

Bibliid: 0350-2953 (2010) 36: 4, 438-446

UDK: 621.57:636

Pregledni rad

Review paper

PRIMENA TOPLOTNE PUMPE U STOČARSTVU USAGE OF HEAT PUMP IN LIVESTOCK HUSBANDRY

Miodrag Zoranović¹, Aleksandra Dimitrijević², Anđelko Bajkin¹, Ponjičan Ondrej¹, Mladen Ivanišević¹, Vlado Potkonjak¹

¹Poljoprivredni fakultet, Novi Sad, Trg Dositeja Obradovića 8.

²Poljoprivredni fakultet, Zemun,-Beograd, Nemanjina 6.*

E-mail: zormi@polj.uns.ac.rs

SAŽETAK

Radi uštede i racionalnog korišćenja energije, sve veća pažnja posvećuje se upotrebi toplotnih pumpi. Proizvođači i propagatori sistema toplotne pumpe akumulirali su pouzdana iskustva njihovog korišćenja u formi snabdevača toplote za domaćinstva, uglavnom putem sistema toplog poda. Moguća je upotreba toplotne energije dobijene toplotnom pumpom za različite procese u poljoprivredi, uključujući prasad, kako u prasilištima, tako i odgajivalištima, radi zagrevanja njihovih odmarališta. Na osnovu različitih eksploatacionih uslova u stanarskim i objektima za krupnu stoku, rezultati istraživanja ukazuju na značaj pažljive procene tipa toplotne pumpe za upotrebu, posebno u oborima za uzgoj svinja. Najesencijalniji faktor, koji deluje na efektivnost operativnosti toplotne pumpe, jeste temperatura zagrevne površine stambenih prostora zagrevanih sistemom toplog poda 25-30°C, dok je za odmarališna mesta prasadi zagrevana betonskim podnim panelom u okviru limita 35-40°C. Za povećanje koeficijenta efikasnosti vazdušne toplotne pumpe, od posebnog interesa je regulacija mikroklimata u stočarskim objektima. U tu svrhu, od posebnog interesa je upotreba vlažnih filtera za vazduh sa niskim padom pritiska. Pored mogućnosti redukcije opasnosti od mikroorganizama, organske i mineralne prašine, u interakciji sa toplotnom pumpom, moguće su značajne uštede toplotne energije, poboljšanja outputa tehnološkog procesa sa povišenjem kvaliteta baznog proizvoda i zaštite životne sredine.

Ključne reči: vazduh, toplotna pumpa, koeficijent efikasnosti, prase, vlažni prečistač

1. UVOD

Tokom prvih nedelja života prasadi na sisi, u zoni njihovih odmarališta temperatura površine za ležanje treba da je 32-35°C, koja postepeno opada na vrednost u intervalu 22-24°C, pri odbijanju prasadi od sise i njihovom preseljenju u odgajivalište. U zoni odmarališta za prasad, temperatura podne površine mora biti održavana u intervalu 27-22°C. Održavanje ovakvog komfora zahteva dodatnu toplotnu energiju. Potrebna snaga grejača određena je sa nekoliko faktora: dizajn odmarališta, spoljni klimatski uslovi, kao i gubitak toplote iz objekta. Kada je odmaralište projektovano racionalno, potrebna snaga grejača je 250 W na prosečnom nivou, a obično ne prelazi 400 W (Ilsters, 2001). Usled

povišenja cene električne energije, zagrevanje prasadi sa električnim grejačima, infracrvenim lampama i električnim prostiračima, retko je sretljiva. Za slučaj zagrevanja betonskim panelima sa toplom vodom, za održavanje temperature površine za ležanje koristi se bojler. Kao gorivo, zavisno od lokalnih mogućnosti, koriste se jeftiniji ili dostupni materijali kao što su: ogревно drvo, ugalj, prirodni gas, tečni gas itd. Zaliha fosilnog goriva ograničena je. Pored toga, upotreba fosilnih goriva vezana je za zagađenje okruženja. Dakle, u celom svetu sve veća pažnja posvećuje se ekonomičnosti upotrebe tradicionalnih, kao i alternativnih i obnovljivih energetske resursa. Jedna od solucija za upotrebu obnovljive energije jeste primena toplotnih pumpi u toplotom snabdevajućim sistemima. Na primer, u Latviji su akumulirana neka iskustva u primeni toplotnih pumpi za snabdevanje toplotom različitih stambenih prostora. Upotreba toplotnih pumpi u oblasti poljoprivrednih tehnoloških procesa nije dovoljno istražena. U domaćim uslovima ta oblast je skoro nepoznata, osim sve šire primene za stambene svrhe. U mnogim slučajevima, prodavci i propagatori sistema toplotnih pumpi nisu kompetentni i u mogućnosti da pruže razložne preporuke za instalaciju i korišćenje ove opreme. Evo nekoliko jedinstvenosti i razlika kada se koristi sistem toplotne pumpe u stočarskim objektima, uključujući zagrevanje odmarališta za prasad:

- Odmaralište za prasad mora biti dogrevano čak tokom cele godine u rundama, a ne samo tokom hladnih perioda.
 - Toplotna pumpa mora da radi u temperaturnom intervalu 22-36°C umesto 20-22°C, kao kod stambenih objekata sa sistemom toplog poda.
 - Na farmama krupne stoke moguće je ponavljajuće zagrevanje hladnog spoljnog vazduha na ulazu u objekat tokom aktivnosti ventilacionog sistema.
- Cilj istraživanja na ovom polju jeste pronalaženje rešenja za navedena pitanja.

2. MATERIJAL I METOD RADA

Istraživanje je sprovedeno putem analize tehnoloških mogućnosti i tehničkih parametara današnjih tipova toplotnih pumpi s aspekta njihovog poređenja prema zahtevima definisanim za upotrebu zagrevanja odmarališta za prasad u kaveznom sistemu uzgoja. Tokom eksperimentalnog istraživanja registruje se sledeće: temperatura nosioca toplote (obično voda), na početku i kraju toplotne petlje (npr. HOB0 senzori, tačnosti 0,02° C), količina recirkulisane vode (merenje protoka vode sa stepenom tačnosti do 0,0001 m³), i količina energije angažovane od toplotne pumpe (dva električna merenja, tačnosti 0,01 kWh). U saglasnosti sa dobijenim eksperimentalnim podacima, proračunavaju se toplotna energija angažovana za grejanje odmarališta za prasad, kao i snaga za pogon toplotne pumpe.

Efikasnost toplotne pumpe okarakterisana je koeficijentom prenosa energije ili koeficijentom efikasnosti (coefficient of performance COF), koji predstavlja odnos između količine toplotne energije dobijene toplotnom pumpom i utrošenog rada za njenu operativnost, a proračunava se prema Dagnijevoj formuli:

$$K = \frac{Q}{P},$$

gde su:

K-koeficijent efikasnosti;

Q-količina dobijene toplotne energije, J i

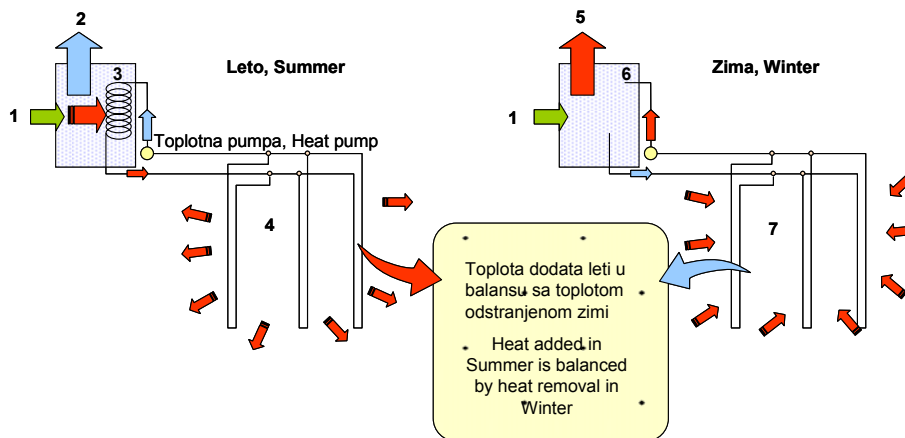
P-rad utrošen za operativnost toplotne pumpe, J.

3. REZULTATI I DISKUSIJA

3.1 Tipovi toplotnih pumpe

Geotermalne toplotne pumpe postaju sve pogodnije kako troškovi energije i održavanja opreme rastu. Kada su pravilno dizajnirane i instalirane, one ne samo da redukuju upotrebenu energiju, nego snižavaju troškove održavanja i produženje veka korišćenja opreme. One su veoma jednostavni uređaji sa malom razlikom od tradicionalnih toplotnih pumpe. Iako su dodatni troškovi zemljišne petlje, petlje u jezeru ili vodenog bunara značajni, jednostavna geotermalna toplotna pumpa ne treba da košta više od standardne toplotne pumpe, a mnogo je jeftinija od unutrašnjih komponenti velikih zgrada HVAC sistema.

Na sl. 1 predstavljena je šema zatvorene geotermalne toplotne pumpe (Ground source heat pump GSHP), poznata pod imenom zemljišno spregnuta toplotna pumpa (ground-coupled heat pump GCHP). Po adekvatnom principu, cevovodna petlja raspoređena je u zemlji, koja je značajno toplija od spoljnog vazduha tokom zime. Voda cirkuliše kroz petlje i zgradu, gde toplotna pumpa odstranjuje toplotu iz vode raspoređujući je u ambijentalni vazduh. Kako voda ulazi, zbog kontakta sa zemljom, toplotna pumpa je relativno topla, a koeficijent efikasnosti mnogo je viši od spoljne vazdušne toplotne pumpe. Zemljišne toplotne pumpe mogu da raspoložu koeficijentima efikasnosti K iznad 4, kada je ostvarena delotvorna konekcija između zemlje i cevovodne petlje.



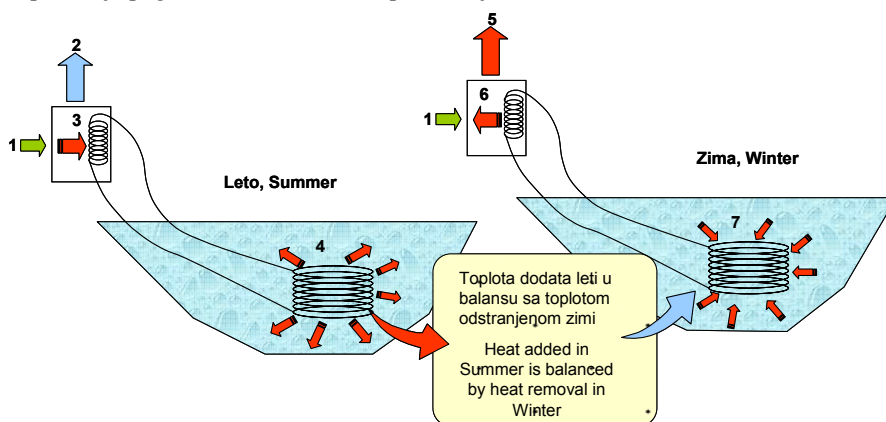
Sl. 1. Zemljišno spregnuta toplotna pumpa (zatvorena petlja) (Kavanaugh, 2008)

Fig. 1. Ground-coupled heat pump (closed loop GSHP) (Kavanaugh, 2008)

- 1-Električni pogon TP, Electricity power of HP;
- 2-Hladan vazduh raspodeljen u prostoriju, Cool air delivered to house;
- 3-TP raspodeljuje toplotu odstranjenu iz vazduha ka vodenoj petlji, HP delivers heat removed from air to water loop;
- 4-Toplota u vodenoj petlji prenesena u zemlju, Heat in water loop transferred to ground;
- 5-Topao vazduh raspodeljen u objektu, Hot air delivered to house;
- 6-TP odstranjuje toplotu iz vodene petlje u vazduh, HP removes heat from water loop to air;
- 7-Toplota u zemlji estrahovana sa vodenom petljom, Heat in ground extracted by water loop

Proces je obrnut za slučaj hlađenja. Toplota je oduzeta od unutrašnjeg vazduha i raspodeljena u vodenu petlju, koja je odaje u zemlju. Zemljišne toplotne pumpe, takođe, raspoložu sa visokom efikasnošću hlađenja, dok je zemlja mnogo hladnija od vazduha tokom leta.

Na sl. 2 opisan je sistem površinske toplotne pumpe (surface heat pump system SWHP), koja koristi spiralni kalem uronjen u jezero, time zamenjujući zemljišnu petlju. Površinska toplotna pumpa može biti čak mnogo efikasnija u hlađenju od zemljišnih toplotnih pumpi, ako je jezero dublje od 9 m. Međutim, dublja jezera su čak hladnija tokom zime od zemlje, čime zemljišni spiralni kalem sistem funkcioniše neznatno bolje u procesu hlađenja. Površinske toplotne pumpe su tipično manje skupe od geotermalnih toplotnih pumpi, ako je pogodno vodeno telo u neposrednoj blizini.

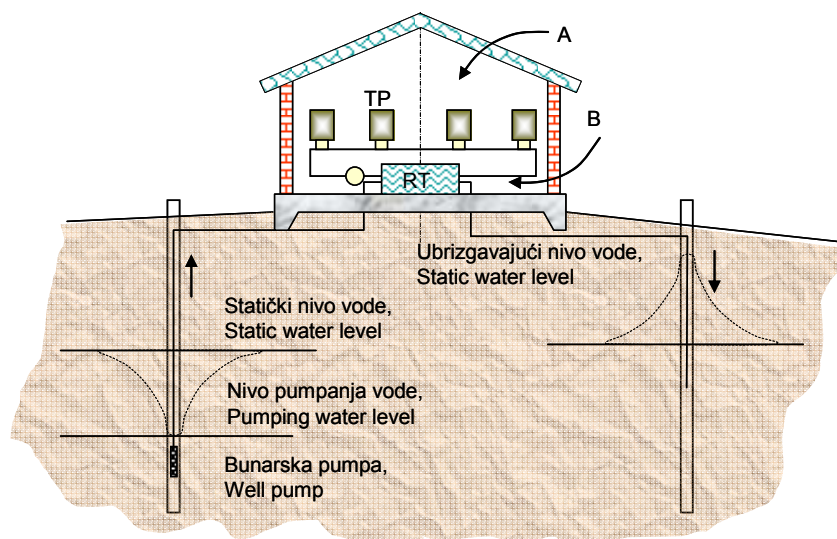


Sl. 2. Toplotna pumpa sa jezerom kao izvorom toplote (Kavanaugh 2008)

Fig. 2. Lake source heat pump (Kavanaugh, 2008)

1-Električni pogon TP, Electricity power of HP; 2-Hladan vazduh raspodeljen u objekat, Cool air delivered to house, 3-TP raspodeljuje toplotu odstranjenu iz vazduha na vodenu petlju, HP delivers heat removed from air to water loop; 4-Toplota u vodenoj petlji prenesena u jezero, Heat in water loop transferred to lake; 5-Topao vazduh raspodeljen u objekat, Hot air delivered to house; 6-TP odstranjuje toplotu iz vodene petlje i raspodeljuje u vazduh, HP removes heat from water loop and delivers it to air

Na sl. 3 opisan je sistem zemljišno vodene toplotne pumpe (Ground Water Heat Pump GWHP). Voda se ispuvava iz bunara kroz toplotno izolovan razmenjivač toplote, a potom vraća kroz ubrizgavajući bunar. Toplotne pumpe odbacuju (hlađenje) i absorbuju (grejanje) toplotu iz zemljišne vode preko razmenjivača toplote i cevovodne petlje u zgradi. Ovako uređenje štiti toplotne pumpe od vode iz zemlje, ako je njen kvalitet sumnjiv. Bilo koje zahtevano prečišćavanje može biti lako sprovedeno u razmenjivaču od nerđajućeg čelika. Upotreba odlaganja putem ubrizgavajućeg bunara obezbeđuje izbegavanje ugrožavanja efektivne visine vodenog stuba na usisnoj grani pumpe. GWHP toplotne pumpe tipično su niže cene od GCHP i SWHP toplotnih pumpi u srednjim i velikim objektima. Efikasnost je uporediva sa GCHP i SWHP sve dok su dodati zahtevi pumpanja izjednačeni sa pogodnim temperaturama vode u zemlji.



Sl. 3. Sistem zemljišno vodene toplotne pumpe (otvorena petlja) (Kavanaugh, 2008)

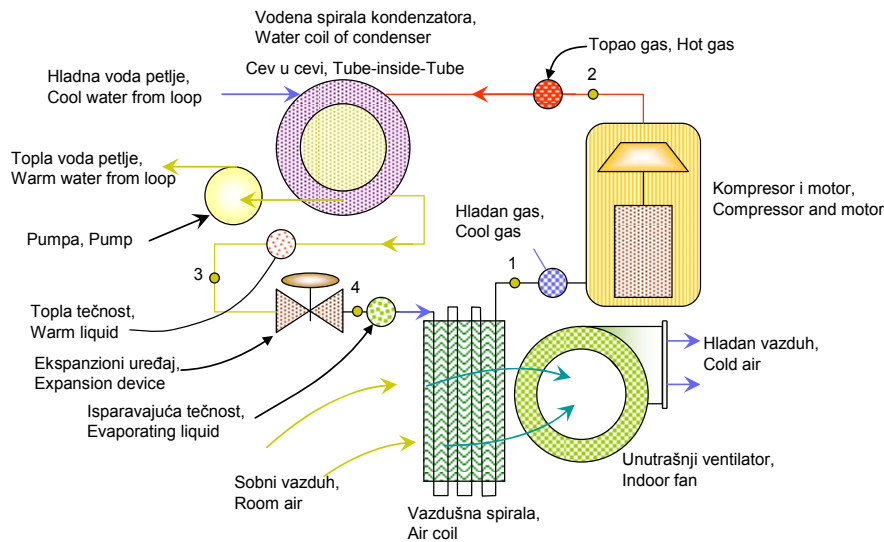
Fig. 3. Ground water heat pump system (open loop) (Kavanaugh 2008)

A-TP hladi ili greje vazduh i odbacuje ili odstranjuje toplotu u/iz vodene petlje objekta, HP cool or heat air and reject or remove heat to/from building water loop; B-Toplota odstranjena/dodata u vodenu petlju objekta preko razmenjivača toplote od prohroma RT, Heat removed/added to building water loop via stainless steel heat exchanger

3.2 Kako kondicioner vazduha funkcioniše

Vodeno izvorišni kondicioner vazduha ili toplotna pumpa, predstavlja varijaciju tradicionalne vazdušno izvorišne toplotne pumpe. Objašnjenje koje sledi prvo opisuje princip rada samo hladnjačkog vodeno izvorišnog vazdušnog kondicionera. Opis toplotne pumpe u procesima zagrevanja i hlađenja sledi nakon toga. Sama hladnjačka jedinica sastoji se od nekoliko komponenti, sl. 4:

- Kompresor pogonjen elektromotorom (tipično lociran unutar objekta).
- Spiralni kondenzator sa prstenastim cevovodom (cev u cevi), za paralelno razdvojen protok vode i rashladnog sredstva.
- Cirkulaciona pumpa, koja pokreće vodu kroz spiralni kondenzator i spoljnu vodenu petlju.
- Ekspanzioni uređaj (obično lociran unutar objekta), koji snižava pritisak u sistemu.
- Isparivačka spirala sa duplim cevovodom i mnogo peraja koja hlade i obaraju vlažnost vazduha.
- Unutrašnji ventilator za cirkulaciju vazduha preko hladnog spiralnog isparivača sa perajima.
- Rashladni fluid za promenu stanja „tečnost/gas“, pri odgovarajućem pritisku i temperaturi.
- Spoljna vodena petlja (zemljišna petlja, petlja u jezeru ili vodenom bunaru).



Sl. 4. Hlađenje-samo ciklus hlađenja (Kavanaugh, 2008)
 Fig. 4. Cooling-only refrigeration cycle (Kavanaugh, 2008)

Komponente funkcionišu na sledeći način:

Kompresor usisava rashladno sredstvo iz tačke četiri kroz cevovod u isparivačkoj spirali. Ova akcija uzrokuje isparavanje tečnog rashladnog sredstva, čime ono postaje hladnijim ($\approx 7^{\circ}\text{C}$). Isparelo rashladno sredstvo, unutar cevi hladi vazduh, koji cirkuliše sa spoljne strane peraste cevi pod dejstvom radnog kola unutrašnjeg ventilatora.

Da bi pokrenuo rashladno sredstvo od tačke jedan do tačke dva, ono mora biti podvrgnuto višem pritisku od kompresora. Kompresija uzrokuje zagrevanje rashladnog sredstva (sličan efekat pojavljuje se kod vazdušnog kompresora što može biti verifikovano brzim i brižnim dodiranjem sa linijom otpuštanja).

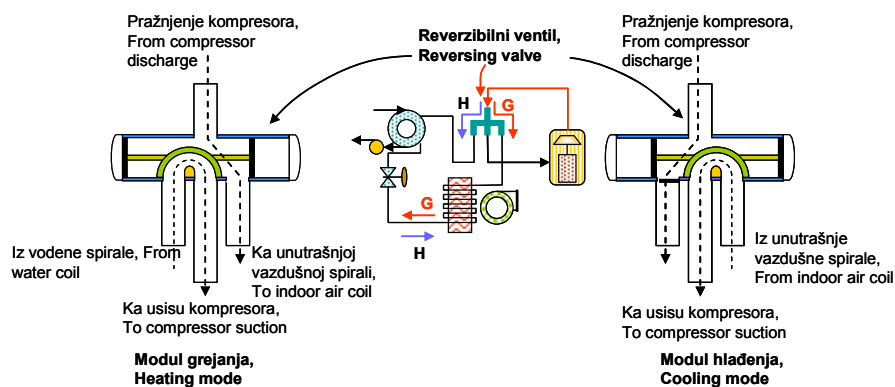
Zagrejano rashladno sredstvo prosleđuje se kroz prstenastu cev kondenzatora, gde nezavisno paralelno struji voda. Voda cirkuliše od cirkulacione pumpe kroz unutrašnju cev, time hladeći rashladno sredstvo i uzrokujući promenu njegovog stanja u „tečno“. Voda je obično temperaturnog opsega $10\text{-}32^{\circ}\text{C}$, i hladnija je od toplog rashladnog sredstva ($32\text{-}60^{\circ}\text{C}$).

Tečno rashladno sredstvo napušta kondenzator (tačka tri), prolazeći kroz ekspanzioni uređaj, koji snižava njegov pritisak, pre nego se vrati u tačku četiri radi obnavljanja ciklusa.

3.3 Šta toplotnu pumpu čini drugačijom?

Toplotna pumpa je samo jedan vazdušni kondicioner sa jednim posebnim ventilom, koji kondenzatoru i isparivaču dozvoljava da zamene mesta tokom zime. Na sl. 5 prikazana je zatvorenost ovog reverzibilnog ventila i njegova pozicija u sistemu toplotne pumpe. U modulu hlađenja ventil klizi u poziciju koja dopušta toplom gasu iz kompresora da struji kroz gornju pretkomoru ka donjoj levoj potkomori sa vodenom spiralom. Prema tome, toplotna pumpa će nastupati kao vazdušni kondicioner opisan u prethodnom izlaganju.

Ventil takođe dozvoljava rashladnom sredstvu da struji od unutrašnje vazdušne spirale do kompresora za proces hlađenja, tj. iz vodene spirale do kompresora za proces zagrevanja.



Sl. 5. Reverzibilni ventil koji vazdušnom kondicioneru omogućava da funkcioniše kao toplotna pumpa (Kavanaugh, 2008)

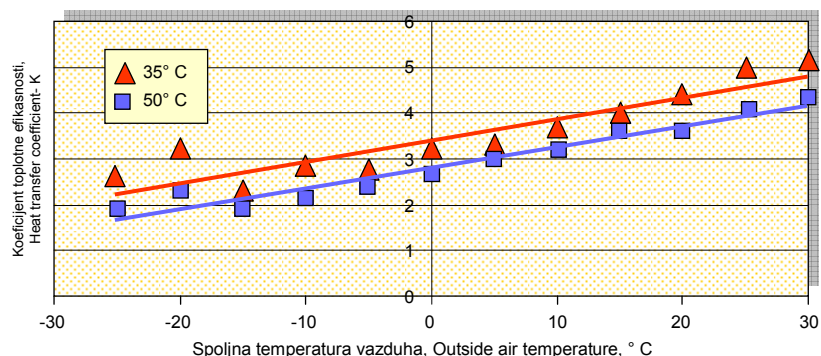
Fig. 5. Reversing valve that enables an „Air-Conditioner“ to be a „Heat Pump“ (Kavanaugh, 2008)

U modulu zagrevanja, reverzibilni ventil klizi u poziciju koja usmerava toplo rashladno sredstvo iz kompresora kroz gornju potkomoru ka unutrašnjoj vazdušnoj spirali (koja je sada kondenzator) kroz donju desnu potkomoru reverzibilnog ventila. Ovako cirkulisani vazduh od unutrašnjeg ventilatora biće zagrevan. Nakon prolaska kroz ekspanzioni uređaj, rashladno sredstvo ulazi u spoljnu spiralu, izloženu nižoj temperaturi. Zbog niske temperature rashladnog sredstva, toplota može biti prenesena sa vode na rashladno sredstvo unutar isparivača. Prednost korišćenja vode iz zemlje ili petlje jezera je ta što je povratna toplota često nepotrebna. Ako je vodena petlja konektovana na podesan način u zemlji ili jezeru, efikasnost zagrevanja je izuzetno visoka u poređenju sa konvencionalnim sistemima.

3.4 Koeficijent efikasnosti toplotne pumpe

S obzirom na primenu mogućnosti različitih tipova toplotnih pumpi sa svake tačke gledišta (toplota zemlje, toplota vode, toplota vazduha), prioritet je dat vazdušnim toplotnim pumpama sa vodenim zagrevanjem u sekundarnoj petlji. Koeficijent toplotne pumpe zavisi od spoljne temperature vazduha i potrebne temperature ambijentalnog vazduha kontrolisanog prostora. Veza između koeficijenta efikasnosti i temperature okruženja prikazana je na sl. 6 (Exo AirPolaris 2009, Compact series 10 kW. Data sheet 2009, User manual 2009).

Kao što se vidi, koeficijent K viši je pri pozitivnim temperaturama spoljnog vazduha. To znači da su komforni uslovi za korišćenje toplotnih pumpi u domaćim uslovima tokom 9 meseci godišnje. Najviši koeficijenti efikasnosti biće tokom letnjih meseci. To je relevantna povoljna razlika u poređenju s uslovima, kada se toplotna pumpa uglavnom koristi u stabene svrhe tokom zimskih meseci, gde je najniža vrednost K . U ovom slučaju potrebno je dogrevanje sa drugim toplotnim resursima.



Sl. 6. Prosečan koeficijent toplote efikasnosti toplotne pumpe spoljnog vazduha pri potrebnim temperaturama 35°C i 50°C (Exo AirPolaris 2009, Compact series 10 kW. Data sheet 2009, User manual 2009)

Fig. 6. Average energy transfer coefficient of outside temperature 35°C i 50°C (Exo AirPolaris 2009, Compact series 10 kW. Data sheet 2009, User manual 2009)

Da bi se osigurala potrebna izmena vazduha u prostorijama za držanje krupne stoke, velika količina toplotne energije gubi se preko ventilacionog sistema. Otuda je logičan pristup prečišćavanju vazduha bez potrebe za čestim izmenama s okruženjem. Pri tome je potrebno obezbediti prečišćavanje i toplotno prikloncioniranje spoljnog vazduha, pri njegovom ulasku u kontrolisan prostor. Naravno, ova mera je posebno važna za uzgoj živine i svinja, posebno u početnim periodima. Odstupanje zagrejanosti unutrašnjeg vazduha pri protoku kroz isparivač spoljne toplotne pumpe, može značajno da poveća vrednost K tokom zimskih meseci, tako obezbeđujući potrebnu toplotnu snagu. Za implementaciju ovog rešenja, manje dostupna je toplotna pumpa s isparivačem radijatorskog tipa, zbog mogućnosti da ploče isparivača mogu biti zapušene prašinom i drugim česticama prisutnim u struji unutrašnjeg vazduha. To je još jedan značajan razlog primene sistema vlažnog filtera, radi povećanja vrednosti koeficijenta K. S ove tačke gledišta, manje opasnosti su pri korišćenju toplotne pumpe sa pasivnim vertikalnim isparivačima, bez primene efekta vlažnog filtera.

4.ZAKLJUČAK

Analizom mnogobrojnih posmatranja i rezultata merenja za različite uslove eksploatacije i režime u stambenim prostorima, kao i objektima za uzgoj krupne stoke, utvrđena je potreba za pažljivu ocenu tipa toplotne pumpe, pri njenoj upotrebi u svinjarstvu. Najbitniji faktor, uticajan na efekat operativnosti toplotne pumpe, je različita potrebna temperatura zagrevanja, koja je za stambeni prostor 20-23°C, dok je pri zagrevanju odmarališta za prasad putem betonskih panela, temperatura njihove kontaktne površine sa telom praseta 36°C. To znači da toplotna pumpa mora da radi pri višem temperaturnom režimu, koji je blizak njenom maksimumu. Pošto je efikasnost vazdušne toplotne pumpe suštinski uslovljena temperaturom spoljnog vazduha, neophodno je produbiti istraživanje u tom pravcu, a operativne parametre utvrditi za sezone proleća i leta, kada se očekuju najviše vrednosti koeficijenta K. Pri operativnosti toplotne pumpe tokom perioda hladnog

vremena, bilo bi korisno istražiti različite načine povećanja vrednosti koeficijenta K. Predočava se činjenica za potrebna istraživanja primene toplotne pumpe u objektima raznih namena u oblasti poljoprivredne proizvodnje. Od posebnog interesa jeste sagledavanje interakcije u sistemu „vlažni filter + toplotna pumpa“, čime se izbegava potreba upotrebe posebne konstrukcije regeneratora i rekuperatora toplote pri ventilaciji kontrolisanog prostora.

LITERATURA

- [1] Dagnija Blumberga Siltuma sūkli. – Rīga, 2008. – 139 lpp.
- [2] Ilsters, A. Aprīkojums un izmaksas cūkkopībā.–Rīga, 2001. – 171 lpp.
- [3] Compact series 10 kW. Data sheet. [viewed 2009-02-16]. Available: <http://www.dealec.co.uk/acatalog/pdf/stiebel/stiebel10.pdf>
- [4] Kavanaugh, S. P. HVAC Simplified. American Society of Heating, Refrigerating, and Air-Conditioning and Engineers (ASHRAE) Atlanta.
- [5] ExoAirPolaris – Technical Description [viewed 2009-02-16]. [viewed 2009-02-16]. Available: http://www.drafts.lv/fotos/pdfsPBExoAirPolaris_9-0709-308_EN.pdf
- [6] Liellopu un cūku mītnes: tehnoloģija un aprīkošana. Profesora Jura Priekulja redakcijā.– Rīga, 2003. – 198 lpp.
- [7] User Manual. Thermia. [viewed 2009-02-16]. Available: http://www.thermia.se/docroot/dokumentbank/Thermia_user_086u6297_EN.pdf

SUMMARY

In order to save and rationally use energy, the usage of heat pumps is getting ever more attention. Producers and distributors of heat pump systems have accumulated certain experience when it comes to using them for individual house heat supply, mainly in the form of floor heating. However, it is possible to use the heat energy obtained by a heat pump for different processes within agricultural production, including the heating of protected spaces for piglets (sucklings and weaned). Research results have established that different exploitation conditions in dwelling houses and live-stock premises demand careful estimation of heat pump type to be used in the pigsty. The more essential factor effecting the heat pump operation is the temperature of the heating surface, which for the floor heating in general, ranges between 25-30°C, but in the case of piglets and concrete floor panels, this temperature should range between 35-40°C. To increase the efficiency rate of heat pump, of particular interest is the microclimate control in livestock husbandry buildings. For that purpose, specially important is the usage of wet scrubber systems for air purification with low pressure drop. Besides the possibility of reducing the risk of microorganisms, organic and mineral dust, in interaction with heat pump, it is also possible to significantly increase energy saving, and improve the technological process output by increasing the quality of basic product and environment protection.

Key words: air, heat pump, efficiency rate, piglet, wet scrubber

Napomena: Rad predstavlja deo istraživanja na projektu 20076.2008/10 pod nazivom: Unapređenje i očuvanje poljoprivrednih resursa u funkciji racionalnog korišćenja energije i kvaliteta poljoprivredne proizvodnje.

Primljeno: 22.9.2010.

Prihvaćeno: 4.10.2010.