

Tridimenzionalno dokumentiranje suhozidne arhitekture Krasa in Istre

Three-dimensional documentation of dry-stone architecture of the Kras and Istria regions

© Seta Štuhec

seta.stuhec@gmail.com

Izvleček: Ljudje, ki poseljujejo kraško pokrajino, že od nekdaj s pridom izkoriščajo njene naravne danosti. Iz kamna so v tehniki suhozida gradili gradišča, grobnice, zidove, zatočišča, pregrade ipd. Kot možnost dokumentiranja tovrstne kulturne dediščine smo v članku na primeru bronastodobnega gradišča v Monkodonji pri Rovinju in pastirske hiške iz začetka 20. stoletja na Krasu preizkusili tehniko 3D (tridimenzionalne) digitalizacije na podlagi fotografij. V nadaljevanju smo preverili uporabnost izdelanih 3D modelov za potrebe arheološke analize in interpretacije.

Ključne besede: suhozidna arhitektura, Kras, Istra, 3D digitalizacija, fotogrametrija, analiza 3D podatkov

Abstract: For thousands of years, people inhabiting the Kras and Istria regions have been taking advantage of a readily available natural resource – stone. Using the dry-stone building technique, they erected hillforts, tombs, walls, shelters, barriers and so forth. Today, we strive to document this cultural heritage. The contribution presents a three-dimensional image-based digitization technique of documentation. It is illustrated with two case studies: the Bronze Age hillfort on Monkodonja near Rovinj (Istria, Croatia) and an early 20th century shepherd's house (*hiška* in Slovenian) from the Kras (Slovenia). The contribution also assesses the usefulness of the 3D models in an archaeological analysis and interpretation.

Keywords: dry-stone architecture, Kras, Istria, 3D digitization, photogrammetry, 3D data analysis

Uvod

Kamen se kot gradbeni material uporablja že tisočletja. Preden so začeli uporabljati veziva, so kamnite zidove, obrambne konstrukcije, bivališča, zatočišča, kulturne prostore idr. gradili v suhozidni tehniki in se zanašali na gravitacijo (maso in trenje kamnov), ki je kamne trdno držala skupaj. Zaradi svoje stabilnosti so se tovrstne konstrukcije ohranile vse do danes. Predvsem pokrajine bogate s kamnom, kot sta Kras in Istra, so preprede s sistemi suhozidnih zidov, ki pa niso le priče preteklosti, temveč se jih uporablja in gradi še danes. Poleg enostavnih zidov, ki so služili zbiranju kamnja, zaščiti pred burjo, zamejitvijo posesti ipd. na tem območju zasledimo tudi iz kamna grajene ostanke prazgodovinskih gradišč in nekropol. Vsaj od začetka 19. stoletja (tako daleč seže živ spomin) do vključno 20. stoletja (verjetneje pa so jih gradili že stoletja prej) na Krasu stojijo pastirske hiške, ki jih v Istri imenujejo kažuni. Ne le zatočišča, tudi kmečki domovi so bili takrat grajeni iz kamna brez veziva. V poročilu vodje policije v Trstu A. Pittonija iz leta 1786, kot ga omenja A. Panjek (Panjek 2006), je zapisano, da so skoraj vsi kmečki domovi grajeni v tehniki suhozida.

Omenjene kamnite konstrukcije še danes sooblikujejo pokrajino in vplivajo na življenje v njej. Kljub vseprisotnosti tovrstne arhitekture na tem območju pa vernakularna arhitektura (imenovana tudi ljudska/podeželska/domorodna) v arheologiji pri nas še ni bila predmet obsežnejših raziskav. Medtem ko je arheologija vernakularne arhitekture v tujini uveljavljena panoga (Alcock 2010; Johnson 2010; Horning A., Hicks 2006; Parker Pearson, Richards

1996), se pri nas s to problematiko ukvarja le nekaj arhitektov in etnologov (Juvanec 2004, 2013; Sedej 1988/90; Ledinek Lozej 2006; Zupančič 2003; Fister 1999; Renčelj, Lah 2008). Prav tovrstno stavbarstvo na Krasu je z arheološkega vidika zanimivo predvsem zaradi svoje dolgoživosti. Zaradi uničujočega delovanja naravnih dejavnikov in svojevrstnosti obravnavane kulturne dediščine potrebujemo metode in tehnike, ki bodo omogočile čim bolj celostno dokumentacijo in nudile orodja za nadaljnjo arheološko analizo. Kot možnost dokumentiranja bomo v nadaljevanju na konkretnih primerih predstavili 3D (tridimenzionalno) digitalizacijo objektov, izvedeno na podlagi fotografij. Zanimale nas bodo njene prednosti in potencial za sledečo analizo ter interpretacijo stoječe arhitekture.

Za potrebe celovitega obravnavanja in razumevanja kompleksnosti problematike raziskovanja kraške suhozidne arhitekture bomo v prvem delu sestavka predstavili zgodovino suhozidne gradnje ter njeno trenutno stanje na Krasu in v Istri. V nadaljevanju bo s pomočjo primera prazgodovinskega zidu iz Monkodonje v Istri in pastirske hiške s Krasa predstavljena tehnika izdelave 3D modelov na podlagi fotografij. Slednja bo služila tudi kot prikaz možnosti in potenciala analize 3D modelov za potrebe arheološke interpretacije stoječe arhitekture.

Kamen kot gradbeni material

Trdnost in trpežnost sta dve izmed pomembnih značilnosti kamna kot gradbenega materiala. Kamnite stavbe so namreč človeku vséčne že na psihološkem nivoju, saj njihovo

ve lastnosti predstavljajo zavetje in dajejo občutek varnosti (Flynn 2011, 15). Uporaba kamna za gradnjo je torej poklon trajnosti, hkrati pa zagotavlja gradnjo prihodnosti (McRaven 1997, 2). Primer so tlakovane ulice v mestu Bath v Angliji, ki so jih zgradili Rimljani še pred letom 407. Preživele so številne popotnike in prevozna sredstva kot so konji, kočije in celo avtomobili (Flynn 2011, 16).

V primerjavi z lesenimi konstrukcijami, so kamnite zgradbe bolj odporne na vodo, mrčes in ogenj. Po drugi strani pa je kamen težek, stežka se ga premika, ob tem pa se ga precej težje kot les tudi obdeluje (McRaven 1997, 3). Prav zato je gradnja iz kamna, predvsem pa gradnja brez uporabe veziva, zahtevna. Za gradnjo suhozidnih konstrukcij, ki bodo lahko kljubovale zobu časa ter naravnim in antropogenim vplivom, so potrebni znanje, izkušnje, spretnost, natančnost in potrpežljivost, saj kamnita gradnja zahteva svoj čas. Glede na namembnost, kulturne značilnosti in končno obliko zgradbe, obstaja več možnosti zlaganja kamnja, pri čemer vse temeljijo na upoštevanju gravitacije in težišč. Osnova zlaganja kamnov v suhozid je prekrivanje, ko zgornji element s svojo maso in trenjem veže spodnja dva (Juvanec 2011, 6). Za takšno gradnjo je primernih več vrst kamna, vendar je bil apnenec že od nekdaj eden izmed bolj priljubljenih. Kot eden izmed standardov za kamnita gradbena dela se je obdržal vse do okoli leta 1900, ko se prvič pojavijo betonski bloki (McRaven 1999, 4). Vzroke za njegovo priljubljenost gre iskati v značilnostih sedimentih kamnin med katere spada. Te se namreč tvorijo v slojih, zato jih je lažje lomiti in klesati. Kljub tem lastnostim je apnenec dovolj trden in gost, da je primeren za gradnjo (Vivian 1978, 7). Prvi graditelji iz kamna so izkoriščali naravne danosti in uporabili kamen, ki jim je bil na voljo. Pogosto so ga nabirali v okolici in s tem hkrati očistili površine namenjene pašništvu in poljedelstvu. Takšne vzorce zbiranja kamna poznamo s Krasa še iz polpretekle zgodovine, na ta način pa so nastali tudi sistemi zidov, groblje ali griže in kasneje tudi pastirske hiške. Razmeroma čist zgodnjekredni apnenec so na Krasu za gradnjo gradišč sicer uporabljali že v prazgodovini, kasneje pa za gradnjo tamkajšnjih in okoliških hiš. Ko so nekoliko pozneje nastali večji kamnolomi (npr. v Nabrežinskem podolju), so kamen po zaslugi dobrih prometnih povezav izvažali tudi na Dunaj in drugam (Kladnik, Rejec Brancelj 1999, 205). Poleg nabiranja kamnja v naravi tudi lomljenje kamna v kamnolomih močno preoblikuje, spreminja in soustvarja pokrajino. Tako je bil npr. hrib na katerem sto-

ji Monkodonja (Istra) z lomljenjem kamna preoblikovan tako, da je ustrezal urejanju naselja na vrhu hriba (Hänsel et al. 2007, 84). Ne le s končnimi konstrukcijami, tudi s pobiranjem kamnja ljudje oblikujejo prostor, ki deluje povratno in omogoča ali omejuje človekove dejavnosti nekoč in tudi danes.

Kratek pregled uporabe suhozidne gradnje na Krasu in v Istri

Kamnita gradnja brez veziva je bila na območju Krasa in Istre prisotna že v prazgodovini (pregled za Kras v Vinazza 2014). Ljudje so izkoriščali naravne danosti in tako od zgodnje bronaste dobe na tem območju gradili gradišča z značilnimi kamnitimi obzidji in zidovi (npr. Monkodonja, Hänsel, Teržan 2000). T. i. kaštelirska kultura je bila razširjena v Istri in na Krasu ter je svoj zaton doživela v pozni železni dobi (Teržan 1999, 136), ko so nova naselja začela nastajati v ravninah v bližini rodovitne zemlje (Slapšak 1999, 147). Za kaštelirsko kulturo so značilna s suhozidnim obzidjem utrjena naselja na vrhovih gričev in hribov imenovana tudi kaštelirji, ki pa so svojo velikost in obliko prilagajala oblikovanosti tal (npr. Sv. Mihael pri Grižah, Valerija nad Danami pri Divači, Kaštelir pri Jelarjih) (Dular 1999, 82). Gradišča so bila razširjena po vsej Evropi, a se obravnavana gradišča od ostalih razlikujejo glede na način gradnje, gradbeni material in predvsem po najdbah (Flego, Rupel 1993, 23). Doslej na slovenskem Krasu še ni bilo sistematično raziskano nobeno izmed gradišč¹, zato se je pri raziskovanju omenjene kulture na Krasu potrebno opirati na precej bolj številne raziskave z območja Tržaškega Krasa in Istre (npr. Flego, Rupel 1993; Boltin 1958–59, 1960–61; Buršič Matijašič 2008; Cunja 1992; Čović 1983; Hänsel et al. 1997; Hänsel, Teržan 1999; Sakara Sučević 2012a, 2012b). Na tem mestu velja omeniti britanskega konzula Richarda F. Burtona, ki je deloval v Trstu in že leta 1874 objavil zapiske o prazgodovinskih gradiščih v Istri v delu *Notes on the Castellieri or Prehistoric Ruins of the Istrian Peninsula* (Burton 1874). Izjemnega pomena pa je predvsem delo Carla Marchesettija, ki je že leta 1903 popisal gradišča širšega prostora Istre in Krasa v delu *I*

¹ Večinoma gre za popise gradišč (pregled v Novaković 2001) ali zaščitna izkopavanja, npr. Tomaj (Osmuk 1995; Bratina 2001) in Štanjel (Vinazza 2011; Fabec, Vinazza 2014), Lukovec s prazgodovinsko gomilo na hribu Rabotnica (Slapšak 1974a), Škrbina in vrh Lipovnik (Slapšak 1974b), Graček nad Famljami (Novaković, Turk 1991), obrambni stolp na Ostrem Vrhu pri Štanjelu (Teržan, Turk 2005; ista 2006; ista 2014) in drugi.

Castellieri preistorici di Trieste e della regione Giulia (Marchesetti 1903).

Do sedaj je bilo na Tržaškem raziskanih več gradišč (npr. Potok na Jaknah – *Terzo ramo del Timavo*, Devin (na Ul'ci) – *Insedimento di Duino*, Gradec pri Slivnem – *Castelliere di Visogliano*, Sv. Lenart – *Castelliere di San Leonardo*, Gradec nad Saležem – *Castelliere di Sales*). Le nekatera izmed njih so dočakala ponovno naselitev po tem, ko so bila s prihodom Rimljanov opuščena (npr. Kontovel – *Castelliere di Contovello*, Kaštelir nad Korošci – *Castelliere di Monte Castellier degli Elleri* in Stare Milje – *Castelliere di Muggia Vecchia*). Nekatera (Kontovel, Stare Milje) so ostala poseljena še v srednjem veku. Danes je na večini mogoče videti le ruševine obzidij katerih obseg se je verjetno razlikoval glede na njihove funkcije (Flego, Rupel 1993, 23). Flego namreč meni, da so bila stalno naseljena le večja gradišča, medtem ko so manjša služila kot pribežališča. Tej tezi pritrjuje tudi odkritje nižinskih naselij Na Vrtači – *Castelliere di Cerglie* in Gričič (Flego, Rupel 1993, 24). Novejše raziskave pa kažejo, da višinska poselitev v pozni prazgodovini ni izključna vrsta poselitve niti na slovenskem Krasu (Slapšak 1999) kot dokazuje npr. Sveto pri Komnu (Guštin 2011, 28).

Predvsem obmorska naselja so bila že zgodaj pomembna za trgovske povezave med Sredozemljem in srednjo Evropo, preko njih pa so v bližino naših krajev prihajali tudi grški vplivi. Za nekatere izmed 240 z materialnimi ostanki potrjenih gradišč Istre (Buršič Matijašič 2008, 485), velja, da lahko prepoznamo grški vpliv v načinu gradnje zidov, nekateri pa pravijo, da so jih morda gradili kar Grki sami (Buršič Matijašič 2008, 516). Naselbine tako kot obrambne konstrukcije niso bile zgrajene naenkrat. Vpliv Sredozemlja in grške kulture v železni dobi je postopoma sprožil razlikovanje med pomembnostjo gradišč, kar se odraža v načinu gradnje zidov (Buršič Matijašič 2008, 518). V helenističnem obdobju se je po celotnem Sredozemlju razširil makedonski način obrambne gradnje. Zidovi, nastali kot odraz grške kolonizacije na Jadranu v 4. in 3. stoletju pr. n. št. so bili tako zgrajeni iz velikih klesanih blokov (npr. Osor (Cres), Krk in Aserija (pri Benkovcu v Dalmaciji) (Buršič Matijašič 2008, 511)).

Grški vplivi pa niso bili vidni le v gradnji obrambnih zidov, temveč kot tholos interpretirajo tudi grobnico z Maklavuna (Hänsel, Teržan 1999). Grobnica v Maklavunu

naj bi imela s stopničenjem zgrajeno nepravo kupolo, kar raziskovalci sklepajo na podlagi razporeditve, oblike in velikosti porušenih kamnitih blokov, ki ležijo v grobnici in okoli nje (Hänsel, Teržan 1999, 75–78). Tudi gomile, ki jih najdemo povsod po Istri naj bi kazale na povezanost istrskega polotoka z istočasnimi sredozemskimi kulturami, kar sklepajo na podlagi bronastih nožev najdenih v okolici grobov (Mihovilić 2009, 54 povzeto po Buršič Matijašič, Žerić 2013, 71).

Poleg grobnic so impresivne prazgodovinske konstrukcije, ki pokrajino zaznamujejo še danes, obzidja in obrambni zidovi. Marchesetti je zabeležil najvišja obzidja v velikosti 6 do 8 metrov, predvideval pa je, da so bila prvotno visoka okoli 10 metrov. Višina in velikost sta bili odvisni od naravnega terena – graditelji so prostor za naselitev izbirali premišljeno tako, da so bila čim bolj naravno zavarovana, zato zidov mnogokrat ni bilo potrebno graditi iz vseh strani, saj je zadoščalo zelo strmo pobočje (Buršič Matijašič 2008, 517). Tako kot gradišča sama tudi obzidja in zidovi niso nastali naenkrat, temveč so jih postopoma dograjevali in spreminjali glede na takratne potrebe. Zahodni vhod na Monkodoniji je dober primer večfaznega grajenja. Način gradnje in položaj pričata o spremembah strateških potreb, nevarnosti ali družbenih sprememb znotraj naselja, ki so nastajale tekom njegove uporabe (Buršič Matijašič 2008, 519). Prav tako so dotična obzidja in zidovi gradišč značilni elementi, na podlagi katerih se je oblikovala ideja o času kdaj so gradišča nastala in o ljudeh, ki so jih gradili.

Na več težav kot pri raziskovanju še stoječih obzidij in zidov ter gomil naletimo pri proučevanju bivalnih stavb. Na Tržaškem so na nekaterih gradiščih na notranji strani obzidja ohranjeni prečni zidovi, za katere nekateri menijo, da bi lahko bili podporni zidovi za bivalne police (Flego, Rupel 1993, 24). Bivalni prostori so imeli večinoma iz kamna zidane le temelje oz. spodnji del hiše, ki je podpiral sicer leseno hišo. Poleg kombinirane gradnje zapisi antičnih piscev, kot sta Vitruvij in Strabon poročajo tudi o lesenih hišah, ki so imele stene iz prepleta, premazanega z blatom, ter tudi o hišah, v celoti grajenih iz kamna (povzeto po Buršič Matijašič 2008, 526). Slednje najdemo v Monkodonji, kjer se dve izmed hiš, stisnjenih v nizu, naslanjata na obrambni zid (Hänsel et al. 1997, 83). Marchesetti meni, da so bivalne stavbe na ta način gradili, da so se dodatno zavarovali pred nevarnostjo in vremenskimi nevarnostmi kot je burja. Podobne naslonjene konstrukcije iz kamna še

danesh poznamo na Velebitu, kjer jih uporabljajo pastirji. V zidove vgrajeni in pravokotnega tlorisa so tudi nekateri tipi poljskih hiš, ki jih v Istri imenujejo kažuni. Med poznanimi prazgodovinskimi hišami Istre za enkrat prevladujejo pravokotni tlorisi, pojavljajo pa se tudi krožni in polkrožni (npr. Mažin pri Balu in Sv. Peter – Tondolon pri Čabruniču). Leta 1906 je A. Gnirs (Gnirs, 1906) pod tumultom v Paraviji (Istra) našel manjši zid krožne oblike, ki ga je razlagal kot ostanek stanovanjskega objekta, podobnega današnjemu kažunu južne Istre. Prvi, ki je poskušal poiskati povezavo med prazgodovinskimi hišami in kažuni, je bil Battaglia (Battaglia 1926, 42). Nadalje je okrogle zidove, ki so obdajali bronastodobne grobove, razložil kot simbolno postavljeno hišo za posmrtno življenje. Med arheologi in etnologi že dlje časa obstaja dvom o tem, ali so kažuni nasledniki prazgodovinskih hiš, vendar do danes arheoloških raziskav, na podlagi katerih bi lahko z gotovostjo potrdili to tezo, (še?) ni (Buršič Matijašič 2008, 529–530).

Pastirske hiške, podobne kažunom, najdemo tudi pri nas in po vsej Evropi. Služile so kot zaščita za enega ali več ljudi, navadno pastirjev, poljedelcev ter ponekod tudi kamnosekov. V njih so lahko shranjevali hrano in orodje. V nekaterih večjih tovrstnih stavbah pa so v njih imeli tudi živali. Starost posameznih pastirskih hišk na Krasu je težko določljiva, prav tako pa do sedaj nobena ni bila arheološko raziskana. Spomin domačinov o gradnji najstarejših hišk sega v 19. stoletje, povsem verjetno pa je, da so jih gradili že prej. Takšna kamnita zatočišča kot jih poznamo danes so prisotna že vsaj od 15. stoletja dalje (nedvomni dokazi, kjer je v hiško vrezana letnica 1612 pa najdemo v kraju Lassure) (Juvanec 2011, 8). Gradnja hišk, s katero si niso ustvarili le zatočišča, temveč so na kup nabrali tudi kamenje, ki je oviralo učinkovitejše poljedelstvo in pašništvo, je trajala vsaj do druge svetovne vojne. Dejavnost zbiranja kamenja je bila precej razširjena, saj kamenje močno omejuje kmetijski izkoristek površine. Najenostavnejše in najpogostejše je bilo zbiranje kamenja v konstrukcijah, kot so griže in groblje, kjer je zid sklenjen v krog, v sredino pa je nametan kamen. Sklenjen zid je tako preprečeval kamenju, da bi se sčasoma ponovno razlezel na polja in njive. Z odvečnim kamnom naj bi gradili tudi zidove, ki se razprostirajo po vseh obravnavanih kraških območjih. Tovrstni zidovi naj bi med drugim služili tudi kot meje med zemljišči, zaščito pred burjo in za usmerjanje drobnice med pašo (Panjek 2006, 49ss). Tovrstni zidovi so najpogostejša oblika suhogradnje, sicer pa so na suho še donedavna gradili zato-

čišča, še v 18. stoletju pa tudi kmečke domove in deloma tudi hleve (Panjek 2006, 21).

Danes so suhozidni zidovi deloma še vedno v uporabi, vendar so zaradi preusmeritev gospodarskih dejavnosti precej izgubili na pomenu, kot so ga imeli nekoč. Danes si ljudje v suhozidu večinoma urejajo vrtove, na katerih lahko na Krasu zasledimo tudi okrasne pastirske hiške.

Skrb za kulturno dediščino

Kras in Istro je od prazgodovine pa do danes močno znamenovalo izkoriščanje njihovih naravnih danosti (predvsem obilice kamna). Bronasto in železnodobna kaštelirska kultura s svojimi značilnimi in pogosto od daleč prepoznavnimi utrdbenimi ruševinskimi grobljami še danes soustvarja kulturno krajino. Prazgodovinska gradišča združujejo geografske značilnosti, gradbene podvige in znanje naših prednikov. Na prazgodovinska gradišča se vežejo tudi kasnejše, srednjeveške romarske cerkve in bogato ustno izročilo (Guštin 2011, 31). Prav tako prebivalce Krasa veže ustno izročilo s pastirskimi hiškami, kjer med drugim vsako straži poseben kamen, imenovan stražič, ki ga postavijo nad vhod na streho. Ni dvoma, da je suhozidna dediščina še vedno vpeta v življenje teh krajev. Kot takšno jo je potrebno zavarovati, saj ji kljub njeni pomembnosti za poznavanje in razumevanje kulturne dediščine teh krajev grozi nevarnost uničenja.

Kamen je sicer zelo trpežen gradbeni material, a zaradi nenehne izpostavljenosti ostrim klimatskim vplivom, kislemu dežju, eroziji in burji, ni večer. Apnenec, ki prevladuje na omenjenih najdiščih, naj bi takšnim razmeram kljuboval „le“ 10000 let (Vivian 1978, 11). Večji problem je erozija, ki ogroža predvsem zidove na pobočjih. Mnogi zidovi se zaradi stalnega razraščanja vegetacije tudi izgubijo. V Istri, npr. na Monkodonji, je nekatere dele že močno prerasla makija, hiške na pogozdenem Krasu je zelo težko najti, mah, korenine in drevesa pa pogosto destabilizirajo postavljene stavbe.

Bolj kot naravni dejavniki, grožnja tovrstni kulturni dediščini predstavljajo ljudje. Kamne z gradišč so pogosto odnašali, za gradnjo novih stavb in zidov. Že v času novoveške kolonizacije Istre v 16. in 17. stoletju so kamenje iz Nezakcija uporabili za gradnjo naselja Valtura in Muntić (Buršič Matijašič 2008, 517). Prav tako so odnašali kamenje z Monkodonje, da bi pridobili nov prostor in kamenje porabili drugje. Podobno se je godilo gradiščem na slo-

venskih tleh. Kamenje s Tabora pri Vrabčah je bilo porabljeno pri gradnji nove ceste na Vrheh (Osmuk 1977), v bližini Martinišča (severno od Svetega) so našli ostanke okoli 1200 metrov dolgega obzidja, ki je bilo uničeno zaradi kmetijskih dejavnosti (Petru 1975). Več pretresov je doživel tudi Graček nad Famljami v Vremski dolini, ki so ga v 60. letih uporabljali kot kamnolom, v 80. so čezenj speljali telefonsko povezavo, pešpoti in gozdne poti, še danes pa občasno na njem kurijo kresove. Pretresljivo je, da sekundarno rabo kamna s starejših hiš vernakularne arhitekture (s pridobljenim dovoljenjem lastnikov območja) priporočajo tudi številni (sicer tuji) priročniki za gradnjo suhega zidu (Flynn 2011; Gallagher et al. 2008; McRaven 1999). V tem se kaže odnos ter predvsem nepoznavanje in nezavedanje vrednosti tovrstne kulturne dediščine.

Ne le namenska preuporaba gradbenega materiala, tudi prva in druga svetovna vojna sta pustili posledice. Tako so bile uničene gomile na Tržaškem. Ostanke so danes vidni le na območju Kokoši (Velika Groblja) in na vrhu Medvedjaka, medtem ko so druge (Griža pri Proseku, Vrh Grmade, okolica Njivic) poznane le iz literature (Flego, Rupel 1993, 24).

Verjetno je mogoče razlog za takšno ravnanje pripisati predvsem nepoznavanju pomena tovrstne kulturne dediščine. Kulturni delavci in ostali zainteresirani bi se morali truditi z ozaveščanjem o obstoju, pomembnosti in pomenu tovrstne kulturne dediščine. Korak v to smer je bilo narejeno pri projektih kot so Kras-Carso, KRAS 2011, reVITAS in Living Landscape, v Istri pa so na Monkodonji in v Mušegu uredili arheološki park. Med obiskom slednjih v letu 2014 pa smo opazili, da so informativne table že močno zbledele, tako da se jih večinoma ne da prebrati. Na internetu o samem najdišču in arheološkem parku prav tako ne najdemo veliko informacij, zato ni čudno, da so na vzpetino Monkodonje tistega sončnega dne na vrhuncu sezone prišli le dva belgijska para in nizozemska družina z nezainteresiranimi otroci. Omenjen primer priča o tem, da je na področju seznanjanja javnosti še precej prostora za izboljšave. Ker propadanja ne moremo zaustaviti v celoti, je pomembno, da sedanje stanje dokumentiramo čim bolj celostno, da bomo znanje in poznavanje lahko prenesli na naslednje generacije.

3D dokumentiranje

Dokumentacije stoječe arhitekture se vsaka stroka loteva samostojno. Arhitekti, etnologi in arheologi jo dokumentirajo z mislijo na tisto, kar jih zanima oz. kar je primarni cilj njihovih raziskav. Namen arheološke dokumentacije je čim bolj izčrpno, sistematično in natančno opisati vse materialne, nematerialne in druge vidike arheološkega zapisa ter pogoje, pod katerimi smo ga opazovali, da bi lahko čim bolj točno in natančno izvedli arheološko interpretacijo. Čeprav so načini dokumentiranja materialnih objektov v arheologiji številni in raznovrstni, pa je vsem bolj ali manj skupen namn čim natančnejša dokumentacija glavnih skupin lastnosti:

- geometrija objektov in prostorski podatki (lega, raztezanje v prostoru),
- struktura objektov (materialna zgradba oz. sestava),
- podrobnosti na objektih (npr. okras),
- (fizične) zveze z drugimi objekti.

Poleg naštetih so predmet dokumentiranja lahko še številne druge lastnosti, za katere se predpostavlja, da bodo prispevale k čim bolj celoviti interpretaciji.

Za čim bolj celovito dokumentiranje trenutnega stanja moramo uporabiti tehniko, ki bi kar najbolj objektivno zajela kar največ lastnosti obravnavanega objekta. Kot doslej najučinkovitejši način za tovrstne dokumentacije se kaže postopek digitalnega zajema podatkov v treh dimenzijah. Na ta način ustvarimo tridimenzionalni (3D) model, sestavljen iz povezane množice točk z x, y in z koordinatami. Izdelavo takšnih 3D modelov omogočata dve tehniki, in sicer: aktivno skeniranje, ki koordinate točk izračuna s pomočjo laserskih impulzov ter pasivna tehnika, s katero 3D model pridobimo iz zbira prekrivajočih se fotografij. Kljub napredku v tehnologiji in posledičnemu znižanju cen, je lasersko skeniranje še vedno cenovno težje dostopno. Poleg tega je celotno opremo včasih težko prinesiti na vzpetine gradišč ali globoko v gozd. Cenovno veliko bolj ugodna in zaradi razvoja tehnologije tudi uporabniku prijazna možnost (tehnika ne zahteva poglobljenega znanja o znanstvenem ozadju) je izdelava 3D modelov iz zbira prekrivajočih se fotografij.

Z izdelavo 3D modelov iz zbira prekrivajočih se fotografij se ukvarjata dve znanstveni vedi; fotogrametrija in računalniški vid, zaradi razvoja digitalnega zapisa pa sta postala mogoča združevanje in prenos algoritmov in konceptov med obema vedama. Na ta način lahko danes

računalniški programi prepoznajo, povežejo in preoblikujejo značilnosti slike v tridimenzionalne elemente v objektnem prostoru (Cooper, M. A. R., Robson 2001). Za izračun 3D koordinat iz zbira fotografij program potrebuje natančne podatke o zunanji (položaj in usmeritev fotoaparata) in notranji (notranja geometrija fotoaparata v času osvetlitve; goriščna razdalja, distorzija objektiv ...) usmeritvi fotoaparata. Prednost programskih orodij, ki temeljijo na konceptih računalniškega vida, predstavlja avtomatičen izračun omenjenih parametrov (algoritem, ki omogoča takšen izračun, se imenuje oblika iz gibanja, angl. *Structure from Motion*, SfM). Na ta način fotoaparata ni potrebno predhodno kalibrirati, kar močno olajša in pospeši delo na terenu in naknadno obdelavo (Hartley, Zisserman 2008). SfM algoritem temelji na primerjavi določenih pojavov in posebnosti, ki so značilni za določeno sliko. Vsako takšno točko posebej program opiše tako, da lahko na podlagi zapisa poišče ujemajoče se točke na preostalih slikah. Na ta način program določi relativno projekcijsko geometrijo, ki jo določajo zunanji in notranji parametri fotoaparata in izdela redek oblak točk (Verhoeven et al. 2012). Za nadaljnji izračun gostejšega oblaka točk večina programov uporablja algoritem Multi-View Stereo (MVS), ki opravlja primerjave za vsak piksel posebej. Gost oblak točk je nato povezan v mnogokotniško mrežo (angl. *mesh*) oz. 3D model (Robertson, Cipolla 2009). Ker primerjava izračunov temelji na značilnostih teksture na sliki, vsi predmeti in objekti niso primerni za tovrstno 3D digitalizacijo. Npr. enobarvni predmeti in objekti z enolično teksturo onemogočajo primerjave, svetleči predmeti (kovinski, stekleni) pa odsevajo svetlobo, ki se venomer spreminja. Najboljši rezultat lahko torej dosežemo pri predmetih z visokimi kontrasti (Fellner et al. 2011) in tudi s pravilno posnetimi fotografijami. Še do nedavnega je veljalo, da morajo biti fotografije za najnatančnejši izračun zunanjih parametrov posnete vsakokrat iz druge lokacije. V najnovjših objavah pa poleg standardnega fotografiranja (t. j. kot 90 stopinj v vodoravni in navpični smeri na predmet iz različnih položajev) priporočajo tudi konvergentno fotografiranje. To pomeni, da je priporočljivo posneti več slik z istega položaja, da dosežemo učinek panoramske fotografije (Wenzel et al. 2013; Nocerino et al. 2014). Posnete fotografije se morajo prekrivati v vsaj 60 %, vendar 80 % prekrivanje navadno prinese boljše rezultate. Ker lahko na ta način rekonstruiramo le tiste dele predmeta, ki so vidni na vsaj treh slikah, je pomembno, da jih posnamemo iz čim več možnih položajev. Obstaja

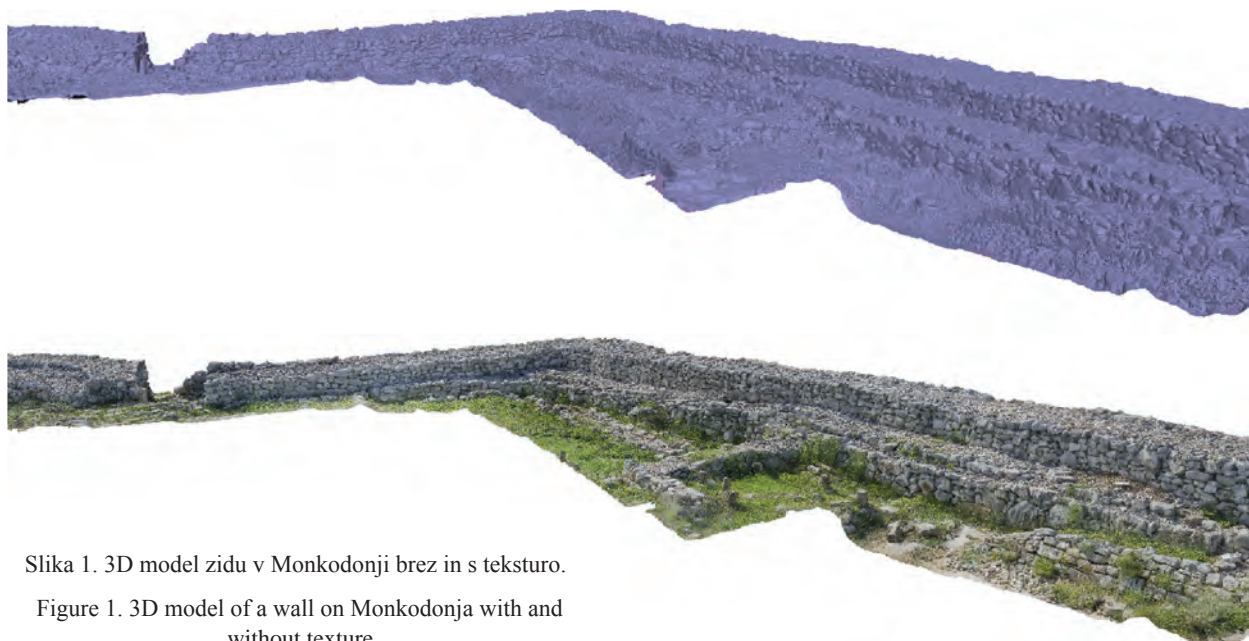
več internetnih storitev ter prosto dostopnih in plačljivih programov, ki omogočajo izdelavo 3D modelov iz slik. Za potrebe takšnega dokumentiranja se v arheologiji v zadnjem času najpogosteje uporablja PhotoScan ruskega podjetja Agisoft (De Reu et al. 2014; Al-Ruzouq 2012; Plets et al. 2012; Dell'Unto 2014), ki smo ga uporabili tudi na primeru Monkodonje in pastirske hiške s Krasa (Agisoft PhotoScan Professional Edition, verzija 1. 0. 4. built 1847). Postopek 3D digitalizacije suhozidnih struktur na podlagi fotografij predstavlja svojevrsten izziv tudi zaradi senc, ki jih povzročajo neobdelano in manj pravilno zloženo kamenje. Od primerljive programske opreme, sence povzročajo najmanj preglavic programu PhotoScan (Gini et al. 2013), kar je tudi eden izmed razlogov, zakaj smo se odločili uporabiti prav ta program.

Namen 3D modelov ni le očem prijazna predstavitev objekta, temveč lahko služi tudi kot orodje za nadaljnjo analizo, saj omogoča različne meritve, izračune, izdelavo presekov itd. Na tem mestu velja omeniti, da tehnika izdelave 3D modela na podlagi fotografij ustvarja svoj objektni prostor. To pomeni, da je potrebno velikost objekta vnesti ročno, kar program nato ekstrapolira na celoten 3D model. Druga in priporočljiva možnost je, da objekt, kadar je le mogoče, georeferenciramo z vnašanjem znanih koordinat, ki smo jih posneli z GPS napravo oz. totalno postajo na terenu.

Monkodonja (Istra, Hrvaška)

Monkodonja je primer prazgodovinskega gradišča. Nahaja se približno 5 km vzhodno od Rovinja, na griču z razgledom na morje. Je ovalne oblike in meri približno 300 x 200 metrov, v svojem največjem obsegu pa naj bi predstavljala dom okoli 1000 ljudem. Monkodonja je bila dobro organizirano, zaprto naselje, ki je bilo sestavljeno iz najmanj treh delov. Slednji naj bi določali tudi družbeno razslojenost; najvišje, na t. i. akropoli, naj bi bili prostori vodilnega družbenega sloja, na najnižji terasi pa so živeli navadni prebivalci, kmetje in pastirji (Hänsel et al. 2007, 82–84).

Na Monkodonji so prisotni tako enojni zidovi kot tudi zidovi z zunanjim in notranjim licem z nasutim manjšim kamenjem na sredini. Kamniti bloki na zunanjih licih so bili klesani v pravilne kvadre, širina zidov pa se giblje od 1,5 m do več metrov (Buršič Matijašič 2008, 515). Kot primer 3D digitaliziranja smo dokumentirali na slednji



Slika 1. 3D model zidu v Monkodonji brez in s teksturo.

Figure 1. 3D model of a wall on Monkodonja with and without texture.

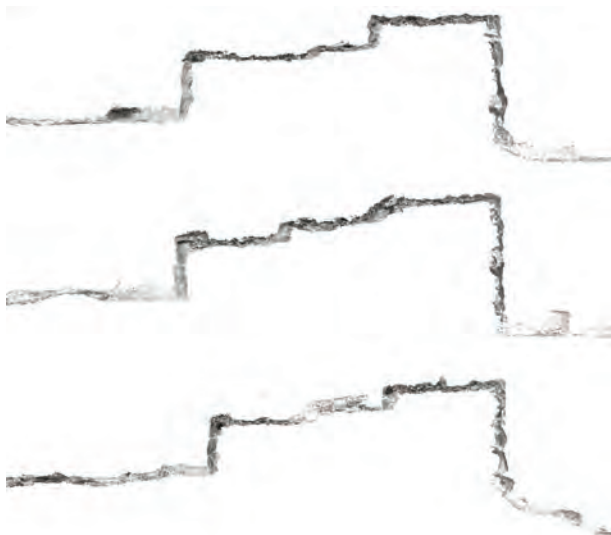
način zgrajen zid, ki obkroža akropolo in je v obliki pol pravokotnika s približno 90 metrov dolgima stranicama (Hänsel et al. 2007, 84) (slika 1).

3D model je bil narejen na podlagi 1251 fotografij. Program PhotoScan omogoča avtomatično prepoznavo kontrolnih točk na fotografijah, ki smo jih namestili na in ob zid. Te kontrolne točke služijo za natančnejši izračun notranjih in zunanjih orientacijskih parametrov fotoaparata (slika 2). Poleg tega smo izmerili razdalje med njimi, ki smo jih nato vnesli v program in na ta način omogočili absolutne meritve na 3D modelu. Totalna postaja ali GPS naprava nam namreč nista bili na voljo, zato ima 3D model pomanjkljivost, da nima natančnih podatkov o naklonu oz. o zemeljskem položaju. Kljub temu je možno s pomočjo 3D modela opraviti meritve in druge izračune (npr. volumen), si ogledati arhitekturo z različnih zornih kotov ter avtomatsko izrisati preseke (slika 3). V primeru izdelanega modela zidu akropole to pomeni 332,5 m³ (slika 4). Na podlagi podatka o volumnu lahko izračunamo maso kamnja, ki znaša 821,275 ton. Pri izračunu smo upoštevali zrak (ocenjeno na 5 % celotnega volumna) ter gostoto apnenca, ki znaša približno 2,6 kg/dm³.



Slika 2. Položaj slik in 3D model zidu v Monkodonji.

Figure 2. Camera positions and 3D model of the wall on Monkodonja.

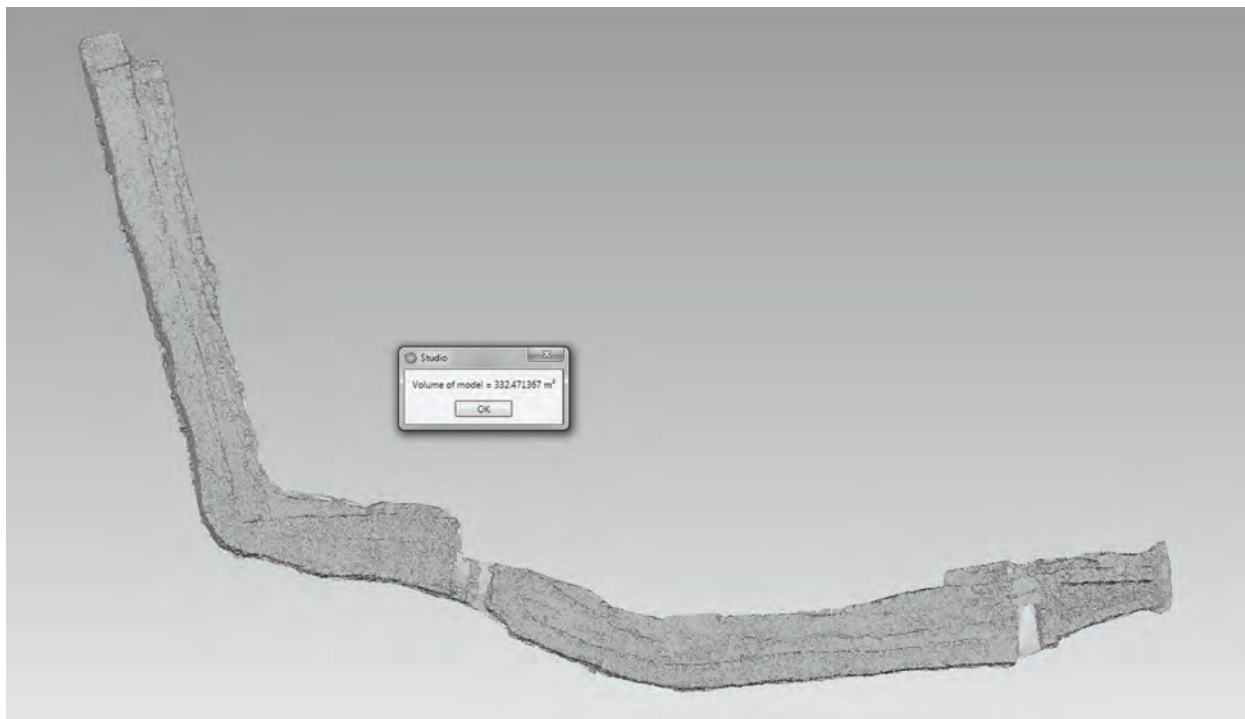


Slika 3. Presek 3D modela zidu na Monkodonji.

Figure 3. Cross section of the Monkodonja wall.

Pastirska hiška (Kras, Slovenija)

Pastirske hiške so enoprostorna zavetja pred dežjem in burjo, ki so zgrajena iz neobdelanih kamnov v tehniki stopničenja in z vhodno odprtino večinoma obrnjeno na jug ali zahod (Belingar 2011). Današnji Kras je posut s tovrstnimi gradnjami, ki večinoma datirajo od začetka 19. stoletja do druge svetovne vojne (v uporabi so bile vsaj do 70. let prejšnjega stoletja), verjetno pa so jih v teh krajih gradili že prej. Kamne so po plasteh zlagali tako, da težišče zgornjega kamna ne preide skrajne točke težišča spodnjih kamnov skupaj. Da kamen ne bi izpadal, stene niso vertikalne in se lahko zravnajo šele pri vratu. Samo stopničenje ne omogoča gradnje večjih prostorov, zato so te konstrukcije navadno sestavljene iz (vsaj) dveh plasti. Druga plast ima nalogo obtežitve tako, da je s spodnjo, konstrukcijsko plastjo možno izdelati večje prewise (Juvanec 2005, 27). Pri takšni gradnji so med seboj primerljive le notranje, nosilne plasti, obtežba oz. zunanji plašč pa se lahko razlikujejo glede na kulturne in praktične potrebe graditelja (npr. z namenom odvajanja vode s hiške).



Slika 4. Izračun volumna 3D modela zidu na Monkodonji.

Figure 4. Volume calculation of the Monkodonja wall.



Slika 5. 3D model pastirske hiške z in brez teksture.

Figure 5. 3D model of a shepherd's house with and without texture.

Za dokumentacijo smo si izbrali eno izmed hišk, ki se nahaja med Divačo in Lokvami (ledinsko ime Terglovca, lastniško ime Ruščeve hiška). Postopek dokumentiranja je bil podoben zgornjemu, le da je bil v tem primeru poseben poudarek na zajemu fotografij tudi znotraj hiške. V ta namen je bilo posnetih več fotografij ob vhodu, znotraj same hiške pa smo uporabili LED luč tako, da uporaba bliskavice, ki bi povzročila močne sence na fotografijah, ni bila potrebna. Skupno je bilo posnetih 196 fotografij. Medtem ko arhitekturne ostaline na Monkodonji stojijo na lahko dostopnem in neporaščenem vrhu griča, se pastirske hiše skrivajo v gozdovih Krasa. Poraščenost otežuje zajem slik, zato smo se dokumentiranja lotili pozimi, ko listje odpade z dreves. Kot se je izkazalo, tudi zimski čas ni najprimernejši za fotografiranje, saj je sonce takrat nizko na nebu in zato vedno znova sveti v objektiv, kar zmanjšuje kvaliteto slik in s tem možnosti za natančno izdelavo 3D modela. Najugodnejši letni čas zajema fotografij na prostem je torej zgodnja pomlad, ko je sonce spet višje na nebu, poganjki pa še dovolj majhni, da ne motijo postopka fotografiranja. V kolikor nam ne uspe ujeti oblačnega, a ne deževnega



Slika 6. Avtomatski izris in presek 3D modela hiške.

Figure 6. Automatic outline and a cross-section of the house's 3D representation.

dne, drugo možnost predstavlja uporaba terestričnega 3D laserskega skenerja, ki pa je navadno precej dražja rešitev in zato tudi težje izvedljiva. V primeru kraških pastirskih hišk je problematičen tudi dostop do njih z večjo količino težke opreme, saj je Kras zaraščen z nizko in srednje visoko vegetacijo, hiške pa so pogosto postavljene precej globoko v gozdu, stran od glavnih poti in se je zato do njih treba podati peš.

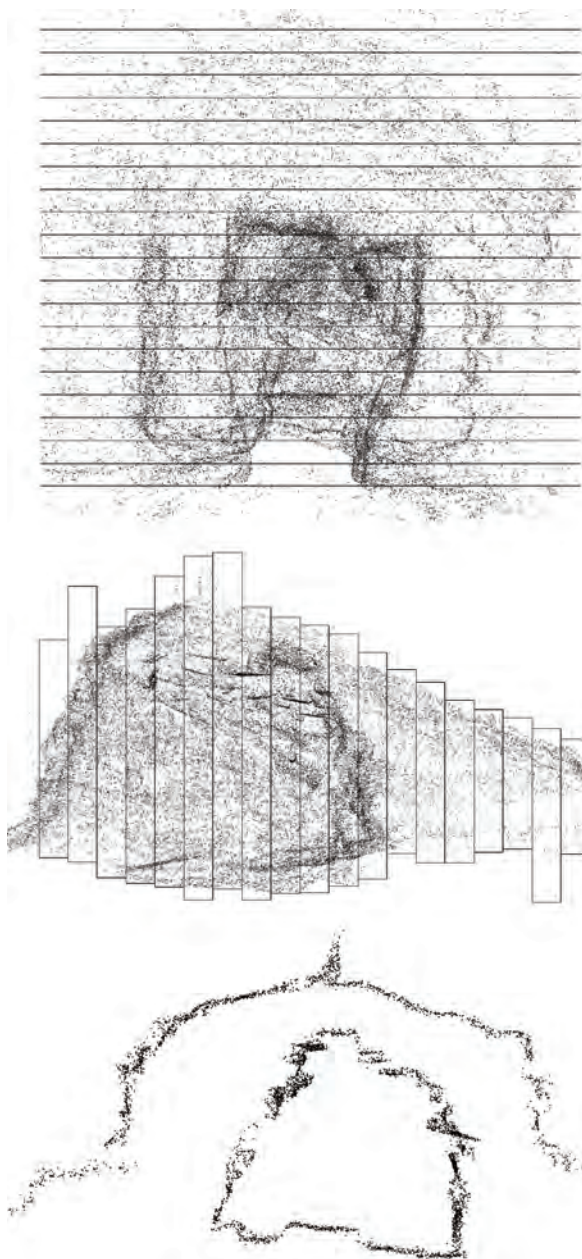
Kljub težavam, ki jih je povzročilo zimsko sonce, nam je uspelo izdelati natančen 3D model hiške (slika 5). Slike smo prvotno posneli v neobdelanem (*.raw) formatu in jih ob postopku razvijanja v *.tiff format nekoliko obdelali ter omilili omenjeni sij na fotografijah, preostalo pa nato v programu Photoscan zamaskirali, tako da teh delov fotografije program pri izdelavi 3D modela ni upošteval.

Tako kot v zgornjem primeru izdelani 3D model kar najbolj celovito dokumentira obravnavano strukturo in hkrati omogoča izračune in izrise, ki lahko služijo pri nadaljnjih raziskavah (slika 6).

Uporaba 3D modelov za analizo kraške suhozidne arhitekture

Grafična dokumentacija je pogosto najprimernejši način prikaza kompleksnosti arheološkega zapisa in konteksta, v katerem je nastal (Campana 2014, 7). Digitalni 3D modeli niso le vizualni prikazi, slike ali posnetki objektov, temveč so njihove virtualne kopije. Kot takšne omogočajo kar najbolj celovit posnetek trenutnega stanja dokumentiranega objekta, saj 3D tehnologija omogoča zajem tako geometrijskih kot tudi teksturnih podatkov. Vendarle pa 3D modeli niso nadomestki fizičnih objektov. Te namreč dojemamo posredno preko računalnika, na ta način pa so možnosti izkustvenega zaznavanja (npr. dotik, voh, občutki) nične. Kljub temu ima takšen način rokovanja z objekti svoje prednosti, saj lahko z njihovo pomočjo močno skrajšamo čas dokumentiranja in opazovanja na terenu. Poleg tega lahko objekte večjih velikosti lažje obvladamo in jih opazujemo kot celote, meritve pa opravimo veliko hitreje in natančneje. Še več, programska oprema omogoča opravljanje natančnih meritev, izračunov in izrisov, ki bi jih fizično težko ali celo nemogoče dosegli. Ker 3D modeli niso statični tako kot risbe in fotografije, si jih lahko ogledamo z različnih kotov ter jim spreminjamo teksturo in kot osvetlitve tako, da z njih lažje razberemo reliefne značilnosti, kot so napisi, okras ter sledovi izdelave in obrabe (npr. Ch'ng et al. 2013), ki jih lahko tudi avtomatično izrišemo (Kolomenkin et al. 2011). Možnosti uporabe 3D modelov je torej veliko, zato bomo v nadaljevanju podrobneje obravnavali aplikacijo 3D modelov za proučevanje arhitekture s poudarkom na vernakularni suhozidni arhitekturi.

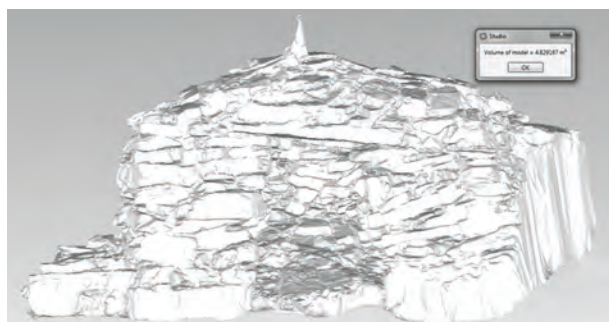
Čeprav je omenjena 3D digitalizacija stavbne dediščine prisotna že več let, njen raziskovalni potencial še ni dobera izkoriščen. Poleg analiz fasad (Balzani et al. 2013) in fresk (Siotto, Visintini 2013) so dosedanje raziskave same arhitekture na podlagi 3D modelov usmerjene predvsem na stavbno analizo. S pomočjo 3D modelov je možno avtomatsko izrisati načrt obravnavane stavbe (De Luca et al. 2006), raziskovati način gradnje (Oreni et al. 2012) in s tem prepoznavati gradbene faze, uničenja in druge deformacije ter izdelati rekonstrukcijo. V ta namen je bila vzpostavljena digitalna knjižnica, ki vsebuje parametrične objekte, ki temeljijo na značilnostih arhitekture od Vitruvija do 18. stoletja. V knjižnico je vključen sistem programske opreme, ki omogoča kartiranje omenjenih parametričnih objektov na 3D model obravnavane



Slika 7. Presek 3D modela hiške.

Figure 7. Cross section of the house's 3D model.

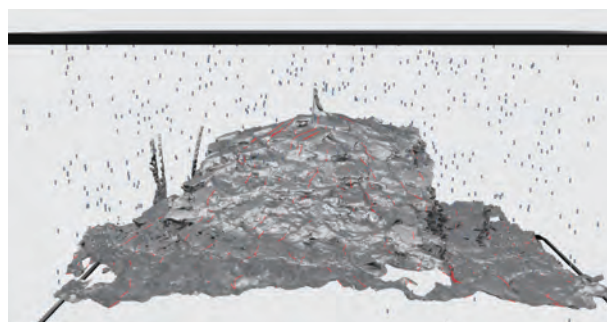
arhitekture (Murphy et al. 2013). Sistem, imenovan BIM (*Building Information Modelling*), je zastavljen kot integracijsko orodje za oblikovanje, predstavitev, izdelavo in dolgoročno upravljanje grajenega okolja (Fai et al. 2011). S pomočjo knjižnice parametričnih objektov je tako mo-



Slika 8. Izračun volumna (gradbenega materiala) hiške.

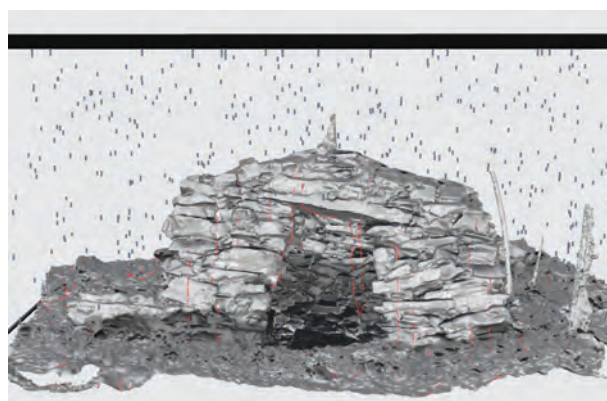
Figure 8. Volume calculation (for the building material) of the house.

goče virtualno sestaviti celotno stavbo. V primeru obravnavane kraške suhozidne arhitekture omenjene knjižnice ne moremo uporabiti, saj gre za svojevrsten način gradnje, ki ne vsebuje v knjižnici zbranih arhitekturnih elementov. Poleg tega gre pri kraški suhozidni arhitekturi za vernakularno arhitekturo, ki je navadno preprostejša, v primeru stilnega oblikovanja pa je ta povečini vnesen na drugačen način in z drugačnim pomenom kot pri monumentalni gradnji. Za potrebe stavbne analize ter prepoznavanja načina gradnje in gradbenih faz na podlagi 3D modelov si lahko v tem primeru pomagamo z izračunom volumnov, presekov in različnih simulacij. Na ta način dobimo podatke o količini gradbenega materiala ter posledično podatke o količini potrebne delovne sile in času za izgradnjo. Več o načinu gradnje pa izvemo iz naklonov in kotov, pod katerimi je bila konstrukcija zgrajena in so vidni v njenem preseku (Restuccia et al. 2012). Na primeru kraške hiške smo tako izdelali presek (slika 7) in izračunali volumen ($4,83\text{m}^3$), ki ga zavzemata kamenje (slika 8) in velikost prostora v hiški ($1,32\text{m}^3$). Z upoštevanjem 5 % zraka, ki se nahaja med zloženim kamenjem, in gostote apnenca, ki znaša približno $2,6\text{ kg/dm}^3$, to pomeni, da hiško sestavlja kar 11,9301 ton kamenja. Problem, ki se pojavlja pri izračunu volumna je, da je del takšnih struktur delno zasut zaradi erozije in drugih naravnih procesov oz. pogosto ni znano ali so zidove tudi vkopavali. Deloma lahko volumen virtualno modeliramo (kot smo storili na primeru hiške) in s tem hkrati rekonstruiramo strukturo. Pri tem velja poudariti, da gre pri virtualni rekonstrukciji vedno za interpretacijo, kar pomeni, da predstavlja le eno (najverjetnejšo) izmed možnosti.



Slika 9. Simulacija dežja na 3D modelu s sledmi dežnih kapelj na hiški zadaj.

Figure 9. Rainfall simulation by tracing raindrops on the 3D model (back).



Slika 10. Simulacija dežja na 3D modelu s sledmi dežnih kapelj na hiški spredaj.

Figure 10. Rainfall simulation by tracing raindrops on the 3D model (front).

Kot že omenjeno, se oblike zunanjih plasti hišk lahko razlikujejo glede na kulturne in praktične potrebe graditelja. Na primeru Ruščeve hiške smo tako preverili funkcionalnost hiške v primeru dežja. Očitno je, da je zgornja plast kamenja postavljena tako, da služi odvodnjavanju (slika 9). Kljub temu lahko opazimo, da nekaj vode kaplja tudi v notranjost (slika 10). To lahko pripišemo več razlogom, najverjetneje pa jih gre iskati v pomanjkljivosti 3D modela. Zaradi načina gradnje (v dveh plasteh) manjkajo 3D podatki o strukturi med plastmi, zato lahko v simulaciji voda prosto steče skozi. Nadalje je potrebno upoštevati samo izdelavo in obdelavo 3D modela. 3D

model je bil izdelan na podlagi prekrivajočih se fotografij. To pomeni, da predelov z enolično teksturo ali predelov brez podatka o teksturi program ne more prepoznati in vključiti v 3D model. Tak primer so lahko ostre sence, ki jih povzroči način gradnje, kot je štrleče neobdelano kamenje. Na teh predelih je zato na 3D modelu luknja, ki bi lahko prepuščala vodo. To lahko sicer zapolnimo, a gre v večini primerov za interpretacijo, saj obdelava ne poteka na terenu, kjer bi lahko stanje tudi preverili. Tu se izkaže, da so pri analizi 3D modelov meta- in parapodatki (podatki o izdelavi in obdelavi 3D modela) prav tako pomembni kot sam 3D model. Kot standardno orodje za izmenjavo teh podatkov so zato v okviru projekta CARARE, ki je potekal pod okriljem Europeane, vzpostavili računalniško ontologijo CRM_{dig} (D'Andrea, Fernie 2013), ki temelji na modelu CRM (*Conceptual Reference Model*), ki ga kot ISO standard priporoča komite za dokumentacijo (*Committee on Documentation – CIDOC*) v okviru mednarodnega muzejskega sveta (*International Council of Museum – ICOM*) (Doerr 2009; Strubulis et al. 2014).

Kljub tovrstnim pomanjkljivostim so računalniške simulacije pomembne za razumevanje preteklih okoliščin. Kot pravi G. Lock (Lock 2003, 147–148), je preteklost kompleksna in nepreverljiva, zato je njeno proučevanje in preizkušanje obravnavanih podatkov pogosto možno le s pomočjo modelov. V najbolj splošnem pomenu je tak model poenostavitev stvarnosti, ki ga za razliko od kompleksne stvarnosti lahko razumemo in z njim upravljamo. Kot pravi Lock iz tega sledi, da, če lahko razumemo procese in njihove posledice na modelu, potem lahko poskušamo to razumevanje razširiti na razumevanje splošnejših preteklih okoliščin, ki nas zanimajo. Virtualne rekonstrukcije so najpogostejši način takšne uporabe 3D modelov (npr. Quatember et al. 2013), vendar so navadno omejene na muzejske predstavitve in druge komunikacije z javnostjo, manj pa se jih uporablja v raziskovalne namene. S pomočjo virtualnih svetov pa lahko 3D modele objektov umeščamo tudi v virtualni čas njihovega nastanka, rabe in porušitve. S pomočjo animacij in simulacij lahko poskušamo poustvariti predstavo o delovanju objekta v prostoru, v katerem se nahaja, na katerega oblikovanost vpliva in kateri hkrati vpliva nanj. Na ta način lahko simuliramo biografsko zgodbo. Na podlagi osnovnih, prej omenjenih analiz (prepoznavanje znakov obrabe, načina gradnje itd.) lahko sklepamo o namembnosti in kulturnih značilnostih objekta skozi čas ter o možnih vzrokih uničenja (npr. simulacija

poplave, zasutje) in drugih deformacijah (npr. Grosman et al. 2013). Za potrebe varovanja tovrstne dediščine je s 3D modeli mogoče spremljati procese, ki so na objekt vplivali po njegovi opustitvi tako, da ga 3D digitaliziramo v večjih časovnih razmikih ter opazujemo nastale spremembe.

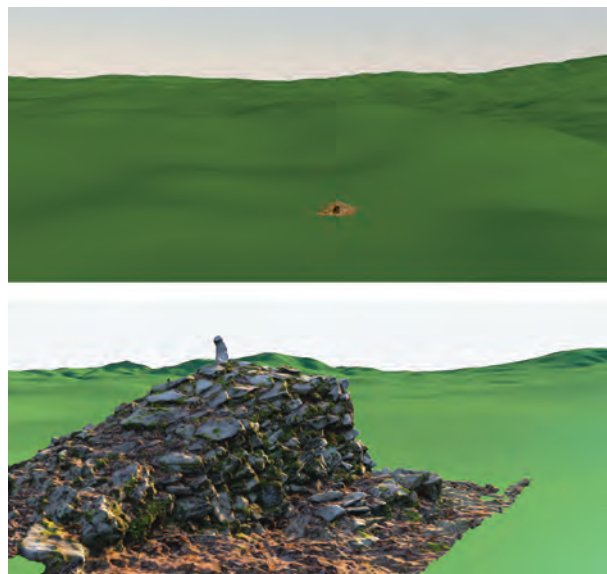
Vsa ta opazovanja, meritve in simulacije odpirajo nova vprašanja, ki se nanašajo tudi na družbeno življenje. Sledovi uporabe kažejo na večje obremenitve prostorov ali delov prostora ter s tem stalnice zadrževanja in gibanja ljudi, na podlagi katerih lahko v določenih primerih sklepamo o odnosih med posameznimi akterji. V primeru pastirske hiške to pomeni: koliko ljudi lahko sprejme hiška, kako se pastirji lahko v njej namestijo – si kažejo hrbet, na kakšen način lahko komunicirajo med seboj ...? S pomočjo presekov in izračuna volumna notranjega prostora hiške, ki znaša 1,32 m³, smo v hiško virtualno umestili pastirje (slika 11). Po pričevanju Borisa Čoka je bila dotična hiška zgrajena v začetku 20. stoletja. Kot kažejo raziskave je bil pred stoletjem mlad moški v povprečju za 11 cm nižji kot danes (Hatton, Bray 2010, 405). V času, ko naj bi bila hiška zgrajena, je mlajši moški tako v povprečju meril okoli 169 cm. Upoštevajoč omenjene podatke to pomeni, da so v dotični hiški zavetje lahko iskali največ trije pastirji. V kolikor bi v hiški zavetje res iskali trije pastirji, bi bilo v njej zelo tesno, zato je bolj verjetno, da se je vanjo zatekel en sam pastir ali največ dva. V slednjem primeru sta si sicer lahko sedela nasproti, vendar je hiška prenizka in sta morala sedeti v precej skrčenem položaju, ki bi onemogočal osebno komunikacijo s pogledom iz oči v oči. Pastir pa se ni oziral le po drugih pastirjih in svojih ovcah, temveč tudi okolici. V mnogih primerih je bila ta drugačna kot je danes. Glede na to, da 3D modeli omogočajo umestitev v okolje, primerljivo času nastanka oz. uporabe, smo v našem primeru hiško umestili v virtualno okolje brez gozda, ki to območje prerašča danes (slika 12). Zaradi izsekavanja gozdov je bil Kras v 19. stoletju namreč skoraj popolnoma gol, s pogozdovanjem pa so aktivno začeli prav v začetku 20. stoletja (Kranjc 2005, 141). Gozd se je razširil in danes prerasel nekdanje pašnike. O tem, da v času gradnje in uporabe hiške tu ni bilo gozda, priča tudi dejstvo, da je vhod hiške (tako kot velika večina drugih hišk) usmerjen proti jugozahodu in je zato lahko ujel sončne žarke v večjem delu dneva. V primeru, da bi bila zaradi gozda hiška v senci, takšna usmeritev vhoda, glede na okolico ne bi imela pomena.



Slika 11. Pastirji v 3D modelu hiške.

Figure 11. Shepherds positioned inside the 3D model of the house.

3D tehnologija torej ponuja mnoga nova orodja, ki omogočajo drugačne načine raziskovanja. Na tem mestu se pridružujemo zaključku S. Campane (Campana 2014, 12) in se nagibamo k iskanju uporabnosti, veljavi in preverjanju novih tehnologij ne nujno na podlagi predhodnih specifičnih arheoloških vprašanj, temveč ob iskanju načinov uporabe iz nasprotno, t. j. splošne perspektive. Na ta način lahko v sodelovanju s 3D inženirji odkrivamo nove prednosti in možnosti uporabe, ki jih ponujajo 3D tehnologije.



Slika 12. 3D model hiške umeščen v virtualni prostor.

Figure 12. 3D model of the house in a virtual environment.

Zaključek

Razmerje med ljudmi in oblikovanim prostorom je rekurzivno: ljudje oblikujejo prostor, ki deluje nazaj in omogoča ali omejuje človekove dejavnosti. Arheološka analiza kraške vernakularne arhitekture se tako ne osredotoča zgolj na materialne ostanke, temveč jih razumemo predvsem kot materialno sled in medij preteklega družbenega življenja ljudi. Ker so bile stavbe vsaj deloma izdelane z mislijo na določeno rabo in so nastale pod različnimi vplivi in pogoji, se razlikujejo glede na obliko, velikost, kompozicijo, teksture, lego, način gradnje, uporabo idr. Na podlagi teh materialnih lastnosti, lahko poskušamo razumeti družbene vzroke, ki so pripeljali do situacije, kot jo vidimo danes. Pri tem si lahko pomagamo s primerjavo podobnih struktur tako v sinhroni, kot diahroni dimenziji (Barcelò 2010, 437–438).

Suhozidne gradnje so v različnih oblikah na naših in okoliških tleh prisotne že tisočletja. Najsi so to prazgodovinska gradišča, njihova obzidja in grobnice, mejni zidovi, zidovi za usmerjanje in zadrževanje drobnice, groblje in griže nastale kot posledica odstranjevanja kamena z rodovitne zemlje ali zatočišča za pastirje in druga vernakularna arhitektura, vsa dajejo pokrajini značilen pečat in jo na ta način sooblikujejo. Ohranjanje takšne arhitekture

in ozaveščanje o njej je zahtevno. Slogovno sorodna gradnja skozi dolga obdobja, njena preuporaba in pomanjkanje arheoloških raziskav pa otežujejo tudi nadaljnje proučevanje tega področja. V upanju na izboljšanje stanja kot eno izmed možnosti dokumentiranja in ozaveščanja javnosti predlagamo 3D digitalizacijo, kot je bila predstavljena v našem sestavku. Ta lahko služi kot orodje za predstavitve in tudi proučevanje tovrstne arhitekture. Prav 3D digitalizacija omogoča kar najbolj celosten posnetek trenutnega stanja ostalin in hkrati predstavlja potencial za nadaljnje raziskave. Hkrati je treba poudariti, da 3D digitalizacija ne more nadomestiti tradicionalnih tehnik dokumentiranja, temveč jih dopolnjuje, nekatere med njimi pospeši ter odpira nove možnosti proučevanja, analize in interpretacije. Trenutno je uporaba 3D modelov omejena predvsem na dokumentarni in predstavitveni nivo, medtem ko uporaba za potrebe analize še ni izkoriščena. Razloge gre iskati predvsem v relativno novem pojavu omenjenih tehnik na področju arheologije, njihovem nepoznavanju ter pomanjkanju analitičnih orodij. Slednja so večinoma proizvod industrije in namenjene obratnemu inženirstvu, zato niso bila delana z mislijo na arheološka vprašanja. Poleg tega so različna orodja, ki bi utegnila zanimati arheologe, razkropljena po različnih plačljivih programskih opre mah. Ne le cena, tudi tehnično poznavanje programov omejuje delo in raziskovalne možnosti pri izkoriščanju 3D tehnologij, zato je na tem mestu potrebno sodelovanje med arheologi in tehničnimi strokovnjaki. V praksi je pogosto tako, da zaradi pomanjkanja ustrezne komunikacije arheologi ne vedo, česa je današnja tehnologija zmožna, na katera vprašanja lahko pomaga odgovoriti, medtem ko strokovnjaki s področja 3D tehnologij ne vedo, kaj arheologi potrebujejo. Kljub temu se v zadnjem času pojavljajo objave, v katerih avtorji izkoriščajo 3D digitalizacijo ne le za potrebe dokumentacije in predstavitve, temveč tudi v raziskovalne namene (npr. Ioannides, Quak 2014; Koehl, Berger 2011; Murphy et al. 2013). Naj za koncu izpostavimo še, da še tako natančne izmere in izračuni, ki jih nudi 3D tehnologija sami po sebi nimajo posebne vrednosti, dokler niso vključeni v širšo arheološko interpretacijo.

Three-dimensional documentation of the dry-stone architecture of the Kras and Istria regions

(Summary)

The Kras and Istria regions are rich in stone, a natural resource that has been used as building material for thousands of years. The dry-stone building technique has been documented from prehistory onwards, when hillforts and tombs were erected using this technique. In the centuries that followed, dry-stone construction was used to put up all kinds of barriers, shepherd's shelters and even houses. The extensive use of stone has led to a gradual transformation and creation of a specific landscape on karst terrain that, reciprocally, influences human lives and either stimulates or curbs human activities.

Because of natural factors and various anthropogenic activities, this dry-stone cultural heritage has come under threat. It should therefore be documented as exhaustively as possible in order to safeguard its present state and also monitor its decay. To this end, three-dimensional (3D) image-based digitization was tested in two case studies: the Bronze Age hillfort on Monkodonja near Rovinj (Istria, Croatia) and an early 20th century shepherd's house in the Kras (Slovenia). Using hundreds of digital photographs, textured 3D models were created with Agisoft PhotoScan Professional and afterwards processed in various other 3D programmes.

Such 3D models are today mostly used for documentation and presentation purposes, whereas their use for a detailed archaeological analysis and interpretation has not yet been fully exploited. In the case of the dry-stone architecture, the value of 3D models is revealed by new investigation possibilities that enable the assessment of dry-stone construction techniques, functional and cultural aspects of those constructions and even social interactions among their users. Building characteristics and construction phases, amount of building material, building time, as well as functional and cultural preferences of the builders can be extracted from volume calculations, automatic cross sections and rainfall simulations. Use-wear traces that can now be visualized in 3D might reveal construction areas (or parts of them) that were more frequently used, which in turn allows us to derive information on the habitation of a construction: in which part did the inhabitants stay the longest and how they moved in, out and through the construction. Based on this, one could (in some cases) further speculate about the kinds of social relationships that were established among the people that frequented the construction. Such social interactions were not only dependent on the type of con-

struction those people lived in, but were also determined by the construction's position in the wider landscape. The latter can be investigated by inserting the 3D model into its virtual environment. As such, a complete virtual reconstruction is created, in which various simulations and measurements enable a better understanding of post-depositional processes, possible destructions and other deformations that help in retelling the biography of the construction.

Image-based 3D models offer new possibilities that enable novel research approaches and archaeological interpretations. However, their potential has not yet been fully exploited given the fact that they are too often considered merely as accurate means to document historical remains or extract simple measurements. This contribution shows the archaeological possibilities of image-based 3D models when they are not seen solely as a documentation or measuring tool, but a true source from which new archaeological interpretations can be derived. To this end, the information extracted from 3D models has to be included in the overall archaeological interpretation of the past, otherwise even the very accurate measurements and calculations have no added value.

Literatura / References

- ALCOCK, N. W. 2010, *A bibliography of vernacular architecture*. Aberystwyth.
- AL-RUZOUQ, R. 2012, Photogrammetry for Archaeological Documentation and Cultural Heritage Conservation. – V/In: D. Carneiro da Silva (ur./ed.), *Special Applications of Photogrammetry*. – InTech, 97–110; (http://cdn.intechopen.com/pdfs/36196/InTech-Photogrammetry_for_archaeological_documentation_and_cultural_heritage_conservation.pdf)
- BALZANI, M., G. GALVANI, F. MAIETTI, N. SANTOPUOLI 2013, The 3D Morphometric Survey as Efficient Tool for Documentation and Restoration in Pompeii. The Research Project of Via dell' Abbondanza. – V/In: H. G. Bock, W. Jäger, M. J. Winckler (ur./ed.), *Scientific computing and cultural heritage. Contributions in computational humanities*. – Contributions in mathematical and computational sciences 3, Heidelberg, New York, 187–193.
- BARCELÒ, J. A. 2010, Automatic Archaeology: Bridging the Gap between Virtual Reality, Artificial Intelligence, and Archaeology. – V/In: F. Cameron, S. Kenderdine (ur./eds.), *Theorizing digital cultural heritage. A critical discourse*, Cambridge, Mass, 437–455.
- BATTAGLIA, R. 1926, Ricerche paleontologiche e folkloristiche sulla casa istriana primitiva. – *Atti e memorie della Società istriana di archeologia e storia patria* 38/2, 33–79.
- BELINGAR, E. 2011, Uporaba kamna v življenju Kraševcev. – *AR arhitektura, raziskave* 3, 71–78.
- BOLTIN, E. 1958–1959, Kaštelir nad Kortami. – *Varstvo spomenikov* 7, 279, 293.
- BOLTIN, E. 1960–1961, Kaštelir pri Dvorih. – *Varstvo spomenikov* 8, 195.
- BRATINA, P. 2001, Tomaj. – *Varstvo spomenikov* 38, 135–136.
- BURŠIĆ MATIJAŠIĆ, K. 2008, *Gradinska naselja. Gradine Istre u vremenu i prostoru*. Zagreb.
- BURŠIĆ MATIJAŠIĆ, K., H. ŽERICIĆ 2013, Pogrebni obredi i ukopi na istarskim gradinama u brončano doba. – *Tabula* 11, 67–92.
- CAMPANA, S. 2014, 3D modelling in archaeology and cultural heritage. Theory and best practice. – V/In: F. Remondino, S. Campana (ur./eds.), *3D Recording and Modelling in Archaeology and Cultural Heritage. Theory and best practices*. – British Archaeological Reports. International Series S2598, 7–12.
- CH'NG, E., V. GAFFNEY, H. CHAPMAN (ur./eds.) 2013, *Visual Heritage in the Digital Age*. London.
- COOPER, M. A. R., S. ROBSON 2001, Theory of close range photogrammetry. – V/In: K. B. Atkinson (ur./ed.), *Close range photogrammetry and machine vision (new ed.)*, Caithness, 9–51.
- CUNJA, R. 1992, Zgodovinski oris arheoloških raziskav na Koprskem. – *Annales* 2 (92), 67–86.
- ČOVIĆ, B. 1983, Srednje bronzana doba u Istri. – V/In: A. Benac (ur./ed.), *Praistorija Jugoslovenskih zemalja, Bronzano doba IV*, Sarajevo, 233–241.
- D'ANDREA, A., K. FERNIE 2013, CARARE 2.0: a metadata schema for 3D Cultural Objects. – V/In: *Proceedings of the 2013 Digital Heritage International Congress (DigitalHeritage). Federating the 19th Int'l VSM, 10th Eurographics GCH, & 2nd UNESCO Memory of the World Conferences, plus special sessions from CAA, Arqueologica 2.0, Space2Place, ICOMOS, ICIP & CIPA, EU projects, et al. International Conference on Virtual Systems and MultiMedia; Eurographics Workshop on Graphics and Cultural Heritage*, Marseille, 137–143; (http://download.springer.com/static/pdf/719/art%253A10.1007%252Fs00799-014-0125-z.pdf?auth66=1415879371_a86e692add517dcece1b2b11bcde912f&ext=.pdf.)
- DE LUCA, L., P. VERON, M. FLORENZANO 2006 Reverse engineering of architectural buildings based on a hybrid modeling approach. – *Computers & Graphics* 30 (2), 160–176.
- DE REU, J., P. DE SMEDT, D. HERREMANS, M. VAN MEIRVENNE, P. LALOO, W. DE CLERCQ 2014, On introducing an image-based 3D reconstruction method in

- archaeological excavation practice. – *Journal of Archaeological Science* 41, 251–262.
- DELL'UNTO, N. 2014 The Use of 3D models for intra-site investigation in archaeology. – V/In: F. Remondino, S. Campana (ur./eds.), *3D Recording and Modelling in Archaeology and Cultural Heritage. Theory and best practices*. – British Archaeological Reports. International Series S2598, Oxford, 151–158.
- DOERR, M. 2009, Ontologies for Cultural Heritage. – V/In: S. Staab, R. Studer (ur./eds.), *Handbook on ontologies*, International handbooks on information systems, Berlin, 463–486.
- DULAR, J. 1999, Naselja in bivališča. – V/In: B. Avbelj (ur./ed.), *Zakladi tisočletij. Zgodovina Slovenije od neandertalcev do Slovanov*, Ljubljana, 81–83.
- FABEC, T., M. VINAZZA 2014, Štanjel. – V/In: B. Teržan, M. Črešnar (ur./eds.), *Absolutno datiranje bronzaste in železne dobe na Slovenskem/Absolute dating of the bronze and iron ages in Slovenia*. – Katalogi in monografije 40, 595–602.
- FAI, S., K. GRAHAM, T. DUCKWORTH, N. WOOD, R. ATTAR 2011, Building information modelling and heritage documentation. – V/In: K. Pavelka (ur./ed), *XXII-Ird International CIPA Symposium*, Praga.
- FELLNER, D. W., S. HAVEMANN, P. BECKMANN, X. PAN 2011, Practical 3D Reconstruction of Cultural Heritage Artefacts from Photographs – Potentials and Issues. – *Virtual Archaeology Review* 2 (4), 95–103.
- FISTER, P. 1999, Arhitektura na Krasu. – V/In: M. Culiberg, M. Bijuklič (ur./eds), *Kras. Pokrajina, življenje, ljudje*, Ljubljana, 251–259.
- FLEGO, S., L. RUPEL 1993, *Prazgodovinska gradišča tržaške pokrajine*. Trst.
- FLYNN, B. 2011, *The complete guide to building with rocks & stone. Stonework projects and techniques explained simply*. Ocala.
- GALLAGHER, A. R., J. PIAZZA, S. MALONE 2008, *Building dry-stack stone walls*. Atglen.
- GINI, R., D. PAGLIARI, D. PASSONI, L. PINTO, G. SONA, P. DOSSO 2013, UAV photogrammetry: block triangulation comparisons. – *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, Volume XL-1/W2, 157–162.
- GROSMAN, L., G. SHARON, T. GOLDMAN NEUMAN, O. SMIKT, U. SMILANSKY 2013, 3D Modeling: New Method for Quantifying Post-depositional Damages. – V/In: H. G. Bock, W. Jäger, M. J. Winckler (ur./eds.), *Scientific computing and cultural heritage. Contributions in computational humanities*. – Contributions in mathematical and computational sciences 3, Heidelberg, New York, 11–20.
- GUŠTIN, M. 2011, Gradišča. Odsevi prazgodovinske poselitve. – *AR arhitektura, raziskave* 3, 27–32.
- HÄNSEL, B., D. MATOŠEVIĆ, K. MIHOVILIĆ, B. TERŽAN 2007, O socijalnoj arheologiji brončanog utvrđenog naselja i grobova na Monkodonji. – *Histria Archaeologica* 38–39, 81–122.
- HÄNSEL, B., K. MIHOVILIĆ, B. TERŽAN, B. 1997, Monkodonja. Utvrđeno protourbano naselje starijeg i srednjeg brončanog doba kod Rovinja u Istri. – *Histria Archaeologica* 28, 37–107.
- HÄNSEL, B., B. TERŽAN 1999, Brončanodobna kupolasta grobnica mikenskog tipa u Istri. – *Histria Archaeologica* 30, 69–107.
- HÄNSEL, B., B. TERŽAN 2000, Ein bronzezeitliches Kuppelgrab außerhalb der mykenischen Welt im Norden der Adria. – *Praehistorische Zeitschrift* 75 (2), 161–183.
- HARTLEY, R., A. ZISSERMAN 2008, *Multiple view geometry in computer vision*. Cambridge.
- HATTON, T. J., B. E. BRAY 2010, Long run trends in the heights of European men, 19th–20th centuries. – *Economics and human biology* 8 (3), 405–413.
- HORNING A., D. HICKS 2006, Historical Archaeology and Buildings. – V/In: M. Beaudry, D. Hicks (ur./eds.), *Cambridge Companion to Historical Archaeology*, Cambridge, 273–293.
- IOANNIDES, M., E. QUAK 2014, *3D Research Challenges in Cultural Heritage*. Berlin, Heidelberg.

- JOHNSON, M. 2010, *English houses, 1300-1800. Vernacular architecture, social life*. Harlow, England, New York.
- JUVANEC, B. 2004, Vernakularna arhitektura ali kompleksnost preprostosti. – *AR arhitektura, raziskave* 1, 16–21.
- JUVANEC, B. 2005, *Kamen na kamen*. Ljubljana.
- JUVANEC, B. 2011, Kamen, Kras, arhitektura. – *AR arhitektura, raziskave* 3, 5–14.
- JUVANEC, B. 2013, *Arhitektura Slovenije 5. Vernakularna arhitektura, Kraški svet*. Ljubljana.
- KLADNIK, D., I. REJEC BRANCELJ 1999, Družbeno-geografski oris. – V/In: M. Culiberg, M. Bijuklič (ur./eds), *Kras. Pokrajina, življenje, ljudje*, Ljubljana, 191–216.
- KOEHL, M., S. BERGER 2011, 3D model supports archaeological knowledge base. – V/In: K. Pavelka (ur./ed.), *XXIIIrd International CIPA Symposium*. Praga.
- KOLOMENKIN, M., I. SHIMSHONI, A. TAL 2011, Prominent Field for Shape Processing and Analysis of Archaeological Artifacts. – *International Journal of Computer Vision* 94 (1), 89–100.
- KRANJC, A. 2005, Kratka zgodovina gozda na Krasu. – V/In: A. Mihevc (ur./ed.), *Kras. Voda in življenje v kamniti pokrajini*, Ljubljana, 141–148.
- LEDINEK LOZEJ, Š. 2006, Raziskave stavbarstva in bivalne kulture Vipavske doline. Pregled poglobitnih virov in literature pred drugo svetovno vojno. – *Traditiones* 1 (35), 219–245.
- LOCK, G. R. 2003, *Using computers in archaeology. Towards virtual pasts*. London, New York.
- McRAVEN, CH. 1997, *Stonework. Techniques and projects*. Pownal.
- McRAVEN, CH. 1999, *Building stone walls*. A Storey country wisdom bulletin A-217, Pownal.
- MIHOVIČIĆ, K., B. TERŽAN, B. HÄNSEL, D. MATOŠEVIĆ, C. BECKER 2002, *Rovinj i okolica prije Rima/Rovigno e dintorni prima dei Romani / Rovinj und seine Umgebung vor den Römern*. Kiel.
- MURPHY, M., E. MCGOVERN, S. PAVIA 2013, Historic Building Information Modelling – Adding intelligence to laser and image based surveys of European classical architecture. – *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing* 76, 89–102.
- NOCERINO, E., F. MENNA, F. REMONDINO 2014, Accuracy of typical photogrammetric networks in cultural heritage 3D modeling projects. – *International Archives of the Photogrammetry and Remote Sensing and Spatial Information Sciences* XL-5, 465–472.
- NOVAKOVIĆ, P., P. TURK 1991, Kamen na kamen palača. Izkopavanja gradišča na Krasu. – *Arheo* 12, 57–68.
- NOVAKOVIĆ, P. 2001, *Prostorska in pokrajinska arheologija: študija na primeru Krasa*. Doktorska disertacija. Univerza v Ljubljani, Filozofska fakulteta, Oddelek za arheologijo (neobjavljeno).
- ORENI, D., B. CUCA, R. BRUMANA 2012, Three-Dimensional Virtual Models for Better Comprehension of Architectural Heritage Construction Techniques and Its Maintenance over Time. – V/In: M. Ioannides, D. Fritsch, J. Leissner, R. Davies, F. Remondino, R. Caffo (ur./eds.), *Progress in Cultural Heritage Preservation. Proceedings of the 4th International Conference, EuroMed 2012. EuroMed2012. Lemessos, Cyprus, October 29-November 3, 2012*. – Lecture notes in computer science 7616, Berlin, Heidelberg.
- OSMUK, N. 1977, Tabor pri Vrabčah. – *Varstvo spomenikov* 21, 194–195.
- OSMUK, N. 1995, Tomaj. – *Varstvo spomenikov* 35, 166.
- PANJEK, A. 2006, *Človek, zemlja, kamen in burja. Zgodovina kulturne krajine Krasa (oris od 16. do 20. stoletja)*. Koper.
- PARKER PEARSON, M., C. RICHARDS 1996, *Architecture & order. Approaches to social space*. London, New York.
- PAVLIN, P. 1987, Pomjan. – *Varstvo spomenikov* 29, 250–251.
- PETRU, P. 1975, Martinišče. V/In: *Arheološka najdišča Slovenije*, 137.

- PLETS, G., W. GHEYLE, G., VERHOEVEN, J. DE REU, J. BOURGEOIS, J. VERHEGGE, B. B. STICHELBAUT 2012 Three-dimensional recording of archaeological remains in the Altai Mountains. – *Antiquity* 86 (333), 884–897.
- QUATEMBER, U., B. THUSWALDNER, R. KALASEK, B. BREUCKMANN, C. BATHOW 2013, The Virtual and Physical Reconstruction of the Octagon and Hadrian's Temple in Ephesus. – V/In: H. G. Bock, W. Jäger, M. J. Winckler (ur./eds.), *Scientific computing and cultural heritage. Contributions in computational humanities*. – Contributions in mathematical and computational sciences 3, Heidelberg, New York, 217–228.
- RENČELJ, S., L. LAH 2008, *Kraška hiša in arhitektura Krasa. Med očarljivostjo in vsakdanom*. Koper.
- RESTUCCIA, F., C. FIANCHINO, M. GALIZIA, C. SANTAGATI 2012, The stone landscape of the Hyblaean Mountains: the geometry, structure, shape and nature of the muragghio. – V/In: G. Tampone, R. Corazzi, E. Mandelli (ur./eds.), *Domes in the world. Congress Proceedings. Florence, 19.–23. March 2012*, Firenze.
- ROBERTSON, D. P., R. CIPOLLA 2009, Structure from Motion. – V/In: M. Varga (ur./ed.), *Practical image processing and computer vision*. New York; (<http://mi.eng.cam.ac.uk/~cipolla/publications/contributionToEditedBook/2008-SFM-chapters.pdf>)
- SAKARA SUČEVIĆ, M. 2012a, *Prazgodovinska keramika med Miljskim zalivom in Porečjem Mirne*. Doktorska disertacija. Univerza na Primorskem, Fakulteta za humanistične študije Koper, Koper (neobjavljeno).
- SAKARA SUČEVIĆ, M. 2012b, Novejša spoznanja o prazgodovinski poselitvi slovenke obale. – V/In: A. Gaspari, M. Erič (ur./eds.), *Potopljena preteklost. Arheologija vodnih okolij in raziskovanje podvodne kulturne dediščine v Sloveniji: zbornik ob 128-letnici Dežmanovih raziskav Ljublanice na Vrhniku (1884–2012)*, Radovljica, 91–100.
- SEDEJ, I. 1988/1990, Stavbarstvo depriviligiranih družbenih slojev na Slovenskem v devetnajstem stoletju. – *Slovenski etnograf* 33/34, 301–328.
- SIOTTO, E., D. VISINTINI 2013, 3D Texture Modeling of an Important Cycle of Renaissance Frescoes in Italy. – V/In: H. G. Bock, W. Jäger, M. J. Winckler (ur./eds.), *Scientific computing and cultural heritage. Contributions in computational humanities*. Contributions in mathematical and computational sciences 3, Heidelberg, New York, 229–237.
- SLAPŠAK, B. 1974a, Lukovec. – *Varstvo spomenikov* 17–19/1, 188.
- SLAPŠAK, B. 1974b, Škrbina. – *Varstvo spomenikov* 17–19/1, 191–192.
- SLAPŠAK, B. 1999, Slovenski Kras v poznejši prazgodovini in v rimski dobi. – V/In: M. Culiberg, M. Bijuklič (ur./eds.), *Kras. Pokrajina, življenje, ljudje*, Ljubljana, 145–164.
- STRUBULIS, CH., G. FLOURIS, Y. TZITZIKAS, M. DOERR 2014, A case study on propagating and updating provenance information using the CIDOC CRM. – *International Journal on Digital Libraries* 15 (1), 27–51.
- TERŽAN, B. 1999, Oris obdobja kulture žarnih grobišč na Slovenskem. – *Arheološki vestnik* 50, 97–143.
- TERŽAN, B., P. TURK 2005, The Iron Age Tower upon Ostri Vrh. – V/In: G. Bandelli, E. Montagnari Kokelj (ur./eds.), *Carlo Marchesetti e i castellieri 1903–2003. Atti del Convegno Internazionale di Studi. Castello di Duino. Trieste, 14.–15. 11. 2003*, Trieste, 339–353.
- TERŽAN, B., P. TURK 2006, Kraški opazovalni in obrambni stolpi iz železne dobe. – *Revija Kras* 77, 20–23.
- TERŽAN, B., P. TURK 2014, Ostri vrh pri Štanjelu. – V/In: B. Teržan, M. Črešnar (ur./eds.), *Absolutno datiranje bronaste in železne dobe na Slovenskem/Absolute dating of the bronze and iron ages in Slovenia*. Katalogi in monografije 40, Ljubljana, 603–610.
- THORSON, R. M. 2002, *Stone by stone. The magnificent history in New England's stone walls*. New York.
- VERHOEVEN, G., M. DONEUS, Ch. BRIESE, F. VERMEULEN 2012, Mapping by matching: a computer vision-based approach to fast and accurate georeferencing of archaeological aerial photographs. – *Journal of Archaeological Science* 39 (7), 2060–2070.

VINAZZA, M. 2011, *Prazgodovinski Štanjel na Krasu – izkopavanja 2010*. Diplomsko delo. Univerza v Ljubljani, Filozofska fakulteta, Oddelek za arheologijo, Ljubljana (neobjavljeno).

VINAZZA, M. 2014, Tehnike gradnje suhega zidu v prazgodovini na Krasu. – V/In: D. Kranjc (ur./ed.), *Zid na suho: Zbornik strokovnih spisov o kraškem suhem zidu / Murro a secco: raccolta di testi tecnici sui muri a secco del Carso*, Škocjan, 47–55.

VIVIAN, J. 1978, *Building stone walls*. Pownal.

WENZEL, K., M. ROTHERMEL, D. FRITSCH, N. HAALA 2013, Image acquisition and model selection for multi-view stereo. – *3D Virtual Reconstruction and Visualization of Complex Architectures. 5th ISPRS International Workshop. Trento, Italy, 25–26 February*. 3D-ARCH2013, Trento, 251–258.

ZUPANČIČ, D. 2003, Vernakularna arhitektura in ekonomika gradnje. – *AR arhitektura, raziskave* 1, 60–63.
