

# Digitalne tehnologije u istraživanju materijalne kulturne baštine. Primjer recentnih istraživanja na otoku Rabu

IVOR KRANJEC

Pregledni rad  
FILOZOFSKI FAKULTET U ZAGREBU  
MEĐUNARODNI ISTRAŽIVAČKI CENTAR ZA  
KASNU ANTIKU I SREDNJI VIJEK  
IVANA LUČIĆA 3, 10000 ZAGREB  
kranjec.ivor@gmail.com

*Tijekom zadnjih su pola stoljeća razni procesi drastično izmijenili jadranski krajolik te negirali povijesnu mrežu lokaliteta i komunikacija u prostoru. Time je u velikoj mjeri onemogućeno proučavanje materijalnih tragova transformacije pejzaža tradicionalnim istraživačkim metodama. Rapidno nestajanje materijalne baštine stoga zahtijeva nov pristup koji uključuje implementaciju suvremenih tehnologija, a koje upotpunjuju tradicionalne istraživačke metode, pružajući alternativne načine čuvanja i prezentacije naslijeđa.*

*Rad na primjerima istraživanja pokretne i nepokretne kulturne baštine otoka Raba provedenima unazad nekoliko godina propituje poimanje materijalnoga i što materijalnost spomeničke baštine konkretno predstavlja u suvremenome društvenom kontekstu. Donosi pregled trenutnoga stanja istraživanja te predstavlja mogućnosti koje suvremene tehnologije nude u istraživanju, dokumentaciji i prezentaciji spomeničke baštine. [1]*

*Ključne riječi:* povijesni krajolik, Rab, digitalizacija, digitalna transformacija, 3D tehnologija

Svaki materijalni objekt koji danas percipiramo kao dio baštine, bez obzira na to što njegov materijal, tip, veličinu ili namjenu, treba shvatiti kao objekt smješten u beskonačnoj mreži interakcije pojedinaca i/ili društva u određenome povijesnom trenutku. Stvarna vrijednost ne leži u samome objektu, nego je konstruirana tijekom perioda korištenja i interakcije s društvenom okolinom. [2] Shvaćajući djela na taj način, a ne kao izolirane objekte lišene izvornoga konteksta (povijesnog, društvenog, prostornog, ekonomskog...), otvara nam se znatno širi spektar pitanja i mogućih smjerova istraživanja. Sačuvana je materijalna forma koju danas proučavamo samo jedan dio znatno kompleksnije slike koju treba ponovno otkriti, krajnja posljedica niza povijesnih događaja, odluka, djelovanja i društvenih kretanja, a u čije dešifriranje krećemo od same materijalne forme. Materijalnost je baštine dvojaka; s jedne

strane stoji materijalna forma, opipljiva materija. S druge nematerijalni kontekst spomenika, njegove povijesne i suvremene uloge u društvu i njegovo postojanje kao ideja u društvu. Stoga bismo mogli zaključiti kako je krajnji predmet našega istraživanja ne sama materijalna baština – ona je tek prvi korak i jedna od slagalica povijesne slike – nego znatno važniji nematerijalni kontekst u kojemu su objekti nastajali i živjeli.

Prisutnost nekoga materijala, primjerice ulomaka liturgijskoga namještaja na određenome području, može implicirati na značajan potencijal lokaliteta i otvoriti šira pitanja od samih objekata proučavanja – pitanje naručitelja i isporučitelja; specifične uloge tih ulomaka; simbolike u prostoru; organizacije njihova proizvodnog procesa; eventualnoga transporta i distribucije; značaja za lokalnu sredinu, ali i šire geografsko područje; društvenih slojeva koji su bili

vezani sa skulpturom; povijesnih kretanja koja su rezultirala produkcijom skulpture.

\* \* \* \* \*

Primjer takvog pristupa jest ciklus istraživačkih kampanja provedenih u sklopu znanstvenih istraživanja Međunarodnoga istraživačkog centra za kasnu antiku i srednji vijek Sveučilišta u Zagrebu u suradnji sa Sveučilištem u Padovi 2015. –2016. godine na otoku Rabu, o čijim će rezultatima biti riječi u ovome radu kako bi se propitale mogućnosti koje suvremene digitalne tehnologije nude u istraživanju, dokumentaciji i prezentaciji spomeničke baštine. [3]

Na sjevernome kraju Barbatskoga kanala, još u antici aktivnomu pomorskom putu prema urbanome središtu Arbi, o čemu svjedoče brojni sporadični nalazi na istočnoj obali koji ukazuju na postojanje niza antičkih objekata, [4] u predjelu Banjol istraživači su uočili koncentraciju ulomaka kamene skulpture. [5] U dvorištima kuća oko polja znakovita imena „Lovri-jenac“ pronađeni su ulomak skulpture s pretpostavljenim motivom ribe, vapnenački pilastar s uklesanim motivom križa te nekoliko ulomaka stupića od zelenkastoga prokoneškoga mramora (vjerojatno od oltarne ograde), uključujući zanimljiv korintski kapitel. [6] Pretpostavke o značajnome arheološkom potencijalu lokaliteta potvrdili su i ostaci zidanih struktura među suhozidima terasa, kao i svjedočanstva stanovništva o nalazima grobnica. [7] Dvije su kampanje arheoloških istraživanja potvrdile pretpostavke te su rezultirale pronalaskom monumentalne kasnoantičke crkve (Sv. Lovro?) s kasnijom fazom. [8] Pravilno orijentirana kasnoantička građevina jednostavne je tlocrtne dispozicije izduženoga pravokutnika (33 x 14 m) s vestibulom na zapadnome kraju i upisanom apsidadom sa slobodnostojećim synthronom na istočnome. Vanjski je zidni plašt raščlanjen pravilnim pilastrima, dok je s južne strane dokazano postojanje četverokutne prostorije. U određenome je trenutku jednostavna jednobrodna crkva s polukružnom apsidadom izgrađena unutar veće, starije crkve dok su njezini vanjski zidovi još uvijek stajali u elevaciji. Najzanimljiviji je detalj druge građevne faze otkriven na sjevernome ramenu apside. Dobro sačuvan kasnoantički korintski kapitel, najvjerojatnije iz prve faze crkve, iskorišten je kao spolij i okomito je ugrađen u vanjski ugao. [9] Uz kapitel, prije spomenuti pilastar i ulomke od prokoneškoga mramora (kojima treba pridodati i ulomak baze stupića od istoga materijala pronađen u arheološkome sloju svetišta), u obližnjoj je kući pronađen i ulomak pluteja dekoriranoga s objiju strana. Ulomak dimenzija 40 x 31 cm i sačuvanoga gomjeg ruba s jedne strane dekoriran geometrijskim motivima prepletenih kružnica, a s druge slabo vidljivom naznakom križa u kružnici, upotpunjuje zbirku reprezentativnih nalaza liturgijske opreme banjolskoga Sv. Lovre. (sl. 1)



Otkriće je monumentalnoga sakralnog objekta i pripadajuće liturgijske opreme uvelike promijenilo naše shvaćanje mikrotopografske situacije Banjola. Novu interesnu točku na otočnome teritoriju treba sagledati u lokalnome kontekstu, u odnosu na tada već formiranu biskupiju te u odnosu na način funkcioniranja povijesnoga krajolika Raba u vremenu kasne antike. [10] Na temelju rezultata dosadašnjih istraživanja poznato nam je kako kasnoantički horizont doživljava transformaciju upravo oko 6. stoljeća kada su se utvrđivali grad Rab, rimska vila na Kašteli ni na sjeverozapadu otoka te kada se podizala bizantska utvrda Svetih Kuzme i Damjana na strateškome položaju iznad Barbata. [11] Uz pretpostavljenu je kasnoantičku fazu lokaliteta Sv. Petra u Supetarskoj dragi i Sv. Stjepana na Barbatu moguće rekonstruirati mrežu međusobno povezanih istaknutih točaka prilagođenu specifičnostima terena po cijelome otoku.

Povijesni izvori zasad ne rasvjetljuju najraniju povijest Sv. Lovre, no krenemo li tragom kamenoga materijala, istoga onog koji je istraživače potaknuo na otkrivanje spomenika, crkvu možemo smjestiti i u znatno širi povijesno-geografski kontekst.

U literaturi se prisutnost istočnjačkoga mramora na istočnojadranskoj obali tijekom kasne antike ponajprije veže za značajnije centre te je posljedica napora Konstantinopola da povрати svoj politički utjecaj na Sredozemlju. Istočnjačka skulptura islesana u skupocjenome mramoru bilo da je riječ o importu gotovih komada namještaja bilo onih koji svoju konačnu formu dobivaju u lokalnim radionicama simbolički prezentira moć Carstva i, pogotovo u 6.

Sl. 1.  
Crkva Sv. Lovre.  
Ulomci liturgijskoga  
namještaja (foto: I.  
Kranjec)

stoljeću, ekspanzionističku politiku cara Justinijana. [12] U impozantnome logističkom pothvatu distribucije mramornoga materijala preko Jadrana do Ravene, [13] i naši se biskupski centri (Salona, Poreč, Pula) u periodu 6. stoljeća opremaju luksuznim zelenkastim prokoneškim mramorom u diplomatskome nastojanju ujedinjavanja istočnojadranske obale. [14] S obzirom na to da su pronađeni novi ulomci liturgijskoga namještaja od istoga materijala u crkvi Sv. Lovre na Rabu, otvara se pitanje uloge ne samo te crkve, nego i rapskoga otoka, odnosno biskupije, u političkoj igri Bizanta na Jadranu. Uz same dimenzije crkve Sv. Lovre, luksuzna oprema ukazuje na imućan sloj naručitelja koji je na neki način morao biti uključen u političke i/ili crkvene elite na sjevernome Jadranu. Trag materijala doveo nas je dakle iz nekoliko privatnih banjolskih dvorišta do pitanja vezanih za međunarodne diplomatske igre Sredozemlja koje uvelike nadmašuju lokalni značaj spomenika.

\* \* \* \* \*

Tijekom stoljeća propadanja u kolektivni zaborav Sv. Lovro je u potpunosti izgubio svoju ulogu u prostoru i u rapskoj otočnoj zajednici. Konačnom su transformacijom iz monumentalnoga sakralnog sklopa u poljoprivrednu parcelu nestale sve veze s izvornim društvenim kontekstom. Pritom je kamener namještaj, nekoć sredstvo propagande, izgubio izvorno značenje. Proces nestanka, kao i nestanak brojnih drugih spomenika koji u nas još uvijek ne posustaje, mogli bismo okarakterizirati kao dematerializaciju materijalnih svjedoka minulih vremena. Ponovno otkriće struktura tijekom istraživačkih kampanja možda je „rematerializiralo“ spomenik, no samo privremeno. Nažalost, interes za prezentacijom javnosti zasad ne postoji. Lokalitet je javnosti i struci ostao dostupan isključivo preko publikacija u znanstvenoj literaturi te je na zahtjev vlasnika vraćen u prvobitno stanje. Što se tiče pronađenoga materijala, izuzev manjega lapidarija koji čeka osuvremenjivanje postava, Rab nema centraliziranu muzejsku instituciju koja na adekvatan način i na jednome mjestu može prezentirati povijest otoka te samostalno voditi istraživačke projekte. [15]

Stoga zaključujemo: na trenutak „rematerializirani“ spomenik i popratni pokretni nalazi, čiju smo povijesnu društvenu ulogu i kontekst uspostavili, i dalje čekaju redefiniranje vlastitih uloga u sadašnjemu društvu. Trenutno stanje navodi nas na pitanje: je li dovoljno što spomenik postoji samo kao materijalni objekt, ali ne postoji kao ideja u svijesti lokalne zajednice?

\* \* \* \* \*

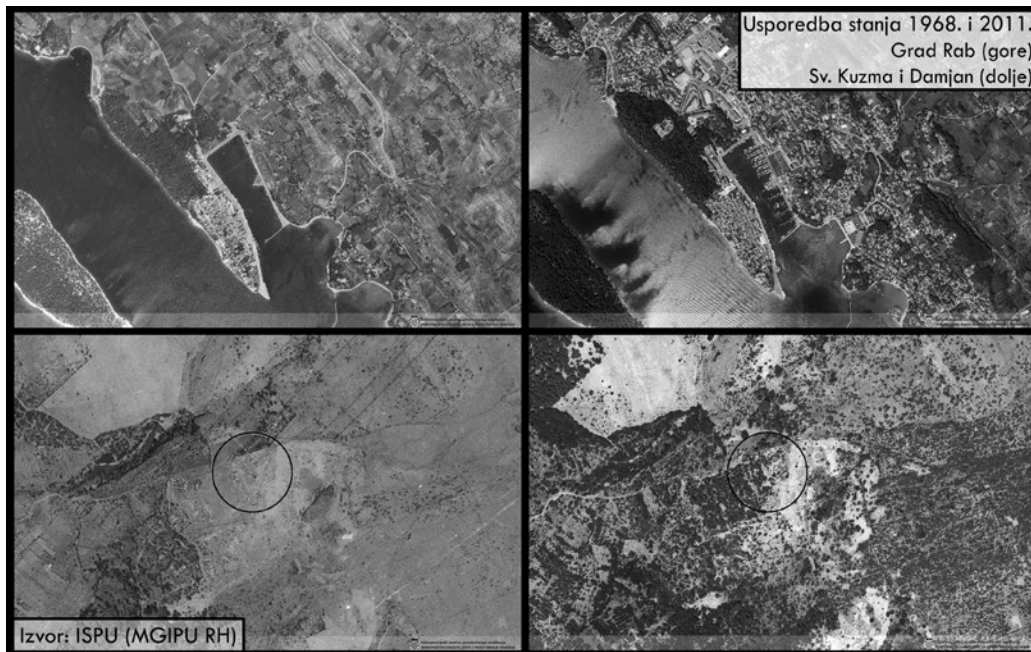
Prostorni je kontekst spomenika izrazito bitna stavka u shvaćanju njegove uloge u društvu. Kako je prije navedeno, jedna od prepoznatih vrijednosti

lokaliteta Sv. Lovre jest jasna povezanost s neposrednim prostornim kontekstom, širokom uvalom, koji je zasigurno uvjetovao pozicioniranje građevine. Krajolik Raba sadrži izraziti arheološki potencijal. Kontinuirana naseljenost te sačuvan osnovni rimski model organizacije terena s jedinim urbanim središtem i ruralnim krajolikom omogućuju definiranje izvornih prostornih konteksta spomenika i praćenje modela transformacije povijesnoga krajolika od vremena antike. [16] No kao što na primjeru Raba možemo proučavati materijalne ostatke modela naseljavanja i iskorištavanja jadranskoga otočnog krajolika u zadnjim dvama tisućljećima, istovremeno nam dozvoljava izradu modela radikalne transformacije od druge polovine 20. stoljeća do danas. Uspoređujući krajolik 19. stoljeća (koji u slučaju Raba manje-više odgovara srednjovjekovnoj, a dijelom i antičkoj situaciji) sa stanjem iz 1960-ih, promjena je vrlo mala. [17] No daljnjom usporedbom sa sadašnjim stanjem u nekim je predjelima nova situacija neprepoznatljiva. (sl. 2)

Napuštanjem poljoprivrede u drugoj se polovini 20. stoljeća zanemario ruralni krajolik, a obradive površine koje su stoljećima okruživale arhitekturu i interesne točke u prostoru zarastaju u gustu vegetaciju. S druge strane suvremeni je trend silne nekontrolirane gradnje poništio tisućljetni povijesni krajolik i izmijenio način korištenja zemljišta. [18] Za razliku od prvoga scenarija u kojemu je ipak moguće spomenicima rekonstruirati izvorni prostorni kontekst, nova gradnja trajno onemogućuje daljnja istraživanja povijesnoga krajolika i poništava izvorni ambijent. Dio baštine u tom je slučaju zauvijek izgubljen, čemu već desetljećima svjedočimo na čitavome jadranskom prostoru. Bitno je napomenuti kako se oba procesa ne zaustavljaju, naprotiv, ciklički se intenziviraju.

U takvom je okruženju osobito ugrožena pokretna baština. Kontinuirana naseljenost otoka ostavila je brojne nalaze, no recentne promjene ukazuju na potrebu žurnoga djelovanja kako se vrijedni materijalni ostaci ne bi zauvijek izgubili. Samo jedan od primjera jest liburnski cipus iz Barbata sačuvane visine 68 cm (sl. 3) koji je donedavno bio neadekvatno smješten uz glavnu prometnicu služeći kao potpora za vinovu lozu. U Hrvatskoj je dosad poznato stotinjak primjeraka toga specifičnog tipa nadgrobna spomenika, dok su na Rabu ukupno pronađena dva. [19]

Posebna vrijednost takvoga tipa spomenika nije samo u umjetničkome značaju, nego i u mogućnosti rekonstrukcije njegove priče. Najvrjedniji je element ovoga cipusa svakako natpisno polje, jer nam, osim inicijalne posvete bogovima Manima – D(is)-M(anibus) – otkriva prezime BAEBIAE. To je iznimno važan podatak, jer je porodica Baebius na Rabu pripadala imućnome sloju romanizirane elite čiji su



Sl. 2.  
Usporedba stanja  
1968. i 2011.  
godine. (izvor:  
Državna geodetska  
uprava Republike  
Hrvatske ([https://  
ispu.mgipu.hr/](https://ispu.mgipu.hr/),  
pregledano 17.  
listopada 2019.).

članovi obnašali važne funkcije u gradskome vijeću, a pretpostavlja se da su živjeli na području Kašteline. [20] Promotrimo li širu sliku, spomen Baebiusa pronaći ćemo u Aseriji na drugome primjerku cipusa, ali i u središtu Iadera, uklesan na samom forumu. Trag imena dovest će nas do najviših instanci rimske Dalmacije, jer upravo je član porodice Baebius bio prvi prokonzul senatskoga Ilirika. [21] No ni takav značaj spomenika, kao ni značaj brojnih drugih primjera materijalne baštine razasute po otočnome teritoriju, dosad nisu osigurali adekvatnu brigu o njima.

\* \* \* \* \*

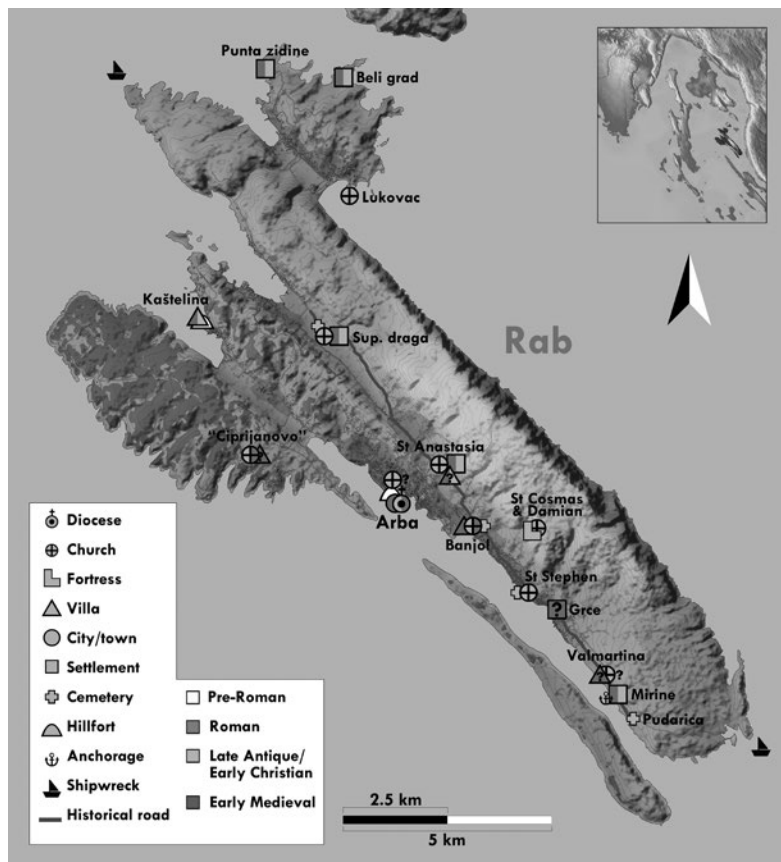
Drastične transformacije povijesnoga jadranskog krajolika u kojemu gotovo svakodnevno nestaje spomenička baština, pa i ona još neprepoznata, ukazuju na potrebu znatno učinkovitijega pristupa u procesu zaštite i prezentacije kulturne baštine. Odgovor jest možda u transformaciji (ili evoluciji?) koju su tehničke znanosti započele prije nekoliko desetljeća, a koja od 2000-ih potiče sve više rasprava i u humanistici – digitalnoj transformaciji. [22]

Sveprisutan i institucionalno prepoznat termin donosi neka od ključnih pitanja za suvremenu povijest umjetnosti. [23] Kako bismo izbjegli pogrešno shvaćanje problematike, treba oprezno pristupiti procesu i precizno definirati sljedeće: što za našu struku konkretno znači digitalna transformacija; s koje početne točke povijest umjetnosti, ali i njoj srodne znanosti pristupaju tom procesu; koje promjene možemo očekivati; koji su naši ključni interesi u „digitalnom“; na koji način možemo iskoristiti potencijal „digitalnog“ u znanstvenim istraživanjima, diseminaciji znanja i u procesu zaštite pokretne i nepokretne kulturne baštine te koji su potencijali interdisciplinarne suradnje?

U humanističkim je znanostima i dalje nejasno što konkretno znači digitalizacija. Često dolazi do zabune te brojni projekti „digitalizacije“ koriste pogrešnu terminologiju, referirajući se na proces *digitizacije* – prenošenja analognoga u digitalni oblik (primjerice prilikom procesa fotografiranja i skeniranja fotografija ili tlocrta). Proces digitizacije olakšava i ubrzava daljnje analize, obradu i dijeljenje materijala, no ne znači i potpunu *digitalizaciju*. Digitalizacija pak podrazumijeva znatno složeniji proces koji uključuje korištenje analitičkih metoda računalne



Sl. 3.  
Rapski cipus (foto:  
I. Kranjec)



Sl. 4. Karta Raba s naznačenim povijesnim lokalitetima. Autori M. Jurković, I. Kranjec. (izvor: M. JURKOVIĆ, "The Transformation of Adriatic Islands from Late Antiquity to the Early Middle Ages", *Change and Resilience: The Occupation of Mediterranean Islands in Late Antiquity*, ur. M.A. CAU ONTIVEROS, C. MAS FLORIT, Oxford-Philadelphia, 2019., 111-138.)

tehnologije i dublje analize s ciljem dobivanja novih rezultata, između ostaloga temeljenih i na radu s digitaliziranim materijalom. [24] Konkretno, za ostvarivanje digitalizacije u povijesti umjetnosti i srodnim znanostima nije dovoljno samo koristiti digitizirani materijal, nego promijeniti cjelokupni pristup čiju će srž činiti tri osnovna elementa: digitizirani sadržaj, alati za obradu digitalnih podataka (primjerice CAD – *Computer Aided Design* programi ili GIS – *Geographic Information System*) te korištenje znanstvene metode u prikupljanju, analizi i diseminaciji digitalnoga materijala. [25] Dakle osnovna razlika ovisi o tome je li konačni cilj rada isključivo prenijeti objekte u digitalni oblik (fotografiranjem ili skeniranjem dvodimenzionalnih i trodimenzionalnih objekata) ili naš znanstveno-istraživački rad od samoga početka prilagoditi novim načinima digitalne dokumentacije, organizacije sadržaja, mogućnostima analize i diseminacije podataka na temelju trenutnih dosegâ ICT (*Information and Communications Technology*) infrastrukture. [26]

\* \* \* \* \*

Međunarodni istraživački centar za kasnu antičku i srednji vijek u suradnji sa stranim partnerima u svojim je recentnim istraživanjima kulturne baštine i mapiranja transformacija povijesnoga krajolika otoka Raba uključio suvremene metode rada temeljene na dvama elementima: organizaciji podataka i pro-

stornih informacija kroz GIS podlogu (geografskoga informacijskog sustava) te suvremenim metodama trodimenzionalne digitalne dokumentacije objekata i terena. [27]

Za dokumentaciju spomeničke baštine koja uključuje prostorne informacije (položaj spomenika i objekata u prostoru, dimenzije i volumen, rasprostranjenost, kartografske podatke i sl.) GIS platforme pokazale su se kao optimalno rješenje. GIS omogućuje integraciju, interakciju i analizu raznih vrsta georeferenciranih 2D i 3D prostornih podataka, grafičkih dokumenata, parametara i atributnih podataka koje sami unosimo i organiziramo baze podataka ovisno o specifičnim potrebama istraživanja. [28] Ključan je korak naprijed u istraživanju transformacije povijesnoga pejzaža bilo prepoznavanje povijesnoga krajolika i prostornoga konteksta, a ne pojedinačnih spomenika, kao krajnjega cilja istraživanja. Stoga su paralelno korišteni svi dostupni prostorni podaci, digitalni modeli elevacije terena, povijesni i suvremeni kartografski izvori i rezultati terenskoga istraživanja koji su pružili uvid u razvoj krajolika od sredine 19. stoljeća do danas, a koji su pomogli rekonstruirati „izgubljeni“ povijesni krajolik, danas ili zarastao ili prekriven novom gradnjom. [29] Tek je takva jasno dokumentirana i organizirana prostorna situacija mogla poslužiti kao temelj za planiranje sljedećih faza istraživanja – dokumentaciju postojećega stanja materijalnih objekata i njihove neposredne okoline te konačno, rekonstrukciju objekata i povijesnoga pejzaža posredstvom virtualnoga medija. (sl. 4)

Paralelno su se s razvojem digitalnih tehnologija razvijale i metode digitalne dokumentacije objekata. Velik je napredak i značajan korak k digitalizaciji proučavanja materijalne baštine, prvenstveno arhitekture i skulpture, postignut razvojem digitalnih tehnologija trodimenzionalnoga prikupljanja i obrade prostornih podataka. [30] Naša je disciplina „prostorna“ te je u radu s 3D modelima nužno uzeti u obzir trodimenzionalnost objekata proučavanja. [31] Tehnologija je u zadnjim desetljećima konačno dosegla stupanj razvoja kada posredstvom virtualne tehnologije može izuzetno precizno definirati i replicirati 3D prostorne omjere i teksture objekata, arhitekture i terena. Iako takve tehnologije pružaju znatno veću preciznost od klasične dokumentacije, krajnji cilj njihovih korisnika nije samo unapređenje učinkovitosti (istomu teže i tradicionalne metode), nego nove mogućnosti interpretacije materijala. [32]

Što trenutna 3D digitalna tehnologija može ponuditi povijesti umjetnosti? Prvi je korak ustanoviti mogućnosti za dokumentaciju postojećega stanja. Za razliku od tradicionalnoga pristupa koji se oslanja na snimanje pojedinačnih točaka (ručnom izmjerom, totalnom stanicom i/ili GNSS uređajem), suvremene se tehnologije temelje na principu dokumentiranja „oblaka točaka“. Računalnim izračunavanjem

geometrijskih koordinata svake točke naposljetku ćemo dobiti geometrijski okvir (poligonalnu mrežu – *mesh*) koji vjerno replicira volumen dokumentiranoga objekta i naposljetku teksturu. (sl. 5) Konačan cilj 3D dokumentacije spomenika kojemu trebamo težiti jest precizno dokumentirano postojeće stanje preneseno u točan i interaktivan digitizirani model koji će sačuvati izvornu formu objekta čak i ako objekt nestane (kao što je slučaj sa Sv. Lovrom), a koji je poslije moguće uklopiti u usustavljenu digitaliziranu bazu podataka. Već je prilikom snimanja u modele moguće unijeti i georeferencirane kontrolne točke čime model postaje precizno postavljen u globalnome koordinatnom sustavu i pogodan za daljnju obradu u GIS-u. Jedna od odlika suvremenih modela jest mogućnost brzoga prebacivanja između raznih digitalnih formata, što znatno olakšava njihovu obradu i distribuciju. Ovisno o projektu model može istovremeno sadržavati složene setove podataka za stručnjake (točne geometrijske proporcije, površinsku teksturu, dokumentirane faze gradnje i stratigrafske slojeve, informacije o materijalu, poveznice s drugim spomenicima...), ali i pružiti jednostavnu vizualizaciju stanja (postojećega ili virtualno rekonstruiranoga) koja je prilagođena široj javnosti. Također set digitalnih podataka uvijek je moguće nanovo analizirati, mijenjati, preoblikovati bez gubitka izvornih podataka, što nije slučaj s tradicionalnim načinom analogne dokumentacije. [33]

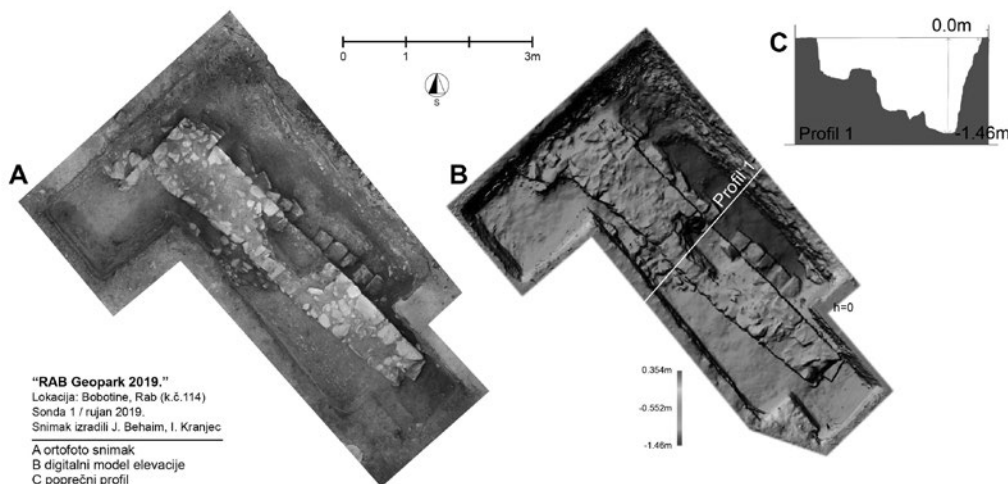
Suvremene metode prikupljanja 3D prostornih podataka dijelimo prema osnovnome principu prikupljanja podataka. Tehnologija laserskoga snimanja istovremeno odašilje velik broj zraka i submilimetarskom preciznošću mjeri koordinate objekata u prostoru, no donosi i velik trošak skupocjene opreme. Osim preciznoga dokumentiranja fizičkih objekata u elevaciji, jedan od potencijala jest mogućnost snimanja „nevidljivih“ slojeva. LiDAR (Light Detection and Imaging) koji „vidi“ površinu ispod vegetacije trenutno je vrhunac laserske tehnologije i ujedno izvrsna



Sl. 5. Mesh geometrije skulpture. Bočni portal katedrale u Splitu. (izradila: J. Behaim)

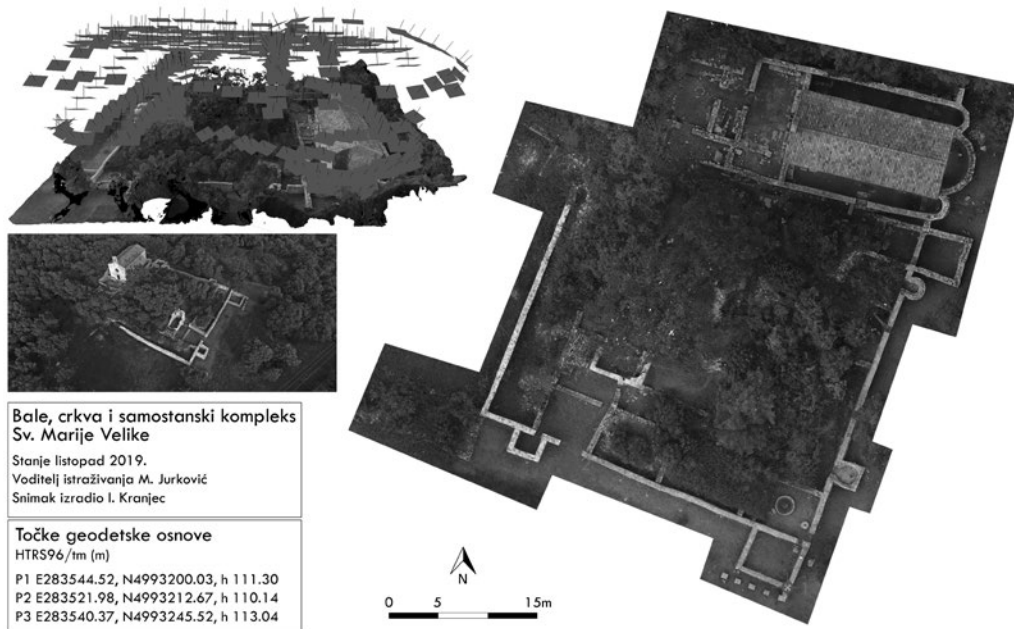
prilika za mapiranje stotina ako ne i tisuća zaraslih lokaliteta, od kojih je veliki broj unazad nekoliko desetljeća i dalje bio površinski vidljiv. [34] Rezultati zračnoga laserskog snimanja (ALS – *Airborne Laser Scanning*) zarasle površine otoka Cresa, upareni s geofizičkim istraživanjima u neposrednoj blizini Osora te podvodnim laserskim skeniranjem poteza uz obalu, izvrstan su primjer potencijala koji današnja neinvazivna tehnologija nudi za rekonstrukciju naizgled izgubljenoga antičkog, kasnoantičkog i srednjovjekovnog horizonta. [35]

Dostupnija alternativa laserskoj tehnologiji, korištena na rapskim i istarskim lokalitetima koje vodi MIC za kasnu antiku i srednji vijek, jest tehnologija digitalne 3D fotogrametrije (ili SfM – *Structure from Motion*). Prikladna je za dokumentiranje objekata svih mjerila – pojedinačnih nalaza skulpture, arhitekture, neposrednoga prostornog konteksta spomenika i terena. Kombiniranjem preklapanih digitalnih fotografija računalni program definira oblak točaka i naposljetku daje detaljnu površinsku strukturu digitalnoga 3D modela u koordinatnome sustavu iz kojeg se mogu izvući svi prostorni omjeri u realnome mjerilu. [36] (sl. 6) Digitalna je fotogrametrija vrlo



Sl. 6. Mogućnost analize digitalno dokumentiranoga materijala. Arheološko iskapanje “Rab Geopark 2019.” (autori: J. Behaim, I. Kranjec)

Sl. 7.  
Zračno  
fotogrametrijsko 3D  
snimanje Sv. Marije  
Velike u Balama.  
Izradio I. Kranjec.



prikladna i za zračna snimanja, npr. bespilotnom letjelicom, što se pokazalo učinkovitim načinom dokumentacije većih objekata. (sl. 7) Osim arhitekture, tom su metodom snimani i reprezentativni primjerci skulpture kako bi se u nedostatku prilike za adekvatnom muzealizacijom ipak mogli prezentirati javnosti. (sl. 8)

Za potpunu virtualnu rekonstrukciju povijesnoga pejzaža otoka Raba bilo je potrebno uklopiti sav digitalni materijal u GIS radi daljnje obrade, ali i konstruirati jasno razumljiv digitalni model otoka u koji se poslije mogu unijeti dokumentirani i/ili virtualno rekonstruirani objekti. (sl. 9) Virtualna je rekonstrukcija konačan korak digitalizacije koji se često poistovjećuje s virtualnom zabavom prije negoli ozbiljnim znanstvenim radom. No kako smo već prije prikazali, dvojaka priroda digitalnoga materijala omogućuje interakciju na više razina i za više skupina korisnika, od znanstvene zajednice do široke javnosti.

\* \* \* \* \*

Stvarni potencijal korištenja i obrade digitalnih 3D modela u procesu zaštite baštine realizirat će se tek kada ostvarimo napredak na četirima poljima:

1. Definiranjem osnovnoga cilja korištenja suvremene 3D digitalne dokumentacije umjesto dosadašnjih metoda. Ako suvremenu dokumentaciju koristimo kao i dosad (npr. 2D projekcijama objekata na ravninu), ona je i dalje u domeni digitaliziranoga. Tek njezino usustavljanje putem informatičke platforme koja nudi nove mogućnosti interaktivne analize i prezentacije znači i prijelaz prema digitaliziranome sadržaju.

2. Napuštanjem „dvodimenzionalnoga“ načina razmišljanja na koji smo navikli gledajući projekcije objekata na ravninu. Primjer jest način dokumentacije neke strukture – dok je ranijim pristupom osnova bila triangulacija pojedinih točaka koje bi se poslije povezivale linijama, nove metode omogućuju istovremeno dokumentiranje gustoga oblaka točaka koje vjerno reprezentiraju 3D geometriju prostora.

Sl. 8.  
3D model pluteja iz  
okolice Sv. Lovre.  
(izradio I. Kranjec)





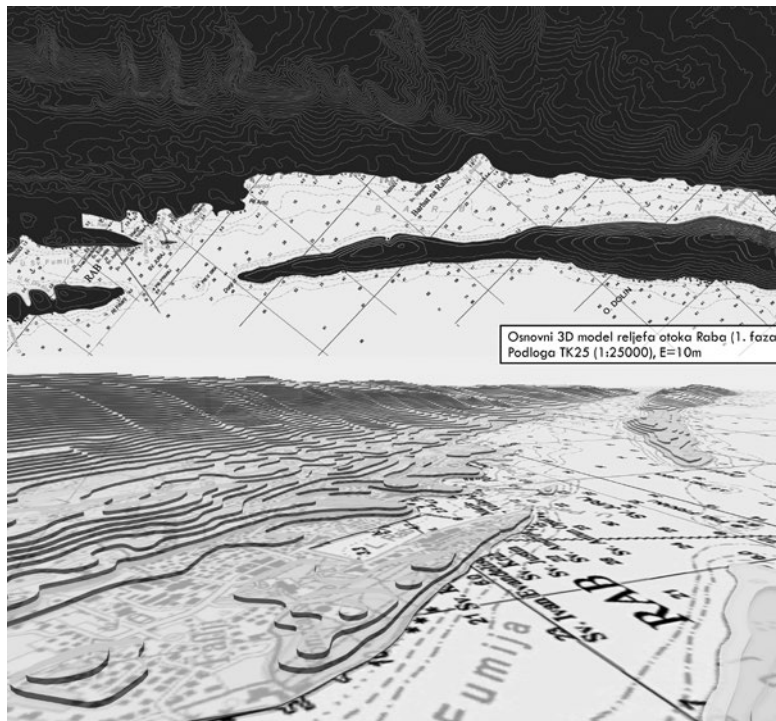
3. Otvaranjem znanja i dijeljenjem istraživačkoga materijala. Brojni suvremeni primjeri istraživačkih inicijativa u kojima se koriste nove tehnologije okreću se od standardnih formata publiciranja radova isključivo u stručnoj literaturi. Zahvaljujući svestranoj prirodi digitalnih podataka, koji istovremeno služe najrazličitijim skupinama korisnika i prilagodljivom digitalnom formatu, moguće je objavljivati relevantne rezultate istraživanja u javno dostupnim internetskim bazama podataka. Unazad desetak godina intenzivirao se broj istraživačkih inicijativa s ciljem vizualiziranja određene povijesnoumjetničke, arheološke ili povijesne problematike kako bi se ona približila javnosti. Objekti su istraživanja pritom raznorodni, od numizmatičkih zbirki (interaktivna je zbirka Münzkabinetta Berlin izvrstan primjer vizualizacije) [37], zbirki keramičkoga materijala (međunarodni ArchAIDE projekt za automatsko prepoznavanje keramičkih nalaza) [38] do transformacija urbanih jezgri (projekt vizualizacije urbane transformacije Venecije *The Time Machine Project*). [39] Umnažanje broja projekata sa sobom nosi i rizike, primjerice izostanak stručne objektivnosti, ali na stručnjacima jest da se tijekom rada s digitalnim materijalom pridržavaju jednakih načela objektivnosti, pouzdanosti i utemeljenosti u znanstvenoj metodi kao i u tradicionalnome pristupu. [40] Drugi je veliki rizik paradoksalne prirode. U umreženome je svijetu sve više projektnih inicijativa „otvorenih“ baza podataka koje međusobno ne komuniciraju što dovodi do prezasićenosti. Problem je djelomično prepoznat te su pokrenute neke inicijative s ciljem ujedinjavanja znanja. [41]

4. Aktivnim uključivanjem stručnjaka iz humanističkih znanosti u procese dokumentacije, obrade i prezentacije digitiziranoga i digitaliziranoga materijala. Tehnologija koja se u stranim istraživačkim centrima usavršava desetljećima na našim je terenima i dalje nedovoljno zastupljena ili s njom rade stručnjaci iz područja tehničkih disciplina. Jedino je rješenje zajednički angažman stručnjaka i interdisciplinarna suradnja, preduvjet bilo kakve inicijative uspješne digitalne transformacije povijesti umjetnosti i njoj srodnih znanosti bez kompromisa po pitanju znanstvenoga integriteta. [42]

\* \* \* \* \*

Imajući sve navedeno na umu, može li se zaista percipirati virtualno kao alternativu materijalnom?

Tehnologija je dovoljno napredovala kako bi pružila kvalitetne digitalne modele koji u virtualnoj sferi vjerno oponašaju stvaran prostor. Već koračamo sferama u kojima se virtualno i stvarno počinju preklapati (posredstvom tehnologija virtualne stvarnosti i proširene stvarnosti). [43] U bliskoj budućnosti ta će praksa postati standard. Nadalje društvo 21. stoljeća globalno je umreženo je i ovisi o brzom razmjeni podataka. U prilici smo izmjenjivati informacije i



materijale u trenutku što konačno briše izolaciju u znanosti i otvara nova područja istraživanja s mnoštvom repozitorija svjetskoga znanja. Napretkom računalne tehnologije i istraživanja razvijat će se u novim smjerovima, vjerojatno potpomognuta kompleksnim računalnim operacijama. Prošireno znanje i brz protok informacija omogućuju pružanje rezultata naših istraživanja široj publici. Nama su kao istraživačima stvoreni svi preduvjeti za publiciranje otvorenoga digitalnog znanja, dok je krajnjim korisnicima to znanje lako dostupno.

Ostaje pitanje dvojake materijalnosti umjetničke baštine s početka teksta. Virtualno ne može zamijeniti opipljivu materiju, ali kroz inteligentno osmišljeno sučelje može prenijeti njezinu simboliku i poruku te vizualizirati ulogu u društvu. U stanju je rekonstruirati i redefinirati sav nematerijalni kontekst spomenika bez kojeg ni sama materija ne znači puno. U slučaju nemogućnosti direktne interakcije sa spomeničkom baštinom, ovdje predstavljene na primjerima pokretne i nepokretne baštine otoka Raba (Sv. Lovro i njegov liturgijski namještaj, barbatski cipus), digitalni materijal može poslužiti kao donekle adekvatna zamjena materijalnim ostacima te služiti u komunikaciji znanstvenika, koji se njima bave, i šire javnosti. Interakcija u tome slučaju možda i jest umjetno stvorena preko digitalnih modela i aplikacija, ali je korisna ako ostavi jednak dojam, potakne nove rasprave te uspije osigurati novi društveni interes za spomenik, ponovno ga definirajući u mreži suvremenih društvenih odnosa.

Sl. 9.  
Jedna od mogućnosti vizualizacije 3D modela otoka Raba. (izradili: J. Behaim, Ivor Kranjec.)



## Bilješke

- [1] Ovaj rad sufinanciran je iz Programa „Znanstvena suradnja“ Hrvatske zaklade za znanost, koji je financirala Europska unija iz Europskoga socijalnog fonda u sklopu Operativnoga programa Učinkoviti ljudski potencijali 2014.–2020., u sklopu projekta PZS-2019-02-1624 – GLOHUM - Globalni humanizmi: novi pogledi na srednji vijek (300–1600).
- [2] M. JURKOVIĆ, O. ČALDAROVIĆ, J. BEHAIM, I. KRANJEC, „The Perception and Social Role of Heritage Buildings in Modern Society“, *Innovation in Intelligent Management of Heritage Buildings (i2MHB)*, Zagreb, 2019., 68.
- [3] Dosadašnja je znanstvena suradnja predstavljena u 23. izdanju časopisa *Hortus Artium Medievalium*. Usp. G.P. BROGIOLO, A. CHAVARRÍA ARNAU, F. GIACOMELLO, M. JURKOVIĆ, G. BILOGRIVIĆ, „The Late Antique Church of Saint Lawrence, Banjol (Island of Rab, Croatia) – Results of the First Two Archaeological Campaigns (2015-2016)“, *Hortus Artium Medievalium*, 23/2 (2017.), 666.
- [4] V. BRUSIĆ, *Otok Rab*, Rab, 1926., 58.; N. BRANKA, *Felix Arba*, Rab, 1990., 27.; M. DOMIJAN, *Rab: Città d' arte*, Zagreb, 2007.
- [5] N. BUDAK, „Urban Development of Rab: a Hypothesis“, *Hortus Artium Medievalium*, 12, (2006.), 123-126.
- [6] G.P. BROGIOLO et al., *The Late Antique...* (bilj. 3), 668, 670.
- [7] Prvi spomen lokaliteta donosi franjevac O. Badurina u svojoj rukopisnoj kronici otoka Raba iz prve polovine 20. stoljeća. O. BADURINA, *Velika kamporska kronika*, sv. 1., Rab, s.a., 617. (rukopisne knjige u posjedu samostana Sv. Eufemije u Kamporu, Rab)
- [8] Za iscrpniji izvještaj dviju istraživačkih kampanja usp. G.P. BROGIOLO et al., *The Late Antique...* (bilj. 3), 668-673.
- [9] G.P. BROGIOLO et al., „The Late Antique...“ (bilj. 3), 669-670.
- [10] Svakako treba imati na umu strateški smještaj crkve u blizini uvale na plovidbenome putu za Rab, kao i toponim Banjol (lat. *balneolum?*) koji ukazuje na moguće postojanje i ranijih, antičkih struktura u blizini s kojima se može povezati kameni ulomak s motivom ribe. Usp. N. BUDAK, *Urban Development...* (bilj. 5), 123.
- [11] Arheološka iskapanja u rapskoj gradskoj jezgri u suradnji Sveučilišta u Zagrebu i Sveučilišta u Padovi završena su 2019. godine te se čeka objava rezultata. Objavljeni su rezultati istraživanja Kašteline i utvrde Sv. Kuzme i Damjana. Usp. M. JURKOVIĆ, G.P. BROGIOLO, T. TURKOVIĆ, A. CHAVARRÍA ARNAU, I. MARIĆ, „Kaštelina na otoku Rabu - od rimske vile do ranobizantske utvrde“, *Rapski zbornik II*, ur. J. Andrić, R. Lončarić, Zagreb, 2012., 1-14; M. JURKOVIĆ, T. TURKOVIĆ, „Kaštelina - vila obitelji Bebija“, *Ars Adriatica*, 9, (2019.), 7-20; M. JURKOVIĆ, T. TURKOVIĆ, „Utvrda sv. Kuzme i Damjana u Barbatu – revizijska istraživanja“, *Rapski zbornik II*, ur. J. Andrić, R. Lončarić, Zagreb, 2012., 15-36.
- [12] Y. MARANO, „La Circolazione del marmo nell' Adriatico durante la tarda antichità“, *Hortus Artium Medievalium*, 22, (2016.), 166, 175; M. JURKOVIĆ, „The Central Adriatic in 'Long Late Antiquity'“, *Economia e territorio. L'Adriatico centrale tra tarda antichità e alto medioevo*, ur. E. CIRELLI, E. GIORGI, G. LEPORE, London, 2019., 2.
- [13] Y. Marano donosi podatak o oko 1556 tona konstantinopolskoga mramora uvezenoga u Ravenu tijekom 5. i 6. stoljeća. Y. MARANO, *La Circolazione...* (bilj. 12), 175.
- [14] M. JURKOVIĆ, *The Central Adriatic...* (bilj. 12), 2.
- [15] Treba istaknuti napore Pučkoga otvorenog učilišta za očuvanje i promociju rapske baštine, kao i inicijativu pokretanja djelovanja stalne muzejske institucije.
- [16] P. KRLEŽA, J. BEHAIM, I. KRANJEC, M. JURKOVIĆ, „Recreating Historical Landscapes: Implementation of Digital Technologies in Archaeology. Case Study of Rab, Croatia“, *2018 International Conference on Intelligent Systems (IS) proceedings*, (2018.), 133.
- [17] Koriste se digitizirani i georeferencirani kartografski izvori Republike Hrvatske (<https://ispu.mgipu.hr/> (pregledano 17. listopada. 2019.)) te kartografski izvori Austro-Ugarske Monarhije i širega europskog prostora (<https://www.arcanum.hu/en/mapire/> (pregledano 17. listopada. 2019.)).
- [18] P. KRLEŽA et al., „Recreating...“ (bilj. 16), 132-133.
- [19] Ovdje je predstavljen cipus privremeno sklonjen s glavne ceste u privatno dvorište i objavljen relativno nedavno. Usp. B. LAZINICA, D. MARŠIĆ, „Following the Trail of the New Liburnian *Cippus* from Rab. Arba - New Production Center of Liburnian *Cippi*“, *Illyrica Antiqua II*, ur. D. DEMICHELI, Zagreb, 2017., 187-200. Drugi je primjerak cipusa s Raba pohranjen u lokalnoj etnološkoj zbirci u Barbatu. Usp. I. FADIĆ, „Libumski nadgrobni spomenici (libumski cipusi) osobitih svojstava“, *Diadora*, 14 (1993.), 83-108.
- [20] M. JURKOVIĆ, T. TURKOVIĆ, „Kaštelina - vila...“ (bilj. 11); M. GLAVIČIĆ, „Nadgrobni spomenik obitelji *Baebius* iz Arbe“, *Senjski zbornik*, 30 (2003.), 83-96.
- [21] I. FADIĆ, „Novi libumski nadgrobni spomenici iz Aserije“, *Aseria*, 4, (2006.), 73-104.

- [22] Digitalna transformacija podrazumijeva sve „opsežne promjene pove-zane s primjenom digitalnih tehnologija u svim aspektima ljudskoga društva“, a koja je usko povezana, odnosno posljedica je procesa digitalizacije. E. STOLTERMAN, A. FORS, „Information Technology and the Good Life“, *IFIP International Federation of Information Processing*, 143 (2004.), 4.
- [23] UNESCO 2003. donosi povelju u kojoj prepoznaje digitalno naslijeđe kao kulturnu baštinu. UNESCO, „Charter on the Preservation of Digital Heritage“, *Records of the General Conference*, Paris, 2003., 75.
- [24] J. DRUCKER, „Is There a ‘Digital’ Art History?“ *Visual Resources: an International Journal of Documentation*, 29, (2013.) 7.
- [25] L. HUGHES, P. CONSTANTOPOULOS, C. DALLAS, „Digital Methods in the Humanities: Understanding and Describing their Use across the Disciplines“, *A New Companion to Digital Humanities*, ur. S. SCHREIBMAN, R. SIEMENS, J. UNSWORTH, Chichester-Malden, 2016., 152.
- [26] L. HUGHES et al, Digital Methods... (bilj.25), 151-152; C. ROOSEVELT, P. COBB, E. MOSS, B. OLSON, S. ÜNLÜSOY, „Excavation is Destruction Digitization: Advances in Archaeological Practice“, *Journal of Field Archaeology*, 40:3, (2020.), 325-346.
- [27] P. KRLEŽA et al., Recreating... (bilj.16)
- [28] S. CAMPANA, „3D Modelling in Archaeology and Cultural Heritage - Theory and Best Practices“, *BAR International Series 2598. 3D Recording and Modelling in Archaeology and Cultural Heritage. Theory and Best Practices*. ur. F. REMONDINO, S. CAMPANA, Oxford, 2014., 7-12; G. AGIUGARO, „2D and 3D GIS and Web-based Visualization“, *BAR International Series 2598. 3D Recording and Modelling in Archaeology and Cultural Heritage. Theory and Best Practices*. ur. F. REMONDINO, S. CAMPANA, Oxford, 2014., 103-112.
- [29] Osim georeferenciranih kartografskih izvora (usp. bilj. 17.), u bazu su podataka izrađenu u Q-GIS softveru uneseni rezultati rekognosciranja krajolika, istraživačkih kampanja te objavljeni rezultati paralelne istraživačke kampanje Instituta za arheologiju u Zagrebu. Usp. P. KRLEŽA et al., Recreating... (bilj. 16), 134; G. LIPOVAC VRKLJAN, A. KONEŠTRA, „Projekt arheološka topografija otoka Raba - rezultati terenskog pregleda na području grada Raba u 2014. godini i izložba Arheološka topografija: putovanje kroz prošlost Lopara“, *Annales Instituti Archaeologici*, 11, (2015.)
- [30] J. MONASTERO, „Applicazione della tecnologia 3D per lo studio e la visualizzazione dei contesti archeologici: il caso di Karkemish“. *OCNUS*, 26, (2018.), 9-10.
- [31] S. CAMPANA, 3D Modelling... (bilj. 28), 8.
- [32] P. KRLEŽA et al., Recreating... (bilj.16), 135.
- [33] S. CAMPANA, 3D Modelling... (bilj. 28), 9.
- [34] R. FRIEDMAN, A. SOFAER, R. WEINER, „Remote Sensing of Chaco Roads Revisited. Lidar Documentation of the Great North Road, Pueblo Alto Landscape and Aztec Airport Mesa Road“, *Advances in Archaeological Practices*, 5(4), (2017.), 365-381.
- [35] N. DONEUS, M. DONEUS, Z. ETTINGER-STARČIĆ, „The Ancient City of Osor, Northern Adriatic, in Integrated Archaeological Prospection“, *Hortus Artium Medievalium*, 23/2, (2017.), 761-775.
- [36] G. VERHOEVEN, N. DONEUS, M. DONEUS, S. ŠTUHEC, „From Pixel to Mesh - Accurate and Straightforward 3D Documentation of Cultural Heritage from the Cres/Lošinj Archipelago“, *Izdanja HAD-a*, 30, (2015.), 165-176; J. PAKKANEN, A. BRYSSBAERT, D. TURNER, Y. BOSSWINKEL, „Efficient Three-Dimensional Field Documentation Methods for Labour Cost Studies: Case Studies from Archaeological and Heritage Contexts“, *Digital Applications in Archaeology and Cultural Heritage*, 17, (2020.)
- [37] <https://uclab.fh-potsdam.de/coins/> (pregledano 1. listopada 2019.)
- [38] <http://www.archaide.eu/project> (pregledano 1. listopada 2019.)
- [39] <https://timemachineatlas.eu/> (pregledano 2. listopada 2019.)
- [40] S. MÜNSTER, W. HEGEL, C. KRÖBER, „A Model Classification for Digital 3D Reconstruction in the Context of Humanities Research“, *3D Research Challenges in Cultural Heritage II*, ur. S. MÜNSTER, M. PFARR-HARFST, P. KUROCZYŃSKI, M. IOANNIDES, New York, 2016., 11.
- [41] Međunarodni je projekt CARE (*Corpus Architecturae Religiosae Europae (IV-X. saec)*) primjer sveobuhvatne znanstvene baze podataka o sakralnoj arhitekturi kasne antike i ranoga srednjeg vijeka. Usp. G.P. BROGIOLO, M. JURKOVIĆ, „Corpus Architecturae Religiosae Europae (IV-X. saec) - Introduction“, *Hortus Artium Medievalium*, 18/1, (2012.), 7-26; J. BEHAIM, M. JURKOVIĆ, „CARE Croatia“, *Hortus Artium Medievalium*, 24, (2018.), 31-35. Još jedan primjer integriranja stručnoga znanja jest ARIADNE projekt koji okuplja međunarodne arheološke podatkovne infrastrukture. <https://ariadne-infrastructure.eu/about-ariadne/> (pregledano 29. rujna 2019.)
- [42] M. JURKOVIĆ, The Perception... (bilj. 2), 69-70.
- [43] Brojni su primjeri sve izraženijega trenda uključivanja proširene stvarnosti u ponude muzejskih institucija. Primjerice posjetitelji samostana u Clunyju na raspolaganju imaju tablete koji na stvarnim lokacijama i u stvarnome vremenu prikazuju virtualno rekonstruirane izgrađene strukture prateći naše kretanje. Slično se nudi i u otvorenim gradskim prostorima, primjerice u povijesnome centru Tarragone, ili pak u zatvorenim prostorima, poput Gaudíjeve Case Batlló.

# Digital Technologies in the Research of Material Cultural Heritage. The Example of Recent Research on the Island of Rab

IVOR KRANJEC

*During the last fifty years, the abandonment of traditional agricultural activities and intensive construction have drastically altered the Adriatic landscape and negated the historical network of sites and communication routes, which in turn largely obstructed the possibilities of research of material traces of landscape transformations by means of traditional methods. The rapid disappearance of material heritage thus requires a new approach of combining traditional research methods with new archaeological and art-historical methodologies based on the implementation of modern technologies, an approach which would*

*provide alternative possibilities of reconstruction of historical landscape and heritage preservation and presentation.*

*The paper discusses the concept of material and materiality of cultural heritage in contemporary society on examples of research of historical landscape and movable and immovable cultural heritage of the island of Rab, conducted over the last few years. Besides an overview of the current state of research, the author provides a critical assessment of the recent phenomenon of the so-called "digital transformation" in the humanities and analyses the role of digital technologies in the process of interaction between monuments, researchers and the broader public.*