

## Primerjava dveh visokotemperaturnih toplotnih črpalk za proizvodnjo sanitarne vode

Igor Ivanovski<sup>1</sup> – Darko Goričanec<sup>2</sup> – Julijan Jan Salamunič<sup>3</sup> – Tina Žagar<sup>4,\*</sup>

<sup>1</sup> IVD Maribor, Slovenija

<sup>2</sup> Univerza v Mariboru, Fakulteta za kemijo in kemijsko tehnologijo, Slovenija

<sup>3</sup> Inter oil d.o.o., Slovenija

<sup>4</sup> Ministrstvo za gospodarski razvoj in tehnologijo, Slovenija

Evropska unija se je zavezala k zmanjšanju emisij toplogrednih plinov za vsaj 80 % do leta 2050. Toplotne črpalke bi lahko imele pomembno vlogo za doseganje tega cilja. Na tržišču obstajajo že dalj časa znane toplotne črpalke za nizkotemperaturno ogrevanje (talno ogrevanje, nizkotemperaturni radiatorji, konvektorji...), v zadnjem času pa so se pojavile visokotemperaturne toplotne črpalke za daljinsko ogrevanje in pripravo večjih količin sanitarne vode (npr. v mesni in mlečni industriji), ki izkoriščajo nizkotemperaturne vire kot so: geotermalna voda, odpadna toplota hladilnih sistemov, industrijska odpadna toplota, odpadna toplota dimnih plinov, itd.

Članek primerja energetske učinkovitosti visokotemperaturne toplotne črpalke s hladilom amonijak in transkritično toplotno črpalko s hladilom ogljikov dioksid v smislu grelnega števila COP pri segrevanju sanitarne vode na 65 °C do 85 °C.

Ogljikov dioksid ima v primerjavi s klasičnimi hladili, ki se trenutno uporabljajo v nizkotemperaturnih toplotnih črpalkah, relativno majhen vpliv na globalno segrevanje in ničelni vpliv na razgradnjo ozona, amonijak pa nima vpliva na globalno segrevanje in razgradnjo ozona. Slabost uporabe amonijaka je v njegovi toksičnosti in eksplozivnosti. Po drugi strani ima amonijak izredno visoko latentno toploto, kar omogoča, da se z manjšim pretokom hladila v visokotemperaturni toplotni črpalki doseže visok energetski izkoristek. Slabost uporabe ogljikovega dioksida je v višjih obratovalnih tlakih v uparjalniku in kondenzatorju, kar pomeni da je izvedba dražja. Po drugi strani pa ima ogljikov dioksid dobre fizikalne lastnosti, kar omogoča visoko učinkovitost komprimiranja, in s tem visoko grelno število COP. Prav tako ni toksičen ali vnetljiv in je toplotno obstojen.

Visokotemperaturne toplotne črpalke so že bile predmet različnih raziskav, vendar pa v literaturi nismo zasledili primerjave obeh tehnologij za proizvodnjo sanitarne vode. Poleg tega ni bilo možno zaslediti modela v programu AspenPlus za simulacijo transkritične toplotne črpalke.

Raziskovalno delo je bilo teoretične narave, oblikovali smo modele obeh visokotemperaturnih toplotnih črpalk s prenosniki toplote dimenzioniranimi posebej za ogrevanje sanitarne vode. Prav tako smo zasnovali model za dvostopenjsko visokotemperaturno toplotno črpalko s hladilom amonijak.

Simulacije obratovanja obeh visokotemperaturnih toplotnih črpalk so bile izvedene v programskem paketu AspenPlus na podlagi termodinamične metode REFPROP. Glavna razlika obeh analiziranih procesov je v tem, da pri transkritični toplotni črpalki za kompresorjem ni klasičnega kondenzatorja, ogljikov dioksid se samo ohlaja pri nadkritičnem tlaku, pri visokotemperaturni toplotni črpalki pa amonijak kondenzira in se na ta način proizvede večina toplote v kondenzatorju. V primerih z veliko razliko med temperaturo kondenzacije in uparjanja je tlačno razmerje kompresorja pri uporabi amonijaka previsoko, zato je bila zasnovana dvostopenjska visokotemperaturna toplotna črpalka z vmesnim hladilnikom, ki se je uporabil za predgrevanje sanitarne vode.

Na osnovi rezultatov računalniških simulacij je razvidno, da visokotemperaturna toplotna črpalka, ki uporablja hladilo amonijak, dosega višje grelno število COP, kot transkritična toplotna črpalka, ki uporablja hladilo ogljikov dioksid. V primeru segrevanja sanitarne vode na temperaturo 75 °C in pri uparjanju hladila pri 20 °C je grelno število COP za visokotemperaturno toplotno črpalko znašalo 5,18, medtem ko je za iste pogoje grelno število za transkritično toplotno črpalko znašalo 4,40. Razlike med grelnimi števili so bile najvišje v primeru višje temperature uparjanja hladila in nižje temperature segrevanja sanitarne vode.

**Ključne besede:** toplotna-črpalka, sanitarna voda, COP, REFPROP, amonijak, ogljikov dioksid