

# ANALIZA POZICIJE UGRADNJE CIRKULACIJSKE PUMPE U TOPLOVODNOM TERMOENERGETSKOM POSTROJENJU S OTVORENOM EKSPANZIJSKOM POSUDOM

## THE INSTALLATION POSITION ANALYSIS OF A CIRCULATOR PUMP AT WATER HEATING THERMAL POWER STATION WITH OPEN EXPANSION VESSEL

*Ante Čikić, Kristijan Pavec*

Stručni rad

**Sažetak:** Prikazana i analizirana je pozicija ugradnje cirkulacijske pumpe u toplovodnom termotehničkom sustavu s otvorenom ekspanzijskom posudom. Istaknut je značaj neutralne točke O u termotehničkom sustavu sa aspekta cirkulacije tople vode, visine postavljanja (dovoljan statički tlak) otvorene ekspanzijske posude, te stabilnog rada termotehničke instalacije. Opisane su moguće pozicije ugradnje cirkulacijske pumpe (statički i dinamički tlak) u termotehničkoj instalaciji u odnosu na neutralnu točku O. Predloženo je najpovoljnije tehničko rješenje primjenjivo u praksi.

**Ključne riječi:** toplovodni sustav, otvorena ekspanzijska posuda, cirkulacijska pumpa, pozicije ugradnje, biomasa

Professional paper

**Abstract:** The circulator pump installation in a water heating thermal technical system with open expansion vessel is presented and analyzed. The significance of the neutral point O in the thermal technical installation is highlighted from the aspect of hot water circulation, installation height (sufficient static pressure) of the open expansion vessel, and stable operation of the thermal technical installation. Possible circulator pump installation positions (static and dynamic pressure) in the thermal technical installation are described in relation to the neutral point O. The most favorable technical solution applicable in practice is proposed.

**Key words:** water heating system, open expansion vessel, circulation pump, installation positions, biomass

### 1. UVOD

U drvnj industriji proizvodne hale, sušare i ostale poslovne građevine imaju veliku površinu, pravokutnog oblika i visinu od 4 m do 7 m. Zbog specifičnih tehničko tehnoloških uvjeta prerade i obrade drva često se za tehnološke potrebe i toplifikaciju objekata kao ogrjevni medij koristi topla voda s maksimalnim temperaturnim režimom rada  $\vartheta_{v1} = 90 \text{ }^\circ\text{C}$  /  $\vartheta_{v2} = 70 \text{ }^\circ\text{C}$ . Grijanje prostora se provodi zračnim grijačima. Korištenjem pneumatskog transporta u tehnološkom procesu otprašivanja iz proizvodnih pogona se odvodi velika količina zagrijanog zraka što značajno povećava toplinske gubitke grijanog prostora. Filtracijom i povratom odvedene količine zagrijanog zraka u proizvodni prostor štedi se toplinska energija [1, 2].

Spaljivanjem drvnog otpada (sječka, piljevina, bruševina, mljevena kora i okrajci,...) u toplovodnom termoenergetskom postrojenju dobiva se toplinska energija za tehnološke potrebe, grijanje i pripremu PTV – e. Zbog sigurnosti, stabilnog rada i preuzimanja toplinskih dilatacija ogrjevnog medija u postrojenju i termotehničkoj instalaciji obično se na određenoj visini

vertikalno iznad toplinskog izvora ugrađuje otvorena ekspanzijska posuda. Proizvodne hale i pripadajuće poslovne građevine imaju veoma malu vrijednost omjera visine i površine, što iziskuje sveobuhvatno i stručno projektiranje i dimenzioniranje termotehničke instalacije te utvrđivanje optimalne visine postavljanja otvorene ekspanzijske posude. Pri tomu se mora osigurati miran rad cirkulacijske pumpe i stabilno snabdijevanje grijača toplinskom energijom. Tijekom rada postrojenja i korištenja termotehničkog sustava u svakom dijelu instalacije ne smije se sniziti ukupni tlak (statički i dinamički) ispod atmosferskog, što bi moglo uzrokovati uvlačenje zraka u instalaciju, a ponekad ovisno o temperaturi i isparenje vode.

### 2. OTVORENA EKSPANZIJSKA POSUDA

Sustav je otvoren ako je ekspanzijska posuda postavljena na najviše mjesto postrojenja i ima direktnu vezu s atmosferom. Kod donjeg razvoda ogrjevnog medija postavlja se iznad odzračnih vodova ili

odračnika instalacije, a pri gornjem razvodu ogrjevnog medija iznad najviših cjevovoda gornjeg razvoda [2,3].

Osnovne funkcije otvorene ekspanzijske posude su:

- prihvaćanje dilatacije ogrjevnog medija pri radu postrojenja i termotehničke instalacije,
- održavanje potrebnog statičkog tlaka za siguran i stabilan rad cirkulacijske pumpe,
- odvođenje pare uslijed eventualnog pregrijavanja vode i zračnih mjehurića,
- osigurava kotao(love) i instalaciju od nestanka vode te cjelovitu funkcionalnost sustava.

Otvorena ekspanzijska posuda mora imati: dovoljan volumen, odgovarajuću visinu ugradnje iznad instalacije, da je osigurana protiv smrzavanja uključivo sa sigurnosnim i priključnim vodovima te da ima mogućnost kontrole razine u posudi, a time i u cijelom sustavu. Volumen otvorene ekspanzijske posude utvrđuje se prema jednadžbi:

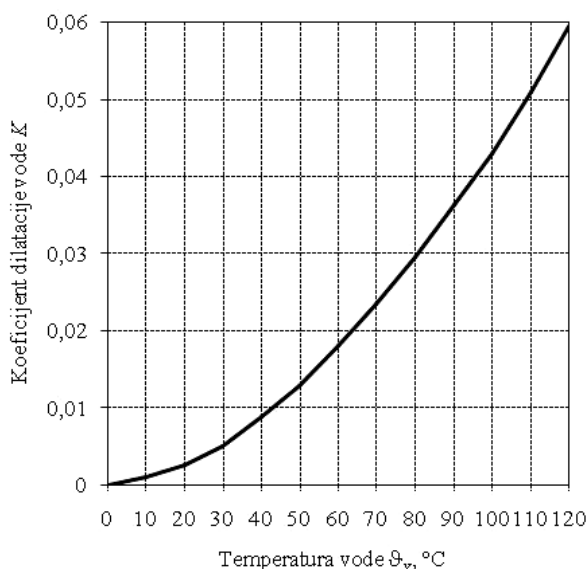
$$V_{E,P} = K \cdot 2 \cdot V_{uk} \quad m^3, \quad [1]$$

pri čemu su:

$K$  - koeficijent dilatacije vode (slika 1.),

$V_{uk}$  – ukupni volumen vode u sustavu,  $m^3$ .

Za različite temperature  $\vartheta_v$  kvantificirane vrijednosti koeficijenta dilatacije vode  $K$  dijagramski su prikazane na slici 1.[3].



Slika 1. Koeficijent dilatacije vode  $K = f(\vartheta_v)$

### 3. POZICIJA UGRADNJE CIRKULACIJSKE PUMPE

Razina vode u posudi se gotovo ne mijenja dok je hidraulički sustav u mirovanju ili cirkulacijske pumpe ravnomjerno rade s konstantnim protokom. Zamisljeni stupac vode čija je visina okomita udaljenost od promatranog mjesta do razine vode u ekspanzijskoj posudi statički je tlak instalacije na tom mjestu i izražava se pomoću jednadžbe:

$$p_{stat.} = \rho \cdot g \cdot H_{stat.} \quad Pa, \quad [2]$$

pri čemu su:

$g$  - gravitacija,  $m^2/s$ ,

$H_{stat.}$  – visina (vertikalna udaljenost između promatranog mjesta u instalaciji i razine vode u otvorenoj ekspanzijskoj posudi),  $m$

$$\rho - \text{srednja gustoća vode, } kg/m^3; \rho = f\left(\frac{\vartheta_{v1} + \vartheta_{v2}}{2}\right)$$

Uključivanjem cirkulacijske pumpe, zbog otpora protoku ogrjevnog medija, kroz instalaciju nastaje dinamički tlak koji predstavlja visinu dobave pumpe. Praktično je visina dobave pumpe  $h_p$  veća za oko 10 – 15% od otpora sustava utvrđenih proračunom. Radom cirkulacijske pumpe u instalaciji djeluje ukupni (statički + dinamički) tlak. Prestankom rada cirkulacijske pumpe u instalaciji na unutarnje stjenke cjevovoda, armature i opreme djeluje samo statički tlak [4].

Ovisno o mjestu ugradnje pri radu cirkulacijske pumpe ukupni tlak (statički + dinamički) može biti veći ili manji od vrijednosti statičkog tlaka na pojedinim mjestima instalacije. Mjesto spajanja povratnog voda otvorene ekspanzijske posude s povratnim vodom instalacije neposredno uz toplinski izvor je neutralna točka  $O$  sustava, odnosno granica u kojoj cirkulacijska pumpa prestaje s tlačenjem, a počinje s usisavanjem bez obzira na mjesto njezine ugradnje u termotehničkom sustavu. Dakle, u neutralnoj točki  $O$  uvijek vlada statički tlak sustava i samo ovisi o visini postavljanja i razini vode u ekspanzijskoj posudi. U neutralnoj točki dinamički tlak cirkulacijske pumpe jednak je nuli. Radom cirkulacijske pumpe od njene tlačne strane do prekretno – neutralne točke  $O$  u instalaciji se ostvaruje predtlak (+), a od neutralne – prekretno točke  $O$  do njene usisne strane podtlak (–) u odnosu na vrijednost statičkog tlaka u stanju mirovanja.

Ukupni radni tlak se definira prema izrazima:

$$\text{predtlačna strana (+)} \dots p_{ukupno} = p_{statički} + p_{dinamički},$$

$$\text{podtlačna strana (–)} \dots p_{ukupno} = p_{statički} - p_{dinamički}.$$

Dimenzioniranje i prostorna oblikovnost, razgranatost horizontalnih cjevovoda, veličina otpora instalacije te moguća visina ugradnje otvorene ekspanzijske posude parametri su koji značajno utječu na veličinu i odnose statičkog i dinamičkog tlaka tijekom korištenja termotehničkog sustava. Zanimarivanjem navedenih, a međusobno povezanih, parametara može dovesti do veoma ozbiljnih poteškoća pri uporabi naizgled ispravno izvedene instalacije (česta pojava u praksi). Povećanjem dinamičkog tlaka (možda proračun sustava nije valjan) i smanjenjem statičkog tlaka na pojedinim dijelovima instalacije ukupni tlak će se smanjiti i često dovodi do neželjenog uvlačenja zraka i/ili kod određene temperature isparuje voda iz instalacije.

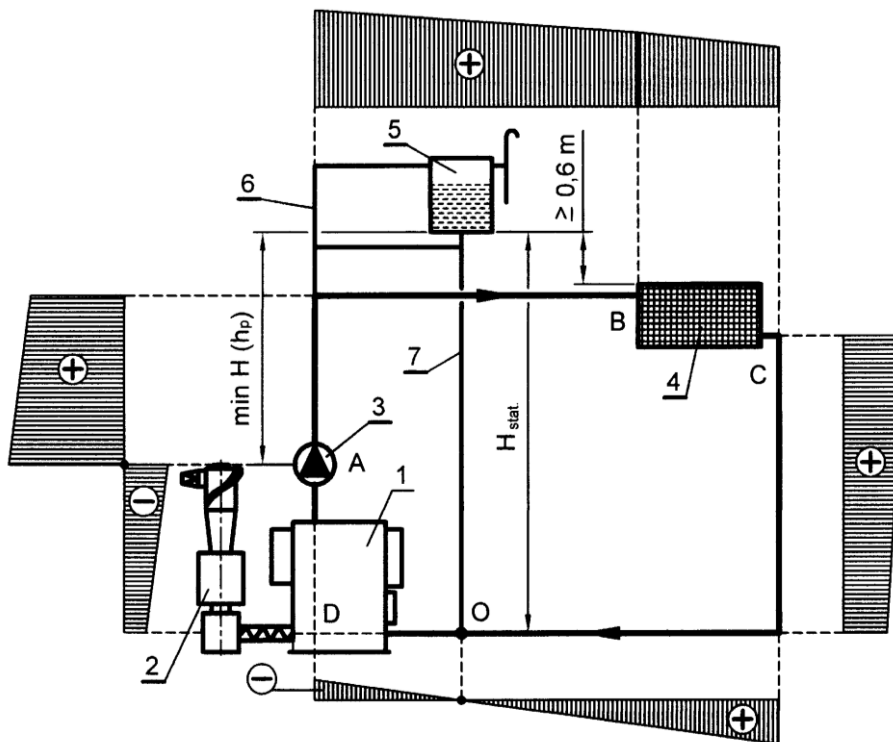
Kombinacijom mogućeg prostornog oblikovanja, ugradnjom opreme, pravilnim toplinskim i hidrauličkim proračunom termotehničkog sustava i visinom ugradnje

otvorene ekspanzijske posude treba se osigurati dovoljno visoki statički tlak kako bi ukupni tlak pri radu cirkulacijske pumpe na svakom mjestu u instalaciji bio veći od atmosferskog tlaka.

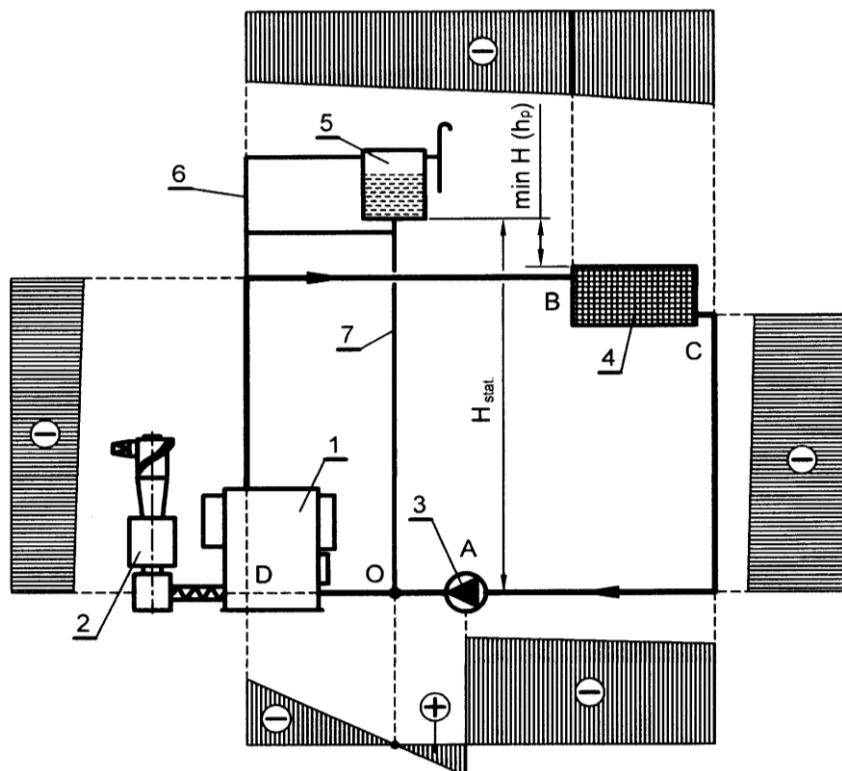
Moguće pozicije ugradnje cirkulacijske pumpe u termotehničku instalaciju s toplovodnim kotlom i pogonom na biomasu (drveni otpad) [5, 6], shematski su prikazane na slikama 2., 3. i 4.

Pozicije označene na slikama 2., 3., i 4. su:

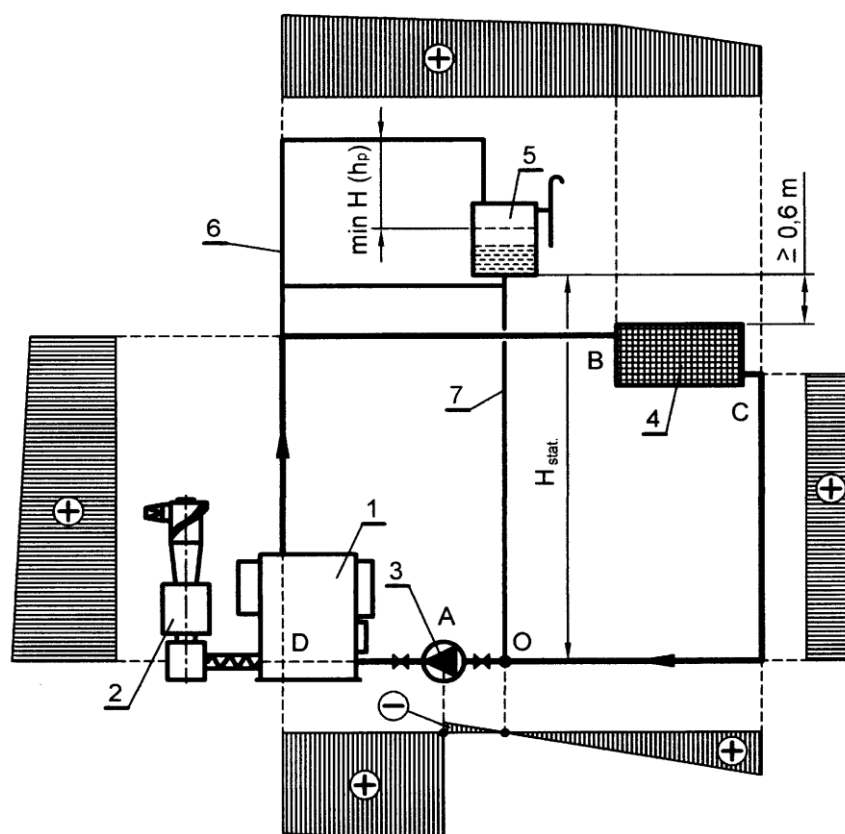
1. Toplovodni kotao (pogon: drveni otpad),
2. Sklop za dovod i doziranje drvnog otpada u kotao,
3. Cirkulacijska pumpa tople vode,
4. Ogrjevna tijela (grijači zraka,...)
5. Otvorena ekspanzijska posuda,
6. Sigurnosni razvodni vod,
7. Sigurnosni povratni vod.



Slika 2. Cirkulacijska pumpa ugrađena u polazni vod *iza* neutralne točke O



Slika 3. Cirkulacijska pumpa ugrađena u povratni vod *ispred* neutralne točke O



Slika 4. Cirkulacijska pumpa ugrađena u povratni vod između neutralne točke O i toplinskog izvora

#### 4. ANALIZA POZICIJE UGRADNJE CIRCULACIJSKE PUMPE

Na slici 2. prikazana je ugradnja cirkulacijske pumpe u polazni vod, iza neutralne točke O. Pogonsko gorivo kotla je drveni otpad, a ogrjevnja tijela (grijači cirkulirajućeg zraka ili slično) su potrošači toplinske energije. Veći dio instalacije, dionica ABCO je pod dinamičkim predtlakom, a manji dio, dionica ODA pod dinamičkim podtlakom. Ekspanzijska posuda treba biti ugrađena iznad cirkulacijske pumpe, minimalno za visinu njene dobave  $H (h_p)$  i najmanje  $\geq 0,6$  m iznad najvišeg dijela instalacije.

Kada je cirkulacijska pumpa ugrađena u povratni vod, ispred neutralne – prekretno točke O, veći dio instalacije je pod dinamičkim podtlakom, dionica ODBCA, a manji dio, dionica AO, pod dinamičkim predtlakom, prema slici 3. Kako se statički tlak smanjuje s visinom, a ukupni tlak u sustavu ( $p_{\text{ukupno}} = p_{\text{statički}} - p_{\text{dinamički}}$ ) postaje sve manji (može se približiti atmosferskom tlaku) i otvorenu ekspanzijsku posudu treba postaviti iznad najvišeg dijela instalacije najmanje za visinu dobave pumpe  $H (h_p)$ .

Najpovoljniji način ugradnje cirkulacijske pumpe je u povratni vod između neutralne točke O i toplinskog izvora – kotla (izmjenjivača topline) – slika 4. U tom slučaju je najveći dio instalacije pod dinamičkim predtlakom, dionica ADBCO, a manji dio, dionica OA,

pod dinamičkim podtlakom. No kako se ispred i iza cirkulacijske pumpe ugrađuju zaporni organi, na dionici cjevovoda sigurnosni povratni vod - kotao ne smije biti tehničke mogućnosti prekida cirkulacije tekućine, stoga se ovaj način u praksi ne primjenjuje.

Uz precizan hidraulički proračun i dobro osmišljeno tehničko rješenje (gdje je to moguće) cirkulacijsku pumpu je poželjno ugraditi u termotehnički sustav prema slici 2.

#### 5. ZAKLJUČAK

Prikazano i opisano je mjesto ugradnje te sigurnosno tehnička funkcionalnost otvorene ekspanzijske posude u termotehničkom sustavu s toplovodnim kotlom i pogonom na biomasu (drvni ostaci i otpad). Ilustrirane su praktične mogućnosti ugradnje cirkulacijske pumpe u termotehničkom sustavu u odnosu na neutralnu točku O. Istaknuta je uska povezanost prostornog oblikovanja građevina i termoenergetskog postrojenja, toplinskog i hidrauličkog proračuna termotehničkog sustava i visine ugradnje otvorene ekspanzijske posude s uvjetom postizanja dovoljnog statičkog tlaka, kako bi ukupni tlak pri radu cirkulacijske pumpe postavljene iza neutralne točke O na svakom mjestu u instalaciji bio veći od atmosferskog tlaka.

## 6. LITERATURA

- [1] Svjatkov, S., N.: Pneumatski transport usitnjenog drveta, Moskva, 1966.
- [2] Reknagel – Šprenger – Henman: Grijanje i klimatizacija s pripremom potrošne vode i rashladnom tehnikom, Građevinska knjiga, Beograd, 1987.
- [3] Ritschel – Reiss: heiz und Klimatechnik, Band 1, 2, Springer Verlag, 1968., 1979.
- [4] Fischer, L., J.: Die Pumpen Warmwassrheizung, Marhold Verlag, Berlin, 1966.
- [5] Radaković, M. Biodizel, biogas, biomasa. Beograd: AGM knjiga, 2009.
- [6] Labudović, B. i suradnici. Obnovljivi izvori energije. Zagreb: Energetika marketing, 2002.

### Kontakt autora:

**Doc. dr. sc. Ante Čikić, dipl. ing. stroj.**

Visoka tehnička škola u Bjelovaru  
Trg E. Kvaternika 4, 43000 Bjelovar  
acikic@vtsbj.hr

**Kristijan Pavec (bivši student)**

Visoka tehnička škola u Bjelovaru  
Trg E. Kvaternika 4, 43000 Bjelovar  
pavec.kristijan@gmail.com