

Naslov članka/Article:

# Problemi z odtokom meteornih voda

## Rainwater Drainage Issues

Avtor/Author:

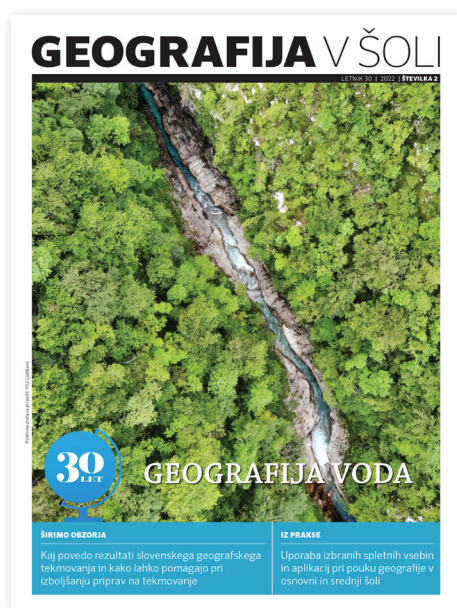
Ddr. Ana Vovk

<https://doi.org/10.59132/geo/2022/2/31-37>

CC licenca



Priznanje avtorstva-Nekomercialno-Brez predelav



### Geografija v šoli št. 2/2022, letnik 30

ISSN 1318-4717

Izdal in založil: Zavod Republike Slovenije za šolstvo

Kraj in leto izdaje: Ljubljana, 2022

Spletna stran revije:

<https://www.zrss.si/strokovne-revije/geografija-v-soli/>

# Problemi z odtokom meteornih voda

## Rainwater Drainage Issues



**Ddr. Ana Vovk**

Oddelek za geografijo  
Filozofska fakulteta  
Univerze v Mariboru  
ana.vovk@um.si

COBISS: 1.04

### Izvleček

Meteorna voda je tista, ki nastane v času padavin. Večina območij v industrijskih predelih je neprepustnih (asfaltiranih), zato meteorna voda ne more v podtalje in tako na mestu nastanka postane površinski odtok, ki se izteka neposredno v najbližje vodno telo ali pa v tla. Večina meteorne vode je danes speljana v kanalizacijske sisteme, ki pa ob močnem deževju ne morejo sprejeti vse meteorne vode, zato je na območjih z neprepustnimi površinami možnost nastanka poplav, saj neprepustne površine povečujejo tako odtok kot tudi hitrost vode. V zadnjih letih je Ministrstvo za okolje in prostor Republike Slovenije izdalo vrsto uredb za številne različne tehnološke odpadne vode, ne pa tudi za padavinsko vodo s cest. Prikazano je stanje meteornih voda v urbanih območjih ter nakazane rešitve za odgovorno upravljanje s tem vodnim virom.

**Ključne besede:** meteorna voda, padavine, neprepustne površine, poplava

### Abstract

Rainwater emerges as a result of rainfall. In most industrial areas, the ground is impermeable (i.e., asphalted). Consequently, rainwater cannot flow into the subsoil. Instead, it causes precipitation runoff that flows directly into the nearest body of water or permeable ground. Most rainwater today is channelled into sewer systems, which cannot retain the excess water during heavy rainfalls. Impermeable surfaces increase runoff and water velocity. Consequently, areas with impermeable surfaces are prone to flooding. The Ministry of the Environment and Spatial Planning of the Republic of Slovenia has issued a series of regulations in recent years concerning various types of technological wastewater. However, the area of roadside rainwater remains unregulated. The current article discusses the state of rainwater in urban areas and the workable solutions for responsible management of this water resource.

**Keywords:** rainwater, precipitation, impermeable surfaces, flood

### Uvod

Reševanje problematike meteorne vode ni pomembno le zaradi zmanjševanja obremenjevanja okolja, temveč tudi zato, ker se predvidevajo vedno večji nalivi in s tem povezane nevarnosti za poplave. Pri upravljanju s padavinsko vodo se je potrebno zavedati, da je padavinski odtok tudi dragocen vodni vir. Ustrezno očiščena meteorna voda se lahko uporablja za namakanje ali zalivanje zelenih površin, oblikovanje parkovnih vodnih teles, splakovanje stranišč, pranje avtomobilov, kot procesna voda ipd., z ustrezno predpripravo

pa tudi kot vir pitne vode (Vovk, 2015č). V prispevku so predstavljeni rezultati projekta z Mestno občino Maribor, kjer smo pripravili strokovne podlage za inovativne pristope za trajnostno upravljanje z meteornimi vodami. Inovativne predloge smo razvili z vključevanjem ekoremediacijskih ukrepov, ki so primerni prav za tovrstne rešitve.

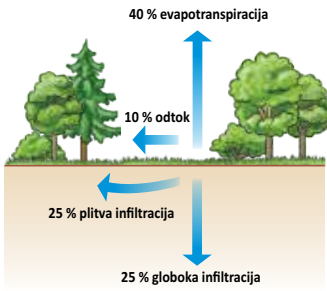
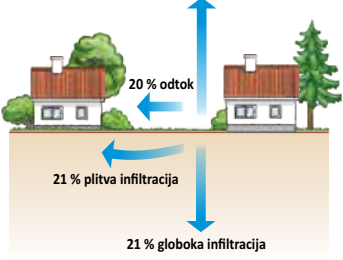
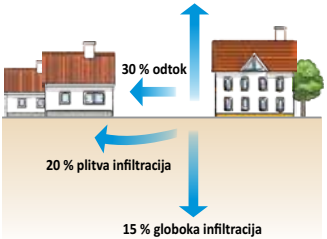
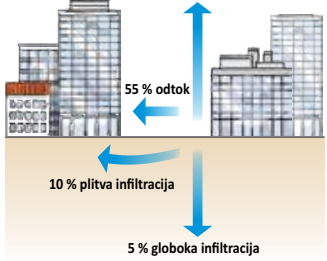
### Voda v mestu

Z rastjo prebivalstva, urbanizacijo in gospodarskim razvojem se povečujejo potrebe

po sladki vodi v mestih po vsej Evropi. Hkrati podnebne spremembe in onesnaževanje prav tako vplivajo na razpoložljivost vode za prebivalstvo v mestih. Oskrba z vodo v mestih postaja vse večji izziv, tako glede količine vode, njene kakovosti, razpoložljivosti, dosegljivosti,

preobremenjenosti oskrbe kot tudi poškodb vodovodnih in kanalizacijskih sistemov. Zato potrebujejo mesta inovativne predloge, kako še naprej zagotavljati sladko vodo svojim prebivalcem (Vovk, 2021).

**Preglednica 1:** Vpliv pozidanih površin na vodni cikel padavin

OBLIKA POVRŠINE	ODTOK PADAVINSKE VODE
<p>1. Nepozidane površine – naravni ekosistem</p>  <p>40 % evapotranspiracija 10 % odtok 25 % plitva infiltracija 25 % globoka infiltracija</p>	<p>40 % vode se vrne v ozračje z evapotranspiracijo 10 % deževnice odteče na površini 25 % deževnice se vključi v plitvo infiltracijo in odteče plitvo pod površjem 25 % deževnice se vključi v proces infiltracije in odteče v podtalje V podtalje pri tem sistemu odteče približno 50 % vse padavinske vode, ki nastane na mestu.</p>
<p>2. Slabo prepustne površine, ki obsegajo med 10 in 20 % celotnega območja</p>  <p>38 % evapotranspiracija 20 % odtok 21 % plitva infiltracija 21 % globoka infiltracija</p>	<p>38 % vode se vrne v ozračje z evapotranspiracijo 20 % deževnice odteče na površini 21 % deževnice se vključi v plitvo infiltracijo in odteče plitvo pod površjem 21 % deževnice se vključi v proces infiltracije in odteče v podtalje V podtalje pri tem sistemu odteče približno 42 % vse padavinske vode, ki nastane na mestu.</p>
<p>3. Slabo prepustne površine, ki obsegajo med 35 in 50 % celotnega območja</p>  <p>35 % evapotranspiracija 30 % odtok 20 % plitva infiltracija 15 % globoka infiltracija</p>	<p>35 % vode se vrne v ozračje z evapotranspiracijo 30 % deževnice odteče na površini 20 % deževnice se vključi v plitvo infiltracijo in odteče plitvo pod površjem 15 % deževnice se vključi v proces infiltracije in odteče v podtalje V podtalje pri tem sistemu odteče približno 35 % vse padavinske vode, ki nastane na mestu.</p>
<p>4. Slabo prepustne površine, ki obsegajo med 75 in 100 % celotnega območja</p>  <p>30 % evapotranspiracija 55 % odtok 10 % plitva infiltracija 5 % globoka infiltracija</p>	<p>30 % vode se vrne v ozračje z evapotranspiracijo 55 % deževnice odteče na površini 10 % deževnice se vključi v plitvo infiltracijo in odteče plitvo pod površjem 5 % deževnice se vključi v proces infiltracije in odteče v podtalje V podtalje pri tem sistemu odteče približno 15 % vse padavinske vode, ki nastane na mestu.</p>

Povzeto in prirejeno po: <https://megamanual.geosyntec.com/npsmanual/sectionintrourbanstormwater runoff.aspx>

»Pametno« (učinkovito in podprto z digitalno tehnologijo) vodno gospodarstvo in družba bi morala upravljati z vsemi razpoložljivimi vodnimi viri (vključno s površinskimi, podzemnimi, odpadnimi in prečiščenimi vodami). S tem bi se izognili pomanjkanju vode in onesnaževanju, povečali bi odpornost za podnebne spremembe, ustrezno obvladali tveganja, povezana z vodo, in zagotovili, da se pridobijo vse koristne snovi, ki jih je mogoče pridobivati iz postopkov čiščenja odpadne vode (Vovk, 2015č). Preizkušeni ukrepi za zadrževanje vode v urbanih območjih so zbiranje deževnice (iz streh, parkirišč), ki prinašajo številne prednosti, kot so zmanjšanje močnih deževnih vplivov in prispevanje k ohranjanju vode. V krožnem gospodarstvu ima tudi ponovna uporaba vode ključno vlogo, ki prinaša pomembne okoljske, socialne in gospodarske koristi (Guaranteed Business Growth, b. d.). Poleg tega se lahko siva voda (odpadna voda iz kopalnic, pranja perila in kuhinj), ki predstavlja 50 do 80 % stanovanjskih odpadnih voda, široko uporablja za namakanje v mestnem okolju in za domače namene (tako kot tudi deževnica).

Pri upravljanju s padavinsko vodo se je potrebno zavedati, da je padavinski odtok tudi dragocen vodni vir. Ustrezno očiščena meteorna voda se lahko uporablja za mnoge namene, kar smo že omenili, mdr. tudi za zalivanje zelenih površin (Slika 1).



**Slika 1:** Na parkiriščih »mehčajo« asfalt tako, da posadijo zelena grmičevja za sprejemanje vode iz neprepustnih površin.

Arhiv: A. Vovk

Omenimo primer parkirišč, ki so narejena iz neprepustnega asfalta. Neprepustne asfaltne površine se čez dan segrevajo. Toplota v času padavin povečuje izhlapevanje meteornih voda na površini in onemogoča odtok padavinske vode v podtalje, s čimer je hkrati onemogočena infiltracija podtalne vode, kar zmanjšuje prečiščenje meteornih voda, s tem

pa se povečuje ogroženost onesnaževanja tekočih voda. Neprepustne površine zaradi prekinitev odtoka meteornih voda v podtalje zavirajo naravno kroženje vode. V nasprotju z naravnimi pogoji, kjer se deževnica filtrira skozi tla, neprepustne površine ta proces ustavijo (Poliedra ..., b. d.). Kot rezultat preprečevanja odtoka deževnice v podtalje se lahko pojavijo problemi, kot so nižanje gladine podtalne vode in s tem manjšanje količine podtalne vode ter večja možnost za nastanek suš in poplav. Tradicionalni sistem odtoka meteornih voda je zgrajen tako, da čim prej preusmeri meteorno vodo na druge prepustne površine. Tudi na neprepustnih območjih bi morali obstajati sistemi, ki bi omogočali ohranjanje meteornih voda na mestu nastanka. Voda je iz neprepustnih na prepustne površine speljana po žlebovih in ceveh, kjer se še dodatno onesnaži. Rezultat tega je kontaminirana meteorna voda, ki je najpogosteje onesnažena z različnimi vrstami naftnih ostankov, ki pogosto vsebujejo težke kovine, gnojili, pesticidi in drugimi škodljivimi snovmi s parkirnih površin. Vsa onesnaževala, ki se zbirajo v meteorni vodi, negativno vplivajo na ekosisteme, v katere se ta meteorna voda izteka. Zato velja splošno mnenje, da parkirišča slabšajo kakovost vode. Tudi materiali, uporabljeni za gradnjo parkirišč, imajo različne učinke na kakovost okolja, saj vplivajo na kakovost zraka in vode ter zmanjšujejo biotsko raznovrstnost. Površinski odtok padavinske vode predstavlja netočkovno onesnaževanje okolja. Meteorna voda, ki teče po neprepustnih površinah, se naužije številnih onesnaževal, s katerimi onesnažuje okolje, predvsem površinske in podtalne vodne vire, prav tako pa lahko kontaminacija padavinske vode vpliva na onesnaženost tal. Do tega onesnaženja vode pride zaradi hitrega površinskega odplakovanja, ki se ustvari na neprepustnih umetnih površinah, kjer se hitrost odtoka poveča celo od dva- do šestkrat v primerjavi z odtokom padavinske vode na naravni in prepustni površini. Te povečane hitrosti odtoka meteornih voda ogrožajo predvsem kanalizacijske sisteme, ki v času močnih nalivov pogosto postanejo preobremenjeni, kar povzroča njihovo prekoračitev in možnost nastanka poplav. Poplave, ki nastanejo zaradi tega, so okolju zelo nevarne. Ob preobremenjenosti kanalizacijskega sistema pride do iztoka na površje tako meteornih kot tudi kanalizacijskih voda, slednje pa so onesnažene z bakterijami, ki so nevarne za človekovo zdravje. Te poplavne vode se nato lahko iztečejo v površinske vode, v katerih povečajo vsebnosti onesnaževal. Raven kisika se zaradi poplavne vode poviša, kar povzroči hitro rast organizmov, zaradi česar lahko v

**V krožnem gospodarstvu ima ponovna uporaba vode ključno vlogo, ki prinaša pomembne okoljske, socialne in gospodarske koristi. Siva voda (odpadna voda iz kopalnic, pranja perila in kuhinj), ki predstavlja 50 do 80 % stanovanjskih odpadnih voda, se lahko široko uporablja za namakanje v mestnem okolju in za domače namene (tako kot tudi deževnica).**





**Slika 2 in Slika 3:** Voda v mestnih okoljih ima v zelenih sistemih doživljajsko vlogo.

Arhiv: A. Vovk

naslednji fazi nastopi proces eutrofikacije. Zato v mestih zbirajo padavinsko vodo, še preden se navzame onesnažil, in zbrano vodo speljejo v mestne parke, kjer vodo vključijo kot doživljajski element (Slika 2 in Slika 3).

Parkirišča znatno pripomorejo tudi k nastanku mestnega toplotnega otoka. Asfalt je temen material, ki ima veliko sposobnost absorpcije toplote. Ponoči se te površine ohlajajo in v okolje sproščajo toploto, kar povzroča povišanje temperature in s tem pripomore k nastanku mestnega toplotnega otoka. Ta dejavnik lahko znižamo tako, da ob parkiriščih posadimo drevesa in zmanjšamo absorpcijo toplote (Vovk, 2021).

Tradicionalna parkirišča z neprepustnimi asfaltnimi površinami imajo lahko številne negativne vplive na sosednje habitate in favne. Povečani hitrost in količina padavinske vode s parkirišč lahko poškodujeta nekatere habitate rastlin, rib in nevretenčarjev. Med nevihto se lahko poveča odtok vode in posledično spremeni rečni pretok vode, kar vpliva na spremenjeno naravno obliko plovnih poti, saj povečana hitrost rečnega pretoka povzroči erozijo rečnega korita. Zaradi erozije v plovne poti vstopijo usedline in tako se poveča motnost rečne vode. Motnost, ustvarjena iz sedimentacije, lahko moti vodni ekosistem, saj zmanjšuje prepustnost svetlobe, slabša rastne pogoje za rastline, spreminja zaloge hrane, ovira navigacijo živih bitij, zmanjšuje drstenje in zavetje. Onesnaženje meteorne vode na parkiriščih lahko negativno vpliva tudi na divje živali. Strupene snovi se lahko bioakumulirajo v tkivih rib in drugih organizmov in s tem predstavljajo nevarnost za okužbe divjih živali, ki se prehranjujejo z okuženimi organizmi v vodi. Vpliv parkirišč na oskrbo z vodo vpliva tudi na lokalno ekologijo. Nenaravno nizki pretoki kot posledica zmanjšane infiltracije lahko znižajo globino vode, kar vpliva na vodne habitate.

V mestih po svetu se vse večja pozornost namenja krožnemu upravljanju z vodami. Ta pristop vključuje šest ciljev upravljanja z vodami. To so:

1. Reciklirati in ponovno uporabiti odpadno vodo.
2. Povečati učinkovitost uporabe in distribucije vode.
3. Zagotoviti dobro kakovost vodnih teles.
4. Zbirati vodo.
5. Spodbujati večkratno uporabo vode in trajnost voda.
6. Ohraniti pretok v vodnih telesih.

V urbanih okoljih je pogosta težava preobremenitev kanalizacije, saj vse več padavin pade v zelo kratkem času. Prelivi kanalizacije povzročajo negativne vplive na rastlinstvo in živalstvo, pa tudi umrljivost rib in povzročajo materialno škodo (Urban Water Journal, 2022, North Carolina Environmental Quality. Department of Environmental Quality, b. d.).

Če voda steče v kanalizacijo brez zadrževanja, se iz prometnih površin izperejo mikroplastika, organska in anorganska onesnažila ter težke kovine. Tak odtok tudi vzpostavlja nenaravno vodno bilanco, saj se zmanjšuje proces lokalnega izhlapevanja in lokalnega polnjenja podzemne vode (Vovk, 2015b).

Zato so pomembni centralizirani izpusti deževnice z zadrževalnimi filtri v zemlji, ki blažijo izhlapevanje in odtok v kanalizacijo (Vovk, 2021).

#### **V urbanih območjih je potrebno uporabljati pristop prioritete pri upravljanju deževnice:**

1. Izogibati se novim pozidavam in širjenju mestnih površin.
2. Zbirati in uporabiti deževnico na kraju samem.
3. Zadrževati deževnico.
4. Infiltrirati deževnico (polniti podzemne vodne bazene).
5. Puščati deževnico v vodna telesa.

**V urbanih okoljih je pogosta težava preobremenitev kanalizacije, saj vse več padavin pade v zelo kratkem času. Če voda steče v kanalizacijo brez zadrževanja, se iz prometnih površin izperejo mikroplastika, organska**

## Pristopi upravljanja meteornih voda v mestih

Dandanes je na voljo veliko rešitev, ki lahko učinkovito pripomorejo k zbiranju deževnice tudi pri posameznikih. Za preprečevanje zamašitve žlebov z listjem lahko uporabimo zaščitne rešetke, za zbiranje vode pa je na razpolago veliko sistemov, od nadzemnih do podzemnih ter vertikalnih in horizontalnih. Sicer je na razpolago tudi veliko različnih sistemov za zbiranje deževnice, od različno velikih posod, do betonskih podzemnih zbiralnikov. Za manjše uporabnike se uporablja večinoma vkop plastičnih ali betonskih podzemnih zbiralnikov.

## Zbiranje in čiščenje deževnice

Za čiščenje deževnice se uporabljajo filtri, od mehanskih in sesalnih do navpičnih cevi za hitro preusmeritev v rezervoar. Plavajoči fini sesalni filtri zagotavljajo, da se deževnica črpa iz najbolj čistega nivoja rezervoarja in ne vsebuje mehanskih delcev. Tako jo je mogoče takoj vključiti v uporabo.

Uporaba deževnice je vse bolj prioriteta za hlajenje z izhlapevanjem v gosto naseljenih urbanih območjih. Zlasti vlagoljubno rastlinstvo zadržuje veliko vode in količina tako izhlapele vode v enem poletnem mesecu je podobna količini vode, ki izhlapi iz enega drevesa, zato je umeščanje vlagoljubnih rastlin vse bolj pomemben blažilni ukrep.

Koristi zbiranja deževnice so (Poliedra ..., b. d.):

- deževnica je razmeroma čista in njena kakovost običajno zadostuje za številno uporabo z malo ali celo brez čiščenja;
- deževnica ima nizko slanost in jo je mogoče ponovno uporabiti kjerkoli, kjer je potrebna mehka voda, kot je za pranje perila, hlajenje in v industriji;
- z vključevanjem deževnice lahko prihranimo do 50 % porabljene vode v gospodinjstvu;
- uporaba deževnice zmanjša stroške energije za hlajenje, saj 1 m<sup>3</sup> deževnice, ki izhlapi, sprosti 680 kWh energije;
- zbiranje deževnice pomembno zmanjša obremenitev odtokov na kanalizacijo in poplave v mestih;
- zbiranje deževnice je prilagodljiva tehnologija, ki jo je mogoče zasnovati tako, da izpolnjuje skoraj vse zahteve za uporabo;
- uporaba deževnice pomembno prispeva k samooskrbi z vodo tako v mestih kot na podeželju.

## Zadrževanje deževnice v mestih

Predvsem v urbanih predelih je zaradi asfaltnih površin in streh prekinjena povezava med padavinami in podtalnico, kar lahko vodi v zniževanje gladine podtalnice in hitrejšega odtoka vode iz pokrajine, zato je uporaba meteorne vode v različne namene pomemben prispevek k zmanjševanju porabe podtalnice. K ohranjanju nivoja podtalnice prispevamo tudi z zmanjševanjem nepropustne površine in povečevanjem infiltracije na mestu nastanka meteorne vode ter s fragmentacijo nepropustnih površin, med katerimi se nahajajo ponikovalna polja.

Zbiranje in čiščenje ter potencialna uporaba meteorne vode morajo biti urejeni decentralizirano, kar pomeni, da se padavinska voda zbira in čisti na samem mestu nastanka brez daljšega transporta vode. Naprave za čiščenje meteornih voda morajo ustrezati zahtevam krajinske ureditve: pogosto se vklaplja v rekreativna območja, parke, vrtove ipd. Poleg vklapljanja v prostor morajo naprave ustrezno zmanjšati hidravlične obremenitve, ki jih povzročajo meteorne vode, in odstraniti onesnažila.

Za zadrževanje in čiščenje meteornih voda obstajajo različne tehnologije. Nekatere so namenjene zgolj zadrževanju vode in blažitvi pretokov, v drugih pa potekajo tudi procesi čiščenja vode (zadrževanje in transformacija onesnažil). Med tehnologijami za upravljanje z meteornimi vodami so:

1. **bazeni za začasno zadrževanje vode (suhi bazeni):** običajno so v suhem obdobju brez vode. Suhi bazeni začasno zadržijo padavinsko vodo ali del padavinske vode in s tem ublažijo maksimalne pretoke dolvodno v sprejemnem vodnem telesu ali čistilni napravi. Suhi bazeni tako delujejo predvsem kot hidravlična kontrola padavinskega odtoka. Po padavinah voda iz suhega bazena odteče, del pa je tudi izhlapi zaradi evaporacije in/ali transpiracije ali ponikne v podtalnico. V suhih bazenih do določene mere prihaja do usedanja suspendiranih snovi;
2. **mokri bazeni:** v nasprotju s suhimi bazeni so mokri bazeni stalno vodno telo. V delu bazena se tako ves čas zadržuje voda, nad njo pa je volumen, ki omogoča zadrževanje vode ob nalivih. Oblikovani so kot majhna plitva jezera, kjer se voda tudi ob nalivih zadržuje dovolj dolgo, da lahko potekajo številni procesi odstranjevanja onesnažil. Mokri zadrževalni bazeni tako omogočajo odstranjevanje

**Zbiranje in čiščenje ter potencialna uporaba meteorne vode morajo biti urejeni decentralizirano, kar pomeni, da se padavinska voda zbira in čisti na samem mestu nastanka brez daljšega transporta vode.**

Poleg čiščenja padavinske vode lahko integracija zelene infrastrukture v ulicah, na parkiriščih, ob stavbah ustvari pešcem prijazne prostore, miren promet, vpliva na izboljšanje kakovosti zraka, zmanjšanje učinka mestnega toplotnega otoka, ustvarja življenjski prostor za različne živalske in rastlinske vrste ter izboljšuje energetske učinkovitost urbanega prostora.

partikulatnih pa tudi nekaterih raztopljenih onesnažil. Poleg hidravlične kontrole in izboljšanja kakovosti vode pa imajo lahko tudi estetsko vlogo (primerna ureditev bazena in zasaditev z ustreznimi rastlinami);

- 3. grajena močvirja (rastlinske čistilne naprave):** so plitva vodna telesa (0,1–0,3 m) z gosto rastlinsko odejo. Rastlinske čistilne naprave za odpadne vode z asfaltiranih površin so postavljene navadno ob cestah in čistijo vodo z asfaltnih površin. V padavinski vodi, ki odteka z asfaltnih površin, se nabira kup strupenih ostankov, ki jih nato dež izpira v kanalizacijo, in voda se ne čisti. Rastlinske čistilne naprave delujejo po posnemanju samočistilnih procesov v naravnih močvirskih ekosistemih. Globina vode niha v odvisnosti od padavin in sezone. Struktura močvirja je raznolika in vključuje predele s prosto vodno površino, predele z gosto rastlinsko odejo in celo manjše otočke. Raznolikost v strukturi močvirja vpliva na fizikalne, kemijske in biološke procese. Z rastlinsko čistilno napravo dosežemo, da se ta voda prečisti in čista odteka v podtalnico. Sestavljena je iz betonskega korita, ki je opremljeno z mrežami, prekati, filtrirnimi vložki in cevmi ter velikim vmesnim prostorom, v katerega nasujemo zemljo in posadimo rastline. Razen občasnega praznjenja žične košare, ki prestreza večje kose nesnage, vzdrževanje ni potrebno. Ob manjšem dežju voda vstopa skozi mrežo v prvi prekat in se počasi preceja ter očisti med zemljo in koreninami. Kadar je vode preveč, jo iz prvega prekata dve prelivni cevi odvedeta v izstopni del, tudi opremljen s filtri. Vse cevi so naluknjane, zato se voda vedno preceja tudi skozi zemljo. Posebne tkanine preprečujejo izpiranje, izpustni ventili pa določajo stopnjo primarnega in sekundarnega filtriranja. Čistilna sposobnost je izjemna. Zemlja v koritu in rastlinske korenine so sposobne vodo filtrirati in izločiti patogene fekalne organizme, dušik, fosfor, baker, svinec, cink in jih pretvoriti v neškodljivo obliko, razgraditi klorirane pesticide in težke kovine, delo pa v kombinaciji z rastlinami opravijo še zemeljski mikroorganizmi;
- 4. infiltracijski bazeni:** padavinska voda se začasno zadrži v bazenu z odprto vodno površino, kjer poteka infiltracija v podtalje. Pogosto so infiltracijski bazeni načrtovani tako, da zadržijo le prvi val naliva (Istenič, 2010);
- 5. filtri:** peščeni filtri so namenjeni odstranjevanju suspendiranih snovi. K

odstranjevanju onesnažil prispeva tudi biofilm, ki se vzpostavi na površini filtrnega materiala. Filtrni material (medij) je lahko izbran tudi na podlagi adsorpcijskih značilnosti (na primer apnenčasti materiali za odstranjevanje fosforja).

Poleg sistemov za zadrževanje in čiščenje meteornih voda so pomembni tudi ukrepi, ki zmanjšujejo vnos onesnažil v meteorno vodo, kot so pravilno upravljanje cestnih površin (pometanje, vzdrževanje odvodnih kanalov), uporaba inertnih strešnih kritin in preprečevanje razlivanja onesnažil po nepropustnih površinah.

Zelena infrastruktura prispeva k ohranitvi zdravih ekosistemov, da bodo lahko družbi še naprej zagotavljali dragocene storitve, kot sta čisti zrak in sveža voda. Vlaganje v zeleno infrastrukturo je smiselno tudi z gospodarskega vidika, saj ohranja zmogljivosti narave, na primer z bojem proti negativnim vplivom podnebnih sprememb, njeni sistemi pa so stroškovno učinkovitejši kot nadomeščanje izgubljenih storitev z veliko dražjimi tehnološkimi rešitvami. Zelena infrastrukturo najbolje dosežemo s celovitim pristopom k upravljanju zemljišč in skrbnim strateškim prostorskim načrtovanjem (Vovk, 2021).

Zelena infrastruktura ponuja številne prednosti. Poleg čiščenja padavinske vode lahko integracija zelene infrastrukture v ulicah, na parkiriščih, ob stavbah ustvari pešcem prijazne prostore, miren promet, vpliva na izboljšanje kakovosti zraka, zmanjšanje učinka mestnega toplotnega otoka, ustvarja življenjski prostor za različne živalske in rastlinske vrste ter izboljšuje energetske učinkovitost urbanega prostora.

V urbanih industrijskih območjih se lahko vzpostavijo naslednji sistemi zelene infrastrukture:



**Slika 4:** Kombinacija naravnih sistemov v urbanih okoljih pomembno vpliva k dvigu kakovosti zraka, vode in prsti, kar je pomembna podpora biodiverziteti.

Arhiv: A. Vovk, 2021



- deževni vrt,
- zelena streha,
- zelena fasada,
- vetrna in protiprašna bariera,
- plantaža meteorne vode,
- zbiranje deževnice ter
- porozni tlakovci in asfalt.

Skupna značilnost teh sistemov je, da imajo veliko vpojno sposobnost za zadrževanje vode in prispevajo k ponovni rabi vode, kar je v času podnebnih sprememb nujno (Slika 4).

## Sklep

Prisotni so vedno večji pritiski na rabo vode zaradi klimatskih sprememb, suš ter večanja prebivalstva in urbanih območij. Vedno več prebivalstva se koncentrira na majhnih območjih, zaradi česar je pitna voda tako prekomerno izrabljena, da njena cena strmo narašča, še posebej v južnih delih Evrope. Zaradi tega so se pojavile pobude za uporabo novih načinov varčevanja ter ponovne rabe vode, kar postaja vedno bolj prisotno v strateških načrtih evropskih držav. Ta koncept ponuja številne ugodnosti: stabilnost zaloga pitne vode, trajnostna raba naravnih virov, zmanjšanje črpanja podtalnice, manjša poraba energije ter denarja, zaščita vodnih okolij ipd.

V zadnjih letih beležimo preko tri tisoč projektov, ki omogočajo ponovno rabo vode, večino teh poznamo zunaj Evrope, pojavljajo pa se tudi novi projekti na najbolj kritičnih območjih primanjlkovanja vode.

Največji porabniki vode so: urbana območja (zalivanje, čiščenje, klimatske naprave), kmetijstvo (namakanje obdelovalnih površin in nasadov, živinoreja), industrija (pridelava, čiščenje), rekreacija (zalivanje igrišč). Ponovna raba vode naj bi se uporabljala ravno na teh področjih, kjer ni neposrednega stika s človekom: zalivanje (zelenih površin ter ne pridelovalnih kmetijskih površin), čiščenje ter industrijska raba; toda praksa v posameznih državah je različna, predvsem je vedno sporna uporaba vode na področju industrije.

Prakse na tujem so pokazale, da je ponovna raba vode zanesljiv alternativni vir: *reciklirana voda*. Ta koncept rešuje tako povpraševanje kot ponudbo pitne vode ter tudi izgubljanje vode na vseh fazah procesa, vse skupaj je del širšega koncepta, trajnostnega razvoja.

Alternativni ukrepi primanjlkovanja vode: razvoj vseh neizkoriščenih vodnih virov (tudi

razsoljevanje), ponovna raba vode, bolj zanesljivi vodni sistemi, čim manjše izgubljanje vode na prenosih, višanje cen vode, uvoz vode iz sosednjih držav; med vsemi ukrepi je ponovna raba najbolj cenovno ugodna rešitev.

## Viri in literatura

Guaranteed Business Growth. (b. d.). *Associated Programme on Flood Management (APF)*. <https://serp.co/directory/company/associated-programme-on-flood-management-apfm/>

North Carolina Environmental Quality. Department of Environmental Quality. (b. d.). <https://deq.nc.gov/about/divisions/coastal-management/nc-coastal-reserve/coastal-training-program>

Poliedra - Service and consultancy centre at Politecnico di Milano on environmental and territorial planning in Association for Rainwater Harvesting and Water Utilisation. (b. d.). *Izobraževalne vsebine: krožna uporaba vode v urbanih središčih*. Interreg, Central Europe. [https://www.ezavod.si/docstation/content/article/216/izobrazevalne\\_vsebine\\_si\\_final.pdf](https://www.ezavod.si/docstation/content/article/216/izobrazevalne_vsebine_si_final.pdf)

Toolkit Topics. Clean Water. <https://megamanual.geosyntec.com/npsmanual/sectionintrourbanstormwaterrunoff.aspx>

Urban Water Journal, Volume 19, Issue 5 (2022). <https://www.tandfonline.com/toc/nurw20/current>

Vovk, A. (2021). Inovativni predlogi za ponovno rabo vode v urbanih območjih. E-monografija, Mestna občina Maribor in Inštitut za promocijo varstva okolja.

Vovk, A. (2015a). *Ekoremediacija kopenskih ekosistemov*. Nazarje: GEAart, 2015. 88 str., ilustr. ISBN 978-961-93902-2-1.

Vovk, A. (2015b). *Ekoremediacija vodnih ekosistemov*. Nazarje: GEAart, 2015. 96 str., ilustr. ISBN 978-961-93902-3-8.

Vovk, A. (2015c). *Ekoremediacije in podnebne spremembe*. Nazarje: GEAart, 2015. 130 str., ilustr., zvd. ISBN 978-961-93683-5-0.

Vovk, A. (2015č). *Naravni čistilni sistemi*. Nazarje: GEAart, 2015. 94 str., ilustr. ISBN 978-961-93683-7-4. [COBISS.SI-ID 277970944]