

Proračun vakuumske kanalizacije

Postupak ispuštanja i transporta otpadne vode kroz sustav vakuumske kanalizacije, zbog složenosti nestacionarnih i višefaznih strujanja, je vrlo teško egzaktno hidraulički opisati. U odsutnosti čvrstih teoretskih postavki, koriste se paušalne smjernice za dimenzioniranje pomoću tablica s orijentacijskim vrijednostima, dobivene na temelju višegodišnjih istraživanja i iskustava (ATV-DVWK-A-161).

Kod proračuna vakuumske kanalizacije potrebno je što točnije proračunati mjerodavne protoke jer bi povećanje protoka unutar sustava iziskivalo ne samo povećanje profila cijevi nego i izmjene crpki, odnosno povećanje kapaciteta vakuumskih crpki i crpki za otpadnu vodu.

Dimenzioniranje mreže sakupljača (cjevovodna mreža)

Dimenzije cjevovoda ovise prije svega o duljini dionice (gubicima od trenja) i gustoći naseljenosti (hidrauličko opterećenje cjevovoda). Cijev u isto vrijeme ima i ulogu vakuumskog spremnika. Zbog navedenog vrlo je važno provesti sustavno korištenje raspoloživih cijevnih profila.

Duljina dionice je potez od vakuumske stanice do najudaljenijeg kućnog priključka, bez pribrojavanja kraćih lateralnih priključaka.

Gustoća naseljenosti očituje se u broju priključaka po dužnom metru duljine mreže. Dakle, vrijednost je uvijek pridružena pojedinačnoj dionici sustava. Opterećenje jednog priključka računa se bez uračunavanja infiltracije.

Za dimenzioniranje cjevovodne mreže prema smjernicama ATV-DVWK-A-161 potrebno je poznavati duljine svih dionica i broj stanovnika po pojedinoj dionici. Na temelju ta dva podatka, pomoću Tablice 1 se procjenjuje srednji omjer zraka i vode pojedine dionice.

Duljina glavne dionice	Gustoća stanovnika			
	0,05 st/m	0,1 st/m	0,2 st/m	0,5 st/m
	Srednji omjer zrak/voda			
500 m	3,5 - 7	3 - 6	2,5 - 5	2 - 5
1000 m	4 - 8	3,5 - 7	3 - 6	2,5 - 5
1500m	5 - 9	4 - 8	3,5 - 7	3 - 6
2000 m	6 - 10	5 - 9	4 - 8	3,5 - 7
3000 m	7 - 12	6 - 10	5 - 9	4 - 8
4000 m	8 - 15	7 - 12	6 - 10	(5 - 9)*

* Preporučuje se samo u posebnim iznimkama

Tablica 1: Orijetacijske vrijednosti za procjenu srednjeg odnosa zraka i vode

Koristeći se Tablicom 2 određuju se nazivni promjeri pojedinih dionica, u ovisnosti o broju uzvodno priključenih stanovnika i srednjeg uzvodnog omjera zraka i vode. Pri tome treba

voditi računa da je srednja vrijednost omjera zraka i vode na uzvodnom kraju dionice veća od vrijednosti koja se procijenjuje na temelju Tablice 1 i da u smjeru vakuumske stanice pada na srednju vrijednost, a pri kraju dionice (uz vakuumsku stanicu) poprima i manju vrijednost od prethodno utvrđene srednje vrijednosti.

Srednji OZV uzvodno	Nazivni promjer					
	DN 90	DN 110	DN 125	DN 150	DN 200	DN 250*
2	0 - 350	250 - 600	350 - 900	500 - 1400	750 - 2100	(1100 - 3000)
4	0 - 200	135 - 340	200 - 500	300 - 800	400 - 1200	(600 - 1650)
6	0 - 140	95 - 240	140 - 350	200 - 550	300 - 820	(400 - 1150)
8	0 - 105	75 - 185	105 - 270	150 - 425	220 - 625	(300 - 850)
10	0 - 85	60 - 150	85 - 220	120 - 340	175 - 500	(250 - 700)
12	0 - 75	50 - 125	75 - 180	100 - 290	150 - 425	(200 - 600)

* Prepuručuje se samo u posebnim iznimkama

Tablica 2: Orijentacijske vrijednosti za procjenu nazivnih promjera

Veličine orijentacijskih vrijednosti danih u Tablicama 1 i 2 dobivene su na temelju višegodišnjeg iskustava uz pretpostavku maksimalnog protoka od 0,005 l/s/stan i ravnomjerne raspodjele priključaka.

Kao što je napomenuto, uobičajeno se pretpostavlja vršni protok otpadnih voda od 0,005 l/s/stan (ATV-A-118). Otpadne vode iz industrije ili privrede treba preračunati u hidraulički ekvivalente stanovnike, kod čega jedan hidraulički ekvivalent stanovnika odgovara specifičnom dotoku otpadne vode od 150 l/stan/dan.

Zbog vodonepropusnih karakteristika cijelog sustava, tuđe vode nije potrebno dodatno uzimati u obzir.

Vakuumske crpke proizvode podtlak u iznosu od 0,6 – 0,7 bara koji uvjetuje veličinu ukupnih dopuštenih gubitaka unutar sustava. Pri tome je potrebno na najudaljenijem priključku osigurati potlak od najmanje 0,2 bara, što ostavlja ukupno 4,0-5,0 m raspoloživih gubitaka za transport otpadne vode. Ukupni gubici se očituju kao zbroj visinskih gubitaka koji se javljaju usljed korištenja dizala odnosno vertikalnog podizanja nivelete cjevovoda. Visinski gubici se računaju kao razlika visine dizanja i unutrašnjeg promjera cjevovoda (Slika 1). Iako su se u dosadašnjoj praksi koristila dizala visine i do 1,5 m, preporuka je za maksimalnu visinu dizala uzeti 30 cm. Hidraulički je povoljnije odabrati veći broj manjih dizala umjesto jednog većeg. Prema predlaganim smjernicama, kod odabira visine dizala, preporuča se koristiti Tablicu 3. Iz tablice je vidljivo da preporučena visina dizala, a time i pripadni visinski gubitak ovise o veličini cijevnog profila. Također su dane i maksimalne udaljenosti između susjednih dizala.

Kod proračuna gubitaka potrebno je prvo proračunati ukupne gubitke na svim segmentima određene dionice te se onda odredi linija koja daje najveće gubitke. Između bilo koje točke u sustavu do vakuumske stanice zbroj svih visinskih gubitaka ne smije prelaziti vrijednost 4,0-5,0 m. Taj odnos izražen je preko sljedeće jednadžbe:

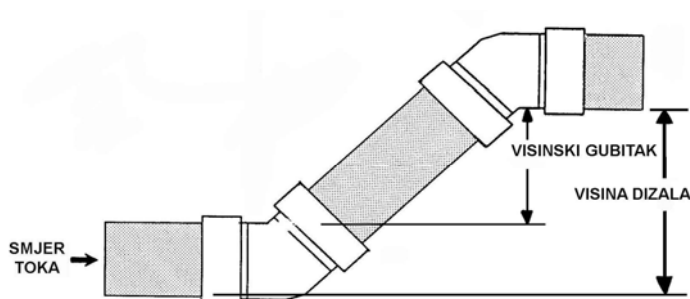
$$h_{uk} = \sum_{i=1}^n h_{v_i} \leq 4,0 \div 5,0 \text{ m}$$

Jed. 1

gdje je:

h_{uk} ukupni dozvoljeni gubici za transport otpadne vode kroz pojedinu dionicu

h_v visinski gubitak



$$\text{VISINSKI GUBITAK} = \text{VISINA DIZALA} - \text{UNUTRAŠNJI PROMJER CIJEVI}$$

Slika 1: Određivanje visinskih gubitaka

Nazivni promjer cijevi	Visina dizala, H (cm)	Visinski gubitak, h (m)	Maksimalna udaljenost između dizala (m)
DN 90	20	0,11	100
DN 110	20	0,09	100
DN 125	20	0,075	100
DN 150	20	0,05	100
DN 200	30	0,1	150
DN 250	30	0,05	150

Tablica 3: Odabir visine dizala

Dimenzioniranje vakuumske stanice

Dimenzioniranje vakuumske stanice podrazumijeva određivanje kapaciteta vakuumskih crpki, crpki za otpadnu vodu i potrebnog volumena vakuumskih spremnika.

Vakuumske crpke

Vakuumske crpke se dimenzioniraju na mjerodavni protok zraka, Q_z , koji se određuje kao umnožak vršnog dotoka otpadne vode (maksimalni satni dotok) i srednjeg omjera zraka i vode (Tablica 1). Kod proračuna ukupnog usisnog volumenskog protoka, proračunatu veličinu Q_z je potrebno pomnožiti faktorom sigurnosti, FS, čija se vrijednost kreće između 1,2-1,5. Neovisno o odabranom broju vakuumskih crpki, potrebno je uvijek predvidjeti barem jednu rezervnu crpku. Prema tome, ukupni mjerodavni protok zraka iznosi:

$$Q_z = f \cdot Q_w \quad (\text{l/s})$$

Jed. 2

gdje je:

f srednji omjer zraka i vode

Q_w vršni dotok otpadne vode (l/s)

Ukupni usisni volumenski protok vakuumskih crpki time iznosi:

$$Q_{z,us} \geq \frac{FS \cdot Q_z \cdot p_{atm}}{0,5 \cdot (p_{max} + p_{min})} \quad (m^3/h) \quad \text{Jed. 3}$$

gdje je:

FS faktor sigurnosti

Q_z mjerodavni protok zraka (m^3/h)

p_{atm} atmosferski tlak (kPa)

p_{maks} i p_{min} maksimalni i minimalni apsolutni tlak u vakuumskom spremniku (kPa)

Kapacitet pojedine vakuumske crpke iznosi:

$$Q_{z,crp} \geq \frac{Q_{z,us}}{n_z - 1} \quad (m^3/h) \quad \text{Jed. 4}$$

gdje je:

n_z odabrani broj vakuumskih crpki (uključivo i rezervnu)

Za svaku vakuumsku crpku treba osigurati pogonski elektromotor snage:

$$P_{z,crp} = \frac{\left(\frac{\kappa}{\kappa - 1} \right) \cdot Q_{z,crp} \cdot 0,5 \cdot (p_{max} + p_{min}) \cdot \left[1 - \left(\frac{0,5 \cdot (p_{max} + p_{min})}{p_{atm}} \right)^{\frac{\kappa - 1}{\kappa}} \right]}{\eta_z} \quad (W) \quad \text{Jed. 5}$$

gdje je:

κ koeficijent adibate - za zrak $\kappa = 1,4$

η_z koeficijent korisnog djelovanja vakuumskih crpki ($0,3 < \eta_z < 0,6$)

Crpke za otpadnu vodu

Crpke za crpljenje otpadne vode moraju imati kapacitet dovoljan za pražnjenje vakuumskog spremnika kod vršnog dotoka. Kao i kod vakuumskih crpki, potrebno je uvijek predvidjeti barem jednu rezervnu crpku za otpadnu vodu. Kapacitet pojedine crpke za otpadnu vodu iznosi:

$$Q_{w,crp} \geq \frac{Q_w}{n_w - 1} \quad (l/s) \quad \text{Jed. 6}$$

gdje je:

$Q_{w,crp}$ kapacitet pojedine crpke za otadnu vodu

Q_w vršni dotok otpadne vode (l/s)

n_w odabrani broj crki za otpadnu vodu (uključivo i rezervnu)

Potrebna snaga svake crpke za otpadnu vodu iznosi:

$$P_w = \frac{\rho \cdot g \cdot Q_{w,crp} \cdot h_{man}}{\eta_w} \quad (W) \quad \text{Jed. 7}$$

gdje je:

ρ : gustoća vode (kg/m³)
 g akceleracija gravitacije (m/s²)
 h_{man} manometarska visina dizanja vode (m)
 η_w koeficijent korisnog djelovanja crpki za otpadnu vodu ($0,2 < \eta_{\text{otp}} < 0,5$)

Kod proračuna manometarske visine dizanja, h_{man} , potrebno je imati u vidu da crpke moraju svladati i veličinu potlaka u vakuumskim spremnicima koji se pribraja ukupnoj veličini h_{man} . Pri tome se uzima u obzir minimalni potlak koji se može pojaviti od $p_{\text{min}}=30$ kPa, pa se h_{man} uvećava za veličinu vodnog stupca od:

$$p_{\text{atm}} - p_{\text{min}} = 0,7 \text{ bara (70,0 kPa)} = 7,13 \text{ m.v.s.}$$

Vakuumski spremnici

Dimenzioniranje glavnih spremnika u vakuumskoj stanici provodi se u odnosu na maksimalni broj uključivanja vakuumskih crpki po satu (uobičajeno uključivanje je 12-15/h). Kod upotrebe većeg broja vakuumskih crpki broj maksimalnih uključivanja po satu se povećava što ima za posljedicu smanjenje potrebnog volumena glavnog spremnika.

Volumen potreban za zrak se računa prema sljedećem izrazu:

$$V_z = 0,25 \cdot \frac{Q_{z, \text{crp}} \cdot 0,5 \cdot (p_{\text{max}} + p_{\text{min}})}{[(p_{\text{max}} - p_{\text{min}}) \cdot n_z \cdot t_z]} \quad (\text{m}^3) \quad \text{Jed. 8}$$

gdje je:

t_z maksimalni broj uključivanja vakuumskih crpki u jednom satu (preporuka: $t_z = 12/\text{h}$)

Volumen potreban za otpadnu vodu:

$$V_w = 0,25 \cdot \frac{Q_{w, \text{crp}}}{t_w} \quad (\text{m}^3) \quad \text{Jed. 9}$$

gdje je:

t_w ... maksimalni broj uključivanja crpki za otpadnu vodu po satu (preporuka: $t_w = 12/\text{h}$)

Zbrajanjem dobivenih volumena dobiva se potreban volumen spremnika. Proračunati volumen zraka, V_z , smije je još umanjiti za određeni udio volumena u priključenim dionicama V_{dion} . Kod toga se smije najviše uzeti u obzir polovina volumena cjevovoda u onim dijelovima u kojima je zbroj maksimalnih hidrostatickih razlika tlaka manja od $p_{\text{max}} - p_{\text{min}}$.

Potrebni volumen spremnika tada iznosi:

$$V = V_v + V_z - V_{\text{dion}} \quad \text{Jed. 10}$$

Minimalni volumen vakuumskog spremnika iznosi:

$$V \geq 3 \times V_v \quad \text{Jed. 11}$$