# PRIKAZ PRAVILA
## UVOĐENJA U POGON W:2003[1] (I)

**IVO BURIĆ, dipl. inž maš., Gradski zavod za veštačenja, Svetozara Markovića 42, Beograd; e-mail: ivo_buric@gzv.co.rs**

U članku su izdvojeni i naglašeni najvažniji stavovi Pravila uvođenja u pogon W:2003 CIBSE[2], sa ciljem prikazivanja postupka uvođenja u pogon sistema za raspodelu vode. Dati su osnovna načela proporcionalnog uravnoteženja sistema, osvrt na prethodne provere, puštanje u rad, uvođenje u pogon različitim metodama i za različite sisteme i osvrt na dokumentaciju i na dokazivanje. Prikazani su i dodaci – o projektu i o merenju i regulisanju protoka. Članak sadrži važne informacije neophodne projektantima, izvođačima, službama održavanja i vršiocima tehničkog pregleda instalacija i postrojenja KGH.

**KLJUČNE REČI: uvođenje u pogon; sistem za raspodelu vode; merenje; podešavanje; uravnotežavanje; dokumentovanje; dokazivanje (veštačenje); prijem sistema**

**REVIEW OF THE CIBSE COMMISSIONING CODE W:2003 (I)**

This article extracts and emphasizes some of the most important attitudes in the CIBSE Commissioning Code W:2003, reviewing procedure of commissioning water distribution systems. The autor underlines basic principles of proportional balancing and dealt with preliminary checks, setting to work, commissioning of various systems by various methods, commissioning documentation and witnessing. Appendices of Code W are reviewed also, about design and measurement and balancing of water flow. Article contents some important informations necessary to designers, contractors, maintenance services and authorized specialists for witnessing and technical survey of HVAC instalations and plants.

**KEY WORDS:** commissioning; water distribution system; testing; adjusting; balancing; document; witnessing; system acceptance

U časopisu KGH br. 2 u 2008. god. objavljen je prikaz pravila uvođenja u pogon A:1996, koji se odnosi na instalacije za raspodelu vazduha u objektima.

Druga važna oblast za koju takođe treba razmotriti pravila i postupke ispitivanja i provere, u cilju izdavanja dozvole za puštanje u pogon, jesu instalacije za raspodelu vode, kako u objektima, tako i van njih.

CIBSE je najstarija ovlašćena institucija inženjera koji rade na opsluživanju zgrada (dovodi, napajanja, instalacije). U izdanju te ustanove svakih nekoliko godina izlazi obnovljeni „Commissioning Code“ (pravila uvođenja u pogon) raznih sistema, opreme i instalacija.

U ovom članku su prikazana Pravila za uvođenje u pogon instalacija odnosno postrojenja za raspodelu vode, Commissioning Code W.

Ova pravila (za raspodelu vode), otkako ih mi, u Srbiji, pratimo, izašla su 1989, 1994, 2003. i 2010. god. (najnovija). Sva se baziraju na prethodnim i nema suštinskih razlika između starih i novih izdanja, osim u obradi – objašnjenjima primene nekih tehničkih rešenja koja su i ranije postojala, ali nisu bila masovno korišćena. Dakle, kako se u primeni

[1] *Ovde se prikazuje izdanje Pravila W iz 2003. godine, koje je načinjeno na bazi Pravila W iz 1994. godine, uz potrebne izmene i dopune.*

[2] *CIBSE – The Chartered Institution of Building Services Engineers, 222 Balham High Road, London SV 12 9BS (www.cibse.org).*

određena tehnička rešenja više koriste (uglavnom zahvaljujući potrebama za većom uštedom energije), tako ih i pravila uvođenja u pogon detaljnije obrađuju.

Najnovija Pravila za uvođenje u pogon W:2010 su obnovljena pravila W:2003, urađena na bazi prethodnih, sa obraćanjem pažnje na teškoće pri uvođenju u pogon sistema grejanja sa malim vrednostima protoka, posebno za ventilo-konvektorske jedinice, kao i na potrebu da se prikažu i objasne tabele tolerancija u svetlu najnovijih iskustava[1)]. Osim toga, u dodatku WA2 obrađuje se, ranije samo pomenuto, regulisanje diferencijalnog pritiska.

Pošto su sa gornjim razlikama pravila W:2010 i W:2003 zainteresovani (naši) inženjeri već upoznati na seminarima firme „HYDRONICS“, (IMI) Beograd, ovde će, umesto prikaza najnovijih pravila, biti dat prikaz pravila uvođenja u pogon W:2003, koji je ranije pripremljen (krajem 2009. godine), ali nije ništa izgubio od svoje primenljivosti, jer objašnjava postupke koje kod nas tek treba uvesti u redovnu primenu na svim objektima u zgradarstvu, radi postizanja veće efikasnosti.

---

[1)] *Radi se o uvođenju novih komponenti u tablice tolerancija, i to za grejne sisteme:*

- *konvektore sa prirodnim strujanjem (konvektori, radijatori i zračeći paneli) za koje se propisuje dozvoljena tolerancija tako da sve temperature izlaznih cevi iz krajnjih jedinica na istom sistemu budu unutar ±3 °C,*
- *konvektore sa prinudnim (ventilatorskim) strujanjem vazduha, kod kojih je protok vode manji od 0,015 l/s,*

*i za sisteme rashladne vode – jedna nova komponenta – hladnjaci sa protokom tečnosti manjim od 0,015 l/s.*

*Za oba slučaja (grejača i hladnjaka sa protokom tečnosti manjim od 0,015 l/s) takozvane „ultraniske vrednosti protoka“, projektant mora biti ubeđen u potrebu rada sa tako malim protocima.*

*Termin „ultraniski protoci“ odnosi se na protoke koji su isuviše mali da bi se mogli regulisati standardnim uređajima za uvođenje u pogon.*

*Glavni problemi koji se mogu pojaviti su:*

- *cevi koje napajaju priključke krajnjeg potrošača teško se mogu ispirati a mogu postati sklone skupljanju/taloženju vazduha i prljavštine tokom normalnog rada;*
- *dostupni uređaji za merenje protoka mogu biti nesposobni da za tako male protoke ostvare signal veći od 1 kPa, što otežava postizanje tačnih i ponovljivih merenja protoka;*
- *zahtevana vrednost protoka može biti ispod opsega podešavanja nezavisnih ventila za regulaciju pritiska (pressure independent control valves).*

*Ultraniski protoci se sve više specificiraju od strane projektanata, posebno za grejne sisteme, zahvaljujući sklonosti ka manjim grejnim opterećenjima u modernim dobro izolovanim zgradama – štaviše, veće projektne temperaturske razlike (i stoga niže vrednosti protoka i smanjena potrošnja energije) postaju sve uobičajenije sa ciljem da omoguće bolje korišćenje izvora toplote koji ne ugrožavaju životnu sredinu.*

*Tamo gde se specificiraju ultraniski protoci, projektant mora da se odluči za jedan od odgovarajućih načina rada na uvođenju u pogon, pa je potrebno da se zbog toga savetuje sa specijalistom za uvođenje u pogon.*

*Mogućnosti za rad sa ultraniskim protocima uključuju:*

- *montažu cevi malog prečnika da bi se održale brzine u sistemu i sprečilo zadržavanje vazduha i prljavštine;*
- *usvajanje improvizovanog metoda merenja protoka (postavljanje priključaka za merenje pritiska pre i posle stalnog otpora kao što su krajnja jedinica ili regulacioni ventil, merenje razlike pritiska pre i posle pumpe i njene radne potrošnje struje, kao i merenje promene protoka na glavnoj grani pri zatvorenom ogranku pa iz toga obračun protoka za taj ogranak);*
- *regulisanje protoka u sistemu na bazi temperaturskog uravnotežavanja;*
- *privremeno uvećanje protoka na priključcima krajnje jedinice (prigušenjem ostalih grana) sve dok protoci ne postanu merljivi i tako omoguće postizanje uravnoteženja.*

Pravila uvođenja u pogon CIBSE-a određuju jasno i sistematično korake potrebne za uvođenje u pogon objekata i napajanje objekata na podesan i pravilan način. Ovaj ključni korak u toku trajanja objekta omogućava sistemu da radi onako kako je projektovan i, uparen sa dobrim radom na održavanju, pomogne da korisnici objekta dobiju sigurnu, kvalitetnu i ugodnu unutrašnju sredinu za boravak, ostvarenu energetski efikasno.

I ovde je, sasvim jasno, pojam „commissioning“ (uvođenje u pogon) definisan kao „napredovanje jedne instalacije od stanja statičke kompletnosti (završetka radova) do punog radnog određenja prema specificiranim zahtevima“. To uključuje puštanje u rad jedne instalacije i podešavanje vrednosti protoka sistema.

Ova materija, na čijem kraju je potvrda ili dozvola za puštanje u pogon, od suštinskog je interesa za gradske zavode za veštačenja, a pošto se primenjuje na mreže za raspodelu fluida, od interesa je kako za projektante i izvođače termotehničkih i termoenergetskih instalacija i postrojenja, tako i za one koji vrše pripremu za puštanje u rad, one koji opslužuju i održavaju te instalacije i postrojenja, kao i za one koji vrše tehnički pregled tih instalacija i postrojenja.

## Uvod

Pravila za uvođenje u pogon sistema za raspodelu vode predstavljaju tekuće standarde dobre prakse, u obliku preporuka i vodiča koji su opšte prihvaćeni unutar privrede koja opsužuje objekte. Osim toga, ova pravila su alatka koja pomaže definisanju postupaka uvođenja u pogon, kao i osnova za pripremu specifikacija uvođenja u pogon.

Naglasak u ovim pravilima je na sistemima za grejanje i hlađenje objekata, mada se ona mogu primeniti i na druge sisteme za raspodelu vode u zgradama i industriji.

Ako se ne obrati odgovarajuća pažnja od strane projektanta i izvođača sistema za raspodelu vode, neće biti moguće uravnotežiti i uvesti sistem u pogon u skladu sa ovim pravilima.

Sistem za raspodelu vode treba da ima prirodu uvodljivosti u pogon, da je tako i projektovan i izveden. Izvođač i korisnik treba da rezervišu dovoljno vreme za sprovođenje svih postupaka u vezi sa uvođenjem u pogon, koji treba da su potanko opisani u programu – prikazu metoda uvođenja u pogon. Potrebno je i osnovati tim za upravljanje uvođenjem u pogon.

I u Pravilu „W“ date su definicije bitnih pojmova koji se u ovoj oblasti primenjuju, a koje su potpuno u skladu sa našom praksom i teorijom iz ove oblasti. Evo nekoliko primera.

- „Uravnotežavanje“ je postupak dovođenja vrednosti protoka fluida u celokupnom razvodnom sistemu u proporcionalnu ravnotežu jednih sa drugima unutar tolerancija propisanih od strane projektanta.
- „Dokazivanje kapaciteta“ je prikazivanje osposobljenosti jedne instalacije ili njenog dela da dostigne i održava zahteve specifikacije.
- „Specifikacija uvođenja u pogon“ je dokument koji propisuje potanko objašnjene ciljeve i zahteve za uvođenje u pogon. Specifikacija se mora pozivati na crteže, tabele i odgovarajuće delove ovih pravila, priručnike, vodiče i druge standarde.
- „Jednovremenost“ je odnos između maksimalnog projektnog opterećenja sistema i zbira svih opterećenja na krajnjim jedinicama.
- „Priprema za uvođenje u pogon“ je propisano sistematsko proveravanje završene instalacije radi potvrde njene podesnosti za uvođenje u pogon. Priprema za uvođe-

nje u pogon je rad na dovršenju (instalacije) posle izvođenja radova.
– „Statička kompletnost“ (završetak radova) je stanje sistema kada je on izveden u saglasnosti sa specifikacijom, to jest čist i spreman za puštanje u rad. U slučaju vodnih sistema ovo uključuje ispiranje, čišćenje, ispitivanje na pritisak i propusnost, punjenje i odvazdušenje.

Zahtevi ovih pravila ne zamenjuju potrebu za nadzorom tokom gradnje. Zapisnici sa (pro)izvođačevih ispitivanja moraju biti deo dokumentacije, a kopije tih zapisnika treba da su dostupne stručnjaku za uvođenje u pogon pre otpočinjanja tog posla.

Zapisnici sa uvođenja u pogon će pokazati napredovanje tog posla i treba da budu deo „primopredajnog“ izveštaja.

Odgovornost za uvođenje u pogon je stvar ugovaranja, van domena ovih pravila. Preporučuje se da ceo postupak uvođenja u pogon bude pod vođstvom i kontrolom jednog stručnjaka.

Treba razmotriti totalno upravljanje uvođenjem u pogon; to počinje na stepenu projektovanja i nastavlja se preko radova, uvođenja u pogon i procene, uz prihvatanje posebnog uvođenja u pogon priključene opreme.

Prilikom projektovanja, koje uzima u obzir uvođenje u pogon, kao i izrade specifikacije koja će obezbediti uvodljivost u pogon, javljaju se sporna pitanja koja se sukobljavaju sa uvodljivošću u pogon sistema za raspodelu vode i to, između ostalih, sledeća:

– pumpe moraju dati maksimalnu vrednost projektovanog protoka vode pri projektovanom padu pritiska u cirkulacionom krugu sa najvećim otporom (poznatim kao „krug pokazivač“);
– izbor krajnjih jedinica sa velikim razlikama pada pritiska na istoj grani treba izbegavati;
– „samouravotežavajuća svojstva sistema cevovoda“ mogu se poboljšati primenom Tihelmanove petlje i razdelnika za raspodelu protoka;
– uređaji za merenje protoka moraju biti dimenzionisani za kriterijum vrednosti protoka i razlike pritisaka. Opšta pretpostavka da će „nazivni otvor cevovoda“ ili, čak, jedna dimenzija manje od „nazivnog otvora cevovoda“ zadovoljiti, neprihvatljiva je;
– broj uređaja za merenje protoka i uravnotežavajućih ventila treba da je dovoljan samo da uravnoteži i podesi sistem unutar zahtevanih tolerancija. Preteran broj će samo uvećati troškove;
– duplo regulišuće ventile treba birati tako da se zahtevani pad pritiska pokaže pri podešenom položaju ventila, idealno preko 50%, a uvek preko 25% **otvorenosti**;
– uravnotežavajući ventili i ventili i uređaji za merenje protoka treba da budu lako dostupni.

## 1. Aktivnosti pre uvođenja u pogon

Smisao aktivnosti pre uvođenja u pogon je da proveri da li je sistem u zadovoljavajućim i bezbednim uslovima pre konačnog punjenja i puštanja u rad.

**Stanje sistema** treba kontrolisati kako izvođenje radova napreduje radi provere usaglašenosti sa specifikacijom i pravilima izrade.

**Pre punjenja sistema** mora se izvršiti detaljna kontrola sve opreme, delova, cevovoda i armature u pogledu pravilnosti ugradnje i usaglašenosti sa uputstvima proizvođača. To je taksativno pobrojano u Pravilima CIBSE W:2003.

**Punjenje i odvazdušenje sistema** mora se izvesti u skladu sa pravilima struke i usaglašenim prikazom metode, sa isključenom mogućnošću povratnog strujanja.

Odvazdušenje treba obezbediti odgovarajućim organima na potrebnim mestima i načinom punjenja instalacije. (Dodatno odvazdušenje može biti potrebno posle rada pumpi.)

Posle punjenja i odvazdušenja, sistem treba ispitati na pritisak.

**Ispiranje i čišćenje sistema.** Tokom izgradnje treba obratiti pažnju da se unutrašnje površine sistema održe što je moguće čistijim.

Ispiranje i čišćenje treba otpočeti u što kraćem roku posle početnog punjenja sistema.

Za ispiranje treba obezbediti odgovarajući rezervoar i privremenu pumpu visokog pritiska i velikog protoka, kao i odgovarajući odvod za ispuštanje, uključujući i odobrenje od lokalnog preduzeća kanalizacije za prihvat izliva od ispiranja, naročito ako je voda tretirana, tj. pri postupcima hemijskog čišćenja.

Naročita pažnja se mora obratiti na posude i aparaturu za tretman vode, jer postupci u tom cilju zahtevaju preduzimanje procene rizika.

**Provere sistema** se moraju sistematski sprovesti radi sigurnosti da je sistem spreman za uvođenje u pogon.

Na sistemu punom vode i pumpom odvojenom od električnog napajanja, vrše se mašinske provere pumpi, da bi se proverila ispravnost pumpe i njene ugradnje, a zatim mašinske provere ventila automatske regulacije sa istim ciljem kao za pumpe.

Električne provere se moraju sprovesti pre prvog uključenja bilo kojeg električnog dela ili sprave i to prvo sa isključenim/razdvojenim svim električnim napajanjima, a potom i (provere) sa obezbeđenim električnim napajanjem.

I mašinske i električne provere su taksativno navedene u Pravilima W:2003.

Po uspešnom završetku svih provera, sačinjavaju se **zapisnici o statičkoj kompletnosti** (završetku radova), što uključuje i izvedene popravne radove.

## 2. Puštanje pumpi u rad

Za svu opremu i postrojenja koja će se puštati u rad obavezno je isticanje odgovarajućih upozorenja. Ako je sistem projektovan sa kompletom za održavanje pritiska, prvo se taj komplet mora uvesti u pogon i sistem dovesti na projektovani pritisak pre puštanja pumpi u rad.

**Provere pre uključenja pumpe** treba da potvrde stanje sistema prema specifikaciji i projektovanoj šemi rada, tj. da su predviđeni putevi fluida slobodni, odnosno zatvoreni, da je sistem odvazdušen, da je automatika proverena i podešena i da je potisna strana pumpe delimično zatvorena radi ograničenja jačine struje startovanja.

**Prilikom prvog pokretanja** – aktiviranja startera motora proverava se ispravnost rada motora, pumpe i prenosnog mehanizma, startna i radna struja motora, mazivo, ležajevi, pritisak vode za hlađenje i ventilacioni sistem vazduhom hlađenih motora.

Ponovna startovanja treba izbegavati. Potisni ventil treba postepeno otvarati do dostizanja željene jačine struje motora.

Postignuti pritisak treba uporediti sa projektovanim i ako ima razlike, istražiti uzrok.

Pumpe se pri uhodavanju (prema uputstvu proizvođača) ne smeju ostavljati bez nadzora. Moraju se proveriti temperature ležaja i motora, potrebno prokapavanje na virblama i zaprljanje hvatača nečistoće (posle četiri sata rada).

Posle puštaja u rad primarnog sistema, on se zaustavlja, a u rad pušta sekundarni sistem (sekundarna pumpa). Posle puštanja pumpi u rad, treba ih zaustaviti i sistem ponovo odzračiti.

Po zadovoljavajućem puštanju pumpi u rad izvođač sačinjava svedodžbu o tom izvršenju, koja mora biti overena od zvaničnog lica – projektanta, nadzornog organa ili predstavnika investitora. Overa treba da obuhvati i dokumenta o hemijskom čišćenju i ispiranju. Kopije tih dokumenata treba dati stručnjaku za uvođenje u pogon pre rada na uravnoteženju sistema.

## 3. Uravnotežavanje i podešavanje vrednosti protoka vode

Svrha uravnotežavanja jeste postizanje projektnih vrednosti protoka, u okviru predviđenih tolerancija, po celom sistemu.

Tipična šema veze prikazana je na slici 1. Slika 1a, preuzeta iz Pravila W:1994 prikazuje i ostale mogućnosti uravnotežavanja po sistemu.

Cilj merenja, proporcionalnog uravnotežavanja i podešavanja vrednosti protoka u sistemu za raspodelu vode je sigurnost da će izdašnost grejanja ili hlađenja instalacije uvedene u pogon moći da postigne zahteve iz projekta sa optimalnom korisnošću sistema.

Trebalo bi imati na umu da će regulisanje vrednosti protoka do nepotrebno uskih tolerancija proizvesti veće troškove uvođenja u pogon, ali sa malo ili nimalo praktičnih prednosti, dok će korišćenje jednostranih dodatnih tolerancija doneti uvećanje pogonskih troškova tokom celog veka korišćenja instalacije.

**Tolerancije pri merenju vrednosti protoka** objašnjene su u Dodatku WA 1, odeljku WA 1.4.

**Proporcionalno uravnotežavanje.** Pre uravnotežavanja i podešavanja vrednosti protoka u sistemu, stručnjak za uvođenje u pogon treba da napravi pisani prikaz metoda svog rada na tom sistemu i da ga usaglasi sa odgovornim izvođačem i projektantom.

Proporcionalno uravnotežavanje se koristi za sisteme sa konstantnim protokom i za sisteme sa promenljivim protokom pri maksimalnom protoku. Za krajnje grane i raspodelu po krajnjim jedinicama ponekad su neophodne i metode toplotnog uravnotežavanja.

Pri radu na uravnotežavanju, temperatura vode mora biti ispod 55 °C, iz sigurnosnih razloga.

**Proba napora isključenja pumpe** se vrši radi provere deklarisanih karakteristika isporučene pumpe. Postupak je opisan u Pravilima W:2003.

**Prethodna provera vrednosti protoka** se vrši sa potpuno otvorenim svim ventilima i rezultati merenja se zapisuju. Gde je potrebno, pritvara se glavni uravnotežavajući ventil dok protok ne bude oko 110% od projektnog.

Ako je početni izmereni protok manji od 100% pri potpuno otvorenom sistemu, rezultat na kraju uravnotežavanja će, takođe, biti manji od 100%. Takav sistem ne bi trebalo uravnotežavati bez formalnog obaveštavanja izvođača, projektanta i nadzornog organa.

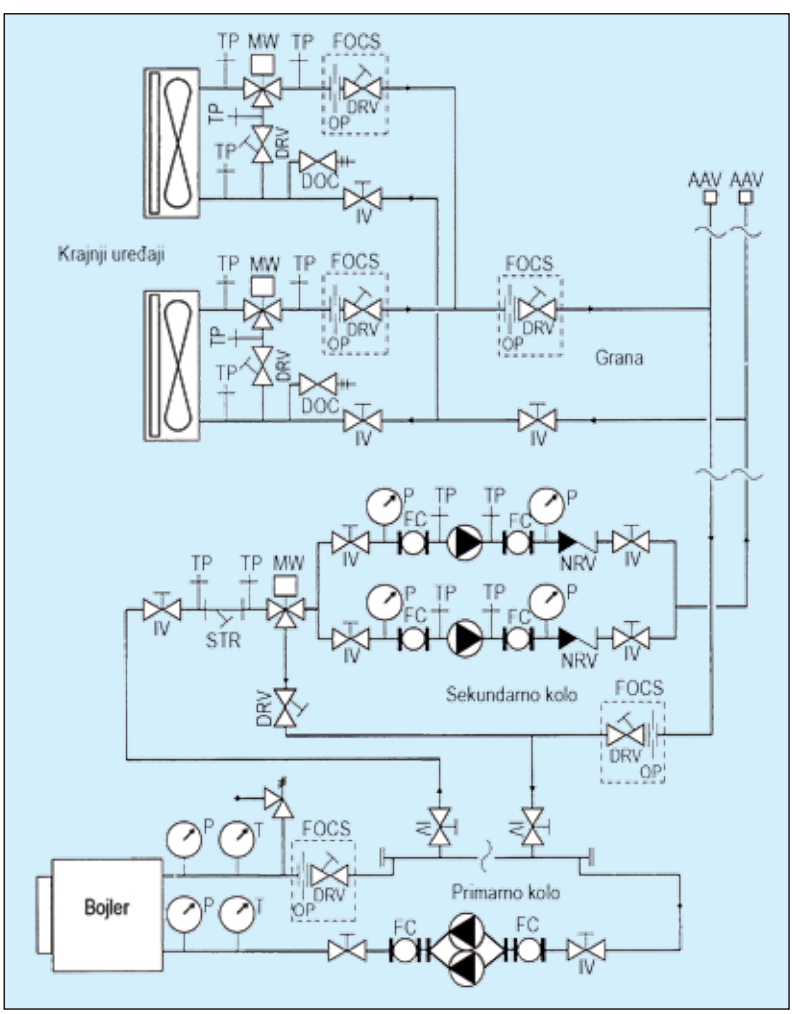
### 3.1. Sistemi sa konstantnim protokom

Sistem se uravnotežava na osnovu odnosa stvarne vrednosti prema projektovanoj vrednosti protoka. Sve krajnje jedinice na nekoj grani regulišu se na isti odnos kao najnepovoljnija jedinica – pokazivač – u toj grani. To se primenjuje i na sve grane na jednoj vertikali i na sve vertikale na jednom sabirniku/razdelniku. To ujednačavanje se postiže merenjem razlike pritisaka na uređaju za merenje protoka i podešavanjem na projektovane vrednosti protoka pomoću uravnotežavajućih ventila.

**Prepoznavanje najnepovoljnijeg (pokazivač) i najpovoljnijeg cirkulacionog kruga.** Krug pokazivač je cirkulacioni krug koji, sa sistemom u neuravnoteženom stanju (sa svim potpuno otvorenim regulacionim ventilima) ima najveći pad pritiska u odnosu na sve ostale krugove. Najdalji krug ili krajnja jedinica mora imati najveći pad pritiska u sistemu ili podsistemu koji se uravnotežava, pa makar to bilo podešeno i na kraju uravnotežavanja.

**Postupak uravnotežavanja** je u Pravilima W izložen tačku po tačku, kao uputstvo – vodič. Ovde ćemo dati samo nekoliko početnih tačaka i neke ključne tačke uputstva za rad na uravnotežavanju sistema.

a) Otvoriti sve ventile na pravcu cirkulacije i zatvoriti sve ventile na obilaznim vodovima.



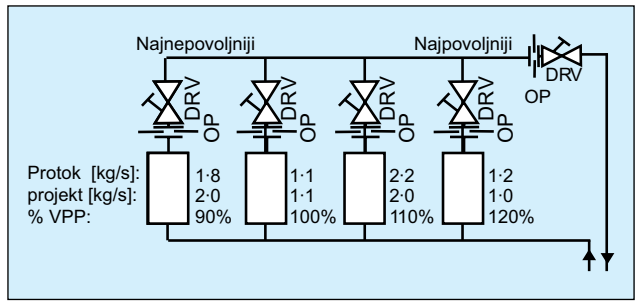

**Slika 1. Šema veze dela tipičnog sistema za raspodelu vode; MV – motorni 3-kraki ventil, AAV – automatski vazdušni ventil, IV – zaporni ventil, DRV – dvostruko regulišući ventil, DOC – ispusna slavina sa holenderom, OP – merna blenda, FC – fleksibilna veza, FOCS – stanica za uvođenje u službu sa nepromenljivom blendom, T – termometar, NRV – neprovratni ventil, P – manometar, STR – hvatač nečistoća**

b) Podesiti automatske regulacione ventile na pun protok kruga, ručno.
c) Uključiti pumpu.
d) Izmeriti razliku pritisaka na svim mernim stanicama da bi se odredila vrednost protoka.
e) Za svaku mernu stanicu odrediti vrednost projektnog protka (VPP) kao procenat (%VPP):

$$\%VPP = 100\ f_a/f_d$$

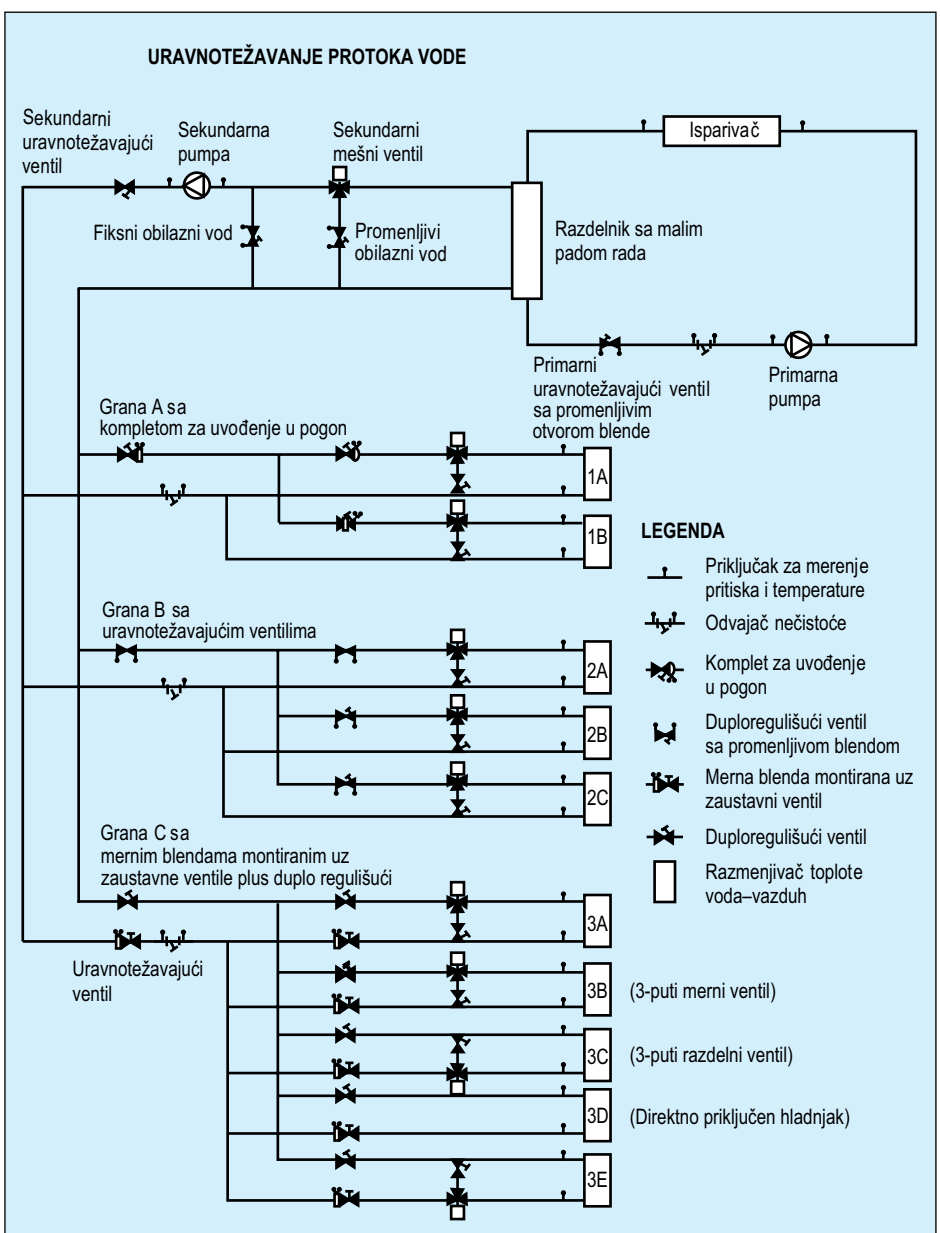
gde je $f_a$ izmerena vrednost protoka, a $f_d$ projektovana vrednost protoka.

f) Uveriti se da primarna stanica za merenje protoka pumpe pokazuje višak VPP-a, da bi bilo dovoljno protoka za uravnoteženje sistema prema projektu, unutar predviđenih tolerancija.
g) Počev od pumpe, odrediti magistrale, razdelnike/sabirnike, vertikale, grane i krajnje jedinice u sistemu koje primaju najviše vrednosti protoka u %VPP. To je najpovoljniji krug.




**Slika 2. Prepoznavanje krugova**

h) Popisati grane u opadajućem redu po %VPP. Najniži % VPP-a je najnepovoljniji (pokazivač) krug.
i) Uravnotežavanje se sastoji od rednog zatvaranja dvostruko regulišućih ventila počevši od najpovoljnije grane u najpovoljnijem krugu. To smanjuje preterane vrednosti protoka u tim oblastima radi uvećanja vrednosti protoka u oblastima sa manjim protokom.




**Slika 1a. Tipična šema veze**

Dalje se u Pravilima W:2003 daju uputstva za uravnotežavanje krajnjih jedinica, grana, vetikala i sabirnika/razdelnika na proporcionalni protok, sekundarno regulisanje obilaznih krugova i konačno uravnoteženje primarnog, sekundarnog i ubrizgavajućeg („ajnšpric“) kruga.

Zbog nedostatka prostora, čitaoci se upućuju da ova uputstva pogledaju u CIBSE-ovim Pravilima W:2003.

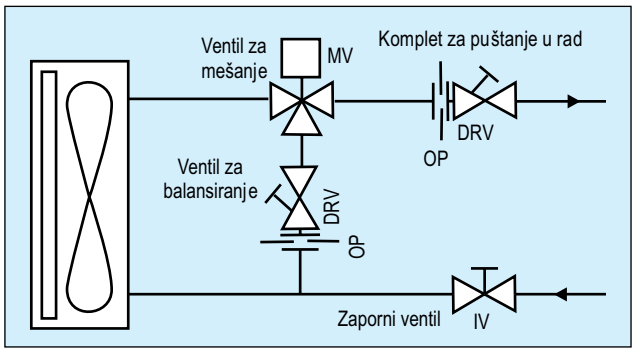
### 3.2. Sistemi promenljivog protoka

Osnovno pravilo za sisteme sa promenljivim protokom je primena prolaznih pre nego trokrakih ili četvorokrakih ventila za automatsku regulaciju protoka. Ti prolazni venili su ili sa kliznom promenom, ili „otvoreni i zatvoreni“, pa na taj način menjaju vrednost protoka kroz krajnje jedinice, a u zavisnosti od potreba.

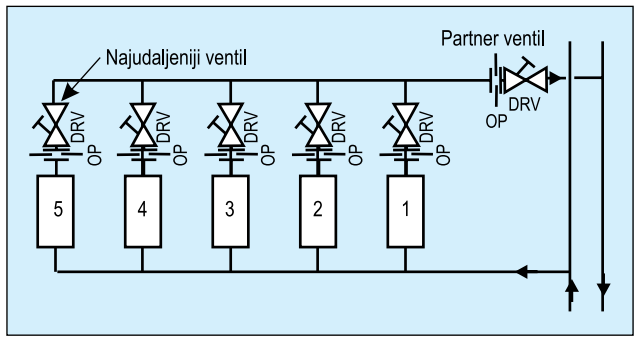
Sistemi sa promenljivim protokom imaju dinamičku automatsku regulaciju radi obezbeđivanja manje ili više nepromenljive razlike pritisaka na ograncima, tako da protok kroz krajnje jedinice zavisi samo od položaja vretena ventila.

Ova dinamička regulacija postiže se uređajima montiranim u cevovodnom sistemu. U ovu svrhu mogu biti primenjeni ventili za regulaciju razlike pritisaka, regulatori protoka, prestrujni ventili, regulacija višebrzinskog ili varijabilnog broja obrtaja pumpi itd.

Mali sistemi obično imaju termostatske radijatorske i prestrujne ventile. Veliki sistemi imaju zonske regulacione ventile diferencijalnog pritiska (DPRV) i/ili




**Slika 3. Regulisanje obilaznog kruga**




**Slika 4. Uravnotežavanje kompenzovanom metodom**

regulatore konstantnog protoka (RKP), kombinovane sa varijabilnom regulacijom broja obrtaja pumpi.

Projekat sistema sa promenljivim protokom često uključuje faktor jednovremenosti.

Važno je da se za projektovani sistem ustanovi jedan usaglašen postupak uvođenja u pogon, dokumentovan pre početka tog posla, i odobren od strane projektanta tog sistema.

**Uravnotežavanje sistema sa promenljivim protokom.** Svrha postupka uvođenja u pogon ovde je sigurnost da je sistem proporcionalno uravnotežen i da daje projektovane protoke pri punom opterećenju, na isti način kao i sistemi sa konstantnim protokom, i da delovi za regulaciju protoka rade saglasno promenama u zahtevima sistema.

Automatska regulacija pogona cirkulacione pumpe varira broj obrtaja pumpe u zavisnosti od promene pritiska na karakterističnim tačkama sistema, održavajući konstantan pritisak. Ovaj regulacioni krug će zahtevati podešavanje i uravnotežavanje paralelno sa isprobavanjem uređaja za automatsku regulaciju pritiska i protoka.

Proporcionalno uravnotežavanje svih potkrugova nizvodno od automatskih regulatora protoka i dalje je neophodno i ima se izvesti kao za sisteme sa konstantnim protokom.

Dalje se u Pravilima W:2003 daju uputstva za uvođenje u pogon velikih sistema u samostojećim objektima počev od glavne grane, preko podsistema nizvodno od regulatora razlike pritisaka i regulatora protoka i protoka glavne pumpe do osvrta na sisteme daljinskog grejanja i hlađenja. Uputstva su data kroz navođenje potrebnih postupaka po tehničko-tehnološkom redu radnji.

### 3.3. Uravnotežavanje metodom kompenzacije

Kompenzovana metoda se koristi za sisteme sa nepromenljivim protokom i pre(d)uravnotežene sisteme sa promenljivim protokom, pre nego što su završeni.

Ako cirkulacioni krug pumpe radi, grane se mogu uravnotežavati svaka posebno kako se koja završava, štedeći vreme za uvođenje u pogon.

Kompenzovana metoda (vidi sliku 4) počiva na dejstvu uravnotežavajućeg ventila na najdaljoj krajnjoj jedinici (nije nužno „pokazivač“) koji znamo kao „najudaljeniji ventil“ i granskom ventilu (spoljnom za sve krugove krajnjih jedinica) koji nazivamo „partner ventil“.

Kada je najudaljeniji ventil duplo regulišući ventil sa promenljivim otvorom blende, on treba da bude prethodno podešen, proračunski, da bi dao pad pritiska od najmanje 3 kPa pri projektnoj vrednosti protoka i tada ukočen u tom položaju.

Kada je najudaljeniji ventil duplo regulišući, sa priključenom blendom sa fiksnim otvorom (komplet za uvođenje u pogon), on treba da bude ukočen u potpuno otvorenom položaju.

Manometar se priključuje na najudaljeniji ventil i projektni protok u njemu podešava pomoću partner ventila. Drugi manometar se koristi za podešavanje uravnotežavajućih ventila na krajnjim jedinicama od one uz najudaljeniju, pa nastaviti uzvodno.

Ako se pokazivanje manometra na najudaljenijem ventilu promeni za više od 10%, razlika pritisaka se podesi na početnu pomeranjem točka samo na partner ventilu. To se primeni na sve ventile na toj grani, pa je ta grana uravnotežena.

Ako se na nekoj krajnjoj jedinici ne može postići projektovani protok ni sa njenim potpuno otvorenim ventilom, to je „krajnja jedinica pokazatelj“. Tada se izmeri protok kroz nju i odredi %VPP, pa se podesi najudaljeniji ventil da da isti %VPP, a onda zakoči u tom položaju.

Projektovani protok u najudaljenijem ventilu (a i u ostalima) dobija se ponovnim otvaranjem partner ventila i ponovljenim postupkom uravnotežavanja, prema novom položaju podešenosti najudaljenijeg ventila.

Ostatak sistema se uravnotežava na isti način, kako izgradnja napreduje.

### 3.4. Podešavanje uravnoteženjem temperatura

Kada se koriste male krajnje jedinice (npr. radijatori ili konvektori), nije ekonomično ugrađivati uređaje za merenje protoka kod svake krajnje jedinice. Tada se koristi temperaturska metoda. Za ovu metodu neophodno je u dovodu održavati konstantnu temperaturu dok se sistem uravnotežava.

Uravnotežavanje se vrši prigušivanjem svakog podešavajućeg ventila krajnje jedinice sve dok sve povratne cevi ne pokažu istu temperaturu merenu čvrsto priljubljenim kontaktnim termometrom. I ovde se reguliše od pokazivača nazad (uzvodno) prema pumpi.

### 3.5. Overa uvođenja u pogon

Kada se uravnotežavanje uspešno završi, stručnjak za uvođenje u pogon treba da overi da je sistem uveden u pogon saglasno Pravilima W i specifikaciji iz projekta. Uverenje treba da bude potpisano od ovlašćenog stručnjaka za prijem (projektanta, naručioca ili drugog ovlašćenog stručnjaka za dokazivanje – veštaka).

To uverenje treba čuvati sa drugim dokumentima, kao što su uverenja o statičkoj kompletnosti, zapisnicima o hidrotestovima, zapisnicima o instrumentaciji koja je korišćena pri uvođenju u pogon i podacima o kalibraciji.

*(Kraj u sledećem broju)*