

Proračun tlačne kanalizacije

Postoje pouzdani hidraulički proračuni za dimenzioniranje TK. Postupak proračuna tlačnih sustava odvodnje bazira se na odabiru tipa TK (GP-sustav ili STEP-sustav) i veličini vršnog protoka na čiju vrijednost najveći utjecaj ima broj korisnika priključenih na sustav.

Određivanje mjerodavnih protoka

Količine kućanskih otpadnih voda koje ulaze u sustav prije svega ovise o potrošnji vode za kućanske potrebe i broju stanovnika priključenih na sustav. Potrošnja vode promjenjiva je veličina koja ovisi o nekoliko faktora - cijeni vode, životnim navikama (standard i kultura), kakvoći vode, gospodarskoj strukturi stanovništva, kontroli potrošnje i dr.

Tlačni sustav odvodnje mora zadovoljiti obzirom na projektne količine otpadnih voda. Nemoguće je točno predvijeti rast ili pad broja stanovnika već se kao ulazni podaci uzimaju vrijednosti s najvećom vjerojatnošću pojave. Za razliku od gravitacijskog sustava odvodnje tlačni je sustav osjetljiviji na promjenu protoka većih od projektiranih. Stoga se prognoziranju količina otpadnih voda za odabrano razdoblje pridaje posebna važnost.

Prema njemačkim smjernicama za projektiranje kanalizacijskih sustava ATV A-118 (Abwassertechnische Vereinigung) procjenjuje se količina vršnog satnog dotoka na $q = 0,005$ l/s/stan. Ta količina ne sadržava industrijske otpadne vode, kao ni vode iz javnih ustanova.

Treba uzeti u obzir i vjerojatnost pojave istovremenog uključivanja više tlačnih jedinica. Nerealno bi bilo za očekivati istovremeno uključivanje svih instaliranih crpki. Dosadašnja su iskustva pokazala da se samo određeni postotak crpki uključuje istovremeno. Što je veći sustav, manji je postotak istovremenog uključivanja crpki. U **Tablici 3-2** su dani podaci (objavila ih je američka agencija *Environment/One*), koji prikazuju odnos između ukupnog broja instaliranih crpki i maksimalnog broja crpki koje rade istovremeno.

Izračunati vršni satni dotok uvećava se, prema ATV A-116, koeficijentom $k_s = 1.5$, koji pokriva istovremeno uključivanje određenog broja crpki, kao i povećanje dotoka kućanskih i industrijskih otpadnih voda za projektno razdoblje. Ako se na taj način kao mjerodavni protok dobije manja vrijednost nego što je kapacitet jedne crpke, tada se kapacitet crpke uzima kao mjerodavni.

Tlačni sustav odvodnje proračunava se uz pretpostavku konstantnog protjecanja otpadne vode kroz sustav. Kod manjih naselja mogu se pojaviti relativno duga vremenska razdoblja između dva protjecaja. Za vrijeme mirovanja sustava, odnosno kada je protok jednak nuli, pojavljuje se taloženje masti i krutih čestica te akumuliranje neugodnih i opasnih plinova. U tom slučaju potrebno je osigurati dovoljne brzine protjecanja koje će isprati istaloženu tvar i plinove.

Broj instaliranih crpki	Maksimalni broj istovremenog uključivanja crpki
1	1
2 – 3	2
4 – 9	3
10 – 18	4
19 – 30	5
31 – 50	6
51 – 80	7
81 – 113	8
114 – 146	9
147 – 179	10
180 – 212	11
213 – 245	12
246 – 278	13
279 – 311	14
312 – 344	15
> 344	15

Tablica Error! No text of specified style in document.-1: Maksimalni broj istovremenog uključivanja crpki u odnosu na veličinu sustava

Za vršno hidrauličko opterećenje minimalna dozvoljena brzina protjecanja otpadne vode kroz GP-sustav iznosi 0,6 m/s. Ta vrijednost odgovara protoku od 4,0 l/s za promjer DN110 mm ili 2,5 l/s za promjer DN 90mm. Kod STEP-sustava većina krute tvari i masnoća istaloži se u septičkom tanku, tako da se minimalne dozvoljene brzine kreću oko 0,3 m/s.

Kanalska mreža i crpke

Glavni sakupljači dimenzioniraju se uz pretpostavku da je dotok ovisan o broju priključenih stanovnika i količini ispuštene otpadne vode. Promjeri tlačnih cjevovoda se procjenjuju za glavne cjevovode normalno sa DN100 (na počecima također DN80 sve do 300m dužine) kao donja granica. Kod STEP-sustava može se odabrati i manji promjer. Proračun tlačne linije u cjevovodima podrazumijeva konstantni vršni protok.

Gubici tlaka uslijed trenja određuju se prema Prandtl-Colebrook-ovoj formuli s pogonskom hrapavosti $k_b = 0,25$ mm za cjevovode od plastičnih materijala. Gubici tlaka na ograncima (priključcima) ne uzimaju se u obzir. Kod proračuna dionice počinje se od uvjeta na izlazu. Manometarska visina, h_{man} , na individualnim lokacijama određuje se uz pomoć linijskih gubitaka uslijed trenja i geodetske razlike u proračunskim točkama. Prstenaste mreže se u operativnom i matematičkom smislu mogu granati instalacijom razdjelnih zasuna. Dakle potrebno je ispitati sve moguće putove da bi se dobila najpogodnija varijanta. Oprema se odabire za određene tlakove kod kojih se i za najnepovoljnije lokacije dobije izdašnost od $Q = 4,0$ l/s (2,5 l/s).

Ako je potrebno, proračunatim gubicima tlaka dodaje se i gubitak na kućnom priključku. Provjera se može napraviti na slijedeći način:

Proračuna se radna točka za crpku i tlačni cjevovod. Ona mora zadovoljiti uvjet najmanjeg protoka od 4,0 l/s (2,5 l/s). Ako se najmanji protok ne ostvari, potrebno je promijeniti opremu (crpke) ili promjer cijevi, ili je potrebno interpolirati novu crpnu stanicu.

Kod hidrauličkog proračuna tlačne kanalizacije pozornost treba obratiti na nekoliko faktora. Najveći utjecaj ima krivulja odnosa visine dizanja-protoka (Q-H krivulja crpke). Cijevi se dimenzioniraju na način da zadovoljavaju u pogledu malih linijskih gubitaka i povoljnih brzina tečenja. Kod sustava s centrifugalnim crpkama preporuka je da se ne odabiru crpke koje bi radile s visinom dizanja većom od 85%-tne vrijednosti maksimalne visine dizanja za odabranu crpku.

Tijek hidrauličkog proračuna:

1. Odrediti broj stanovnika za predviđeno razdoblje
2. Odrediti mjerodavne količine otpadnih voda
3. Postaviti trasu glavnih i lateralnih cjevovoda
4. Odrediti mjesta gdje je potrebno postaviti zračne ventile i zasune za održavanje tlaka u sustavu
5. Odrediti krivulje tlačnog sustava za različite profile cjevovoda. Nakon toga odabire se onaj profil koji u pogledu ekonomičnosti i funkcionalnosti daje najbolje rezultate.
6. Odabir tlačne jedinice – izbor crpki. Obzirom na karakteristike tlačnog cjevovoda, mjerodavni protok i krivulje crpnog sustava odabiru se crpke koje u najvećoj mjeri zadovoljavaju sve uvjete rada s najvećom iskoristivosti.
7. U ovisnosti o režimu rada crpki i karakteristikama dotoka dimenzionira se crpno okno, odnosno septički tank.

Hidraulički proračun danas olakšavaju i ubrzavaju kompjuterske simulacije. Neke od njih mogu se nabaviti kod proizvođača opreme za tlačne sustave odvodnje, dok su drugi dostupni u free verziji na internetu (EPANET, SWMM i dr.).

Stanica za propuhivanje

Propuhivanje stlačenim zrakom računa se za različite puteve u mreži koji nastaju otvaranjem i zatvaranjem zasuna na granama. Odabire se najnepovoljniji slučaj, tj. najduža konfiguracija za proračun. Za proračun se pretpostavlja da je cijev odnosno proračunska dionica potpuno ispunjena vodom. Istjecanje iz cijevi nije konstantno za vrijeme injektiranja zraka. Za vrijeme propuhivanja potrebno je ostvariti u cjevovodu najmanju brzinu od 0,7 m/s. Osnovni zadatak propuhivanja je postizanje minimalne brzine, dok sama cijev ne mora biti potpuno ispražnjena.

Ovo se može postići primjenom određenog tlaka propuhivanja p_f koji će u stanju konstantnog protoka ostvariti traženu brzinu za potpuno ispunjenu cijev. Ovako se određuje tlak propuhivanja za cjevovode s promjenjivim promjerom. Brzinu tečenja od 0,7 m/s potrebno je ostvariti u dijelu cjevovoda s najvećim poprečnim presjekom. Ako je promjer cjevovoda na dionici konstantan potrebno je proračunati tlak propuhivanja uz pomoć slijedeće jednadžbe:

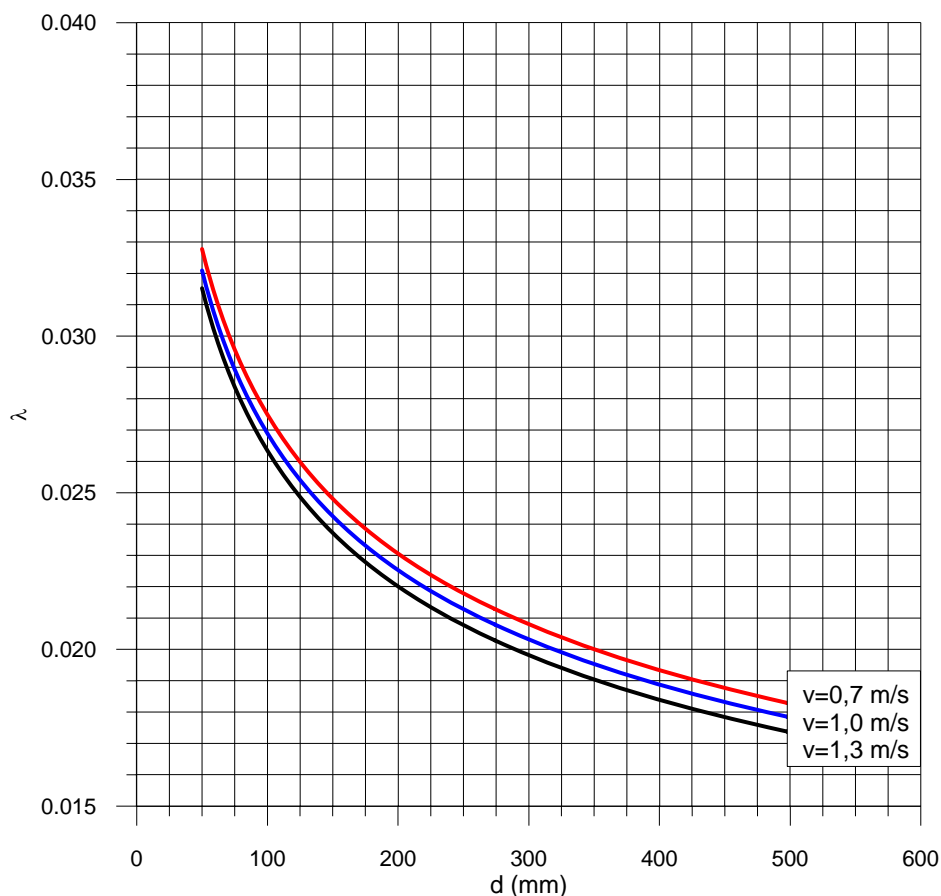
$$p_f = \lambda \cdot \sigma \cdot \frac{l_p \cdot v^2}{2 \cdot d} - \sigma \cdot g \cdot l_p \cdot J \quad (Pa) \quad \text{Jed. 1}$$

gdje je:

- λ = koeficijent trenja
- p_f = tlak ($\text{Pa} = \text{N/m}^2 = \text{kg}/(\text{m} \cdot \text{s}^2) = 10^{-5} \text{ bar}$)
- l_p = duljina cjevovoda koji se ispire (m)

- v = brzina vode u cijevi (m/s)
 d = promjer cijevi (mm)
 g = akceleracija gravitacije (m/s^2)
 σ = gustoća vode (kg/m^3)
 J = srednji pad cjevovoda (pozitivan za pad u smjeru tečenja, negativan u suprotnom padu)

Koeficijent trenja može se smatrati konstantnim. Za vrijednost $k_b=0,25$ mm mogu se vrijednosti koeficijenta trenja očitati s dijagrama na slici ____.



Slika Error! No text of specified style in document.-1: Odnos između koeficijenta trenja i unutarnjeg promjera cijevi za hrapavost $k_b = 0,25\text{mm}$

Ako je komprimirani zrak pohranjen u spremniku, odabrana učinkovitost može biti manja nego u slučaju direktnog propuhivanja. Volumen spremnika određuje se iz pretpostavke:

$$V_T = V_P \frac{p_f \cdot p_{atm}}{p_t \cdot p_{atm}} \quad (\text{m}^3) \quad \text{Jed. 2}$$

gdje je:

- V_T = volumen spremnika (m^3)
 V_P = volumen cijevi (m^3)
 p_{atm} = atmosferski tlak (Pa)
 p_t = tlak u spremniku (Pa)

Tlak u spremniku potrebno je pretpostaviti. Jednako tako je potrebno odrediti volumen cijevi koja se propuhuje. Vrijeme propuhivanja je između 5 i 10 minuta.



JEDNOSTRUKA TLAČNA JEDINICA SA CRPNIM OKNOM



DVOSTRUKA TLAČNA JEDINICA SA CRPNIM OKNOM