

# Dobrobiti prirodnih rješenja za zaštitu slatkovodnih ekosustava od klimatskih promjena

---

Janeković, Eva

Undergraduate thesis / Završni rad

2023

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Science / Sveučilište u Zagrebu, Prirodoslovno-matematički fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:217:234947>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-07-15**



Repository / Repozitorij:

[Repository of the Faculty of Science - University of Zagreb](#)



Sveučilište u Zagrebu  
Prirodoslovno-matematički fakultet  
Biološki odsjek

Eva Janeković

**Dobrobiti prirodnih rješenja za zaštitu  
slatkovodnih ekosustava od klimatskih  
promjena**

Završni rad

Zagreb, 2023.

University of Zagreb  
Faculty of Science  
Department of Biology

Eva Janeković

**Benefits of natural-based solutions for the  
protection of freshwater ecosystems against  
climate changes**

Bachelor thesis

Zagreb, 2023.

Ovaj završni rad je izrađen u sklopu studijskog programa *Biologija* na *Zoologijskom zavodu* *Biološkog odsjeka Prirodoslovno-matematičkog fakulteta* u *Zagrebu*, pod mentorstvom prof. dr. sc. *Sanje Gottstein*.

---

## TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

Sveučilište u Zagrebu  
Prirodoslovno-matematički fakultet  
Biološki odsjek

Završni rad

# Dobrobiti prirodnih rješenja za zaštitu slatkovodnih ekosustava od klimatskih promjena

Eva Janeković

Horvatovac 102a, 10000 Zagreb, Hrvatska

Klimatske promjene uzrokuju poremećaje u kruženju nutrijenata, narušavaju stabilnost i funkcionalnost ekosustava te degradiraju prirodnu bioraznolikost. Oluje, poplave, ekstremne vrućine i suše vodeći su problemi u svijetu povezani s klimatskim promjenama i utjecajem na slatkovodne ekosustave. Cilj ovog rada bio je opisati prirodna rješenja za zaštitu slatkovodnih ekosustava koja osiguravaju funkcionalniju prilagodbu na klimatske promjene implementacijom različitih tipova vodenih ekosustava u urbana područja ili bilo koja druga područja pod antropogenim utjecajem. S obzirom da su slatkovodnih ekosustavi među najugroženijim ekosustavima, o njima ovisi ne samo uspješna opskrba pitkom vodom već i održivost iznimno raznolikih zajednica vodenih i kopnenih organizama te sociološka i ekonomska stabilnost urbanih i ruralnih područja. Primjenom dugoročnih prirodnih rješenja smanjile bi se negativne posljedice utjecaja klimatskih promjena na vodene ekosustave i omogućila održivost, stabilnost, funkcionalnost i raznolikost ciljanog područja te bi time antropogeno izmijenjeni prostor ostvario višestruke dobrobiti i dodane vrijednosti za okoliš i ljude.

Ključne riječi: zelena infrastruktura, siva infrastruktura, temperatura, padaline, ugroze, dobrobiti  
(27 stranica, 13 slika, 43 literaturna navoda, jezik izvornika: hrvatski)

Rad je pohranjen u Središnjoj biološkoj knjižnici

Mentor: Prof. dr. sc. Sanja Gottstein

## BASIC DOCUMENTATION CARD

---

University of Zagreb  
Faculty of Science  
Department of Biology

Bachelor thesis

# Benefits of natural-based solutions for the protection of freshwater ecosystems against climate changes

Eva Janeković

Horvatovac 102a, 10000 Zagreb, Croatia

Climate changes cause disturbances in nutrient cycles, impair ecosystem stability and functionality and degrade natural biodiversity. Storms, floods, extreme heat and droughts are leading problems in the world associated with climate change in freshwater ecosystems. The aim of this thesis was to describe natural-based solutions for the protection of freshwater ecosystems that ensure a more functional adaptation to climate change by implementing different types of aquatic ecosystems in urban areas or any other areas under anthropogenic influence. Considering that freshwater ecosystems are among the most threatened ecosystems, not only does the successful supply of drinking water depend on them, but also the sustainability of extremely diverse communities of aquatic and terrestrial organisms and the sociological and economic stability of urban and rural areas. By implementing long-term natural-based solutions the consequences of climate change and impact on the aquatic ecosystem would be reduced, and enabled the sustainability, stability, functionality and diversity of the target area, and thus the anthropogenically modified areas would achieve multiple benefits and added values for the environment and people.

Keywords: green infrastructure, grey infrastructure, temperature, precipitation, threats, benefits  
(27 pages, 13 figures, 43 references, original in Croatian)

A thesis is deposited in the Central Biological Library.

Mentor: Prof. Sanja Gottstein, PhD

# SADRŽAJ

<b>1. Uvod .....</b>	<b>1</b>
<b>2. Posljedice utjecaja klimatskih promjena na slatkovodne ekosustave.....</b>	<b>3</b>
<b>2.1. Promjene temperature.....</b>	<b>3</b>
<b>2.2. Promjene u količini i sastavu padalina.....</b>	<b>4</b>
<b>2.3. Prilagodbe na klimatske promjene.....</b>	<b>4</b>
<b>3. Što su prirodna rješenja u zaštiti ekosustava? .....</b>	<b>6</b>
<b>4. Odabir i korištenje prirodnih rješenja u zaštiti slatkovodnih ekosustava .....</b>	<b>8</b>
<b>4.1. Određivanje ugroza te mogućih rješenja .....</b>	<b>8</b>
<b>4.2. Anketa stanovnika područja te raspoložive financije.....</b>	<b>8</b>
<b>4.3. Odabir najkritičnijih ugroza te prirodnih rješenja u financijskom okviru .....</b>	<b>9</b>
<b>5. Dobrobiti korištenja prirodnih rješenja .....</b>	<b>10</b>
<b>5.1. Opskrba vodom .....</b>	<b>10</b>
<b>5.2. Poljoprivreda i slatkovodni ekosustavi .....</b>	<b>10</b>
<b>5.3. Predviđanja primjene zelene infrastrukture .....</b>	<b>11</b>
<b>6. Pregled prirodnih rješenja u zaštiti slatkovodnih ekosustava u svijetu .....</b>	<b>13</b>
<b>6.1. Tradicionalno prisutna prirodna rješenja .....</b>	<b>13</b>
<b>6.2. Prirodna rješenja u svijetu .....</b>	<b>13</b>
<b>7. Zelena infrastruktura u zaštiti slatkovodnih ekosustava Hrvatske .....</b>	<b>15</b>
<b>7.1. Trenutno stanje i izgledi za budućnost.....</b>	<b>15</b>
<b>7.2. Izgledi za budućnost s prirodnim rješenjima .....</b>	<b>16</b>
<b>7.3. Postojeća prirodna rješenja i prijedlozi uvođenja u Hrvatskoj.....</b>	<b>18</b>
<b>8. Zaključak .....</b>	<b>21</b>
<b>9. LITERATURA.....</b>	<b>22</b>
<b>10. ŽIVOTOPIS.....</b>	<b>28</b>

## **KRATICE**

DHMZ – Državni hidrometeorološki zavod

EU – Europska Unija – European Union

FUP – funkcionalno urbano područje

IBM – Integrirano upravljanje porječjem - Integrated Basin Management

NBS – prirodna rješenja – Natural-Based Solutions

UHI – urbani toplinski otoci – urban heated islands

UNEP – Program Ujedinjenih naroda za okoliš - United Nations Environment Programme

WMO – Svjetska meteorološka organizacija - World Meteorological Organization

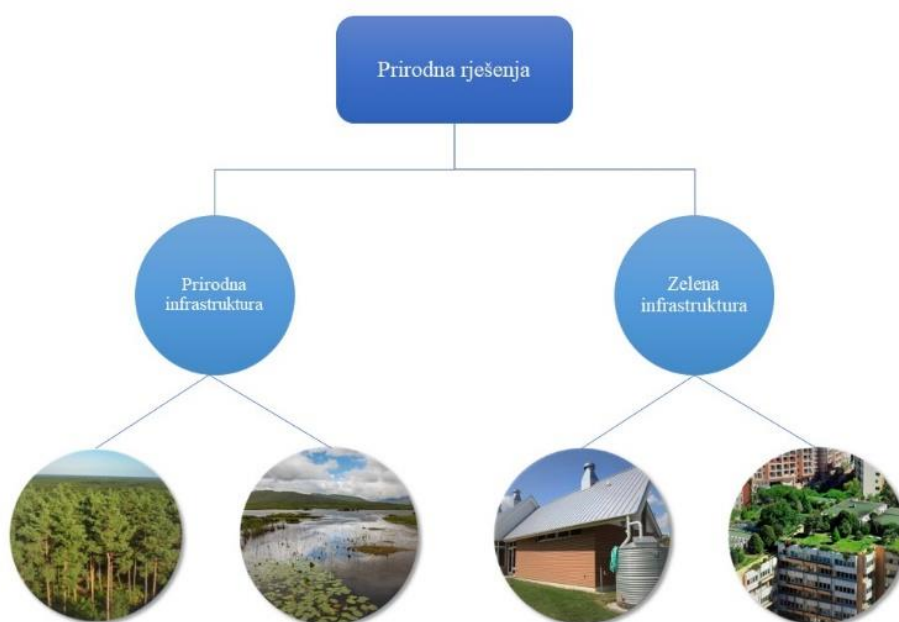
WS&H – sistem sijanja i žetve vode – Water Sowing and Harvesting system



## 1. Uvod

Klimatske promjene javljale su se kroz povijest od stvaranja Zemlje pa do danas. Udarom asteroida na kraju krede došlo je do brojnih požara epskih razmjera, a time i do stvaranja “zastora“ koji je zaklonio Sunce i uzrokovao naglo zahlađenje s kojim se brojne vrste nisu mogle nositi. Vulkanske erupcije krajem perma uzrokovale su globalno zatopljenje koje je dovelo do najvećeg izumiranja u povijesti. Klimatske promjene sastavni su i neizbježni dio života na Zemlji, no ono što razlikuje promjene u povijesti Zemlje od današnjih je radikalni utjecaj čovjeka koji ima za posljedicu brojne promjene u klimatskoj ravnoteži Zemlje koje su neprirodne i negativne za živi svijet (Henson, 2011). Od industrijske revolucije i izgaranja fosilnih goriva do danas došlo je do velikih temperaturnih promjena (npr. lipanj, srpanj i kolovoz 2023. godine u Europi u prosjeku su bili topliji za 0,83 °C od svih prijašnjih mjerenja) (Copernicus Programme, 2023). U usporedbi s time prijašnje promjene događale su se kroz stotine tisuća godina (Henson, 2011). U posljednjim desetljećima velikom brzinom se unaprjeđuje industrijalizacija, urbanizacija te proizvodnja hrane. No unaprjeđenje se trenutno gleda u kvantitativnom, a ne kvalitativnom smislu, što u konačnici nije dobar dugoročan plan. Izgradnja gradova, pretvaranje površina u poljoprivredne te industrijalizacija bez uvida u utjecaj na prirodne površine i ekosustave dovodi do klimatskih promjena na koje infrastruktura nije spremna (Keesstra i sur., 2018). Svjetski sustav hrane čini 30% globalnih emisija stakleničkih plinova (Li, 2022). Ubrzavanjem proizvodnje hrane ubrzano se iskorištavaju i resursi te dolazi do degradacije poljoprivrednih tala zbog čega se nove površine pretvaraju u poljoprivredne te je danas poljoprivreda odgovorna za čak 80% gubitaka prirodnih staništa. Osim narušavanja prirodnih staništa, globalna poljoprivredna proizvodnja iziskuje sustave navodnjavanja koji mogu uzrokovati nestašicu vode (FAO, 2021). U gradovima živi 56% stanovništva, a uzlaznim trendom urbanizacije javljaju se novi izazovi poput toplinskih otoka i poplava kojima postojeća infrastruktura nije dorasla. Neodrživim iskorištavanjem resursa degradiraju se prirodna staništa, dolazi do zagađenja voda i zraka te se narušava globalna stabilnost brojnih ekosustava. Godine 1979. održana je Prva svjetska klimatska konferencija (eng., *First World Climate Conference.*, Ženeva, Švicarska) iz koje je proizašlo Međuvladino tijelo za klimatske promjene (eng. *Intergovernmental Panel on Climate Change*, WMO i UNEP) zaduženo za ispitivanje antropogenog utjecaja na klimatske promjene. Zbog sve većeg zagađenja, šteta uzrokovanih oborinama i manjka pitke vode donesena je Direktiva o poplavama (eng. *Floods*

*Directive*, European Community (2007)) koja obuhvaća smjernice za prevenciju, zaštitu i pripremljenost na moguće poplave u urbanim zonama koje moraju biti u skladu s planovima Okvirne direktive o vodama (eng. *Water Framework Directive*, European Community (2000)) koja obvezuje EU na poboljšanje kvalitete i kvantitete svih voda (Ferreira i sur., 2022a). Sve bolje razumijevanje klimatskih promjena i njihovih utjecaja na ekosustave dovelo je do razvoja prirodnih rješenja NBS koja su prema Međunarodnoj uniji za zaštitu prirode i prirodnih resursa (eng. *International Union for Conservation of Nature - IUCN*) definirana kao „akcije za zaštitu, održivo upravljanje i obnovu prirodnih ili izmijenjenih ekosustava koji efektivno i adaptivno utječu na sociološke izazove, a istodobno osiguravaju korist za ljude i bioraznolikost (IUCN, 2016). Prema Institutu za zaštitu okoliša i energije (eng. *Environmental and Energy Study Institute - EESI*) prirodna rješenja dijele se na prirodnu i zelenu infrastrukturu (Slika 1-1) koje imaju brojne prednosti pred sivom. Zelenu infrastrukturu čine hibridni sistemi sive infrastrukture i prirode (poput zelenih krovova (eng. *green roofs*) (EESI, 2019). Prirodna infrastruktura obuhvaća sva rješenja koja koriste već postojeće prirodne krajolike (FAO, 2021). Biodiverzitet, klimatske promjene i prilagodba: Prirodna rješenja iz portfelja Svjetske banke bilo je izvješće zaslužno za osnivanje NBS-a (Sowińska-Świerkosz i sur., 2022), a daljnji razvitak potiče Europska komisija (Kalsnes i sur., 2019).



Slika 1-1 Prikaz odnosa prirodnih rješenja, prirodne i zelene infrastrukture. Redom su navedeni primjeri za: prirodnu (šume, močvare) (<https://frenchmoments.eu/forest-in-france/>, <https://www.irishwetlands.ie/>) i zelenu infrastrukturu (sakupljanje kišnice, zeleni krovovi) (<https://www.lelandconstruction.com/water-conservation>, <https://bs-europa.eu/category/news-views/>)

## **2. Posljedice utjecaja klimatskih promjena na slatkovodne ekosustave**

### **2.1. Promjene temperature**

Jedna od glavnih značajki klimatskih promjena je povišenje prosječne temperature, no još ozbiljnije je to što taj prosjek čine ekstremi, a ne male oscilacije. Prema Goddardovom Institutu za Svemirske Studije, prosječna temperatura se već povisila za 1,1 °C, a globalni cilj je ograničiti rast na 1,5 do 2 °C. Zatopljenje smanjuje kvalitetu vode i mijenja hidrološke režime zbog čega se u subtropskom i Mediteranskom području očekuju sve izraženije suše, a na višim nadmorskim visinama i u ekvatorijalnom području porast količine padalina. Promjenom uvjeta života organizmi izumiru, mijenjaju staništa ili pak dolazi do prilagodbi i promjena na razini gena što dovodi do promjena u fenotipu i odnosu s drugim organizmima u ekosustavima. Uvjeti u okolišu utječu na vrijeme mriještenja, izlijeganje jaja te na spol potomaka: pri višim temperaturama kod riba prevladava muški spol. Na promjene u temperaturi izrazito su osjetljivi tropski egzotermni organizmi čiji je optimum već blizu vrijednosti koje toleriraju. Iako je na prvi pogled mala razlika između povišenja za 1,5 °C ili za 2 °C, razlika u posljedicama je velika. Ako dođe do povišenja od 2 °C, duplo više jezera će prijeći na termalni režim karakterističan za jezera bliže ekvatoru i 2,25 puta više riječnih ribljih vrsta bit će izloženo uvjetima kojima nikad u povijesti nisu bile izložene (Capon i sur., 2021).

Klimatske promjene su globalne te utječu na atmosfersku cirkulaciju poput Sjeverne atlantske oscilacije o kojoj ovisi klima Zapada i Sjevera Europe. Na slatkovodne ekosustave uvelike utječe zrak koji je u doticaju s površinom na kojoj se očituju razlike u radijaciji, vjetrovima, oblačnosti, temperaturi i vlažnosti zraka. Ovakvu povezanost već vidimo na brojnim primjerima: unatoč dubini od 1600 m, kruženje nutrijenata Bajkalskog jezera je narušeno uslijed godišnjeg povišenja površinske temperature za 0,2 °C kroz posljednjih 60 godina (Kernan i sur., 2010). U Italiji vlada najveća suša u posljednjih 70 godina, a u Mađarskoj se spustila razina Dunava (po duljini druga rijeka Europe) za 1,5 m. U Njemačkoj je Rajnin vodostaj dosegao razinu od svega 40 cm čime je onemogućen promet brojnim plovilima. Zagrijavanjem površinskog sloja jezera zagrijavaju se i dublji slojevi prilikom miješanja voda, ali kod dubokih jezera može doći do nepotpunog miješanja i do hlađenja subtermoklinskog područja, što pogoduje otpuštanju fosfora i cvjetanju alga.

Povišenje temperature također utječe na kamene ledenjake čijim se otapanjem u jezerima višestruko povisuju koncentracije iona, posebice magnezijevih, sulfatnih i kalcijevih, što nepovoljno utječe na pitkost vode (Kenran i sur., 2011).

## **2.2. Promjene u količini i sastavu padalina**

Osim suša, jedna od posljedica promjena je povećanje padalina, čime se voda slijeva sa stijena bogatih otopljenim organskim ugljikom, a smanjenje vremena zadržavanja vode onemogućuje njegovo uklanjanje iz površinskog sloja (D. Hongv, 2004, citirano iz Kernan i sur., 2019). Čestice smanjuju prozirnost, dostupnost nutrijenata i pH vode, povećavaju toksičnost i mijenjaju sastav slatkovodnog ekosustava.

Sredinom dvadesetog stoljeća iz energetske postrojenja u atmosferu su se otpuštale velike količine sumpornog dioksida i dušikovog oksida, čime se smanjio pH kiša. Zbog nastalih šteta, uvedene su mjere kojima se uspjelo smanjiti postotak kiselih kiša za 40% (NSF, 2012). Međutim, i dalje postoji manjak nutrijenata npr. kalcija koji je neophodan za mnoge slatkovodne organizme poput dagnji i zooplanktona, čime se narušava cijeli hranidbeni lanac (Higgins, 2019). U suvremeno doba, ono što se u međuvremenu oporavilo ponovno je pogođeno zbog visokih koncentracija ugljičnog dioksida koji ponovno uzrokuje kisele kiše koje iz tla ispiru važne nutrijente, a u vodenim ekosustavima uzrokuju pomore riba (NSF, 2012). Promjene u količini i učestalosti padalina mijenjaju tokove i vodostaje, tako je u sušnim razdobljima voda plića i mutnija te pruža manje zaštite od visokih temperatura. Pri velikoj količini padalina u vode ulazi i sediment koji smanjuje dostupnost kisika što dovodi do pomora riba i drugih organizama (Kernan i sur., 2011). Jake oborine u urbanim zonama često dovode do prekoračenja kapaciteta kanalizacijskih sustava te otpadne vode završavaju u okolnim rijekama i jezerima.

## **2.3. Prilagodbe na klimatske promjene**

Osim razlika u klimatskim uvjetima, na slatkovodne ekosustave utječu ljudske prilagodbe na same promjene. Povećava se potrošnja vode za rashlađivanje, grade se brane i mijenjaju se vodotoci kako bi se osigurala potrebna količina vode, što je u konačnici kratkoročno rješenje. Kako bi se smanjilo otpuštanje stakleničkih plinova, gradi se sve više malih hidroelektrana, no ne uzima se u obzir njihov utjecaj na ostale sastavnice okoliša i često se grade u zaštićenim područjima. Također, uvođenjem CO<sub>2</sub> u porozne stijene, uvođenjem plodoreda umjesto monokultura, agrošumarstvom,

gnojenjem i drugim izmjenama u poljoprivredi povećava se sekvestracija CO<sub>2</sub> iz atmosfere u tlo. Iako je ovo efektivan način ograničavanja globalnog zatopljenja, sekvestrirani CO<sub>2</sub> može prijeći iz stijena u podzemne vode (Capon i sur., 2021).

### 3. Što su prirodna rješenja u zaštiti ekosustava?

Sve veće zagađenje vode, zraka i tla smanjenjem bioraznolikosti, mijenjam uvjeta u okolišu i narušavanjem kruženja nutrijenata destabilizira svaki ekosustav. Svako prirodno rješenje bez obzira na glavni cilj, na jedan ili više načina pomaže i vodenim i kopnenim ekosustavima ili pak tvori novi umjetni ekosustav (Ferreira i sur., 2022b).

Izgradnjom cesta i zgrada nekoć permeabilne površine postaju nepropusne i mijenjaju hidrološki režim voda. Prekrivanjem samo 30% prirodnih površina kroz koje se voda infiltrira u zemlju, duplo češće dolazi do poplava u 100 godina. Pokazalo se da parkovi, travnjaci, vrtovi i drvoređi ne mogu nadoknaditi te promjene i zato je potrebno integrirati kišne vrtove, jame za odvodnju oborinskih voda (eng. *bioswale*), retencijske bazene (eng. *retention ponds*) i zelene krovove (Ferreira i sur., 2022b). Kišni vrtovi (Slika 3-1- A) sastoje se od vrsta (najčešće autohtonih) cvatućih biljaka, trava, grmlja (ponekad i stabala) s dubokim korijenjem i lokve iz koje se voda polako infiltrira (Clark, 2011). Jame za odvodnju oborinskih voda (Slika 3-1- B) slične su kišnim vrtovima, ali se nalaze uz ceste i parkirališta te upijaju vodu koja se s njih slijeva. Usporavaju infiltraciju vode i pročišćavaju je, a ona se potom ulijeva ili u kanalizaciju ili kroz porozno tlo u podzemne vode (<https://www.esf.edu/ere/endreny/GICalculator/BioswaleIntro.html>). Retencijski bazeni (Slika 3-1 - C) su veće depresije koje zadržavaju oborinske vode i dopuštaju polako upijanje u tlo (<https://info.wesslerengineering.com/blog/stormwater-basins-detention-retention-ponds>). Zeleni krovovi (Slika 3-1 - D) sastoje se od vegetacije zasađene na visoko vodootpornom krovu, a između njih nalazi se sloj za zaštitu od probijanja korijenja i sustav za odvodnju (<https://greenroofs.org/about-green-roofs>).

Na granicama poljoprivrednih zemljišta i slatkovodnih voda, zaštitne zone (eng. *buffer zones*) sprečavaju slijevanje organskih tvari i održavaju temperaturu stabilnom (Buckley i sur., 2012), čime se uspostavlja ravnoteža u slatkovodnim i priobalnim ekosustavima. Zaštitno područje dijeli prirodno stanište od umjetnog, a sastoji se od trava, grmlja i drveća karakterističnih za ciljano područje. Održavanjem vodenog staništa, ribama, vodozemcima i gmazovima se osiguravaju mjesta parenja. Zaštitne zone tvore i koridor za prolazak vrsta poput lisica, medvjeda i srna, a sama vegetacija pruža mjesto za gniježđenje ptica i hibernaciju vodozemaca. Zaštitne zone se mogu nalaziti i uz špilje, gdje osiguravaju mir za šišmiše i druge špiljske vrste (Godfrey, 2015).



Slika 3-1 : Primjeri prirodnih rješenja A) kišnog vrta (<https://www.esf.edu/ere/endreney/GICalculator/RainGardenIntro.html>),  
 B) jame za odvodnju oborinskih voda (<https://stringfixer.com/tags/bioswales>),  
 C) retencijskog bazena (<https://unalab.eu/system/files/2020-02/retention-basins-and-draining-areas-genovas-water-webinar-contribution2020-02-17.pdf>)  
 D) zelenih krovova (<https://www.geoplastglobal.com/en/blog/interesting-green-roof-research-articles/>)

## **4. Odabir i korištenje prirodnih rješenja u zaštiti slatkovodnih ekosustava**

### **4.1. Određivanje ugroza te mogućih rješenja**

Za uvođenje prirodnih rješenja, prvo je potrebno utvrditi koji nepovoljni utjecaji djeluju na koje sastavnice okoliša i u kojoj mjeri. Prema tome se utvrđuje koji utjecaj je najpotrebnije ublažiti. Negativni utjecaj mogu biti suše, neredovite padaline, poplave, urbani toplinski otoci itd., koji se zbog klimatskih promjena javljaju u sve većem dijelu svijeta. Za isti izazov često postoji više rješenja te je potrebno prikupiti topografske i meteorološke podatke kako bi se izabrao najpovoljniji NBS za odabrano područje s optimalnim omjerom troška i dobiti (Dos Anjos, 1998).

### **4.2. Anketa stanovnika područja te raspoložive financije**

Za provođenje istraživanja i potom uvođenje mjera potrebne su investicije, odobrenje vlasti i samih stanovnika. Kako bi se privukli investitori potrebno je usporediti sve prednosti i mane prirodne i sive infrastrukture. Zanimanje stanovnika za očuvanje bioraznolikosti te voljnost plaćanja poreza ovisi o njihovom sociološko-demografskom statusu i individualnim preferencama, a ti podaci se prikupljaju anketom. Anketa provedena u gradu Montpellieru (Hérivaux i sur., 2021) predlaže dva rješenja poplava: suzbijanje širenja urbane zone i izgradnja zelene infrastrukture. Prvi način rješavanja značio bi očuvanje okolnih ekosustava, ali i povećanje gustoće naseljenosti što je manje pozitivno prihvaćeno kod stanovnika udaljenih od centra. Drugi način značio bi uvođenje zelenih krovova, drvoreda i jama za odvodnju oborinskih voda. Nepovoljno je što bi se time smanjile parkirne površine, neke ulice bi postale jednosmjerne te bi moglo doći do bujanja komaraca i alergena. Pokazalo se da većini stanovnika odgovara zelena infrastruktura, a visina poreza koju su spremni platiti odgovara urbano-ruralno gradijentu. Stanovnici bliže centru spremni su više izdvajati zato što su pod većim rizikom od poplava. Zbog svega navedenoga, pravilna anketa mora sadržavati informacije o prednostima i manama svih rješenja (Hérivaux i sur., 2021).



### **4.3. Odabir najkritičnijih ugroza te prirodnih rješenja u financijskom okviru**

Prirodna i zelena infrastruktura ima brojne kobenefite te se može koristiti za istodobno suzbijanje više prijetnji. Jedan od takvih primjera su urbani toplinski otoci (eng. *urban heated islands* - UHI) i zagađenje voda uslijed oborina koji predstavljaju prijetnje u velikim gradovima. Simperler i sur. (2020) nalažu da je potrebno odrediti distribuciju prijetnji kako bi se odredila kritična područja na kojima bi rješenja bila efektivna. Prvo se definira koji parametri određuju prijetnje: za zagađenje voda uslijed oborina analizirani su policiklički aromatski ugljikovodici, ukupne otopljene krutine, cink i terbutrin. Za urbane toplinske otoke gledala se razlika u temperaturi određenog bloka i srednje vrijednosti cijelog grada. Slijedeći korak je odabir strategije implementacije NBS-a. U ovom radu, prva strategija obuhvaća sva područja na kojima se prijetnje preklapaju, dok druga uzima UHI kao prioritet. Druga strategija u obzir uzima i tip kanalizacijskog sustava: u vanjskim dijelovima grada kanalizacijski sustav je razdvojen te se oborinske vode ne pročišćavaju. U ovom primjeru infiltracijski vrtovi, umjetna jezera, močvarna područja te korištenje oborinskih voda za navodnjavanje uzeti su kao rješenja za oba problema. Međutim, potrebno je uzeti u obzir i čimbenike koji bi mogli utjecati i na sama rješenja: izgradnjom na područjima s visokom zagađenosti površinskih voda, došlo bi do zagađenja implementiranih ekosustava. Kako bi se to spriječilo, u ovom primjeru predlažu se dvije mogućnosti: pročišćavanje oborinskih voda ili implementacija NBS-a na područjima s niskom zagađenosti.

## 5. Dobrobiti korištenja prirodnih rješenja

### 5.1. Opskrba vodom

Kratkoročno gledano, zelena i prirodna infrastruktura može biti skuplja opcija od sive, ali dugoročno je uvijek isplativija. Siva infrastruktura treba redovito održavanje i ulaganje energije (Miao i sur., 2000; Ramos i sur., 2007, citirano iz Keesstra i sur., 2018) dok prirodna rješenja koriste tok energije ekosustava i sezonskih promjena (Meli i sur., citirano iz Keesstra i sur., 2018). Osim toga, u današnje doba klimatske promjene donose nove izazove kojima se siva infrastruktura ne može prilagoditi te nastaju velike štete uslijed poplava ili nedostatka vode. U brojnim dijelovima svijeta, ovakvi problemi ublaženi su tradicionalnim načinima poznatim već stotinama godina i dobra su baza za razvoj NBS-a (Kalsnes i sur., 2019). Na primjer, u Ekvadoru u gradu Catacocha, *qochas* ili umjetna jezera s permeabilnim dnom omogućuju dulje vrijeme zadržavanja oborinskih voda u sušnim razdobljima te opskrbljuju 80% stanovništva (Albarracín i sur., 2021). Nedostatak tradicionalnih načina je što je njihova uporabljivost ograničena topografski i meteorološki te na mnogim područjima s istim izazovima nije efektivna. Suvremena prirodna rješenja su prilagodljiva te imaju fizičke, sociološke, političke i ekonomske benefite (Kalsnes i sur., 2019). U Hondurasu se oborine skupljaju na krovovima i potom prelaze u spremnike. Ovim načinom se smanjuju medicinski troškovi zato što je kišnica prikupljena na krovu 80 – 90 % čišća od one prikupljene na tlu te zamjenjuje korištenje vode iz zagađenih rijeka. Prikupljena kišnica služi pojenju stoke i navodnjavaju poljoprivrednih površina u sušnim razdobljima, što ima pozitivan utjecaj na proizvodnju hrane i gospodarstvo (Dos Anjos, 1998).

### 5.2. Poljoprivreda i slatkovodni ekosustavi

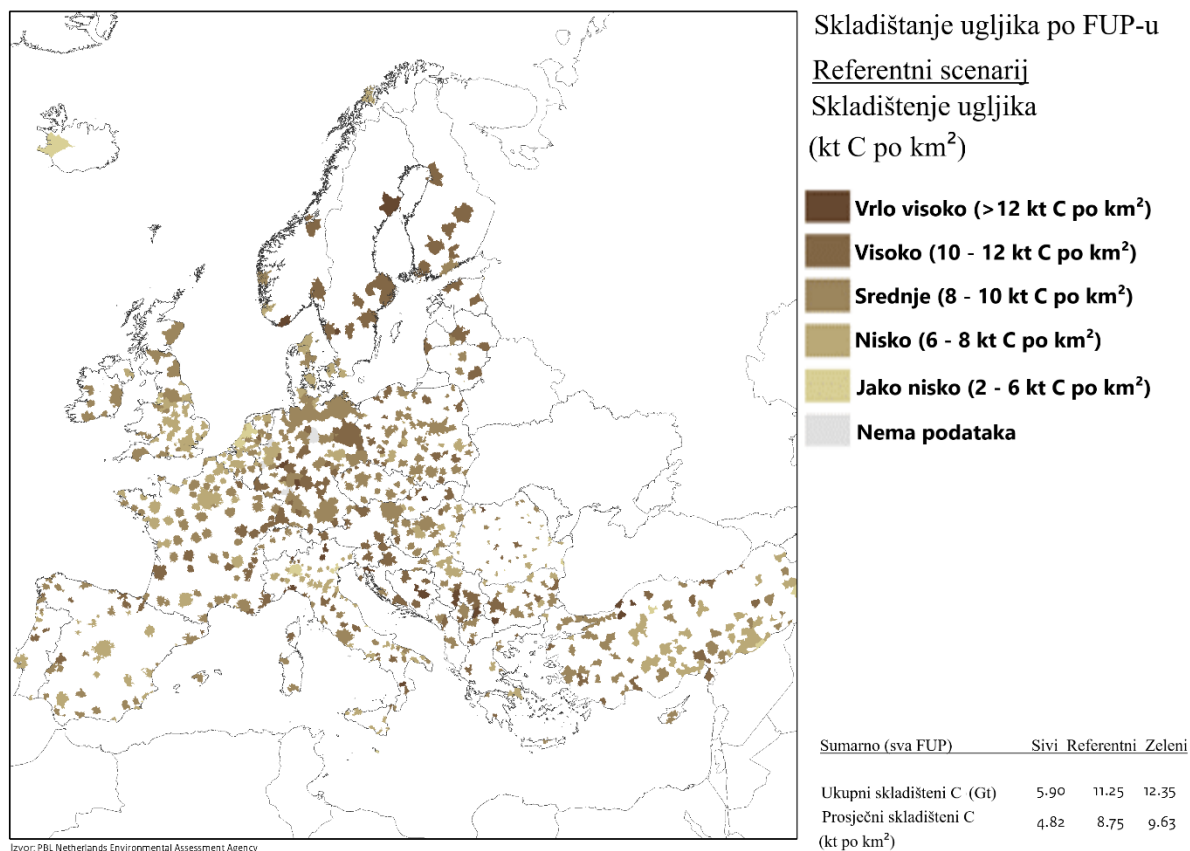
Neodrživo iskorištavanje vodenih resursa i poljoprivrednih površina uzrokuje degradaciju ekosustava. Upotrebom herbicida i intenzivnom obradom tla smanjuje se pokrivenost drugom vegetacijom što dovodi do erozije. Organskom poljoprivredom smanjuje se erozija, zadržavaju se tradicionalne kulture, povećava se bioraznolikost i pospješuje se infiltracija vode. Ona uključuje sadnju pokrovne vegetacije i minimalnu obradu tla čime se pojačava sekvestracija CO<sub>2</sub> i usporava globalno zatopljenje (Novara i sur., 2016; Pereira i sur., 2017., citirano iz Keesstra i sur., 2018). Ublažavanjem erozije manje sedimenta ulazi u slatkovodne ekosustave, a s njim i manje drugih zagađivača poput organskog ugljika.

Tla slivnih područja izložena eroziji mogu se oporaviti kontroliranim pošumljavanjem koje pospješuje infiltraciju vode. Dijelovi manje izloženi eroziji pretvaraju se u travnjake kojima se dobiva otvoreno stanište povoljno za brojne vrste (pogotovo vrste ptica). Ovim načinom osigurava se dovoljna opskrba rijeke vodom što je pogodno za razvoj agro- i eko-turizma (Keesstra i sur., 2018). U djelomično pošumljenim dijelovima temperatura tla je niža (Godinho i sur., 2016, citirano iz Keesstra i sur., 2018), povećana je ektomikoriza s gljivama što poboljšava unos nutrijenata i otpornost na patogene (Azul i sur., 2010, citirano iz Keesstra i sur., 2018).

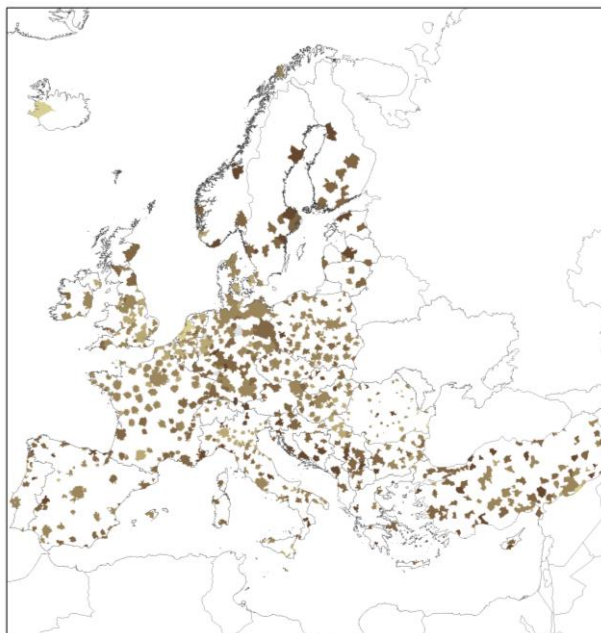
Poljoprivredna gospodarstva usko su vezana uz rijeke, no nekontroliranim širenjem obradivih zemljišta i potpunim uklanjanjem postojeće vegetacije koja zadržava vodu, dolazi do erozije tla. Ona je još izraženija na strminama, a degradacijom obalne vegetacije dolazi do zagađenja slatkih voda. Agrošumarstvo, stvaranje terasa na nizbrdicama, obnavljanjem obalnih zona zaštite i drugim prirodnim rješenjima pogodnim za određeno područje poboljšava se vodni režim te kvaliteta vode i tla. Time dolazi do većeg prinosa u poljoprivredi, smanjenja troškova za pročišćavanje vode i veće proizvodnje hidroenergije (FAO, 2021).

### **5.3. Predviđanja primjene zelene infrastrukture**

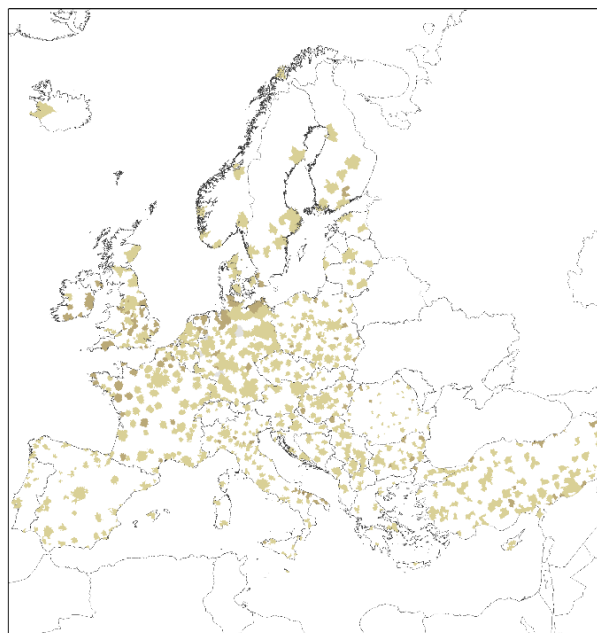
Obzor 2020. (eng. *Horizon 2020*) program je EU za istraživanje i inovacije 2014. – 2020. U okviru njega je napravljen projekt NATURVATION (NATure-based URban innovation) kojim se na temelju podataka iz područja ekonomije, geografije, inovacija i urbanog razvitka procijenio dugoročni utjecaj prirodnih rješenja na urbana područja Europe. Određene su sadašnje mogućnosti skladištenja ugljika i održanja biodiverziteta te trenutna razina rizika od visokih temperatura i poplava u 776 FUP-a. Cilj projekta bio je prikaz trenutnog stanja i usporedba s dva buduća moguća scenarija: u prvom scenariju koristila bi se zelena infrastruktura, a u drugom siva. Na kartama prikazan je potencijal skladištenja ugljika u urbanim zonama Europe (Slika 5-1), potom scenariji u slučaju korištenja zelene (Slika 5-2) i sive (Slika 5-3) infrastrukture. Trenutni kapaciteti skladištenja ugljika iznose 11,25 Gt ukupno te 8,75 kt po km<sup>2</sup>. Prema izračunima, u slučaju nastavka korištenja sive infrastrukture, očekuje se smanjenje ukupnog kapaciteta na 5,90 Gt i prosječnog na 4,82 kt po km<sup>2</sup>. Kad bi se gradovi okrenuli zelenoj infrastrukturi ukupni kapacitet bi se povećao na 12,35 Gt, a prosječni na 9,63 kt po km<sup>2</sup> (NATURVATION 2017-2022).



Slika 5-1 Trenutni potencijal skladištenja ugljika u urbanim zonama Europe prikazano prema legendi desno



Slika 5-2 Skladištenje ugljika u urbanim zonama Europe u slučaju zelenog scenarija tj. prelaska na zelenu infrastrukturu



Slika 5-3 Skladištenje ugljika u urbanim zonama Europe u slučaju sivog scenarija tj. ne uvođenja zelene infrastrukture

## 6. Pregled prirodnih rješenja u zaštiti slatkovodnih ekosustava u svijetu

### 6.1. Tradicionalno prisutna prirodna rješenja

Iako novi pojam, prirodna rješenja u Iberskoj Americi i na Pirenejskom poluotoku već su dobro poznate metode prilagodbe na klimu i prirodne nepogode od brončanog doba (prije 4000 godina) (Martos-Rosillio, 2019). WS&H sustav sastoji se od sijanja tj. sakupljanja oborina i površinskog otjecanja voda u permeabilne stijene koje čine vodonosnik. Žetva tj. ponovno korištenje vode ostvaruje se pomoću bunara, izvora ili drugim načinima preusmjerenja. U suglasju s ekohidrološkim načelima koja nalažu važnost očuvanja odnosa biotičkih i abiotičkih aspekta slatkovodnih ekosustava, sistemi sijanja i žetve povećavaju ne samo dostupnost vode, već pridonose i biodiverzitetu te povećavaju otpornost na klimatske promjene. U Peruu i Ekvadoru *qochas* ili *cochas* su umjetna jezerca s permeabilnim dnom, a kapacitet se ponekad povećava drvenim branama. U aridnoj zoni Anda, na visini većoj od 4000 m koristi se isti princip, ali nastaju plitka jezerca malog kapaciteta. Osim jezera, često se koriste i sustavi kanala poput *bofedalesa* ili *borreguilesa* u Sierrri Nevadi kojima se postiže razvodnjavanje za napajanje stoke. To potiče rast hidrofilnih biljaka koje dodatno usporavaju otjecanje vode i pomažu u regulaciji toka. Najpoznatiji tradicionalni sustavi iskopanih kanala koje su prije više od tisuću godina izgradile pred Inske kulture u Peruu (*amunas*) te muslimanski narodi u današnjoj Španjolskoj na Sierrri Nevadi poznati su pod nazivom (*acequias de careo*) (Albarracín i sur., 2021). Kanali služe prikupljanju oborinskih voda na planinama u vodonosnik koji se nalazi na pola uzvisine. U ljetnim mjesecima voda se ispušta u donju mrežu kanala kojom se navodnjavaju kultivirane terase te ostala poljoprivreda (Martos-Rosillo i sur., 2019).

### 6.2. Prirodna rješenja u svijetu

U Hondurasu, ruralna i rubno urbana područja suočavaju se s nedostatkom vode koju mnoge obitelji nadoknađuju kišnicom. Za upotrebu u kućanstvima, kiša se s krova pomoću odvoda ulijeva u cisternu kapaciteta 200 L ili u bačvu manjeg kapaciteta. U poljoprivredi, kišnica se skuplja s krovova ili tla u izgrađenim mikrobazenima te se transportira u zatvorena ili otvorena spremišta. Ako je bitna količina, a ne kvaliteta vode, kišnica se skuplja na tlu i pomoću cjevovoda se prenosi do rezervoara s branom. Nedostatak ove metode je što si ne mogu sve obitelji priuštiti cisterne

dovoljnih kapaciteta i zatvorena spremišta koja pružaju zaštitu od kontaminacije bakterijama (Dos Anjos, 1998).

Na Mediteranskom području vlada Sredozemna klima s toplim do vrućim ljetima i blagim zimama. Izmjene jakih oborina i suša sve su izraženije uz klimatske promjene te uz neumjerenu obradu poljoprivrednih površina, korištenje herbicida i neodrživo iskorištavanje vodenih resursa dolazi do narušavanja mediteranskih ekosustava. Erozijska tla još je izraženija u vinogradima zbog strmog terena. Kao prirodno rješenje koristi se organska poljoprivreda kojom su tla otpornija na eroziju, lakše vežu CO<sub>2</sub> i zato su bogatija ugljikom. U vinogradima Mediterana kroz pet godina, organska tla sadržavala su 14% više ugljika od tla obrađivanih tradicionalnim načinima (García-Díaz i sur., 2016; Kirchhoff i sur., 2017, citirano iz Keesstra i sur., 2018). Još jedan od primjera oporavka tla je prirodno pošumljavanje kojem su od 1950. godine u Sloveniji prepuštene napuštene poljoprivredne površine slivnog područja. Kroz 30 do 50 godina većina površina obrasla je šumom, no to je imalo negativan učinak na rijeku zato što je u ljetnim mjesecima šuma iskorištavala većinu vode te je rijeka presušila. Time je zaključeno da je potrebno planirano pošumljavanje kako bi se postigao optimalan učinak (Keesstra i sur., 2018).

Djelomično pošumljavanje pašnjaka s hrastom tradicionalno se koristi u Španjolskoj i Portugalu, no uz minimalne promjene u održavanju dolazi do degradacije šuma ili pašnjaka (Pinto-Correia and Mascarenhas, 1999; Pinto-Correia i sur., 2016, citirano iz Keesstra i sur., 2018). Ovisno o području u kojem se primjenjuju, razvile su se tehnike koje nadomještaju taj nedostatak. Sadnjom različitih vrsta mahunarki (Teixeira i sur., 2011, citirano iz Keesstra i sur., 2018) osigurava se cjelogodišnja pokrivenost pašnjaka i zemlja se obogaćuje organskim tvarima. Sađenjem grmlja i drveća također se pospješuje učinkovitost obalnih zaštitnih zona uz slatkovodne ekosustave. Kako bi se riješile nepogode u urbanim zonama, sve više gradova okreće se zelenoj infrastrukturi. Augustenborg u Švedskoj je grad s najvećom površinom zelenih krovova (10 000 m<sup>2</sup>) u Skandinaviji. Uz ostalu zelenu infrastrukturu poput kanala, bara i močvara bioraznolikost se povećala za 50%, a od 2009. do 2014. nije bilo poplava (Keesstra i sur., 2018).

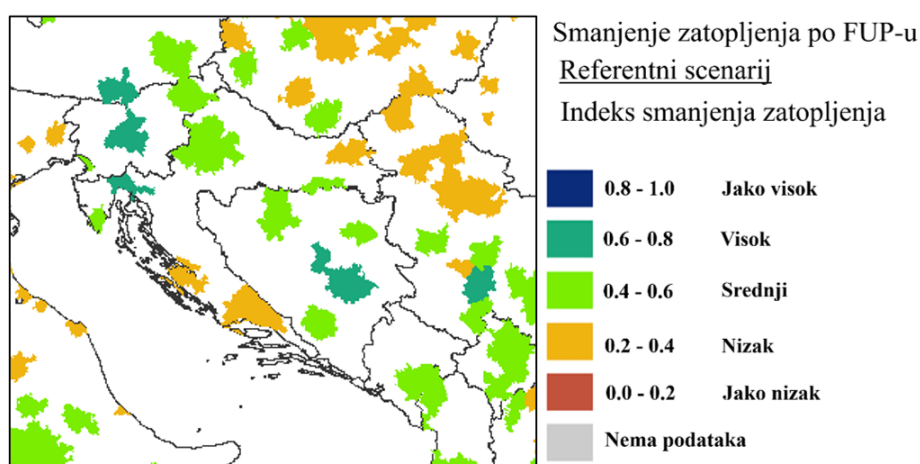
## **7. Zelena infrastruktura u zaštiti slatkovodnih ekosustava Hrvatske**

### **7.1. Trenutno stanje i izgledi za budućnost**

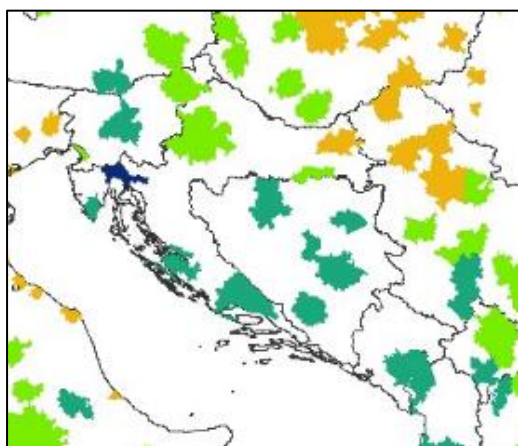
U Republici Hrvatskoj poznato je skoro 40 000 vrsta biljaka i životinja od čega su 3% endemske vrste. Zavod za zaštitu okoliša i prirode (ZZOP) Ministarstva gospodarstva i održivog razvoja (MINGOR) redovno ažurira Crvene knjige i Crvene popise koji sadrže podatke o trenutno ugroženim vrstama u Hrvatskoj. Od skoro 3000 vrsta na popisu, najveći udio imaju vrste slatkovodnih riba. Prekomjeren ribolov, zagađenje otpadom i otpadnim vodama, gradnja hidroelektrana i odvodnih kanala, klimatske promjene te unošenje stranih i invazivnih vrsta riba najveće su ugroze za slatkovodne ekosustave. Hrvatska obiluje slatkim vodama koje nisu samo izvori prirodne ljepote, već i izvori života. Osim što čine staništa za brojne životinje, osiguravaju pitku vodu te razvoj poljoprivrede. Prema Eurostatu (2023), prosječna opskrba obnovljivim izvorima slatke vode po stanovniku u zemljama EU iznosi četiri do pet tisuća m<sup>3</sup>. Naspram toga, Hrvatska raspolaže s 30 tisuća m<sup>3</sup> po stanovniku čime zauzima prvo mjesto u EU. Prema meteorološkim podacima za dekadna razdoblja od 1961. do 2010. godine, došlo je do porasta srednje, srednje minimalne i srednje maksimalne temperaturne vrijednosti u skladu s globalnim zatopljenjem. Iako količine oborina za to razdoblje ne pokazuju značajne trendove, uočeno je povećanje sušnih razdoblja (uzastopnih dana s dnevnom količinom padalina do 10 mm) u gorju i duž Jadrana, a smanjenje u unutrašnjosti što odgovara pozitivnom trendu kišnih razdoblja (uzastopnih dana s dnevnom količinom padalina većom od 10 mm). Simulacijom DHMZ-a budućih klimatskih promjena prema modelu ENSEMBLES, za razdoblje od 2011. do 2040. očekuje se porast temperature za 1,5 do 2 °C na području Dalmacije ljeti te na području kontinentalne Hrvatske zimi. Do kraja 21. stoljeća predviđa se porast za 3 do 4 °C zimi te 4 do 5 °C ljeti. Za razdoblje do 2040. godine predviđa se porast padalina od 5 do 15% zimi u sjeverozapadnom dijelu Hrvatske i Kvarneru te smanjenje od -5 do -15% ljeti u dalmatinskom zaleđu i gorju. Krajem 21. stoljeća procjenjuje se smanjenje oborina ljeti od - 15% do - 25% u središnjoj, istočnoj Hrvatskoj i Istri, a u većem dijelu zaleđa i Primorja te u gorskoj Hrvatskoj od - 25% do - 35% . Sveukupno, projicirane su ekstremne temperature, toplinski valovi, nepredvidljive oborine i oluje (Svetina i sur., 2018.).

## 7.2. Izgledi za budućnost s prirodnim rješenjima

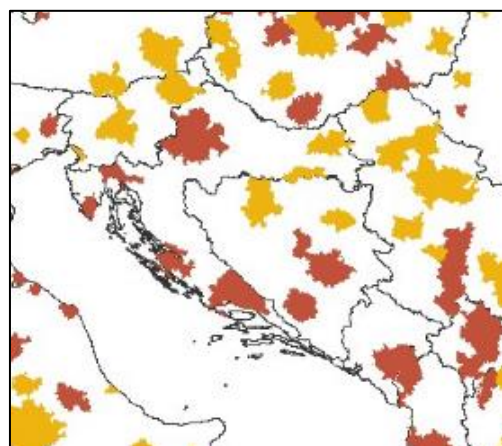
Projektom NATURAVATION procijenio se potencijal smanjenja topline tj. potencijal suzbijanja urbanih toplinskih otoka na području Europe. U Hrvatskoj bi se implementacijom zelene infrastrukture povećao indeks smanjenja topline s niskog (0,2 – 0,4) (Slika 7-1) na visoki (0,6 – 0,8) i vrlo visoki (0,8 – 1,0) na priobalnom području, a u kontinentalnom dijelu indeks bi ostao isti (Slika 7-2). U slučaju nastavka korištenja sive infrastrukture, indeks bi pao na niski (0,2 – 0,4) i vrlo niski (0,0 – 0,2) na cijelom istraženom području Hrvatske (Slika 7-3).



Slika 7-1 Indeks potencijalnog smanjenja zatopljenja u urbanim zonama s obzirom na trenutne uvjete označen legendom desno



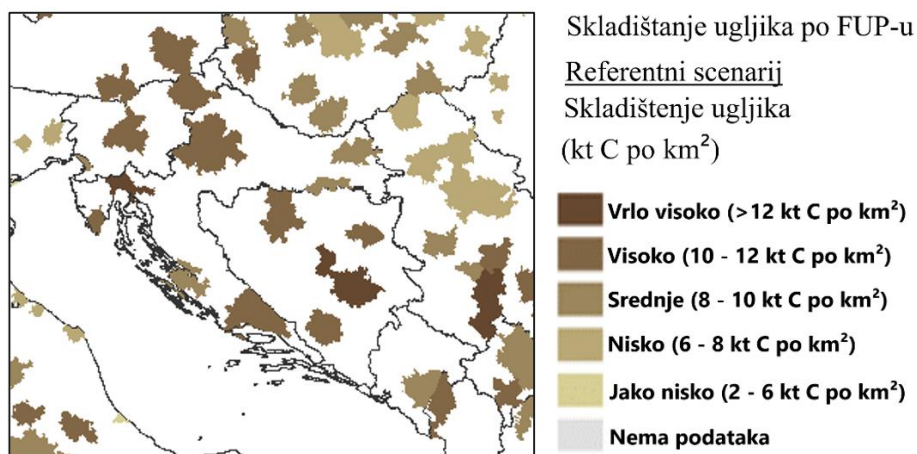
Slika 7-2 Indeks potencijalnog smanjenja zatopljenja u zelenom scenariju tj. uvođenjem zelene infrastrukture u urbane zone



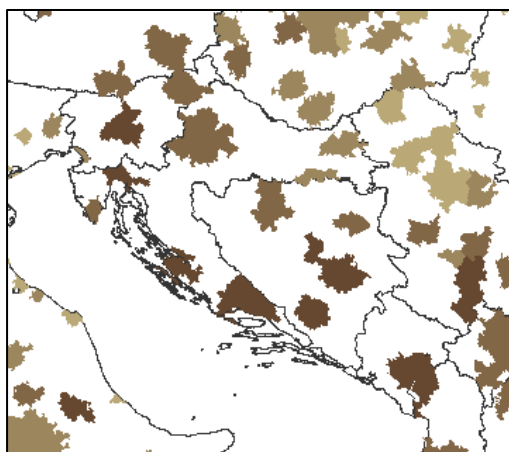
Slika 7-3 Indeks potencijalnog smanjenja zatopljenja u sivom scenariju tj. korištenjem sive infrastrukture u urbanim zonama.



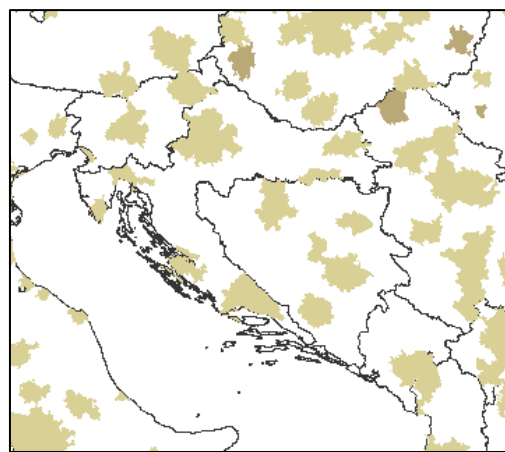
Hrvatska ima i dobar potencijal skladištenja ugljika u urbanim zonama (Slika 7-4) koji bi se u zelenom scenariju (Slika 7-5) u području Zadra povisio sa srednjeg (8 – 10 kt C po km<sup>2</sup>) na vrlo visoko skladištenje (10 – 12 kt C po km<sup>2</sup>), na jugu s visokog (10 – 12 kt C po km<sup>2</sup>) na vrlo visoko (> 12 kt C po km<sup>2</sup>), a u ostalim dijelovima bi zadržao trenutno stanje. U sivom scenariju došlo bi do smanjenja na jako nisko (2 – 6 kt C po km<sup>2</sup>) u svim urbanim zonama (Slika 7-6) (NATURVATION 2017-2022).



Slika 7-4 Trenutno potencijalno skladištenje ugljika u FUP-ovima Hrvatske. Kategorije su označene bojama prema legendi desno



Slika 7-5 Potencijalno skladištenje ugljika u zelenom scenariju u FUP-ovima Hrvatske



Slika 7-6 Potencijalno skladištenje ugljika u sivom scenariju u FUP-ovima Hrvatske

### 7.3. Postojeća prirodna rješenja i prijedlozi uvođenja u Hrvatskoj

Park prirode Lonjsko polje sa sedam staništa i 89 vrsta koje se nalaze na popisu Direktive o staništima EU (eng. *EU Habitats Directive*), prepoznato je kao bitno područje za planiranje zaštite te je 2006. započet projekt IBM Hrvatska u sklopu programa LIFE Europske Unije. U sklopu projekta promovirao se tradicionalni način uporabe tla, restaurirale su se površine pogođene ratom te se izgradila pješačka i biciklistička staza. Izradom i provedbom Plana upravljanja poboljšali su se izgledi očuvanja staništa te kontrole poplava (IBM, 2006).

Čakovec i okolna naselja od poplava Međimurskih potoka štite brojne retencije. Napuštanje obradivih površina i livada omogućilo je širenje retencija te stvaranje staništa za brojne vrste ptica, gmazova, vodozemaca, riba, ali i beskralježnjaka (Flinčec i Gregorinčić, 2014).

U Puli se obnavljanjem trgova, obilaznica i ulica uvode i prirodna rješenja za zaštitu od poplava te se može vidjeti njihov pozitivan učinak (Slika 7-7) (Uzelac, 2021).

Vodoopskrbni sustav grada Zadra služi se s nekoliko slatkovodnih izvora koji su dostatni za grad. Međutim, otoci nemaju otvorene slatke vode, podzemne su zaslanjene, a još se ne provodi desalinizacija koja je predložena kao najbolje rješenje za otoke Olib, Silbu i Premudu. Najveći dio vodoopskrbe čini kišnica koja se često drži u nečistim cisternama. Oborine nisu dostatne kroz cijelu godinu,



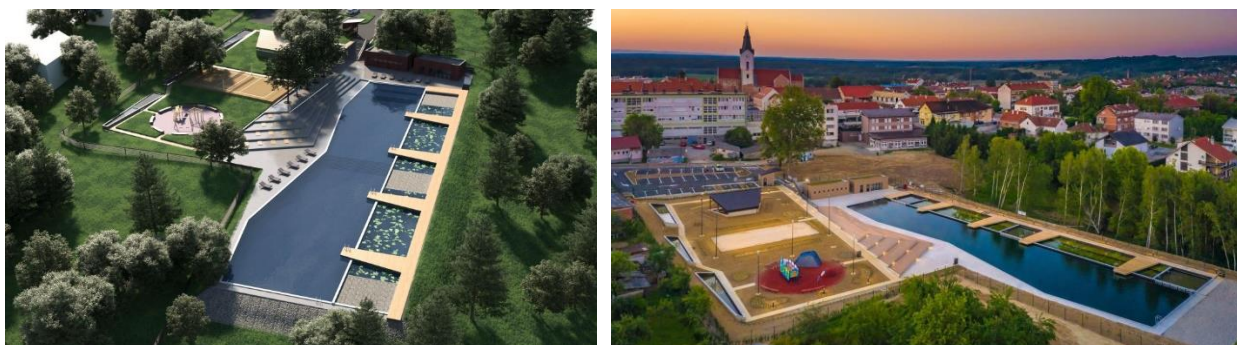
Slika 7-7 Kišni vrt uz cestu u Nazorovoj ulici u Puli  
(<https://www.glasistre.hr/pula/tatjana-uzelac-moji-kisni-vertovi-su-jeftiniji-od-klasickih-sustava-odvodnje-za-novac-koji-je-grad-ustedio-na-odvodnji-zaobilaznice-napravljeni-su-i-trg-kralja-tomislava-i-gradski-bazeni-701867>)

a pogotovo u ljetnim mjesecima kad se poveća broj korisnika i zato se dovozi voda s kopna u vodonoscima. Grow Green (*Green Cities for Climate and Water Resilience, Sustainable Economic*

*Growth, Healthy Citizens and Environments*) je projekt EU koji se provodi u sklopu programa Obzor 2020. Cilj projekta je stvaranje otpornosti gradova na klimatske promjene, a jedan od uključenih gradova je i Zadar. Stoga je napravljen Nacrt Strategije primjene prirodnih rješenja u prilagodbi na klimatske promjene za Grad Zadar. Nacrt predlaže sveobuhvatnu primjenu prirodnih rješenja u gradu, ali i na otocima i okolnom području čime bi se smanjile štete te bi voda bila dostupnija i na otocima

U Zagrebu, zelene promenade poput Strossmayerovog šetališta, Zrinjevca, Jurišićeve ulice i sjevernog dijela Gajeve čine mjesta okupljanja, smanjuju promet i utjecaj UHI-a. Predlažu se nove intervencije poput sadnje drvoreda u Čanićevoj ulici i uređenja zelene promenade u Marićevoj ulici. Remiza na Trešnjevci prostor je obuhvaćen pilot projektom tj. projektom koji bi služio razvoju metodološke osnove za primjenu zelene infrastrukture u drugim dijelovima grada. Sastoji od zelenih krovova, drvoreda i livada, zelenih zona za boravak i druženje s pristupom pitkoj vodi, a provedena je anketa prema kojoj su građani prihvatili ovaj prijedlog. Sa Medvednice se slijevaju brojni potoci od kojih se 31 naziva „Zagrebačkim potocima“. Dosad se mijenjala regulacija bez uvažavanja prirodnih obilježja te su se donji tokovi zatvarali u podzemna korita. Kako bi se očuvala flora i fauna, te se otvorile nove edukacijske i rekreacijske mogućnosti, donesena je odluka o revitalizaciji gradskih potoka (Grad Zagreb, Gradski ured za strategijsko planiranje i razvoj Grada, 2021).

Prvi javni biološki bazen realiziran je u gradu Čazmi, čime je ostvaren ne samo prirodni izgled vodenog sustava već se funkcionalnost pročišćavanja bazena održava zahvaljujući vodenim biljkama i mikroorganizmima (Slika 7-8).



Slika 7-8 Javni biološki bazen u Čazmi: A) idejno rješenje (<https://www.cazma.hr/vijesti/u-tijeku-javna-nabava-za-gradnju-biologskog-bazena/?cn-reloaded=1>); B) konačno rješenje i implementacija bazena u prostor (<https://lokalni.vecernji.hr/gradovi/biologski-bazen-u-cazmi-dobio-uporabnu-dozvolu-25686>).

Iz priloženog se može vidjeti da Hrvatska ima dobre izgleda u prilagodbi na klimatske promjene u slučaju primjene prirodnih rješenja za slatkovodne ekosustave. Veliko bogatstvo šuma i slatkih voda daju nam mogućnosti koje mnoge zemlje nemaju, no da bi se to bogatstvo održalo potrebno je uvesti zelenu infrastrukturu te druga prirodna rješenja na područjima izvan gradova. Smanjenjem povišenja temperature i sekvestracijom ugljika zaštitili bi se brojni ekosustavi, uključivo i slatkovodni. Projekte poput Grow Green-a potrebno je dovesti u realizaciju kako bi se držali u korak s klimatskim promjenama, za kojima sada već kasnimo.

## 8. Zaključak

Globalne klimatske promjene uzrokovane ljudskom djelatnošću započele su mnogo prije nego smo počeli osjećati njihove posljedice, a u posljednjim godinama svjedočimo nagle promjene. Iako se već dugo ukazuje na probleme koje nosi sadašnji neodrživi razvoj, preventivne mjere nisu poduzete. Tek s pojavom posljedica, počelo se raspravljati o mogućim rješenjima, a prirodna rješenja se do sad pokazuju kao najefikasnija. Iako novi pojam, mnoga se koriste u kulturama od davnina sve do danas zbog svoje učinkovitosti i održivosti. Mnogo čimbenika ne možemo vratiti na prvobitno stanje, ali implementacijom prirodnih rješenja mogle bi se ublažiti posljedice. Smanjenje povišenja temperature, poboljšanje kakvoće vode i zraka utjecalo bi na mnoge aspekte, uključivo i slatkovodne ekosustave čije održanje je neophodno za opskrbu pitkom vodom, opstanak poljoprivrede i ljudi. Unatoč trenutnoj situaciji, još uvijek se kratkoročno gleda na profit i ekonomski rast. Uspoređuju se samo početne razlike u cijeni „jeftinih“ sivih i „skupih“ prirodnih rješenja, no kad bi se u obzir uzele materijalne štete uslijed klimatskih promjena, vidjelo bi se da je ulaganje u prirodna rješenja profitabilnije. Oluje, kišna i sušna razdoblja, toplinski valovi i druge nepogode mogle bi se u potpunosti ili djelomično savladati. Poljoprivreda bi se lakše održavala, gradovi bi se očuvali od poplava, a sačuvalo bi se i zdravlje ljudi.

Kako bi prevladali izazove i kako bi se održali kao civilizacija, moramo se okrenuti pogledu na budućnost kroz više generacija i održivi razvoj u cjelini.

## 9. LITERATURA

- Abell, R. (2017). Beyond the Source Acknowledgments. *The Nature Conservancy*, 245.
- Albarracín, M., Ramón, G., González, J., Iñiguez-Armijos, C., Zakaluk, T., & Martos-Rosillo, S. (2021). The Ecohydrological Approach in Water Sowing and Harvesting Systems: The Case of the Paltas Catacocha Ecohydrology Demonstration Site, Ecuador. *Ecohydrology and Hydrobiology*, 21(3), 454–466. <https://doi.org/10.1016/j.ecohyd.2021.07.007>
- Azul, A.M., Sousa, J.P., Agerer, R., Martín, M.P., Freitas, M., 2010. Land use practices and ectomycorrhizal fungal communities from oak woodlands dominated by *Quercus suber* L. considering drought scenarios. *Mycorrhiza* 20, 73–88.
- Buckley, C., Hynes, S. & Mechan, S. (2012). Supply of an ecosystem service—Farmers’ willingness to adopt riparian buffer zones in agricultural catchments. *Environmental Science & Policy*, 24: 101–109. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2012.07.022>
- Capon, S. J., Stewart-koster, B., & Bunn, S. E. (2021). Future of Freshwater Ecosystems in a. 9 (November), 1–7. <https://doi.org/10.3389/fenvs.2021.784642>
- Clark, R. (2011). University of Massachusetts Amherst. Rain Gardens: A Way to Improve Water Quality. <https://ag.umass.edu/landscape/fact-sheets/rain-gardens-way-to-improve-water-quality>
- Cohen-Sachman, E., Walters, G., Janzen, C., Maginnis, S. (2016). Nature-based Solutions to Address Global Societal Challenges. Gland, Switzerland. [https://serval.unil.ch/resource/serval:BIB\\_93FD38C8836B.P001/REF](https://serval.unil.ch/resource/serval:BIB_93FD38C8836B.P001/REF)
- Copernicus Programme, (2023). Ljeto 2023.: najtoplije ikada zabilježeno. [https://climate.copernicus.eu/sites/default/files/2023-09/C3S\\_MonthlyMaps\\_August%202023-CRO.docx](https://climate.copernicus.eu/sites/default/files/2023-09/C3S_MonthlyMaps_August%202023-CRO.docx)
- Dos Anjos, N. D. F. R. (1998). Source book of alternative technologies for freshwater augmentation in Latin America and the Caribbean. *International Journal of Water Resources Development*, 14(3), 365-398.

- EESI. (2019). Fact Sheet: Nature as Resilient Infrastructure – An Overview of Nature-based Solutions | White Papers | EESI [online]. <https://www.eesi.org/papers/view/fact-sheet-nature-as-resilient-infrastructure-an-overview-of-nature-based-solutions>
- European Commission. (2006). Central Posavina - Wading toward Integrated Basin Management. LIFE05 TCY/CRO/000111
- European Community. (2000). Directive 2000/60/EC of the European Parliament and of the council establishing a framework for community action in the field of water policy. Off J Eur Commun L327
- European Community. (2007). Directive 2007/60/EC of the European Parliament and of the Council of 23 October 2007 on the assessment and management of flood risks. Official Journal of the European Community L288/
- Eurostat (2023). Water statistics. [https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Water\\_statistics&oldid=204654#Water\\_uses](https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Water_statistics&oldid=204654#Water_uses)
- FAO & TNC. (2021). NBS in Agriculture: The case and pathway for adoption. <http://www.fao.org/3/cb3141en/CB3141EN.pdf>
- Ferreira, C. S. S., Potočki, K., Kapović-Solomun, M., & Kalantari, Z. (2022a). Nature-Based Solutions for Flood Mitigation and Resilience in Urban Areas. Handbook of Environmental Chemistry, 107(November), 59–78. [https://doi.org/10.1007/698\\_2021\\_758](https://doi.org/10.1007/698_2021_758)
- Ferreira, V., Barreira, A. P., Pinto, P., & Panagopoulos, T. (2022b). Understanding attitudes towards the adoption of nature-based solutions and policy priorities shaped by stakeholders' awareness of climate change. Environmental Science and Policy, 131(April 2021), 149–159. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2022.02.007>
- Flinčec, B., Gregorinčić, S. (2014). Flora dviju međimurskih retencija- Križopotja i Jegerseka.
- García-Díaz, A., Allas, R.B., Gristina, L., Cerdà, A., Pereira, P., Novara, A. (2016). Carbon input threshold for soil carbon budget optimization in eroding vineyards. Geoderma 271, 144–149. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2016.02.020>

- Godfrey, M. (2015). The Nature Conservancy (TNC). Reducing Ecological Impacts of Shale Development: Recommended Practices for the Appalachians. Ecological Buffers. <https://www.nature.org/media/centralapps/recommended-shale-practices-ecological-buffers.pdf>
- Godinho, S., Gil, A., Guiomar, N., Costa, M.J., Neves, N. (2016). Assessing the role of Mediterranean evergreen oaks canopy cover in land surface albedo and temperature using a remote sensing-based approach. *Appl. Geogr.* 74, 84–94.
- Grad Zagreb, Gradski ured za strategijsko planiranje i razvoj Grada (2021). Rješenja utemeljena na prirodi: Priručnik za primjenu u urbanom području Grada Zagreba. 70.
- Hérivaux, C., & Coent, P. Le. (2021). Introducing nature into cities or preserving existing peri-urban ecosystems? Analysis of preferences in a rapidly urbanizing catchment. *Sustainability (Switzerland)*, 13(2), 1–36. <https://doi.org/10.3390/su13020587>
- Higgins, S. (2019). 2016-2023 International Institute for Sustainable Development. Calcium: Why it matters in fresh water—and the risks of low levels. <https://www.iisd.org/ela/blog/commentary/calcium-matters-fresh-water-happens-not-enough/>
- Kalsnes, B., & Capobianco, V. (2019). Nature-Based Solutions - Landslides Safety Measures (Issue September).
- Keesstra, S., Nunes, J., Novara, A., Finger, D., Avelar, D., Kalantari, Z., & Cerdà, A. (2018). The superior effect of nature based solutions in land management for enhancing ecosystem services. *Science of the Total Environment*, 610–611, 997–1009. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.08.077>
- Kernan, M., Battarbee, R. W., & Moss, B. (2010). Climate Change Impacts on Freshwater Ecosystems. In *Climate Change Impacts on Freshwater Ecosystems* (Issue June 2019). <https://doi.org/10.1002/9781444327397>
- Kirchhoff, M., Rodrigo Comino, J., Seeger, M., Ries, J.B. (2017). Soil erosion in sloping vineyards under conventional and organic land use managements (Saar-Mosel valley, Germany). *Cuadernos de Investigación Geográfica* 43, 119–140.



- Li, M., Jia, N., Lenzen, M., Malik, A., Wei, L., Jin, Y. and Raubenheimer, D. (2022). Global food-miles account for nearly 20% of total food-systems emissions. *Nature Food*, 3(6): 445–453. DOI: 10.1038/s43016-022-00531-w
- Martos-Rosillo, S., Ruiz-Constán, A., González-Ramón, A., Mediavilla, R., Martín-Civantos, J. M., Martínez-Moreno, F. J., ... & Durán, J. J. (2019). The oldest managed aquifer recharge system in Europe: New insights from the Espino recharge channel (Sierra Nevada, southern Spain). *Journal of Hydrology*, 578, 124047.
- Meli, P., Benayas, J.M.R., Balvanera, P., Ramos, M.M. (2014). Restoration enhances wetland biodiversity and ecosystem service supply, but results are context-dependent: a meta-analysis. *PLoS One* 9 (4), e93507.
- Miao, Z.W., Bai, Z.K., Gao, L. (2000). Ecological rebuilding and land reclamation in surface mines in Shanxi Province, China. *J. Environ. Sci.* 12 (4), 486–497.
- NATURVATION (2017-2022). European Assessment Maps. <https://naturvation.eu/assessment/maps.html>
- NSF: National Science Foundation (2012). Acid Rain: Scourge of the Past or Trend of the Present? <https://new.nsf.gov/news/acid-rain-scourge-past-or-trend-present>
- Pereira, P., Brevik, E., Muñoz-Rojas, M., Miller, B. (2017). Soil mapping and processes models applied to modern challenges. *Soil Mapping and Process Modelling for Sustainable Land Use Management*. ELSEVIER, Amsterdam (ISBN: 9780128052006).
- Pinto-Correia, T., Almeida, M., Gonzalez, C. (2016). A local landscape in transition between production and consumption goals: can new management arrangements preserve the local landscape character. *Geografisk Tidsskrift - Danish, J. Geogr.* 116 (1): 33–43. <http://dx.doi.org/10.1080/00167223.2015.1108210>.
- Pinto-Correia, T., Mascarenhas, J. (1999). Contribution to the extensification/intensification debate: new trends in the portuguese Montado. *Landsc. Urban Plan.* 46, 125–131
- Ramos, M.C., Cots-Folch, R., Martínez-Casasnovas, J.A. (2007). Sustainability of modern land terracing for vineyard plantation in a Mediterranean mountain environment—the case of the Priorat region (NE Spain). *Geomorphology* 86 (1), 1–11.

- Simperler, L., Ertl, T., & Matzinger, A. (2020). Spatial compatibility of implementing nature-based solutions for reducing urban heat islands and stormwater pollution. Sustainability (Switzerland), 12(15), 1–16. <https://doi.org/10.3390/su12155967>
- Sowińska-Świerkosz, B., García J. (2022). What are Nature-based solutions (NBS)? Setting core ideas for concept clarification, Nature-Based Solutions, Volume 2, 100009, ISSN 2772-4115, <https://doi.org/10.1016/j.NBSj.2022.100009>.
- Svetina, B., Grčić, G. & Malešević, T. (2018). Grad Zadar: Strategija primjene prirodnih rješenja u prilagodbi na klimatske promjene. <https://www.grad-zadar.hr/repos/doc/Nacrt%20Strategije%20primjene%20prirodnih%20rjesenja%20u%20prilagodbi%20na%20klimatske%20promjene%20za%20Grad%20Zadar.pdf>
- Teixeira, R.F.M., Domingos, T., Costa, A.P.S.V., Oliveira, R., Farropas, L., Calouro, F., Barradas, A.M., Carneiro, J.P.B.G. (2011). Soil organic matter dynamics in Portuguese natural and sown rainfed grasslands. Ecol. Model. 222:993–1001. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2010.11.013>.
- World Bank. (2008). Biodiversity, Climate Change, and Adaptation : Nature-based Solutions from the World Bank Portfolio. © World Bank, Washington, DC. <http://hdl.handle.net/10986/6216> License: CC BY 3.0 IGO.

Izvori s web - stranica:

<https://bs-europa.eu/category/news-views/> (pristupljeno 20.7.2023.)

<https://frenchmoments.eu/forest-in-france/> (pristupljeno 20.7.2023.)

<https://greenroofs.org/about-green-roofs> (pristupljeno 15.6.2023.)

<https://info.wesslerengineering.com/blog/stormwater-basins-detention-retention-ponds> (pristupljeno 25.7.2023.)

<https://lokalni.vecernji.hr/gradovi/bioloski-bazen-u-cazmi-dobio-uporabnu-dozvolu-25686> (pristupljeno 2.9.2023.)

<https://stringfixer.com/tags/bioswales> (pristupljeno 21.6.2023.)

<https://unalab.eu/system/files/2020-02/retention-basins-and-draining-areas-genovas-water-webinar-contribution2020-02-17.pdf> (pristupljeno 21.6.2023.)

<https://www.cazma.hr/vijesti/u-tijeku-javna-nabava-za-gradnju-bioloskog-bazena/> (pristupljeno 5.9.2023.)

<https://www.esf.edu/ere/endreny/GICalculator/BioswaleIntro.html> (pristupljeno 15.6.2023.)

<https://www.esf.edu/ere/endreny/GICalculator/RainGardenIntro.html> (pristupljeno 15.6.2023.)

<https://www.geoplastglobal.com/en/blog/interesting-green-roof-research-articles/> (pristupljeno 15.6.2023.) (pristupljeno 15.6.2023.)

<https://www.glasistre.hr/pula/tatjana-uzelac-moji-kisni-vrtovi-su-jeftiniji-od-klasicnih-sustava-odvodnje-za-novac-koji-je-grad-ustedio-na-odvodnji-zaobilaznice-napravljeni-su-i-trg-kralja-tomislava-i-gradski-bazeni-701867> (pristupljeno 5.9.2023.)

<https://www.irishwetlands.ie/> (pristupljeno 15.7.2023.)

<https://www.lelandconstruction.com/water-conservation> (pristupljeno 15.7.2023.)

## 10. ŽIVOTOPIS

Rođena sam 1999. u Zagrebu, a odrasla sam u Velikoj Gorici gdje sam i završila Osnovnu školu Nikole Hribara. Uz osnovno obrazovanje bavila sam se sviranjem gitarom te sam završila osnovnu glazbenu školu unutar Umjetničke škole Franje Lučića. Srednjoškolsko obrazovanje sam stekla u II. gimnaziji u Zagrebu u sklopu koje sam se bavila lidranom te sam prisustvovala na Državnoj smotri Lidrana 2017. godine s grupnom predstavom. Životinje su mi oduvijek bile dio života, pogotovo konji kojima sam se bavila dugi niz godina. Od malena sam voljela prirodu kojoj me približio djed koji se bavio voćarstvom i veterinom te majka koja me često vodila na izlete. Iako sam 2018. godine upisala Fakultet elektrotehnike i računarstva u Zagrebu, iduće godine odlučila sam upisati studij Biologije na Prirodoslovno-matematičkom fakultetu u Zagrebu. Uz srednju školu i fakultet, učila sam korejski jezik kojim se i služim.

Rad u štali i rad u restoranu bili su mi prvi poslovi za vrijeme praznika u srednjoj školi, a za vrijeme studiranja bavila sam se raznim poslovima od rada u prodavaonici s odjećom do maskote. Na trećoj godini studija upisala sam praksu u Institutu za primijenjenu ekologiju (Oikon) gdje sam imala priliku nastaviti s radom nakon završene prakse. Tako sam stekla iskustvo rada tijekom terenskih istraživanja, unošenja podataka s terena, pisanja izvještaja, a imala sam priliku vidjeti i kako se provode sastanci vezani uz projekte. U sklopu posla bavila sam se raznim područjima ekologije, ali najviše sam sudjelovala u prikupljanju i obradi podataka za Naturu 2000.