

## *Karte sučelja naseljenih i prirodnih područja divljine na teritoriju Hrvatske*



2025.

## FIREURISK – RAZVOJ HOLISTIČKE STRATEGIJE ZA UPRAVLJANJE POŽARNIM RIZICIMA

<b>Broj ugovora: 101003890</b>	
<b>Identifikator poziva: H2020-LC-CLA-2018-2019-2020</b>	
<b>Tema:</b>	LC-CLA-15-2020 Smanjenje rizika od požara raslinja: korak prema pristupu integriranog upravljanja požarima raslinja u EU
<b>Instrument:</b>	RIA

### *Karte sučelja naseljenih i prirodnih područja divljine na teritoriju Hrvatske*

<b>Identifikator dokumenta:</b>	Diseminacija rezultata projekta FirEURisk za području Republike Hrvatske.
<b>Rok za izradu dokumenta:</b>	31/03/2025
<b>Datum izrade dokumenta:</b>	15/01/2025
<b>Verzija:</b>	1.0
<b>Glavni dokument:</b>	<b>D1.4 Report on methodological frameworks for Vulnerability assessment (D, S) in the FirEURisk</b>
<b>Autor glavnog dokumenta i glavni partner ovih istraživanja:</b>	HU (Avi Bar-Masada), ADAI (Miguel Almeida, Catarina Matos), UAH (Emilio Chuvieco, Fatima Arrogante, Maria Clara Ochoa), KEMEA, SIA (Umberto Pernice, Giovanni Laneve), SGN, TUD, UCO (Macarena Ortega, Juan Ramon Molina), METEOGRID SL, CNR, HUTTON (Simone Martino, Michaela Roberts, Tami Wooldridge, Maria Nijnik), FMI, NCSR (Nadia Politi, Mandy Vlachogianni, Athanasios Sfetos) UdL
<b>Prijevod, obrada karata i prilagodba za Hrvatsku:</b>	<b>Darko Stipaničev, Marin Bugarić, Damir Krstinić, Ljiljana Šerić, Maja Braović</b> Fakultet elektrotehnike, strojarstva i brodogradnje Sveučilišta u Splitu, Split, Hrvatska
<b>Radni paket:</b>	<b>WP1 - Procjena rizika od požara radi poboljšanja zaštite</b>
<b>Zadatak:</b>	<b>Zadatak 1.2: Analiza izloženosti i ranjivosti</b> <b>Aktivnost A1.2.2. Socijalna ranjivost</b>
<b>Razina širenja:</b>	<input checked="" type="checkbox"/> PU: Javno <input type="checkbox"/> CO: Povjerljivo, samo za članove Konzorcija (uključujući Službe Komisije)



## FIREURISK - DEVELOPING A HOLISTIC, RISK-WISE STRATEGY FOR EUROPEAN WILDFIRE MANAGEMENT

<b>Grant Agreement Number: 101003890</b>	
<b>Call identifier: H2020-LC-CLA-2018-2019-2020</b>	
<b>Topic:</b>	LC-CLA-15-2020 Forest Fires risk reduction: towards an integrated fire management approach in the E.U.
<b>Instrument:</b>	RIA

### *Maps of wildland-urban Interface (WUI) for the territory of Croatia*

<b>Deliverable Identifier:</b>	FirEURisk dissemination documents for the territory of the Republic of Croatia
<b>Deliverable Due Date:</b>	31/03/2025
<b>Deliverable Submission Date:</b>	15/01/2025
<b>Deliverable Version:</b>	1.0
<b>Main Document:</b>	<b>D1.4 Report on methodological frameworks for Vulnerability assessment (D, S) in the FirEURisk</b>
<b>Author of Main Deliverable and Lead Partner of this work:</b>	HU (Avi Bar-Masada), ADAI (Miguel Almeida, Catarina Matos), UAH (Emilio Chuvieco, Fatima Arrogante, Maria Clara Ochoa), KEMEA, SIA (Umberto Pernice, Giovanni Laneve), SGN, TUD, UCO (Macarena Ortega, Juan Ramon Molina), METEGRID SL, CNR, HUTTON (Simone Martino, Michaela Roberts, Tami Wooldridge, Maria Nijnik), FMI, NCSR (Nadia Politi, Mandy Vlachogianni, Athanasios Sfetsos) UdL
<b>Translation, Map preparation and Adaptation for Croatia:</b>	<b>Darko Stipaničev, Marin Bugarić, Damir Krstinić, Ljiljana Šerić, Maja Braović</b> Faculty of Electrical Engineering, Machine Engineering and Naval Architecture, University of Split, Split, Croatia
<b>Work Package:</b>	<b>WP1 - Fire risk assessment to improve prevention</b>
<b>Task:</b>	<b>Task 1.2 Analysis of Exposure &amp; Vulnerability Factors</b> <b>A1.2.2 Social Vulnerability</b>
<b>Dissemination Level:</b>	<input checked="" type="checkbox"/> PU: Public <input type="checkbox"/> CO: Confidential, only for members of the Consortium (including the Commission Services)



## Odricanje od odgovornosti

Sadržaj ove publikacije isključiva je odgovornost izdavača i ne predstavlja nužno stavove Europske komisije ili njenih službi. Iako se informacije sadržane u dokumentima smatraju točnima, autori ili bilo koji drugi sudionik FirEUrik konzorcija ne daju nikakva jamstva u vezi s ovim materijalom, uključujući, ali ne ograničavajući se na implicirana jamstva prikladnosti za određenu svrhu. Ni FirEUrik konzorcij, niti bilo koji od njegovih članova, službenika, zaposlenika ili agenata neće biti odgovorni za nemar ili bilo kojeg drugog razloga zbog bilo kakve netočnosti ili propusta u ovom dokumentu. Bez umanjivanja općenitosti prethodno navedenog, ni FirEUrik konzorcij niti bilo koji od njegovih članova, službenika, zaposlenika ili agenata neće biti odgovorni za bilo kakve izravne ili neizravne ili posljedične gubitke ili štete uzrokovane ili proizašle iz bilo koje informacije, savjeta ili netočnosti ili propusta u ovom dokumentu.

## Copyright poruka

© FirEUrik konzorcij, 2021.-2025. Ovaj tekst sadrži originalni neobjavljeni rad, osim gdje je to jasno navedeno. Priznanje prethodno objavljenim materijalima i rada drugih napravljeno je putem odgovarajućeg citiranja, navođenja ili oboje.

Reprodukcija i korištenje svih materijala je dopušteno uz navođenje izvora.

Za postupak izrade WUI karata:

*Bar-Massada, A., Stewart, S.I., Hammer, R., Mockrin, M.M., Radeloff, V.C. (2013) Using structure locations as a basis for mapping the Wildland Urban Interface. Journal of Environmental Management 128:540-547*

Za FirEUrik WUI kartu Hrvatske:

*Stipaničev, D., Bugarić, M., Krstinić, D., Šerić, Lj., Braović, M. (2025.) Karte sučelja naseljenih i prirodnih područja divljine na teritoriju Hrvatske, FirEUrik Dissemination Report, 2025. - <https://cipop.fesb.hr/index.php/fireurisk/karta-sucelja-naseljenih-i-prirodnih-podrucja-divljine-na-teritoriju-hrvatske>*

Za Global WUI kartu Hrvatske:

*Schug, Franz; Bar-Massada, Avi; Carlson, Amanda R.; Cox, Heather; Hawbaker, Todd J.; Helmers, David; Hostert, Patrick; Kaim, Dominik; Kasraee, Neda K.; Martinuzzi, Sebastián; Mockrin, Miranda H.; Pfoch, Kira A.; Radeloff, Volker C. The global wildland-urban interface, DOI: 10.1038/s41586-023-06320-0 - <https://silvis.forest.wisc.edu/globalwui/>*



## Sažetak

Ovaj dokument je nastao na temelju istraživanja provedenih u Radnom paketu 1 projekta FirEURisk Zadatku 1.2. posvećenom analizi ranjivosti i izloženosti, aktivnosti 1.2.2. **Socijalna ranjivost** koja se bavila analizom veličina koje utječu na socijalnu ranjivost od požara. Jedan dio ovih aktivnosti bila je i izrada visoko rezolucijskih karti (10 m) sučelja naseljenih (urbanih) i prirodnih područja divljine (engl. *WUI – Wildland – urban Interface*) na teritoriju Europe. Kartu je izradio partner projekta **Avi Bar Massada** s University of Haifa. Karta je korištena u procjeni ranjivosti na požare opisane u dokumentu:

(Bar-Masada et al., 2023) HU (Avi Bar-Masada), ADAI (Miguel Almeida, Catarina Matos), UAH (Emilio Chuvieco, Fatima Arrogante, Maria Clara Ochoa), KEMEA, SIA (Umberto Pernice, Giovanni Laneve), SGN, TUD, UCO (Macarena Ortega, Juan Ramon Molina), METEOGRID SL, CNR, HUTTON (Simone Martino, Michaela Roberts, Tami Wooldridge, Maria Nijnik), FMI, NCSR (Nadia Politi, Mandy Vlachogianni, Athanasios Sfetsos) UdL (2023.) **D1.4 Report on methodological frameworks for Vulnerability assessment (D, S) in the FirEURisk**, FirEURisk Report, 2023.

Na temelju visoko rezolucijskih karti sučelja naseljenih i prirodnih područja Europe, istraživači s FESB-a su izvukli i analizirali podatke za područje Republike Hrvatske. Rezultat je ovaj izvještaj uz koji prilažemo i WUI kartu Hrvatske u rezoluciji 10 m podijeljenu u tri klase: 0 – prirodna područja divljine, 1 – mješovito divlje i urbano područja, 2 – granična zona između divljine i naseljenog područja.

U ovom izvještaju u prvom dijelu kratko opisujemo postupak koji je **Avi Bar Massada** s University of Haifa koristio pri izradi karte i opisao u radu:

(Bar-Masada et al., 2013) Bar-Masada, A., Stewart, S.I., Hammer, R., Mockrin, M.M., Radeloff, V.C. (2013) Using structure locations as a basis for mapping the Wildland Urban Interface. *Journal of Environmental Management* 128:540-547

U drugom dijelu predstavljena je i analizirana karta za područje Republike Hrvatske, te uspoređena s WUI kartom Hrvatske izdvojenom iz globalne WUI karte nastale u okviru projekta **The Global Wildland-Urban Interface (WUI) – 2020** - <https://silvis.forest.wisc.edu/globalwui/> u kojem je Avi Bar Massada također sudjelovao.

Svi materijali se mogu slobodno koristiti uz navođenje izvora u skladu s Copyrightom.

# Abstract

This document is based on research conducted as part of Work Package 1 of the FirEURisk project, Task 1.2, dedicated to the analysis of vulnerability and exposure, specifically Activity 1.2.2: Social Vulnerability, which focused on analyzing factors affecting social vulnerability to wildfires. One aspect of these activities was the creation of high-resolution (10 m) maps of the **Wildland-Urban Interface (WUI)** across Europe. The map was produced by project partner Avi Bar Massada from the University of Haifa. This map was used in the assessment of wildfire vulnerability described in the document:

(Bar-Masada et al., 2023), HU (Avi Bar-Masada), ADAI (Miguel Almeida, Catarina Matos), UAH (Emilio Chuvieco, Fatima Arrogante, Maria Clara Ochoa), KEMEA, SIA (Umberto Pernice, Giovanni Laneve), SGN, TUD, UCO (Macarena Ortega, Juan Ramon Molina), METEOGRID SL, CNR, HUTTON (Simone Martino, Michaela Roberts, Tami Wooldridge, Maria Nijnik), FMI, NCSR (Nadia Politi, Mandy Vlachogianni, Athanasios Sfetsos), UdL (2023). *D1.4 Report on Methodological Frameworks for Vulnerability Assessment (D, S) in FirEURisk*, FirEURisk Report, 2023.

Based on the high-resolution maps of the Wildland-Urban Interface across Europe, researchers from FESB extracted and analyzed data for the Republic of Croatia. The result is this report, which includes the WUI map of Croatia at a 10 m resolution, divided into three classes: 0 = non-WUI, 1 = intermix WUI, 2 = interface WUI.

In the first part of this report, we briefly describe the methodology used by Avi Bar Massada from the University of Haifa to create the map, as outlined in the paper:

(Bar-Masada et al., 2013.) Bar-Masada, A., Stewart, S.I., Hammer, R., Mockrin, M.M., Radeloff, V.C. (2013). *Using structure locations as a basis for mapping the Wildland Urban Interface. Journal of Environmental Management*, 128:540-547.

The second part presents and analyzes the map for the territory of the Republic of Croatia and compared with WUI map of Croatia derived from Global WUI map created through project **The Global Wildland-Urban Interface (WUI) – 2020** - <https://silvis.forest.wisc.edu/globalwui/> . Avi Bar Massada was researchers on this project, too.

All materials can be freely used, provided the source is cited in accordance with copyright regulations.

# Sadržaj

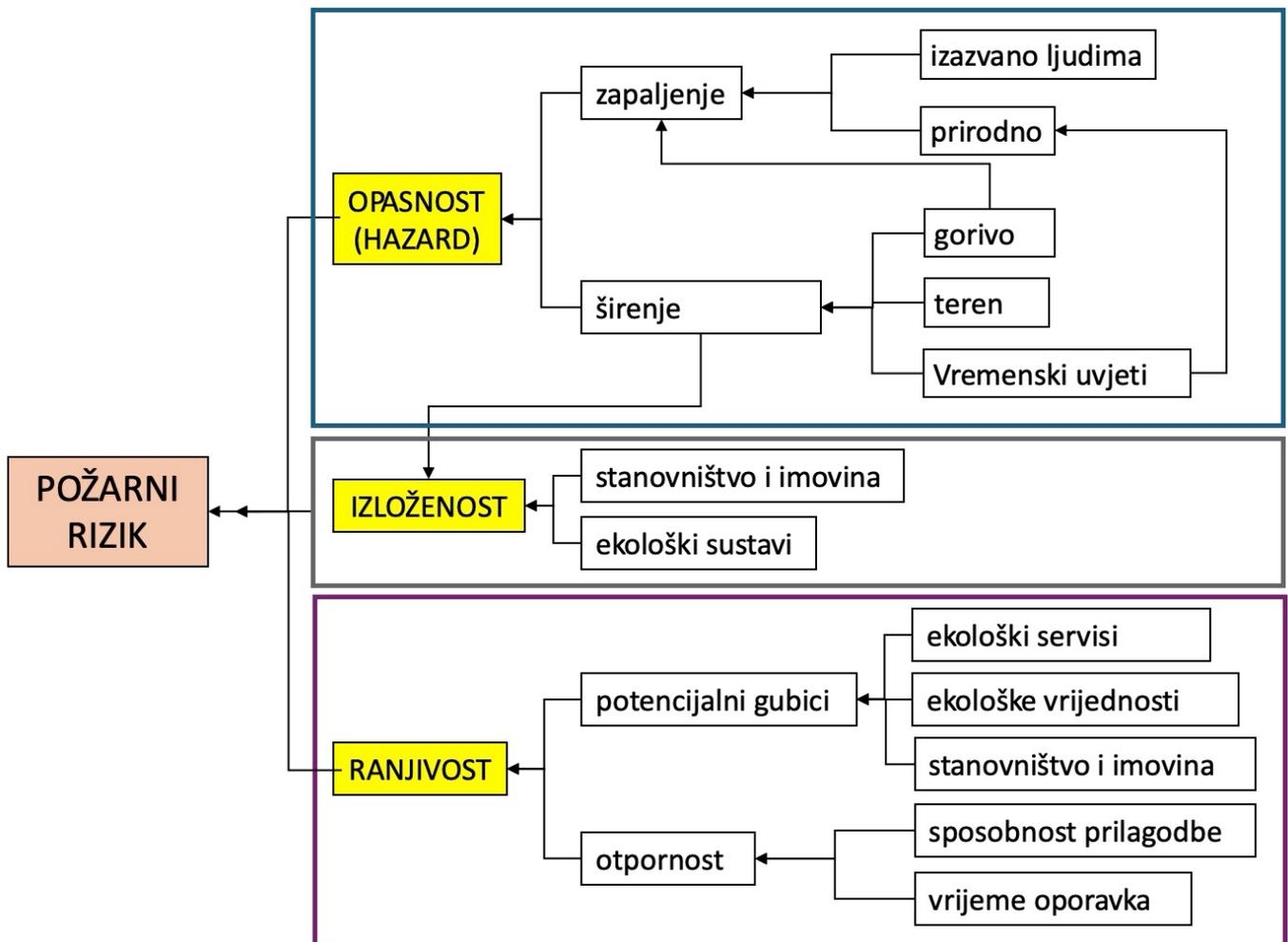
Sažetak .....	ii
Abstract.....	iii
Sadržaj.....	iv
1. Uvod.....	1
2. WUI - Sučelje naseljenih i prirodnih područja divljine .....	2
3. Izrada karti sučelje naseljenih i prirodnih područja divljine.....	4
3.1. FirEURisk karta sučelja naseljenih i prirodnih područja divljine (WUI) .....	4
3.2. Globalna karta sučelja naseljenih i prirodnih područja divljine (WUI) .....	11
Zaključak .....	18
Literatura .....	19

# 1. Uvod

Prema metodologiji projekta FirEURisk požarni rizik (engl. *Wildfire Risk*) je kompleksna veličina koja ovisi o tri faktora (Slika 1.):

1. požarnoj opasnosti (hazardu) (engl. *Wildfire Danger (Hazard)*)
2. požarnoj izloženosti (engl. *Wildfire Exposure*)
3. požarnoj ranjivosti (engl. *Wildfire Vulnerability*).

Kod požarne ranjivosti razlikuju se potencijalni gubici ekoloških servisa, ekoloških vrijednosti, stanovništva i imovine koji spadaju u socijalnu ranjivost.



Slika 1. Proračun požarnog rizika u okviru projekta FirEURisk

Istraživanja socijalne ranjivosti jednim se dijelom naslanjaju na raspored naseljenih (urbanih) i nenaseljenih, divljiv područja, s posebnim naglaskom na granično područje (sučelje) između njih (engl. *WUI – Wildland–urban Interface*). Zbog toga je u okviru projekta FirEURisk, partner Avi Bar Massada s University of Haifa, Izrael, specijalista za modeliranje WUI područja izradio WUI kartu Europe u visokoj rezoluciji od 10 m. Postupak kratko opisujemo u slijedećem poglavlju, a nakon toga predstavljamo i analiziramo kartu za područje Republike Hrvatske. Nadamo se da ćemo i ovim izvještajem doprinijeti aktivnostima vezanim uz požare ma području Hrvatske.

## 2. WUI - Sučelje naseljenih i prirodnih područja divljine

Kratica WUI prema engleskim riječima *Wildland-urban Interface* uobičajeno se koristi za označavanje **sučelje naseljenih (urbanih) prirodnih područja divljine**. WUI predstavlja područje gdje se prirodna vegetacija (divljina) i izgrađeni urbani prostori (naselja) međusobno dodiruju ili isprepliću. To su područja u kojima se povećava rizik od požara raslinja, zato što su naseljeni prostori u blizini šuma, grmlja ili druge prirodne vegetacije koja može poslužiti kao gorivo za požar.

WUI je ključan pojam u kontekstu upravljanja rizikom od požara jer kombinacija ljudske infrastrukture i prirodne vegetacije povećava opasnost i potencijalne posljedice požara na ljudske živote, imovinu i okoliš, pa se posebno područje požarne znanosti (engl. *Fire Science*) bavi upravo njima.

WUI se obično dijeli na tri glavne kategorije, ovisno o stupnju povezanosti između urbanih i prirodnih područja (koristimo oznake koje su i na WUI karti Hrvatske):

0. **Prirodno područje divljine bez (bitnih) urbanih dijelova** (engl. *Non WUI*). Prema pristupu za izradu karata WUI-a (Bar-Masada et al., 2013.) prirodno područje ima manje od 6,17 kuća po km<sup>2</sup>, što je slično definiciji US Federalnog registra koji prirodno područje definira ako ima manje od jedna kuća na 16 ha što daje manje od 6,25 kuća po km<sup>2</sup>.
1. **Mješovito područje** (engl. *Intermix WUI*) obuhvaća područja gdje su izgrađeni prostori (npr. kuće, zgrade) **izravno pomiješani** s prirodnom vegetacijom. Vegetacija pokriva **više od 50% površine** unutar određenog radijusa (obično 500 m). Prema pristupu za izradu karata WUI-a (Bar-Masada et al., 2013.) mješovito područje počinje ako ima više od 6,17 kuća po km<sup>2</sup>. Ako ima više od 75% površine pod vegetacijom mješovito područje se zove **mješovito područje s gustim pokrovom vegetacije** (engl. *Heavily Vegetated Intermix WUI*) Primjeri mješovitog područja su ruralna naselja ili vikendice unutar šumskih područja.
2. **Granično područje** (engl. *Interface WUI*) obuhvaća područja gdje su izgrađeni prostori smješteni uz **rub velikih prirodnih vegetacijskih područja**, ali sami nisu unutar njih. Vegetacija pokriva **manje od 50% površine** unutar radijusa, ali se unutar blizine kuća nalazi velika vegetacijska površina, npr. šuma. Prema pristupu za izradu karata WUI-a (Bar-Masada et al., 2013.) granično područje mora zadovoljiti uvjete da ima više od 6,17 kuća po km<sup>2</sup>, manje od 50% vegetacije u vegetacijskom pokrovu i na udaljenosti od 600 m se nalazi vegetacijsko područje od najmanje 5 km<sup>2</sup>. Primjer su predgrađa koja graniče sa šumama ili velikim parkovima.

Slika 2. prikazuje kako DALL-E vidi razliku između mješovitog i graničnog područja. Razlikovanje između mješovitog i graničnog WUI područja pomaže u boljem razumijevanju rizika i prioriteta za upravljanje požarima. Na primjer kod mješovitog područja posebna pažnja je usmjerena na blizinu objekata i vegetacije, što otežava gašenje požara, a kod graničnog područja fokusira se na zaštitu rubnih zona i sprječavanje širenja požara s divljine na naseljena područja. Ovakva podjela omogućuje planiranje odgovarajućih mjera zaštite, poput vatrogasnih puteva, zona bez vegetacije i edukacije stanovništva.



*Slika 2. Razlika između mješovitog (gore) i graničnog (dolje) sučelja naseljenih i prirodnih područja*

## 3. Izrada karti sučelje naseljenih i prirodnih područja divljine

### 3.1. FirEUrisk karta sučelja naseljenih i prirodnih područja divljine (WUI)

Cilj izrade karte sučelja naseljenih i prirodnih područja je identificirati izgrađena područja na području teritorija Europe koja su isprepletana ili susjedna šumovitoj vegetaciji (bez obzira na njezinu sposobnost širenja požara). Metoda kartiranja temelji se na algoritmu koji koristi lokacijama građevina (engl. *Algorithm for mapping fine scale WUI using structure locations*) (Bar-Masada et al., 2013.). Algoritam je nazvan WUI-P (engl. *Pixel-based WUI*) za razliku od standardnom WUI-Z (engl. *Zone-based WUI*) (Bar-Masada, 2021.). WUI-P algoritam koristi pojedinačne piksele (najčešće visoke prostorne razlučivosti, u FirEUrisk slučaju 10 m) za mapiranje WUI područja. Svaki piksel u rasteru analizira se posebno u odnosu na okolne karakteristike. Kod WUI-Z algoritma koriste se zone ili definirane regije (npr. administrativne granice, općine ili okruge) kako bi identificirao područja koja zadovoljavaju WUI kriterije. Postupak se oslanja na dva globalna skupa podataka:

1. Svjetski otisak naselja (engl. *WSF - World Settlement Footprint*) iz 2019., podaci o izgrađenim područjima. (Marconcini et al., 2020.). Ovaj skup podataka generiran je automatskom interpretacijom satelitskih snimaka Sentinel-1 i Sentinel-2 s rezolucijom od 10 metara, pri čemu je svaki piksel klasificiran kao izgrađeno područje ili neizgrađeno područje.
2. Globalna karta pokrova ESA iz 2020 (engl. *ESA's Global Landcover Map of 2020.*), također razlučivosti 10 m. (Zanaga, Daniele et al., 2021.). Ovaj skup podataka predstavlja klasifikaciju istih satelitskih snimaka Sentinel-1 i Sentinel-2 u kombinaciji s pomoćnim podacima, te sadrži 11 klasa pokrova zemljišta. Podaci su zatim reklasificirani u dvije klase: šumska vegetacija (šume i grmljaci – oznaka "1"), ostale kategorije pokrova zemljišta (oznaka "0"). Stoga se istraživanje usmjerilo isključivo na požarne opasnosti povezane s drvenastom vegetacijom, neovisno o identitetu biljne vrste i karakteristikama goriva.

Za potrebe WUI kartiranja korištene su samo dvije klase iz ovog skupa podataka: šume i grmlje, što znači da su se kategorija vegetacije ograničile samo na drvenastu vegetaciju, bez uključivanja travnatih površina. Ovaj pristup već su koristili i drugi autori (Kaim et al. 2018.), reflektirajući restriktivniji pogled na WUI kao isključivo povezano sa šumskim i grmolikim ekosustavima. Odluka o fokusu na drvenastu vegetaciju temeljila se na dva ključna razloga:

1. Drvenasta vegetacija proizvodi ekstremnije ponašanje požara u usporedbi s travnjacima.
2. Upravljanje drvenastom vegetacijom prije i nakon požara znatno je skuplje.

Ova je odluka također u skladu s službenim smjernicama šumarskih agencija u Kataloniji, koje WUI eksplicitno definiraju kao sučelje šume i urbanih područja. Osim toga, praktični faktor igrao je ulogu u ovom odabiru: postojale su značajne pogreške u klasifikaciji travnjaka i obradivih površina u korištenom skupu podataka o pokrovu zemljišta (Tsendbazar et al. 2021.) osobito u sjevernim europskim zemljama. . Uključivanje travnjaka u kategoriju divljih područja stvorilo bi velika WUI područja u poljoprivrednim regijama s malo prirodne vegetacije.

Međutim, isključivanje travnatih površina u agro-pastoralnim krajevima može dovesti do podcjenjivanja WUI područja, jer brzogoruća goriva mogu pokrivati velike površine i igrati ključnu ulogu u prijenosu požarnog rizika (Salis et al. 2022.).

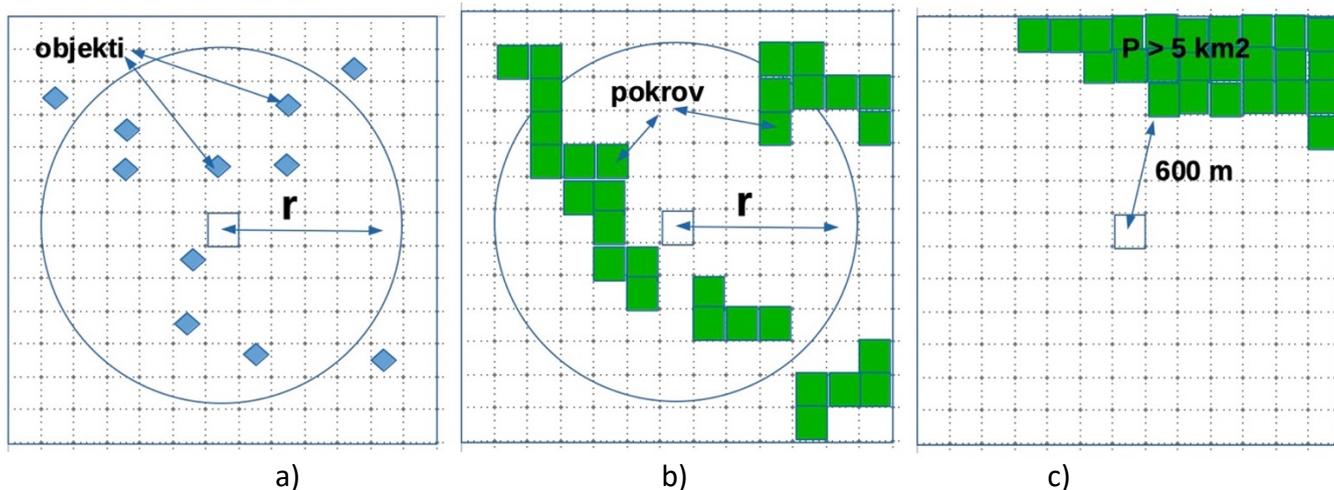
S druge strane, u ovoj su analizi sve vrste drvenaste vegetacije uključene kao divlja vegetacija, bez obzira na njihovu sposobnost širenja požara. S gledišta procjene rizika od požara, ovo može dovesti do

precjenjivanja potencijalne izloženosti naselja požarima u područjima gdje dominantna drvenasta vegetacija ima nisku zapaljivost.

Opća struktura algoritma je sljedeća:

WUI je bilo koje mjesto od analiziranog elementa karte (piksela) gdje je:

1. Gustoća izgrađenosti objektima iznosi više od 6,17 kuća po  $\text{km}^2$  (Slika 3a.).
2. Pokrivenost vegetacijom (šumama ili grmljem) unutar kružne zone ( $r$ ) od 500 m iznosi više od 50% [= mješoviti WUI] (Slika 3b.);, ili
3. Pokrivenost vegetacijom (šumama ili grmljem) unutar 500 m je manja od 50%, ali vegetacijska površina veličine  $5 \text{ km}^2$  ili veća nalazi se unutar 600 m od piksela [= granični WUI] (Slika 3c.):.



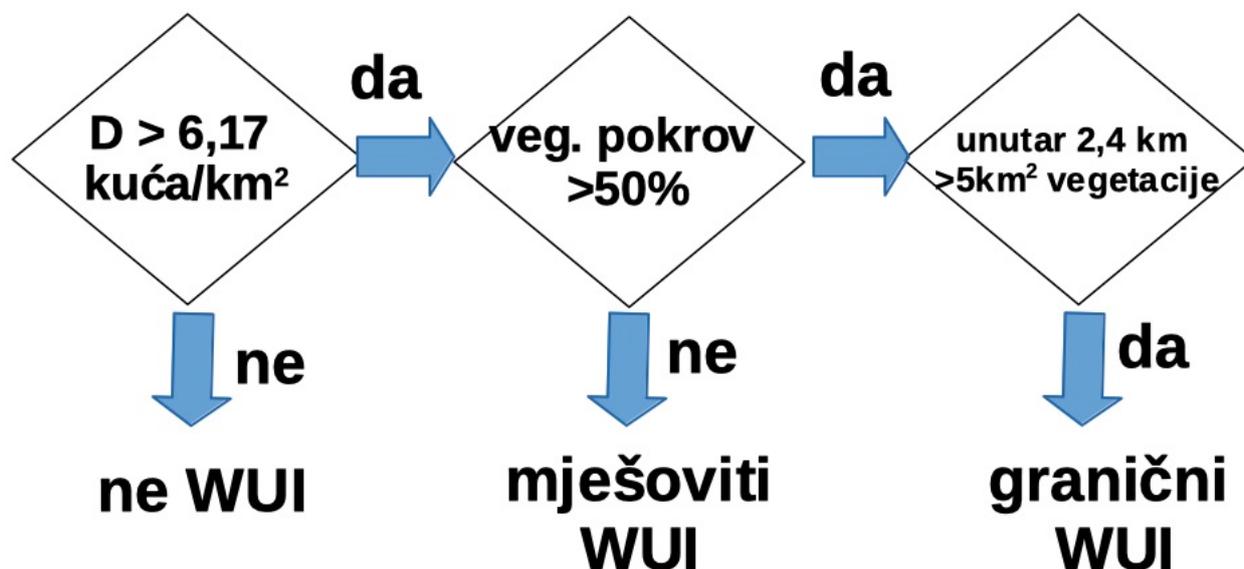
Slika 3. Definicija analiziranih zona kod WUI-P algoritma - prilagođeno prema (Bar-Masada, 2021.)

Ovi parametri su malo drugačiji od onih korištenih u prethodnim pristupima WUI kartiranju i odabrani su nakon analize osjetljivosti proizvoda kartiranja s različitim postavkama parametara; odabrana parametrizacija proizvodi najrazumnije i najdosljednije rezultate (barem kvalitativno) za cijelu Europu.

Novi pristup prilagođava mrežu piksela od 10 m iz temeljnih skupova podataka a obrazloženje primijenjenih koraka je slijedeće:

1. Uključivanje svih piksela unutar 100 m od građevinske točke (u slučaju pilot područja) ili izgrađene ćelije (u slučaju cijele Europe) kao potencijalnu WUI lokaciju, bez obzira na gustoću stanovanja unutar njih ili u njihovoj okolini, kako bi se identificirala sva izgrađena područja potencijalno izložena riziku.
2. Izračunavanje postotka pokrova drvenaste vegetacije unutar radijusa od 500 m oko potencijalnih WUI piksela. Ako je pokrov drvenaste vegetacije bio veći od 50%, te su ćelije označene kao mješoviti WUI.
3. Identifikacija segmenata drvenaste vegetacije većih od  $5 \text{ km}^2$  (Radeloff *et al.* 2005).
4. Identifikacija svih potencijalnih WUI lokacija koje su unutar 600 m od velikih segmenata vegetacije. Ti su pikseli mapirani kao granični WUI. Prag od 600 m temelji se na istraživanjima koja ukazuju na prosječnu maksimalnu udaljenost koju mogu prijeći leteće iskrice (Storey *et al.* 2020). Ovaj se prag razlikuje od ranije korištene udaljenosti od 2400 m (Argañaraz *et al.* 2017; Radeloff *et al.* 2018; Carlson *et al.* 2022), koja odražava maksimalne udaljenosti prijenosa iskrica.

Slika 4. prikazuje dijagram toka algoritma za detekciju tri WUI područja: 0 – nije WUI, 1 – mješoviti WUI i 2 – granični WUI. Važno je naglasiti da se detektira samo mješovito i granično WUI područje, a da se područje koje je u potpunosti izgrađeno (urbano) ne detektira kao WUI već kao ne WUI, osim ako nije u blizini veliki park.



Slika 4. Shematski prikaz algoritma za računanje sučelja naseljenih i prirodnih područja – WUI – prilagođeno prema (Bar-Masada et al., 2013.)

Rezultat ovog postupka bile su WUI karta na razini pilot područja (PS) i cijele Europe (ET). Iz karte Europe rezolucije 10m, prikazane na Slici 5. izvukli smo karte Hrvatske (Slika 6.) i Splitsko – dalmatinske županije (Slika 7.) . Splitsko-dalmatinske županije koja je jedno od demonstracijskih područja projekta FirEURisk. Slika 8. kao primjer manjih područja prikazuje područje grada Splita i otoka Visa.

Na temelju ovih karata, kvantificirani je ukupni opseg i prostorna distribuciju WUI-a (granični, mješoviti i ne WUI) na razini država u području istraživanja. Rezultate prikazuje Tablica 1.

Tablica 1. Statistička analiza WUI regija za Hrvatsku i Europu

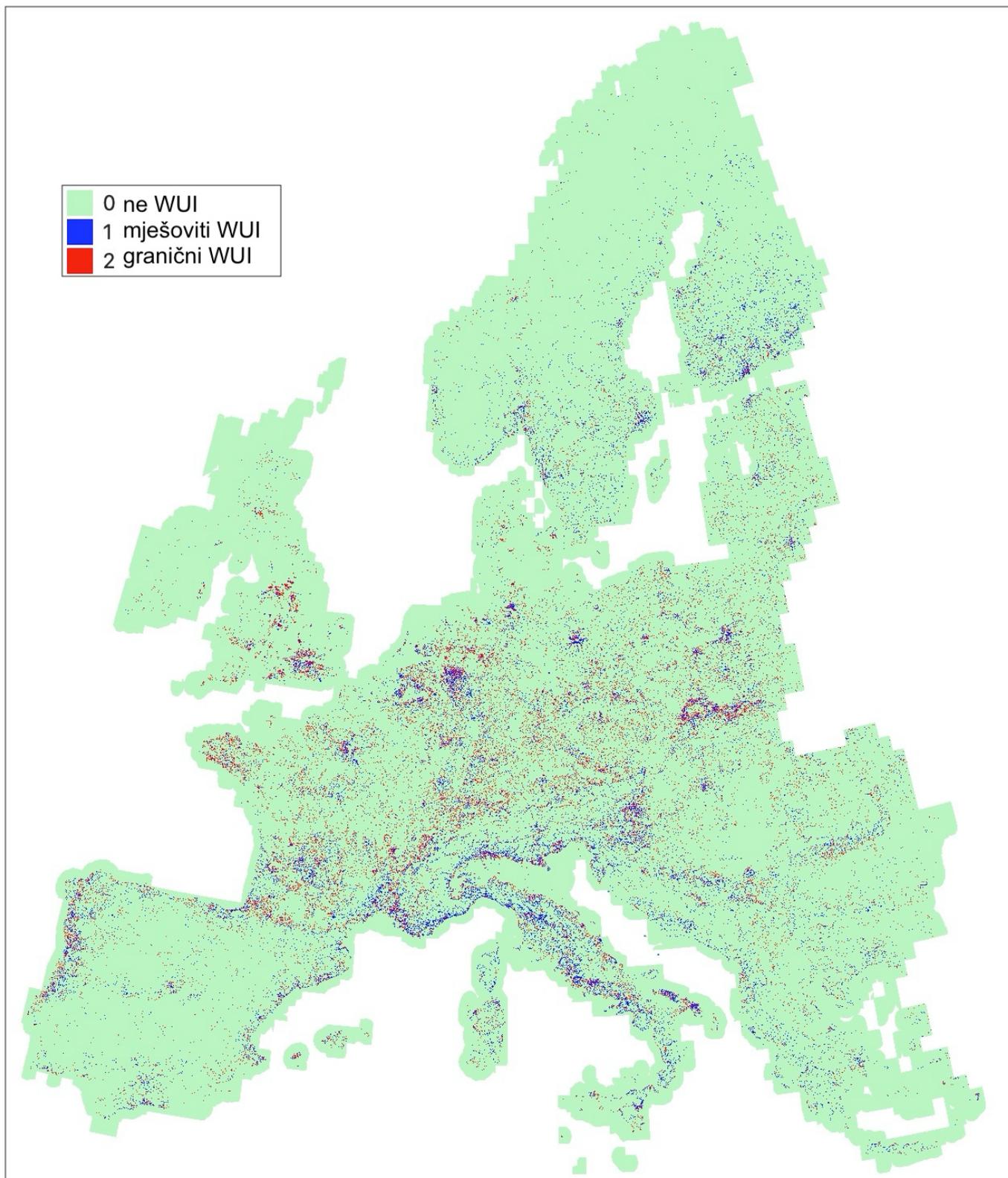
područje	mješoviti WUI (km <sup>2</sup> )	granični WUI (km <sup>2</sup> )	mješoviti WUI (%)	granični WUI (%)	ukupni WUI (%)	mješoviti / granični
Hrvatska	2042,15	3253,81	3,61	5,76	9,37	0,63
Europa	169312	1340.01	3,45	3,95	7,4	0,87

Statistička analiza je pokazala da na području Hrvatske imamo:

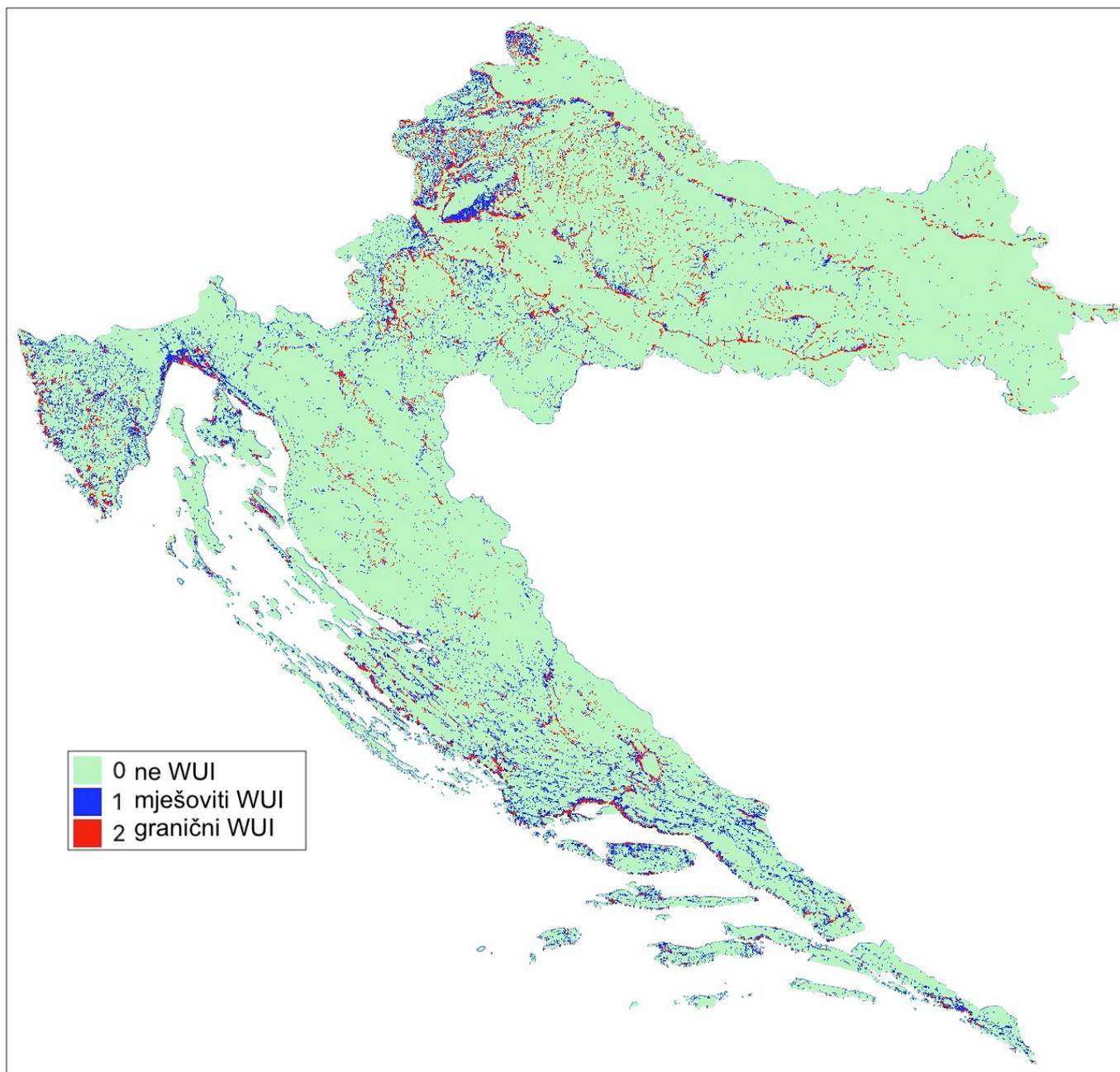
4. 90,58% područja koje ne spada u WUI
5. 3,61% područja koje spada u mješoviti WUI i
6. 5,76% područja koje spada u granični WUI.

a području Splitsko-dalmatinske županije imamo:

7. 83,82% područja koje ne spada u WUI
8. 13,10% područja koje spada u mješoviti WUI i
9. 3,08% područja koje spada u granični WUI.



*Slika 5. FirEUrisk karta sučelja naseljenih i prirodnih područja (WUI) na teritoriju Europe (Bar-Masada et al., 2023.)*

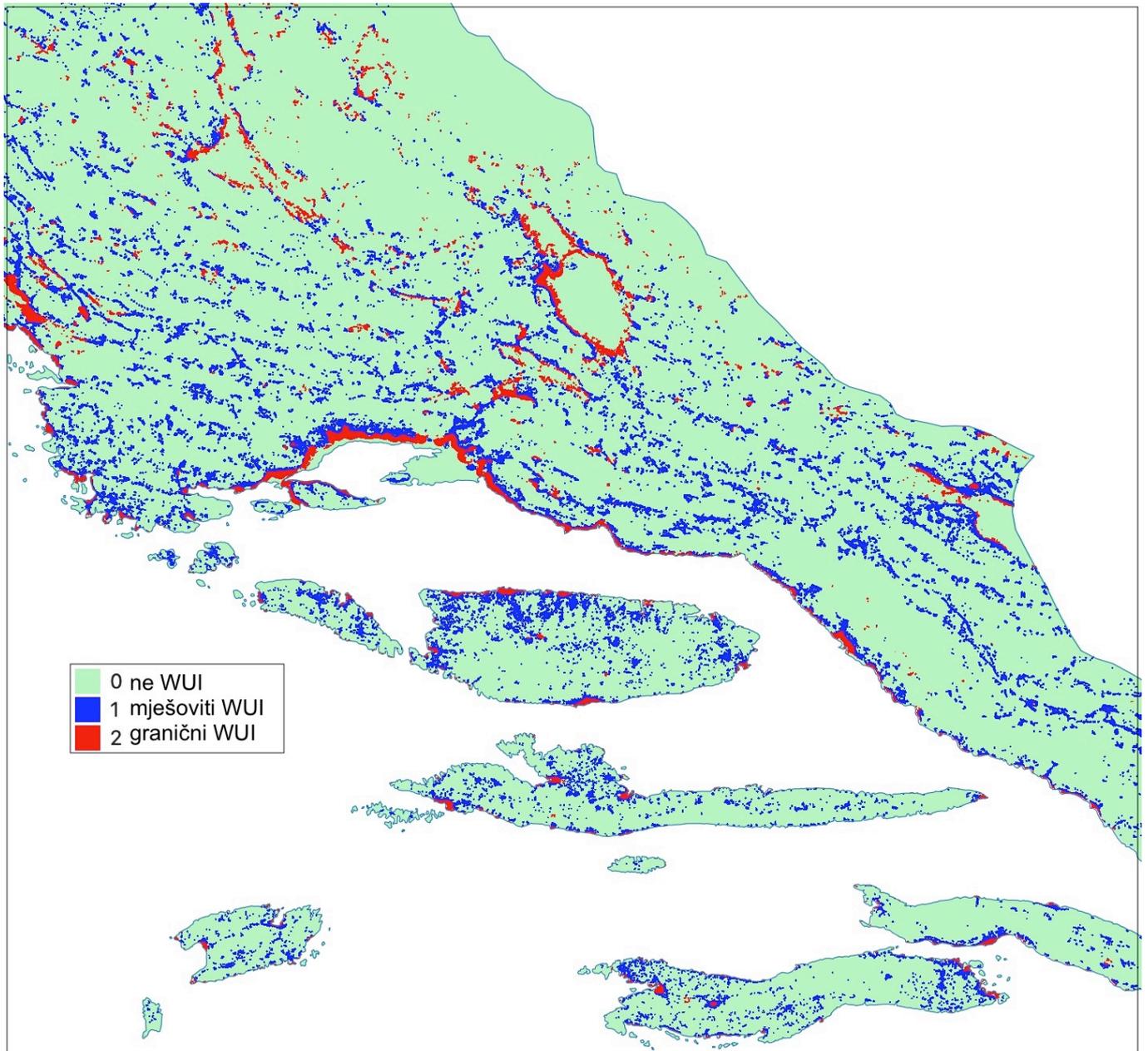


*Slika 6. FirEURisk karta sučelja naseljenih i prirodnih područja (WUI) na teritoriju Hrvatske (Bar-Masada et al., 2023.)*

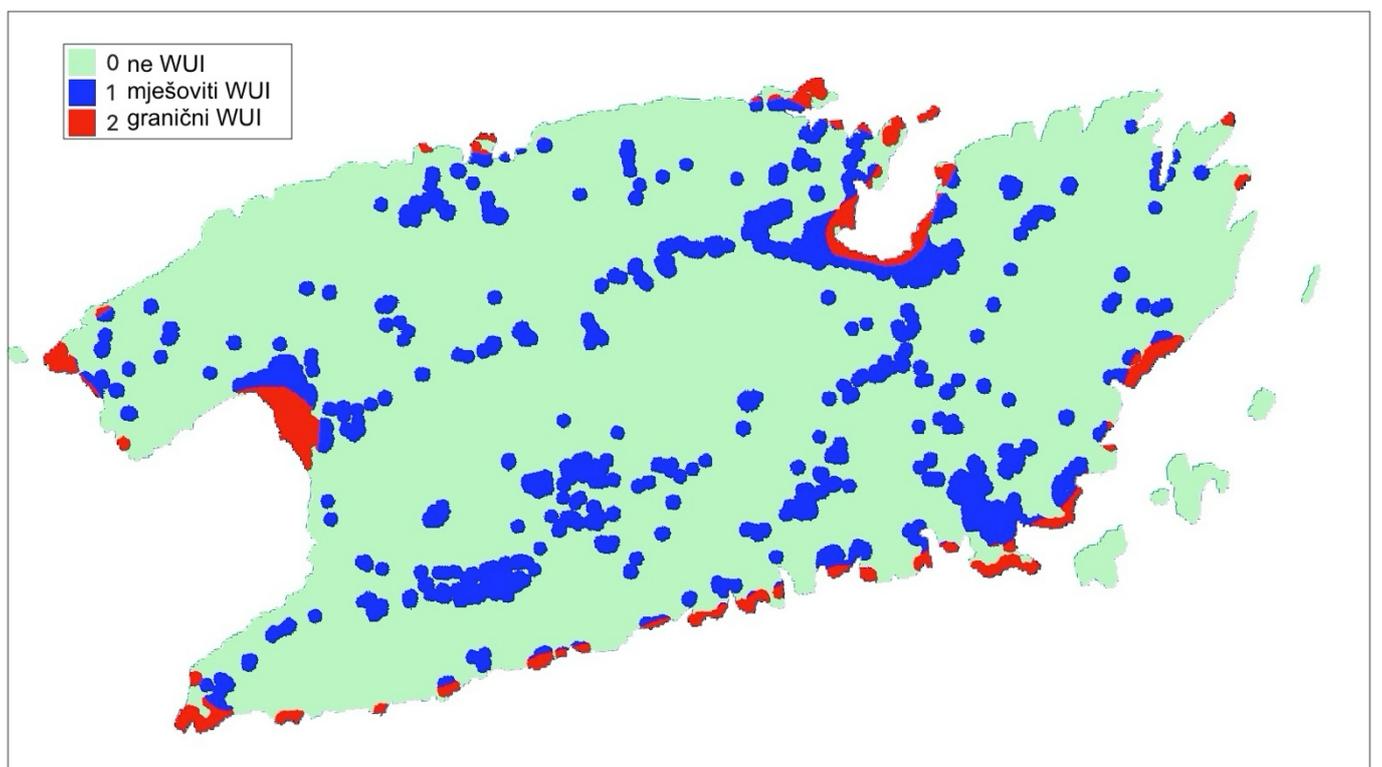
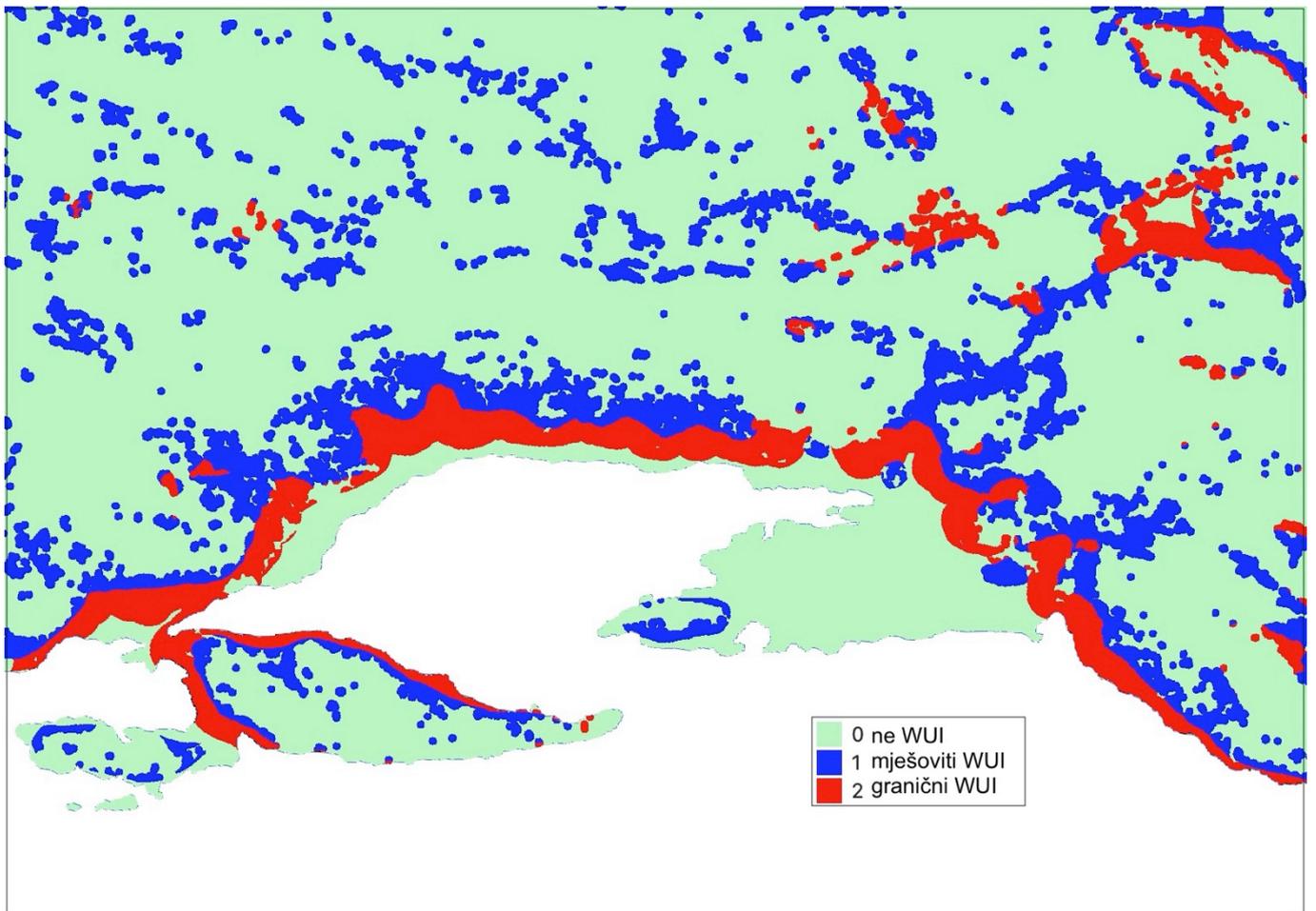
WUI karta Hrvatske se može slobodno skinuti s našeg poslužitelja i koristiti u skladu s Copyright zahtjevom. Podaci o karti su:

<b>projekcija</b>	ETRS89-extended / LAEA Europe (EPSG:3035) <sup>1</sup>	
<b>opseg karte (Extend)</b>	4594914.0000000000000000,2163917.0000000000000000 5060914.0000000000000000,2624917.0000000000000000	:
<b>širina x visina i rezolucija</b>	46600 x 46100 [piksela] – rezolucija 10 m x 10 m	

<sup>1</sup> <https://epsg.io/3035>



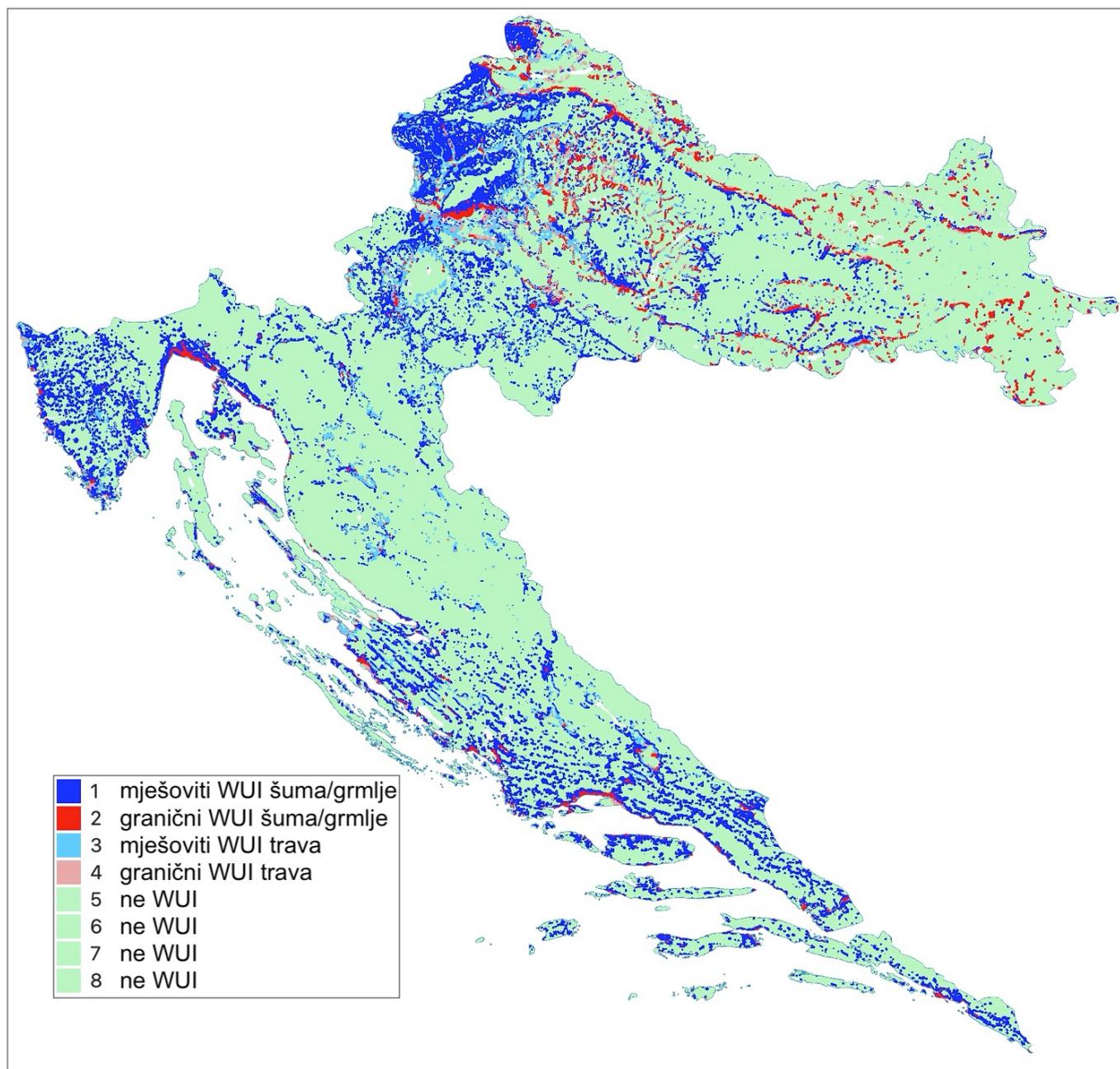
Slika 7. FirEurisk karta sučelja naseljenih i prirodnih područja (WUI) na teritoriju Splitsko-dalmatinske županije (DA20) (Bar-Masada et al., 2023.)



Slika 8. FirEUrisk karta sučelja naseljenih i prirodnih područja (WUI) u okolici grada Splita (gore) i otoka Visa (dolje) (Bar-Masada et al., 2023.)

### 3.2. Globalna karta sučelja naseljenih i prirodnih područja divljine (WUI)

Karte WUI područja izrađene u okviru FirEURisk projekta naravno nisu jedine dostupne WUI karte. Visoko rezolucijska karta u rezoluciji 10 m je Globalna WUI karta za 2020.g. (Global WUI, 2020.). Kod njene izrade uzete su u obzir i travnate površine, a na kartama su prikazana i različite kategorije ne WUI područja. Kako bismo je mogli usporediti s FirEURisk kartom koristili smo iste legende za klase koje se javljaju kod FirEURisk karata. Slika 9. prikazuje Globalnu WUI kartu Hrvatske gdje sve ne WUI klase imaju istu boju.



Slika 9. Globalna karta sučelja naseljenih i prirodnih područja (WUI) za teritorij Hrvatske kod koje sve ne WUI klase imaju istu boju – prilagođeno prema (Global WUI, 2020.)

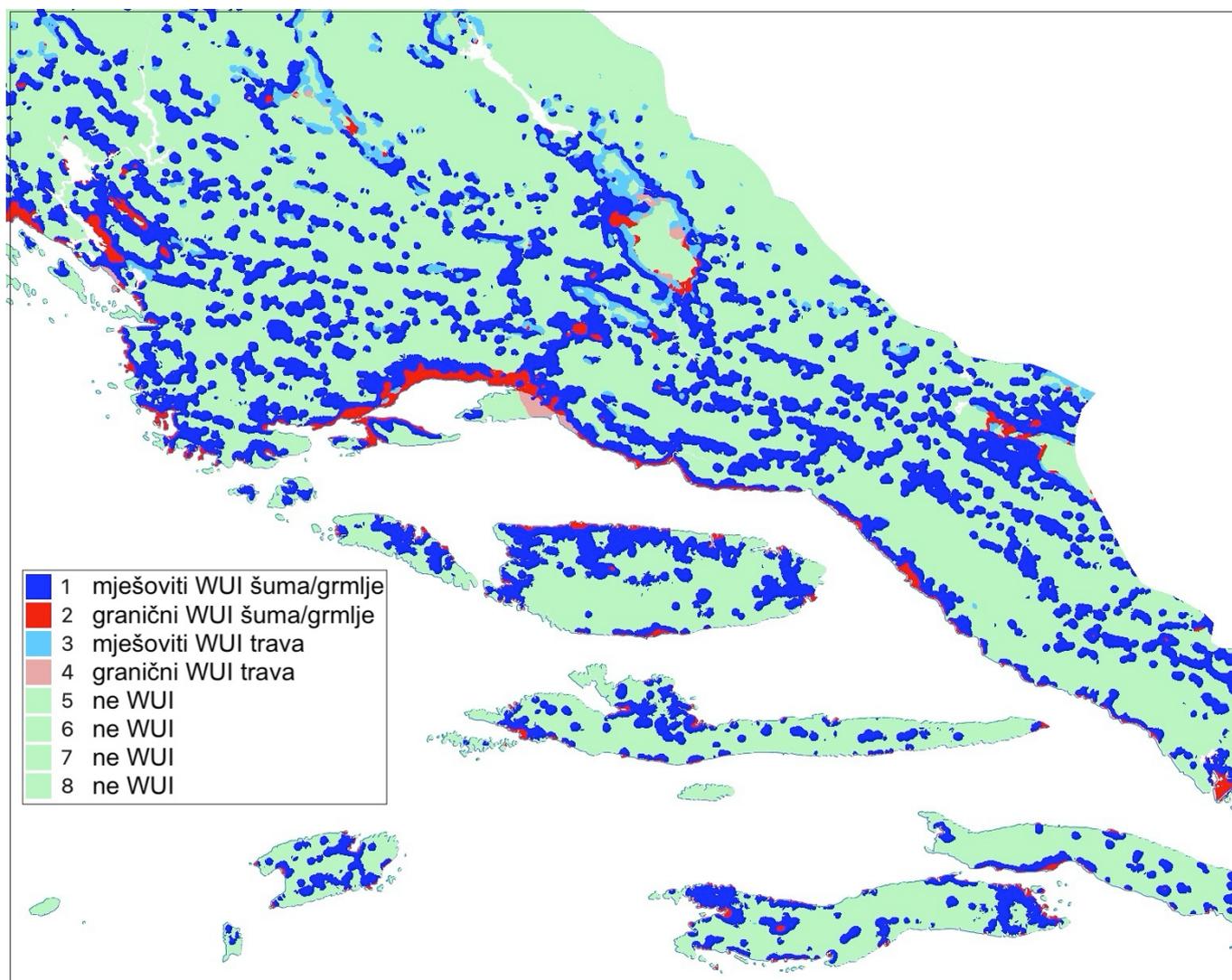
Globalne karte razlikuju mješovita i granična područja u različitim vegetacijama:

1. mješoviti WUI u vegetacijskim područjima u kojima dominiraju šume, grmove i močvare (engl. *Forest/Scrub/Wett. – dominated intermix*)

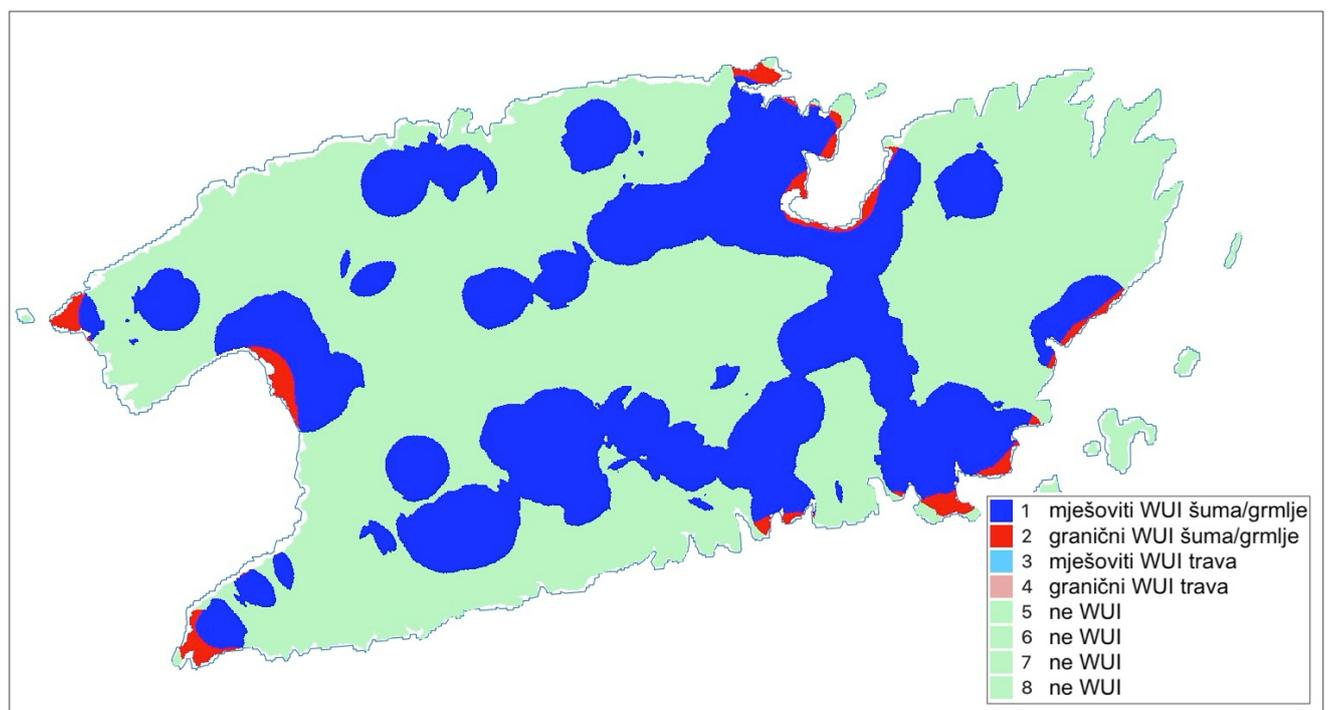
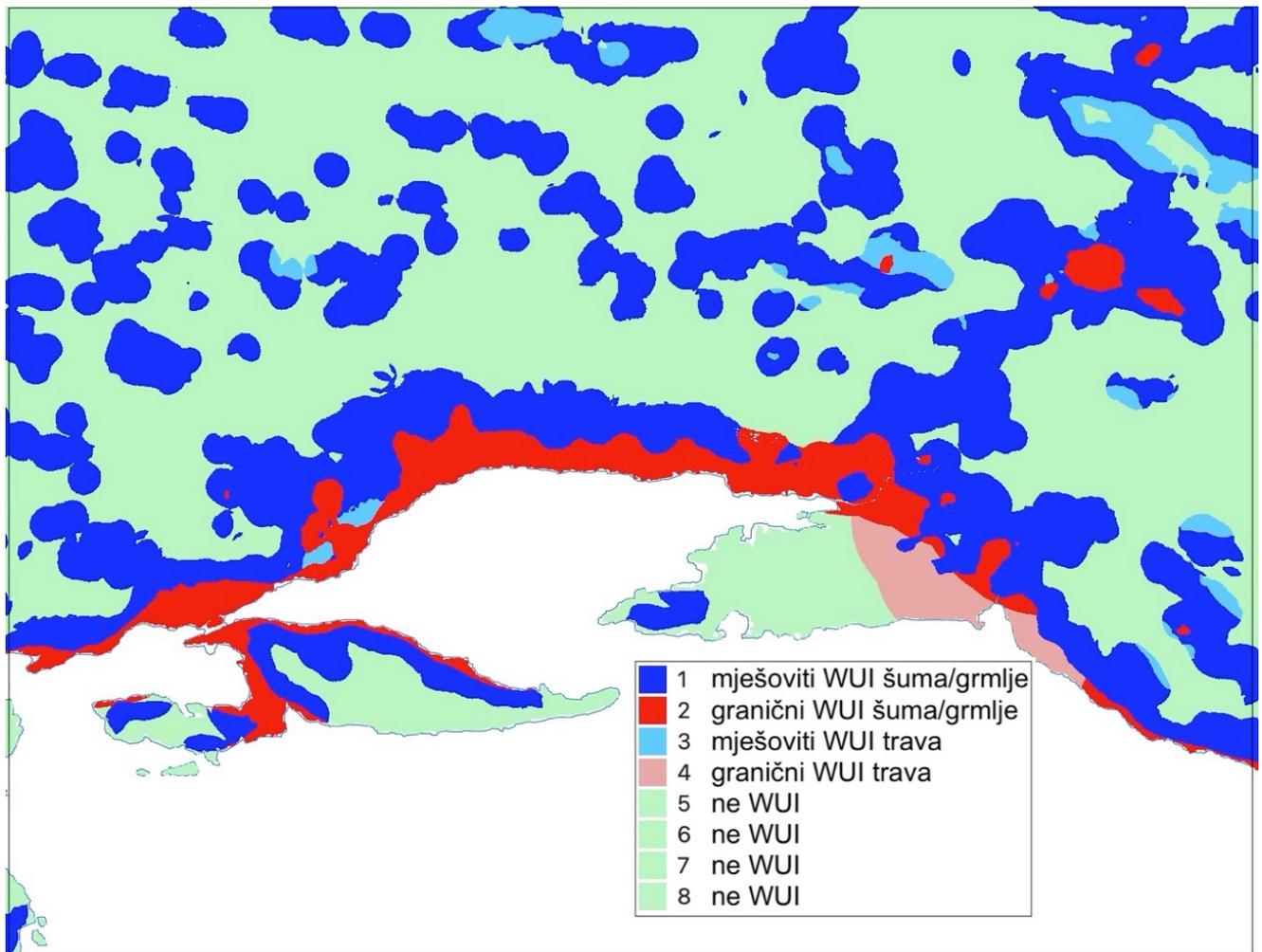
2. granični WUI u vegetacijskim područjima u kojima dominiraju šume, grmove i močvare (engl. *Forest/Scrub/Wett. – dominated interface WUI*)
3. mješoviti WUI u vegetacijskim područjima u kojima dominiraju šume, grmove i močvare (engl. *Grassland – dominated intermix*)
4. granični WUI u vegetacijskim područjima u kojima dominiraju šume, grmove i močvare (engl. *Grassland – dominated interface WUI*)
5. – 8. ne WUI područja.

Autor FirEUrisk WUI karata **Avi Bar-Masada** je sudjelovao i u ovom projektu izrade globalnih karata, pa nije čudno da su karte slične, ali nisu potpuno identične. Osim što pokrivaju WUI i u području travnjak, ulazni kriteriji svrstavanja u pojedine klase su bili različiti. Na globalnoj karti područja svrstana u pojedini tip WUI su veća. Više detalja o globalnoj karti u (Schug et al., 2023.).

Slika 10. prikazuje Globalnu WUI kartu Splitsko-dalmatinske županije gdje sve ne WUI klase imaju istu boju, a Slika 11. Globalnu WUI kartu u okolici grada Splita (gore) i otoka Visa (dolje) gdje sve ne WUI klase imaju istu boju.



Slika 10. Globalna karta sučelja naseljenih i prirodnih područja (WUI) za teritorij Splitsko-dalmatinske županije kod koje sve ne WUI klase imaju istu boju – prilagođeno prema (Global WUI, 2020.)

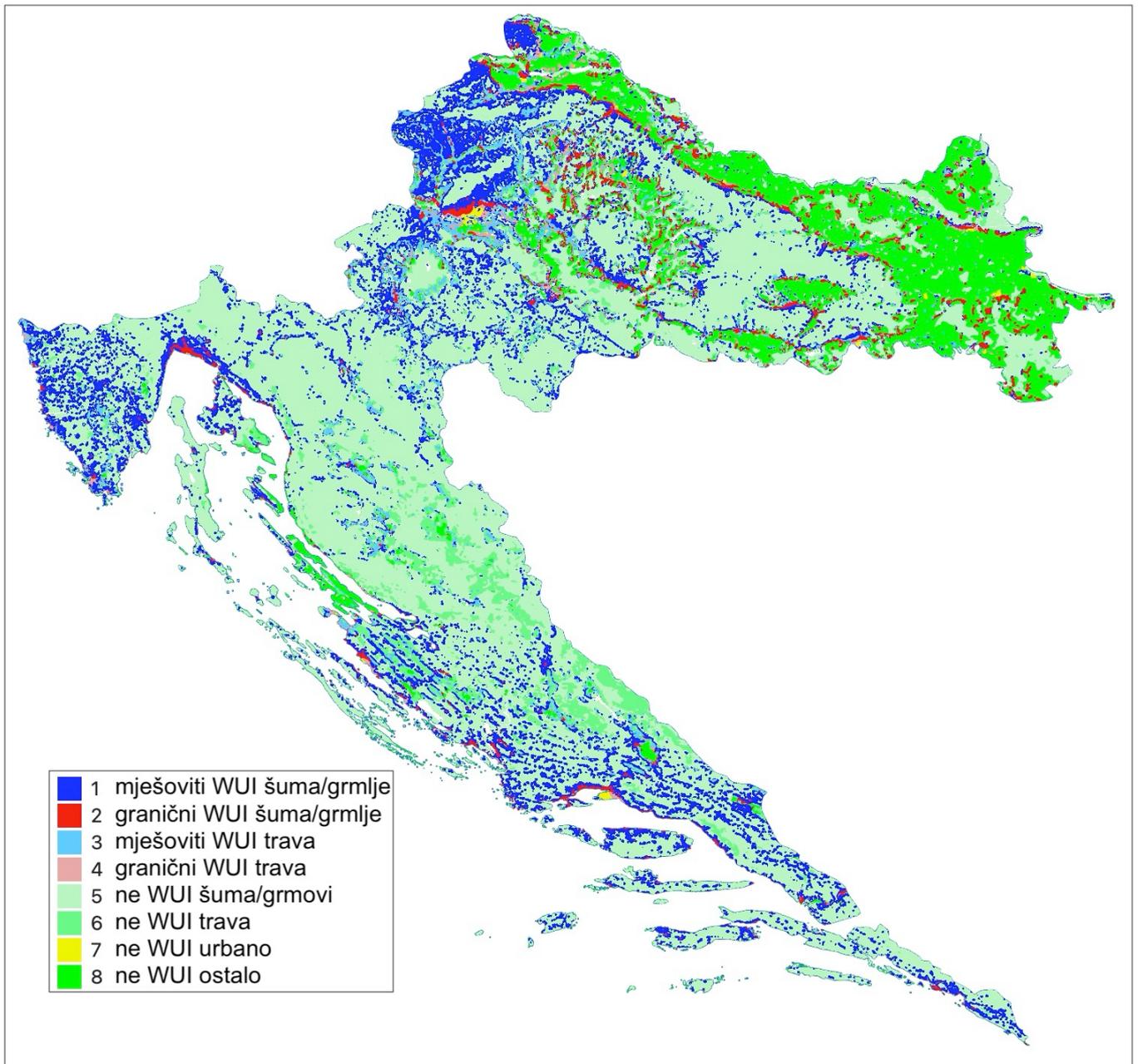


Slika 11. Globalna karta sučelja naseljenih i prirodnih područja (WUI) u okolici grada Splita (gore) i otoka Visa (dolje) – prilagođeno prema (Global WUI, 2020.).

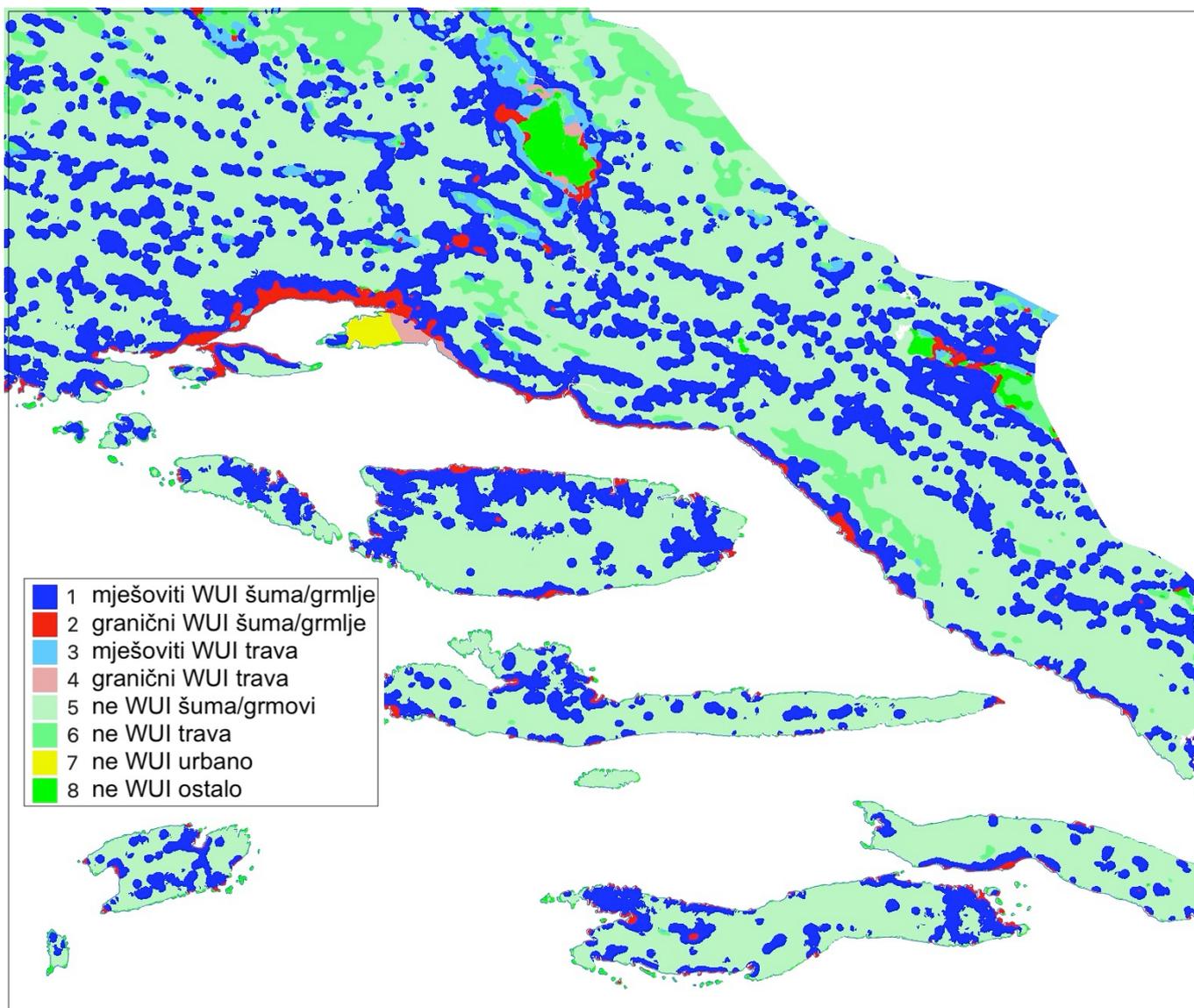
Raščlane li se WUI područja na klase kako ih su ih autori Global WUI mape podijelili:

5. šume, grmove i močvara (engl. *Non-WUI: Forest/Scrub/Wetland*)
6. travnjake (engl. *Non-WUI: Grassland*)
7. urbana područja (engl. *Non-WUI: Urban*) i
8. ostala ne WUI područja (engl. *Non-WUI: Other*).

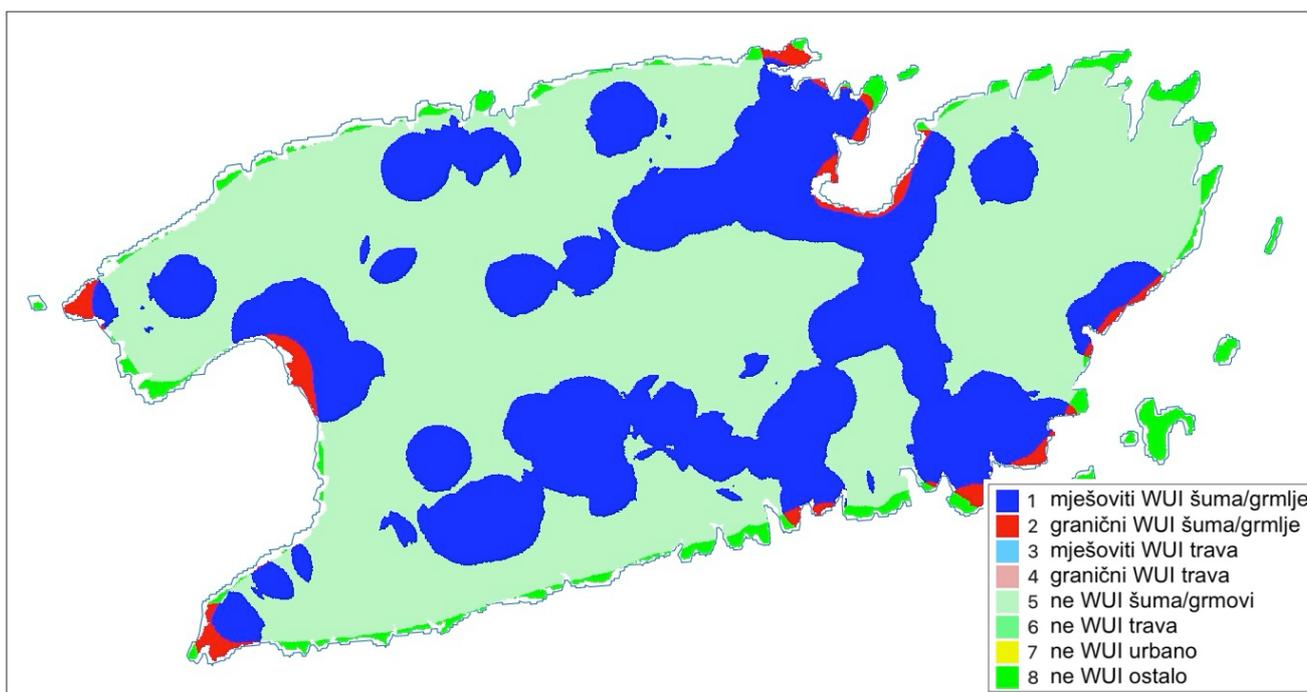
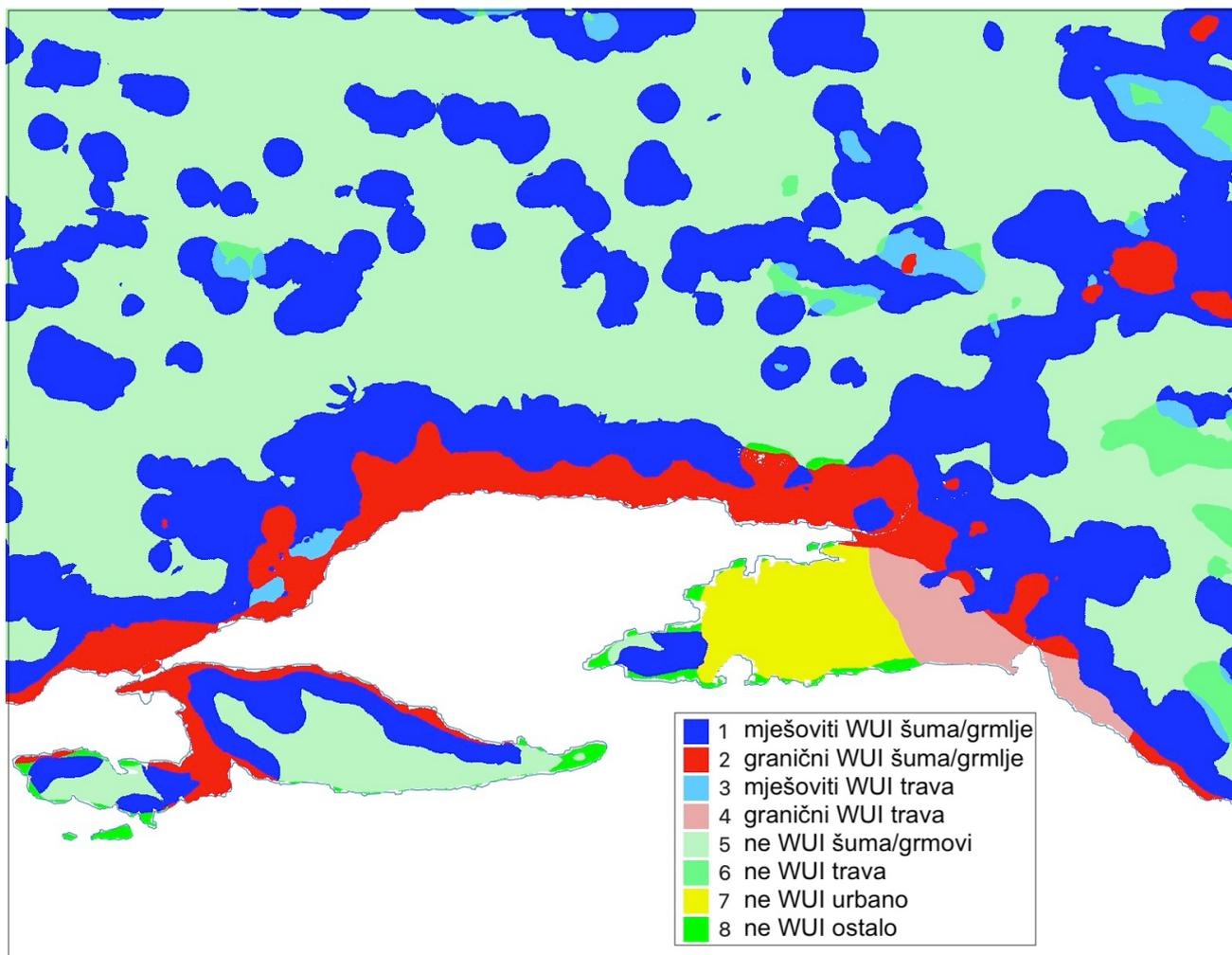
dobiju se karte na Slikama 12., 13. i 14.



Slika 12. Globalna karta sučelja naseljenih i prirodnih područja (WUI) za teritorij Hrvatske kod koje ne-WUI klase imaju različite boje – prilagođeno prema (Global WUI, 2020.)



Slika 13. Globalna karta sučelja naseljenih i prirodnih područja (WUI) za teritorij Splitsko-dalmatinske županije kod koje ne-WUI klase imaju različite boje – prilagođeno prema (Global WUI, 2020.)



Slika 14. Globalna karta sučelja naseljenih i prirodnih područja (WUI) u okolini grada Splita (gore) i otoka Visa (dolje) kod koje ne-WUI klase imaju različite boje – prilagođeno prema (Global WUI, 2020.)

Autori daju i zanimljivu statističku analizu WUI područja. Izdvojili smo podatke za Hrvatsku uz napomenu da se radi o podacima za 2020.g. i prikazali ih u Tablici 2. (Global WUI, 2020.).

*Tablica 2. Statistička analiza WUI područja prema Global WUI karti za Hrvatsku (Global WUI, 2020.).*

HRVATSKA							
površina (km <sup>2</sup> )	stanovništvo	F/S/W =	šume/grmlje/močvare	Intemix =	mješovito		
55023	3811000	G =	trava	Interface =	granično		
WUI (površina, km <sup>2</sup> )							
Intermix WUI (F/S/W)	Interface WUI (F/S/W)	Intermix WUI G	Interface WUI G	Non-WUI F/S/W	Non-WUI G	Non-WUI Urban	Non-WUI Other
8912	1706	2501	522	29529	3063	102	7770
stanovništvo (tisuće)							
Intermix WUI (F/S/W)	Interface WUI (F/S/W)	Intermix WUI G	Interface WUI G	Non-WUI F/S/W	Non-WUI G	Non-WUI Urban	Non-WUI Other
1298	929	585	308	86	10	315	281
biomasa (Mt)							
Intermix WUI (F/S/W)	Interface WUI (F/S/W)	Intermix WUI G	Interface WUI G	Non-WUI F/S/W	Non-WUI G	Non-WUI Urban	Non-WUI Other
44	1	3	0	302	5	0	8

područje ugroženo vatrom (%)								
MODIS 2003 - 2020			MODIS 2013 - 2020			VIIRS 2013 - 2020		
Non-WUI	F/S/W WUI	G WUI	Non-WUI	F/S/W WUI	G WUI	Non-WUI	F/S/W WUI	G WUI
77.4	14.5	8.1	79.3	13.6	7.0	80.5	13.1	6.4
stanovništvo ugroženo požarima*								
MODIS 2003 - 2020*			MODIS 2013 - 2020*			VIIRS 2013 - 2020*		
Non-WUI	F/S/W WUI	G WUI	Non-WUI	F/S/W WUI	G WUI	Non-WUI	F/S/W WUI	G WUI
25819	88458	48435	8538	32153	13776	3489	28281	11112
postotak WUI (%) prema stupnju urbaniziranosti**								
		vrlo niska / niska gustoća ruralno	ruralni klasteri	prigradsko / rubno urbano	srednje gusto urbano područje	urbano centar		
		87.2	3.4	4.4	3.2	1.8		

\* Broj ljudi koji mogu biti u direktnom dodiru s požarom 1000 m od kuće za MODIS, odnosno 400 m od kuće za VIIRS.

\*\* definirano prema Dijkstra et al. (2021), <https://doi.org/10.1016/j.jue.2020.103312>

Usporedbom Tablice 1. i Tablice 2. jasno su uočljive razlike između FirEUrisk i globalne karte, a te razlike naglašavamo i u Tablici 3. U usporedbi smo uzeli samo WUI na području šuma/grmlja s obzirom da je takav računat u okviru FirEUrisk projekta. Globalna karta daje dosta veće područje mješovitog WUI, a manje područje graničnog WUI. Bez dodatne validacije teško je kazati koja je karta točnija, zato prilažemo obje karte.

*Tablica 3. Razlika između FirEUrisk i globalne karte za Hrvatsku*

područje	mješoviti WUI (km <sup>2</sup> )	granični WUI (km <sup>2</sup> )	mješoviti WUI (%)	granični WUI (%)	ukupni WUI (%)	mješoviti / granični
FirEUrisk Hrvatska	2042,15	3253,81	3,61	5,76	9,37	0,63
globalna Hrvatska	8912	1706	16,2	3,1	19,3	5,23

Iz Global WUI karte izdvojili smo kartu za područje Hrvatske, pa se i ona može pronaći na našem poslužitelju. Korištenje ove karte je dozvoljeno u skladu s Copyrightom originalne karte (Global WUI, 2020.). FirEUrisk karta je u okviru FirEUrisk projekta korištena kod procjene ranjivosti na požare.

## Zaključak

Ovaj dokument je nastao na temelju istraživanja provedenih u Radnom paketu 1 projekta FirEURisk Zadatku 1.2. posvećenom analizi ranjivosti i izloženosti, aktivnosti 1.2.2. **Socijalna ranjivost** koja se bavila analizom veličina koje utječu na socijalnu ranjivost od požara. Jedan dio ovih aktivnosti bila je i izrada visoko rezolucijskih karti (10 m) sučelja naseljenih (urbanih) i prirodnih područja divljine (engl. *WUI – Wildland – urban Interface*) na teritoriju Europe. Za potrebe WUI kartiranja korištene su samo dvije vegetacijske klase: šume i grmlje. Travnjaci su isključeni iz definicije WUI zbog čestih pogrešaka u klasifikaciji između prirodnih travnjaka i obrađenih polja, osobito u sjevernim europskim zemljama. Karti je izradio partner projekta **Avi Bar Massada** s University of Haifa.

Ova FirEURisk karta predstavlja prvu detaljnu, ali široko obuhvatnu kartu WUI-a u Europi. Problem WUI-a u Europi očekuje se da će se pogoršati zbog:

- napuštanja ruralnih područja u Mediteranskim i Istočnoeuropskim zemljama (što povećava vegetacijski pokrov oko naselja)
- razvoja sekundarnih domova (kuća za odmor) u ruralnim područjima (što gura naselja dublje u divljinu)
- promjena u režimu požara, uključujući pojavu šumskih požara u područjima koja ranije nisu bila podložna požarima.

Ovi procesi, među ostalim, povećavaju izloženost ljudi i imovine šumskim požarima, zbog čega je hitno potrebno oblikovati politike prostornog planiranja koje mogu smanjiti taj rizik. Nove WUI karte mogu pružiti ključne informacije za postizanje tog cilja.

Na temelju visoko rezolucijskih karti sučelja naseljenih i prirodnih područja Europe, istraživači s FESB-a su izvukli i analizirali podatke za područje Republike Hrvatske. Rezultat je ovaj izvještaj uz koji prilažemo i WUI kartu Hrvatske u rezoluciji 10 m podijeljenu u tri klase: 0 – prirodna područja divljine, 1 – mješovito divlje i urbano područja, 2 – granična zona između divljine i naseljenog područja.

U ovom izvještaju u prvom dijelu kratko opisujemo postupak koji je **Avi Bar Massada** s University of Haifa koristio pri izradi karte, a u drugom dijelu predstavljena je i analizirana karta za područje Republike Hrvatske. Karta je također uspoređena s WUI kartom Hrvatske izdvojenom iz globalne WUI karte nastale u okviru projekta **The Global Wildland-Urban Interface (WUI) – 2020** - u kojem je Avi Bar Massada također sudjelovao. Prilikom usporedbe ove WUI karte s drugim kartama, važno je napomenuti da svaka WUI karta ovisi o specifičnim pragovima i parametrima koje definira istraživač. U FirEURisk istraživanju, odlučeno je da se kategorija vegetacije ograniči samo na drvenastu vegetaciju, bez uključivanja travnatih površina. Kod izrade ove globalne karte uzete su u obzir i travnate površine, a na kartama su prikazana i različite kategorije ne WUI područja. Karte su slične, ali nisu potpuno identične. Globalna karta, osim što pokriva WUI i u području travnjak, koristi druge ulazni kriterije svrstavanja u pojedine klase. Na globalnoj karti područja svrstana u pojedini tip WUI su veća.

WUI karta Europe, pa i Hrvatske korištena je u analizi ranjivosti na požare koja je jedna od ulaznih varijabli kod proračuna požarnog rizika.

## Literatura

- (Argañaraz et al., 2017.) Argañaraz JP, Radeloff VC, Bar-Massada A, Gavier-Pizarro GI, Scavuzzo CM, Bellis LM (2017.) Assessing wildfire exposure in the Wildland-Urban Interface area of the mountains of central Argentina. *Journal of Environmental Management* **196**, 499–510. doi:10.1016/j.jenvman.2017.03.058.
- (Bar-Masada et al., 2013.) Bar-Massada, A., Stewart, S.I., Hammer, R., Mockrin, M.M., Radeloff, V.C. (2013.). *Using structure locations as a basis for mapping the Wildland Urban Interface. Journal of Environmental Management*, 128:540-547.
- (Bar-Masada, 2021.) Bar-Massada, A. (2021.). A Comparative Analysis of Two Major Approaches for Mapping the Wildland-Urban Interface: A Case Study in California. *Land*, 10(7), 679. <https://doi.org/10.3390/land10070679>
- (Bar-Masada et al., 2023.) HU (Avi Bar-Masada), ADAI (Miguel Almeida, Catarina Matos), UAH (Emilio Chuvieco, Fatima Arrogante, Maria Clara Ochoa), KEMEA, SIA (Umberto Pernice, Giovanni Laneve), SGN, TUD, UCO (Macarena Ortega, Juan Ramon Molina), METEOGRID SL, CNR, HUTTON (Simone Martino, Michaela Roberts, Tami Wooldridge, Maria Nijnik), FMI, NCSR (Nadia Politi, Mandy Vlachogianni, Athanasios Sfetsos), UdL (2023.). *D1.4 Report on Methodological Frameworks for Vulnerability Assessment (D, S) in FirEUrisk*, FirEUrisk Report, 2023.
- (Carlson et al., 2022.) Carlson AR, Helmers DP, Hawbaker TJ, Mockrin MH, Radeloff VC (2022.) The wildland–urban interface in the United States based on 125 million building locations. *Ecological Applications* **32**,. doi:10.1002/eap.2597.
- (Global WUI, 2020.) The Global Wildland-Urban Interface (WUI) – 2020, <https://silvis.forest.wisc.edu/globalwui/>
- (Kaim et al., 2018.) Kaim D, Radeloff V, Szwagrzyk M, Dobosz M, Ostafin K (2018.) Long-Term Changes of the Wildland–Urban Interface in the Polish Carpathians. *ISPRS International Journal of Geo-Information* **7**, 137. doi:10.3390/ijgi7040137.
- (Marconcini et al., 2020.) Marconcini M, Metz-Marconcini A, Üreyen S, Palacios-Lopez D, Hanke W, Bachofer F, Zeidler J, Esch T, Gorelick N, Kakarla A, Paganini M, Strano E (2020.) Outlining where humans live, the World Settlement Footprint 2015. *Scientific Data* **7**, 242. doi:10.1038/s41597-020-00580-5.
- (Radeloff et al., 2005.) Radeloff VC, Hammer RB, Stewart SI, Fried JS, Holcomb SS, McKeefry JF (2005.) The Wildland–Urban Interface in the United States. *Ecological Applications* **15**, 799–805. doi:10.1890/04-1413.
- (Radeloff et al., 2018.) Radeloff VC, Helmers DP, Kramer HA, Mockrin MH, Alexandre PM, Bar-Massada A, Butsic V, Hawbaker TJ, Martinuzzi S, Syphard AD, Stewart SI (2018.) Rapid growth of the US wildland-urban interface raises wildfire risk. *Proceedings of the National Academy of Sciences* **115**, 3314–3319. doi:10.1073/pnas.1718850115.
- (Salis et al., 2022.) Salis M, Del Giudice L, Jahdi R, Alcasena-Urdiroz F, Scarpa C, Pellizzaro G, Bacciu V, Schirru M, Ventura A, Casula M, Pedes F, Canu A, Duce P, Arca B (2022.) Spatial Patterns and Intensity of Land Abandonment Drive Wildfire Hazard and Likelihood in Mediterranean Agropastoral Areas. *Land* **11**, 1942. doi:10.3390/land11111942.

- (Schug et al., 2023.) F. Schug, A. Bar-Massada, A. R. Carlson, H. Cox, T. J. Hawbaker, D. Helmers, P. Hostert, D. Kaim, N. K. Kasraee, S. Martinuzzi, M. H. Mockrin, K. A. Pfoch, and V. C. Radeloff. (2023.) The global wildland-urban interface. *Nature*, <https://DOI: 10.1038/s41586-023-06320-0>
- (Storey, 2020.) Storey MA, Price OF, Bradstock RA, Sharples JJ (2020.) Analysis of Variation in Distance, Number, and Distribution of Spotting in Southeast Australian Wildfires. *Fire* **3**, 10. doi:10.3390/fire3020010.
- (Tsendbazar et al., 2021.) Tsendbazar N-E, Li L, Koopman M, Carter S, Herold M, Georgieva I, Lesiv M (2021) WorldCover Product Validation Report. DV12-PVR.
- (Zanaga, Daniele et al., 2021.) Zanaga, Daniele, Van De Kerchove, Ruben, De Keersmaecker, Wanda, Souverijns, Niels, Brockmann, Carsten, Quast, Ralf, Wevers, Jan, Grosu, Alex, Paccini, Audrey, Vergnaud, Sylvain, Cartus, Oliver, Santoro, Maurizio, Fritz, Steffen, Georgieva, Ivelina, Lesiv, Myroslava, Carter, Sarah, Herold, Martin, Li, Linlin, Tsendbazar, Nandin-Erdene, Ramoino, Fabrizio, Arino, Olivier (2021.) ESA WorldCover 10 m 2020 v100. doi:10.5281/ZENODO.5571936.