



## FUNKCIJSKO ČRPALIŠČE ODPADNE VODE

**Mag. MOJCA VRBANČIČ, MILAN PRAZNIK**

**Mag. Mojca Vrbančič**, vodja Službe vzdrževanja kanalizacijskih objektov,  
JP VOKA SNAGA, d. o. o.

**Milan Praznik**, sistemski inženir strojne opreme, JP VOKA SNAGA, d. o. o.

## POVZETEK

Črpališče odpadne vode je pomemben objekt na javnem kanalizacijskem sistemu in se uporablja tam, kjer odvajanje odpadne vode s pomočjo gravitacije ni več mogoče ali ekonomično. Dobra zasnova objekta s skrbno izbrano opremo nam omogoča učinkovito vzdrževanje in obratovanje črpališča. Z uporabo sodobne in tehnološko dobro zasnovane opreme, s pomočjo katere lahko programsko, samodejno spremljamo in spreminjamo delovne parametre, dosegamo optimalne rezultate. Podatki, ki jih lahko ob delovanju takšnega črpališča zajamemo in pripravimo, pa so dobra osnova za načrtovanje in izvedbo uravnoteženega delovanja sistema kot celote.

**Ključne besede:** akumulacijski bazen črpališča, črpališče odpadne vode, funkcijsko črpališče, javna kanalizacija, oprema črpališča.

## 1. UVOD

Potreba po gradnji kanalizacijskega sistema izhaja iz pomembne zahteve po urejenem odvajanju in čiščenju odpadne vode, ki znatno prispeva k zmanjšanju obremenjevanja okolja. Črpališče je eden izmed objektov na javni kanalizaciji, čigar osnovna funkcija je prečrpavanje odpadne vode na višjo raven, iz katere je zopet omogočeno gravitacijsko odvajanje. Pri zasnovi črpališča se upoštevajo investicijski stroški ter predvideni stroški vzdrževanja in obratovanja. Z izbiro opreme, ki ima sposobnost avtomatskega prilagajanja spremenljivim razmeram, je odvisno, kako bo sistem kot celota obvladljiv ter s tem tudi tehnično in ekonomsko učinkovit. Tako črpališča kot še vsi preostali infrastrukturni objekti so obvezna sestava tudi pri načrtovanju naselij, zato jih je treba arhitekturno ustrezno umestiti v prostor.

## 2. SESTAVNI DELI ČRPALIŠČA

Sestavni deli črpališča odpadne vode zahtevajo skrben koncept in izbiro opreme. Ustrezno načrtovanje, vgradnja primerne opreme in kakovostna izvedba omogočajo nemoteno delovanje objekta. Slaba zasnova črpališč lahko vodi do okvar črpalk in vgrajene hidromehanske opreme, neekonomičnega obratovanja in pogostih servisnih posegov.

Črpališče sestavljajo strojno tehnološka in elektro oprema. Običajni sestavni deli črpališča kot objekta so: akumulacijski bazen, nadzemni upravni objekt, armaturni jašek in tlačni vodi do iztoka v sistem.

**Akumulacijski bazen** je posoda, kamor se odpadna voda steka in iz katere se črpa po tlačnem vodu na višjo raven, v kanalizacijsko omrežje. Običajno so okrogle ali druge ustrezne oblike, odvisno od zmogljivosti črpališča. Dno akumulacijskega bazena in dotok v bazen morata biti ustrezno izvedena, da se zagotovi optimalne pogoje črpanja. Za manjše dotoke od 5 do 50 l/s so praviloma okrogle oblike, minimalnega premera od 1,4 m. Za večje dotoke od 50 do 200 l/s je pri zasnovi treba upoštevati ustrezne minimalne odmike vgrajene opreme in zagotoviti enakomeren dotok na vse črpalke ter temu prilagoditi obliko in volumen akumulacijskega bazena. Za preprečitev nalaganja usedlin in plavajočih delcev mora biti pri manjših črpaljških površina dna posode minimalnih dimenzij, kar se zagotovi z ustreznimi nakloni sten in odmiki vgrajene opreme. Pri črpaljških, kjer so dotoki večji, sta ustrezna oblika in izvedba akumulacijskega bazena še bolj pomembni. Izveden mora biti enakomeren dotok, brez vrtincev in zračnih mehurčkov, usmerjen proti vstopu v črpalke. Bazeni ne sme imeti mrtvih kotov, kjer bi lahko prihajalo do zastajanja vode in nalaganja usedlin. Volumen bazena vseh črpaljških mora biti takšne velikosti, da zagotavlja ob vseh dotokih ustrezno dinamiko delovanja črpalke, da so možni vgradnja opreme, dostop do nje in vzdrževanje. Pri izračunu minimalnega volumna akumulacijskega bazena se mora upoštevati največje dovoljeno število vklopov na uro za vsako črpalke, kar se določi glede na karakteristike črpalke in navodila proizvajalca.

**Upravni objekt** je nadzemni del črpaljšča, v katerem je ločen prostor, namenjen za vgradnjo elektro omare, in prostor za vzdrževalca. V črpaljških, kjer se vgrajuje oprema za mehansko odstranjevanje odpadkov iz odpadne vode, je del te opreme nameščen v upravnem objektu. Nadzemne objekte se praviloma umešča ob akumulacijskem bazenu, v izjemnih primerih, odvisno od lokalnih možnosti, lahko nadzemni objekt akumulacijski bazen tudi prekriva. Pomembno je, da sta zagotovljena dostop in možnost enostavnega vzdrževanja vgrajene opreme.

**Armaturni jašek.** Vgradnja armatur, protipovratnih loput in zapornih elementov je potrebna v primeru, ko več črpalke črpa v en tlačni vod ali kadar bi zaradi dolžine tlačnega voda količina vode v tlačnem vodu lahko vplivala na dinamiko delovanja črpaljšča. Zaradi lažjega dostopa do armatur na tlačnih vodih je priporočljivo te vgrajevati v ločene armaturne jaške. Dimenzija in oblika jaška ter odmiki vgrajenih elementov morajo omogočati neoviran dostop v primeru servisnih posegov.

**Tlačni vodi** se dimenzionirajo hidravlično optimalno (material, dimenzija, premer, debelina stene), glede na dinamiko delovanja črpalk in sistemske tlake. Zaradi slednjega se določa tudi oprema za zaščito proti vodnemu udaru. Notranji premer tlačnega voda mora biti minimalno DN 80, minimalna potrebna hitrost v tlačnih vodih pri nazivni kapaciteti črpalke v vertikalnih vodih je 1,0 m/s, v horizontalnih vodih pa 0,7 m/s. Pri dolgih tlačnih vodih in tlačnih vodih, ki so zaradi terenskih pogojev položeni v sifonih, ali kjer odpadna voda lahko vsebuje tudi pesek, morajo biti minimalne hitrosti 0,8 m/s, premer cevovoda pa minimalno DN 100. Pri projektiranju se upošteva, da je optimalna hitrost odpadne vode v tlačni cevi okoli 1,8 m/s, maksimalna priporočljiva hitrost, zaradi ekonomičnosti in možnih poškodb, pa ne sme preseči 3,2 m/s.



**Slika 1:** Shematski prikaz hišnega črpališča in črpališča na kanalizacijskem sistemu.

Vir: Praznik, 2023.

## 2.1 Strojna oprema črpališča in zadnji napredki razvoja črpalk

V vsako črpališče oz. akumulacijski bazen se vgradi vsaj dve črpalke enakih karakteristik, pri katerih je ena vedno 100-odstotna rezerva. Praviloma se vgrajujejo potopne centrifugalne črpalke z opremo za izvek z vrha akumulacijskega bazena. Črpalke morajo biti izvedene tako, da se preprečuje zamašitve in imajo potrebno propustnost trdnih delcev.

Za črpanje močno onesnažene odpadne vode, z vsebnostjo peska in vlaknastih delcev, so bile po naši oceni za pretok do 20 l/s v preteklosti najbolj primerne vrtnične potopne črpalke z lopatično izvedbo tekalnega kolesa. Pri večjih pretokih smo običajno vgrajevali črpalke z eno- in večkanalnimi tekalnimi kolesi.

V zadnjem obdobju je bil na področju prečrpavanja odpadnih voda narejen velik napredek v razvoju hidromehanske opreme. Če je bilo do nedavnega treba vgrajene črpalke pred mašenjem in blokiranjem varovati z avtomatskimi ali ročnimi lovilnimi rešetkami in je kljub temu pogosto prihajalo do zamašitev in okvar, sedaj konstrukcijska izvedba črpalk omogoča nemoteno prečrpavanje zelo obremenjenih in onesnaženih odpadnih voda z visoko vsebnostjo trdih in vlaknastih delcev, kar se je doseglo z inovativnimi izvedbami tekalnih koles in hidravličnih ohišij črpalk.

Črpalke imajo vgrajene zmogljivejše in varčnejše elektromotorje ter zato boljše izkoristke. S pomočjo ustrezne programske opreme, vgrajenih tipal in senzorjev ter z uporabo določenih funkcij se je proces črpanja avtomatiziral do te mere, da črpalke delujejo praktično brez zamašitev oziroma se v primeru zamašitve tudi same odmašijo.

Izvedba črpalke omogoča mehansko samočiščenje hidravličnega ohišja in tekalnega kolesa, ki je v aksialni smeri prosto gibljivo na gredi. Centrifugalna sila med obratovanjem potiska tekalno kolo ob ohišje, to omogoča boljši izkoristek črpalke. V primeru vstopa večjih delcev v sesalno komoro se tekalno kolo pomakne po gredi in sprosti prehod.

### 3. OPIS DELOVANJA FUNKCIJSKEGA ČRPALIŠČA

Izzivi, pričakovanja in izkušnje upravljavcev so gonilo napredka opreme in iskanja novih, boljših rešitev. Glavnino težav, s katerimi se srečujemo pri obratovanju črpališč, povzroča prisotnost odpadkov, vključno z maščobami v odpadni vodi. Posledično temu sledijo nešteti izpadi črpalk zaradi zamašitev, večje plasti maščobe, ki se nabirajo na površini akumulacijskega bazena, težave z delovanjem nivojskih stikal in nepravilni prikazi ravni vode v bazenu.

Razvoj opreme, predvsem črpalk, nam je omogočil, da smo lahko skozi leta v obratovanje črpališča vnesli vse več funkcij njegovega delovanja. Črpalke se vklapljujejo pri različno nastavljenih višinah, s čimer preprečujemo nabiranje maščobnega robu na stenah akumulacijskega bazena. Akumulacijski bazen se

občasno, programsko nastavljeno dvakrat dnevno, z vklopom obeh črpalk izprazni do dna. S tem se raven vode zniža do najnižje ravni črpanja in tako sproti črpa vse nabrane odpadke in maščobo z vrha akumulacijskega bazena. To je za nas, vzdrževalce kanalizacijskega sistema, bistvenega pomena, saj smo povsem izničili vsa izredna vzdrževanja, povezana z zamažitvami črpalk, in redna vzdrževanja, ki so ponekod, kjer ima odpadna voda zelo veliko odpadkov, zahtevala pogosto prisotnost strojev za izčrpavanje in čiščenje akumulacijskega bazena. Pri tem smo tudi spremljali kanalizacijsko omrežje in z rednim čiščenjem kanalov, ki se izvaja enkrat na tri leta, te akumulirane odpadke izčrpali in odpeljali v nadaljnjo obdelavo.

Funkcije v delovanju črpališča se izvajajo z nadzornim krmilnikom. Te so lahko s krmilno logiko vgrajene znotraj črpalke ali pa sprogramirane v krmilnem delu izven njih. Gre za princip tehnične izvedbe, pri čemer je najpomembnejša sposobnost zaznavanja in prilagajanja delovanja črpališča samega, glede na trenutne obratovalne razmere. V klasična mokra črpališča praviloma vgrajujemo črpalke, ki skupaj z nadzornim krmilnikom omogočajo naslednje funkcije:

- možnost spremembe Q-H karakteristike črpalke,
- spremenljivost Q-H karakteristike s spreminjanjem števila vrtljajev v času delovanja črpalke,
- konstantno moč na gredi,
- mehak zagon in mehko zaustavitev,
- čiščenje akumulacijskega bazena,
- zaznavanje mašenja črpalke s funkcijo samodejnega čiščenja,
- čiščenje tlačnega voda.

Črpalko pred namestitvijo v akumulacijski bazen sprogramiramo na krivuljo Q-H danega črpališča. Delovno točko črpalke določimo glede na zelen pretok, ki ga črpalka doseže na določeni višini. Ta je odvisna od geodetske višine črpanja, lokalnih izgub (izgube kot posledica trenja tekočinskih delcev v vgrajenih elementih – lokih, zožitvah, zasunih itd.) in izgube v cevovodu, ki so odvisne od premera, materiala in dolžine tlačnega cevovoda. Eno in isto črpalko lahko tako uporabimo za različne zmogljivosti črpališč odpadne vode. Avtomatizacija črpalke omogoča tudi spreminjanje zmogljivosti črpalke med delovanjem, ko se višina odpadne vode v bazenu spreminja.

Črpalke z vgrajenimi elektromotorji s permanentnimi magneti v rotorju omogočajo konstantno moč na gredi v celotnem frekvenčnem območju. Vrtljaji čr-

palk se prilagajajo glede na dinamiko delovanja, s tem pa se zagotavlja boljšo ekonomičnost in enakomerno delovanje. Z nastavljivo časovno zaustavitvijo črpalke z nižanjem obratov delovanja se regulira tok vode v tlačnih vodih, v primeru nevarnosti vodnega udara.

Odpadki, ki so prisotni v odpadni vodi, v akumulacijskem bazenu povzročajo nemalo težav. Posledično prihaja do obešanja vlaken in maščobe na opremo in stene bazena. V ta namen je s pomočjo krmilne logike sprogramirano čiščenje akumulacijskega bazena. Črpalka se vklaplja pri različnih ravneh odpadne vode, občasno se polni tudi prek maksimalne ravni akumulacijskega bazena in prazni pod minimalno raven, kar dosežemo s časovnim zamikom delovanja črpalke. Takšno obratovanje črpališča je prikazano na Sliki 2 v nadaljevanju. Na ta način se izčrpajo vsi akumulirani odpadki z maščobo, kar preprečuje nabiranje maščob na stenah in površini bazena. Iz akumulacijskega bazena se tako sproti in redno črpajo odpadki, kar popolnoma izniči potrebo po strojnem izčrpanju in čiščenju bazena. To funkcijo omogoča tip črpalke, ki imajo ustrezno oblikovana in uravnotežena tekalna kolesa za črpanje tekočin z vsebnostjo zraka in ki imajo izvedeno hlajenje elektromotorja tudi v času, ko ta ni potopljen. Zato funkcija čiščenja jaška do dna ne more biti v uporabi pri vseh črpališčih.

Vgrajena črpalka v funkcijskem črpališču z meritvijo toka in s pomočjo krmilnega sistema zazna tudi zamašenost. V takem primeru se črpalka samodejno očisti z izmenjujočim se vrtenjem naprej in nazaj. Če ta procedura odmašitve ne uspe, se napako signalizira operaterju.



**Slika 2:** Diagram meritve 24-urne ravni odpadne vode v funkcijskem črpališču. Delovanje funkcijskega črpališča s spreminjanjem ravni odpadne vode v akumulacijskem bazenu.

Vir: SCADA nadzorni sistem, računalniška aplikacija, JP VOKA SNAGA.

Takšno črpališče spremlja tudi porabo energije. S samodejnim prilagajanjem moči trenutnim tlačnim razmeram se poraba optimizira. Ob dolgotrajnem obratovanju pri nižjih pretokih z mehкими zagoni in zaustavljanji črpalk se pojavi potencialna nevarnost zastajanja usedlin v tlačnem vodu. V namen preprečitve zamašitev sistem občasno samodejno izvede funkcijo čiščenja tlačnega voda z dvigom delovne točke oziroma lahko sami sprogramiramo, da črpalka določen čas deluje pri maksimalnem pretoku.

## 4. ZAKLJUČEK

Funkcijsko črpališče odpadne vode povečuje zanesljivost obratovanja objekta in s tem kanalizacijskega sistema ter pripomore k omejevanju prekomerne obremenitve okolja s prelivanjem odpadne vode. Zaradi povečane zanesljivosti delovanja zahteva bistveno manj fizičnih posegov rednega in izrednega vzdrževanja. Optimizira porabo električne energije in prispeva k ekonomičnosti obratovanja. Izvedba takšnih črpališč je pomemben korak k načrtovanju, izgradnji in uravnoteženju samodejno prilagodljivega kanalizacijskega sistema.



## **LITERATURA IN VIRI**

1. Vrbančič, M., Praznik, M., Huber, S., Jereb, S., Hočevar, U., Glavan, B. in Ribič, B., 2023. Vzdrževanje kanalizacijskega sistema. JAVNO PODJETJE VODOVOD KANALIZACIJA SNAGA d. o. o. Neobjavljeno gradivo.