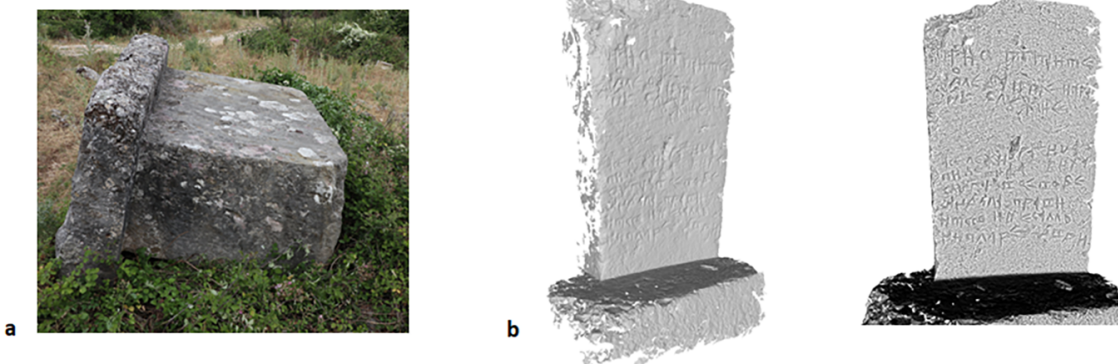
та се лежи Б(о)гаданъ Hateljević Rodi-а во еводѣ слуга у добри ~асъ родих се у добра у дру'ини право ~инѣ и умрѣхъ г(оспо)д(и)ну вѣрно служѣ а саи билегъ синовѣ мои поставише мѣна«. V prevodu v današnji bosanski jezika pa »† Ase leži Boga(!) dan Hateljević R(a) dića vojvode sluga. u dobri čas rodih se u Dobre. U družin(i) pravo (prava?) činje(h) i umreh g(ospo)d(i) nu vjerno služec(ći). A sa biljeg sinovi moji postaviše meni (Vego 1962b, 41; prof. Radmilo Pekić ustna informacija)

Trebesin

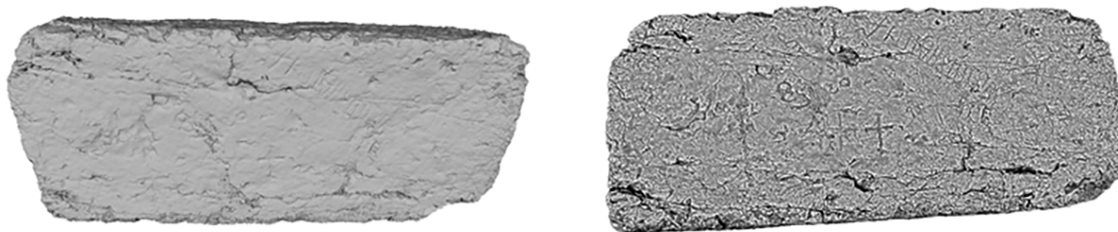
Druga lokacija, kjer smo poskenirali dva stečka je Trebesin, zaselek vasi Klečki nad mestom Berkovići (Pekić 2005, 194–195, 202–203). Izven ograjenega srednjeveškega in novoveškega pravoslavne pokopališča je nekaj razmetanih skupin skupno sedemnajstih stečkov, ki dajejo vtis ovac,

ki se pasejo okoli hiš. Prvi je bil prevrnjeni nagrobnik v obliki visokega slemenjaka na podstavku, močno obrasel z grmovjem in ga je bilo zato težko dokumentirati (sl. 9). Zanimivo je, da v Vegovem opusu tega napisa ni, ga je pa objavil Šobajić (1954, 40) desetletje prej. Iz zelo težko berljivega epitafa je Šobajić lahko razbral le začetek, ki sicer pravi »A sé lé' i Ranéua Pi}ovi} (ý) bih (ý) sluga«, oziroma »Ase leži Raenia Pičović bih sluga /.../«. Skenirana oblika napisa potrebuje dodatno obdelavo.

Drugi skenirani nagrobnik je delno vkopan v zemljo in še bolj erodiran od prvega. V surovi digitalni obliki je zgornja stranica stečka še vedno težko berljiva, predvsem zaradi naravnih razpok in klimatskih poškodb nagrobnika (sl. 10). Vseeno so vidni vrezani križi in poševni napis, ki do sedaj še ni bil ne registriran, ne prebran. Obe daljši stranici nagrobnika sta okrašeni z motivom žensk, ki plešejo kolo, ki je na vrhu stranice zaključeno z vitičnim in trolistnim trakom. Omenjeni trak se nadaljuje tudi na krajših stranicah, ki so hkrati okrašene še z živalsko figuraliko, morda predstavitev konj, kar pa je zaradi vkopanosti stečka v zemljo trenutno nevidno.



Slika 9. Trebesin, steček 1: a – fotografija; b - 3D model stečka z dobro vidnim napisom v različnih vizualizacijah.
Trebesin: a – a photograph; b – a 3D model of the tombstone with well-visible inscription in various visualisations.



Slika 10. Trebesin, steček 2: a – fotografija; b - 3D model stečka z vidnim napisom in dekoracijami na vrhnji in stranskih straneh.

Trebesin: a – a photograph; b – a 3D model of the tombstone with visible inscription and decorations on the top and side surfaces.

Vsi okraši razen najglobljšega križa so prostemu očesu nevidni.

Zaključek

Očitno je, da je tridimenzionalno skeniranje v našem primeru prineslo izredno bogate informacije, ki jih sicer ne bi bilo mogoče zajeti. Tridimenzionalno modeliranje iz fotografij se je sicer izkazalo za bogatejši podatkovni paket od samega branja informacij samo iz fotografij, a 3D skeniranje z ročnim skenerjem je neprimerljivo bolj natančna tehnika. Znotraj institucij, ki dokumentirajo, varujejo, vrednotijo, raziskujejo in interpretirajo kulturno dediščino se z uporabo digitalizacije odpirajo nove obsežne možnosti raznovrstnega predstavljanja in interpretacije materialne kulture. Moderne tehnologije, kot na primer 3D skeniranje in modeliranje, so čedalje bolj dostopne in hkrati enostavne za uporabo.

3D skeniranje predstavlja pomemben element tudi pri muzejskem delu, saj je prvobitno poslanstvo muzejev varovanje in preučevanje premične kulturne dediščine, in nato njeno predstavljanje javnosti. Obe vlogi zahtevata dobro oz. popolno dokumentacijo predmetov, ki jo ta tehnika ponuja. Digitalna vsebina tako dokumentiranega predmeta ima izjemno dokumentarno vrednost, ki jo lahko opredelimo znotraj treh osnovnih muzejskih vidikov: varovanje, proučevanje, predstavljanje. Ker je ves arheološko pridobljen material predan v kuratorstvo muzeju, velja omeniti vlogo 3D informacij znotraj omenjenih treh vidikov.

Varovanje: vse muzealije, ki so vpisane v inventarno knjigo muzeja imajo status spomenika in predstavljajo neprecenljivo dediščino, ki jo moramo skrbno varovati. Muzealije so zato zavarovane za primere kraje, poškodovanja, požara in

naravnih nesreč. V primeru poškodbe, kraje ali uničenja predmeta je ključna zelo dobra dokumentacija, ki omogoča njegovo rekonstrukcijo, izdelavo kopije ali identifikacijo v primeru kraje. V tem primeru ima tridimezionalni model predmeta odlično dokumentarno vrednost, ki parira originalu.

Preučevanje: preučevanje predmetov kulturne dediščine se v primeru digitalnih modelov lahko enostavno in hitro prenaša med napravami. Metoda 3D skeniranja je primerna dopolnilna tehnika preučevanju, saj lahko izdelan 3D model digitalno poljubno obračamo, osvetljujemo z različnih kotov, povečamo ali pomanjšamo, in tudi natisnemo. Pri tem se moramo zavedati tudi pomanjkljivosti, ki jih digitalna oblika predmeta ima. Te se kažejo predvsem pri določanju strukture materialov, barvnih tonov ter teže in velikosti muzealij.

Predstavljanje: Z ustrezno računalniško obdelavo 3D modelov predmetov lahko pridemo do atraktivnih in zanimivih predstavitev ter interpretacij. 3D modeli predmetov se lahko uporabijo v animacijah, kot na primer predstavitev njihove postopne izdelave ali pa arheološkega postopka izkopa predmeta. Uporabijo se lahko v hologramih, ki pogosto služijo kot nadomestilo za originalne predmete, predvsem na občasnih razstavah. Prav tako je na ta način olajšano predstavljanje večjih predmetov, ki jih muzeji hranijo v depojih ali pa so, kot je to primer stečkov, ohranjeni in situ. V kombinaciji s 3D tiskom predmetov za potrebe praktičnega pristopa pa približamo kulturno dediščino tako otrokom kot tudi slepim in slabovidnim obiskovalcem muzejev. 3D dokumentiranje kulturne dediščine torej prispeva k boljši dostopnosti kulture ranljivim skupinam, vpliva na pozitivnejše muzejske izkušnje vseh segmentov obiskovalcev, širi obzorje muzejskih delavcev in vzpodbuja splošno vključenost javnosti ter senzibilizira splošno javnost za položaj ranljivih skupin v družbi.

Glede na podatke, ki nam jih tridimenzionalno skeniranje posreduje, ima ta tehnika izredno pozitivno prihodnost ne le v muzeologiji in raziskovanju, temveč tudi veliko širše. V pri-

hodnosti nameravamo to tehniko uporabiti na vseh stečkih, ki bodo del arheoloških izkopavanj. V primerjavi s finančnim zalogajem, ki ga nakup ročnega 3D skenerja zagotovo predstavlja, je vrednost pridobljenih informacij vsekakor neprimerljivo večja, saj skeniranje praktično zamrzne trenutno stanje predmeta in tako omogoči časovno neomejeno raziskovanje, analiziranje, in manipulacijo pridobljenih informacij.

Zahvala

Avtorice se zahvaljujejo študentkam in študentom ter kolegicam in kolegom, ki so sodelovali pri izkopavanjih v Milavićih leta 2019, še posebej dr. Alessandri Cianciosi in dr. Krishu Seetah, kolegicama Prof. Ljubici Srdić in Ljiljani Vrućnić in Republiškega Zavoda za ohranjanje zgodovinske, kulturne in naravne dediščine Banja Luka, BiH, ter zgodovinarju Prof. Radmilu Pekiću za pomoč, svetovanje in vzpodbudo pri raziskavah stečkov in uporabi novih tehnik dokumentiranja kulturne dediščine.

Summary

Digital data capture is becoming an increasingly important part of documenting, studying, and presenting archaeological heritage. With the development of three-dimensional digitization, this technique is becoming more accessible and present in the documentation and presentation of archaeological objects. 3D scanning is especially suitable for objects with various relief features, such as ornaments or inscriptions, which are often difficult to identify or read due to the ageing processes of the object. This is the reason why we tested the method on medieval tombstones in Bosnia and Herzegovina.

Three-dimensional models of the stećci tombstones were made using two techniques: photogrammetry and 3D scanning. For scanning, we used a portable scanner EinScan Pro 2X Plus (Multifunctional Handheld 3D Scanner) based on structure light technology. The scanner projects a series of linear light patterns on an object, the camera records them and a software then calculates the distance of each point in the pattern. The result of a scanning process is a point cloud, which can be further processed.

The eight stećci that were scanned in this pilot case study originated from two sites: from Milavići, an over 650 years old orthodox cemetery with 352 stećci, and still in use, where we scanned six tombstones, and Trebesin, a smaller site with 17 stećci, from which two were scanned. Since the scanner is highly sensitive to light data, which in a combination with the white surface (limestone) prevents the production of quality images or any images at all, the fieldwork was conducted after sunset and further in dark. The fieldwork was followed by basic computer processing of the captured data. This is already made possible by the scanner's software itself, yet for more complex processing it is necessary to use additional software that enable greater data manipulation. The file formats in which we can store 3D data and models created in the scanner program are: .prj, .asc (separated), .asc (whole), .stl, .obj, .ply, .3mf, and .p3.

The advantage of three-dimensional models is that they allow us to observe an object in a different way than we do with a physical object. The model can be changed lighting, colour, add or subtract texture, turn, etc. Certain reliefs on the upper surface of the stećak tombstones, for example, are already severely damaged due to the influence of atmospheric factors (stone erosion), which makes their readability difficult. Such surfaces are easier to read from the three-dimensional model. In addition, it allows us to explore monuments further even after the fieldwork and, as such, represents an integral part of the documentation of the site. (Simultaneously, three-dimensional models are also significant for their presentation to the broader interested public, both in the original environment and elsewhere. They can serve as a basis for their study, protection, promotion, and presentation, either by making a copy or virtual content.

A simple glance at the results displays that three-dimensional scanning in our case yielded extremely rich information that would not otherwise be identified and captured. Three-dimensional modelling from photographs has proven to be a richer data package than just reading information from photographs alone, but 3D scanning with a hand-held scanner is disproportionately richer and more accurate with data it teases out. 3D models enable detailed research, analysis, and manipulation of the obtained information in every sector dealing with the cultural heritage.

Povzetek

Digitalno zajemanje podatkov postaja vse pomembnejši del dokumentiranja, preučevanja in predstavljanja arheološke dediščine. Z razvojem tridimenzionalne digitalizacije je ta tehnika vse bolj dostopna in prisotna v dokumentaciji ter predstavitvi arheoloških predmetov. 3D skeniranje je še posebej primerno za predmete z različnimi reliefnimi lastnostmi, kot so okras ali napisi, ki jih je zaradi staranja predmeta pogosto težko prepoznati ali prebrati. To je razlog, da smo metodo preizkusili na srednjeveških nagrobnikih v Bosni in Hercegovini.

Tridimenzionalni modeli nagrobnikov (stećkov) so bili narejeni z dvema tehnikama: fotogrametrijo in 3D skeniranjem. Za skeniranje smo uporabili prenosni skener EinScan Pro 2X Plus (večnamenski ročni 3D skener), ki temelji na strukturni svetlobni tehnologiji. Optični bralnik projicira vrsto linearnih svetlobnih vzorcev na predmet, kamera jih zabeleži in programska oprema izračuna razdaljo vsake točke v vzorcu. Rezultat postopka skeniranja je oblak točk, ki ga je mogoče nadalje obdelati.

Osem stećkov, ki so bili skenirani v tej pilotni študiji primera, izvira iz dveh krajev: iz Milavičev, več kot 650 let starega pravoslavne pokopališča s 352 stećki, ki je še vedno v uporabi, na katerem smo pregledali šest nagrobnikov, in Trebesina, manjšega mesta s 17 stećki, kjer smo skenirali dva nagrobnika. Ker je optični bralnik zelo občutljiv na svetlobne podatke, kar v kombinaciji z belo površino (apnenec) preprečuje nastanek kakovostnih slik ali kakršnih koli slik, smo terensko delo izvajali po sončnem zahodu in kasneje v temi. Terenskemu delu je sledila osnovna računalniška obdelava zajetih podatkov. Obdelavo omogoča že sama programska oprema optičnega bralnika, vendar je za zahtevnejšo obdelavo treba uporabiti dodatno programsko opremo, ki omogoča večjo manipulacijo s podatki. Formati datotek, v katere lahko shranimo 3D podatke in modele, ustvarjene v programu za optični bralnik, so: .prj, .asc (ločeno), .asc (celo), .stl, .obj, .ply, .3mf in .p3.

Prednost tridimenzionalnih modelov je, da nam omogočajo opazovanje predmeta na drugačen način kot pri fizičnem objektu. Modelu je mogoče spremeniti osvetlitev, barvo, dodati ali odvzeti teksturo itd. Nekateri reliefi na površini stećkov so na primer že močno poškodovani zaradi vpliva atmosferskih dejavnikov (erozija kamna), zaradi česar so težko berljivi. Takšne povr-

šine je lažje razbrati iz tridimenzionalnega modela, ki nam poleg tega omogoča nadaljnje raziskovanje spomenikov tudi po terenskem delu in kot tak predstavlja sestavni del dokumentacije o lokaciji. Hkrati so tridimenzionalni modeli pomembni tudi za njihovo predstavitev širši zainteresirani javnosti, tako v prvotnem okolju kot drugod. Lahko so osnova za njihovo preučevanje, zaščito, promocijo in predstavitev, bodisi z izdelavo kopije oz. navidezne vsebine.

Preprost pogled na rezultate pokaže, da je tridimenzionalno skeniranje v našem primeru dalo izredno bogate informacije, ki jih sicer ne bi mogli prepoznati in zajeti. Tridimenzionalno modeliranje na fotografijah se je izkazalo za bogatejši podatkovni paket kot samo branje informacij s fotografij, toda 3D skeniranje z ročnim optičnim bralnikom je nesorazmerno bogatejše in ponuja natančnejše podatke. 3D modeli omogočajo podrobnejše raziskave, analize in obdelavo pridobljenih informacij v vseh sektorjih, ki se ukvarjajo s kulturno dediščino.

Viri in literatura

- Ebrahim, M. A.-B. 2011. *3D laser scanners. History, applications, and future*. Assiut: Assiut University. <https://doi.org/10.13140/2.1.3331.3284>
- Bešlagić, Š. 1982. *Stećci: kultura i umjetnost*. Sarajevo: Veselin Masleša
- Bešlagić, Š. 2004. *Leksikon stećaka*. Sarajevo: Svjetlost.
- Čaval, S., v tisku [2021]. "Funerary landscapes as multicultural spaces: stećci in medieval Bosnia and Herzegovina." *European Journal of Archaeology*.
- Đorđić, P. 1971. *Istorija srpske cirilice: Paleografsko-filološki prilozi*. Beograd: Zavod za izdavanje udžbenika Socijalističke Republike Srbije.
- Hameeuw, H., in G. Willems. 2011. "New visualization techniques for cuneiform texts and sealings." *Akkadica* 132 (2): 163–178.
- Jončić N., in J. Zachar 2017. "3D scanning." V *3D Digital Recording of Archaeological, Architectural and Artistic Heritage*, uredili Ján Zachar, Milan Horňák in Predrag Novaković, 23–30. Ljubljana: Znanstvena založba Filozofske fakultete.
- Jurić-Kappel, J. 2005. "Književni jezik u srednjovjekovnoj Bosni." V *Jezik u Bosni i Hercegovini*, uredil Svein Mønnesland, 81–105. Sarajevo: Institut za jezik u Sarajevu, Oslo: Institut za istočnoevropske i orijentalne studije.
- Kardaš, M. 2015. *Jezik i grafija srednjovjekovne bosanske epigrafike*. Sarajevo: Institut za jezik Univerziteta u Sarajevu.
- Kurtović, E. 2010. "Datiranje natpisa na stećku Vukašina Dobrašinovića iz Konjskog kod Trebinja." *Godišnjak Centra za balkanološka ispitivanja* 39: 163–171.
- Lovrenović, D. 2009. *Stećci: bosansko i humsko mramorje srednjeg vijeka*, Sarajevo: Rabic.
- Markotić, V. 1990. "The political and administrative aspect of the medieval inscriptions in Bosnia and Herzegovina." *Journal of Croatian Studies* 31: 87–98.
- Mužić, I. 2009. "Vlasi i starobalkanska pretkršanska simbolika jelena." *Starohrvatska prosvjeta* 3/36: 315–349.
- Nakaš, L. 2012. "Jezik i grafija revidiranih natpisa." V *Bosanskohercegovački slavistički kongres I. Zbornik radova* (Vol. 1), uredil Senahid Halilović, 119–127. Sarajevo: Slavistički komitet,
- Nakaš, L. 2018. "Pismo natpisa stećaka." *Godišnjak Centra za Balkanološka Ispitivanja* 47: 177–191.
- Pekić, R. 2005. *Župa Dabar u srednjem vijeku*. Bileća: Prosvjeta.
- Purgarić-Kužić, B. 1996. "Dosadašnja istraživanja o stećcima." *Radovi Zavoda za hrvatsku povijest* 28(1): 242–53.
- Shining 3D. 2018. *User manual: EinScan Pro 2X/2X Plus, EXScan Pro Software*. <https://it3d.com/wp-content/uploads/download-files/manual/en/EXScan-Pro-User-Manual-V3.0.2.pdf>
- Šobajić, P. 1954. *Dabarsko polje u Hercegovini: antropogeografska ispitivanja*. Poseben odtis Sprskega Etnografskega Zbornika

- Knj. 67, Naselja i poreklo stanovništva
Knj. 34. Beograd: Naučna knjiga.
- Štuhec, S. 2012. "Dvoipoldimenzionalno in tridimenzionalno upodabljanje artefaktov." *Arheo* 29: 87–98.
- Štuhec, S. 2017. "3D digital recording: basics." V *3D Digital Recording of Archaeological, Architectural and Artistic Heritage*, uredili Ján Zachar, Milan Horňák in Predrag Novaković, 15–19. Ljubljana: Znanstvena založba Filozofske fakultete.
- Thomas, G., Pluskowski, A., Gilchrist, R., Garcia-Contreras Ruiz, G., Andrén, A., Augenti, A., Astill, G., Staecker, J. in H. Valk. 2017. "Religious transformations in the Middle Ages: towards a new archaeological agenda." *Medieval Archaeology* 61(2): 300–329.
- Vego, M. 1962a. *Zbornik srednjovekovnih natpisa BiH I*. Izdanja Zemaljskog muzeja u Sarajevu. Sarajevo: Zemaljski muzej.
- Vego, M. 1962b. *Zbornik srednjovekovnih natpisa BiH II*. Izdanja Zemaljskog muzeja u Sarajevu. Sarajevo: Zemaljski muzej.
- Vego, M. 1964. *Zbornik srednjovekovnih natpisa BiH III*. Izdanja Zemaljskog muzeja u Sarajevu. Sarajevo: Zemaljski muzej.
- Vego, M. 1970. *Zbornik srednjovekovnih natpisa BiH IV*. Izdanja Zemaljskog muzeja u Sarajevu. Sarajevo: Zemaljski muzej.
- Vražalica, E. 2018. "Bosančica u ćirilčnoj paleografiji i njen status u filološkoj nauci." *Književni jezik* 29: 7–27.
- Wenzel, M. 1962. "Bosnian and Herzegovinian tombstones – who made them and why." *Südost Forschungen* 21: 102–143. München: de Gruyter Oldenbourg.
- Wenzel, M. 1965. *Ornamental motifs on Tombstones from Medieval Bosnia*. Sarajevo: Veselin Masleša.
- Wenzel, M. 1999. *Bosnian Style in Metalwork and Tombstones*. Sarajevo: Sarajevo Publishing.
- Zachar, J., Horňák, M. in P. Novaković, ur. 2017. *3D digital recording of archaeological, architectural and artistic heritage. CONPRA Series, Vol. I*, Ljubljana: Znanstvena založba Filozofske fakultete.