

---

**STUDIJA ZA IZBOR KONCEPCIJE PRIKUPLJANJA, ODVOĐENJA I  
PREČIŠĆAVANJA OTPADNIH VODA NASELJA OPŠTINE ČOKA SA POSEBNIM  
OSVRTOM NA ZAŠTITU ŽIVOTNE SREDINE, UPRAVLJANJE VODAMA I  
SISTEMIMA PREVENCije RIZIKA**

---

E-36/2016

---

**2. TEKSTUALNI DEO**

---

## **2.1. UVOD:**

Strateška procena uticaja na životnu sredinu (SPU) IPA II Programa 2014-2020 prekogranične saradnje Mađarska-Srbija je planirana i realizovana u skladu sa Direktivom 2001/142/EC i njenim nacionalnim adaptacijama.

**SPU je korisna alatka za naglašavanje mogućih pozitivnih efekata nekog konkretnog programa na životnu sredinu i sprečavanje mera koje bi mogle biti štetne po okolini.**

Celokupna strategija programa ustanovljena je oko koncepta održivog razvoja, sa posebnim osvrtom na razvoj efikasnog trošenja resursa i zaštitu okoline. Predložene aktivnosti direktno doprinose zajedničkim ciljevima zaštite okoline.

Između ostalih predloženih aktivnosti u ovom programu imamo i upravljanje vodama. Kvalitet vode ostaje ozbiljno pitanje u regionu.

Ono što je za nas interesantno i gde mi zaostajemo u regionu je **rešavanje problema prikupljanja, odvođenja i prečišćavanja upotrebljenih i atmosferskih voda**. U okviru programa imamo poseban deo koji se odnosi na površinske i podzemne vode. Prirodni i ekološki resursi se pre svega odnose na glavne reke u regionu: Dunav na zapadu i Tisu na istoku.

Da bi se ublažila šteta koja može da nastane potrebno je uvrstiti **kompenzacione mere**, posebno u vezi sa gravitirajućim područjima (u smislu očuvanja kvaliteta voda).

Pošto svaki projekat vezan za upravljanje vodama može imati negativan uticaj na životnu sredinu, stoga je važno proceniti uticaj u ranim fazama svakog od projekata, posebno za prekogranične oblasti uključujući lokacije Natura 2000.

Što znači, mora se sprovesti procena uticaja na životnu sredinu (EIA) u skladu sa zakonom.

Da bi studija procene uticaja na životnu sredinu dobila pozitivno rešenje, projektno-tehničko rešenje mora da bude takvo da nema negativnih uticaja na životnu sredinu.

Kod rešavanja problema prikupljanja, odvođenja i prečišćavanja upotrebljenih voda, mora se voditi računa da ta rešenja budu takva da ni ujednom trenutku neugroze životnu sredinu.

Cevovodi kojima se prikupla i odvodi upotrebljena-otpadna voda moraju imati vodonepropusne spojeve, šahtovi, kao i drugi prateći objekti moraju biti vodonepropusni, atmosferska i upotrebljena voda moraju biti odvojene (separatni sistem kanalizacije), na postrojenja za prečišćavanje otpadnih voda (PPOV) može da dolazi samo otpadna voda i na nju se PPOV dimenzioniše itd.

## 2.2. OPŠTI PODACI O LOKACIJI

### 2.2.1. Geografski položaj

#### Opština Čoka

Opština Čoka se nalazi na severu AP Vojvodine u Republici Srbiji i pripada Severnobanatskom okrugu (slika 1). Prostire se između opština Kikinda, Ada, Senta, Kanjiža i Novi Kneževac koje takođe pripadaju Severnobanatskom okrugu. Deo teritorije opštine Čoka se na istoku graniči sa Rumunijom. Između opštine Ada, Senta i Kanjiža i opštine Čoka granica je reka Tisa.

Opština Čoka zauzima površinu od  $321 \text{ km}^2$  sa apsolutnim visinama od 78 m do 84 m prostirući se u istočnom delu Panonske nizije između reka Tise, Moriša i Zlatice. U okviru teritorije koju zauzima Opština Čoka mogu da se izdvoje dve celine, tj. lesna terasa i aluvijalna ravan.

Na slici 1 je dat prikaz položaja opštine Čoka u Vojvodini.



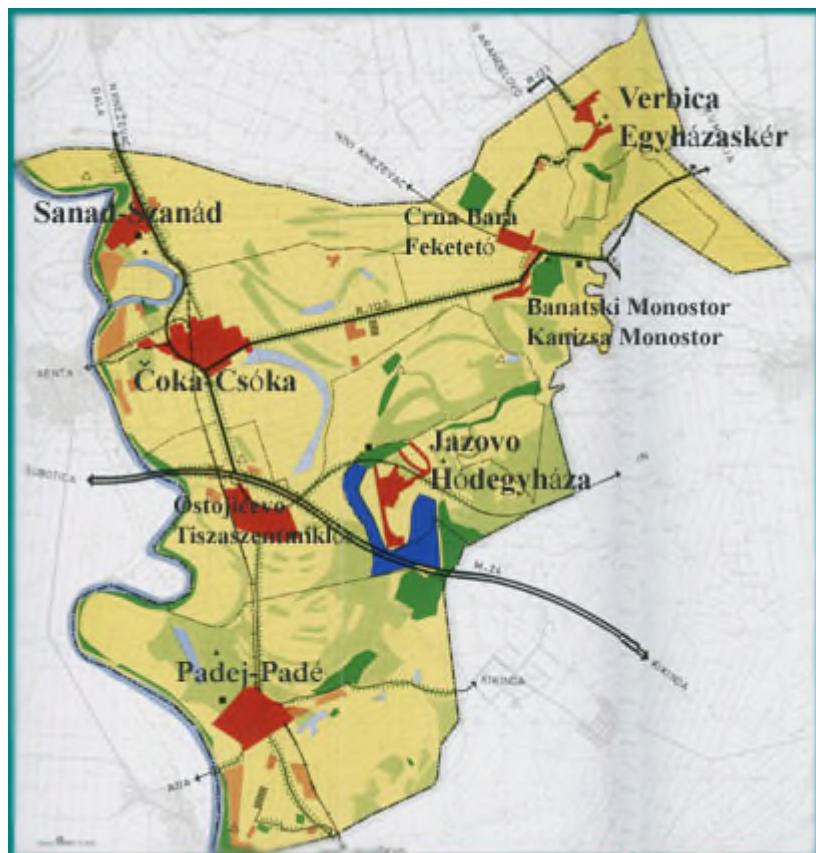
**Slika 1. Položaj Opštine Čoka na teritoriji Autonomne Pokrajine Vojvodine**

Na prostoru opštine Čoka je na osnovu popisa iz 2011. godine živelo 11388 stanovnika a broj domaćinstava je iznosio 4678.

Položaj opštine sa saobraćajnog aspekta je povoljan. Na prostoru opštine Čoka imamo pružanje državnog puta I reda (magistralni put Senta-Čoka-Kikinda) br. 24, zatim državnih puteva II reda (regionalni putevi) br. 112 Đala - Novi Kneževac - Čoka - Valkanj - državna granica sa Rumunjom i br. 123 Rabe - Vrbica - Crna Bara - Mokrin.

Opštinu Čoka sačinjavaju osam naselja, tj. Čoka, Padej, Ostojićevo, Jazovo, Crna Bara, Vrbica, Banatski Monoštor i Sanad, gde naselje Čoka predstavlja ujedno i centar opštine kao i najveće naselje u opštini (slika 2).

Na slici 2 je prikazan raspored naselja u Opštini Čoka.



**Slika 2.** Raspored naselja u Opštini Čoka (Razmera: 1cm = 5km) (Opština Čoka 2016)

U tabeli 1 su prikazani podaci o broju stanovnika u svakom naselju pojedinačno na osnovu poslednjeg popisa stanovništva iz 2011. godine, površina naselja kao i nadmorska visina.

**Tabela 1** Relevantni podaci o naseljima u opštini Čoka (JP Zavod za urbanizam Vojvodine 2012)

Naselje	Broj stanovnika 2011.	Gustina stanovništva st/km <sup>2</sup>	Površina km <sup>2</sup>	Nadmorska visina m
Čoka	4019	95	49,3	86
Padej	2375	37	78,3	82
Ostojićevo	2328	45	63,6	88
Jazovo	744	34	28,6	87
Crna Bara	437	21	34,1	83
Vrbica	236	16	25,8	69
Banatski Monoštor	102	21	34,1	82
Sanad	1147	26	50,4	89

## 2.2.2. Klimatske karakteristike

Analiza klimatskih faktora i hidrografskih parametara će se izvesti radi sagledavanja uticaja na hidrogeološke karakteristike terena, kao i na režim podzemnih voda. Opšti klimatski uslovi imaju veliki uticaj na režim najpliće izdani sa slobodnim nivoom i plitku izdan koja je prisutna na čitavom području. U ovom poglavlju će se izvršiti analiza samo nekih od parametara, kao što su: temperatura, padavine, vlažnost vazduha i vetrovi.

Klima Vojvodine, a ujedno i područja istraživanja ima odlike umereno-kontinentalne klime sa toplim letima i hladnim zimama i jasno izraženim godišnjim dobima. Na području Vojvodine, odnosno Panonske nizije, klima je uslovljena i geografskim položajem Panonske nizije, koja je okružena planinskim vencima Alpa, Karpata i Dinarida, usled čega, uticaji mora i kopna nisu potpuno izraženi. Količine atmosferskog taloga su posledica visokog vazdušnog pritiska nad Atlanskim oceanom i niskog vazdušnog pritiska nad istočnom Evropom, pri čemu nastaje kretanje vazdušnih masa sa zapada na istok. Kada se ispolji visok vazdušni pritisak nad evroazijskim kopnom, a nizak vazdušni pritisak nad Sredozemnim i Jadranskim morem, rashlađene vazdušne mase se kreću od istoka ka Jadranskom moru ili Atlanskom oceanu, donoseći vedro i hladno vreme. U zavisnosti od strujanja vazduha ispoljavaju se uticaji atlanske, sredozemne i kontinentalne klime. Najveći uticaj imaju atlanske vazdušne mase, koje donose najveću količinu padavina. Prelaz od leta ka zimi je relativno blag, dok je prelaz od zime ka letu veoma nagao, a jeseni su po pravilu nešto toplije od proleća.

Najблиža hidrometeorološka stanica za šire istražno područje se nalazi u naselju Senta, 45°56' s.g.š. i 20°05' i.g.d. na koti 80 mnv, a za ispitivani period će se uzeti podaci za period od 1995.-2015. godine.

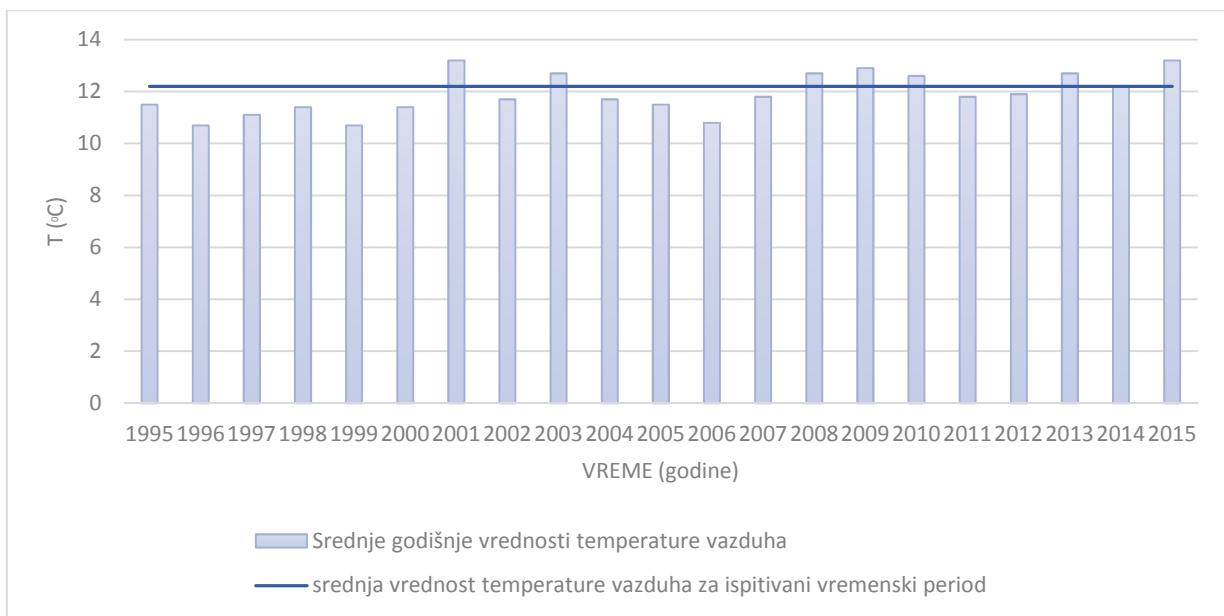
### 2.2.2.1. Temperatura vazduha

Temperatura vazduha, takođe predstavlja važan faktor koji utiče na režim podzemnih voda. Kao i u slučaju padavina, uticaj temperature vazduha je najveći na izdan sa slobodnim nivoom, odnosno na površinske vodonosne horizonte, gde je temperatura vode u direktnoj vezi sa temperaturom vazduha. Uticaj temperature vazduha je takođe vezan za povremeno zamrzavanje, isparavanje i transpiraciju iz zone aeracije i sa površine izdani.

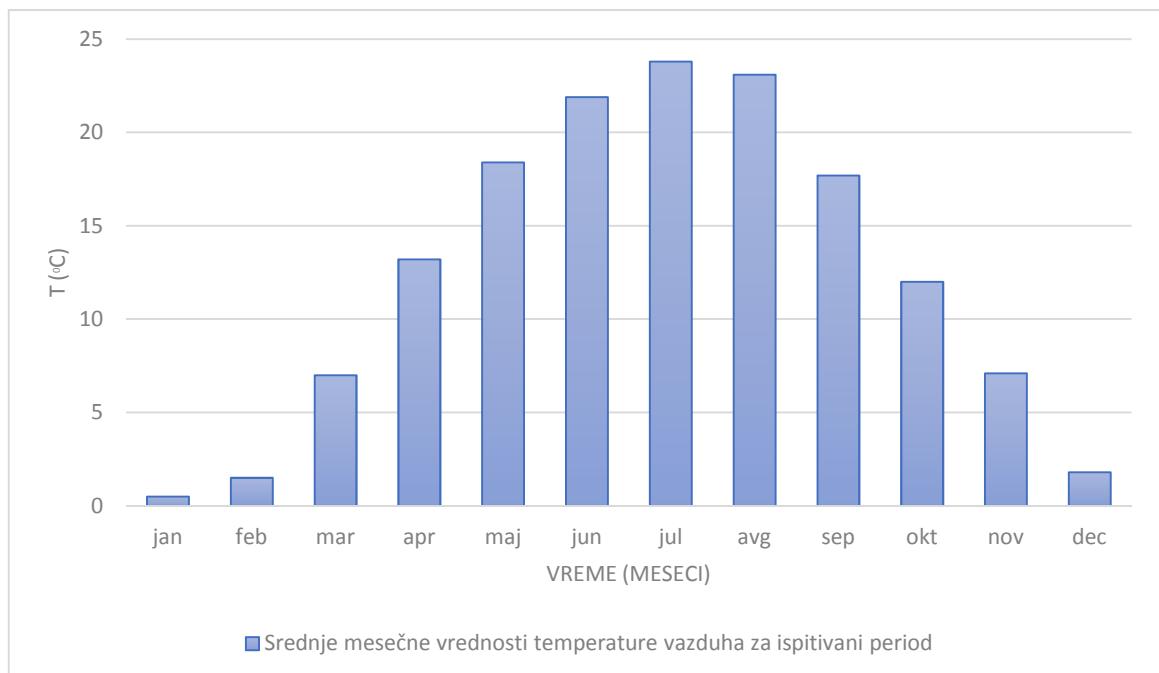
Za utvrđivanje temperaturnog režima vazduha korišćeni su i analizirani zvanični podaci o vrednostima temperature vazduha Republičkog Hidrometeorološkog Zavoda (RHMZ) Srbije, za period od 1995. do 2015. godine, na hidrometerolokoj stanici "Senta", a predstavljeni su u *tabeli 2* i histogramima (*slike 3 i 4*). Podaci za 2014. i 2015. godinu su nepotpuni u pogledu temperature vazduha.

**Tabela 2** Prosečne mesečne i godišnje temperature vazduha (°C) za hidrometeorološku stanicu "Senta" za period od 1995.-2015. godine (prema podacima RHMZ Srbije 2016)

god.	jan	feb	mar	apr	maj	jun	jul	avg	sep	okt	nov	dec	sr	max	min
1995	-0,3	6,4	5,8	11,8	16,5	19,8	24,7	21,1	15,5	12,5	3,1	1,2	11,5	24,7	-0,3
1996	-0,9	-2,2	2,7	12,4	18,6	21,5	20,7	21,3	13,5	11,9	8,5	0	10,7	21,5	-2,2
1997	-1,1	3,1	5,7	8,3	17,8	20,9	20,6	21,0	16,7	9,0	6,9	3,1	11,0	21	-1,1
1998	3,2	5,5	4,4	13,1	16,6	22,6	22,8	22,3	16,2	12,8	4,0	-3,5	11,7	22,8	-3,5
1999	0,4	-	-	-	17,1	20,8	22,8	21,6	19,2	11,9	4,0	1,5	13,3	22,8	0,4
2000	-1,1	4,0	6,5	15,2	19,4	23,0	22,4	24,7	17,5	14,2	10,0	3,3	13,3	24,7	-1,1
2001	2,4	4,2	9,6	11,3	18,5	18,9	22,6	23,3	15,5	14,6	3,6	-3,8	11,7	23,3	-3,8
2002	0,3	6,1	8,8	11,8	19,5	22,5	24	21,9	16,7	12,0	9,0	0,3	12,7	24	0,3
2003	-2,8	-4,4	5,7	11,4	21,2	24,3	23,1	24,7	17,0	9,4	7,6	1,9	11,6	24,7	-4,4
2004	-1,5	2,3	6,5	12,2	15,8	20,4	22,7	21,7	16,3	13,3	6,1	2,3	11,5	22,7	-1,5
2005	0,4	-3,0	4,2	12,0	17,9	20,4	22,6	20,6	18,3	12,3	5,2	1,8	11,1	22,6	-3
2006	-1,3	0,6	5,2	13,7	16,9	20,6	24,3	20,1	18,6	13,7	7,6	2,7	11,9	24,3	-1,3
2007	5,4	5,8	9,0	14,1	18,6	22,8	24,2	24,0	15,2	11,1	4,4	-0,2	12,9	24,2	-0,2
2008	1,4	5,0	7,8	13,1	18,9	22,3	22,4	23,3	16,3	13,2	7,7	3,5	12,9	23,3	1,4
2009	-0,7	2,6	7,2	15,7	19,0	20,2	-	23,4	19,9	11,8	7,9	3,2	11,8	23,4	-0,7
2010	-0,7	2,1	7,2	12,7	17,2	21,1	24,2	22,9	16,1	9,4	9,0	0,1	11,8	24,2	-0,7
2011	0,5	0,5	6,7	13,9	17,8	22,1	22,7	24,1	21,2	11,3	3,1	3,8	12,3	24,1	0,5
2012	1,7	-4,2	8,4	13,7	18,3	24,3	26,2	25,8	20,7	12,6	8,4	0,1	12,6	26,2	-4,2
2013	1,8	3,7	5,6	14,1	18,7	21,9	25,2	24,6	16,6	14,4	8,6	2,0	11,8	25,2	1,8
2014	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2015	2,6	2,7	8,3	13,2	18,9	-	-	-	-	-	-	-	12,7	18,9	2,6
sr	0,5	1,5	7,0	13,2	18,4	21,9	23,8	23,1	17,7	12,0	7,1	1,8	12,3	23,8	0,5
max	5,8	6,4	10,1	15,0	21,0	24,4	25,3	24,6	20,3	14,1	10,6	4,1	13,2	25,3	4,1
min	-1,9	-4,8	4,3	11,1	15,4	18,4	21,9	19,6	14,6	9,9	2,8	-3,4	10,8	21,9	-4,8



**Slika 3 Histogram srednjih godišnjih temperatura vazduha za meteorološku stanicu "Senta" u periodu od 1995.-2015. godine (prema podacima RHMZ Srbije 2016)**



**Slika 4 Histogram srednjih mesečnih temperatura vazduha za meteorološku stanicu "Senta" za period od 1995.-2015. godine (prema podacima RHMZ Srbije 2016)**

Srednja višegodišnja vrednost temperature vazduha za period od 1995. do 2015. godine iznosi 12.3 °C.

Srednja godišnja temperatura vazduha za posmatrani period varira od minimalne 10.7 °C (1996. godine), do maksimalne vrednosti 13.3 °C (1999. i 2000. godine).

Vrednosti srednjih mesečnih temperatura vazduha za posmatrani period variraju od 0.5 °C u januaru do 23.8 °C u julu.

### 2.2.2.2. Padavine

Padavine su na teritoriji Srbije nepravilno raspoređene u vremenu i prostoru. Normalna godišnja suma padavina za celu zemlju iznosi 896 mm. Veći deo Srbije ima kontinentalni režim padavina, sa većim količinama u toplijoj polovini godine. Najviše kiše padne u junu i maju. Najmanje padavina imaju meseci februar ili oktobar kada u proseku padne 5 do 6 % od ukupne godišnje količine padavina.

Što se ekstremnih vrednosti padavina, izmerenih do sada tiče, najsušnija godina je bila 2000. godina, kada je izmereno samo 223.1 mm u Kikindi a najkišovitija je bila 1937. godina, kada je izmereno čak 1324.5 mm u Lozniči. Najveća mesečna količina padavina registrovana je u junu 1954. godine u Sr. Mitrovici, 308.9 mm, a najveća dnevna količina padavina je registrovana 10. oktobra 1955. godine u Negotinu, 211.1 mm.

Padavine su veoma važan elemenat klime jer direktno infiltracijom utiču na režim izdanskih voda, odnosno prihranjivanje izdani sa slobodnim nivoom.

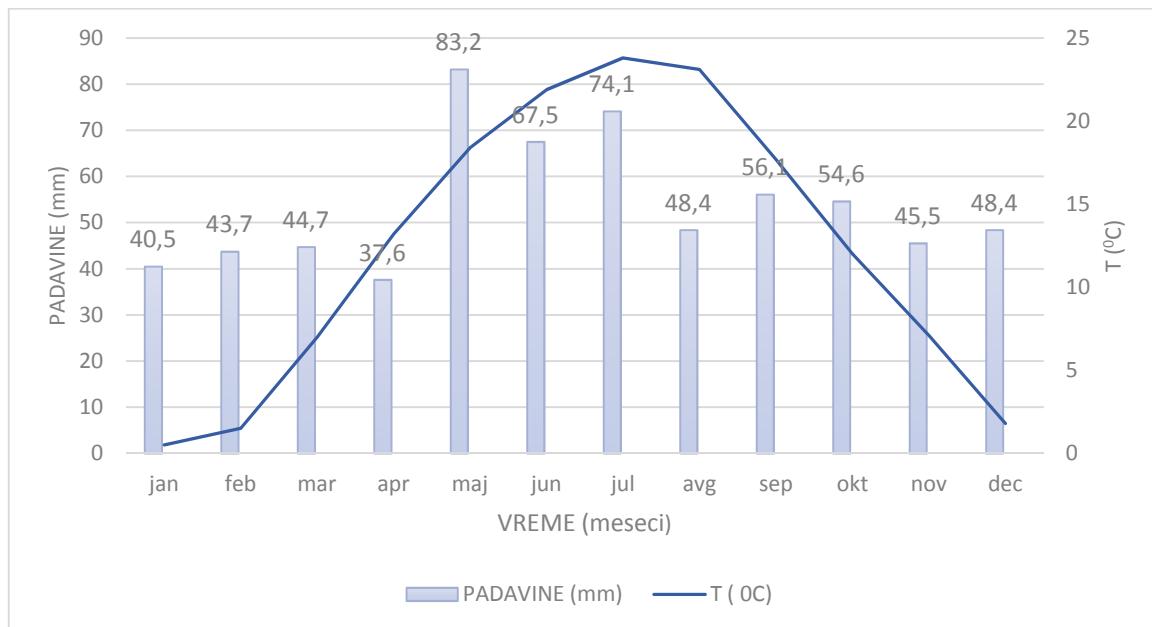
Za analizu pluviometrijskog režima su korišćeni zvanični podaci RHMZ Srbije, za period od 1995. do 2015. godine (*tabela 3*), gde su prikazane srednje mesečne i srednje godišnje visine padavina u klimatološkoj stanici u Senti, za navedeni period. Na *slici 5* je prikazan histogram srednjih godišnjih visina padavina.

**Tabela 3** Prikaz godišnjih, srednje višegodišnjih, srednjih mesečnih i mesečnih sumi padavina izraženih u mm, registrovanih na meteorološkoj stanici "Senta", za period od 1995.-2015. godine (prema podacima RHMZ Srbije 2016)

god.	jan	feb	mar	apr	maj	jun	jul	avg	sep	okt	nov	dec	suma	max	min
1995	35,7	37,8	43,0	32,7	43,4	114,4	47,5	51,2	88,1	6,2	56,5	96,9	653,4	114	6,2
1996	48,4	29,3	28,3	35,0	71,7	45,4	54,7	62,6	100	13,3	61,0	78,0	627,9	100	13,3
1997	31,9	16,8	19	62,3	29,5	102,7	115	78,2	33,1	73,8	35,9	82,1	679,9	114,6	16,8
1998	61,4	1,6	6,4	39,5	38,1	28,4	72,9	69,6	53	66,9	44,1	19,5	501,4	72,9	1,6
1999	41,1	-	-	-	63,3	123,0	156	63,4	79,2	33,4	132	120,0	811,1	156	33,4
2000	5,6	4,6	38,8	37,4	24,2	14,7	38	1,3	24,5	3,4	20,4	49,4	262,3	49,4	1,3
2001	39,8	16,2	65,3	100,3	41,4	182,3	48,6	34,3	152,9	14,0	42,0	15,8	752,9	182,3	14,0
2002	6,9	27,0	4,6	38,1	91,2	49,6	84,0	60,2	77,2	46,0	27,4	45,9	262,9	91,2	4,6
2003	75,7	38,9	6,9	8,4	42,5	48,0	97,0	25,4	64,1	103,7	37,0	34,0	840,5	103,7	6,9
2004	36,7	50,9	44,1	135,5	56,2	66,1	139,3	34,3	44,6	48,8	108,3	48,1	531,7	139,3	34,3
2005	24,5	58,7	42,4	58,1	44,6	76,5	106,3	88,7	82,9	3,3	13,3	67,3	482,6	106,3	3,3
2006	35,6	42,3	81,2	69,6	46,9	77,0	13,6	112,2	17,0	18,0	21,6	17,2	844,1	112,2	13,6
2007	33,8	32,4	66,0	0,0	155,2	90,5	23,6	20,9	61,8	70,8	96,6	29,7	750,1	155,2	0,0
2008	26,3	7,4	54,8	22,1	30,6	106,6	37,8	15,6	70,4	29,4	57,6	58,5	672,1	106,6	7,4
2009	50,0	23,2	22,8	3,2	59,1	88,1	-	40,5	10,5	55,3	72,4	-	764,2	88,1	3,2
2010	-	91,8	35,1	44,2	119,7	137,7	50,3	58,4	75,9	44,8	53,5	81,4	484,8	137,7	35,1
2011	7,6	11,4	46,1	6,9	85,2	20,8	77,3	0,0	21,4	39,8	1,2	53,8	542,4	85,2	0,0
2012	44,3	68,6	2,0	46,3	55,3	43,4	46,3	5,6	24,1	84,2	41,6	79,7	921,6	84,2	2,0
2013	66,7	86,5	136,3	39,1	122,3	26,0	53,9	56,0	39,3	51,6	50,5	0,1	676,7	136,3	0,1
2014	46,0	28,8	42,8	32,1	194,2	47,0	159,2	112,0	140,1	111,0	11,1	65,5	465,4	194,2	11,1
2015	72,6	57,7	40,0	22,1	62,4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
sr	40,5	43,7	44,7	37,6	83,2	67,5	74,1	48,4	56,1	54,6	45,5	48,4	626,4		
max	73,8	72,3	93,5	111,6	135,7	204,8	160,6	140,1	159,8	121,2	136,4	89,0	921,6		
min	12,7	4,1	3,5	0,0	11,6	27,6	19,2	0,0	4,5	4,1	0,7	15,4	262,9		

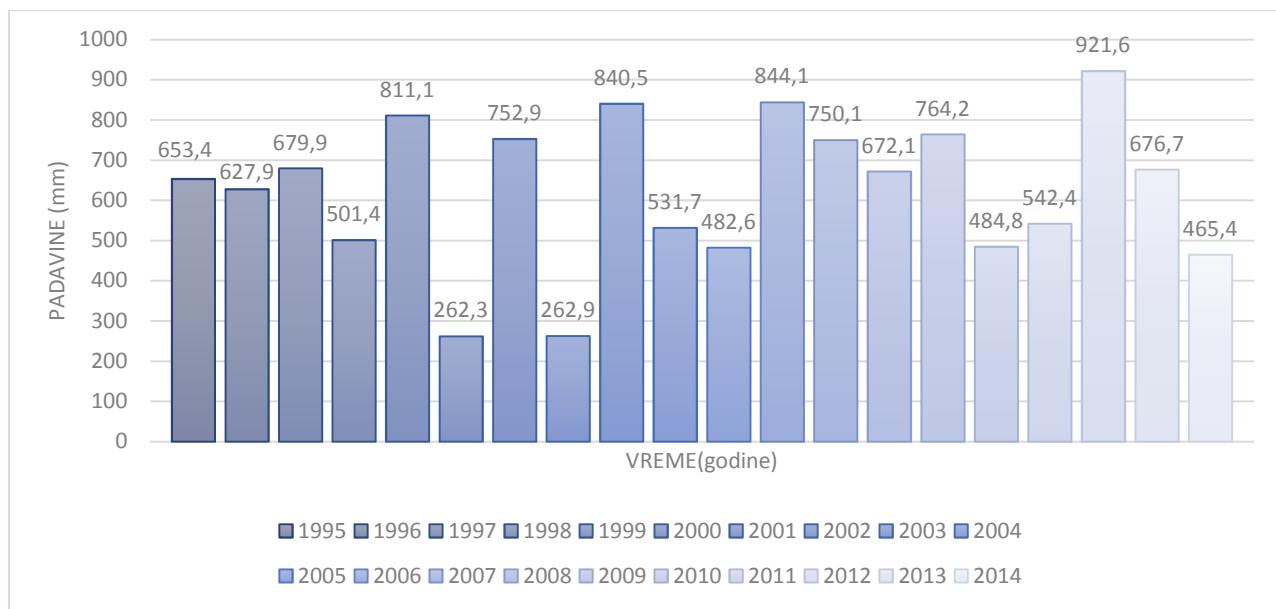
Na osnovu podataka iz *tabele 3*, koja se odnosi na hidrometeorološku stanicu "Senta" se zaključuje da se najviše padavina za posmatrani period izlučuje u periodu maj-

jun, a najmanje u periodu januar-mart, što se lako može uočiti i na histogramu padavina (*slika 5*).



**Slika 5** Uporedni histogram - meteorološka stanica "Senta", za period od 1995.-2015. godine (prema podacima RHMZ Srbije 2016)

Srednje mesečne vrednosti padavina za osmatrani period variraju od 37,6 mm u aprilu, do 83,2 mm u maju (*slika 5*). Maksimalna količina padavina na meteorološkoj stanici "Senta" je zabeležena u maju mesecu 2014. godine i iznosila je 194,2 mm. Za 2015. godinu podaci o padavinama na meteorološkoj stanici "Senta" nisu potpuni.



**Slika 6** Prikaz godišnjih sumi padavina i prosečne sume padavina u mm, registrovanih na meteorološkoj stanici "Senta", za period od 1995.-2015. godine (prema podacima RHMZ Srbije 2016)

Analizirajući godišnje sume padavina, vrednosti variraju od 262,3 mm (2000. godine) do 921,6 mm (2012. godine). Prosečna vrednost godišnjih sumi padavina za period 1995.-2015. godine iznosi 626,4 mm. Podaci za 2015. godinu su nepotpuni i samim tim nisu uvršteni u dalju analizu.

Uticaj padavina je najveći na površinske vodonosne horizonte, odnosno na izdan sa slobodnim nivoom podzemnih voda. Dublje izdani sa nivoom pod pritiskom, najvećim delom prihranjuju se izvan područja istraživanja, tako da visina padavina na samom istražnom terenu nema veći uticaj na podzemne vode ovih izdani.

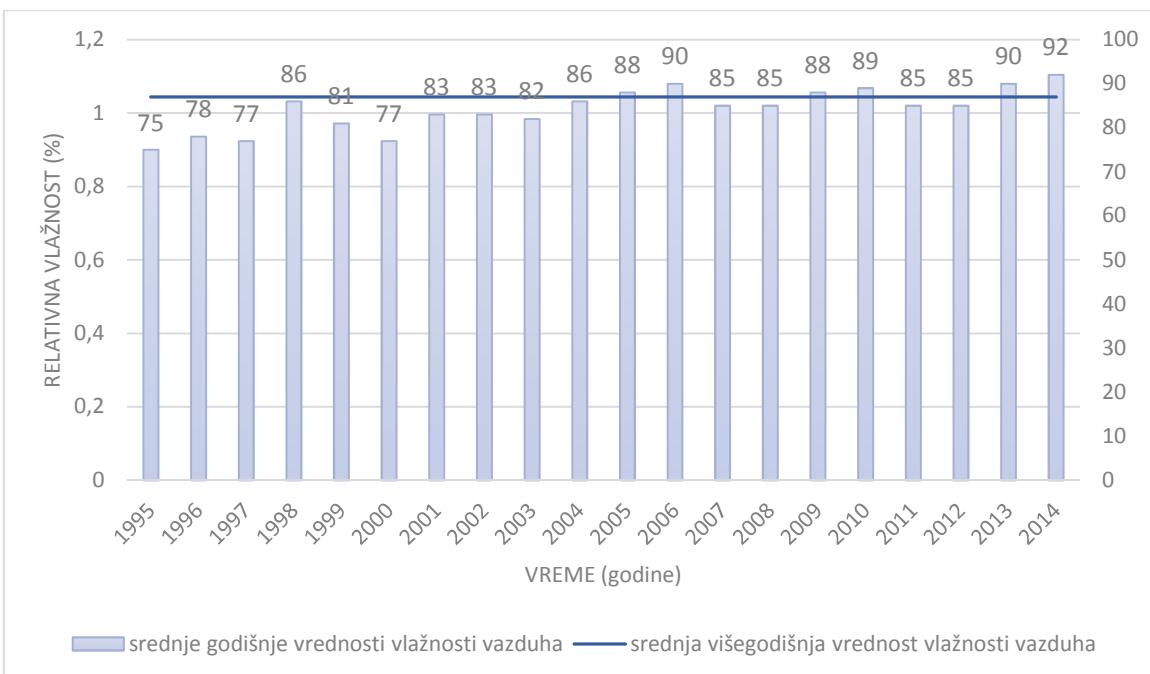
#### 2.2.2.3. Vlažnost vazduha

Relativna vlažnost vazduha takođe predstavlja jedan od klimatskih faktora koji utiče na režim podzemnih voda i stoji u obrnutom odnosu sa temperaturom. Vrednosti prosečnih mesečnih i godišnjih vrednosti relativne vlažnosti vazduha za meterološku stanicu "Senta", u periodu od 1995. do 2015. godine, su prikazane u tabeli 4 i na slikama 7 i 8.

**Tabela 4** Prosečne mesečne i godišnje vrednosti relativne vlažnosti vazduha (%) za hidrometeorološku stanicu "Senta", za period od 1995.-2015. godine (prema podacima RHMZ Srbije 2016)

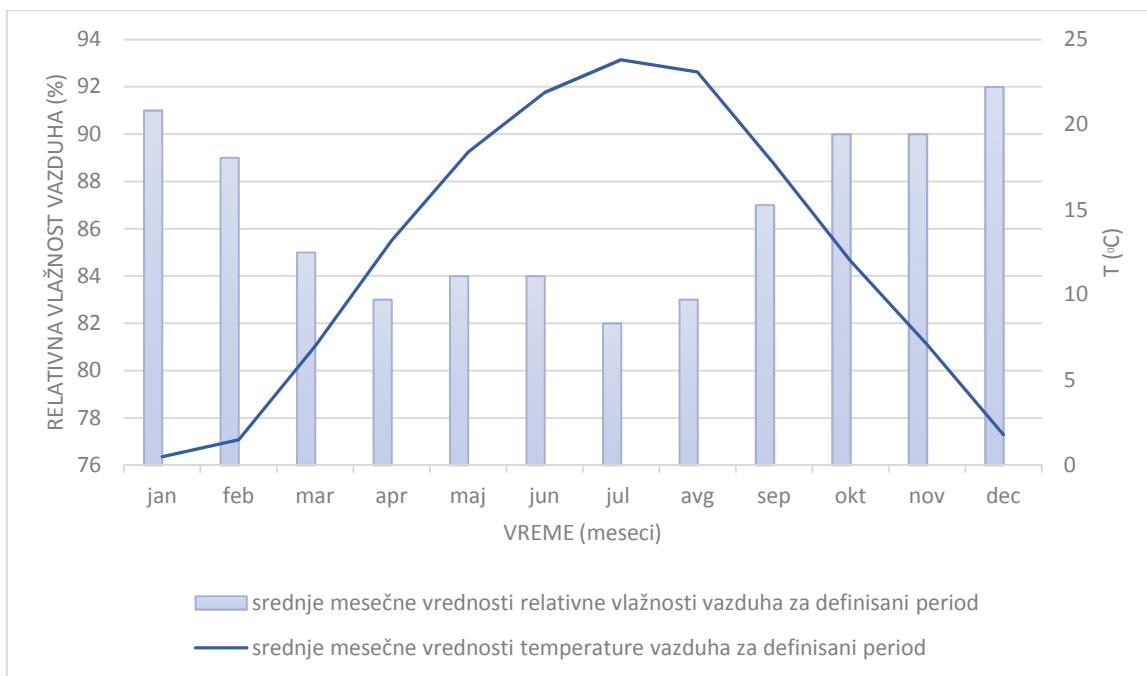
god	jan	feb	mar	apr	maj	jun	jul	avg	sep	okt	nov	dec	pros.
1995	85	74	73	68	69	71	64	75	79	74	83	87	75
1996	86	85	76	67	76	70	74	78	80	77	79	86	78
1997	91	84	69	66	67	74	77	77	73	77	81	87	77
1998	87	82	76	86	87	84	85	84	89	91	92	91	86
1999	93	-	-	-	71	77	77	76	77	78	88	89	81
2000	92	85	78	75	69	66	70	59	77	78	81	89	77
2001	95	84	85	83	79	79	79	73	84	85	85	90	83
2002	91	90	79	80	77	76	78	83	83	88	85	91	83
2003	89	85	80	76	73	73	80	76	82	89	90	90	82
2004	88	88	87	87	79	84	78	82	84	91	91	92	86
2005	88	88	86	85	84	84	89	88	91	88	88	91	88
2006	90	93	90	89	82	88	84	92	92	91	90	94	90
2007	88	88	85	73	88	84	80	81	88	91	87	92	85
2008	91	82	83	85	81	87	77	79	87	88	88	89	85
2009	90	88	88	78	85	87	-	84	90	90	95	92	88
2010	92	93	86	88	89	89	86	83	90	92	92	90	89
2011	92	92	88	77	82	82	82	79	81	87	90	92	85
2012	90	86	78	81	86	83	80	75	86	90	92	91	85
2013	95	91	92	90	87	88	-	83	89	90	93	-	90
2014	93	91	90	90	91	91	90	92	94	93	94	94	92
2015	93	87	84	76	88	-	-	-	-	-	-	-	-
sred.	91	89	85	83	84	84	82	83	87	90	90	92	87

Analizom podataka o prosečnim godišnjim vrednostima relativne vlažnosti vazduha koje su prikazane u tabeli 4, može se zapaziti blagi porast srednje višegodišnje vrednosti vlažnosti vazduha, a prosečna višegodišnja vrednost vlažnosti vazduha iznosi 87% (slika 7). Godina 2015. je izostavljena iz analize zbog nepotpunosti podataka o vlažnosti vazduha za tu godinu.



**Slika 7** Histogram srednjih godišnjih vrednosti relativne vlažnosti vazduha za meteorološku stanicu "Senta" za period 1995.-2015. godine (prema podacima RHMZ Srbije 2016)

Najviša srednjemesečna relativna vlažnost se beleži u januaru i iznosi 91%, a najniža vrednost se beleži u julu i iznosi 82%.



**Slika 8 Histogram srednjih mesečnih vrednosti relativne vlažnosti vazduha i vrednosti srednjih mesečnih temperatura vazduha za meteorološku stanicu "Senta" za period od 1995.-2015. godine (prema podacima RHMZ Srbije 2016)**

#### 2.2.2.4. Vetrovi

Na prostoru Bačke, generalno posmatrajući, najzastupljeniji je severozapadni vетар (156 %), koji u letnjem periodu u ovom delu Bačke donosi padavine u vidu obilnih kiša. Na drugom mestu je jugoistočni vетар (117 %) koji duva u hladnijem delu godine, uslovljavajući hladnije i stabilno vreme.

Najjači vетар na ovom području je košava koja se javlja usled vazdušnih strujanja iz južne Rusije ka Sredozemnom moru. Na ove prostore dolazi kroz Đerdapsku klisuru, a njegova najveća učestalost je u oktobru, novembru, februaru i martu.

U tabeli 5 su prikazane srednje vrednosti brzina vetra u m/s i čestina vetra u % registravane na meteorološkoj stanci "Senta", u periodu od 1995.-2015. godine.

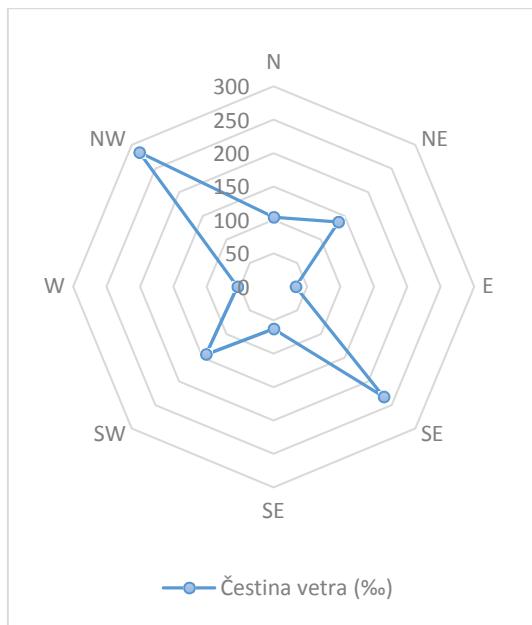
**Tabela 5** Srednje vrednosti brzina vetrova (m/s), registrovanih na meteorološkoj stanici "Senta", u periodu od 1995.-2015. godine (prema podacima RHMZ Srbije 2016)

god	jan	feb	mar	apr	maj	jun	jul	avg	sep	okt	nov	dec	sr	max	min
1995	2,7	2,6	2,9	2,9	2,4	2,0	2	1,9	2,2	1,5	2,6	2,4	2,3	2,9	1,5
1996	2,4	2,7	2,7	2,9	2,6	2,4	2,2	2,4	2,6	2,6	2,7	2,4	2,6	2,9	2,2
1997	2,2	2,4	2,7	3,3	2,6	1,9	2,4	2,2	2,0	2,0	2,6	2,7	2,4	3,3	1,9
1998	2,0	2,6	2,9	2,9	2,3	2,2	2,4	2,1	2,5	2,3	2,3	2,2	2,4	2,9	2
1999	2,5	-	-	-	2,1	2,3	2,2	2,0	2,3	2,6	2,1	2,6	2,3	2,6	2
2000	2,8	2,6	2,7	2,7	2,2	2,5	2,9	2,2	2,3	3,2	2,9	2,7	2,6	3,2	2,2
2001	3,3	3,4	3,2	3,2	3,0	3,0	2,8	2,2	2,6	2,2	2,5	2,3	2,81	3,4	2,2
2002	2,5	2,9	3,4	2,9	2,4	2,3	2,2	2,7	1,8	2,2	2,5	2	2,5	3,4	1,8
2003	2,8	2,4	2,7	3,7	2,5	2,0	2,5	1,9	2,0	2,1	2,4	2,6	2,5	3,7	1,9
2004	2,2	3,3	2,6	2,2	3,0	2,4	2,1	1,9	1,4	2,5	3,1	2,4	2,4	3,3	1,4
2005	2,4	2,1	2,7	2,9	2,5	2,1	1,8	1,9	1,6	2	1,9	2,1	2,2	2,9	1,6
2006	1,8	2,1	3,3	2,5	2,3	2,2	1,5	2	2,2	2,2	2,5	1,6	2,2	3,3	1,5
2007	2,5	3,0	2,5	2,2	2,5	1,6	2,3	2	2,1	1,7	2,0	1,5	2,2	3	1,5
2008	2,5	2,4	2,9	2,7	2,1	1,9	2,3	1,8	1,8	2,1	2,4	2,9	2,3	2,9	1,8
2009	1,5	3,1	3,2	2,4	2,0	1,7	-	1,4	1,6	0,18	1,7	2,0	1,9	3,2	0,18
2010	1,7	2,4	2,7	2,0	2,6	2,0	1,5	2,2	2,3	2,0	2,1	2,4	2,2	2,7	1,5
2011	2,1	2,6	2,9	3,4	2,9	3,0	2,7	2,4	2,4	3,2	2,3	2,6	2,7	3,4	2,1
2012	3,5	2,5	2,8	2,8	2,6	2,2	2,8	2,2	2,0	1,8	2,4	2,7	2,5	3,5	1,8
2013	2,7	3,1	3,1	2,2	2,8	2,5	2,3	2,0	1,9	1,9	3,2	2,5	2,5	3,2	1,9
2014	3,0	3,1	3,0	2,7	3,1	2,3	1,9	1,7	1,7	1,6	2,0	2,5	2,4	3,1	1,6
2015	2,3	1,8	3,6	2,8	2,3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
sr	2,4	2,7	2,9	2,8	2,5	2,2	2,3	2,1	2,1	2,1	2,4	2,4	2,4	2,9	2,9
max	3,5	3,4	3,6	3,7	3,1	3,0	2,9	2,7	2,6	3,2	3,2	2,9	3,2	3,7	2,6
min	1,5	1,8	2,5	2	2	1,6	1,5	1,4	1,4	0,18	1,7	1,5	1,59	2,5	0,18

U tabeli 7 su prikazane srednje vrednosti brzine vetra u odnosu na pravac vetra, izražene u m/s i čestine vetra u %, registrovane na meteorološkoj stanici "Bački Petrovac", u periodu od 1993.-2013. godine.

**Tabela 6** Prosečne vrednosti čestine pravaca i srednje brzine vetrova izmerene na hidrometeorološkoj stanici "Senta" u periodu od 1995. - 2015. godine (prema podacima RHMZ Srbije 2016)

	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW
Čestine pravaca (%)	104	137	33	233	63	143	54	284
Brzine vetrova (m/s)	2,5	2,5	1,7	2,8	2,1	2,3	2,5	3,1



**Slika 9** Dijagram srednjih vrednosti čestina vetrova, registrovanih na hidrometeorološkoj stanici "Senta" u periodu od 1995. - 2015. godine (prema podacima RHMZ Srbije 2016)



**Slika 10** Dijagram srednjih vrednosti brzina vetrova, registrovanih na hidrometeorološkoj stanici "Senta" u periodu od 1995. - 2015. godine (prema podacima RHMZ Srbije 2016)

Košava je zimski vjetar koji počinje u oktobru, a prestaje u maju sa brzinom koja se zimi kreće i preko 9 m/s i duva na udare.

Pored košave se javljaju i severac koji je hladan vjetar i uglavnom duva zimi dok je južni vjetar topao vjetar, a zapadni najčešće donosi kišu i sneg.

Prema srednjim vrednostima za brzine vetrova i za čestine pravaca za dati period, na području Opštine Čoka duvaju pretežno slabi do umereno jaki vetrovi. Najveću srednju godišnju vrednost brzine a i čestine ima severozapadni vjetar sa 3,1 m/s prosečne brzine i 284 % čestine.

### **2.2.2.5. Oblačnost**

Oblačnost i relativna vlažnost vazduha imaju uglavnom podudarne godišnje tokove. Međutim, u odnosu na temperaturu vazduha, oblačnost ima obrnut odnos. U toplijem delu godine oblačnost je manja i obrnuto.

Maksimum oblačnosti je u decembru kada je i relativna vlažnost vazduha najveća. Minimalna oblačnost je u avgustu, u kojem je i relativna vlažnost vazduha minimalna. Najoblačniji mesec, odnosno decembar ima srednju oblačnost 7,2 desetine ili 72%, a najvedriji mesec, avgust 3,4 desetina ili 34%. Srednja godišnja oblačnost iznosi 5,4 desetine (54%), što nije velika vrednost, a godišnje kolebanje oblačnosti je 3,8 desetina (38%).

### **2.2.3. Karakteristike reljefa i zemljišta**

Reljef opštine Čoka ima odlike ravničarskog zemljišta gde su male visinske razlike male a absolutne visine se kreću od 78 do 84 metra. Nagib terena se usmeren u pravcu oticanja Tise, odnosno ka jugu i u okviru terena u opštini mogu se izdvojiti dve celine; lesna terasa i aluvijalna ravan, kao što je prethodno pomenuto.

#### ***Lesna terasa***

Lesna ostrvo na teritoriji opštine Čoka je formirano radom reka Tise i Zlatice i pripada novokneževačkoj i severno-banatskoj lesnoj terasi. Zapadnu granicu lesnog ostrva predstavlja aluvijalna ravan reke Tise dok je sa južne i jugoistočne strane ograničeno aluvijalnom ravni reke Zlatice a sa istočne i severne strane zemljištem prosečne nadmorske visine od 79 metara.

Razuđenost lesne terase je na teritoriji opštine velika što predstavlja rezultat delovanja bočne erozije reka Tise i Zlatice. Delovanje reke Tise se može identifikovati u velikoj meri na zapadnom delu lesne terase gde je ona reducirana i povijena prema istoku u vidu lukova. U drugim delovima teritorije je lesna terasa isturena u obliku lesnih vrtova prema zapadu.

#### ***Aluvijalna ravan***

Aluvijalna ravan reke Tise se rasprostire u dužini od 6 km u pravcu sever-jug na teritoriji opštine. Granicu ravni sa zapadne strane čini tok reke Tise dok sa istočne strane granica je definisana lesnom terasom od koje je ravan odvojena odsekom 3 do 5 metara. Širina aluvijalne ravni varira na teritoriji opštine dok se njena nadmorska visina kreće od 77 do 78 metara.

### **2.2.4. Hidrografske karakteristike**

Vojvodina je bogata površinskim (reke, jezera, bare, kanali) i podzemnim (freatskim, arteškim, termomineralnim) vodama. U veće plovne reke spadaju Dunav, Tisa i Sava, a u manje spadaju Stari Begej, Tamiš, Karaš, Krivaja, Bosut i druge, još manje. Celokupna rečna mreža Vojvodine pripada slivu Crnog mora. Jezera, prirodnih i veštačkih, ima više desetina.

Kanali, posebno oni u Hidrosistemu Dunav-Tisa-Dunav, imaju veliki i višestruki značaj.

### **Reke**

Reke Tisa i Zlatica dominiraju širim područjem istraživanja i ove reke su svojim dugogodišnjim erozivnim radom u najvećoj meri uticale na formiranje hidrografske mreže u zoni njihovog uticaja.

Tisa teče zapadnom periferijom opštine i ujedno čini prirodnu granicu opštine u dužini od 6 km. Na ovom sektoru širina Tise je različita i iznosi od 90 do 200 metara, a na mestu račvanja njegova širina iznosi i 2000 metara.

Reka Zlatica je leva pritoka Tise i teče južnom i jugoistočnom periferijom opštine. Dužina toka reke Zlatice od državne granice sa Rumunijom do njenog ušća u Tisu kod Padeja iznosi 34 km.

### **Jezera**

Najveće jezero u opštini je jezero Mrtva Tisa koje se nalazi između Čoke i Sanada a nastalo je 1823. godine presecanjem meandra. Ovo jezero se međutim nalazi u fazi izumiranja i trenutno je u fazi prelaska iz jezera u baru. Pored jezera Mrtva Tisa u opštini se nalazi i jedno veštačko jezero, odnosno jedan veliki ribnjak, koji se nalazi u jednom delu nekadašnjeg velikog meandra koji opkoljava Jazovo.

### **Podzemne vode**

Podzemne vode na teritoriji opštine Čoka su prisutne u prvoj izdani koje se formiraju akumuliranjem vode ispod topografske vodopropusne površine čija dubina nije ista na celoj teritoriji opštine iz razloga što se glinoviti vodonepropusni sloj nalazi na različitim dubinama u okviru teritorije. Najveća dubina prve izdani iznosi od 4 do 4,2 metra i može se identifikovati na lesnoj terasi gde su dubine prve izdani veće u odnosu na aluvijalnu terasu u okviru teritorije opštine, gde su dubine prve izdani manje.

## **2.2.5. Vodosnabdevanje i odvođenje upotrebljenih i atmosferskih voda u opštini Čoka – ukratko**

### **Vodosnabdevanje**

Organizovano vodosnabdevanje naselja na teritoriji opštine Čoka se vrši zahvatanjem podzemnih voda iz osnovnog vodonosnog kompleksa sa ukupnom prosečnom eksploatacijom podzemnih voda od oko 61 l/s. Bušeni vertikalni bunari predstavljaju jedini vid zahvatnih objekata na teritoriji opštine. Na izvoristima za javno vodosnabdevanje se zahvata oko 57 l/s putem 20 aktivnih bunara dok se preostalih 4 l/s zahvata bunarima manjeg prečnika.

Distribucija vode se vrši od strane JKP "Čoka" putem cevovoda ukupne dužine od 117 km sa tim da distributivni sistemi nisu povezani u jedinstvenu mrežu nego su zasebni za svako naselje. Relevantni detalji o vodovodnoj mreži u opštini su prikazani u tabeli 7 i preuzeti su iz Lokalne strategije održivog razvoja 2010. - 2020. Opštine Čoka.

**Tabela 7 Struktura vodovodne mreže po naseljenim mestima u opštini Čoka**

Naselje	Dužina (km)	Vrsta cevi	Broj bunara
Čoka	28	Azbest-cement	6
Padej	19	Pocinkovani čelik, PVC	4
Ostojićevo	16	Pocinkovani čelik	6
Sanad	14	PVC	2
Jazovo	12	Azbest-cement, Pocinkovani čelik	2
Crna bara	11	Azbest-cement	2
B. Monoštor	3	Pocinkovani čelik	1
Vrbica	14	Azbest-cement	1
<b>Ukupno:</b>	<b>117</b>		<b>24</b>

#### **Odvođenje otpadnih voda i atmosferskih voda**

Odvođenje suvišnih atmosferskih voda je rešeno otvorenim kanalima položenim uz ulične saobraćajnice sa ulivom u najbliže recipijente, vodotoke, depresije na periferiji naselja ili neposredno u meliorativne kanale. Kanali uglavnom ne vrše svoju funkciju zbog neodržavanja, pa su neretko zasuti i tada postaju „upojni kanali“. Neophodna je rekonstrukcija kanala, njihovo međusobno povezivanje u jedinstvene sisteme na nivou naselja, kao i njihovo produbljivanje i čišćenje, što će se pozitivno odraziti na nivo podzemnih voda, koji je u pojedinim naseljima dosta visok.

## **2.3. DEFINICIJA, POREKLO I PODELA OTPADNIH VODA**

Otpadnim vodama nazivaju se vode koje su promenile svoj prvobitni sastav, time što je došlo do unošenja štetnih materija čije prisustvo uzrokuje promenu fizičkog, hemijskog, biološkog ili bakteriološkog stanja vode u meri koja može da ograniči ili onemogući njenu upotrebu.

Osnovni izvori zagađivanja voda su naselja, industrija i poljoprivreda. Ovi tzv. koncentrisani zagađivači ispuštaju otpadne vode preko kanalizacionog sistema ili kanala u vodoprijemnike, ili se ona odlaže na zemljište.

Otpadne vode naselja pored otpadnih voda domaćinstava mogu da sadrže otpadne vode iz raznih industrijskih objekata. Kada se otpadnim vodama iz domaćinstava u kanalizacionoj mreži priključe i otpadne vode manjih industrijskih preduzeća i atmosferske vode, tada se govori o komunalnim otpadnim vodama. Sastav takvih voda zavisi od načina života stanovništva i vrste industrija koje su locirane u naseljenom mestu. Ako su u naseljenom mestu locirani veći privredni objekti koji svoju otpadnu vodu ispuštaju u kanalizaciju, tada će njihove otpadne vode uticati značajno na sastav otpadnih voda iz naselja.

Pored koncentrisanih (tačkastih) izvora zagađenja voda imamo i rasute (difuzne) zagađivače. Njih nije lako utvrditi niti izračunati njihov ukupan doprinos opštem zagađivanju voda, ali su veoma značajni jer im je kvantitativni i kvalitativni rast evidentan. U rasute zagađivače spadaju:

- hemizacija zemljišta pesticidima i mineralnim đubrivima
- smetlišta (divlje neuređene deponije industrijskog i komunalnog otpada),
- atmosferske padavine (npr. kisele kiše)
- saobraćaj.

Prema poretku otpadne vode se dele na:

- sanitарне otpadne vode - to su otpadne vode koje potiču iz domaćinstava i javnih ustanova kao produkti svakodnevne ljudske aktivnosti,

- industrijske otpadne vode - označavaju sve otpadne vode koje se isprazne iz prostorija koje se koriste za komercijalne ili industrijske svrhe, koje nisu komunalne otpadne vode ili atmosferske padavine,

- atmosferske otpadne vode -su deo padavina koji nakon isparavanja i proceđivanja otiče po površini naselja, odnosno po površini slivnog područja kanalizacionog sistema, kao i vode od pranja ulica,

- "tuđe" (infiltracione) vode su površinske i podzemne vode koje se proceđuju kroz spojeve cevi, kroz reviziona okna (šahtove), kroz poklopce šahtova, kao i drenažne i atmosferske vode bespravno priključene na kanalizaciju.

Otpadne vode jednog naselja su često kombinacija gore navedenih tipova otpadnih voda. Za savremeno prečišćavanje otpadnih voda karakteristična je, i sve prisutnija, zajednička obrada komunalnih otpadnih voda. Sve češća je praksa da industrijska preduzeća ispuštaju svoje otpadne vode u gradsku kanalizaciju, pošto ih prethodno delimično prečiste do potrebnog nivoa. Ovakvi zajednički sistemi za odvođenje i prečišćavanje komunalnih i industrijskih otpadnih voda mogu, u određenim slučajevima, obezbediti vrlo efikasnu kontrolu zagađenja, uz manje troškove prečišćavanja. Ovde je naravno najznačajniji faktor podobnost otpadnih voda za zajedničku obradu, kao i nivo prethodne obrade industrijskih otpadnih voda pre ispuštanja u kanalizaciju.

### **2.3.1. Sastav sanitarnih otpadnih voda**

Sastav i količina sanitarnih otpadnih voda su promenljivi tokom jednog dana i tokom godine (godišnja doba) i rezultat su tipa naselja, standarda i životnih navika stanovništva.

Svako naselje ima svoje specifičnosti, po pitanju količine i kvaliteta otpadnih voda ali kada se razmatra šira regija ili područje, sastav kućnih (sanitarnih) otpadnih voda nije bitno različit. Stvarni, trenutni sastav, se može dobiti jedino odgovarajućim ispitivanjima kvaliteta otpadnih voda. Ispitivanjem se analiziraju fizički, hemijski i biološki pokazatelji otpadne vode.

- fizički pokazatelji vode: suspendovane materije, temperatura, boja i miris
- hemijski pokazatelji vode: proteini, ugljeni hidrati, masti i ulja, fenoli, pesticidi, pH, hloridi, rastvoreni kiseonik, ugljen dioksid, metan, amonijak, sumpor vodonik, fosfor, sumpor, toksične materije, teški metali, itd.
- biološki pokazatelji vode: prisustvo protozoa, virusa, mikroorganizama i patogenih organizama.

### **2.3.2. Sastav industrijskih otpadnih voda**

Kada se govori o sastavu i karakteristikama otpadnih voda, tada se analizira sastav u odnosu na mogući uticaj na čoveka i životnu okolinu, ali i uticaj na kanalizacionu mrežu i na proces prečišćavanja otpadnih voda. Naime, postoje industrijske otpadne vode koje u svom sastavu imaju supstanci koje štetno utiču na samu kanalizacionu mrežu i na druge objekte u njenom sastavu a mogu imati toksično dejstvo u biološkoj fazi prečišćavanja PPOV-a. Osim toga, one mogu ugroziti zdravlje radnika na održavanju kanalizacionih sistema.

Sastav i količine industrijskih otpadnih voda su direktna posledica primjenjenog tehnološkog procesa pojedine industrije, pa se zbog toga ne može pričati o uopštenom sastavu i količinama industrijskih otpadnih voda već one zavise od konkretnog tehnološkog procesa. U slučaju industrijskih otpadnih voda treba znati da njihov sastav može biti izrazito agresivan i toksičan i time štetan po okolini i čoveku.

Zbog gore navedenih razloga se industrijske otpadne vode nikada ne ulivaju neposredno u kanalizacioni sistem naselja, već se vrši prethodno prečišćavanje-predtretman do definisanih parametara za komunalne otpadne vode, osim ako industrijske otpadne vode nisu sličnog ili boljeg kvaliteta od komunalnih otpadnih voda, tj otpadnih voda naselja. Osobine kanalizacionog sistema industrijskih pogona (npr. cevni materijali i dr.) se moraju prilagoditi na taj način, da se obezbedi dugotrajan i neometan rad u takvoj sredini.

### **2.3.3. Atmosferske vode**

Atmosferske vode nisu čiste vode. Na njihov sastav utiče zagađenje vazduha i površina naselja. Ispiranjem vazduha i površina naselja, atmosferske vode menjaju svoj sastav u skladu sa nečistoćama sa kojima su došle u kontakt. Kako zagađenje vazduha i površina naselja nije svuda isto, tako i kvalitet atmosferskih voda nije svuda isti. U prirodnim sredinama i manjim naseljima, atmosferske vode su relativno čiste, dok na teritorijama velikih gradova mogu biti poprilično zagađene.

Za razliku od sanitarnih i industrijskih otpadnih voda, čije su količine i sastav prepoznatljivi, odnosno imaju determinističke karakteristike, atmosferske vode i njihov sastav imaju tipične stohastičke karakteristike. To znači da im je pridružena karakteristika slučajnosti, pa se uvek govori o verovatnim količinama i sastavu. Ovo je bitna osobina atmosferskih voda o kojoj se mora voditi računa kada se analiziraju njihove količine i sastav.

Zagađenje atmosferskih voda je dosta promenljivo, najveće je na početku padavina, pa se postepeno smanjuje, kao rezultat ispiranja slivnih površina. Sama količina zagađenja atmosferskih voda zavisi od dužine sušnog perioda, koji je prethodio padavinama. Što je duži sušni period, to je veće zagađenje slivnih površina, pa je i zagađenje atmosferskih voda veće. Sastav zagađenja atmosferskih voda se dosta

razlikuje od mesta do mesta, a uobičajeni sastav je sledeći: neorganske suspenzije (pesak, prašina, itd.), organske suspenzije, krupne plivajuće supstance, bakterije, masnoće, mineralna ulja, industrijski talozi, talozi od saobraćajnih sredstava (metali, guma, olovo, itd.) i ostalo u skladu sa karakteristikama naselja i aktivnostima u njemu.

Zbog svega ovoga treba voditi računa o ispuštanju atmosferskih voda u recipijente i predložiti najpovoljnija tehnička rešenja.

Da bi se dobili tačni podaci o kvalitetu otpadne vode jednog naselja, treba sprovesti dugotrajne i detaljne analize, tj monitoring kvaliteta otpadnih voda, što je često ograničeno ekonomskim i vremenskim faktorima.

#### 2.4. ZAKONODAVSTVO REPUBLIKE SRBIJE I EU U OBLASTI OTPADNIH VODA

Kriterijumi za određivanje kvaliteta prečišćenih komunalnih otpadnih voda moraju da uzmu u obzir detaljnu analizu posmatranog slivnog područja, sa aspekta zahteva Okvirne Direktive o vodama Evropske Unije (2000/60/EC, eng. *Water Framework Directive*), i ostalih Direktiva koje je do sada Evropska Unija usvojila. Kod nas se mora uzeti u obzir Zakon o vodama (Sl. glasnik RS, br. 30/2010). Prema Direktivi 91/271/EEC, vrsta i stepen prečišćavanja komunalnih otpadnih voda, određuje se u zavisnosti od vrste vodoprijemnika, u smislu, da li se radi o "osetljivom" ili "manje osetljivom" području. Industrijske otpadne vode koje se ispuštaju u javnu kanalizaciju (indirektni ispuštači), treba da odgovaraju propisanim uslovima ispuštanja, što se obezbeđuje prethodnim prečišćavanjem. Nadležni organi ili odgovarajuća tela će osigurati da se industrijska otpadna voda koja se upušta u javnu kanalizaciju kao i dispozicija otpadnih voda iz gradskih postrojenja za prečišćavanje podvrgne prethodnim saglasnostima i/ili posebnim dozvolama. Prema Direktivi 91/271/EEC države članice su odgovorne za monitoring otpadnih voda koje se ispuštaju iz postrojenja za tretman i monitoring recipijenta. Takođe moraju doneti nacionalne programe za implementaciju ove Direktive i prezentovati je Komisiji.

Danas se u praksi zajednički prečišćavaju otpadne vode iz domaćinstva i industrijske otpadne vode pa je neophodno normiranje kvaliteta industrijskog influenta koji se ispušta u gradsku kanalizaciju, radi dobrog funkcionisanja celokupnog sistema. Kriterijumi o kojima treba voditi računa su zaštitu objekata i opreme kanalizacionog sistema, uređaja za prečišćavanje, zdravstvenog rizika za ljudе koji rade u kanalizaciji, itd. Manje se zna o uticaju preostalih koncentracija zagađenja poreklom iz industrije u efluentu gradskog postrojenja na recipijent, o mogućnosti korišćenja mulja u poljoprivredi itd.

Normiranje kvaliteta industrijskog efluenta koji se ispušta u gradsku kanalizaciju je složen problem. Ono što je bitno je da većina zemalja ne daje normu za HPK i BPK. Ovo je bitno napomenuti, jer kod nas većina gradova koji su doneli svoje pravilnike je normirala ovaj parametar, što može dovesti do neadekvatnog rešenja i mnogih eksplotacionih problema. Potrebno je znati da u konkretnim slučajevima odluka o uslovima za ispuštanje industrijskih otpadnih voda u gradsku kanalizaciju zavisi od masenog protoka toksičnog reagensa. Ovo je značajno zbog karakteristika aktivnog mulja koji nastaje pri prečišćavanju otpadnih voda, a koji bi po pravilu trebao da se koristi kao đubrivo u poljoprivredi. Zato veći broj zemalja normira sadržaj metala u mulju gradskih postrojenja.

U našoj zemlji vodoprijemnici mogu biti različiti: potoci, reke, kanali, jezera i akumulacije koji imaju ulogu prijemnika otpadnih voda naselja i industrije. Uticaj otpadnih voda na vodoprijemnik je veoma različit i tretman otpadnih voda mora biti u skladu sa zahtevima vodoprijemnika.

Prema Direktivi 91/271/EEC se vodna tela svrstavaju u osjetljivu oblast ukoliko spadaju u jednu od sledećih grupa:

- Prirodna slatkvodna jezera, druge slatkvodne sredine, estuariumi i obalne vode koje su eutrofne ili mogu postati eutrofne u bliskoj budućnosti, ako se ne preduzmu

potrebne zaštitne mere. Prema Direktivi 91/271/EEC, u slučajevima jezera i tokova koji se ulivaju u jezera (akumulacije), zatvorenih zaliva sa slabom izmenom vode, kod kojih može doći do nagomilavanja hranljivih materija, obavezna je redukcija fosfora, izuzev ako se dokaže da izostanak uklanjanja ne utiče bitno na intenzitet eutrofikacije. Ako se voda izliva iz velikih aglomeracija, redukciju azota treba isto razmotriti: estuariumi, zalivi i druge obalne vode, kod kojih je slaba izmena vode, ili u koju ulazi velika masa hranljivih elemenata. U ovim slučajevima izlivanje otpadnih voda iz malih aglomeracija nije od značaja, ali kod izlivanja iz velikih aglomeracija redukcija sadržaja fosfora i azota je obavezna prema Direktivi 91/271/EEC, izuzev ako se dokaže da izostanak ove mere ne utiče značajno na intenzitet eutrofikacije.

- Površinske slatke vode namenjene za pripremu vode za piće (Direktiva Saveta 75/440/EEC i njene izmene).

- Oblasti u kojima se zahteva oštiji kriterijum prečišćavanja otpadnih voda nekim drugim propisima.

Manje osetljive oblasti su masa morske vode ili oblast, označava se kao manje osetljiva, ako ispuštanje otpadne vode ne utiče nepovoljno na životnu sredinu, kao rezultat morfoloških, hidroloških i hidrauličkih uslova u toj vodenoj masi.

Prema Nacrtu Uredbe o GVE zagađujućih materija u vodu i rokovima za njihovo dostizanje zahtevani kvalitet prečišćenih komunalnih otpadnih voda u slučaju direktnog ispuštanja u vodoprijemnike prikazan je u tabeli 8 i identičan je zahtevima Direktive 91/271/EEC. ES predstavlja prosečnu produkciju količine otpadnih supstanci po jednom stanovniku na dan i koristiće se u sledećim tabelama pri definisanju graničnih vrednosti.

Tabela 8. Granične vrednosti emisije za komunalne otpadne vode koje se ispuštaju u površinske vode (Uredba o GVE zagađujućih materija u vode i rokovima za njihovo dostizanje, Sl. glasnik RS, br. 67/2011)

Parametar	Granična vrednost	Najmanji procenat smanjenja <sup>(I)</sup>
Granične vrednosti emisije na uređaju drugog stepena prečišćavanja		
Biohemijska potrošnja kiseonika (BPK <sub>5</sub> na 20°C) <sup>(II, VI, VII)</sup>	25 mg/l O <sub>2</sub> 40 mg/l O <sub>2</sub> <sup>(III)</sup>	70-90
Hemijska potrošnja kiseonika(HPK) <sup>(VI)</sup>	125 mg/l O <sub>2</sub>	75
Ukupne suspendovane materije <sup>(IV,VIII)</sup>	35 mg/l (više od 10 000 ES) 60 mg/l (2000 do 10 000 ES)	90 70
Granične vrednosti emisije na uređaju trećeg stepena prečišćavanja		
Ukupan fosfor	2 mg/l P (1000 do 100 000 ES) 1 mg/l P (više od 100 000 ES)	80
Ukupan azot <sup>(V)</sup>	15 mg/l N (10 000 do 100 000ES) 10 mg/l N (više od 100000ES)	70-80

<sup>(I)</sup> Smanjenje u odnosu na opterećenje ulazne otpadne vode.

(II) Parametar može biti zamenjen nekim drugim parametrom: ukupni organski ugljenik (TOC) ili ukupna hemijska potrošnja kiseonika (HPK<sub>ukupno</sub>), ako se može uspostaviti zavisnost između BPK<sub>5</sub> i ovih parametara.

(III) Ako se dokaže da ispuštene otpadne vode nakon prečišćavanja neće negativno uticati na kvalitet vodotoka

(IV) Suspendovane materije nisu obavezan parametar.

(V) Ukupni azot: organski N + NH<sub>4</sub>N + NO<sub>3</sub>N + NO<sub>2</sub>N.

(VI) Homogenizovan, nefiltriran, neadekvatan uzorak.

(VII) Dodatak inhibitora nitrifikacije.

(VIII) Filtracijom reprezentativnog uzorka kroz membranski filter 0,45 µm. Sušenje na 105°C i vaganje.

Prema nacrtu Uredbe za granične vrednosti emisije - GVE, prikazane u tabeli 9, predstavljaju tehnološke granične vrednosti koje se mogu ostvariti najboljim dostupnim tehnikama za prečišćavanje komunalnih otpadnih voda. U slučaju zajedničkog odvođenja i prečišćavanja domaćih i industrijskih otpadnih voda, putem sistema javne kanalizacije, navedenu listu zagađenja u tabeli treba dopuniti sa listom graničnih vrednosti štetnih i opasnih supstanci, poreklom iz industrije, poljoprivrede, drugih aktivnosti stanovništva.

Tabela 9. Granične vrednosti<sup>(I)</sup> emisije za komunalne otpadne vode prema veličini gradskog postrojenja<sup>(VI)</sup> (Uredba o GVE zagađujućih materija u vode i rokovima za njihovo dostizanje, Sl. glasnik RS, br. 67/2011)

Kapacitet Postrojenja (ES)	HPK <sup>(III)</sup>		BPK <sub>5</sub> <sup>(II,III)</sup>		Ukupne susp. materije <sup>(III)</sup>		Ukupan P		Ukupan N mg/l	
	mg/l	%	mg/l	%	mg/l	%	mg/l	%	1.V-15.XI	16.XI-30.IV.
< 600	- <sup>(IV)</sup>	70	80 <sup>(IV)</sup>	75	100	-	- <sup>(IV)</sup>	- <sup>(IV)</sup>	- <sup>(IV)</sup>	- <sup>(IV)</sup>
601-2000	- <sup>(IV)</sup>	75	50 <sup>(IV)</sup>	80	75	-	- <sup>(IV)</sup>	- <sup>(IV)</sup>	- <sup>(IV)</sup>	- <sup>(IV)</sup>
2001-10000	125	75	25	70-90	60	70	- <sup>(IV)</sup>	- <sup>(IV)</sup>	- <sup>(IV)</sup>	- <sup>(IV)</sup>
10001-100000	125	75	25	70-90	35	90	2 <sup>(V)</sup>	80	15 <sup>(V)</sup>	25 <sup>(V)</sup>
> 100000	125	75	25	70-90	35	90	1 <sup>(V)</sup>	80	10 <sup>(V)</sup>	20 <sup>(V)</sup>

(I) Potrebno je udovoljiti samo jednoj od navedenih vrednosti, (prosečnoj dnevnoj) koncentraciji ili stepenu redukcije (%);

(II) Parametar može biti zamenjen nekim drugim parametrom: ukupni organski ugljenik (TOC) ili ukupna potrošnja kiseonika (HPK<sub>ukupno</sub>), ako se može uspostaviti zavisnost između BPK<sub>5</sub> i ovih parametara;

(III) U slučaju određivanja u efluentu iz lagune HPK i BPK<sub>5</sub> treba određivati u filtriranom uzorku, ali ukupan sadržaj suspendovanih materija u vodi ne sme prekoračiti 150 mg/l;

(IV) U slučaju potrebe (npr. vodotok sa malom samoprečiščavajućom moći) nadležni organ može odrediti pojedinačne vrednosti za konkretni slučaj, a koje mogu biti strožije od predloženih;

(V) Ove granične vrednosti treba obezbediti u osetljivim oblastima za nitrate, kada postoji kapacitet postrojenja iznad 10000 ES.

(VI) U slučaju zajedničkog odvođenja i prečišćavanja domaćih i industrijskih otpadnih voda, putem sistema javne kanalizacije, potrebno je dopuniti graničnim vrednostima štetnih i opasnih materija, poreklom iz industrije, poljoprivrede i drugih aktivnosti stanovništva koristeći date granične vrednosti za svaku industriju koje su revidirane na osnovu podataka studije uticaja.

Kako je prikazano u tabeli 9, pri uklanjanju azotnih materija su uzeti u obzir i regionalni klimatski uslovi. U zimskom periodu temperatura vode se povremeno može sniziti ispod 12°C što može da utiče na efikasnost uklanjanja azota u biološkim reaktorima.

U slučaju ispuštanja voda u vodna tela, koja služe kao izvorište za vodosnabdevanje stanovništva i za kupanje, pored navedenih graničnih vrednosti emisije, uzeto je u obzir mikrobiološko stanje ispuštene vode, koje neće sprečiti obezbeđenje higijenski ispravne

vode za piće i kupanje, u skladu sa važećim propisima. U tom slučaju prema nacrtu Uredbe za GVE, mikrobiološki kvalitet efluenta komunalnih otpadnih voda je dat u tabeli 10

Tabela 10. Granične vrednosti emisije prečišćenih komunalnih otpadnih voda koje se ispuštaju u površinske vode, a koje se koriste za kupanje i rekreaciju, vodosnabdevanje i navodnjavanje (Uredba o GVE zagađujućih materija u vode i rokovima za njihovo dostizanje, Sl. glasnik RS, br. 67/2011)

Parametar	Jedinica mere	Granične vrednosti
Koliformne bakterije	broj u 100 ml	10000
Koliformne bakterije fekalnog porekla	broj u 100 ml	2000
Streptokoke fekalnog porekla	broj u 100 ml	400

## 2.5. PRIKUPLJANJE I ODVOĐENJE OTPADNIH VODA

### 2.5.1. Analiza mogućih varijantnih rešenja

Savremena građevinska praksa u izgradnji kanalizacije poznaje nekoliko osnovnih varijantnih rešenja i načina odvođenja otpadnih voda iz naselja.

Postoje u osnovi tri varijantna rešenja - tipa kod odvođenja otpadnih voda i to:

1. Odvođenje otpadnih voda sa slobodnim tečenjem u kanalizacionim kolektorima, **gravitaciona kanalizacija**, kao i primena crpnih stanica za savlađivanje velikih dubina ukopavanja i „liftovanja“ otpadne vode,
2. Odvođenje otpadnih voda sa periodičnim tečenjem, **pod pritiskom** ( pritisak veći od atmosferskog) , sa velikim brojem crpnih stanica i dugačkim potisnim vodovima ,
3. Odvođenje otpadnih voda sa periodičnim tečenjem, **stvaranjem vakuma** (pritisak u cevovodu je manji od atmosferskog) pomoću vakum crpnih stanica.

#### 1. Odvođenje otpadnih voda gravitaciono sa slobodnim tečenjem u kanalizacionim kolektorima sa primenom crpnih stanica za "liftovanje" otpadne vode

Dati način odvođenja otpadnih voda je najčešći u savremenoj građevinskoj praksi i ima široku primenu u našoj sredini. Odlika ovog načina odvođenja otpadnih voda je da je tečenje u cevovodima sa slobodnim vodenim ogledalom, što omogućava slobodno strujanje vazduha u cevovodu i nemogućnost pojave neprijatnog mirisa i smrada. Jednostavna je kontrola prilaza putem revizionih okana – šahtova, postavljenih na rastojanju 160 puta D. U cevovodu je potrebno obezbediti takvo tečenje da se ne omogući istaložavanje suspendovanih materija koje se nalaze u otpadnoj vodi. To se postiže odabirom takvog nagiba cevovoda koji obezbeđuje pojavu samočišćujuće brzine. U osnovi nagibi cevovoda se uzimaju minimalno oko 1/D do maksimalnih 0,05. U naseljima sa malim nagibom terena, najčešće ravničarska naselja, veoma je teško pa i nemoguće u praksi ostvariti potrebnu brzinu u cevovodima. Minimalan prečnik gravitacione kanalizacije u naseljima je DN 250 mm, zbog njenog održavanja-čišćenja, za mala naselja u ravničarskim predelima nemoguće je kod separatnog sistema, kad imamo samo otpadne vode, ostvariti potrebnu ispunjenost cevocoda i samočišćujuće brzine u njemu.

Minimalana dubina uslovljena je dubinom smrzavanja, kotom prolaza ispod važne saobraćajnice, kotom prolaska ispod otvorenog kanala za odvodnjavanje ili putnog jarka, dubine polaganja postojećih instalacija (vodovod, TT, toplovod, struja,gasne instalacije), vrste primjenjenog materijala za kanalizacione kolektore.

Maksimalna dubina polaganja cevovoda određena je primjenom građevinskom mehanizacijom za izvođenje radova, karakteristikama tla, uslovima polaganja cevovoda u

uslovima visokih podzemnih voda kao i načinom snižavanja nivoa ispod posteljice rova. Primena crpljenja pomoću iglo filtera, bunara ili crpljenjem iz rova u velikoj meri određuje samu dubinu kanalizacije. Sastav tla i njegove karakteristike definišu tip i način podgrade rova, sa talpama drvenim, čeličnim talpama i larsen talpama, te način njihovog pobijanja ili postavljanja. Prisustvo nadzemnih instalacija ( niski napon ,TT instalacije),drvoredi, postojanje otvorenih kanala kao i rad u zoni važne saobraćajnice utiču na tip kanalizacije za koji će se projektant opredeliti pri izgradnji kanalizacije u urbanim sredinama i sredinama koje su opterećene prethodnim instalacijama.

Na mestima gde kanalizacioni kolektor dostigne maksimalnu dubinu ukopavanja grade se i postavljaju crpne stanice. Najčešće su to objekti u nivou terena u zelenom delu regulacije sa revizionim silazom i ormanom za elektroinstalacije. Crpna stanica poseduje najčešće dve pumpe za prepumpavanje otpadne vode (jedna radna i jedna rezervna) koje potiskuju otpadnu vodu u objekat –šaht odmah uz crpnu stanicu. Dalje tečenje u cevovodu je sa slobodnim vodenim ogledalom. Crpna stanica ovde ima ulogu „liftovanja“ otpadne vode. Crpna stanica može da bude opremljena rešetkom kao i crpnim bazenom potrebne zapremine.

Povezivanje kućnih priključaka na kanalizacionu mrežu je putem šahtova ili preko račvi na kanalizacionom kolektoru. Na mestu svakog kućnog priključka ispred regulacije na 1 m projektuje se revizioni šaht za kontrolu kućnog priključka.

Iskustva u održavanju kanalizacione mreže pokazuju da je kultura ovog podnevlja takva da se u kanalizacionoj mreži veoma često nalaze i otpadne materije koje ne potiču od upotrebljene otpadne vode. One veoma često stvaraju havarije na kanalizacionoj mreži. Otkrivanje ovakvih „stranih tela“ u cevima je veoma brzo, jer problem nastaje uvek na mestu zagušenja- pojave izlivanja vode. Standarnom tehnikom i opremom moguća je brza intervencija na cevovodu.

Ovaj tip kanalisanja ima primenu gde imamo prirodan pad terena, kod većih glavnih kolektora, tamo gde geomehanički uslovi i podzemna voda dozvoljavaju itd.

Postoje evropski standardi koji definišu ove sisteme za odvođenje otpadnih (atmosferskih i upotrebljenih ) voda, izvan objekata – EN 752.

## 2. Odvođenje otpadnih voda sa periodičnim tečenjem, pod pritiskom ( pritisak veći od atmosferskog), sa velikim brojem crpnih stanica i dugačkih potisnih vodova

Na svakom mestu kućnog priključka gradi se crpna stanica šahtovskog tipa. Crpna stanica sa pumpama je deo investicionog troška potrošača , koji takođe ima obavezu stalnog praćenja, kontrole elektroinstalacija, kao i održavanja i plaćanja utroška el. energije. Periodično se sadržaj iz crpnog bazena potiskuje u potisni cevovod cevima manjeg prečnika, koji se postavlja na plićim dubinam, a vodeći računa o ukrštanju sa svim instalacijama, kao i kod prethodnog načina odvodnje. Ovaj potisni cevovod je ograničene dužine i zahteva njegovo održavanje. U cevovodima pod pritiskom neophodno je na određenim mestima postavljati i kompresorske stanice koje imaju ulogu da periodično izbace sav sadržaj iz cevovoda do postrojenja, kako se ne bi omogućilo taloženje u cevovodu. Ovi cevovodi su malog prečnika (od 63 do 160 mm) i postoji mogućnost njihovog začepljenja. Otkrivanje mesta gde je došlo do ovog zastoja u cevovodu je veoma težak i nepredvidiv posao koji može da traje jako dugo, gde jedna havarija blokira ceo sistem. Ne postoji mogućnost „prepumpavanja“ uzvodnog sadržaja i sve staje na mestu kod kućnog priključka. Ne postoji mogućnost dojave havarije na potisnom cevovodu do svake kućne crpne stanice kako bi ova stala sa radom. Detekcija havarija u ovim sistema je velika nepoznanica za svakog ko održava ovakve sisteme. Ima primenu u mestima sa razuđenim stanovanjem gde je ovaj rizik isključen.

Evropskim standardima EN-1671 definisana je izgradnja kanalizacije pod pritiskom.

**3. Odvođenje otpadnih voda sa periodičnim tečenjem, stvaranjem vakuma** (pritisak u cevovodu je manji od atmosferskog) pomoću vakum crpnih stanica- vakumska kanalizacija.

Na jedan šahrt sa vakum ventilom gravitaciono se priključuje 4 do 6 domaćinstava. Kada količina sadržaja - otpadne vode dostigne zadani nivo, vakum ventil dobija signal da se uključi čime se sadržaj prebacuje u glavnu odvodnu cev. U glavnoj odvodnoj sabirnoj cevi vlada vakum od najviše 6 mvs, koji drži glavna vakum pumpa u vakum stanici. Brzina pronosa kroz vakumsku kanalizaciju je 5-6 m/s. Cevi vakumske kanalizacije se polažu sa minimalnim nagibima od 2 ‰ do 5 ‰. Minimalna dubina ukopavanja prouzrokovana je položajem ukrštajućih instalacija, smrzavanja i otvorenih kanala za odvod atmosferskih voda. Dužina glavnog cevovoda ne treba da pređe 1,5 do 2 km. Kod ovog sistema kanalisanja traži se veoma velika tačnost pri izgradnji nivelete cevovoda. U slučaju havarije ili nestanka struje vakum stanice treba da poseduju zapreminu od 0,2 puta srednja dnevna potrošnja. Vreme za ponovno startovanje ovakvih sistema je minimum 30 minuta nakon saniranja havarije. Vakum ventil je ključan kod funkcije ovakvih sistema. Veoma je važan i izbor cevnog materijala , koji mora da obezbedi vakum do 0.7 bara. Minimalna dubina ukopavanja ovih instalacija je 1,5 m a maksimalna do 2,5 m.

U današnje vreme imamo sve veću primenu vakumske kanalizacije, u našem bližem okruženju to je u Mađarskoj, Rumuniji, Hrvatskoj, Sloveniji pa čak imamo i kod nas u Bačkom Petrovcu, gde je u funkciji više godina, u Kulpinu je izgrađena ali se čeka izgradnja potisnog voda do PPOV-a u B. Petrovcu.

Evropskim normama je definisano projektovanje i izgradnja ovakvih sistema i to putem EN-1091.

## **2.5.2. Izbor varijante za tehno ekonomsku analizu**

U prethodnom poglavlju su prezentovane i opisane tri moguće varijante odvođenja otpadnih voda. Izbor varijanti za tehno ekonomsku analizu između ostalog zavisi i od sledećih uslova:

1. prostorni raspored naselja, tip naselja brdski ili ravničarski, uz odnos gustine stanovanja po hektaru i dužine kanalizacione mreže,
2. razmeštaj centralnog postrojenja u odnosu na prostorni položaj naselja sa industrijom,
3. stepen izgrađenosti i održivosti otvorene kanalske mreže za evakuaciju atmosferskih voda kao i sniženje podzemnih voda,
4. geomehanički uslovi sastava tla u zoni izgradnje kanalizacije, kao i nivo podzemnih voda ,
5. širina regulacije ulica sa izgrađenošću instalacija i ostale infrastrukture,
6. položaj važnih saobraćajnica i uslovi izgradnje cevovoda u njihovoj zoni,
7. etapnost izgradnje kanalizacije u naselju,
8. cena koštanja izgradnje kao i troškovi eksploatacije,
9. iskustva sa izgrađenom kanalizacijom kod nas kao i tehnika održavanja i sanacije havarija,
10. zaštita životne sredine,
11. način funkcionisanja u slučaju eventualnih havarija, njihovo otkrivanje, funkcionisanje sistema za vrema havarije, rezervni sistemi za napajanje.

Kad se uzme u obzir da opština Čoka čine osam naselja od kojih su četiri najveća naselja ( Čoka, Padej, Ostojićevo i Sanad) neposredno u priobalju reke Tise, visok nivo podzemnih voda, a da ostala četirnaest naselja (Jazovo, Crna Bara, Vrbica i Banatski Monoštor) zajedno nemaju ni 1500 stanovnika, da su sva naselja ravničarskog tipa i da nemamo

značajniju industriju, nameće se kao najbolje rešenje za sva naselja vakumska kanalizacija. Vakumska kanalizacija je najbolje rešenje i zbog zaštite životne sredine, nema mogućnosti zagađenja podzemnih voda, sve je hermetički i pod vakuumom. **Obzirom da se danas daje akcenat na zaštitu voda kako površinski tako i podzemni i da se mogu dobiti sredstva od EU za zaštitu istih, program prekogranične saradnje Mađarska-Srbija, kroz poboljšanje prekograničnog upravljanja vodama i sistema prevencije rizika, moraju se dati kvalitetna i najbolja projektno-tehnička rešenja.**

Uz svaki projekat radi se i **studija uticaja na životnu sredinu**, za ovaj tip kanalizacije sigurno se može dobiti pozitivno rešenje jer daje najbolje rešenje za prevenciju rizika u odnosu na sve ostale varijante-tipove kanalizacije.

Obzirom da se radi o naseljima koja imaju relativno mali broj stanovnika, najveća je Čoka sa cca 4000 stanovnika, postavlja se pitanje funkcionisanja gravitacione kanalizacije, minimalni prečnik ulične kanalizacije je DN 250 mm zbog održavanja, zbog male količine otpadne vode i malih padova (teren je ravan), nemože da se ispunи osnovni uslov da brzina tečenja povremeno mora biti  $V=0,7 \text{ m/s}$  zbog samočišćenja cevovoda. U praksi se te brzine postižu jer usled visokih podzemnih voda imamo infiltraciju istih i zbog nesavesnog priključenja atmosferskih voda na kanalizacionu mrežu i zbog toga PPOV ne funkcionišu kako bi trebalo.

Kako se za ova naselja planskom dokumentacijom predviđa **separativni sistem kanalizacije i manja monokompaktna postrojenja za prečišćavanje otpadnih voda** (komunalne i industrijske), jasno je da na PPOV nesmu doći atmosferske i podzemne vode. U slučaju kad imamo atmosferske i podzemne vode u kanalizacionoj mreži dolazi do ispiranja aktivnog mulja u PPOV i samim tim se zagadjuje okolina-recipijent a treba i dosta vremena da se oformi novi aktivni mulj.

Kanalizacija pod pritiskom nije najbolje rešenje u našem slučaju, dimenzioniše se na konačan broj priključaka i svi moraju biti izvedeni. Ovde imamo problem što sela odumiru, nemože se garantovati da će se svi priključiti, priključci su skupi (komplet crpna stanica), složeno je održavanje, ako dođe do oštećenja cevovoda zagađuju se podzemne vode itd.

Kanalizacija pod pritiskom je prihvatljivije rešenje za brdska naselja i tamo gde su domaćinstva razuđena, kod nas su naselja ušorena.

U sledećem poglavljiju će biti detaljnije opisana vakumska kanalizacija koja se u našem slučaju nameće kao najbolje rešenje za prikupljanje i odvođenje otpadnih voda.

### 2.5.3. VAKUMSKA KANALIZACIJA

#### 2.5.3.1. Uvod

Prinudni-vakumski sistemi odvođenja otpadnih voda se zasnivaju na tehničkim principima, koji su sa fizikog i tehnikog aspekta odavno rešeni. Međutim, njihova šira primena je započeta tek pre nekoliko decenija, sa usvajanjem novih materijala i naprednih tehnologija.

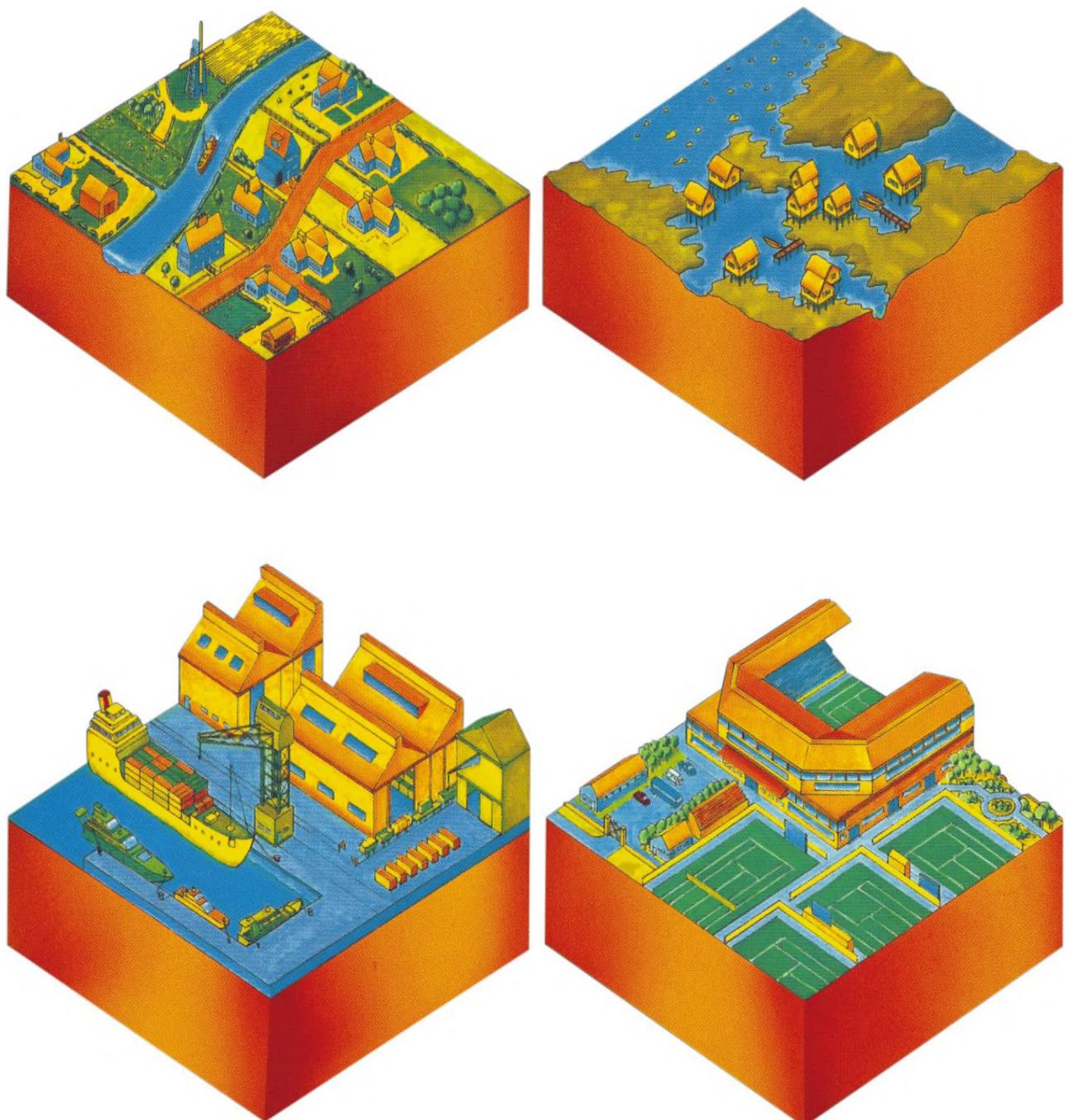
Zahtevi za potpuno zatvorenim sistemom kanalisanja, racionalizacijom količine ugrađenog materijala, smanjenjem potrebnog rada pri izvođenju kanalizacione mreže, naporu za smanjivanje nepovoljnih uticaja na životnu sredinu pri građenju i pri eksploataciji, bili su glavni katalizatori realizacije prinudnih-vakum sistema odovođenja. U okviru prinudnih-vakum sistema odvođenja otpadnih voda, sistem vakumske kanalizacije predstavlja jedno od mogućih tehničkih rešenja.

U mnogim državama sveta uspešno funkcionišu vakumski sistemi kanalisanja. Primena odvođenja pomoću vakuma je prisutna kod naših susednih zemalja i na teritoriji bivših Republika zajedničke države Jugoslavije. Kod naših severnih suseda, prvi vakumski sistem je izgrađen 1994. godine. Od tada pa do danas, u Mađarskoj je položeno više od 1.000 km glavne vakumske mreže, 60 vakuum stanica u 48 naselja. U Republici Sloveniji

se takođe vakumski sistem kanalisanja nalazi u funkciji već nekoliko godina. Isto tako danas imamo vakumsku kanalizaciju u Rumuniji i u Hrvatskoj. Na teritoriji Vojvodine, u naselju Bački Petrovac, imamo izgrađenu vakumsku kanalizaciju koja je u funkciji. Naselje Kulpin ima izgrađenu vakumsku kanalizaciju ali nije u funkciji, treba da se izvede potisni vod od vakum stanice u Kulpinu do postojećeg PPOV-a u B. Petrovcu. U Srbiji je izrađeno nekoliko projekata vakumske kanalizacione mreže. Najrasprostranjeniji patentirani sistemi vakumske kanalizacije poznati su pod imenima: Iseki, Airvac i Roevac. Principi izvođenja glavnog vakumskog voda i rad navedenih sistema je veoma sličan. Pored navednih, na svetu postoji još nekoliko sistema.

Vakumski sistem kanalisanja je primenjiv za transport upotrebljenih voda.

### NAJČEŠĆA PRIMENA VAKUMSKE KANALIZACIJE

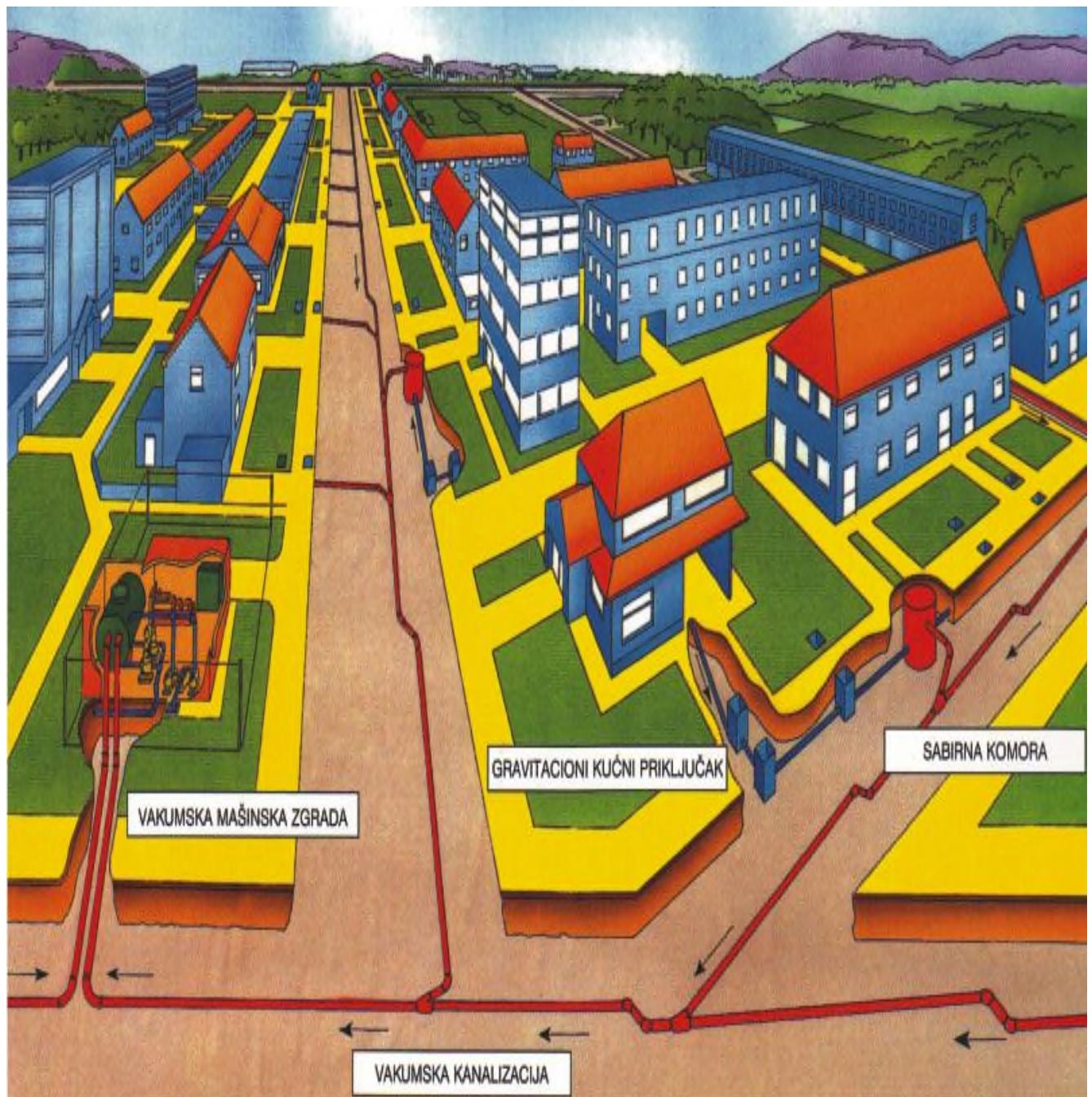


### **2.5.3.2. Tehničko rešenje**

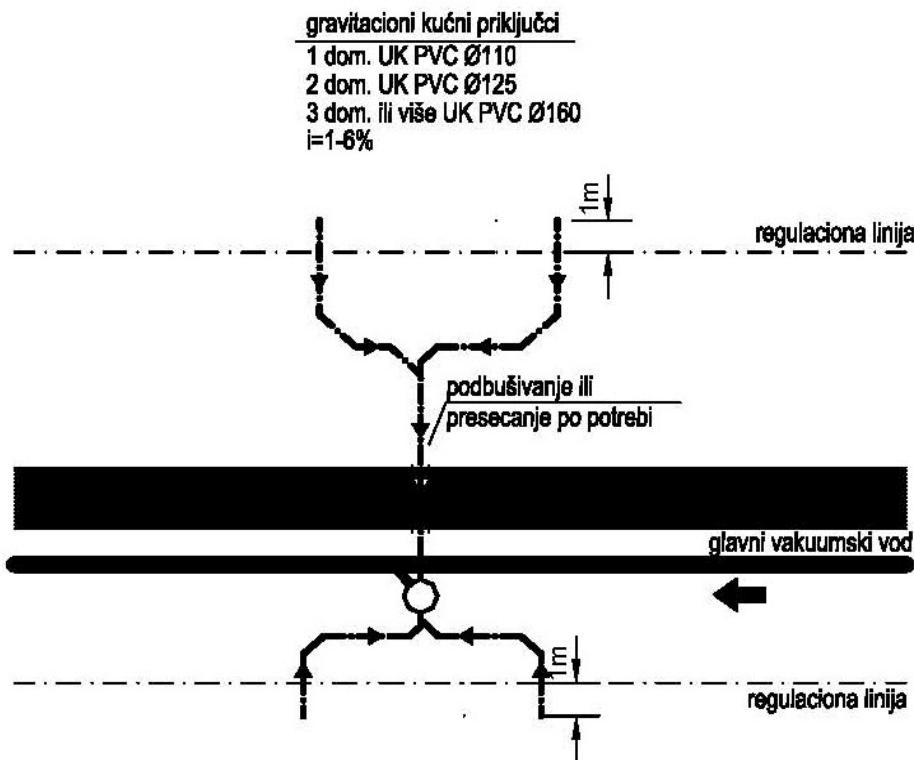
#### **Princip rada**

Prinudni sistem znači da unošenjem energije primoravamo fluid (u konkretnom slučaju upotrebljenu otpadnu vodu) da promeni svoj položaj. Kod sistema vakumske kanalizacije cilj je obezbeđivanje transporta upotrebljenih voda. Ovim sistemom pre svega se može rešavati odvođenje otpadnih voda stambenih kuća, manjih stambenih zgrada, javnih objekata srednje veličine, specifičnih kompleksa, većih brodova i sl. Sistem za transport vode, koji se zasniva na fizičkoj pojavi prema kojoj, ako u jednom zatvorenom prostoru (vakumska mreža, rezervoar) pritisak snizimo ispod atmosferskog, onda u tački otvaranja sistema na osnovu razlike pritiska (atmosferski pritisak i vakum) fluid ulazi u sistem. Ovu pojavu moguće je obezrediti pomoću tehničkih elemenata. Najbitniji elementi sistema kod vakumske kanalizacije su vakumska mreža, vakumski ventili i vakumske, odnosno muljne pumpe, koje automatski rade.

Vakumski sistem kanalisanja se formira od potpunog zatvorenog sistema cevovoda, u kojem se konstatno održava podpritisak. Stvaranje vakuma se vrši u vakumskoj stanicici. Pojedinačni korisnici sistema se gravitaciono priključuju na vakumski sabirni šaht, smešten na javnoj površini. U ovom šahtu se nalazi vakumski ventil, koji se na osnovu povišenog nivoa upotrebljene vode u crpnog bazenu automatski otvara. Razlika između atmosferskog pritiska u crpnog bazenu i vakuma nakraju usisnog voda, u vrednosti između 0.25 i 0.50 bara, velikom brzinom prihvata upotrebljenu vodu u glavni vakumski vod. U vakumskom vodu, dvofazni fluid sastavljen od upotrebljene vode i vazduha, na osnovu razlike pritiska, sa početnom brzinom tečenja od oko 8 m/s, biva transportovan u sabirni rezervoar u vakumskoj stanicici. Transport fluida u vakumskom vodu se ostvaruje na osnovu "klipne strujne slike", poznate iz tehnike pneumatskog transporta. Pražnjenje sadržaja crpnog bazena zapremine između 40 i 50l se odigrava za oko 3 s, a nakon toga se još nekoliko sekundi uvlači vazduh.



Sistem vakumske kanalizacije

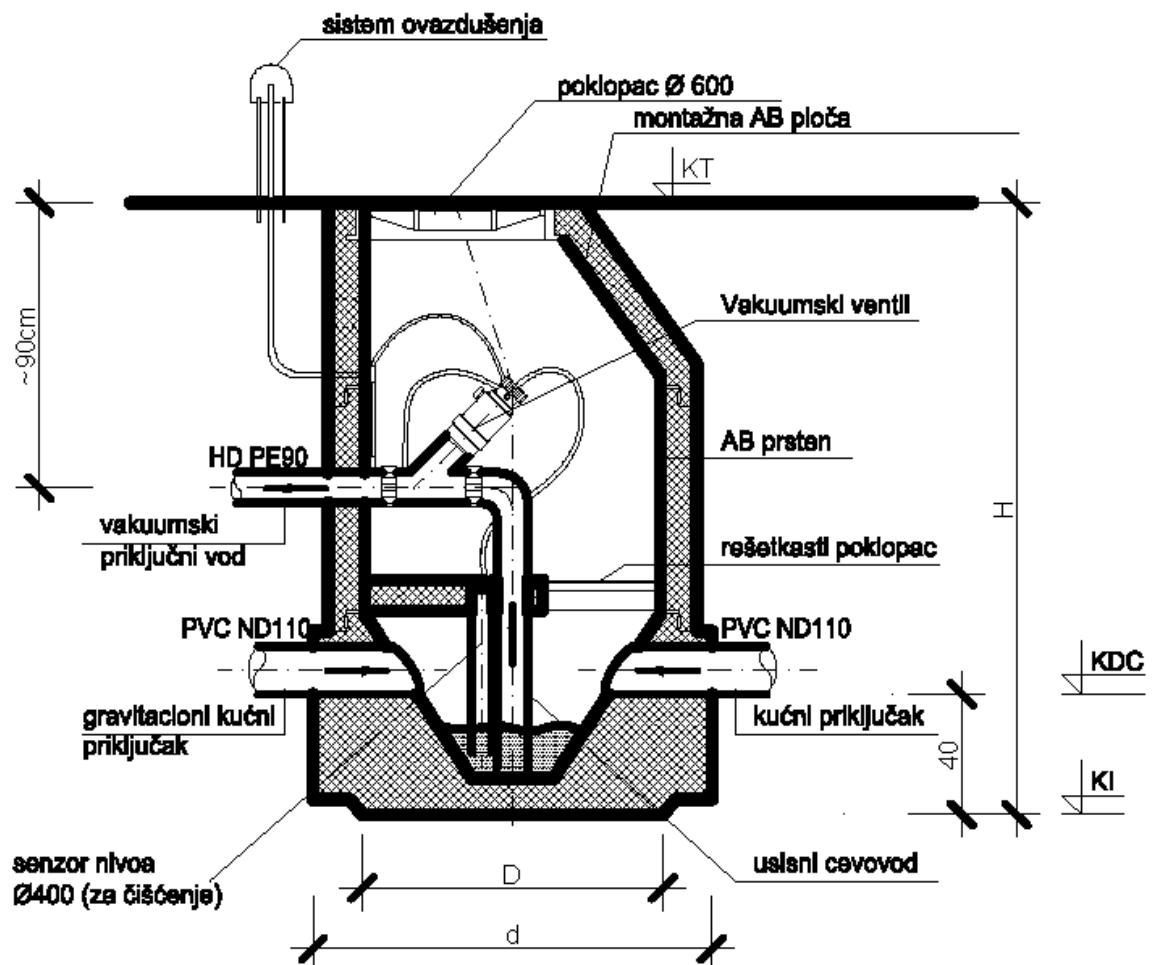


Tipsko rešenje priključenja korisnika na vakuumsku mrežu

### Vakumski sabirni šaht

Vakumski sabirni šaht se izrađuje od betonskih ili plastičnih prefabrikovanih elemenata, čiji se unutrašnji prečnik izvodi u dimenzijama od 80 do 100 cm. Dubina šahte je oko 200 cm. Šaht je vertikalno podeljen na dva funkcionalna dela. U donji deo, 5cm iznad dna hidraulički oblikovanog crpnog bazena, je spušten usisni cevovod. Ekscentralno postavljen usisni cevovod obezbeđuje vrtložno mešanje otpadne vode pri pražnjenju. Iznad crpnog bazena je uliv gravitacionih priključaka. U gornjem delu se nalazi automatski ventil. Od ventila polazi priključni vod, koji se pomoću kose račve povezuje na glavni ulični vakumski vod. Automatsko otvaranje ventila se obezbeđuje na osnovu merača pritiska, koji radi na principu promene pritiska. U sabirnom šahtu vlada atmosferski pritisak i vakum ne dostiže do sistema unutrašnje kanalizacije korisnika. Broj priključenih korisnika na sabirni šaht zavisi od protoka i prečnika vakumskog ventila i varira u zavisnosti od proizvođača. Kod manjih prečnika ventila (Roevac, Airvac ventil je prečnika 65 mm) jedan korisnik se priključuje na jedan sabirni šaht.

Kod većih prečnika (liseki Airvac 90 mm), na jedan sabirni šaht se priključe 4 do 6 domaćinstava. Priključivanje javnih zgrada i stambenih objekata se određuje u funkciji očekivane količine upotrebljene vode i postavlja se jedan ili više komada šahtova. Postoje dve vrste ventila, membranski i klipni. Ugradnja membrebranskih ventila u nekim zemljama je zabranjena. Na slici 2 je prikazan jedan tipski vakumski šaht sa svim ugrađenim elementima, a na slici 3 fotografija vakumskog ventila.



Tipski vakumski šah od montažnih betonskih elemenata

## Formiranje mreže

Podpritisak koji se stvara u vakumskoj stanici je između praktičnih vrednosti od 0.5 do 0.7 bar i kroz glavni i priključni vakumski vod se prostire do vakumskih ventila. Glavni i priključni vakumski vod se formiraju kao granata mreža. Princip transporta fluida isključuje mogućnost formiranja prstenaste mreže. Na granatoj mreži, na adekvatnom rastojanju, zatvaračima se obezbeđuje sekcioniranje između višeg i nižeg ranga vakumskih vodova i kod račvanja dužih grana. Uglavnom se primenjuju zatvarači sa ravnim dnom i gumenim zaptivanjem.

Dubina ukopavanja cevovoda se određuje u funkciji saobraćajnog opterećenja, zaštite od smrzavanja, načina ugrađivanja ventila, vertikalnog položaja drugih izgrađenih podzemnih infrastrukturnih objekta i sl. U našim uslovima dubina temena cevi se kreće između 100 i 150 cm. Bitna razlika u postavljanju vakumske kanalizacije, u odnosu na potisnu kanalizaciju, je da vakumski vod u podužnom pravcu mora da ima pad. Minimalni propisani pad je različit i zavisi od patentiranih proizvođača, odnosno od nacionalnih propisa. Uobičajeno je da je minimalni pad ograničen između vrednosti od 2 % do 5 %. Pored toga, na određenom rastojanju, potrebno je obezbediti sabirna mesta za formiranje vodenog čepa, koji potpuno ili delimično zatvara poprečni profil cevovoda. Ovo se postiže vertikalnim dizanjem nivelete cevovoda, pomoću ugradnje dva luka od 45°. Ova mesta se nazivaju "liftovima". Visina dizanja nivelete kod liftova je 30 cm. Bitna razlika između različitih sistema proizvođača elemenata za vakumsku kanalizaciju je u zahtevu za zatvaranje protočnog profila kod liftova. Zatvoreni lift je slučaj kada se protočni profil potpuno zatvara, a otvoreni lift je slučaj kada otpadna voda delimično ispunjava protočni profil. Neki sistemi zahtevaju korišćenje samo zatvorenih ili otvorenih liftova, a neki traže kombinovanu primenu. Obe vrste sistema funkcionisu, ali kod sistema sa delimično otvorenim poprečnim profilima, hidraulički gubici su manji. Vakum kod potpuno otvorenog sistema može da dopre direktno od rezervoara do zadnjeg vakumskog ventila. Kod potpuno zatvorenog sistema vakum dopire indirektno.

Velika prednost vakumske kanalizacije je da u horizontalnom i vertikalnom pravcu može da zaobilazi postojeće podzemne objekte i prepreke, a da pri tome nema finansijski uticaj na izvođenje ostalog dela cevne mreže. Na vakumskoj mreži nije potrebno izraditi revizione šahtove. Istaloženje materijala u sistemu cevovoda praktično je sprečeno velikim brzinama tečenja i samoprečišćavajućim efektom čepa, formiranog od dvofaznog fluida (otpadna voda + vazduh).

Spajanje toka vakumske glavne mreže u Bačkom Petrovcu





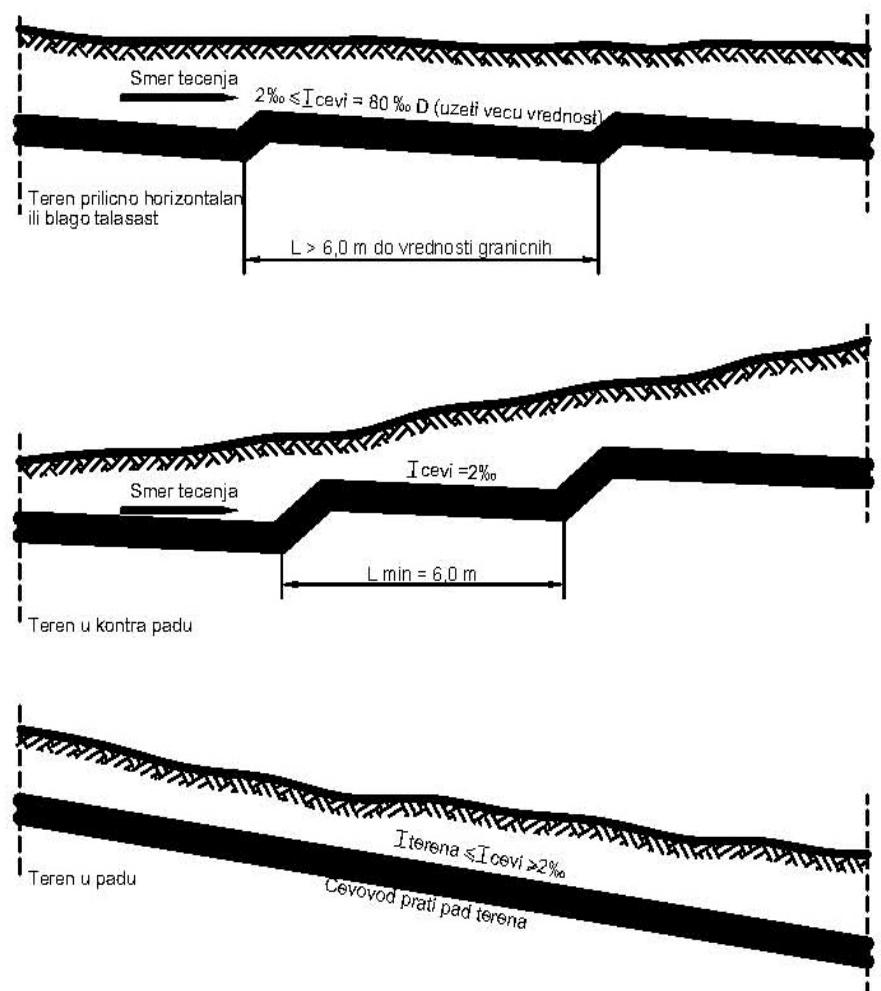
Spajanje toka vakumske glavne mreže u Bačkom Petrovcu

U podužnom pravcu, niveleta vakumskog voda može da se prilagodi terenskim uslovima prema sledećem:

- 1 U slučaju horizontalnog terena, odnosno pada terena manjeg od minimalnog potrebnog pada cevi, niveleta cevi se vodi paralelno sa terenom u opsegu usvojene dubine (npr. teme cevi se postavlja na dubinu od 1.00 do 1.30 m) u testerastom obliku koji se formira liftovima.
- 2 U slučaju pada terena većeg od minimalnog potrebnog pada, niveleta cevi se vodi paralelno sa padom terena bez ugradnje liftova.
2. U slučaju kontra pada terena, niveleta cevi se vodi u opsegu usvojene dubine u testerastom obliku. Šema podužnih profila je prikazana na slici 4. Neophodan elemenat funkcionalnog rada vakumskog sistema kanalizacije je tačna izrada nivelete.

Važan elemenat vakumskog cevovoda je zaptivenost sistema. Ako iz bilo kojeg razloga vazduh ulazi u sistem, isti se mora evakuisati, što zahteva angažovanje dodatne energije. Vazduh u sistem može da dopre samo kroz vakumske ventile, sa ciljem transporta jedinice upotrebljene vode. I u ovom slučaju treba se truditi da količina vazduha bude što manja. Kod modernih vakumskih ventila, vreme trajanja otvorenog ciklusa se može podešiti nameštanjem dinamike rada ventila.

Vakumska mreža može da se izvede od cevi koje su izrađene od različitih materijala. Uobičajeno rešenje je od PVC materijala, sa međusobnim spajanjem cevi i fazonskih komada gumenim zaptivanjem ili lepljenjem. Gumeni zaptivni prstenovi moraju biti izrađeni od kvalitetnog materijala i profila koji je podoban za vakumsko zaptivanje. Primena gumenih zaptivača je često korišćena u Sjedinjenim američkim državama. Međutim, njihovi standardi za prečnike PVC cevovoda ne odgovaraju evropskim standardima, pa stoga nije moguće uvesti samo gumene prstenove, a uvoz PVC cevi nije rentabilan. Primera za spajanje PVC cevi tehnologijom lepljenja ima i u susednoj Mađarskoj, ali proces starenja lepka nije u potpunosti poznat proces.



Šema podužnih profila u funkciji pada terena i smera tečenja





Vakumski vod u B. Petrovcu

Prema današnjem stanju tehničkog razvoja i stečenog iskustva u široj okolini, izgleda da su najpogodniji materijali za izradu vakumske mreže polietilenski cevovodi. Danas se koriste PEHD cevi prečnika 80 i 100 mm. Cevi izrađene od obe vrste PE materijala dolaze u obzir, ali je važno da SDR vrednost (odnos spoljašnjeg prečnika i debljine zida) bude 17.6, ili manje. U tabeli 1 su navedeni prečnici vakumskih cevovoda koji se koriste kod sistema sa vakumskim ventilom prečnika 90 mm.

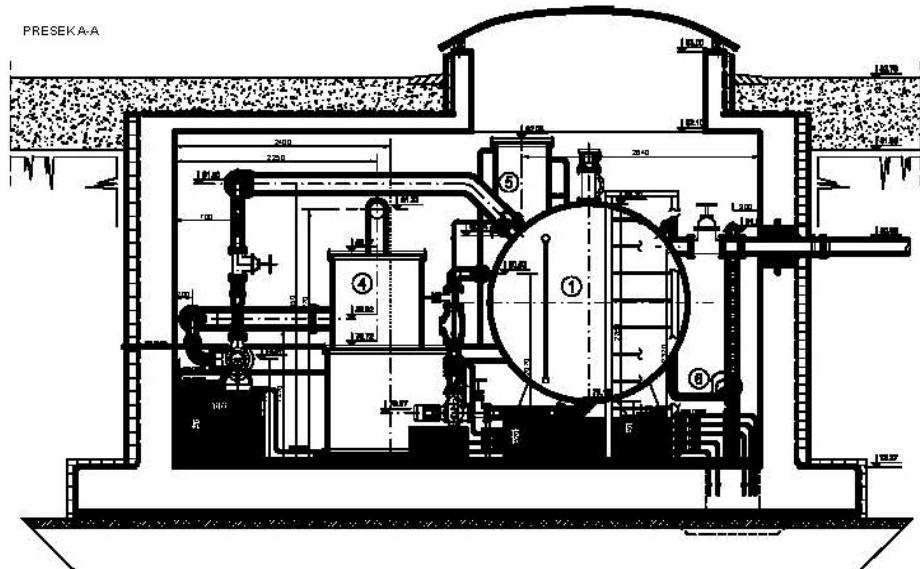
## Prečnici vakumskih cevovoda

Vakumski vod	Spoljni prečnik cevi D (mm)	Debljina zida S (mm)
priklučni vod	90	5.1
glavni vakumski vod	110	6.3
glavni vakumski vod	125	7.1
glavni vakumski vod	160	9.1
glavni vakumski vod	200	11.4
glavni vakumski vod	250	14.2

Cevi koje se isporučuju u koturu se kod vakumske kanalizacione mreže ne mogu koristiti, jer se predviđeni padovi dna mogu izvesti samo cevima koje se isporučuju u pravim komadima (dužine od 6 do 12 m). Neki proizvođači HDPE cevi (slično oznakama cevi za vodovod - plava boja ili gasovod - žuta boja) posebno označavaju cevi za primenu izrade vakumskog voda poduznom trakom braon boje. Dužina granate mreže se određuje u funkciji protoka i visinskih uslova terena. Granični uslov je funkcija broja liftova koji se ugrađuju na jednoj grani.

## Vakumska crpna stanica

Centralni deo sistema vakumske kanalizacije je vakumska crpna stanica. Formiranje vakuma, sakupljanje otpadne vode, dalji transport, upravljanje, kontrola rada sistema, merenje kapaciteta (hidrulički i elektronski) se dešava u okviru ovog objekta. Upotrebljena voda, koja je transportovana u sistemu cevne mreže pomoću vakuma, izliva se u jedan čelični rezervoar. U gornji deo vazdušnog dela rezervoara su priključeni usisni vodovi vakumskih crpki. Vakum se stvara pomoću rotacionih vakum pumpi sa vodenim prstenom. Minimalni broj instalisanih vakum pumpi je dva, a često se ugrađuju tri jedinice. Regulacija rada vakumskih pumpi vrši se na osnovu merača pritiska. Odvod vode iz rezervoara se vrši muljnim pumpama, čiji je usisni vod priključen na donji deo rezervoara. Funkcija muljnih pumpi je identična sa funkcijama relejnih crpnih stanica, koje se primenjuju kod gravitacione mreže u uslovima ravničarskog terena. Regulacija rada muljnih pumpi se vrši na osnovu nivometara. Odvod upotrebljene vode se vrši na Postrojenja za prečišćavanje otpadnih voda ili u neki drugi recipijent npr. u gravitacionu kanalizacionu mrežu. Uobičajeno je da se na odvodnom vodu vrši merenje proticaja, koji je pored trenutnog prikaza proticaja snabdeven i funkcijom sumiranja zbirnog protoka. Rad vakumske crpne stanice je potpuno automatizovan preko PLC-a. Upravljanje radom se vrši preko računa na osnovu računarskog programa, koji kordinira pojedinačno pokretanje elektromotora, obrađuje i arhivira relevantne podatke o radu sistema. Pored automatskog, obezbeđene su i ručne komande. Preko prenosa analognih ili digitalnih signala može se obezbediti i daljinski nadzor, odnosno upravljanje.



Presek vakumske stanice

Potrebna površina za smeštaj opreme se kreće od 25 do 60 m<sup>2</sup>, zavisno od veličine sistema. Objekat može da se izvede ukopano, polukopano ili iznad terena. Celishodno je da se objekat izvede ukopano. Zidovi i ploče objekta uglavnom se izrađuju od vodonepropusnog betona.



Hidromasinska oprema u vakum stanicu



Ukopana vakumska stanica - Tisazakecske

U slučaju nestanka energije, puferski kapacitet sistema minimalno iznosi oko 6 h. Ovo se obezbeđuje unutar vakumskog sabirnog šahta zapreminom koja iznosi najmanje 25% prosečne dnevne količine otpadnih voda priključenih korisnika, s tim da se deo zapremine obezbeđuje u gravitacionom priključnom vodu. Veća sigurnost se obezbeđuje dvostranim napajanjem električnom energijom ili obezbeđivanjem priključenja fiksnog ili mobilnog agregata.



Vakum stanica u B. Petrovcu



Ukopana vakumska stanica sa nadzemnim delom - Monor

Centralni deo sistema treba izvesti prema najboljem odnosu kvaliteta i troškova. Projektovanje i izvođenje štedljivih rešenja ne sme ugroziti korektno formiranje i pouzdan rad vakumske stanice.

## Sistem monitoringa

Sastavni deo vakumske kanalizacije može da bude i ciljno razvijen sistem monitoringa, koji na jednom centralnom mestu prikazuje otvoren ili zatvoren položaj vakumskog ventila. Sistem se formira od dvožilnog zaštićenog kabla, koji redno povezuje ventile. Kontrola rada vakumskih ventila ima niz prednosti. Često otvaranje ventila u noćnom režimu, za vreme kiše, indikuje ilegalno priključenje atmosferskih voda na kanalizaciju upotrebljenih voda. Slično, u noćnom režimu rada, bez atmosferskih padavina, često otvaranje ventila pokazuje infiltraciju podzemne vode u gravitacionom priključnom vodu. Pored toga, sistem monitoringa obezbeđuje i centralno praćenje količine transportovane vode u sistemu, po šahtovima.

### 2.5.3.3. Kratak prikaz prednosti i ograničenja

Iz principa prinudnog-vakumskog sistema proizlazi da potrebne padove kod cevovoda ne određuju pravila gravitaconog tečenja, nego pravila koja su određena za predmetni slučaj transporta.

Vakumske cevovode, u našim klimatskim uslovima, je dovoljno postaviti ispod granice smrzavanja. Međutim, u praksi je potrebno iskopati rov dubine između 1,3 do 1,8 m, jer su u naseljima već prethodno izrađeni ostali podzemni infrastrukturni objekti, kao i njihovi kućni priključci. Zbog toga smo primorani da vakumsku kanalizaciju izvodimo ispod ovih, postojećih instalacija. I pored navednih ograničenja, za izradu rova za vakumske vodove manji je iskop zemlje nego kod gravitacione mreže. Ovaj odnos se kreće između 40 i 60 %.

U slučaju visokog nivoa podzemnih voda, gravitacionu kanalizacionu mrežu možemo izvesti samo nakon sniženja podzemne vode: muljnim pumpama, depresinim bunarima ili iglofiltrima, u zavisnosti od geomehaničkih uslova. Manje dubine iskopa kod sistema vakumske kanalizacije često elimišu radove na snižavanju podzemne vode, a time znatno smanjuju investiciju.

Potreba za izradom zahtevne podgrade se takođe smanjuje.

Trasa vakumske kanalizacije, sa projektantskim nadzorom, se lako prilagođava terenskim uslovima (izbegavanje podzemnih prepreka).

Horizontalna trasa, uz održavanje zaštitnih rastojanja od ostalih podzemnih instalacija, se postavlja u zelenom pojusu ili pored ivičnjaka. U slučaju potrebe vođenja trase u čvrstom kolovozu, zbog potrebe za izradom užih rovova, indirektno se smanjuju troškovi kod vraćanja u prvobitno stanje.

U slučaju eventualne havarije na funkcionalnom sistemu (oštećenje cevovoda, pukotina) sistem ne zagađuje okolinu, jer se vrši usisavanje-vakumiranje. Ovu prednost ne obezbeđuje ni jedan drugi sistem odvođenja otpadnih voda.

U slučaju vakumske kanalizacije u okolini privatnih parcela, nema potrošnje električne energije. Ovo znači da je angažovana snaga mnogo manja u odnosu na potisni sistem kanalizacije i izostaje potreba za pojedinačnim rešavanjem zaštite od dodira.

Vakumska kanalizaciona mreža poseduje samoprečišćavajući efekat, jer je srednja brzina tečenja dvofaznog fluida u sistemu između 4,5 i 5,5 m/s. Zagуšenje cevovoda je praktično isključeno. Potreba za redovnim čišćenjem gravitacione kanalizacije visokim pritiskom, kod ovog sistema izostaje.

Izgradnjom vakumskog sistema kanalizacije se štedi i potreba za zauzimanjem građevinske parcele, jer 2 - 3 relejne crpne stanice izgrađene na gravitacionom vodu, zamjenjuje jedna vakumska stanica.

Vakumska stanica je izgrađena kao potpuno zatvoreni sistem i snabdevena je biofiltrom, koji isključuje emisiju neprijatnih mirisa i gasova u životnu sredinu.

Emisija buke elektro motora i pumpi je zanemarljiva, pošto se oprema u najvećem broju slučajeva smešta u ukopani deo objekta.

Periodični transport otpadne vode se ostvaruje sa promenom laminarnih i turboletnih tečenja usled potisnih i usisnih sila, formiranih od vazdušnih čepova. Unošenje vazduha u sistem dovodi do prethodne aeracije, što je povoljno sa aspekta kvaliteta otpadne vode, kao i sa aspekta prečišćavanja u narednoj fazi. Ovi efekti kod sistema potisne kanalizacije su isključeni.

Automatski rad sistema, fleksibilni programi prilagođeni za konkretni slučaj, telemetrija, alarmiranje i široke mogućnosti upravljanja, sistem čine savremenim i obezbeđuju mobilnost osoblja koje vrši održavanje sistema.

Važna prednost sistema vakumske kanalizacije je i to da se pri eventualnom kvaru vakumskih ventila isti ne potapaju, servis se radi u suvoj sredini, nasuprot potisne kanalizacije, gde se na pumpe nalepljuju taložive materije i popravka je komplikovanija, te postoji povećana opasnost od zaraze.

Troškovi eksploatacije, pored amortizacije (koja se često ne uračunava kod održavaoca kanalizacionih sistema) sastoje se od troškova električne energije (0.35 - 0.80 kW/h m<sup>3</sup>), materijala za održavanje i servisa, kao i od troškova radne snage. Ukupni troškovi često su ispod eksploatacionih troškova gravitacionih sistema, a pogotovo su ispod eksploatacionih troškova potisne kanalizacije, jer kod vakumskog sistema je isključen povratni tok unutar sistema.

Granica za realizaciju sistema vakumske kanalizacije postavlja teren sa stalnim promenama reljefa. Iz jedne vakumske stanice je moguće savladati visinsku razliku od oko 4 - 4.5 m, jer bi funkcionalan rad sistema, pored ukupnih energetskih gubitaka u sistemu cevovoda, zahtevao podpritisak u vrednosti između 2.0 - 2.5 bar kod najudaljenijeg vakumskog ventila. Prema tome, izrada vakumske kanalizacije u brdskim predelima nije opravdana.

Izrada mreže vakumske kanalizacije je zahtevna u pogledu ostvarivanja predviđenih padova, što iziskuje pojačanu pažnju i tehničku disciplinu tokom izvođenja radova.

#### **2.5.3.4. Zaključak**

Izvoditi i održavati vakumsku mrežu i vakumsku stanicu sa savremenom automatikom moguće je samo sa naprednim shvatanjima.

Svakako treba zaključiti da je dobro rešavanje sistema kanalisanja moguće nakon analize više varijantnih rešenja, uključujući i razna raspoloživa tehnička rešenja. Primeniti prinudne-vakum sisteme na mestima gde imamo ravnomeran pad prema vodoprijemniku i gde vladaju povoljni geomehanički uslovi, nije rentabilno. U slučaju etapnog izvođenja, kada se u prvoj etapi izgradi vakumska stanica, nastavak postaje veoma ekonomičan. U ovom slučaju, u izgrađenoj crpnoj stanci se eventualno može predvideti zamena dela hidromontažne opreme, pre svega vakumskih pumpi.

Reljefna karta Vojvodine, vladajući uslovi terena i relativno visok nivo podzemne vode, dovodi do kranjeg zaključka, da na ovom prostoru svakako vredi izanalizirati mesto vakumske tehnologije odvođenja otpadnih voda u odnosu na druge sisteme.

Može se istaći da je sistem vakumske kanalizacije u mnogim elementima rešenje slično sistemu potisne kanalizacije, a sa aspekta održavanja higijene i zaštite od dodira je i povoljnije. Napredni karakter nije sporan, kod tehnologije sistema se može naći bezbroj elemenata savremenih rešenja, počev od zatvarača do upravljačkih jedinica. Prisustvo predstavnika najpoznatijih sistema proizvođača glavnih elemenata vakumske kanalizacione mreže za potencijalne investitore nudi mogućnost upoređivanja, koje ne treba izostaviti, čak ni u slučaju kada to predstavnici ostalih sistema osporavaju.

## 2.6. PREČIŠĆAVANJE OTPADNIH VODA

Da bi se smanjili ili eliminisali negativni uticaji otpadnih voda na vodoprijemnike i životnu sredinu uopšte, neophodno je pre ispuštanja otpadne vode u vodoprijemnik izvršiti njeni prečišćavanje. Prečišćavanjem otpadnih voda se postiže poboljšanje kvaliteta otpadne vode pre izlivanja u recipijent. Kvalitet ispuštene otpadne vode (u daljem tekstu efluent) mora biti takav da ne ugrožava kvalitet vode samog recipijenta. Tehnološki proces prečišćavanja otpadnih voda se može sastojati iz brojnih faza obrade, zavisno od karakteristika sirove otpadne vode i od zahtevanog kvaliteta prečišćene otpadne vode, a za svaku od tih faza postoji po nekoliko opcija. Zahteve u vezi efluenta iz PPOV-a donosi nadležna institucija u zemlji izgradnje.

Tipična klasifikacija procesa prečišćavanja otpadnih voda se sastoји из:

- *primarnog tretmana*
- *sekundarnog tretmana*
- *tercijalnog tretmana*

### 2.6.1. Primarni tretman

Primarni tretman otpadnih voda može da obuhvati postupak ujednačavanja količine i opterećenja otpadnih voda, zatim postupke uklanjanja krupnog (grubog) materijala iz otpadnih voda, lako taloživih suspendovanih čestica, slobodnih ulja i masti i suspendovanih čestica. Postupak ujednačavanja količine i opterećenja otpadnih voda i postupak uklanjanja slobodnih ulja i masti često se definišu kao postupci prethodne obrade otpadnih voda, koji se koriste pre svega sa ciljem zaštite i/ili olakšavanja daljeg procesa prečišćavanja. Primarnim prečišćavanjem se smatra samo postupak uklanjanja suspendovanih čestica. Primarnim prečišćavanjem se ne može prečistiti otpadna voda do stepena koji dopušta njeno direktno ispuštanje u vodoprijemnik, ali se može u određenim slučajevima prečistiti u dovoljnoj meri da se dozvoli njeno ispuštanje u javnu kanalizaciju, jer su uslovi za kvalitet otpadnih voda koje se ispuštaju u javnu kanalizaciju daleko blaži od uslova za direktno ispuštanje u prijemnik.

Primarni tretman označava tretman pri kome se  $BPK_5$  dolazne otpadne vode umanjuje za najmanje 20%, sadržaj suspendovanih materija sirove otpadne vode je smanjen za najmanje 50%.

Ovaj deo procesa se uglavnom vrši grubim i finim rešetkama za otklanjanje krupnijih suspendovanih supstanci, peskolovima i mastolovima (ove dve jedinice se često nalaze unutar jedne, tj peskolova sa mastolovom). U sklopu primarnog tretmana se mogu naći i primarni ili prethodni taložnici, koji služe za umanjenje  $BPK_5$  dolazne otpadne vode i za sakupljanje primarnog mulja. Primarni taložnici se koriste ukoliko se vrši anaerobna stabilizacija mulja.

### 2.6.2. Sekundarni tretman

Sekundarni tretman podrazumeva tretman komunalnih otpadnih voda procesima koji generalno uključuju biološki tretman za uopšteno otklanjanje otpadnih materija, ili drugi postupak kojim se ispunjavaju zahtevi prikazani u tabeli 11.

Tabela 11. Potreban kvalitet prečišćene otpadne vode (Direktiva Saveta 91/271/EEC od 21. maja 1991. koja se odnosi na prečišćavanje urbanih otpadnih voda)

Parametri	Koncentracija	Najniži procenat za smanjenje C)
Biohemijska potrošnja kiseonika ( $BPK_5$ na 20 °C)	25 mg/l O <sub>2</sub>	70-90 40 po članu 4 (2)

bez nitrifikacije		
Hemiska potrošnja kiseonika	125 mg/l O <sub>2</sub>	75
Suspendovane materije	35 mg/l 35 po članu 4 (2) (ES veći od 10000) 60 po članu 4 (2) (ES između 2000 i 10000)	90 (3) 90 po članu 4(2) (ES veći od 10000) 70 po članu 4(2) (ES između 2000 i 10000)

Da bi se uslovi u tabeli 11 ispoštovali, biološki reaktor, tj aeracioni bazeni moraju biti dimenzionisani na propisano hidrauličko opterećenje.

Tabela je preuzeta iz okvirnih direktiva Evropske Unije.

U sekundarnoj fazi tretmana otpadnih voda se vrši uklanjanje biorazgradljivih organskih materija putem aktivnog mulja, bioloških filtera ili anaerobnih postupaka.

U slopu sekundarne faze prečišćavanja otpadnih voda nalazi se još i faza taloženja, koja se kod konvencionalnog sistema odvija u naknadnim taložnicima. Iz naknadnih taložnika se vrši recirkulacija mulja u biološki reaktor. Uklanjanje BPK iz otpadne vode se često zove sekundarni tretman, dok se uklanjanje azota i fosfora često naziva **tercijarnim tretmanom**. Postupci tercijalnog prečišćavanja, odnosno uklanjanja azota i fosfora, mogu se uključiti u sistem sekundarnog tretmana ili izvesti kao poseban stepen prečišćavanja, nakon primjenjenog sekundarnog tretmana.

### 2.6.3. Biološki tretman otpadnih voda

#### 2.6.4. Opšti pojmovi

Biološko prečišćavanje otpadnih voda se primenjuje posle prethodnog mehaničkog prečišćavanja ili kao manje ili više nezavisan postupak. Sa tehničkog aspekta, biološko prečišćavanje predstavlja tehnološki kontrolisani biološki proces, koji služi za uklanjanje organskog zagađenja iz otpadne vode, sa ciljem dobijanja prečišćene otpadne vode određenog kvaliteta.

Pod organskim zagađenjem u konkretnom slučaju, podrazumevaju se organske materije u suspendovanom ili rastvorenom obliku, fosfor, azot, neki metali, razni mikroorganizmi, kao što su bakterije, virusi i sl.

Mehanizam uklanjanja rastvorenih organskih materija iz vode sastoji se u njihovom prevođenju u čvrste suspendovane materije (mikroorganizmi) koje se zatim odvajaju od vode fizičkim metodama-taloženjem, zajedno sa zaostalim suspendovanim materijama iz sirove otpadne vode.

Zagađenje koje se uklanja na navedeni način, koncentriše se u biomasi i mulju, koji se zatim mogu dalje biološki obraditi, sa ciljem smanjenja zapremine, sadržaja organskih sastojaka, bakterija, virusa i širenja neugodnog mirisa.

Biološki prečišćena otpadna voda (efluent) obično ima kvalitet, koji se može ispuštati u vodoprijemnik (recipijent), bez štetnih posledica. U biološkom prečišćavanju uklanjaju se iz vode mikroorganizmi fekalnog porekla u većem obimu nego kod fizičko-hemijskog, ali biološki prečišćena voda ipak nije bakteriološki ispravna.

## **2.6.5. Osnovni principi biološkog tretmana otpadnih voda**

Biološko uklanjanje organskog zagađenja iz vode, zasniva se na dva procesa: fizičkobiološki (bioflokulacija ili bioadsorpcija) i stvarni biološki proces, kao što je metabolizam bakterija.

Bioflokulacija ili bioadsorpcija predstavlja proces ukrupnjavanja sitnih čestica flokulacijom, čije dimenzije i specifična masa nisu dovoljne za njihovo odvajanje od vode taloženjem.

Navedenim procesom uklanjaju se iz vode suspendovane i/ili koloidne čestice zagađenja, netaložive u originalnoj vodi. Fizičku komponentu bioadsorpcije čini turbulencija, dovoljne jačine za zbijanje čestica. Biološku komponentu predstavlja, za sada nedovoljno objašnjena flokulacija, podpomognuta produktima metabolizma, koji mogu biti razni polisaharidi, i koji deluju slično flokulantima kao što su na primer polielektroliti.

Predhodno opisani proces se odvija u prisustvu suspendovane biomase (aktivni mulj), podjednako pod aerobnim i anaerobnim uslovima. U slučaju fiksirane biomase na nekoj čvrstoj podlozi, adsorpcija i bioflokulacija je ometana i ne dovodi do stvaranja suspendovanih flokula u tečnoj masi.

Bakterijski metabolizam se sastoji od niza biohemiskih reakcija, putem kojih bakterije koriste zagađenje sa jedne strane kao izvor energije (katabolizam) a sa druge strane za proizvodnju nove bakterijske mase (anabolizam). Oba navedena procesa se odigravaju samo u prisustvu rastvorene organske materije - supstrata.

Katabolizam se podjednako odvija u aerobnim i anaerobnim uslovima. Služi za oksidaciju većine organskih materija, dajući pri tome neorganske proekte, od kojih se neki javljaju u gasovitom obliku i kao takvi se oslobađaju iz vode.

Anabolizam čine sve hemijske reakcije putem kojih se rastvoren, pretežno organska, neživa materija pretvara u živu biomasu, koja može rasti u obliku flokule kao suspenzija, ili kao biofilm na čvrstoj podlozi.

## **2.6.6. Denitrifikacija**

Biološki proces uklanjanja azota iz otpadnih voda se odvija tokom procesa nitrifikacije i denitrifikacije u kojima bakterije uklanjuju azot.

Pre početka nitrifikacije, u cevima kanalizacije se odvija proces amonifikacije, odnosno većina azota sadržanog u urei i fekalnom materijalu se konvertuje od organskog azota do amonijačnog kroz proces hidrolize.

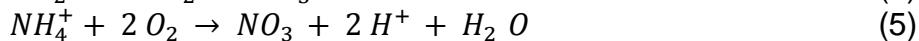
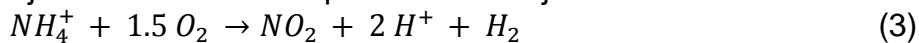
Nitrifikacija je proces biološke oksidacije amonijačnog azota pri čemu se kao krajnji proizvod reakcije oslobađa nitrat. Proces nitrifikacije se sastoji iz dva koraka. Prvo bakterija *Nitrosomonas* prevodi amonijak i amonijačni azot u nitrit, zatim bakterija pod nazivom *Nitrobacter* završava konverziju nitrita u nitrat. Reakcije su uglavnom u paru i brzo se odvijaju do nastanka nitrata pa je iz tog razloga nivo nitrita uglavnom nizak.

Ove bakterije poznate kao "nitrifikatori" su isključivo aerobi, što znači da moraju da imaju na raspolaganju sloboden rastvoren kiseonik da bi mogle da obavljaju svoju funkciju. Nitrifikacija se javlja samo u aerobnim uslovima pri nivou od 1.0 mg/l rastvorenog kiseonika ili višem. Nitrifikacija zahteva dugo vreme retencije (zadržavanja), nizak odnos hrane i mikroorganizama i adekvatan alkalitet. Pored ovih stavki je i temperatura bitna.

Proces nitrifikacije prouzrokuje stvaranje kiseline. Ova kisela sredina snižava pH biološke populacije u aeracionom bazenu i može da prouzrokuje smanjenje stope rasta nitrifikacionih bakterija. Optimalna vrednost pH za *Nitrosomonas* i *Nitrobacter* je između 7.5 i 8.5 a većina postrojenja za prečišćavanje su u mogućnosti da vrše efektivnu nitrifikaciju i sa pH vrednostima od 6.5 do 7.0. Proces nitrifikacije se zaustavlja pri pH vrednostima ispod 6.0.

Temperatuta vode takođe utiče na stopu nitrifikacije. Nitrifikacija dostiže maksimalnu stopu pri temperaturama između 30 i 35 °C. Pri temperaturama od 40 °C i višim, stopa nitrifikacije se približava nuli. Pri temperaturama ispod 20 °C, nitrifikacija se sporije odvija.

Proces nitrifikacije se odvija u dva stepena kao što je prikazano jednačinama 3 i 4 dok je jednačina 5 sumarni prikaz nitrifikacije:



Denitrifikacija je biološka redukcija nitrata ( $NO_3^-$ ) do molekularnog azota ( $N_2$ ) pomoću fakultativne heterotrofne bakterije. Heterotrofna bakterija treba izvor ugljenika kao hranu. Fakultativne bakterije mogu da koriste rastvoreni kiseonik iz vode ili iz nitratnih (azotnih) molekula.

Denitrifikacija se javlja kada se snizi nivo kiseonika i nitrat (azot) postane glavni izvor kiseonika mikroorganizmima. Proces se odvija pod anaerobnim uslovima, kada je koncentracija rastvorenog kiseonika niža od 0.5 mg/l. Kada bakterije razlože nitrat ( $NO_3^-$ ) da bi dobile kiseonik, nitrat se redukuje do azotnog oksida ( $N_2O$ ) i na kraju do molekularnog azota ( $N_2$ ). Sa obzirom na to da molekularni azot ima nizak stepen rastvorljivosti u vodi, on isparava u atmosferu u vidu mehurića gasa. Molekularni azot je najznačajnija komponenta vazduha, tako da njegovo ispuštanje u atmosferu ne može da izazove nikakve štetne uticaje na životnu sredinu.

Formula kojom se opisuje proces denitrifikacije je sledeća:



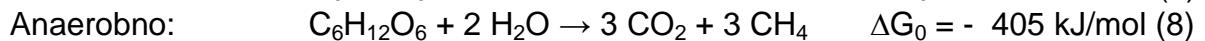
Izvor ugljenika (koji je u formuli predstavljen sa  $CH_3OH$ ) je neophodan da bi se denitrifikacija odvila.

Optimalne pH vrednosti za proces denitrifikacije su između 7.0 i 8.5. S obzirom na činjenicu da su denitrifikacione bakterije fakultativni organizmi, one mogu ili da koriste rastvoreni kiseonik ili nitrat kao izvor kiseonika za metabolizam i oksidaciju organske materije. Ukoliko su u nekom trenutku prisutni i rastvoren kiseonik i nitrat, bakterija će koristiti rastvoren kiseonik. Odnosno, bakterija neće smanjiti koncentraciju nitrata. Denitrifikacija se javlja jedino pod anaerobnim uslovima.

Drugi bitan aspekt denitrifikacije je potreba za ugljenikom, odnosno prisustvo dovoljne količine organske materije koja će pokrenuti proces denitrifikacije. Organska materija može biti u formi sirove otpadne vode ili suplementacioni ugljenik.

### 2.6.7. Podela bioloških postupaka prečišćavanja

Biološki procesi prečišćavanja otpadnih voda se izvode kao aerobni i anaerobni, zasnovani na biološkoj aktivnosti aerobnih, odnosno anaerobnih mikroorganizama. Osnovna razlika između aerobnih i anaerobnih procesa je u putevima biološke oksidacije organskih materija, što je prikazano na primeru oksidacije glukoze:



Aerobni put karakteriše produkcija velike količine slobodne energije,  $\Delta G_0$  (posledica je brz i intenzivan rast biomase mikroorganizama, odnosno brzo prečišćavanje), i nastajanje termalnih proizvoda oksidacije sa malim sadržajem energije (posledica je velika efikasnost prečišćavanja). Anaerobni put dovodi do stvaranja krajnjih produkata oksidacije sa velikim sadržajem energije (od kojih se gasoviti produkti, tzv. biogas, lako koriste kao izvor energije), što ima za posledicu slabiji efekat prečišćavanja, a produkuje malo slobodne energije usled čega mnogo sporije rastu mikroorganizmi i nastaje manje biomase, te je anaerobni proces prečišćavanja znatno sporiji od aerobnog.

### **2.6.8. Aerobni procesi prečišćavanja**

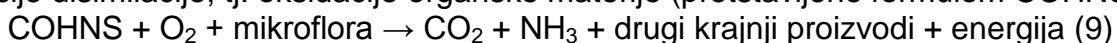
Aerobno prečišćavanje je gotovo isključivo zastupljeno kao proces sekundarnog prečišćavanja komunalnih otpadnih voda, dok se anaerobno prečišćavanje koristi u određenom broju slučajeva za obradu industrijskih otpadnih voda sa velikim organskim opterećenjem, kada se po pravilu kombinuje sa aerobnim procesom, koji se postavlja posle anaerobne obrade. Akcenat na prečišćavanju komunalnih otpadnih voda i SBR tehnologiji, razmatraće se samo aerobni proces, dok se anaerobni proces obrade samo navodi kao jedna od uobičajenih faza obrade muljeva koji nastaju u procesu prečišćavanja komunalnih otpadnih voda.

Aerobno prečišćavanje delimo na procese sa suspendovanom mikroflorom i procese sa imobilisanim slojem, tj. mikroflorom imobilisanom na pogodnom inertnom nosaču. Akcenat će biti na aerobnim procesima prečišćavanja sa suspendovanom mikroflorom.

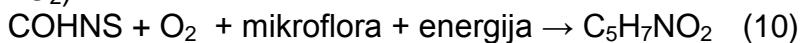
### **2.6.9. Aerobni procesi sa suspendovanom mikroflorom**

Procesi sa suspendovanom mikroflorom su najrašireniji vid aerobnog procesa prečišćavanja, pre svega za obradu velikih količina slabo i srednje opterećenih otpadnih voda, kao što je na primer komunalna otpadna voda. U ove procese spadaju procesi sa aktivnim muljem, koji se primenjuju u daleko većem broju.

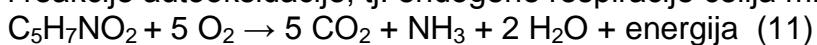
Aktivni mulj je naziv za biološki aktivnu biomasu aerobne mikroflore, suspendovane u otpadnoj vodi u obliku flokula, pri čemu se u flokulama sem živih, aktivnih mikroorganizama nalaze i mrtve ćelije kao i organske i neorganske materije iz otpadne vode koja se prečišćava. Otpadna voda se uvodi u reaktor u kome se aktivni mulj održava u suspenziji. Posredstvom aerobne mikroflore aktivnog mulja, odigrava se biološka oksidacija organskog dela zagađenja otpadne vode, odnosno, praktično istovremeno, teku reakcije disimilacije, tj. oksidacije organske materije (predstavljene formulom COHNS):



Reakcija asimilacije, tj. sinteze novih ćelija mikroflore (predstavljene formulom  $\text{C}_5\text{H}_7\text{NO}_2$ ):



i reakcije autooksidacije, tj. endogene respiracije ćelija mikroflore:



Najvažniji i najzastupljeniji mikroorganizmi aktivnog mulja su bakterije. Međutim, osim bakterija važnu ulogu u prečišćavanju aktivnim muljem imaju i druge vrste mikroorganizama. Na primer, protozoe, rotifere i gljive.

Kiseonik za biološku oksidaciju se obezbeđuje stalnom aeracijom otpadne vode u reaktoru, čime se obično postiže i potreban stepen mešanja za održavanje flokula aktivnog mulja u suspenziji, a ukoliko takvo mešanje nije dovoljno, potpuno mešanje se obezbeđuje mehaničkim mešanjem. Nakon obavljenog prečišćavanja u reaktoru, prebacuje se otpadna voda u taložnik gde se odvajaju flokule aktivnog mulja od prečišćene otpadne vode (efluenta) koja se izvodi na prelivu, a sa dna taložnika se uklanja aktivni mulj. Deo aktivnog mulja se u pravilu recirkuliše u proces, kako bi se u reaktoru održavala dovoljno visoka koncentracija mikroflore za izvođenje brzog i efikasnog prečišćavanja.

### **2.6.10. Izbor procesa sa aktivnim muljem. Izbor reaktora.**

Postoje različiti procesi sa aktivnim muljem. Među prvima se pojavio proces sa aerisanim lagunama, zatim kasnije konvencionalni proces a u poslednje vreme se najčešće koristi SBR tehnologija na bazi aktivnog mulja i akcenat je na njoj. Razlike u tim procesima se u najvećoj meri svode na razlike u tipu i izvedbi biološkog reaktora, dok su

ostali delovi sistema (pumpe, ventili, ostala oprema, merna i regulaciona tehnika) manje više slični, pa se izbor procesa može posmatrati kao izbor aerobnog reaktora sa aktivnim muljem. U daljem tekstu će se dati kratak opis konvencionalnog postupka i aerisanih laguna kao i njihove prednosti i nedostaci, iz razloga što su ta dva postupka bila razmatrana prilikom izrade projekta ali se iz razloga koji su kasnije navedeni, izbrala SBR tehnologija.

### **2.6.11. Konvencionalni postupak sa aktivnim muljem**

Konvencionalni postupak predstavlja najšire primenjivan postupak prečišćavanja otpadnih voda i njegova glavna karakteristika jeste da predstavlja protočni sistem. Pod protočnim sistemom se smatra takav sistem koji nema mogućnost regulacije niti naknadnog podešavanja projektovanih parametara, kao što su vreme zadržavanja otpadne vode, starost mulja, nego oni direktno zavise od kvantiteta i kvaliteta dolazne otpadne vode. Samim tim ovakav sistem nije pogodan za manja naselja gde imamo velika kolebanja, odnosno neravnomernosti u dolaznom kvantitetu i kvalitetu otpadne vode. Njegovo najoptimalnije polje primene su velika naselja (uglavnom iznad 100 000 ES). On se bazira na prečišćavanju otpadne vode putem aktivnog mulja, tačnije suspendovane biološke kulture u aeracionom bazenu.

Obavezne komponente koje čine konvencionalni sistem su aeracioni bazen i naknadni taložnik. Budući da ima konstantan protok otpadne vode kroz aeracioni bazen prema naknadnom taložniku, u aeracionom bazenu moramo obezbediti pored aeracionog sistema i poželjne uslove tečenja i mešanja. Usled konstantnog protoka otpadne vode kroz aeracioni bazen, dolazi do iznošenja aktivnog mulja iz aeracionog bazena u naknadni taložnik pa je potrebno manjak aktivnog mulja u aeracionom bazenu nadoknaditi, što se postiže recirkulacijom aktivnog mulja iz naknadnog taložnika u aeracioni bazen. Iz naknadnog taložnika se takođe izdvaja višak mulja koji je rezultat aktivnosti bakterija u aktivnom mulju.

Prethodno pomenute karakteristike su osnovne karakteristike konvencionalnog sistema i u odnosu na druge tehnologije na bazi aktivnog mulja razlikuje se samo u pogledu biološkog dela tretmana, mehanički deo je isti.

Kod konvencionalnih sistema se mogu primenjivati prethodni taložnici, koji služe za produkciju primarnog mulja radi ekstrakcije metana u anaerobnim postupcima truljenja ,u za to namenjenim objektima (digestorima) radi proizvodnje električne energije i na taj način umanjenja troškova rada postrojenja. Naravno, za primenu prethodnog taložnika je potrebno na taj način isprojektovati kompletno postrojenje, tačnije predvideti pogodnu starost mulja da bi se moglo vršiti anaerobno stabilizanje sekundarnog mulja, zajedno sa primarnim muljem.

Prednost ovog sistema prečišćavanja otpadne vode je mogućnost anaerobne digestije primarnog i sekundarnog mulja u cilju proizvodnje električne energije i samim tim umanjenje troškova rada postrojenja

Nedostaci ovog sistema su osetljivost na veće neravnomernosti u dotoku, složen sistem upravljanja, velika potrebna površina i relativno veliki investicioni troškovi za izgradnju.



PPOV Bečej

### 2.6.12. Aerisane lagune

Aerisane lagune se mogu smatrati kao jedan od jeftinijih tehničkih postupaka prečišćavanja otpadnih voda postupkom aktivnog mulja. Najčešće se koriste za prečišćavanje komunalnih i biološki visoko opterećenih industrijskih otpadnih voda. Rade se za opterećenja od 1000 do 25000 ekvivalentnih stanovnika (ES). Osnovne karakteristike procesa prečišćavanja otpadnih voda primenom aerisanih laguna su sledeće:

Otpadna voda se prvo prečišćava procesom primarnog-grubog mehaničkog prečišćavanja koje se sastoji od grubih rešetki, peskolova i separatora masti (ako je potrebno), nakon čega se otpadna voda upućuje na biološku obradu u aerisane i taložne lagune.

Nakon primarne obrade se voda upućuje u aerisane lagune. Aerisane lagune su bazeni, najčešće iskopani u zemlji, dubine oko 4 metra. Sama aeracija otpadnih voda u njima vrši se primenom mehaničkih aeratora ili sistemom za uduvavanje vazduha (fini mehurići) koji je obešen o plivajuće lance. Pored unošenja dovoljne količine kiseonika, aeracioni sistem ima zadatak da održava aktivni mulj u suspenziji.

Recirkulacija mulja vrši se pomoću mamut-pumpi koje evakuišu mulj iz levka na nizvodnom kraju, i šalju ga na uzvodni kraj aeracione lagune. Nakon prolaska kroz aerisanu lagunu, otpadna voda ulazi u taložnu lagunu, taložne lagune su nešto plićе (dubine oko 2 metra), i nisu aerisane. Taložne lagune su isto bazeni iskopani u zemlji. Iz taložne lagune izbistrena otpadna voda se ispušta u recipijent.

Mulj iz taložnih laguna se vadi jedanput godišnje, ili ređe tako što se laguna isprazni, mulj osuši i izvadi. Zato je potrebno predvideti najmanje dve taložne lagune.

Kako bi se sprečio gubitak vode iz laguna infiltracijom u podzemlje, iste treba graditi u vododrživom materijalu ili ih obložiti folijom.

Efekat prečišćavanja aerisanih laguna je oko 95% u pogledu smanjenja BPK<sub>5</sub>.

Prednost sistema sa aerisanim lagunama je njegova jednostavnost. To je jedan tromeđu i pouzdan sistem i u odnosu na druge postupke sa aktivnim muljem nema složene i

skupe građevinske objekte a i oprema (hidromontažna i elektro) mu je jednostavnija. Sistem je pouzdan u slučajevima velikih varijacija hidrauličkog i organskog opterećenja.

Održavanje i vođenje procesa su veoma jednostavni i ne iziskuju velike troškove.

Nedostatak aerisanih laguna je veliki utrošak el. energije za aeraciju zbog velike zapremine.

Sistem sa aerisanim lagunama koji se primenjuje za prečišćavanje komunalnih otpadnih voda iziskuje veliku površinu, što u današnje vreme gde je zemlja kvalitetna predstavlja problem.



Aerisana laguna PPOV Bač



Aerisana i taložna laguna PPOV Bač

### 2.6.13. SBR tehnologija

SBR sistem za prečišćavanje otpadnih voda izgrađen je i funkcioniše u mnogim zemljama sveta. U Norveškoj radi više od 3000 takvih sistema. U Poljskoj su u proteklih 10 godina izgradili više od 200, a takođe u skandinavskim zemljama, koje se smatraju kao najzahtevnije po pitanju zaštite životne sredine, u Nemačkoj, Austriji, Češkoj, Slovačkoj, Rusiji, Španiji itd.

SBR- sistem (eng. Sequencing Batch Reactor) je tehnološki postupak biološkog prečišćavanja otpadnih voda sa aktivnim muljem u akumulirajućem postupku. SBR sistemi prečišćavanja otpadnih voda su u skorije vreme najzastupljeniji pri izgradnji novih postrojenja za prečišćavanje otpadnih voda u svetu. Dugo je konvencionalni sistem imao prednost nad SBR sistemom prečišćavanja zbog složenije automatike (upravljanja), međutim u skorije vreme usled naglog razvoja tehnologije to mu više ne predstavlja nedostatak, pa sada do izražaja dolaze uglavnom prednosti ovog sistema. Osnovna karakteristika ovog sistema jeste to što nema naknadni taložnik nego se sve celine biološkog dela postupka odvijaju u jednom bazenu. Budući da imamo određeno vreme trajanja postupka moramo obezbediti skladištenje dolazne vode za vreme trajanja postupka, pa se zbog toga SBR reaktori često grade u paru, sa puferom ili u paru sa puferima (prihvativim rezervoarima koji služe za hidrauličku i kvalitativnu egalizaciju dolazne otpadne vode). **Sequencing Batch Reactor** upućuje na faze procesa ove tehnologije:

"Sequencing" ukazuje na stalno ponavljanje delova procesa (punjenje, aeracija, mešanje).

"Batch" znači da se prečišćavanje otpadnih voda vrši šaržno u bioreaktoru.

"Reactor-om" se označava primena posude (bazena) .

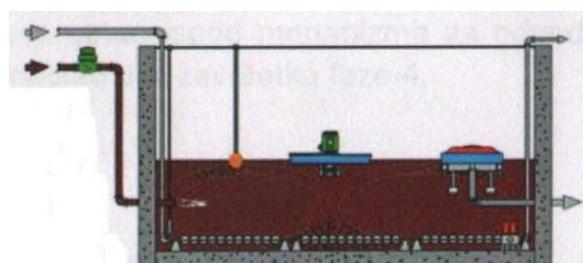
Pod uređajem sa aktivnim muljem sa akumulirajućim postupkom se podrazumeva postupak biološkog prečišćavanja koji se sastoji od:

- primene biološkog prečišćavanja otpadnih voda sa aktivnim muljem
- biološkog procesa prečišćavanja i razdvajanje aktivnog mulja od prečišćene vode u jednom te istom bazenu,
- vodeno ogledalo u bazenu se podiže uvođenjem vode koja se obrađuje
- prečišćena otpadna voda se odvodi šaržno iz bazena

### 2.6.14. Ciklus SBR reaktora

#### 2.6.14.1. Punjenje

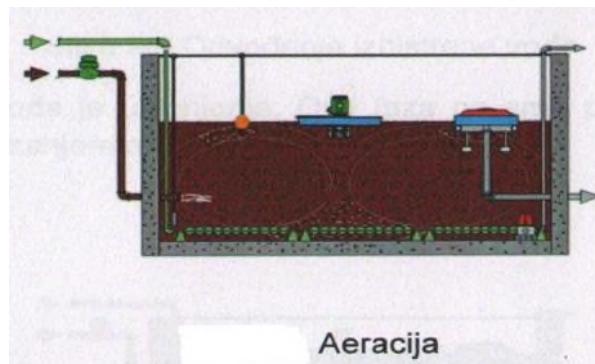
Svaki SBR reaktor ima "mrtvu" zapreminu i korisnu zapreminu. Mrtva zapremina predstavlja suspendovani aktivni mulj potreban za tretman korisne zapremine vode koja se dovodi u reaktor u fazi punjenja. Punjenje može biti u etapama ili odjednom.



Slika 2. Faza punjenja

#### **2.6.14.2. Faza biološke razgradnje (nitrifikacija)**

Nakon završenog punjenja reaktora otpočinje proces aeracije, odnosno unosa vazduha radi razgradnje organskog zagađenja. Unos vazduha se može vršiti mehaničkim aeratorima, turbinskim, dubinskim itd. Za vreme faze biološke razgradnje, odvija se i proces nitrifikacije azota.



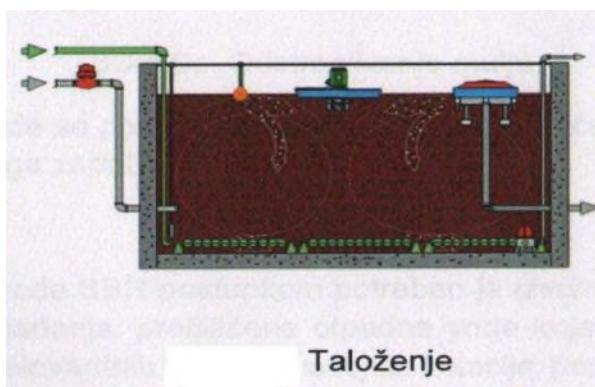
Slika 3. Aeracija, Anonim

#### **2.6.14.3. Anaerobna faza prečišćavanja (denitrifikacija)**

Zbog pojave nitrifikacije u toku aerobne faze prečišćavanja otpadne vode sledi proces denitrifikacije. Za vreme ovog procesa, bitno je napomenuti da se mora obezbediti efikasno mešanje bez unosa vazduha.

#### **2.6.14.4. Taloženje**

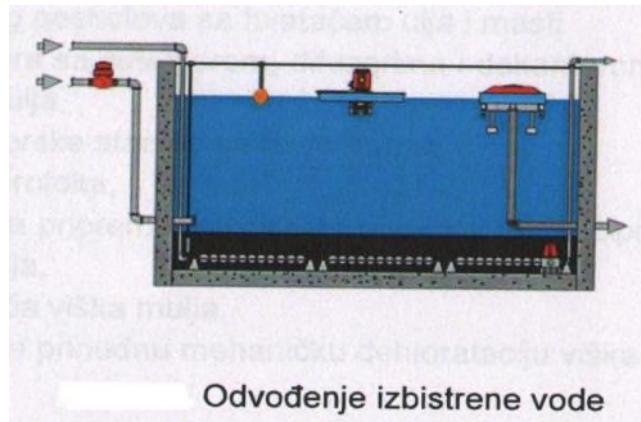
Nakon završenog ciklusa denitrifikacije sledi faza taloženja gde se izbistrena i prečišćena otpadna voda izdvaja na površini dok se aktivni mulj taloži na dno.



Slika 4. Taloženje

#### **2.6.14.5. Dekantacija**

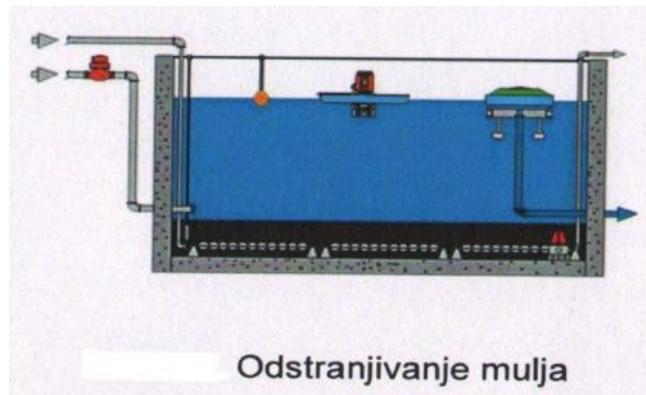
Dekantacija označava fazu odvođenja prečišćene i izbistrene otpadne vode iz reaktora. Ovo se najčešće vrši uređajima koji se nazivaju dekanteri, odakle potiče i naziv.



Slika 5. Dekantacija

#### **2.6.14.6. Odvođenje viška mulja**

Usled aktivnosti bakterija dolazi do uvećanja biomase, te se stoga taj višak mulja mora odstraniti iz reaktora, kako bismo održali projektovano organsko opterećenje. Ovo se vrši putem pumpi ili ispusta pri dnu reaktora. Odstranjivanje viška mulja se kod pojedinih SBR tehnologija vrši i u toku perioda aeracije. Međutim u većini slučajeva se to vrši nakon taloženja.



Slika 6. Odstranjivanje mulja

#### **2.6.14.7. Rezervno vreme**

Rezervno vreme predstavlja vremenski period od završetka ciklusa do početka sledećeg.



PPOV Kovačica



PPOV Ada-Mol



Hidromašinska oprema PPOV Ada-Mol

**2.6.15. POSTROJENJA ZA PREČIŠĆAVANJE OTPADNIH VODA SBR-tehnologijom  
KONTEJNESKOG TIPA**



PPOV Temerin



PPOV Temerin



PPOV Trgovište



PPOV Stara planina - leti



PPOV Stara planina - zimi



PPOV Požega selo Rasna



PPOV Ovča u izgradnji

## 2.7. OSNOVNI POKAZATELJI KVALITETA OTPADNIH VODA

Otpadna voda se najčešće karakteriše sa dva osnovna pokazatelja: količina i kvalitet. Količina se izražava kao protok (l/s ili  $m^3/h$  ili  $m^3/dan$ ), a kvalitet kao koncentracija pojedinih vrsta zagađujućih materija (mg/l). Proizvod protoka otpadne vode i koncentracije zagađujućih materija daje jednu novu veličinu: maseni protok zagađenja, što se češće naziva opterećenjem vode zagađujućim materijama. Merenje količine i kvaliteta otpadnih voda obavlja se najčešće iz sledeća tri razloga:

- sagledavanje uticaja otpadnih voda na recipijent,
- dobijanje potrebnih podloga za projektovanje uređaja za prečišćavanje otpadnih voda,
- upravljanje radom i kontrolom efikasnosti uređaja za prečišćavanje otpadnih voda.

Samo istovremena merenja i količine i kvaliteta otpadnih voda i odgovarajuća obrada rezultata merenja može da pruži pravu sliku zagađenja otpadnih voda, odnosno količinu štetnih materija koje iz otpadne vode dospevaju u recipijent ili na postrojenje za prečišćavanje opadnih voda.

Prilikom merenja količine i kvaliteta otpadnih voda u svrhu dobijanja podloge za projektovanje uređaja za prečišćavanje otpadnih voda, dobijanje dovoljno pouzdanih podataka smanjuje rizik od pre ili pod-dimenzionisanja postrojenja. Kako postoji veliki broj zagađivača voda, koji u zavisnosti od tehnološkog procesa, kroz otpadnu vodu ispuštaju različite zagađujuće materije, bilo bi analitički neracionalno, ekonomski neopravdano, da se bez obzira na delatnost zagađivača ispituju sve zagađujuće materije. Iz tog razloga grupišu se parametri prema delatnosti zagađivača i trenutno korišćenoj tehnologiji. U svim ovim različitim slučajevima postoji jedan određen broj parametara koji se može nazvati opštim, odnosno zajedničkim za sve otpadne vode i na osnovu kojih se rade proračuni za dimenzionisanje postrojenja za prečišćavanje otpadnih voda, odnosno koji su najznačajniji sa aspekta prečišćavanja.

Opštim pokazateljima opterećenja, odnosno kvaliteta otpadnih voda pripadaju: temperatura, specifična električna provodljivost, ukupne, rastvorene i suspendovane materije, boja, miris, providnost i mutnoća, pH vrednost, rastvoren kiseonik, biološka potrošnja kiseonika (u daljem tekstu BPK), hemijska potrošnja kiseonika (u daljem tekstu HPK), ukupan azot u otpadnoj vodi, ukupan fosfor u otpadnoj vodi, ukupan organski ugljenik.

U narednom tekstu će biti detaljnije opisani opšti pokazatelji (parametri) kvaliteta otpadnih voda:

- Temperatura
- Specifična električna provodljivost
- Ukupne, rastvorene i suspendovane materije (TSS – ukupna količina suspendovanih materija, izražava se u mg/l)
- Boja
- Miris
- Providnost i mutnoća
- pH vrednost
- Rastvoren kiseonik
- BPK - biohemija potrošnja (potreba) kiseonika, uglavnom se izražava u mg/l.
- HPK - hemijska potrošnja (potreba) kiseonika, uglavnom se izražava u mg/l.
- TOC - ukupni organski ugljenik, uglavnom se izražava u mg/l.
- TN - ukupni azot u otpadnoj vodi, uglavnom se izražava u mg/l.
- TP - ukupni fosfor u otpadnoj vodi, uglavnom se izražava u mg/l.

## 2.8. ZAKLJUČAK

Da bi studija procene uticaja na životnu sredunu (EIA) dobila pozitivno rešenje, projektno-tehničko rešenje mora da bude takvo da nema negativnih uticaja na životnu sredinu te se kod rešavanja problema prikupljanja, odvođenja i prečišćavanja upotrebljenih voda, mora voditi računa da ta rešenja budu takva da ni ujednom trenutku neugroze životnu sredinu.

Ovo znači da cevovodi kojima se prikuplja i odvodi upotrebljena-otpadna voda moraju imati vodonepropusne spojeve, šahtovi, kao i drugi prateći objekti moraju biti vodonepropusni, atmosferska i upotrebljena voda moraju biti odvojene (separatni sistem kanalizacije), na postrojenja za prečišćavanje otpadnih voda (PPOV) može da dolazi samo otpadna voda na koju se PPOV dimenzioniše.

Kad se uzme u obzir da opština Čoka čine osam naselja od kojih su četiri najveća naselja (Čoka, Padej, Ostojićevo i Sanad) neposredno u priobalju reke Tise, gde je visok nivo podzemnih voda, a da ostala četiri naselja (Jazovo, Crna Bara, Vrbica i Banatski Monoštor) zajedno nemaju ni 1500 stanovnika, da su sva naselja ravničarskog tipa i da nemamo značajniju industriju, nameće se kao najbolje rešenje za sva naselja vakumska kanalizacija. Vakumska kanalizacija je najbolje rešenje i zbog zaštite životne sredine, nema mogućnosti zagađenja podzemnih voda, sve je hermetički i pod vakumom. Treba imati u vidu da vakumska kanalizacija ima trostruki pozitivan uticaj na zaštitu životne sredine u odnosu na druge sisteme i to:

- Osobinom da je mreža hermetična onemogućava se eksfiltracija otpadne vode iz sistema i time se sprečava zagađivanje zemljišta i podzemnih voda
- Istom osobinom hermetičnosti mreže onemogućava se infiltracija podzemnih i atmosferskih voda i time se omogućavaju osnovni preduslovi za dobro funkcionisanje PPOV
- U slučaju eventualne havarije na funkcionalnom sistemu (oštećenje cevovoda, pukotina) sistem ne zagadađuje okolinu, jer se vrši usisavanje-vakumiranje. Ovu prednost ne obezbeđuje ni jedan drugi sistem odvođenja otpadnih vode.

Sastavni deo vakumske kanalizacije može da bude i ciljno razvijen sistem monitoringa, koji na jednom centralnom mestu prikazuje otvoren ili zatvoren položaj vakumskog ventila. Monitoring je veoma važna alatka kojom se mogu pratiti rad sistema, prepoznati eventualne havarije, konstantno pratiti količina otpadne vode na nivou svakog šahta i bitno smanjiti troškovi održavanja.

Uz svaki projekat radi se i studija uticaja na životnu sredinu, za ovaj tip kanalizacije sigurno se može dobiti pozitivno rešenje jer daje najbolje rešenje za prevenciju rizika u odnosu na sve ostale varijante-tipove kanalizacije.

Kako se za ova naselja planskom dokumentacijom predviđa separatni sistem kanalizacije i manja monokompaktna postrojenja za prečišćavanje otpadnih voda (komunalne i industrijske), jasno je da na PPOV nesmeju doći atmosferske i podzemne vode. U slučaju kad imamo atmosferske i podzemne vode u kanalizacionoj mreži dolazi do ispiranja aktivnog mulja u PPOV-u i samim tim se zagađuje okolina-recipijent a treba i dosta vremena da se oformi novi aktivni mulj.

**Da bi se postigao najbolji efekat na zaštitu životne sredine, upravljanje vodama i sistemima prevencije rizika sistem za prikupljanje, odvođenje i prečišćavanje upotrebljenih voda se mora posmatrati kao jedna funkcionalna celina sa svim prednostima, manama i međusobnim uticajima ovih elemenata na sve delove sistema.**

Zaključak koji se nedvosmisleno nameće za naselja opštine Čoka, kao i za druga naselja sa sličnim geografskim, klimatskim, reljefnim, zemljишnim i hidrografskim karakteristikama jeste da je kombinacija vakumske kanalizacije za prikupljanje i odvođenje upotrebljenih voda i postrojenja za prečišćavanje SBR tehnologije celina kojom se ostvaruje najbolji uticaj na zaštitu životne sredine, upravljanje vodama i sistemima prevencije rizika. Kada su u pitanju manja naselja do 5.000 stanovnika u izboru PPOV prednost treba dati manjim monokompaktnim postrojenjima za prečišćavanje otpadnih voda SBR tehnologije kontejnerskog tipa. Ova vrsta postrojenja je pored manje investicione vrednosti posebno pogogna i iz razloga što omogućava faznu gradnju PPOV kao i puštanje u rad postrojenja u fazama te se postiže da već u prvim fazama izgradnje sistema ostvruje efekat zaštite životne sredine. Pored toga daje slobodu investitoru da po potrebi na terenu proširuje odnosno smanjuje kapacitete PPOV prema stvarnim potrebama čak i nakon završetka izgradnje celokupnog sistema.

Rezultat ovakve kompaktne celine čija je posledica mogućnost ispuštanja prečišćene upotrebljene vode zahtevanog kvaliteta jeste pozitivan uticaj na zaštitu životne sredine, upravljanje vodama i sistemima prevencije rizika i mogućnost ispuštanja iste u kanale koji se u poljoprivrednoj proizvodnji koriste za navodnjavanje te se smanjuju troškovi upumpavanja vode u ove kanale iz drugih izvora.

Na ovaj način se rešavaju i problemi manjih naselja koja zbog udaljenosti od predviđenih ili postojećih PPOV u bližoj budućnosti nisu imali mogućnost izgradnje kanalizacione mreže i povezivanja na PPOV.