

Ocena vpliva podnebnih sprememb in človekovih dejavnosti na poplavno dinamiko Cerkniškega polja

Matej Blatnik¹, Franci Gabrovšek¹, Nataša Ravbar¹, Peter Frantar², Laurence W. Gill³

Povzetek

Cerkniško polje ima več kot 300-letno zgodovino znanstvenih raziskav, v katerih so bila obravnavana različna področja, kot so dinamika poplavljanja, ugotavljanje smeri pretakanja vode, spremljanje kakovosti in količine vode, biotske raznovrstnosti, prilagajanja človeka na poplavljanje itd. V ekohidrološki raziskavi polja želimo omenjena področja obravnavati hkratno, pri čemer je glavni poudarek na povezovanju vplivov dinamike poplavljanja, značilnosti podnebja, človekovega delovanja skozi čas in razporeditve habitatov. V pričujočem prispevku smo se osredotočili na več kot 60 let trajajoče zvezne meritve hidroloških in meteoroloških spremenljivk, ki jih izvaja Agencija RS za okolje. Prve analize so pokazale opazne spremembe v dinamiki poplav v zadnjih desetletjih, ki so v največji meri povezane s podnebnimi spremembami (količina efektivnih padavin) in človeškimi dejavnostmi. V splošnem so poplave vse krajše in manj obsežne, čeprav so ekstremni dogodki bolj pogosti kot nekoč, to pa nadalje vpliva na razporeditev habitatnih tipov. Pestra biotska raznovrstnost je eden najbolj prepoznavnih elementov Cerkniškega polja, a zaradi spremenljivega vzorca poplavljanja že opažamo drugačno sestavo rastlinskih vrst in nekatere motnje v življenjskem ciklusu rib in ptic.

Ključne besede: ekohidrologija, kraško polje, poplave, dolgoročna dinamika, človekove dejavnosti, Cerkniško polje

Key words: ecohydrology, karst, polje, flooding, long-term dynamics, construction activities, Cerkniško Polje

Uvod

Za kras so značilne karbonatne kamnine, ki so topne v vodi, zaradi česar se vzpostavi prevladujoče podzemno odtekanje vode. Rezultat so različne oblike, kot so jame, vrtače, udornice, polja, planote itd. Kraška območja obsegajo okoli 15 % površja Zemlje (Goldscheider et al. 2020) in z vodo oskrbuje približno 10 % svetovnega prebivalstva (Stevanović 2019). Kraška polja so po površini med največjimi kraškimi oblikami. Gre za večje uravnave s sklenjenim obodom, za katere je značilen površinski tok vode (ponikalnice) in občasno poplavljanje. Zaradi precej ugodnih pogojev, kot so dostop do vode, položnejši relief in debelejša prst, so kraška polja ena najbolj privlačnih območij za človekovo naselitev. Za kraška polja je značilna tudi pestra biotska raznovrstnost, kjer so se zaradi izmeničnega poplavljanja in presihanja razvili ekosistemi v mokrih in sušnih okoljih (Bonacci et al. 2009, Sackl et al. 2014, Gabersčik 2002, Kržič 2002, Gabersčik et al. 2020).

¹ ZRC SAZU Inštitut za raziskovanje krasa, Titov trg 2, 6230 Postojna, Slovenija

² Agencija Republike Slovenije za okolje, Vojkova 1b, 1000 Ljubljana, Slovenija

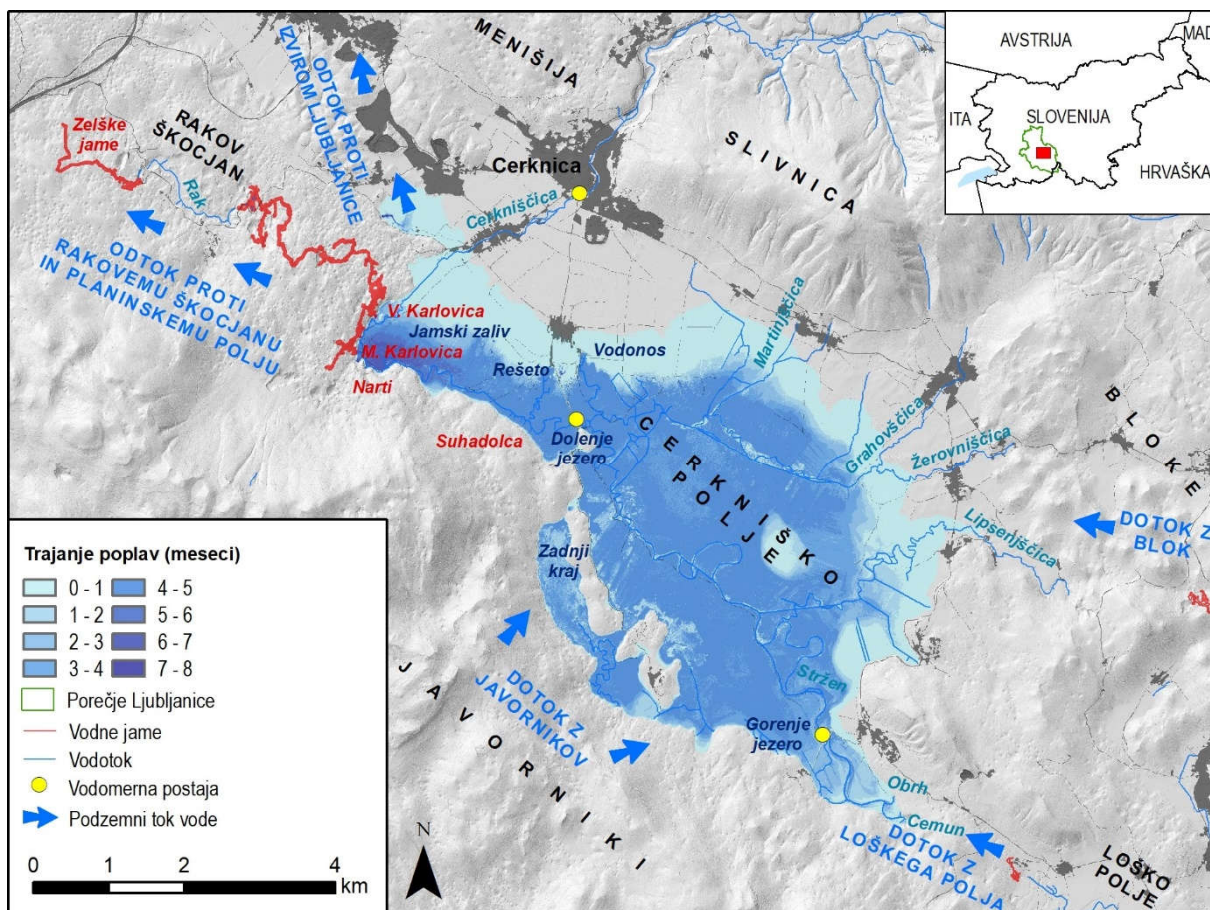
³ Department of Civil, Structural and Environmental Engineering, Univerza v Dublinu, Trinity College, Dublin 2, Irska

Kraška polja so zelo ranljiva za ekstremne hidrometeorološke pojave (poplave in suše) ter vplive človekovih dejavnosti in onesnaževanje. Zaradi hitrega pretoka podzemne vode in šibke samočistilne sposobnosti se onesnažila zlahka širijo po vodonosnikih in hitro dosežejo kraške izvire, ki polja napajajo. Polja so občutljiva tudi na izrazite suše ali poplave. Suša s pomanjkanjem vode otežuje delovanje ljudi in habitatov (predvsem mokrišč), medtem ko poplave lahko povzročijo resno ekonomsko škodo (Sackl et al. 2014, Waldren 2015, Naughton et al. 2016). Za ublažitev negativnih učinkov suše in poplav je skozi zgodovino človek opravil različne posege, kot so gradnja jezov, zapornic, akumulacij, kanaliziranje strug, širjenje in rešetkanje požiralnikov itd (Habič 1974, Bidovec 2007). Vsi ti posegi so bili prisotni tudi na Cerkniškem polju, nekateri z namenom hitrejšega osuševanja za lažje izkoriščanje kmetijskih zemljišč, drugi za daljše zadrževanje vode zaradi zagotavljanja boljših razmer za rastlinstvo in živalstvo mokrišč (Habič 1974, Bidovec 2007). Celostno gledano so si marsikateri človekovi posegi nasprotujoči, dodatno težavo pa predstavljajo že omenjene posledice vse bolj ekstremnih podnebnih sprememb (Frantar et al. 2019, Uhan & Andjelov 2021).

Obstaja več študij, ki so obravnavale preteklo hidrološko dinamiko na kraških poljih (Ravbar et al. 2018, Kovačič et al. 2020, Jelovčan et al. 2021, Ravbar et al. 2021) ter njihovo povezanost s podnebnimi spremembami. Nekatere so vključevale tudi modeliranje podnebnih scenarijev v prihodnosti (Gill et al. 2015, Mayaud et al. 2019, Morrissey et al. 2021) in predvidevale vse večje število in razsežnosti ekstremnih dogodkov. Da bi pridobili uvid v situacijo na Cerkniškem polju, ki je naše največje kraško polje, v pričujočem prispevku analiziramo dolgoročno dinamiko vodostaja na Cerkniškem polju, ki se spremlja že od leta 1954 (ARSO 2022a,b). Takšna količina podatkov nam je omogočila izračun trendov v količini vode, korelacijo z efektivno količino padavin, ugotavljanje vplivov človekovih posegov, pa tudi analizo habitatnih tipov kot indikatorjev poplavne dinamike. Na koncu smo ocenili tudi delovanje v prihodnosti v luči pričakovanih podnebnih scenarijev (Frantar et al. 2019, Uhan & Andjelov 2021).

Območje raziskave

Cerkniško polje je z okoli 40 km² površine največje redno poplavljenno kraško polje v Sloveniji. Vodo prejema iz različnih predelov, pri čemer sta najpomembnejša kraška izvira Cemun in Obrh na južnem robu, ki se napajata z vodo iz višje ležečih polj (Loško in Babno polje) (Kovačič 2010). Na zahodnem obrobju polja iz več manjših kraških izvirov doteka avtogena voda iz Javornikov. Zelo pomembna količina vode prihaja tudi z vzhoda preko Cerknishčice, Martinjščice, Grahovščice, Žerovniščice in Lipsenjščice, ki se napajajo z manj zakraselega dolomitnega območja okolice Slivnice, Menišije in Blok (Kovačič 2010). Pomembna so tudi območja estavel Zadnji kraj, Vodonos in Rešeto, ki po intenzivnih padavinah delujejo kot izviri, sicer pa se obnašajo kot požiralniki. Najpomembnejše odtočno območje predstavlja Jamski zaliv na skrajnem severozahodnem robu polja, kjer voda odteka skozi številne odprtine, med katerimi so najpomembnejše vodne jame Mala in Velika Karlovica (Kataster jam 2022). Voda dalje odteka proti Rakovemu Škocjanu in Planinskemu polju, od tam naprej pa proti izvirov Ljubljane. Del vode s Cerkniškega polja podzemno odteka tudi proti severu, neposredno proti izvirov Ljubljane (Gospodarič & Habič 1976).



Slika 1: Cerklješko polje z lego izvirov, požiralnikov in vodotokov. Moč barve je sorazmerna z trajanjem poplav, kot navaja legenda. Vir podatkov o reliefu ARSO (2022c) in legah jam Kataster jam (2022).

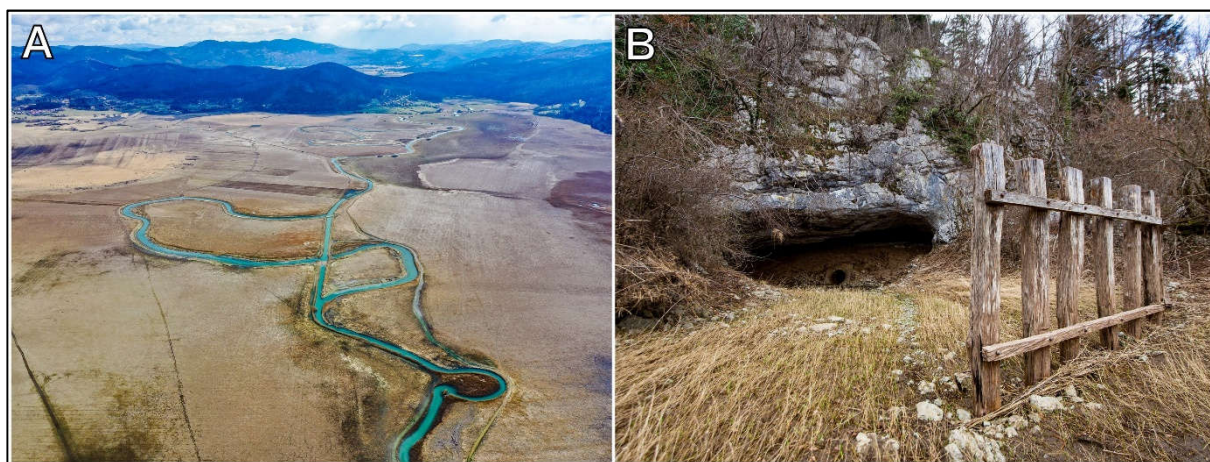
Ko dotok na polje preseže njegovo odtočno kapaciteto, se voda začne razlirati in povzroči poplavljanje. Ojezeritev običajno traja po več mesecev letno, v najnižjem predelu (Zadnji kraj) tudi po 8 mesecev na leto (slika 1). Poplave so najbolj značilne v hladni polovici leta, ko je količina padavin največja, evapotranspiracija pa najmanjša. Tako nastalo jezero na polju je lahko veliko do okoli 26 km² in s prostornino 70 milijonov m³ (Gams 1970, Kranjc 1986, Smrekar 2000, Ravbar et al. 2021).

Človekovi posegi

Zaradi želje po boljši kontroli nad poplavljanjem Cerklješkega polja so ljudje v preteklosti izvajali različne aktivnosti. V odvisnosti od interesa (osuševanje ali podaljšano zadrževanje vode) so posegi prisotni že več stoletij, a so bila najbolj intenzivna dela opravljena v 20. stoletju. Da bi močvirna območja naredili primernejša za kmetovanje, so domačini poglobili in kanalizirali več kilometrov strug vodotokov (slika 2A). Po drugi strani so na nekaterih odsekih strug naredili manjše jezove za lokalno zadrževanje vode, medtem ko so v bližini Rešeta zgradili večji jez za preprečevanje odtoka vode v požiralnike v času nižjih vodostajev (Bidovec 2007). S tem so nekaterim živalskim in rastlinskim vrstam omogočili boljše možnosti za preživetje v sušnem obdobju. Precej obsežna dela so naredili tudi na požiralnemu območju Jamskega zaliva. Večina požiralnikov so razširili in obzidali, nekatere tudi prekrili z rešetkami za povečanje odtočne zmogljivosti ob visokih vodah. 300 m severno

od vhoda v Veliko Karlovico so leta 1969 zgradili 26 m dolg in 3 m širok tunel (slika 2B) (Habič 1974, Bidovec 2007), ki služi kot bližnjica med poljem in rovi Velike Karlovice. Vhod v predor ima zapornico za nadzorovan iztok iz polja.

Vsi ti človekovi posegi skupaj pomembno vplivajo na hidrološko dinamiko Cerkniskega polja in z njim povezane ekosisteme. Odvisno od gledišča ti lahko predstavijo pozitivno ali negativno rešitev. Z vidika kmetijstva in zaščitenosti naselij se kot pozitivne ocenjujejo aktivnosti za osuševanje polja, z vidika raznolikosti habitatov in ohranjanja mokrišč pa aktivnosti, ki dlje časa zadržujejo vodo na polju. Zaradi različnih interesov je Cerknisko polje doživelo spremembe, ki spodbujajo tako izsuševanje presihajočega jezera kot tudi dolgotrajno zadrževanje vode. Te dejavnosti so si torej nasprotujoče in druga drugo ovirajo. Dodatne težave so povezane s podnebnimi spremembami s še izrazitejšimi visokimi vodami in sušami (Frantar et al. 2019, Uhan & Andjelov 2021).



Slika 2: A – sprva kanalizirana nato pa renaturirana struga Stržena (foto: M. Blatnik, 2021). B – večkrat preoblikovan vhod v Veliko Karlovico (foto: M. Blatnik, 2021).

Metode

Za analizo dolgoročne dinamike smo uporabili hidrološke in meteorološke podatke, ki jih je pridobila Agencija RS za okolje (ARSO 2022a,b). Hidrološki podatki obsegajo meritve vodostajev, pretokov in temperature vode, ki na Cerkniskem polju neprekinjeno potekajo na treh postajah od leta 1954 naprej. Meritve Cerkniske potekajo v Cerknici, kjer je rečna struga preoblikovana v kanal. Ker se lokacija nahaja okoli 15 m nad najnižjim delom polja, jo poplave nikoli ne dosežejo, so pa zabeležena precejšnja nihanja v pretoku. Stržen spremljajo na dveh hidroloških postajah, in sicer pri Gorenjem in Dolenjem Jezeru. Merilno mesto Gorenje Jezero leži približno 2 km dolvodno od glavnih izvirov Cemun in Obrh, medtem ko je merilno mesto Dolenje Jezero na severozahodnem delu polja dolvodno od sotočij vseh pomembnih dotokov. Na obeh postajah merijo vodostaj in temperaturo, pretoka pa ne, saj je ob nizkem vodostaju struga lahko prazna, ob visokem pa voda prestopi pragove in tvori jezero. Za analize smo uporabili podatke s časovno ločljivostjo 1 dan, meritve vodostaja imajo ločljivost 1 cm, meritve pretoka 1 l/s, meritve temperature vode pa 0,1 °C.

Uporabili smo tudi meteorološke podatke, kjer smo se v največji meri osredotočili na meritve padavin, temperatur in evapotranspiracije. Podatke smo zbrali za več različnih meteoroloških postaj, ki se nahajajo znotraj porečja Cerkniskega polja, in sicer Cerknica, Otok, Mašun, Bloke, Šmarata, Leskova Dolina in Babno Polje, ki delujejo od leta 1950

naprej. Podatki o evapotranspiraciji so na voljo za postaje Babno Polje, Bloke in Postojna od leta 1961 naprej. Za analize smo uporabili vse podatke s časovno ločljivostjo 1 dan, podatki o padavinah in evapotranspiraciji imajo ločljivost 1 mm, podatki o temperaturi zraka pa 0,1 °C.

Za podrobnejšo analizo meteoroloških značilnosti znotraj porečja Cerkniškega polja smo izračunali povprečne vrednosti padavin, temperatur in evapotranspiracije med vsemi meteorološkimi postajami. Iz razlike med vrednostjo padavin in evapotranspiracije smo izračunali tudi količino efektivnih padavin in njihovo vsoto v nekem časovnem obdobju, predvsem na mesečni in letni ravni.

V sklopu analize vpliva podnebnih sprememb in človekovih dejavnosti smo izračunali linearne trende meteoroloških (padavine, evapotranspiracija, temperature) in hidroloških (vodostaj, pretok) meritev za celotno opazovano obdobje. Izračunali smo tudi korelacijo med podatki o vodostajih in efektivno količino padavin za različna časovna obdobja (od nekaj mesecev do nekaj let).

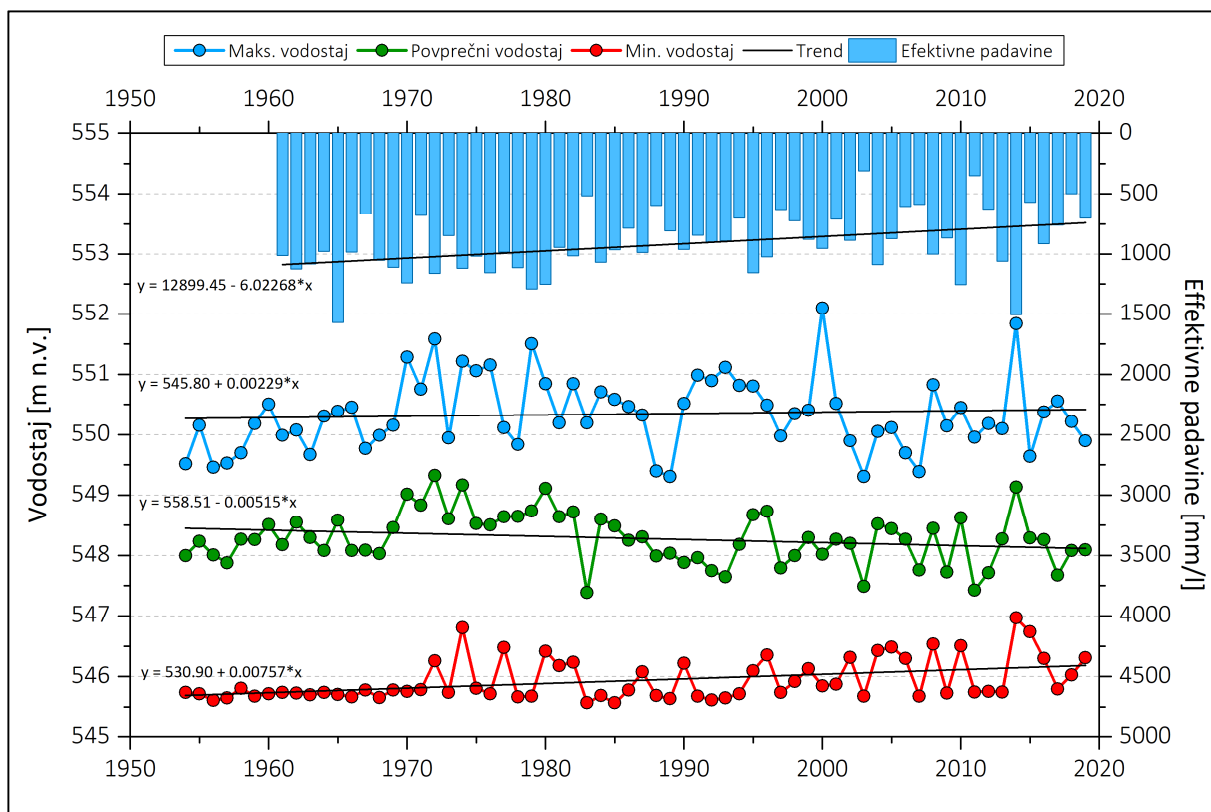
S kombinacijo statističnih in GIS orodij smo izračunali trajanje poplavljanja na različnih nadmorskih višinah in kartografsko prikazali območja z določenim trajanjem poplavljanja. Ob primerjavi digitalnega modela višin (z znanim trajanjem poplavljanja) in prostorskih podatkov o habitatnih tipih ([Kartiranje habitatnih tipov... 2009](#)) smo analizirali tudi trajanje poplavljanja za različne habitatne tipe in na podlagi predvidene dinamike poplavljanja skušali napovedati njihovo prostorsko razporeditev v prihodnje.

Rezultati in razprava

Trend povprečnega, najvišjega in najnižjega vodostaja

V obdobju 1954–2019 je bil srednji vodostaj na najnižje postavljene hidrološke postaji Dolenje Jezero - Stržen 548,28 m n.v., kar ustreza približno 13.000 m³ uskladiščene vode na polju. Na letni ravni je bil najnižji srednji vodostaj leta 1983 s 547,38 m n.v., najvišji pa leta 1972 s 549,32 m n.v. Te meritve kažejo na precej velika nihanja, ker pa je dno polja obsežno in precej ravno pa 2 m razpona višin predstavlja pomembno razliko v uskladiščeni vodi, in sicer od 1300 m³ pri vodostaju 547,38 m n.v. do 8.200.000 m³ pri vodostaju 549,32 m n.v. Dolgoročne meritve kažejo negativen trend srednjih letnih vodostajev, in sicer s hitrostjo - 0,5 cm na leto (slika 3).

Najvišji letni vodostaj je znašal od 549,31 m n.v. v letih 1989 in 2003 do 552,1 m n.v. leta 2000. Trend v najvišjih vodostajih je pozitiven, in sicer s stopnjo spreminjanja okoli 0,2 cm na leto (slika 3), kar nakazuje, da kljub na splošno nižjim vodostajem na polju pogostost in obseg ekstremnih poplav naraščata (slika 3). Najnižji letni vodostaj se je gibal med 545,6 m n.v. leta 1956 in 546,9 m n.v. leta 2014, trend pa je pozitiven s stopnjo spreminjanja 0,7 cm na leto (slika 3). Na pozitiven trend najverjetnje vplivajo človekovi posegi iz konca 70. let 20. stoletja ter kasnejša vzdrževalna dela, ki s pregradami na različnih mestih zadržijo nekoliko večjo količino vode v najbolj sušnem obdobju.

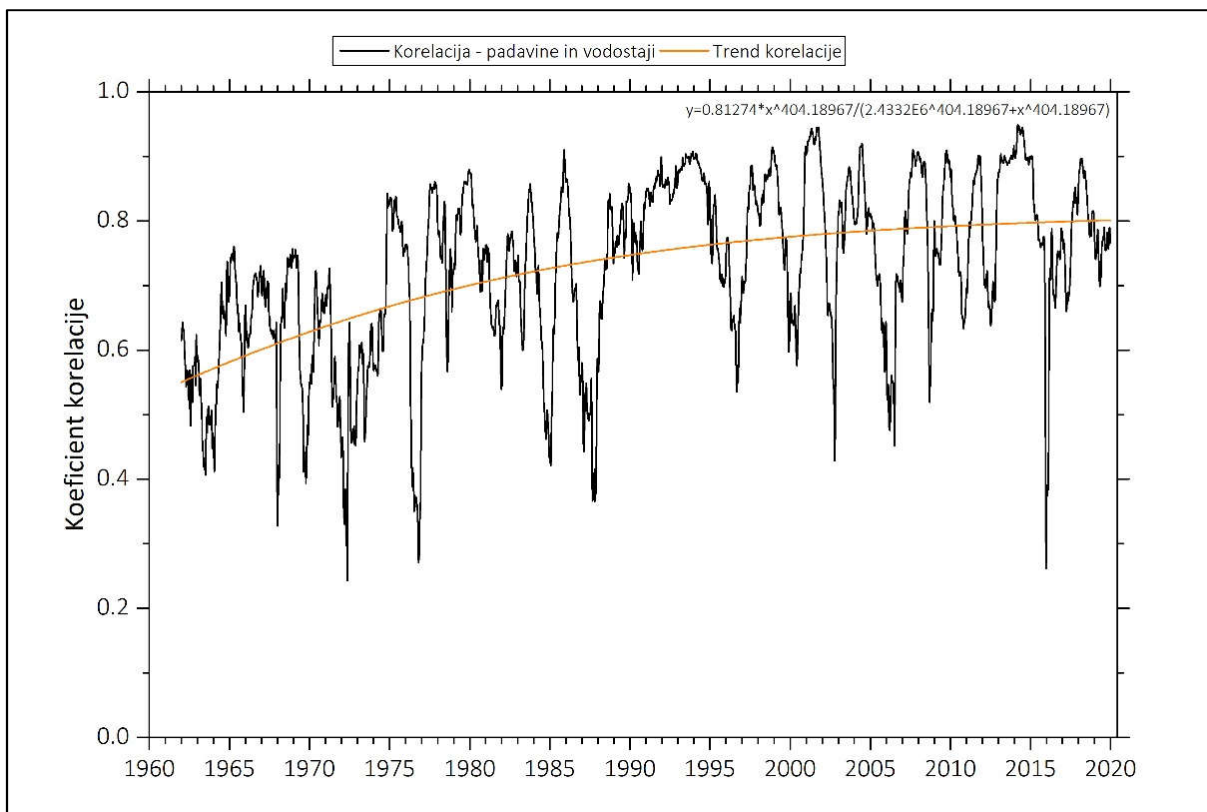


Slika 3: Povprečne, minimalne in maksimalne letne vrednosti vodostajev na vodomerni postaji Dolenje jezero, količine efektivnih padavin za porečje Cerkniškega jezera in izračunani trendi.

Negativen trend v srednjih vodostajih je bil zabeležen tudi na vodomernih postajah Gorenje Jezero (-0,2 cm/leto) in Cerkniščica (-0,03 cm/leto). Pri Cerkniščici ($Q_{\min} = 0,1 \text{ m}^3/\text{s}$, $Q_{\text{mean}} = 1 \text{ m}^3/\text{s}$, $Q_{\text{max}} = \sim 50 \text{ m}^3/\text{s}$) to predstavlja zmanjšanje pretoka s stopnjo -5 l na leto, medtem ko temperatura vode narašča s hitrostjo $0,09 \text{ }^\circ\text{C}$ letno. To je deloma zaradi naraščanja temperature zraka ($+0,03 \text{ }^\circ\text{C}/\text{leto}$), deloma pa tudi zaradi manjše količine vode, predvsem v toplejšem obdobju leta, ko se manjša količina vode še učinkoviteje segreva na toplen zraku.

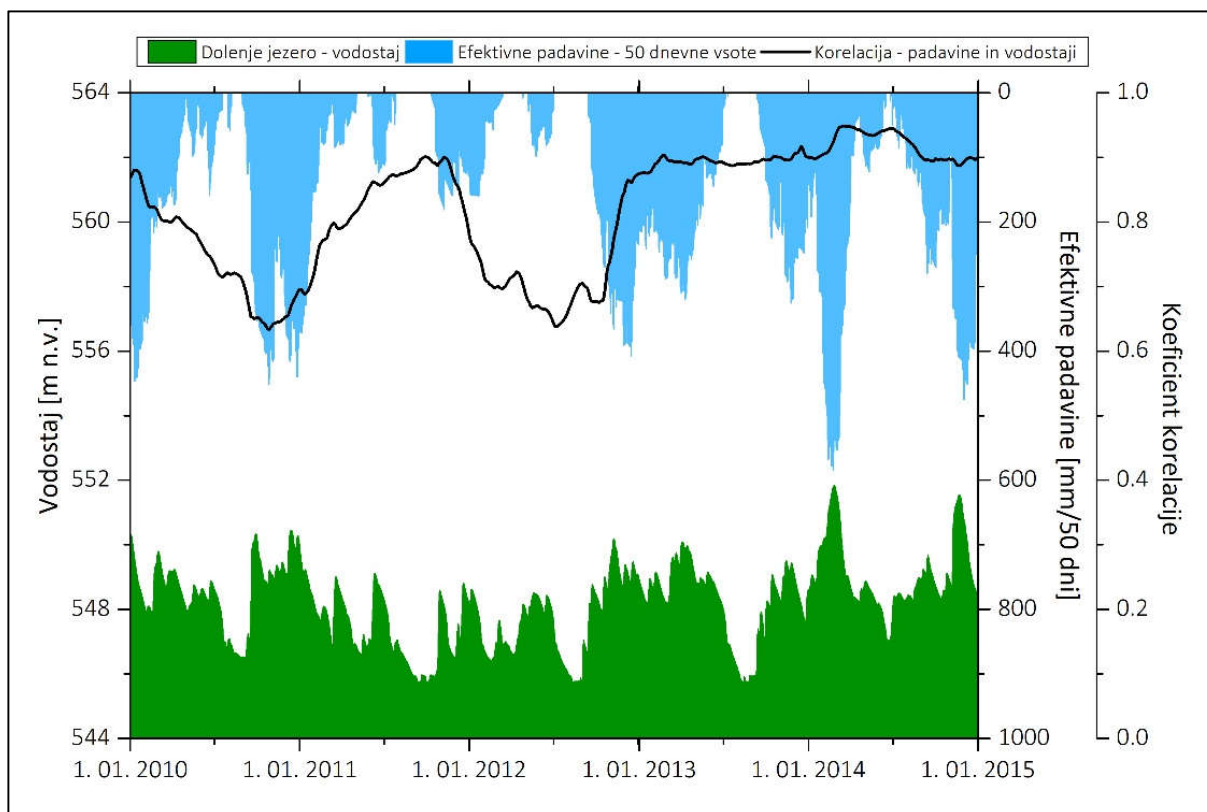
Razmerje med padavinami in gladino vode

Med letoma 1950 in 2019 je povprečna količina padavin v porečju Cerkniškega polja znašala 1613 mm, letne vrednosti pa so se gibale od 1055 mm v letu 2011 do 2230 mm v letu 1965. Trend je bil negativen, in sicer s padanjem po 4,2 mm letno. Za boljšo primerjavo z vodostaji na Cerkniškem polju smo izračunali vrednost efektivnih padavin, ki smo jih izračunali iz razlike med izmerjeno količino padavin in evapotranspiracijo. Slednja je imela v obdobju od 1961 do 2022 povprečno vrednost 702 mm, trend pa je bil pozitiven s stopnjo 1,8 mm letno. To v praksi pomeni okoli 16 % povečano evapotranspiracijo v 60 let dolgem obdobju meritev. Postopno zmanjševanje količine padavin in hkratno povečevanje evapotranspiracije je povzročilo izrazite spremembe v efektivni količini padavin. Srednja vrednost za obdobje 1961–2019 je bila 911 mm, letne vrednosti pa so se gibale med 350 mm v letu 2011 do 1572 mm v letu 1965. Trend je bil izrazito negativen z intenziteto -6 mm letno.



Slika 4: Koefficient korelacije za podatke o efektivnih padavinah in vodostajih (upoštevane 1- letne drseče sredine).

Pearsonov koefficient korelacije med efektivno količino padavin in vodostaji na Cerknškem polju za celotno obdobje opazovanj je 0,75. Slika 4 prikazuje korelacijo za celotno obdobje meritev, kjer so upoštrevane 1-letne drseče sredine podatkov o efektivnih padavinah in vodostajih. Krivulja kaže postopno naraščanje korelacije skozi čas, kar kaže na vse večjo povezavo med efektivnimi padavinami in vodostaji. Nižja korelacija za obdobje ob koncu 70. let 20. stoletja precej dobro sovpa z obdobjem intenzivnejših človekovih posegov, predvsem na odtočnih predelih polja, ki so podaljšala trajanje poplav glede na siceršnje dinamiko. Slika 5 prikazuje 5 letni izsek meritev efektivnih padavin (50-dnevne vsote) in vodostaja (realne vrednosti za izbrani dan) Cerknškega jezera ter izračunan koefficient korelacije za te meritve. V omenjenem obdobju je bil slednji zelo visok (tudi do 0,9), kar se vidi tudi v krivulji vodostajev, ki precej dosledno sledi krivulji efektivnih padavin.

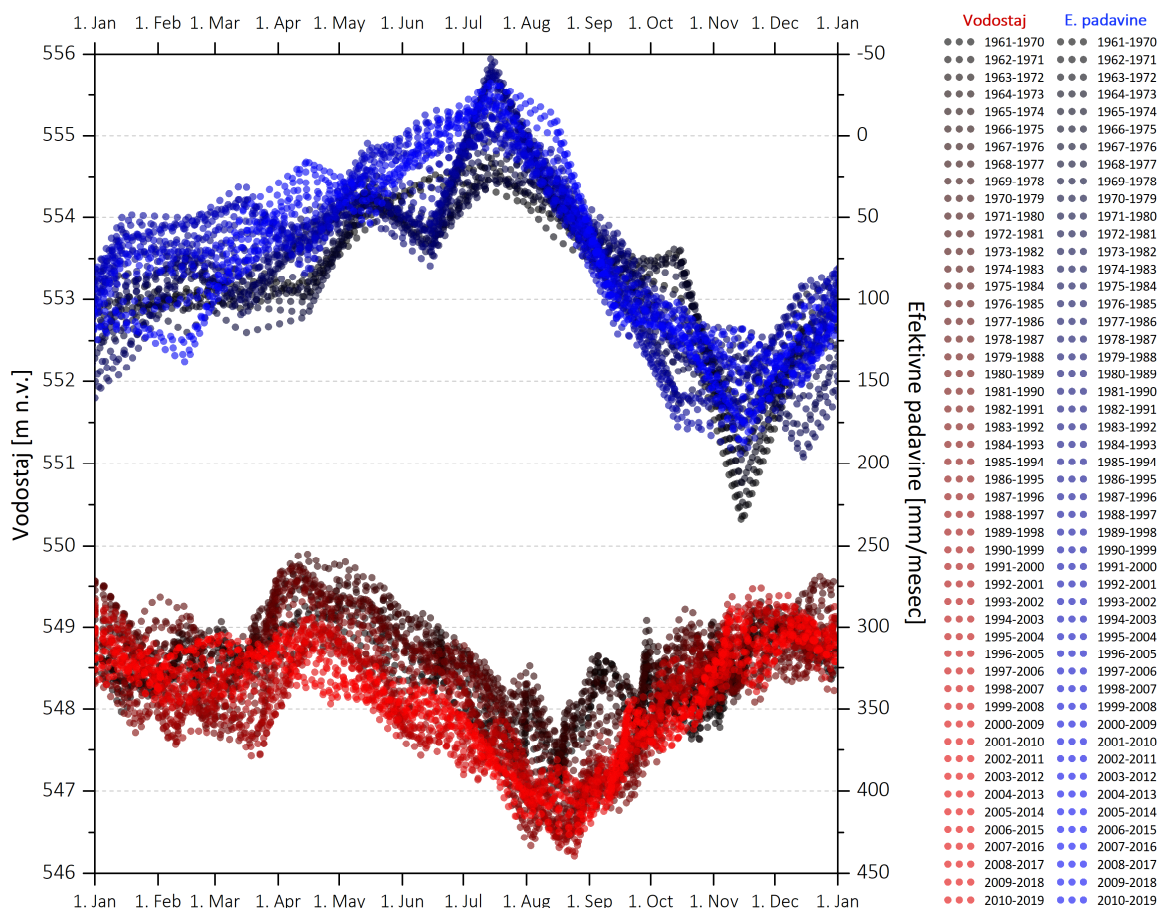


Slika 5: Vodostaj in 50-dnevne vsote efektivnih padavin ter koeficient korelacije za te podatke v obdobju 2010–2015.

Letna porazdelitev padavin in vodostaja

Slika 6 prikazuje letno dinamiko vodostaja in padavin za celotno obdobje meritev, pri čemer so upoštevani izračuni 10-letnih drsečih sredin za posamični datum. Temnejši odenki točk na grafikonu predstavljajo začetno obdobje meritev, svetlejši pa novejša meritev. Gledano celotno obdobje meritev so najvišji vodostaji značilni za pozno jesensko (november, december) in spomladansko (april, maj) obdobje. Nekoliko nižji so vodostaji pozimi, kar je posledica snežne retinence v tem obdobju, krepko najnižji vodostaji pa poleti in zgodaj jeseni (avgust, september), ko je na račun manjše količine (efektivnih) padavin primanjkljaj vode v jezeru vse večji.

Ob primerjavi različnih obdobj je razvidno, da so vodostaji dandanes skozi celotno leto nekoliko nižji kot v preteklosti, največji upad pa je zabeležen v poletnem obdobju in zgodaj jeseni, nezanemarljiv upad pa je viden tudi za spomladansko obdobje. Nižji vodostaji v teh obdobjih so najverjetneje posledica nekoliko nižje količine padavin in večje evapotranspiracije, medtem ko je manjša količina razpoložljive vode v spomladanskem obdobju lahko tudi posledica manjše količine talečega snega iz hribovitega zaledja. Upoštevati moramo tudi, da so bili ob koncu 70. let 20. stoletja lahko zabeleženi relativno višji vodostaji zaradi človekovih posegov z namenom začasne umetne ojezeritve Cerkniškega polja.



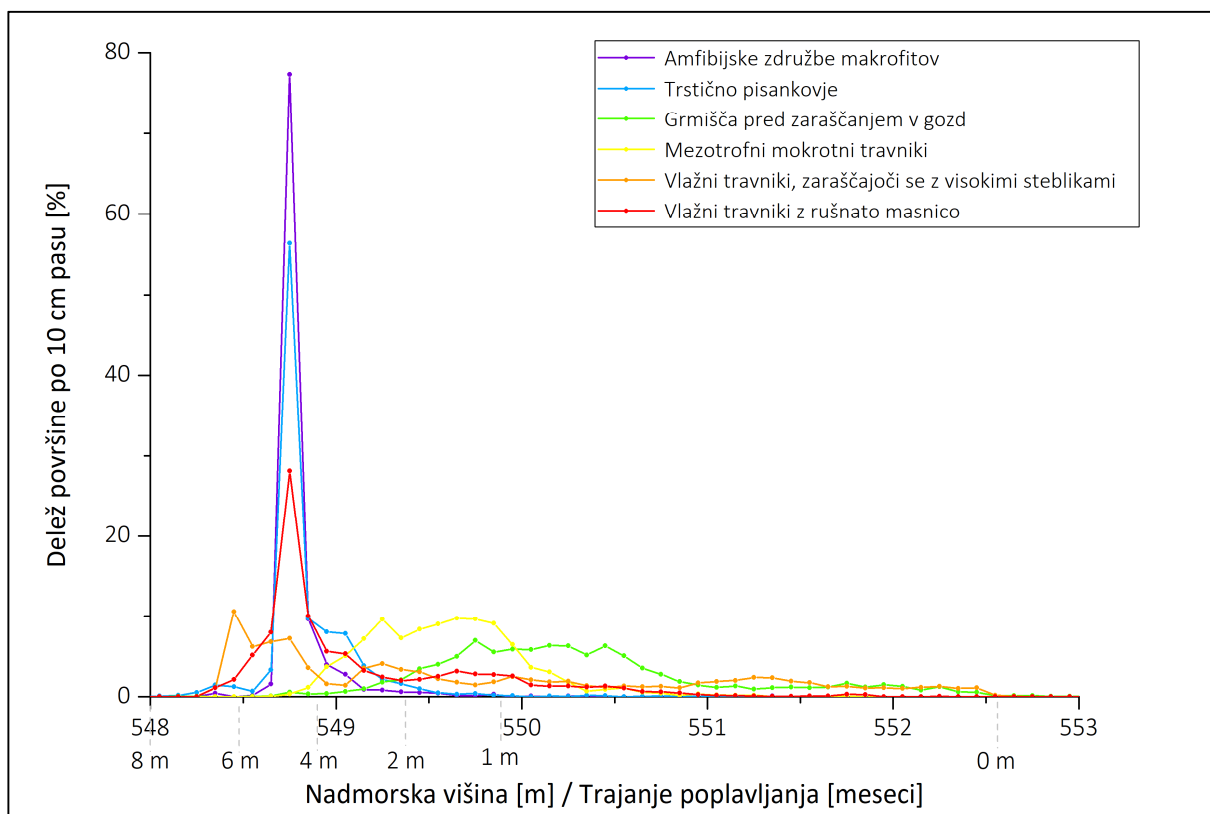
Slika 6: Razporeditev padavin (modra barva) in vodostaja (rdeča barva) preko leta skozi celotno obdobje meritev.

Povezava med poplavno dinamiko in habitatnimi tipi

Slika 7 prikazuje porazdelitev nekaterih najbolj reprezentativnih habitatnih tipov na Cerknškem polju ([Kartiranje habitatnih tipov... 2009](#)) glede na nadmorsko višino rastišča in posledično izpostavljenost poplavljanju ob predpostavki, da so nižje ležeče lokacije poplavljenе dalj časa. Razvidno je, da imajo posamični habitatni tipi različno široko ekološko nišo. Pri amfibijskih združbah makrofitov skoraj 80 % površin uspeva v zelo ozkem višinskem pasu med 548,7-548,8 m n.v. To nakazuje, da ima ta habitatni tip zelo ozko ekološko nišo. Večina habitatnega tipa je torej izpostavljenega poplavam med 4 in 5 meseci letno, zelo majhen delež pa dlje ali krajši čas. Podobno porazdelitev imajo tudi trstično pisankovje in vlažni travniki z rušnato masnico. Drugačno porazdelitev površin z raznolikimi nadmorskimi višinami imajo na primer mezotrofni mokrotni travniki in grmišča pred zaraščanjem v gozd, kar nakazuje na široko ekološko nišo teh družb, saj so izpostavljena precej različnemu trajanju poplav z 0 do 4 meseci letno.

Predstavljeni primeri habitatnih tipov imajo veliko raznolikost, kar velja za celotno Cerknško polje. V primeru, da se trend z nižjimi vodostaji in posledično krajšim obdobjem poplavljanja nadaljuje, lahko pričakujemo, da bo sčasoma na Cerknškem polju vse manjša površina habitatnih tipov na mokrotnih površinah, oziroma da bodo najbolj mokrotne habitate nadomestili tisti manj mokrotni, slednje pa še nekoliko manj mokrotni. Tu končni rezultat ne bo odvisen samo od podnebne dinamike, temveč tudi človekovih dejavnosti, ki

ne vplivajo samo na poplavno dinamiko polja, ampak tudi neposredno na rabo tal oz. habitatne tipe na njih.



Slika 7: Porazdelitev habitatnih tipov glede na njihovo nadmorsko višino uspevanja in izpostavljenost poplavljanju.

Zaključek

Dolgoročne hidrološke meritve kažejo na postopno nižanje vodostaja na Cerkniškem polju, pa tudi na zmanjšanje pretoka Cerkniščice. Eden izmed razlogov je zagotovo podnebje, saj dolgoročne meritve kažejo na zmanjšanje učinkovitih padavin, ki torej prispevajo manjšo količino vode k površinskemu odtoku. Spremembe so opažene tudi pri razporeditvi padavin in višini vodostajev preko leta, kjer so obdobja z nizkim vodostajem daljša in bolj izrazita, medtem ko se pri ekstremnih vodostajih njihova pogostost povečuje.

Zaradi zelo velike raznolikosti človekovih posegov, pri čemer so bili nekateri opravljeni v želji po osuševanju, drugi pa v želji po daljšem zadrževanju vode, je zelo težko natančno opredeliti njihov vpliv pri dinamiki poplavljanja polja, zagotovo pa ta ni zanemarljiv. Izračun koeficienta korelacije nakazuje, da je bil vpliv manjši v obdobjih (na primer v 70. letih 20. stoletja) z bolj intenzivnimi človekovi posegi, ki so bili izvedeni z namenom daljšega zadrževanja vode.

Analiza porazdelitve habitatnih tipov kaže, da so ti na Cerkniškem polju zelo raznoliki in da je med njimi precej takšnih, ki majo zelo ozko ekološko nišo. V primeru nadaljevanja trenda vse krajšega in manj obsežnega poplavljanja se bo porazdelitev habitatnih tipov zagotovo spremenila, obstaja pa tudi bojazen, da bodo nekateri habitati težko obstali.

Pri nadaljnjem upravljanju s poljem bi bilo zagotovo dobro čim prej razmisliti o konsenzu med deležniki polja in se odločiti, kakšno stanje na polju si najbolj želimo (osušeno ali čim dlje ojezereno), tako da bodo v bodoče dejavnosti na polju kar se da usklajene in kolikor je

mogoče tudi nadzorovane. Za marsikatera območja v Sloveniji in drugod po svetu se je kot najboljša izkazala renaturacija in prepustitev naravi, da ta poskrbi sama zase, žal pa v primeru Cerkniskega polja tudi to ne bi bilo enostavno, saj so posegi prisotni že več stoletij in za marsikatero območje izvorno stanje ni več poznano.

Zahvala: raziskava je potekala v okviru projekta »Opredelitev ekohidrološke dinamike Cerkniskega jezera z interdisciplinarnim pristopom raziskave« (Z6-2667) in razskovalnim programom »Raziskovanje krasa« (P6-0119), ki ju ga finančno podpira Javna agencija za raziskovalno dejavnost Republike Slovenije. Agenciji RS za okolje se zahvaljujemo za uporabo hidroloških in meteoroloških podatkov.

Literatura

- ARSO. (2022a). Hidrološki arhiv. URL: <http://vode.arso.gov.si/hidarhiv/>
- ARSO. (2022b). Meteorološki arhiv .- URL: <http://meteo.arso.gov.si/met/sl/archive/>
- ARSO. (2022c). Lidarski sloj podatkov. URL: <http://gis.arso.gov.si/>
- Bidovec, M. (2007). Pretekli posegi na Cerkniskem jezeru, Novice Notranjskega regijskega parka, 1, 2, 2–7.
- Bonacci, O., Pipan, T., Culver, D.C. (2009). A framework for karst ecohydrology, *Environmental Geology*, 56, 5, 891–900.
- Frantar, P., Draksler, A., Herrmann, F., Wendland, F. (2019). Climate change impact on groundwater recharge in Slovenia in the period 2011-2100. Groundwater management and governance: coping with uncertainty, Proceedings of IAH2019, the 46th Annual Congress of the International Association of Hydrogeologists, Málaga (Spain).
- Gaberščik, A. (2002). Jezero, ki izginja : monografija o Cerkniskem jezeru, Ljubljana, Društvo ekologov Slovenije, pp. 333.
- Gaberščik, A., Grašič, M., Abram, D., Zelnik, I. (2020). Water level fluctuations and air temperatures affect common reed habitus and productivity in an intermittent wetland ecosystem, *Water*, 12, 10:2806.
- Gams, I. (1970). Maximisation of the karstic underground water flow in example of the area among the Karst poljes of Cerknica and Planina, *Acta Carsologica*, 5, 171–187.
- Gill, L.W., McCormack, T., Nolan, P., Naughton, O., Johnston, P.M. (2015). Predicted changes in lowland karst network groundwater flooding in response to climate change, 42nd International Association of Hydrogeologists Congress, Rome, Italy, 13th-18th September, 1–2.
- Goldscheider, N., Chen, Z., Auler, A.S., Bakalowicz, M., Broda, S., Drew, D., Hartmann, J., Jiang, G., Moosdorf, N., Stevanović, Z., Veni, G. (2020). Global distribution of carbonate rocks and karst water resources, *Hydrogeology Journal*, 28, 1661-1677.
- Gospodarič, R., Habič P. (1976). Underground water tracing: Investigations in Slovenia 1972–1975, Inštitut za raziskovanje krasa ZRC SAZU, pp. 312, Postojna.
- Habič, P. (1974). Tesnenje požiralnikov in presihanje Cerkniskega jezera : (s 17 risbami in fotografijami v besedilu), *Acta Carsologica*, 6, 3, 37–55.
- Jelovčan, M., Žigon, T., Brenčič M. (2021). Zgodovina in rekonstrukcija meritev vodostajev na Planinskem polju.- *Geografski vestnik*, 93, 1, 87–107. DOI: 10.3986/GV93103
- Kartiranje habitatnih tipov na območju Cerkniskega jezera. (2009). LIFE 06 NAT/SLO/000069 Presihajoče Cerknisko jezero, Načrt upravljanja.- Oddelek za Biologijo, Biotehniška Fakulteta, Univerza v Ljubljani, pp. 46.
- Kataster jam. (2022). Kataster jam Inštituta za raziskovanje krasa ZRC SAZU in Jamarske zveze Slovenije, Postojna, Ljubljana.
- Kovačič, G. (2010). An attempt towards an assessment of the Cerknica polje water balance, *Acta Carsologica*, 39, 1, 39–50.
- Kovačič, G., Petrič, M., Ravbar, N. (2020) Evaluation and quantification of the effects of climate and vegetation cover change on karst water sources: Case studies of two springs in south-western Slovenia, *Water*, 12, 11, 3087.

- Kranjc, A. (1986). Cerknško jezero in njegove poplave, *Geografski zbornik*, 25, 73–123.
- Kržič, N. (2002). The influence of water level fluctuations on plants on chosen locations of the lake Cerknško jezero : graduation thesis, Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, pp. 95.
- Mayaud, C., Gabrovšek, F., Blatnik, M., Kogovšek, B., Petrič, M., Ravbar, N. (2019). Understanding flooding in poljes: a modelling perspective, *Journal of Hydrology*, 575, 874–889.
- Morrissey, P., Nolan, P., McCormack, T., Johnston, P.M., Naughton, O., Bhatnagar, S., Gill, L.W. (2021). Impacts of climate change on groundwater flooding and ecohydrology in lowland karst, *Hydrology and Earth System Sciences*, 25, 1923–1941.
- Naughton, O., Kerins, D., Gill, L.W., Johnston, P.M. (2016). Turlough ecohydrology: the hazards and habitats of groundwater flooding in Ireland, *The Inaugural International Conference on Natural and Constructed Wetlands*, Galway, Ireland, 21st-22nd June, 2016, 1–2.
- Ravbar, N., Mayaud, C., Blatnik, M., Petrič, M., (2021). Determination of inundation areas within karst poljes and intermittent lakes for the purposes of ephemeral flood mapping.- *Hydrogeology Journal*, 29, 1, 213–228.
- Ravbar, N., Petrič, M., Kogovšek, B., Blatnik, M., Mayaud, C. (2018). High waters study of a classical karst polje - an example of the Planinsko Polje, SW Slovenia. In: Milanović, S., Stevanović Z. (eds.): *Proceedings of the International Symposium KARST 2018 "Expect the Unexpected"*, 6.-9. June 2018, Trebinje. Belgrade: Centre for Karst Hydrogeology; Trebinje: Hydro-Energy Power Plant "Dabar", 417–424.
- Sackl, P., Durst, R., Kotrošan, D., Stumberger, B. (2014). Dinaric Karst Poljes - Floods for Life, *EuroNatur, Radolfzell*, pp. 201.
- Smrekar, A. (2000). Cerknško polje kot primer poseljenega kraškega ranljivega območja, *Geographica Slovenia*, 33, 1, 117–156.
- Stevanović, Z. (2019). Karst waters in potable water supply: a global scale overview, *Environmental Earth Sciences*, 78, 23, 1–12.
- Uhan, J., Andjelov, M. (2021). Assessment of groundwater quantitative vulnerability to climate change in Slovenia, *Geologija*, 64, 1, 81–94.
- Waldren, S. (ed.) (2015). *Turlough Hydrology, Ecology and Conservation*. Unpublished Report, National Parks & Wildlife Services, Department of Arts, Heritage and the Gaeltacht, pp. 884, Dublin.