

Modeliranje rimskih cesta u južnoj Liburniji upotrebom geografskih informacijskih sustava

Đuranović, Marko

Master's thesis / Diplomski rad

2021

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zadar / Sveučilište u Zadru**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:162:904997>

Rights / Prava: [In copyright](#) / [Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2024-09-22**



Sveučilište u Zadru
Universitas Studiorum
Jadertina | 1396 | 2002 |

Repository / Repozitorij:

[University of Zadar Institutional Repository](#)



Sveučilište u Zadru

Odjel za arheologiju

Diplomski sveučilišni studij arheologije (jednopedmetni)

Marko Đuranović

**Modeliranje rimskih cesta u južnoj Liburniji
upotrebom geografskih informacijskih sustava**

Diplomski rad

Zadar, 2021.

Sveučilište u Zadru

Odjel za arheologiju

Diplomski sveučilišni studij arheologije (jednopedmetni)

Modeliranje rimskih cesta u južnoj Liburniji upotrebom geografskih informacijskih sustava

Diplomski rad

Student/ica:

Marko Đuranović

Mentor/ica:

Doc. dr. sc. Vedrana Glavaš

Zadar, 2021.



Izjava o akademskoj čestitosti

Ja, **Marko Đuranović**, ovime izjavljujem da je moj **diplomski** rad pod naslovom **Modeliranje rimskih cesta u južnoj Liburniji upotrebom geografskih informacijskih sustava** rezultat mogega vlastitog rada, da se temelji na mojim istraživanjima te da se oslanja na izvore i radove navedene u bilješkama i popisu literature. Ni jedan dio mogega rada nije napisan na nedopušten način, odnosno nije prepisan iz necitiranih radova i ne krši bilo čija autorska prava.

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

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

Zadar, 30. lipnja 2021.

Zahvale

Hvala mentorici doc. dr. sc. Vedrani Glavaš na njenoj pomoći u realizaciji ovog rada.

Hvala Nedi Kulenović Očelić i dr. sc. Igoru Kulenoviću na savjetima koji su me finalno doveli na ovu ideju o diplomskom radu. Također hvala i dr. sc. Martini Dubolnić Glavan na savjetima, informacijama i pruženim materijalima.

Hvala Šimi Vrkiću i dr. sc. Ivi Glavašu na savjetima i informacijama koji su zasigurno obogatili ovaj rad.

Posebno hvala izv. prof. dr. sc. Željku Miletiću na satima uložanima u proučavanje karata i mnoštvu savjeta, bez čijeg bi znanja ovaj rad bio bitno siromašniji.

Hvala i svima onima koji su iščitavali ovaj rad i revno u njemu pronalazili pravopisne greške, vaš trud ostaje zapamćen.

SADRŽAJ

1. UVOD	1
1.1. PROSTOR ISTRAŽIVANJA	2
1.2. GEOGRAFSKE ODREDNICE PROSTORA	4
2. GEOGRAFSKI INFORMACIJSKI SUSTAVI I ANALIZA OPTIMALNOG PUTA (<i>LEAST COST ANALYSIS, LCA</i>)	8
2.1. GEOGRAFSKI INFORMACIJSKI SUSTAVI U ARHEOLOGIJI	8
2.2. ANALIZA OPTIMALNOG PUTA U ARHEOLOGIJI	9
3. O RIMSKIM CESTAMA U JUŽNOJ LIBURNIJI	11
4. METODOLOGIJA	17
5. REZULTATI	26
3.1. ISTRAŽIVANJE – LCP	26
3.1.1. <i>Clambete – Vučjak – Hadra</i>	26
3.1.2. <i>Hadra – Burnum</i>	28
3.1.3. <i>Burnum / Bobodol – Promona</i>	29
3.1.4. <i>Iader – Aenona</i>	29
3.1.5. <i>Iader – Novsko ždrilo – Mali Alan – Ausancalius</i>	30
3.1.6. <i>Iader – Corinium</i>	31
3.1.7. <i>Iader – Nedinum – Asseria</i>	32
3.1.8. <i>Iader – Arauzona</i>	33
3.1.9. <i>Asseria – Ansium</i>	34
3.1.10. <i>Asseria – Sidrona</i>	35
3.1.11. <i>Ansium – Sidrona</i>	36
3.1.12. <i>Asseria – Burnum</i>	37
3.1.13. <i>Asseria – Scardona</i>	38
3.1.14. <i>Varvaria – Promona</i>	39

3.2.	TESTIRANJE REZULTATA	40
3.2.1.	Analiza osjetljivosti.....	40
3.2.2.	<i>Buffer</i> -test	47
4.	ZAKLJUČNA RAZMATRANJA.....	63
5.	LITERATURA.....	68
6.	SAŽETAK.....	73
7.	SUMMARY	74

1. UVOD

Geografski informacijski sustavi (GIS) danas imaju dugu povijest prisutnosti u arheologiji. Georeferencirane prostorne formacije u kombinaciji s temporalnim formatom višeslojnog prikaza informacija pokazale su se kao veoma efektivan medij analize i vizualizacije arheoloških izvora. Od 1990-ih GIS je dio standardnog programa svih ozbiljnih arheoloških projekata, a danas je teško naći istraživanje u kojemu GIS neće biti jedan od primijenjenih alata.¹ Rastom računalne moći rastao je i potencijal primjene GIS-a u arheologiji. Omogućene su cijele nove grane istraživanja u arheologiji razvojem ili primjenom postojećih tehnika unutar takvih sustava. Jedna je od GIS tehnika, dostupna arheolozima, analiza optimalnog puta (*Least cost analysis, LCA*). Njome se bavi i ovaj rad.

LCA je izrazito koristan alat koji omogućuje arheolozima „predviđanje“ potencijalnih ruta koje su možda bile korištene u određenom trenutku u prošlosti, čak i kada ostatci tih istih ruta nisu sačuvani. Osim za predikciju nepostojećih, pomoću ove analize moguće je rekonstruirati i izgubljene rute usporedbom s postojećima, u svrhu njihovog boljeg razumijevanja.²

U posljednja se dva desetljeća učestalost korištenja LCA u arheologiji progresivno povećavala, bilo kao samostalna tehnika ili, pak, kao sekundarna metoda generiranja informacija (kao u npr. prediktivnim modelima).³ U tom periodu metoda je korištena u modeliranju prapovijesnih, antičkih, srednjovjekovnih migracijskih ruta, lociranje stambenih, industrijskih, logističkih i drugih struktura u mikoreljefu, sukcesivnost ljudske ekspanzije te u druge svrhe.⁴

Međutim, sve veća dostupnost i lakoća korištenja GIS softvera nerijetko rezultira, zbog nerazumijevanja pozadinskih procesa samog softvera, interpretacijskim pogreškama rezultata, ali i općom neusmjerenošću željenih ciljeva. Ciljeve postavljaju istraživači, a interpretacijske pogreške rezultata nastaju zbog manjka znanja o softverima.⁵ Intrigantnost softvera, izabrana metodologija te odabrani algoritmi mogu iskriviti rezultate ili, pak, navesti na potpuno krive zaključke, čega istraživač mora biti svjestan.⁶

¹ A. SCIANNA, B. VILLA, 2011, 337.

² J. CONOLLY, M. LAKE, 2006, 252.

³ I. HERZOG, 2013a, 1.

⁴ T. S. HARE, 2004, 799. - 814., T. G. WHITLEY, G. BURNS, 2008, 192. - 298., F. ÁLVAREZ, P. OUBIÑA, 2007, 121. - 140.

⁵ I. HERZOG, 2013a, 1.

⁶ S. SURFACE-EVANS, D. A. WHITE, 2012, 1. - 2.

U svjetlu trenutnog stanja i uloge GIS-a i LCA algoritama u arheologiji, u ovom će se radu nastojati, na primjeru šireg prostora povijesne regije južne Liburnije (današnje sjeverne Dalmacije), ponuditi doprinos ka rješavanju nekih pitanja vezanih uz cestovnu infrastrukturu Rimskog Carstva.

Glavno pitanje, na koje će rad pokušati dati odgovor, jest ono o validnosti upotrebe LCA algoritama za analizu rimskodobnih cesta i puteva. U slučaju pozitivnog odgovora na to pitanje, potrebno je odrediti prate li rimske ceste na području južne Liburnije optimalne putanje među interesnim točkama (u našem slučaju to će najčešće biti naselja). Objasnit će se i pozitivan i negativan odgovor. Određene će devijacije na putanjama cesta biti objašnjene u kontekstu LCA algoritma.

1.1. PROSTOR ISTRAŽIVANJA

Promatrano je područje u ovome radu definirano kao južna Liburnija. Povijesna regija južna Liburnija regija je u današnjoj sjevernoj Dalmaciji, u centralnom obalnom dijelu Republike Hrvatske. Riječ je o koherentnoj cjelini s jasnim geografskim delimitacijama na svim svojim stranama – na zapadu s Jadranom, na sjeveru s Velebitom i Zrmanjom, a na jugu i istoku s rijekom Krkom. Iako su se tradicionalno zajednice Liburna kasnog željeznog doba smještale između rijeka Raše na sjeveru i Krke na jugu sa svim pripadajućim otocima, što jasno delimitira sjevernu, zapadnu i južnu granicu, unutrašnje je granice, unatoč činjenici da je zaleđe između ovih dviju rijeka sa svih strana omeđeno planinskim masivima, nešto teže definirati. Danas znamo i da su područja na lijevoj obali Krke bila naseljena zajednicama koje su nazivane Liburnima u trenu uspostave apsolutne rimske vlasti.⁷ Postavlja se pitanje kako definirati prostor južne Liburnije.

Geografsko-kulturološki pojmovi, sastavljeni od dviju komponenti (geografske i kulturološke), zahtijevaju pomirenje prethodno navedenih komponenti te pronalazak zajedničkog metodološkog okvira. Tu nužno dolazi do određenih kompromisa. U ovome je radu definicija južne Liburnije postavljena na sljedeći način. Budući da se rad temelji na pretpostavci kako geomorfološke karakteristike reljefa potencijalno utječu na ljudske aktivnosti i kretanje, težište je stavljeno na onu geografsku komponentu koja, u slučaju da se hipoteza ovoga rada (reljef diktira ljudsko ponašanje) potvrdi, zaista i zaslužuje primat (u suprotnom ne bi bilo moguće potvrditi premisu). U slučaju opovrgavanja hipoteze, ovaj

⁷ S. ČAČE, 2013, 23.

metodološki okvir zahtijeva reviziju te potencijalnu promjenu fokusa. Novo će težište u tom slučaju biti na kulturološkoj komponenti, zajedno s pripadajućom analizom.

Definiranje prostora južne Liburnije temelji se na geografskoj komponenti kao glavnoj odrednici metodološkog okvira. U tradicionalnom bi okviru to područje uključivalo sve kopnene dijelove današnje Dalmacije sjeverno od Krke (Ravni kotari, Bukovica, Sjevernodalmatinska zaravan te podvelebitsku zonu uz Zrmanju, od južnih strmina Crnopaca pa do Argirunta (Starigrada) ili Tribnja kao krajnje sjeverne točke).⁸ Ta definicija ima nekoliko problema, od kojih je najvažniji delimitacija sjeverne i istočne granice. U našem metodološkom okviru područje istraživanja ograničeno je na svo kopneno područje (priobalno i zaobalno) između rijeka Zrmanje i Krke. Ovime je definirana sjeverna, zapadna i južna granica prostora, ali ne i ona istočna. Prostor općine Pađane sjeverozapadno od Knina, gdje su Zrmanja i Krka udaljene tek 7,5 km jedna od druge, čini se kao najbolje rješenje ovog problema. Istočno od ovog područja nalazi se Mokro polje i Debelo brdo, a na koje se nastavlja niz kosa koje ka sjeveru postaju sve više, sve do masiva Poštak (na Hrvatskoj osnovnoj karti HOK 1 : 5000 nazvan Kučina kosa) između Velebita, Dinare i Plješevice. Zbog otežane komunikacije sjeverno i istočno od Pađana (planinski masivi), ovaj se izbor čini najlogičnijim za povlačenje istočne granice proučavanog područja.

Limitacijske se granice, umjesto rijekama, mogu povući vrhovima planinskih masiva. Granica je stvarna ili umjetna linija između različitih teritorija.⁹ Analogno toj definiciji, može se zaključiti da, na primjeru sjeverne granice južne Liburnije, ta granica nije rijeka Zrmanja (gdje i s jedne i s druge strane rijeke imamo srodne zajednice koje naseljavaju geomorfološki i klimatski sličan krajolik), već najviši hrbat velebitskog masiva. Velebitski masiv predstavlja jasnu liniju razgraničenja i u klimatskome (mediteranska na obalnoj strani, kontinentalno planinska na unutrašnjoj strani), ali i u kulturno-društvenom pogledu (između zajednice „liburnske materijalne kulture“ na obalnoj strani te zajednice „japodske materijalne kulture“ na unutrašnjoj strani, unatoč problematičnim tvrdnjama o razlikama materijalne kulture između tih dviju skupina).

Takav oblik razgraničenja otežava analizu iz nekoliko razloga. Prvenstveno, povećava prostor istraživanja na područja koja nisu nužno bila dio Liburnije u tradicionalnoj kulturnoj definiciji (no kolika je važnost takvih odrednica i koliko su one uopće znanstveno utemeljene?).¹⁰ Drugo, dosadašnja znanja o cestama na tim prostorima zamjetno su lošija od

⁸ [Dalmacija | Hrvatska enciklopedija](#) (7. 7. 2021.)

⁹ [Borders and Boundaries - Geography - Oxford Bibliographies](#) (7. 7. 2021.)

¹⁰ Š. VRKIĆ, 2016, 46.

onih vezanih za prostore Ravnih kotara ili Bukovice. Prema tome, postavlja se pitanje koliko je korisno uključivati područja, o kojima znamo toliko malo, u jednu ovakvu analizu koja iziskuje određenu količinu informacija prije same analize. Rad s neadekvatnom količinom informacija neupitno će dovesti do većih grešaka u rezultatima. Pozitivna je strana uključivanja tog prostora u područje proučavanja to što će istraživanje glavnog prostora dati bolje rezultate (efektivno, bit će omogućeno analiziranje riječnih prijelaza, potencijalnih ruta izvan centralnog prostora analize itd.).

Zaključno, iako prostori izvan međurječja Zrmanje i Krke nisu izravan predmet proučavanja, bit će, svejedno, uključeni, dijelom kao kontrolni mehanizam, a dijelom radi dobivanja uvida u širi kontekst u kojemu se naš ciljani prostor istraživanja nalazi. Jedan je od najboljih načina borbe protiv redukcionizma upravo širi kontekst.¹¹

Obuhvaćeno se područje sastoji od nekoliko mikroregionalnih cjelina (Slika 1.). Ugrubo ih možemo definirati kao sljedeće:

1. Ravni kotari
2. Bukovica
3. Sjevernodalmatinska zaravan
4. podvelebitska zona.



Slika 1. Južna Liburnija s naznačenim mikroregionalnim cjelinama

1.2. GEOGRAFSKE ODREDNICE PROSTORA

Mikroreljef pojedinih mikroregija, obuhvaćenih ovim radom, pokazuje velike geomorfološke i geografske razlike. Regija Ravni kotari u Dalmaciji okružena je morem s tri strane (zapadno, sjeverno, sjeveroistočno), Prokljanskim jezerom i Krkom (južno). Istočnu granicu čine Bukovica i Sjevernodalmatinska zaravan. Ravni kotari sastoje se od niza paralelnih bora i rasjeda koji se pružaju u smjeru sjeverozapad – jugoistok. Hrbati su malih

¹¹ B. N. VIS, 2018, 102.

amplituda, rijetko viši od 100 metara iznad dolina, ali se sve više izdižu prema sjeveroistoku, ka Bukovici i Velebitu. Pojedini vrhovi hrbata dosežu i do 200 metara iznad dolina. Hrbati su međusobno udaljeni oko 7 kilometara i pružaju se do oko 20-ak kilometara u kontinuiranim linijama. Teren je konfiguriran na način da je visinski pad minimalan u dolinama između hrbata, što rezultira pojavom blata (koja su u nižim dijelovima slana zbog punjenja morskom vodom). Ista situacija rezultira i eratičnim vodenim tokovima pa nije neobično da pojedini vodotokovi teku okomito na hrbate (koje probijaju na najnižim dijelovima). Zapadna lica hrbata strmija su od istočnih.¹² Prema jugoistoku reljef Ravnih kotara postaje sve razvedeniji. Kose nisu uniformne, nego se sada javljaju izolirana uzvišenja između kojih su lokve i plavne nizine te cjelokupan krajolik nalikuje klasičnom krškom. Rijetki površinski vodotokovi generalno teku jugoistočno, prema Krki i Prokljanskom jezeru.¹³



Slika 2. Klasičan primjer krajolika Ravnih Kotara. Pogled na Sikovo u smjeru istoka (preuzeto sa: [Sikovo - Općina Sveti Filip i Jakov \(općina-svfilipjakov.hr\)](http://svfilipjakov.hr), 23. 6. 2021.)

Bukovica je primjer tipičnog krškog pobrđa. Uzdiže se sjeveroistočno od Benkovca sve do Zrmanje koja čini sjevernu granicu. Na zapadu jedan se krak Bukovice pruža do

¹² J CHAPMAN, et al., 1986, 17. – 18.

¹³ D. MAGAŠ, 2001, 25. – 26.

Gornjih Biljana, dok ostatak zapadne granice čini Karinsko more. Na istoku se Bukovica polagano spušta u Sjevernodalmatinsku zaravan. Glavna je karakteristika reljefa Bukovičkog područja vapnenačka visoravan prosječne nadmorske visine 250 – 300 metara. Najmasivnije je uzvišenje Orljak (674 m).¹⁴ Većina visoravni teže je prohodna, zbog čega je komunikacija ograničena na nekoliko glavnih ruta.



Slika 3. Klasičan primjer krajolika Bukovice. Pogled na Stari grad Zelengrad u smjeru istoka (preuzeto sa: [Zelengrad – Turistička zajednica Obrovac \(tz-obrovac.hr\)](http://Zelengrad – Turistička zajednica Obrovac (tz-obrovac.hr)), 23. 6. 2021.)

Sjevernodalmatinska zaravan specifičan je reljefni oblik sa slabom reljefnom dinamikom. Na zapadu graniči s Bukovicom, na jugozapadu s Ravnim kotarima (s Velebitom i Zrmanjom na sjeveru zatvaraju Kosovo polje), na istoku s Prominom te na jugu sa Zagorom. Uniformnost ovog područja razbija duboki kanjon Krke koji prolazi sredinom ove zaravni. Unatoč izrazitoj horizontalnosti terena, sama je površina ovog područja izrazito neprohodna – veći dio površine ima krške odlike, dok rijetke vrtače i pokoje obradivo polje čine jedine obradive površine ovog područja.

¹⁴ D. MAGAŠ, 2001, 23. - 24.



Slika 4. Pogled na Roški slap i rijeku Krku koja presijeca Sjevernodalmatinsku zaravan (preuzeto sa: [NP Krka - Nacionalni parkovi Republike Hrvatske \(weebly.com\)](http://www.npkrka.hr), 23. 6. 2021.)

Podvelebitsku zonu označava područje sjeverno od Zrmanje – svi južni i jugozapadni obronci Velebita i podvelebitskog područja. Riječ je o izrazito strmom krškom krajoliku koji tek uz Zrmanju ima veće ravničarske površine. Južnu granicu čine kanjoni Zrmanje i Krupe, a sjevernu planinske livade Velebita, dok je istočna granica kanjon i izvor Zrmanje. Na zapadu se naše interesno područje pruža do NP Paklenica.



Slika 5. Pogled na Zrmanju kod ušća Krupe. U pozadini Velebit. (preuzeto sa: [Biker Portal - Velebit, Zrmanja, Krupa i još puno puno toga](http://www.bikerportal.hr), 23. 6. 2021.)

2. GEOGRAFSKI INFORMACIJSKI SUSTAVI I ANALIZA OPTIMALNOG PUTA (*LEAST COST ANALYSIS, LCA*)

2.1. GEOGRAFSKI INFORMACIJSKI SUSTAVI U ARHEOLOGIJI

Geografski informacijski sustav (GIS) skupni je naziv za računalne programske sustave koji skupljaju, upravljaju, integriraju, vizualiziraju i analiziraju prostorne podatke.¹⁵ Originalno su bili dizajnirani za upotrebu u urbanom planiranju, zaštiti prirode, transportu i logistici te vojnom planiranju.¹⁶ Prvi se pravi GIS sustavi javljaju već 60-ih godina prošlog stoljeća.¹⁷ Fleksibilnost, interoperabilnost s drugim prostornim informacijskim paketima te skalabilnost takvih sustava brzo je prepoznata u arheologiji. U tom se području ovaj sustav počeo koristiti eksperimentalno od 1970-ih (u SAD-u), a od 1990-ih prelazi u opću upotrebu i u Europi te se mahom koristi u očuvanju kulturne baštine.¹⁸ Prve primjere primjene GIS-a u arheologiji nalazimo kod autora poput Judgea i Sebastiana (1988.) koji koriste GIS za vizualizaciju prostornih podataka, dok Kvamme (1983., 1986., 1989.), Kohler i Parker (1986.) rade na prediktivnim modelima.¹⁹ Jedan je od prvih primjera upotrebe GIS-a u europskoj arheologiji bio upravo u Hrvatskoj, a riječ je o projektu multidisciplinarnog istraživanja otoka Hvara kroz prizmu GIS-a.²⁰ Općim prihvaćanjem GIS-a kao validnog alata za generaciju informacija u arheološkoj zajednici, dolazi i do samorefleksije o njegovim granicama. Iznosi se niz potencijalnih problema apliciranja GIS-a, kao što su statističke greške, manjkavost podataka i metodologije, ali i prevođenja generiranih informacija u znanje. Sazrijevanjem računalne arheologije i postavljanjem realističnih ciljeva krajem 2000-ih, konačno je definirana uloga GIS-a u arheologiji.²¹

Danas GIS u arheologiji ima široku lepezu primjena i koristi se u cijelome svijetu.²² Glavna su područja primjene GIS-a u arheologiji sakupljanje i rukovanje prostornim podatcima, vizualizacija podataka, prostorne analize i kvantitativno modeliranje.²³ Na taj

¹⁵ J. CONOLLY, 2008, 583.

¹⁶ V. MALINE, et al., 2011, 4.

¹⁷ M. MARIĆ, 2011, 11.

¹⁸ A. SCIANNA, B. VILLA, 2011, 337., J. CONOLLY, 2008, 583-584.

¹⁹ L. SEBASTIAN, W. J. JUDGE, 1988, 1. – 18., K. L. KVAMME, 1983, 26. – 52., K. L. KVAMME, 1986, 345. – 362., K. L. KVAMME, 1989, 139. – 203.

²⁰ V. GAFFNEY, Z. STANIČIĆ, 1993, 1. – 81.

²¹ H. CHAPMAN, 2006, 17. – 24.

²² J. CONOLLY, 2008, 583. – 584., 张海, 2014, 23. – 36.

²³ A. SCIANNA, B. VILLA, 2011, 337.

način danas imamo definirane analize s konkretnim primjenama, poput analize gravitirajućeg područja (*site catchment analysis*), analize vidnog polja (*viewshed analysis*), analize optimalnog puta (*least cost analysis*), analize gustoće (*density analysis*), prediktivnog modeliranja (*predictive modeling*) itd.

Unatoč takvoj klasifikaciji, u klasičnom se radnom procesu istraživač može poslužiti nizom različitih tehnika i metoda i to na način da uopće ni ne primjećuje da prelazi s jedne na drugu, upravo zato jer je generiranje informacija i analiziranje rezultata višeslojan proces koji paralelno koristi niz međusobno upletenih izvora informacija različitih formata, koji na kraju proizvode finalan rezultat. Izvorno su kao osnovni tip podataka korištene jednostavne polinomne funkcije iz kojih su razvijani digitalni modeli reljefa i tematske karte. Kako se računalna tehnologija razvijala tako su i potencijalne primjene u arheologiji postajale šarolikije, a repertoar se alata, metoda i tehnika produbljivao. Moderni instrumenti, poput totalnih stanica, GNSS prijemnika, laserskih skenera, georadara, dronova i zračnog LIDAR-a, omogućuju daljnji razvoj primjena ranije spomenutih tehnika, ubrzavaju istraživanja te smanjuju vjerojatnost grešaka.²⁴

2.2. ANALIZA OPTIMALNOG PUTA U ARHEOLOGIJI

Analiza optimalnog puta (*least cost analysis, LCA*) geoprostorna je kvantitativna metoda koja omogućuje arheolozima lakše razumijevanje ljudskog kretanja krajolikom. Utemeljena je na premisi da ljudi, kao racionalni akteri, biraju rute kroz krajolik (s pretpostavkom da ga u potpunosti poznaju) na način da pokušavaju minimizirati „cijenu“ kretanja, odnosno, utrošak energije pri kretanju (gdje cijena označava akumulaciju kretanja i gdje su glavni parametri te cijene elevacijska promjena/nagib terena te udaljenost).²⁵ Naravno, takve informacije imaju značajno veću težinu kada su nam dostupni materijalni ostatci s kojima ih možemo usporediti.²⁶ Multidisciplinarni pristup daje još veću težinu ovakvoj analizi.²⁷ Za takvu usporedbu, doduše, nisu uvijek potrebna arheološka terenska iskopavanja ili pregledi terena, već se ekvivalentan efekt može postići i sa samo *remote-sensing* tehnologijama.²⁸ U biti, ovdje se razmatra odlika ljudi da racionaliziraju sve svoje postupke, pa tako i kretanje krajolikom koje je jedna od osnovnih ljudskih potreba. Hipotetski je primjer takvog kretanja trgovac koji putuje iz jednog grada u drugi. Cilj mu je na što efikasniji način

²⁴ J. CONOLLY, M. LAKE, 2006, 37.

²⁵ D. A. WHITE, 2015, 407.

²⁶ J. KANTNER, 2012, 225.

²⁷ G. VERBRUGGHE, et al., 2017, 88.

²⁸ C. STEWART, 2020, 67. – 72.

svladati udaljenost kako bi u drugi grad stigao prije konkurentnog trgovca. Učinkovito svladavanje udaljenosti donijet će mu veći profit, stoga će i rute birati u skladu s tim ciljem. Efikasnije, u ovome primjeru, označava one koridore za čiji je prijelaz potrebno utrošiti manje energije, što znači da su nagibi blaži, visinska razlika manja, a udaljenost kraća. Sve ih to čini najekonomičnijim putevima. U ovome se radu neće uzeti u obzir društveni faktori koji mogu uvjetovati kretanje krajolikom, poput prisutnosti neprijateljskih zajednica, carina ili tabua.²⁹ Takvih je faktora zasigurno bilo i u vrijeme rimske uprave, ali ih s alatima, koji su trenutno dostupni, jednostavno nije moguće kvantificirati i adekvatno primjeniti na naš model. Postoje istraživanja koja zaključuju da društveni aspekti mogu imati ključnu ulogu u kretanju kroz krajolik.³⁰

Analiza optimalnog puta utemeljena je na algoritmu kojim se na raster-podlozi pokušava pronaći najekonomičniji put između izvorišta i odredišta. Odabir najbolje rute uključuje algoritam koji rekurzivno „prati“ optimalni put seta lukova, počevši s izvorištem. Algoritam identificira set međusobno mrežno povezanih čvorova između izvorišta i odredišta, iterativno svakim „prolazom“ sužavajući izbor sve dok ne pronađe najbolji put.³¹

White (2015) navodi kako se LCA koristi u četirima kategorijama:

1. cijena putovanja od znane točke A do znane točke B
2. rekonstrukcija potencijalnih puteva iz neznanih/nesigurnih izvorišta i odredišta
3. otkrivanje razloga postojanja ruta u zabilježenom obliku te točaka koje spajaju
4. razumijevanje načina na koji krajolik kanalizira kretanje, čak i kada nisu poznata izvorišta i odredišta.³²

Najčešće se LCA koristi za određivanje najefikasnije rute od izvorišne do odredišne točke.

Važan su aspekt ove analize razlike između pojedinih softvera te načina implementacije pojedinih algoritama. To može rezultirati drastično drugačijim rezultatima analize, a često nije moguće rekreirati rezultate jednog softvera u drugom.³³ To je glavni razlog zašto korisnik tih sustava mora biti svjestan njihovih prednosti i nedostataka. Male se varijacije u podacima mogu, također, pojaviti u dobivenim rezultatima jer alternativni putovi mogu biti brojni i dolaziti u grupama, nasuprot često uvriježenom mišljenju da postoji samo

²⁹ P. VERHAGEN, 2018, 15., T. C. PATTERSON, 2008, 80.

³⁰ K. SUPERNANT, 2017, 9.

³¹ P. BOLSTAD, 2019, 421.

³² D. A. WHITE, 2015, 408.

³³ R. GIETL, et al., 2008, 1. – 3.

jedna ruta između dviju točaka.³⁴ Postoje primjeri korištenja dviju različitih ruta, ovisno o vremenskim uvjetima.³⁵

3. O RIMSKIM CESTAMA U JUŽNOJ LIBURNIJI

Naše poimanje ceste kao društvenog elementa nije nužno istovjetno rimskom.³⁶ Prilikom promišljanja o cestama kao funkcionalnim elementima (na ovaj će se način one razmatrati u ovom radu), potrebno je razumjeti njihove funkcije, impulse koji su uvjetovali njihovu izgradnju te druga značenja osim infrastrukturnog. Na sva se ova pitanja neće odgovoriti u radu, no važno ih je uzeti u obzir.

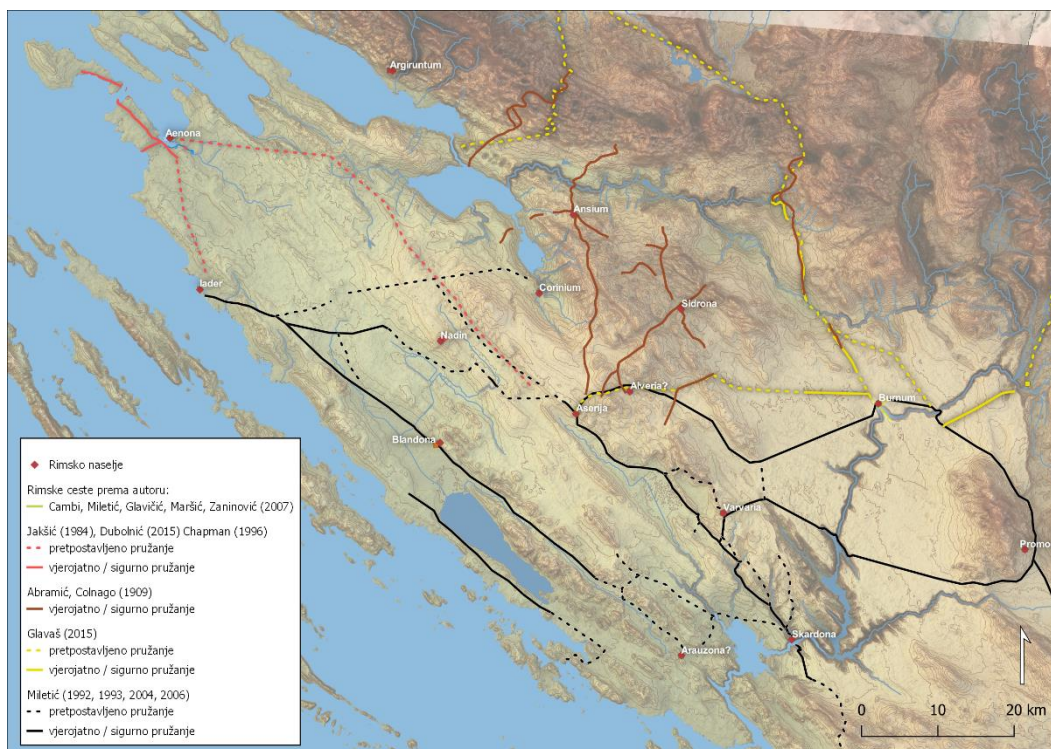
Rimske su ceste sve infrastrukturne prostorno-komunikacijske intervencije u fizičkom krajoliku s primarnom svrhom olakšanja kretanja prostorom. Složenost tih intervencija može drastično varirati, od kompleksnih struktura sa separacijskim stratumima podloge, poput *Viae Appiae* kod Rima, pa do jednostavnih niveliranja krškog terena do razine prohodnosti, čije primjere često možemo naći u Dalmaciji (npr. u okolici Ervenika).³⁷ Svima im je zajedničko to da su povezivale interesne točke, najčešće naselja.

³⁴ I. HERZOG, A. POSLUSCHNY, 2011, 241.

³⁵ J. HINDLE, 2000, 12.

³⁶ R. TALBERT, 2018, 23.

³⁷ I. GLAVAŠ, 2015, 120.



Slika 6. Dosadašnja saznanja o pružanju rimskih cesta u južnoj Liburniji

Danas o rimskim cestama na prostoru južne Liburnije znamo više nego o onima na drugim područjima provincije Dalmacije. Rimske su ceste dosada bile rekonstruirane kombinacijom rekognosciranja, analizom povijesnih arhiva, itinerara i arheološkim iskapanjima.³⁸ Većina se radova bavila rekonstrukcijom makrosmjerova, bez preciznog ubiciranja pružanja u mikroprostoru. U novije se vrijeme sve više pozicija otkriva u krajoliku južne Liburnije, izvan urbanih sredina, što je pozitivan trend. Primjer je relativno nova potvrda jednog pravca ceste od prijelaza Bobodol preko rijeke Krke, nedaleko od Burnuma, do okolice Knina.³⁹

Zbog slabog poznavanja cesta iz arheološke perspektive, klasifikacija rimskih cesta po kriterijima važnosti, razlozima gradnje i slično neće biti rađena. Do danas sačuvana i registrirana masa arheoloških potvrda na terenu o rimskim cestama nije nepostojeća.⁴⁰ Rad Abramića i Colnago značajno je doprinio našem poznavanju pružanja rimskih cesta izvan urbanih sredina na ovome području.⁴¹ Međutim, u svakom znanstvenom istraživanju, kojim se

³⁸ Ž. MILETIĆ, 1992, 63. – 88., Ž. MILETIĆ, 1993, 117. – 150., Ž. MILETIĆ, 2004, 7. – 21., N. JAKŠIĆ, 1984, 325. – 346., I. GLAVAŠ, 2015, 1. – 404., I. BOJANOVSKI, 1974, 1. – 277., N. CESARIK, I. GLAVAŠ, 2018, 353. – 360.

³⁹ N. CESARIK, I. GLAVAŠ, 2018, 353. – 360.

⁴⁰ M. ABRAMIĆ, A. COLNAGO, 1909, 13. – 112.

⁴¹ M. ABRAMIĆ, A. COLNAGO, 1909

želi obraditi ova tema, treba biti izuzetno oprezan jer je arheoloških dokaza na terenu za sada i dalje veoma malo.

Svako imenovanje cesta u ovome radu terminima poput „glavna“, „kardinalna“, „magistralna“ služi pojašnjenju, specifikaciji te verbalizaciji pravca. Ti termini ovdje nisu opisnog i klasifikacijskog karaktera niti će ovaj rad pokušati dati odgovore na ta pitanja. Rad će u tom aspektu jedino pokušati dati interpretaciju rimskog načina kretanja prostorom.

Rimske ceste na prostoru južne Liburnije prolazile su različitim mikogeografskim pozicijama:

1. uz podnožja uzvišenja, u kontaktnoj zoni kosa i polja
2. na hrbatu kosa, paralelno s njihovim pružanjem
3. kroz polja
4. uz rubne dijelove plavnih područja
5. između izoliranih brda, u dolinama/kanjonima
6. povrh kanjona rijeka
7. kroz planinske prijevoje.⁴²

Važno je na ovome mjestu spomenuti odnos cesta i naselja u rimskom periodu. Naime, magistralni pravci rimskih komunikacijskih cesta ulazili su u naselja samo onda kada su prilazi naseljima bili pristupačni do te točke gdje ne predstavljaju više nikakav dodatan napor za prilazak. To znači da su magistralne ceste prilazile ili ulazile u naselja koja su bila na ,uvjetno rečeno, pristupačnim mjestima (poput Skardone, Burnuma). Ona naselja, koja su građena na teže pristupačnim mjestima, poput hrptova kosa (*Asseria*) ili vrhova brda (*Sidrona*, *Ansiium*), na „regionalnu“ su komunikacijsku mrežu spajana lokalnim putem. Vrlo dobar primjer toga imamo u Aseriji, gdje magistralni pravac *Iader – Scardona* prolazi podno gradine s jugozapadne strane. *Asseria* je tim putem spojena lokalnom cestom (ili cestama), od kojih je jedna utvrđena sjeverozapadno od naselja, u pravcu pružanja ka Bukoviću, oko kojega možda silazi s kose i spaja se na magistralni put.⁴³ Magistralni putovi nisu prolazili centrom svakog naselja, već negdje pored, zato što su različiti putnici imali različita odredišta i ne bi bilo prudentno „tjerati“ ih sve na uspon na svako nepristupačno naselje pored kojega su komunikacije prolazile.

⁴² Slika 6.

⁴³ Ž. MILETIĆ, 2004, 13. – 15.

Cesta Akvileja - Drač prijelazom preko prijevoja Vučjak kod Dubokog dolazi iz smjera Gračaca ulazi u naše područje proučavanja. Od Dubokog dolazi spušta se jugozapadno u smjeru Smokovca (*Hadra*). Tu prelazi Krupu i ide u smjeru jug – jugoistok kroz Dubravu, Macure, Jurišiće, zapadno od Đakulovića te se spušta ka Zrmanji i Erveniku. Iz Ervenika skreće na jugoistok do Žeželja gdje se račva. Jedan krak ide južnije prema Ivoševcima i Burnumu, dok drugi ide jugoistočno ka Kaniziri, prolazi južno od Radučke glavice i ide ravno do prijelaza Bobodol preko Krke.⁴⁴ Nakon prijelaza Bobodol sa sjeverne je strane Promine išla do Promone.

Cesta *Iader – Aenona* potvrđena je samo u krajnjem dijelu, u okolici Enone, dok je ostatak nepoznat. Cesta je, gledano iz smjera Enone, izlazila iz grada na jugozapadnoj strani, koja je s kopnom bila spojena mostom. Odmah nakon izlaska iz grada, išla je u smjeru jugoistoka, paralelno s akveduktom. Nastavljala je ravno, gotovo do sela Rakići, gdje je zaokretala na jug - jugoistok i tu joj se gubi trag.⁴⁵ Možda se pružala u smjeru Bokanjca.

Cesta *Jader – Novsko ždrilo – Mali Alan* arheološki je potvrđena samo sjeverno od Zrmanje, dok je trasa kroz Ravne kotare u potpunosti nepoznata.⁴⁶ Novsko ždrilo premošteno je vjerojatno brodskim putem na nepoznatoj lokaciji (možda u okolici današnjeg Masleničkog mosta, ali ipak još nema arheoloških dokaza o njegovoj izgradnji; moguća su rješenja ovog prijelaza pontonski most, kao i prijelaz brodovima). Nakon prijelaza Novskog ždrila, trasa se preko Zališća pruža u smjeru Zelenikovca, gdje se počinje penjati na južne padine Velebita, u nekoliko različitih manjih ruta. Prolazi područjem Donje i Gornje Bukve u smjeru istoka, kod Kraljičinih vrata skreće sjeverno i prelazi preko Malog Alana. Na ovu se cestu možda spajala jedna trasa iz smjera Ansiuma. Ta je trasa prelazila preko Zrmanje (možda kod obrovačkog groblja) koja je prije Modrića skretala sjeverozapadno, prolazila Jasenice te se na ovu cestu spajala možda kod Kraljičinih vrata.

Cesta *Iader – Corinium* možda se nalazi ispod današnje županijske ceste Zemunik Donji – Donji Karin (nije arheološki potvrđena). Rimska je cesta išla vjerojatno od Babinduba istočno od Zemunika Donjeg. Tu se, od čvora brze ceste, pružala ravnom linijom do Pridrage, gdje u Donjim Vidukama skreće desno i ide ravno u smjeru Dubroje, sjeverno od Korinija na Milankovom brdu.

Trasa ceste *Iader – Nedinum – Asseria – Varvaria – Scardona* relativno je dobro poznata, zahvaljujući spoju arheoloških i itinerarskih dokaza, te ju možemo rekonstruirati

⁴⁴ I. GLAVAŠ, 2015, 112. – 126.

⁴⁵ M. DUBOLNIĆ - GLAVAN, 2015, 80. – 89.

⁴⁶ M. ABRAMIĆ, A. COLNAGO, 1909, 26.

koristeći ta dva izvora u širim potezima. Izlazila je iz Iadera u smjeru današnjeg glavnog gradskog groblja, ka Babindubu. Tu skreće jugoistočno, drži smjer jedan kilometar, ponovno skreće nešto istočnije, prolazi ispod južne piste u vojnoj bazi Zemunik, prolazi sjeverno od Galovca nedaleko od starokršćanske bazilike i ide u smjeru Škabrnje.⁴⁷ Prije Škabrnje, na poziciji između Ograda i Razbojina, skreće desno u smjeru jugoistoka. Prolazi vjerojatno između gradine Nadin i Nadinskog blata te prelazi na sjeveroistočnu stranu kose Podine negdje oko Raševića. Ovaj dio trase nije siguran te postoje naznake da je trasa možda prolazila i sa sjeverne strane Gradine u Nadinu, na što upućuje pružanje lokalnih puteva koji se spuštaju s Gradine ka sjeveru (ili su postojale i sjeverna i južna trasa).⁴⁸ Prije prelaska potoka Kličevica, između pruge i lokalne ceste, zabilježen je pravac ceste koja je izgledno rimska u pružanju od gotovo pola milje (pozicija Podine kod Raševića).⁴⁹ Prati sjeveroistočni rub kose u smjeru jugoistoka, prelazi potok Kličevica te zatim u smjeru istoka, između Sopota i Benkovca, ide do Bukovića. Negdje između Bukovića i Podgrađa penje se na benkovačku kosu, gdje se od Vrcelja pruža jugoistočno do Asserije.⁵⁰ S benkovačke kose spušta se na nepoznatoj lokaciji jugozapadno od Asserije i nastavlja u smjeru jugoistoka. S jugozapadne strane benkovačke kose nastavlja po rubu polja do Lišana Ostrovačkih. Tu skreće istočno do Vrulja gdje ponovno nastavlja na jugoistok, ali ovaj put uz jugozapadni rub oštre kose (uzvišenja koje se pruža u smjeru sjeverozapad – jugoistok između Žažvičkog polja i Zablaca). Prolazi kroz Žažvić, gdje vjerojatno južno od gradine prelazi potok Brbišnica, oko 400 metara južno od Bribirskih Mostina. Uz jugozapadni rub uzvišenja Pleća nastavlja jugozapadno do Čukovih ograda, južno od Piramatovaca. Tu krak, koji ju spaja sa Varvariom, skreće lijevo te se nastavlja sjeverno po istoj trasi današnje lokalne ceste do raskrižja sa županijskom cestom, gdje nastavlja sjeverno kao poljski put do Bribirske glavice. Glavna trasa od Čukovih ograda ide dalje jugoistočno. Pružanje na području Ždrapnja nije sigurno, vjerojatno prolazi sa sjeverne ili južne strane brda Kukanj u smjeru crkvice sv. Marka. Od crkve sv. Marka nastavlja jugoistočno, prolazi sjeverno od Sonkovića i Gračaca kroz polje i završava u Skardoni.⁵¹

Cesta *Iader – Arauzona* izlazi istom rutom iz Iadera kao i cesta *Iader – Asseria – Varvaria – Scardona*, ali nakon Babinduba najvjerojatnije nastavlja oštrije na jugoistok, u smjeru Gorice. Nastavlja udolinom, podno kose do Kakme, Stabnja. U Vrani prolazi između

⁴⁷ Ž. MILETIĆ, 1993, 130.

⁴⁸ J CHAPMAN, R. SHIEL, Š. BATOVIĆ, 1986, 117.

⁴⁹ Ž. MILETIĆ, 2004, 12.

⁵⁰ Ž. MILETIĆ, 1993, 117.

⁵¹ Ž. MILETIĆ, 2004, 15. – 16.

Maškovića hana i templarske utvrde i nastavlja jugoistočno kroz polje do Putičanja. Nakon Putičanja možda se odvajala od južnog ruba sjeverne kose te je nastavljala dalje na jugoistok, ali sada sredinom polja. Kraj Velike Mrdakovice prolazi vjerojatno sa sjeverne strane, gdje okreće na sjeveroistok u smjeru Impletusa (koji se nalazio u jednoj od sjevernih uvala Prokljanskog jezera, možda uvala Morina), s krajnjim odredištem u Skardoni.⁵²

Primorska cesta pružala se paralelno s cestom *Iader – Arauzona*, ali s jugozapadne strane Vranskog jezera. Možemo ju pratiti negdje od istočnih kvartova Biograda na Moru (između pozicija Bučine i Poškaljine), odakle ide jugoistočno do pozicije Crkvine. Pakoštane prolazi sa sjeveroistočne strane, na udaljenosti od oko 200 metara od obale Vranskog jezera, paralelno s istom obalom. Prelazi moderan kanal Prosiku te joj se pružanje možda može pratiti do Pirovca i dalje do raskrižja županijskih cesta, od kojih jedan potencijalan krak, koji vodi na otok Murter, možda leži na rimskoj cesti za Colentum. Ta se ista cesta, koja je s Kolenta dolazila do ove pozicije, možda nastavljala u unutrašnjost u smjeru Dazline, i dalje do Bribirskih Mostina, te je činila svojevrsnu transverzalu na kardinalne puteve.⁵³

Pravci iz smjera Enone izlazili su iz grada na dvama mjestima – iz sjeveroistočnog ulaza te iz jugozapadnog ulaza u grad. Iako je područje antičke Enone danas odvojeno od kopna, u prošlosti je s kopnom bilo spojeno na sjeveroistočnoj strani grada.⁵⁴ Pružanje ceste *Aenona – Asseria* nije poznato sa sigurnošću, a njen se pravac do sada rekonstruirao uz pomoć informacija iz itinerata, pružanja srednjovjekovne ceste *Via Magna*. U grubim crtama pružala se preko današnjih naselja Nin – Krneza – Radovin – Islam Latinski – Islam Grčki – Kašić – Smilčić - Korlat.⁵⁵ Od Korlata je vjerojatno nastavljala ravno prema Bukoviću, gdje se spajala sa cestom *Iader – Asseria*.

Cesta *Asseria – Sidrona* – Zrmanja najvjerojatnije je prolazila Bruškom udolinom kroz Bukovicu. Nakon Sidrone možda se nastavljala dalje na sjeveroistok sve do Zrmanje, gdje se možda spajala s pravcem rimske ceste koji se spuštao s Malog Alana u smjeru jugoistoka, prelazio na lijevu obalu Zrmanje te se spajao s nastavkom ceste *Asseria – Sidrona* negdje oko Žegarskog polja na Zrmanji. Odatle je ovaj pravac vjerojatno nastavljaio u smjeru jugoistoka sve do Ervenika, gdje se spajao s magistralom Akvijela – Drač.⁵⁶

Cesta *Asseria – Alveria – Burnum* izlazi is Aserije na sjeverozapadnoj strani grada te se okreće sjeveroistočno, ka Lisičiću. Prolazi između brda Šušina glavica i Velika Majnica u

⁵² S. ČAČE, 2008, 22.

⁵³ Ž. MILETIĆ, 1992, 65.

⁵⁴ M. DUBOLNIĆ - GLAVAN, 2015, 83.

⁵⁵ N. JAKŠIĆ, 1984, 326.

⁵⁶ Ž. MILETIĆ, 2004, 17. – 18.

smjeru gradine Jarebinjak, koju zaobilazi sa sjeverne strane. Gradina Jarebinjak za sada je najizglednija pozicija antičkog naselja Alveria.⁵⁷ Nakon Alverije ruta nije sigurna. Možda je išla u smjeru gradine u Bjelini, gdje bi se spajala s cestom iz Sidrone, a odakle bi nastavljala ravno na istok, između Nunića i Modrinog sela, ka Burnumu. Druga je opcija da je ruta nakon Jarebinjaka skretala jugoistočno, s južne strane zaobilazila Nuničku kosu te nakon sela Čakići skretala sjeveroistočno u smjeru Burnuma. Treća je opcija da su oba pravca funkcionirala paralelno.⁵⁸ U slučaju postojanja južne trase, otvorena je opcija da se jedan odvojak ceste Bribir – Roški slap kod Smrdelja spajao s ovom trasom.

Cesta Skardona – Burnum nema sa sigurnošću utvrđen pravac pružanja. Možda se odvaja s kardinalnog pravca *Asseria – Scardona* na području između pozicije Maraguša (kod Pavasovića u Skradinskom polju) i sela Gračac. Odvaja se u smjeru sjeveroistoka te prati jednu od usjeklina koje utječu u Skradinsko polje s njegove sjeverne strane (između Podikose i Žurića brda). Nakon uspona ka sjeveru iz smjera Skradinskog polja, zasigurno se nastavlja u smjeru Bratiškovaca i Smrdelja, odakle skreće direktno u smjeru Burnuma na sjeveroistok ili se spaja sjeverno na cestu *Alveria – Burnum*.⁵⁹

4. METODOLOGIJA

Novaković (2008.) definira kulturni krajolik kao „*produkt ljudi koji upotrebljavaju neku određenu materijalnu realnost (fizički prostor) za stvaranje neke nove realnosti (socijalni prostor) preko ideja i zamisli o redu stvari (simbolički prostor)*“.⁶⁰ Na taj način definirani su i parametri rasprave koji vrlo jasno uokviruju ovaj rad. Fizički krajolik smo definirali kao prirodni prostor južne Liburnije, odnosno prostor između rijeka Zrmanje i Krke, s uključenim dodatnim vanjskim prstenom koji se na sjeveru pruža do najviših hrbata Velebita, a na jugu do Promine, Čikole i prvih uzvišenja Zagore. Društveni i kulturni elementi, koje je čovjek stvorio u takvom fizičkom krajoliku, brojni su. Međutim, ovaj se rad fokusira na ceste koje su građene za vrijeme rimske uprave. Tu ubrajamo sve znane cestovne infrastrukturne radove koji spajaju naselja južne Liburnije (međusobno, ali i s prostorom izvan onog promatranog), a koji su građeni u periodu od druge polovice 1. st. pr. Kr do 5. st.

⁵⁷ A. UGLEŠIĆ, 2017, 187.

⁵⁸ M. ABRAMIĆ, A. COLNAGO, 1909, 26., Ž. MILETIĆ, 2004, 14. – 15.

⁵⁹ I. GLAVAŠ, 2011, 176.

⁶⁰ P. NOVAKOVIĆ, 2008, 17.

po. Kr. (period trajanja rimske uprave na ovom prostoru). Unutar ove definicije ceste igraju ulogu konektivne infrastrukture.⁶¹

Nakon prikupljanja literature i objedinjavanja dosadašnjih saznanja o rimskim cestama na području južne Liburnije, svi poznati, pretpostavljeni i mogući pravci kartirani su u GIS projekt u softveru QGIS 3.10.9. s GRASS 7.8.3. proširenjem (www.qgis.org) te su upotrijebljeni za daljnje analize (Slika 6.). Sve su interesne točke (naselja, arheološki potvrđene ceste u krajoliku, toponimi koji su referentne točke za daljnje analize), također, unesene u projekt. Podatci o vodenim tokovima preuzeti su sa stranice ESA Copernicus te su i oni uneseni u projekt u obliku *.shp* datoteka.⁶²

Digitalni model reljefa (DMR) odabran je nakon unosa osnovnih poznatih informacija. Iz derivacija DMR-a napravljena je analiza optimalnog puta (*least cost analysis, LCA*) s vektorskom datotekom, kao finalnim produktom, koja predstavlja optimalni put (*least cost path, LCP*). Digitalni model reljefa (DMR) grafička je reprezentacija nadmorskih visina određenog prostora. Dolazi u nizu formata, od kojih je najčešći *.geotiff*. Riječ je o raster datoteci (grafička datoteka sastavljena od piksela) u kojoj je svaki piksel georeferenciran. Georeferencirani DMR najčešća je podloga pri rukovanju s geografskim i drugim vrstama podataka u GIS-u. Kombiniranje DMR-a s raznim oblicima vektorskih datoteka (koje najčešće dolaze u *.shp* formatu) u GIS-u omogućava korisniku izvršavanje veoma složenih operacija koje imaju gotovo beskrajne primjene. U ovom je radnom procesu DMR poslužio kao podloga za razvijanje frikcijske podloge (*friction surface, FS*) koja je kombinirana s interesnim točkama u vektorskom obliku u svrhu dobivanja LCP-ova između tih točaka (interesne su točke u ovom slučaju izvorišta/odredišta LCP-ova, odnosno naselja i arheološki potvrđene ceste u krajoliku).

Kao temeljna je podloga u radu korišten SRTM1 Global DMR.⁶³ Ovaj je DMR korišten zbog nekoliko razloga. SRTM pokriva gotovo cijelu površinu Zemlje (80 %, osim polova) što je važno za usporedbe istraživanja i konzistenciju rezultata, bez potrebe za dodatnim analizama.⁶⁴ Čini se da rezolucija od 30 metara reproducira rezultate jednake kvalitete kao i podatci viših rezolucija.⁶⁵ Izvorni mu je horizontalni datum WGS84, a

⁶¹ A. CHAVARRIA ARNAU, 8.

⁶² [EU-Hydro — Copernicus Land Monitoring Service](#) (6. 5. 2020.)

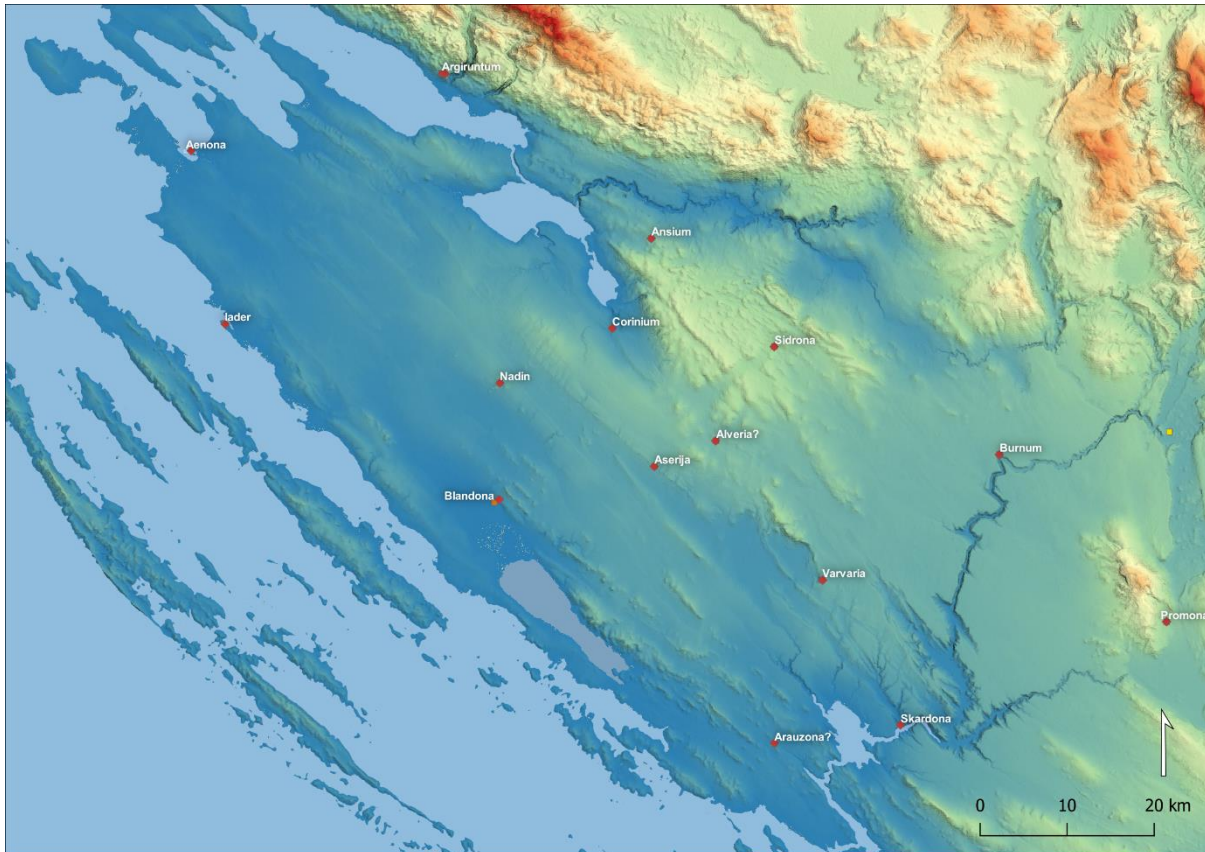
⁶³ Objavljen je u nizu različitih formata. Od 2014. je dostupan u rezoluciji od 1" (~30m) na globalnoj razini.

⁶⁴ T. BAŠIĆ, G. BUBLE, 2007, 3.

⁶⁵ J. A. DOYLE, et al., 2012, 797.

vertikalni EGM96. Horizontalna i, za nas iznimno važna, vertikalna točnost među najvišima su, što, također, pojačava argument za korištenje ovog DMR.⁶⁶

DMR podatci preuzeti su s USGS EarthExplorer ([EarthExplorer \(usgs.gov\)](http://EarthExplorer.usgs.gov)) u *.geotiff* formatu. Podatci su obrađivani u izvornoj WGS84 projekciji jer na površinama veličine



Slika 7. Digitalni model reljefa, DMR (*digital elevation model, DEM*)

našeg proučavanog područja prostorno iskrivljenje, koje se javlja na cilindričnim projekcijama, nije značajno (drugim riječima, neće uvjetovati ishod istraživanja).

Iz DMR podataka uklonjene su *0-value* vrijednosti (mora, jezera) koje ne mogu služiti kao hodne površine. Današnja razina mora nije ista kao i za vrijeme rimske uprave, ali ta razlika ne utječe na ishod analiza iz dva razloga. Prvo, istočna jadranska obala nije iskusila drastične promjene u tome vremenskom intervalu. Drugo, rimske se ceste, koje su predmet proučavanja, nisu pružale duž obale (osim na dijelovima gdje su prelazile ždrila kod Novigradskog i Karinskog mora te kod donjih tokova rijeka Zrmanje i Krke) pa tako i nisu bile zahvaćene promjenama morske razine.⁶⁷ Time je završena priprema osnovnog DMR-a.

⁶⁶ M. POKUPIĆ, 2018, 4.

⁶⁷ M. SURIĆ, 2009, 195.

Nakon pripreme DMR-a, LCA podrazumijeva provedbu standardiziranog radnog tijeka. Proces možemo podijeliti na tri osnovna koraka:

1. izračun frikcijske podloge (*friction surface, FS*)
2. odabir izvorišnih i odredišnih točaka
3. izračun optimalnog puta (*least cost analysis, LCA*).⁶⁸

Frikcijska podloga (*friction surface, FS*) raster je koji se kreira apliciranjem određene kalkulacije na osnovni ulazni sloj (*input layer*), a u našem slučaju to je DMR, s ciljem kreiranja novog sloja koji bi predstavljao koliko je „teško“ prijeći iz jedne ćelije raster-sloja u drugu.⁶⁹ Kako bi se izračunao LCA, potreban je odabir elemenata koji će se koristiti kao model u izradi frikcijske podloge. Potencijalni su parametri, koji se mogu uzeti u obzir, nagib terena (*slope*), visina, smjer vjetra, tip tla, vegetacijski pokrov itd. Velike promjene u fizičkom krajoliku (erozija, akumulacija, eksploatacija krajolika, klimatske promjene) mogu dovesti do neadekvatnosti upotrebe postojećih, današnjih parametara pa je tako potreban veliki oprez pri odabiru kriterija koji će biti uključeni u model (ili eventualna rekonstrukcija uvjeta razdoblja obuhvaćenog našim istraživanjem).⁷⁰ Jedinim je parametar, koji je korišten u frikcijskoj podlozi, nagib terena (*slope*). Nekoliko je ograničavajućih okolnosti koje su uvjetovale takvu odluku, od kojih je najvažnija manjkavost adekvatne količine kvantificiranih potencijalnih parametara.

Slope je raster koji prikazuje izračun inklinacije u odnosu na horizontalu.⁷¹ Veća visinska razlika između susjednih ćelija rezultira većom vrijednošću na ovom novokreiranom *slope* rasteru te finalno rezultira većom „cijenom“ za LCP koji će potencijalno preći preko te „skupe“ ćelije. *Slope* može biti izražen u stupnjevima (kao u ovome radu) ili u postocima. Na osnovi ranije pripremljenog DMR-a generiran je nagib (*slope*) u QGIS GRASS algoritmu `r.slope.aspect`, sa sljedećim postavkama:

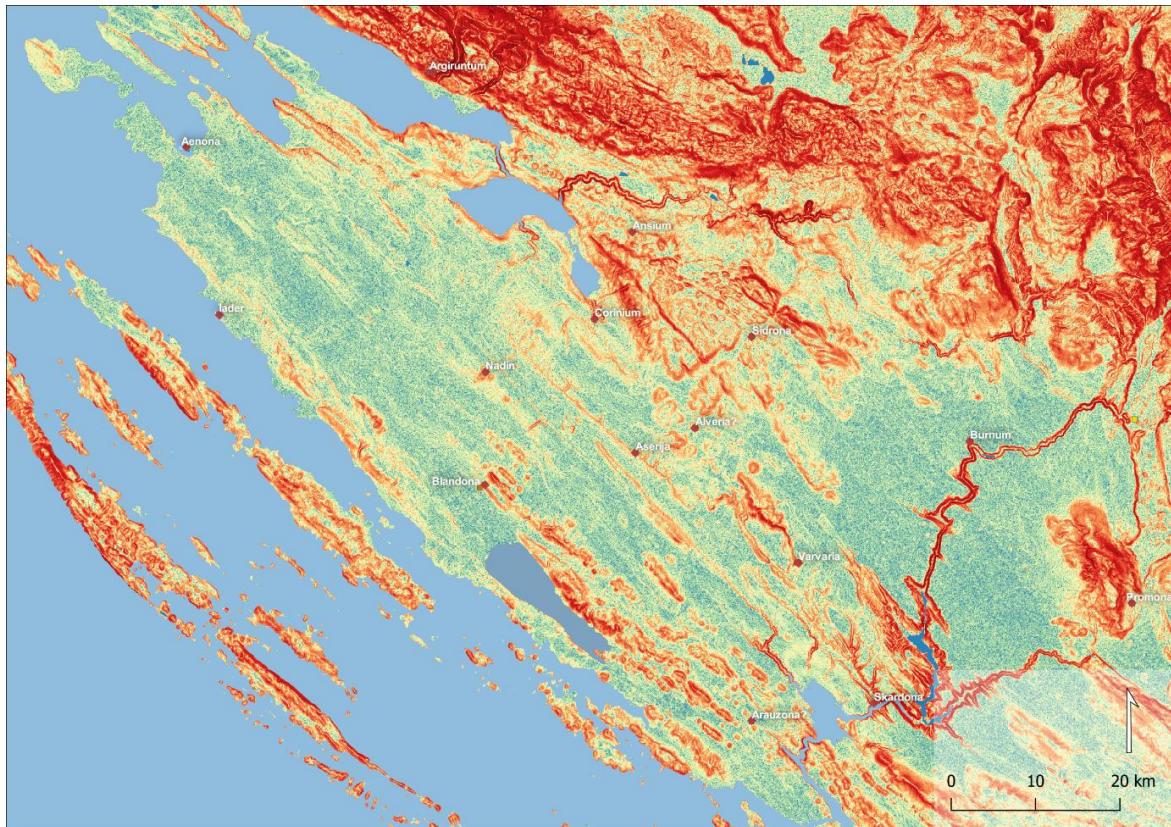
```
{ '-a' : True, 'GRASS_RASTER_FORMAT_META' : '',
'GRASS_RASTER_FORMAT_OPT' : '', 'GRASS_REGION_CELL_SIZE_PARAMETER' : 0,
'GRASS_REGION_PARAMETER' : None, 'aspect' : 'TEMPORARY_OUTPUT', 'dx' :
'TEMPORARY_OUTPUT', 'dxx' : 'TEMPORARY_OUTPUT', 'dxy' : 'TEMPORARY_OUTPUT',
'dy' : 'TEMPORARY_OUTPUT', 'dyy' : 'TEMPORARY_OUTPUT', 'elevation' :
'Ime_Input_Datoteke', 'format' : 0, 'min_slope' : 0, 'pcurvature' :
'TEMPORARY_OUTPUT', 'precision' : 0, 'slope' : 'TEMPORARY_OUTPUT',
'tcurvature' : 'TEMPORARY_OUTPUT', 'zscale' : 1 }
```

⁶⁸ D. WHEATLEY, M. GILLINGS, 2005, 137.

⁶⁹ D. A. WHITE, 2015, 408.

⁷⁰ I. HERZOG, 2013a, 2. – 3.

⁷¹ [Slope \(qgis.org\)](https://qgis.org/), [How Slope works—ArcGIS Pro | Documentation](https://qgis.org/arcgis_pro_documentation/) (2. 6. 2021.)



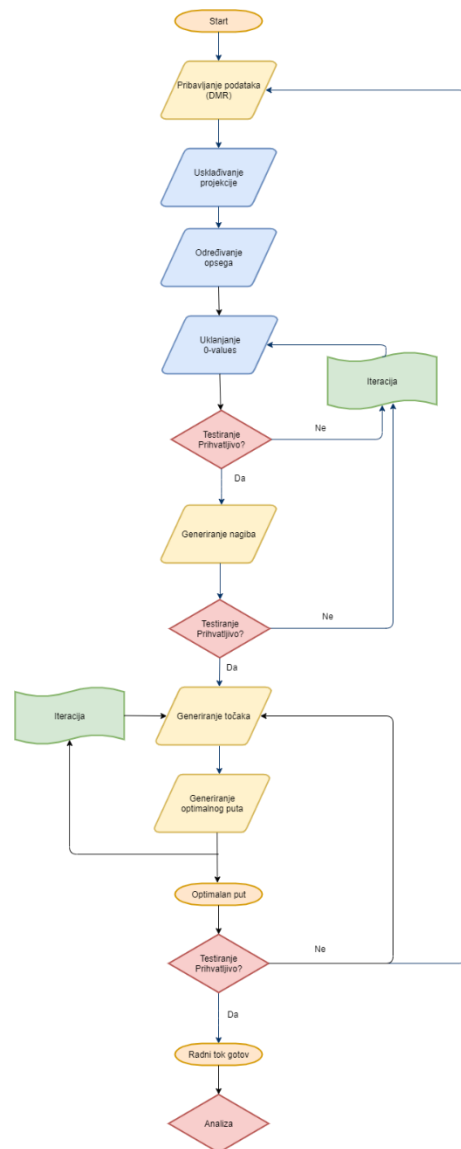
Slika 8. Nagib terena (*slope*) koji će u ovome istraživanju služiti kao frikcijska podloga

Nakon što je frikcijska podloga kreirana, pripremljene su izvorišne i odredišne točke za svaki pojedini LCP. To znači da je u svakom LCP-u određena jedna točka iz koje put kreće i jedna točka do koje put dolazi. Tu je važno uzeti u obzir činjenice o naseljima poput poznatih izlaza iz gradova ili, ako to nije moguće, postaviti izvorište u centar naselja. U slučajevima gdje se naselje nalazi na nepristupačnoj poziciji (npr. naselja gradinskih odlika), izvorišta/odredišta bilo je potrebno postaviti na pozicije koje predstavljaju one točke u prostoru gdje su se lokalne ceste spajale s regionalnim komunikacijama u podnožjima tih uzvišenja, ako je to moguće. Ako niti tu distinkciju nije bilo moguće napraviti, u krajnjem su slučaju izvorišta/odredišta smješтана na vrhove prirodnih uzvišenja. Kriterij odabira razlikuje se od točke do točke, ovisno o primjenjivom faktoru.

Sam algoritam, koji je korišten pri izradi LCP-ova, izotropski je *Dijkstra* algoritam (ime QGIS priključka je 'Least cost path', [QGIS Python Plugins Repository](#)). Funkcionira na način da pokušava tražiti najlakši prijelaz iz jedne ćelije rastera u susjednu, pamteći sve prošle cijene prelaska ćelija, u smjeru od izvorišta prema odredištu, a potom kreira vektorsku liniju koja je izvedena spajajući središta ćelija u rasteru po najjeftinijoj putanji. Svaka ćelija tvori svojevrsni čvor s pridruženom cijenom kretanja preko njega, ovisno o smjeru iz kojega se dolazi prema njemu. (Slika 10.) Korišteni algoritam primjenjuje princip '*knights move*' („skakačev hod“), što ga čini preciznijim.⁷²

Ovdje je važno napomenuti da ovakav radni tijek rezultira izotropskim izračunom koji ne uzima u obzir razlike između izračuna hipotetskog puta $A \rightarrow B$ i puta $B \rightarrow A$. U realnom krajoliku te dvije rute nisu nužno iste, pa tako akteri mogu birati različite rute (ovisno penju li se na višu ili se spuštaju na nižu nadmorsku visinu). To znači da razlike u najefikasnijoj ruti jednog smjera naspram drugog mogu biti velike jer anizotropski izračun (kakav primjenjuje primjerice Toblerova funkcija) funkcija nije linearan, ali ni centriran na nuli.⁷³

U hipotetskom primjeru, ako zamislimo točku A u podnožju nekog stožastog uzvišenja s nagibom od 10 %, a točku B na njegovom vrhu, put od točke A do točke B daleko je „skuplji“, odnosno fizički zahtjevniji od puta od točke B do točke A, ali izotropski izračun to ne vidi, za razliku od anizotropskog koji uzima u obzir polazišnu točku.⁷⁴ Unatoč tomu, ovaj model radi na principu izotropskog izračuna jer je testiranjem utvrđeno da su razlike u izotropskom i anizotropskom izračunu zanemarive (krajolik koji se proučava nema ravnomjerno raspoređen visinski i nizinski dio između kojih bi se komuniciralo, već je krajolik izrazito raznolik i razveden bez dominantnih geoloških formacija). Ostavljena je



Slika 9. Metodološki dijagram

⁷² I. HERZOG, 2013a, 8.

⁷³ [NCGIA \(escholarship.org\)](#)

⁷⁴ J. A. DOYLE, et al., 2012., 793. – 794.

moгуćnost da anizotropski izračun mođe proizvesti bolje rezultate u budućim istraživanjima jer su slični rezultati dobiveni drugim istraživanjima ove problematike.⁷⁵ Iako se u ovome radu ograničavam samo na izotropski izračun optimalnog puta, vjerujem da će u budućnosti biti korisna i analiza s anizotropskim izračunom, ne samo iz razloga što je anizotropska analiza objektivno reprezentativnija nego i jer omogućava dublju analizu ljudskog kretanja kroz krajolik.

Rezultat provođenja koraka izračuna optimalnog puta vektorska je linija koja povezuje izvorište i odredište, i to na način da je podacima iz frikcijske podloge izračunata putanja koja ima najniđu „cijenu“ (cijena ovdje podrazumijeva akumuliran zbroj vrijednosti svih ćelija preko kojih je vektorska linija povučena). Na Slici 10. vidimo kako različite cijene pojedinih ćelija utječu na rutu koju LCP odabire.

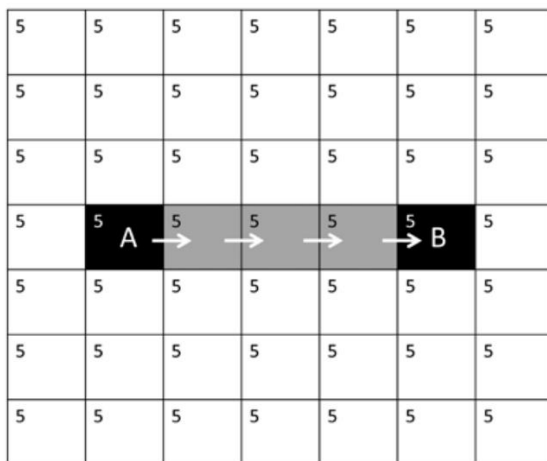


FIGURE 1.1. Movement across a landscape with uniform cost. In this example, each possible move on the given landscape incurs the same arbitrary cost of five units. The most cost-efficient path between A and B is a straight line.

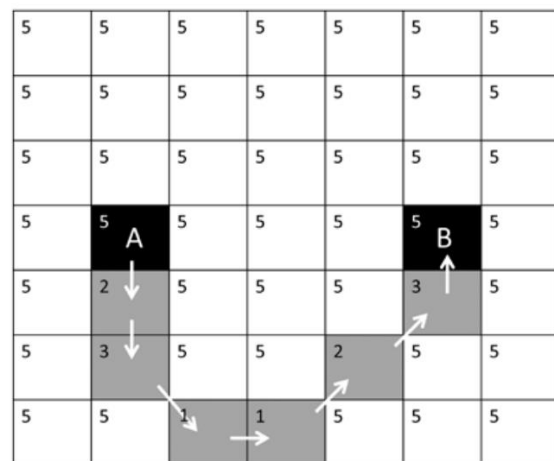


FIGURE 1.2. Movement across a landscape with non-uniform cost. In this example, the cost of movement is lower for some cells, which results in a least cost route between A and B that is not a straight line.

Slika 10. Nagib terena (*slope*) koji će u ovome istraživanju služiti kao frikcijska podloga (Preuzeto iz: SURFACE-EVANS, D. A. WHITE, 2012, 3.)

Odbačeni su slučajevi u kojima su se pojedini LCP-ovi ispostavili kao u potpunosti neprihvatljivi (iz raznih razloga koji će biti navedeni za svaki slučaj zasebno). U takvim je situacijama izrađen takozvani „forsirani“ LCP (ako je moguće) koji je izveden iz više dijelova. Generalno, ako je između izvorišta i odredišta poznata trasa rimske ceste koja je arheološki potvrđena, ona može poslužiti kao okosnica kroz koju je „provučen“ LCP kako bi ga se usmjerilo na potencijalno ispravnu putanju (u praksi ta poznata lokacija služi kao samo

⁷⁵ P. VERHAGEN, K. JENSEN, 2012, 127.

još jedno izvorište/odredište). Ova je metoda upotrijebljena zato što se takvim segmentiranjem LCP-ova mogu postići svrsishodni rezultati na područjima koja inače ne bi polučila prihvatljive rezultate.

Budući da su razni parametri mogli biti uključeni u naš model (ovisno o našim potrebama i ciljevima), važno je bilo paziti na odabir softvera/algoritama koji će se koristiti u izradi analize. Različitosti u softverima mogu dovesti do drastičnih razlika u rezultatima, pa je iz istog razloga potrebno provesti i provjere točnosti dobivenih rezultata.⁷⁶

Validacija rezultata provedena je uz pomoć dvaju testova: testa osjetljivosti i *buffer*-testa.

Test, odnosno analiza osjetljivosti, testira problem manjka konzistentnosti, koji je spomenut u prethodnom poglavlju, do kojeg može doći zbog male promjene u izvorištima i odredištima. Analiza osjetljivosti testira stabilnost dobivenih LCP-ova. Cilj je upotrebe ove analize bio vidjeti imaju li manja pomicanja izvorišta i odredišta značajan utjecaj na rutu koju bira LCP. Ako se pomicanjem izvorišta i odredišta LCP drastično promijeni, znači da je nestabilan te da je sigurnost kretanja ovom rutom niska. To ne znači da ovaj put nije validan ili da nije bio korišten, već je jednostavno nemoguće utvrditi da je ta ruta bila preferencijalna ili jedina između hipotetskih izvorišta i odredišta. Na cestama, kod kojih originalni LCP pokazuje visoku devijaciju od pretpostavljene trase, testni je LCP izrađen i u forsiranoj varijanti. Ovaj test nije rađen na svim rutama, već samo na reprezentativnom uzorku svakog tipa terena.

Sama se analiza sastoji od nekoliko koraka:

1. izrada dislociranih točaka udaljenih 250 metara od originalnih izvorišta i odredišta: po jedna točka sjeverno (S) i južno (J) od izvorišta te po jedna točka sjeverno i južno od odredišta
2. izrada dvaju LCP-ova, jednog sa sjevernim izvorištem i odredištem, a drugog s južnim
3. usporedba i registriranje potencijalnih devijacija.

Buffer-test analizira postotak LCP-ova koji se kreću na određenoj udaljenosti od pretpostavljene trase ceste. Finalni je cilj dobivanje kategorije preklapanja pretpostavljene trase i LCP-a, odnosno, stjecanje uvida u to koliki se dio LCP-a preklapa s pretpostavljenom trasom. *Buffer*-test u osnovi je niz koncentričnih *buffer*-klasa slojeva koji iz centralne linije pretpostavljene trase ceste (koja se pruža od točke A do točke B) kreira vanjske perimetre od

⁷⁶ I. HERZOG, 2013a, 2.

250 m širine (prvi je širine 250 metara, drugi 500, treći 750, četvrti 1000, peti 1250 metara). Zatim se od točke A do točke B kreira LCP te se izračunava postotak LCP-a koji se poklapa s određenom *buffer*-klasom.

Buffer-test rađen je samo na onim trasama cesta za koje postoji visok stupanj sigurnosti u njihovo kretanje krajolikom. Tu ubrajamo one ceste za koje postoje višestruki dokazi o njihovom preciznom pružanju (pisani izvori, nonovjekovni katastri, arhivi, arheološki dokazi). Čak i takve trase nisu u potpunosti sigurne, pa tako ovdje predstavljaju samo svojevrsnu idealnu rekonstrukciju nastalu na temelju naših dosadašnjih saznanja (kao takve nipošto nisu determinanta). Trase, koje nemaju zadovoljavajuću količinu dokaza o njihovom pružanju, nisu bile uključene u ovu analizu jer usporedba trase i LCP-a ne bi imala dovoljnu razinu sigurnosti u dobivene rezultate. Postotci u klasama mogu odudarati od 100 % zbog zaokruživanja na drugu decimalu. Veličine *buffer*-klasa arbitrarno su odabrane radi ilustrativnosti i vizualizacije rezultata. Postoji niz razloga zašto su klase mogle biti veće ili manje te zašto ih je moglo biti više. Broj kategorija ograničen je na šest, primarno radi preglednosti, dok su *bufferi* definirani na širinu od 250 metara iz razloga jer taj iznos rezultira finalnom klasom ukupne širine 2,5 kilometara, što je dovoljno široko da obuhvati cijele doline kojima ceste, ali i LCP-ovi imaju tendenciju kretanja između hrptova u reljefu Ravnih kotara. Broj *buffer* kategorija, čini se, mogao je biti i manji (npr. tri kategorije), a ne bi postojala opasnost od značajnog pada analitičkog potencijala.

Ovakvi se tipovi analiza, koji su upotrijebljeni u ovom radu, smatraju najvjerodostojnijim u provjeri LCA.⁷⁷

⁷⁷ I. HERZOG, 2014, 237. – 238.

5.REZULTATI

U ovom su poglavlju prikazani rezultati analize optimalnog puta dobiveni primjenom metodologije opisane u trećem poglavlju. Rezultati uključuju dobivene LCP-ove, testiranje osjetljivosti dobivenih ruta, detaljniji pregled ruta i usporedbu ruta sa znanim pravcima rimskih cesta. Dobivene su rute predstavljene u sekcijama u kojima se raspravlja o pojedinačnim rutama te njihovoj interakciji s krajolikom. Ocijenjena je i validnost dobivenih ruta. U slučajevima u kojima je dobiveni LCP neadekvatan, kreiran je alternativni LCP koji je „forsiran“ kroz određene točke u terenu između izvorišta i odredišta gdje su zabilježeni ostatci rimskih cesta, koje bi, s objektivnim stupnjem sigurnosti, mogle predstavljati dio testirane rute.

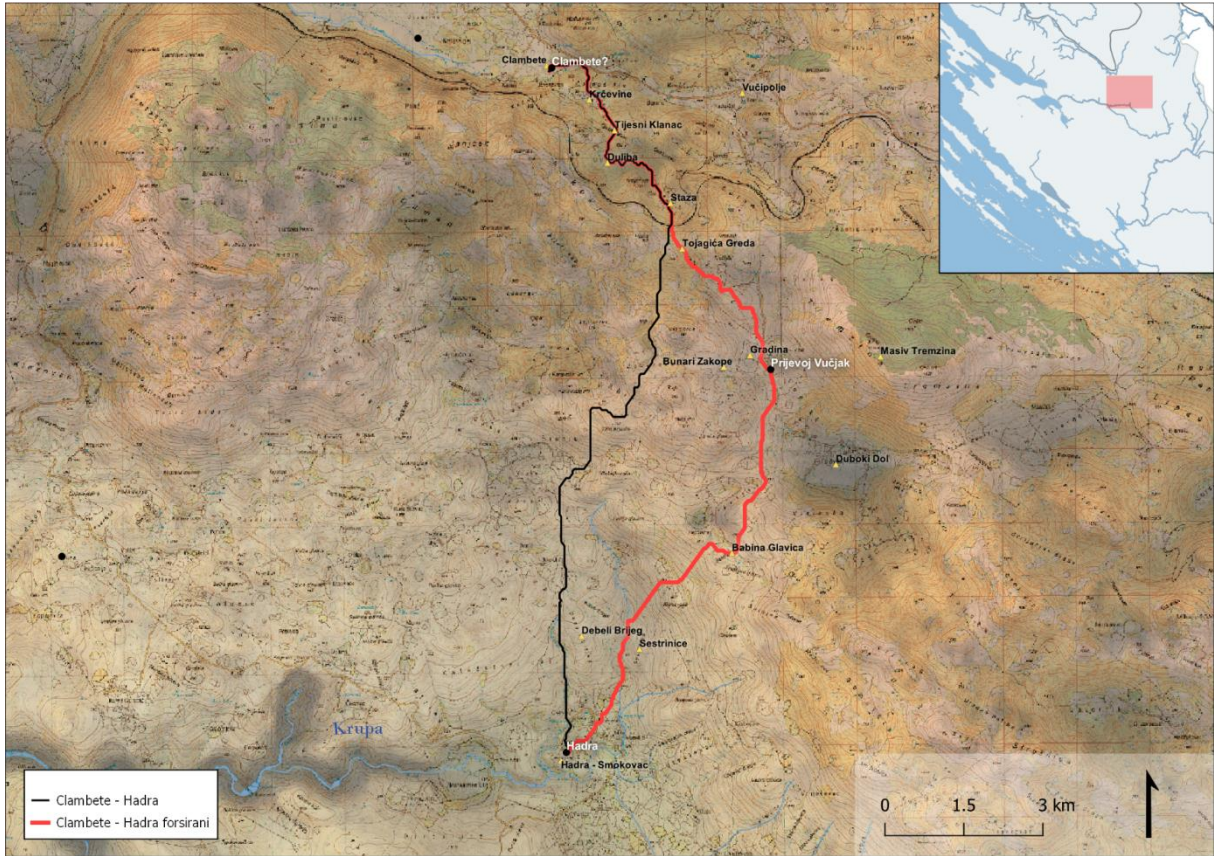
3.1. ISTRAŽIVANJE – LCP

3.1.1. *Clambete* – Vučjak – *Hadra*

Od pretpostavljene rimske postaje *Clambete* do *Hadre* LCP bira putanju zapadno od prijevoja Vučjak, kroz razvijeni krš južnog Velebita (Slika 6.).⁷⁸ Razlog tomu je činjenica da je svaki prijelaz preko visokih planinskih lanaca, poput Velebita, izrazito neekonomičan u smislu utroška energije. Kretanje po dugim trasama krškog terena, zbog razvijenosti terena, rezultira višom cijenom kretanja. Drugi razlog odabira krškog neprohodnog područja umjesto prijevoja, leži u nedovoljno visokoj rezoluciji DMR-a (kamenjar i škrape nije moguće registrirati na rasteru rezolucije 30 metara). Ove dvije značajke upućuju na malu vjerojatnost točnosti ove rute.

Forsiranjem algoritma da izabere prijevoj dobiva se nešto vjerojatnija ruta kojom je cesta mogla prelaziti preko ovog dijela Velebita (Slika 11.). Ovaj se LCP odvaja od pravca današnje državne ceste između Gračaca i Vučipolja kod pozicije Krčevine. Preko Tijesnog klanca, Duliba, Staza i Tojagića Greda dolazi na visoravan Vučjak. U forsiranoj su izvedbi bunari Zakope stavljeni kao odredište. U drugoj fazi ove izvedbe LCP nastavlja od Zakopa južno, prolazi Duboki dol sa zapadne strane, kod Babine glavice skreće jugozapadno te se vododerinom između Debelog brijega i Sestrinice spušta ka Smokovcu, pretpostavljenoj lokaciji rimske *Hadre*.

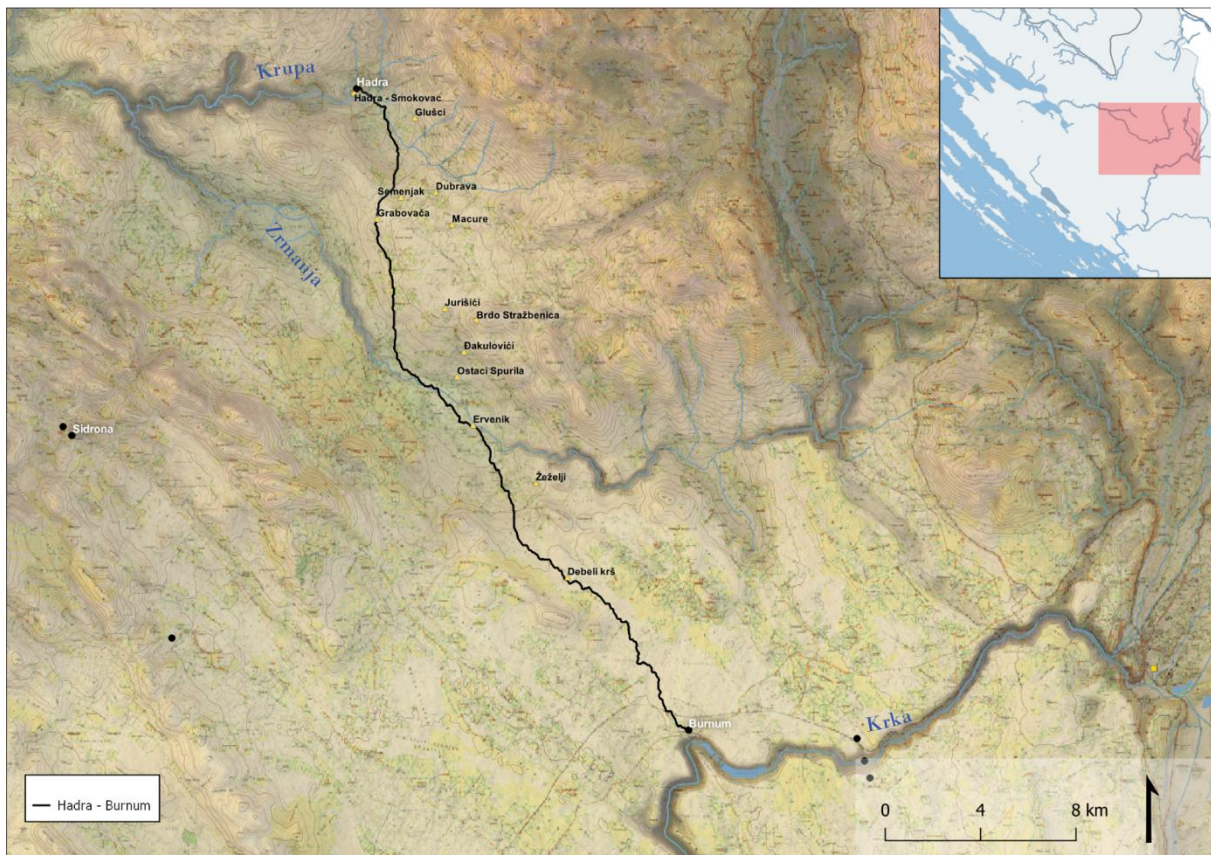
⁷⁸ Ž. MILETIĆ, 1993, 124.



Slika 11. LCP-ovi *Clambete - Hadra*

3.1.2. *Hadra – Burnum*

LCP izlazi iz doline Krupa u smjeru jugoistoka, ali se kod Semenjaka odvaja od trase zabilježene kod Abramića i Colnaga te kod Glavaša.⁷⁹ Nastavlja južno preko Grabovača sve do korita Zrmanje, koje prati uzvodno do Ervenika. U gornjem polju kod Ervenika prelazi Zrmanju da bi se kod Debelog krša spojio sa zabilježenom trasom i zatim nastavio uz manje devijacije do Burnuma.

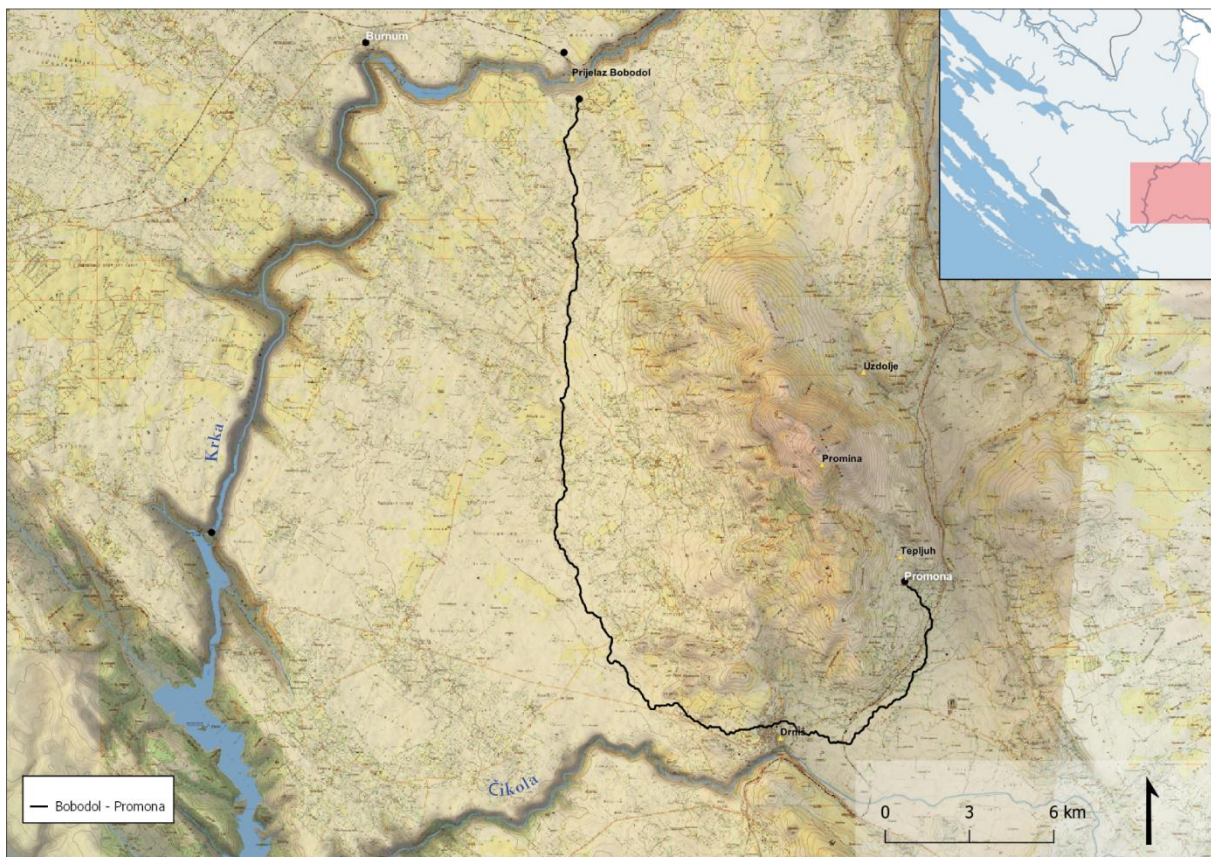


Slika 12. LCP *Hadra - Burnum*

⁷⁹ M. ABRAMIĆ, A. COLNAGO, 1909, 26., I. GLAVAŠ, 2015, 112. – 117.

3.1.3. *Burnum / Bobodol – Promona*

Testiranje rute od Burnuma ili Bobodola do Promine daje zanimljive rezultate. U svakoj varijaciji izvedbe, LCP algoritam bira rutu južno od Promine, unatoč značajno dužoj udaljenosti. Razlog tomu je najvjerojatnije velika visinska razlika koja se mora svladati na području Uzdolja, što rezultira visokom cijenom puta. Ovaj rezultat može upućivati na to da, iako je možda ruta sjeverno od Promine pripadala magistralnom pravcu Akvileja – Dirahij, ostaje otvorena mogućnost postojanja i južne rute od Krke ka Promoni. Ta se ruta možda spajala s onom iz smjera Bribir – Smrdelje – Roški slap.

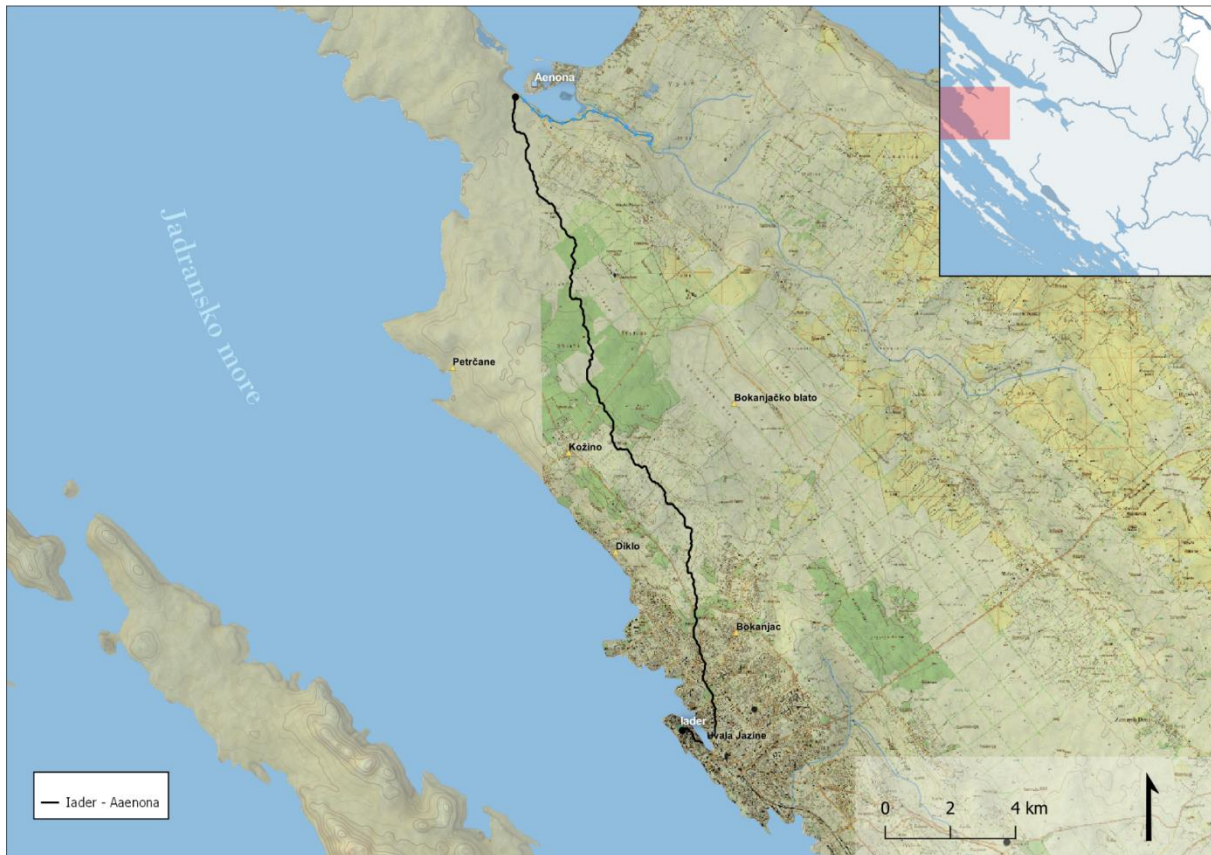


Slika 13. LCP Bobodol - *Promona*

3.1.4. *Iader – Aenona*

Ovo područje pokazuje malu varijabilnost u reljefu. Izuzev manjih hrbata koji se izdižu u pozadini Zadra, s jedne strane, te u pozadini Dikla, Kožina i Petračana, s druge strane, geomorfologija terena relativno je uniformna. LCP iz Jadera zaobilazi uvalu Jazine te nastavlja sjeverno do Bokanjca gdje prelazi ranije spomenuti priobalni hrbat. Prolazi s jugozapadne strane Bokanjačkog blata te uz manje varijacije nastavlja do Enone (na ovoj je

ruti odredište najbliža točka Ninskom otoku s jugozapadne strane). Teško je komentirati katarakteristike ove rute zbog manjka prirodnih odrednica koje bi determinirale putanju.



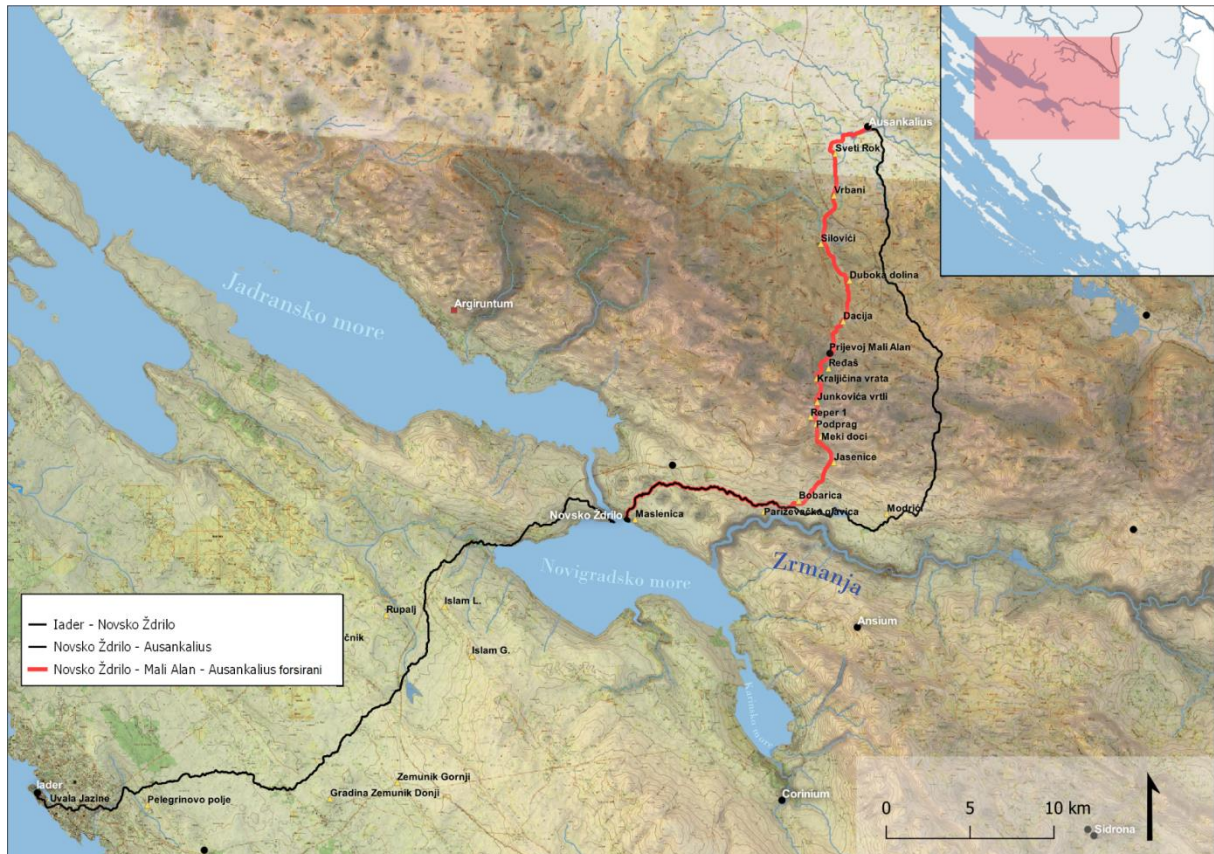
Slika 14. LCP Iader - Aenona

3.1.5. Iader – Novsko ždrilo – Mali Alan – Ausancalius

I u ovome je slučaju bilo potrebno pribjeći segmentiranju rute u nekoliko dijelova (ovaj put u tri segmenta), u svrhu dobivanja reprezentativnijeg LCP-a. Ova je ruta arheologiji u potpunosti nepoznata, barem u onom dijelu između Iadera i Novskog ždrila (poznat je jedino dio do Babinduba). LCP zaobilazi kose sjevernog dijela Ravnih kotara (one kod Zemunika Donjeg, Poličnika, Rupalja) s južne strane te kosu na kojoj se nalazi Islam Latinski sa sjeverne strane. Dolazi do sezonskog potoka Bešćica, ali ga ne prati, već zaobilazi Islam Latinski i ide u smjeru Novskog ždrila.⁸⁰ Drugi je LCP kreiran sa suprotne strane Novskog ždrila – između centra današnjeg naselja Maslenica i sedla na prijevoju Mali Alan. LCP se penje u Masleničko zaleđe u smjeru istoka. Prolazi oko 500 metara sjeverno od Pariževačke glavice i kanjona Zrmanje, da bi kod Baberice zaokrenuo sjeveroistočno ka Jasenicama. Tu svladava veliku visinsku razliku i nastavlja dalje u generalnom smjeru sjevera ka Mekim

⁸⁰ Ova točka odredišta provizorno je stavljena na rt Ždrijac jer je tijekom razgovora s kolegom Šimom Vrkićem identificirana kao potencijalna točka prijelaza preko Ždrila.

Docima nakon kojih ponovno svladava veliku visinsku razliku do Podpraga. Dalje nastavlja do Junkovića vrtla, Kraljićinih vrata, Redaš zaobilazi sa zapadne strane i naposljetku dolazi do Alana. Treći se segment s Alana spušta strmo na ličku stranu Velebita preko Dacija sjeverno do Duboke doline, nastavlja do Silovića, Vrbana, Svetog Roka, u okolici kojeg je pretpostavljena pozicija postaje *Ausancalius*.⁸¹



Slika 15. LCP-ovi *Iader* – Novsko ždrilo - *Ausancalius*

3.1.6. *Iader* – *Corinium*

LCP od Jadera do Korinija pruža se u generalnom smjeru istok – zapad. LCP s izvorištem u Jaderu izlazi iz Jadera ka istoku do udoline Ričine. Riječnom dolinom penje se do Pelegrinova polja, nastavlja dalje na istok sjeverno od gradine u Zemuniku Donjem i autocestu prelazi sjeverno od čvora Zadar – istok. Južno od Smilčića skreće sjeveroistočno, zaobilazi Debelo brdo sa sjeverne strane te se po kosi Paljike spušta se prema Karinskom moru. Kod Krljanove ograde skreće jugoistočno. Prolazi kroz Donje Bature, polje iznad Pridrage i završava na Milenkovu brdu. Kada se ruta forsira s izvorištem u Babindubu, LCP kreće ravno na sjever i nakon nekoliko kilometara zaokreće sjeveroistočno, prolazi sjevernu

⁸¹ Ž. MILETIĆ, 1993, 124.

pistu na aerodromu i već se u Zemuniku Donjem preklapa s prvom verzijom ove trase (i do Korinija je identičan prvom LCP-u).



Slika 16. LCP-ovi *Iader - Corinium*

3.1.7. *Iader – Nedinum – Asseria*

LCP iz Jadera izlazi ravno u smjeru istoka. Uz blage devijacije drži smjer do Zemunika Donjeg, gdje počinje skretanje ka jugoistoku u širokoj kružnici preko Zemunika Gornjeg, sjeverne strane Nadinske kose sve do udoline potoka Kličevica prije kanjona, koji teče jugoistočno između Nadinske kose i Debelog brda iznad Korlata (Slika 17.). Potok prati do pozicije Široke bare kod Kule Atlagića gdje se odvaja ka istoku i kod Atlagića se penje na Benkovačku kosu čiji zapadni vrh hrbata prati do Asserije. Forsiranjem LCP-a kroz Babindub i poziciju u okolici Nadina, na kojoj su zabilježeni ostatci rimske cestovne infrastrukture, LCP će u prvoj etapi pratiti istu putanju kao i neforsirani LCP do pozicije Zagoni u Nadinu gdje za razliku od neforsiranog LCP-a nastavlja jugoistočnije podno Nadinske kose i prije prijelaza potoka Kličevica, između pruge i lokalne ceste, dolazi do pozicije gdje su zabilježeni ostatci ceste.⁸² Druga etapa ovog LCP-a bira drastičnu promjenu putanje te se jednim dijelom vraća sjeverno istim putem kojim je išla prva etapa, prelazi potok Kličevicu i skreće istočno ka

⁸² Ž. MILETIĆ, 2004, 11.

Benkovcu te se uspinje na Benkovačku kosu prije Bukovića i dalje nastavlja do Aserije istom putanjom poput prvog LCP-a. LCP, koji je izveden forsiranjem kroz pozicije na kojima imamo zabilježene ostatke rimskih cesta (Babindub, Galovac – starokršćanska bazilika, Raštević - Podine), pokazuje adekvatniju putanju, no količina znanih točaka, kroz koje je LCP forsiran, značajna je, što čini ovaj LCP problematičnim u pogledu validnosti.



Slika 17. LCP-ovi *Iader – Nedinum - Asseria*

3.1.8. *Iader – Arauzona*

LCP *Iader – Arauzona* prati istu izlaznu rutu poput LCP-a *Iader – Novsko ždrilo* i *Iader – Corinium*, do Zemunika Donjeg, ali tu se odvaja i prolazi linijom Prkos – Nadinsko blato – Zapužane. Tu se penje na kosu južno od Kličevice te ju prati jugoistočno, sličnom trasom poput autoceste. Od autoceste se odvaja južno kod Bile Vlake, ide jugoistočno do naselja Čista Mala koje prolazi s jugozapadne strane, a gradinu u Dragišićima zaobilazi s istočne strane i nastavlja na jug. Prolazi između brda Oštrik i Smokvica te ulazi u Vedro polje u zaleđu Zatona i odatle ide ravno u smjeru Velike Mrdakovice (*Arauzona*). Ova ruta pokazuje značajnu devijaciju od pretpostavljenog pružanja ceste. Tek se forsiranjem prolaska na tri pozicije unutar pretpostavljene trase ceste (Babindub, pozicija podno gradine Trojan i pozicija kod crkve sv. Ivana u Banjevcima) dobiva adekvatan i reprezentativan LCP koji

može poslužiti daljnjoj analizi. Ovakva izvedba LCP-a prati istu rutu poput ostalih koje izlaze iz Iadera preko istoku, ali se odvaja nešto ranije – na području aerodroma. Nastavlja jugoistočno, prolazi jugozapadno od Galovca i prati udolinu Vranskog polja. Približava se sjeveroistočnom rubu polja do odredišta podno gradine Trojan. U idućoj etapi nastavlja jugoistočno, prolazi usjeklinom potoka Škrobić i drži se sjevernog ruba doline sve do odredišta u Banjevcima. U trećoj etapi nastavlja u istom smjeru dolinom između dva hrpta, držeći se bliže onom sjevernom. Prolazi uzvišenja Kurtovci, Crljenkovu glavu, Malu i Veliku Grabovicu sa sjeverne strane te završava u podnožju Velike Mrdakovice.

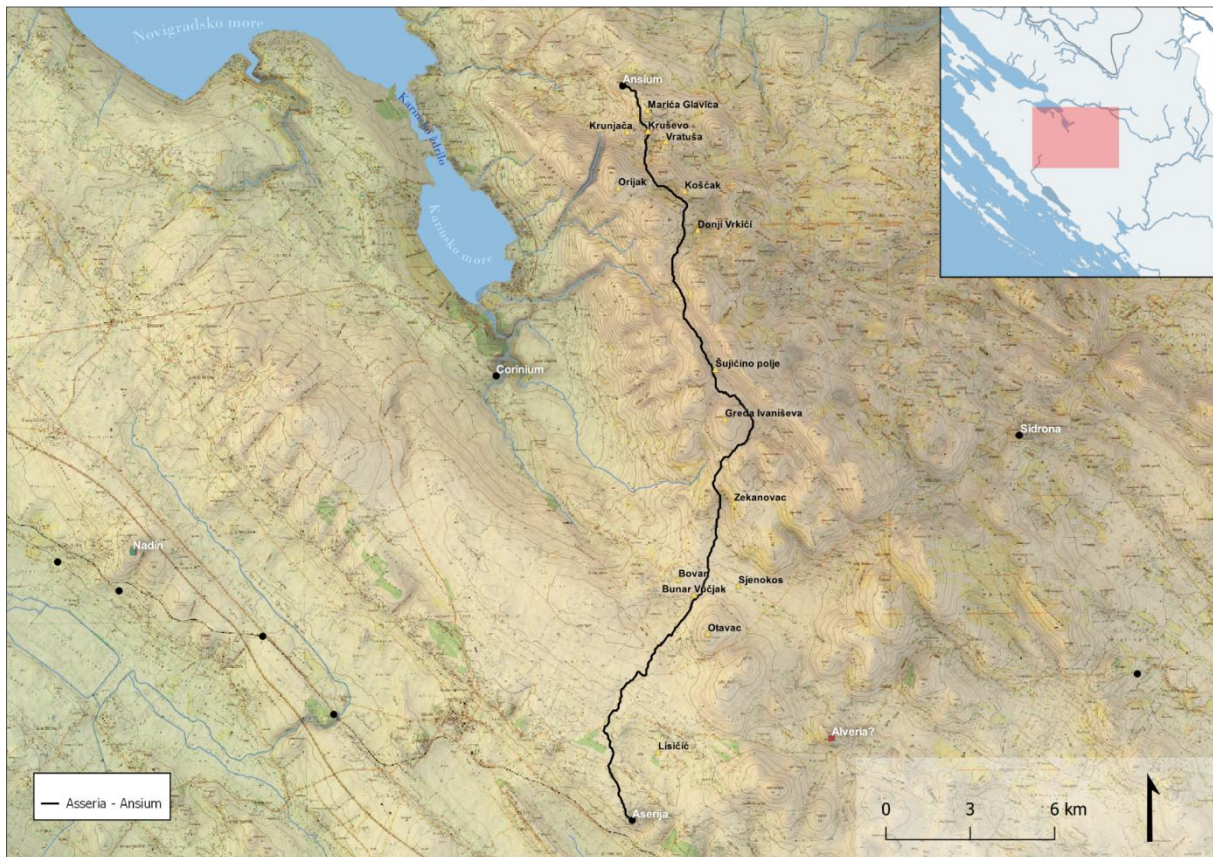


Slika 18. LCP-ovi *Iader – Arauzona*

3.1.9. *Asseria – Ansium*

LCP *Asseria – Ansium* izlazi iz Aserije u smjeru sjever – sjeverozapad, zaobilazi Lisičićku udolinu sa zapada te zaokreće sjeveroistočno prema bunaru Vučjak koji se nalazi između gradine Otavac i brda Bovan. Na ovoj su poziciji zabilježene spurile te se cesta jednim krakom vjerojatno račvala prema cesti *Asseria – Sidrona*. Od bunara se penje na Zekanovac i zaobilazi brdo Gredu Ivaniševu s istočne strane. Nastavlja sjeverozapadno Šujičinim poljem do Gornje Radeke te zatim do Donjih Vrkića. Uzvišenje Orijak zaobilazi sa

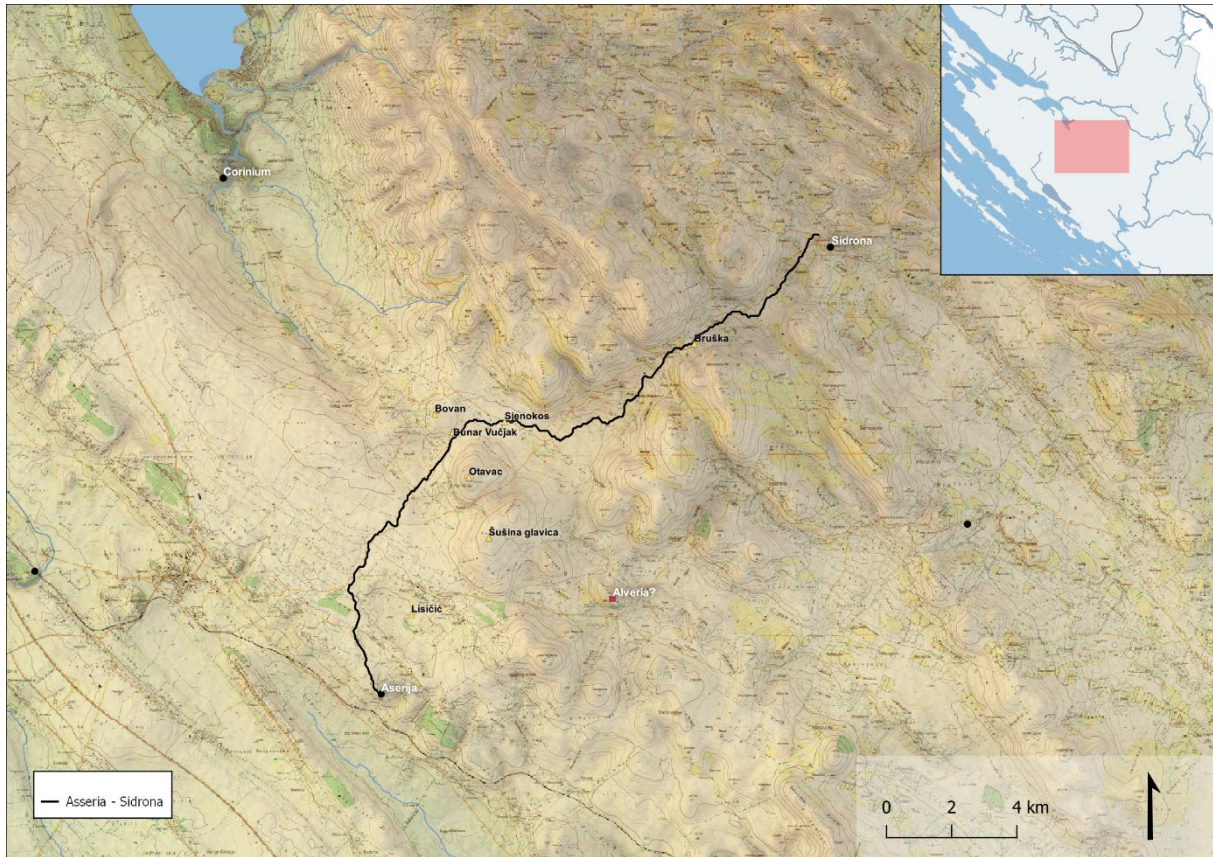
sjeveroistočne strane i u Kruševu prolazi između brda Krunjača sa zapadne te Vratuše i Marića glavice s istočne strane, s finalnim usponom na Cvijinu gradinu (*Ansium*).



Slika 19. LCP *Asseria - Ansium*

3.1.10. *Asseria – Sidrona*

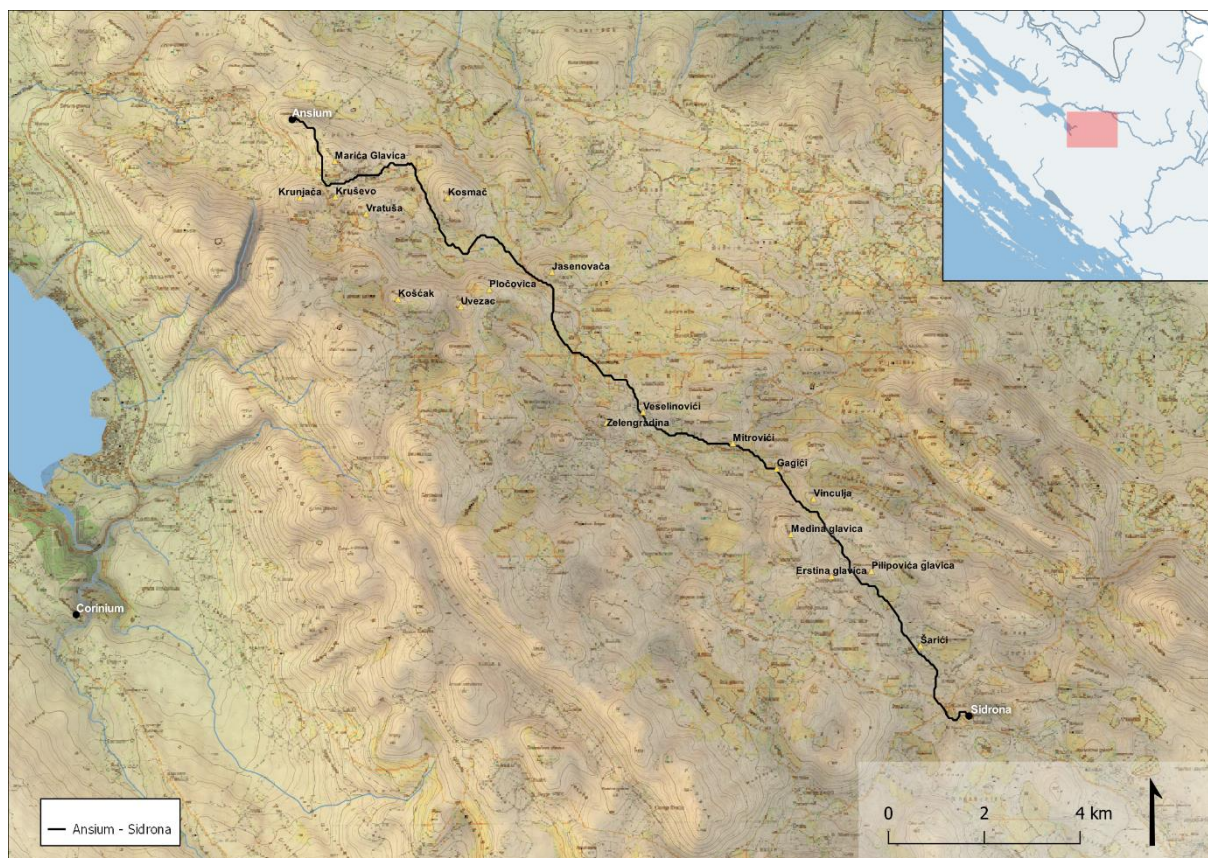
Ovaj LCP ima istu putanju poput LCP-a *Asseria – Ansium* u prvom dijelu – do bunara Vučjak. Tu ovaj LCP nastavlja istočno kroz polje Sjenokos i zatim sjeveroistočno prema Bruški. Prati udolinu među brdima sve do odredišta u podnožju gradine Milanko u Medviđi (*Sidrona*).



Slika 20. LCP Asseria - Sidrona

3.1.11. *Ansiium – Sidrona*

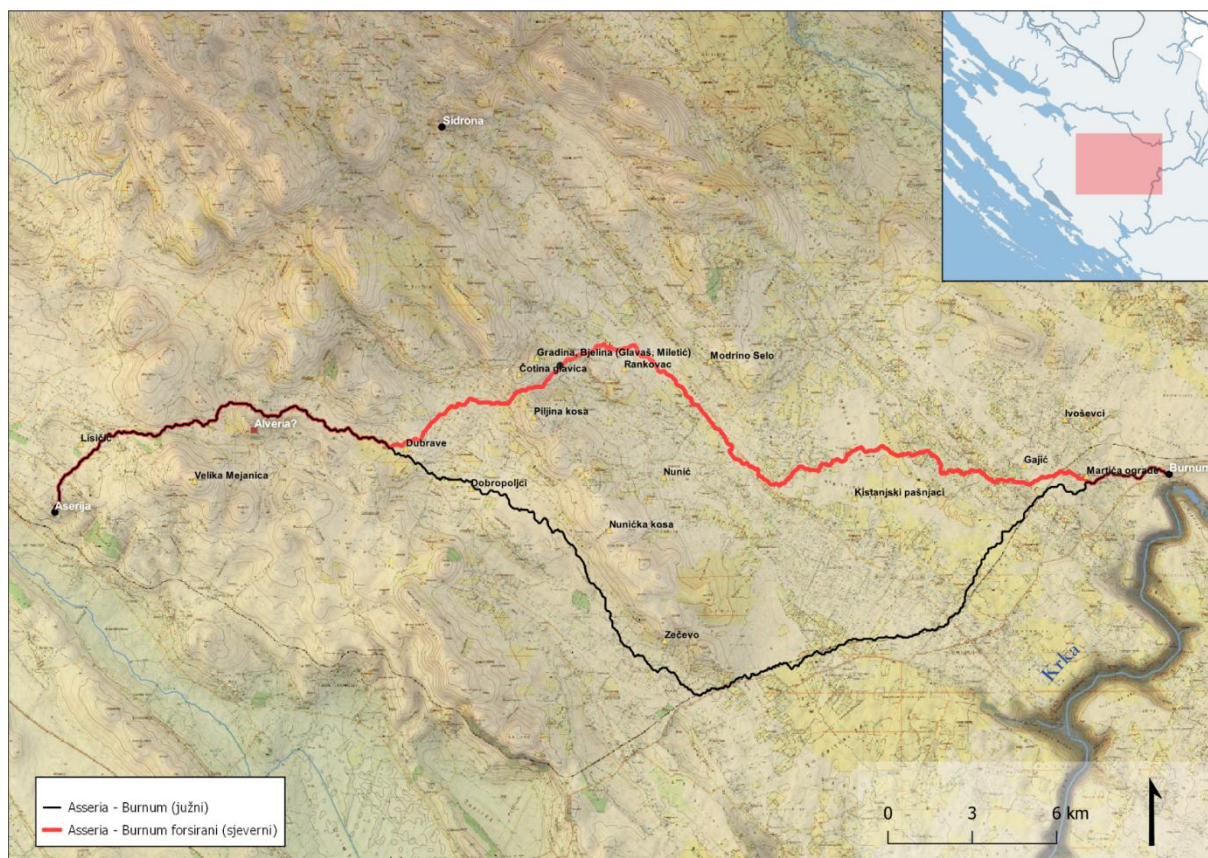
Još je jedan LCP napravljen na području Bukovice – između Ansija i Sidrone. I on zatvara komunikacijski trokut na ovom prostoru zahtjevnom za kretanje. Iz Ansija kreće na jugoistok, zaobilazi Marića glavicu s jugozapadne strane te odmah zaokreće na istok. Dolazi do brda Kosmač i ponovno skreće južno. Kod lanca brda Koščak – Uvezac – Pločovica kreće istočno – jugoistočno, kod brda Jasenovača skreće južno prema Zelengradu koji prolazi sa sjeveroistočne strane. Nastavlja istočno kroz zaseoke Veselinovići – Mitrovići – Gagići. Poslije Gagića nastavlja između brda Vinculja i Medina glavica, a zatim između Pilipovića i Erstina glavice te, naposljetku, kroz zaseok Šarići do odredišta kod gradine Milanko.



Slika 21. LCP *Ansum - Sidrona*

3.1.12. *Asseria – Burnum*

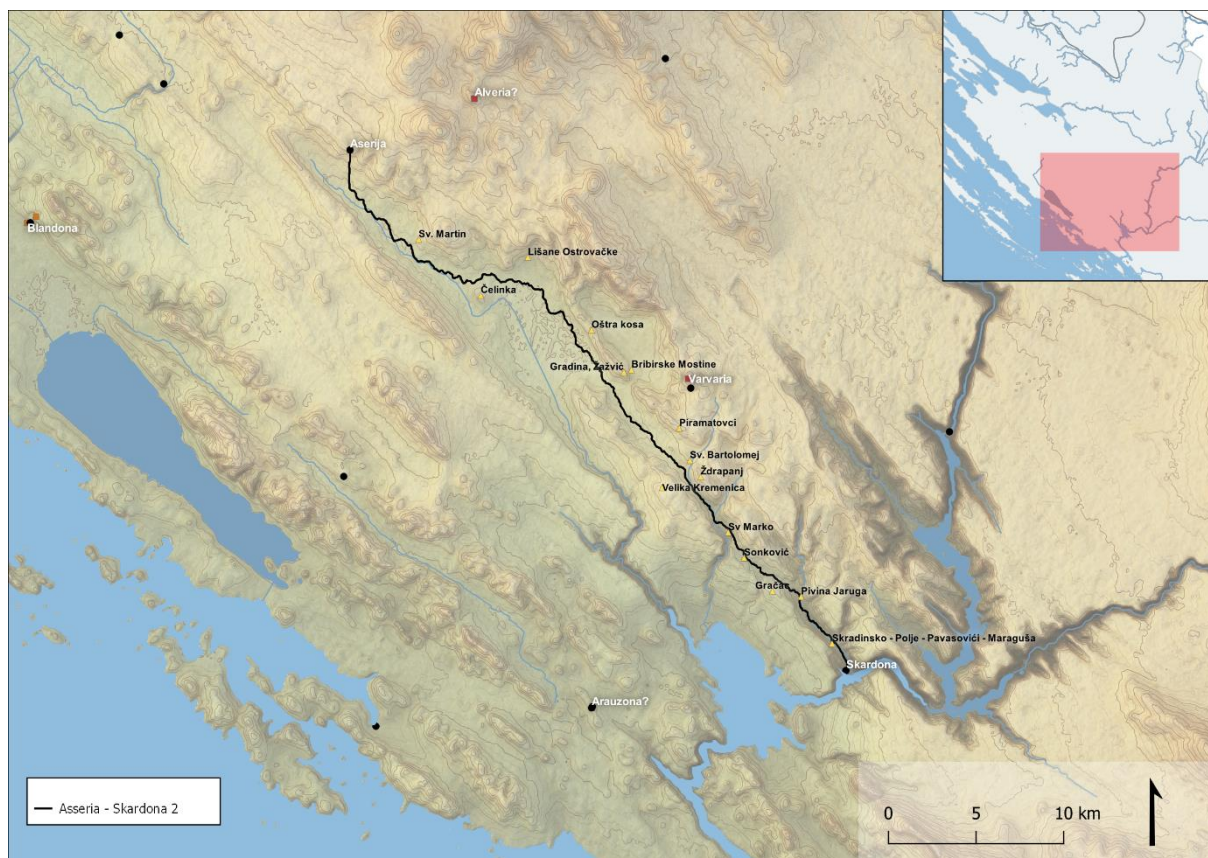
LCP iz *Asseria* izlazi sjeverno u smjeru Lisičića, prolazi između Šušine glavice i Velike Mejanice, nastavlja istočno do gradine Jarebinjak (Alverija?) koju zaobilazi sa sjeverne strane i skreće u smjeru istok – jugoistok. Prolazi uz jugozapadni rub Nuničke kose sve do zaseoka Čakići kod Zečeva, gdje skreće istočno i prati prugu gotovo idealnom linijom do pozicije Gajić kod Ivoševaca, gdje nešto direktnijom linijom ide do odredišta u Burnumu. Forsiranjem algoritma kroz podnožje Gradine u Bjelini, LCP *Asseria – Bjelina* prati istu trasu poput LCP-a *Asseria – Burnum* do pozicije Dubrave u Dobropoljcima gdje se odvaja sjeverno i prilazi Gradini između Čotine glavice i Piljine kose. Od Bjeline ka Burnumu prolazi sa sjeverne strane Rankovca, prati udolinu između Nunića i Modrinog sela te prije kistanjskih pašnjaka skreće ravno na istok ka Burnumu. Kod Martića ograde, netom prije Burnuma, spaja se s neforsiranom rutom.



Slika 22. LCP-ovi *Asseria - Burnum*

3.1.13. *Asseria – Scardona*

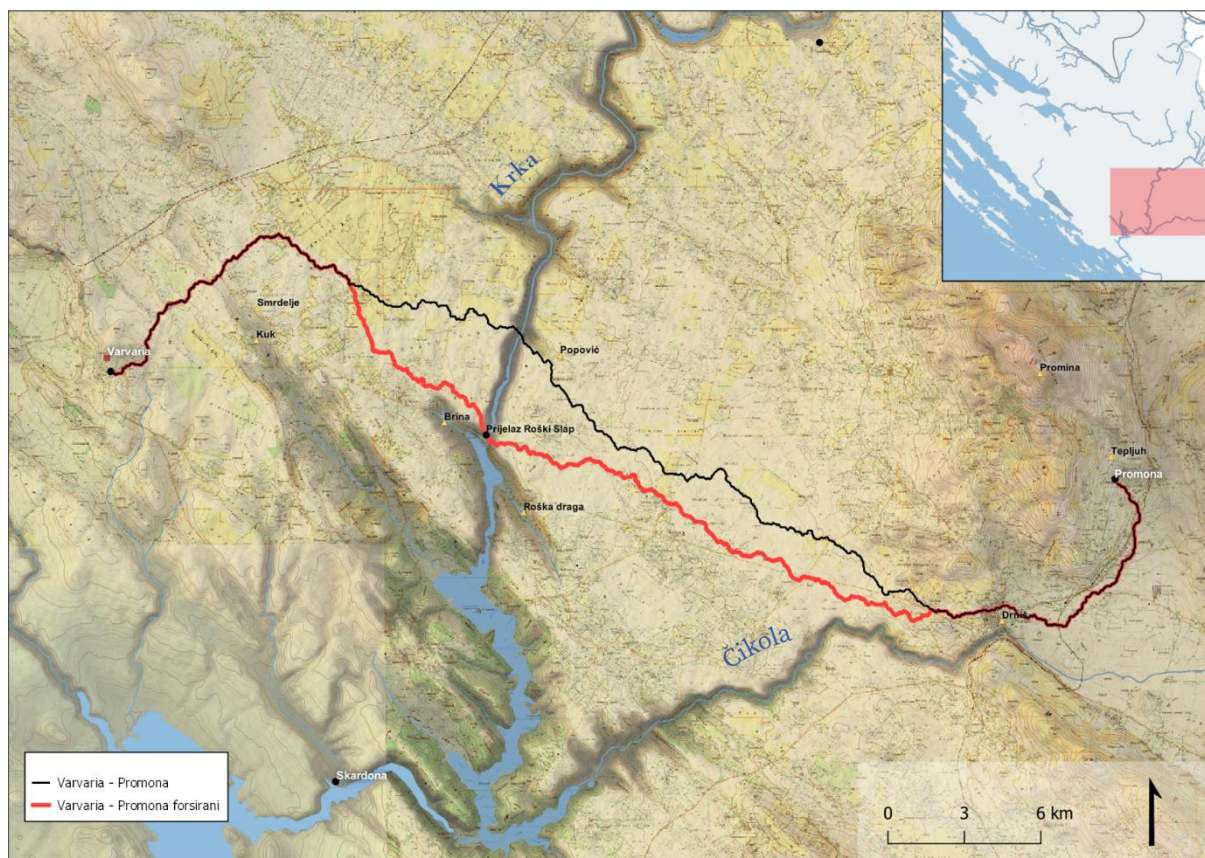
LCP izlazi iz Aserije južno do potoka Jaruga koji prati do brda Čelinka gdje se odvaja od potoka i zaobilazi brdo sa sjeverne strane u smjeru istoka. Lišane Ostrovačke prolazi s južne strane, nastavlja jugoistočno uz podnožje Oštre kose do Gradine u Žažviću, podno koje prelazi potok Bribišnicu. Nastavlja jugoistočno kroz dolinu potoka Mokrica sjeverno od brda Velika Kremenica. Prolazi podno Piramatovaca, Ždrapnja i dalje prateći potok sve do groblja i crkve sv. Marka gdje potok skreće na jugozapad, a LCP nastavlja jugoistočno dolinom. Prolazi sjeverno od Sonkovića i Gračaca te se spaja s Pivinom jarugom, čiji tok prati do Skradina.



Slika 23. LCP Asseria - Scardona

3.1.14. Varvaria – Promona

S izvorištem u Varvariji, LCP prolazi Sjevernodalmatinsku zaravan u relativno ravnim potezima. Kao izvorište odabrano je južno podnožje Varvarije. Zaobilazi usjek Kuk kod Smrdelja sa sjeverne strane te odmah zatim zaokreće jugoistočno prema Dragoj kod Popovića (na lijevoj obali Krke). S obzirom na vrlo visoku cijenu prelaska kanjona Krke, LCP je odabrao ovu putanju (a ne recimo prijelaz kod Roškog slapa) iz razloga jer je ovaj prijelaz, iako veće visinske razlike od vrha do dna kanjona nego prijelaz prije Roškog slapa (165,75 metara razlike nasuprot 146 metara razlike), ipak blažih nagiba. S druge strane, unatoč činjenici da je prijelaz nakon Roškog slapa, kroz usjek Brinu s desne i Rošku uvalu s lijeve strane, blažih nagiba od prijelaza kod Drage kod Popovića, algoritam nije odabrao ovaj prijelaz iz razloga što je visinska razlika veća nego kod Drage kod Popovića (186 metara nasuprot 165,75 metara). Nakon prijelaza Krke, LCP nastavlja relativno ravno do Drniša, zaobilazi Prominu s južne strane te uz podnožje planine dolazi do odredišta u Tepljuhu.



Slika 24. LCP-ovi *Varvaria - Promona*

3.2. TESTIRANJE REZULTATA

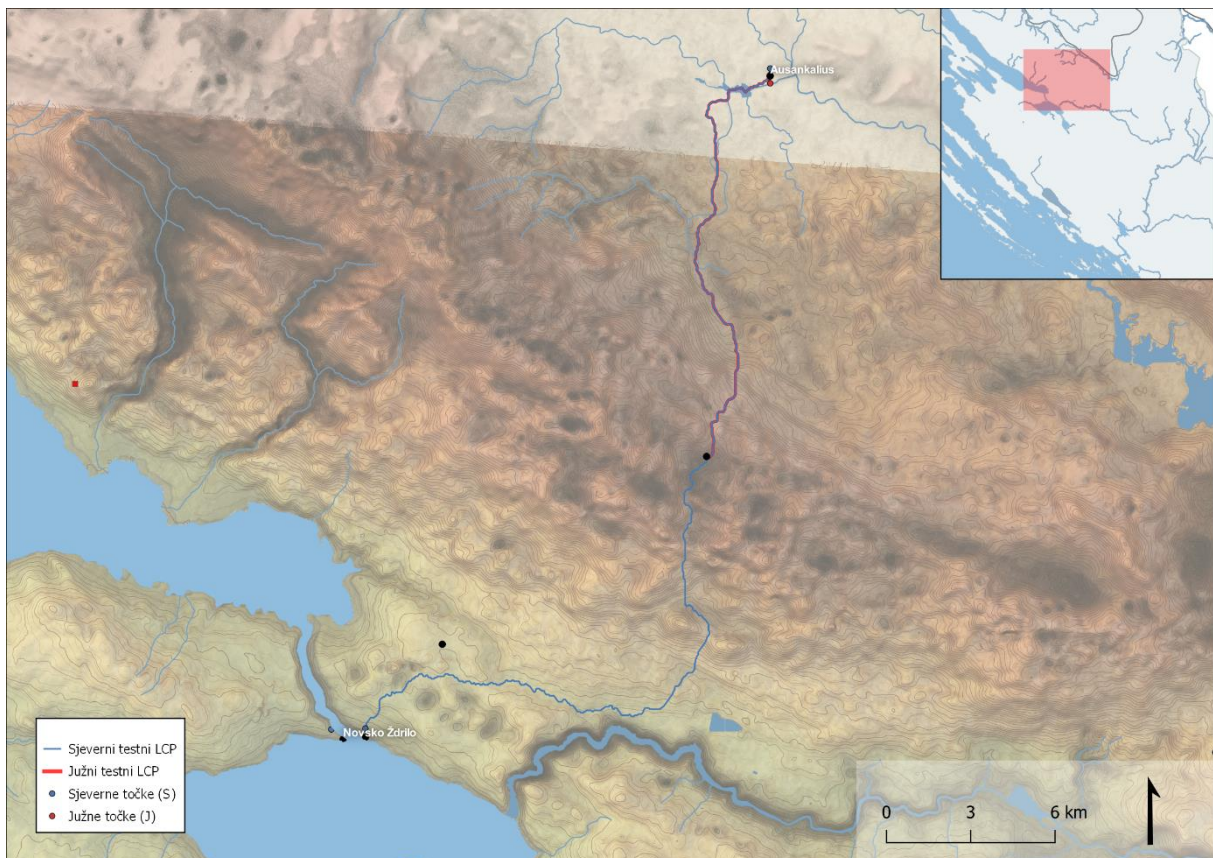
3.2.1. Analiza osjetljivosti

Rezultati analize mogu se vidjeti na Slikama 25. – 35. Na cijelom promatranom području većina LCP-ova pokazuje visok stupanj stabilnosti. Manje su devijacije u okolini izvorišta normalne jer je testnim LCP-ovima svakako potrebna određena udaljenost koju moraju svladati dok se ne vrte na optimalnu rutu. Primjer toga vidimo na Jaderu (Slika 26., 27.), gdje južni testni LCP u potpunosti prati originalni, dok sjeverni testni LCP mora svladati razliku u putanji jer mu je izvorište na sjevernoj obali uvale Jazine (znači nešto više od 250 metara udaljenosti od originalnog izvorišta), ali se vrlo brzo vraća na optimalni put te se s originalnim LCP-om spaja na današnjem raskrižju Ulice Ante Starčevića i Ulice Petra Skoka u Zadru (Slika 26.). Slične devijacije vidimo kod Korinija (Slika 26.) i Arauzone (Slika 28.). Jedina se značajnija devijacija događa u okolini Aeserije, kod južnog testnog LCP-a između Iadera i Asserije, gdje južna ruta, umjesto penjanja na kosu kod Bukovića, dolazi sve do podno Asserije te se tek kod litica penje do južnog odredišta. Razlog tomu vrlo je jednostavan

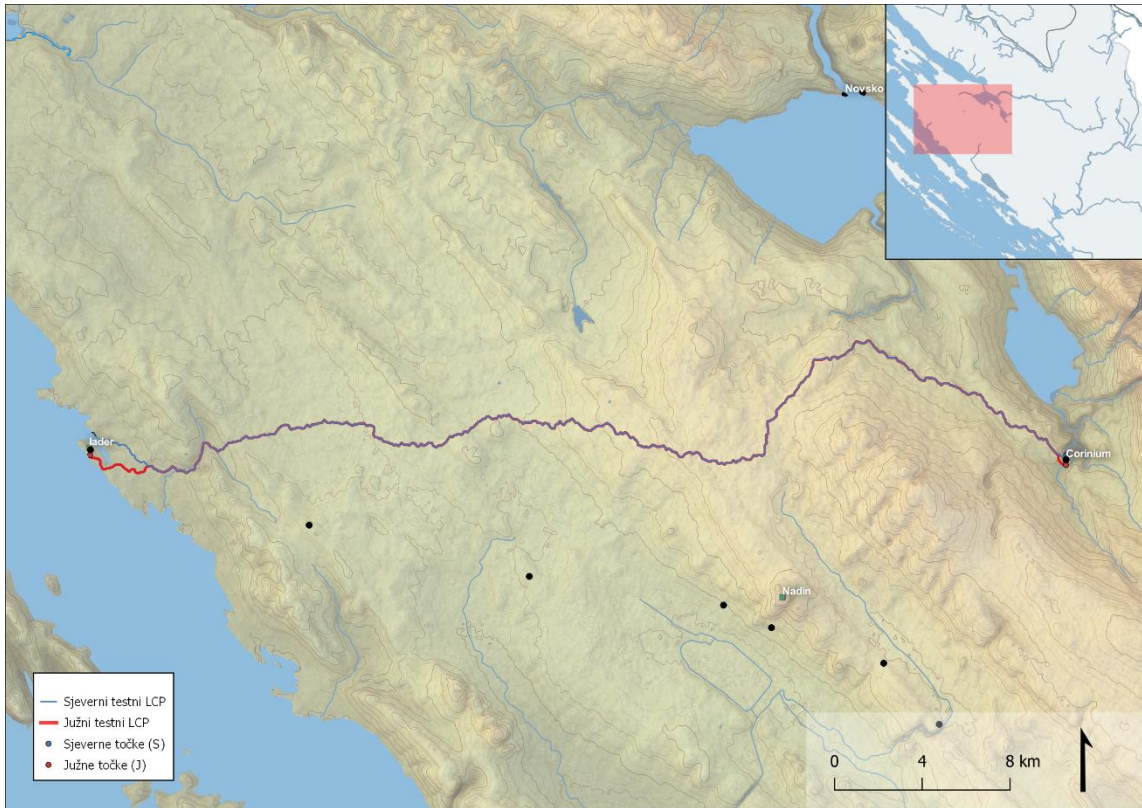
– južna se testna točka s udaljenosti od originalnog odredišta našla na strmcima s južne strane Asserije te je testni LCP odabrao ovu putanju gdje se mora samo jednom penjati na litice, umjesto penjanja na kosu te zatim spuštanja po strmcima (Slika 27.). Zbog istog razloga sjeverni testni LCP između Asserije i Skardone zaobilazi Asseriju s istočne strane te prilazi naselju sa sjeverne (Slika 35.).

Sidrona, Burnum, Promona, Hadra, Novsko ždrilo, Ausancalius, Clambete, svi pokazuju normalnu razinu devijacije u početnim i finalnim dijelovima testnih LCP-ova. Južni testni LCP, s izvorištem na istočnoj obali Novskog ždrila, nije mogao biti rađen jer je originalno izvorište s te strane omeđeno Novigradskim morem.

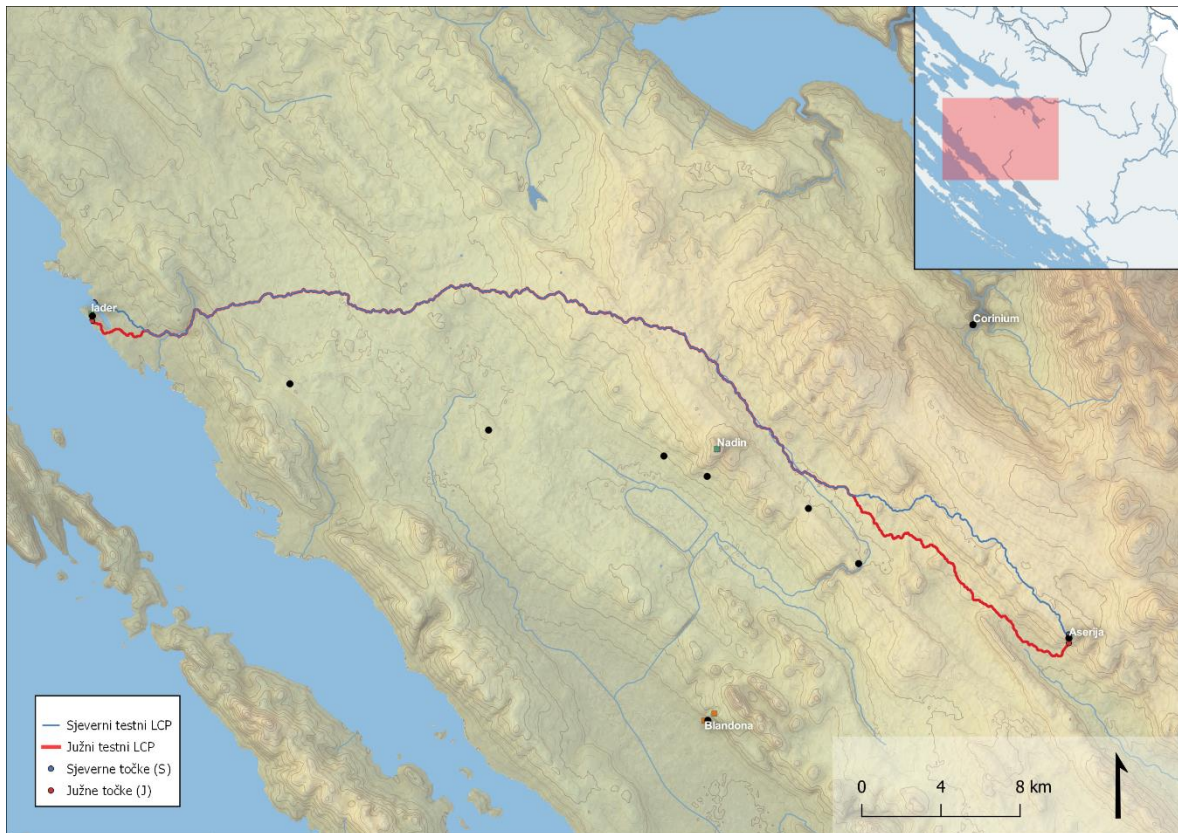
Generalna je ocjena originalnih LCP-ova pozitivna. Testni LCP-ovi pokazuju visoku razinu stabilnosti. Devijacije u okolici izvorišta i odredišta unutar su očekivanih, a tek se jedna značajnija devijacija javlja kod Asserije i ona se pripisuje specifičnosti mikrolokacije na kojoj se nalazi naselje (okruženo strmcima s tri strane).



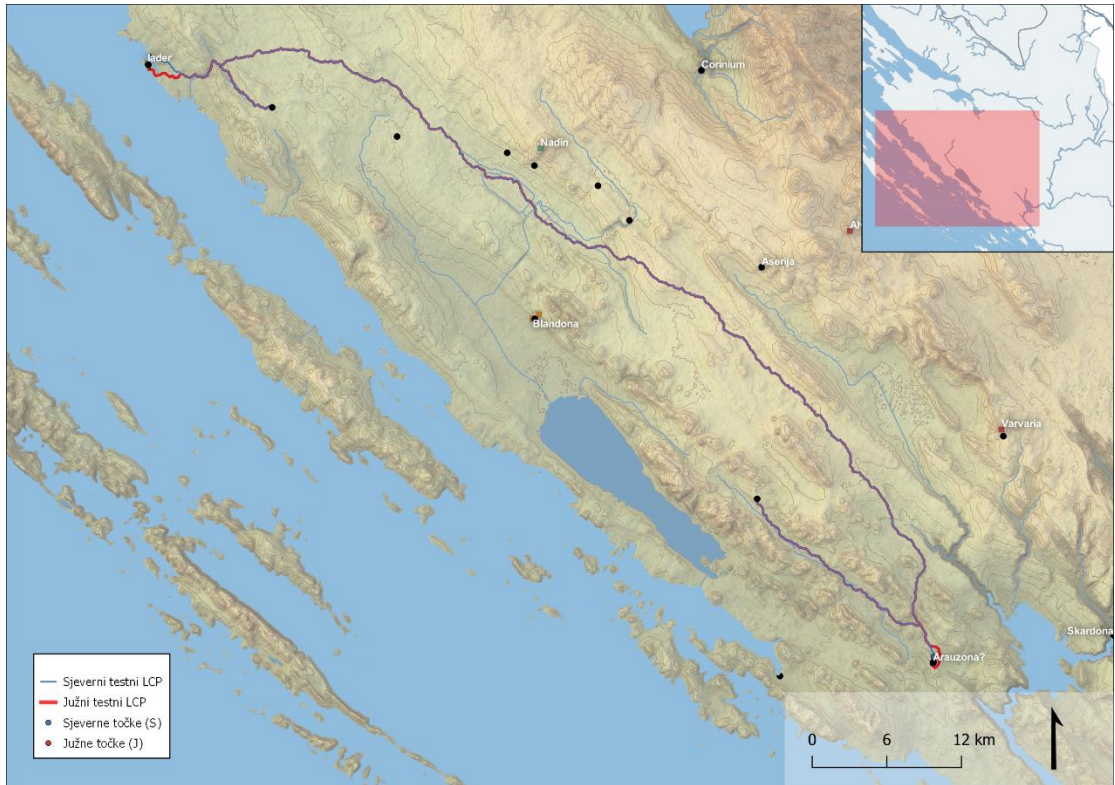
Slika 25. Analiza osjetljivosti Novsko ždrilo – *Ausancalius*



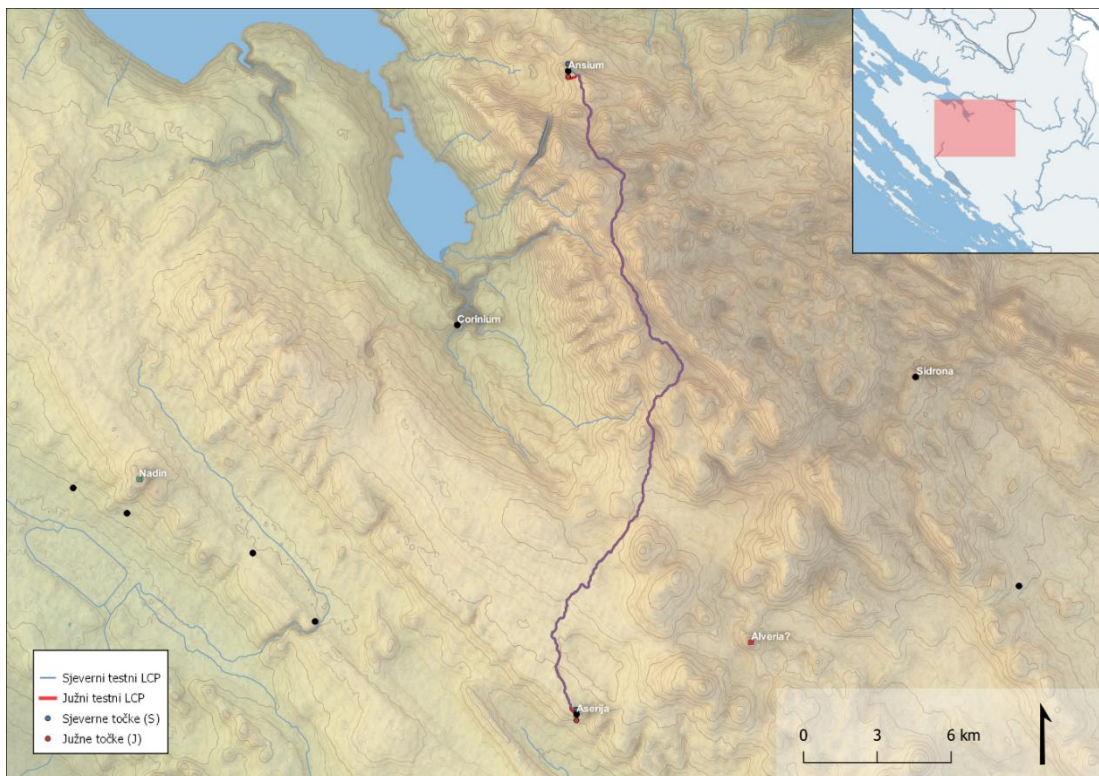
Slika 26. Analiza osjetljivosti *Iader - Corinium*



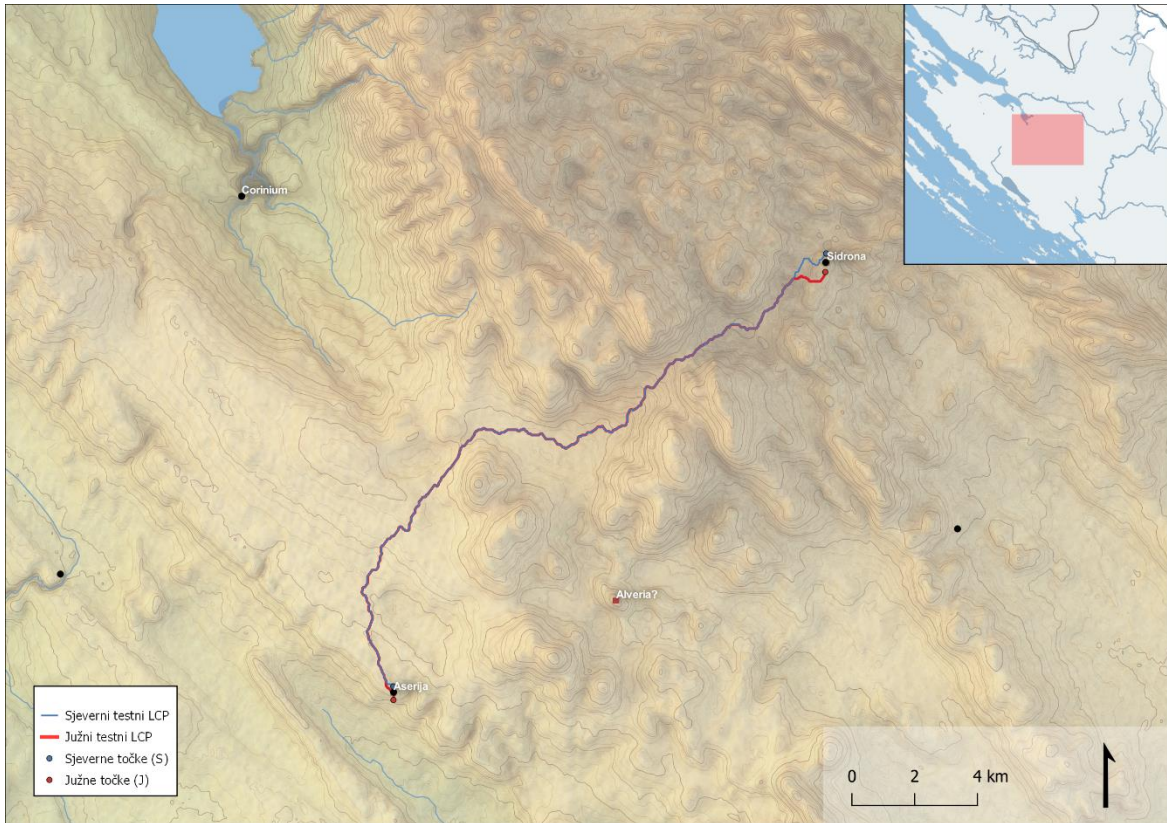
Slika 27. Analiza osjetljivosti *Iader - Asseria*



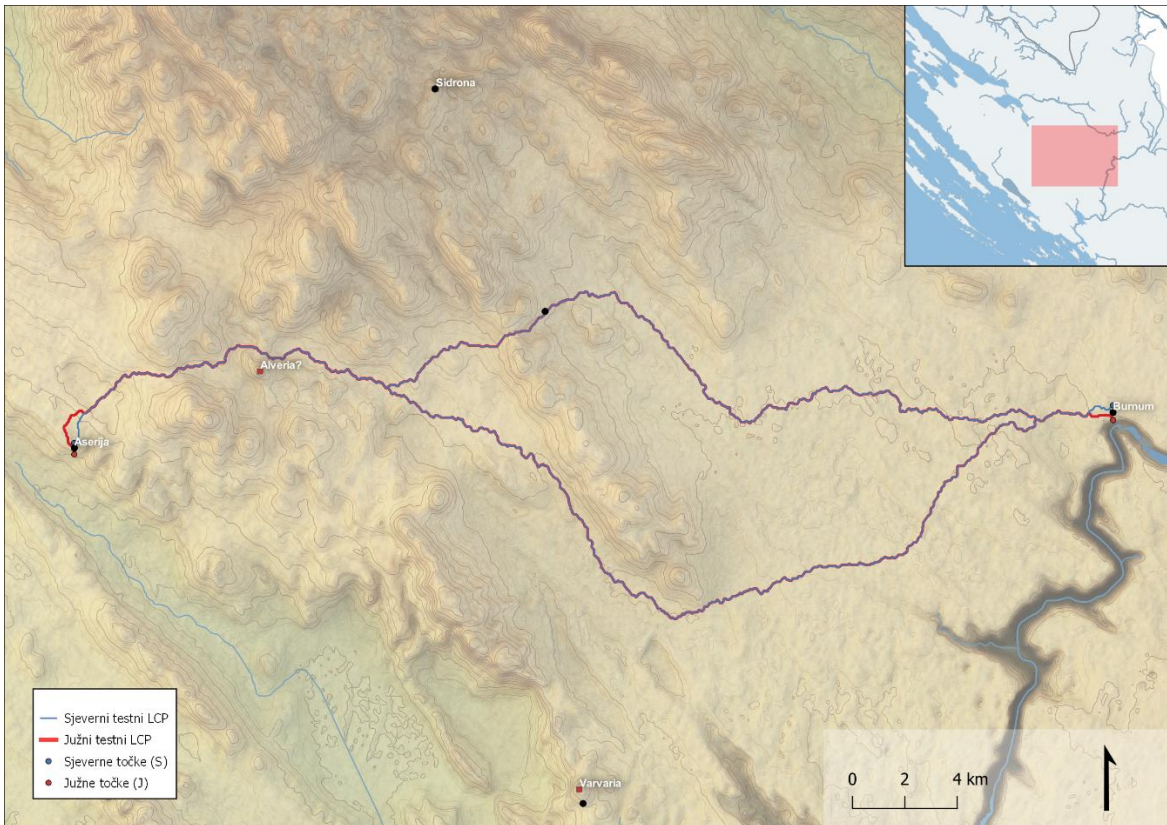
Slika 28. Analiza osjetljivosti *Iader - Arauzona*



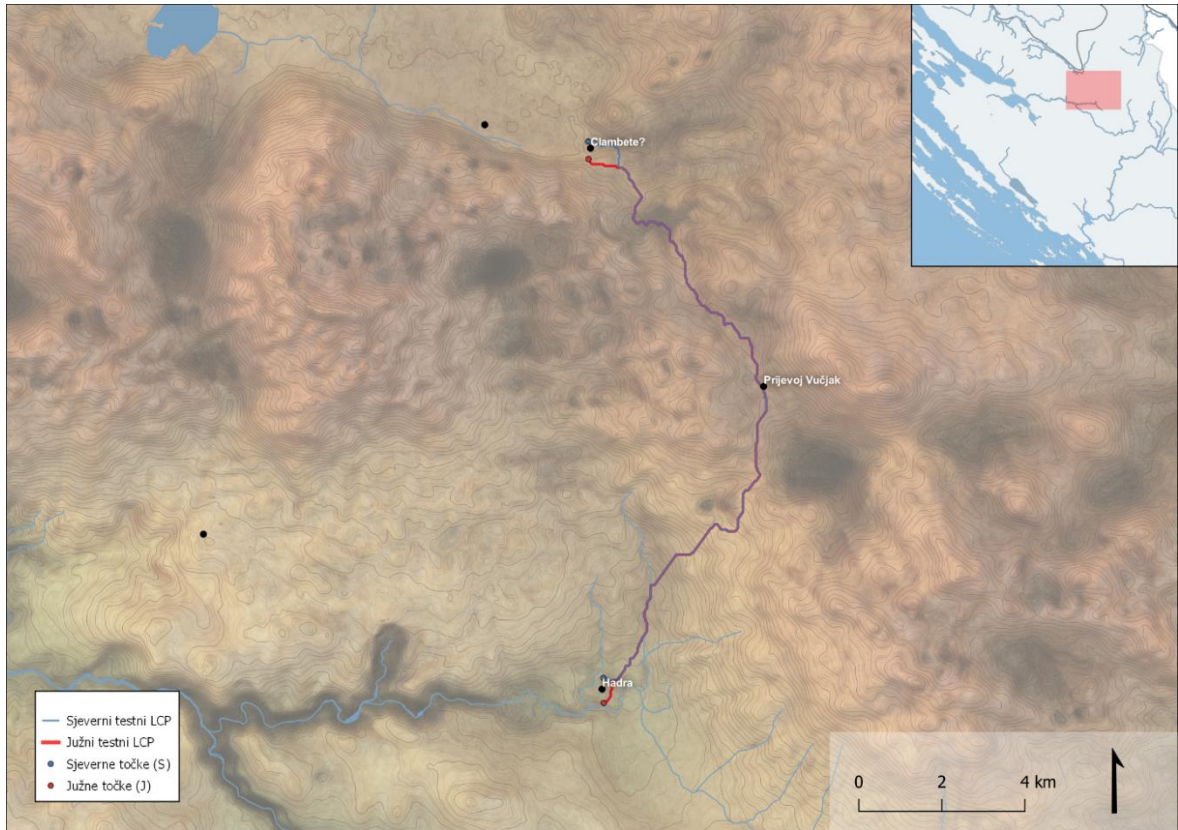
Slika 29. Analiza osjetljivosti *Asseria - Ansium*



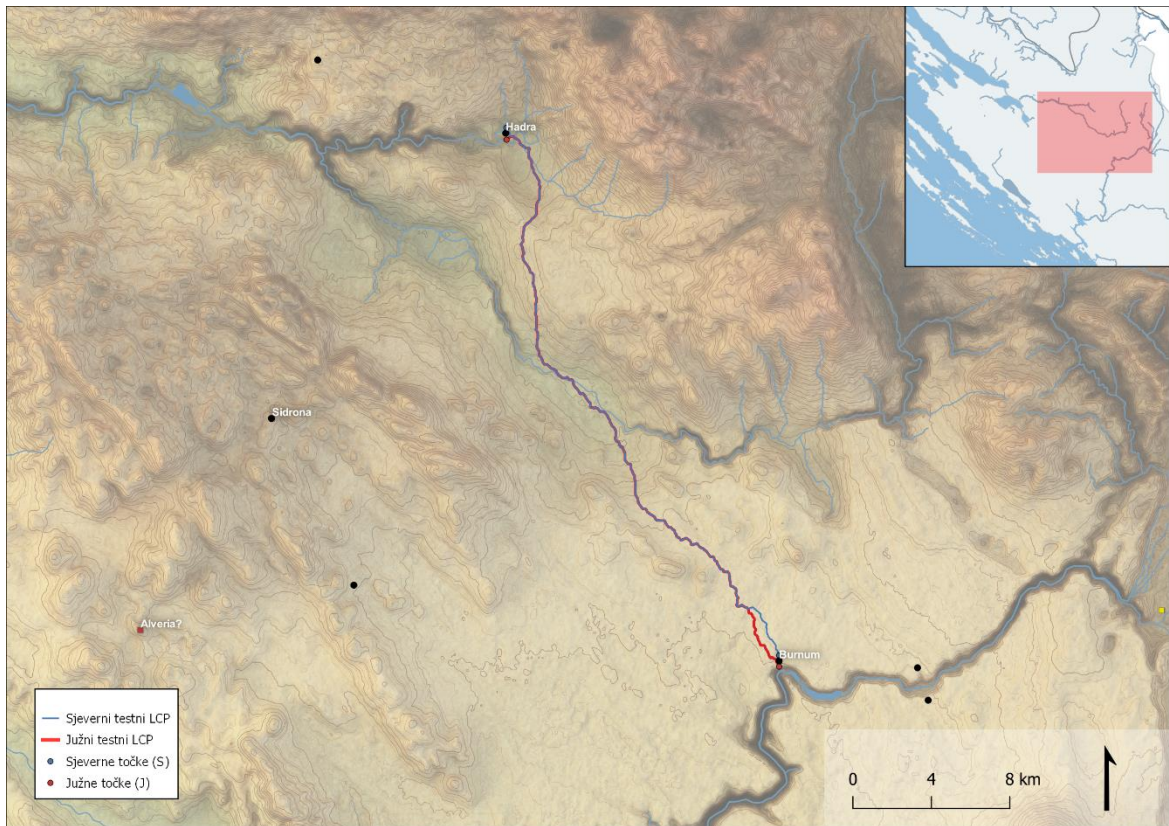
Slika 30. Analiza osjetljivosti Asseria - Sidrona



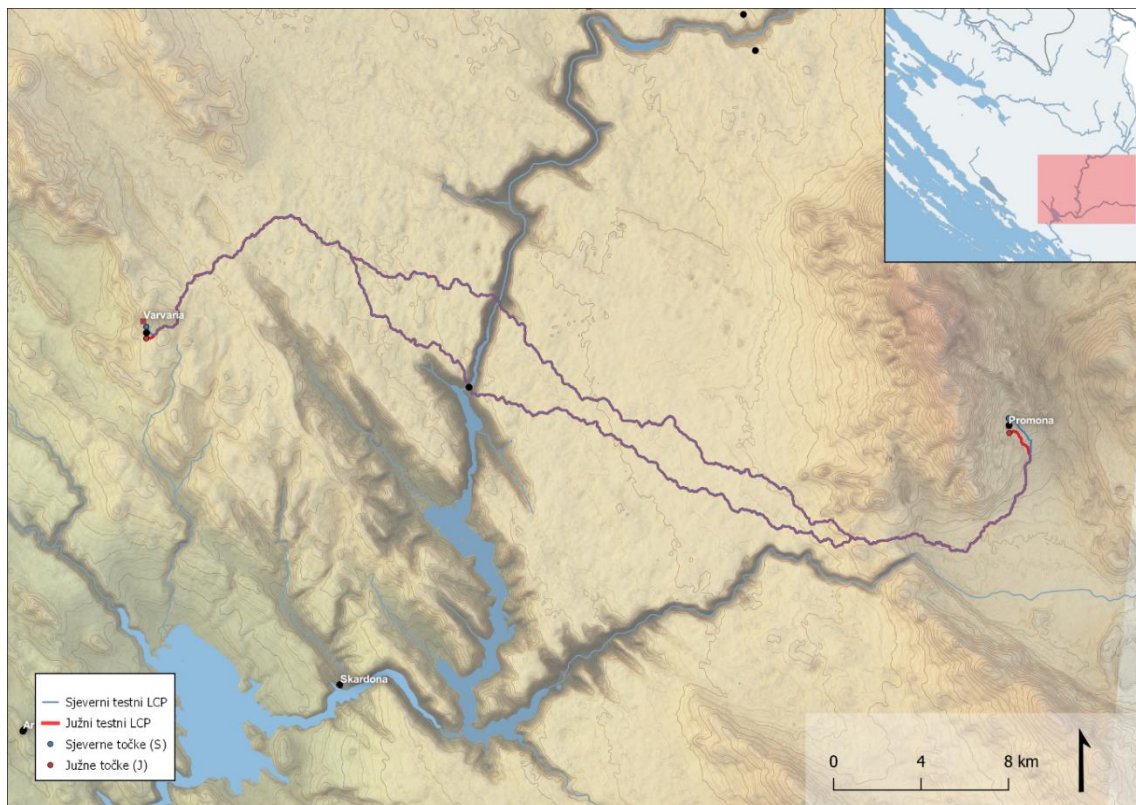
Slika 31. Analiza osjetljivosti Asseria – Burnum



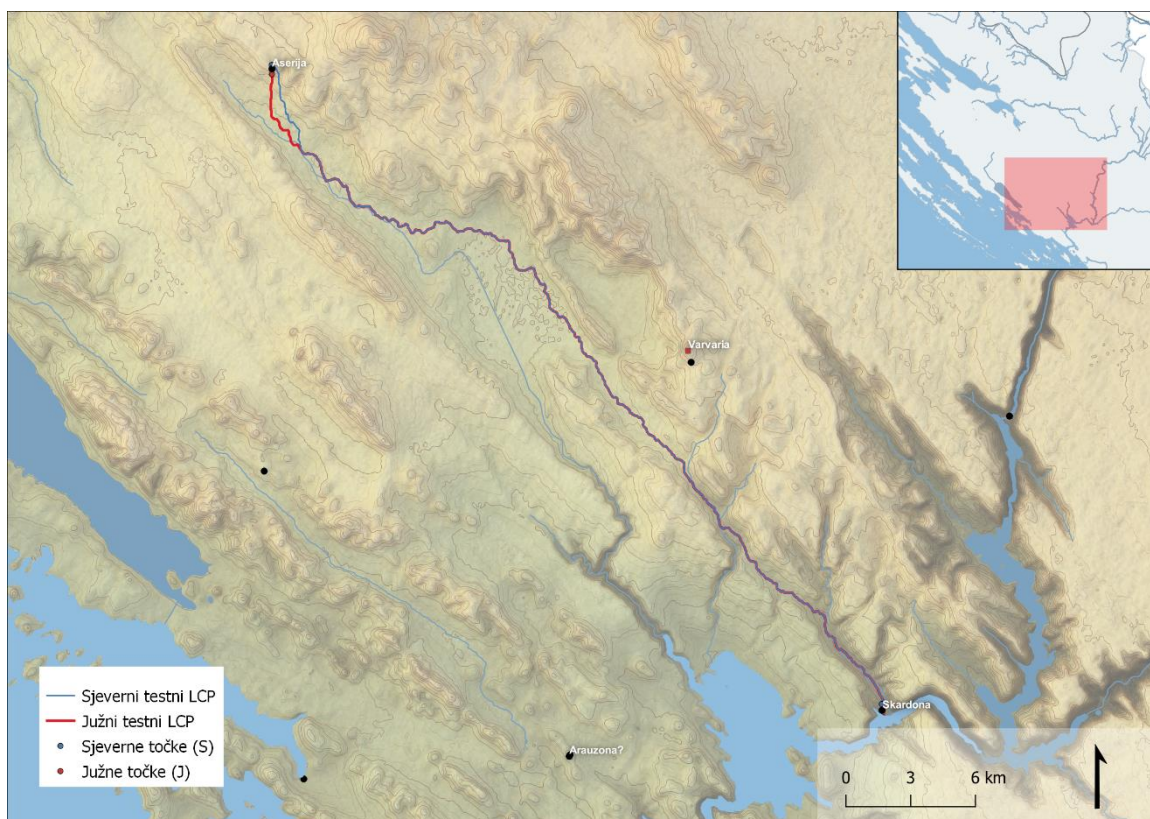
Slika 32. Analiza osjetljivosti *Clambete - Hadra*



Slika 33. Analiza osjetljivosti *Hadra - Burnum*



Slika 34. Analiza osjetljivosti *Varvaria - Promona*



Slika 35. Analiza osjetljivosti *Asseria - Skardona*

3.2.2. Buffer-test

TABLICE OPTIMALNIH PUTEVA

Tablica 1. *Asseria - Scardona*

Buffer klasa (m)	Duljina (km)	Postotak u klasi
< 250	14,214	37,79 %
250 – 500	9,917	26,37 %
500 – 750	9,852	26,19 %
750 – 1000	2,257	6,00 %
1000 – 1250	1,365	3,62 %
1250 +	0	0 %

Tablica 2. *Asseria – Ansium*

Buffer klasa (m)	Duljina (km)	Postotak u klasi
< 250	9,343	34,76 %
250 – 500	2,884	10,73 %
500 – 750	4,034	15,01 %
750 – 1000	3,305	12,30 %
1000 – 1250	2,155	8,02 %
1250 +	5,156	19,18 %

Tablica 3. *Asseria – Sidrona*

Buffer klasa (m)	Duljina (km)	Postotak u klasi
< 250	3,694	16,00 %
250 – 500	3,017	13,07 %
500 – 750	2,864	12,40 %
750 – 1000	0,582	2,52 %
1000 – 1250	0,567	2,46 %
1250 +	12,368	53,56 %

Tablica 4. *Asseria – Burnum* (južna ruta)

Buffer klasa (m)	Duljina (km)	Postotak u klasi
< 250	29,860	57,08 %
250 – 500	5,779	11,05 %
500 – 750	1,767	3,38 %
750 – 1000	1,002	1,92 %
1000 – 1250	1,238	2,37 %
1250 +	12,665	24,21 %

Tablica 5. *Asseria – Burnum* (sjeverna ruta, forsirani LCP)

Buffer klasa (m)	Duljina (km)	Postotak u klasi
< 250	19,697	39,23 %
250 – 500	3,728	7,43 %
500 – 750	3,147	6,27 %
750 – 1000	5,613	11,18 %
1000 – 1250	5,729	11,41 %
1250 +	12,289	24,48 %

Tablica 6. *Iader – Babin Dub – Corinum* (forsirani LCP)

Buffer klasa (m)	Duljina (km)	Postotak u klasi
< 250	10,816	18,21 %
250 – 500	7,685	12,94 %
500 – 750	5,688	9,58 %
750 – 1000	4,629	7,79 %
1000 – 1250	6,993	11,77 %
1250 +	23,583	39,71 %

Tablica 7. *Iader – Arauzona* (forsirani LCP)

Buffer klasa (m)	Duljina (km)	Postotak u klasi
< 250	20,933	23,26 %
250 – 500	22,948	25,50 %
500 – 750	9,517	10,58 %
750 – 1000	7,289	8,10 %
1000 – 1250	5,520	6,13 %
1250 +	23,781	26,43 %

Tablica 8. *Iader – Asseria* (forsirani LCP)

Buffer klasa (m)	Duljina (km)	Postotak u klasi
< 250	18,558	28,19 %
250 – 500	13,007	19,76 %
500 – 750	6,268	9,52 %
750 – 1000	4,169	6,33 %
1000 – 1250	2,894	4,40 %
1250 +	20,932	31,80 %

Tablica 9. Novsko ždrilo – Mali Alan – *Ausancalius* (forsirani LCP)

Buffer klasa (m)	Duljina (km)	Postotak u klasi
< 250	13,776	37,68 %
250 – 500	3,847	10,52 %
500 – 750	1,320	3,61 %
750 – 1000	552	1,51 %
1000 – 1250	699	1,91 %
1250 +	16,366	44,77 %

Tablica 10. *Hadra - Clambete* (forsirani LCP)

<i>Buffer klasa (m)</i>	<i>Duljina (km)</i>	<i>Postotak u klasi</i>
< 250	10,527	77,04 %
250 – 500	3,137	22,96 %
500 – 750	0	0 %
750 – 1000	0	0 %
1000 – 1250	0	0 %
1250 +	0	0 %

Tablica 11. *Hadra - Burnum*

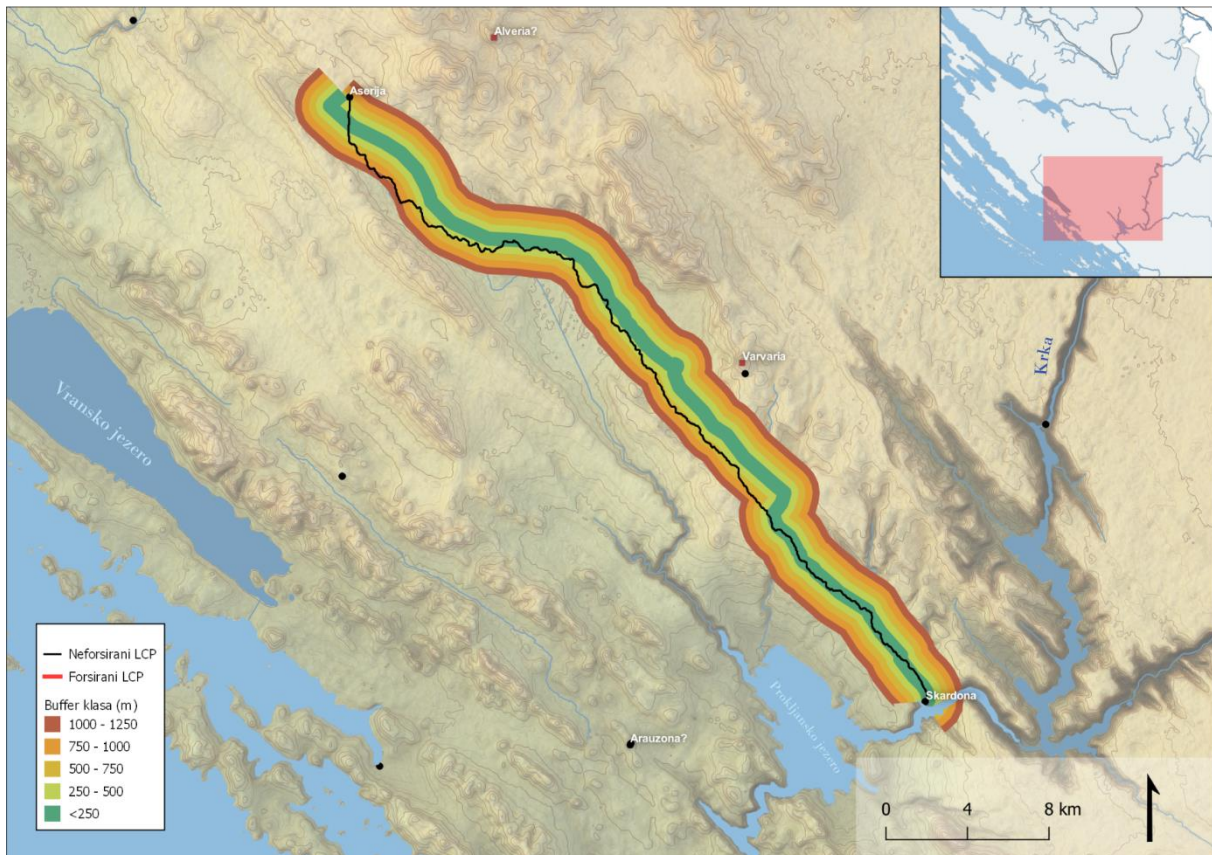
<i>Buffer klasa (m)</i>	<i>Duljina (km)</i>	<i>Postotak u klasi</i>
< 250	8,132	26,09 %
250 – 500	4,639	14,88 %
500 – 750	4,657	14,94 %
750 – 1000	2,366	7,59 %
1000 – 1250	1,313	4,21 %
1250 +	10,061	32,28 %

Tablica 12. *Varvaria – Promona* (forsirani LCP)

<i>Buffer klasa (m)</i>	<i>Duljina (km)</i>	<i>Postotak u klasi</i>
< 250	9,575	16,61 %
250 – 500	8,557	14,85 %
500 – 750	10,147	17,61 %
750 – 1000	5,564	9,65 %
1000 – 1250	5,284	9,17 %
1250 +	18,502	32,11 %

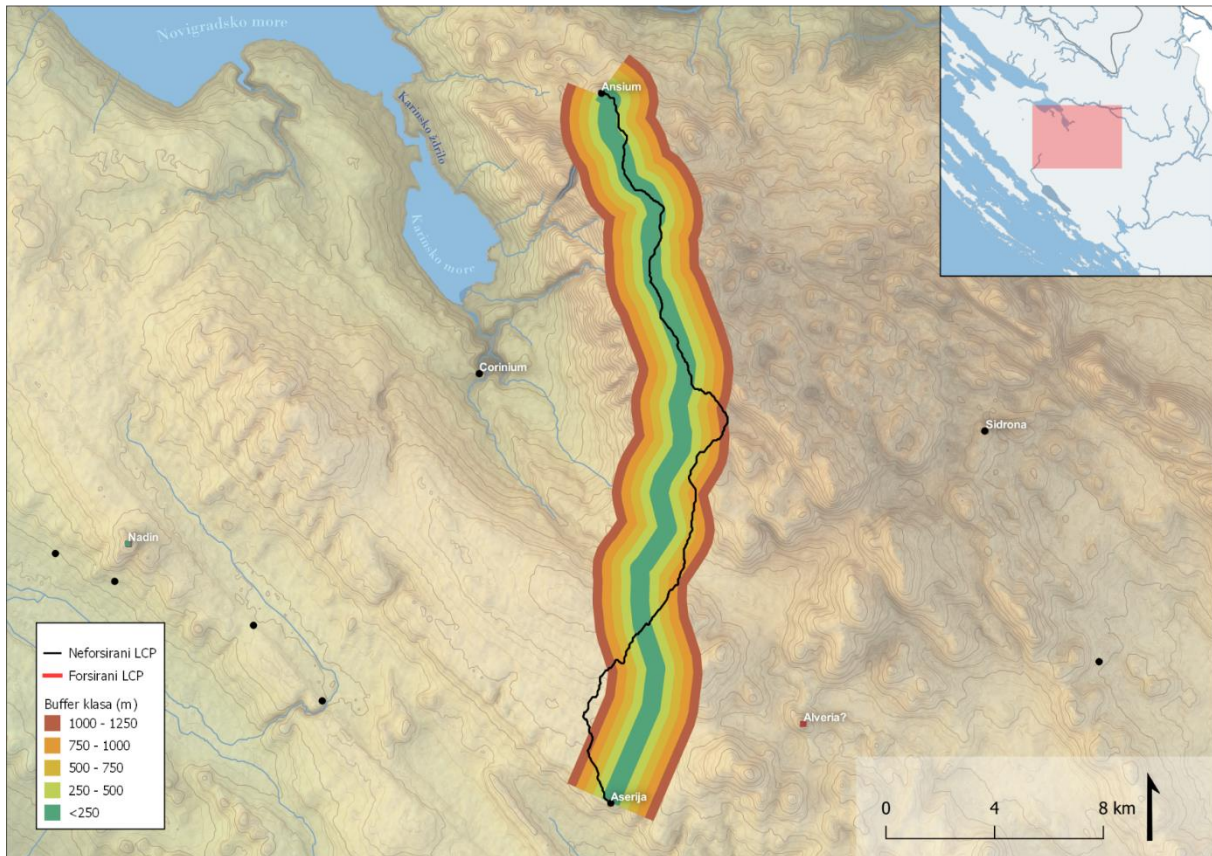
Buffer test pokazuje relativno visoku razinu varijabilnosti u postotcima preklapanja između pretpostavljenih pravaca i LCP-ova.

Najvišu razinu preklapanja pokazuje pravac *Asseria – Scardona* (Slika 36., Tablica 1.). Najveća se devijacija javlja odmah po silasku s kose, nekoliko kilometara od Aserije te kod Vaćana. Ni u jednom se trenutku LCP ne odvaja od trase više od kilometra, dok se više od 50 % LCP-ova nalazi unutar 500 metara od trase.



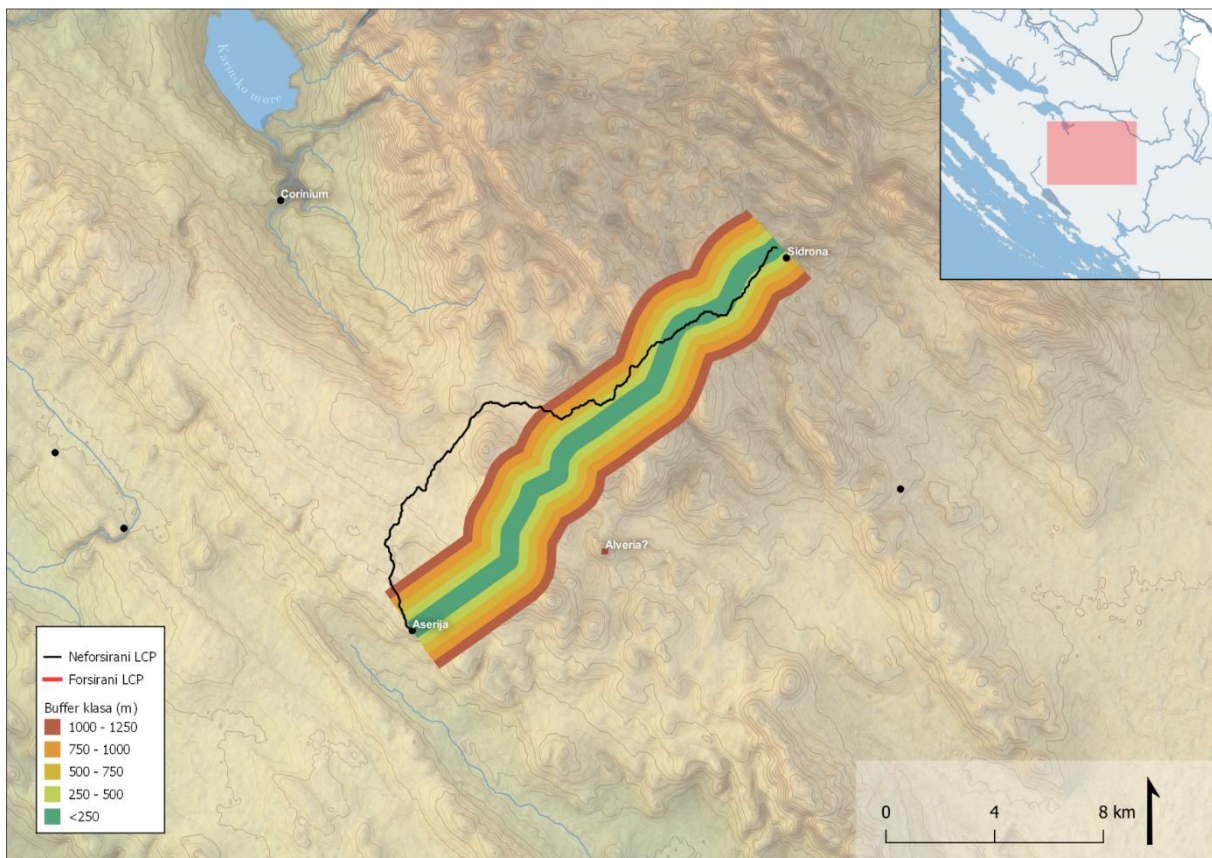
Slika 36. *Buffer*-test Asseria - Scardona

Pravac *Asseria – Ansium* (Slika 37., Tablica 2.) također pokazuje visok stupanj preciznosti. Ne pokazuje nikakva drastična skretanja s trase te se generalno drži istih pozicija u mikoreljefu. Tek se u dijelu bliže Aseriji javlja nešto veća devijacija – na području Lisičića ka zapadu te na području prije uspona kod brda Kum ka istoku. Također, zaobilazi Gredu Ivaniševu s istoka.



Slika 37. Buffer-test *Asseria - Ansium*

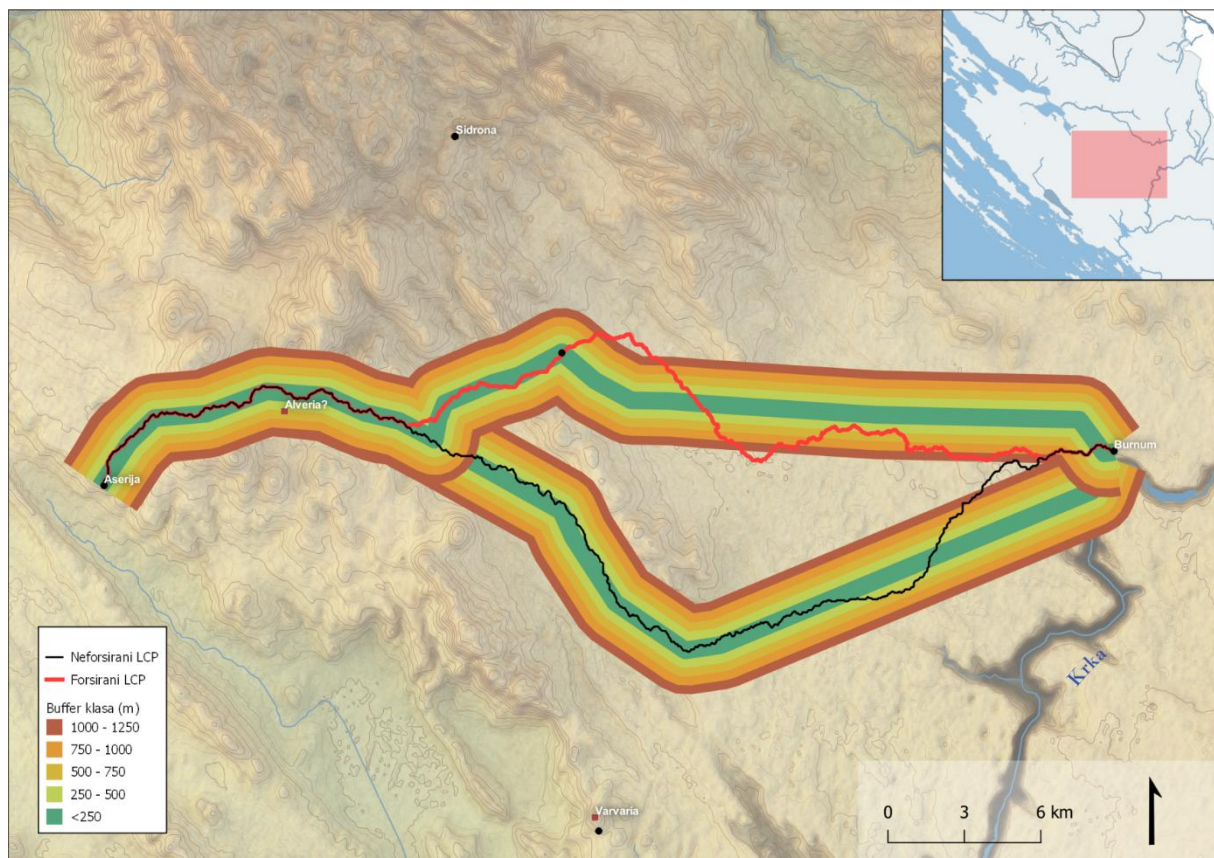
Pravac *Asseria – Sidrona* (Slika 38., Tablica 3.), unatoč visokoj devijaciji u prvoj polovici LCP-a, pokazuje znatnu razinu sigurnosti u drugoj polovici. Prve tri klase (do 750 m) predstavljaju 41,47 % ukupnog LCP-a, što je visoka razina preciznosti. Odgovor na pitanje manjka preklapanja u prvoj polovici trase nije jednostavan. Glavni razlog značajne devijacije na zapadu leži u relativnoj uniformnosti reljefa lisičićkog područja, suprotno brdovitom kraju kojim prolazi cesta koju su zabilježili Abramić i Colnago.⁸³ Nije jasno zašto je cesta građena s istočne strane brda Šupijak s obzirom na to da je riječ o neprohodnijem području. Za sada se najvjerojatnije čini da bi mogla biti riječ o dvjema trasama koje su izlazile iz Aserije u smjeru sjeveroistoka, od kojih je jedna prolazila s jugoistočne strane brda Šupijak, a druga je zapravo bila ista cesta koja ide u smjeru Ansija, ali se za Sidronu odvajala sjeverozapadno od brda Otavac koje se i samo nalazi sjeverozapadno od brda Šupijak (Šime Vrkić smatra kako bi se to razdvajanje događalo kod bunara Vučjak preko kojega prolazi i naš LCP te potvrđuje tu tezu).



Slika 38. *Buffer-test Asseria - Sidrona*

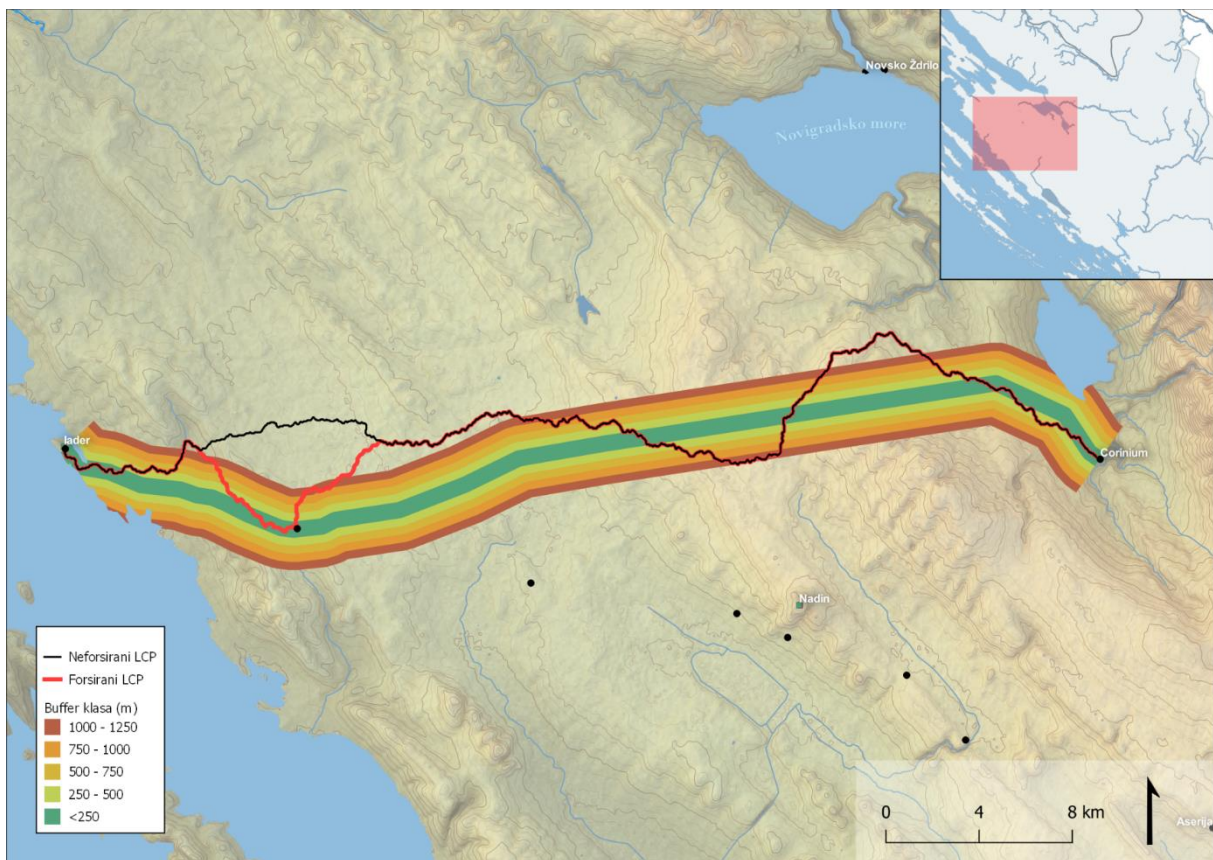
⁸³ M. ABRAMIĆ, A. COLNAGO, 1909, 26.

Cesta *Asseria* – *Burnum* ima nesiguran pravac pružanja. Dva su moguća pravca pružanja ove ceste: sjeverni i južni (ili su možda postojala oba pravca). LCP bira onaj južni s visokim stupnjem poklapanja s potencijalnom trasom. Do minimalne devijacije dolazi tek u okolini Burnuma (Slika 39., Tablica 4.). Da bismo dobili sjevernu trasu, LCP je forsiran na prolaz kroz gradinu Bjelinu (potencijalna interesna točka). Forsiranjem LCP-a na prolaz sjevernom potencijalnom rutom, dobiva se niži postotak preklapanja u prvoj klasi, dok je postotak sa svim klasama iznad 500 m viši, što čini ovaj LCP manje pouzdanim (Tablica 5.). Međutim, obje verzije pokazuju zadovoljavajuću razinu preklapanja. Važno je imati na umu da kod forsiranih izvedbi LCP-a ta dodatna interesna točka unosi još jednu varijablu koja potencijalno može biti pogrešna. Stoga se treba manje oslanjati na forsirane LCP-ove pri donošenju zaključaka (osim ako ta dodatna interesna točka nije arheološki potvrđen ostatak rimske ceste, što daje neupitnu sigurnost).



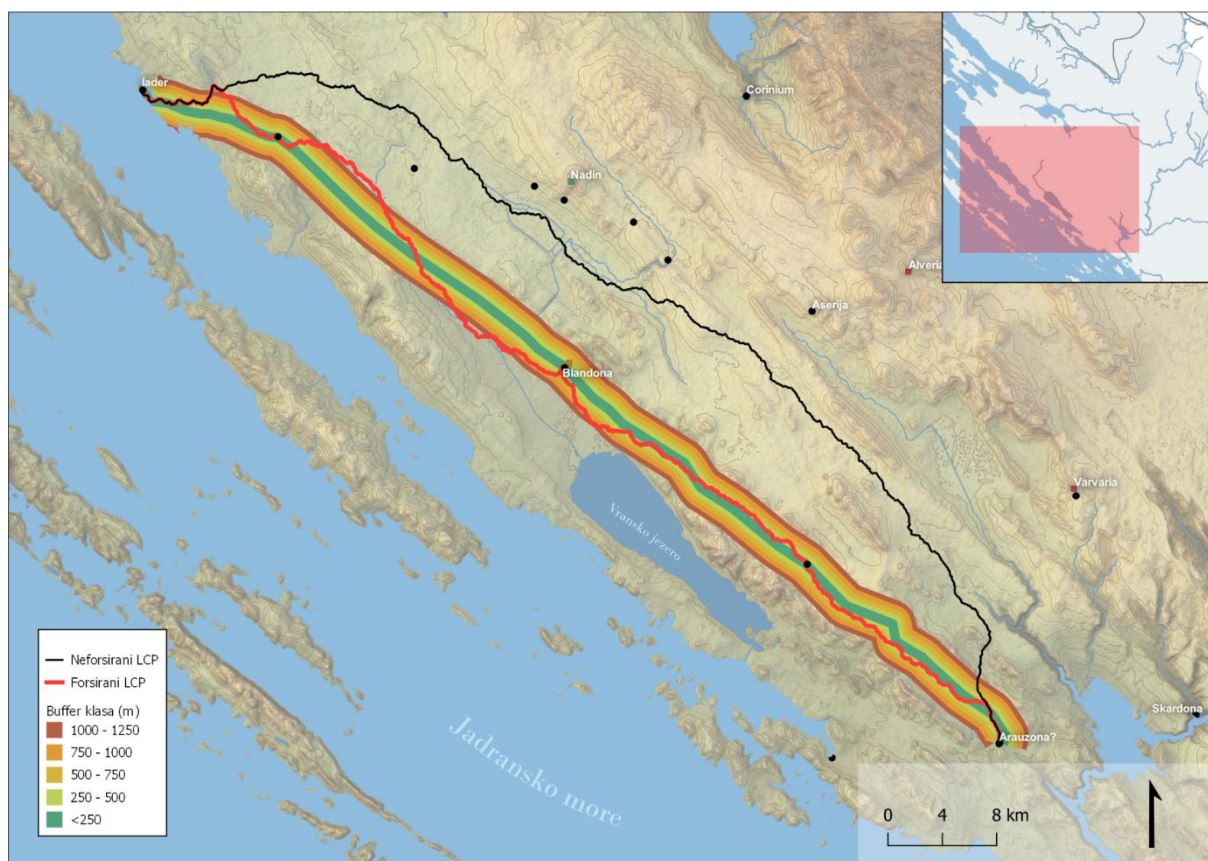
Slika 39. *Buffer-test Asseria - Burnum*

LCP-ovi na području Ravnih kotara zamjetno su nižeg stupnja preciznosti. Pravac *Iader* – *Corinium* relativno je nesiguran. Iako su poklapanja unutar granica prihvatljivosti, činjenica da LCP pokušava zaobići i minimizirati visinske razlike koje predstavljaju hrptovi, koji se pružaju okomito na LCP, dok je pretpostavljena trasa ceste povučena pravocrtno kroz središte Ravnih kotara u smjeru zapad – istok, govori da se u ovakvim slučajevima LCA mora uzimati s velikom dozom opreza. Kao samostalna analiza ne pruža sigurnost u ovaj potencijalni pravac rimske ceste. Forsiranjem pravca kroz Babindub (odakle je ovaj pravac zasigurno morao kretati u smjeru Korinija), preklapanje se povećava, ali na ostatku trase LCP i dalje pokazuje značajne devijacije u odnosu na pretpostavljenu trasu (Slika 40., Tablica 6.).



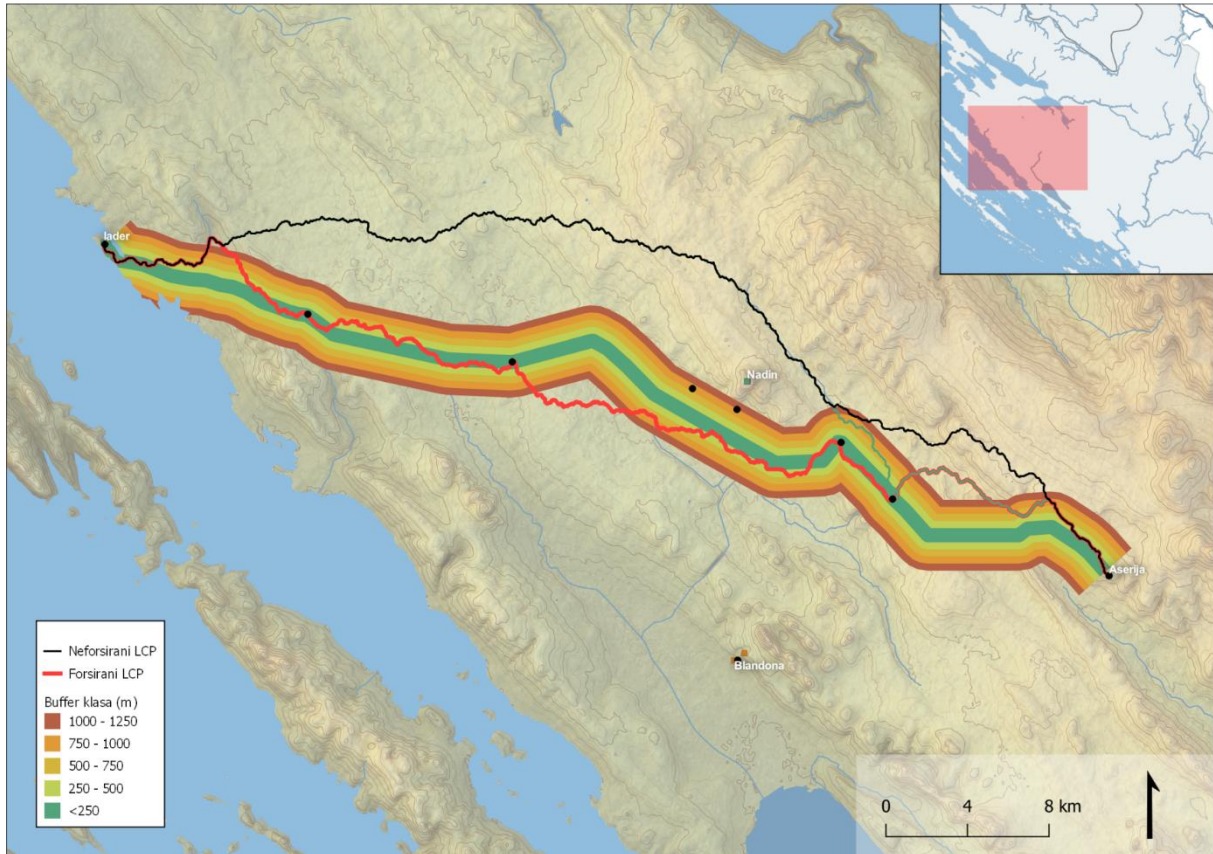
Slika 40. *Buffer-test Iader - Corinium*

LCP na trasi *Iader – Arauzona* pokazuje dramatičnu devijaciju ka središnjoj udolini Ravnih kotara, prema Dadinu i Šopotu, zaobilazi brda i kose u zaleđu Vranskog jezera te se tek kod Dragošića približava Arauzoni (Velikoj Mrdakovici). Ova je izvedba u startu odbačena. Tek se forsiranjem LCP-a kroz Babindub, podnožje gradine Trojan (gdje su zabilježeni ostatci prilaznih cesta gradini) te crkvu sv. Ivana u Banjevcima (u okolici koje je postojala *villa rustica*) dobiva zadovoljavajuća izvedba LCP-a (Slika 41., Tablica 7.). Takva izvedba ima zadovoljavajući postotak preklapanja s pretpostavljenom trasom. LCP nesigurnim čini činjenica da je forsiran kroz tri interesne točke.



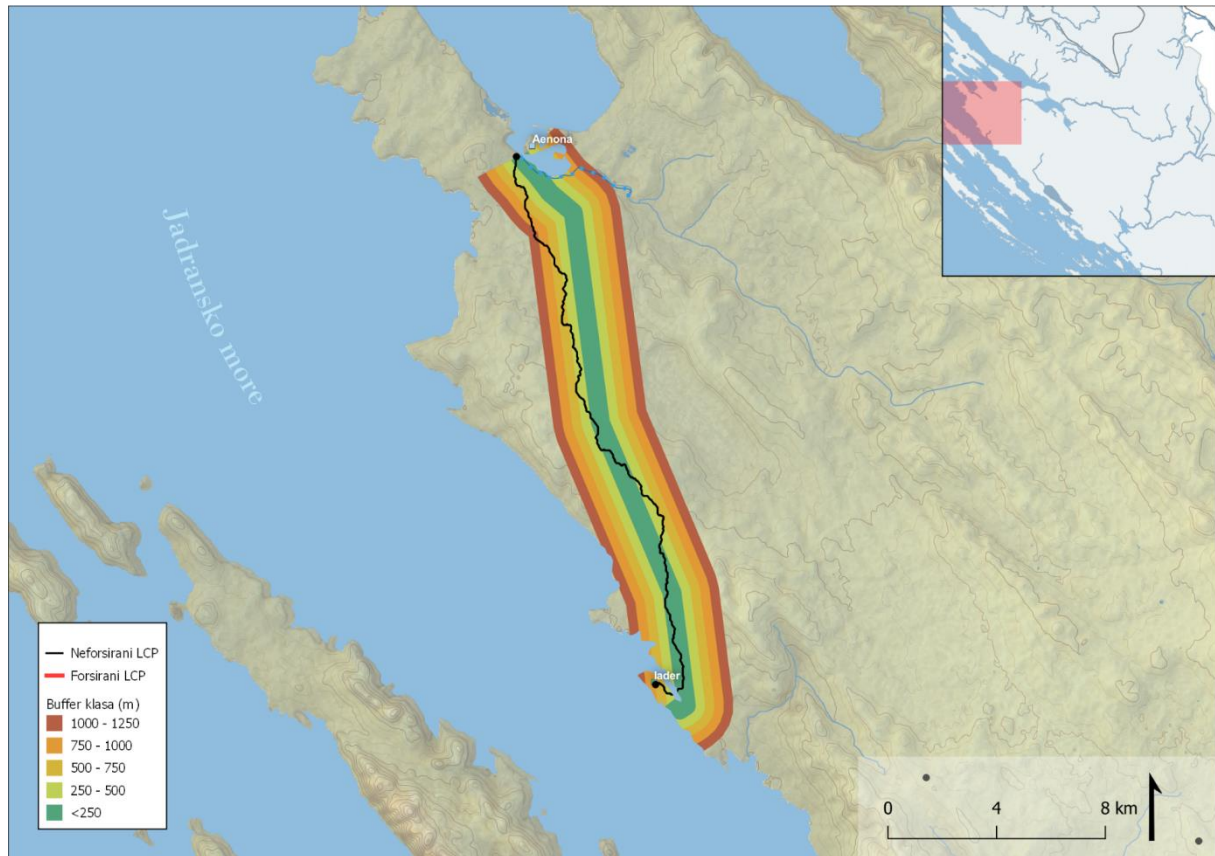
Slika 41. *Buffer-test Iader - Arauzona*

Sličan se problem javlja i kod pravca *Iader – Asseria*. Tek se korištenjem triju usputnih repera (Babindub, starokršćanska crkva i groblje u Galovcu te trakt od pola milje ceste koji je Željko Miletić zabilježio) dobiva relativno zadovoljavajuć postotak preklapanja (Slika 42., Tablica 8.). Najveće se odstupanje od pretpostavljene trase javlja između Galovca i Nadina te između Kličevice i Benkovca. Neforsirani LCP u potpunosti zaobilazi Babindub, Nadin i Benkovac sa sjeverne strane te je odbačen u startu. Forsirani je LCP nesiguran i treba ga uzimati u obzir s oprezom.



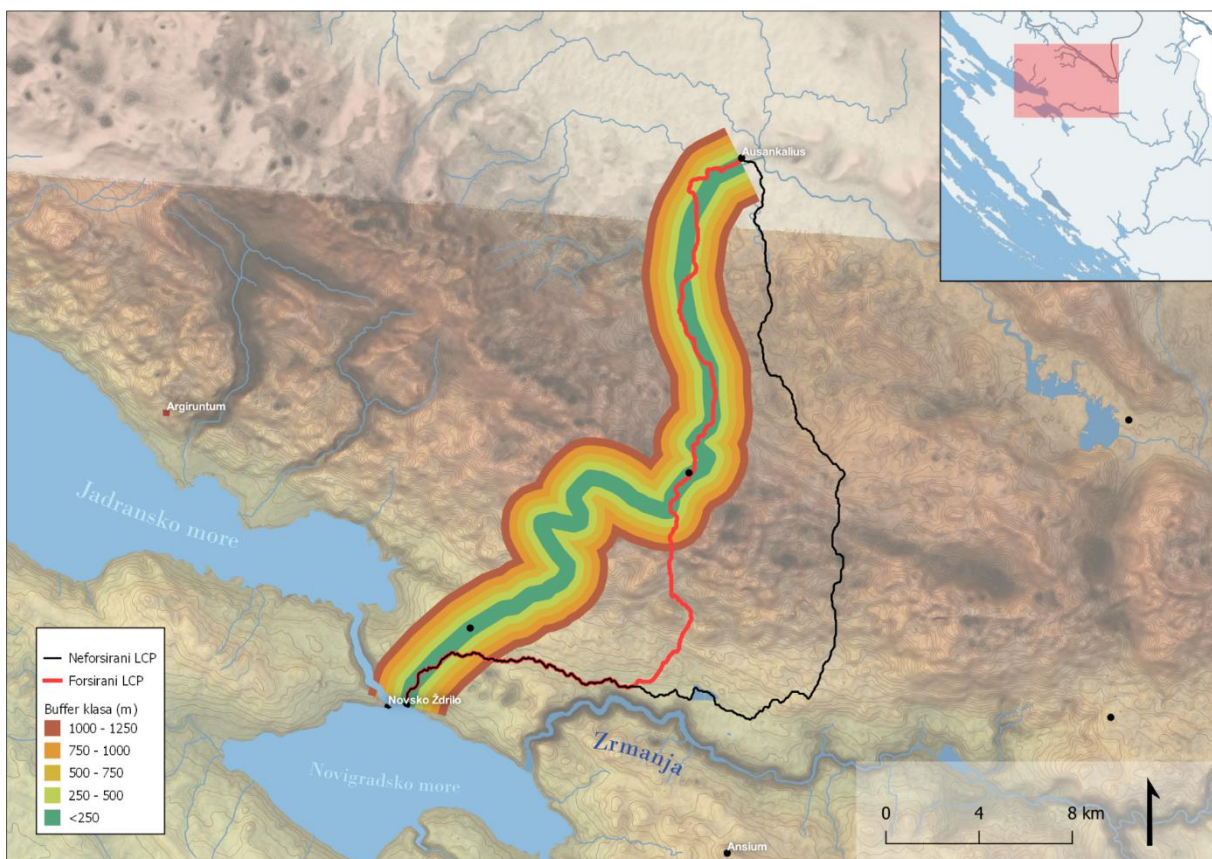
Slika 42. *Buffer-test Iader - Asseria*

Pravcu *Iader – Aenona* nemoguće je potvrditi preklapanje s pretpostavljenom trasom jer se o pretpostavljenoj trasi za sada može samo nagađati. Jedina pretpostavka, koja se mogla do sada utvrditi, je da pretpostavljena cesta prolazi najvjerojatnije između Bokanjačkog blata i obale. LCP tu pretpostavku potvrđuje (Slika 43.). Sigurnost ovog LCP-a nemoguće je potvrditi bez značajnijih arheoloških dokaza o pružanju ceste.



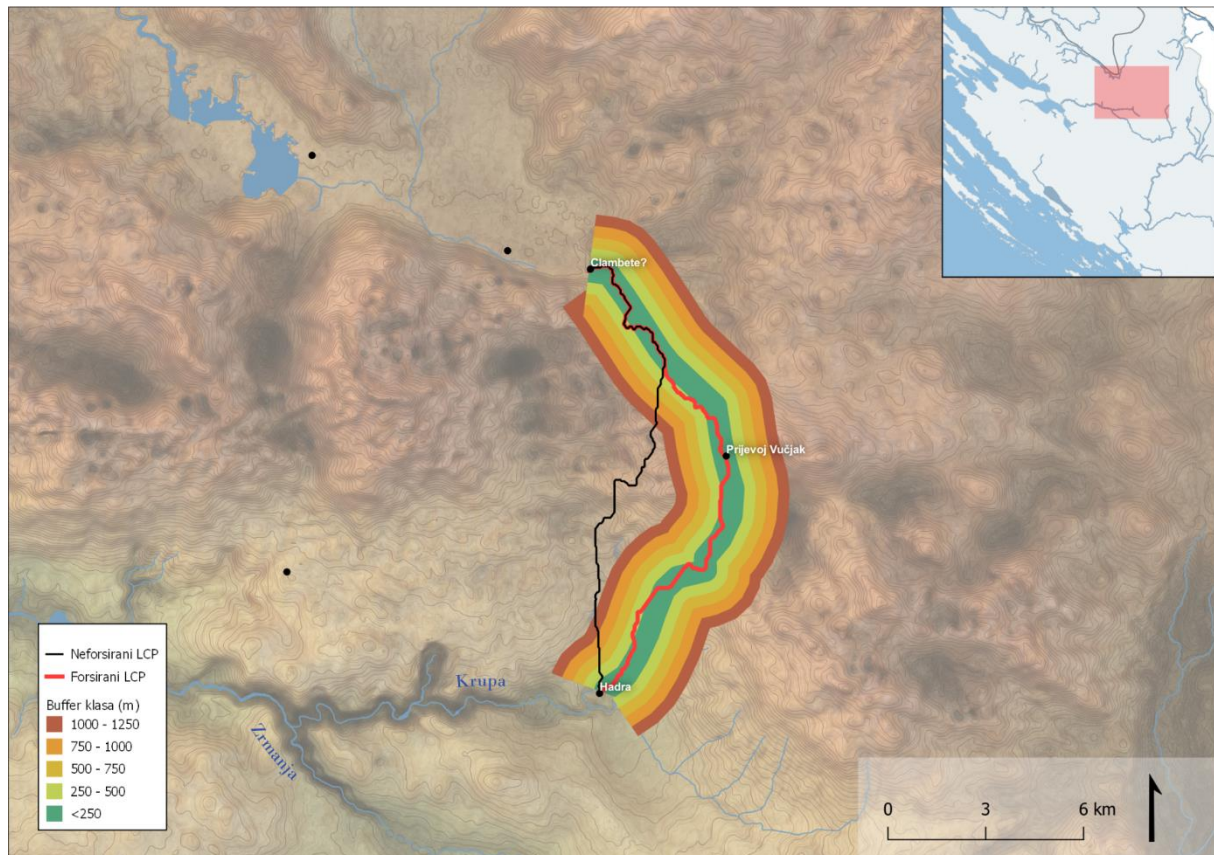
Slika 43. *Buffer-test Iader - Aenona*

LCP Novsko ždrilo – *Ausancalius* ne odgovara u potpunosti pretpostavljenoj trasi, već bira rutu koja u prvom dijelu ide paralelno i uzvodno sa Zrmanjom te zatim kod Modrića skreće na sjever. Prelazi najviši hrbat Velebita oko 7 kilometara istočno od pretpostavljene trase ceste, spušta se na sjevernu stranu Velebita, i dalje udaljen oko 3 kilometra od pretpostavljene trase, te naposljetku prilazi Ausankaliju s istoka. Ovaj je LCP u potpunosti odbačen jer ga ne podržavaju nikakvi arheološki podatci. Forsirana izvedba preko Malog Alana, unatoč veoma visokom postotku poklapanja sjeverno od Alana, s južne strane ima drastičnu devijaciju (ne toliku kao u neforsiranom LCP-u, ali i dalje značajnu) prema istoku i u potpunosti je neodgovarajuć. Treba ostaviti otvorenu opciju za alternativne rute preko ovog dijela Velebita, koje su možda koristile iste rute koje je odabrao i LCP (Slika 44., Tablica 9.).



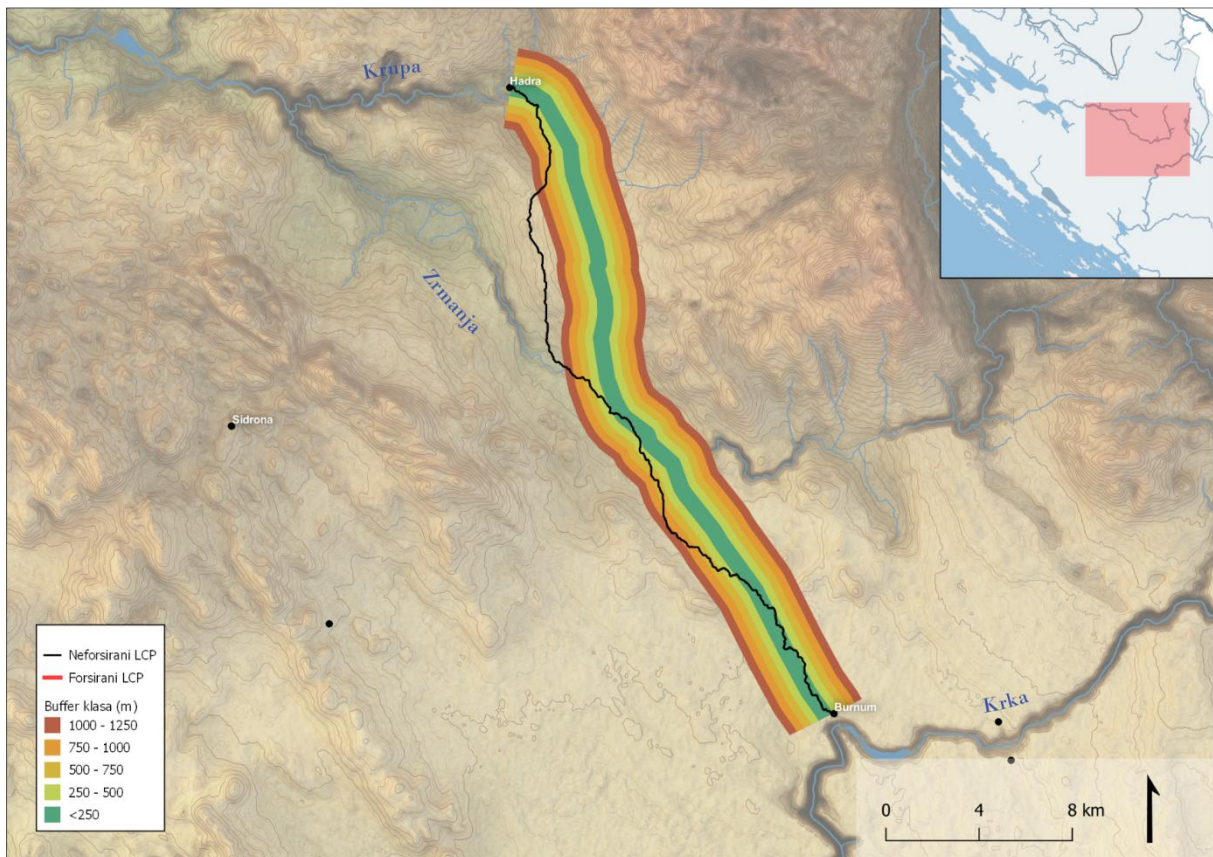
Slika 44. *Buffer-test* Novsko ždrilo - *Ausancalius*

Pravac *Hadra – Clambete* pokazuje značajnu devijaciju od pretpostavljene trase prema zapadu. Posljednja trećina ima visok stupanj poklapanja, ali naginjem mišljenju da i ovaj LCP treba odbaciti. Dodatan razlog točnosti takvog zaključka je i činjenica da je reljef, preko kojega ide LCP, izrazito teško prohodan i razveden (nešto što rezolucija *slope* podloge od 30 metara ne može registrirati). Forsiranjem LCP-a kroz prijevoj Vučjak, dobiva se veoma visok stupanj poklapanja (čak 77,04 % unutar prve klase), što upućuje na veoma visoku vjerojatnost pružanja trase ceste ovom rutom (Slika 45., Tablica 10.).



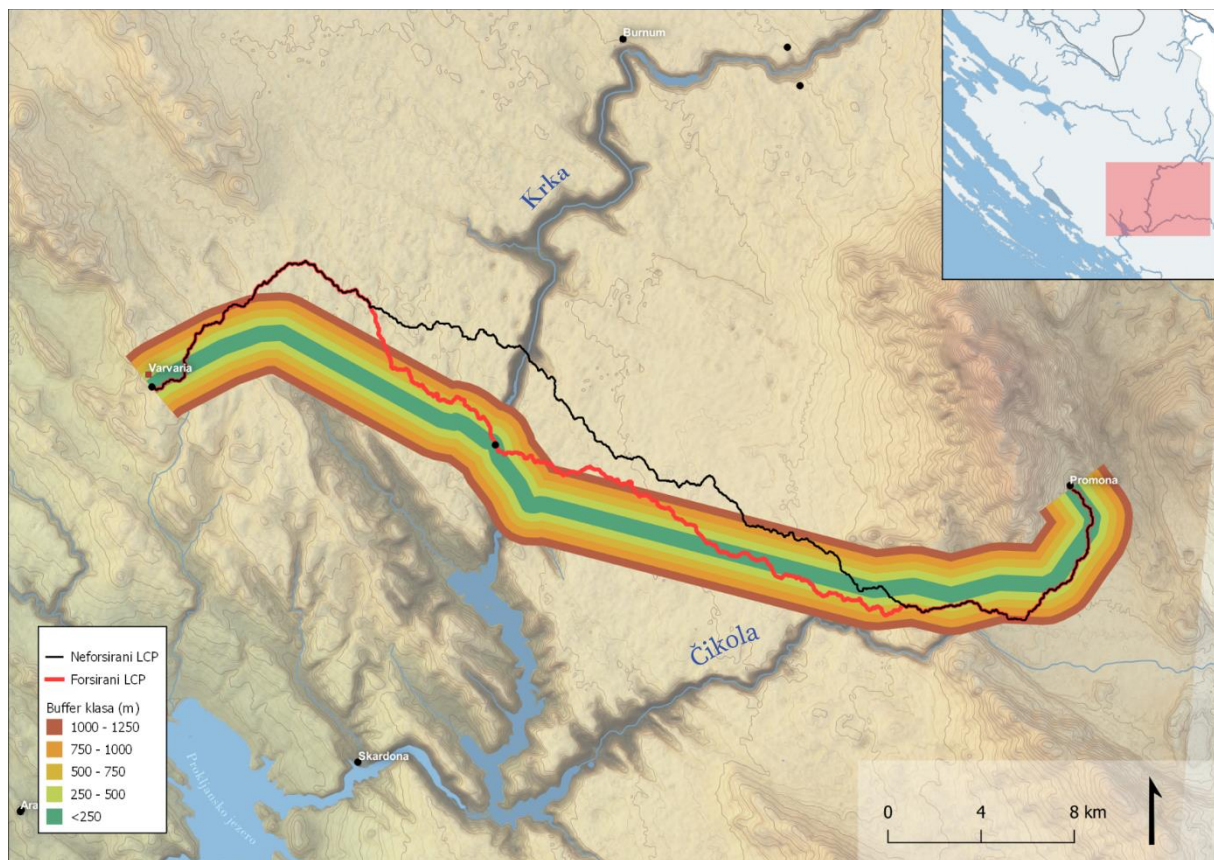
Slika 45. *Buffer-test Clambete - Hadra*

Pravac *Hadra – Burnum* generalno odgovara pružanju pretpostavljene trase, uz veće ili manje devijacije. Najveća se devijacija javlja kod zaseoka Jurišići gdje se LCP udaljava na oko 2,5 km zapadno od pretpostavljene trase. Druga se veća devijacija javlja zapadno od Žeželja. Posljednji dio LCP-a na području sela Ivoševci ima veoma visok stupanj poklapanja (Slika 46., Tablica 11.). Ovaj je LCP generalno prihvatljiv, s naglaskom na prisutnost devijacija koje nisu drastične.



Slika 46. *Buffer-test Hadra - Burnum*

LCP od Varvarije do Promone ima nizak stupanj poklapanja. S obzirom na to da LCP ne bira Roški slap za prijelaz preko Krke, stvara se značajna devijacija koja traje cijelim pružanjem pretpostavljene trase ceste. Ovaj neforsirani LCP treba odbaciti u kontekstu u kojemu se promatra trasa ceste Varvaria – Roški slap – Promona. LCP možda predstavlja kakav sporedni put za koji nemamo nikakve arheološke dokaze. Kao takvog, za sada ga treba odbaciti. Forsiranjem LCP-a preko Roškog slapa, dobiva se nešto veće preklapanje koje i dalje ima značajne devijacije. Istočni dio LCP-a nešto je uvjerljiviji od zapadnog (Slika 47., Tablica 12.). Ovaj LCP ne treba odbaciti, ali ga isto tako treba uzimati u obzir s velikim oprezom.



Slika 47. Buffer-test Varvaria - Promona

4. ZAKLJUČNA RAZMATRANJA

Ciljevi su ovoga rada uključivali testiranje validnosti analize optimalnog puta (*least cost path, LCP*) na primjeru rimskih cesta južne Liburnije između Velebita i Krke te mapiranje potencijalnih ruta uz pomoć LCP-ova na područjima gdje imamo manje podataka o pružanju rimskih cesta.

Geografski informacijski sustavi (GIS) i analiza optimalnog puta (*least cost analysis, LCA*) do danas su se već afirmirali u arheologiji. LCA može biti primjenjivana kao nadopuna multidisciplinarnim istraživanjima ili kao samostalna analiza. Podatci dobiveni LCP analizom vrijedniji su ako ih je moguće validirati arheološkim podacima iz krajolika. To je vidljivo i u ovom radu. Tip softvera i algoritama, koji se koriste, može imati velik utjecaj na kvalitetu dobivenih rezultata. Međutim, prije donošenja odluke o izboru softvera i algoritama, potrebna je dubinska analiza njihove kvalitete i ograničenja. Korisnikova nestručnost, kao i pristranost, mogu unijeti neželjene varijable u validnost dobivenih rezultata.

SRTM1 Global DRM osnovni su podatci pomoću kojih je izračunat nagib terena. Ovi su podatci odabrani zbog fleksibilnosti u rukovanju, nativne projekcije s kojom dolaze (WGS84), globalne pokrivenosti koja omogućuje uspoređivanje s drugim projektima rađenim s istim podacima, točnosti samih podataka te zbog odgovarajuće rezolucije (~30 m). Iz ovog je elevacijskog modela izračunat nagib terena koji služi kao frikcijska podloga.

U izračunu LCP-a korišten je *Least cost Path plugin* za QGIS softver koji koristi *Dijkstra* algoritamsku formulu za izračun LCP-a. Mnogo je razloga za odabir ovog algoritma, ali oni najvažniji su korištenje *'knights move'* kretanja između raster ćelija te afirmirana pozicija ovog algoritma u arheološkoj zajednici.

Analiza osjetljivosti potvrdila je stabilnost dobivenih LCP-ova na cijelom području proučavanja, što je veoma značajan podatak – primarno jer doprinosi pozitivnoj ocjeni o validnosti ovog tipa analize na ovom području. Jedini primjer nestabilnog rutiranja vidimo kod Aserije, no objašnjenje varijacije leži u razvedenosti mikroreljefa na tom području. Generalno se čini da LCP-ovi ravnomjerno balansiraju između cijene i dužine puta, što je u skladu s nekim ranijim istraživanjima.⁸⁴

Uzevši u obzir rezultate *buffer* testa, vidimo da varijacije u vjerodostojnosti dobivenih LCP-ova mogu biti velike. Osim pozicije pojedinih naselja u mikroreljefu, generalna konfiguracija reljefa također igra veliku ulogu u kvaliteti dobivenih rezultata.

⁸⁴ C. PARCEREO-OUBIÑA, et al., 2019, 307.

Čini se da čista krška razvedenost krajolika, kakvu vidimo na području Bukovice, proizvodi najbolje rezultate za ovakav tip analize. Nanizana brda stvaraju jasne putanje koje kanaliziraju sve potencijalne rute i koridore kretanja kroz uske udoline i prosjeke. Veoma visok stupanj poklapanja sa zabilježenim pravcima, i to bez forsiranja preko poznatih točaka, govori da LCA može biti korisna i kao samostojeća analiza u proučavanju ovakvog tipa krajolika.

Ekstremni nagibi i razvedenost mikoreljefa na Velebitu rezultiraju ogromnim cijenama kretanja kroz krajolik (u smislu utrošene energije), zbog čega LCP bira i višestruko duže, zaobilazne rute ako to znači blaže nagibe i manje visinske promjene. Ta kvaliteta Velebita uvelike otežava valorizaciju ovakvih analiza. Međutim, primjer forsirane rute *Hadra – Clambete* pokazuje da je uz poznate repere moguće dobiti izrazito visok stupanj preklapanja i preciznosti. Iz toga se da zaključiti da sva buduća istraživanja ovakvog kapaciteta u krajoliku poput Velebitskog, prethodno iziskuju detaljniju arheološku sliku stanja na terenu te ovakva analiza nipošto ne može biti samostojeća.

Nekonzistentnost rezultata na području Sjevernodalmatinske zaravni ukazuje na problematičnost primjene ovakvog tipa analize u ravničarskim područjima, odnosno u područjima koji se čine ravničarskim algoritmom – treba imati na umu da algoritam uzima u obzir samo onoliko kvalitetne podatke koje mu mi damo. Dok su neke trase imale visok stupanj poklapanja (poput dijelova ruta *Asseria – Burnum* i *Hadra – Burnum* koje prolaze kroz ravničarski dio), čak i minuciozna promjena nadmorske visine od metar ili dva, zbog uniformnosti terena, može utjecati na algoritam te njegov odabir nepotrebno širokog zaobilaznog puta. Također, otežavajuća je okolnost ovog područja bio kanjon rijeke Krke koji je impozantna prepreka neovisno o prijelazu koji se odabere. Algoritam će to pokušati racionalizirati (ovisno o razlici u visini i strmini), no ljudskim će sudionicima svaki od tih prijelaza imati jednaku ocjenu – a to je da je svaki prijelaz preko kanjona ekstremno težak. Zbog toga će vjerojatno glavni kriterij za prijelaz kanjona biti ne visinska razlika ili strmina, već puka izvedivost. Istraživanja su pokazala kako će, kada je riječ o riječnim prijelazima, najveću ulogu u donošenju odluke imati iskustvo.⁸⁵

Letimičan pogled na konfiguraciju terena Ravnih kotara dovodi do zaključka kako će sva komunikacija kroz ovaj krajolik biti usmjerena na sjeverozapad – jugoistok. U pitanju su relativno male udaljenosti ako su i izvorište i odredište unutar dolina između hrbata te ako put ne mora prelaziti preko kakvog riječnog usjeka ili močvarnog područja (kojih na ovom

⁸⁵ I. BOŽANIĆ, D., D. PAMUČAR, 2010., 142.

prostoru ima podosta). Međutim, čim se ovi elementi unesu, LCP bira zaobilazne putanje koje su često značajno duže, samo zato da smanji varijacije u nadmorskoj visini. S obzirom na to da ovo područje nema drastičnih strmina (odnosno, jedine su strmine izolirana uzvišenja i vrhovi kosa koje LCP ionako izbjegava), zanimljivo je kolike će udaljenosti LCP svladati kako bi izbjegao visinsku razliku. To se najbolje vidi na primjeru neforsiranog LCP-a između Jadera i Arauzone, gdje LCP bira rutu koja ulazi gotovo 10 kilometara dublje u unutrašnjost samo da izbjegne visinsku razliku od ukupno 60 metara između Vrana Samograda i Radošinovaca koji se nalaze na međusobnoj udaljenosti od oko 6 kilometara (što rezultira izrazito blagim nagibom od oko 1,75 °). Slična se situacija javlja i kod rute *Iader – Asseria*. Oba ova primjera imaju veću stopu sigurnosti uz forsiranje rute kroz poznate repere. S druge strane, ruta *Asseria – Scardona* pokazuje da je moguće dobiti visoku razinu točnosti i bez repera. Tu treba napomenuti da je ova trasa veoma jednostavna jer LCP prati istu udolinu između hrptova cijelim putem od izvorišta do odredišta. Kao takva nije reprezentativna za cijeli prostor Ravnih kotara. Zaključno, područje Ravnih kotara moguće je promatrati kroz ovakvu prizmu istraživanja, ali je poželjno imati što veću količinu potvrđenih arheoloških repera.

Osnovna hipoteza ovoga rada, prema kojoj reljef diktira ljudsko ponašanje, potvrđena je. Više od polovice LCP-ova odgovara pružanjima pretpostavljenih trasa rimskih cesta. S obzirom na to da je najveća količina preklapajućih LCP-ova na području Bukovice, čini se da je reljef tog područja najviše uvjetovao odabir cestovnih ruta. Udoline između brda dovoljno su prohodne da se brda u potpunosti izbjegavaju, čak i ako to znači prelaženje duže rute (primjer ceste *Asseria – Ansium*). Podvelebitska zona, zajedno s prijelazima preko Velebita, predstavlja ogromnu prepreku svakom prijelazu s jedne na drugu stranu planine, što rezultira na prvi pogled kaotičnim LCP-ovima. LCP koristi višestruko duže rute u pokušaju da izbjegne strmine i velike visinske razlike, pa je potrebno forsirati LCP kroz znane prijevoje koji su korišteni kao prijelazi. Na ovom je području moguće potvrditi hipotezu samo uz pomoć arheoloških dokaza na terenu. Područje Sjevernodalmatinske zaravni, zajedno s kanjonom rijeke Krke, problematično je modelirati ovom metodom, primarno zbog ravničarskih karakteristika terena koje nisu adekvatne za ovakav tip analize. Neovisno o tome, LCA pokušava pronaći prihvatljive riječne prijelaze tako što traži prijelaze s najmanjom visinskom razlikom. Vjerujem da će ova analiza, u kombinaciji s iscrpnijim arheološkim podacima s terena, u budućnosti polučiti bolje rezultate na ovom području. Rezultati analiza na području Ravnih kotara veoma su polemični. Dok LCA daje odlične rezultate kod onih ruta koje prate smjer pružanja udolina i hrbata (npr. *Asseria - Scardona*), okomite rute veoma su

nepouzdana. Čak i s većom segmentacijom i forsiranjem kroz znane točke, LCA rezultira LCP-ovima koji imaju manju razinu pouzdanosti. Razlog tomu vjerojatno je činjenica da su hrbati, koji presjecaju udoline Ravnih kotara, nedovoljna prepreka da bi diktirali pružanje cesta koje su okomite na pružanje hrbata (npr. *Iader – Nedinum - Asseria*).

Neke od manjkavosti ovakvog pristupa prvenstveno uključuju korištenje nagiba terena kao jedinog kriterija pri izradi LCP-ova. Analize utemeljene na nagibu terena pokazuju veću varijabilnost nego neke koje koriste složenije modele.⁸⁶ Taj se problem može riješiti unošenjem dodatnih parametara, odnosno složenijih algoritama, poput onih koji uključuju Toblerovu *hiking* funkciju. Sličan se problem javlja pri usporedbi izotropskih i anizotropskih modela. Kao što je ranije rečeno, izotropski mogu postići podjednaku razinu preciznosti kao anizotropski, ali anizotropski, s druge strane, mogu biti daleko precizniji. Iako je u ovom radu izotropski model podjednake kvalitete kao anizotropski, u budućnosti treba ostaviti otvorenu mogućnost primjene anizotropskog izračuna LCP-a kao potencijalno reprezentativnijeg.

Potrebno je napomenuti da je pri odabiru pozicija izvorišta/odredišta korištena vlastita pristranost. Naime, različite konfiguracije naselja unutar prostora (od obalnih do gradinskih naselja) rezultiraju činjenicom da nisu svugdje birane iste pozicije za polazišne i odredišne točke. Tamo gdje se pokazalo prudentno, kao što je recimo kod naselja gradinskih odlika, interesne su točke stavljane podno samih naselja iz razloga koji su objašnjeni ranije (glavni je razlog taj što su naselja s prometnim pravcima bila povezivana lokalnim cestama, prometni pravci se nisu penjali na uzvišenja). Nadalje, smještanje sjevernih i južnih točaka u analizi osjetljivosti, kao i interesnih točaka kod forsiranih LCP-ova, rađeno je s dozom pristranosti. Nije isključena mogućnost da bi odabirom drugačijih pozicija kao interesnih točaka i rezultati forsiranih LCP-ova bili drugačiji. Također, raspored bi sjevernih i južnih točaka u analizi osjetljivosti možda polučio bolje rezultate da se za interval razlike, umjesto sadašnjih 250 metara, odabrao interval od 300 metara, s obzirom na to da bi se u tom slučaju sjeverne i južne točke poklapale s rezolucijom rastera (koja je 30 metara). Slično vrijedi i za intervale *buffer* analize koji su mogli iznositi 300 metara umjesto 250. Osim svojih vlastitih pristranosti, ne treba zanemariti pristranosti koje sa sobom donosi kartografija te način prikazivanja informacija. Tip projekcije, odabir boja i podloga te zbir prikazanih informacija utječu na finalnu interpretaciju kod čitatelja. Ti razlozi ne čine rezultat manje točnim, ali utječu na zaključak krajnjeg čitatelja.⁸⁷

⁸⁶ J. KANTNER, 2012, 234.

⁸⁷ M. GILLINGS, et al., 2019, 10. – 11.

Unatoč prostoru za poboljšanja, ovaj je rad donio neke značajne i korisne zaključke. Pokazao je efektivnost primjene LCP analize u nekoliko različitih geografskih uvjeta te je, isto tako, ukazao na neke slabosti LCP analize. Čak i na područjima koja nisu idealna za primjenu LCP analize, primjeri pokazuju kako je moguće, uz adekvatne arheološke podatke, potvrditi vjerodostojnost analize optimalnog puta. To upućuje na zaključak da je ovakav tip analize najbolje koristiti u kombinaciji s tradicionalnim metodama arheološkog istraživanja – arheološka iskopavanja, nedestruktivne metode detekcije (*remote-sensing*, georadar, itd.) i prije svega, pregled terena. Pregled terena omogućava generaciju velike količine informacija koje mogu biti upotrijebljene u ovakvom tipu analize, i za generaciju novih informacija i za potvrdu informacija dobivenih pregledom terena. Čak je i samostalna primjena ovakve analize moguća, no u tom je slučaju potrebna veća doza opreza u odabiru interesnih točaka, ali i pri interpretaciji dobivenih rezultata (jer je spektar izvora iz kojih povlačimo saznanja time sužen). Buduća istraživanja ovoga područja (ili drugih područja istraživanih ovom metodom) trebaju spomenute napomene uzeti u obzir.

5. LITERATURA

- ABRAMIĆ, M., COLNAGO, A., 1909. – Untersuchungen in Norddalmatien, *Jahreshefte des Österreichischen archäologischen Institutes in Wien*, Band XII, Beč, 13. – 112.
- ÁLVAREZ, F., OUBIÑA, P., 2007. – Proposals for an archaeological analysis of pathways and movement, *Archeologia e Calcolatori*, 18, 121. – 140.
- BAŠIĆ, T., BUBLE, G., 2007. - Usporedba globalnog modela visina SRTM3 s postojećim digitalnim modelima reljefa na području Hrvatske, *Geodetski list*, 61, Zagreb, 1. – 16.
- BOJANOVSKI, I., 1974. – *Dolabelin sistem cesta u rimskoj provinciji Dalmaciji*, Akademija Nauka i Umjetnosti Bosne i Hercegovine, Sarajevo
- BOLSTAD, P., 2019. – *GIS Fundamentals: A First Text of Geographic Information Systems*, University of Minnesota, Twin Cities
- BOŽANIĆ, I., PAMUČAR, D., 2010. – Vrednovanje lokacija za uspostavljanje mosnog mesta prelaska preko vodenih prepreka primenom fuzzy logike, *Vojnotehnički glasnik*, 58, Beograd, 129. – 145.
- ČAČE, S., 2008. – Aserija, rimske ceste i plinijevi podatci, *Asseria*, 6, Zadar, 11. – 27.
- ČAČE, S., 2013. – Secus flumen Titium: o razgraničenjima i promjenama oko rijeke Krke prije i na početku principata, *Miscellanea Hadriatica et Mediterranea*, 1., Zadar, 15. – 35.
- CAMBI, N., GLAVIČIĆ, M., MARŠIĆ, D., MILETIĆ, Ž., ZANINOVIĆ, J., 2007. – *Rimska vojska u Burnumu / L' esercito romano a Burnum*, Katalozi i monografije Burnum, 2, Drniš – Šibenik - Zadar
- CESARIK, N., 2017. – River Crossings and Roman Auxiliary Forts: A New Evidence from the River Krka, *Collegium Antropologicum*, 41., Zagreb, 363. – 370.
- CESARIK, N., GLAVAŠ, I., 2018. – Novootkrivena trasa rimske komunikacije od Burna do Kapitula i problem ceste Ad Imum Montem Ditionum Ulcirum, *The century of the brave, roman conquest and indigenous resistance in Illyricum during the time of Augustus and his heirs*, ur: Marina Miličević Bradač, Dino Demicheli, Filozofski Fakultet u Zagrebu, 353. – 360.
- CHAPMAN, H., 2006. – *Landscape Archaeology and GIS*, Brimscombe Port, Stroud, Gloucestershire
- CHAPMAN, J., SHIEL, R., BATOVIĆ, Š., 1986. – *The Changing Face of Dalmatia*, Leicester

- CHAVARRIA ARNAU, A., 2015. – Detecting and understanding historic landscapes: approaches, methods and beneficiaries, *Detecting and understanding historic landscapes*, ur: Alexandra Chavarria Arnau, Andrew Reynolds, Manatova
- CONOLLY, J., 2008. - Geographical Information Systems and landscape archaeology, *Handbook of Landscape Archaeology. World Archaeological Congress (WAC) Research Handbook Series*, London, New York, 583. – 595.
- CONOLLY, J., LAKE, M., 2006. - *Geographical Information Systems in Archaeology*, Cambridge
- DOYLE, J. A., GARRISON, T. G., HOUSTON, S. D., 2012. - Watchful Realms: Integrating GIS Analysis and Political History in the Southern Maya Lowlands, *Antiquity*, 86, Durham, 792. – 807.
- DUBOLNIĆ – GLAVAN, M., 2015. – *Civitas Aenona, primjer romanizacije liburnske općine*, Sveučilište u Zadru, Zadar
- GAFFNEY, V., STANIČIČ, Z., 1991. – *GIS Approaches to Regional Analysis: A Case Study of the Island of Hvar*, Research Institute Faculty of Arts and Science University of Ljubljana, Ljubljana
- GIETL, R., et al., 2008. – Cost Distance Analysis in Alpine Environment. Comparison of Different Cost-surface Modules, *Layers of Perception. Proceedings of the 35th International Conference on Computer Applications and Quantitative Methods in Archaeology (CAA)*, ur: Gietl, R., M. Doneus, M. Fera, Berlin
- GILLINGS, M., HACIGÜZELLER, P., LOCK, G., 2019. – On maps and mapmaking, *Re-Mapping Archaeology, Critical Perspectives, Alternative Mappings*, London, New York, 1. – 16.
- GLAVAŠ, I., 2011. – Rimske ceste oko Skardone u svjetlu novih nalaza, *Vjesnik za arheologiju i povijest dalmatinsku*, 104, Split, 167. – 180.
- GLAVAŠ, I., 2015. – *Vojno značenje cesta u rimskoj provinciji Dalmaciji za principata*, Sveučilište u Zadru, Zadar
- HARE, T. S., 2004. – Using measures of cost distance in the estimation of polity boundaries in the Postclassic Yauhtepec valley, Mexico, *Journal of Archaeological Science*, 31, 799. – 814.
- HARVEY, D., 1969. – *Explanation in Geography*, London
- HERZOG, I., 2013.a – The Potential and Limits of Optimal Path Analysis, *Computational Approaches to Archaeological Spaces*, ur.: Andrew Bevan, Mark Lake, Walnut Creek, 179. - 212.

- HERZOG, I., 2014. – A review of case studies in archaeological least-cost analysis, *Archeologia e Calcolatori*, 25, 223. – 239.
- HERZOG, I., POSLUSCHNY, A., 2011. - Tilt – Slope-Dependent Least Cost Path Calculations Revisited, *Proceedings of the 36th International Conference Budapest, April 2–6, 2008*, Budimpešta, 236. – 242.
- HINDLE, J., 2000. – Medieval Roads and Tracks, 3rd ed. *Shire Archaeology*, 26., Princes Risborough, 1. – 64.
- JAKŠIĆ, N., 1984. – Via Magna Cesta Vocata Tendens per Lucam, *Starohrvatska Prosvjeta* 14, Split, 325. – 346.
- KANTNER, J., 2012. - Realism, reality, and routes: Evaluating cost-surface and cost-path algorithms, *Least Cost Analysis of Social Landscapes: Archaeological Case Studies*, University of Utah, Salt Lake City, 225. - 238.
- KVAMME, K. L., 1983. – Computer processing techniques for regional modeling of archaeological site locations, *Advances in Computer Archaeology*, 1, Arizona State University, Phoenix, 26. – 52.
- KVAMME, K. L., 1986. – The use of Geographic Information Systems for modelling archaeological site distribution, *Geographic Information Systems in Government*, 1, ur: B. K. Opitz, Hampton Deepak Publishing, 345. – 362.
- KVAMME, K. L., 1989. – Geographic Information Systems in regional archaeological research and data management, *Archaeological Method and Theory*, ur: M. B. Schiffer, 139. – 203.
- MAGAŠ, D., 2001. – Osnovna geografska obilježja – Zadarska županija, 1996-2006 *Geographical Basis of Small Croatian Islands Development*, University of Zadar, Zadar, 20. – 49.
- MALINE, V., GRIGONIS, V., PALEVIČIUS V., GRIFFITHS, S., 2011. – Geographic information system: Old principles with new capabilities, *Urban Design International*, 16, 1. – 6.
- MARIĆ, M., 2011. – *Primena geografskih informacijskih sistema u arheološkoj terenskoj dokumentaciji*, Beograd
- MILETIĆ, Ž., 1992. – Rimska cestovna mreža između Arauzone i Tragurija, *Radovi Filozofskog Fakulteta u Zadru*, 31, Zadar, 63. – 88.
- MILETIĆ, Ž., 1993. – Rimske ceste između Jadera, Burnuma i Salone, *Radovi Filozofskog fakulteta u Zadru*, 32, Zadar, 117. – 150.

- MILETIĆ, Ž., 2004. – O rimskim cestama na Aserijatskom području, *Asseria*, 2, Sveučilište u Zadru, Zadar, 7. – 21.
- NOVAKOVIĆ, P., 2008. – Arheologija prostora i arheologija krajolika, *Povijest u kršu*, Zagreb, 15. - 54.
- PARCERERO-OUBIÑA, C., GÜMIL-FARIÑA, A., FONTE, J., COSTA-GARCÍA, J. M., 2019. – Footprints and Cartwheels on a Pixel Road: On the Applicability of GIS for the Modelling of Ancient (Roman) Routes, *Finding the Limits of the Limes*, ur: Philip Vergahen, Jaimie Joyce, Mark R. Groenhuijzen, Amsterdam, 291. – 311.
- PATTERSON, T. C., 2008. – A Brief History of Landscape Archaeology in the Americas, *Handbook of Landscape Archaeology*, ur: Bruno David, Julian Thomas, London, New York, 77. – 85.
- POKUPIĆ, M., 2018. - *Analiza točnosti globalnih digitalnih modela reljefa i geomorfometrijski modeli planinskih područja Republike Hrvatske*, Sveučilište u Zagrebu, Zagreb
- SCIANNA, A., VILLA, B., 2011. - GIS Applications in Archaeology, *Archeologia E Calcolatori*, 22, 337. - 363.
- SEBASTIAN, L., JUDGE, W. J., 1988. – Predicting the Past: Correlation, Explanation and the Use of Archaeological Models, *Quantifying the Present and Predicting the Past: Theory, Method and Application of Archaeological Predictive Modeling*, ur: W. J. Judge, L. Sebastian, Government Printing Office, Washington D.C., 1. – 18.
- STEWART, C. 2020. – SAR for Archaeological Prospection in Europe and the Middle East, *Remote Sensing for Archaeology and Cultural Landscapes*, ur: Diofantos G. Hadjimitisis, Kyriacos Themistocleous, Branka Cuca, Athos Agapiou, Vasiliki Lysandrou, Rosa Lasaponara, Nicola Masini, Gunter Schreier, Springer Nature Switzerland, 59. – 84.
- SUPERNANT, K., 2017. – Modeling Metis mobility? Evaluating least cost paths and indigenous landscapes in the Canadian west, *Journal of Archaeological Science*, 84, 63. – 73.
- SURFACE-EVANS, S., WHITE, D. A., 2012. - *Least Cost Analysis of Social Landscapes: Archaeological Case Studies*, University of Utah, Salt Lake City
- SURIĆ, M., 2009. - Rekonstruiranje promjena morske razine na istočnoj obali Jadrana (Hrvatska) – pregled, *Geoadria*, 14, Sveučilište u Zadru, Zadar, 181. – 199.
- TALBERT, R., 2018. – Roads in the Roman World: Strategy for the Way Forward, *Roman Roads: New Evidence – new perspectives*, ur.: Anne Kolb, Berlin, Boston, 22. – 34.
- UGLEŠIĆ, A., 2017. – Nalaz fibule seobe naroda iz Brguda kod Benkovca, *Archeologia adriatica*, 3, Sveučilište u Zadru, Zadar

- VERBRUGGHE, G., CLERCQ, W. D., EETVELDE, V. V., 2017. – Routes across the Civitas Menapiorum: using least cost paths and GIS to locate the Roman roads of Sandy Flanders, *Journal of Historical Geography*, 57, 76. – 88.
- VERHAGEN, P., 2017. – Spatial Analysis in Archaeology: Moving into New Territories, *Digital Geoarchaeology, New Techniques for Interdisciplinary Human-Environmental Research*, ur: Christoph Siart, Markus Forbriger, Olaf Bubbenzer, Springer International Publishing, 11. – 25.
- VERHAGEN, P., JENSEN, K., 2012. – A Roman Puzzle. Trying to Find the Via Belgica with GIS, *Thinking Beyond the Tool. Archaeological Computing and the Interpretative Process*, ur: A. Chrysanthi, P. Murrieta Flores, C. Papadopoulos, Oxford , 123. – 130.
- VIS, B. N., 2018. – Understanding by the Lines We Map: Material boundaries and the social Interpretation of Archaeological Built Space, *Digital Geoarchaeology, New Techniques for Interdisciplinary Human-Environmental Research*, ur.: Cristoph Siart, Markus Forbriger, Olaf Bubbenzer, Springer International Publishing, 81. – 108.
- VRKIĆ, Š., 2016. – Tko je izgradio veliki suhozid na istoku Bukovice?, *Miscellanea Hadriatica Mediterranea*, 3, Sveučilište u Zadru, Zadar, 25. – 62.
- WHEATLEY, D., GILLINGS, M., 2005. – *Spatial Technology and Archaeology*, London, New York
- WHITE, D. A., 2015. - The Basics of Least Cost Analysis for Archaeological Applications, *Advances in Archaeological Practice* , Volume 3 , Issue 4, 407. - 414.
- WHITLEY, T. G., BURNS, G., 2008. – Conditional GIS Surfaces and their Potential for Archaeological Predictive Modelling, *Layers of Perception. Proceedings of the 35th International Conference on Computer Applications and Quantitative Methods in Archaeology (CAA)*, ur: A. Posluschny, K. Lambers, I. Herzog, Berlin, 292. – 298.
- 张海, 2008. – GIS 与考古学空间分析, 北京大学, 北京
- [Slope \(qgis.org\) \(23. 6. 2021.\)](#)
- [QGIS Python Plugins Repository \(23. 6. 2021.\)](#)
- [Dalmacija | Hrvatska enciklopedija \(7. 7. 2021.\)](#)
- [Borders and Boundaries - Geography - Oxford Bibliographies \(7. 7. 2021.\)](#)
- <https://www.opcina-svfilipjakov.hr/naselja/sikovo> (23. 6. 2021.)
- [NP Krka - Nacionalni parkovi Republike Hrvatske \(weebly.com\) \(23. 6. 2021.\)](#)
- [Zelengrad – Turistička zajednica Obrovac \(tz-obrovac.hr\) \(23. 6. 2021.\)](#)
- [EarthExplorer \(usgs.gov\) \(1. 2. 2021.\)](#)
- [NCGIA \(escholarship.org\) \(23. 6. 2021.\)](#)

6. SAŽETAK

MODELIRANJE RIMSKIH CESTA U JUŽNOJ LIBURNIJI UPOTREBOM GEOGRAFSKIH INFORMACIJSKIH SUSTAVA

Od 1990-ih godina GIS je dio standardog repertoara većine arheoloških projekata. Rastom računalne moći, širi se i spektar potencijalnih primjena GIS-a u arheologiji. Jedna je od tih potencijalnih primjena i analiza optimalnog puta (*least cost analysis, LCA*). LCA je izrazito korisan alat koji omogućuje arheolozima „predviđanje“ potencijalnih ruta koje su možda bile korištene u određenom trenutku u prošlosti, čak i kada ostatci tih istih ruta nisu sačuvani. Osim za predikciju nepostojećih, moguće je i rekonstruirati izgubljene rute usporedbom s postojećima, u svrhu njihovog boljeg razumijevanja. Ovaj će rad pokušati, na primjeru šireg prostora povijesne regije južne Liburnije (današnje sjeverne Dalmacije), ponuditi doprinos ka rješavanju nekih pitanja vezanih uz rimsku cestovnu mrežu. U radu je potvrđena validnost primjene LCA u analizi cesta južne Liburnije. Različite mikroregije unutar područja proučavanja pokazuju različite stope pouzdanosti rezultata analize. Najveća je preciznost postignuta na području Bukovice. Rad je rezultirao i nekim optimalnim putevima (*least cost paths, LCP*) koji ne zadovoljavaju uvjete prihvatljivosti te su odbačeni. LCP-ovi na području Ravnih kotara imaju visoku stopu varijabilnosti, ovisno o smjeru pojedinog LCP-a. LCP-ovi, paralelni s pružanjem hrbata, imaju visoku stopu pouzdanosti, dok su oni okomiti niske stope pouzdanosti.

Ključne riječi: Liburnija, Dalmacija, GIS, LCP, LCA, analiza optimalnog puta, optimalan put, geografski informacijski sustavi, rimske ceste, Hrvatska

7. SUMMARY

MODELLING ROMAN ROADS IN SOUTHERN LIBURNIA USING GIS

From the 1990's GIS has been a part of a standard toolkit in most archaeological projects. As computational power increased, so did the spectre of potential uses of GIS in archaeology. One of those potential uses is a least cost analysis (LCA). LCA is an extremely useful tool that enables scientists to „predict“ potential routes that could've been used at a certain point in time, even if the remains of those routes have not been preserved. Besides predicting the routes that have been lost, it is also possible to reconstruct the missing routes by comparing the LCP with the existing road network, in order to better understand them. This paper will try to offer a contribution in answering several questions regarding the Roman road network, using the example of wider area of historic region of southern Liburnia (today roughly corresponding to northern Dalmatia). The validity of LCA application in southern Liburnia has been confirmed. Reliability of the results varies depending on the microregion within the area of study. The biggest precision has been achieved in the Bukovica region. Some of the LCPs generated in this project do not satisfy the validity criteria and have been rejected. LCPs generated in the area of Ravni Kotari have a high rate of variability. Those LCPs that run parallel to the ridges in the area have a high rate of reliability, while the ones running perpendicular to the ridges have a low rate of reliability.

Key words: Liburnia, Dalmatia, GIS, LCP, LCA, least cost analysis, least cost path, geographic information systems, roman roads, Croatia