

D.5.1.2

Report on specific vulnerability and feasibility analysis for the Municipality of Vodice (HR)

Coordination group:
Università Iuav di Venezia

Main authors
Francesco Musco, Denis Maragno, Gianfranco Pozzer,
Filippo Magni, Giovanni Carraretto

Contributors
Matelda Reho, Giuseppe Piperata, Micol Roversi Monaco, Greta Masut

Sadržaj

SAŽETAK	3
1 STUDIJA UČINAKA I PROCJENE RANJIVOSTI	5
1.1 Studija slučaja Grada Vodice (Hrvatska)	6
1.1.1 Izvori i izgradnja baze znanja	7
1.1.2 Analiza ranjivosti po toplinskim valovima	9
1.1.2.1 Sintetičke tematske karte.....	11
1.1.2.2 Rasprava o rezultatima.....	15
1.1.3 Analiza ranjivosti zbog poplava u urbanim područjima	16
1.1.3.1 Sintetičke tematske karte.....	17
1.1.3.2 Rasprava o rezultatima.....	18
2 ZAKLJUČCI	20
2.1 Ograničenja, mogućnosti i perspektive istraživanja	21
2.1.1 urbani toplinski otoci	21
2.1.2 Urbane poplave / otjecanja	23
3 BIBLIOGRAFIJA	24

Sažetak

Ovaj dokument izvještava o konačnim rezultatima i zaključcima projekta Adriadapt. Ovaj projekt izravno se povezuje s izgradnjom informacijsko-prostorne platforme otpornosti za Grad Vodice. Metodologija usvojena istraživanjem podupire razvoj baze znanja koja sadrži podatke potrebne za utvrđivanje prikladnih mogućnosti prilagodbe klimatskim promjenama i planiranja. Taj pristup može omogućiti lokalnim vlastima da odgovore na potrebe politika povezanih s klimatskim promjenama. Bazu znanja zajednički su provele GIS aplikacije uz sudjelovanje Grada. Cilj dokumenta je opisati rezultate luav metodologije za procjenu ranjivosti prostornih morfologija i urbanih funkcija u vezi sa sljedećim učincima: toplinskim valovima i urbanim poplavama. Kombinacija GIS alata omogućuje prostorizaciju utjecaja skupom geografskih karata. Koristeći se ad hoc statističkim modelima, bilo je moguće povezati analizu učinaka s geomorfološkim značajkama različitim obrascima upotrebe zemljišta i satelitskim slikama. Procjena ranjivosti aktivira se upotrebom integriranog pristupa za prostornu analizu varijabli „osjetljivosti“ i „sposobnosti prilagodbe“. Skup podataka korišten u ovom istraživanju uključuje:

- DTM (Digitalni model terena) (raster).
- Landsat 8 satelitske snimke (raster/geotif).
- Pokrivenost i upotreba zemljišta (SHP).
- Granice administrativnih jedinica (SHP).
- Zgrade i infrastrukture (ulica i željeznica, rijeke, zelena infrastruktura, itd.) (SHP).

Upotreba baza geopodataka izgrađenih na heksagonskim matricama je baza istraživanja ranjivosti. Šesterokutevi predstavljaju oblik ranjivosti specifične veličine od 80 m. Ranjivost se računa procjenom sljedećeg parametra:

(za) urbane toplinske otoke
Temperatura površine tla (LST).
m² zgrada / m² šesterokut.
Vegetacijski indeks normalizirane razlike (NDVI) .
Indeks vlage normalizirane razlike (NDMI).

(za) urbane poplave / otjecanja
Poveznica između otjecanja i brtvljenja tla.

Parametri omogućuju prikaz kako su vrste učinaka potencijalno štetne za dinamiku ranjivosti. Metoda se može upotrijebiti za procjenu učinaka i te usmjeravanje postupaka za izradu prilagodbe klimatskim promjenama.

Urbani toplinski otoci

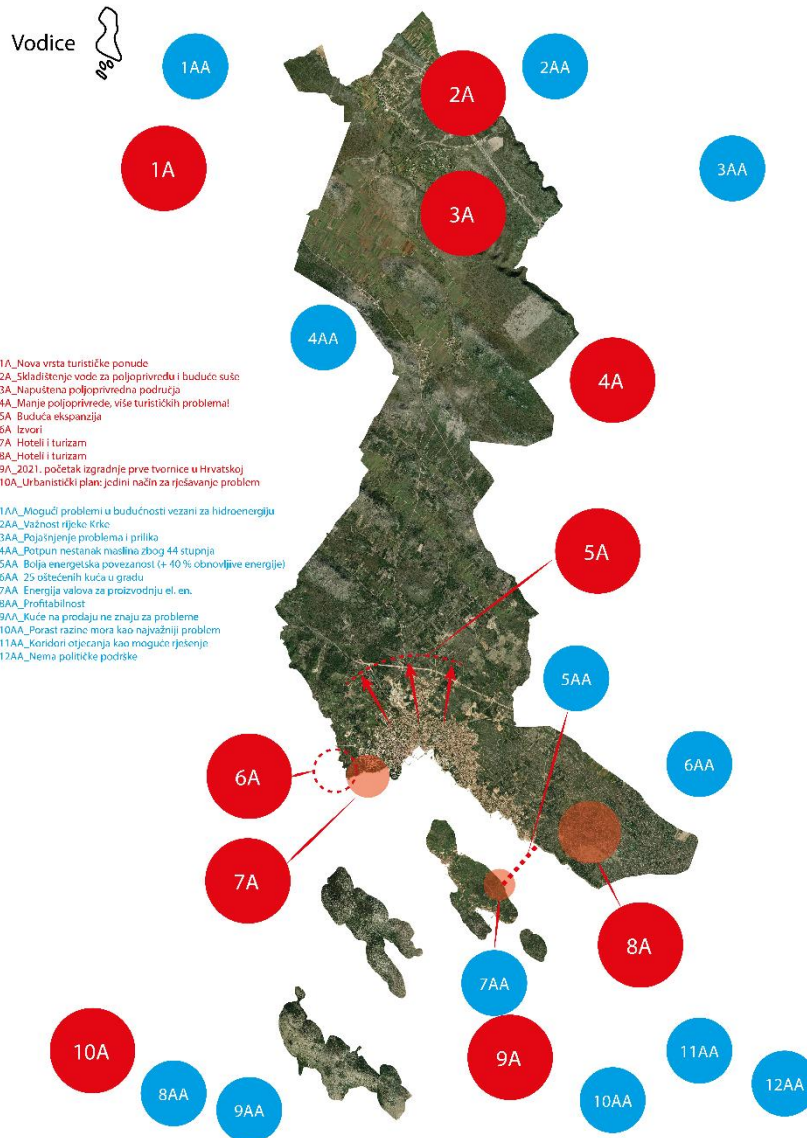
Istraživanje provedeno u Vodicama pokazuje negativnu poveznicu između NDVI-ja i LST-a. Ta je poveznica također prisutna i u drugom pilot području (područje visoke prirodne vrijednosti). Na ovom području prisutnost zelenih površina pridonosi ublažavanju intenziteta toplinskih otoka.

Urbane poplave / otjecanja

Istraživanje provedeno u Vodicama pokazuje kako izraženo brtvljenje tla uzrokuje značajno povećanje koeficijenta otjecanja.

Proces brtvljenja tla je jasno vidljiv u slici prvog pilot transepta. U ovom području proces je kumulativan. Područje sjeverno od centra grada ima manju potrošnju tla. Ovo stanje doprinosi smanjenju negativnih učinaka urbanizacije na vodni režim. Velike poljoprivredne površine olakšavaju neširenje površinskog otjecanja, a time i učinkovitije ublažavanje poplava duž slijeva.

1 Studija učinaka i procjene ranjivosti



Slika 1 – Karta opažanja i situacija lokalnih kritičnih točaka

1.1 Studija slučaja Grada Vodice (Hrvatska)

U studiji provedenoj za Grad Vodice razmatraju se dvije vrste učinaka:

- urbani toplinski otoci;
- urbane poplave / otjecanja.

Analiza se provodi za cijeli grad, s naglaskom na pilotni transept (centar grada i poljoprivredno predgrađe).

Centar grada i poljoprivredno predgrađe

Studija uzima u obzir dva područja:

1. antropizirano područje s urbanističkim gustim i kompaktnim rasporedom;
2. periferno područje s velikim zelenim površinama (poljoprivredne i šumovite).

Ovi referentni scenariji imaju dvostruki cilj:

- a) otkriti najranjivija područja koja su najizloženija intenzivnim toplinskim valovima i osjetnom produžetku vremena protoka oborinskih voda;
- b) pokazati kako prisutnost zelene infrastrukture i kompaktni i manje disperzivan urbani izgled mogu postati pokretačka snaga za prilagodbu morfologije grada učincima koje stvaraju klimatske promjene.

1.1.1 Izvori i izgradnja baze znanja

Tablica 1 – Vodice: izvori, podaci i materijali		
Kategorija	Mrežna stranica	
Osnovne kartografske teme	<ul style="list-style-type: none"> • https://www.diva-gis.org/gdata • https://data.jrc.ec.europa.eu/dataset/fe1878e8-7541-4c66-8453-afdae7469221 • Grad Vodice • https://land.copernicus.eu/imagery-in-situ/eu-dem/eu-dem-v1.1 	
Opis	Dostupnost	Formati
Administrativna ograničenja	Besplatno preuzimanje	SHP
Izgrađeno	Na zahtjev	SHP
Slijevna područja u Hrvatskoj	Besplatno preuzimanje	SHP
DTM 5 x 5	Na zahtjev	geo-tif
Kategorija	Mrežna stranica	
Tematska kartografija	Grad Vodice	
Opis	Dostupnost	Formati
Uporaba i pokrivenost zemljišta (CLC 2018)	Na zahtjev	SHP
Kategorija	Mrežna stranica	
Satelitske snimke	https://earthexplorer.usgs.gov/	
Opis	Dostupnost	Formati

Landsat 8 satelitske snimke	Besplatno preuzimanje	GeoTif
Kategorija	Mrežna stranica	
Meteorološki podaci	https://www.worldweatheronline.com/vodice-weather-history/sibensko-kninska/hr.aspx	
Opis	Dostupnost	Formati
Termopluviometrijski dnevni podaci	Besplatno preuzimanje	Html

1.1.2 Analiza ranjivosti po toplinskim valovima

Za proučavanje toplinskih valova, postupak obrade je sljedeći:

1. Upotrijebljeni podaci
 - Zgrade u formatu Shapefile.
 - Upotreba i pokrivenost zemljišta u Vodicama u vektorskom formatu.
 - Landsat 8 satelitske snimke u geo-tif formatu.
2. Rasterska obrada
 - Temperature površine tla (LST) s točnošću od 15 cm.
 - Srednji vegetacijski indeks normalizirane razlike (NDVI) s točnošću od 15 cm.
 - Indeks vlage normalizirane razlike (NDMI) s preciznošću od 15 cm.
3. Vektorske obrade
 - Karta zgrada.
 - Ponovno razvrstavanje CLC baze podataka u osam vrsta upotrebe zemljišta.
4. Izrada baze geopodataka koja će povezivati prostorne informacije na heksagonalnoj strukturi stranice od 80 m¹.

Upravljanje podacima odvija se putem relacijske baze podataka s jednom matricom vrijednosti na heksagonalnoj osnovi podijeljenoj na pet glavnih deskriptora (ili varijable).

Tablica 2 – Deskriptori matrice

Statistička jedinica	LST	Gustoća izgrađenosti	NDVI	NDMI
Šesterokut	Srednja vrijednost	Omjer zbroja površina zgrada i površine šesterokuta	Srednja vrijednost	Srednja vrijednost

Svi izračunati pokazatelji su predstavljeni na ljestvici vrijednosti od 0 do 1².

¹ Vidjeti Maragno (2018.).

² Ovaj postupak omogućuje objedinjavanje vrijednosti koje imaju neusporediv rang varijabilnosti.

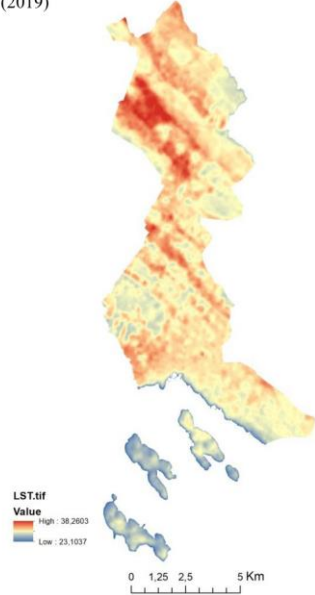
Ranjivost se računa u smislu sintetičkog indeksa dobivenog kao razlike između parametara osjetljivosti i sposobnosti prilagodbe.

Tablica 3 – Komponente ranjivosti

Statistička jedinica	Temperatura površine tla (LST).	Gustoća izgrađenosti	Vegetacijski indeks normalizirane razlike (NDVI)	Indeks vlage normalizirane razlike (NDMI)
Šesterokut	Osjetljivost	Osjetljivost	Sposobnost prilagodbe	Sposobnost prilagodbe

1.1.2.1 Sintetičke tematske karte

Concentration of temperature
LST (2019)



Vegetation status
NDVI (2019)



Building map

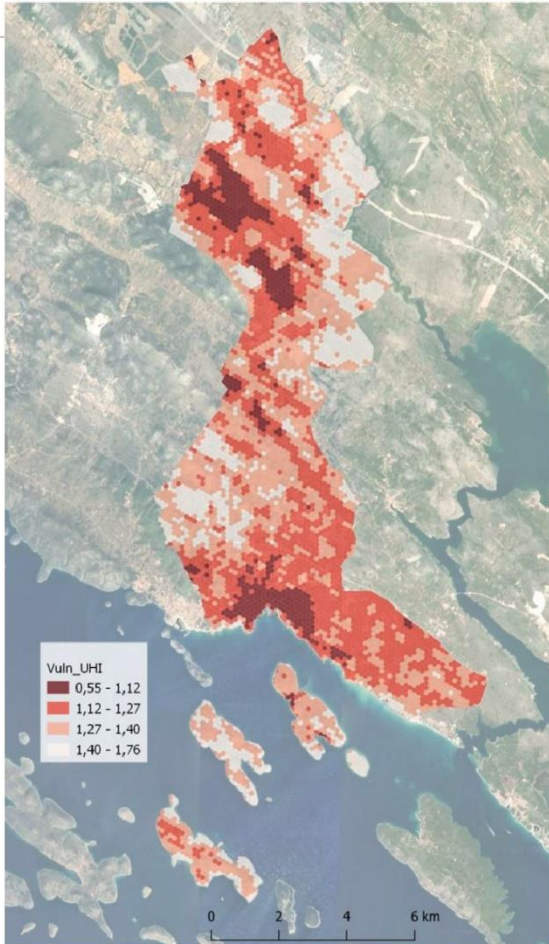


Water stress level of culture
NDMI (2019)

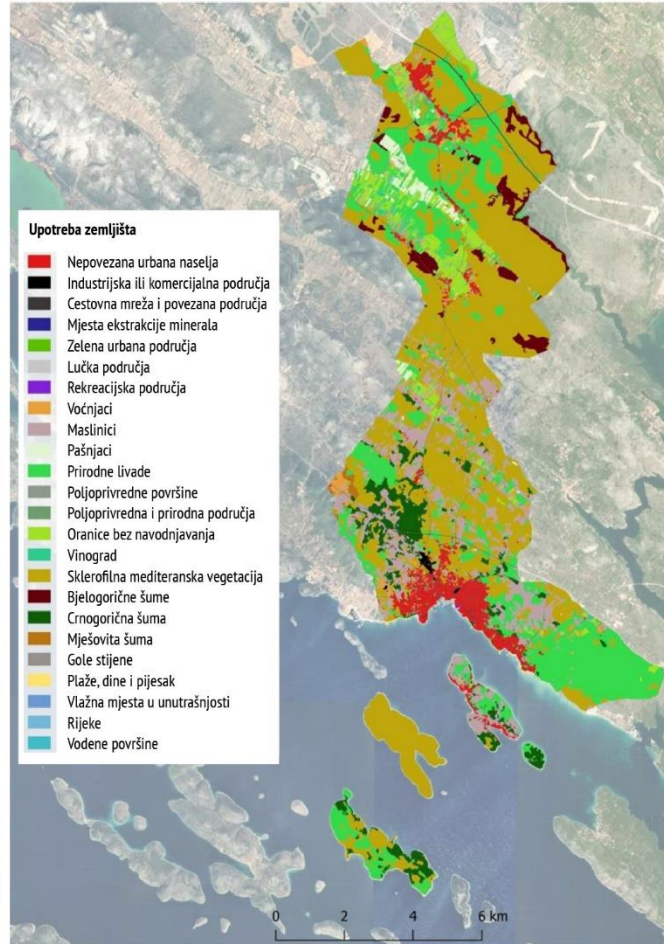


Slika 2 – Vodice: informacijski slojevi *osjetljivosti* (LST i izgrađeno) i *sposobnost prilagodbe* (NDVI i NDMI)

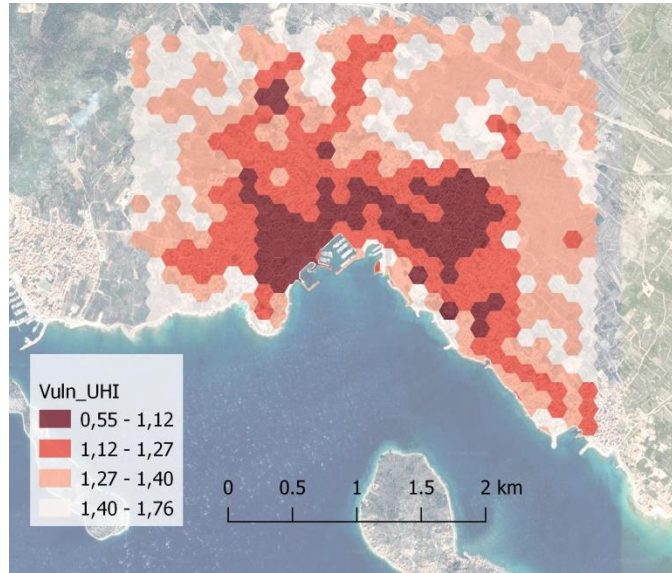
karta ranjivosti
Hexagon - 80 m



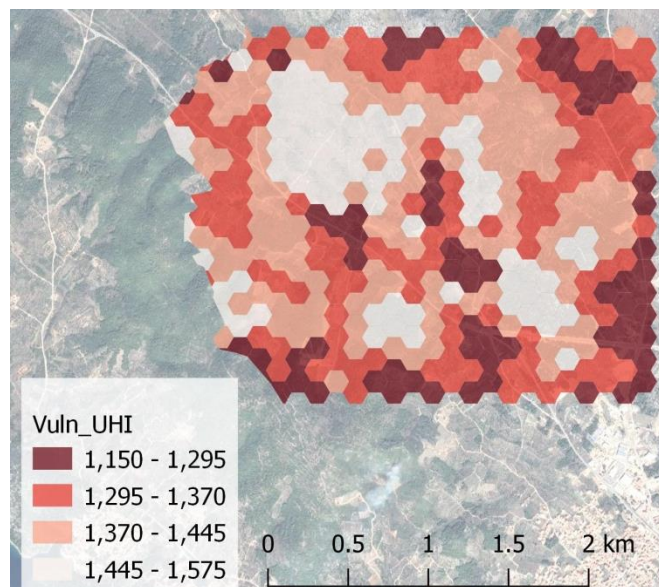
Upotreba zemljišta
Vodice



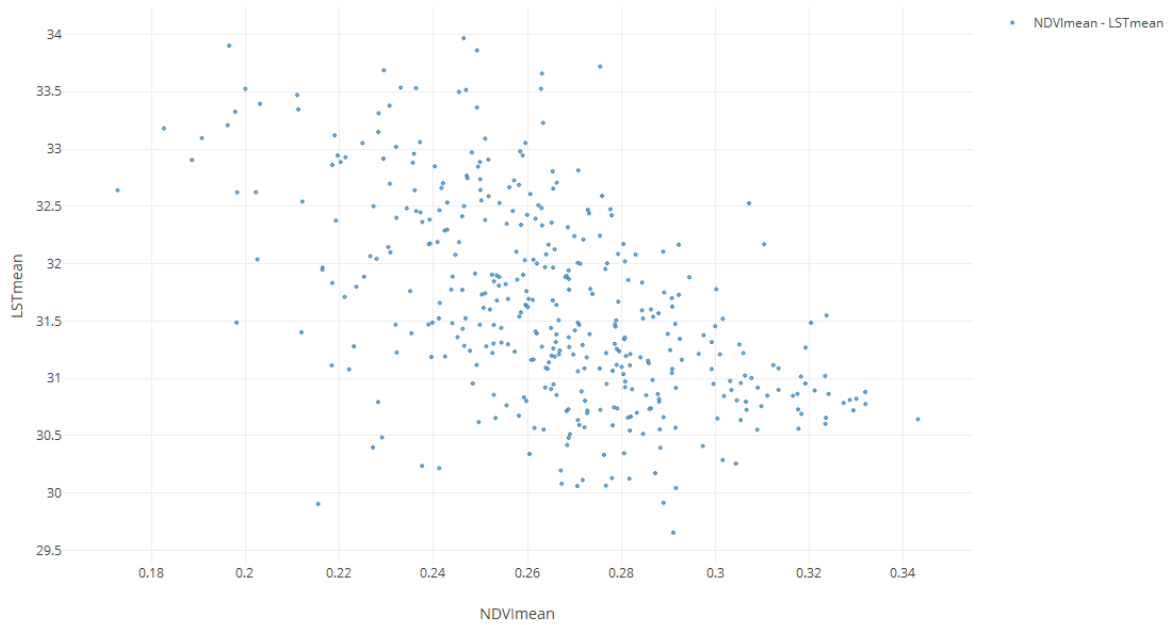
Slika 3 – Normalizirana ranjivost na UHI i bivarijantna raspodjela NDVI-ja v. LST 2019. godine



Slika 4 – Analiza prvog pilotnog transepta: područje visoke urbanizacije



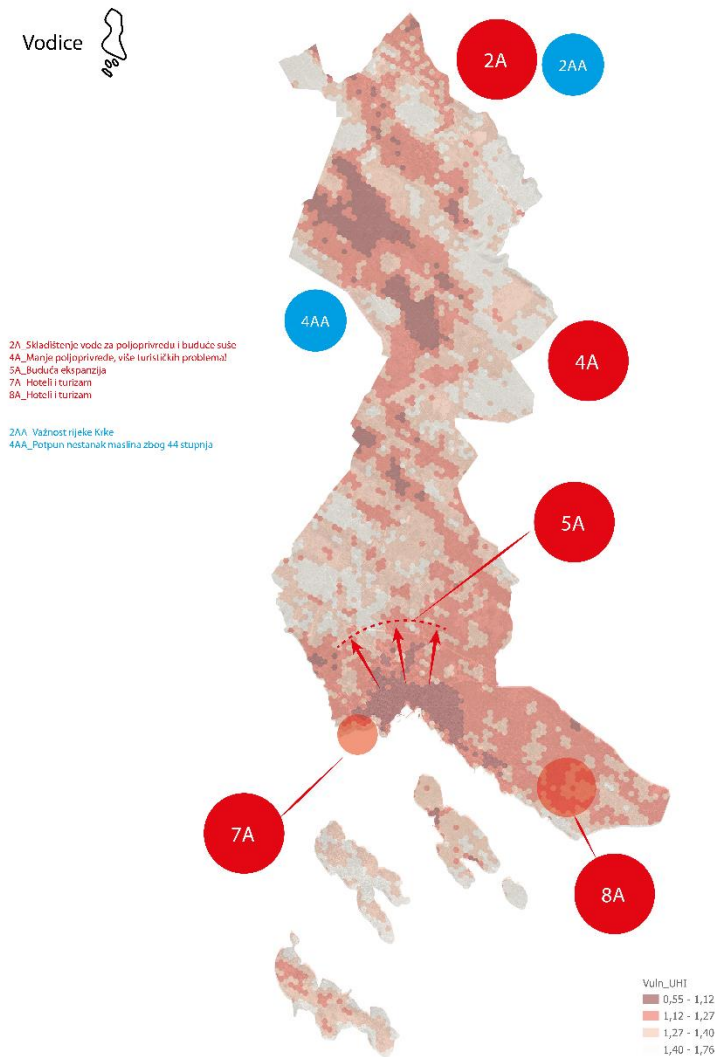
Slika 5 – Analiza drugog pilotnog transepta: područje visoke prirodne vrijednosti (područje koje se nalazi sjeverozapadno od grada)



Slika 6 – Poveznica između NDVI-ja i LST-a u područjima visoke složenosti ekosustava.

1.1.2.2 Rasprava o rezultatima

Studija provedena za cijeli grad pokazuje negativnu povezanost između NDVI-ja i LST-a. Ta je poveznica vidljiva u drugom pilotnom transeptu, koja potvrđuje važnu ulogu zelenih površina u ublažavanju intenziteta toplinskog otoka.



Slika 7 – Preklapanje UHI ranjivosti i karte opažanja

1.1.3 Analiza ranjivosti zbog poplava u urbanim područjima

Za proučavanje urbanih poplava (ili otjecanja) proces razrade je sljedeći:

1. Upotrijebljeni podaci
 - Hrvatski DTM (veličina ćelije 5 m).
 - Upotreba i pokrivenost zemljišta u Vodicama (ažurirano 2020.) u vektorskom formatu.
 - Slijevna područja koja pripadaju Šibensko-kninskoj županiji.
2. Vektorske obrade
 - Dodjela koeficijenata otjecanja prema vrsti upotrebe zemljišta.
 - Ponovno razvrstavanje CLC baze podataka u osam vrsta upotrebe zemljišta.
3. Rasterska obrada
 - poveznica između koeficijenata otjecanja s modelom upotrebe zemljišta te funkcijama smjera protoka i akumulacija protoka.
 - Srednji vegetacijski indeks normalizirane razlike (NDVI) s točnošću od 15 cm.
4. Izrada baze geopodataka koja će povezivati prostorne informacije na heksagonalnoj strukturi stranice od 80 m.
Upravljanje podacima odvija se putem relacijske baze podataka s jednom matricom vrijednosti na heksagonalnoj osnovi za cijelu općinu uz naznaku dva glavna deskriptora (ili varijable).

Tablica 4 – Deskriptori matrice

Statistička jedinica	Otjecanje
Šesterokut	Srednja vrijednost

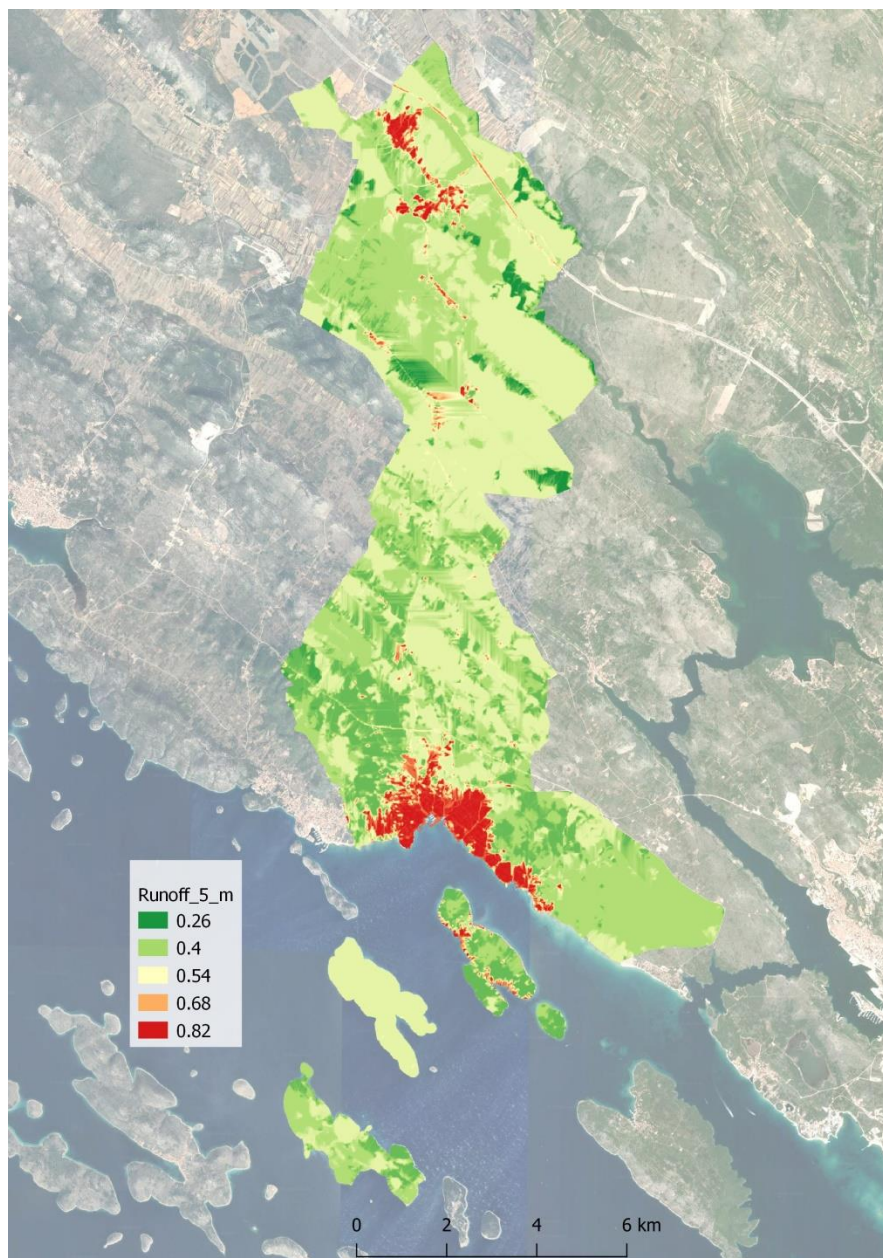
Ranjivost se mjeri u smislu otjecanja, odnosno koeficijenata otjecanja površinskih voda.

Model uzima u obzir pokazatelje *osjetljivosti* i *sposobnost prilagodbe* na sljedeći način:

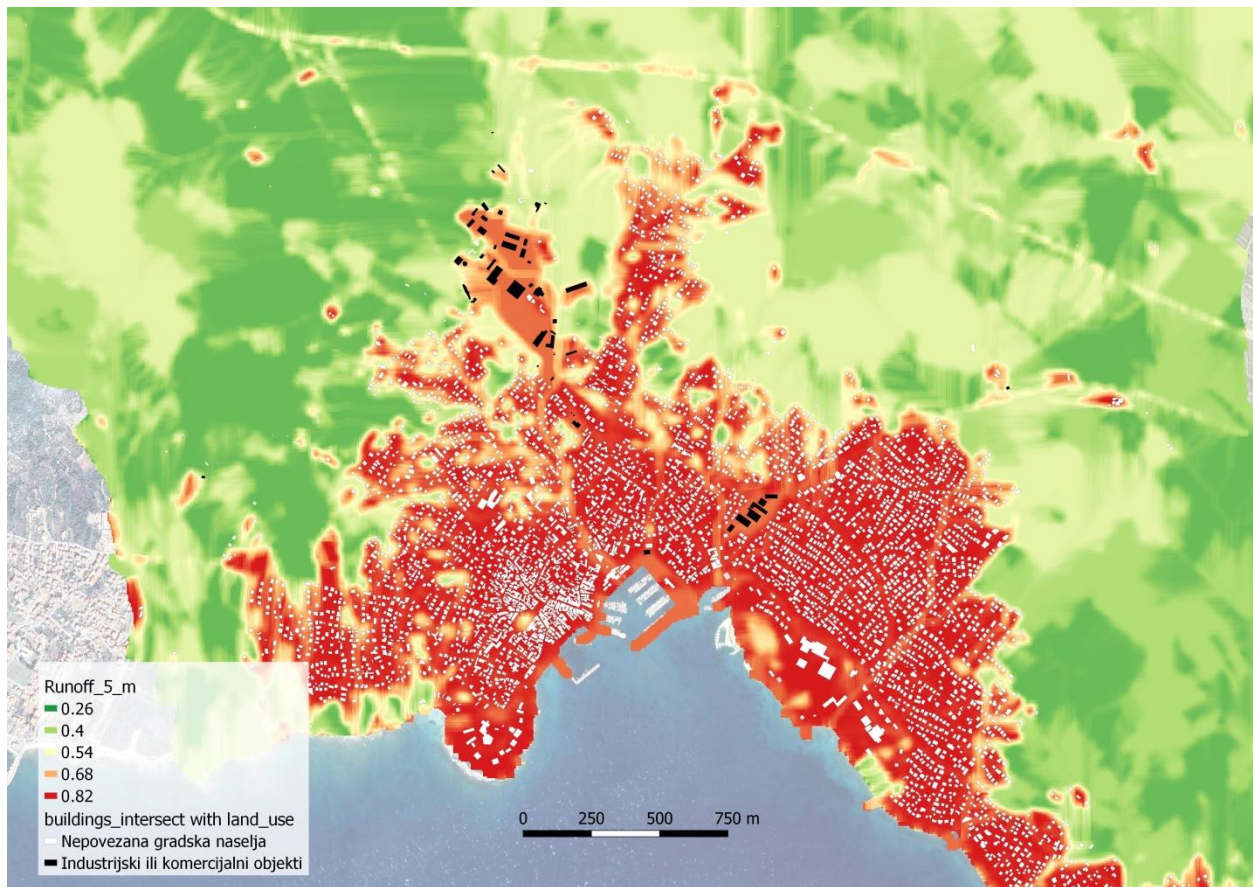
Tablica 5 – Komponente ranjivosti

Statistička jedinica	Digitalni model terena	Upotreba zemljišta	Koeficijenti otjecanja	
			0,9 vodootporna područja	0,1 propusna područja
Šesterokut	Osjetljivost	Osjetljivost	Sposobnost prilagodbe	Sposobnost prilagodbe

1.1.3.1 Sintetičke tematske karte



**Slika 8 – Procjena vodnog ponašanja Grada Vodice u odnosu na uporabu zemljišta, ažurirano 2020
(izvor: Grad Vodice)**



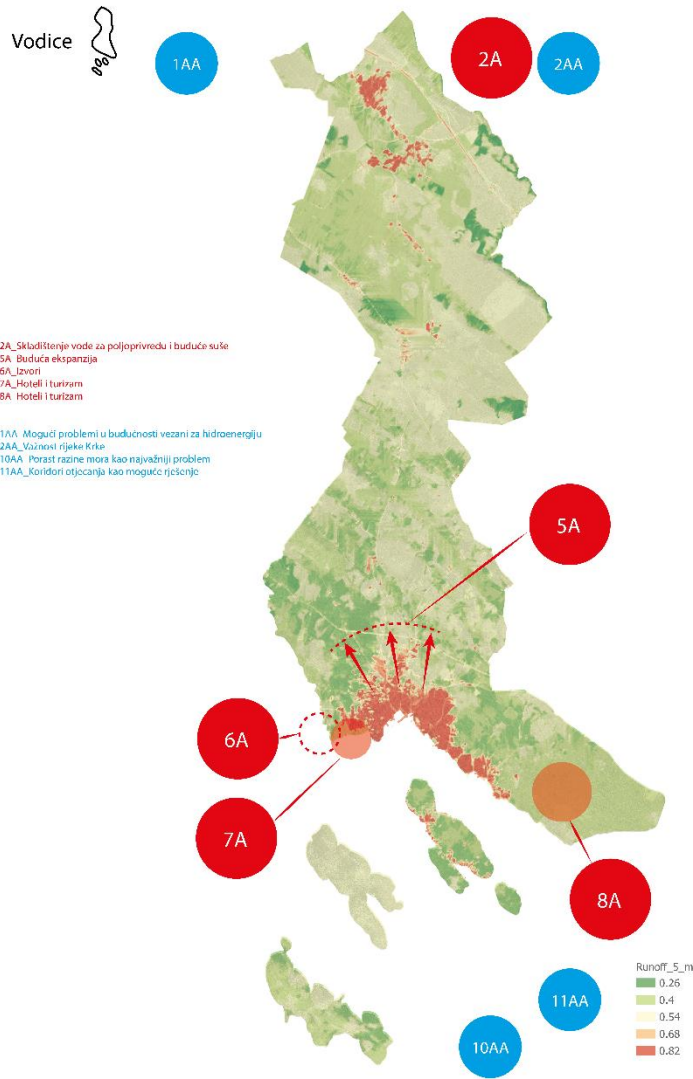
Slika 8 – Pilot područje 1: Usporedba otjecanja i izgrađenog (bijeli elementi)

1.1.3.2 Rasprava o rezultatima

Analiza vodnog modeliranja za Grad Vodice pokazuje da intenzivna zasićenost tla uzrokuje snažno povećanje koeficijenta otjecanja. Površinski izlazni protok manji je od protoka uzvodnih slivova, s posljedičnim povećanjem vodnog volumena koji premašuje razine propusnosti tla.

Postupak zasićenja tla jasno je vidljiv u prilazu pilotnog transepta koji se brzo širi intenzivnim kumulativnim procesom.

Područje sjeverno od centra grada ima manju potrošnju zemljišta. To pomaže u smanjenju negativnih učinaka urbanizacije na vodni režim. Velike poljoprivredne površine potiču neširenje površinskog otjecanja i stoga učinkovitije ublažavanje poplava duž siljeva.



Slika 9 – Preklapanje karte otjecanja i karte opažanja

2 Zaključci

Rezultati pružaju korisne informacije za analizu i tumačenje područja u smislu ranjivosti na klimatske promjene. Istraživanje učinaka ukazuje na potrebu aktiviranja modela upravljanja koji su usklađeniji s prostornim planiranjem i s alatima za praćenje i procjenu učinaka nastalih klimatskim promjenama. Cilj studije je promicanje izgradnje strateških scenarija za procjenu ranjivosti upotrebom interdisciplinarne analize različitih sustava koji definiraju urbanu sredinu. Dobiveni rezultati usmjeravaju granice poboljšanja analitičko-metodološkog i metodološko-instrumentalnog sustava. Ta se poboljšanja odnose na mogućnost izgradnje istraživačkih politika za proučavanje izgradnje najboljih teritorijalnih izvedbi kao odgovora na klimatske promjene. Zaključno, studije provedene u različitim teritorijalnim stvarnostima uvode inovativne aspekte. Ti aspekti upućuju na nove mogućnosti istraživanja i nove izgleda za zapošljavanje na temelju analize konceptualnog odnosa između modela višeciljne analize učinaka i prostornog prikaza teritorijalne ranjivosti.

2.1 Ograničenja, mogućnosti i perspektive istraživanja

2.1.1 Urbani toplinski otoci

Metodologija koju je razvilo sveučilište Luav iz *perspektive gradskih toplinskih otoka* (UHI) omogućuje procjenu performansi teritorija s obzirom na učinak koji se razmatra, a to su toplinski valovi.

Studija se temelji na dva pokazatelja: a) osjetljivosti na učinak; (b) sposobnost prilagodbe. Grafički prikaz učinaka na mapi, izvršen pomoću šesterokuteva u zelenoj, crvenoj i žutoj boji, uvelike je ovisan o bogatstvu gradskog tkiva i njegovim morfološkim obilježjima.

Da bi se mogli pretpostaviti uvjeti ranjivosti i prilagodbe, uzimaju se u obzir sljedeće fizičko-okolišne komponente: visoke temperature (koje proizlaze iz višespektarnih slika iz satelitskih senzora), izgrađene površine, prisutnost vegetacije i vlage u tlu. Rezultat je scenarij koji identificira područja s različitom teritorijalnom ranjivosti u prisutnosti mogućeg iznadprosječnog toplinskog vala.

Polaskom od pretpostavke odgovarajuće istinitosti modela, u uvjetima stalnog porasta ljetnih temperatura moguće je misliti da ta područja idu prema povećanju (ili maksimiziranju) vlastite „kritičnosti ponašanja“. Potencijal metode Luav-a je da može unaprijed identificirati ta područja i učiniti ih otpornima prije nego što dođe do tih klimatskih uvjeta.

Rezultati

Studija omogućuje prostornu kontekstualizaciju ranjivosti na toplinske valove u odnosu na različite vrste agregacija (prirodne i antropičke): morfologija izgrađenog, vrste morfologija, urbane zelene površine, vlažna područja, ruralna područja, itd. Prvi rezultati pokazuju da prisutnost vegetacije u gradu igra važnu ulogu u ublažavanju toplinskog otoka. To predlaže razmatranje multifunkcionalnog aspekta zelene površine uz potrebu ekosustavnog urbanog projekta koji povezuje zelene gradske površine i zelene površine izvan grada.

Ograničenja i mogućnosti

Među glavnim mogućnostima za poboljšanje ispitivanja proizlazi potreba za obogaćivanjem vrednovanja učinka pokazateljima koji se odnose na lokalnu mikroklimu i analizom prikladno modeliranih klimatskih

trendova³. Time se omogućuje detaljnije definiranje prilagodbe urbanih sustava i razine ranjivosti teritorija.

Perspektive

Inovativni aspekt je dvojak:

- a) kritičko-istraživački, multidisciplinarnog i višestupanjskog karaktera;
- (b) tehnološko-eksperimentalni.

Nove analize i perspektive za održivo upravljanje fenomenom gradskih toplinskih otoka jesu sljedeće:

- upotreba studije ranjivosti s ciljem integracije teritorijalnog znanja povezanim s procjenom rizika;
- upotreba podataka o ranjivosti za potporu praksama upravljanja teritorijem i osmišljavanja strategija urbanog planiranja za prilagodbu grada klimatskim promjenama;
- razvoj praksi regeneracije i ponovne funkcionalizacije strukture naselje povezan s jačanjem energetske i ekosustavne urbane učinkovitosti;
- redizajn teritorija vrste spajanja koje se tumače prema različitim klimatskim gradijentima i urbanoj gustoći u transkalarnoj i multiskalnoj dimenziji.

³ Vidjeti, naprimjer, klimatske simulacije visoke rezolucije koje je razvio CMCC ili projekt MERIDA (*MEteorological Reanalysis Italian DATaset*).

2.1.2 Urbane poplave / otjecanja

Rezultati

Proučavanje otjecanja omogućuje modeliranje, a time i simulaciju, ponašanja površinskih voda s posljedičnim određivanjem područja priljeva i odljeva. Radi se o uvođenju kartografskog indeksa koji postavlja pragove vodne kritičnosti izračunate i ponderirane na morfologiji područja i na vodnom odgovoru upotrebe zemljišta u smislu apsorpcijskog kapaciteta oborinskih voda. Ta bi se područja trebala smatrati samo kao geografsko-teritorijalnim dijelovima s određenom ranjivošću na poplave, koja će varirati ovisno o intenzitetu padalina i njezinoj prostornoj raspodjeli.

Dobiveni rezultati mogu se uzeti kao osnova za pristup urbanoj tipizaciji sektorskih planova za upravljanje hidrogeološkim rizicima, uz poticanje povezanosti između strukturnog i operativnog planiranja te upravljanja klimatskim promjenama.

Ograničenja i mogućnosti

Među glavnim mogućnostima za poboljšanje istraživanja je potreba za ponovnim podešavanjem rezultata otjecanja u rasponu prihvatljivosti koji se temelji na geološkim i klimatskim spoznajama (pokazatelji lokalne mikroklimе i simulacije). Time se može omogućiti da se detaljnije definiraju vodne performanse teritorija u kombinaciji s drugim elementima stresa i vrstama rizika.

Perspektive

Interpretativna karta koeficijenata otjecanja može se „standardizirati“ i na taj način omogućiti zonalnost koja će biti korisna za prepoznavanje stupnjeva lokalnih kritičnih stanja. Zonalnost može biti korisna i kod pitanja prenamjene, zaštite i razvoja, koja su osjetljiva na vodnu nepromjenjivost i komplementarne strategije ublažavanja i prilagodbe klimatskim promjenama.

Operativna promišljanja mogu se razviti iz usporedbe s općinskim prostornim planom u tri sastava dijela: baza znanja, strategije i propisi.

Ova vrsta studije mogla bi olakšati izradu operativnih prijedloga u odnosu na analitičke dimenzije, razmatranje rezultata iz prošlosti te moguće kumulativne učinke, čime bi se pogodovalo prirodnom procesu ažuriranja karata rizika i u središnjim i u rubnim područjima uz iskorištavanje dinamičkih elemenata.

3 Bibliografija

Arnbjerg-Nielsen K., Willems P., Olsson J., Beecham S., Pathirana A., Bülow Gregersen I., Nguyen V. T. V. (2013), "Impacts of climate change on rainfall extremes and urban drainage systems: a review", *Water Science and Technology*, 68(1), 16-28.

CMCC (2017), *Piano Nazionale di Adattamento ai Cambiamenti Climatici – PNACC. Allegato tecnico-scientifico impatti, vulnerabilità e azioni di adattamento settoriali*, Venezia (versione luglio 2017).

IPCC (2014), *Climate Change: Impacts, Adaptation, and Vulnerability*, Cambridge University Press, Cambridge.

Maragno, D. (2018), *Ict, resilienza e pianificazione urbanistica. Per adattare la città al clima*, Milano: Franco Angeli.

Oke T.R. (1982), "The energetic basis of the urban heat island", *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, 108(455), 1-24.

Oude Essink G. H. P. (2001), Improving fresh groundwater supply – problems and solutions, *Elsevier, Ocean & coastal management* 44, pp.429-449

Pileri P. (2007), *Compensazione ecologica preventiva. Principi, strumenti e casi*, Roma: Carocci Editore.

Pileri P. (2015), *Che cosa c'è sotto. Il suolo, i suoi segreti, le ragioni per difenderlo*, Milano: Altreconomia Edizioni.

Pozzer G. (2015), "Consumo di suolo e gestione del rischio idraulico: test per l'invarianza idraulica nella pianificazione territoriale", in Munafò M., Marchetti M., a cura di, *Recuperiamo terreno. Analisi e prospettive per la gestione sostenibile della risorsa suolo*, Milano: Franco Angeli, pp. 168-180, ISBN 9788891713858.

Lerer S. M., Arnbjerg-Nielsen K., & Mikkelsen P. S. (2015), "A mapping of tools for informing water sensitive urban design planning decisions-questions, aspects and context sensitivity", *Water*, 7(3), 993-1012.