BIBLID 0350–1426 (206)

Voda za piće kao izvor toplote za nove toplotne pumpe od 6,5 MW u najstarijoj mreži daljinskog grejanja u Danskoj

Drinking water as heat source in new 6.5 MW heat pump in Denmark's oldest district heating network

Henrik SCHMIDT, menadžer projekta za projekat toplotnih pumpi, Danska
Hans Martin Bajer KÜHL*, direktor odseka za energetiku i životnu sredinu u komunalnom preduzeću Frederiksberg, Danska

U skladu sa strateškim planovima za energetiku do 2030. godine, preduzeće za daljinsko grejanje (DG) iz Frederiksberga, Danska, načinilo je značajan korak ka ostvarenju daljinskog grejanja bez goriva. Proslavljajući 120-godišnjicu od začetka ove mreže, uspostavljen je nov sistem toplotnih pumpi snage 6,5 MW – baš tamo gde je začeta prva danska mreža za daljinsko grejanje.

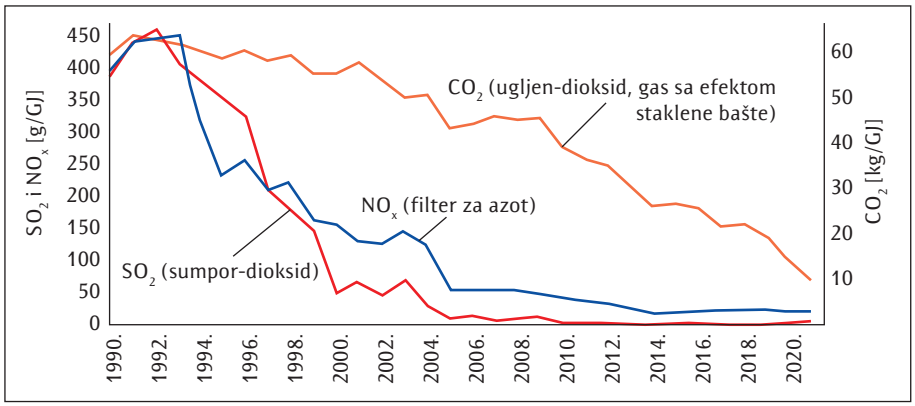
In line with the 2030 energy strategy plans, Frederiksberg District Heating (DH) Company has taken a significant step toward fuel-free district heating production. Marking 120 years since the network's inception, a new 6.5MW renewable heat pump system has been established – right where Denmark's oldest district heating network began.

Slika 1. Tokom 2023. godine u novom postrojenju za tretman i distribuciju vode u Frederiksbergu uspostavljen je sistem toplotnih pumpi snage 6,5 MW koje rade na obnovljivu energiju

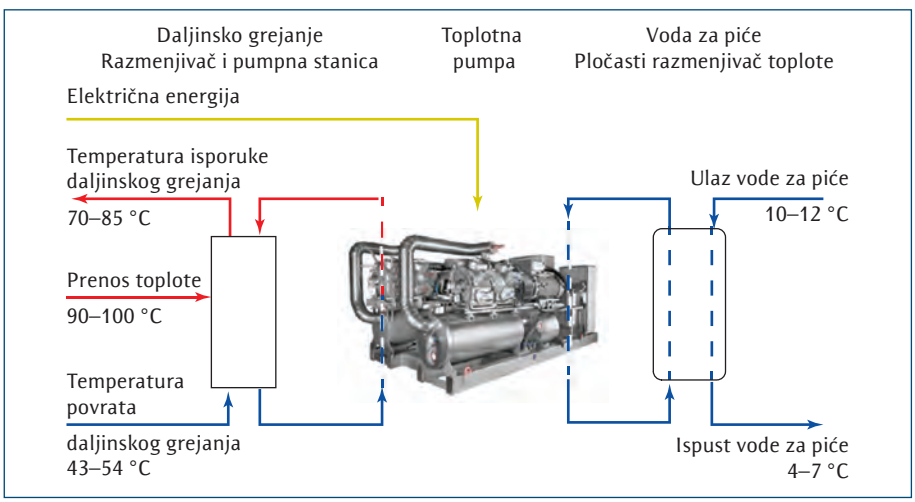
Na osnovu detaljnog projektnog plana u kome su navedene sve socijalne, ekonomske i ekološke koristi u skladu sa nacionalnim zakonodavstvom, toplotne pumpe su tehnološki i politički odobrene. Na osnovu nacionalnih smernica, procenjuje se da će postrojenje sa toplotnim pumpama proizvoditi 4.700 MWh toplotne enegrije godišnje i da će se tokom njegovog 20-godišnjeg životnog veka emisije CO_2 smanjiti za skoro 5.000 tona.

* *Autor za korespondenciju: haku@frb-forsyning.dk*

Tekst je objavljen u časopisu HOT COOL, 1/2025 (ISSN 0904 9681) i preveden uz dozvolu izdavača. Elektronska verzija originalnog teksta dostupna je ovde: https://dbdh.org/drinking-water-as-heat-source-in-new-6-5mw-heat-pump-in-denmarks-oldest-district-heating-network/



Slika 2. Istorijski prikaz prosečnih emisija iz daljinskog grejanja od 1990. u širem području Kopenhagena. Izvor: www.veks.dk



Slika 3. Šema sistema toplotne pumpe za vodu za piće snage 6,5 MW koji ilustruje odvajanje vode za piće i rashladne vode sa posrednim kolom

Danska pomno prati i na godišnjem nivou, u deklaracijama o životnoj sredini, objavljuje emisije iz daljinskog grejanja. Prema izveštaju iz 2023. godine, emisije CO_2 iz sistema daljinskog grejanja šireg Kopenhagena su od 1992. godine u stabilnom silaznom trendu i sada iznose oko 10 kg/GJ CO_2.

Osim u cilju smanjenja emisija CO_2, ovaj projekat predstavlja ukupnu strategiju dalje elektrifikacije mreže daljinskog grejanja šireg Kopenhagena.

Energetski sistem Danske je tokom godina prolazio kroz velike promene, što za posledicu ima potrebu za daljim povezivanjem sektora energetike. Mešavina električne energije u Danskoj se uglavnom sastoji od energije vetra i solarne energije – 63% tokom 2023. godine. Danska agencija za energetiku očekuje da će se 2030. godine ovaj broj popeti na 90%.

Pošto kolebljiva električna energija sve više postaje okosnica energetske infrastrukture u Danskoj, ukazuje se rastuća potreba za fleksibilnošću u smislu potrošnje. Daljinsko grejanje može da pomogne energetskom sistemu korišćenjem električne energije iz kolebljivih izvora kada takve energije ima u obilju. Međutim, daljinsko grejanje može da pomogne samo ukoliko sistem može da reaguje na cenovne signale sa tržišta električne energije.

Šira primena toplotnih pumpi za 100% obnovljivi Kopenhagen

Toplotne pumpe i drugi električni načini za proizvodnju toplote treba da se koriste kada su cene električne energije niske, što generalno znači kada postoji visok udeo solarne energije i energije vetra. 85% toplotne energije koja se isporučuje sistemu daljinskog grejanja za širi Kopenhagen, danas se proizvodi iz obnovljivih izvora toplote.

Radi daljeg povećavanja upotrebe obnovljivih izvora toplote do 100%, očekuje se veliki rast proizvodnje toplote iz električne energije pošto će se tokom sledećih godina primenjivati toplotne pumpe.

Postoje planovi za ispitivanje mogućnosti za primenu dodatnih toplotnih pumpi u mreži daljinskog grejanja šireg Kopenhagena, korišćenje morske vode i otpadne vode iz kanalizacije, slično novom sistemu toplotnih pumpi od 6,5 MW koji je predstavljen u ovom dokumentu.

Ove toplotne pumpe po sistemu voda–voda nude veću energetsku efikasnost od toplotnih pumpi vazduh–voda.

Voda za piće kao izvor toplote za novi sistem toplotnih pumpi od 6,5 MW

Sistem toplotnih pumpi u Frederiksbergu koristi vodu za piće iz novouspostavljenog postrojenja za tretman i distribuciju vode za piće kao ulazni izvor toplote.

Frederiksberg se nalazi iznad podzemnog izvora vode koji je još od 1847. godine služio kao glavni izvor vode za dansku pivaru Carlsberg, dok od 1869. godine služi kao podzemni izvor vode koja se distribuira u Frederiksbergu.

U periodu 2020–2022. godine, komunalno preduzeće iz Frederiksberga je izgradilo novu zgradu sa postrojenjem za tretman i distribuciju vode za piće, u kojoj se nalazi i sistem toplotnih pumpi. Zbog strogih ograničenja u odnosu na dostupnu površinu zemljišta u oblasti Frederiksberg, ovo postrojenje je smešteno u zgradi visokoj 27 m, u kojoj se sistem toplotnih pumpi nalazi na najvišem spratu, 20 m iznad zemlje.

Optimizovanje toplotnih pumpi dinamičnim protokom vode

Ovo komunalno preduzeće u proseku obezbeđuje oko 14.000 m^3 vode dnevno. Oko 50% ove vode dolazi iz podzemnog rezervoara vode u Frederiksbergu, odakle se ona iz podzemlja pumpa konstantnim intenzitetom od 300 m^3/h radi održavanja stabilnog nivoa podzemne vode i sprečavanja plavljenja gusto naseljenih delova Frederiksberga i delova Kopenhagena koji se nalaze u blizini. Preostalih 280 m^3/h neobrađene vode dolazi iz postrojenja za tretman vode koja se nalaze van zone šireg Kopenhagena koja su sastavni deo primarnog sistema za snabdevanje vodom za piće za celu širu zonu grada Kopenhagena.

Potrošnja vode isporučene u oblasti zajednice Frederiksberga varira tokom dana, krećući se od oko 250 m^3/h noću do 1.200 m^3/h tokom jutarnjih i ranih večernjih, vršnih, sati. Si-

stem toplotnih pumpi je projektovan sa velikom fleksibilnošću kako bi se izborio sa kolebljivim izvorom toplote iz vode za piće. Zbog uslova postupka u postrojenjima za preradu vode, protok vode se po pravilu smanjuje za oko 30% neposredno nakon jutarnjih i ranih večernjih sati. Sistem toplotnih pumpi se automatski i efikasno prilagođava ovakvim promenama.

Siguran i efikasan prenos toplote u sistemima vode za piće

Novi sistem toplotnih pumpi je projektovan sa indirektnim cirkulacionim kolom koje razdvaja komunalnu vodu od glavne toplotne pumpe, što je zaštita kojom se sprečava zagađenje komunalne vode u slučaju curenja iz toplotnih pumpi pod visokim pritiskom. Toplota se iz vode prenosi u cirkulaciono kolo u dva paralelno instalirana pločasta razmenjivača toplote od nerđajućeg čelika. Kontrolni sistem obezbeđuje da sistem uvek radi tako da je na strani pijaće vode pritisak uvek niži od pritiska cirkulacionog kola.

Temperatura komunalne vode dostupne za sistem toplotnih iznosi između 9 °C i 12 °C, u zavisnosti od godišnjeg doba. Toplota se izdvaja u sistemu toplotnih pumpi na temperaturu ispuštanja vode za piće između 4 °C i 7 °C.

Uspešno preuzimanje toplote na temperaturi vode za piće

Pre tehničkog, ekonomskog i političkog odobrenja projekta, sprovedena je detaljna analiza temperature vode za piće u podzemnom cevovodu Frederiksberga da bi se utvrdili ekološki i socioekomski efekti ponovnog grejanja vode na potrošače tokom postupka odobravanja projekta. Zbog grejanja vode za piće u podzemnom cevovodu za distribuciju, prosečna temperatura vode za piće će biti smanjena za oko 1 °C za prosečnog stanovnika Frederiksberga. Oko 1/3 za tipičnu urbanu potrošnju se po pravilu ponovo greje za potrošače, što u ovom projektu odgovara oko 5% ukupne toplote proizvedene putem sistema toplotnih pumpi.

Snabdevanje daljinskim grejanjem iz novog sistema daljinskog grejanja obnovljivom toplotom na toplotne pumpe od 6,5 MW

Novi sistem toplotnih pumpi na obnovljivu toplotu od 6,5 MW direktno je povezan sa sistemom daljinskog grejanja koji se nalazi u blizini glavne razmenjivačke stanice toplotne energije iz prenosa sa nominalnim kapacitetom prenosa toplote od oko 25 MW. Ukupan kapacitet celokupnog sistema daljinskog grejanja u Frederiksbergu iznosi oko 125 MW.

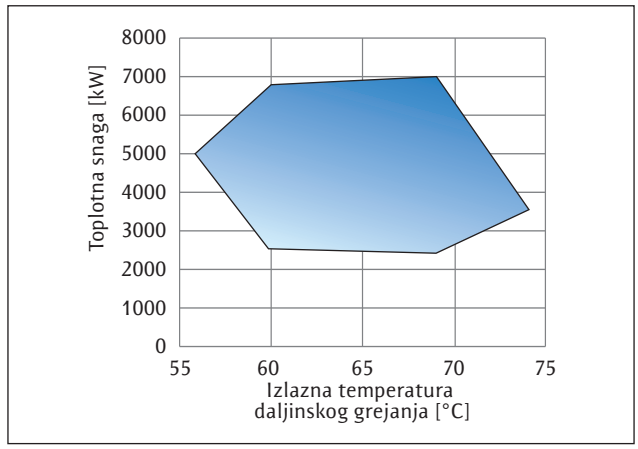
Povratna temperatura u sistem daljinskog grejanja u ovom gradu po pravilu iznosi 43–54 °C, dok se ulazna temperatura u sistemu automatski kontroliše u stanici za distribuciju daljinskog grejanja putem sistema za optimizaciju energije na između 70 °C i 85 °C, u zavisnosti od vremenskih uslova.

Fleksibilan i efikasan sistem amonijačnih toplotnih pumpi za optimalne rezultate

Sistem toplotnih pumpi se sastoji od četiri paralelne dvostepene amonijačne klipne toplotne pumpe od 1,75 MW. Četiri pojedinačne toplotne pumpe daju visoku fleksibilnost sistemu koji je dokazao da može efikasno da se izbori kako sa kolebanjima toplotnog ulaza u sistem toplotnih pumpi tako i sa zahtevima u pogledu daljinskog grejanja koje se isporučuje iz sistema toplotnih pumpi.

Sistem toplotnih pumpi je projektovan za automatski rad sa izlaznom toplotom u opsegu od 2,5–6,5 MW. Kontrolni sistem osigurava optimizaciju radnih parametara u stvarnom vremenu u cilju proizvodnje najvećeg mogućeg toplotnog izlaza iz dostupnog izvora toplote uz optimalan koeficijent učinka električne energije COP.

Visoka efikasnost električne energije je važan cilj prilikom odabira opreme za projekat kako bi se osigurao konkurentan izvor toplote.



Slika 4. Dijagram kapaciteta za novi, veoma fleksibilni, sistem toplotnih pumpi od 6,5MW

Toplotne pumpe su testirane pod opterećenjem od 100% u celokupnom temperaturnom opsegu daljinskog grejanja i dokazana je električna efikasnost koja izražena u COP iznosi između 3,6 i 3,9, što se smatra veoma povoljnim za cikluse amonijačnih toplotnih pumpi pod preovlađujućim okolnostima.

Slika 5. Postojeća kotlarnica i postrojenje za vodosnabdevanje sa novim sistemom toplotne pumpe od 6,5 MW pored originalne i najstarije zgrade za pretvaranje otpada u energiju u Danskoj iz 1903. godine. Stara kotlarnica je renovirana i sada u njoj postoji mali kafić i objekti za javnu upotrebu.

Osnovni podaci o Komunalnom preduzeću Frederiksberg

- Društvo sa ograničenom odgovornošću koje je 100% u vlasništvu opštine Frederiksberg i koje radi kao neprofitna organizacija. Preduzeće za daljinsko grejanje iz Frederiksberga je deo matičnog komunalnog preduzeća.
- Godišnji promet: 94 miliona EUR.
- Aktivnosti: Opslužuje 100,000 građana opštine Frederiksberg. Odgovorno je za distribuciju gasa, daljinskog grejanja i komunalne vode kao i za sisteme odlaganja otpadnih i površinskih voda.

Sistem daljinskog grejanja šireg Kopenhagena je potpuno integrisan u jednu veliku mrežu koja toplotom snabdeva industrijske zgrade i oko milion stanovnika.

Isporuka toplotnog opterećenja u mrežu daljinskog grejanja šireg Kopenhagena se zasniva na liberalizovanom tržištu toplotne energije, gde različita postrojenja za proizvodnju toplotne energije nude toplotu za ceo sistem daljinskog grejanja 24 sata dnevno, 7 dana u nedelji.

Projekat toplotnih pumpi uključuje poluautomatski sistem nadmetanja koji je integrisan u automatski sistem za kontrolu postrojenja.

Novi sistem toplotnih pumpi u istorijskoj perspektivi

Godine 1903. gradsko veće Frederiksburga je uspostavilo ovaj prvi kompleks daljinskog grejanja kako bi se prevazišli rastući izazovi sve većeg broja stanovnika u veoma gusto naseljenoj opštini i kako bi se odgovorilo na potrebu za toplotnom i električnom energijom za novoizgrađenu obližnju bolnicu.

Ovo prvo postrojenje za pretvaranje otpada u energiju je zamenjeno savremenim, energetski efikasnijim postrojenjem sa većim kapacitetom, zasnovanom na rotacionim incineratorima, koje je stavljeno u pogon 1934. godine. Ovo postrojenje je radilo sledeću 41 godinu, sve do 1975. kada je povučeno iz rada. Tokom energetske krize 70-tih godina 20. veka, opštine u široj zoni Kopenhagena su se udružile da bi uspostavile zajednički sistem daljinskog grejanja, i 1984. godine je osnovano gradsko preduzeće za prenos toplotne energije u Kopenhagenu „CTR".

Novi sistem toplotnih pumpi od 6,5M W znači da Frederiksberg sada opet proizvodi toplotu.

Tako je posle 120 godina u Fridriksbergu instalirana nova tehnologija za proizvodnju toplote iz električne energije, koja će, nadamo se, postati inspiracija za druge snabdevače daljinskim grejanjem, pošto je neophodno da istražimo sve moguće izvore toplote da bismo nastavili sa daljom elektrifikacijom sistema daljinskog grejanja.

kgh