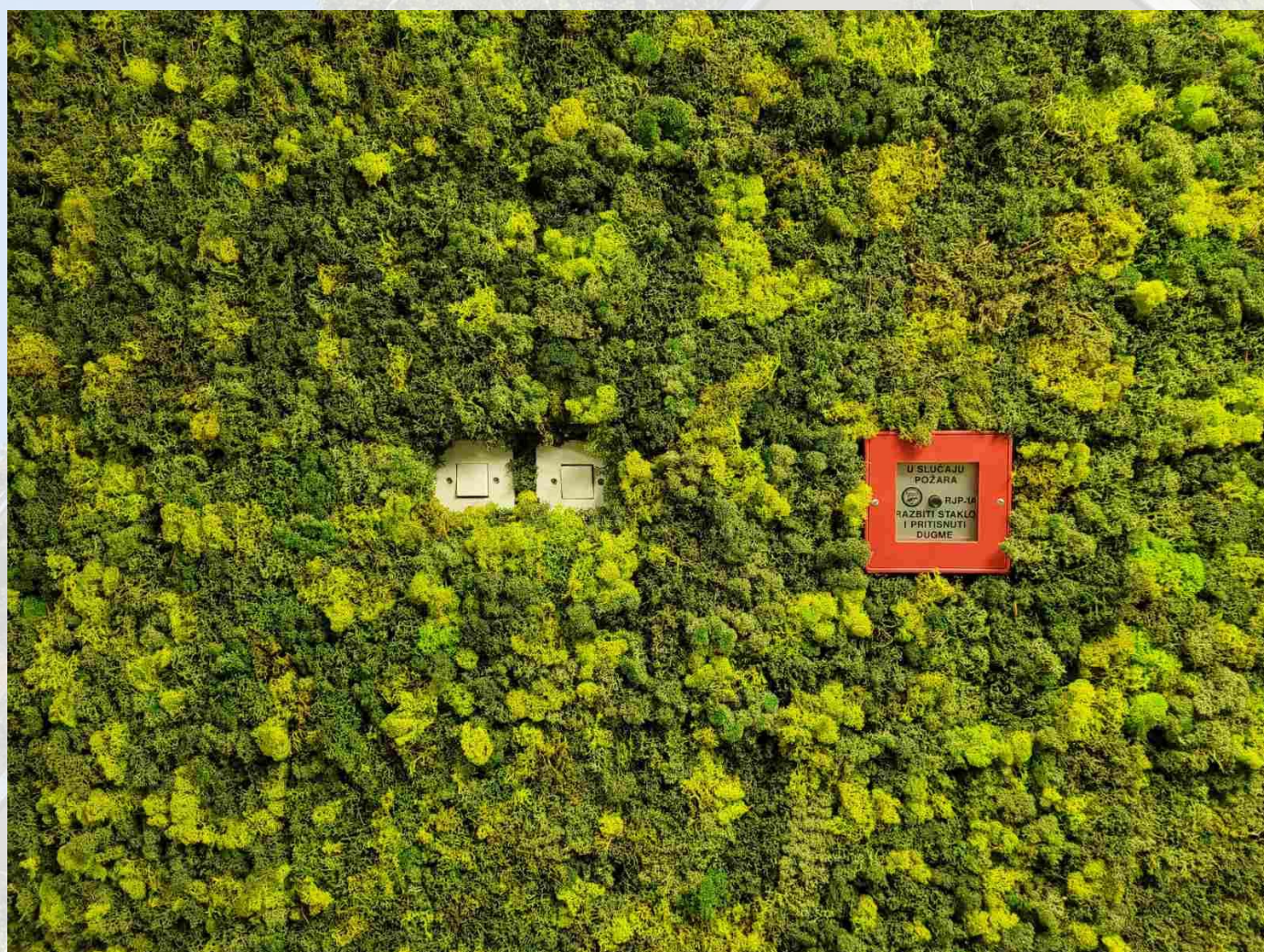


INTERCLIM

Dr Stevan Savić, Dr Jelena Dekić, Dr Hrvoje Krstić, MSc Milica Vasić

**PRAKTIČNI VODIČ ZA PRIMENU REŠENJA
ZASNOVANIH NA PRIRODI ZA BOLJU ADAPTACIJU NA
OPASNOSTI OD KLIMATSKIH PROMENA U
PREKOGRANIČNOM REGIONU HRVATSKA–SRBIJA**



INTERCLIM

Univerzitet u Novom Sadu, Prirodno-matematički fakultet
DEPARTMAN ZA GEOGRAFIJU, TURIZAM I HOTELIJERSTVO

PRAKTIČNI VODIČ ZA PRIMENU REŠENJA ZASNOVANIH NA PRI- RODI ZA BOLJU ADAPTACIJU NA OPASNOSTI OD KLIMATSKIH PROMENA U PREKOGRANIČNOM REGIONU HRVATSKA–SRBIJA

Autori

Dr Stevan Savić, redovni profesor,

Univerzitet u Novom Sadu, Prirodno-matematički fakultet, Trg Dositeja Obradovića 3, 21000 Novi Sad, Srbija

Dr Jelena Dekić, docent,

Univerzitet u Novom Sadu, Prirodno-matematički fakultet, Trg Dositeja Obradovića 3, 21000 Novi Sad, Srbija

Dr Hrvoje Krstić, redovni profesor,

Univerzitet Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Građevinski i arhitektonski fakultet, Vladimira Preloga 3
31000 Osijek, Hrvatska

MSc Milica Vasić, istraživač-pripravnik,

Univerzitet u Novom Sadu, Prirodno-matematički fakultet, Trg Dositeja Obradovića 3, 21000 Novi Sad, Srbija

Izdavač publikacije

Univerzitet u Novom Sadu, Prirodno-matematički fakultet,

Trg Dositeja Obradovića 3, 21000 Novi Sad, Srbija

Informacije o INTERCLIM projektu

Naslov projekta: INTERAKTIVNI KLIMATSKI SERVISNI SISTEM - KORIŠĆENJE ZELENIH
INFRASTRUKTURA I ONLINE ALATA ZA BOLJE PRILAGOĐAVANJE I OTPORNOST NA
OPASNOSTI OD KLIMATSKIH PROMENA U PREKOGRANIČNOM REGIONU HRVATSKE
I SRBIJE

Akronim: INTERCLIM

Kod projekta: HR-RS00094

Rukovodilac projekta: Univerzitet u Novom Sadu, Prirodno-matematički fakultet (UNSPMF)

Partneri: JKP "Gradsko zelenilo" Novi Sad (GREEN)

Univerzitet Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Građevinski i arhitektonski
fakultet Osijek (GRAFOS)

Grad Osijek (OSIJEK)

Trajanje projekta: Septembar 2024. – Mart 2027.

Ukupan budžet: 1,805,768.00 €

EU finansiranje: 1,534,902.20 €

Kontakt: stevan.savic@dgt.uns.ac.rs (Stevan Savić, rukovodilac projekta)

Veb stranica programa: www.interreg-croatia-serbia.eu

Info stranica projekta: <https://www.nsucl.com/projects>

INTERCLIM

SADRŽAJ

Napomena.....	5
1. Uvod i koncept rešenja zasnovanih na prirodi.....	6
1.1 Rešenja zasnovana na prirodi.....	6
1.2 Koncept i kriterijumi prirodnih rešenja.....	8
1.3 Prirodna rešenja i klimatski hazardi.....	10
1.4 Prekogrančni značaj rešenja zasnovanih na prirodi.....	13
1.5 Tipologija rešenja zasnovanih na prirodi.....	14
KORIŠĆENA LITERATURA I IZVORI.....	16
2. Od ideje do implementacije: praktični vodič za primenu rešenja zasnovanih na prirodi	24
2.1 Od koncepta do dugoročnog funkcionisanja	24
2.2 Odabrana rešenja zasnovana na prirodi.....	26
2.2.1 Ekstenzivni zeleni krovovi.....	26
2.2.2 Zeleni zidovi i fasade	28
2.2.3 Unutrašnji zeleni zidovi	29
2.2.4 Zelene sobe	30
2.2.5 Urbano drveće, drvoredi i zeleni koridori.....	31
2.2.6 Kišne bašte	32
2.3 Kada teorija naiđe na praksu: šta smo naučili iz implementacije NbS?	33
2.4 Od naučenih lekcija do boljeg sledećeg projekta.....	34
Kontrolna lista pre početka NbS projekta.....	34
KORIŠĆENA LITERATURA I IZVORI.....	35
3. Društvene i ekonomske koristi ‘rešenja zasnovanih na prirodi’	37
3.1 Uvod.....	37
3.2 Definisanje NbS i NbS za klimatsku otpornost	37
3.3 Fondovi i programi Svetske banke za NbS.....	38
3.4 NbS u portfoliju Svetske banke: ključni statistički podaci.....	39
3.5 Šest koraka za procenu koristi i troškova NbS	39
3.6 Tri nivoa analize	40
3.7 Koristi NbS: definicija, tok koristi i smanjenje rizika.....	41
3.7.1 Tok koristi NbS.....	41
3.7.2 Dokazi o koristima od smanjenja rizika.....	41

INTERCLIM

3.7.3 Šta pokazuje recenzirana naučna literatura	42
3.8 Nova radna mesta koja stvaraju NbS	42
3.9 Vrednovanje koristi u odnosu na troškove: okvir za donošenje odluka	43
3.10 Vrednovanje koristi od smanjenja rizika u četiri koraka	44
3.11 Alternativni pristupi i vrednovanje drugih koristi	45
3.12 Indikatori NbS i ishodi Svetske banke	46
3.13 Definisanje troškova NbS	47
3.14 NbS u praksi: četiri primera gradova	47
3.15 Finansiranje prirode u gradovima i zaključci	49
KORIŠĆENA LITERATURA I IZVORI	49
4. Energetska efikasnost i opšti doprinos objektima	52
4.1 Uvod	52
4.2 NbS i energetska efikasnost zgrada	53
4.2.1 Od energetski efikasne do klimatski otporne zgrade	53
4.2.2 Rešenja zasnovana na prirodi kao deo energetske efikasnosti	53
4.2.3 Mehanizmi delovanja NbS-a na zgradu	54
4.2.4 Od zgrade do urbane mikrokline	55
4.2.5 Integrisani pristup energetskej efikasnosti i NbS-u	56
4.3 Tehnički, ekonomski, društveni i klimatski aspekti primene NbS-a	56
4.3.1 Doprinos građevinskih materijala i energetski efikasnih rešenja održivosti zgrada	56
4.3.2 Troškovi i ekonomska opravdanost	59
4.3.3 Društvene koristi i kvalitet života	61
4.3.4 NbS kao deo prilagođavanja klimatskim promenama	62
4.3.5 Od pilot-projekta do šire primene	62
4.4 Zaključak	64
KORIŠĆENA LITERATURA I IZVORI	65

INTERCLIM**Napomena**

„Ova publikacija je izrađena uz podršku Evropske unije. Sadržaj ove publikacije je isključivo odgovornost Univerziteta u Novom Sadu, Prirodno-matematičkog fakulteta (UNSPMF) i ne odražava zvanično mišljenje Evropske unije”.

Disclaimer

“This publication has been produced with the assistance of the European Union. The contents of this publication are the sole responsibility of the University of Novi Sad, Faculty of Sciences (UNSPMF) and can in no way be taken to reflect the views of the European Union.”

INTERCLIM

1. Uvod i koncept rešenja zasnovanih na prirodi

1.1 Rešenja zasnovana na prirodi

Urbanizacija danas predstavlja jedan od glavnih izazova za društvo u kontekstu klimatskih promena (Humbal i saradnici, 2023). Širenje gradova dovelo je do smanjenja zelenih površina (Savić i saradnici, 2023) i degradacije biodiverziteta (Song i saradnici, 2020), istovremeno povećavajući količinu betona i asfalta (Oke, 1982; Choi i saradnici, 2012). Pored toga, visoke temperature, produženi toplotni talasi, učestala pojava tropskih noći, oluje i druge posledice povezane sa urbanizacijom i klimatskim promenama doprinose termalnom diskomfortu i zdravstvenim problemima u urbanim područjima (Fischer i saradnici, 2012). U tom kontekstu, jedno od sve više prepoznatih pristupa za suočavanje sa izazovima povezanim sa klimatskim promenama jesu prirodna rešenja (Nature-based Solutions – NbS), koja koriste prirodne procese za ublažavanje uticaja urbanih sredina na životnu sredinu.

Koncept prirodnih rešenja prvi put se pominje 2008. godine (MacKinnon i saradnici, 2008), a tokom godina se razvijao i inovirao na različite načine. Pristupi su se menjali, od ideja do opštih rešenja za upravljanje prirodnim sistemima. Tokom godina postojale su poteškoće u definisanju NbS zbog njegovog stalnog razvoja. Evropska komisija je 2015. godine definisala NbS kao „aktivnosti inspirisane prirodom, podržane prirodom ili zasnovane na principima koji postoje u prirodi...” (Bauduceau i saradnici, 2015), dok je

Međunarodna unija za zaštitu prirode (IUCN) 2020. godine definisala NbS kao „aktivnosti usmerene na zaštitu, održivo korišćenje, upravljanje i obnovu prirodnih ili izmenjenih ekosistema, koje se na efikasan i

prilagodljiv način bave društvenim izazovima, istovremeno obezbeđujući dobrobit ljudi i koristi za biodiverzitet“.

Najnovija definicija iz 2022. godine potiče iz Rezolucije 5/5 Skupštine Ujedinjenih nacija za životnu sredinu (UNEA), kojom se NbS definišu kao „aktivnosti usmerene na zaštitu, očuvanje, obnovu, održivo korišćenje i upravljanje prirodnim ili izmenjenim kopnenim, slatkovodnim, priobalnim i morskim ekosistemima, koje se na efikasan i prilagodljiv način bave društvenim, ekonomskim i ekološkim izazovima, istovremeno obezbeđujući dobrobit ljudi, usluge ekosistema, otpornost i koristi za biodiverzitet“ (United Nations Environment Programme [UNEP], 2022).

Interesovanje za NbS raste tokom poslednje decenije, potvrđujući potrebu za prilagođavanjem klimatskim promenama i njihovim ublažavanjem. Sprovedene ili predložene aktivnosti uglavnom se odnose na tri ključna aspekta: očuvanje biodiverziteta, ublažavanje i prilagođavanje klimatskim promenama i zaštitu zdravlja stanovništva. NbS se često smatraju intervencijama sa niskim troškovima koje pružaju značajne koristi i za društvo i za prirodu (Seddon i saradnici, 2020), međutim, njihova efikasnost varira između regiona u zavisnosti od prisutnih opasnosti, kao i političkog, ekonomskog i društvenog konteksta.

Efikasnost NbS najčešće se pokazuje kroz hlađenje urbanih sredina (Soltanifard i saradnici, 2024; Soltanifard & Amani-Beni, 2025; Wei i saradnici, 2025), smanjenje rizika od poplava (Pagano i saradnici, 2019), unapređenje javnog zdravlja (Van den Bosch & Sang, 2017; Kabisch i saradnici, 2017) i smanjenje zagađenja vazduha (Marando i

INTERCLIM

saradnici, 2016; Menon & Sharma, 2021; Petrova i saradnici, 2024). Pored ovih fizičkih koristi, izloženost NbS može doprineti i mentalnom zdravlju. Kabisch i saradnici (2023) navode da kontakt sa prirodom može smanjiti rizik od depresije i šizofrenije. Stoga NbS treba razmatrati i iz šire perspektive, uzimajući u obzir potrebe različitih ciljnih grupa (Seddon i saradnici, 2020).

Danas, prema podacima Svetske banke (World Bank Group, WBG), urbano stanovništvo čini 58% ukupnog stanovništva (pristupljeno 19. maja 2026. godine). Prema podacima Ujedinjenih nacija (UN), očekuje se da će urbano stanovništvo nastaviti da raste i dostići 68% do 2030. godine (UN, 2022), što predstavlja povećanje od 10% u periodu od četiri godine. Kontinuirano širenje urbanih područja doprinosi promena životne sredine na lokalnom i globalnom nivou, što potencijalno može dovesti do viših temperatura usled promena albeda i urbane geometrije u odnosu na ruralna područja (Oke, 1982). Ovo doprinosi pojavi urbanog toplotnog ostrva (Urban Heat Island – UHI) (Kleerekoper i saradnici, 2012), koju karakterišu više temperature u urbanim u odnosu na ruralna područja. Ova pojava dodatno intenzivira termalni stres i utiče na ljude koji žive u urbanim sredinama (Kleerekoper i saradnici, 2012). Termalni komfor u gradovima sve je više narušen termalnim stresom, što dovodi do sve većeg broja smrtnih slučajeva i hospitalizacija koji su povezani sa visokim temperaturama u urbanim područjima (Oleson i saradnici, 2015). Ovi uticaji ukazuju na potrebu za merama koje mogu smanjiti rizike povezane sa visokim temperaturama u urbanim područjima. NbS mogu predstavljati jedan od mogućih pristupa, jer pružaju usluge ekosistema i mogu doprineti poboljšanju urbane mikroklike.

Pored širenja gradova, značajno ograničenje kvaliteta života predstavlja i povećanje nivoa zagađenja (industrija, saobraćaj i dr.), koje direktno doprinosi emisiji gasova sa efektom staklene bašte (GHG). To dovodi do porasta temperatura i dodatno intenzivira uticaje klimatskih promena u urbanim područjima. Urbana područja odgovorna su za više od 70% globalnih emisija gasova sa efektom staklene bašte (GHG), iako zauzimaju svega oko 2% kopnene površine Zemlje (UN-Habitat, 2011). Uslove i posledice klimatskih promena najizraženije osećaju stanovnici područja sa nedovoljno razvijenom infrastrukturom i ograničenom institucionalnom podrškom, posebno sa porastom broja stanovnika u gradovima (Dodman, 2009). Pored toga, posledice se odražavaju i na ostatak sveta, što dodatno doprinosi klimatskoj nepravdi (Zhang i saradnici, 2023).

Uprkos sve većem broju istraživanja o NbS, i dalje postoji značajan nedostatak saznanja o načinu njihove primene u različitim društveno-prostornim i upravljačkim kontekstima, posebno u prekograničnim regionima, gde se administrativni sistemi, planski okviri i politike zaštite životne sredine mogu značajno razlikovati.

U kontekstu jugoistočne Evrope, a posebno prekograničnog regiona Hrvatske i Srbije, urbana područja suočavaju se sa sličnim izazovima povezanim sa klimatskim promenama, kao što su rizik od poplava, termalni stres i suše, ali često nedostaju koordinisani pristupi primeni NbS preko državnih granica.

Stoga je cilj ovog istraživanja da razvije praktične smernice za primenu NbS u prilagođavanju klimatskim hazardima u prekograničnom regionu Hrvatske i Srbije.

INTERCLIM

Istraživanjem se analiziraju klimatski hazardi, vrste NbS i primenjene mere, kao i njihovi socio-ekonomski uticaji i doprinos energetske efikasnosti zgrada. Takođe se ispituje na koji način NbS mogu doprineti urbanoj otpornosti, smanjenju klimatskih rizika i energetske efikasnosti zgrada.

1.2 Koncept i kriterijumi prirodnih rešenja

Međunarodna unija za zaštitu prirode (IUCN) ističe da bi se oko 30% mera ublažavanja potrebnih do 2030. godine za ograničavanje porasta temperature na manje od 2 °C moglo ostvariti primenom isplativih NbS (IUCN, 2020). Imajući to u vidu, priroda ima ključnu ulogu u zadovoljavanju potreba društva, zbog čega je važno zaštititi je, ublažiti negativne uticaje na nju i učiniti je sastavnim delom našeg života (Dunlop i saradnici, 2024). Stoga IUCN definiše standarde koje treba uzeti u obzir prilikom planiranja i primene NbS.

Standardi IUCN-a (2020; 2026) definišu osam kriterijuma koje NbS treba da ispune kako bi se obezbedile njihova održivost i efikasnost. Ovi kriterijumi usmereni su na rešavanje društvenih izazova, uz istovremeno uvažavanje biodiverziteta, ekonomske opravdanosti, upravljanja, mogućih kompromisa, mogućnosti prilagođavanja i dugoročne održivosti.

U nastavku su predstavljeni ovi kriterijumi IUCN-a i njihova povezanost sa primenom NbS.

Rešavanje društvenih izazova podrazumeva suočavanje sa brojnim međusobno povezanim problemima i izazovima koji se razlikuju među regionima. Mutegi i saradnici (2018) dokumentovali su jedan od takvih izazova, pokazujući da klimatske promene utiču na prinose poljoprivrednih kultura u podsaharskoj Africi kroz degradaciju zemlji-

šta i smanjenu sposobnost useva da se prilagode promenama u uslovima životne sredine. Pored toga, istraživanje sprovedeno u Filadelfiji ukazalo je na povezanost smanjenja zelenih površina, siromaštva, smrtnosti i kardiovaskularnih bolesti. Zelene površine mogu pružiti značajne koristi stanovništvu sa niskim prihodima koje nije u mogućnosti da priušti klimatizaciju tokom perioda ekstremnih vrućina (Schinasi i saradnici, 2023). Ovi socio-ekonomski izazovi potencijalno se mogu ublažiti primenom odgovarajućih i dobro planiranih NbS, čime se može doprineti poboljšanju kvaliteta života i produženju očekivanog životnog veka.

Saradnja između ljudi i različitih sektora (npr. informacionih tehnologija, inženjerstva i finansija) takođe je važna, jer NbS ne mogu uvek samostalno ili kada se primenjuju na veoma malom prostoru da odgovore na izazove povezane sa klimatskim promenama. Primer iz Škotske pokazuje ova ograničenja, gde je intervencija zasnovana na NbS, usmerena na kontrolu erozije i klizišta primenom živih rešetki i živih potpornih konstrukcija, oštećena usled intenzivnih padavina i jakih vetrova, nakon čega je izvođač radova odbio da izvrši popravku. Ovaj primer ukazuje na probleme povezane sa projektovanjem, koordinacijom i saradnjom i ukazuje na potrebu za boljim planiranjem i saradnjom tokom primene NbS (Mickovski i saradnici, 2024).

Seddon i saradnici (2021) dodatno ukazuju na nedostatak sinergije između ključnih ciljeva NbS, pri čemu je važno da NbS doprinose dobrobiti stanovništva, ublažavanju i prilagođavanju klimatskim promenama, kao i zaštiti biodiverziteta. Problemi nastaju kada ovi kriterijumi nisu ispunjeni i kada se intervencije usmeravaju samo na jedan cilj, umesto na međusobno povezane izazove. Na primer, NbS koje je prvenstveno namenjeno hlađenju urbanih

INTERCLIM

sredina i unapređenju javnog zdravlja može negativno uticati na biodiverzitet ukoliko se koriste alohtone vrste. Debele i saradnici (2023) analizirali su više od 500 studija o NbS i utvrdili da se više od polovine primenjenih NbS odnosi na prirodne hazarde, dok je manje od 40% usmereno i na socio-ekonomske izazove, što ukazuje na neravnotežu u prioritetima njihove primene. Ovi primeri pokazuju zbog čega NbS treba da obuhvate više ciljeva i sektora, umesto da budu usmerene samo na jedan problem.

Pored toga, prilikom planiranja primene NbS na određenom području, veoma je važno osloniti se na postojeći ekosistem. Potrebno je proceniti i utvrditi trenutno stanje područja, kao i njegovu povezanost sa okolnim ekosistemima, kako bi se obezbedila što uspešnija primena odgovarajućih NbS. Takođe je važno periodično pratiti i meriti pozitivne efekte NbS nakon njihove primene i utvrditi da li su doprinele unapređenju ekosistema ili su izazvale određene negativne posledice unutar njega. Projektovanje NbS treba da bude što više usklađeno sa postojećim ekosistemom. Préau i saradnici (2022) daju primer koji dobro ilustruje ovaj kriterijum, pokazujući da izgrađena močvarna staništa imaju veliki potencijal za unapređenje povezanosti ekosistema, jer obezbeđuju različita mesta za razmnožavanje divljih vrsta.

Primena NbS predstavlja proces koji započinje identifikovanjem problema i utvrđivanjem kome NbS donose koristi. Nakon toga, potrebno je proceniti troškove i finansijsku opravdanost kako bi se odabrala realna i dugoročno održiva opcija, sa ciljem da NbS budu efikasnije i isplativije od konvencionalnih inženjerskih pristupa. Le Coent i saradnici (2021) na primerima Braguea u Francuskoj i Roterdama u Holandiji pokazuju da je primena NbS isplativija u odnosu na konvencionalna „siva“ ili hibridna

rešenja, ali takođe ukazuju na to da NbS sa niskim troškovima, poput zelenih krovova u Lezu u Francuskoj, imaju ograničenu efikasnost zbog malog kapaciteta za zadržavanje vode. Stoga je važno odabrati najpogodniju vrstu NbS sa aspekta finansijske opravdanosti, koristi i mogućnosti primene, iako je često teško istovremeno uzeti u obzir sve ove aspekte.

Transparentnost i vidljivost imaju veliki značaj u primeni NbS i razmatranju mogućih kompromisa. Svako treba da ima mogućnost da iznese svoje mišljenje i bude uključen u proces, čime se obezbeđuje ravnopravno učešće svih zainteresovanih strana na koje projekat utiče, uključujući lokalne zajednice. Donošenje odluka mora biti transparentno, a kada se NbS primenjuju na većim teritorijama, potrebno je zajedničko donošenje odluka svih relevantnih aktera. Takođe je važno obezbediti zaštitu prava na zemljište i prirodne resurse, kao i redovno preispitivati mere zaštite i moguće kompromise.

Praćenje koristi i nedostataka NbS važno je kako bi se utvrdilo da li je intervencijom ostvaren predviđeni cilj. Jedan od značajnih problema istakli su Veldman i saradnici (2015), ukazujući na slučajeve pogrešne identifikacije područja, pri čemu je oko 9 miliona km² drevnih travnatih bioma označeno kao pogodno za pošumljavanje i obnovu, iako bi podizanje novih šuma na travnjacima, savanama i ekosistemima sa ređe raspoređenim krošnjama drveća imalo ozbiljne posledice po biodiverzitet. Pored toga, sve šume nemaju isti potencijal za ublažavanje klimatskih promena, niti su podjednako efikasne u tom pogledu. Seddon i saradnici (2020) navode da su autohtone šume koje se prirodno obnavljaju uglavnom efikasnije u dugoročnom skladištenju CO₂ u odnosu na novozasađene ili manje raznov-

INTERCLIM

rsne šume. Stoga je važno pratiti promene u ekosistemu i potencijalne promene biodiverziteta u okviru NbS i na njih odgovarajuće reagovati.

IUCN je 2026. godine objavio drugo izdanje dokumenta, koje donosi nekoliko izmena. Drugo izdanje ne menja osnovne teme standarda i kriterijuma NbS, već pomera fokus sa principa na njihovu primenu. Prvo izdanje je više konceptualno i objašnjava šta bi NbS u celini trebalo da postignu, uključujući rešavanje društvenih izazova, uključivanje različitih aktera i upravljanje, očuvanje biodiverziteta, ekonomsku opravdanost, mogućnosti prilagođavanja i dugoročnu održivost. Drugo izdanje ove principe razrađuje na operativnijem nivou i pretvara ih u konkretnije zahteve koji se mogu meriti, dokumentovati i procenjivati u praksi. Poseban naglasak stavljen je na praćenje, procenu zasnovanu na dokazima, upravljanje rizicima, moguće kompromise, kao i na povezivanje društvenih, ekonomskih i ekoloških sistema u procesu projektovanja i primene NbS (Le Gouvello i saradnici, 2023).

Ovakvi standardi su veoma važni za usklađivanje pristupa NbS, kako bi se povećali njihovi efekti i koristi za lokalne zajednice i područja. Iako je primena ovih standarda i dalje ograničena, bilo zbog finansijskih ograničenja ili usmerenosti na ostvarivanje samo jedne koristi, njihov stvarni stepen primene i dalje je teško jasno proceniti. Stoga je neophodno ispuniti sve relevantne kriterijume kako bi NbS u praksi ostvarila očekivane koristi.

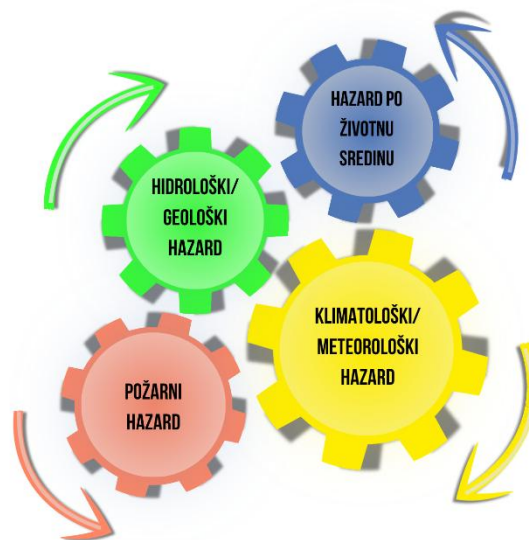
1.3 Prirodna rešenja i klimatski hazardi

Kao što je prethodno navedeno, koncept NbS treba da ispuni sve kriterijume koje je definisao IUCN kako bi bio u potpunosti primenljiv i efikasan. Međutim, kada se NbS

koriste za rešavanje problema povezanih sa urbanizacijom ili klimatskim hazardima, mogu pružiti koristi i ljudima i životnoj sredini. Stoga jedna NbS intervencija može doprineti smanjenju više hazarda istovremeno.

Kako hidrološki i geološki hazardi postaju sve izraženiji, važno je uzeti u obzir i druge hazarde, kao što su klimatski i meteorološki hazardi, požari i hazardi povezani sa životnom sredinom (Slika 1). Neki od ovih hazarda mogu se smanjiti primenom NbS. Kako su problemi poput toplotnih talasa, poplava, klizišta, promena režima padavina i drugih povezanih hazarda (Slika 2) tokom godina postajali sve izraženiji, NbS predstavljaju veoma važnu meru za unapređenje kvaliteta života. Međutim, pristupi, prostorna raspodela i troškovi nisu podjednako zastupljeni svuda, što stvara određene izazove.

♣ Slika 1. Povezanost prirodnih hazarda i rizici koji se mogu smanjiti primenom NbS



Izvor: UNDRR & Dadvar, 2020; Debele i saradnici, 2023

INTERCLIM

Debele i saradnici (2023) prikazuju rezultate sistematskog pregleda globalne raspodele NbS, njihovih lokacija, kao i vrsta primenjenih NbS. Rezultati pokazuju da je više od 60% NbS pretežno locirano u Evropi, iako Azija ima četiri puta veći broj stanovnika. Pored toga, pokazano je da se, među hidrološko-klimatološkim hazardima, više od 40% NbS bavi hidrološkim/geološkim problemima, manje od 30% meteorološkim/klimatološkim, dok se manji broj odnosi na hazarde životne sredine i požare. Takođe je zaključeno da su najveći hazardi kojima treba posvetiti pažnju poplave (rečne, bujične, urbane i obalne), zatim erozija zemljišta, suše, toplotni talasi, olujni talasi i dr. Rezultati pokazuju da se NbS uglavnom primenjuju za neke od najštetnijih prirodnih hazarda, posebno poplave. Studija takođe naglašava značaj istovremenog rešavanja više hazarda.

Kao jedan od najštetnijih hazarda, poplave treba rešavati iz brojnih razloga, jer narušavaju funkcionisanje osnovnih usluga i infrastrukture, imaju socio-ekonomske posledice, dovode do oštećenja stambenih i poslovnih objekata i izazivaju fizičke i mentalne zdravstvene probleme (kao što su kontaminacija, posttraumatski stresni poremećaj i smrtni ishodi), dok urbanizacija, rast broja stanovnika i povećan rizik od poplava dodatno doprinose ovom problemu. Različite studije prikazuju različite primere primene NbS, kao što su obnova aluvijalne plavne ravni u Belgiji radi smanjenja rizika od poplava (Turkelboom i saradnici, 2021), korišćenje krupnog drvnog materijala, prepreka za usmeravanje toka, zatrpavanje

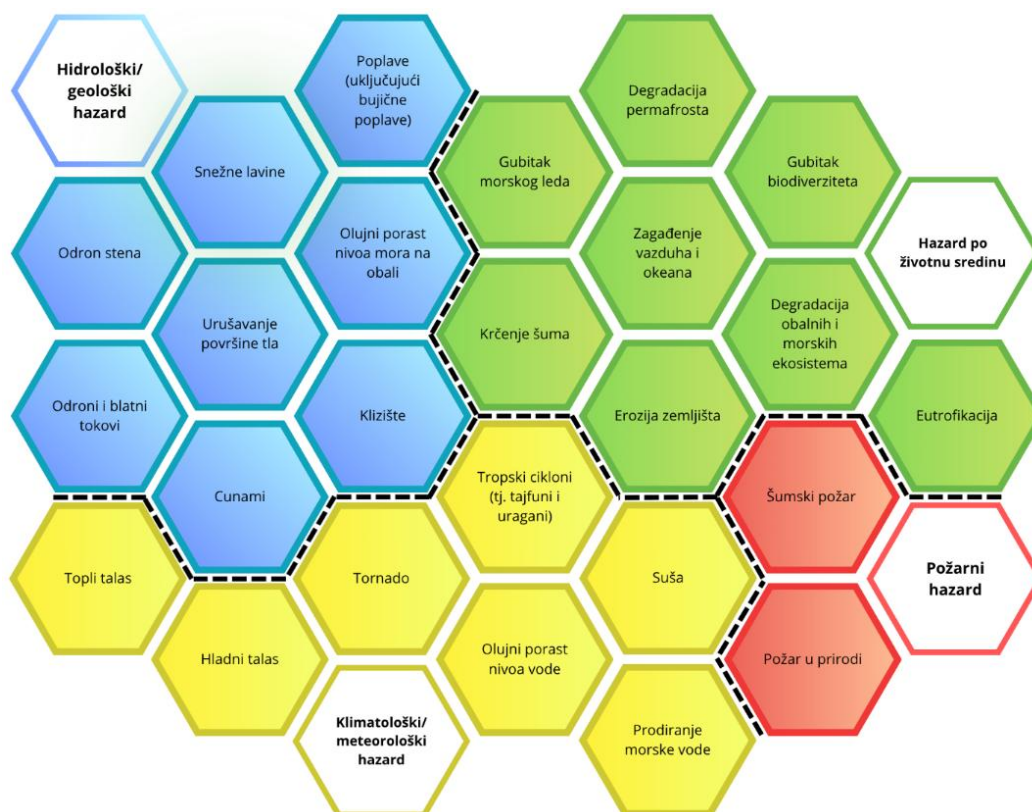
jaruga i zemljanih nasipa za upravljanje poplavama u Kotsvoldsu u Ujedinjenom Kraljevstvu (Short i saradnici, 2019), različite tehnike zasnovane na vegetaciji u Guangdžouu u Kini (Su i saradnici, 2024), kišne bašte u Ajutaji na Tajlandu (Vojinovic i saradnici, 2021) i dr.

Pored toga, gubitak i degradacija zemljišta, često dodatno pogoršani klizištima i erozijom izazvanim padavinama, mogu značajno uticati na strukturu i stabilnost zemljišta, što u krajnjoj liniji ugrožava snabdevanje ljudskih zajednica osnovnim namirnicama i resursima. Gonzalez-Ollauri (2022) navodi da je vegetacija ključni element NbS intervencija u rešavanju ovog hazarda, dok Deljouei i saradnici (2026) ističu da, pored vegetacije, korišćenje zemljišta i prirodnih materijala može smanjiti rizik od erozije i poboljšati otpornost padina. Apollonio i saradnici (2021) navode da su, u cilju smanjenja erozije i sprečavanja gubitka zemljišta, dužina i čvrstoća korenovog sistema biljaka važni faktori, pri čemu je minimalna efektivna visina vegetacije 30 cm, dok se maksimalna efikasnost postiže pri visini od oko 70 cm, uz značajno smanjenje erodiranog materijala i površinskog oticaja u poređenju sa uslovima na ogoljenom zemljištu.

Pored toga, suše postaju sve učestalije, dugotrajnije i predstavljaju sve ozbiljniju posledicu klimatskih promena (Sintayehu i saradnici, 2023; Pandit i saradnici, 2024). Suše predstavljaju velike izazove za stanovništvo, dostupnost hrane i funkcionisanje različitih sistema i privrednih delatnosti, ali se i dalje uglavnom potcenjuju kao hazard.

INTERCLIM

♣ Slika 2. Tipovi hazarda relevantnih za primenu NbS, grupisani na: (a) hidrološke/geološke hazarde, (b) klimatološke/meteorološke hazarde, (c) hazarde životne sredine i (d) hazarde povezane sa požarima.



Izvor: UNDRR & Dadvar, 2020; Debele i saradnici, 2023

Problem suša mnogo je veći nego što se uobičajeno smatra, a rešenja nisu ni jednostavna ni jeftina. Yimer i saradnici (2024) navode da, kada je reč o hazardima poput suša, NbS koje se primenjuju na lokalnom nivou nisu dovoljne i da su neophodne i NbS intervencije na širem prostornom nivou. Sa druge strane, u Teheranu se NbS rešenja kombinuju sa tehnološkim pristupima kako bi se postiglo efikasnije upravljanje sušama (Saboonchi, 2025).

Tokom godina, uticaji toplotnih talasa postaju sve izraženiji među stanovništvom, posebno u urbanim područjima. Ziter i saradnici (2019) naglašavaju potrebu za povećanjem zastupljenosti drveća kako bi

se ublažile dnevne temperature i unapredilo javno zdravlje, zaključujući da pokrivenost krošnjama veća od 40% omogućava najveće smanjenje temperature. Slično tome, Alonzo i saradnici (2025) navode da u velikom broju studija urbano drveće ima značajnu ulogu u smanjenju termalnog stresa. Pored toga, tropske noći su poslednjih godina postale sve izraženije jer se procesi hlađenja odlažu, dok se zadržavanje toplote pojačava usled betonskih površina (Locke i saradnici, 2024), što negativno utiče na dobrobit stanovništva (Wanner i saradnici, 2026). Fojutowski (2025) navodi da je u gradovima u poljskim provincijama tokom prethodne decenije zabeleženo približno deset puta više tropskih

INTERCLIM

noći u poređenju sa 1950. godinom. Jedna studija iz Centralne Evrope preporučuje primenu NbS prvenstveno kroz zelene koridore u urbanim delovima Beča i ozelenjavanje ulica u Budimpešti, naročito u prigradskim područjima, gde su utvrđeni veći termalni stres i snažna podrška javnosti zelenoj infrastrukturi (Alice i saradnici, 2026).

Sve hazarde važno je rešavati bez izuzetka, čak i kada ne utiču na veliki broj stanovnika. Svaki region ili lokalna zajednica suočava se sa specifičnim hazardima koji utiču na njihovu teritoriju, zbog čega je potrebno pridavati jednak značaj svima. Hazardi su sve više međusobno povezani i od suštinskog je značaja kombinovati različite pristupe u njihovom rešavanju kroz NbS. Iako su navedene grupe hazarda relativno rasprostranjene i reprezentativne na globalnom nivou, one i dalje utiču na veliki broj stanovnika. Pojedini region i mogu biti više ugroženi sve intenzivnijim padavinama i olujama koje utiču na bezbednost i zdravlje stanovništva, dok drugi mogu biti više pogođeni učestalim toplotnim talasima i tropskim noćima koje utiču na zdravlje ljudi. Stoga se ovakvim problemima ne bi trebalo pristupati zanemarujući njihov značaj, koji se ogleda i u saradnji između institucija i lokalnih zajednica, kao i u razvoju troškovno efikasnih rešenja.

1.4 Prekogranični značaj rešenja zasnovanih na prirodi

Stanovništvo istočne i jugoistočne Evrope takođe je sve više pogođeno klimatskim promenama i urbanizacijom. Prema globalnom standardu ekstremnih klimatskih i hidroloških hazarda (Debele i saradnici, 2023), zemlje ovog regiona suočavaju se sa istim glavnim problemom, a to su poplave (Pazzi i saradnici, 2016; Leščesen

i saradnici, 2019; Ugarković i saradnici, 2020; Kapović Solomun i saradnici, 2021; Potočki i saradnici, 2021). Poplave predstavljaju najizraženiji klimatsko-hidrološki hazard, koji izaziva velika oštećenja infrastrukture, industrije, poljoprivrede i drugih sektora. Velike poplave iz 2014. godine, koje su pogodile Srbiju, Hrvatsku i Bosnu i Hercegovinu, dovele su do značajnih razaranja širom regiona (Stadtherr i saradnici, 2019; Kapović Solomun i saradnici, 2025). U julu 2023. godine, jugoistočna Evropa ponovo se suočila sa ozbiljnim posledicama izazvanim ekstremnim olujnim događajem (Mrkonjić, 2025), koji je doveo do brojnih urbanih poplava, posebno u gusto izgrađenim, posebno u gusto izgrađenim urbanim područjima.

Pored poplava, suše i toplotni talasi takođe predstavljaju važne hazarde koji doprinose značajnim štetama. Kovacevic i saradnici (2012) navode da se količina padavina u Srbiji smanjila za čak 20% tokom prethodnih nekoliko decenija, pri čemu su ove promene zabeležene u severnoj, centralnoj, istočnoj i južnoj Srbiji. Pored toga, suše spadaju među hazarde odgovorne za najveće ekonomske gubitke, posebno u poljoprivrednom sektoru (Merkoci i saradnici, 2012; Perčec Tadić i saradnici, 2014). Suše takođe negativno utiču na egzistenciju stanovništva i zaštitu životne sredine (Papić, 2025).

Toplotni talasi predstavljaju još jedan hazard koji ne bi trebalo zanemariti, posebno zbog njihovog uticaja na zdravlje ljudi. Savić i saradnici (2018) navode da u Novom Sadu gustina izgrađenosti značajno utiče na rizik od smrtnosti, pri čemu gusto izgrađena područja pokazuju veoma visok ili visok nivo rizika od smrtnosti tokom toplotnih talasa. Pored toga, Đurđević i saradnici (2023) ukazuju da tokom toplotnih talasa najnaseljeniji gradovi u Srbiji beleže opasne i

INTERCLIM

ekstremne uslove termalnog stresa. Istraživanja u Hrvatskoj takođe ukazuju da produženi toplotni talasi povećavaju stopu smrtnosti tokom prva tri do pet dana, dok duži događaji mogu dovesti do odloženih efekata na smrtnost (Zaninović & Matzarakis, 2014).

Iako ovi hazardi pogađaju čitav region, pristupi njihovom rešavanju primenom NbS razlikuju se među državama. Glavne razlike između Bosne i Hercegovine, Srbije, Albanije i Hrvatske odnose se na institucionalnu organizaciju, nivo integracije NbS i usklađenost sa propisima EU. Hrvatska ima najrazvijeniji i najusklađeniji okvir, Bosna i Hercegovina najfragmentisaniji sistem, dok Srbija primenjuje NbS implicitno kroz sektorske politike, a Albanija napreduje sporije zbog reformi koje su u toku. Jedna od ključnih prepreka jeste to što Hrvatska formalno prepoznaje i uključuje NbS u svoj pravni i strateški okvir, dok Srbija primenjuje slične mere bez njihovog eksplicitnog definisanja kao NbS (Kapović Solomun i saradnici, 2025). Ipak, povezivanje regiona i primena istih vrsta NbS koje podržavaju stanovništvo, uz njihovu doslednu primenu i praćenje, ostaju od ključnog značaja.

Teritorije Hrvatske i Srbije suočavaju se sa istim hazardima povezanim sa vremenskim uslovima u regionu, pri čemu su poplave u glavnom fokusu. U obe zemlje već su primenjene različite ideje i rešenja, kao što su kišne bašte u privatnim stambenim područjima u Kaću u Srbiji (Greksa i saradnici, 2023a, 2023b), kao i velika prirodna retenciona područja, uključujući Lonjsko polje, Kopački rit i poplavne ravni Drave u Hrvatskoj (Potočki i saradnici, 2021). Nekoliko studija ispitivalo je mogućnosti primene NbS u Hrvatskoj i Srbiji. Grabić i saradnici (2025) jasno pokazuju da potencijal za primenu

postoji na više od polovine ukupne teritorije AP Vojvodine, dok se više od 14% teritorije smatra veoma pogodnim za primenu NbS. U Hrvatskoj, Jutrović i saradnici (2023) identifikuju nekoliko lokacija na kojima se plava i zelena infrastruktura može primeniti duž potoka Medveščak i Črnomerec u Zagrebu, uključujući mere kao što su zadržavanje i prečišćavanje vode. Snažna regionalna saradnja može se uočiti u radu Savić i saradnici (2024), u kojem su NbS primenjena u Novom Sadu u Srbiji i Osijeku u Hrvatskoj kroz horizontalnu zelenu infrastrukturu, sa ciljem ublažavanja uticaja klimatskih promena na stanovništvo, uz istovremeno smanjenje potreba zgrada za energijom. Ovi rezultati ukazuju na veliki potencijal NbS za koordinisanu prekograničnu primenu u rešavanju zajedničkih klimatskih hazarda.

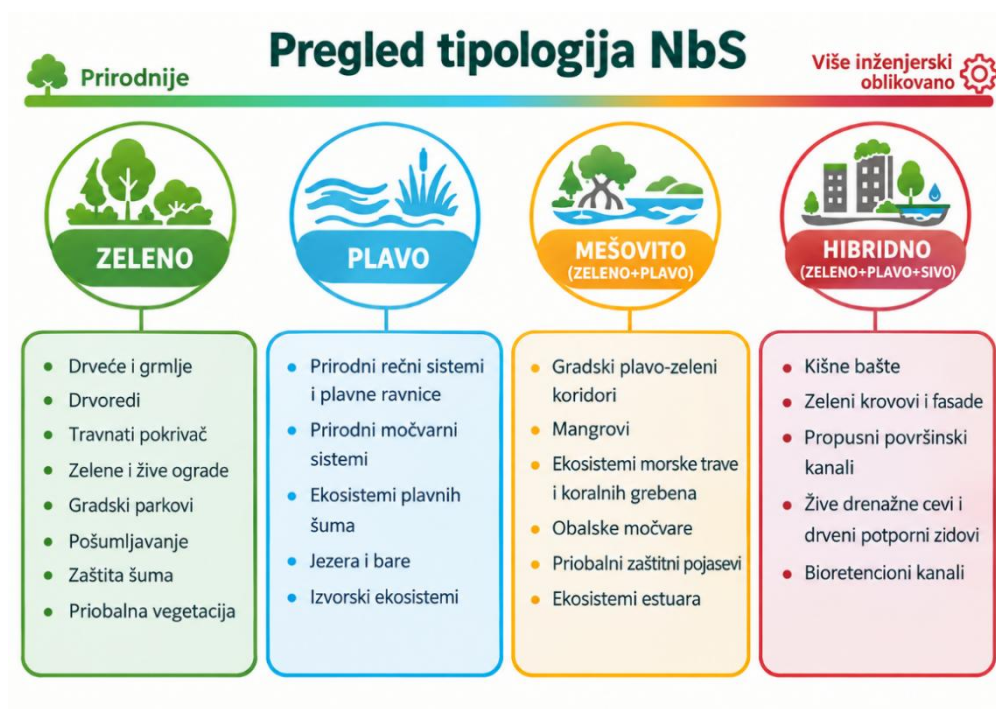
1.5 Tipologija rešenja zasnovanih na prirodi

Tipologija prirodnih rešenja veoma je široka i gotovo nikada nije strogo definisana, jer se nove ideje i studije slučaja pojavljuju gotovo svakodnevno i kontinuirano razvijaju tokom vremena. Ono što je zajedničko različitim klasifikacijama NbS jesu slični pristupi, poput uključivanja samo zelene i plave infrastrukture (Pinto i saradnici, 2023), ili integracije plave, zelene i sive infrastrukture (Depietri & McPhearson, 2017).

Na primer, Debele i saradnici (2023) prikazuju širok spektar grupa i tipova NbS, uključujući zelenu i plavu infrastrukturu, kao i mešovite (plava + zelena) i hibridne (zelena + plava + siva) pristupe (Slika 3). Sa druge strane, postoji i detaljnija klasifikacija u kojoj hibridne kategorije obuhvataju, na primer, plavu + sivu ili zelenu + sivu infrastrukturu (Esraz-Ul-Zannat i saradnici, 2024).

INTERCLIM

♣ Slika 3. Pregled tipologija NbS: zeleni, plavi, mešoviti i hibridni tip infrastrukture



Izvor: Debele i saradnici, 2023

U skladu sa tim, postoji više klasifikacija NbS, koje se kreću od prirodnijih pristupa, kao što je jednostavna sadnja drveća, do onih koji zahtevaju inženjerske intervencije, kao što su retencionni bazeni za kontrolu poplava. Svaki od ovih pristupa ima svoju ulogu i trenutno predstavlja najnaprednije moguće rešenje u okviru određenih studija slučaja, koje se vremenom može dodatno unapređivati.

NbS mogu doprineti ublažavanju sve učestalijih opasnosti. Esraz-Ul-Zannat i saradnici (2024) utvrđuju da među najefikasnije NbS za ublažavanje rizika od poplava spadaju propusne površine i sistemi za prikupljanje kišnice, koji pokazuju značajno smanjenje površinskog oticaja i vršnih protoka, posebno na lokalnom i urbanom nivou, dok kombinovani pristupi NbS

uglavnom daju bolje rezultate od pojedinačnih intervencija.

Nasuprot tome, za nekoliko mera, kao što su zeleni zidovi, zelene ulice, peščani filteri (filteri u kojima se voda prečišćava prolaskom kroz sloj peska) i urbana poljoprivreda, postoji malo ili nimalo kvantitativnih dokaza o njihovoj efikasnosti u ublažavanju rizika od poplava, pri čemu mnoge studije naglašavaju njihove multifunkcionalne koristi, a ne direktne hidrološke efekte. Mohite i saradnici (2026) navode da NbS, kao što su urbano zelenilo, zeleni krovovi i obnova močvarnih staništa, mogu smanjiti temperature za do 5 °C, ali da njihovu primenu ograničavaju dostupnost zemljišta i izazovi povezani sa upravljanjem. Penning i saradnici (2023) takođe ističu da NbS koje povećavaju sposobnost predela da zadrži vodu, odnosno njegovu funkciju

INTERCLIM

„sundera“, mogu istovremeno smanjiti rizik od poplava i suša, uz koristi i za prirodu i za ljude. Međutim, problem i dalje predstavlja činjenica da ova rešenja još nisu ujednačeno procenjena u različitim kontekstima i da često nedostaju dugoročni podaci, posebno kada se razmatraju njihovi kombinovani efekti na poplave, suše i biodiverzitet.

Na osnovu navedenih primera može se zaključiti da ne postoji jedinstveni univerzalni model NbS koji može odgovoriti na određeni hazard, jer je često potrebno istovremeno uzeti u obzir više hazarda, kao i društvene, ekonomske, prostorne i geografske faktore.

Izbor odgovarajućeg NbS za određeni grad može biti složen. Odluka treba

da se zasniva na prethodnim istraživanjima, lokalnim uslovima i dostupnim finansijskim sredstvima. Svaki grad, region ili područje suočava se sa različitim izazovima, zbog čega je ključno usmeriti pažnju na konkretan problem, umesto razvijanja univerzalnog tipa NbS koji možda čak nije ni izvodljiv za primenu.

Uprkos sve većem prepoznavanju značaja NbS, njihova primena i dalje se suočava sa brojnim izazovima, uključujući fragmentisano upravljanje, nedostatak usklađenih metodologija, ograničena finansijska sredstva i nedovoljno dugoročno praćenje. Stoga su potrebne praktične smernice koje bi podržale doslednu primenu NbS u različitim prostornim i institucionalnim kontekstima.

KORIŠĆENA LITERATURA I IZVORI

Alonzo, M., Ibsen, P. C., & Locke, D. H. (2025). Urban Trees and Cooling: A Review of the Recent Literature (2018 to 2024). *Arboriculture & Urban Forestry*, 51(5), 420–444. <https://doi.org/10.48044/jauf.2025.023>

Apollonio, C., Petroselli, A., Tauro, F., Cecconi, M., Biscarini, C., Zarotti, C., & Grimaldi, S. (2021). Hillslope Erosion Mitigation: An Experimental Proof of a Nature-Based Solution. *Sustainability*, 13(11), 6058. <https://doi.org/10.3390/su13116058>

Bauduceau, N., Berry, P., Cecchi, C., Elmqvist, T., Fernandez, M., Hartig, T., ... & Tack, J. (2015). Towards an EU research and innovation policy agenda for nature-based solutions & re-naturing cities: final report of the horizon 2020 expert group on 'nature-based solutions and re-naturing cities'. Publications Office of the European Union. <https://doi.org/10.2777/765301>

Choi, H.-A., Lee, W.-K., & Byun, W.-H. (2012). Determining the Effect of Green Spaces on Urban Heat Distribution Using Satellite Imagery. *Asian Journal of Atmospheric Environment*, 6(2), 127–135. <https://doi.org/10.5572/ajae.2012.6.2.127>

Debele, S. E., Leo, L. S., Kumar, P., Sahani, J., Ommer, J., Bucchignani, E., Vranić, S., Kalas, M., Amirzada, Z., Pavlova, I., Shah, M. A. R., Gonzalez-Ollauri, A., & Di Sabatino, S. (2023). Nature-based solutions can help reduce the impact of natural hazards: A global analysis of NbS case studies. *Science of The Total Environment*, 902, 165824. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.165824>

INTERCLIM

Deljouei, A., Cislighi, A., & Abdi, E. (2026). Editorial: Nature-based solutions for managing soil erosion and enhancing soil stability. *Frontiers in Sustainability*, 7, 1766036. <https://doi.org/10.3389/frsus.2026.1766036>

Depietri, Y., & McPhearson, T. (2017). Integrating the Grey, Green, and Blue in Cities: Nature-Based Solutions for Climate Change Adaptation and Risk Reduction. In N. Kabisch, H. Korn, J. Stadler, & A. Bonn (Eds.), *Nature-Based Solutions to Climate Change Adaptation in Urban Areas* (pp. 91–109). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-56091-5_6

Dodman, D. (2009). *Urban density and climate change* (Analytical Review of the Interaction between Urban Growth Trends and Environmental Changes, pp. 1–23) [Paper 1]. United Nations Population Fund.

Dunlop, T., Khojasteh, D., Cohen-Shacham, E., Glamore, W., Haghani, M., Van Den Bosch, M., Rizzi, D., Greve, P., & Felder, S. (2024). The evolution and future of research on Nature-based Solutions to address societal challenges. *Communications Earth & Environment*, 5(1), 132. <https://doi.org/10.1038/s43247-024-01308-8>

Đurđević, D., Vasić, M., Ogrin, M., Savić, S., Milošević, D., Dunjić, J., Šećerov, I., Žgela, M., Boras, M., Herceg Bulić, I., Pecelj, M., Šušnjar, S., Lukić, M., Ivanišević, M., Trbić, G., Ćulafić, G., & Mitrović, L. (2023). Long-Term Assessment of Bioclimatic Conditions at Micro and Local Scales in the Cities of the Western Part of the Balkan Peninsula during the 21st Century. *Sustainability*, 15(21), 15286. <https://doi.org/10.3390/su152115286>

Esrar-Ul-Zannat, Md., Dedekorkut-Howes, A., & Morgan, E. A. (2024). A review of nature-based infrastructures and their effectiveness for urban flood risk mitigation. *WIREs Climate Change*, 15(5), e889. <https://doi.org/10.1002/wcc.889>

Fischer, E. M., Oleson, K. W., & Lawrence, D. M. (2012). Contrasting urban and rural heat stress responses to climate change. *Geophysical Research Letters*, 39(3), 2011GL050576. <https://doi.org/10.1029/2011GL050576>

Fojutowski, M. (2025). The characteristics of tropical nights in Poland in years 1951–2024. *Quaestiones Geographicae*, 44(3), 21–33. <https://doi.org/10.14746/quageo-2025-0023>

Gonzalez-Ollauri, A. (2022). Sustainable Use of Nature-Based Solutions for Slope Protection and Erosion Control. *Sustainability*, 14(4), 1981. <https://doi.org/10.3390/su14041981>

Grabić, J., Vranešević, M., Benka, P., Šeremešić, S., & Meseldžija, M. (2025). Advancing Climate Resilience Through Nature-Based Solutions in Southern Part of the Pannonian Plain. *Sustainability*, 18(1), 362. <https://doi.org/10.3390/su18010362>

Greksa, A., Blagojević, B., & Grabić, J. (2023a). *Beginning of implementation of Nature-Based Solutions (NbS) in Serbia: Case study of the first implemented rain gardens within suburban community Kać*. In Review. <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-2866498/v1>

Greksa, A., Blagojević, B., & Grabić, J. (2023b). Nature-based Solutions in Serbia: Implementation of Rain Gardens in the Suburban Community Kać. *Environmental Processes*, 10(3), 41. <https://doi.org/10.1007/s40710-023-00659-2>

Guastella, G., Oueslati, W., & Pareglio, S. (2019). Patterns of Urban Spatial Expansion in European Cities. *Sustainability*, 11(8), 2247. <https://doi.org/10.3390/su11082247>

Humbal, A., Chaudhary, N., & Pathak, B. (2023). Urbanization Trends, Climate Change, and Environmental Sustainability. In B. Pathak & R. S. Dubey (Eds.), *Climate Change*

INTERCLIM

and Urban Environment Sustainability (pp. 151–166). Springer Nature Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-19-7618-6_9

International Union for Conservation of Nature (IUCN). (2020). *IUCN Global Standard for Nature-based Solutions: A user-friendly framework for the verification, design and scaling up of NbS: first edition* (1st ed.). IUCN, International Union for Conservation of Nature. <https://doi.org/10.2305/IUCN.CH.2020.08.en>

International Union for Conservation of Nature (IUCN). (2026). *IUCN Global Standard for Nature-based Solutions™: A user-friendly framework for assessing, implementing, and monitoring scalable, high-integrity NbS: second edition* (2nd ed.). IUCN, International Union for Conservation of Nature. <https://doi.org/10.2305/KKSO4573>

IPCC. (2014). *Climate change 2014: Impacts, adaptation, and vulnerability. Part A: Global and sectoral aspects*. In C. B. Field, V. R. Barros, D. J. Dokken, K. J. Mach, M. D. Mastrandrea, T. E. Bilir, M. Chatterjee, K. L. Ebi, Y. O. Estrada, R. C. Genova, B. Girma, E. S. Kissel, A. N. Levy, S. MacCracken, P. R. Mastrandrea, & L. L. White (Eds.), *Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press.

Jutrović, M., Tomić Reljić, D., Zovko, M., Bubalo Kovačić, M., Pereković, P., & Kamenčki, M. (2023). Potential for Applying Nature-Based Solutions to Urban Waterways: The Case Study of Medveščak and Črnomerec Streams in the City of Zagreb, Croatia. *Sustainability*, 15(13), 9959. <https://doi.org/10.3390/su15139959>

Kabisch, N., Basu, S., Van Den Bosch, M., Bratman, G. N., & Masztalerz, O. (2023). Nature-based solutions and mental health. In T. McPhearson, N. Kabisch, & N. Frantzeskaki (Eds.), *Nature-Based Solutions for Cities* (pp. 192–212). Edward Elgar Publishing. <https://doi.org/10.4337/9781800376762.00019>

Kabisch, N., Van Den Bosch, M., & Laforteza, R. (2017). The health benefits of nature-based solutions to urbanization challenges for children and the elderly – A systematic review. *Environmental Research*, 159, 362–373. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2017.08.004>

Kapović Solomun, M., Eremija, S., Bogunović, I., Hysa, A., Češljarić, G., Čigoja, I., & Ferreira, C. (2025). Nature-Based Solutions Mainstreaming: Challenges and Opportunities for Climate-Related Natural Hazards Mitigation in Western Balkans Countries. *South-East European Forestry*, 16(1), 73–84. <https://doi.org/10.15177/seeefor.25-11>

Kapović Solomun, M., Ferreira, C. S. S., Barger, N. N., Tošić, R., & Eremija, S. (2021). Understanding the role of policy frameworks in developing land degradation in stakeholders perception from a post-conflict perspective in Bosnia and Herzegovina. *Land Degradation & Development*, 32(12), 3393–3402. <https://doi.org/10.1002/ldr.3744>

Kleerekoper, L., Van Esch, M., & Salcedo, T. B. (2012). How to make a city climate-proof, addressing the urban heat island effect. *Resources, Conservation and Recycling*, 64, 30–38. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2011.06.004>

Kovačević, Dušan, Oljača, Snežana, Dolijanović, Zeljko, & Milić, Vesna. (2012). Climate changes: Ecological and agronomic options for mitigating the consequences of drought in Serbia. *Third International Scientific Symposium "Agrosym Jahorina 2012,"* 17–35. <https://doi.org/10.7251/AGSY1203017K>

Le Coent, P., Graveline, N., Altamirano, M. A., Arfaoui, N., Benitez-Avila, C., Biffin, T., Calatrava, J., Dartee, K., Douai, A., Gnonlonfin, A., Hérivaux, C., Marchal, R., Moncoulon,

INTERCLIM

D., & Piton, G. (2021). Is-it worth investing in NbS aiming at reducing water risks? Insights from the economic assessment of three European case studies. *Nature-Based Solutions*, 1, 100002. <https://doi.org/10.1016/j.nbsj.2021.100002>

Le Gouvello, R., Cohen-Shacham, E., Herr, D., Spadone, A., Simard, F., & Brugere, C. (2023). The IUCN Global Standard for Nature-based Solutions™ as a tool for enhancing the sustainable development of marine aquaculture. *Frontiers in Marine Science*, 10, 1146637. <https://doi.org/10.3389/fmars.2023.1146637>

Leščesen, I., Urošev, M., Dolinaj, D., Pantelić, M., Telbisz, T., Varga, G., Savić, S., & Milošević, D. (2019). Regional Flood Frequency Analysis Based on L-Moment Approach (Case Study Tisza River Basin). *Water Resources*, 46(6), 853–860. <https://doi.org/10.1134/S009780781906006X>

Locke, D. H., Baker, M., Alonzo, M., Yang, Y., Ziter, C. D., Murphy-Dunning, C., & O'Neil-Dunne, J. P. M. (2024). Variation the in relationship between urban tree canopy and air temperature reduction under a range of daily weather conditions. *Heliyon*, 10(3), e25041. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e25041>

Luber, G., & McGeehin, M. (2008). Climate Change and Extreme Heat Events. *American Journal of Preventive Medicine*, 35(5), 429–435. <https://doi.org/10.1016/j.amepre.2008.08.021>

MacKinnon, Kathy, Sobrevila, Claudia, & Hickey, Valerie. (2008). *Biodiversity, climate change, and adaptation: Nature-based solutions from the World Bank portfolio* (No. 46726; p. 102). The World Bank. <https://documents.worldbank.org/curated/en/149141468320661795>

Marando, F., Salvatori, E., Fusaro, L., & Manes, F. (2016). Removal of PM10 by Forests as a Nature-Based Solution for Air Quality Improvement in the Metropolitan City of Rome. *Forests*, 7(7), 150. <https://doi.org/10.3390/f7070150>

Menon, J. S., & Sharma, R. (2021). Nature-Based Solutions for Co-mitigation of Air Pollution and Urban Heat in Indian Cities. *Frontiers in Sustainable Cities*, 3, 705185. <https://doi.org/10.3389/frsc.2021.705185>

Merkoci, A. L., Mustaqi, V., Jaupaj, O., Como, E., Bardhi, A., & Dvorani, M. (2012). Droughts and their impact on the Albanian Territory. 58(1), 7–17.

Mickovski, S. B., Gonzalez-Ollauri, A., Sorolla, A., Löchner, A., & Emmanuel, R. (2024). A case history of co-design and co-deployment of a nature-based solution (NbS) against erosion and slope instability. *Ecological Engineering*, 209, 107406. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2024.107406>

Mohite, S., & Surawar, M. (2026). Nature-Based Solutions for Mitigating Combined Impacts of Heatwaves and Urban Heat Island. In K. Mukherjee, T. Bhadra, J. K. Pandey, P. Dash, & R. Sarkar (Eds.), *Urban Climate* (pp. 25–42). Springer Nature Switzerland. https://doi.org/10.1007/978-3-032-17895-4_2

Mrkonjic, D. (2025, August 8). *The Severe to Extreme storms over Bosnia and Herzegovina in July 2023*. <https://doi.org/10.5194/ecss2025-82>

Mutegi, James, Ameru, Julia, Harawa, Rebbie, Kiwia, Abednego, & Njue, Antony K. (n.d.). Soil health and climate change: Implications for food security in Sub-Saharan Africa. *International Journal of Development and Sustainability*, 7(1), 21–33.

Oke, T. R. (1982). The energetic basis of the urban heat island. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, 108(455), 1–24. <https://doi.org/10.1002/qj.49710845502>

INTERCLIM

Oleson, K. W., Monaghan, A., Wilhelmi, O., Barlage, M., Brunzell, N., Feddema, J., Hu, L., & Steinhoff, D. F. (2015). Interactions between urbanization, heat stress, and climate change. *Climatic Change*, 129(3–4), 525–541. <https://doi.org/10.1007/s10584-013-0936-8>

Pagano, A., Pluchinotta, I., Pengal, P., Cokan, B., & Giordano, R. (2019). Engaging stakeholders in the assessment of NbS effectiveness in flood risk reduction: A participatory System Dynamics Model for benefits and co-benefits evaluation. *Science of The Total Environment*, 690, 543–555. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.07.059>

Pandit, J. (2024). Impact of Climate Change on Drought: A Comprehensive Review. *International Journal of Agriculture Environment and Biotechnology*, 17(4). <https://doi.org/10.30954/0974-1712.04.2024.14>

Papić, D. (2025). Evaluation of drought in Bosnia and Herzegovina during the period 1956–2022. *Időjárás*, 129(3), 357–372. <https://doi.org/10.28974/idojaras.2025.3.6>

Pazzi, V., Morelli, S., Fidolini, F., Krymi, E., Casagli, N., & Fanti, R. (2016). Testing cost-effective methodologies for flood and seismic vulnerability assessment in communities of developing countries (Dajç, northern Albania). *Geomatics, Natural Hazards and Risk*, 7(3), 971–999. <https://doi.org/10.1080/19475705.2015.1004374>

Penning, E., Peñailillo Burgos, R., Mens, M., Dahm, R., & De Bruijn, K. (2023). Nature-based solutions for floods AND droughts AND biodiversity: Do we have sufficient proof of their functioning? *Cambridge Prisms: Water*, 1, e11. <https://doi.org/10.1017/wat.2023.12>

Perčec Tadić, Melita, Gajić-Čapka, Marjana, Zaninović, Ksenija, & Cindrić Kalin, Ksenija. (2014). Drought Vulnerability in Croatia. *Agriculturae Conspectus Scientificus*, 79(1), 31–38.

Petrova, S., Velcheva, I., & Nikolov, B. (2024). Nature-Based Solutions to Reduce Air Pollution: A Case Study from Plovdiv, Bulgaria, Using Trees, Herbs, Mosses and Lichens. *Forests*, 15(6), 928. <https://doi.org/10.3390/f15060928>

Pinto, L. V., Inácio, M., & Pereira, P. (2023). Green and blue infrastructure (GBI) and urban nature-based solutions (NbS) contribution to human and ecological well-being and health. *Oxford Open Infrastructure and Health*, 1, ouad004. <https://doi.org/10.1093/ooih/ouad004>

Potočki, K., Bekić, D., Bonacci, O., & Kulić, T. (2021). Hydrological Aspects of Nature-Based Solutions in Flood Mitigation in the Danube River Basin in Croatia: Green vs. Grey Approach. In C. S. S. Ferreira, Z. Kalantari, T. Hartmann, & P. Pereira (Eds.), *Nature-Based Solutions for Flood Mitigation* (Vol. 107, pp. 263–288). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/698_2021_770

Préau, C., Tournebize, J., Lenormand, M., Alleaume, S., Boussada, V. G., & Luque, S. (2022). Habitat connectivity in agricultural landscapes improving multi-functionality of constructed wetlands as nature-based solutions. *Ecological Engineering*, 182, 106725. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2022.106725>

Saboonchi, Parichehr, Khorsandnikoo, Morteza, Masnavi, Mohammad Reza, & Motedayen, Heshmatollah. (2025). Strategies to Mitigate Drought and Water Stress in Tehran through Nature-based Solutions (NbS), A Decision-making Based on Fuzzy Cognitive Maps (FCMs). *MANZAR*, 17(70), 28–35. <https://doi.org/10.22034/manzar.2024.473280.2307>

INTERCLIM

Savić, S., Krstić, H., Milošević, D., Dunjić, J., Šećerov, I., & Arsenović, D. (2023). Greening the cities—Improving micro-scale thermal conditions and enhancing sustainable urban environments. *The Circular Economy: “The Number of Priority” for the European Green Deal*, 251–261.

Savić, S., Krstić, H., Šećerov, I., & Dunjić, J. (2024). Decreasing the energy demand in public buildings using nature-based solutions: Case studies from Novi Sad (Republic of Serbia) and Osijek (Republic of Croatia). *Energy, Sustainability and Society*, 14(1), 23. <https://doi.org/10.1186/s13705-024-00455-2>

Savić, S., Marković, V., Šećerov, I., Pavić, D., Arsenović, D., Milošević, D., Dolinaj, D., Nagy, I., & Pantelić, M. (2018). Heat wave risk assessment and mapping in urban areas: Case study for a midsized Central European city, Novi Sad (Serbia). *Natural Hazards*, 91(3), 891–911. <https://doi.org/10.1007/s11069-017-3160-4>

Schinasi, L. H., Kondo, M. C., Edwards, J., Clougherty, J. E., De Roos, A. J., & Bilal, U. (2023). Does Urban Greenspace Reduce Mortality Inequalities Based on Poverty, Race, or Both in Philadelphia, PA? *Journal of Urban Health*, 100(4), 686–695. <https://doi.org/10.1007/s11524-023-00748-5>

Seddon, N., Chausson, A., Berry, P., Girardin, C. A. J., Smith, A., & Turner, B. (2020). Understanding the value and limits of nature-based solutions to climate change and other global challenges. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 375(1794), 20190120. <https://doi.org/10.1098/rstb.2019.0120>

Seddon, N., Smith, A., Smith, P., Key, I., Chausson, A., Girardin, C., House, J., Srivastava, S., & Turner, B. (2021). Getting the message right on nature-based solutions to climate change. *Global Change Biology*, 27(8), 1518–1546. <https://doi.org/10.1111/gcb.15513>

Short, C., Clarke, L., Carnelli, F., Uttley, C., & Smith, B. (2019). Capturing the multiple benefits associated with nature-based solutions: Lessons from a natural flood management project in the Cotswolds, UK. *Land Degradation & Development*, 30(3), 241–252. <https://doi.org/10.1002/ldr.3205>

Sintayehu, D. W., Kassa, A. K., Tessema, N., Girma, B., Alemayehu, S., & Hassen, J. Y. (2023). Drought Characterization and Potential of Nature-Based Solutions for Drought Risk Mitigation in Eastern Ethiopia. *Sustainability*, 15(15), 11613. <https://doi.org/10.3390/su151511613>

Soltanifard, H., & Amani-Beni, M. (2025). The cooling effect of urban green spaces as nature-based solutions for mitigating urban heat: Insights from a decade-long systematic review. *Climate Risk Management*, 49, 100731. <https://doi.org/10.1016/j.crm.2025.100731>

Soltanifard, H., Monteiro, C. M., Santos, C., Matos, C., & Sá, A. B. (2024). Cooling Effect of Urban Green Space: A Nature-Based Solution for Mitigation of Urban Heat. In C. M. Monteiro, C. Santos, C. Matos, & A. Briga Sá (Eds.), *Sustainable Development* (Vol. 25). IntechOpen. <https://doi.org/10.5772/intechopen.115085>

Song, Y., Chen, B., & Kwan, M.-P. (2020). How does urban expansion impact people's exposure to green environments? A comparative study of 290 Chinese cities. *Journal of Cleaner Production*, 246, 119018. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.119018>

Stadtherr, L., Coumou, D., Petoukhov, V., Petri, S., & Rahmstorf, S. (2016). Record Balkan floods of 2014 linked to planetary wave resonance. *Science Advances*, 2(4), e1501428. <https://doi.org/10.1126/sciadv.1501428>

INTERCLIM

Su, J., Wang, M., Zhang, D., Yuan, H., Zhou, S., Wang, Y., & Adib Mohammad Razi, M. (2024). Integrating technical and societal strategies in Nature-based Solutions for urban flood mitigation in Guangzhou, a heritage city. *Ecological Indicators*, 162, 112030. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2024.112030>

Turkelboom, F., Demeyer, R., Vranken, L., De Becker, P., Raymaekers, F., & De Smet, L. (2021). How does a nature-based solution for flood control compare to a technical solution? Case study evidence from Belgium. *Ambio*, 50(8), 1431–1445. <https://doi.org/10.1007/s13280-021-01548-4>

Ugarković, D., Šprem, N., Kelava Ugarković, N., & Oršanić, M. (2020). Flooding as a cause of ungulate mortality in floodplain forests in Croatia. *Journal of Forestry Research*, 31(3), 1045–1052. <https://doi.org/10.1007/s11676-019-00914-z>

UNDDR, & Dadvar, M. (2020). *Hazard Definition and Classification Review*. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.28232.34561>

United Nations Environment Programme. (2022). *Nature-based solutions for supporting sustainable development: Resolution adopted by the United Nations Environment Assembly on 2 March 2022 (UNEP/EA.5/Res.5)*. <https://wedocs.unep.org/handle/20.500.11822/39864>

United Nations Human Settlements Programme (UN-Habitat). (2011). *Hot cities: Battle-ground for climate change*. United Nations Human Settlements Programme (UN-Habitat). <https://unhabitat.org/sites/default/files/2012/06/P1HotCities.pdf>

United Nations Human Settlements Programme (UN-Habitat). (2022). *World Cities Report 2022: Envisaging the Future of Cities*. UN-Habitat. https://unhabitat.org/sites/default/files/2022/06/wcr_2022.pdf

United Nations Human Settlements Programme (UN-Habitat). (2022). *World Cities Report 2022*. UN-Habitat. <https://www.unhabitat.org>

Urban, M. C., Alberti, M., De Meester, L., Zhou, Y., Verrelli, B. C., Szulkin, M., Schmidt, C., Savage, A. M., Roberts, P., Rivkin, L. R., Palkovacs, E. P., Munshi-South, J., Malesis, A. N., Harris, N. C., Gotanda, K. M., Garroway, C. J., Diamond, S. E., Roches, S. D., Charmantier, A., & Brans, K. I. (2024). Interactions between climate change and urbanization will shape the future of biodiversity. *Nature Climate Change*, 14(5), 436–447. <https://doi.org/10.1038/s41558-024-01996-2>

Van Den Bosch, M., & Ode Sang, Å. (2017). Urban natural environments as nature-based solutions for improved public health – A systematic review of reviews. *Environmental Research*, 158, 373–384. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2017.05.040>

Veldman, J. W., Overbeck, G. E., Negreiros, D., Mahy, G., Le Stradic, S., Fernandes, G. W., Durigan, G., Buisson, E., Putz, F. E., & Bond, W. J. (2015). Where Tree Planting and Forest Expansion are Bad for Biodiversity and Ecosystem Services. *BioScience*, 65(10), 1011–1018. <https://doi.org/10.1093/biosci/biv118>

Vojinovic, Z., Alves, A., Gómez, J. P., Weesakul, S., Keerakamolchai, W., Meesuk, V., & Sanchez, A. (2021). Effectiveness of small- and large-scale Nature-Based Solutions for flood mitigation: The case of Ayutthaya, Thailand. *Science of The Total Environment*, 789, 147725. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.147725>

Wanner, A., Budhiraja, B., McKinley, J., & Jungnickel, M. (2026). Beat the heat: Hotspots for nature-based solutions in Vienna and Budapest. *Sustainable Cities and Society*, 139, 107219. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2026.107219>

INTERCLIM

Wei, H., Bai, X., Lu, Q., Wu, J., Su, F., Hong, T., Hu, Q., Wang, W., Quan, S. J., Luo, Z., & Han, Y. (2025). Urban cooling and energy-saving effects of nature-based solutions across types and scales. *Nature Cities*, 2(12), 1194–1204. <https://doi.org/10.1038/s44284-025-00349-0>

World Bank. (n.d.). Urban population (% of total population). World Development Indicators. <https://data.worldbank.org/indicator/SP.URB.TOTL.IN.ZS>

Yimer, E. A., De Trift, L., Lobkowicz, I., Villani, L., Nossent, J., & Van Griensven, A. (2024). The underexposed nature-based solutions: A critical state-of-art review on drought mitigation. *Journal of Environmental Management*, 352, 119903. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2023.119903>

Zaninović, K., & Matzarakis, A. (2014). Impact of heat waves on mortality in Croatia. *International Journal of Biometeorology*, 58(6), 1135–1145. <https://doi.org/10.1007/s00484-013-0706-3>

Zhang, H., Luo, M., Pei, T., Liu, X., Wang, L., Zhang, W., Lin, L., Ge, E., Liu, Z., & Liao, W. (2023). Unequal urban heat burdens impede climate justice and equity goals. *The Innovation*, 4(5), 100488. <https://doi.org/10.1016/j.xinn.2023.100488>

Zhou, W., Yu, W., Qian, Y., Han, L., Pickett, S. T. A., Wang, J., Li, W., & Ouyang, Z. (2022). Beyond city expansion: Multi-scale environmental impacts of urban megaregion formation in China. *National Science Review*, 9(1), nwab107. <https://doi.org/10.1093/nsr/nwab107>

Ziter, C. D., Pedersen, E. J., Kucharik, C. J., & Turner, M. G. (2019). Scale-dependent interactions between tree canopy cover and impervious surfaces reduce daytime urban heat during summer. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 116(15), 7575–7580. <https://doi.org/10.1073/pnas.1817561116>

INTERCLIM

2. Od ideje do implementacije: praktični vodič za primenu rešenja zasnovanih na prirodi

2.1 Od koncepta do dugoročnog funkcionisanja

Rešenja zasnovana na prirodi (Nature-based Solutions – NbS) sve češće se primenjuju kao deo odgovora gradova na klimatske i druge ekološke izazove. Njihova prednost nije samo u tome što mogu doprineti rešavanju konkretnog problema, već i u mogućnosti da istovremeno obezbede više ekoloških, društvenih i ekonomskih koristi. Ipak, između ideje o primeni određenog rešenja i njegove uspešne realizacije postoji čitav niz koraka koji se u predstavljanju NbS često nalaze u drugom planu.

U literaturi i projektnoj praksi značajna pažnja posvećuje se izboru odgovarajućih NbS i proceni njihovih potencijalnih koristi, dok su praktični aspekti realizacije zastupljeni u znatno manjoj meri. Fang i saradnici (2024) su u pregledu 142 publikacije utvrdili da se 66% analiziranih radova odnosi na izbor i procenu NbS, dok se samo 16% direktno bavi njihovim projektovanjem i implementacijom. Još je izraženiji nedostatak istraživanja transfera i širenja primenjenih rešenja, kojima se bavilo svega 6% analiziranih studija (Fang i saradnici, 2024).

Upravo tokom realizacije pojavljuju se problemi koji na početku projekta često nisu očigledni. Nedostatak prostora, postojeća infrastruktura, tehnička ograničenja, nedostatak specifičnih znanja i iskustva, finansiranje, administrativne procedure, uključivanje različitih aktera i buduće održavanje mogu značajno uticati na konačno rešenje. Castellar i saradnici (2024) identifikovali su čak 24 vrste prepreka urbanoj im-

plementaciji NbS. Među njima su konkurencija za ograničen urbani prostor, troškovi implementacije i održavanja, lokalni klimatski i drugi uslovi, potreba za prilagođavanjem postojeće hidrauličke ili električne infrastrukture, nedostatak jasnih smernica, administrativne procedure i regulatorna ograničenja (Castellar i saradnici, 2024).

Zbog toga ovo poglavlje nema za cilj samo da predstavi šta pojedina NbS mogu da postignu, već i šta se može dogoditi kada pokušamo da ih zaista realizujemo u gradu. Iskustva prethodnih projekata – uključujući prepreke, promene prvobitnih planova, dodatne troškove i rešenja koja nisu funkcionisala na očekivani način – mogu biti jednako korisna kao i primeri uspešne implementacije. Otvoreno komuniciranje takvih iskustava omogućava da se u budućim projektima realnije planiraju rokovi i troškovi, ranije identifikuju potencijalni problemi i izbegne ponavljanje istih grešaka.

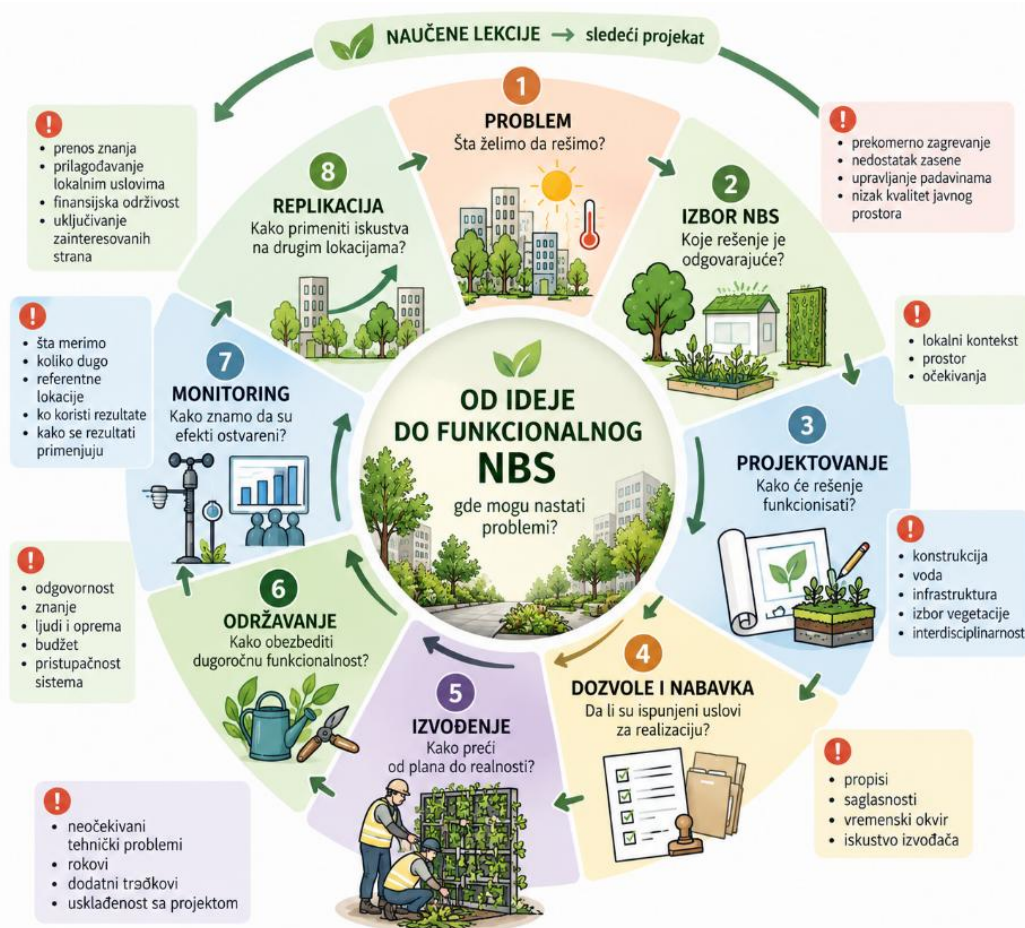
U tom smislu, NbS treba posmatrati kao proces, a ne samo kao gotov proizvod. Njihov uspeh zavisi od lokalnog konteksta, kvaliteta projektovanja i izvođenja, saradnje različitih struka i institucija, prihvatanja od strane korisnika, ali i od toga šta se sa intervencijom događa nakon njenog svečanog otvaranja. Frantzeskaki (2019), na osnovu iskustava 15 NbS eksperimenata u 11 evropskih gradova, posebno naglašava značaj saradnje u upravljanju, uključivanja različitih aktera, učenja kroz eksperimentisanje i projektovanja rešenja tako da se stečena iskustva mogu koristiti za njihovu dugoročnu primenu i replikaciju (Frantzeskaki, 2019).

INTERCLIM

Predloženi proces sastoji se od osam povezanih koraka: definisanje problema i cilja, projektovanje, provera izvodljivosti, implementacija, monitoring, održavanje, evaluacija i prenošenje naučenih lekcija. Proces je iterativan: iskustva iz korišćenja treba

da utiču na buduće odluke o izboru lokacije i dizajnu. Monitoring je potrebno osmisliti već tokom projektovanja, pre nego što intervencija bude izvedena (IUCN, 2020; European Commission, 2021).

♣ Slika 4. Šematski prikaz procesa kreiranja inovativnog rešenja zasnovanog na prirodi



Za područje prekogranične saradnje Novi Sad–Osijek u nastavku je izdvojeno šest tipova NbS koji se mogu primenjivati u različitim delovima urbanog prostora. Izbor obuhvata rešenja na objektima, javnim površinama i uličnoj infrastrukturi, kao i rešenja

namenjena upravljanju atmosferskim vodama. Posebna pažnja posvećena je rešenjima sa kojima već postoji neposredno iskustvo kroz prethodne projekte u Novom Sadu i kroz projekat InterClim.

INTERCLIM

Tabela 1. Pregled odabranih NbS relevantnih za područje Novi Sad–Osijek

<i>Rešenje</i>	<i>Glavni izazovi na koje odgovara</i>	<i>Tipična primena</i>	<i>Posebno razmotriti pre implementacije</i>
Ekstenzivni zeleni krovovi	pregrevanje, atmosferske vode, nedostatak zelenila	javne, stambene i poslovne zgrade	karakteristike objekta, konstrukciju, vodu i drenažu, održavanje
Zeleni zidovi i fasade	pregrevanje površina, nedostatak zelenila u gusto izgrađenim prostorima	fasade javnih, poslovnih i stambenih objekata	sistem ozelenjavanja, konstrukciju, navodnjavanje, bezbednost, pristup održavanju
Unutrašnji zeleni zidovi	kvalitet i prijatnost unutrašnjeg prostora	javni, obrazovni, poslovni i komercijalni objekti	svetlost, vodu, izbor biljaka, kontrolu vlage i redovno održavanje
Urbano drveće, drvoredi i zeleni koridori	toplotni stres, nedostatak zasene i zelenila	ulice, trgovci, pešačke zone, parkovi	prostor za krošnju i koren, zemljište, vodu, podzemne instalacije
Zelene sobe	lokalni toplotni stres i nedostatak prijatnih prostora za boravak	trgovci, pešačke i druge javne površine	lokaciju, zasenu, vegetaciju, funkciju prostora, pristupačnost i održavanje
Kišne bašte	intenzivne padavine, površinsko oticanje	ulice, parkovi, parking prostori, stambene zone	dotok vode, infiltraciju, zemljište, vegetaciju, preliv i održavanje

2.2 Odabrana rešenja zasnovana na prirodi

2.2.1 Ekstenzivni zeleni krovovi

Zeleni krovovi omogućavaju uvođenje vegetacije na površine koje su u konvencionalno izgrađenom gradu uglavnom neiskorišćene za zelenu infrastrukturu. Zbog toga su posebno interesantni u gusto izgrađenim delovima, gde je mogućnost formiranja novih zelenih površina na nivou terena ograničena. Njihova primena povezuje ozelenjavanje objekata sa upravljanjem atmosferskim vodama, ublažavanjem pregrevanja izgrađenih površina i drugim ekosistemskim funkcijama.

Međutim, odluka da se određeni objekat ozeleni nije isto što i odluka da se ozeleni slobodna površina. NbS postaje deo zgrade i mora biti usklađena sa njenim konstrukcionim i tehničkim karakteristikama. Zbog toga se mogućnost primene, posebno kod postojećih objekata, mora sagledavati još pre izbora konkretnog sistema i vegetacije. Ekstenzivni zeleni krovovi imaju relativno plitak supstrat i vegetaciju prilagođenu izloženosti suncu, vetru i povremenoj suši. Iako uglavnom zahtevaju manje intenzivnu negu od intenzivnih krovova, nisu sistemi bez održavanja. Pre izbora rešenja treba proveriti nosivost konstrukcije, uključujući

INTERCLIM

masu vodom zasićenog supstrata, hidroizolaciju, zaštitu od korenja, drenažu, pristup za servisiranje i raspoloživost vode.

Iskustva iz prakse

Iskustvo Hamburga pokazuje i da šira primena zelenih krovova ne zavisi samo od tehničkog rešenja. Gradska strategija razvijena je kroz kombinaciju finansijskih podsticaja, dijaloga, regulative i naučne podrške, uz kontinuirano uključivanje građevinskih kompanija, pejzažnih arhitekata, urbanista i drugih aktera. Istovremeno su se pojavili konflikti sa drugim urbanim ciljevima, poput zahteva za pristupačnijim stanovanjem, kao i potreba za dodatnim dokazima o nekim performansama zelenih krovova (EEA, 2021).

Ovaj primer pokazuje i da NbS mogu imati neželjene efekte koji se retko pojavljuju na promotivnim prikazima. U Hamburgu su, na primer, na pojedinim zelenim krovovima zabeleženi problemi povezani sa velikim brojem galebova i povećanom pojavom insekata, što je zahtevalo dodatnu komunikaciju i podizanje svesti korisnika (EEA, 2021)

Studija slučaja: Ekstenzivni zeleni krov na objektu ŠOSO "Milan Petrović", Novi Sad

U okviru projekta GReENERGY na objektu ŠOSO „Milan Petrović“ u Novom Sadu 2021. godine izveden je ekstenzivni zeleni krov površine 480 m², sa modularnim vegetacionim elementima i sedum vegetacijom (Savić i saradnici, 2024). Primer omogućava sagledavanje razlike između

početnog stanja i dugoročnog funkcionisanja.

Tokom pripreme potvrđen je značaj pravovremene provere tehničkih i administrativnih preduslova za odabrani objekat. U planiranju vodosnabdevanja razmatrano je korišćenje prikupljene kišnice za krov i spoljašnji zeleni zid. Praksa je pokazala da raspoloživost vode tokom suvih letnjih perioda ne treba procenjivati samo na osnovu godišnje količine padavina: važni su raspored padavina, slivna površina, kapacitet skladištenja i potrošnja biljaka. Krov nije redovno navodnjavan, a tokom korišćenja deo vegetacije se osušio.

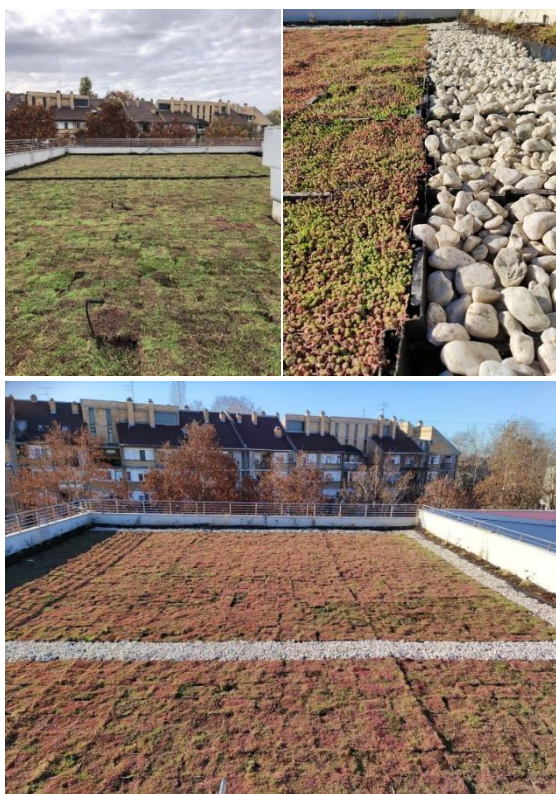
Ovo iskustvo pokazuje da ugovorna obaveza održavanja sama po sebi nije dovoljna: potrebno je navesti učestalost pregleda, zalivanje tokom suše, kriterijume za zamenu vegetacije, tehničke kontrole, nadležnosti i raspoložive resurse.

Monitoring objavljen u radu Savić i saradnici (2024) obuhvatio je temperaturu vazduha (Ta) i temperaturu globe termometra (Tg) na različitim mernim mestima. Razlike u Ta bile su uglavnom skromne, dok je Tg pokazivala izraženije razlike zavisne od doba dana i izloženosti. Tokom tropskih noći Tg iznad zelenog krova bila je tipično približno 2 °C niža nego na analiziranim drugim lokacijama.

Naučena lekcija: funkcionalnost zelenog krova zahteva usklađivanje nosivosti, dostupnosti vode, stanja vegetacije i operativnog održavanja; očekivane mikroklimatske koristi moraju se proveravati odgovarajućim pokazateljima.

INTERCLIM

📌 Slika 5. Ekstenzivni zeleni krov na objektu ŠOSO „Milan Petrović“, detalj modularnih sedum panela i šljunčane zone



2.2.2 Zeleni zidovi i fasade

Vertikalno ozelenjavanje omogućava unošenje vegetacije tamo gde za horizontalne zelene površine nema dovoljno prostora. U zavisnosti od sistema, vegetacija može biti povezana sa zemljištem ili se razvijati u posebnim konstrukcijama postavljenim na fasadu. Upravo ta povezanost sa objektom čini implementaciju zelenih zidova tehnički zahtevnijom nego što njihov finalni izgled može sugerisati. Zelene fasade sa penjačicama i modularni zeleni zidovi razlikuju se po konstrukciji i potrebama održavanja. Modularni sistem koriste zasebne posude ili kasete sa supstratom, pričvršćene za noseću konstrukciju. Njihova pouzdanost zavisi od stabilnosti konstrukcije, kvaliteta vode, pra-

vilne distribucije navodnjavanja, odvođenja viška vode i pristupa biljkama i instalacijama. Kod postojećih objekata mogu se pojaviti dodatna ograničenja koja nisu bila očigledna tokom inicijalnog izbora NbS.

Šta se može desiti u praksi? – iskustvo Liverpula

URBAN GreenUP pruža posebno ilustrativan primer. Tokom realizacije zelenih zidova u Liverpulu promenjeni zahtevi nakon Grenfell požara doveli su do toga da se zeleni zidovi tretiraju kao spoljašnja obloga objekta. Zbog toga su bili potrebni dodatni, prvobitno neplanirani proračuni protivpožarne bezbednosti i dodatna procedura pred nadležnim građevinskim organom. Takođe, jedan mnogo „običniji“ tehnički zahvat pokazao se složenijim nego što se očekivalo: priključivanje drenaže zahtevalo je koordinaciju više službi, dve odvojene saglasnosti i zatvaranje ulice, što je dovelo do dodatnog vremena i troškova (Sánchez Francés i saradnici, 2023)

Naučena lekcija: kod inovativnih NbS treba računati sa mogućnošću da se tokom projektovanja i izvođenja pojave zahtevi koje početni koncept nije mogao potpuno da predvidi. URBAN GreenUP na osnovu svojih iskustava preporučuje čak i planiranje budžetske rezerve od 10–20% za nepredviđene situacije.

Studija slučaja: Modularni zeleni zid na objektu ŠOSO „Milan Petrović“, Novi Sad

U projektu GReENERGY na objektu ŠOSO „Milan Petrović“ postavljen je modularni zeleni zid sa pojedinačnim saksijama i navodnjavanjem kap po kap. Noseća konstrukcija pričvršćena je direktno na fasadu, bez razmaka između konstrukcije i zida.

INTERCLIM

Voda je dopremana do pojedinačnih posuda putem malih emitera, odnosno kapaljki.

Tokom korišćenja pojavilo se taloženje kamenca usled tvrdoće vode, uz zapušavanje pojedinačnih kapaljki. To je poremetilo raspodelu vode i dovelo do njenog nekontrolisanog slivanja niz konstrukciju i vlaženja fasade. Problem je zahtevao sanacione aktivnosti.

Pri budućem projektovanju potrebno je unapred proveriti kvalitet vode, odabrati lako dostupne i zamenljive elemente za na-

vodnjavanje, predvideti kontrolisano odvođenje vode i odgovarajuće odvajanje zelenog sistema od fasade. Fotodokumentacija montaže i održavanja pokazuje i značaj bezbednog pristupa višim delovima zida, što utiče na troškove rada i servisiranja.

Naučena lekcija: naizgled mali tehnički element, poput kapaljke, može uticati i na vitalnost vegetacije i na stanje građevinske površine. Održavanje mora obuhvatiti i biljke i instalacije.

♣ **Slika 6. Modularni zeleni zid na objektu ŠOSO „Milan Petrović“, detalji sistema navodnjavanja i načina implementacije**



2.2.3 Unutrašnji zeleni zidovi

Unutrašnji zeleni zidovi predstavljaju specifičan oblik vertikalnog ozelenjavanja, koji postaje sve popularniji u poslovnim objektima, hotelima, univerzitetima, i drugim različitim institucijama. Osim toga što su izuzetno dekorativni, specifični su jer se uslovi u kojima vegetacija opstaje u velikoj meri kontrolišu karakteristikama objekta. Dostupnost prirodne ili veštačke svetlosti, temperatura i vlažnost vazduha, način navodnjavanja, izbor biljnih vrsta i mogućnost pristupa radi održavanja postaju sastavni deo projektovanja sistema.

Kod ovih sistema posebno je važno da se očekivane koristi ne odvoje od zahteva koje sistem stvara tokom svog životnog veka. Zeleni zid nije završen postavljanjem vegetacije. Biljke rastu, menjaju se i mogu propadati, dok sistemi za vodu i osvetljenje zahtevaju kontrolu i održavanje. Upravo zato bi kriterijum budućeg održavanja trebalo uključiti već prilikom izbora rešenja.

Studija slučaja: unutrašnji zeleni zid na Departmanu za geografiju, turizam i hotelijerstvo, Novi Sad

U okviru projekta GreEnergy 2.0., u hodniku Departmana za geografiju, turizam

INTERCLIM

i hotelijerstvo Prirodno-matematičkog fakulteta Univerziteta u Novom Sadu postavljen je unutrašnji dekorativni zeleni zid površine približno 70 m², izrađen od nestabilizovanih lišajeva koji se u komercijalnoj upotrebi nazivaju „islandska mahovina“.

Sistem ne zahteva prirodno osvetljenje niti kontinuirano navodnjavanje. Međutim, tokom zimskih meseci, kada je unutrašnji vazduh suvlji, materijal postaje krut i pri dodiru se može kruniti. Prema iskustvu sa ovim konkretnim zidom, povremeno orošavanje, približno jednom u dve

nedelje tokom zime, doprinosi očuvanju mekoće i smanjenju osipanja.

Površina od 70 m² pokazala je da male ručne prskalice nisu praktične za redovnu negu. Potrebna je oprema većeg kapaciteta, sa produženim nastavkom za pristup višim delovima. Naučena lekcija: mali broj aktivnosti održavanja ne znači i mali utrošak vremena; već u planiranju treba predvideti opremu primerenu veličini površine.

♣ Slika 7. Unutrašnji zeleni zid na hodniku Departmana za geografiju, turizam i hotelijerstvo, PMF-UNS



2.2.4 Zelene sobe

Zelene sobe predstavljaju male urbane prostore u kojima se vegetacija i drugi elementi uređenja koriste za stvaranje prijatnijih uslova za boravak ljudi. Njihova posebna vrednost je mogućnost primene u intenzivno korišćenim javnim prostorima, gde nije uvek moguće formirati veći park ili drugu kontinuiranu zelenu površinu.

Za razliku od pojedinačnog elementa zelene infrastrukture, zelena soba može objediniti više funkcija: vegetaciju, hladovinu,

prostor za sedenje i boravak, a u zavisnosti od konkretnog dizajna i druge elemente prilagođene lokalnim potrebama. Zbog toga se uspeh ovakvog prostora ne može procenjivati samo količinom vegetacije. Važni su izbor lokacije, mikroklimatski uslovi, način korišćenja prostora, pristupačnost, bezbednost i mogućnost održavanja. Njihovi mikroklimatski efekti zavise od stepena razvijenosti biljaka, lokacije i okolnog zelenila, pa se ne mogu unapred kvantifikovati bez monitoringa.

INTERCLIM

U okviru projekta InterClim, zelene sobe predstavljaju demonstraciona NbS koja se implementiraju u Novom Sadu i Osijeku. Njihova realizacija pruža priliku da se prati ne samo efekat finalnog rešenja već i sam proces prelaska od koncepta do izvedene intervencije.

Studija slučaja: Zelene sobe, Novi Sad i Osijek

U okviru projekta InterClim u Novom Sadu planirane su tri zelene sobe: na Štrandu, u Distriktu (nekadašnja Kineska četvrt) i na Pozorišnom trgu. Prva, demonstraciona zelena soba postavljena je na gradskoj plaži Štrandu, dok su preostale u fazi pripreme. U Osijeku zelene sobe su u procesu postavljanja; stoga se za njih ne navode rezultati implementacije.

Zelena soba na Štrandu sastoji se od konstrukcije sa supstratom i zasađenom vegetacijom, nadstrešnice koja treba da ozeleni kako biljke rastu, dve klupe, solarnog panela, svetiljki, punjača za telefone i prostora za razmenu knjiga. Fotografije dokumentuju početnu fazu rasta biljaka; puna vegetaciona pokrivenost još nije ostvarena.

Dosadašnji zastoji u pribavljanju dokumentacije za lokacije pokazuju značaj ranog usaglašavanja sa nadležnim gradskim institucijama. Održavanje je predviđeno u nadležnosti projektnog partnera JKP „Gradsko zelenilo“. Potencijalni rizici uključuju vandalizam, oštećenja opreme i neizvesnu izdržljivost biljaka u ograničenoj zapremini supstrata.

Planirani monitoring obuhvata meteorološke parametre, kvalitet vazduha i subjektivne utiske građana putem mobilne aplikacije. Posebno istraživačko pitanje jeste prostorni domet mikroklimatskih efekata: potrebno je utvrditi da li su promene ograničene na unutrašnjost konstrukcije ili

se mogu registrovati i u njenom neposrednom okruženju. Pri izboru kontrolnih tačaka važno je razdvojiti uticaj postojeće senke okolnih stabala od efekata same zelene sobe.

Naučena lekcija: postavljanje konstrukcije ne znači da je vegetaciono rešenje dostiglo punu funkcionalnost. Evaluaciju treba povezati sa razvojem biljaka i dugoročnim korišćenjem prostora. Predlog za praćenje i evaluaciju intervencije je vođenje “dnevnika implementacije”, u kome bi se evidentirao napredak, beležili eventualni problemi, kao i rešenja i naučene lekcije.

♣ Slika 8. Zelena soba na gradskoj plaži Štrand u Novom Sadu



2.2.5 Urbano drveće, drvoredi i zeleni koridori

Drveće predstavlja jedno od najpoznatijih NbS u gradovima, ali njegova uspešna implementacija nije jednostavno pitanje sadnje što većeg broja stabala. Posebno u postojećim ulicama, potrebno je istovremeno razmišljati o prostoru iznad i ispod površine.

Iznad zemlje, krošnji je potreban prostor za razvoj bez stvaranja neprihvatljivih konflikata sa fasadama, saobraćajem i drugom infrastrukturom. Ispod površine, korenu su potrebni

INTERCLIM

odgovarajući volumen i kvalitet zemljišta, voda i prostor koji često već zauzimaju različite podzemne instalacije.

Studija slučaja: implementacija uličnog drvoreda radi postizanja boljeg termalnog komfora, Nitra, Slovačka

URBACT publikacija o rešenjima zasnovanim na prirodi opisuje primere unapređenja uslova za urbano drveće u Nitri, uz naglasak na povezivanje rekonstrukcije ulica i stvaranja odgovarajućeg korenovog prostora. Ovaj primer nije studija slučaja projekta InterClim, već ilustracija načina na koji se potrebe drveća uključuju u projektovanje saobraćajnih i pešačkih površina (URBACT, 2025).

Pri planiranju drvoreda potrebno je razmotriti širinu trotoara, instalacije, mogućnosti razvoja krošnje, zbijenost zemljišta i potrebu za zalivanjem u prvim godinama nakon sadnje. Poseban problem predstavlja sadnja u uske otvore okružene nepropusnim popločanjem. Takvo rešenje može biti vizuelno prihvatljivo neposredno nakon sadnje, ali dugoročno ograničiti razvoj korena. U okviru rekonstrukcije ulica mogu se razmatrati strukturno zemljište, sistemi ćelija za korenov prostor i propusne površine, uz proveru tehničke izvodljivosti i lokalnih uslova.

URBACT primer iz Nitre dobro pokazuje značaj ovog manje vidljivog dela planiranja. U okviru intervencije za smanjenje toplotnog opterećenja u ulicama razmatrani su uslovi za razvoj korena, uključujući primenu strukturnog zemljišta/soil cells, biochar-a i vodopropusnog popločavanja. Iskustvo pokazuje da dugovečnost stabala zavisi od toga da se prostor za njihov razvoj planira

kao deo celokupnog uređenja ulice, a ne kao naknadni dodatak (URBACT, 2025).

Naučena lekcija: sadnja stabla nije isto što i obezbeđivanje uslova za njegov dugoročni rast. Pri planiranju treba vrednovati razvoj krošnje i korenovog sistema tokom više godina, a ne samo početni izgled drvoreda.

2.2.6 Kišne bašte

Kišne bašte su plitke vegetacione depresije namenjene prihvatanju, privremenom zadržavanju i infiltraciji dela površinskog oticanja. One mogu doprineti rasterećenju odvodnjavanja i povećanju vegetacione pokrivenosti, ali ne predstavljaju univerzalnu zamenu za konvencionalnu infrastrukturu. Njihovo dimenzionisanje zavisi od slivne površine, karakteristika zemljišta, podzemnih voda, intenziteta padavina i bezbednog preliva (World Bank, 2021; EEA, 2021). Njihova primena je posebno relevantna u urbanim sredinama sa velikim udelom nepropusnih površina.

Međutim, kišna bašta nije samo dekorativna zelena površina u koju se usmerava voda. Njeno funkcionisanje zavisi od odnosa između količine vode koja dolazi na lokaciju, karakteristika zemljišta, mogućnosti infiltracije, izbora vegetacije, načina odvoda viška vode i održavanja sistema. Zbog toga je razumevanje lokacije važnije od prostog preuzimanja rešenja koje se pokazalo uspešnim u drugom gradu.

Pre izvođenja potrebno je ispitati infiltraciju, odrediti ulivnu zonu i putanju viška vode, izabrati vegetaciju otpornu na povremeno zadržavanje vode i sušne periode, i predvideti čišćenje nanosa. Katalog Svetske banke navodi okvirne odnose površine bioretencionog sistema i slivne površine kao početne smernice, ali oni ne zamenjuju lokalni hidrotehnički proračun.

INTERCLIM

Studija slučaja: „Catch the Rain“ (Złap Deszcz), kišne bašte u Wrocławu

Program „Catch the Rain“ (Złap Deszcz), pokrenut u Wrocławu 2019. godine, podržava različite sisteme upravljanja kišnicom, uključujući rezervoare, infiltracione sisteme i kišne bašte. URBACT dokument navodi primer parka Krzycki, gde su prirodna retenciona rešenja integrisana u uređenje parka kao alternativa prvobitno planiranom betonskom rešenju.

Iskustvo Wrocława pokazuje i da šira primena ovakvih rešenja može zahtevati više od pojedinačnih demonstracionih intervencija. Program „Catch the Rain“ kombinovao je fizička rešenja za zadržavanje i infiltraciju atmosferske vode, uključujući kišne bašte, sa finansijskim podsticajima građanima i alatima koji im pomažu da procene mogućnosti primene na sopstvenim parcelama (URBACT, 2025). Ovaj primer ukazuje na važnu razliku između uspešnog pilot-projekta i šire promene urbane prakse: da bi NbS prešla iz pojedinačnog demonstracionog primera u uobičajeno rešenje, često su potrebni institucionalna podrška, finansijski mehanizmi, informisanje i jednostavni alati namenjeni korisnicima.

Naučena lekcija: uspeh kišnih bašta zahteva povezivanje hidrotehničkog projektovanja, održavanja i podrške lokalne zajednice. One su deo šireg sistema upravljanja atmosferskim vodama, a ne samo dekorativne sadne površine.

2.3 Kada teorija naiđe na praksu: šta smo naučili iz implementacije NbS?

Jedna od najvažnijih poruka iskustava evropskih gradova jeste da problemi tokom implementacije nisu izuzetak niti

nužno dokaz lošeg projekta. NbS se često uvode u već izgrađene i institucionalno složene urbane sisteme. Njihova realizacija zahteva povezivanje prirodnih procesa sa građevinskom infrastrukturom, propisima, budžetima, institucijama i svakodnevnim potrebama korisnika.

Zbog toga bi dokumentovanje problema trebalo posmatrati kao deo procesa učenja.

1. Prostor nikada nije potpuno „slobodan“

NbS konkurišu drugim urbanim funkcijama za ograničen prostor. Čak i kada je površina vizuelno dostupna, ispod nje mogu postojati instalacije, dok postojeći objekti, vlasnički odnosi ili drugi načini korišćenja mogu ograničiti mogućnosti intervencije. Castellar i saradnici (2024) upravo nedostatak prostora, konkurenciju različitih namena i potrebu za prilagođavanjem postojeće infrastrukture izdvajaju među preprekama urbanoj implementaciji.

Pre nego što počnete: ne analizirajte samo površinu koju vidite. Proverite šta se nalazi iznad, ispod i oko buduće NbS.

2. Tehnički detalj može postati veliki problem

Iskustvo Liverpula pokazuje da čak i priključak na drenažu može pokrenuti niz dodatnih procedura, koordinaciju više službi i zatvaranje ulice (Sánchez Francés i saradnici, 2023). Zato tehničke zahteve nije dobro ostavljati za fazu izvođenja. Što se više pitanja razreši tokom projektovanja, manja je verovatnoća skupih izmena tokom radova.

3. NbS zahteva saradnju više struka

NbS se nalazi na preseku pejzažne arhitekture, ekologije, građevinarstva, urbanizma, upravljanja vodama, klimatologije i drugih disciplina. Frantzeskaki (2019) iskustva evropskih gradova povezuje upravo

INTERCLIM

sa potrebom za multidisciplinarnim projektovanjem i saradničkim upravljanjem. To znači da stručnjake koji će kasnije rešavati probleme ne treba prvi put uključiti kada problem već nastane.

4. Održavanje počinje pre izgradnje

Jedno od najvažnijih pitanja svakog NbS projekta trebalo bi postaviti pre njegove realizacije: Ko će ovo održavati kada se projekat završi?

URBAN GreenUP (Sánchez Francés i saradnici, 2023) preporučuje da se kod tehnički zahtevnijih NbS, kada lokalna institucija nema odgovarajuće kapacitete, razmotri uključivanje nekoliko prvih godina održavanja u ugovor sa izvođačem. Povezivanje projektovanja, izvođenja i održavanja može takođe doprineti realističnijem projektovanju i smanjenju naknadnih izmena. Održavanje zato nije poslednja faza projekta. Ono je jedan od kriterijuma projektovanja.

5. Očekujte neočekivano – i planirajte ga

Kod inovativnih NbS nije realno očekivati da će svaki problem biti poznat pre početka radova. URBAN GreenUP zato, na osnovu iskustava svojih gradova, preporučuje da se neizvesnost otvoreno uključi u planiranje i navodi rezervu od 10–20% projektnog budžeta za nepredviđene situacije, uz realističnije planiranje vremena potrebnog za projektovanje i izvođenje (Sánchez Francés i saradnici, 2023). To možda zvuči kao konzervativno planiranje, ali može biti jeftinije od rešavanja problema tek kada radovi počnu.

6. Lekcije naučene iz projekata realizovanih u Novom Sadu

Predstavljeni primeri ukazuju na pet međusobno povezanih uslova uspeha: (1) ranu proveru tehničke i administrativne izvodljivosti; (2) prilagođavanje konstrukcije, vegetacije i navodnjavanja lo-

kalnim uslovima; (3) precizno definisano održavanje, uključujući opremu i odgovornosti; (4) praćenje razvoja vegetacije tokom vremena; i (5) monitoring zasnovan na jasnim ciljevima i odgovarajućim pokazateljima. Različite faze implementacije zahtevaju i različit nivo sigurnosti zaključaka: izmereni efekti, iskustva održavanja i očekivani rizici moraju biti jasno razdvojeni.

2.4 Od naučenih lekcija do boljeg sledećeg projekta

Iskustva iz implementacije NbS pokazuju da uspešan projekat ne počinje izborom najatraktivnijeg rešenja, već dobrim razumevanjem problema i lokacije na kojoj treba da se primeni. Jednako tako, projekat se ne završava sadnjom vegetacije ili završetkom građevinskih radova. Upravljanje, održavanje i monitoring određuju da li će NbS dugoročno ostvarivati funkcije zbog kojih je realizovana.

Fang i saradnici (2024) pokazuju da su upravo praktični aspekti implementacije i prenošenja rešenja u nove kontekste među slabije istraženim poljima istraživanja NbS. Dokumentovanje iskustava iz pojedinačnih projekata zato ima vrednost koja prevazilazi sam projekat: ono omogućava da sledeća intervencija ne počinje ponovo od nule.

Kontrolna lista pre početka NbS projekta

Cilj i lokacija

- Da li je jasno definisano koji problem NbS treba da rešava?
- Da li su analizirani lokalni klimatski i prostorni uslovi?
- Da li su proverene postojeće nadzemne i podzemne instalacije i infrastruktura?

INTERCLIM

- Da li postoje tehničke, prostorne i administrativne prepreke?

Projektovanje i izvođenje

- Da li su uključene sve potrebne struke?
- Da li su provereni tehnički, bezbednosni i regulatorni zahtevi?
- Da li su provereni nosivost, voda, zemljište i infrastruktura?
- Da li su vegetacija, supstrat i konstrukcija usklađeni?
- Da li su provereni kvalitet vode i sezonske potrebe biljaka?
- Da li je jasno koje dozvole i saglasnosti treba pribaviti?
- Da li su dokumentovani izvedeni radovi i ispitani sistemi?
- Da li postoji realna vremenska i finansijska rezerva za nepredviđene situacije?

Održavanje

- Ko preuzima NbS nakon završetka projekta?
- Ko je odgovoran za redovno održavanje?
- Da li ta institucija/organizacija ima potrebno znanje, ljude i opremu?
- Da li su dugoročni troškovi održavanja predviđeni budžetom?
- Da li je sistem projektovan tako da mu se može jednostavno pristupiti radi održavanja?

Monitoring i učenje

- Da li je definisano šta želimo da pratimo i zašto?

- Postoje li podaci pre intervencije sa kojima se stanje nakon implementacije može porediti (referentne tačke)?
- Da li se evidentiraju problemi i izmene tokom realizacije?
- Da li će naučene lekcije biti dokumentovane i dostupne budućim projektima?

Evaluacija i naučene lekcije

- Kako se menjaju vegetacija, funkcionalnost i korisničko iskustvo?
- Šta treba izmeniti pri narednoj intervenciji?

Praktična iskustva pokazuju da se vrednost rešenja zasnovanih na prirodi ne može procenjivati samo na osnovu završetka montaže ili početnog vizuelnog efekta. Zeleni krov i spoljašnji zeleni zid u Novom Sadu otkrivaju značaj pouzdanog navodnjavanja, održavanja i zaštite konstrukcije; unutrašnji zid pokazuje da i jednostavniji sistemi imaju specifične sezonske potrebe; zelene sobe otvaraju pitanja razvoja vegetacije, korišćenja javnog prostora i prostornog dometa mikroklimatskih koristi. Primeri Nitre i Vroclava dodatno naglašavaju važnost usklađivanja zelenih intervencija sa urbanom infrastrukturom i lokalnim upravljanjem. Ključni korak je prelazak sa pojedinačne implementacije na dugoročno upravljanje, evaluaciju i učenje.

KORIŠĆENA LITERATURA I IZVORI

Castellar, J. A., Popartan, L. A., Pucher, B., Pineda-Martos, R., Hecht, K., Katsou, E., ... & Pueyo-Ros, J. (2024). What does it take to renature cities? An expert-based analysis of

INTERCLIM

barriers and strategies for the implementation of nature-based solutions. *Journal of Environmental Management*, 354, 120385.

European Commission (2021). *Evaluating the Impact of Nature-based Solutions: A Summary for Policy Makers*.

European Environment Agency – EEA (2021). *Nature-based solutions in Europe: Policy, knowledge and practice for climate change adaptation and disaster risk reduction*. European Environment Agency.

Fang, X., Li, J., Ma, Q., Zhou, R., & Du, S. (2024). A quantitative review of nature-based solutions for urban sustainability (2016–2022): From science to implementation. *Science of the Total Environment*, 927, 172219.

Frantzeskaki, N. (2019). Seven lessons for planning nature-based solutions in cities. *Environmental science & policy*, 93, 101–111.

IUCN (2020). *Guidance for Using the IUCN Global Standard for Nature-based Solutions*.

Savić, S., Krstić, H., Šećerov, I. & Dunjić, J. (2024). Decreasing the energy demand in public buildings using nature-based solutions: case studies from Novi Sad (Republic of Serbia) and Osijek (Republic of Croatia). *Energy, Sustainability and Society*, 14, 23. <https://doi.org/10.1186/s13705-024-00455-2>

Sánchez Francés, R., Dogan, O., & de Ferrari, A. (eds) (2023). *URBAN GreenUP Legacy: Lessons learnt on NbS implementation in the URBAN GreenUP cities*. Handbook

URBACT (2025). *Inspiring practices on nature-based solutions and green infrastructure*

INTERCLIM

3. Društvene i ekonomske koristi ‘rešenja zasnovanih na prirodi’

3.1 Uvod

Rešenja zasnovana na prirodi (Nature-based Solutions – NbS) doprinose klimatskoj otpornosti i istovremeno donose niz društvenih i ekonomskih koristi koje tradicionalna siva infrastruktura retko može da pruži. Šume, močvare, mangrove, poplavna područja, zeleni krovovi i urbano drveće smanjuju rizike kao što su poplave, toplotni talasi i erozija, a istovremeno stvaraju radna mesta, unapređuju zdravlje, podržavaju egzistenciju stanovništva i povećavaju vrednost nekretnina.

Ipak, NbS su i dalje nedovoljno zastupljena u razvojnim finansijama. Glavni razlozi su praktične prirode: njihove koristi raspoređene su među velikim brojem ljudi i ostvaruju se tokom više godina, teže ih je kvantifikovati nego betonski zid, a nosiocima projekata često nedostaje metod za poređenje sa alternativama zasnovanim na sivoj infrastrukturi. Ova publikacija sažima način na koji Svetska banka definiše, finansira, procenjuje i prati NbS, kao i načine na koje se njihove koristi i troškovi mogu vrednovati kako bi se u investicionim odlukama razmatrali pod ravnopravnim uslovima sa drugim opcijama. Na kraju su predstavljeni primeri gradova i noviji podaci Programa Ujedinjenih nacija za životnu sredinu (UNEP) o finansiranju prirode u gradovima.

3.2 Definisanje NbS i NbS za klimatsku otpornost

Međunarodno usaglašena definicija potiče od Skupštine Ujedinjenih nacija za životnu sredinu (UNEA-5, mart 2022).

Prema toj definiciji, NbS predstavljaju aktivnosti kojima se prirodni ili izmenjeni kopneni, slatkovodni, priobalni i morski ekosistemi štite, čuvaju, obnavljaju, održivo koriste i njima održivo upravlja. Te aktivnosti moraju efikasno i adaptivno odgovarati na društvene, ekonomske i ekološke izazove, uz istovremeno ostvarivanje dobrobiti ljudi, usluga ekosistema, otpornosti i koristi za biodiverzitet. I Svetska banka i UNEP koriste ovu formulaciju u svojim izveštajima (United Nations Environment Programme [UNEP], 2024a; van Zanten i saradnici, 2023).

Definicija se nadovezuje na okvir Međunarodne unije za zaštitu prirode (IUCN), čijih je osam principa NbS analizirano u radu Cohen-Shacham i saradnici (2019). Tri principa razlikuju NbS od ranijih pristupa zasnovanih na ekosistemima: mogu se kombinovati sa drugim rešenjima, primenjuju se na nivou pejzaža i integrišu se u širi okvir kreiranja javnih politika. Seddon i saradnici (2020) dodaju važnu napomenu za naučnu upotrebu ovog pojma: NbS nisu zamena za smanjenje emisija, a njihove koristi zavise od očuvanih i biodiverzitetom bogatih ekosistema, kao i od uključivanja lokalnog stanovništva.

NbS za klimatsku otpornost predstavljaju podskup ovog šireg koncepta: rešenja čiji je izričit cilj smanjenje klimatskog rizika i rizika od katastrofa. Svetska banka srodne pristupe objedinjuje pod istim okvirom, uključujući ekosistemski zasnovano smanjenje rizika od katastrofa (Eco-DRR), ekosistemski zasnovanu adaptaciju (EbA) i zelenu infrastrukturu (World Bank, 2023). Kriterijum je funkcionalan.

INTERCLIM

Šuma zasađena isključivo radi skladištenja ugljenika nije NbS za klimatsku otpornost; zaštitna šuma koja dokazano štiti dolinu od klizišta jeste.

Smernice Svetske banke identifikuju 11 „porodica“ NbS za klimatsku otpornost: urbane i planinske šume; terase i padine; reke i poplavne ravnice; urbano zelenilo; bare, jezera i mala vodna tela; kopnene močvare; šume mangrova; druge priobalne močvare; peščane obale i dine; koralne grebene; i potopljenu vodenu vegetaciju, kao što su morske trave. Svaka porodica na drugačiji način reguliše rizike, pa je za svaku potrebno razviti poseban metod za kvantifikaciju koristi (van Zanten i saradnici, 2023).

3.3 Fondovi i programi Svetske banke za NbS

Glavni namenski instrument Svetske banke jeste Globalni program za rešenja zasnovana na prirodi za klimatsku otpornost (Global Program on Nature-Based Solutions for Climate Resilience – GPNBS), osnovan 2021. godine. Program je smešten u okviru Globalnog fonda za smanjenje rizika od katastrofa i oporavak (GFDRR), a finansiraju ga GFDRR i Globalno partnerstvo za vodnu bezbednost i sanitaciju (GWSP) (World Bank, 2023). Nastao je iz interne radne grupe za NbS osnovane u 2017. godini.

Tabela 2. Grantovi GFDRR-a i finansijski doprinosi Svetske banke

Kanal finansiranja	Šta je finansirano	Efekat poluge
Grantovi GFDRR-a, FY12–FY21	72 granta, oko 35 miliona USD, za 38 od 103 NbS projekta	Studije izvodljivosti i osnovne analize rizika koje su oblikovale zajmove
Grantovi GFDRR-a za NbS projekte odobrene FY18–FY21	20 grantova, 7,1 milion USD	Pomogli mobilisanju 911 miliona USD, od čega 68% iz IDA
Svi NbS grantovi GFDRR-a, FY18–FY21	43 granta, 22,4 miliona USD	14 grantova (11,6 miliona USD) pomoglo je mobilisanju 2,3 milijarde USD

Napomena. Podaci prema World Bank (2023).

GPNBS je međusektorski program. Sarađuje sa globalnim praksama za vodu; životnu sredinu, prirodne resurse i plavu ekonomiju (ENB); urbani razvoj, otpornost i zemljište (URL); kao i finansije, konkurentnost i inovacije. Njegova misija ima tri komponente: operativnu podršku projektnim timovima, ciljano znanje i alate, kao i interna i eksterna partnerstva.

Donatorski fondovi deluju kao početni kapital za mnogo veće zajmove (Tabela 2).

NbS su takođe deo korporativnih strategija Banke: Akcionog plana za klimatske promene 2021–2025, odgovora na oporavak nakon pandemije COVID-19 i pristupa zelenom, otpornom i inkluzivnom razvoju (GRID). Klimatsko finansiranje Banke poraslo je sa 10,9 milijardi USD u FY16 na 26,6 milijardi USD u FY21, čime je proširen fond sredstava iz kojeg se finansiraju komponente NbS (World Bank, 2023).

INTERCLIM

3.4 NbS u portfoliju Svetske banke: ključni statistički podaci

Pregled portfolija Svetske banke pokazao je da je između FY12 i FY21 odobreno 103 projekta sa komponentama NbS, čija je vrednost iznosila približno 5,53 milijarde USD, od čega je 64% poticalo od Međunarodnog udruženja za razvoj (IDA) (World Bank, 2023). U predgovoru smernica navodi se da su ukupne obaveze za NbS tokom prethodne decenije premašile 5 milijardi USD (van Zanten i saradnici, 2023).

Trend je uzlazan. Godišnji broj odobrenja porastao je za 122% između FY12 i FY21, sa 13 projekata u FY18 na 20 projekata u FY21. Kumulativno finansiranje komponenti NbS u FY21 bilo je 317% veće nego u FY16 (World Bank, 2023). Tabela 3 prikazuje profil portfolija.

Društveni profil predstavlja posebno značajan nalaz. Investicije u NbS koncentrisane su u najsiriromašnijim i klimatski najrizičnijim zemljama, a dve trećine projekata uključuju participaciju zajednice i rodne ishode.

Tabela 3. Profil projekata Svetske banke sa komponentama NbS, FY12–FY21

Dimenzija	Nalaz
Vodeći sektori	Oko 75% projekata vodile su globalne prakse URL i ENB
Region	Afrika 44%, Istočna Azija i Pacifik 22%
Klimatski rizične države i države pogođene konfliktima	25% projekata
Nerazvijene zemlje	47% projekata; 83% u zemljama sa niskim ili nižim srednjim dohotkom
Male ostrvske države u razvoju	Samo 8%
Najčešće obrađivani rizici	Rečne poplave (40 projekata), erozija kopna (36 projekata), urbane poplave (33 projekata)
Najčešće korišćene vrste NbS	Urbane zelene površine (33 projekata), travnjaci i vegetacija (30 projekata), šume (28 projekata)
Zelena naspram hibridne infrastrukture	46% isključivo zelenih; ostali kombinuju zelenu i sivu infrastrukturu
Učešće zajednice i rodna ravnopravnost	65% uključuje zajednice izvan nivoa konsultacija; 65% ima oznaku za rodnu ravnopravnost

Napomena. Podaci prema World Bank (2023).

3.5 Šest koraka za procenu koristi i troškova NbS

Smernice Svetske banke utvrđuju šest analitičkih koraka koje bi svaka procena

koristi i troškova NbS trebalo da obuhvati, bez obzira na veličinu projekta (Global Facility for Disaster Reduction and Recovery [GFDRR], n.d.; van Zanten i saradnici, 2023):

INTERCLIM

1. **Obuhvat koristi.** Identifikovati tri ili četiri ključne koristi za lokalno stanovništvo putem ekspertske procene, konsultacija sa zainteresovanim stranama ili participativnog mapiranja. Koristi se razlikuju od mesta do mesta, zbog čega se ovaj korak ne može preskočiti.

2. **Definisanje okvira za podršku odlučivanju.** Izabrati način poređenja troškova i koristi: analizu troškova i koristi (CBA), višekriterijumsku analizu (MCA), analizu troškovne efikasnosti (CEA) ili robusno donošenje odluka (RDM). Ovaj izbor određuje sve kasnije metode.

3. **Procena opasnosti i rizika.** Utvrditi klimatski i katastrofalni rizik na potencijalnim lokacijama, kao što su rizik od poplava, erozije, toplotnih talasa, suše i klizišta.

4. **Vrednovanje koristi od smanjenja rizika.** Koristiti fizičke modele zasnovane na procesima i procenu šteta, kao u konvencionalnoj analizi rizika od katastrofa, kako bi se kvantifikovalo koliko rizika NbS uklanja.

5. **Vrednovanje drugih koristi.** Vrednovati dodatne koristi, kao što su hrana, sirovine, pijaća voda, biodiverzitet, turizam, rekreacija i regulacija klime.

6. **Vrednovanje troškova.** Obuhvatiti kapitalne i operativne troškove, kao i oportunitetne i transakcione troškove i negativne efekte.

Četiri principa primenjuju se kroz svih šest koraka:

- vrednovati i smanjenje rizika i druge koristi, jer NbS služe velikom broju zainteresovanih strana;
- uključiti zainteresovane strane u definisanje lokalno relevantnih koristi;
- uzeti u obzir neizvesnost, budući da istorijski klimatski podaci možda neće važiti tokom celog životnog veka projekta;
- uključiti procenu u identifikaciju projekta, projektovanje, implementaciju i evaluaciju učinka, a ne samo u fazu procene projekta (van Zanten i saradnici, 2023).

3.6 Tri nivoa analize

Nije svakom projektu potreban isti stepen analitičke dubine. Smernice predlažu tri nivoa, usklađena sa fazom projekta i raspoloživim podacima, vremenom, budžetom i stručnim kapacitetima (van Zanten i saradnici, 2023), kao što je prikazano u Tabeli 4.

Tabela 4. Nivoi analize za vrednovanje NbS

Nivo	Metode	Tipična primena	Potrebni resursi
Nivo 1	Brza procena korišćenjem globalno dostupnih podataka i ekspertske procene	Početni strateški rad, faza pre koncepta, zagovaranje	Ograničeni
Nivo 2	Uglavnom globalni geoprostorni i ekonomski podaci, uz uključivanje zainteresovanih strana; precizniji rezultati prilagođeni kontekstu	Identifikacija i priprema projekta, prethodna studija izvodljivosti, ekonomska i finansijska analiza	Umereni
Nivo 3	Lokalno prikupljanje podataka (intervjui, fokus grupe, terensko posmatranje) sa najvećom preciznošću	Studija izvodljivosti i projektovanje, podrška implementaciji, praćenje učinka	Obimni

Napomena. Prilagođeno prema van Zanten i saradnici (2023).

INTERCLIM

Izbor nivoa vodi ka dva pitanja. Prvo, koji je cilj procene? Podizanje svesti klijenata i finansijera zahteva manju rigoroznost od određivanja lokacije i projektovanja intervencije. Drugo, koliko podataka, vremena i novca je na raspolaganju? Analiza postojećih podataka, poput studija rizika od poplava ili računa prirodnog kapitala, često omogućava primenu višeg nivoa uz prihvatljive troškove.

Viši nivoi daju preciznije rezultate, ali su skuplji. Jedan projekat može prelaziti na više nivoe kako napreduje kroz projektni ciklus.

3.7 Koristi NbS: definicija, tok koristi i smanjenje rizika

Smernice definišu koristi kroz usluge ekosistema, odnosno doprinose prirode ljudima, i dele ih u dve vrste (van Zanten i saradnici, 2023):

- **Koristi od smanjenja rizika** predstavljaju usluge koje kao primarni cilj imaju regulisanje klimatskog rizika i rizika od katastrofa: zaštitu od poplava i erozije, smanjenje toplotnog opterećenja, ublažavanje suše i obezbeđivanje vode, kao i smanjenje rizika od klizišta.
- **Druge koristi (dodatne koristi)** predstavljaju šire društvene dobitke: hranu i sirovine, pijaću vodu, biodiverzitet, turizam i rekreaciju, kvalitet vode, zdravlje i globalnu regulaciju klime.

3.7.1 Tok koristi NbS

Koristi se prate kroz lanac koji povezuje određenu aktivnost sa blagostanjem ljudi putem ekološke ili fizičke „proizvodne funkcije“. Primer priobalne močvare iz smernica sastoji se od četiri veze (van Zanten i saradnici, 2023):

1. **Aktivnost:** obnova priobalne močvare.

2. **Procesi:** vegetacija usporava talase i olujne udare; veća količina staništa povećava proizvodnju ribe.

3. **Usluge:** manje poplava; veća biomasa ribe.

4. **Koristi za ljude:** manja šteta od poplava; veći prihodi od ribolova.

Svaka veza meri se kao promena u odnosu na scenario bez projekta ili alternativni scenario. Čak i degradirana lokacija pruža određene usluge, pa se mora izmeriti i početno stanje. Ista logika primenjuje se i na sivu infrastrukturu, koja takođe ima ekološke sporedne efekte koje treba uključiti radi pravičnog poređenja.

3.7.2 Dokazi o koristima od smanjenja rizika

Same koristi od smanjenja rizika često su dovoljno velike da opravdaju investiciju:

- Globalni odnosi koristi i troškova za zaštitu obala pomoću mangrova premašuju 5:1 (Global Commission for Adaptation, 2019, prema van Zanten i saradnici, 2023).
- Mangrove širom sveta sprečavaju procenjenih 65 milijardi USD štete od poplava godišnje (Menéndez i saradnici, 2020), dok koralni grebeni sprečavaju približno 4 milijarde USD (van Zanten i saradnici, 2023).
- Prosečna vrednost zaštite od poplava iznosi oko 91.000 USD po km² godišnje za priobalne močvare (Sun & Carson, 2020) i 461.000 USD po km² godišnje za mangrove (Menéndez i saradnici, 2020).
- Koralni grebeni u SAD pružaju više od 1,8 milijardi USD godišnje koristi u vidu smanjenja rizika od poplava (Storlazzi i saradnici, 2019, prema van Zanten i saradnici, 2023).
- Promena od 10% u pokrivenosti drvećem u Baltimoru povezana je sa 80–250 manje smrtnih slučajeva godišnje izazvanih toplotom, što odgovara vrednosti od 0,7–2,0 milijarde USD (Sinha i saradnici, 2021).

INTERCLIM

Ovo su donje procene, jer ne uključuju dodatne koristi poput turizma povezanog sa koralnim grebenima, čija se vrednost procenjuje na gotovo 36 milijardi USD godišnje (Spalding i saradnici, 2017, prema van Zanten i saradnici, 2023).

3.7.3 Šta pokazuje recenzirana naučna literatura

Tri sistematska pregleda i meta-analize podržavaju navedene rezultate, ali istovremeno ukazuju na njihova ograničenja (Tabela 5).

Tabela 5. Sistemski pregledi i meta-analize finansijske efikasnosti NbS

Studija	Baza dokaza	Ključni nalaz
Chausson i saradnici (2020)	Prva globalna sistematska mapa efektivnosti NbS za adaptaciju	59% od 293 intervencije iz stvarnog sveta smanjilo je klimatske uticaje; 12% je pogoršalo neke uticaje; NbS su uglavnom bile jednako ili više efikasne od alternativa, ali su studije troškovne efikasnosti bile retke
Vicarelli i saradnici (2024)	Pregled 87 ekonomskih studija NbS za smanjenje rizika od katastrofa, 2000–2021	71% studija utvrdilo je da su NbS dosledno troškovno efikasne, a 24% da su troškovno efikasne pod određenim uslovima; među studijama koje porede NbS sa inženjerskim rešenjima, 65% je pokazalo da su NbS uvek, a 26% delimično efikasnije
Huynh i saradnici (2024)	Globalna meta-analiza tvrdih, hibridnih, mekih i prirodnih priobalnih zaštita	Meke i hibridne mere troškovno su efikasnije od tvrdih; hibridna rešenja daju najveće smanjenje rizika; sve opcije ostvaruju pozitivan ekonomski povrat tokom 20 godina

Dokazi, dakle, uglavnom idu u prilog NbS, ali ne bezuslovno. Rezultati zavise od lokacije, stanja ekosistema, prava korišćenja zemljišta, načina finansiranja i metode vrednovanja (Vicarelli i saradnici, 2024). Stvoreni ekosistemi, poput pošumljavanja, mogu uključivati kompromise, na primer smanjenje dostupnosti vode (Chausson i saradnici, 2020). Hibridna zelena-siva rešenja često daju najbolje rezultate (Huynh i saradnici, 2024), što je u skladu sa činjenicom da hibridni projekti čine 54% portfolija Svetske banke (World Bank, 2023).

Smernice takođe predstavljaju punu strukturu koristi kroz koncept „trostruke dividende otpornosti“: izbegnuta šteta, podstaknuti ekonomski razvoj i društvene i ekološke dodatne koristi (van Zanten i saradnici, 2023).

3.8 Nova radna mesta koja stvaraju NbS

NbS su radno intenzivne i zato stvaraju nova radna mesta, neposredno i posredno štiteći postojeća. Izgradnja i dugoročno upravljanje i održavanje predstavljaju pokretače lokalnog zapošljavanja, a projekti mogu biti projektovani tako da angažuju lokalno stanovništvo (van Zanten i saradnici, 2023).

Direktna radna mesta mogu se podeliti u dve grupe. Kratkoročna radna mesta uključuju sadnju drveća u okviru pošumljavanja, sadnju vegetacije i uklanjanje invazivnih vrsta. Dugoročna radna mesta odnose se na održavanje: ponovljeno uklanjanje invazivnih vrsta, orezivanje i dosadnju. Posredna zaštita zapošljavanja ostvaruje se kroz smanjenje prekida aktivnosti izazvanih

INTERCLIM

poplavama i klizištima, kao i kroz zdravlje ekosisteme koji održavaju egzistenciju zasnovanu na ribarstvu, poljoprivredi i turizmu.

Dokazi prikupljeni u smernicama Svetske banke pokazuju visok intenzitet stvaranja radnih mesta po uloženom dolaru (Tabela 6).

Tabela 6. Broj radnih mesta stvorenih po 1 milion USD uloženi u NbS aktivnosti

Aktivnost	Radna mesta po 1 milion USD	Izvor
Pošumljavanje, obnova šuma, borba protiv dezertifikacije (uglavnom zemlje u razvoju)	275–625 direktnih radnih mesta	WWF (2020)
Unapređenje slivova	166–500 direktnih radnih mesta	WWF (2020)
Stvaranje i upravljanje urbanim zelenim površinama	24–250 direktnih radnih mesta	WWF (2020)
Obnova i održivo upravljanje šumama, SAD	Oko 39,7 direktnih i indirektnih radnih mesta	Heintz i saradnici (2009)
Zaštita priobalnih ekosistema	17 radnih mesta	Edwards i saradnici (2013)

Napomena. WWF (2020) i Heintz i saradnici (2009), prema van Zanten i saradnici (2023)

Na makroekonomskom nivou, Svetski ekonomski forum procenjuje da bi prelazak na modele koji pozitivno utiču na prirodu u tri socioekonomska sistema mogao do 2030. godine doneti 10,1 milijardi USD godišnje poslovne vrednosti i 395 miliona radnih mesta (World Economic Forum, 2020, prema van Zanten i saradnici, 2023). U Sjedinjenim Američkim Državama procenjuje se da svaki dolar uloženi u obnovu prirode donosi najmanje 9 USD ekonomskih koristi (van Zanten i saradnici, 2023).

Portfolio Svetske banke potvrđuje ovu vezu u praksi. Oko 12% projekata odobrenih u FY20–FY21 koristilo je NbS direktno za ublažavanje posledica pandemije COVID-19, na primer kroz pošumljavanje koje sprovode lokalne zajednice. Projekat urbane otpornosti u Sijera Leoneu stvorio je više od 550 radnih mesta tokom pandemije, uglavnom za žene i mlade. U Indiji, projekat Green National Highways Corridor ima za cilj da obuča 2.500 žena za veštine, uključujući bioinženjering za radove na pu-

tevim (World Bank, 2023).

3.9 Vrednovanje koristi u odnosu na troškove: okvir za donošenje odluka

Okvir za donošenje odluka povezuje metod vrednovanja sa kontekstom projektne odluke, tako da tim ne troši više sredstava na analizu nego što je potrebno za donošenje odluke (van Zanten i saradnici, 2023, poglavlje 5). On objedinjuje tri izbora.

Prvo, faza projektnog ciklusa.

Vrednovanje ima različite svrhe u različitim fazama. U početnoj fazi ono podiže svest i identifikuje gde bi NbS mogle biti primenljive. Tokom identifikacije i pripreme podržava prethodnu procenu izvodljivosti i ekonomsku i finansijsku analizu. U fazi procene projekta ispituje ekonomsku opravdanost. Tokom implementacije i nakon nje obezbeđuje indikatore za praćenje i evaluaciju učinka.

Drugo, nivo analize, utvrđen prema cilju i raspoloživim podacima, vremenu i budžetu.

INTERCLIM

Treće, okvir za podršku odlučivanju, koji određuje način poređenja koristi i troškova (Tabela 7).

U svakom od ovih pristupa važne su dve razlike. Ekonomska procena obuhvata sve koristi i troškove za društvo, uključujući javna dobra poput zaštite od poplava. Fi-

nansijska procena obuhvata samo ono što se odražava u tržišnim cenama. Finansijska perspektiva objašnjava postojeće podsticaje, na primer zašto se mangrove krče, i pomaže u osmišljavanju sistema plaćanja, kreditiranja za otpornost ili tržišta ugljenika kojima se javne koristi pretvaraju u prihod (van Zanten i saradnici, 2023).

Tabela 7. Okviri za podršku odlučivanju pri poređenju NbS opcija

Okvir	Način poređenja opcija	Kada je prikladan
Analiza troškova i koristi (CBA)	Sve koristi i troškovi izraženi su u novcu; neto sadašnja vrednost, odnos koristi i troškova, interna stopa prinosa	Kada se većina koristi može monetizovati; standard za procenu projekata
Analiza troškovne efikasnosti (CEA)	Trošak po jedinici unapred definisanog ishoda, npr. broj zaštićenih domaćinstava	Kada je cilj unapred utvrđen i traži se najjeftiniji način njegovog ostvarivanja
Višekriterijumska analiza (MCA)	Bodovanje i ponderisanje monetarnih i nemonetarnih kriterijuma	Kada je ključne koristi teško monetizovati ili ih zainteresovane strane različito vrednuju
Robusno donošenje odluka (RDM)	Učinak kroz veliki broj mogućih klimatskih i socioekonomskih budućnosti	Kada postoji velika neizvesnost u pogledu budućih uslova

Napomena. Na osnovu van Zanten i saradnici (2023).

Vremenski aspekt se takođe razlikuje. Siva infrastruktura ima dug period izgradnje i visoke početne troškove, dok NbS obično imaju niže početne troškove, ali zahtevaju kontinuirane rashode za funkcionisanje i potrebno im je vreme da ostvare pune koristi. Zbog toga diskontnu stopu i period analize treba pažljivo odabrati, u suprotnom bi NbS mogle biti potcenjene.

3.10 Vrednovanje koristi od smanjenja rizika u četiri koraka

Standardni metod zasniva se na izbegnutim štetama: korist NbS predstavlja štetu koja se više ne ostvaruje zahvaljujući

njenom postojanju. Smernice ovaj postupak prikazuju kroz četiri koraka, poredeći scenario bez NbS i scenario sa NbS (van Zanten i saradnici, 2023, Slika 4-1):

1. **Procena intenziteta opasnosti.** Modelovati opasnost, kao što su dubina poplave, visina talasa, temperatura ili nestabilnost padine, za događaje različitih scenarija, zatim u sadašnjosti i prema klimatskim scenarijima.

2. **Procena uticaja NbS na intenzitet opasnosti.** Modelovati način na koji rešenje menja opasnost: ublažavanje talasa mangrovama, zadržavanje oticanja urbanim drvećem, zasenjivanje i evapotranspiracija zelenih površina.

INTERCLIM

3. **Procena ekonomskih efekata u oba scenarija.** Preklopiti karte opasnosti sa podacima o izloženom stanovništvu, objektima, infrastrukturi i privrednim aktivnostima, a zatim primeniti funkcije štete kako bi se procenili gubici sa NbS i bez nje.

4. **Izračunavanje koristi od smanjenja rizika.** Izračunati razliku u gubicima između dva scenarija za sve scenarije događaja, čime se dobija očekivana godišnja izbegnuta šteta, a zatim je diskontovati tokom životnog veka projekta.

Rezultat se direktno uključuje u analizu troškova i koristi, pod istim uslovima kao nasip ili sistem odvodnjavanja. Gubici mogu obuhvatati više od materijalne štete: izbegnute smrtnosti slučajeve vrednovane putem vrednosti statističkog života, gubitke produktivnosti, energiju potrebnu za hlađenje i prekide poslovanja, u zavisnosti od vrste opasnosti.

3.11 Alternativni pristupi i vrednovanje drugih koristi

Potpuno modeliranje šteta nije uvek moguće. Kada su podaci ili vreme ograničeni, smernice nude alternative na dva nivoa (van Zanten i saradnici, 2023).

Pristupi zasnovani na indeksima

Indeksi rangiraju opasnost ili ranjivost bez pretvaranja u novčanu vrednost. Primeri navedeni u smernicama uključuju Indeks priobalne ranjivosti, Indeks podložnosti klizištima, indekse suše poput Standardizovanog indeksa padavina i indekse urbanih toplotnih ostrva. Pogodni su za procenu na nivou 1 i višekriterijumsku analizu: poređenje lokacija, određivanje prioriteta i pokazivanje mesta na kojima bi NbS najviše promenile rezultat.

Novčane alternative potpunom modeliranju šteta

Kada je potrebna novčana vrednost, ali je modeliranje šteta preskupo, mogu se koristiti jednostavniji novčani pokazatelji. Izbegnuti ili zamenski troškovi vrednuju NbS prema sivoj infrastrukturi koju mogu učiniti nepotrebnom, kao u primeru iz Lankastera (odjeljak 13). Vrednosti imovine i zemljišta mogu pokazati smanjenje rizika kroz promene cena, kao u primeru Buenos Ajresa iz smernica, gde se posmatra vrednost zemljišta stvorena smanjenjem rizika od poplava. Izbegnuti gubitak života može se vrednovati primenom vrednosti statističkog života na modelovano smanjenje smrtnosti.

Četiri pristupa vrednovanju drugih koristi

Dodatne koristi vrednuju se standardnim alatima ekonomije životne sredine:

1. **Metode tržišnih cena** za proizvode kojima se trguje: riba, drvo, poljoprivredni proizvodi, voda i prihodi od turizma.

2. **Metode otkrivenih preferencija**, koje vrednost izvede iz ponašanja: trošak putovanja za rekreaciju i hedoničko određivanje cena za zelene površine u blizini stambenih objekata.

3. **Metode iskazanih preferencija**, koje direktno ispituju stavove ljudi: kontingentno vrednovanje i eksperimenti izbora, koji predstavljaju glavni način vrednovanja biodiverziteta i drugih neupotrebnih vrednosti.

4. **Prenos vrednosti**, kojim se vrednosti iz ranijih studija prilagođavaju novom kontekstu, na primer korišćenjem baze podataka za vrednovanje usluga ekosistema, kada nova primarna studija nije finansijski opravdana.

Ugljenik predstavlja izuzetak, jer se za njega koristi politički utvrđena cena.

INTERCLIM

Smernice navode eksplicitnu cenu ugljenika od najmanje 40–80 USD po toni CO₂ do 2020. godine i 50–100 USD do 2030. godine radi ostvarivanja ciljeva Pariskog sporazuma (van Zanten i saradnici, 2023). Potrebno je izbegavati dvostruko računanje, na primer istovremeno računanje koristi od obezbeđivanja hrane i zdravstvene koristi iste te hrane.

Za urbana područja Raymond i saradnici (2017) nude široko korišćen okvir za procenu dodatnih koristi i troškova. Na osnovu pregleda više od 1.700 dokumenata, okvir obuhvata deset društvenih izazova i povezuje vrednovanje sa procesom od sedam faza, od

identifikovanja problema do praćenja dodatnih koristi. On dopunjuje šest koraka Svetske banke tako što društvene dodatne koristi, poput zdravlja i zelenih radnih mesta, izričito uključuje od samog početka.

3.12 Indikatori NbS i ishodi Svetske banke

Indikatori pretvaraju vrednovanje u sistem praćenja. Smernice preporučuju indikatore relevantne za koristi: mere koje prate promenu koja je ljudima zaista važna, a ne samo fizički rezultat projekta (van Zanten i saradnici, 2023). Tabela 8 daje tri primera razlike između izlaznog pokazatelja i pokazatelja relevantnog za korist.

Tabela 8. Izlazni indikatori i indikatori relevantni za koristi

Korist	Izlazni indikator (šta je izgrađeno)	Indikator relevantan za korist (šta se promenilo za ljude)
Smanjenje rizika od poplava	Hektari obnovljenih močvara	Domaćinstva premeštena u kategoriju nižeg rizika od poplava; izbegnuta očekivana godišnja šteta
Smanjenje toplote	Broj zasađenih stabala, m ² zelenog krova	Smanjenje vršne temperature vazduha u ugroženim naseljima; izbegnute posete bolnicama zbog toplotnih talasa
Egzistencija stanovništva	Površina pod održivim upravljanjem	Promena prihoda od ribarstva, poljoprivrede ili turizma; broj ljudi sa unapređenim sredstvima za život

Šta je Svetska banka merila

Najčešće praćeni ishodi u okvirima rezultata NbS projekata jesu smanjenje poplava (44 projekta), povećanje kapaciteta zainteresovanih strana (38 projekata) i biodiverzitet ili zaštita prirodnih područja (33 projekta) (World Bank, 2023). Zatvoreni projekti iz FY12–FY21 obezbedili su:

- više od 1 milion hektara degradiranog zemljišta obnovljenog ili pretvorenog u zelene površine;
- gotovo 124.000 hektara šuma ili močvara obnovljenih ili pošumljenih;

- 4.600 km priobalnih i morskih područja pod zaštitom;
- u Malaviju je upravljanje slivom reke Šire pomoglo da se 3.155 domaćinstava premesti u kategoriju nižeg rizika od poplava;
- u Tadžikistanu je upravljanje prirodnim resursima omogućilo da više od 50% korisnika prijavi poboljšanje blagostanja ili sredstava za život.

Od 18 zatvorenih projekata sa završnim izveštajima, 72% je imalo indikatore koji pokazuju na koji način su NbS doprinele klimatskoj otpornosti. Sam

INTERCLIM

pregled zaključuje da mnogim projektima i dalje nedostaju specifični indikatori za NbS i da je prevezilaženje ovog nedostatka prioritet (World Bank, 2023).

3.13 Definisanje troškova NbS

Trošak NbS predstavlja punu vrednost resursa koje ona koristi tokom svog životnog ciklusa, a ne samo građevinski račun. Smernice navode pet komponenti troškova (van Zanten i saradnici, 2023, Tabela 3-3), sažetih u Tabeli 9.

Tri karakteristike razlikuju troškove NbS od troškova sive infrastrukture. NbS često zahtevaju više zemljišta, zbog čega prava korišćenja zemljišta i oportunitetni trošak postaju ključni. Njihovi transakcioni troškovi su viši zato što prelaze granice sektora i zavise od vlasništva i učešća zajednice. Takođe, njihova potrošnja je raspoređena tokom vremena, sa nižim početnim kapitalnim izdacima, ali dugoročnim potrebama za održavanjem, zbog čega projekti treba da utvrde izvor finansiranja i odgovornu instituciju za održavanje nakon završetka projekta.

Tabela 9. Komponente troškova NbS

Komponenta	Šta obuhvata
Kapitalni izdaci (CAPEX)	Projektovanje i planiranje, dozvole, kupovinu zemljišta, preseljenje kada je neophodno, pripremu lokacije, izgradnju i sadnju drveća
Operativni rashodi (OPEX)	Praćenje, održavanje vegetacije, uklanjanje invazivnih vrsta, plaćanja vlasnicima zemljišta za određene načine korišćenja, zaštitu i kontrolu pristupa
Transakcioni troškovi	Studije obuhvata, tehnička pomoć, uključivanje zajednice, definisanje ciljeva i određivanje prioriteta
Oportunitetni troškovi	Vrednost zemljišta u njegovoj sledećoj najboljoj nameni (poljoprivreda, stanovanje, trgovina); lokalna radna snaga i materijali preusmereni na projekat
Negativni efekti	Negativne posledice poput komaraca u blizini močvara, polena, padanja grana i oštećenja trotoara korenjem

Napomena. Prilagođeno prema van Zanten i saradnici (2023).

3.14 NbS u praksi: četiri primera gradova

Jedno pravilo sprečava čestu grešku: ista stavka ne sme se računati dva puta. Ako je kupovina zemljišta uključena u CAPEX, oportunitetni trošak tog zemljišta ne sme se ponovo dodavati.

Četiri slučaja obuhvataju različite rizike, kontinente i metode vrednovanja (Tabela 9). Zajedno pokazuju da NbS donose koristi kada se uzme u obzir njihov puni spektar koristi.

INTERCLIM

Tabela 10. Četiri primera NbS u gradovima

Grad	NbS	Rizik na koji se od- govara	Ključni rezultat
Guangdžou, Kina	Nacionalni park močvara Haizhu	Urbana toplota	Višestruke usluge vrednovane radi opravdanja zaštite
Johanesburg, Južna Afrika	Obnova reke Jukskei, urbano šumarstvo	Poplave, toplota	Obnovljeno 489 ha, 1.500 radnih mesta
Finiks, SAD	Povećanje urbanog pokrivača drvećem na 25%	Ekstremna toplota	Odnos koristi i troškova 3,78
Lankaster, SAD	Gradska zelena infrastruktura za upravljanje oborinskim vodama	Urbane poplave, pre-livanje kanalizacije	Izbegnuto 120 miliona USD kapitalnih troškova sive infra-strukture

Kina: Nacionalni park močvara Haizhu, Guangdžou

Haizhu je močvara površine 11 km² u centru Guangdžoua i jedan od osam slučajeva iz smernica Svetske banke, gde služi kao primer urbanih močvara za smanjenje toplote (van Zanten i saradnici, 2023, studija slučaja 2). U saradnji sa Natural Capital Project, Svetska banka je modelovala urbano hlađenje, skladištenje i sekvencijalnu ugljenika, fizičko zdravlje, mentalno zdravlje i rekreaciju (Natural Capital Project, n.d.; World Bank, 2022). Rezultati su gradskim planerima pružili argumente za očuvanje močvare od pritiska urbanog razvoja. Lokalni planeri su takođe naučili da koriste model hlađenja za poređenje različitih rešenja u okviru novog distrikta Knowledge City.

Haizhu je deo šire nacionalne politike. Kina je 2014. godine pokrenula koncept „grada-sunđera“ (Sponge City) radi rešavanja problema površinskih urbanih poplava, prečišćavanja oticaja, smanjenja poplavnih protoka i očuvanja vode putem zelene infrastrukture integrisane u prostorno planiranje (Chan i saradnici, 2018). Haizhu pokazuje kako takva politika izgleda na nivou konkretne lokacije.

Johanesburg: obnova reke Jukskei

U okviru programa SUNCASA, Johanesburg je obnovio 489 hektara duž sliva reke Jukskei uklanjanjem invazivnih biljnih vrsta i ponovnom sadnjom autohtone vegetacije. Grad i partneri zasadili su 47.600 stabala, uklonili 664 tone čvrstog otpada iz reke i postavili mrežu za hidrološko praćenje radi ranog upozoravanja na poplave. Projekat vredan 334,38 miliona R, koji je finansirao Global Affairs Canada, a kojim su upravljali IISD i WRI, zaposlio je 1.500 ljudi i obučio 200 radnika sa punim radnim vremenom (Burger, 2026). Ovaj primer pokazuje društveni benefit NbS: radna mesta i razvoj veština u područjima sa niskim prihodima, kao što su Aleksandra i Sove-to, uz istovremenu zaštitu od poplava i toplote.

Finiks: drveće protiv ekstremne toplote

Ekonomska procena za The Nature Conservancy, koju je sproveda kompanija AECOM, ispitala je povećanje pokrivenosti drvećem u metropolitanskom području Finiksa na 25% do 2050. godine. Koristi od oko 15,3 milijarde USD u odnosu na troškove od 4,0 milijarde USD daju odnos koristi i troškova od 3,78 (The Nature Con-

INTERCLIM

servancy, 2021). Autori napominju da pokrivenost drvećem donosi i dodatne koristi koje nisu uključene u ovaj odnos.

Lankaster: zeleno umesto sivog upravljanja oborinskim vodama

Lankaster u Pensilvaniji usvojio je Plan zelene infrastrukture 2011. godine radi upravljanja padavinskim vodama i prelivanjem kombinovanog kanalizacionog sistema pomoću kišnih bašti, propusnog popločavanja, zelenih krovova i drveća. Tokom scenarija od 25 godina, plan izbegava oko 120 miliona USD kapitalnih troškova sive infrastrukture i 661.000 USD godišnje troškova pumpanja i prečišćavanja otpadnih voda. Takođe donosi oko 2,8 miliona USD godišnje koristi u vidu energije, kvaliteta vazduha i klime, što premašuje troškove implementacije (U.S. Environmental Protection Agency, 2014). Lankaster predstavlja tipičan primer pristupa zasnovanog na izbegnutim troškovima iz odeljka 10.

3.15 Finansiranje prirode u gradovima i zaključci

1) Ekonomski argument za NbS je snažan, ali novac ga ne prati u dovoljnoj meri. UNEP procenjuje da globalno finansiranje NbS, koje iznosi oko 200 milijardi USD godišnje, mora porasti na 542 milijarde USD do 2030. kako bi se ostvarili ciljevi u oblasti klime, biodiverziteta i degradacije

zemljišta (UNEP, 2024a). Istovremeno, približno 7 milijardi USD godišnje usmerava se na aktivnosti koje štete prirodi (UNEP, 2024b).

2) Gradovi su od ključnog značaja. U njima živi 4,4 milijarde ljudi, odnosno 56% svetskog stanovništva, a gradovi stvaraju više od 80% globalnog BDP-a, proizvode 70% emisija CO₂ i koriste 75% resursa. UNEP identifikuje četiri praznine koje koče urbane NbS: podaci i znanje, kapaciteti, integrisanje u politike i finansiranje.

3) Odgovor UNEP-a predstavlja Okvir urbanih NbS od deset elemenata, koji gradskim službama omogućava da mapiraju i označe potrošnju na NbS u sopstvenim budžetima. Aktivnost se računa samo ako pokazuje nameru da značajno doprinese i dobrobiti ljudi i zdravlju ekosistema, što je kriterijum preuzet iz taksonomije EU. Šest gradova obuhvaćenih studijama slučaja — Kvezon Siti, Curitiba, Dakar, Sijetl, Toronto i Meksiko Siti — pokazuju koliko je ova potrošnja skrivena. Kapitalni budžet Toronta povezan sa klisurama i zelenim koridorima iznosio je 105,5 miliona CAD u 2022. godini i bio raspoređen kroz više gradskih sektora, naspram 12,6 miliona CAD operativnog budžeta za parkove. Projekat Pollinator Gardens u Meksiko Sijetu obučio je više od 500 žena za specijalizovane poslove vrtlarstva, uz cilj od 2.500, čime se urbana priroda direktno povezuje sa zelenim radnim mestima (UNEP, 2024a).

KORIŠĆENA LITERATURA I IZVORI

Burger, S. (2026, August 27). Joburg completes environmental cleanup project to boost climate resilience. *Engineering News*. <https://www.engineeringnews.co.za/article/joburg-completes-environmental-cleanup-project-to-boost-climate-resilience-2026-08-27>

INTERCLIM

Chan, F. K. S., Griffiths, J. A., Higgitt, D., Xu, S., Zhu, F., Tang, Y.-T., Xu, Y., & Thorne, C. R. (2018). “Sponge City” in China—A breakthrough of planning and flood risk management in the urban context. *Land Use Policy*, 76, 772–778. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2018.03.005>

Chausson, A., Turner, B., Seddon, D., Chabaneix, N., Girardin, C. A. J., Kapos, V., Key, I., Roe, D., Smith, A., Woroniecki, S., & Seddon, N. (2020). Mapping the effectiveness of nature-based solutions for climate change adaptation. *Global Change Biology*, 26(11), 6134–6155. <https://doi.org/10.1111/gcb.15310>

Cohen-Shacham, E., Andrade, A., Dalton, J., Dudley, N., Jones, M., Kumar, C., Maginnis, S., Maynard, S., Nelson, C. R., Renaud, F. G., Welling, R., & Walters, G. (2019). Core principles for successfully implementing and upscaling Nature-based Solutions. *Environmental Science & Policy*, 98, 20–29. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2019.04.014>

Edwards, P. E. T., Sutton-Grier, A. E., & Coyle, G. E. (2013). Investing in nature: Restoring coastal habitat blue infrastructure and green job creation. *Marine Policy*, 38, 65–71. <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2012.05.020>

Global Facility for Disaster Reduction and Recovery. (n.d.). *Assessing the benefits and costs of nature-based solutions*. Retrieved October 6, 2026, from <https://www.gfdrr.org/en/feature-story/assessing-benefits-and-costs-nature-based-solutions>

Huynh, L. T. M., Su, J., Wang, Q., Stringer, L. C., Switzer, A. D., & Gasparatos, A. (2024). Meta-analysis indicates better climate adaptation and mitigation performance of hybrid engineering-natural coastal defence measures. *Nature Communications*, 15, Article 2870. <https://doi.org/10.1038/s41467-024-46970-w>

Menéndez, P., Losada, I. J., Torres-Ortega, S., Narayan, S., & Beck, M. W. (2020). The global flood protection benefits of mangroves. *Scientific Reports*, 10, Article 4404. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-61136-6>

Natural Capital Project. (n.d.). *Modeling ecosystem services for sustainable urban integration and planning (China’s Greater Bay Area)*. Stanford University. Retrieved October 6, 2026, from <https://naturalcapitalalliance.stanford.edu/research/projects/modeling-ecosystem-services-for-sustainable-urban-integration-and-planning>

Raymond, C. M., Frantzeskaki, N., Kabisch, N., Berry, P., Breil, M., Nita, M. R., Genelletti, D., & Calfapietra, C. (2017). A framework for assessing and implementing the co-benefits of nature-based solutions in urban areas. *Environmental Science & Policy*, 77, 15–24. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2017.07.008>

Seddon, N., Chausson, A., Berry, P., Girardin, C. A. J., Smith, A., & Turner, B. (2020). Understanding the value and limits of nature-based solutions to climate change and other global challenges. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 375(1794), Article 20190120. <https://doi.org/10.1098/rstb.2019.0120>

Sinha, P., Coville, R. C., Hirabayashi, S., Lim, B., Endreny, T. A., & Nowak, D. J. (2021). Modeling lives saved from extreme heat by urban tree cover. *Ecological Modelling*, 449, Article 109553. <https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2021.109553>

Sun, F., & Carson, R. T. (2020). Coastal wetlands reduce property damage during tropical cyclones. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 117(11), 5719–5725. <https://doi.org/10.1073/pnas.1915169117>

INTERCLIM

The Nature Conservancy. (2021). *Economic assessment of heat in the Phoenix metro area*. https://www.nature.org/content/dam/tnc/nature/en/documents/TNC_EcoHeatAssessment_AZ_Report.pdf

United Nations Environment Programme. (2024a). *State of finance for nature in cities 2024. From grey to green: Better data to finance nature in cities*. <https://doi.org/10.59117/20.500.11822/46453>

United Nations Environment Programme. (2024b, October 26). *UNEP unveils new framework to track and bridge gap in urban nature finance* [Press release]. <https://www.unep.org/technical-highlight/unep-unveils-new-framework-track-and-bridge-gap-urban-nature-finance>

U.S. Environmental Protection Agency. (2014). *The economic benefits of green infrastructure: A case study of Lancaster, PA* (EPA 800-R-14-007). https://www.epa.gov/sites/default/files/2015-10/documents/cnt-lancaster-report-508_1.pdf

van Zanten, B., Gutiérrez Goizueta, G., Brander, L., Gonzalez Reguero, B., Griffin, R., Macleod, K. K., Alves, A., Midgley, A., Herrera, L. D., & Jongman, B. (2023). *Assessing the benefits and costs of nature-based solutions for climate resilience: A guideline for project developers*. World Bank. <https://documents1.worldbank.org/curated/en/099051523160040893/pdf/P176825-60fac3f5-db6c-4169-ada5-590d5948cb5b.pdf>

Vicarelli, M., Sudmeier-Rieux, K., Alsadadi, A., Shrestha, A., Schütze, S., Kang, M. M., Leue, M., Wasielewski, D., & Mysiak, J. (2024). On the cost-effectiveness of Nature-based Solutions for reducing disaster risk. *Science of the Total Environment*, 947, Article 174524. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2024.174524>

World Bank. (2022). *Assessment of key ecosystem services provided by the Haizhu National Wetland Park in Guangzhou, China*. https://www.thegpsc.org/sites/gpsc/files/haizhu_wetland_report_fin.pdf

World Bank. (2023). *Nature-based solutions for climate resilience in the World Bank portfolio: Fiscal years 2012–2021*. <https://documents1.worldbank.org/curated/en/099201003172340531/pdf/P1768250d0db6f0c80bb5b08c648e4d0f18.pdf>

INTERCLIM

4. Energetska efikasnost i opšti doprinos objektima

4.1 Uvod

Zgrade imaju važnu ulogu u svakodnevnom životu, ali istovremeno predstavljaju jednog od najvećih potrošača energije. U Evropskoj uniji oko 40 % ukupne potrošnje energije povezano je sa zgradama, zbog čega povećanje njihove energetske efikasnosti predstavlja jedan od važnih koraka ka smanjenju potrošnje energije i emisija gasova sa efektom staklene bašte (Maduta i saradnici, 2025). Poslednjih decenija zbog toga se velika pažnja posvećuje boljoj toplotnoj zaštiti zgrada, efikasnijim sistemima grejanja i hlađenja, kao i korišćenju obnovljivih izvora energije.

Međutim, klimatske promene donose nove izazove. Duži periodi visokih temperatura leti i sve češći toplotni talasi povećavaju opasnost od pregrevanja zgrada i potrebu za njihovim hlađenjem. Problem je posebno izražen u gradovima, gde velika količina betonskih i asfaltiranih površina tokom dana apsorbuje Sunčevu energiju, a zatim je postepeno tokom noći predaje okolini. Zbog toga temperature u gusto izgrađenim područjima mogu biti više nego u njihovom zelenijem okruženju, što je poznato kao efekat urbanog ostrva toplote. Istovremeno, intenzivne padavine predstavljaju dodatni izazov za gradove jer veliki udeo takvih nepropusnih površina ograničava prirodno upijanje vode i povećava opterećenje sistema odvodnjavanja, kao i opasnost od urbanih poplava (IPCC, 2022).

Energetska efikasnost zgrada stoga se više ne može posmatrati samo kroz smanjenje energije potrebne za grejanje i hlađenje, već i kroz njihovu sposobnost prilagođavanja klimatskim uslovima koji se menjaju (Skandalos i Karamanis, 2025).

Jedan od mogućih odgovora na ove izazove predstavljaju rešenja zasnovana na prirodi (Nature-Based Solutions – NbS). Evropska komisija opisuje NbS kao rešenja inspirisana i podržana prirodom koja su troškovno efikasna, istovremeno stvaraju ekološke, društvene i ekonomske koristi i doprinose otpornosti društva (European Commission, 2026).

Njihova osnovna ideja je jednostavna – umesto da se svaki problem u izgrađenom okruženju rešava isključivo dodatnom tehničkom infrastrukturu, moguće je iskoristiti vegetaciju, zemljište, vodu i prirodne procese kako bi se poboljšali uslovi u zgradama i gradovima.

Zeleni krov je dobar primer takvog pristupa. Vegetacija i slojevi zelenog krova mogu smanjiti zagrevanje krovne površine, zadržati deo atmosferskih voda i povoljno uticati na mikroklimu neposredno uz zgradu. Slične funkcije mogu imati zelene fasade i zidovi, urbano drveće, zeleni koridori, kišne bašte i drugi oblici zelene i plavo-zelene infrastrukture. Njihova posebna vrednost proizlazi iz mogućnosti da se jednom intervencijom odgovori na više problema: od smanjenja toplotnog opterećenja zgrada i ublažavanja urbanog ostrva toplote do upravljanja atmosferskim vodama, povećanja biodiverziteta i poboljšanja kvaliteta urbanog prostora (Wójcik-Madej i saradnici, 2026).

Efekti takvih rešenja istražuju se i u našem neposrednom okruženju. Na javnim zgradama u Osijeku i Novom Sadu sprovedena su višegodišnja merenja kojima je analiziran uticaj ekstenzivnih zelenih krovova na energetska efikasnost i mikroklimatske uslove. Rezultati su pokazali niže temperature u neposrednoj blizini zelenih krovova i poboljšanje toplotnih svojstava

INTERCLIM

krovnih konstrukcija nakon njihove izgradnje (Savić i saradnici, 2026). Time se pokazuje da NbS nisu samo teorijski koncept ili rešenja namenjena velikim evropskim metropolama, već mogu imati praktičnu primenu i u klimatskim i urbanim uslovima Hrvatske i susednih zemalja.

U nastavku poglavlja biće prikazani mehanizmi kojima NbS doprinosi energetske efikasnosti zgrada i urbanoj mikroklimi, uz rezultate merenja na javnim zgradama u Osijeku i Novom Sadu. Posebna pažnja biće posvećena građevinskim materijalima, energetski efikasnim i nZEB zgradama, ekonomskim i društvenim efektima, kao i kriterijumima za sistematsku primenu NbS-a, uključujući primer Lublina.

4.2 NbS i energetska efikasnost zgrada

4.2.1 Od energetski efikasne do klimatski otporne zgrade

Energetska efikasnost zgrada tradicionalno se povezuje sa smanjenjem energije potrebne za njihovo korišćenje uz istovremeno očuvanje ili poboljšanje uslova boravka. Uobičajene mere obuhvataju poboljšanje toplotnih svojstava spoljašnje fasade zgrade (transparentnih i netransparentnih delova), efikasnije sisteme grejanja, hlađenja, ventilacije (Heating, Ventilation, Air Conditioning – HVAC) i pripreme potrošne tople vode, primenu obnovljivih izvora energije i kvalitetnije upravljanje potrošnjom energije i vode (Maduta i saradnici, 2025). Takve mere predstavljaju osnovu energetski efikasne zgrade, a njihovi efekti mogu se vrednovati kroz ostvarene energetske i finansijske uštede i smanjenje emisija ugljen-dioksida. Isti pristup koristi se i pri energetskim pregledima zgrada, gde se uz svaku predloženu meru razmatraju energetski, ekonomski i ekološki efekti.

Klimatske promene, međutim, postepeno menjaju i način na koji se posmatra energetska efikasnost. Sve toplija leta i češći periodi visokih temperatura povećavaju rizik od pregrevanja zgrada i potrebu za njihovim hlađenjem. Zbog toga, uz smanjenje toplotnih gubitaka tokom zime, sve veći značaj dobija zaštita od prekomernih toplotnih dobitaka tokom leta. Pasivne mere, poput zaštite od Sunčevog zračenja, odgovarajućih svojstava zastakljenja i prirodnog provetranja, mogu značajno uticati na energetske potrebe za hlađenjem (Malla, Kranzl, Müller, 2026). Energetski efikasna zgrada budućnosti stoga mora biti ne samo štedljiva već i prilagođena promenljivim klimatskim uslovima.

4.2.2 Rešenja zasnovana na prirodi kao deo energetske efikasnosti

Upravo se povezivanjem energetske efikasnosti i prilagođavanja klimatskim promenama otvara prostor za primenu rešenja zasnovanih na prirodi. Njihova posebnost je u tome što ne deluju samo na jedan problem. Dobro osmišljeno NbS rešenje može istovremeno doprineti smanjenju toplotnog opterećenja zgrade, poboljšanju mikroklimatskih uslova, upravljanju atmosferskim vodama, povećanju biodiverziteta i kvalitetu urbanog prostora (Evropska komisija, 2026; Chairat i Gheewala, 2024).

Pritom NbS ne treba posmatrati kao zamenu za uobičajene mere energetske efikasnosti. Zeleni krov ne može zameniti odgovarajuću, propisanu debljinu toplotne izolacije koja se postavlja na krov, kao što ni drveće oko zgrade ne može nadomestiti neefikasan sistem grejanja ili hlađenja. Njihova vrednost je upravo u dopunjavanju konvencionalnih tehničkih mera i mogućnosti istovremenog delovanja na zgradu i njeno

INTERCLIM

okruženje. Ni svaka površina prekrivena vegetacijom nije automatski NbS koncept. Ovaj koncept podrazumeva korišćenje prirodnih procesa radi ostvarivanja više međusobno povezanih koristi. Zbog toga se savremeni pristupi vrednovanju NbS-a ne ograničavaju samo na jedan pokazatelj, na primer energetske uštede, već obuhvataju ekološke, društvene i ekonomske efekte. U literaturi se predlaže povezivanje vrednovanja usluga ekosistema sa analizom životnog ciklusa (Life Cycle Analysis, LCA), društvenom analizom životnog ciklusa (Social-LCA) i analizom troškova i koristi (Cost Benefit Analysis) (Chairat i Gheewala, 2024). Takav pristup omogućava realnije sagledavanje opravdanosti primene NbS-a tokom dužeg perioda.

4.2.3 Mehanizmi delovanja NbS-a na zgradu

Uticaj NbS-a na energetske ponašanje zgrade zasniva se na nekoliko međusobno povezanih mehanizama. Vegetacija može zaseniti krov, fasadu ili druge površine i tako smanjiti količinu Sunčevog zračenja koja neposredno zagreva omotač zgrade. Biljke i zemljište takođe učestvuju u procesu evapotranspiracije pri kojem se deo raspoložive toplotne energije troši na isparavanje vode iz zemljišta i biljaka. Time se može smanjiti temperatura vazduha u neposrednoj blizini vegetacije. Kod zelenih krovova dodatni slojevi vegetacije i supstrata istovremeno utiču na prolaz toplote kroz krovnu konstrukciju.

Veličina ovih efekata nije jednaka u svim slučajevima. Zависи od vrste i gustine vegetacije, debljine i vlažnosti supstrata, svojstava konstrukcije na koju je NbS ugrađen, orijentacije, izloženosti Sunčevom zračenju, godišnjeg doba i lokalnih

klimatskih uslova. To je posebno važno pri tumačenju rezultata pojedinih istraživanja: vrednosti dobijene za određenu zgradu i određene klimatske uslove ne mogu se automatski preneti na svaku drugu zgradu. Primer rasporeda mernih stanica korišćenih za praćenje mikroklimatskih uslova oko zgrade ŠOSO „Milan Petrović“ u Novom Sadu prikazan je na slici 9.

♣ Slika 9. Položaj mernih stanica oko zgrade ŠOSO „Milan Petrović“ u Novom Sadu (Savić i saradnici, 2024)



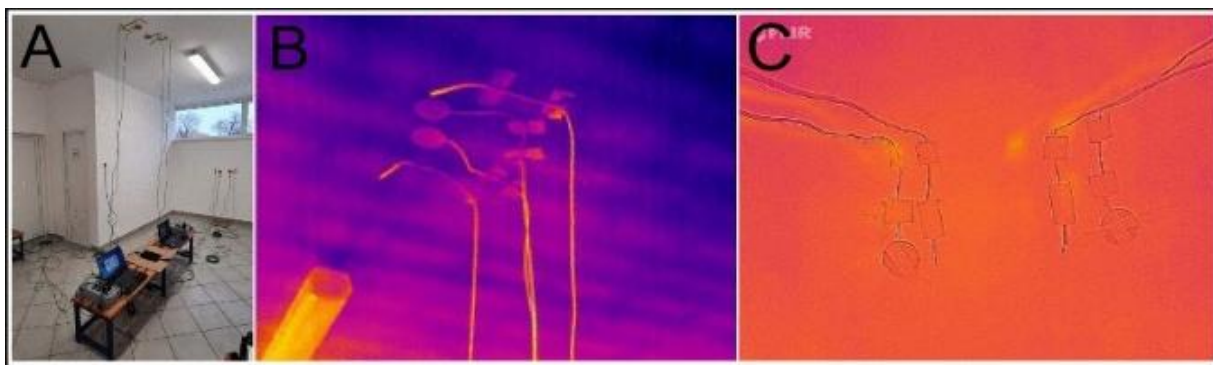
Dobar primer predstavljaju višegodišnja merenja sprovedena na javnim zgradama u Osi jeku i Novom Sadu, na kojima su u okviru projekta GReENERGY izvedeni ekstenzivni zeleni krovovi. Podaci prikupljeni sistemima monitoringa u periodu od 2019. do 2022. pokazali su da su temperature vazduha izmerene u blizini zelenog krova bile do 3 °C niže u odnosu na druge posmatrane lokacije, dok su razlike temperature globus-termometra dostizale do 16,5 °C. Tokom analiziranih tropskih noći zabeležen je kontinuirani efekat hlađenja, sa razlikom temperature globus-termometra od približno 2 °C (Savić i saradnici, 2024).

INTERCLIM

Na objektu u Osijeku analiziran je i uticaj izvedenih zahvata na koeficijent propustnosti topline ravnog krova. Prosečna izmerena U-vrednost pre energetske obnove iznosila je $1,5689 \text{ W/(m}^2\text{K)}$, nakon postavljanja toplotne izolacije $0,3676 \text{ W/(m}^2\text{K)}$, a nakon izgradnje zelenog krova $0,1490 \text{ W/(m}^2\text{K)}$. U konkretnom slučaju izmerena U-vrednost nakon izgradnje zelenog krova bila je oko 59 % niža u odnosu na vrednost izmerenu nakon prethodnog postavljanja

toplotne izolacije (Savić i saradnici, 2024). Ovaj redosled je posebno važan jer jasno pokazuje da efekat zelenog krova treba posmatrati kao nadogradnju prethodno sprovedene energetske obnove, a ne celokupno poboljšanje pripisati samo zelenilu. Raspored mernih uređaja i postupak određivanja položaja senzora toplotnog fluksa pri in situ merenju prikazani su na slici 10.

♣ **Slika 10. Raspored mernih uređaja i određivanje položaja senzora toplotnog fluksa pri in situ merenju koeficijenta propustnosti topline krovne konstrukcije (Savić i saradnici, 2024)**



Sličan oprez potreban je i kod vertikalnog zelenila. Analiza postojećih istraživanja pokazuje da zeleni zidovi i fasade mogu smanjiti površinske temperature i temperaturu vazduha u svojoj neposrednoj okolini, ali veličina efekta znatno zavisi od klimatskih uslova, godišnjeg doba, orijentacije zida, gustine vegetacije i načina merenja (De Groeve i saradnici, 2024). Zbog toga su lokalni uslovi i pravilno projektovanje jednako važni kao i sam izbor vrste NbS-a.

4.2.4 Od zgrade do urbane mikroklimе

Prednost NbS-a u odnosu na mere poboljšanja energetske efikasnosti koje se primenjuju isključivo na zgradi jeste mogućnost delovanja i izvan granica

omotača zgrade. Zeleni krov ili zid prvenstveno utiču na površinu na kojoj se nalaze i njenu neposrednu okolinu, dok drveće i druga vegetacija mogu stvarati senku na zgradama, pešačkim površinama i saobraćajnicama i evapotranspiracijom dodatno doprineti hlađenju okolnog prostora. Povezivanjem većeg broja takvih intervencija njihov efekat može se posmatrati na nivou ulice, bloka ili gradske četvrti. To je naročito važno u gusto izgrađenim urbanim područjima, gde građevine i popločane površine tokom dana akumuliraju Sunčevu energiju, a zatim toplotu predaju okolini. Istraživanja toplotnog ponašanja različitih materijala za popločavanje potvrđuju da vrsta materijala, struktura površine i uslovi

INTERCLIM

okruženja utiču na njihovo zagrevanje i hlađenje (Barišić i saradnici, 2022). Taj primer sam po sebi nije NbS, ali pokazuje zbog čega se pri planiranju grada sa povoljnijim toplotnim komforom zgrada i površine koje je okružuju ne mogu posmatrati odvojeno.

Zelena infrastruktura stoga omogućava proširivanje pristupa energetske efikasnosti sa pojedinačne građevine na njen urbani kontekst. Istraživanja pokazuju da drveće, vertikalno zelenilo i zeleni krovovi mogu doprineti ublažavanju efekta urbanog ostrva toplote, pri čemu različiti oblici zelenila nemaju jednak efekat u svim prostornim i klimatskim uslovima (Skandalos i Karamanis, 2025; De Groeve i saradnici, 2024).

4.2.5 Integrirani pristup energetske efikasnosti i NbS-u

Energetski efikasnu i klimatski otpornu zgradu stoga nije opravdano posmatrati kao rezultat samo jedne mere ili tehnologije. Toplotna zaštita omotača, kvalitetni prozori (zastakljenje, materijal okvira, zaštita od sunca i zaptivanje), efikasni sistemi grejanja, hlađenja, ventilacije i pripreme potrošne tople vode, upravljanje potrošnjom i korišćenje obnovljivih izvora energije i dalje predstavljaju osnovu energetske efikasnosti. NbS tome dodaje novu dimenziju – mogućnost istovremenog delovanja na samu zgradu, njenu neposrednu mikroklimu i širi urbani prostor.

Takav integrirani pristup primenjen je i u projektu GReENERGY, gde intervencije nisu bile ograničene samo na ozelenjavanje. Na javnim objektima u Osijeku i Novom Sadu kombinovani su zahvati energetske obnove, zeleni krovovi i zidovi, kao i proizvodnja energije iz fotonaponskih sistema. Projektom je izvedeno ukupno 640 m² zelenih krovova i 80 m² zelenog zida i in-

stalirano 213 kW dodatne snage fotonaponskih sistema (Savić i saradnici, 2024). Upravo takva kombinacija pokazuje praktičnu vrednost povezivanja konvencionalnih mera energetske efikasnosti, obnovljivih izvora energije i rešenja zasnovanih na prirodi.

NbS, dakle, ne treba posmatrati kao alternativu postojećim tehničkim rešenjima, već kao njihov mogući funkcionalni i prostorni nastavak. Na taj način cilj više nije samo zgrada koja troši manje energije, već zgrada koja zajedno sa svojim okruženjem bolje odgovara na visoke temperature, intenzivne padavine i druge posledice klimatskih promena. Sledeće poglavlje zato razmatra tehničke i ekološke zahteve za integraciju NbS-a u zgrade, kao i ekonomske, društvene i klimatske aspekte njihove primene.

4.3 Tehnički, ekonomski, društveni i klimatski aspekti primene NbS-a

Održiva i klimatski otporna zgrada rezultat je povezanog delovanja građevinskih materijala, svojstava omotača, tehničkih sistema i njenog neposrednog okruženja. Zato doprinos NbS-a treba posmatrati zajedno sa energetske efikasnošću, ekološkim efektima i troškovima tokom životnog veka. Pored tehničkih pokazatelja, za donošenje odluke važni su i društvene koristi, prilagođavanje klimatskim promenama, kao i mogućnost šire primene i dugoročnog održavanja izvedenih rešenja.

4.3.1 Doprinos građevinskih materijala i energetske efikasne rešenja održivosti zgrada

Doprinos zgrada održivom razvoju ne određuje se samo količinom energije koju troše tokom korišćenja. Jednako je važno razmotriti od čega su izgrađene, koliko materijala i energije zahteva njihova izgradnja,

INTERCLIM

koliko često pojedine elemente treba održavati ili zameniti i šta se sa njima događa nakon završetka životnog veka. Takav pristup povezuje energetska efikasnost sa efikasnim korišćenjem resursa, cirkularnom ekonomijom i analizom životnog ciklusa (Life Cycle Assessment – LCA) (UNEP, 2025; Röck, Saade i Balouktsi, 2020). U kontekstu NbS-a posebno je važan jer ozelenjavanje zgrade donosi dodatne koristi, ali istovremeno zahteva nove slojeve, konstrukcijske elemente i održavanje, koje takođe treba uključiti u ukupni bilans.

Spoljašnji omotač predstavlja prvi nivo energetske efikasnosti. Izbor noseće konstrukcije, toplotne izolacije, zastakljenja, zaštite od Sunčevog zračenja i detalja spojeva utiče na toplotne gubitke zimi i toplotne dobitke leti. Pri izboru izolacionog materijala zato nije dovoljno uporediti samo deklarisanu toplotnu provodljivost (λ , W/mK). Potrebno je razmotriti i gustinu, toplotni kapacitet, ponašanje pri promeni vlažnosti, trajnost, požarna svojstva, izvodljivost detalja, kao i ekološke efekte proizvodnje i zamene. Pregled nekonvencionalnih održivih izolacionih materijala pokazuje da materijali biljnog i recikliranog porekla predstavljaju potencijalnu alternativu konvencionalnim proizvodima, ali njihova primena mora se zasnivati na proverenim svojstvima konkretnog proizvoda (Asdrubali, D'Alessandro i Schiavoni, 2015).

Primer takvog pristupa predstavlja istraživanje Živkovića, Novosela i Krstića (2025), u kojem je ispitana mogućnost primene hrastove kore kao termoizolacionog sloja spoljašnjih montažnih zidova. Za ispitane zidne sklopove izmerene su U-vrednosti od 0,22 W/(m²K) sa slojem mineralne vune i 0,29 W/(m²K) sa slojem hrastove kore. Obe vrednosti su u analiziranom slučaju bile u

okviru tada razmatranog zahteva za spoljašnje zidove, ali rezultati ne znače da su materijali međusobno zamenljivi bez dodatnih provera. Autori posebno ističu potrebu za optimizacijom debljine i gustine panela, veličine čestica kore, veziva i proizvodnog postupka. U istom istraživanju na ispitanoj zgradi izmerena je i propustljivost vazduha metodom Blower Door, pri čemu je dobijena vrednost n_{50} od 3,75 h⁻¹. Taj rezultat odnosi se na celokupan omotač zgrade, a ne samo na izolacioni materijal.

Kod visoko energetske efikasne zgrade povećava se značaj takozvanih ugrađenih emisija, odnosno emisija povezanih sa proizvodnjom građevinskih proizvoda, transportom, izgradnjom, zamenama i završetkom životnog veka. Röck i saradnici (2020) pokazali su da se, uz smanjenje emisija tokom korišćenja, relativni udeo ugrađenih emisija može znatno povećati. Stoga povećanje debljine izolacije ili ugradnja složenijeg sistema ne mora automatski predstavljati ekološki povoljnije rešenje. Za konkretnu zgradu treba uporediti dodatnu potrošnju materijala sa očekivanim energetske uštedama tokom predviđenog perioda korišćenja.

Istraživanje De Masija i saradnika (2021) na primeru zgrade gotovo nulte energije (Nearly Zero Energy Building – nZEB) potvrđuje potrebu za istovremenom energetske i ekološke optimizacijom. Analizom različitih nivoa toplotne zaštite, fotonaponskih sistema i klimatskih uslova pokazano je da energetske najpovoljnija kombinacija nije nužno i ona sa najmanjim ekološkim opterećenjem tokom životnog ciklusa. Sličan zaključak proizlazi iz istraživanja Feehana i saradnika (2021), koji su povezali energetske simulacije zgrade i LCA pri optimizaciji fasadnih sistema i zastakljenja. U njihovom analiziranom slučaju poboljšano zastakljenje smanjilo je

INTERCLIM

operativne energetske potrebe za 8,3 %, ali je povećalo ugrađene ekološke efekte za približno 10 %. Takvi rezultati ukazuju na značaj zajedničkog vrednovanja energije, materijala i projektovanog životnog veka, a ne izbora rešenja prema samo jednom pokazatelju.

Pored projektovanih svojstava materijala, presudan je i kvalitet izvođenja. Nepravilno izvedeni spojevi, toplotni mostovi i nekontrolisana infiltracija vazduha mogu umanjiti efekat i kvalitetno projektovanog omotača. Krstić i saradnici (2014) istraživali su primenu veštačkih neuronskih mreža za predviđanje propustljivosti vazduha stambenih jedinica na osnovu rezultata ispitivanja. Prediktivni modeli mogu pomoći u ranijem prepoznavanju rizičnih projektnih i izvođačkih rešenja, ali ne zamenjuju kontrolu kvaliteta i merenja na izvedenoj zgradi. Posebno je važno uskladiti visoku zaptivenost omotača sa projektovanim sistemom ventilacije i obezbeđivanjem odgovarajućeg kvaliteta unutrašnjeg vazduha.

Navedeni zahtevi čine osnovu koncepta nZEB-a, u kojem se veoma niska potreba za energijom povezuje sa efikasnim tehničkim sistemima i obnovljivim izvorima energije. Revidirana evropska Direktiva o energetskim svojstvima zgrada iz 2024. usmerava dalji razvoj ka zgradama sa nultim emisijama (Zero Emission Buildings – ZEB) i sistematičnijem vrednovanju potencijala globalnog zagrevanja tokom životnog ciklusa (Direktiva (EU) 2024/1275). Pri projektovanju zato treba istovremeno razmatrati toplotnu zaštitu, letnje pregrevanje, zaptivenost omotača, ventilaciju, energetska efikasnost sistema i ugljenični otisak ugrađenih materijala.

Za javne zgrade jednako je važna faza korišćenja. Pregled istraživanja Begić Juričić i Krstića (2025) pokazuje da potrošnja energije i vode u školama znatno zavisi od klime, karakteristika zgrade, režima korišćenja i tehničkih sistema i da prediktivni modeli mogu podržati efikasnije upravljanje resursima. Stvarni efekat projektovanih mera zato treba proveravati merenjem i praćenjem potrošnje, uz odgovarajuće poređenje perioda i uslova korišćenja. To je posebno relevantno za školske i druge javne zgrade na kojima se istovremeno sprovode energetska obnova i NbS intervencije.

NbS se u takav sistem uključuje kao dodatna, a ne zamenska mera. Zeleni krov ili fasada mogu doprineti zasenjivanju, smanjenju zagrevanja spoljašnjih površina i evapotranspiracionom hlađenju, dok vegetacija uz zgradu utiče i na neposrednu mikroklimu. Njihov efekat treba posmatrati zajedno sa svojstvima postojećeg omotača i klimatskim uslovima. Merenja na javnim zgradama u Osijeku i Novom Sadu pokazuju kako se efekti energetske zahvata i zelenih krovova mogu pratiti na stvarnim objektima (Savić i saradnici, 2024).

Pri projektovanju zelenih sistema dodatno treba proveriti nosivost, zaštitu od vlage, odvodnjavanje, održavanje i raspoloživost vode, a pri ekološkom vrednovanju uključiti materijale i opremu potrebne za njihovu izgradnju.

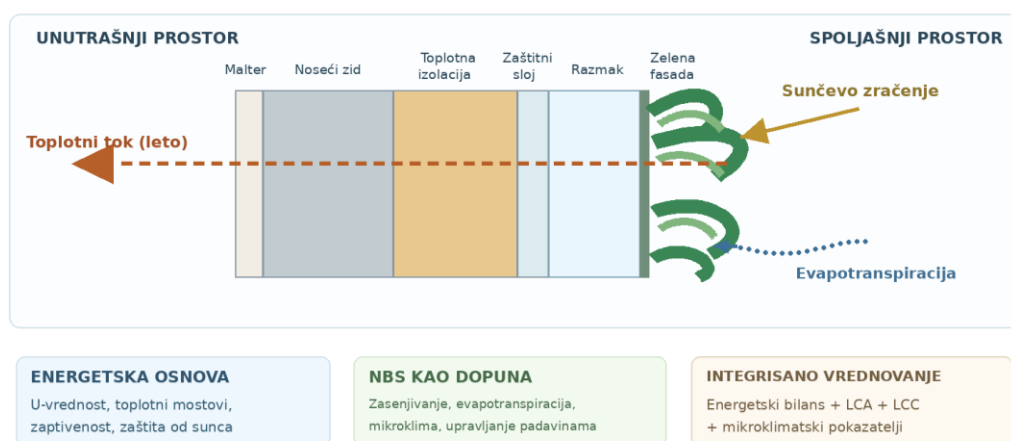
Na slici 11 šematski je prikazan odnos konvencionalne toplotne zaštite i zelene fasade kao dodatnog sloja delovanja na fasadu i mikroklimu. Prikaz ne predstavlja izvođački detalj: stvarni raspored slojeva, potkonstrukcija i zaštita od vlage zavise od izabranog sistema i projekta.

INTERCLIM

📌 Slika 11. Šematski prikaz integracije toplotne zaštite omotača zgrade i zelene fasade. Izrada autora prema principima opisanim u Savić i sar., 2024; Röck i sar., 2020; Živković i sar., 2025; Direktiva (EU) 2024/1275

Integracija omotača zgrade i rešenja zasnovanih na prirodi

Šematski presek: toplotna zaštita ostaje osnovna mera, a zelenilo je dopunjuje



Autorska šema; raspored slojeva je ilustrativan i nije izvođački detalj.

Za poređenje projektnih varijanti potrebno je unapred odrediti merljive pokazatelje. U tabeli 11 prikazan je predloženi skup pokazatelja koji povezuje svojstva materijala, energetske efikasnosti, NbS efekte i životni ciklus. Takvo poređenje sprečava da se rešenje proglasi održivim samo na osnovu male U-vrednosti, niskog početnog troška ili prisustva vegetacije. Integrirani pristup stoga podrazumeva optimizaciju materijala i konstrukcijskih materijala i konstrukcijskih sklopova, proveru stvarnog kvaliteta izvođenja, efikasne tehničke sisteme, obnovljive izvore energije i NbS odabrane prema lokalnim uslovima. Odluku o primeni treba zasnivati na zajedničkom vrednovanju energetskih, ekoloških i ekonomskih efekata tokom životnog veka. Time se uspostavlja veza sa sledećim potpoglavljem, koje razmatra troškove i ekonomsku opravdanost NbS-a.

4.3.2 Troškovi i ekonomska opravdanost

Jednu od glavnih prepreka široj primeni NbS-a predstavljaju početni troškovi. Oni mogu uključivati projektovanje, pripremu postojeće konstrukcije, nabavku i ugradnju sistema, vegetaciju, sisteme za navodnjavanje i kasnije održavanje. Razlike između pojedinih vrsta NbS-a pritom su velike. Analiza troškova urbanih NbS-a pokazuje da ne postoji jedinstvena vrednost koja bi se mogla koristiti za procenu njihove cene. Panduro i saradnici (2024) navode medijalni ukupni sadašnji trošak od 56 EUR/m² za zelene površine i 201 EUR/m² za zelene krovove, pri čemu rezultat zavisi od pretpostavljenih troškova uspostavljanja i održavanja, životnog veka i diskontne stope. Takve vrednosti stoga treba posmatrati kao pokazatelj reda veličine i osnovu za poređenje različitih NbS-a, a ne kao cenu na osnovu koje bi se mogao izraditi predmer i predračun konkretnog projekta.

INTERCLIM

☞ Tabela 11. Predloženi skup pokazatelja za integrisano vrednovanje energetske efikasnosti, materijala i NbS-a. Izrada autora na osnovu navedenih izvora

Oblast	Pokazatelj	Svrha provere	Izvori
Materijal i omotač	λ ; U; gustina; vlažnost	Toplotna svojstva i upotrebljivost sklopa	(Asdrubali i sar., 2015; Živković i sar., 2025)
Kvalitet izvođenja	n ₅₀ ; toplotni mostovi	Provera stvarnog kvaliteta omotača	(Živković i sar., 2025; Krstić i sar., 2014)
Energija tokom korišćenja	kWh/(m ² ·god.); vršna opterećenja	Grejanje, hlađenje i praćenje potrošnje	(De Masi i sar., 2021; Feehan i sar., 2021; Begić Juričić i Krstić, 2025)
Letnji toplotni komfor	Operativna temperatura; sati pregrevanja	Otpornost na toplotne talase	(De Masi i sar., 2021; Feehan i sar., 2021)
NbS i mikroklima	Temperatura površine/vazduha; zadržavanje padavina	Dodatne koristi zelenih sistema	(Savić i sar., 2024)
Ekološki efekat	GWP tokom životnog ciklusa	Ugrađene i operativne emisije	(Röck i sar., 2020; De Masi i sar., 2021; Direktiva EU, 2024/1275)
Ekonomika	LCC; zamene; održavanje	Poređenje varijanti tokom životnog veka	(Brucker Juričić i sar., 2021; Jalilzadehazhari, 2026)

To dobro pokazuje i istraživanje sprovedeno za zgradu u Rijeci, u kojem su upoređeni konvencionalni ravni krov i intenzivni zeleni krov. Za analizirani slučaj trošak izgradnje konvencionalnog krova iznosio je 88,48 EUR/m², a intenzivnog zelenog krova 160,40 EUR/m², odnosno oko 81 % više u analiziranom slučaju (Brucker Juricic, Krstic i Čulo, 2021). Ovaj rezultat nije moguće direktno preneti na druge zgrade jer se odnosi na konkretan projekat, intenzivni tip zelenog krova i tadašnje cene. Ipak, dobro ilustruje problem početnog ulaganja koji često utiče na odluku investitora. Uporedni podaci o površini, troškovima izgradnje, trajanju radova i zahtevnosti održavanja analiziranih krovnih rešenja prikazani su u tabeli 12.

Trošak izgradnje pritom nije jedini trošak tokom životnog veka. Zeleni krov zahteva održavanje vegetacije, kontrolu odvodnjavanja, uklanjanje neželjene vegetacije, a u zavisnosti od sistema i navodnjavanje, đubrenje ili zamenu biljaka. Intenzivni zeleni krovovi zahtevaju složenije i češće održavanje od ekstenzivnih (Begić Juričić i Krstić, 2025). Slično važi i za zelene zidove: tehnički složeniji sistemi sa navodnjavanjem i zasebnim modulima po pravilu zahtevaju veće troškove održavanja od jednostavnih zelenih fasada sa biljkama puzavicama (kao što je bršljen).

INTERCLIM

Tabela 12. Poređenje izgradnje konvencionalnog ravnog i intenzivnog zelenog krova (Brucker Juricic, Krstic i Čulo, 2021)

Pokazatelj	Konvencionalni ravni krov	Intenzivni zeleni krov
Površina analiziranog krova	550 m ²	550 m ²
Trošak izgradnje	48.665,43 EUR	88.221,43 EUR
Trošak po površini	88,48 EUR/m ²	160,40 EUR/m ²
Trajanje izvođenja	18 dana	23 dana
Održavanje	jednostavnije	složenije

Zbog toga ekonomsku opravdanost NbS-a nije dovoljno procenjivati samo na osnovu početnog ulaganja. Potrebno je razmatrati troškove tokom životnog ciklusa, ali i koristi koje nastaju tokom korišćenja. Noviji pregled ekonomskih analiza NbS-a pokazuje da se u istraživanjima često koriste različiti periodi analize, diskontne stope i skupovi uključenih troškova, dok se troškovi na kraju životnog veka često potpuno izostavljaju. Zbog toga rezultati različitih ekonomskih analiza nisu uvek direktno uporedivi (Jalilzadehazhari, 2021).

Još je složenije vrednovanje koristi. Smanjenje troškova energije relativno je lako izraziti u evrima, ali kolika je finansijska vrednost smanjenja urbanog pregrevanja, zadržavanja atmosferskih voda, povećanja biodiverziteta ili kvalitetnijeg javnog prostora? Upravo zbog toga savremeni pristupi predlažu kombinovanje klasične analize troškova i koristi sa analizom životnog ciklusa i procenom ekosistemskih i društvenih efekata (Chairat i Gheewala, 2024).

Za kombinovane zahvate na javnim zgradama u Osijeku i Novom Sadu u radu Savić i saradnici (2024) procenjeno je ukupno godišnje smanjenje emisija CO₂ od 298,6 t, dok se modelovane godišnje finansijske uštede povećavaju sa približno 12.000 EUR za 2021. na približno 18.000 EUR za 2034. godinu. Te vrednosti odnose se na kombinovani efekat energetske obnove, NbS-a i fotonaponskih sistema i nije opravdano pripisivati ih isključivo zelenim krovovima.

4.3.3 Društvene koristi i kvalitet života

Vrednost NbS-a nije samo energetska i ekonomska. Urbano drveće, parkovi, bašte, zelena dvorišta i drugi pristupačni zeleni prostori stvaraju mesta za boravak, rekreaciju i društvene kontakte. Njihovim uređenjem može se poboljšati kvalitet prostora u kojem ljudi svakodnevno žive, rade ili se školuju. Uključivanje korisnika i lokalne zajednice u planiranje i održavanje takvih prostora može pomoći da se odabrana rešenja prilagode stvarnim potrebama i uslovima korišćenja.

Uključivanje građana nije samo dodatna aktivnost kojom se projekat predstavlja javnosti. Ono može imati direktan uticaj na dugoročnu uspešnost NbS-a. Ako korisnici učestvuju u određivanju potreba i načina korišćenja prostora, veća je mogućnost da će izvedeno rešenje odgovarati lokalnim uslovima i stvarnim potrebama zajednice. Nasuprot tome, tehnički kvalitetno rešenje koje nema jasno definisano održavanje ili ga lokalni korisnici ne prihvate može vremenom izgubiti svoju funkciju.

Zbog toga se u novijim istraživanjima sve više naglašavaju pitanja dostupnosti, pravednosti i inkluzivnosti. Koristi od novih zelenih prostora ne moraju

INTERCLIM

automatski biti jednako dostupne svim stanovnicima. Pri planiranju NbS-a potrebno je razmotriti ko koristi prostor, ko učestvuje u donošenju odluka, ko snosi troškove i kako su koristi i moguća opterećenja raspoređeni između različitih grupa. Dushkova i saradnici (2026) zato kao ključne elemente inkluzivnog NbS-a izdvajaju jačanje kapaciteta zajednice, učešće zainteresovanih strana, inkluzivno projektovanje i pravednu raspodelu koristi i opterećenja.

Društveni aspekt moguće je uključiti i u sistematsko vrednovanje projekta. Pristup S-LCA, na primer, omogućava razmatranje uticaja na zaposlenost, obrazovanje i osposobljavanje, zdravlje i bezbednost, kao i dobrobit korisnika (Chairat i Gheewala, 2024). Time se vrednovanje NbS-a proširuje izvan uobičajenog pitanja „koliko košta?“ na pitanje „šta zajednica dobija tokom celokupnog životnog veka rešenja?“

4.3.4 NbS kao deo prilagođavanja klimatskim promenama

Treća važna grupa koristi odnosi se na klimatsku otpornost. Gradovi se moraju istovremeno prilagođavati višim temperaturama, toplotnim talasima, sušnim periodima i intenzivnim padavinama. Klasična infrastruktura često je projektovana tako da reši pojedinačni problem: klimatizacioni sistem hladi zgradu, kanalizacioni sistem odvodi vodu, a zaštita od sunca smanjuje toplotne viškove. NbS može istovremeno delovati na više takvih izazova.

Zeleni krov, na primer, može smanjiti zagrevanje krovne površine i zadržati deo

Zanimljiv primer predstavlja istraživanje mogućnosti naknadne ugradnje modularnih zelenih krovova na postojeće zgrade u Lublinu, Poljska (Wójcik-Madej i

atmosferskih voda. Drvo stvara senku i evapotranspiracijom utiče na mikroklimu, dok njegov korenov sistem i okolno zemljište učestvuju u zadržavanju vode. Kišna bašta prvenstveno služi upravljanju atmosferskim vodama, ali istovremeno povećava količinu vegetacije i biodiverzitet prostora. Upravo je multifunkcionalnost jedna od osnovnih razlika između NbS-a i mnogih konvencionalnih tehničkih rešenja.

To ipak ne znači da je NbS uvek najbolje ili jedino rešenje. Njegova efikasnost zavisi od lokalne klime, prostora, vrste vegetacije, raspoloživosti vode, načina održavanja i problema koji se želi rešiti. Zbog toga ekonomska analiza koja poredi samo jedan efekat može potceniti NbS, ali isto tako nije opravdano unapred pretpostaviti da će svaka zelena intervencija biti ekonomski ili ekološki opravdana. Panduro i saradnici (2024) upravo zbog višestrukih koristi predlažu postupno vrednovanje u kojem se najpre definišu lokalni ciljevi, a zatim poredi koliko pojedina rešenja doprinose njihovom ostvarivanju.

4.3.5 Od pilot-projekta do šire primene

Jedan od najvećih izazova u narednom periodu biće prelazak sa pojedinačnih demonstracionih projekata na sistematsku primenu NbS-a. Prethodno opisani tehnički, ekonomski i društveni zahtevi pokazuju da za takav prelazak nisu dovoljni samo raspoloživa površina i izbor vegetacije. Potrebni su jasni kriterijumi izbora, modeli finansiranja, definisana odgovornost za održavanje i praćenje stvarnih efekata nakon izvođenja. To je posebno važno za postojeći fond zgrada.

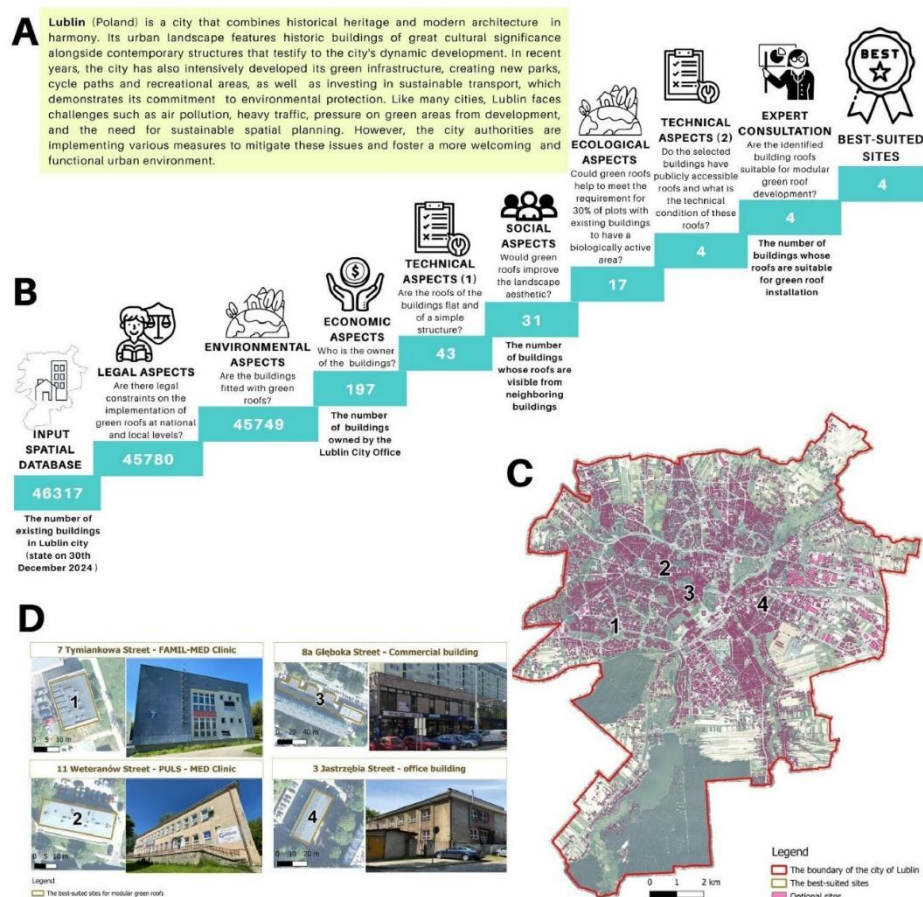
saradnici, 2026). Analiza je započeta na ukupno 46.317 zgrada. Nakon primene pravnih kriterijuma i izdvajanja zgrada u gradskom vlasništvu broj potencijalnih

INTERCLIM

lokacija smanjen je na 197. Analizom konstrukcije i geometrije krova, površine, postojećih fotonaponskih sistema i drugih tehničkih ograničenja izdvojene su 43 zgrade. Nakon primene ekoloških i prostornih kriterijuma preostalo je 17 lokacija, a nakon obilaska lokacija i konsultacija odabrane su četiri zgrade najpogodnije za ugradnju modularnih zelenih krovova (Wójcik-Madej i saradnici, 2026). Ovaj primer pokazuje da mogućnost izvođenja NbS-a ne zavisi samo od

raspoložive površine krova. Potrebno je istovremeno razmotriti tehničke, pravne, ekološke, ekonomske i upravljačke uslove. Upravo je takav pristup važan ako se NbS želi proširiti sa pojedinačnih demonstracionih projekata na veći broj postojećih zgrada. Postupak višekriterijumskog izbora i prostorni raspored potencijalnih i konačno odabranih lokacija prikazani su na slici 12.

Slika 12. Postupak i prostorni rezultat višekriterijumskog izbora lokacija pogodnih za modularne zelene krovove u Lublinu (Wójcik-Madej i sar., 2026)



INTERCLIM

Primeri Osijeka, Novog Sada i Lublina pokazuju dva povezana nivoa primene NbS-a. Merenja na izvedenim zelenim krovovima omogućavaju procenu njihovih stvarnih energetske i mikroklimatskih efekata, dok postupak izbora lokacija u Lublinu pokazuje kako treba tehničke, pravne i prostorne kriterijume uključiti u planiranje budućih akcija. Oba pristupa zahtevaju prilagođavanje lokalnim uslovima; rešenje se ne može nekritički preslikavati sa jedne zgrade ili grada na drugi.

Jednako je važno i praćenje. Podaci prikupljeni nakon izvođenja omogućavaju proveru da li se ostvaruju očekivane energetske, mikroklimatske, hidrološke i druge koristi. Oni takođe omogućavaju prilagođavanje načina održavanja i pružaju kvalitetniju osnovu za buduće investicije. Pregled ekonomskih istraživanja NbS-a pokazuje da upravo nedostatak uporedivih dugoročnih podataka o troškovima i koristima predstavlja jednu od prepreka pouzdanijem ekonomskom vrednovanju (Jalilzadehazhari, 2026). U analiziranih 319 slučajeva investicioni ili instalacioni troškovi bili su navedeni u 148 slučajeva, troškovi rada i održavanja u 169, dok su troškovi završetka životnog veka navedeni u samo 12 slučajeva (Jalilzadehazhari, 2026).

Šira primena NbS-a zato zahteva promenu načina na koji se posmatra investicija. Umesto odluke zasnovane samo na početnom trošku, potrebno je razmatrati životni ciklus, višestruke koristi, lokalne potrebe i sposobnost dugoročnog upravljanja rešenjem. Tek tada NbS iz pojedinačnog demonstracionog projekta može prerasti u uobičajeni element projektovanja zgrada i planiranja klimatski otpornijih gradova.

4.4 Zaključak

Klimatske promene menjaju uslove u kojima se zgrade projektuju, koriste i obnavljaju. Povećanje energetske efikasnosti i dalje ostaje jedan od ključnih načina smanjenja potrošnje energije i emisija gasova sa efektom staklene bašte, ali savremeni pristup više se ne može ograničiti samo na smanjenje energije potrebne za grejanje. Sve izraženiji rizik od letnjeg pregrevanja, urbano toplotno ostrvo i intenzivne padavine zahtevaju istovremeno povećavanje energetske efikasnosti i klimatske otpornosti zgrada i gradova.

Rešenja zasnovana na prirodi u tome mogu imati važnu ulogu. Zeleni krovovi i fasade, urbano drveće, zeleni koridori, kišne bašte i drugi oblici zelene i plavo-zelene infrastrukture koriste vegetaciju, zemljište i vodu kako bi uticali na mikroklimu, upravljanje atmosferskim vodama i kvalitet urbanog prostora. Njihova posebna vrednost je u mogućnosti ostvarivanja više koristi istovremeno. Međutim, njihova efikasnost nije univerzalna, već zavisi od vrste rešenja, karakteristika zgrade, lokalne klime, raspoloživog prostora i kvaliteta održavanja.

Prikazani primeri potvrđuju da se NbS može primenjivati i vrednovati na različitim prostornim nivoima. Merenja u Osijeku i Novom Sadu pružaju podatke o efektima zelenih krovova u lokalnim klimatskim uslovima, dok primer Lublina pokazuje značaj sistematskog izbora postojećih zgrada na kojima je naknadna ugradnja tehnički i upravljački izvodljiva. Zajedno naglašavaju potrebu za povezivanjem projektovanja, provere izvodljivosti i praćenja stvarnih efekata.

NbS pritom nije zamena za konvencionalne mere energetske efikasnosti. Kvalitetana toplotna izolacija, odgovarajući

INTERCLIM

izbor i količina građevinskih materijala, zaptivenost fasade, efikasni tehnički sistemi, zaštita od pregrevanja i korišćenje obnovljivih izvora energije ostaju osnova energetske efikasne i nZEB zgrade. Sa razvojem ka ZEB konceptu potrebno je dodatno vrednovati ugrađene i operativne emisije tokom životnog ciklusa. Prirodna rešenja mogu dopuniti tehničke mere i proširiti njihov efekat na neposrednu mikroklimu, atmosferske vode, biodiverzitet i kvalitet prostora.

Za širu primenu NbS-a biće potrebno zajednički vrednovati energetske efikasnost, svojstva materijala, ekološke efekte i troškove tokom celokupnog životnog veka, obezbediti održavanje i sistematski pratiti

stvarne rezultate nakon izvođenja. Jednako je važno uključiti korisnike i lokalnu zajednicu jer dugoročno uspešno NbS rešenje nije samo tehnički sistem već deo prostora u kojem ljudi žive.

Budući razvoj zgrada i gradova zato verovatno neće počivati na izboru između **tehničkih rešenja i prirode**, već na njihovoj promišljenoj integraciji. Energetske efikasne zgrade okružene kvalitetnom zelenom infrastrukturom, povezane sa obnovljivim izvorima energije i prilagođena lokalnim klimatskim uslovima predstavlja sveobuhvatniji odgovor na izazove klimatskih promena od bilo koje od tih mera primenjene odvojeno.

KORIŠĆENA LITERATURA I IZVORI

Asdrubali, F., D'Alessandro, F., Schiavoni, S. (2015). A review of unconventional sustainable building insulation materials. *Sustainable Materials and Technologies*, 4, 1–17.

Barišić, I., Netinger Grubeša, I., Krstić, H., Kubica, D. Field and Laboratory Assessment of Different Concrete Paving Materials Thermal Behavior. *Sustainability*, 14 (2022), 6638.

Begić Juričić, H., Krstić, H. (2025). Analyzing Patterns and Predictive Models of Energy and Water Consumption in Schools. *Sustainability*, 17, 5514. DOI:

Brucker Juricic, B., Krstic, H., Čulo, K. Theoretical Analysis and Comparison of the Thermal Performance, Construction Costs, and Maintenance Complexity between a Conventional and an Intensive Green Roof. *Journal of Engineering*, Volume 2021, Article ID 5559467.

Chairat, S., Gheewala, S. H. The conceptual quantitative assessment framework for Nature-based Solutions (NbS). *Nature-Based Solutions*, 6 (2024), 100152.

De Groeve, M., Kale, E., Godts, S. A., Orr, S. A., De Kock, T. Impact of vertical greening on urban microclimate and historic building materials: A meta-analysis. *Building and Environment*, 253 (2024), 111365.

De Masi, R. F., Gigante, A., Vanoli, G. P. (2021). Are nZEB design solutions environmentally sustainable? Sensitive analysis for building envelope configurations and photovoltaic integration in different climates. *Journal of Building Engineering*, 39, 102292.

Directive (EU) 2024/1275 of the European Parliament and of the Council of 24 April 2024 on the energy performance of buildings (recast). Official Journal of the European Union. <https://eur-lex.europa.eu/eli/dir/2024/1275/oj>

INTERCLIM

Dushkova, D., Ivlieva, O., Vandewalle, M., Carrasco, A. R., Ponton-Cevallos, J., Sieber, I. M. Just and inclusive enough? Designing inclusive NbS to support communities in their just transition towards sustainability and resilience. *Nature-Based Solutions*, 9 (2026), 100306.

European Commission. Nature-based solutions. European Commission, Directorate-General for Research and Innovation.

Feehan, A., Nagpal, H., Marvuglia, A., Gallagher, J. (2021). Adopting an integrated building energy simulation and life cycle assessment framework for the optimisation of facades and fenestration in building envelopes. *Journal of Building Engineering*, 43, 103138.

IPCC. Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Working Group II Contribution to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change – Chapter 13: Europe. Cambridge University Press, Cambridge and New York, 2022.

Jalilzadehazhari, E. The economic benefits of nature-based solutions – a literature review. *Urban Forestry & Urban Greening*, 117 (2026), 129242.

Krstić, H., Koški, Ž., Ištoka Otković, I., Španić, M. (2014). Application of neural networks in predicting airtightness of residential units. *Energy and Buildings*, 84, 160–168.

Maduta, C., D’Agostino, D., Tsemekidi-Tzeiranaki, S., Castellazzi, L. From Nearly Zero-Energy Buildings (NZEBS) to Zero-Emission Buildings (ZEBs): Current status and future perspectives. *Energy and Buildings*, 328 (2025), 115133.

Malla, A., Kranzl, L., Müller, A. Passive measures for reducing space cooling demand in the EU-27: Potentials and costs. *Energy and Buildings*, 356 (2026), 117046.

Panduro, T. E., Nainggolan, D., Zandersen, M. Cost-effectiveness analysis of urban nature-based solutions: A stepwise ranking approach. *Nature-Based Solutions*, 6 (2024), 100186

Röck, M., Saade, M. R. M., Balouktsi, M., et al. (2020). Embodied GHG emissions of buildings – The hidden challenge for effective climate change mitigation. *Applied Energy*, 258, 114107.

Savić, S., Krstić, H., Šećerov, I., Dunjić, J. Decreasing the energy demand in public buildings using nature-based solutions: case studies from Novi Sad (Republic of Serbia) and Osijek (Republic of Croatia). *Energy, Sustainability and Society*, 14 (2024), 23.

Skandalos, N., Karamanis, D. Decarbonizing operational emissions in urban neighborhoods with the integration of rooftop photovoltaics and green infrastructure under current and future climate conditions. *Energy and Buildings*, 329 (2025), 115306.

United Nations Environment Programme (UNEP) and Global Alliance for Buildings and Construction (2025). Global Status Report for Buildings and Construction 2024/2025.

Wójcik-Madej, J., Sowińska-Świerkosz, B., Pérez Luque, G., Michalik-Śnieżek, M. Retrofitting existing buildings by the use of modular green roofs. *Building and Environment*, 287 (2026), 113900.

Živković, V., Novosel, A., Krstić, H. (2025). Innovative Solutions: Comparative Study of Laboratory and In Situ Measurements of Thermal Properties of Bark Insulated Exterior Walls. *Buildings*, 15, 810.