

# REKORDNE VIŠINE GLADIN PODZEMNE VODE V LETIH 2022 IN 2023

Urška Pavlič<sup>1</sup>

## Povzetek

Leti 2022 in 2023 sta bili z vidika višin gladin podzemne vode izjemni. Tako je leta 2022 marsikje po državi pustošila suša podzemne vode, leta 2023 pa se je začelo obdobje izredno visokih vodnih gladin. Najbolj sušna meseca leta 2022 sta bila avgust in september, ko smo na vodonosnikih Vodice-Skaručna, prodni zasip Kamniške Bistrice, Polhov Gradec-Tošč-Osojnik, Spodnjėsavinjsko in Čateško polje izmerili rekordno nizke gladine podzemne vode. Na večini merilnih mest so se sušne razmere začele izboljševati oktobra, v globljih medzrnskih vodonosnikih pa šele v prvih mesecih leta 2023. Podzemna voda se je sicer v večjem delu države že v prvi polovici leta 2023 obnovila do visokih vodnih gladin. Rekordno visoke višine gladin podzemne vode so bile leta 2023 izmerjene avgusta v času izjemnih in obsežnih poplav površinskih voda v vodonosnikih Sorško in Kranjsko polje, Vodice-Skaručna, Spodnja Savinjska dolina ter ponekod v vodonosnikih Dolinsko Ravensko in Apaško polje. Na dveh merilnih mestih sta bili dve zaporedni leti zabeleženi tako rekordno nizka kot tudi rekordno visoka vodna gladina. Največja amplituda nihanja višine gladin je bila v obravnavanem obdobju v vodonosniku Kranjsko polje in je ponekod presegala 19 metrov.

## EXTREME GROUNDWATER LEVELS IN 2022 AND 2023

### Abstract

2022 and 2023 were exceptional in terms of groundwater level height. While many parts of the country were ravaged by groundwater drought in 2022, groundwater levels rose and reached extremely high levels in 2023. The driest months of 2022 were August and September, when record low groundwater levels were measured in the aquifers of Vodice-Skaručna, the Kamniška Bistrica gravel deposit, Polhov Gradec-Tošč-Osojnik, the Lower Savinja River valley, and the Čatež plain. In most parts of the country, groundwater recovered and reached high water levels in the first half of 2023. Record-high groundwater levels were recorded in August 2023 after exceptional, large-scale river floods in parts of the aquifers of the Sora river valley and the Kranj plain, Vodice-Skaručna, the Lower Savinja River valley, and the Dolinsko, Ravensko and Apače plains. At two measuring locations, record low and record high groundwater levels were measured in the period of two consecutive calendar years. The maximum amplitude of water level fluctuations in the considered period was highest in the Kranj plain aquifer, and locally exceeded 19 metres.

<sup>1</sup> dr., Ministrstvo za okolje, podnebje in energijo, Agencija RS za okolje, Vojkova cesta 1b, Ljubljana, [urska.pavlic@gov.si](mailto:urska.pavlic@gov.si)

## UVOD

Količina podzemne vode je odvisna od značilnosti geološkega medija, v katerem je, in od podnebnihi značilnosti prispevnega ozemlja, predvsem od količine in vrste učinkovitih padavin ter s tem posredno od vodnatosti rek. Izrazita odstopanja podnebnihi vzorcev od običajnih, ki smo jim bili priča v zadnjih letih, so se s krajšim časovnim zaostankom odrazila tudi v nihanju višine gladin podzemne vode.

V zaporednih letih 2022 in 2023 so bile izredno majhne in tudi izredno velike količine podzemne vode. V obeh letih so bile ponekod v medzrnskih vodonosnikih po državi zabeležene nove rekordne višine gladin podzemne vode. Leto 2022 si bomo zapomnili po hidrološki suši, pri kateri je med drugim

zaradi pomanjkanja obnavljanja podzemne vode predvsem na Gorenjskem (Berčon, 2023) in Obali prišlo do omejitev rabe pitne vode (Urbanc in Petrič, 2023). Pojav so spremljali obširni požari na Krasu (Kolenc, 2023) in izrazit izpad pridelka v kmetijstvu (Sušnik in sod., 2023). Ob koncu leta so se hidrološke razmere začele umirjati in vodonosniki so se ponekod hitreje, drugod pa počasneje polnili z vodo. Nadpovprečno obnavljanje podzemne vode se je zavleklo v precej leta 2023, večinoma do mere, ki je presegala običajne višine gladin podzemne vode. V začetku avgusta 2023 je bilo napajanje vodonosnikov najbolj izrazito in je s krajšim zaostankom sledilo izjemni povodnji, ki je prizadela precej Slovenije. Tega meseca so bile ponekod po državi izmerjene rekordno visoke višine gladin podzemne vode v dolgoletnem obdobju meritev.

## UPORABLJENI PODATKI IN METODE DE LA

Podatki, na podlagi katerih ocenjujemo količine podzemne vode v medzrnskih vodonosnikih v Sloveniji, so pridobljeni z državno hidrološko mrežo v upravljanju Agencije RS za okolje (ARSO), ki že od leta 1952 meri globine do gladine podzemne vode. Opazovanje višine gladin podzemne vode je potekalo ročno do leta 1970, ko so se začele zvezne meritve, leta 2000 pa so se začeli uporabljati tudi samodejni podatkovni zapisovalci, ki so danes prevladujoč način zapisovanja meritev. Večina merilnih postaj je danes opremljena za samodejni prenos podatkov, kar zagotavlja pravočasno ocenjevanje hidroloških razmer in pravočasno obveščanje javnosti o izrednih hidroloških razmerah, kar se je pokazalo za učinkovito tudi v ekstremnih hidroloških letih 2022 in 2023. Lokacije obstoječih merilnih mest državnega hidrološkega monitoringa podzemnih voda so prikazane v Atlasu okolja na [http://gis.arso.gov.si/atlasokolja/profile.aspx?id=Atlas\\_Okolja\\_AXL@Arso](http://gis.arso.gov.si/atlasokolja/profile.aspx?id=Atlas_Okolja_AXL@Arso).

Minimalne in maksimalne ekstremne višine gladin podzemne vode na posamezni merilni postaji so določene za vsak posamezni mesec, pri čemer je maksimalna gladina najvišja, minimalna pa najnižja izmerjena vrednost višine vodne gladine. Danes večina meritev višine gladin podzemne vode poteka enkrat na uro.

V prispevku smo podrobneje analizirali podatke, izmerjene na merilnih objektih z več kot 20-letnim nizom meritev z začetkom meritev pred letom 2000, tako pa smo dobili ustrezen vpogled v izjemnost analiziranih hidroloških razmer. Kakovost analize ekstremnih gladin podzemne vode je predvsem v času visokih voda odvisna od pogostosti meritev, saj ob nezadostni pogostosti izvajanja meritev visoko konico dogodka pogosto prezremo. Iz analize ekstremno visokih gladin podzemne vode smo v prispevku zato izvzeli 27 merilnih postaj, za katere v zadnjih 20 letih nismo imeli dnevne frekvence opazovanj. Iz analiz visokih konic podzemne vode smo zaradi ugotovljenega vtoka meteorne vode v opazovalni vodnjak dodatno izključili še dve merilni postaji. Če je ob visokih vodnih stanjih bistvena pogostost izvajanja meritev, pa je pri nizkih vodnih stanjih pogosto težava presušitev merilnega objekta. Te objekte, ki so pogosto starejši kopani vaški vodnjaki, smo v analizi obravnavali ločeno.

Standardiziran indeks gladine podzemne vode (SGI) predstavlja mero, kaj določena vrednost višine gladine podzemne vode pomeni glede na običajno

oziroma pričakovano vrednost. Negativne vrednosti indeksa SGI označujejo stopnjo deficita vode, pozitivne vrednosti pa stopnjo presežka vode v vodonosniku glede na običajne razmere. Kot dolgoletno povprečje uporabljamo obdobje 1991–2020. V splošnem velja, da so vrednosti indeksa med  $-1$  in  $1$  povezane z običajnimi razmerami, ki so statistično pričakovane približno v 70 odstotkih časa. Preostalih 30 odstotkov je razdeljenih med izrazito suha (vrednosti SGI manj kot  $-1$ ) in izrazito vodnata (vrednosti SGI več kot  $1$ ) obdobja. Za različne intenzitete suše podzemne vode uporabljamo naslednje mejne vrednosti indeksa SGI:

- zmerna suša:  $-1,5 < \text{SGI} < -1$ ;
- močna suša:  $-2 < \text{SGI} < -1,5$ ;
- izredna suša:  $\text{SGI} < -2$ .

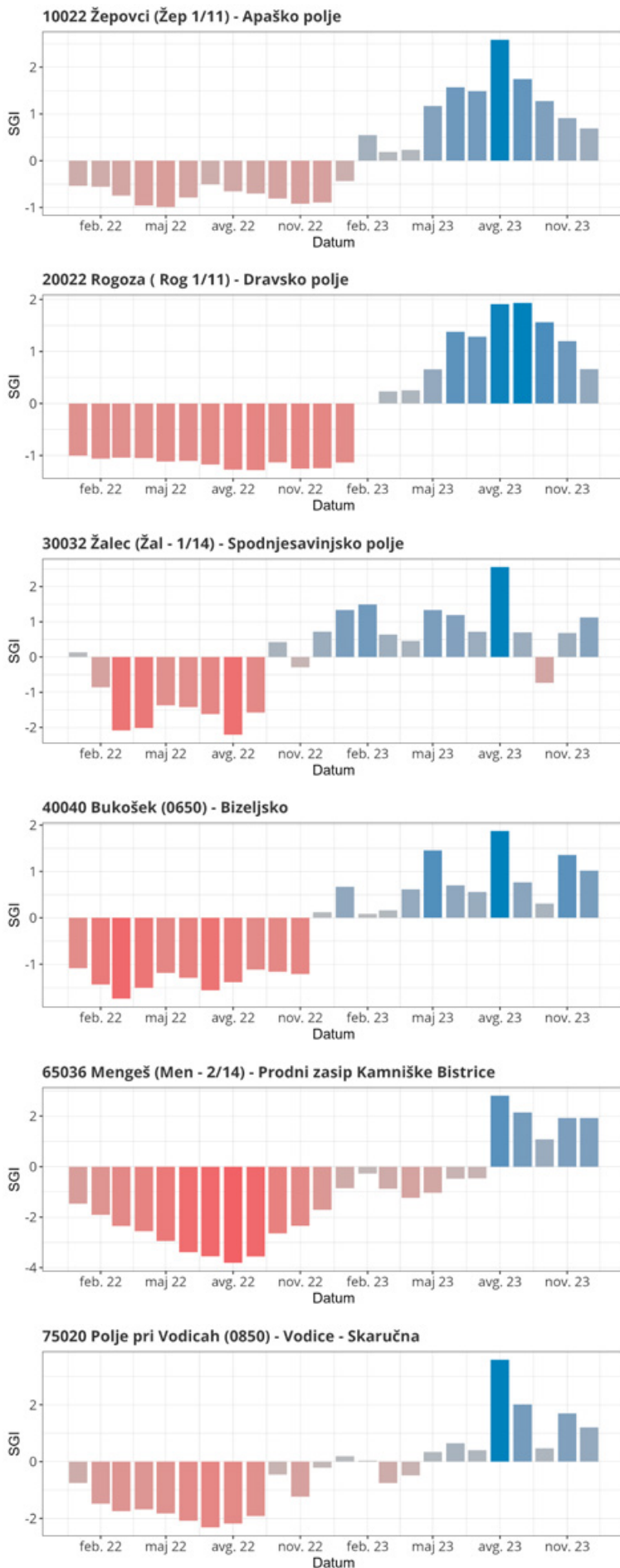
SGI izračunamo po analogiji standardiziranega padavinskega indeksa (SPI) (Dornik, 2016). Več o SGI in njegovih aktualnih vrednostih je dostopno na <https://meteo.arso.gov.si/met/sl/watercycle/diagrams/sgi/>.

## NIZKE VIŠINE GLADIN PODZEMNE VODE LETA 2022

Povprečne letne gladine podzemne vode leta 2022 so bile v večini medzrnskih vodonosnikov nižje od referenčnega obdobja 1991–2020. Suša podzemne vode je leta 2022 najbolj prizadela vodonosnike Kranjsko in Sorško polje ter prodni zasip Kamniške Bistrice, manj pa tudi vodonosnike Spodnjiesavinjsko polje. Povprečje SGI reprezentativnih merilnih mest po posameznih mesecih kaže, da je bil leta 2022 najbolj sušen avgust, veliko pa ni zaostajal niti julij. Z vidika količin podzemne vode sta bila v letnem povprečju najbolj ugodna januar in december (slika 1).

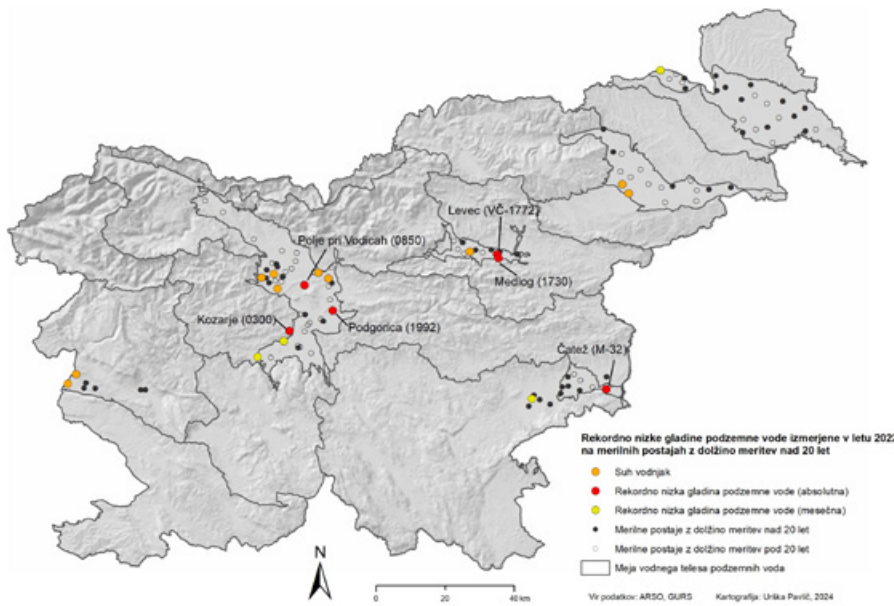
Rekordno nizke gladine podzemne vode so bile na merilnih postajah, starejših od 20 let, leta 2022 izmerjene med junijem in septembrom. Med julijem in septembrom je presušilo deset kopanih vodnjakov, in sicer na vodonosnikih Vrtojbenško, Kranjsko in Sorško polje, prodni zasip Kamniške Bistrice ter Spodnjiesavinjsko in Dravsko polje (slika 2).

Junija je bila rekordno nizka gladina podzemne vode izmerjena na merilni postaji na jugu prodnega zasipa Kamniške Bistrice (Podgorica – meritve od leta 1972), julija pa tudi v osrednjem delu Spodnjiesavinjskega polja (Levec – meritve od leta 1973) in na Čateškem polju (meritve od leta 1990). Avgusta se je nabor rekordno nizkih meritev vodnih gladin razširil na vodonosnik



**Slika 1:** Časovni potek standardiziranega indeksa gladin podzemne vode (SGI) na izbranih merilnih postajah v letih 2022 in 2023 (Žepovci – Apaško polje, Rogoza – Dravsko polje, Žalec – Spodnjesavinjsko polje, Bukošek – Bizeljsko, Mengeš – prodni zasip Kamniške Bistrice, Polje pri Vodica – Vodice-Skaručna). Negativne vrednosti indeksa SGI (rdeči stolpci) označujejo stopnjo deficita, pozitivne vrednosti indeksa SGI (modri stolpci) pa stopnjo presežka vode v vodonosniku glede na običajne razmere. (avtorica: U. Pavlič)

**Figure 1:** Time-series of standardized index of groundwater levels (SGI) at selected measuring stations in 2022 and 2023 (Žepovci- Apaško polje, Rogoza-Dravsko polje, Žalec- Spodnjesavinjsko polje, Bukošek-Bizeljsko, Mengeš-Prodni zasip Kamniške Bistrice, Polje pri Vodica-Vodice-Skaručna). Negative SGI index values (red columns) represent the degree of water deficit, while positive SGI index values (blue columns) represent the degree of water excess in the aquifer. (Author: U. Pavlič)



Slika 2: Merilna mesta hidrološkega monitoringa podzemnih voda z dolžino meritev več kot 20 let, na katerih je bila leta 2022 izmerjena rekordno nizka vodna gladina

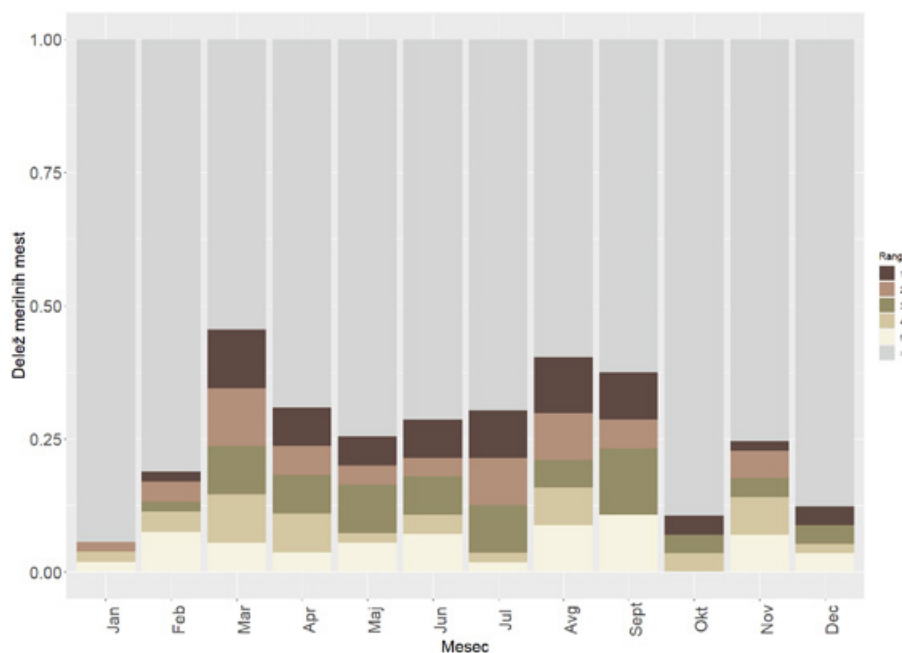
Figure 2: Measuring stations of groundwater hydrological monitoring with over 20 years of observations where record low groundwater level was observed in 2022

Vodice-Skaručna (meritve od leta 1971) in v širši del Spodnjėsavinjskega polja (Medlog – meritve od leta 1981), septembra pa še dodatno na vodonosnik Polhov Gradec-Tošč-Osojnik (Kozarje – meritve od leta 1958) (slika 2).

Primerjava minimalnih mesečnih višin gladin podzemne vode leta 2022 na merilnih postajah, starejših od 20 let, z minimalnimi višinami istega meseca preteklega obdobja meritev kaže, da so se leta 2022 nove najnižje mesečne višine gladin najpogosteje pojavljale med marcem in septembrom, in sicer marca na šestih od skupno 55 merilnih mest, avgusta na šestih od skupno 57 ter julija in septembra na petih od skupno 56 merilnih mest (slika 3). Odstotek

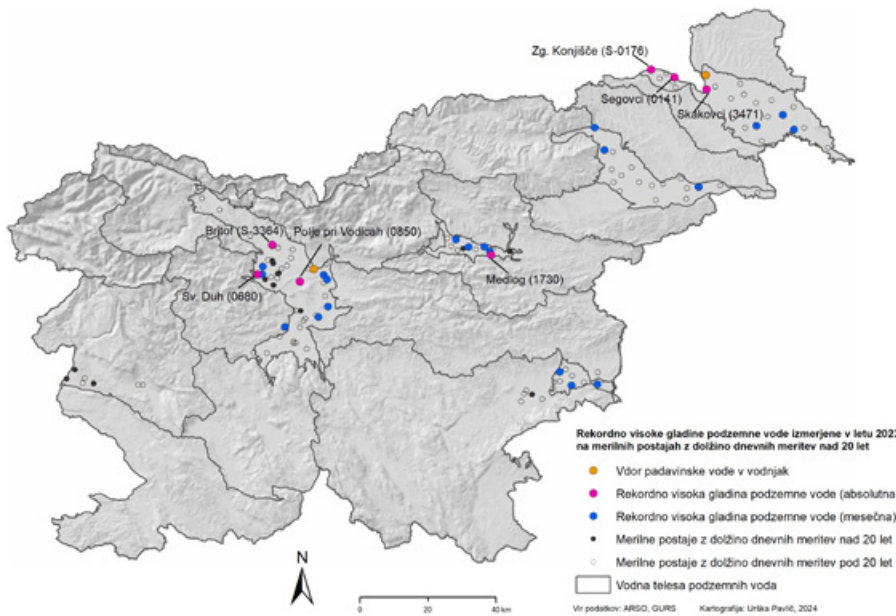
merilnih mest, na katerih smo v posameznem mesecu izmerili pet najnižjih minimalnih vrednosti vodnih gladin v dolgoletnem obdobju primerljivih mesečnih meritev (rang 1–5), je bil največji marca (45 odstotkov), avgusta (40 odstotkov) in septembra (38 odstotkov) (slika 3).

Prostorsko so bile marca najnižje marčevske gladine podzemne vode leta 2022 v vodonosnikih osrednje Slovenije (Kranjsko polje, Vodice-Skaručna, Ljubljansko barje in prodni zasip Kamniške Bistrice) ter Spodnjėsavinjsko in Čateško polje. Avgusta in septembra se je prostorska razširjenost izjemno nizkih mesečnih gladin podzemne vode razširila tudi na dele Pomurja ter Podravja.



Slika 3: Delež samodejnih merilnih postaj z začetkom delovanja pred letom 2000, na katerih je bilo v posameznem mesecu leta 2022 pet najnižjih mesečnih gladin podzemne vode od začetka meritev (avtorica: U. Pavlič)

Figure 3: The percentage of automatic measuring stations which started operation before 2000, at which the five lowest monthly groundwater levels (rank) since the beginning of the measurements were recorded in each month of 2022 (Author: U. Pavlič)



**Slika 4:** Merilna mesta hidrološkega monitoringa podzemnih voda z dolžino meritev več kot 20 let, na katerih je bila leta 2023 izmerjena rekordno visoka vodna gladina

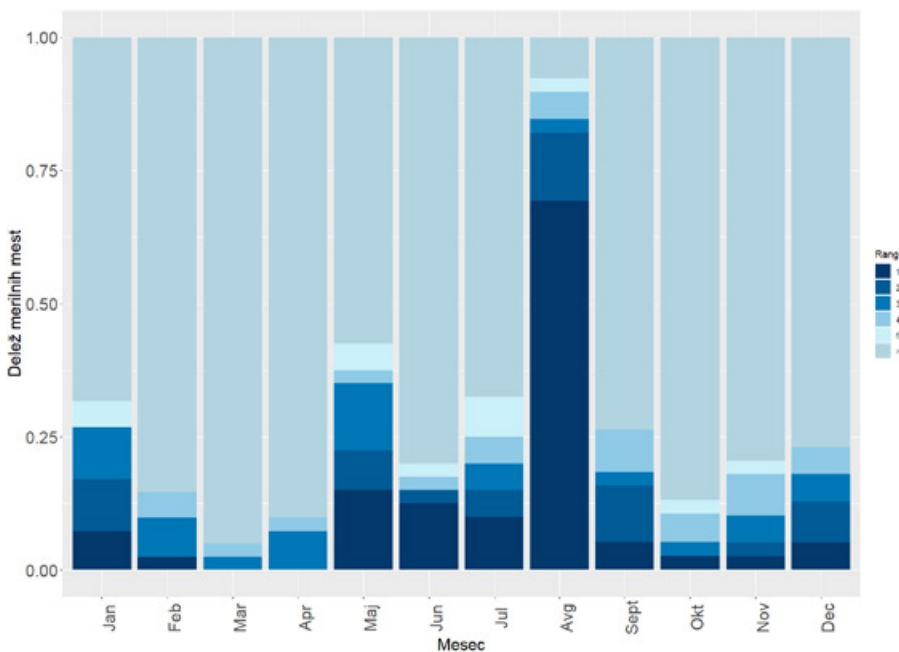
**Figure 4:** Measuring stations of groundwater hydrological monitoring with over 20 years of observations where record high groundwater levels were observed in 2023

## VISOKE VIŠINE GLADIN PODZEMNE VODE LETA 2023

Povprečne letne gladine podzemne vode leta 2023 so bile v večini medzrnskih vodonosnikov po državi višje od referenčnih vrednosti obdobja 1991–2020. Nizkih povprečnih letnih vodnih višin ni bilo. Visoke gladine podzemne vode so prevladovala v vodonosnikih Vodice-Skaručna, Kranjsko, Ljubljansko, Braslovško in Krško polje, v večjem delu Savinjske in Dravske kotline ter delih Vrtojbenskega polja in Pomurja. V splošnem so bile v drugi polovici leta merjene višje gladine podzemne vode kot v prvi polovici. V delih vodonosnikov Vrtojbenskega, Kranjskega in Sorškega polja, Vodice-Skaručna in Dravskega polja ter ponekod v Pomurju

so bile v prvih mesecih leta občasno gladine nižje od običajnih za ta letni čas zaradi postopnega in dolgotrajnega obnavljanja vodonosnikov po izraziti in ponekod ekstremni suši podzemne vode iz leta 2022. Povprečje SGI reprezentativnih merilnih mest po posameznih mesecih kaže, da je bil leta 2023 količinsko najbolj ugoden avgust, najmanj ugodna pa sta bila marec in april (slika 1).

Rekordno visoka gladina podzemne vode na merilnih postajah, starejših od 20 let, je bila leta 2023 izmerjena na posameznih merilnih postajah vodonosnikov Sorško polje (Sv. Duh – meritve od leta 1972), Kranjsko polje (Britof – meritve od leta 1970), Vodice-Skaručna (Vodice – meritve od leta 1971), Spodnjėsavinjsko polje (Medlog – meritve od



**Slika 5:** Delež samodejnih merilnih postaj z začetkom delovanja pred letom 2000, na katerih je bilo v posameznem mesecu leta 2023 pet najvišjih mesečnih gladin podzemne vode od začetka meritev (avtorica: U. Pavlič)

**Figure 5:** The percentage of automatic measuring stations which started operation before 2000, at which the five highest monthly groundwater levels (rank) since the beginning of the measurements were recorded in each month of 2023 (Author: U. Pavlič)

leta 1981), Dolinsko Ravensko (Skakovci – meritve od leta 1990) ter Apaško polje (Segovci – meritve od leta 1981 in Zgornje Konjišče – meritve od leta 1976) (slika 4). Rekordno visoke gladine podzemne vode smo izmerili v začetku avgusta v času izjemnih in obsežnih poplav.

Primerjava maksimalnih višin gladin podzemne vode leta 2023 na merilnih postajah z začetkom delovanja pred letom 2000 s primerljivimi višinami gladin v istem mesecu preteklega obdobja meritev

kaže, da je bilo daleč največ rekordno visokih mesečnih gladin podzemne vode (rang 1) izmerjenih avgusta, in sicer na 25 od skupno 37 merilnih mest. Sledijo maj (pet od skupno 38 merilnih mest) in junij ter julij (tri od skupno 38 merilnih mest) (slika 5). Odstotek merilnih mest, na katerih smo v posameznem mesecu leta izmerili pet najvišjih mesečnih višin vodnih gladin v dolgoletnem obdobju primerljivih meritev (rang 1–5), je bil največji avgusta (92 odstotkov), maja (42 odstotkov) in januarja (31 odstotkov) (slika 5).

Vodonosnik	Razlika		
	Največja	Povprečna	Najmanjša
Dolinsko Ravensko	3,51	1,64	0,60
Mursko-Ljutomersko polje	2,30	1,81	1,19
Apaško polje	3,78	2,34	0,76
Dravsko polje	5,62	2,27	0,31
Ptujsko polje	2,40	1,44	0,64
Središče ob Dravi	3,01	2,17	1,33
Spodnjesavinjsko polje	3,81	2,54	0,89
Hudinjsko polje	1,95	1,57	1,19
Braslovško polje	3,23	2,03	0,83
Krško polje	2,95	1,95	1,47
Bizeljsko	3,37	3,37	3,37
Čateško polje	5,51	3,88	2,25
Šentjernež-Kostanjevica	2,85	1,85	0,82
Škocjan-Krško gričevje	3,53	3,04	2,16
Ljubljansko polje	5,09	3,89	3,18
Ljubljansko barje	4,49	1,62	0,35
prodni zasip Kamniške Bistrice	14,79	7,79	3,68
Vodice-Skaručna	3,42	2,96	2,51
Sorško polje	5,85	3,41	0,96
Kranjsko polje	19,35	8,65	1,27
Tržiška Bistrica	5,53	5,53	5,53
Radoveljsko polje	4,46	4,46	4,46
Bled-Ribno	3,47	3,47	3,47
Vipava in Ajdovščina	1,61	1,34	1,07
spodnji del Vipavske doline	3,85	2,52	1,00
Vertobjensko polje	1,84	0,80	0,14

**Preglednica 1:** Razlika v ekstremnih merjenih višinah gladin podzemne vode med letoma 2022 in 2023 na merilnih postajah po posameznih vodonosnikih

**Table 1:** The difference between measured extreme water levels in the period from 2022 to 2023 at measuring stations by individual aquifers

Vodonosnik	Merilna postaja	Povprečna globina podzemne vode (m)			Razlika (m)
		2022	Preteklo obdobje		
prodni zasip Kam. Bistr.	Domžale (Dom-2/14)	6,37	4,57	2015–2021	1,80
prodni zasip Kam. Bistr.	Mengeš (Mp-0275)	32,64	27,56	1981–2021	5,08
prodni zasip Kam. Bistr.	Mengeš (Men-2/14)	21,29	18,51	2015–2021	2,78
prodni zasip Kam. Bistr.	Podgorica (1992)	10,18	8,75	1972–2021	1,43
prodni zasip Kam. Bistr.	Podgorje (Pod-1/14)	15,42	15,24	2015–2021	0,18
prodni zasip Kam. Bistr.	Preserje (0430)	20,34	19,69	1981–2021	0,65
Kranjsko polje	Brnik (B-103)	33,71	29,56	2005–2021	4,15
Kranjsko polje	Cerklje na Gorenjskem (Cer-2/13)	46,06	40,54	2014–2021	5,52
Kranjsko polje	Hrastje (0091)	33,05	31,27	1970–2021	1,78
Kranjsko polje	Moste (Most-2/18)	15,20	14,17	2018–2021	1,03
Kranjsko polje	Moste (0590)	16,58	11,84	1974–2021	4,74
Kranjsko polje	Šenčur (Šen-2/13)	61,48	57,81	2014–2021	3,67
Kranjsko polje	Voglje (Vog-2/14)	25,87	22,3	2014–2021	3,57

**Preglednica 2:** Primerjava povprečne letne globine do podzemne vode leta 2022 in v preteklem obdobju meritev na merilnih postajah vodonosnikov prodni zasip Kamniške Bistrice in Kranjsko polje

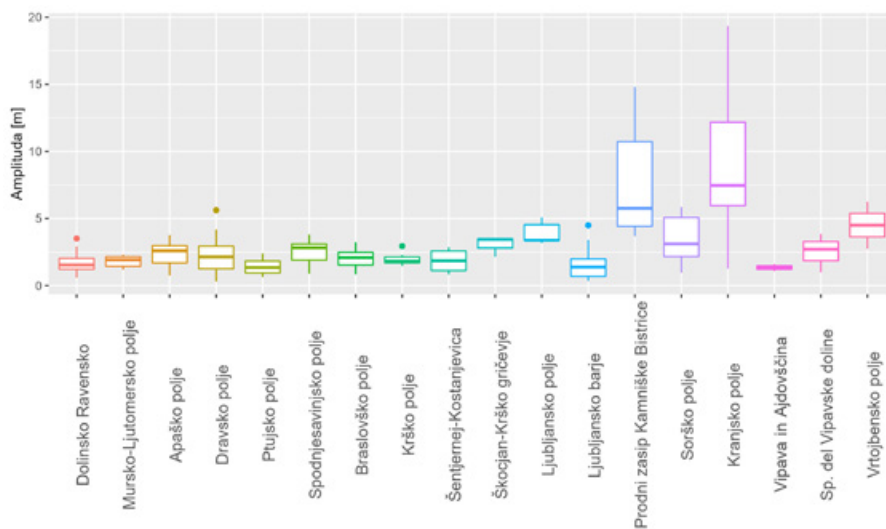
**Table 2:** A comparison of the mean annual depth to groundwater level in 2022 and in previous long-term measurements at the measuring stations of the Kamniška Bistrica gravel deposit and Kranjsko polje aquifers

Prostorsko so bile izrazito visoke avgustovske gladine podzemne vode leta 2023 v vseh vodonosnikih z izjemo Vipave, Ajdovščine in Vrtojbenskega polja. Januarja in maja je bilo žarišče visokih gladin podzemne vode v Pomurju in Savinjski ter Krški kotlini.

## RAZPRAVA

V letih 2022 in 2023 smo bili v zelo kratkem časovnem intervalu priča izjemnima hidrološkima

stanjema podzemnih voda. Če smo precejšen del leta 2022 spremljali zelo nizke gladine, so bile že naslednje leto zelo visoke gladine podzemne vode. Leta 2022 je bil najbolj sušen avgust, isti mesec naslednjega leta pa so bile zabeležene rekordno visoke gladine podzemne vode. Kako velika je bila razlika med minimalno vodno gladino leta 2022 in maksimalno vodno gladino leta 2023, je prikazano v preglednici 1 ter na sliki 6. Amplituda nihanja je odvisna od fizikalnih značilnosti območja merjenega vodonosnika, kot so globina podzemne vode, prostorska razširjenost



**Slika 6:** Osnovne statistične vrednosti izmerjenih ekstremnih višin gladine podzemne vode med letoma 2022 in 2023 v medzrnskih vodonosnikih. Izvzeti so vodonosniki z eno merilno postajo, in sicer Ormož-Središče ob Dravi, Hudinjsko polje, Bizeljsko, Čateško polje, Vodice-Skaručna, Tržiška Bistrica, Radoveljsko polje in Bled-Ribno. (avtorica: U. Pavlič)

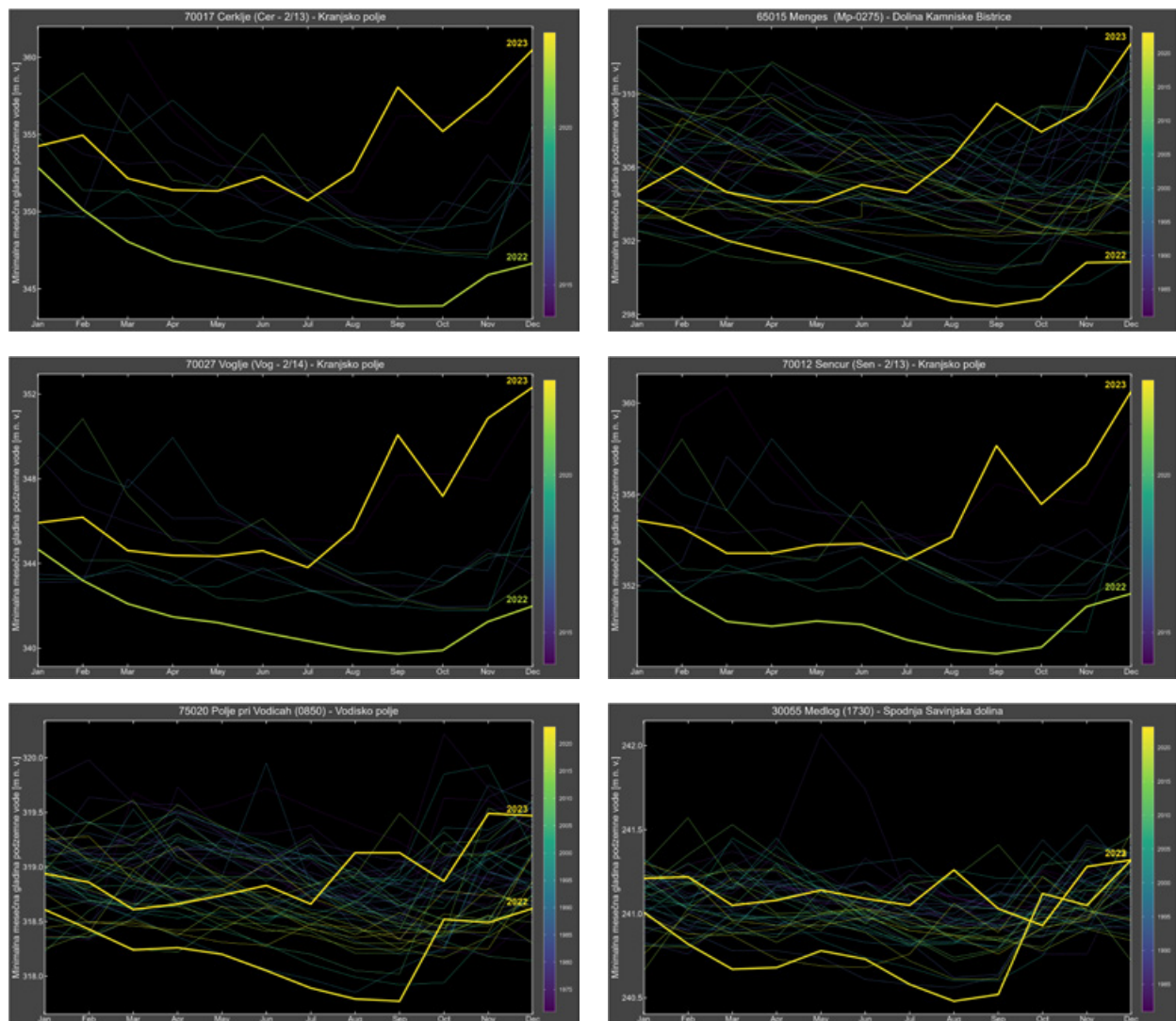
**Figure 6:** Basic statistical values of the measured extreme groundwater level elevations between 2022 and 2023 in intergranular aquifers. Aquifers with a single measuring station are excluded (Ormož-Središče ob Dravi, Hudinjsko polje, Bizeljsko, Čateško polje, Vodice-Skaručna, Tržiška Bistrica, Radoveljsko polje and Bled-Ribno). (Author: U. Pavlič)

in prepustnost vodonosnika ter oddaljenost od pomembnih hidravličnih meja vodonosnika, kot tudi od aktualnih hidroloških razmer.

Rezultati kažejo, da je bil razpon nihanja gladine podzemne vode med letoma 2022 in 2023 največji v vodonosnikih Kranjsko polje ter prodni zasip Kamniške Bistrice. Gre za vodonosnika, ki po svojih dimenzijah poleg vodonosnikov Sorško in Ljubljansko polje ter Ljubljansko barje predstavljata medzrnska vodonosnika večjih razsežnosti v Sloveniji. Globina podzemne vode je z izjemo Ljubljanskega barja, kjer je podzemna voda pod arteškim pritiskom, že v običajnih hidroloških razmerah globlje, in sicer več deset metrov pod površjem, kot v plitvejših in manj obširnih vodonosnikih. Suša je leta 2022 poleg jugozahoda države močneje prizadela

prav Kranjsko polje in prodni zasip Kamniške Bistrice, zato smo tega leta spremljali večjo povprečno letno globino podzemne vode od dolgoletnega obdobja meritev (preglednica 2), v primerjavi z letom 2023 pa tudi precejšnjo amplitudo nihanja vodne gladine (preglednica 1).

Največja globina podzemne vode je bila leta 2022 izmerjena na zahodnem in severnem delu vodonosnika Kranjsko polje in je na merilnem mestu Šenčur dosegla kar 64 metrov, na merilnem mestu Cerklje na Gorenjskem pa 48 metrov (slika 7). Na merilni postaji Cerklje na Gorenjskem je bil v letih 2022 in 2023 tudi največji razpon nihanja vodne gladine z 19 metri (preglednica 1). Več kot 18-metrski razpon nihanja v teh dveh letih je bil izmerjen tudi na merilni postaji Voglje na jugozahodu Kranjskega polja.



**Slika 7:** Minimalne mesečne gladine podzemne vode v letih 2022 in 2023 glede na primerljive merjene višine v preteklih letih na izbranih merilnih mestih mreže hidrološkega monitoringa (avtorica: U. Pavlič)

**Figure 7:** Minimal monthly groundwater levels in 2022 and 2023 according to comparable level heights in previous years at selected measuring stations of the hydrological monitoring network (Author: U. Pavlič)



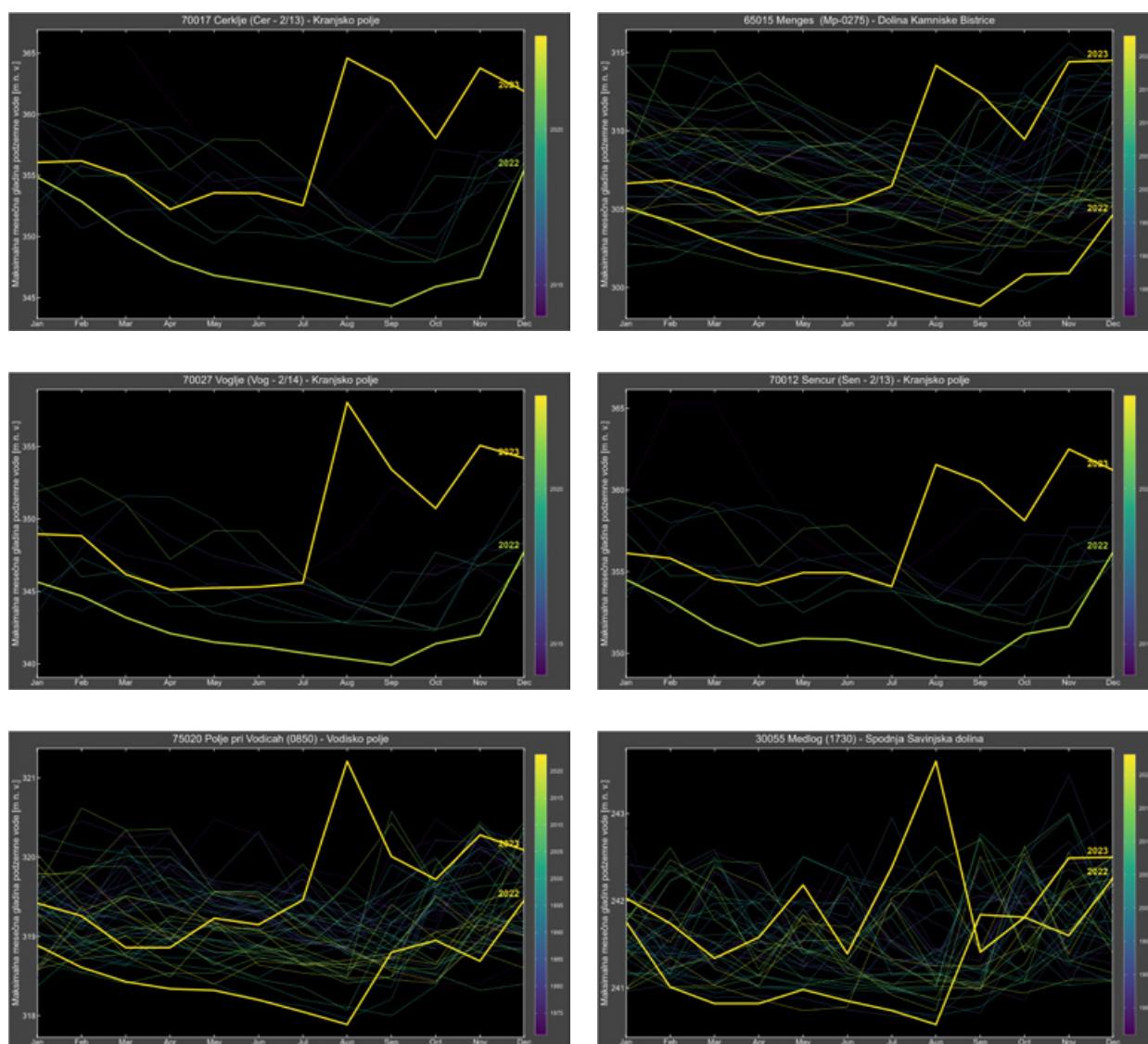
V vodonosniku prodni zasip Kamniške Bistrice je bila največja globina do podzemne vode leta 2022 izmerjena na merilnih postajah Mengeš (MP-0275) z več kot 34 metri. Precejšnja globina podzemne vode je bila leta 2022 dosežena tudi v Mengšu (Men-2/14) in Preserjah (0430), kjer je presegla 22 metrov. Razpon nihanja gladine podzemne vode med letoma 2022 in 2023 je bil v Mengšu (MP-0275) približno 15, v Preserjah pa približno 12 metrov.

V drugih vodonosnikih povprečna amplituda nihanja ni presegla pet metrov (preglednica 1 in slika 6).

Mesečne najnižje gladine podzemne vode so se leta 2022 izrazito razlikovale od vrednosti leta 2023. Največja razlika med minimalno mesečno izmerjeno

gladino podzemne vode leta 2022 in minimalno mesečno gladino leta 2023 je bila na večini merilnih mest dosežena ob koncu poletja oziroma v začetku jeseni, torej avgusta ter septembra. Večja izjema so globlji vodonosniki v osrednji Sloveniji (Kranjsko polje, Sorško polje, prodni zasip Kamniške Bistrice in Ljubljansko polje) ter deli Dravskega polja, kjer se je omenjena razlika v gladinah podzemne vode na največ merilnih mestih začela v zadnji četrtini koledarskega leta (slika 7).

Primerjava minimalnih mesečnih gladin podzemne vode leta 2022 s primerljivimi izmerjenimi vrednostmi leta 2023 kaže, da je bila največja razlika v višinah gladin v vodonosnikih Kranjsko polje in prodni zasip Kamniške Bistrice, in sicer septembra na merilnih



**Slika 8:** Maksimalne mesečne gladine podzemne vode v letih 2022 in 2023 glede na primerljive višine gladin v preteklih letih na izbranih merilnih mestih mreže hidrološkega monitoringa (avtorica: U. Pavlič)

**Figure 8:** Maximal monthly groundwater levels in 2022 and 2023 according to comparable level heights in previous years at selected measuring stations of the hydrological monitoring network (Author: U. Pavlič)



**Slika 9:** Fotografiji merilnih postaj, na katerih sta bili v letih 2022 in 2023 zabeleženi novi rekordno nizka in visoka višina gladin podzemne vode (Polje pri Vodica – levo, Medlog 1971 – desno) (foto: arhiv ARSO)

**Figure 9:** Photos of the measuring stations at which new record (low and high) groundwater levels were recorded in 2022 and 2023 (Left: Polje pri Vodica, Right: Medlog 1971)

postajah Cerklje na Gorenjskem (14,18 m) in Šenčur (9,11 m), decembra pa na merilnih postajah Mengeš (11,91 m) ter Voglje (10,34 m) (slika 7).

Največje razlike med maksimalno izmerjeno mesečno gladino podzemne vode med letoma 2022 in 2023 so bile na največ merilnih mestih avgusta (slika 8).

Podobno primerjavo kot za minimalne višine mesečnih gladin smo ponovili za maksimalne mesečne višine v letih 2022 in 2023. Največja razlika v maksimalnih višinah med omenjenima letoma je bila izmerjena na istih merilnih mestih kot največja razlika v minimalnih višinah gladin podzemne vode. Na merilnih postajah v vodonosnikih Kranjsko polje in prodni zasip Kamniške Bistrice je bila največja razlika maksimalnih mesečnih višin izmerjena avgusta na merilnih postajah Cerklje na Gorenjskem (19,58 m), Šenčur (11,92 m), Mengeš (14,67 m) in Voglje (17,71 m) (slika 8).

Na slikah 7 in 8 izpostavljam tudi merilni postaji Polje pri Vodica in Mengeš, na katerih sta bili v samo dveh letih izmerjeni rekordni tako minimalna kot tudi

maksimalna višina gladine podzemne vode v dolgoletnem obdobju meritev. Opazovanje višin gladin podzemne vode na merilni postaji Polje pri Vodica (Vodice-Skaručna) poteka že od leta 1971, na merilni postaji Medlog 1971 (Spodnjesavinjsko polje) pa od leta 1981 (slika 9). Razvidno je, da sta bili na teh dveh merilnih postajah med drugim tako minimalna mesečna gladina leta 2022 kot tudi maksimalna mesečna gladina leta 2023, kar kaže na izjemnost v dolgoletnih meritvah višin podzemne vode v zadnjih 40 letih hidroloških opazovanj.

## SKLEPNE MISLI

Podnebje se spreminja, kar se posledično kaže tudi v nihanju količin podzemne vode. Tako smo bili v zadnjih desetletjih na eni strani priča pogostejšim in intenzivnejšim hidrološkim sušam podzemne vode (Mikulič in sod., 2003; Pavlič, 2013; Pavlič, 2021; Frantar, 2023; Pavlič, 2024), na drugi strani pa nadpovprečno velikim količinam obnavljanja podzemne vode (Andjelov, 2023; Pavlič, 2014).

Podnebni scenariji do konca 21. stoletja za Slovenijo kažejo na pozitiven trend naraščanja povprečne letne temperature zraka, pri količini padavin pa zamenja sprememb niso tako enotna (Bertalanič in sod., 2018). Poleti se sicer večje spremembe v skupni količini padavin do sredine stoletja ne pričakujejo, manj pa bo padavinskih dni, kar pomeni, da bo večina padavin padla v zelo kratkem času. V skladu s tem lahko v prihodnjih poletjih pričakujemo močnejše in pogostejše nalive ter neurja, pogostejše pa se bomo srečevali tudi z vmesnimi sušnimi obdobji, ki bodo intenzivnejša zaradi vročine in nadpovprečne izsušenosti tal. V letih 2022 in 2023 se je napoved podnebnih projekcij potrdila, saj so bile v manj kot dveh koledarskih letih poleti ponekod na istih vodonosnikih ali celo na istih merilnih mestih leta 2022 izmerjene rekordno nizke, v isti sezoni naslednjega

leta pa rekordno visoke višine gladin podzemne vode v primerjavi z dolgoletnim referenčnim obdobjem meritev. V obeh letih je bilo največ novih rekordnih višin gladin podzemne vode izmerjenih avgusta.

Spremljanje količin podzemne vode je bistveno za ocenjevanje preteklih hidroloških dogodkov in načrtovanje ter uvajanje ukrepov pri prilagajanju na podnebne spremembe v sektorjih, povezanih s podzemno vodo. Šele z optimalnim načrtovanjem in izvajanjem hidrološkega monitoringa podzemnih voda, ki je odvisen od dolgoletnih nizov opazovanj na isti lokaciji, bomo tudi v prihodnje lahko pravočasno ter natančno ocenili jakosti in razsežnosti ekstremnih hidroloških dogodkov, ki smo jim bili priča v zadnjih letih, ter o njih pravočasno obveščali javnost in tako pripomogli k ustreznemu ukrepanju.

## Viri in literatura

1. Andjelov, M., 2021. Količinsko obnavljanje podzemne vode: [VD15]. Kazalci okolja v Sloveniji. <https://kazalci.arso.gov.si/sl/content/kolicinsko-obnavljanje-podzemne-vode-1>.
2. Berčon, M., 2023. Letno poročilo za leto 2022: Komunala Kranj. <https://www.komunala-kranj.si/documents/komunala-kranj/jan-24/Letno-porocilo-2022-končno.pdf>.
3. Bertalanič, R., Dolinar, M., Draksler, A., Honzak, L., Kobold, M., Lokošek, N., Medved, A., Sušnik, A., Vertačnik, G., Vlahovič, Ž., 2018. Ocena podnebnih sprememb v Sloveniji do konca 21. stoletja: sintezno poročilo – prvi del, MOP, ARSO. [https://meteo.arso.gov.si/uploads/probase/www/climate/text/sl/publications/OPS2\\_Porocilo.pdf](https://meteo.arso.gov.si/uploads/probase/www/climate/text/sl/publications/OPS2_Porocilo.pdf).
4. Dornik, M., 2016. Standardizirani padavinski indeks – izračun in analiza za Slovenijo. Diplomsko naloga. Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo. <https://repositorij.uni-lj.si/Dokument.php?id=86409>.
5. Frantar, P., 2023. Kratek pregled suše na podzemnih vodah leta 2022. Ujma, 37. <https://ojs-gr.zrc-sazu.si/ujma/article/view/9297>.
6. Kolenc, O., 2023. Hoja po pogorelem Krasu: uvid v »življenje po življenju«. Planinski vestnik, 12, letnik 123. <https://www.dlib.si/stream/URN:NBN:SI:doc-3X00JGYP/544cead8-42ec-4d67-8711-b3dc3f1ac1b9/pdf>.
7. Mikulič, Z., Andjelov, M., Savič, V., 2004. Prelomna suša podzemnih voda leta 2002. Ujma, 17/18. <https://ojs-gr.zrc-sazu.si/ujma/article/view/9116>.
8. Pavlič, U., 2013. Suša v vodonosnikih leta 2012. Ujma, 27. <https://ojs-gr.zrc-sazu.si/ujma/article/view/8675>.
9. Pavlič, U., 2014. Izjemno visoka/rekordna gladina podzemne vode v Pomurju spomladi leta 2013. Ujma, 28. <https://ojs-gr.zrc-sazu.si/ujma/article/view/8620>.
10. Pavlič, U., 2021. Suša v medzrnskih vodonosnikih v letih 2019 in 2020. Ujma, 34/35. <https://ojs-gr.zrc-sazu.si/ujma/article/view/8352>.
11. Pavlič, U., 2024. Hidrološka suša podzemnih vod: [PP13]. Kazalci okolja v Sloveniji. <https://kazalci.arso.gov.si/sl/content/hidroloska-susa-podzemnih-voda-0>.
12. Sušnik, A., Moderc, A., Vlahovič, Ž., Žun, M., 2023. Suša leta 2022 v obsegu naravne nesreče v kmetijski pridelavi. Ujma, 37. <https://ojs-gr.zrc-sazu.si/ujma/article/view/9298>.
13. Urbanc, J., Petrič, M., 2023. Pregled vodnih virov za dopolnilno oskrbo Slovenske Obale s pitno vodo. 34. Mišičev vodarski dan: zbornik, Maribor. <https://www.mvd20.com/mvd34/MVD34-pdf.pdf>.