

# VPLIV PODNEBNIH SPREMENB NA EKSTREMNE HIDROLOŠKE POJAVE

## The influence of climate change on extreme hydrological events

Mira Kobold \* UDK 551.583:556.16

### Povzetek Abstract

Posledice svetovnega segrevanja in podnebnih sprememb se odražajo v vse pogostejših naravnih katastrofah, povezanih s preobilico ali premalo vode. Pri močno povečanih pretokih se spopadamo s poplavami, v primeru dolgotrajnejšega pomanjkanja padavin pa z malimi pretoki in hidrološko sušo. Medvladni odbor za podnebne spremembe (IPCC) je v letu 2008 izdal tehnično poročilo o podnebnih spremembah in vodi, v katerem navaja, da zapisi opazovanj in podnebne napovedi jasno kažejo, da so sladkovodni viri ranljivi in pod močnim vplivom podnebnih sprememb, kar lahko ima dramatične posledice za človeško družbo in ekosisteme. Občutljivost Evrope na podnebne spremembe se stopnjuje od severa proti jugu. V prispevku je prikazana pogostost poplav v Sloveniji in vpliv podnebnih sprememb na poplavne pretoke, vključujoč rezultate analize trendov. Poleg poplav se v Sloveniji vedno bolj soočamo tudi s hidrološki sušami. Rezultati analize malih pretokov in napovedi podnebnih sprememb kažejo na upadanje pretokov in daljša sušna obdobja.

The effects of global warming and climate change are reflected in more frequent natural catastrophes connected with surfeit or shortage of water. Very high discharges indicate floods, and a long-lasting precipitation deficit indicates low flows and hydrological drought. In 2008, the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) issued a Technical Paper on Climate Change and Water, in which it is shown that observational records and climate projections provide abundant evidence that freshwater resources are vulnerable and have the potential to be strongly impacted by climate change, with wide-ranging consequences for human societies and ecosystems. Europe's sensitivity to climate change increases from north to south. The frequency and occurrence of floods in Slovenia and impacts of climate change on flood discharges, including results of trend analysis, are presented in this article. Not only floods but also hydrological drought is increasing in Slovenia. The results of analysis of low flows and projected climate changes show a decrease of discharge and a longer dry season.

## Uvod

Podnebje na Zemlji se zaradi svetovnega segrevanja spreminja. Vse pogostejše občutimo na eni strani sušo in pomanjkanje vode, na drugi pa se soočamo s poplavami. Obe skrajnosti lahko nastaneta celo v istem letu. Vzrok za večjo verjetnost poplav in suš so verjetno podnebna spremenljivost in spremembe, kakor so večje povprečne temperature zraka in temperature oceanov, taljenje polarnega ledu in ledenikov ter dvig morske gladine. V povezavi s tem so močnejši termodinamični procesi v ozračju in spremembe podnebja. V obdobju od leta 1906 do 2005 znaša dvig svetovne temperature zraka  $0,74 \pm 0,18$  °C, pri čemer je trend v zadnjih 50 letih precej strmo naraščajoč (IPCC, 2008). Meritve in analize meteoroloških parametrov kažejo, da se spreminjajo

tudi padavinski vzorci, količine in intenzitete padavin. V svetovnem merilu se je v dvajsetem stoletju letna količina padavin povečala, so pa regionalni trendi zelo različni. Vse večji delež padavin pade ob intenzivnih padavinah, saj se zaradi višanja temperature zraka in temperature površine oceanov povečuje vlažnost zraka, posledica pa so pogostostejši obilni padavinski dogodki in posledično poplave, tudi tam, kjer letna količina padavin upada.

V svetu v zadnjih letih dramatično narašča število z vremenom povezanih ekstremnih dogodkov, kakor so neurja, poplave in suše (slika 1), s tem pa narašča tudi škoda, ki jo te ujme povzročajo (CRED, 2008). Poplave so med naravnimi nesrečami najštevilčnejše in v svetovnem merilu predstavljajo približno tretjino vseh naravnih nesreč (slika 2). Za Evropo je odstotek poplav za obdobje 1970–2005 skoraj 40 %, neurja predstavljajo 20 % in ekstremne temperature 14 % vseh naravnih nesreč (slika 2).

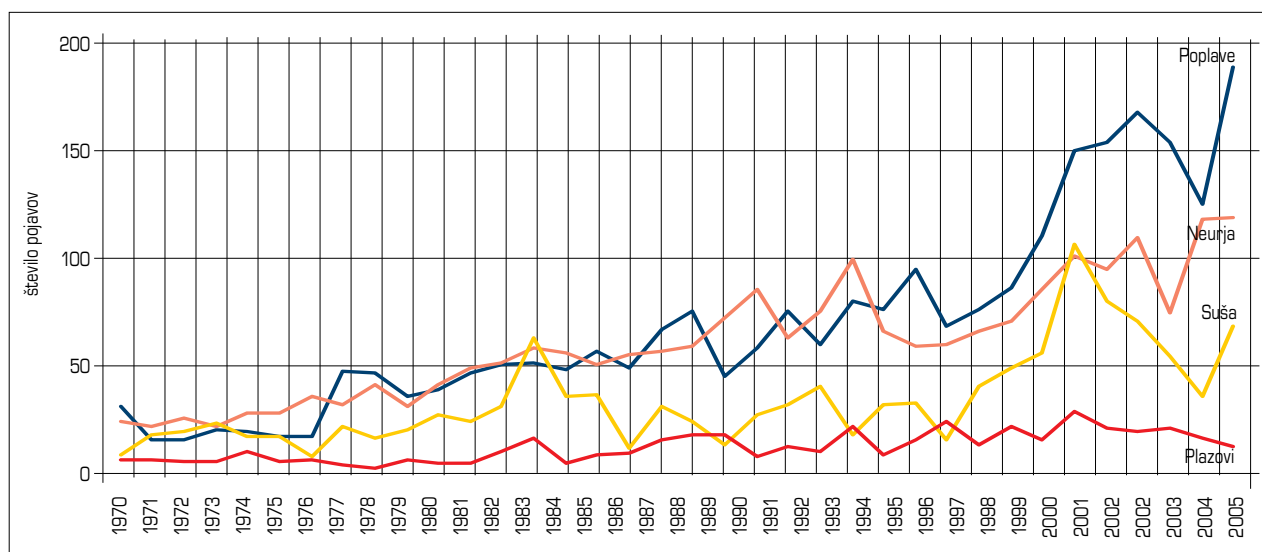
\* dr., Ministrstvo za okolje in prostor RS, ARSO, Vojkova 1 b, Ljubljana, mira.kobold@gov.si

## Podnebne spremembe in voda

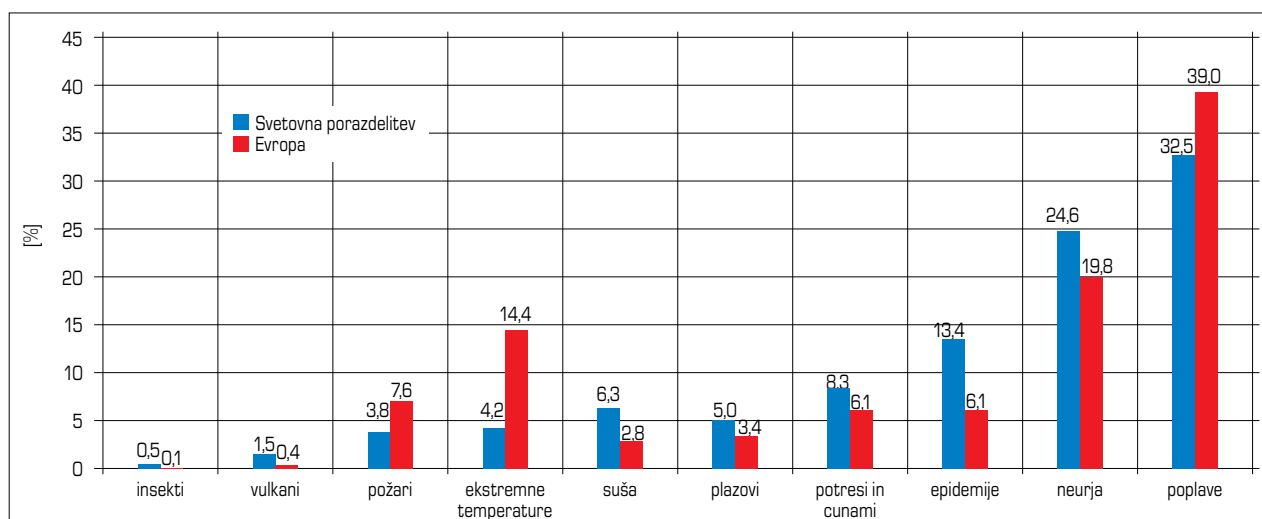
Ne smemo prezreti dejstva, da na ekstremne hidrološke pojave ne vplivajo le spremenjene podnebne razmere, temveč tudi človek s svojim poseganjem v vodni režim in tako bistveno prispeva k slabšanju hidrološkega stanja, ki se odraža tako pri poplavah kot suši. Poplave imajo poleg svoje uničujoče vloge tudi pomembne koristne učinke na rečne ekosisteme, obnovo zaloge podzemne vode in rodovitnost tal. V povprečnem letu prinesejo koristi milijonom ljudi, ki so odvisni od poplav (Smith and Ward, 1998). Toda večina poplav je preobsežna in povzroča velike gospodarske izgube, v manj razvitih državah pa številne smrtne žrtve. Zaradi neprimerne rabe prostora in poseljevanje priobrežnih zemljišč je kljub napredku pri razumevanju podnebnih, rečnih in morskih mehanizmov in večjemu vlaganju v zmanjševanje poplav ranljivost ljudi na teh območjih zelo velika. Človekov vpliv na okolje pospešuje dinamiko naravnih procesov in s tem povečuje tveganje in verjetnost nastopa naravnih nesreč.

Medvladni odbor za podnebne spremembe (Intergovernmental Panel on Climate Change – IPCC) je v juniju 2008 izdal tehnično poročilo Podnebne spremembe in voda (IPCC, 2008), v katerem podaja spoznanja o opazovanih in predvidenih spremembah podnebja v povezavi z vodo in vodnimi viri v različnih sektorjih in regijah, ranljivosti vodnih virov, ukrepih za blažitev podnebnih sprememb in posledicah za gospodarstvo in trajnostni razvoj.

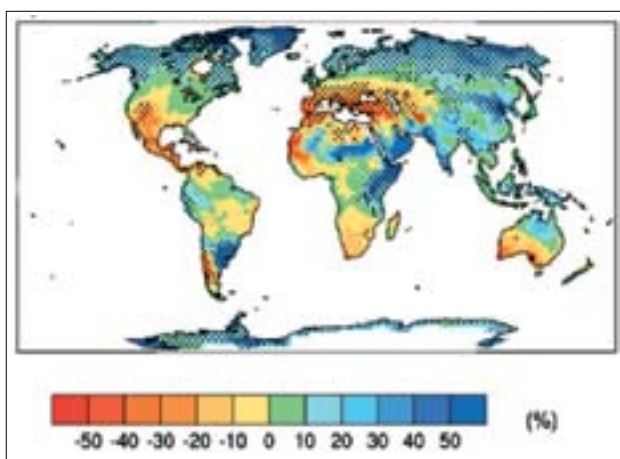
Znanstveniki (IPCC, 2008) ugotavljajo, da zapisi opazovanj in podnebne napovedi jasno kažejo, da so sladkovodni viri ranljivi in pod močnim vplivom podnebnih sprememb, kar lahko ima dramatične posledice za človeško družbo in ekosisteme. Povprečni letni odtok in razpoložljive količine vode naj bi se zaradi svetovnega segrevanja ozračja in spremembe padavinskega režima do sredine 21. stoletja spremenile. Zelo verjetno se bodo vodne



Slika 1. Časovno spreminjanje števila hidrometeoroloških pojavov v obdobju 1970–2005 (vir: CRED, 2008)  
Figure 1. Occurrence of hydrometeorological disasters in the period 1970–2005 (source: CRED, 2008)



Slika 2. Svetovna in evropska porazdelitev naravnih nesreč za obdobje 1991–2005 (vir: CRED, 2008)  
Figure 2. World and European distribution of natural disasters for the period 1991–2005 (source: CRED, 2008)



Slika 3. Povprečna sprememba površinskega odtoka (v odstotkih) iz več modelov napovedi za obdobje 2080–2099 glede na obdobje 1980–1999 (vir: IPCC, 2008). Območja s pikami pomenijo, da je vsaj 80 odstotkov modelov skladnih glede predznaka spremembe

Figure 3 Multi-model mean changes in runoff (in percentage terms) for the period 2080–2099 relative to 1980–1999 (source: IPCC, 2008). Stippled regions are those for which at least 80% of models agree on the sign of the mean change.

količine dvignile v območjih severnih zemljepisnih širin in v nekaterih vlažnih tropskih območjih in se zmanjšale v suhih območjih srednjih zemljepisnih širin in suhih tropskih območjih (slika 3). Zlasti neugodne napovedi o pomanjkanju vode so za območje Sredozemlja, zahod ZDA in severovzhodno Brazilijo. Ker podnebne napovedi predvidevajo, da bo večina padavin padla v obliki intenzivnih padavinskih dogodkov, se bo povečalo tveganje poplav in suš po celem svetu.

## Hidrološka tveganja v Evropi

Poročilo (IPCC, 2008) navaja, da ima severna Evropa že značilno več padavin, Sredozemlje pa postaja bolj sušno, kjer so za vzhodni del trendi letne količine padavin za obdobje 1950–2000 negativni. Opazen je dvig intenzitete padavin v večjem delu Evrope, celo na območjih, ki postajajo bolj suha, podobni trendi pa naj bi se nadaljevali tudi v prihodnje.

Občutljivost Evrope na podnebne spremembe narašča od severa proti jugu, torej bo južna Evropa precej bolj prizadeta. Podnebne napovedi za Evropo napovedujejo, da se bodo povprečne letne padavine dvignile v severni Evropi in upadale proti južnemu delu. Že vroče in precej suho podnebje južne Evrope bo postalo še toplejše in bolj suho. V osrednji in vzhodni Evropi bo poleti manj padavin, kar bo povzročalo večje pritiske na vodne vire. Poplave bodo pozimi pogostejše v obalnih območjih, pomladne bodo povezane s topljenjem snega v osrednji in vzhodni Evropi, povsod pa bodo pogostejše hudourniške poplave. Posledično se bodo spremenili časovni in geografski

poplavni vzorci, upadli bodo srednji mali pretoki, prav tako lahko pričakujemo tudi težave s preskrbo s pitno vodo zaradi padca ravni podtalnice in črpanja zalog podtalne vode pod obstoječo spodnjo raven. Zaradi dviga morske gladine bodo poplavno ogrožena vsa obalna mesta.

Do leta 2070 se za sever Evrope predvideva povečanje srednjega letnega odtoka do 30 odstotkov, na jugu pa upad do 36 odstotkov. Upadanje količine padavin poleti bo imelo za posledico več suš z negativnimi učinki na dostopnost vodnih virov, saj je upad pretokov v poletnih mesecih predviden celo do 80 odstotkov. Pričakujemo lahko daljša sušna obdobja ter krajša in krajevno razporejena obdobja intenzivnih padavin. Sušno tveganje bo najmanjše na severu, naraščalo pa bo v zahodni in južni Evropi, kjer je pričakovati, da bo v nekaterih delih Evrope 100-letna suša na vsakih 10 let. Glede 100-letnih poplav so napovedi, da bodo nastajale pogostejše v severni in severovzhodni Evropi, centralni in vzhodni Evropi (alpske reke) ter atlantskem delu južne Evrope, manj pogosto pa v večjem delu južne Evrope.

Z ekstremnimi hidrometeorološkimi pojavi se v Sloveniji srečujemo skoraj vsako leto. Slovenija sodi v Evropi med območja z največjim številom neviht. Raznolikost Slovenije se odraža v različnih padavinskih režimih in različnih intenzitetah padavin. Časovne spremembe letne količine padavin na večini območij Slovenije niso statistično značilne. Pri padavinskem režimu opazamo upadanje količine padavin v prvi polovici leta in naraščanje v drugi polovici. Čeprav je padavin v povprečju dovolj, pa te niso porazdeljene enakomerno. Večkrat nas prizadenejo obilna večdnevna deževja, kratkotrajni močni nalivi in suše. Meritve kažejo, da vse večji delež padavin pade v obliki intenzivnih padavin. Ob močnih nevihtah lahko v eni uri pade celo nad 100 mm padavin. Vselej ekstremne padavine seveda ne povzročijo poplav in proženja plazov. Ekstremni dogodki so tudi časovno in prostorsko omejeni, ne zajamejo hkrati cele Slovenije.

## Pogostost poplav v Sloveniji

Poplave in izredne razmere v Sloveniji najpogostejše nastanejo zaradi obilnih padavin po dolgotrajnem, večdnevnem zmernem deževju. Posledice dnevnih in večdnevni ekstremnih padavin so poplave večjega obsega. Sem vsekakor spadajo poplave iz leta 1990 (Kolbezen, 1991) in leta 1998 (Polajnar, 1999), ki jih štejemo med največje poplave v Sloveniji z več kakor stoletno povratno dobo. Tudi padavine, ki padejo na snežno odejo, povzročijo njeno taljenje in velik, lahko katastrofalen površinski odtok. Velikokrat poplave povzročijo lokalno omejeni kratkotrajni in močni nalivi v sušnem obdobju. To potrjujejo izkušnje zadnjih let v Sloveniji, ki so bila v letnem povprečju skromnejša s padavinami, toda bogata z raznimi ujmani, kakor so neurja z vetrom, zemeljski plazovi in poplave. V avgustu 2003 so največ škode naredile hudourniške poplave v Zgornjesavski dolini in porečju Tržiške Bistrice. V oktobru

2004 so bile poplave na porečju Ljubljanice in Gradašnice, ki so zahtevale celo smrtno žrtev. V avgustu 2005 je bilo prizadeto Posavje, kjer so poplavljali in uničevali predvsem manjši vodotoki, kakor je Sevnična (Kobold, 2006), v septembru 2007 pa so bila najbolj prizadeta porečja Selške Sore, Pšate in Savinje (Kobold, 2008). Katastrofalna ujma leta 2007 je poleg ogromne materialne škode zahtevala šest človeških življenj.

Poplave v Sloveniji se lahko zgodijo v katerem koli mesecu leta, so pa najpogostejše v jesenskem obdobju, predvsem v oktobru in novembru. Poplave največjih razsežnosti v Sloveniji se običajno zgodijo v jeseni ob prehodu hladne fronte preko srednje Evrope ali ob prehodu sredozemskega ciklona iznad Genovskega zaliva. Najizdatnejše padavine nastanejo ob kombinaciji ciklonskih in orografskih padavin, ko lahko pade več kakor 70 mm/uro in 240 mm/dan. Ker pozno jeseni upade zadrževalni učinek vegetacije, sta oktober in november značilna kot meseca, ko na večjih slovenskih vodotokih nastanejo največji pretoki (slika 4).

Poleg količine padavin povzročata poplave tudi časovna razporeditev in intenziteta padavin. Ni vseeno, ali padavine nastanejo z veliko intenziteto na začetku dogodka in potem ponehajo, ali pa se začnejo z rahlim dežjem, ki na koncu preraste v močan naliv. Za nevihto je značilna velika intenziteta padavin na začetku dogodka in potem počasno upadanje, za ciklonske padavine pa rahel dež na začetku, ki se sprevrže v močne padavine. Volumsko enake količine padavin, ki imajo različno dinamiko, dajo bistveno drugačne odtočne hidrograme. Tudi enaka največja intenziteta dveh različnih nalivov ne pomeni enakih največjih odtočnih količin. Padavine z maksimumom proti koncu dogodka dajo bistveno večje konice odtoka od padavin z maksimumom na začetku.

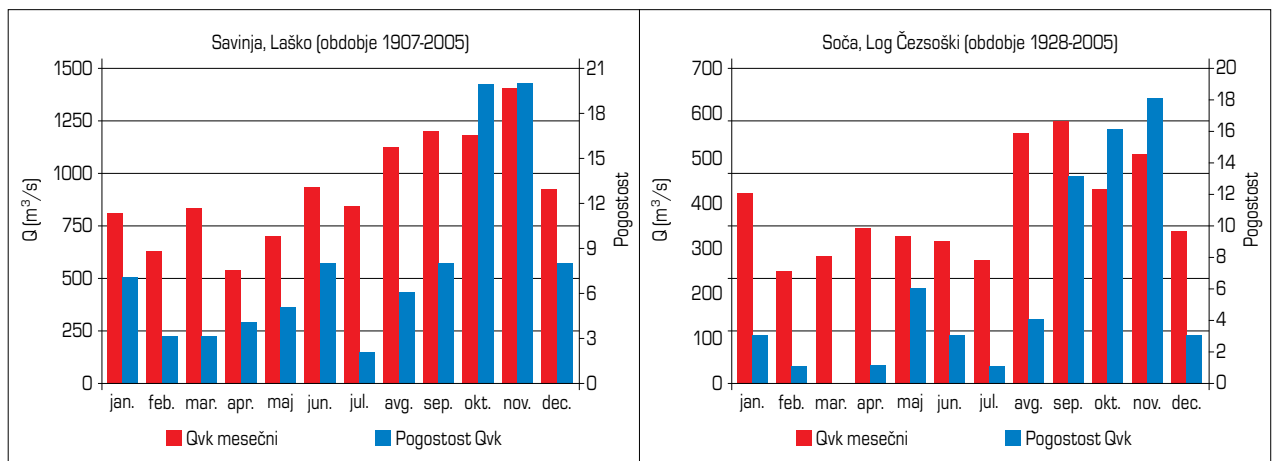
Izredno pomembna je tudi količina vlage v tleh ali predhodna namočenost. Od vlažnosti tal je odvisno, kolikšen del padavin odteče površinsko v strugo vodotoka in povzroča dvig gladine vode v strugi. Čim

večja je predhodna vlažnost, tem večja količina padle vode odteče površinsko. Za poplavne valove je značilno hitro naraščanje pretoka vode, nato sorazmerno kratkotrajen pretok vrha vala in zatem počasnejše upadanje pretoka. Ker leži Slovenija v glavnem v povirju rek, tu nastajajo kratkotrajne večurne hudourniške poplave, razen rek Drave in Mure, kjer lahko poplave trajajo tudi več dni. Posebnost so tudi poplave kraških rek, ki nastanejo počasi in trajajo več dni.

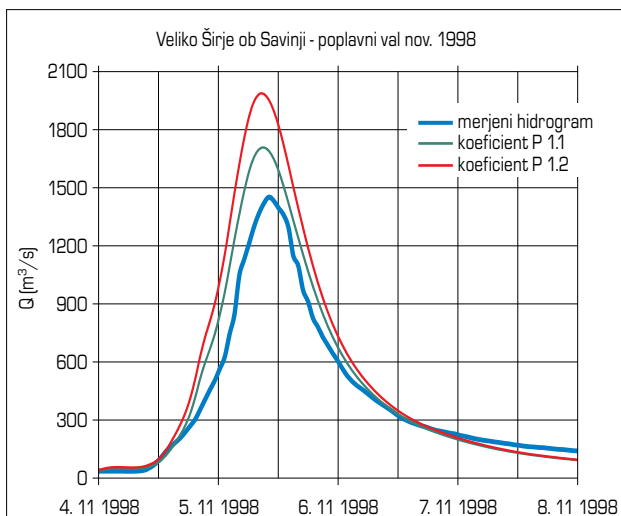
Glavna in najboljšežnejša območja poplav so v nižinsko-ravninskih predelih severovzhodne Slovenije, v predalpskih dolinah in kotlinah ter v osrednji in vzhodni Sloveniji. Poplave s povratno dobo 50 in več let pomenijo katastrofalne poplave. V večini primerov poplave z enako povratno dobo ne nastanejo na celotnem povodju hkrati. Na manjših povodjih so za nastanek poplav odločilne intenzivne padavine krajšega trajanja do nekaj ur, ki so najpogostejše v poletnem obdobju, medtem ko so za poplave na večjih povodjih odločilne padavine z daljšim trajanjem, ki nastanejo večinoma v pomladanskem ali jesenskem času.

## Vpliv podnebnih sprememb na nastanek poplav

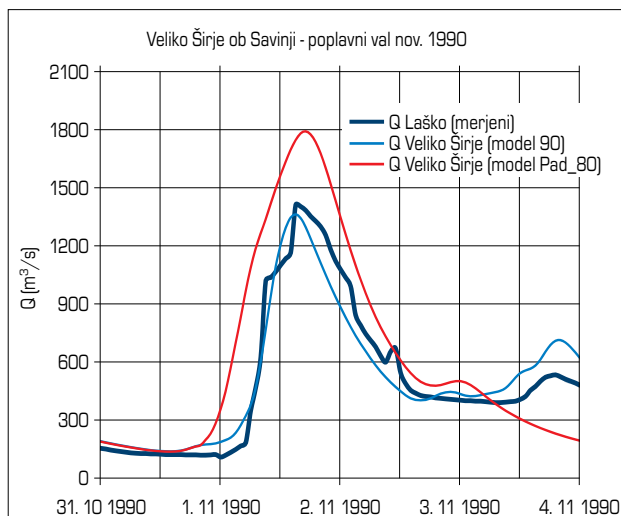
Napovedi podnebnih sprememb napovedujejo za Slovenijo do konca 21. stoletja dvig temperature zraka v povprečju za 3 °C in povečanje intenzitete padavin, medtem ko naj bi se skupna količina padavin nekoliko povečala v hladni polovici leta in zmanjšala v topli polovici leta (Kajfež-Bogataj, 2006). To pomeni, da bodo pogostejše hudourniške poplave in proženje zemeljskih plazov. Največji odziv na intenzivnejše padavine pričakujemo v alpskem in predalpskem svetu, kjer se predvideva povečanje visokovodnih konic odtokov do 30 odstotkov, najmanj do 10 odstotkov pa se zaradi podzemnih akumulacij vode pričakuje pri kraških vodotokih (Kobold, 2007 a).



Slika 4. Največje mesečne visokovodne konice (Qvk) in pogostost letnih konic po mesecih za dve izbrani vodomerni postaji  
Figure 4. The maximal monthly peak discharge (Qvk) and frequency of annual peaks by month for two water gauging stations.



Slika 5. Modelski izračun poplavnega vala iz leta 1998 s povečanjem intenzitete padavin za 10 in 20 %  
 Figure 5. Modelled flood wave from 1998 using increased intensity of precipitation of 10% and 20%



Slika 6. Modelski izračun poplavnega vala iz leta 1990 s padavinami iz poplavnega dogodka leta 1980  
 Figure 6. Modelled flood wave from 1990 using precipitation from floods in 1980

Primerno orodje za ugotavljanje vplivov podnebnih sprememb na hidrološki režim in oceno odtoka so konceptualni hidrološki modeli. Nekatere napovedi podnebnih sprememb predvidevajo povečanje intenzitete padavin za 20 odstotkov (Zupančič, 1999). Da bi ugotovili vpliv tega povečanja na največje poplave v Sloveniji, je bilo narejenih več modelskih izračunov. Za poplavni dogodek iz novembra 1998, ko so bili na povodju Savinje zabeleženi pretoki s stoletno povratno dobo, daje modelski izračun za vodomerno postajo Veliko Širje na Savinji pri povečanju intenzitete padavin za 10 odstotkov pretok konice visokovodnega vala ( $Q_{vk}$ ) večji za 18 odstotkov, pri 20-odstotnem povečanju padavin pa za 37 odstotkov (slika 5). Zaradi nelinearnosti naravnih procesov je relativno povečanje odtoka večje glede na povečanje padavin (Kobold, 2007 b). V Velikem Širju bi se ob povečanju intenzitete padavin za 20 odstotkov med 3. in 5. novembrom 1998 pretok konice vala približal  $2000 \text{ m}^3/\text{s}$ , kar pomeni pretok blizu tisočletni povratni dobi velikih pretokov.

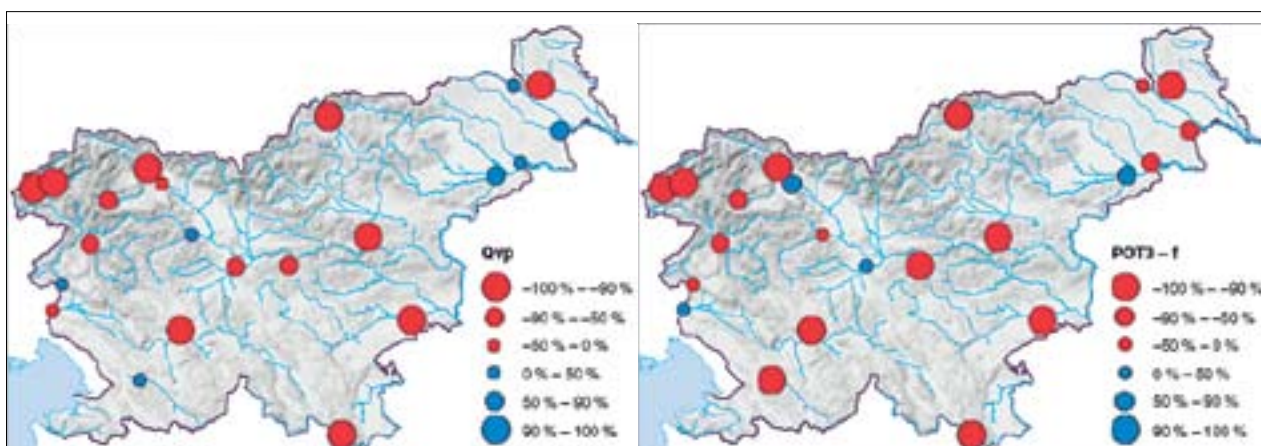
Ploskovne padavine na povodju Savinje, ki so v poplavnem dogodku novembra 1998 znašale 133 mm, niso bile dotlej največje izmerjene. Večje so bile v dogodku 9. oktobra 1980, ko so znašale 142 mm, vendar so padle na tla z nizko predhodno namočenostjo, saj je bilo pred tem dogodkom skoraj enomesečno sušno obdobje brez omembe vrednih padavin, zato je bil pretok konice vala za okrog  $200 \text{ m}^3/\text{s}$  manjši od konice poplavnega vala v letu 1998. Večja intenziteta padavin na povodju Savinje je torej pričakovana, predhodna namočenost tal pa tudi močno vpliva na velikost odtoka. Zelo namočeno predhodno stanje tal je bilo v poplavi 1. novembra 1990, ki je zabeležena kot največja poplava na povodju Savinje v obdobju po letu 1900. Ploskovne padavine, ki so povzročile ta poplavni val, so znašale 115 mm, kar je za okrog 14 odstotkov manj padavin kakor v poplavi novembra 1998. Simulacija padavin 9. oktobra 1980 na namočeno

začetno hidrološko stanje 1. novembra 1990 daje pretok  $1800 \text{ m}^3/\text{s}$ , kar je za  $400 \text{ m}^3/\text{s}$  več od največjega izmerjena pretoka v Velikem Širju. Ne gre torej zanemariti dejstva, da so na povodju Savinje mogoči večji pretoki od doslej izmerjenih.

Na Agenciji RS za okolje je bila v letu 2008 (Frantar in sod., 2008) izvedena analiza trendov pretokov rek v Sloveniji, ki za največje letne srednje dnevne pretoke ( $Q_{vp}$ ) za vodomerne postaje s podatkovnimi nizi nad 50 let na splošno izkazuje upadajoč trend letnih konic (slika 7). Tudi trend pogostosti visokovodnih ekstremov (v povprečju trikrat na leto – POT3-f) ne kaže na večanje števila visokovodnih dogodkov (slika 7). Na podlagi teh analiz ni mogoče zaključiti, da se število poplav in njihova pogostost v Sloveniji dramatično povečujeta, kakor napovedujejo nekatere podnebne napovedi.

## Soočanje s hidrološkimi sušami

Poleg soočanja s hudourniškimi poplavami so za obdobje od leta 2000 naprej za slovenske vodotoke značilna dolga nizkovodna stanja, ki so posledica pomanjkanja padavin. Še zlasti to velja za leto 2003, ko so bili pretoki od februarja do septembra pod srednjimi malimi vrednostmi (Kobold in Sušnik, 2004). Dolgo sušno obdobje smo beležili tudi v drugi polovici leta 2006, ki se je nadaljevalo v prvi polovici leta 2007. Čeprav letna količina padavin v Sloveniji značilno še ne upada, pa beležimo vse pogostejše suše. Prikaz vrednosti standardiziranega najmanjšega letnega pretoka je primerno orodje za analizo hidrološke suše (slika 8). Vrednost indeksa med 0 in -1 pomeni male pretoke, od -1 do -1,5 zmerno sušo, od -1,5 do -2 govorimo o hudi suši, indeks pod -2 pa pomeni ekstremno sušo (Dakova, 2004). Po



Slika 7. Trend največjih letnih srednjih dnevni pretokov ( $Q_{vp}$ ) in trend pogostosti visokih ekstremov v povprečju trikrat letno ( $POT3-f$ ). Negativni predznak stopnje značilnosti pomeni negativni trend, pozitivni predznak pa pozitivni trend. Stopnja značilnosti nad 90 odstotkov pomeni, da je trend statistično značilen (Svensson in sod., 2004)

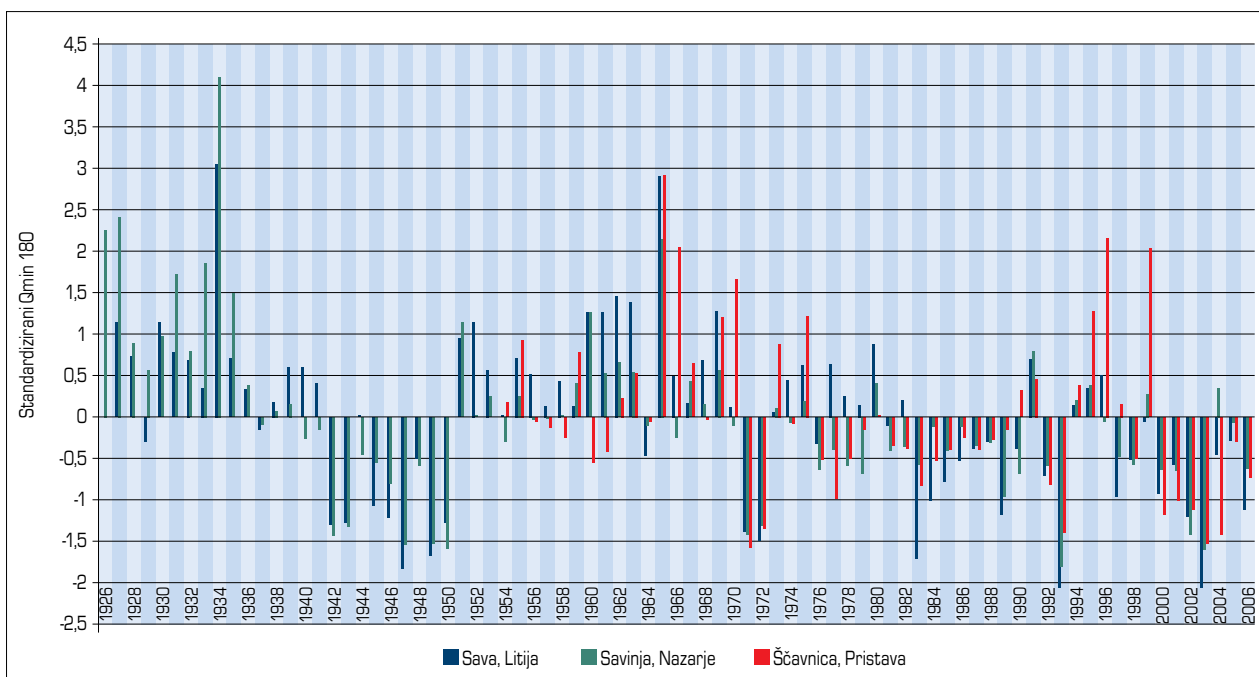
Figure 7. Annual maximum daily mean discharge trend ( $Q_{vp}$ ) and magnitude of the occurrence of high extremes on average three times a year trend ( $POT3-f$ ). Negative trends are shown as having negative significance levels and positive trends positive values. A significance level above 90% signifies a statistically significant phenomenon (Svensson et al., 2004).

letu 1970 so bila večinoma suha leta, med njimi pa je bilo kar nekaj hudih suš (1971, 1972, 1983, 1993, obdobje od 2000 do 2003). Je pa suša regionalni pojav in nikoli ne zajame enakomerno cele Slovenije. Analiza malih pretokov ob upoštevanju trajanja in pomanjkanja odtoka uvršča med hidrološko najbolj suha leta glede na razpoložljiva obdobja podatkov leti 1947 in 1949 za večino vodomernih postaj, nato pa leti 2003 in 1993 (preglednica 1).

Značilnost največjih hidroloških suš so dolga neprekinjena obdobja z malimi pretoki, ki so ponekod trajala kar tretjino leta. Zlasti se to kaže za obdobje po letu 1970, za

katerega so značilni dokaj pogosti mali pretoki. Čeprav za najmanjše letne srednje dnevne pretoke ( $Q_{min1}$ ) ni značilen upadajoči trend, pa je za najmanjše letne pretoke daljših trajanj (nad 30 dni) ta trend zelo izrazit (sliki 9 in 10).

Mali pretoki kažejo statistično značilen trend upadanja na vodomernih postajah z gorskim zaledjem. Eden od razlogov je ta, da so zime v zadnjih tridesetih letih manj bogate s snegom, kar prispeva k manjšim spomladanskim pretokom in posledično daljšim sušnim obdobjem. Izrazito upadajoč trend je značilen tudi za srednje letne pretoke, kar kaže na to, da se letna količina vode



Slika 8. Časovna spremenljivost standardiziranega najmanjšega letnega 180-dnevnega pretoka za tri vodomerne postaje  
Figure 8. Temporal variability of standardized annual minimum 180-day discharge for three water gauging stations

Vodotok, vodomerna postaja	Najbolj suho leto	Neprekinjeno obdobje opazovanj
Mura, v. p. Gornja Radgona	1947	1946–2006
Ščavnica, v. p. Pristava	2003	1954–2006
Sava, v. p. Litija	2003	1927–2006
Sora, v. p. Suha	1947	1945–2006
Kamniška Bistrica, v. p. Kamnik	1993	1946–2006
Ljubljanica, v. p. Moste	1947	1946–2006
Savinja, v. p. Nazarje	1949	1926–2006
Savinja, v. p. Laško	1949	1907–1939, 1946–2006
Krka, v. p. Podbočje	1946	1933–2006
Soča, v. p. Solkan	1947	1945–2006

Preglednica 1. Najbolj suho leto v obdobju opazovanj na posameznih vodomernih postajah ob upoštevanju trajanja in primanjkljaja odtoka

Table 1. The hydrological driest year at certain water measurement stations during the observation period, taking into account duration and deficit of runoff

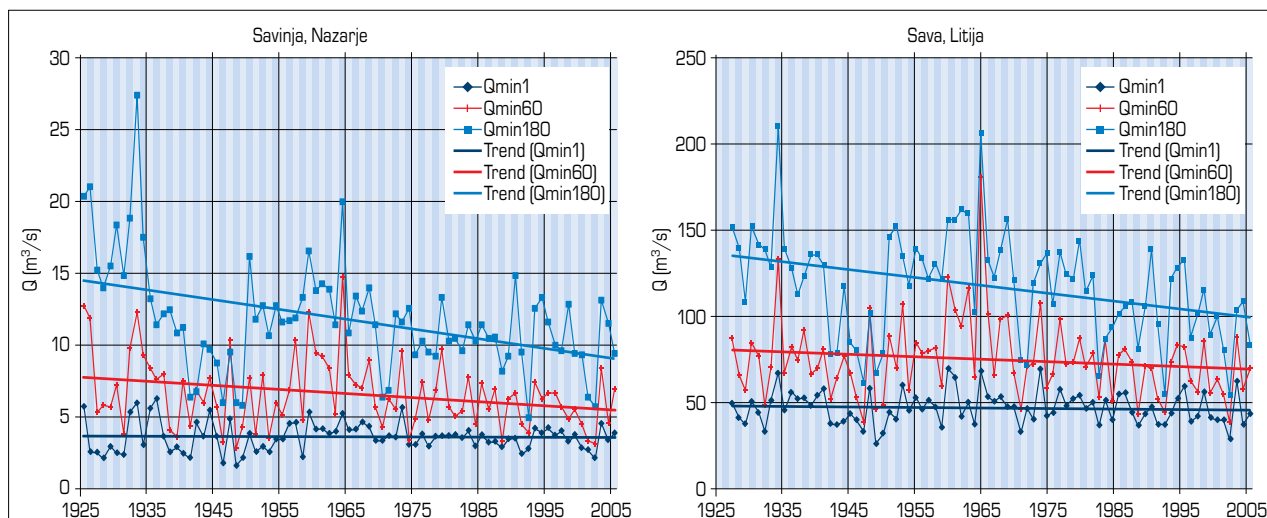
zmanjšuje (Frantar in sod., 2008). Upadanje pretokov je predvsem posledica upadanja letne količine padavin in porasta povprečne letne temperature zraka ter z njo povezanega večjega izhlapevanja vode. Povprečna letna temperatura zraka se je v Sloveniji v zadnjih 50 letih (od 1956 do 2005) statistično značilno povečala za  $1,4 \pm 0,6^\circ\text{C}$  (Kajfež-Bogataj, 2006). Ob napovedanih podnebnih spremembah se bodo trendi manjšanja pretokov in dolžine hidrološke suše nadaljevali.

## Sklepne misli

Kakor kažejo trendi meteoroloških in hidroloških spremenljivk, se spremembe podnebja, ki vplivajo na vodno okolje, dogajajo. Tako se v zadnjih letih spopadamo na eni strani s sušo v spomladanskih in poletnih mesecih in visokimi vodami v jesenskih mesecih, medtem ko je običajno letna količina padavin blizu obdobjnega povprečja.

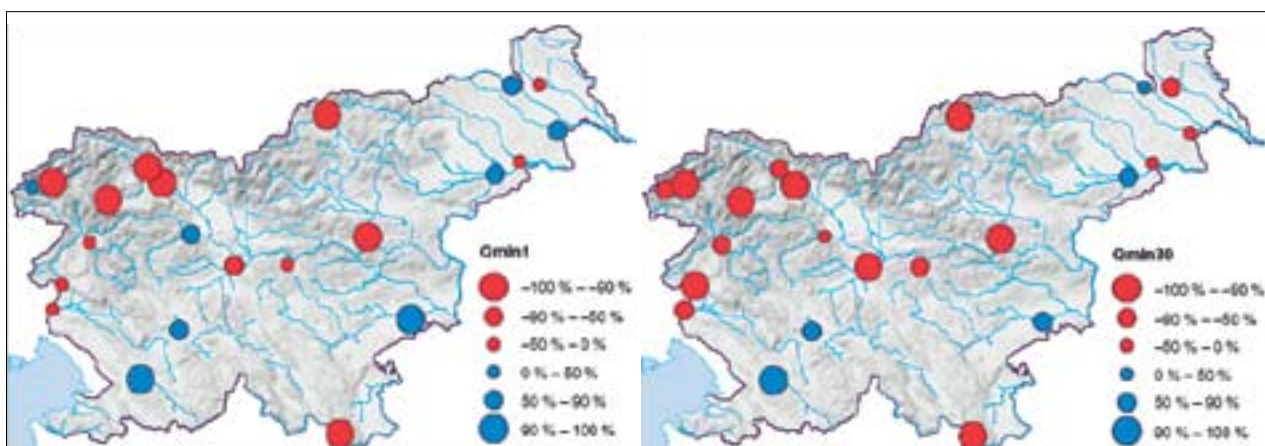
Tudi v prihodnje lahko pričakujemo daljša sušna obdobja ter krajša in krajevno razporejena obdobja intenzivnih padavin. Vpliv predvidenih podnebnih sprememb, to je nadaljnja rast temperature zraka in večja intenziteta padavin, se bo odražal v večji poplavni ogroženosti in delovanju erozijskih sil, nižanju srednjih in malih pretokov ter ravni podtalnice, težavam z vodooskrbo in manjši proizvodnji električne energije. Pogostejše bodo kritične gladine morja in poplavljanje obale. Podobno kakor se svetovno segrevanje odraža v povečanju temperature zraka, je opazno tudi naraščanje temperature vode. Manjša bo sposobnost prevzemanja toplotnih obremenitev in večja nevarnost onesnaževanj.

Naučiti se moramo živeti s podnebnimi spremembami. Poplave lahko predvidimo in se nanje pripravimo, ne moremo pa jih preprečiti. Storiti moramo vse, da se izognemo še hujšemu poplavljanju zaradi človekovih posegov, in storiti vse, da zmanjšamo ogroženost ljudi in premoženja. Prebivalstvo se mora zavedati možnih in



Slika 9. Trendi najmanjših letnih srednjih dnevni pretokov ( $Q_{min1}$ ), najmanjših letnih 60-dnevni pretokov ( $Q_{min60}$ ) in najmanjših letnih 180-dnevni pretokov ( $Q_{min180}$ ) za dve vodomerni postaji

Figure 9. Trends of annual minimum daily mean discharges ( $Q_{min1}$ ), annual minimum 60-day discharges ( $Q_{min60}$ ) and annual minimum 180-day discharges ( $Q_{min180}$ ) for two water gauging stations



Slika 10. Trend najmanjših letnih srednjih dnevni pretokov ( $Q_{min1}$ ) in trend najmanjših letnih 30-dnevni pretokov ( $Q_{min30}$ ). Negativni predznak stopnje značilnosti pomeni negativni trend, pozitivni predznak pa pozitivni trend. Stopnja značilnosti nad 90 odstotkov pomeni, da je trend statistično značilen

Figure 10. Annual minimum daily mean discharge trend ( $Q_{min1}$ ) and annual minimum 30-day discharge trend ( $Q_{min30}$ ). Negative trends are shown as having negative significance levels and positive trends positive values. A significance level above 90 % signifies a statistically significant phenomenon.

dejanskih nevarnosti ter sprejemati preventivne ukrepe. Ob suši se soočamo s pomanjkanjem vode. Upadanje količine padavin v poletnih mesecih bo imelo za posledico več suš z negativnimi učinki zlasti na kmetijstvo in dostopnost vodnih virov.

## Viri in literatura

1. CRED, 2008. Disaster statistics. Occurrence: trends-century. International Strategy for Disaster Reduction, Centre for Research on the Epidemiology of Disasters. <http://www.unisdr.org/disaster-statistics/pdf/isdr-disaster-statistics-occurrence.pdf>
2. Dakova, S., 2004. Low flow and drought spatial analysis. Proceedings of BALWOIS conference, Ohrid, FY Republic of Macedonia, 11pp.
3. Frantar, P., Kobold, M., Ulaga, F., 2008. Trendi pretokov (v: Vodna bilanca Slovenije 1971-2000, ur. P. Frantar), MOP ARSO, Ljubljana, 50-61.
4. IPCC, 2008. Climate Change and Water. Technical Paper of the Intergovernmental Panel on Climate Change (Bates, B.C., Kundzewicz, Z.W., Wu, S. and Palutikof, J.P., Eds.) IPCC Secretariat, Geneva, 210 pp.
5. Kajfež-Bogataj, L., 2006. Podnebne spremembe in nacionalna varnost. Ujma 20, Ljubljana, 170-176.
6. Kobold, M., 2006. Visoke vode in poplave med 20. in 23. avgustom 2005. Ujma 20, Ljubljana, 48-55.
7. Kobold, M., 2007 a. Vpliv podnebnih sprememb na pretoke slovenskih rek. Mišičev vodarski dan 2007. Zbornik referatov, VGB, Maribor, 101-108.
8. Kobold, M., 2007 b. Vpliv napake ocene padavin na napako napovedi odtoka pri napovedovanju poplav. Doktorska disertacija, UL FGG, Ljubljana, 134 str.
9. Kobold, M., 2008. Katastrofalne poplave in visoke vode 18. septembra 2007. Ujma 22, Ljubljana, 65-75.
10. Kobold, M., Sušnik, M., 2004. Analiza nizkovodnih razmer slovenskih vodotokov leta 2003. Ujma 17-18, Ljubljana, 120-126.
11. Kolbezen, M., 1991. Hidrološke značilnosti novembrske visoke vode leta 1990. Ujma 5, Ljubljana, 16-18.
12. Polajnar, J., 1999. Visoke vode v Sloveniji leta 1998. Ujma 13, Ljubljana, 143-150.
13. Smith, K. and Ward, R., 1998. Floods. Physical Processes and Human Impacts. John Wiley & Sons, England.
14. Svensson, C., Kundzewicz, Z.W. and Maurer, T., 2004. Trends in flood and low flow series. GRDC Report 33, Koblenz.
15. Zupančič, B., 1999. Analiza klimatskih sprememb. Interno poročilo, HMZ RS, Ljubljana.