**Republički hidrometeorološki zavod**

**Republika Srbija**

**Analiza hidrološke situacije na glavnim slivovima na teritoriji Republike Srbije za 2021. godinu**

**BEOGRAD, APRIL 2022. GODINE**

**SADRŽAJ**

1. Uvod ............................................................................................................................... 1

2. Reka Dunav .................................................................................................................... 2

2.1 Hidrološka stanica Bezdan ….................................................................................... 2

2.2 Hidrološka stanica Smederevo .................................................................................. 5

3. Reka Tisa ...................................................................................................................... 8

3.1 Hidrološka stanica Senta ........................................................................................... 8

4. Reka Sava ...................................................................................................................... 11

4.1 Hidrološka stanica Sremska Mitrovica ..................................................................... 11

5. Reka Velika Morava ...................................................................................................... 14

5.1 Hidrološka stanica Ljubičevski most ........................................................................ 14

6. Zaklјučak ....................................................................................................................... 17

**Spisak slika**

Slika 1: Grafički prikaz lokacija hidroloških stanica ....................................................... 1

Slika 2: Uporedni hidrogrami ekstremnih, srednjih i godišnjih protoka za reku Dunav

u profilu hidrološke stanice Bezdan .................................................................... 2

Slika 3: Histogrami i sumarne krive zapremina srednjemesečnih protoka za reku Dunav

u profilu hidrološke stanice Bezdan...................................................................... 3

Slika 4: Verovatnoće obezbeđenosti srednjemesečnih protoka za reku Dunav

u profilu hidrološke stanice Bezdan...................................................................... 4

Slika 5: Uporedni hidrogrami ekstremnih, srednjih i godišnjih protoka za reku Dunav

u profilu hidrološke stanice Smederevo............................................................... 5

Slika 6: Histogrami i sumarne krive zapremina srednjemesečnih protoka za reku Dunav

u profilu hidrološke stanice Smederevo................................................................ 6

Slika 7: Verovatnoće obezbeđenosti srednjemesečnih protoka za reku Dunav

u profilu hidrološke stanice Smederevo................................................................ 7

Slika 8: Uporedni hidrogrami ekstremnih, srednjih i godišnjih protoka za reku Tisu

u profilu hidrološke stanice Senta......................................................................... 8

Slika 9: Histogrami i sumarne krive zapremina srednjemesečnih protoka za reku Tisu

u profilu hidrološke stanice Senta.......................................................................... 9

Slika 10: Verovatnoće obezbeđenosti srednjemesečnih protoka za reku Tisu

u profilu hidrološke stanice Senta…..................................................................... 10

Slika 11: Uporedni hidrogrami ekstremnih, srednjih i godišnjih protoka za reku Savu

u profilu hidrološke stanice Sremska Mitrovica................................................... 11

Slika 12: Histogrami i sumarne krive zapremine srednjemesečnih protoka za reku Savu

u profilu hidrološke stanice Sremska Mitrovica................................................... 12

Slika 13: Verovatnoće obezbeđenosti srednjemesečnih protoka za reku Savu

u profilu hidrološke stanice Sremska Mitrovica................................................... 13

Slika 14: Uporedni hidrogrami ekstremnih, srednjih i godišnjih protoka za reku Veliku Moravu u profilu hidrološke stanice Ljubičevski most………............................ 14

Slika 15: Histogrami i sumarne krive zapremina srednjemesečnih protoka za reku Veliku Moravu u profilu hidrološke stanice Ljubičevski most........................................ 15

Slika 16: Verovatnoće obezbeđenosti srednjemesečnih protoka za reku Veliku Moravu

u profilu hidrološke stanice Ljubičevski most...................................................... 16

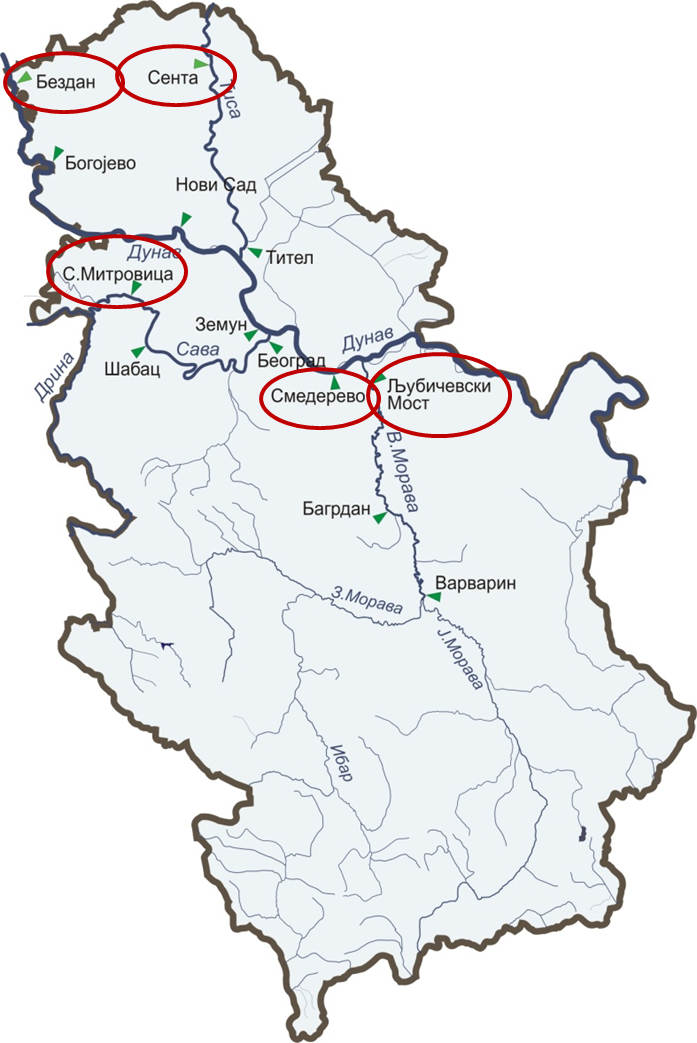
Slika 17: Uporedni hidrogrami za reke Dunav, Tisu, Savu i Veliku Moravu

za 2021. godinu .................................................................................................. 17

**1. Uvod**

Za analizu hidrološke situacije u 2021. godini korišćeni su podaci sa hidroloških stanica na Dunavu, Tisi, Savi i Velikoj Moravi. Izbor je učinjen sa cilјem da se dobije slika o hidrološkoj situaciji na svim većim rekama u Srbiji koje najveće količine vode dobijaju sa različitih geografskih regiona (Alpi i Centralna Evropa, Karpati i Balkansko poluostrvo).

Na teritoriji Republike Srbije, za hidrološku analizu korišćeni su podaci sa hidroloških stanica Bezdan i Smederevo na Dunavu, Senta na Tisi, Sremska Mitrovica na Savi i Ljubičevski most na Velikoj Moravi (slika 1.). Za hidrološku analizu su korišćeni istorijski podaci o protocima za ukupan period merenja zaklјučno sa 2021. godinom.



Slika 1. Grafički prikaz lokacija hidroloških stanica

**2. Reka Dunav**

**2.1 Hidrološka stanica Bezdan**

Na slici 2. prikazane su računske vrednosti protoka za 2021. godinu, kao i karakteristični protoci reke Dunav u profilu hidrološke stanice Bezdan.

Slika 2. Uporedni hidrogrami ekstremnih, srednjih i godišnjih protoka za reku Dunav u profilu hidrološke stanice Bezdan

Na osnovu hidrograma i podataka o protocima u profilu hidrološke stanice Bezdan, može se konstatovati da su vrednosti protoka bile ispod višegodišnjeg proseka u januaru, da bi u februaru došlo do prvog porasta. Nakon toga su protoci bili u opadanju, od marta do aprila su se protoci kretali ispod prosečnih, a u maju protoci ponovo rastu i do jula se kreću oko prosečnih vrednosti. Tada dolazi do novog, trećeg porasta, da bi protok 24. jula dostigao svoju maksimalnu godišnju vrednost za 2021. godinu koja je iznosila **Qmaks.god. = 4110 m3/s**. U avgustu i početkom septembra se beleže još dva, manja porasta, a protoci se kreću oko prosečnih vrednosti. Sredinom septembra dolazi do recesije protoka, koji do kraja godine opadaju i zadržavaju se na vrednostima manjim od višegodišnjih proseka.Minimalna vrednost protoka za 2021. godinu je zabeležena 27. novembra i iznosila je **Qmin.god. = 1060 m3/s**.

Urađena je i analiza zapremina protekle vode pomoću histograma zapremina srednjemesečnih protoka i sumarnih (kumulativnih) krivih zapremina prikazanih na dijagramu na slici 3.

Slika 3. Histogrami i sumarne krive zapremina srednjemesečnih protoka za reku Dunav u profilu hidrološke stanice Bezdan

Izvršeno je poređenje ukupno proteklih voda Dunava u profilu hidrološke stanice Bezdan za prosečnu godinu (raspoloživi višegodišnji prosek) i za 2021. godinu (slika 3.), odakle se može zaklјučiti da su prva dva meseca 2021. godine bila prosečno vodna. Od marta do maja protoci su bili ispod proseka. Od juna do septembra zapremina protekle vode je bila oko proseka, da bi u oktobru, novembru i decembru bili ponovo ispod proseka. Većim delom godine zapremina protekle vode je odgovarala višegodišnjem proseku, izuzev u martu, aprilu, oktobru, novembru i decembru kada su bili ispod, odnosno u februaru kada su protoci bili nešto iznad višegodišnjeg proseka.

Ukupno gledano, tokom cele 2021. godine, sumarna kriva zapremine se kretala oko prosečne višegodišnje krive, rezultirajući na kraju godišnjim zapreminskim deficitom u odnosu na prosek od oko 6420×106 m3, na osnovu čega, kada je u pitanju Dunav kod Bezdana, ovu godinu možemo smatrati malovodnom godinom.

Izvršena je i dodatna, statistička analiza srednjemesečnih protoka, a na slici 4. su prikazani srednjemesečni protoci za 2021. godinu zajedno sa računskim srednjemesečnim protocima karakterističnih verovatnoća pojave u profilu hidrološke stanice Bezdan na Dunavu.

Slika 4: Verovatnoće obezbeđenosti srednjemesečnih protoka za reku Dunav u profilu hidrološke stanice Bezdan

Sa dijagrama na slici 4. uočava se da su srednjemesečni protoci Dunava kod Bezdana u 2021. godini u januaru 2021. godine kretali oko vrednosti koje odgovaraju obezbeđenosti od oko 30%, da bi zatim u februaru porasli do vrednosti koje odgovaraju obezbeđenosti od 10%. U martu protoci su opali na 80% obezbeđenosti, u aprilu se približili 95% obezbeđenosti, da bi se od maja do septembra kretali oko 50% obezbeđenosti. U oktobru su protoci ponovo opali na 80% obezbeđenosti, što u domenu malih voda odgovara povratnom periodu od 5 godina, gde su ostali do kraja godine.

**2.2 Hidrološka stanica Smederevo**

Za deonicu toka Dunava, nizvodno od uliva Save i Tise, analizirani su podaci za hidrološku stanicu Smederevo koji su prikazani na hidrogramu na slici 5.

Slika 5. Uporedni hidrogrami ekstremnih, srednjih i godišnjih protoka za reku Dunav u profilu hidrološke stanice Smederevo

Analizom dijagrama na slici 5. uočava se da su vrednosti protoka Dunava u profilu hidrološke stanice Smederevo u januaru bili iznad, a u februaru i znatno iznad višegodišnjih proseka. Sredinom februara protoci su dostigli anvelopu maksimalnih protoka, a u periodu od 11. do 14. februara zabeležene su maksimalne dnevne vrednosti protoka. Maksimalni godišnji protok je zabeležen 16. februara i iznosio je **Qmaks.god. = 9668 m3/s**. Od marta do polovine maja, protoci su opali i bili su ispod proseka, da bi od druge polovine maja pa sve do polovine septembra varirali oko prosečnih vrednosti. Od druge polovne septembra protoci su ponovo opali ispod proseka, gde su se zadržali do kraja godine sa povremenim, kratkotrajnim porastima kojima su dostizali prosečnu vrednost. U novembru protoci su se, na kratko, približili anvelopi minimuma protoka, da bi godišnji minimum bio dostignut 3. novembra i iznosio je **Qmin.god. = 2150 m3/s**.

Potvrda prethodne tvrdnje se može izvesti i na osnovu uvida u histograme zapremina srednjemesečnih protoka i odgovarajućih sumarnih krivih zapremina srednjemesečnih protoka (slika 6.).

Slika 6. Histogrami i sumarne krive zapremina srednjemesečnih protoka za reku Dunav u profilu hidrološke stanice Smederevo

Poredeći ukupno protekle vode Dunava u profilu hidrološke stanice Smederevo sa višegodišnjim prosekom, može se zaklјučiti da su prva dva meseca 2021. godine bila natprosečno vodna. Od marta protoci su u opadanju i sve do avgusta variraju oko prosečnih višegodišnjih vrednosti. Od septembra do novembra sumarna kriva zapremine srednje mesečnog protoka opada ispod prosečne višegodišnje sumarne krive, da bi tokom decembra protoci bili oko prosečnih.

Ukupno gledano, tokom cele 2021. godine, sumarna kriva zapremine uglavnom se kretala oko prosečne višegodišnje krive, a deficit stvaran od septembra do novembra rezultirao je na kraju godišnjim zapreminskim deficitom u odnosu na prosek od oko 13450×106 m3. Na osnovu toga, kada je u pitanju Dunav kod hidrološke stanice Smederevo, 2021. godinu možemo smatrati prosečno vodnom godinom.

Na slici 7. su prikazani srednjemesečni protoci za 2021. godinu zajedno sa statistički sračunatim srednjemesečnim protocima karakterističnih verovatnoća pojave u profilu hidrološke stanice Smederevo na Dunavu.

Slika 7. Verovatnoće obezbeđenosti srednjemesečnih protoka za reku Dunav u profilu hidrološke stanice Smederevo

Sa dijagrama na slici 7. uočava se da su se srednjemesečni protoci Dunava kod Smedereva u 2021. godini u prva dva meseca kretali iznad vrednosti koje odgovaraju obezbeđenosti od 30%. U februaru su čak i prevazišli obezbeđenost od 10%. Zatim su, tokom marta opali na vrednosti obezbeđenosti ispod 80%, da bi se, nakon porasta u drugoj polovini aprila, od maja do septembra kretali oko vrednosti koje odgovaraju obezbeđenosti od 50%, što u domenu malih voda odgovara povratnom periodu od 2 godine. U periodu od oktobra do novembra, protoci su opali na vrednosti od obezbeđenosti od 80%, da bi u decembru ponovo porasli i vratili se na vrednosti koje odgovaraju obezbeđenosti od 50%.

**3. Reka Tisa**

**3.1 Hidrološka stanica Senta**

Na slici 8. prikazan je hidrogram reke Tise za 2021. godinu u profilu hidrološke stanice Senta sa odgovarajućim anvelopama minimalnih i maksimalnih protoka i višegodišnjim prosekom.

Slika 8. Uporedni hidrogrami ekstremnih, srednjih i godišnjih protoka za reku Tisu u profilu hidrološke stanice Senta

Na osnovu hidrograma prikazanih na slici 8. može se konstatovati da su vrednosti protoka Tise kod hidrološke stanice Senta tokom cele 2021. godine bili uglavnom nešto ispod višegodišnjeg proseka, sa izuzetkom januara, februara i druge polovine maja kada su bili iznad višegodišnjeg proseka. Maksimalni protok za 2021. godinu zabeležen je 27. februara i iznosio je **Qmaks.god. = 1885 m3/s**. U drugoj polovini godine dolazi do opadanja vrednosti protoka ispod višegodišnjeg proseka i takvo stanje se zadržava do decembra kada protoci počinju ponovo da rastu dostižući prosek na kraju godine. Minimalni protok za 2021. godinu zabeležen je 29. oktobra i iznosio je **Qmin.god.= 175 m3/s.**

Za potvrdu prethodnih navoda izvršeno je poređenje histograma i sumarnih krivih zapremina srednjemesečnih protoka prikazanih na slici 9.

Slika 9. Histogrami i sumarne krive zapremina srednjemesečnih protoka za reku Tisu u profilu hidrološke stanice Senta

Poredeći ukupno protekle vode Tise u profilu hidrološke stanice Senta sa višegodišnjim prosekom, može se zaklјučiti da su januar, februar, mart i maj bili natprosečno vodni, a u aprilu i od juna do decembra protoci su bili ispotprosečno vodni. Sumarno gledano na godišnjem nivou, zapremina protekle vode je bila oko višegodišnjeg proseka, rezultirajući godišnjim zapreminskim deficitom u odnosu na prosek od oko 830×106 m3.

Na slici 10. su prikazani srednjemesečni protoci za 2021. godinu zajedno sa statistički sračunatim srednjemesečnim protocima karakterističnih verovatnoća pojava u profilu hidrološke stanice Senta na Tisi.

Slika 10. Verovatnoće obezbeđenosti protoka za reku Tisu u profilu hidrološke stanice Senta

Sa dijagrama na slici 10. uočava se da su se srednjemesečni protoci Tise kod hidrološke stanice Senta u 2021. godini u prva dva meseca kretali od 30% do preko 10%, da bi sredinom aprila pali na ispod 50% obezbeđenosti. U maju je došlo do porasta protoka, kada su kratkotrajno dostigli 30% obezbeđenosti, da bi potom opali, prvo na 50% u junu, a u avgustu i na 80% obezbeđenosti. U poslednja četiri meseca protoci su varirali između 50% i 80% obezbeđenosti.

**4. Reka Sava**

**4.1 Hidrološka stanica Sremska Mitrovica**

Na slici 11. prikazan je hidrogram reke Save za 2021. godinu u profilu hidrološke stanice Sremska Mitrovica sa odgovarajućim anvelopama minimalnih i maksimalnih protoka i višegodišnjim prosekom protoka.

Slika 11. Uporedni hidrogrami ekstremnih, srednjih i godišnjih protoka za reku Savu u profilu hidrološke stanice Sremska Mitrovica

Na osnovu hidrograma prikazanih na slici 11. može se konstatovati da su protoci reke Save kod hidrološke stanice Sremska Mitrovica u prva dva meseca 2021. godine bili iznad proseka, dostižuću u februaru anvelopu maksimalnih protoka. U danima od 04.-05. februara, zatim od 11.-12. kao i 14. februara, protoci su se izjednačili sa anvelopom maksimalnih rotoka, a maksimalni protok u 2021. godini zabeležen je 13. februara i iznosio je **Qmaks. god. = 3568 m3/s**. Nakon toga, dolazi do recesije protoka, koji, početkom marta opadaju prvo na prosečne vrednosti, a kasnije se spuštaju i ostaju ispod proseka sa izuzetkom jedne kratke epizode krajem maja kada dostižu i prestižu prosečne vrednosti. U drugoj polovini godine protoci su uglavnom bili ispod višegodišnjeg proseka, približavajući su u septembru anvelopi minimalnih protoka. Minimalni protok u 2021. godini zabeležen je 13. septembra i iznosio je **Qmin. god. = 295 m3/s**. U periodu od oktobra do decembra protoci variraju oko višegodišnjeg proseka.

Histogrami i sumarne krive zapremine protoka su izrađene i za profil hidrološke stanice Sremska Mitrovica na reci Savi (slika 12.).

Slika 12. Histogrami i sumarne krive zapremine srednjemesečnih protoka za reku Savu u profilu hidrološke stanice Sremska Mitrovica

Poredeći ukupno protekle vode Save u profilu hidrološke stanice Sremska Mitrovica sa višegodišnjim prosekom, može se zaklјučiti da su januar, februar i decembar 2021. godine bili iznad proseka, a ostatak godine ispod proseka.

Sumarno gledano na godišnjem nivou, zapremina protekle vode reke Save kod hidrološke stanice Sremska Mitrovica bila je oko višegodišnjeg proseka, rezultirajući godišnjim zapreminskim deficitom u odnosu na prosek od oko 3000 ×106 m3.

Na slici 13. su prikazani srednjemesečni protoci za 2021. godinu zajedno sa statistički sračunatim srednjemesečnim protocima karakterističnih verovatnoća pojave u profilu hidrološke stanice Sremska Mitrovica na Savi.

Slika 13. Verovatnoće obezbeđenosti srednjemesečnih protoka za reku Savu u profilu hidrološke stanice Sremska Mitrovica

Zaklјučuje se da su se srednjemesečni protoci u 2021. godini u prva dva meseca kretali oko 10% obezbeđenosti, zatim su u martu opali na na 80% obezbeđenosti, da bi u maju kratkotrajno porasli do 50% obezbeđenosti. Zatim su u junu ponovo opali na 80% obezbeđenosti i tu vrednost zadržavaju do novembra. U decembru protoci ponovo rastu dostižući 30% obezbeđenosti do kraja godine.

**5. Reka Velika Morava**

**5.1 Hidrološka stanica Ljubičevski most**

Na slici 14. prikazani su hidrogrami Velike Morave za 2021. godinu u profilu hidrološke stanice Ljubičevski most sa odgovarajućim anvelopama i višegodišnjim prosekom.

Slika 14. Uporedni hidrogrami ekstremnih, srednjih i godišnjih protoka za reku Veliku Moravu u profilu hidrološke stanice Ljubičevski most

Sa slike 14. jasno se uočava da su protoci Velike Morave u profilu hidrološke stanice Ljubičevski most u prva dva meseca 2021. godine bili znatno iznad proseka. U januaru su se protoci približili, a početkom februara i dostigli anvelopu maksimalnih vrednosti. Maksimalni godišnji protok zabeležen je 02. februara i iznosio je **Qmaks.god. = 1115 m3/s**. Nakon toga, protoci su prešli u recesiju, početkom marta su se spustili ispod višegodišnjeg proseka, da bi početkom aprila imali novi, manji porast. Nakon toga, protoci su opali na višegodišnji prosek, oko koga su se kretali sve do početka decembra, kada su porasli, i do kraja godine uglavnom bili iznad proseka. Minimalni godišnji protok zabeležen je 9. oktobra i iznosio je **Qmin. god.= 74.8 m3/s**.

Interesantno je pogledati i odgovarajuće histograme i sumarne krive zapremina protoka na slici 15.

Slika 15. Histogrami i sumarne krive zapremina srednjemesečnih protoka za Veliku Moravu u profilu hidrološke stanice Ljubičevski most

Poredeći ukupno protekle vode Velike Morave u profilu hidrološke stanice Ljubičevski most sa višegodišnjim prosekom, može se zaklјučiti da su januar, februar i april 2021. godine bili natprosečno vodni, a u martu i u periodu od maja do novembra protoci su se kretali oko prosečnih vrednosti, da bi decembar opet bio iznad proseka.

Sumarno gledano na godišnjem nivou, za razliku od ostalih hidroloških stanica, reka Velika Morava kod Ljubičevskog mosta je ostvarila godišnji zapreminski suficit u odnosu na prosek i to u iznosu od oko 1400×106 m3.

Na slici 16. su prikazani srednjemesečni protoci za 2021. godine zajedno sa ststistički sračunatim protocima karakterističnih verovatnoća pojave u profilu hidrološke stanice Ljubičevski Most na Velikoj Moravi.

Slika 16. Verovatnoće obezbeđenosti srednjemesečnih protoka za hid. stanicu Ljubičevski most

Sa dijagrama na slici 16. zaklјučuje se da su srednjemesečni protoci u prva četiri meseca 2021. godine varirali između 10% i 30% obezbeđenosti. Tokom maja, usled smanjenja, protoci su opali na 50% obezbeđenosti. Iako su protoci i dalјe opadali, od avgusta do septembra protoci su bili na nivou od oko 30% obezbeđenosti, da bi u novembru ponovo opali na 50% obezbeđenosti. Konačno, u decembru usled porasta protoka, ponovo su se vratili na 30% obezbeđenosti. Zaklјučuje se da su tokom cele 2021. godine protoci varirali od preko 10% do 50% obezbeđenosti i da nisu, kao kod ostalih hidroloških stanica nijednom dostigli 80% obezbeđenosti.

**6. Zaklјučak**

Poređenjem hidrograma registrovanih u profilima hidroloških stanica Bezdan i Smederevo na Dunavu, Senta na Tisi, Sremska Mitrovica na Savi i Ljubičevski most na Velikoj Moravi (slika 17.), možemo konstatovati da su tokom 2021. godine zabeležena dva veća porasta tokom februara i maja.

Slika 17. Uporedni hidrogrami za reke Dunav, Tisu, Savu i Veliku Moravu za 2021. godinu

***Reka Dunav u profilu hidrološke stanice Bezdan:*** februar i avgust su bili iznadprosečno vodni, mart, april, oktobar i novembar ispodprosečno vodni, ostatak godine prosečno vodan. Sveukupno, 2021. godina je u profilu hidrološke stanice Bezdan na Dunavu bila manje vodna godina u odnosu na višegodišnji prosek.

***Reka Dunav u profilu hidrološke stanice Smederevo:*** januar i februar su bili nadprosečno vodni, mart, april, oktobar i novembar ispodprosečno vodni, a ostatak godine je bio u nivou prosečnih višegodišnjih protoka. Sveukupno, 2021. godina je u profilu hidrološke stanice Smederevo na Dunavu bila prosečno vodna.

***Reka Tisa u profilu hidrološke stanice Senta:*** januar, februar, mart i maj su bili iznad prosečnih vrednosti, a ostali deo godine je bio ispod prosečnih vrednosti. Sveukupno, 2021. godina je u profilu hidrološke stanice Senta na Tisi bila prosečno vodna u odnosu na višegodišnji prosek.

***Reka Sava u profilu hidrološke stanice Sremska Mitrovica:*** januar, februar, i decembar su bili vodni iznad proseka, a ostatak godine je bio ispod proseka u odnosu na odgovarajuće prosečne višegodišnje protoke. Sveukupno, 2021. godina je u profilu hidrološke stanice Sremska Mitrovica na Savi bila prosečno vodna u odnosu na višegodišnji prosek.

***Reka Velika Morava u profilu hidrološke stanice Ljubičevski most:***  januar, februar, april i decembar su bili natprosečno vodni, mart i period od juna do septembra oko proseka, a samo su oktobar i novembar bili manje vodni u odnosu na odgovarajuće prosečne višegodišnje protoke. Sveukupno, Velika Morava je u 2021. godini u profilu hidrološke stanice Ljubičevski most bila natprosečno vodna u odnosu na višegodišnji prosek.

Prosečni mesečni protoci Dunava, Tise i Velike Morave u domenu malih voda bili su na nivou povratnog perioda od 2 godine, dok su prosečni mesečni protoci Save u domenu malih voda većim delom 2021. godine bili na nivou povratnog perioda od 5 godina.

Iz gore navedenog, može se zaklјučiti da je 2021. godina u hidrološkom smislu na teritoriji Srbije bila prosečno vodna godina.