

Analiza vodnog otiska studenata Kemijskog - tehnološkog fakulteta u Splitu

Terzić, Ana

Master's thesis / Diplomski rad

2019

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Split, Faculty of Chemistry and Technology / Sveučilište u Splitu, Kemijsko-tehnološki fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:167:969930>

Rights / Prava: [In copyright](#)/[Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2024-11-27**

Repository / Repozitorij:

[Repository of the Faculty of chemistry and technology - University of Split](#)



SVEUČILIŠTE U SPLITU
KEMIJSKO-TEHNOLOŠKI FAKULTET

**ANALIZA VODNOG OTISKA STUDENATA KEMIJSKOG –
TEHNOLOŠKOG FAKULTETA U SPLITU**

DIPLOMSKI RAD

ANA TERZIĆ

Matični broj: 241

Split, listopad 2019.

SVEUČILIŠTE U SPLITU
KEMIJSKO-TEHNOLOŠKI FAKULTET
DIPLOMSKI STUDIJ KEMIJSKE TEHNOLOGIJE
ZAŠTITA OKOLIŠA

**ANALIZA VODNOG OTISKA STUDENATA KEMIJSKOG –
TEHNOLOŠKOG FAKULTETA U SPLITU**

DIPLOMSKI RAD

ANA TERZIĆ

Matični broj: 241

Split, listopad 2019.

UNIVERSITY OF SPLIT
FACULTY OF CHEMISTRY AND TECHNOLOGY
GRADUATE STUDY OF CHEMICAL TECHNOLOGY
ENVIRONMENTAL PROTECTION

**THE ANALYSIS OF THE WATER FOOTPRINT OF STUDENTS
FROM THE FACULTY OF CHEMISTRY AND TECHNOLOGY IN
SPLIT**

DIPLOMA THESIS

ANA TERZIĆ

Parent number: 241

Split, October 2019

TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

DIPLOMSKI RAD

Sveučilište u Splitu
Kemijsko-tehnološki fakultet u Splitu
Diplomski studij kemijske tehnologije: Zaštita okoliša

Znanstveno područje: Tehničke znanosti

Znanstveno polje: Kemijsko inženjerstvo

Tema rada je prihvaćena na 19. sjednici Fakultetskog vijeća Kemijsko tehnološkog fakulteta održanoj 23.11.2018.

Mentor: prof. dr. sc. Nediljka Vukojević Medvidović

ANALIZA VODNOG OTISKA STUDENATA KEMIJSKOG – TEHNOLOŠKOG FAKULTETA U SPLITU

Ana Terzić, 241

Sažetak:

Vodni otisak, kao pokazatelj održivosti, mjeri količinu vode koja se izravno i neizravno uporabila u proizvodnji svakog proizvoda i usluge. Može se izračunati na razini jednog procesa, pojedinačnog proizvoda ili usluge, pojedinca, tvrtke ili društvene zajednice nekog geografskog područja (npr. regije ili države). U ovom radu analiziran je vodni otisak studenata Kemijsko-tehnološkog fakulteta u Splitu (KTF). Pripremljen je upitnik za vodni otisak sukladno kalkulatoru dostupnim na web stranici: <https://www.watercalculator.org>. Anketa vodnog otiska je provedena na uzorku studenata, a rezultati upitnika su obrađeni prema navedenom kalkulatoru te uspoređeni sa srednjom vrijednošću vodnog otiska Sjedinjenih Američkih Država (SAD). Rezultati pokazuju da ukupni vodni otisak uključuje potrošnju vode unutar kućanstva (za tuširanje, kupanje u kadi, na umivaoniku, u vodokotliću, u sudoperu, za pranje posuđa, odjeće te potrošnju sive vode), potrošnju vode izvan kućanstva (za zalijevanje travnjaka i vrta, potrošnja vode za bazen, za pranje automobila, potrošnja kišnice) te virtualnu potrošnju vode (vezanu uz način korištenja transporta, potrošnje energije, kupovne navike, potrošnje papira, plastike, boca i limenki, odjeće, načina prehrane te za kućne ljubimce). Virtualna potrošnja vode u najvećoj mjeri doprinosi ukupnoj vrijednosti vodnog otiska (86,8 – 94,1%), potrošnja vode unutar kućanstva u manjoj mjeri (5,7-13,2%), dok je udio potrošnje vode izvan kućanstva u ukupnom vodnom otisku skoro zanemariv (< 0,2%). To ukazuje da se najveći pomaci u smanjenju vodnog otiska kod studenata KTF mogu postići racionalizacijom virtualne potrošnje vode, i to racionalizacijom kupovnih navika i načina prehrane. Izračun vodnog otiska se pokazao kao jednostavan alat u osvještavanju studenata o njihovoj stvarnoj potrošnji vode i utjecaju na vodni ekosustav.

Ključne riječi: vodni otisak, potrošnja vode unutar kućanstva, potrošnja vode izvan kućanstva, potrošnja virtualne vode

Rad sadrži: 48 stranica, 5 tablica, 26 slika

Jezik izvornika: Hrvatski

Sastav Povjerenstva za obranu:

1. Doc. dr. sc. Marin Ugrina - predsjednik
2. Izv. prof. dr. sc. Miroslav Labor – član
3. Prof. dr. sc. Nediljka Vukojević Medvidović – član - mentor

Datum obrane: 30. listopada 2019.

Rad je u tiskanom i elektroničkom (pdf format) obliku pohranjen u Knjižnici Kemijsko-tehnološkog fakulteta u Split, Ruđera Boškovića 35.

BASIC DOCUMENTATION CARD

DIPLOMA THESIS

University of Split
Faculty of Chemistry and Technology Split
Graduate study of chemical technology: Environmental protection

Scientific area: Technical science

Scientific field: Chemical engineering

Thesis subject was approved by Faculty Council of Faculty of Chemistry and Tehnology, session no. 19 from 23rd Nov.2018.

Mentor: PhD, Nediljka Vukojević Medvidović, full prof.

THE ANALYSIS OF THE WATER FOOTPRINT OF STUDENTS FROM THE FACULTY OF CHEMISTRY AND TECHNOLOGY IN SPLIT

Ana Terzić, 241

Abstract:

Water footprint, as an indicator of sustainability, measures the amount of water used directly and indirectly to produce every goods and services. It can be calculated at the level of a single process, individual product or service, on personal level or level of company or community of a specific geographical area (eg region or country). In this paper, the analysis the water footprint of students at the Faculty of Chemistry and Technology in Split (KTF) has been performed. A water footprint questionnaire has been prepared according to the calculator available on the website: <https://www.watercalculator.org>. The survey was conducted on a sample of students, and the results of the questionnaire were processed according to the above calculator and compared to the mean value of the water footprint of the United States of America (USA). The results show that the total water footprint includes indoor water consumption (for showering, bathing in the bathtub, on the sink, flushing the toilet, in the sink, washing dishes, clothes and consuming grey water), outdoor water consumption (for watering lawns and gardens, pool water use, car wash, rainwater consumption) and virtual water consumption (related to transportation, energy, shopping habits, consumption of paper, plastic, bottles and cans, clothing, diet habits and for pets). Virtual water consumption contributes most to the total value of the water footprint (86,8 – 94,1%), indoor water consumption to a smaller extent (5,7-13,2%), while the share of outdoor water consumption is almost negligible (<0,2%). This indicates that the biggest shift in reducing the water footprint for students of the KTF can be achieved by rationalizing virtual water consumption, ie. rationalizing shopping and diet habits. Water footprint calculation has proven to be a simple tool in making students aware of their actual water consumption and impact on the aquatic ecosystem.

Keywords: water footprint, consumption indoor water, consumption outdoor water, virtual water consumption

Thesis contains: 48 pages, 5 tables, 26 pictures

Original in: Croatian

Defence committee:

1. PhD Marin Ugrina, asistant prof.
2. PhD Miroslav Labor, associate prof.
3. PhD Nediljka Vukojević Medvidović, full prof.

Defence date: October 30th 2019

Printed and electronic (pdf format) version of thesis is deposed in Library of Faculty of Chemistry and Technology in Split, Ruđera Boškovića 35.

Diplomski rad je izrađen u Zavodu za inženjerstvo okoliša, Kemijsko-tehnološkog fakulteta u Splitu pod mentorstvom prof. dr. sc. Nediljke Vukojević Medvidović, u razdoblju od siječnja do listopada 2019. godine.

ZAHVALA

Zahvaljujem se mentorici prof. dr. sc. Nediljki Vukojević Medvidović na predloženoj temi, stručnoj pomoći i savjetima, strpljenju i potpori tijekom izrade ovog rada. Zahvale upućujem i svojim kolegama koji su mi pomogli realizirati ovaj rad.

Posebno hvala mojim roditeljima, sestri i bratu na potpori i razumijevanju tijekom studija.

ZADATAK DIPLOMSKOG RADA

1. Pripremiti upitnik za vodni otisak temeljem pitanja koji su sastavni dio kalkulatora vodnog otiska s web stranice: <https://www.watercalculator.org>.¹
2. Provesti anketu na uzorku studenata druge godine diplomskog studija kemijske tehnologije, smjer zaštita okoliša, Kemijsko – tehnološkog fakulteta u Splitu.
3. Dobivene rezultate upitnika obraditi prema kalkulatoru vodnog otiska te rezultate prikazati tablično i grafički.
4. Dobivene rezultate usporediti sa srednjom vrijednošću vodnog otiska SAD te izvesti zaključke o vodnom otisku studenata Kemijsko- tehnološkog fakulteta u Splitu.

SAŽETAK

Vodni otisak, kao pokazatelj održivosti, mjeri količinu vode koja se izravno i neizravno uporabila u proizvodnji svakog proizvoda i usluge. Može se izračunati na razini jednog procesa, pojedinačnog proizvoda ili usluge, pojedinca, tvrtke ili društvene zajednice nekog geografskog područja (npr. regije ili države). U ovom radu analiziran je vodni otisak studenata Kemijsko-tehnološkog fakulteta u Splitu (KTF). Pripremljen je upitnik za vodni otisak sukladno kalkulatoru dostupnom na web stranici: <https://www.watercalculator.org>. Anketa vodnog otiska je provedena na uzorku studenata, a rezultati upitnika su obrađeni prema navedenom kalkulatoru te uspoređeni sa srednjom vrijednošću vodnog otiska Sjedinjenih Američkih Država (SAD). Rezultati pokazuju da ukupni vodni otisak uključuje potrošnju vode unutar kućanstva (za tuširanje, kupanje u kadi, na umivaoniku, u vodokotliću, u sudoperu, za pranje posuđa, odjeće te potrošnju sive vode), potrošnju vode izvan kućanstva (za zalijevanje travnjaka i vrta, potrošnja vode za bazen, za pranje automobila, potrošnja kišnice) te virtualnu potrošnju vode (vezanu uz način korištenja transporta, potrošnje energije, kupovne navike, potrošnje papira, plastike, boca i limenki, odjeće, načina prehrane te za kućne ljubimce). Virtualna potrošnja vode u najvećoj mjeri doprinosi ukupnoj vrijednosti vodnog otiska (86,8 – 94,1%), potrošnja vode unutar kućanstva u manjoj mjeri (5,7-13,2%), dok je udio potrošnje vode izvan kućanstva u ukupnom vodnom otisku skoro zanemariv (< 0,2%). To ukazuje da se najveći pomaci u smanjenju vodnog otiska kod studenata KTF mogu postići racionalizacijom virtualne potrošnje vode, i to racionalizacijom kupovnih navika i načina prehrane. Izračun vodnog otiska se pokazao kao jednostavan alat u osvještavanju studenata o njihovoj stvarnoj potrošnji vode i utjecaju na vodni ekosustav.

Ključne riječi: vodeni otisak, potrošnja vode unutar kućanstva, potrošnja vode izvan kućanstva, potrošnja virtualne vode

SUMMARY

Water footprint, as an indicator of sustainability, measures the amount of water used directly and indirectly to produce every goods and services. It can be calculated at the level of a single process, individual product or service, on personal level or level of company or community of a specific geographical area (eg region or country). In this paper, the analysis the water footprint of students at the Faculty of Chemistry and Technology in Split (KTF) has been performed. A water footprint questionnaire has been prepared according to the calculator available on the website: <https://www.watercalculator.org>. The survey was conducted on a sample of students, and the results of the questionnaire were processed according to the above calculator and compared to the mean value of the water footprint of the United States of America (USA). The results show that the total water footprint includes indoor water consumption (for showering, bathing in the bathtub, on the sink, flushing the toilet, in the sink, washing dishes, clothes and consuming grey water), outdoor water consumption (for watering lawns and gardens, pool water use, car wash, rainwater consumption) and virtual water consumption (related to transportation, energy, shopping habits, consumption of paper, plastic, bottles and cans, clothing, diet habits and for pets). Virtual water consumption contributes most to the total value of the water footprint (86,8 – 94,1%), indoor water consumption to a smaller extent (5,7-13,2%), while the share of outdoor water consumption is almost negligible (<0,2%). This indicates that the biggest shift in reducing the water footprint for students of the KTF can be achieved by rationalizing virtual water consumption, rationalizing shopping and diet habits. Water footprint calculation has proven to be a simple tool in making students aware of their actual water consumption and impact on the aquatic ecosystem.

Keywords: water footprint, consumption indoor water, consumption outdoor water, virtual water consumption

SADRŽAJ

| | |
|---|----|
| UVOD | 1 |
| 1.OPĆI DIO | 2 |
| 1.1.VODA I VODNI OTISAK..... | 3 |
| 1.2. VIRTUALNA VODA..... | 6 |
| 1.3. VODNI OTISAK PROCESA..... | 8 |
| 1.3.1. Izračun vodnog otiska procesa..... | 8 |
| 1.4. VODNI OTISAK POTROŠAČA..... | 10 |
| 1.5. VODNI OTISAK POJEDINCA..... | 11 |
| 1.5.1. Utjecaj načina prehrane i pripreme hrane na veličinu vodnog otiska pojedinca..... | 11 |
| 1.5.2. Utjecaj kontrolirane potrošnje vode unutar kućanstva na veličinu vodnog otiska pojedinca..... | 13 |
| 1.5.3. Utjecaj kontrolirane potrošnje vode izvan kućanstva na veličinu vodnog otiska pojedinca..... | 14 |
| 1.5.4. Utjecaj kontrolirane potrošnje vode za dobivanje energije na veličinu vodnog otiska pojedinca..... | 15 |
| 2.EKSPERIMENTALNI DIO | 16 |
| 3.OBRADA REZULTATA I RASPRAVA | 26 |
| 3.1. ANALIZA POTROŠNJE VODE UNUTAR KUĆANSTVA..... | 27 |
| 3.2. ANALIZA POTROŠNJE VODE IZVAN KUĆANSTVA..... | 32 |
| 3.3. ANALIZA POTROŠNJE VIRTUALNE VODE..... | 33 |
| 3.4. USPOREDBA POTROŠNJE VODE UNUTAR KUĆANSTVA, IZVAN KUĆANSTVA I VIRTUALNE VODE..... | 39 |
| 3.5. IZRAČUN VODNOG OTISKA..... | 41 |
| 4.ZAKLJUČAK | 44 |
| 5.LITERATURA | 46 |





















UVOD

Voda je osnova života i potrebna je svakom živom biću. Čovjek bez hrane može izdržati i do dva mjeseca, ali bez vode ne može živjeti više od nekoliko dana. Voda sačinjava oko 72% tjelesne težine čovjeka te oko 70% površine Zemlje zbog čega se Zemlja naziva vodni ili plavi planet. Od ukupne količine vode na Zemlji, 97,5% sačinjava slana voda, a slatka samo 2,5%. Od toga je 30% podzemna voda, 69,9% voda u ledenjacima, a ostatak su rijeke i jezera. Od ukupne količine vode na Zemlji manje od 1% je dostupno za ljudsku uporabu. Voda se upotrebljava u kućanstvu (za piće, pranje, čišćenje, kuhanje, itd.), poljoprivredi (za navodnjavanje), industriji (industrijska sirovina i pogonsko sredstvo), stočarstvu, kao transportni medij, prostor za rekreaciju i sport. Voda se na Zemlji nalazi već stotine milijuna godina i neprestano kruži kroz hidraulički ciklus. Na tom kružnom putu izmjenjuju se slijedeći procesi (isparavanje, kondenzacija, oborine, površinsko otjecanje, infiltracija, podzemno protjecanje). Zahvaljujući hidrološkom ciklusu, zalihe slatke vode na Zemlji stalno se obnavljaju. Ovaj proces se godišnje ponavlja oko 42 puta. Obzirom na gustoću naseljenosti geografska raspodjela vode, posebice slatke vode, vrlo je različita. Oskudica vode najviše pogađa siromašne krajeve svijeta ograničavajući njihov gospodarski razvitak. Postojeća oskudica u zalihama pitke vode nanosi velike štete, ugrožava zdravlje ljudi i predmet je različitih sukoba. Kako su obnovljive zalihe pitke vode konstantne, stalni trend porasta potrošnje vode, uz povećani broj stanovnika rezultira stalnim smanjivanjem raspoloživih zaliha pitke vode po stanovniku. Hrvatska je bogata vodom, ali je njezina dostupnost također nejednolika. Otoci i neki dijelovi Hrvatske još uvijek se suočavaju s nestašicom vode, posebno u ljetnim mjesecima i za vrijeme turističke sezone. S druge strane, urbana područja u većoj mjeri imaju riješene vodoopskrbne sustave. Da bi se izbjegla „kriza vode“ u budućnosti, uz ograničene i konačne vodne resurse, iskorištavanje vode mora biti mnogo racionalnije i učinkovitije nego što je danas. U nastojanju da se ukaže na ulogu i značaj vode u očuvanju života na Zemlji, uvode se različiti pokazatelji održivosti kojima je cilj ojačati svijest o potrebi uštede vode. Jedan od tih ekoloških pokazatelja je i vodni otisak.¹⁻⁷ U ovom će se radu provesti analiza vodnog otiska na uzorku studenata druge godine diplomskog studija Kemijske tehnologije na Kemijskom-tehnološkom fakultetu u Splitu.









1. OPĆI DIO

1.1. VODA I VODNI OTISAK

Svi proizvodi ili usluge koji izravno ili neizravno zadovoljavaju ljudske potrebe, koriste vodu, pri čemu nastaju velike količine otpadne vode. Stoga se može reći da je ukupna potrošnja vode i onečišćenje nastalo njenom uporabom, rezultat zbroja nezavisnih aktivnosti. U nastojanju da se sve te nezavisne aktivnosti koje koriste i onečišćuju vodne resurse, prikažu preko zajedničkog pokazatelja, predložen je vodni otisak. Vodni otisak (*engl. water footprint*) mjeri količinu vode koja se uporabila u proizvodnji proizvoda ili usluge, za jedan proces, pojedinca ili zemlju.^{8,9} Može se izračunati na razini jednog procesa, pojedinačnog proizvoda ili usluge, pojedinca, tvrtke ili društvene zajednice nekog geografskog područja (npr. regije ili države). Koncept vodnog otiska utemeljio je nizozemski znanstvenik Arjen Y. Hoekstra 2002. godine.¹⁰ Kako bi se bolje razumjelo značenje vodnog otiska, na slikama 1.1. i 1.2. prikazana je potrošnja vode za proizvodnju različitih proizvoda. Tako se vidi da je za proizvodnju jedne naranče potrebno 50 litara vode. Zanimljiv je podatak da je za šalicu kave potrebno 140 litara vode, jer uključuje vodu za uzgoj biljke kave, za proces obrade zrna kave, pakiranje i transport do krajnjeg korisnika. Ako se konzumira više kave i ostalih proizvoda čiji je vodni otisak velik izravno se odražava na povećanu vrijednost „osobnog“ vodnog otiska. To ukazuje da je vodni otisak izravno povezan s životnim standardom, životnim navikama, ali i klimatskim pojasom u kojem se nalazi zemlja u kojoj se živi, zbog potreba navodnjavanja pri uzgoju biljaka.










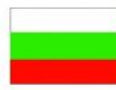






| | | | |
|---|---|---|---|
|  |  |  |  |
| 1 naranča 50 L vode | 1 jabuka 75 L vode | 100 g kokosa 250 L vode | 100 g riže 340 L vode |
|  |  |  |  |
| 100 g šećerne trske 150 L vode | 100 g pšenice 130 L vode | 100 g ječma 130 L vode | šnita pšeničnog kruha 40 L vode |
|  |  |  |  |
| 1 jaje 200 L vode | 100 g govedine 1550 L vode | 100 g piletine 390 L vode | 100 g svinjetine 480 L vode |
|  |  |  |  |
| 1 hamburger 2400 L vode | 100 g sira 500 L vode | 1 šalica kave 140 L vode | 100 ml mlijeka 100 L vode |
|  |  |  |  |
| 250 ml piva 75 L vode | 1 šalica čaja 30 L vode | 125 ml vina 120 L vode | 0,5 L soka od 170 L do 310 L vode |

Slika 1.1. Usporedba vodnih otisaka za različite namirnice¹¹

| | | | |
|---|---|---|---|
|  |  |  |  |
| 1 automobil 65 000 L vode | 1 osobno računalo 4000 L vode | 1 mobitel 912 L vode | 1 kaput 623 L vode |
|  |  |  |  |
| 1 par traperica 1 911 L vode | 1 kg kože 16 600 L vode | 1 pamučna majica 2 700 L vode | 1 A4 list papira 10 L vode |

Slika 1.2. Usporedba vodnih otisaka za različite uporabne predmete¹¹

Osim što se vodni otisak izračunava za pojedinca, za pojedinačni proces ili proizvod, također se izračunava i na razini zemlje. Vodni otisak pojedinih zemalja prikazan je na slici 1.3.

| | | | |
|---|---|---|---|
|  |  |  |  |
| Australija 2 315 m ³ godišnje/stanovniku | Kanada 2 333 m ³ godišnje/stanovniku | Japan 1 150 m ³ godišnje/stanovniku | Kina 700 m ³ godišnje/stanovniku |
|  |  |  |  |
| Rusija 1 852 m ³ godišnje/stanovniku | SAD 2 500 m ³ godišnje/stanovniku | Grčka 2338 m ³ godišnje/stanovniku | Mađarska 2 384 m ³ godišnje/stanovniku |
|  |  |  |  |
| Španjolska 2 000 m ³ godišnje/stanovniku | Bugarska 2 297 m ³ godišnje/stanovniku | Slovenija 2 012 m ³ godišnje/stanovniku | Rumunjska 1 689 m ³ godišnje/stanovniku |
|  |  |  |  |
| BiH 1 256 m ³ godišnje/stanovniku | Hrvatska 1 688 m ³ godišnje/stanovniku | Makedonija 1 348 m ³ godišnje/stanovniku | Srbija 2 390 m ³ godišnje/stanovniku |

Slika 1.3. Usporedba vodnih otisaka pojedinih zemalja¹¹

Vidljivo je da Kina ili Japan imaju najmanji vodni otisak, a najveći SAD. Za Hrvatsku je procijenjen vodni otisak od 1688 m³ godišnje po stanovniku. Vodni otisak mjeri količinu vode potrebne za proizvodnju svih dobara i usluga koje se konzumiraju na razini pojedinca, zajednice ili države te je pokazatelj izravne i neizravne potrošnje vode, što je prikazano slikom 1.4.



Slika 1.4. Prikaz izravne i neizravne potrošnje vode od strane potrošača¹²

Izravna potrošnja vode uključuje potrošnju vode koju izravno koristi pojedinac ili šira društvena zajednica, a neizravna potrošnja vode odnosi se na vodu koja se koristi za proizvodnju svih proizvoda koji se na neki način konzumiraju ili koriste (hrana, industrijski proizvodi, transport, potrošnja energije, itd.). Analiza vodnog otiska pridonosi strateškom upravljanju rizicima povezanih s vodom te poboljšanju vodne učinkovitosti i optimizaciji vodnog menadžmenta na proizvodnoj, procesnoj i organizacijskoj razini. Također, analiza vodnog otiska pomaže u informiranju donositelja odluka u industriji te vladinim i nevladinim organizacijama o njihovim potencijalnim ekološkim utjecajima povezanim s vodom.^{10,13} Temeljem navedenog razmatraju se sljedeći vodni otisci:

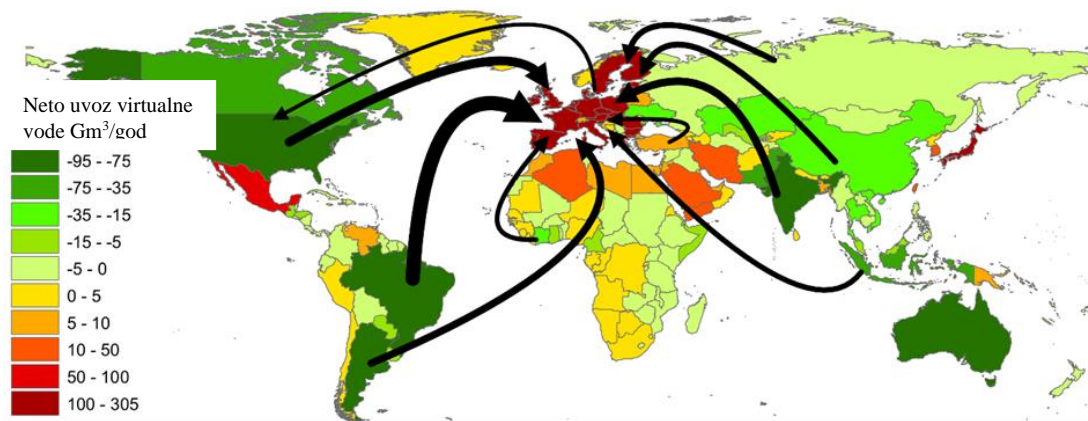
- Vodni otisak proizvoda – suma vodnih otisaka svakog koraka u procesu proizvodnje proizvoda.
- Vodni otisak potrošača – suma vodnih otisaka svih proizvoda koje konzumira potrošač
- Vodni otisak zajednice – suma vodnih otisaka njenih članova
- Vodni otisak nacionalne potrošnje – suma vodnih otisaka pripadnika nacije
- Vodni otisak poduzeća – suma vodnih otisaka konačnih proizvoda koje poduzeće proizvodi
- Vodni otisak unutar određenog geografskog područja – suma vodnih otisaka svih procesa koji se odvijaju u promatranom području¹⁰.

1.2. VIRTUALNA VODA

Koncept virtualne ili ugrađene vode je ekološki termin razvijen kao način razumijevanja potrošnje vode, kako bi zemlje s oskudnim zalihama vode svojim stanovnicima mogle osigurati hranu, odjeću i druge proizvode za koje je potrebna velika količina vode. Globalna trgovina robom omogućila je zemljama s ograničenim vodnim resursima da se oslone na vodne resurse drugih zemalja. Vodni otisak se za trgovanje hranom i drugim proizvodima na međunarodnoj razini prati u obliku virtualne vode. To omogućuje povezivanje vodnog otiska proizvodnje s vodnim otiskom potrošnje, gdje god se oni pojavljuju.

Kako zemlje rade na osiguravanju hrane, vode, energije i drugih bitnih resursa za dobrobit ljudi, sredstva za život i gospodarski razvoj zemlje, većina se zemalja oslanja na uvoz, kao i izvoz robe i usluga. Zemlja može nastojati biti samodostatna oslanjajući se prvenstveno na robu koja se može proizvesti unutar svojih granica i može odlučiti smanjiti opterećenje prirodnih resursa unutar svojih granica uvozom proizvoda koji intenzivno koriste vodu. Vodni otisak i njegovo prevođenje u virtualnu vodu omogućuje analizu izbora i njihovu međusobnu ovisnost. Povezivanjem s vodnim otiskom omogućuje da se utvrdi ovisnost o rizicima, u smislu oskudice i onečišćenja, što ima izravni utjecaj na opskrbu i izvor hrane te posljedično i na gospodarstvo.

Za zemlje s oskudnim zalihama vode ponekad može biti atraktivno uvesti virtualnu vodu (za uvoz proizvoda za čiju proizvodnju se troši više vode), čime se smanjuje potrošnja domaćih vodnih resursa. To se događa, primjerice u zemljama Bliskog Istoka i u Meksiku. Npr., Jordan zbog oskudnih zaliha izvora pitke vode, svoje resurse pronalazi upravo u virtualnoj vodi, kroz izvoz dobara i usluga koji zahtijevaju vrlo malu potrošnju procesne vode. S druge strane, zemlje sjeverne Europe uvoze mnogo vode u virtualnom obliku (više nego što izvoze), ali to nije potaknuto nedostatkom vode (slika 1.5.). U Europi kao cjelini, 40% vodnog otiska nalazi se izvan njenih granica. Razlog tome su njihove zalihe, raspoloživost zemljišta i korištenja zemljišta. Nacionalni vodni otisak za Hrvatsku izrazito je visok iako je Hrvatska bogata vodom, zbog većeg uvoza dobara u odnosu na izvoz, tj. više se uvozi virtualne vode nego što se izvozi.⁸



Slika 1.5. Slikoviti prikaz uvoza virtualne vode u Europu¹⁴

1.3. VODNI OTISAK PROCESA

Izračun vodnog otiska sastoji se od izračuna vodnih otisaka svakog koraka u procesu, tj. zbrajanjem koraka vodnih otisaka u proizvodnji proizvoda. Vodni otisci procesa vezani su isključivo uz jedan konačni proizvod. Zbrajanje vodnih otisaka međuproizvoda nije potrebno zbog dupliciranja. Na primjer, za izračun vodnog otiska pamučne tkanine i vodnog otiska ubranog pamuka dvostruko bi zbrajali jer prvo uključuje drugo. Vodni otisak izražava se kao volumen vode po jedinici vremena, ili volumen vode po jedinici proizvoda.^{8,10,15}

1.3.1. Izračun vodnog otiska procesa

Izračun vodnog otiska procesa uključuje izračun zelenog, plavog i sivog vodnog otiska (slika 1.6). Plavi vodni otisak uključuje potrošnju površinske i podzemne vode (plave vode) pri proizvodnji dobara ili pružanju usluga. Zeleni vodni otisak uključuje potrošnju kišnice (zelene vode) na prirodni razvoj vegetacije namijenjen proizvodnji dobara ili pružanju usluga. Sivi vodni otisak je količina otpadne vode ili iskorištene vode (sive vode) koju je moguće ponovno iskoristiti za proizvodnju dobara ili pružanju usluga.⁹



(a)



(b)



(c)

Slika 1.6. Otisak plave vode (a), otisak zelene vode (b) i otisak sive vode (c)^{16,17}

Temeljem navedenog plavi vodni otisak procesa izračunava se prema:

$$VO_{\text{proc, plavi}} = \text{evaporacija plave vode} + \text{potrošnja plave vode} \\ + \text{izgubljeni povratni tok} \quad (\text{volumen/vrijeme}). \quad (1-1)$$

Kod plavog vodnog otiska procesa važno je razlikovati različite vrste izvora plave vode. Na osnovu toga plavi vodni otisak može se podijeliti na plavi vodni otisak površinskih voda, obnovljivih podzemnih voda i fosilnih podzemnih voda. Fosilne podzemne vode su vrlo stare podzemne vode. Ovakva podjela u praksi se rijetko susreće zbog nedostatka podataka.¹⁰

Zeleni vodni otisak predstavlja volumen kišnice koji je potrošen tijekom proizvodnog procesa. Izračunava se prema:

$$VO_{\text{proc, zeleni}} = \text{evaporacija zelene vode} \\ + \text{uključivanje zelene vode} \quad (\text{volumen/vrijeme}) \quad (1-2)$$

Zeleni vodni otisak bitan je za poljoprivredne i šumarske proizvode te se u tom slučaju vodni otisak odnosi na ukupnu evaporaciju kišnice i vodu koja je integrirana u usjeve ili drva.¹⁰

Sivi vodni otisak procesa pokazatelj je stupnja onečišćenja slatke vode koji može biti povezan s korakom procesa. Izračunava se prema formuli:

$$VO_{\text{proc, sivi}} = \frac{L}{c_{\text{max}} - c_{\text{pri}}}, \quad (\text{volumen/vrijeme}) \quad (1-3)$$

gdje je:

L – opterećenje onečišćavala (masa/vrijeme)

C_{\max} – maksimalno prihvatljiva koncentracija onečišćavala (masa/vrijeme)

C_{pri} – prirodna koncentracija onečišćavala u prijemnoj vodi (masa/vrijeme).

Prirodna koncentracija onečišćavala u prijemnoj vodi je koncentracija onečišćavala koju bi voda imala bez ikakvih ljudskih utjecaja. Za tvari koje se prirodno ne pojavljuju u vodi c_{pri} iznosi nula. Kad prirodne koncentracije nisu poznate, ali se pretpostavlja da su niske, radi jednostavnosti se uzima da je $c_{\text{pri}} = 0$. Ako c_{pri} nije nula, rezultat je manji od stvarnog iznosa.^{10,15}

Ukupni vodeni otisak je zbroj sva tri otiska.

1.4. VODNI OTISAK POTROŠAČA

Vodni otisak potrošača može se izračunati na individualnoj razini ili na razini grupe potrošača. Vodni otisak potrošača na individualnoj razini predstavlja ukupni volumen potrošene i onečišćene slatke vode za proizvodnju proizvoda koje koristi potrošač, dok je vodni otisak grupe potrošača jednak zbroju vodnih otisaka pojedinih potrošača. Zbrajanjem izravnog i neizravnog vodnog otiska pojedinca dobije se vodni otisak potrošača ($VO_{\text{potr.}}$).

$$VO_{\text{potr.}} = VO_{\text{potr. izravni}} + VO_{\text{potr. neizravni}}, \quad (\text{volumen/vrijeme}) \quad (1-4)$$

gdje je:

$VO_{\text{potr. izravni}}$ – voda koju direktno koristi pojedinac/pojedinci

$VO_{\text{potr. neizravni}}$ – voda koja se koristi za proizvodnju proizvoda.

Izravni vodni otisak odnosi se na potrošnju i onečišćene vode koja je povezana s korištenjem vode u domaćinstvu ili vrtu, dok se neizravni odnosi na potrošnju i onečišćene vode koja može biti povezana s proizvodnjom usluga i dobara koje konzumira potrošač. Izračunava se množenjem svih proizvoda s njihovim pripadajućim vodnim otiscima:

$$VO_{\text{potr.neizravni}} = \sum (C(p) \cdot VO^*_{\text{prod}(p)}), \quad (\text{volumen/vrijeme}) \quad (1-5)$$

gdje je:

$C(p)$ – potrošnja proizvoda p (jedinica proizvoda/vrijeme)

$VO^*_{\text{prod}(p)}$ – vodni otisak proizvoda (volumen vode/jedinica proizvoda).^{10,15}

1.5. VODNI OTISAK POJEDINCA

Izračun vodnog otiska pojedinca uključuje:

- potrošnju vode unutar kućanstva (*engl. indoor water*) koja uključuje potrošnju vode za održavanje higijene, pripreme hrane i ostalih aktivnosti u kućanstvu (pranje posuđa, odjeće, itd.)
- potrošnju vode izvan kućanstva (*engl. outdoor water*), koja uključuje potrošnju vode za zalijevanje travnjaka i vrta, pranje automobila i sl.
- virtualnu potrošnju vode (*engl. virtual water*) koja uključuje potrošnju vode vezanu uz način korištenja transporta, potrošnje energije, kupovnih navika, prehranu, itd.

Stoga se smanjivanje vodnog otiska pojedinca može postići:

- promjenom načina prehrane i pripreme hrane
- kontrolom korištenja vode unutar kućanstva
- kontrolom korištenja vode izvan kućanstva
- kontroliranom potrošnjom vode za dobivanje energije.¹

1.5.1. Utjecaj načina prehrane i pripreme hrane na veličinu vodnog otiska pojedinca

Proizvodnja i priprema hrane te potrošnja vode su usko povezani te je analiza vodnog otiska izvrstan alat za bolje razumijevanje kako dnevni odabir hrane utječe na vodne resurse. Pri tome treba imati na umu da se vodni otisci prehrambenih proizvoda sastoje od tri različita dijela:

- količine korištene kišnice (zeleni vodni otisak)
- količine vode koja se izdvaja iz površinskih i podzemnih voda za navodnjavanje (plavi vodni otisak)
- količina vode potrebna za razrjeđenje onečišćenja nastalog proizvodnjom hrane (sivi vodni otisak).

Tijekom kuhanja mogu se postići znatne uštede u potrošnji vode. Na primjer, pri pripremanju hrane nepotrebno je stalno tečenje iz slavine jer se ispušta voda iz vodoopskrbnog sustava (kao i energija i novac) izravno u kanalizaciju. Dobra je praksa instalirati slavinu s niskim protokom vode na sudoperu. Konvencionalne slavine ispuštaju oko 19 L u minuti, dok slavine s niskim protokom ispuštaju oko 5,7 L u minuti. Povrće i voće može se oprati u velikoj zdjeli i izribati četkom za povrće, umjesto da se koristi voda iz slavine. Hranu treba kuhati sa što manje vode, čime se štedi i voda i energija za kuhanje. Također, voda nakon ispiranja povrća i kuhanja hrane može se posebno skupljati u posudu te kasnije iskoristiti za zalijevanje biljaka ili vrta, umjesto zalijevanja s vodom iz slavine. Za razliku od kupnje gotovog obroka ili pripremljene hrane, kuhanje kod kuće omogućuje veću kontrolu nad onim što se konzumira, a time i donošenje održivih odluka na svakom koraku procesa, od kupovine sastojaka do smanjenja količine hrane koja završi kao otpad.

Jedan od načina smanjenja vodnog otiska je smanjenje otiska hrane kroz konzumaciju mesa nižeg vodnog otiska. Tako npr. goveđe meso ima visoki vodni otisak u iznosu od 6814 L po kilogramu, za razliku od svinjetine (2188 L) i piletine (1772 L). U prosjeku vodeni otisak vegana ili vegetarijanaca je otprilike upola manji od onih koji jedu meso. Međutim, to ne znači da se treba postati vegan ili vegetarijanac kako bi se napravila razlika vodnog otiska. Jedenjem manjih količina mesa i zamjenom s manje „intenzivnim“ biljnim alternativama, vodni otisci se mogu značajno smanjiti.

Prilikom odabira mesa sugerira se odabrati pastirski uzgoj mesa, ako je moguće. Naime, vodni otisci konvencionalnog i pastirskog uzgoja mesa su otprilike isti, ali njihov utjecaj na vodne resurse može biti vrlo različit. Pastirski uzgoj se uglavnom oslanja na kišnicu (zeleni otisak vode) za uzgoj hrane, a životinjski gnoj se koristi za gnojenje polja. Konvencionalni uzgoj se više oslanja na hranu kao što je kukuruz koji se često navodnjava (plavi vodeni otisak). Otpad koji nastaje zbog velikog broja životinja u

konvencionalnoj farmi sakuplja se u zemljanim spremnicima iz kojih procjedne vode mogu onečistiti obližnje izvore vode.

Prerađena hrana kao što su smrznute večere, čips, slatkiši i gazirani sokovi zahtijevaju više vode za proizvodnju od cjelovitih namirnica. Dok se vodni otisak cjelovitih namirnica poput voća i povrća sastoje isključivo od vode potrebne za uzgoj, obrađena hrana zahtijeva dodatnu vodu za procese čišćenja hrane i strojeva, prethodno kuhanje hrane, proizvodnju goriva za isporuku te izradu ambalaže.

Danas, u razvijenim zemljama, puno hrane završi kao otpad. Budući da je potrebno mnogo vode da bi se hrana proizvela i dopremila do potrošača, otpadna hrana također znači i gubitak vode. Nadalje, otpad iz hrane u domaćinstvu je veliki dio problema koji zahtijeva daljnje zbrinjavanje.

Ekološke farme ne koriste sintetička gnojiva ili pesticide, čime takve štetne tvari neće procjeđivanjem s oborinama onečistiti obližnje vode. Osim toga, tla na ekološkim poljoprivrednim gospodarstvima imaju tendenciju da budu mnogo bolja u zadržavanju hranjivih tvari i vlage, što smanjuje rizik od onečišćenja podzemnih voda. Kupnja proizvoda organski uzgojenih pomaže u podršci farmama koje ulažu velike napore u smanjenje onečišćenja vode, a time ti proizvodi imaju manji otisak sive vode.

Izbor hrane utječe na zalihe vode u područjima kojima se hrana uzgaja i obično je daleko od mjesta gdje ljudi žive. Stoga je dobra navika birati hranu proizvedenu na lokalnoj razini, čime se podržava lokalne poljoprivrednike i prinosi smanjenju „izvoza virtualne vode“ iz zemlje.¹

1.5.2. Utjecaj kontrolirane potrošnje vode unutar kućanstva na veličinu vodnog otiska pojedinca

Potrošnja vode unutar kućanstva uključuje potrošnju vode iz slavine, za ispiranje vodokotlića, za perilicu posuđa, perilicu rublja, razna curenja, itd. Tablica 1.1. daje pregled potrošnje vode prosječnog Amerikanca u kućanstvu.

Tablica 1.1. Potrošnja vode prosječnog Amerikanca u kućanstvu.¹

| Potrošnja/uređaji | Domaćinstvo po danu | Ukupno,% |
|--------------------|---------------------|----------|
| Toalet | 125 litara | 24% |
| Tuširanje | 106 litara | 20% |
| Slavina | 98 litara | 19% |
| Perilica za rublje | 87 litara | 17% |
| Curenja | 64 litara | 12% |
| Kupka | 15 litara | 3% |
| Perilica posuđa | 8 litara | 1% |
| Ostalo | 19 litara | 4% |
| Ukupno | 522 litara | 100% |

Iz Tablice 1.1. vidljivo je da su curenja vode najneočekivanija potrošnja vode na ovom popisu, a iznosi čak 64 L vode po kućanstvu dnevno izgubljeno zbog propusnih toaleta, uređaja i slavina. Ušteda vode u toaletima i tuševima postiže se pronalaženjem i popravljanjem curenja. Kupnjom uređaja koji štede vodu mogu se uštedjeti znatne količine i vode i energije. Grijanje i hlađenje su veliki potrošači vode ali i energije te se pravim odabirom mogu postići značajne uštede.¹

1.5.3. Utjecaj kontrolirane potrošnje vode izvan kućanstva na veličinu vodnog otiska pojedinca

Gotovo četvrtina ukupne potrošnje vode odnosi se na potrošnju vode izvan kućanstva, za travnjake, vrtove i bazene. Posebno je povećana potrošnja tijekom ljeta, uglavnom zbog korištenja vode na otvorenom za zalijevanje travnjaka. Ostala vanjska uporaba vode uključuje pranje automobila i punjenje bazena. Pretjerana uporaba vode na otvorenom, a koje može doseći nevjerojatnih 80% od ukupne potrošnje vode u kući, izaziva ozbiljnu zabrinutost s obzirom da izravno utječe na smanjenje zaliha izvora vode, posebno ako se odnosi na područja koja imaju izraženu nestašicu vode ili vodni

stres. Bez obzira na područje na kojem se živi, važno je razmisliti o očuvanju vode na otvorenom, osobito u održavanju travnjaka.¹

1.5.4. Utjecaj kontrolirane potrošnje vode za dobivanje energije na veličinu vodnog otiska pojedinca

Potrošnja energije u kućanstvu uključuje potrošnju električne energije i potrošnju goriva. Međutim, potrebno je mnogo vode za stvaranje energije u obliku električne energije i goriva, a pri korištenju i obradi vode se troši mnogo energije. Ušteda energije štedi vodu i obrnuto. Najveći postotak električne energije danas generiraju termoelektrane na fosilna goriva – prvenstveno ugljen, naftu i prirodni plin, ili nuklearne elektrane, s ciljem proizvodnje pare koja pokreće turbine i proizvodi električnu energiju. Kada se voda koristi za proizvodnju pare, ona se mora ohladiti. Ispuštanje rashladne vode u vodno tijelo uzrokuje „toplinsko onečišćenje“. Stoga je praksa da se voda ponovno upotrebljava ili reciklira natrag kroz sustav, ali se često koristi samo jednom, što je poznato kao „jednokratni“ rashladni sustav. Osim velikih količina vode, sustavi jednokratnog hlađenja mogu imati pogubne posljedice na vodne ekosustave zbog onečišćenja kojeg nose sa sobom. Danas postoje mnoge opcije obnovljivih izvora energije, kao što su vjetar i solarna energija, a što je važan korak prema smanjenju potrošnje energije.

Proizvodnja i rafiniranje goriva za transport kao što su nafta, prirodni plin i biogoriva zahtijevaju mnogo vode. U Sjedinjenim Američkim Državama postoje propisi koji zahtijevaju da se postotak goriva za transport i goriva za grijanje zamijeni biogorivima – etanolom. Iako se biogorivo može proizvesti iz različitih izvora hrane, 95% etanola proizvedenog u SAD-u dolazi iz kukuruza, od čega se većina navodnjava. Time se, ono što je reklamirano kao ekološki prihvatljivo alternativno gorivo pokazalo neprihvatljivo obzirom na resurs vode.

Stoga, smanjenje vožnje osobnim automobilom, korištenje javnog prijevoza su dobri načini za smanjenje korištenja fosilnih goriva i uštedu vode. Isto tako, kod kuće se energija učinkovitije koristi prebacivanjem na energetske učinkovitije uređaje i žarulje te isključivanjem elektronike kada se uređaji ne koriste.¹

2. EKSPERIMENTALNI DIO

U ovom je radu provedena analiza vodnog otiska studenata Kemijsko – tehnološkog fakulteta u Splitu. Za izračun vodnog otiska korišten je kalkulator javno dostupan na web stranici: <https://www.watercalculator.org>.¹. Sukladno pitanjima koji su sastavni dio ovog kalkulatora pripremljen je upitnik, koji je služio za provedbu anonimne ankete.

Upitnik vodnog otiska sadržavao je sljedeća pitanja:

1. Koliko dugo u prosijeku traje tuširanje u vašem kućanstvu?

- manje od 5 min
- 5 – 10 min
- 11 – 15 min
- više od 15 min.

2. Imate li tuševe s niskim protokom?

- Da
- Ne
- Neke.

3. Koristite li kupanje u kadi?

- Da
- Ne.

3a. Ako da, koliko često?

4. Koliko dugo, su vam otvorene slavine u kupaonici na dnevnoj razini?

- manje od 5 min
- 5 – 10 min
- 11 – 30 min
- više od 30 min.

5. Imate li slavinu na umivaoniku s niskim protokom?

- Da
- Ne
- Neke.

6. Puštate li vodu iz vodokotlića nakon svakog korištenja?
- Da
 - Ne
 - Ponekad.
7. Imate li vodokotlić s niskim protokom?
- Da
 - Ne
 - Neke.
8. Koliko dugo, su vam otvorene slavine u kuhinji na dnevnoj razini?
- manje od 5 min
 - 5 – 20 min
 - 21 – 45 min
 - više od 45 min.
9. Imate li slavinu u kuhinji s niskim protokom?
- Da
 - Ne.
10. Kako perete vaše posuđe?
- Perilica posuđa bez energetske efikasnosti
 - Perilica posuđa s energetske efikasnosti
 - Ručno
 - Koristim jednokratni pribor za jelo ili jedem vani.

10a. Koliko često perete posuđe?

11. Kako perete vašu odjeću?
- Perilica za rublje bez energetske efikasnosti
 - Perilica za rublje s energetske efikasnosti
 - Ručno
 - Praonica rublja.

11a. Koliko često perete rublje?

12. Imate li sustav za prikupljanje „sive vode“ u vašem kućanstvu?

- Da
- Ne.

13. Zalijevate li travnjak ili vrt?

- Da
- Ne.

13a. Koliko često zalijevate?

14. Imate li biljke koje zahtijevaju više vode?

- Da
- Ne .

15. Imate li sustav za prikupljanje kišnice?

- Da
- Ne.

16. Imate li bazen?

- Da
- Ne.

17. Imate li auto?

- Da
- Ne.

18. Koliko kilometara prijeđete autom u tjedan dana?

19. Koji izvor energije koristite?

- Solarni izvor
- Elektrana.

20. Koliko često idete u kupovinu?

- Kupujem samo osnovne stvari
- Volim kupovati
- Kupujem dok ne postignem limit na kartici.

21. Reciklirate li papir?

- Ne
- Djelomično
- Sve.

22. Reciklirate li plastiku?

- Ne
- Djelomično
- Sve.

23. Reciklirate li staklene boce i limenke?

- Ne
- Djelomično
- Sve.

24. Donirate li ili koristite već korištenu odjeću, prekrivače, ručnike, posteljinu?

- Nikad
- Ponekad
- Uvijek.

25. Kakva je Vaša prehrana?

- Vegan
- Vegetarijanac
- Mesojed.

26. Koliko često jedete meso?

- Ne svaki dan
- Jednom dnevno
- Dvaputa dnevno
- Svaki obrok.

27. Koliko trošite na kućne ljubimce?

Kao uzorak za provedbu ankete odabrani su studenti druge godine diplomskog studija Kemijske tehnologije, smjer Zaštita okoliša. Anketa je anonimna, a prikupljeni podaci su obrađeni prema kalkulatoru vodnog otiska na web stranici: <https://www.watercalculator.org>.¹ U Tablici 2.1. su sumirani podaci za unutrašnju potrošnju vode, u Tablici 2.2. podaci za vanjsku potrošnju vode, u Tablici 2.3. podaci za virtualnu potrošnju vode te u Tablici 2.4. ukupnu vrijednost izračuna vodnog otiska. U svakoj tablici je izračunata srednja vrijednost i standardna devijacija, prema jednadžbama (2-1) i (2-2):

$$x_{sr} = \frac{\sum_{i=1}^N x_i}{N} \quad (2-1)$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (x_i - x_{sr})^2}{N}} \quad (2-2)$$

gdje je:

x_{sr} – srednja vrijednost

x_i – pojedinačna vrijednost

N – ukupni broj ispitanika

σ – standardna devijacija.

Također, na dnu svake tablice su dodani podaci potrošnje vode na razini Sjedinjenih Američkih Država, SAD (*engl. United States of America, USA*), srednja vrijednost.

Tablica 2.1. Rezultati potrošnje vode unutar kućanstva na uzorku studenata KTF.

| Broj ispitanika | Tuširanje L/dan | Kupanje u kadi L/dan | Umivaonik L/dan | Vodokotlić L/dan | Sudoper L/dan | Posuđe L/dan | Odjeća L/dan | Siva voda L/dan |
|-------------------------------------|-----------------|----------------------|-----------------|------------------|---------------|--------------|--------------|-----------------|
| 1 | 151,4 | 0,0 | 75,7 | 64,4 | 75,7 | 0,0 | 15,1 | 0,0 |
| 2 | 151,4 | 0,0 | 75,7 | 64,4 | 75,7 | 0,0 | 15,1 | 0,0 |
| 3 | 151,4 | 0,0 | 75,7 | 64,4 | 246,1 | 75,7 | 22,7 | 0,0 |
| 4 | 151,4 | 0,0 | 75,7 | 64,4 | 75,7 | 0,0 | 15,1 | 0,0 |
| 5 | 151,4 | 0,0 | 75,7 | 94,6 | 246,1 | 37,9 | 22,7 | 0,0 |
| 6 | 151,4 | 0,0 | 75,7 | 64,4 | 75,7 | 0,0 | 15,1 | 0,0 |
| 7 | 151,4 | 0,0 | 75,7 | 64,4 | 75,7 | 0,0 | 15,1 | 0,0 |
| 8 | 151,4 | 0,0 | 75,7 | 64,4 | 75,7 | 0,0 | 15,1 | 0,0 |
| 9 | 151,4 | 0,0 | 75,7 | 64,4 | 75,7 | 0,0 | 15,1 | 0,0 |
| 10 | 151,4 | 0,0 | 75,7 | 64,4 | 75,7 | 0,0 | 15,1 | 0,0 |
| 11 | 151,4 | 0,0 | 75,7 | 64,4 | 75,7 | 0,0 | 15,1 | 0,0 |
| 12 | 75,7 | 0,0 | 75,7 | 94,6 | 75,7 | 37,9 | 22,7 | 0,0 |
| 13 | 151,4 | 0,0 | 75,7 | 64,4 | 75,7 | 0,0 | 15,1 | 0,0 |
| 14 | 75,7 | 0,0 | 75,7 | 94,6 | 75,7 | 37,9 | 22,7 | 0,0 |
| 15 | 151,4 | 132,5 | 75,7 | 94,6 | 75,7 | 3,8 | 30,3 | 0,0 |
| 16 | 151,4 | 0,0 | 75,7 | 64,4 | 75,7 | 0,0 | 15,1 | 0,0 |
| 17 | 151,4 | 0,0 | 75,7 | 64,4 | 75,7 | 0,0 | 15,1 | 0,0 |
| Srednja vrijednost | 142,5 | 7,8 | 75,7 | 71,5 | 95,7 | 11,4 | 17,8 | 0,0 |
| Standardna devijacija | 25,1 | 32,1 | 1,4 | 12,8 | 54,9 | 22,2 | 4,6 | 0,0 |
| SAD srednja vrijednost ¹ | 45,4 | 3,8 | 15,1 | 71,9 | 26,5 | 3,8 | 56,8 | -56,8 |

Tablica 2.2. Rezultati potrošnje vode izvan kućanstva na uzorku studenata KTF.

| Broj ispitanika | Zalijevanje travnjaka i vrta L/dan | Sakupljanje kišnice L/dan | Bazen L/dan | Pranje automobila L/dan |
|-------------------------------------|------------------------------------|---------------------------|-------------|-------------------------|
| 1 | 15,1 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| 2 | 15,1 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| 3 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| 4 | 15,1 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| 5 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| 6 | 15,1 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| 7 | 15,1 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| 8 | 15,1 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| 9 | 15,1 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| 10 | 15,1 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| 11 | 15,1 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| 12 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| 13 | 15,1 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| 14 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| 15 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| 16 | 15,1 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| 17 | 15,1 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| Srednja vrijednost | 10,7 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| Standardna devijacija | 7,1 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| SAD srednja vrijednost ¹ | 299,1 | -3,8 | 83,3 | 3,8 |

Tablica 2.3. Rezultati potrošnje virtualne vode na uzorku studenata KTF.

| Broj ispitanika | Vožnja L/dan | Energija L/dan | Kupovne navike L/dan | Papir L/dan | Plastika L/dan | Boce i limenke L/dan | Odjeća L/dan | Prehrana L/dan | Kućni ljubimci L/dan |
|-------------------------------------|--------------|----------------|----------------------|-------------|----------------|----------------------|--------------|----------------|----------------------|
| 1 | 0,0 | 105,9 | 2206,9 | -15,1 | -45,4 | -3,8 | -18,9 | 4092,0 | 0,0 |
| 2 | 0,0 | 105,9 | 2206,9 | -15,1 | -45,4 | -3,8 | -18,9 | 4092,0 | 0,0 |
| 3 | 0,0 | 0,0 | 1101,6 | -15,1 | -45,4 | -3,8 | -18,9 | 3157,0 | 0,0 |
| 4 | 0,0 | 105,9 | 2206,9 | -15,1 | -45,4 | -3,8 | -18,9 | 4092,0 | 0,0 |
| 5 | 37,8 | 94,6 | 1101,6 | -7,6 | -22,7 | -3,8 | -7,6 | 4092,0 | 0,0 |
| 6 | 0,0 | 105,9 | 2206,9 | -15,1 | -45,4 | -3,8 | -18,9 | 4092,0 | 0,0 |
| 7 | 0,0 | 105,9 | 2206,9 | -15,1 | -45,4 | -3,8 | -18,9 | 4092,0 | 0,0 |
| 8 | 0,0 | 105,9 | 2206,9 | -15,1 | -45,4 | -3,8 | -18,9 | 4092,0 | 0,0 |
| 9 | 0,0 | 105,9 | 2206,9 | -15,1 | -45,4 | -3,8 | -18,9 | 4092,0 | 0,0 |
| 10 | 0,0 | 105,9 | 2206,9 | -15,1 | -45,4 | -3,8 | -18,9 | 4092,0 | 0,0 |
| 11 | 0,0 | 105,9 | 2206,9 | -15,1 | -45,4 | -3,8 | -18,9 | 4092,0 | 0,0 |
| 12 | 0,0 | 79,5 | 1101,6 | -15,1 | -45,4 | -3,8 | -18,9 | 4092,0 | 0,0 |
| 13 | 0,0 | 105,9 | 2206,9 | -15,1 | -45,4 | -3,8 | -18,9 | 4092,0 | 0,0 |
| 14 | 0,0 | 79,5 | 1101,6 | -15,1 | -45,4 | -3,8 | -18,9 | 4092,0 | 0,0 |
| 15 | 0,0 | 124,9 | 1101,6 | -7,6 | -22,7 | 0,0 | -7,6 | 5466,1 | 0,0 |
| 16 | 0,0 | 105,9 | 2206,9 | -15,1 | -45,4 | -3,8 | -18,9 | 4092,0 | 0,0 |
| 17 | 0,0 | 105,9 | 2206,9 | -15,1 | -45,4 | -3,8 | -18,9 | 4092,0 | 0,0 |
| Srednja vrijednost | 2,2 | 97,0 | 1881,8 | -14,2 | -42,7 | -3,6 | -17,6 | 4117,8 | 0,0 |
| Standardna devijacija | 9,2 | 27,1 | 519,1 | 2,5 | 7,5 | 0,9 | 3,7 | 414,7 | 0,0 |
| SAD srednja vrijednost ¹ | 102,2 | 147,6 | 2206,9 | -11,4 | -3,8 | 0,0 | -3,8 | 5280,6 | 140,1 |

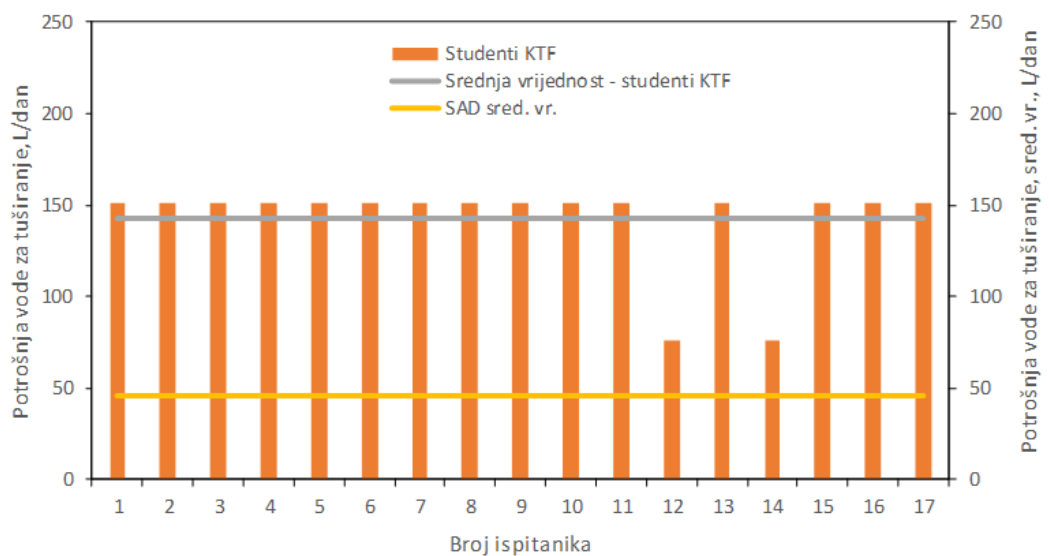
Tablica 2.4. Rezultati vodnog otisaka na uzorku studenata KTF.

| Broj ispitanika | Vodeni otisak L/dan |
|------------------------|---------------------|
| 1 | 6719,0 |
| 2 | 6854,9 |
| 3 | 4811,4 |
| 4 | 6719,0 |
| 5 | 5912,7 |
| 6 | 6719,0 |
| 7 | 6719,0 |
| 8 | 6719,0 |
| 9 | 6719,0 |
| 10 | 6719,0 |
| 11 | 6719,0 |
| 12 | 5572,2 |
| 13 | 6719,0 |
| 14 | 5572,2 |
| 15 | 7218,7 |
| 16 | 6719,0 |
| 17 | 6719,0 |
| KTF srednja vrijednost | 6461,8 |
| SAD srednja vrijednost | 8403,7 |

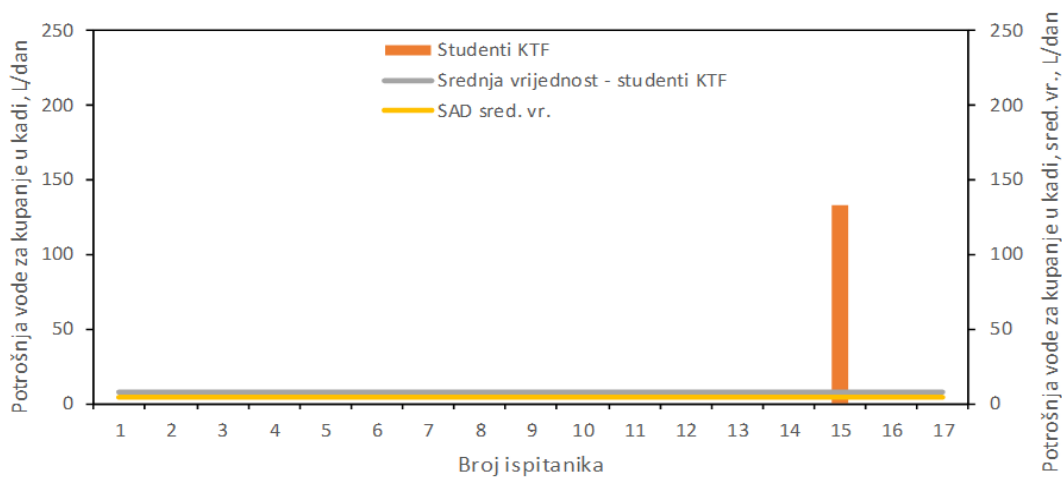
3. OBRADA REZULTATA I RASPRAVA

3.1. ANALIZA POTROŠNJE VODE UNUTAR KUĆANSTVA

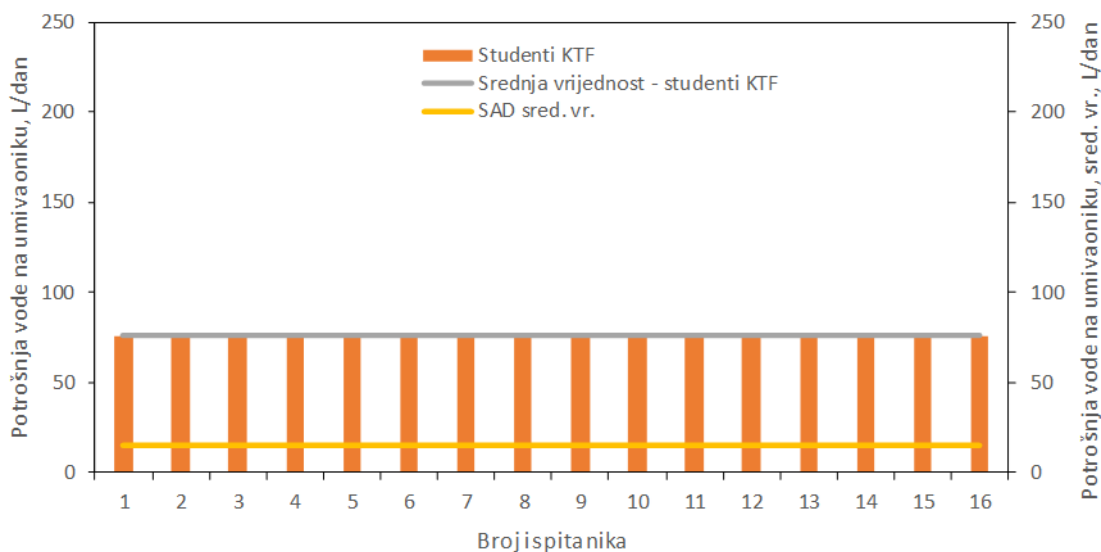
Potrošnja vode unutar kućanstva (*engl. indoor water*) uključuje potrošnju vode za tuširanje, kupanje, održavanje higijene na umivaoniku, potrošnju vode u vodokotliću, u sudoperu, pranje posuđa u perilici, pranje odjeće te ponovno korištenje sive vode. Na slikama 3.1. – 3.7. prikazani su rezultati potrošnje vode za tuširanje, kupanje, održavanje higijene na umivaoniku, potrošnju vode u vodokotliću, u sudoperu, pranje posuđa u perilici, pranje odjeće, prikupljeni na uzorku studenata KTF te su uspoređeni sa srednjom vrijednosti studenata KTF i vrijednosti vodnog otiska na razini SAD.



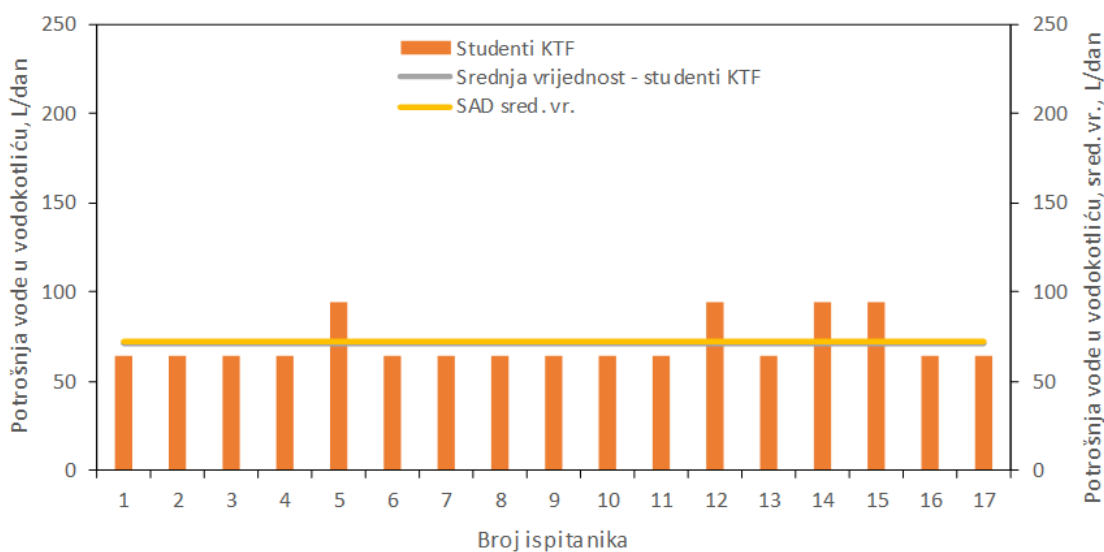
Slika 3.1. Rezultati potrošnje vode za tuširanje na uzorku studenata Kemijsko-tehnološkog fakulteta. Napomena: Rezultati su uspoređeni s prosjekom potrošnje vode u SAD.



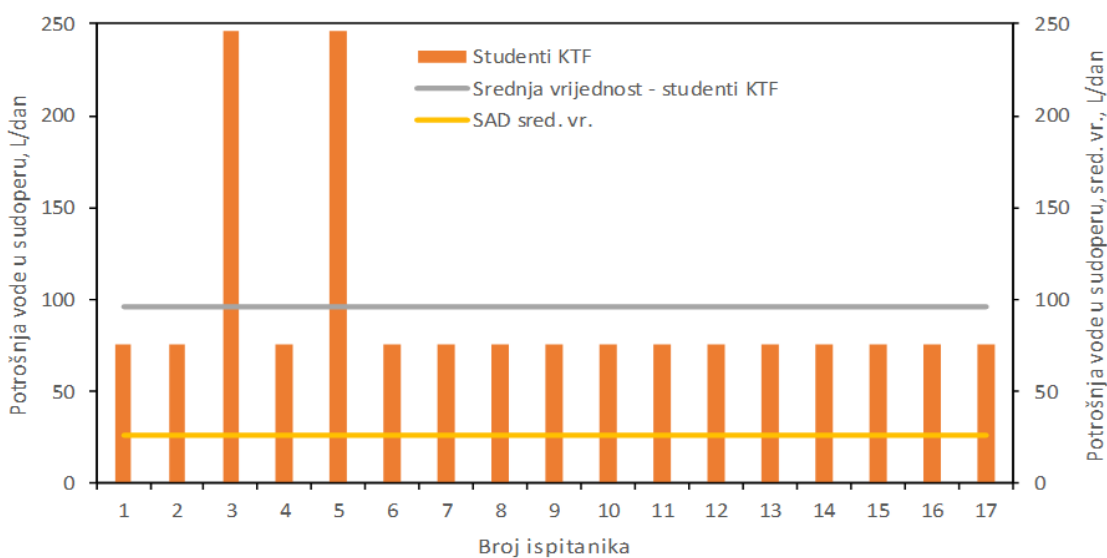
Slika 3.2. Rezultati potrošnje vode za kupanje u kadi na uzorku studenata Kemijsko-tehnološkog fakulteta. Napomena: Rezultati su uspoređeni s prosjekom potrošnje vode u SAD.



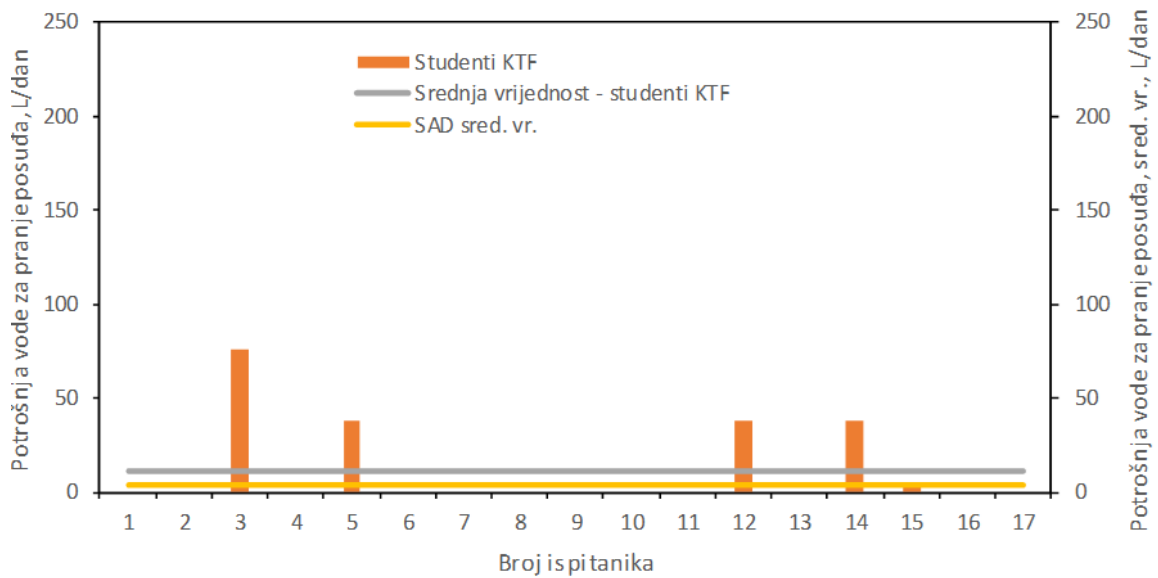
Slika 3.3. Rezultati potrošnje vode na umivaoniku na uzorku studenata Kemijsko-tehnološkog fakulteta. Napomena: Rezultati su uspoređeni s prosjekom potrošnje vode u SAD.



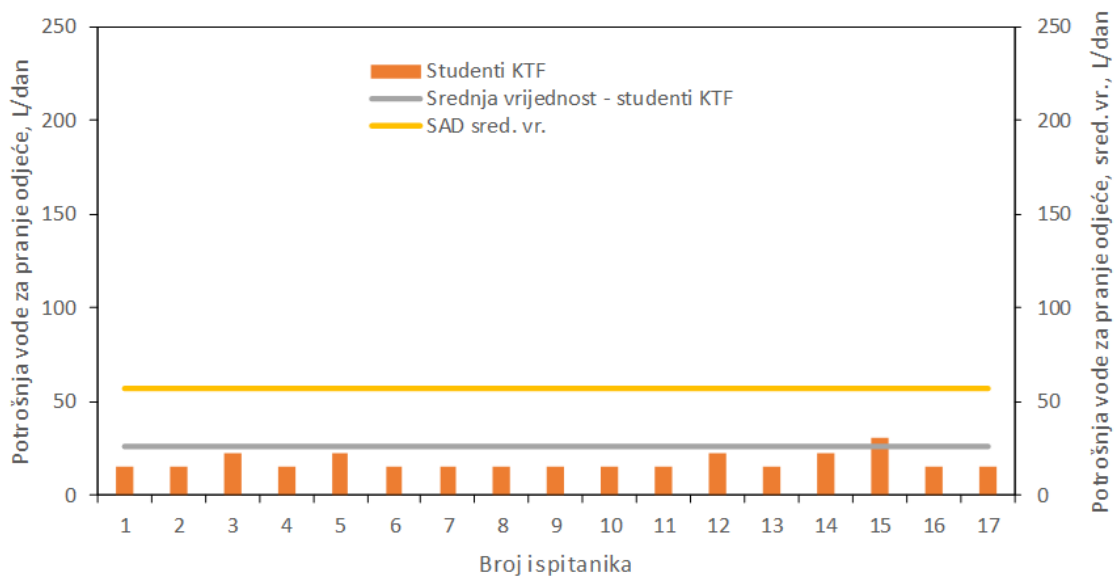
Slika 3.4. Rezultati potrošnje vode u vodokotliću na uzorku studenata Kemijsko-tehnološkog fakulteta. Napomena: Rezultati su uspoređeni s prosjekom potrošnje vode u SAD.



Slika 3.5. Rezultati potrošnje vode u sudoperu na uzorku studenata Kemijsko-tehnološkog fakulteta. Napomena: Rezultati su uspoređeni s prosjekom potrošnje vode u SAD.



Slika 3.6. Rezultati potrošnje vode za pranje posuđa na uzorku studenata Kemijsko-tehnološkog fakulteta. Napomena: Rezultati su uspoređeni s prosjekom potrošnje vode u SAD.



Slika 3.7. Rezultati potrošnje vode za pranje odjeće na uzorku studenata Kemijsko-tehnološkog fakulteta. Napomena: Rezultati su uspoređeni s prosjekom potrošnje vode u SAD.

Rezultati potrošnje vode za tuširanje na uzorku studenata KTF-a (slika 3.1.) pokazuju da potrošnja vode za tuširanje iznosi 151,4 L/dan, osim za ispitanike 12 i 14 koji imaju manju potrošnju vode. Srednja vrijednost potrošnje vode za tuširanje kod studenata KTF-a iznosi 142,5 L/dan, i znatno je veća od srednje vrijednosti na razini SAD koja iznosi 45,4 L/dan. Razlog tome je položaj Hrvatske i njeno bogatstvo prirodnim vodnim izvorima. Hrvatska je po dostupnosti i bogatstvu vodnih izvora na 3. mjestu u Europi. Iz ovih razloga voda se tretira kao nešto čega ima u izobilju, i ne razmišlja se o uštedi vode.

Potrošnja vode za kupanje u kadi (slika 3.2.) prikazuje da samo ispitanik pod rednim brojem 15 ima potrošnju vode za kupanje u kadi, dok ostali ispitanici nemaju. Razlog ovakvim rezultatima je ubrzani način života i studentski standard. Srednja vrijednost potrošnje vode za kupanje u kadi studenata KTF-a je 7,8 L/dan, i veća je od srednje vrijednosti na razini SAD koja iznosi 3,8 L/dan.

Rezultati potrošnje vode na umivaoniku kod studenata KTF-a prikazani su na slici 3.3. Uočava se da svi ispitanici imaju istu potrošnju vode na umivaoniku u iznosu od 75,7 L/dan. Srednja vrijednost potrošnje vode na umivaoniku studenata KTF-a iznosi 75,7 L/dan i veća je od srednje vrijednosti na razini SAD koja iznosi 15,1 L/dan.

Rezultati potrošnje vode u vodokotliću (slika 3.4.) pokazuje izraženiju potrošnju vode kod ispitanika pod brojem 5, 12, 14, 15. Srednja vrijednost potrošnje vode u vodokotliću studenata KTF-a u iznosu 71,5 L/dan se skoro poklapa sa srednjom vrijednošću na razini SAD u iznosu od 71,9 L/dan.

Na slici 3.5. prikazani su rezultati potrošnje vode u sudoperu. Uočava se da jedino ispitanici pod brojem 3 i 5 imaju povećanu potrošnju vode za sudoper, dok kod ostalih iznosi 75,7 L/dan. Razlog tome je studentski način života. Većina studenata se hrani u studentskim menzama ili u restoranima brze hrane. Srednja vrijednost potrošnje vode u sudoperu studenata KTF-a iznosi 95,7 L/dan znatno je veća od srednje vrijednosti na razini SAD 26,5 L/dan.

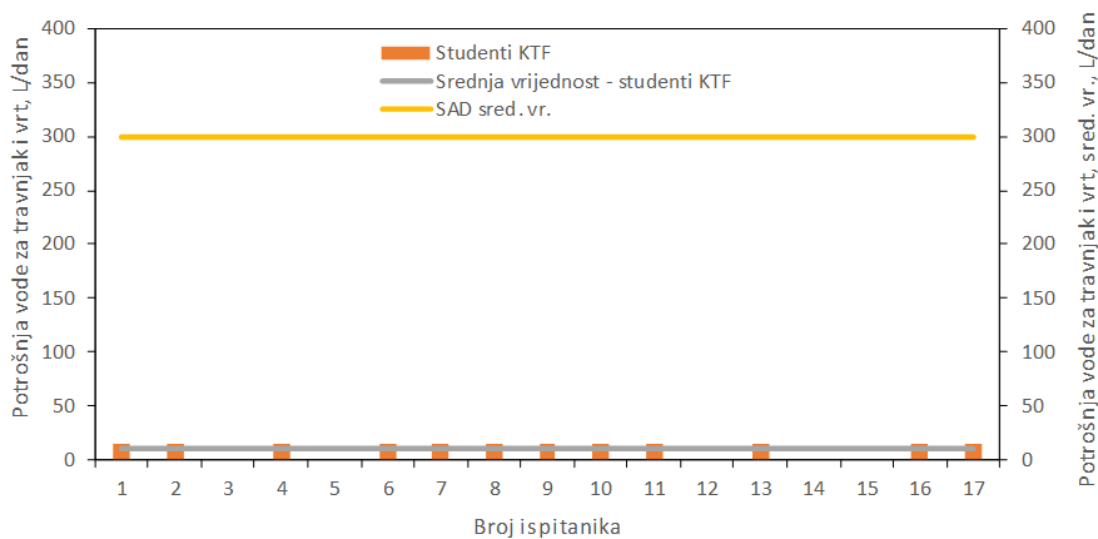
Na slici 3.6. prikazani su rezultati potrošnje vode za pranje posuđa na kojoj je jasno vidljivo da ispitanik pod brojem 3 ima najveću potrošnju vode za pranje posuđa, a ispitanici pod brojem 5, 12, 14 nešto nižu od ispitanika pod brojem 3, dok ostatak studenata nema potrošnju vode za pranje posuđa. Srednja vrijednost potrošnje vode za pranje posuđa studenata KTF-a je 11,4 L/dan i veća je od srednje vrijednosti na razini SAD koja iznosi 3,8 L/dan.

Na slici 3.7. prikazani su rezultati ankete potrošnje vode za pranje odjeće. Sa slike se uočava da ispitanik pod brojem 15 ima najveću potrošnju vode. Srednja vrijednost na razini SAD 56,8 L/dan je veća od srednje vrijednosti potrošnje vode za pranje odjeće studenata KTF-a u iznosu 17,8 L/dan.

U tablici 2.1. prikazani su rezultati za potrošnju sive vode. Uočava se da studenti KTF-a nemaju potrošnju sive vode. Siva voda označava kućansku otpadnu vodu bez fekalnih krutih sastojaka, npr. otpadne vode iz kupaonica, tuš-kabina, umivaonika i perilica rublja, a koje se uz prethodnu obradu mogu koristiti za vodokotliće ili navodnjavanje zelenih površina. Ponovna uporaba i recikliranje obrađene otpadne vode u Hrvatskoj još nije zaživjela. Razlog tome je što još uvijek ima dovoljno zaliha vode pa se vodu tretira kao nešto čega ima u izobilju. Također cijena vode je još uvijek relativno niska. Ostali razlozi koji koče ponovnu uporabu obrađene vode povezani su s „*efektom gađenja*“ i averzijom prema korištenju obrađene otpadne vode. Moglo bi se reći da je ponovna uporaba obrađene otpadne vode jako stigmatizirana kao nešto nedopustivo za korištenje. Stoga su primjeri ponovne uporabe i recikliranja obrađene otpadne vode u Hrvatskoj rijetki, a u literaturi se spominje ponovno korištenje vode u praonicama vozila i rublja, betonarama te recikliranje kotlovske i rashladne vode.¹⁸

3.2. ANALIZA POTROŠNJE VODE IZVAN KUĆANSTVA

Potrošnja vode izvan kućanstva, (*engl. outdoor water*) odnosi se na vodu koja se troši za zalijevanje vrta, korištenje automobila, bazen, sakupljanje kišnice. Na slici 3.8. prikazani su rezultati potrošnje vode za zalijevanje travnjaka i vrta. Vidljivo je da studenti KTF-a imaju malu ili uopće nemaju potrošnju vode za travnjak i vrt. Razlog tome je što većina studenata živi u studentskim domovima ili stanovima. Srednja vrijednost potrošnje vode za zalijevanje travnjaka i vrta studenata KTF-a iznosi 10,7 L/dan, a srednja vrijednost na razini SAD iznosi 299,1 L/dan.

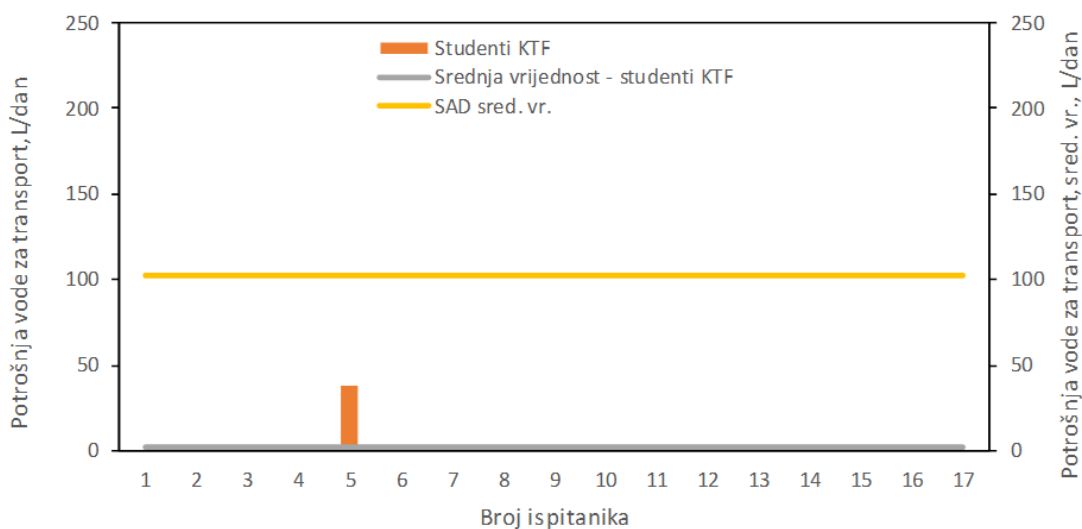


Slika 3.8. Rezultati potrošnje vode za travnjak i vrt na uzorku studenata Kemijsko-tehnološkog fakulteta. Napomena: Rezultati su uspoređeni s prosjekom potrošnje vode u SAD.

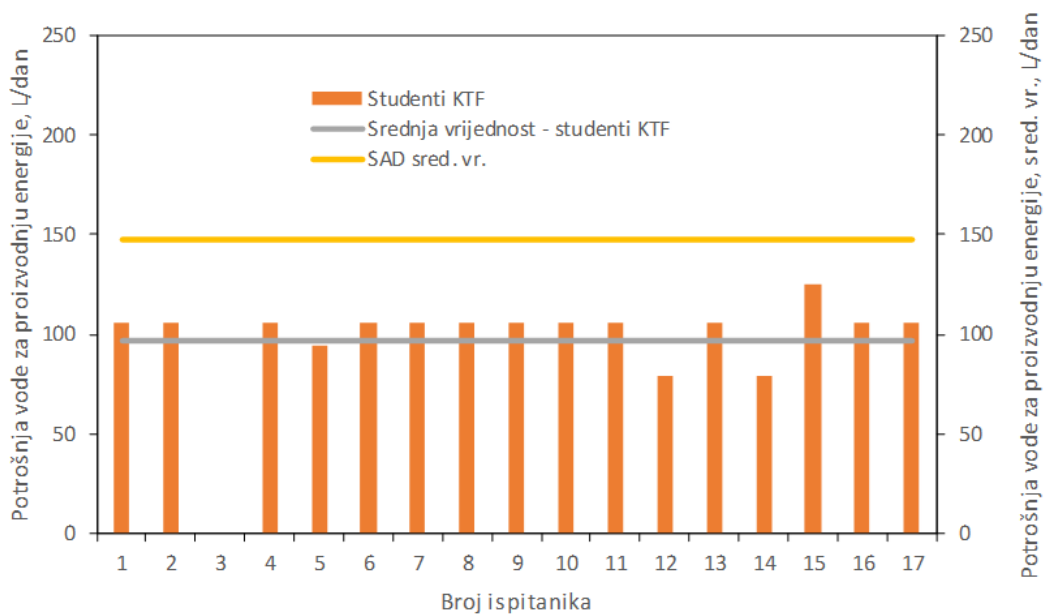
Rezultati ankete za sakupljanje kišnice, potrošnju vode za bazen i pranje automobila ukazuju da studenti KTF ne prikupljaju kišnicu, nemaju potrošnju vode za bazen kao ni potrošnju vode za pranje automobila.

3.3. ANALIZA POTROŠNJE VIRTUALNE VODE

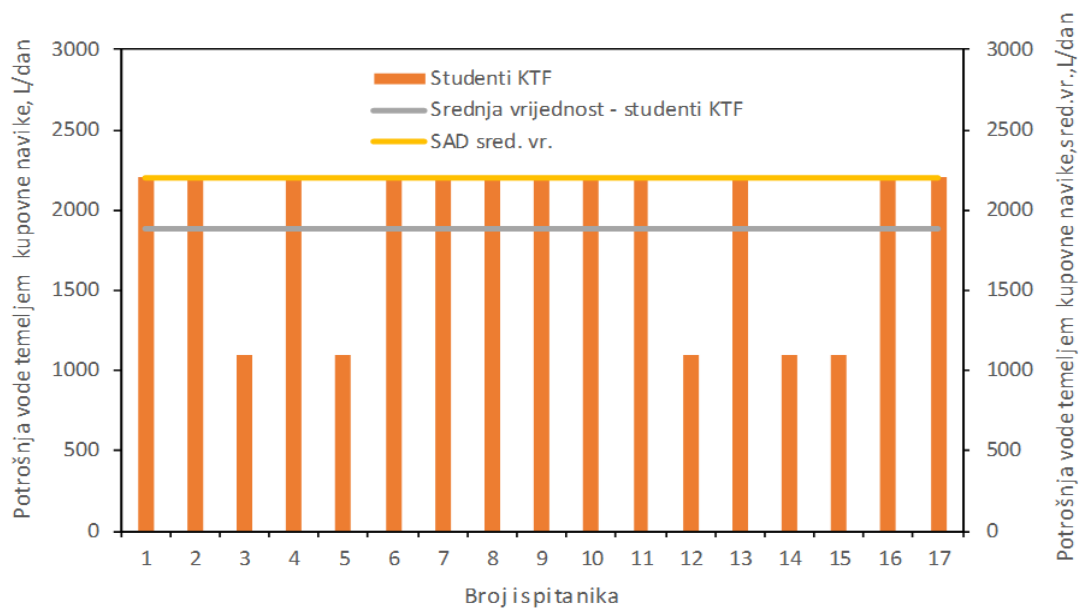
Potrošnja virtualne vode, odnosi se na vodu koja je sadržana u svim korištenim proizvodima i uslugama. Rezultati potrošnje virtualne vode za transport, za proizvodnju energije, za kupovne navike, za papir, plastiku, za boce i limenke, za odjeću, za prehranu prikazani su na slikama 3.9. – 3.16.



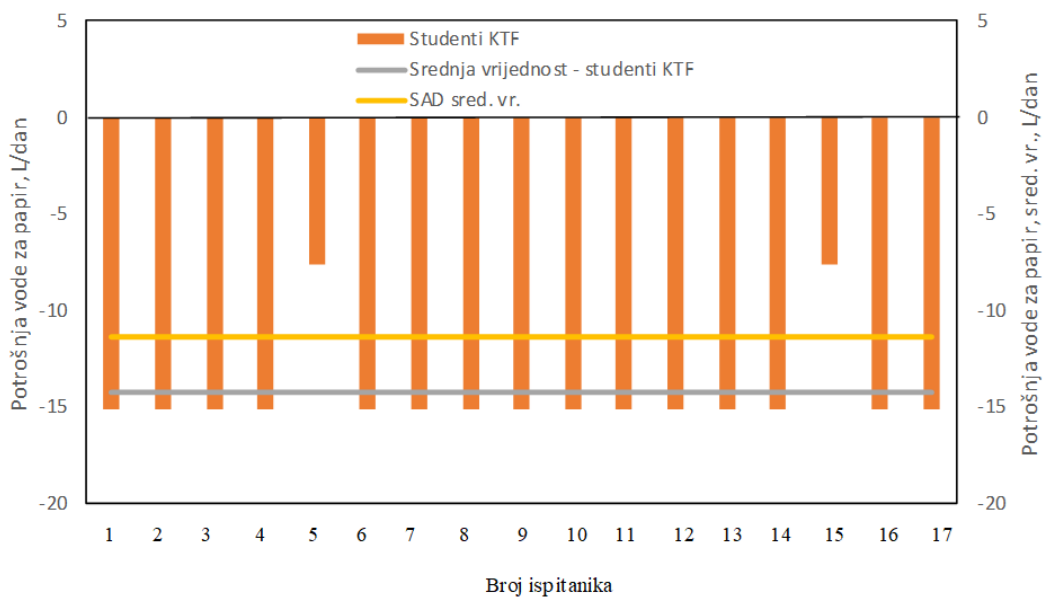
Slika 3.9. Rezultati potrošnje virtualne vode za transport na uzorku studenata Kemijsko-tehnološkog fakulteta. Napomena: Rezultati su uspoređeni s prosjekom potrošnje vode u SAD.



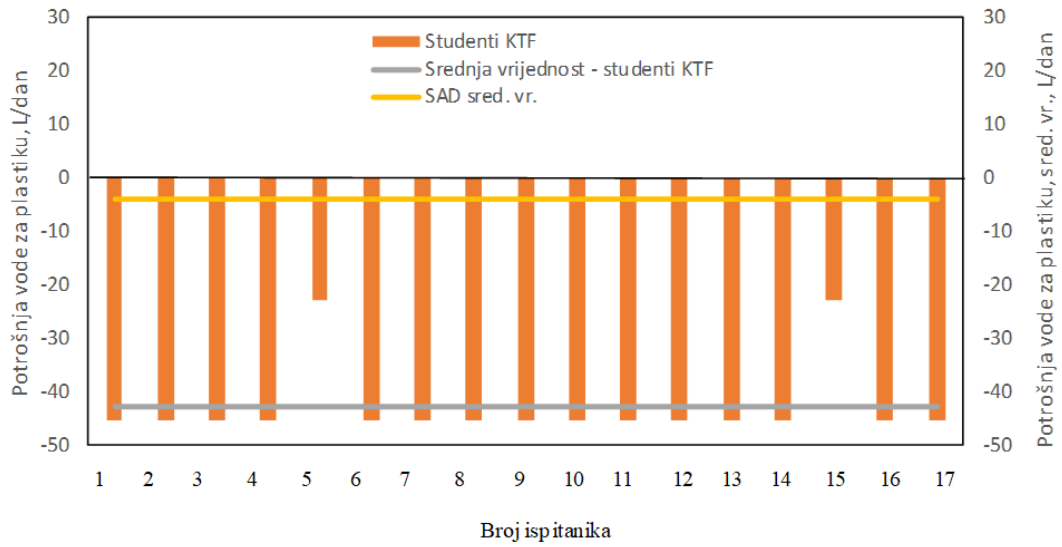
Slika 3.10. Rezultati potrošnje virtualne vode za proizvodnju energije na uzorku studenata Kemijsko-tehnološkog fakulteta. Napomena: Rezultati su uspoređeni s prosjekom potrošnje vode u SAD.



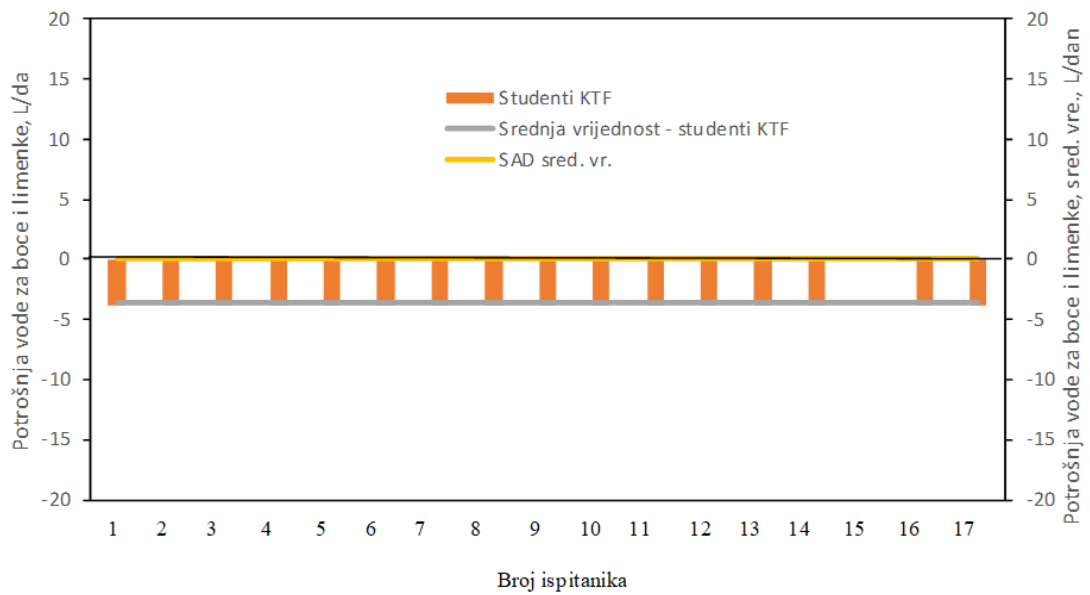
Slika 3.11. Rezultati potrošnje virtualne vode temeljem kupovnih navika na uzorku studenata Kemijsko-tehnološkog fakulteta. Napomena: Rezultati su uspoređeni s prosjekom potrošnje vode u SAD.



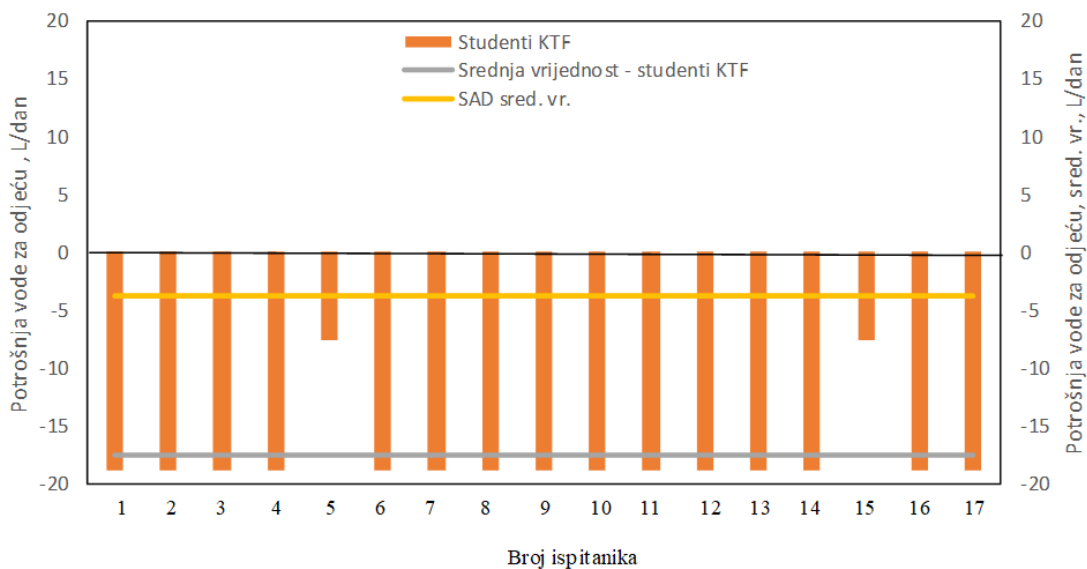
Slika 3.12. Rezultati potrošnje virtualne vode za papir na uzorku studenata Kemijsko-tehnološkog fakulteta. Napomena: Rezultati su uspoređeni s prosjekom potrošnje vode u SAD.



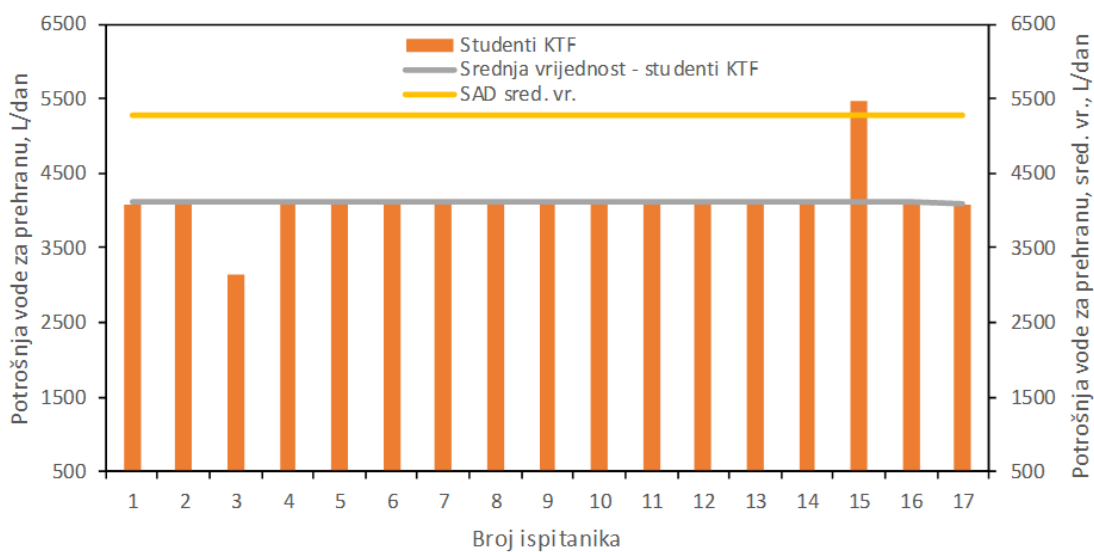
Slika 3.13. Rezultati potrošnje virtualne vode za plastiku na uzorku studenata Kemijsko-tehnološkog fakulteta. Napomena: Rezultati su uspoređeni s prosjekom potrošnje vode u SAD.



Slika 3.14. Rezultati potrošnje virtualne vode za boce i limenke na uzorku studenata Kemijsko-tehnološkog fakulteta. Napomena: Rezultati su uspoređeni s prosjekom potrošnje vode u SAD.



Slika 3.15. Rezultati potrošnje virtualne vode za odjeću na uzorku studenata Kemijsko-tehnološkog fakulteta. Napomena: Rezultati su uspoređeni s prosjekom potrošnje vode u SAD.



Slika 3.16. Rezultati potrošnje virtualne vode za prehranu na uzorku studenata Kemijsko-tehnološkog fakulteta. Napomena: Rezultati su uspoređeni s prosjekom potrošnje vode u SAD.

Rezultati potrošnje virtualne vode za transport (slika 3.9.) ukazuju da samo ispitanik pod brojem 5 ima potrošnju vode za transport. Razlog tome može biti ako ispitanik živi na većoj udaljenosti od mjesta gdje studira, pa koristi vlastiti automobil za prijevoz. Ostatak ispitanika na uzorku studenata nema potrošnju vode za transport, a razlog tome je što većina studenata živi u gradovima gdje studiraju. Žive na lokacijama blizu svojih fakulteta i nemaju potrebe za korištenjem prijevoza ili koriste javni gradski prijevoz ili taksi.

Rezultati potrošnje virtualne vode za proizvodnju energije (slika 3.10.) osciliraju. Srednja vrijednosti koja iznosi 97,0 L/dan manja je od srednje vrijednosti na razini SAD koja iznosi 147,6 L/dan.

Rezultati potrošnje vode temeljem kupovnih navika (slici 3.11.) znatno su veći od potrošnje vode za proizvodnju energije. Očito studenti kupuju proizvode koji troše više vode, tj. za njihovu proizvodnju je utrošena veća količina vode.

Rezultati potrošnje virtualne vode za papir, plastiku, boce i limenke prikazani su na slikama 3.12. – 3.14. Vidljivo je da su rezultati u negativnim vrijednostima zato što se papir, plastika, boce i limenke odvajaju i recikliraju. Studenti slušaju nekoliko kolegija na studiju u okviru kojih obrađuju teme recikliranja, a što je vjerojatno i razlog ovakvim rezultatima.

Rezultati potrošnje virtualne vode za odjeću (slika 3.15.) poprimaju negativne vrijednosti. Razlog tome može biti činjenica da studenti KTF prilikom kupovine odlučuju se za kupovinu praktičnih stvari, a nakon korištenja se odjeća donira ili reciklira. Srednja vrijednost KTF-a je negativnija i iznosi -17,6 L/dan i niža je od srednje vrijednosti na razini SAD koja iznosi -3,8 L/dan što ukazuje i na životni standard i životne navike.

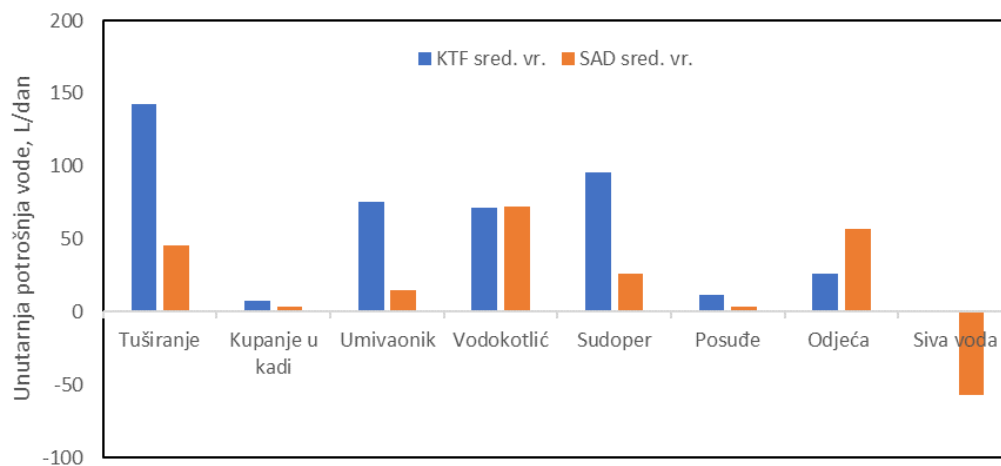
Rezultati potrošnje virtualne vode za prehranu (slika 3.16.) su također povećani. Od svih ispitanika ističe se ispitanik pod brojem 15 koji ima najveću potrošnju vode. Srednja vrijednost potrošnje virtualne vode studenata KTF-a iznosi 4117,8 L/dan i niža je od srednje vrijednosti na razini SAD u iznosu 5280,6 L/dan.

Rezultati potrošnje virtualne vode za kućne ljubimce (tablica 2.3) su pokazali da nitko od ispitanika na uzorku studenata nema potrošnju vode za kućne ljubimce. Razlog tome

može biti činjenica što studenti žive u studentskim domovima u kojim nije dozvoljeno držanje kućnih ljubimaca.

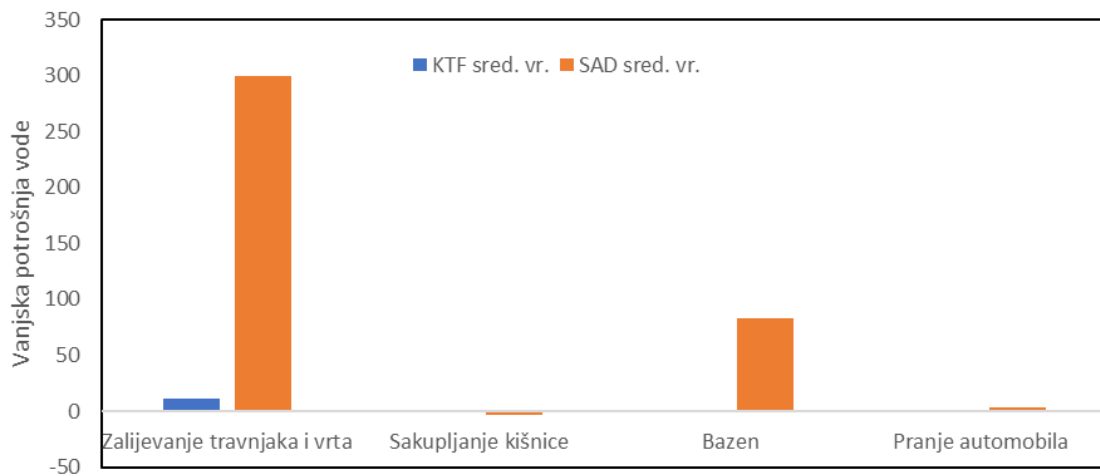
3.4. USPOREDBA POTROŠNJE VODE UNUTAR KUĆANSTVA, IZVAN KUĆANSTVA I VIRTUALNE POTROŠNJE

Usporedba srednjih vrijednosti za unutarnju, vanjsku i virtualnu potrošnju vode studenata KTF sa srednjom vrijednošću na razini SAD grafički su prikazani na slici 3.17. - 3.19.



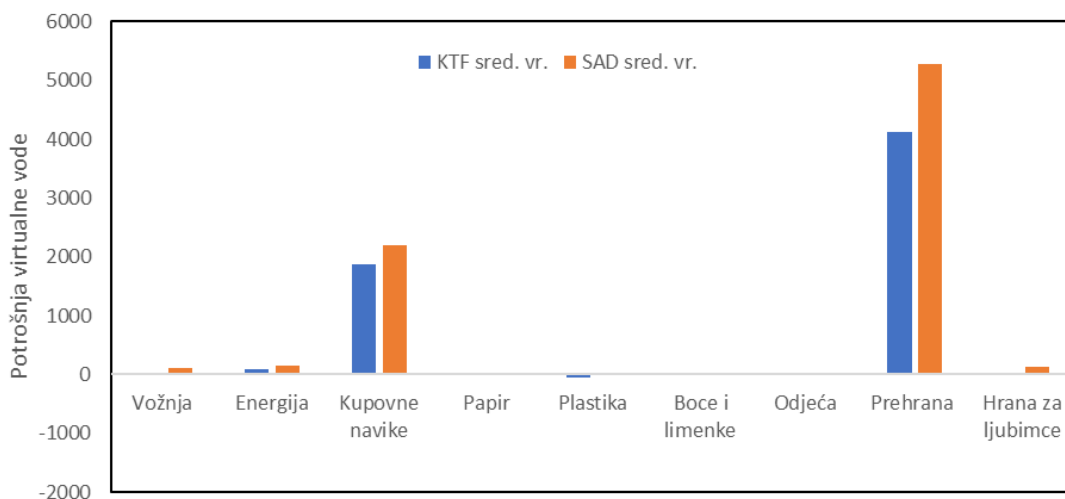
Slika 3.17. Usporedba srednjih vrijednosti unutarnje potrošnje vode studenata KTF-a s srednjim vrijednostima na razini SAD.

Analiza ukazuje da studenti KTF-a imaju povećanu potrošnju vode za tuširanje, korištenje vode u umivaoniku, u sudoperu te za pranje posuđa u perilici. Potrošnja vode za vodokotlić i kupanje u kadi je slična, dok je potrošnja vode za pranje odjeće manja. Za razliku od razine SAD, potrošnja sive vode nije zastupljena.



Slika 3.18. Usporedba srednjih vrijednosti potrošnje vode izvan kućanstva za studente KTF-a s srednjim vrijednostima na razini SAD.

Analiza potrošnje vode izvan kućanstva ukazuje da studenti KTF-a imaju manju potrošnju vode za zalijevanje travnjaka i vrta u odnosu na razinu SAD. Potrošnju vode za bazen, pranje automobila i sakupljanje kišnice nemaju.



Slika 3.19. Usporedba srednjih vrijednosti virtualne potrošnje vode studenata KTF-a s srednjim vrijednostima na razini SAD.

Analiza potrošnje virtualne vode ukazuje da studenti KTF-a nemaju potrošnju vode za papir, plastiku, odjeću i za kućne ljubimce. Potrošnja vode za kupovne navike i prehranu je povećana, ali opet manja u odnosu na razini SAD. Potrošnja vode za energiju je slična, dok je potrošnja vode za transport manja.

3.5. IZRAČUN VODNOG OTISKA

Temeljem rezultata potrošnje vode unutra kućanstva, potrošnje vode izvan kućanstva i virtualne potrošnje vode za svakog ispitanika, zbrajanjem svih kategorija potrošnje vode omogućuje izračunavanje vodnog otiska pojedinca, a prema jednadžbi:

$$VO = VO_{UK} + VO_{IK} + VO_{VIR} \quad (3-1)$$

gdje je:

VO - vodni otisak, L / dan

VO_{UK} - vodni otisak potrošnje vode unutar kućanstva, L/dan

VO_{IK} - vodni otisak potrošnje vode izvan kućanstva, L/dan

VO_{VIR} - vodni otisak virtualne potrošnje vode, L/dan.

Primjer izračuna vodnog otiska za ispitanika 1

Prema podacima iz Tablice 2.1., 2.2. i 2.3., slijedi da je:

$$VO_{UK} = 151,4 + 75,7 + 64,4 + 75,5 + 15,1 = 382,3 \text{ L/dan}$$

$$VO_{IK} = 15,1 \text{ L/dan}$$

$$VO_{VIR} = 105,9 + 2206,9 + (-15,1) + (-45,4) + (-3,8) + (-18,9) + 4092,0 = 6321,6 \text{ L/dan}$$

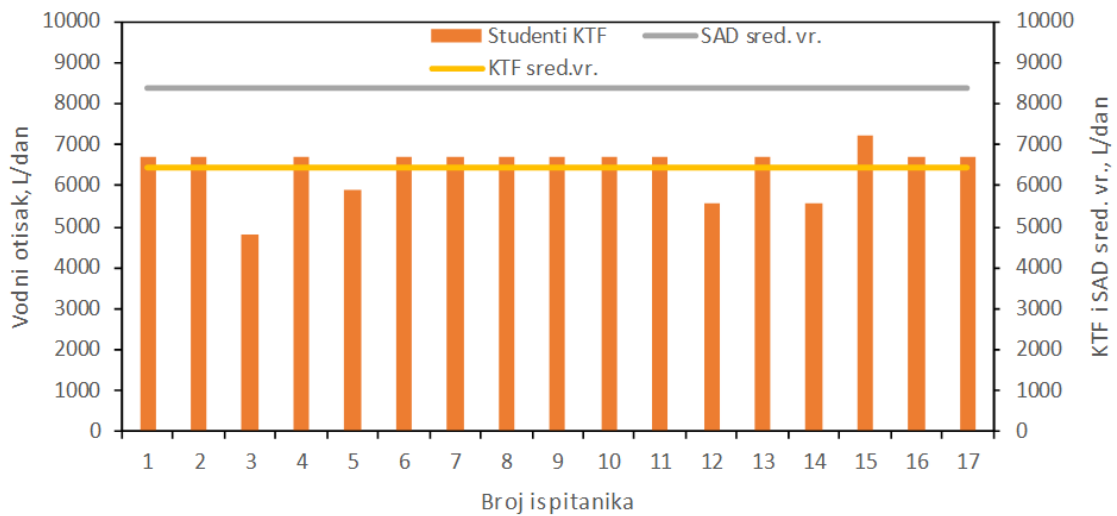
Prema jednadžbi (3-1), ukupni vodni otisak za *ispitanika 1* iznosi:

$$VO_1 = VO_{UK} + VO_{IK} + VO_{VIR}$$

$$VO_1 = 382,3 + 15,1 + 6321,6 = 6719 \text{ L / dan}$$

Analogno su izračunati vodni otisci za ostale ispitanike, a dobiveni rezultati su dati u Tablici 2.4. te su grafički uspoređeni na slici 3.20.

Rezultati izračunavanja vodnog otiska na uzorku studenata Kemijsko-tehnološkog fakulteta prikazani su na slici 3.20.



Slika 3.20. Rezultati vodenog otiska na uzorku studenata Kemijsko-tehnološkog fakulteta. Napomena: Rezultati su uspoređeni s prosjekom potrošnje vode u SAD.

Vidljivo je da rezultati vodnog otiska kod studenata KTF neznatno osciliraju. Srednja vrijednost iznosi 6461,8 L/dan i manja je od srednje vrijednosti vodnog otiska na razini SAD koja iznosi 8403,7 L/dan. Kako bi se dobio uvid koja kategorija vodnog otiska dominira, u Tablici 3.1. izračunati su i uspoređeni volumni udjeli vodnog otiska po kategorijama.

Tablica 3.1. Usporedba volumnih udjela vodnog otiska po kategorijama za studente KTF-a.

| Broj ispitanika | VO _{UK} , % | VO _{IZ} , % | VO _{VIR} , % |
|-----------------|----------------------|----------------------|-----------------------|
| 1 | 5,7 | 0,2 | 94,1 |
| 2 | 7,6 | 0,2 | 92,2 |
| 3 | 13,2 | 0,0 | 86,8 |
| 4 | 5,7 | 0,2 | 94,1 |
| 5 | 10,6 | 0,0 | 89,4 |
| 6 | 5,7 | 0,2 | 94,1 |
| 7 | 5,7 | 0,2 | 94,1 |
| 8 | 5,7 | 0,2 | 94,1 |
| 9 | 5,7 | 0,2 | 94,1 |
| 10 | 5,7 | 0,2 | 94,1 |
| 11 | 5,7 | 0,2 | 94,1 |
| 12 | 6,9 | 0,0 | 93,1 |
| 13 | 5,7 | 0,2 | 94,1 |
| 14 | 6,9 | 0,0 | 93,1 |
| 15 | 7,8 | 0,0 | 92,1 |
| 16 | 5,7 | 0,2 | 94,1 |
| 17 | 5,7 | 0,2 | 94,1 |

Rezultati u Tablici 3.1. pokazuju da virtualna potrošnja vode u najvećoj mjeri doprinosi ukupnoj vrijednosti vodnog otiska (86,8 – 94,1%), potrošnja vode unutar kućanstva u manjoj mjeri (5,7-13,2%), dok je udio potrošnje vode izvan kućanstva u ukupnom vodnom otisku skoro zanemariv (< 0,2%). To ukazuje da se najveći pomaci u smanjenju vodnog otiska kod studenata KTF mogu postići racionalizacijom virtualne potrošnje vode, i to racionalizacijom kupovnih navika i načina prehrane.

4.ZAKLJUČAK

Na temelju provedene ankete vodnog otiska na uzorku studenata druge godine diplomskog studija Kemijske tehnologije KTF-a i analize rezultata, mogu se izvesti sljedeći zaključci:

- Unutar kućanstva studenti KTF-a imaju povećanu potrošnju za tuširanje u iznosu od 142,5 L/dan, za sudoper u iznosu od 95,7 L/dan, korištenje vode u umivaoniku u iznosu od 75,7 L/dan te za pranje posuđa u perilici u iznosu od 11,4 L/dan. Potrošnja sive vode nije zastupljena.
- Studenti KTF-a nemaju potrošnju vode izvan kućanstva, a to se pripisuje studentskom načinu života i studentskom standardu.
- Od virtualne potrošnje vode, studenti KTF imaju najveću potrošnju vode za prehranu u iznosu od 4117,8 L/dan te kupovne navike u iznosu od 1881,8 L/dan. Studenti KTF-a nemaju potrošnju vode za plastiku, boce i limenke, papir, odjeću, a što se pripisuje edukaciji i recikliranju. Potrošnja vode za energiju iznosi 97,0 L/dan i manja je od srednje vrijednosti na razini SAD koja iznosi 147,6 L/dan, dok je potrošnja vode za transport u iznosu od 2,2 L/dan zanemariva u odnosu na srednju vrijednost na razini SAD 102,2 L/dan.
- Srednja vrijednost vodnog otiska studenata KTF-a iznosi 6461,8 L/dan, od čega virtualna potrošnja vode doprinosi 86,8- 94,1%, potrošnja vode unutar kućanstva 5,7 – 13,2%, a udio potrošnje vode izvan kućanstva je skoro zanemariv, <0,2%.
- Najveći pomaci vodnog otiska kod studenata KTF-a mogu se postići racionalizacijom virtualne potrošnje vode i to racionalizacijom kupovnih navika i načina prehrane.
- Izračun vodnog otiska se pokazao kao jednostavan alat u osvještavanju studenata o njihovoj ukupnoj potrošnji vode i utjecaju na vodeni ekosustav.

5.LITERATURA

1. URL: <https://www.watercalculator.org>. (24.4.2019)
2. S. Tedeschi, *Zaštita voda*, Hrvatsko društvo građevinskih inženjera, Zagreb, 1997.
3. F. Briški, *Zaštita okoliša*, interna skripta, Fakultet kemijskog inženjerstva i tehnologije u Zagrebu, Sveučilište u zagrebu, Zagreb, 2012.
4. A. Štrkalj, *Onečišćenje i zaštita voda*, Metalurški fakultet, Sveučilište u Zagrebu, Sisak, 2014.
5. B. Tušar, *Ispuštanje i pročišćavanje otpadne vode sa zakonskom regulativom*, Croatiaknjiga Zagreb, Zagreb, 2004.
6. J. Margeta, *Oborinske i otpadne vode: teret onečišćenja i mjere zaštite*, Građevinsko-arhitektonski fakultet Sveučilišta u Splitu, Split, 2007.
7. B. Vučijak, A. Čerić, I. Silajdžić, S. Midžić Kurtagić, *Voda za život: Osnove integralnog upravljanja vodnim resursima*, Institut za hidrotehniku Građevinskog Fakulteta u Sarajevu, Sarajevo, 2011.
8. URL:<https://waterfootprint.org/en/water-footprint/what-is-water-footprint/> (25.4.2019.).
9. N. Vukojević Medvidović, *Inženjerstvo naprednih procesa obrade vode*, Interna skripta, Kemijsko-tehnološki fakultet u Splitu, Sveučilište u Splitu, 2018.
10. P. Božić, *Kvantificiranje utjecaja na okoliš povezanih s vodom pomoću koncepta vodenog otiska*, Završni rad, Fakultet strojarstva i brodogradnje, Zagreb, 2018.
11. URL:<http://efikasnost.com/2011/08/01/vodeni-otisak/> (24.4.2019.).
12. 6.URL:https://www.google.com/search?q=direct+indirect+water+footprint&rlz=1C1GCEA_enHR773HR773&source=lnms&tbn=isch&sa=X&ved=0ahUKEwj d8seTn5vjAhWIqIsKHW7QCZ8Q_AUIECgB&biw=1366&bih=657#imgc=AOMFlektQ0auHM: (24.4.2019.).
13. Internacional standard ISO 14046:2014: *Environmental management-Water-footprint-Principles requirements and guidelines*, ISO, Geneva, 2014.
14. URL:<https://waterfootprint.org/en/water-footprint/national-water-footprint/virtual-water-trade/> (25.4.2019.).
15. A. Y. Hoekstra, A. K. Chapagain, M. M. Aldaya, M. M. Mekonnen: *The Water Footprint Assessment Manual*, Earthscan, London, 2011.
16. URL:https://www.google.com/search?rlz=1C1GCEA_enHR773HR773&tbn=isch&sa=1&ei=WMwZXazaKZnkgwejm5KAAg&q=rijeke&oq=rijeke&gs_l=img

.3..0l10.76602.79329..79788...0.0..0.139.1212.7j5.....0....1..gws-wiz-
img.....0..0i5i30j0i24.bsKUXw-E5Fg#imgrc=RiHSEJm8HTxoM:
(24.4.2019.).

17. URL:[https://www.google.com/search?biw=1366&bih=657&tbm=isch&sa=1&ei=M_IdXceLI4GAjLsP_dCSAw&q=polluted+water&oq=polluted+water&gs_l=img.3..0j0i30i9.1060.5662..6103...0.0..0.110.1375.8j6.....0....1..gws-wiz-
img.....0..0i67.l0KF_j84oVk#imgrc=j-eB7or5N92yLM](https://www.google.com/search?biw=1366&bih=657&tbm=isch&sa=1&ei=M_IdXceLI4GAjLsP_dCSAw&q=polluted+water&oq=polluted+water&gs_l=img.3..0j0i30i9.1060.5662..6103...0.0..0.110.1375.8j6.....0....1..gws-wiz-
img.....0..0i67.l0KF_j84oVk#imgrc=j-eB7or5N92yLM): (24.4.2019.).

18. M. Mušnjak, *Ponovna uporaba vode u tehnološkom procesu*, Hrvatska vodoprivreda **218** (2017) 41-45.