

1. Profesor dr Milovan Stanišić, predsednik komisije
2. Profesor dr Dušan Regodić, mentor disertacije
3. Profesor dr Dragan Marković, emeritus, član
4. docent dr Sreten Perić, član

OCENA DOKTORSKE DISERTACIJE

Željka Vuković, IZVEŠTAJ .-

UNIVERZITET SINGIDUNUM

VEĆUDEPARTMANAZAPOSLEDIPLOMSKESTUDIJEIMEĐUNARODNJ USARADNJU

Odlukom Veća Departmanazaposlediplomskestudije međunarodnu saradnju Univerziteta Singidunum iz Beograda br. 1-2194/2013 sasednice održane 30.09.2013. god., određeni smo za članove Komisije za ocenu i odbranu doktorske disertacije kandidata Željke Vuković, dipl. inž. na temu "**Prilog analizi smanjenja štetnog uticaja rashladnih sistema na okolinu**", o čemu donosimo sledeći

IZVEŠTAJ

1. BIOGRAFSKI PODACI O KANDIDATU

1.1. Opšti podaci

Kandidat Željka Vuković je rođena 12.08.1980. god. u Zadru, Hrvatska, gde je završila prvih pet razreda osnovne škole "Maršal Tito". Naredna tri razreda osnovne škole završila je u Novoj Pazovi, osnovna škola „Sveti Sava“. U Zemunu je završila „Prvu Zemunsku gimnaziju“ prirodno matematičkog smera, kao odličan učenik. Nakon završetka gimnazije upisala je Mašinski fakultet Univerziteta u Beogradu u oktobru 1998. god. Diplomirala je na katedri za termotehniku u septembru 2004. god. sa prosečnom ocenom 8.26. Diplomski rad "**Primena biomase**" uspešno je odbranila 22.09.2004. god. sa ocenom 10.

1.2. Radno iskustvo

Radnu karijeru je započela u Ekoelektrofrigo., Beograd, radno mesto: projektant termotehničkih instalacija gde je radila od 2004-2005. godine. U Soko Inžinjeri, Beograd, radno mesto je od 2005. godine do 2013. godine i to na radnim mestima:

- 2005-2006 Konstruktor rashladnih agregata
- 2006-2008 Projektant rashladnih instalacija
- 2008-2009 Konstruktor rashladnih agregata – 3D modelovanje
- 2009-2013 Rukovodilac tehničkog biroa
- 2013-Direktor Sektora Inženjering.

Aktuelno radno mesto: U kompaniji "Soko Inženjering" na radnom mestu Direktora, na neodređeno vreme angažovana je od januara 2013. godine.

Trogodišnje Doktorske studije upisao je na smeru Inženjerski sistemi u menadžmentu na Singidunum univerzitetu. Kandidat je odslušao kompletnu nastavu i položio ispite predviđene tokom semestra i to:

- | | |
|--|-------------------|
| 1. Metodologija i tehnike naučnog istraživanja | ocena 10 (deset), |
| 2. Kvantitativne metode za naučna istraživanja | ocena 10 (deset), |
| 3. Napredno proizvodni tehnički sistemi | ocena 10 (deset), |
| 4. Studijsko istraživački rad I | ocena 10 (deset), |
| 5. Inženjerstvo i zaštita životne sredine | ocena 10 (deset), |
| 6. Upravljanje promenama | ocena 10 (deset), |
| 7. Studijsko istraživački rad II | ocena 10 (deset), |
| 8. Upravljanje projektima | ocena 10 (deset), |
| 9. Inženjerski sistemi za podršku odlučivanju | ocena 10 (deset), |
| 10. Studijsko istraživački projekat III | ocena 10 (deset), |
| 11. Naučno istraživački projekat | ocena 10 (deset). |

U tabeli 1. dat je pregled naučnih radova Željke Vuković.

Tabela 1. Objavljeni naučni radovi

1	Željka M. Vuković, Zbornik radova: 40. međunarodni kongres o grejanju hlađenju i klimatizaciji, XII 2009., Beograd	„Načini povećanja energetske efikasnosti termotehničkih instalacija u supermarketima“
2	Željka M. Vuković, Naučno-stručni časopis za klimatizaciju, grejanje i hlađenje. Broj 3. IX 2009.	„Projektovanje sistema klimatizacije, grejanja i hlađenja u supermarketima“
3	Željka M. Vuković, Zbornik radova: 41. međunarodni kongres o grejanju hlađenju i klimatizaciji, XII 2010., Beograd	„Primena prirodnih rashladnih sredstava – kaskadni sistemi sa CO ₂ i NH ₃ “
4	Željka M. Vuković, Naučno-stručni časopis za klimatizaciju, grejanje i hlađenje. Broj 4. XI 2011.	„Regulacija kapaciteta rashladnih agregata“
5	Željka M. Vuković, prof. dr Dušan Regodić, Zbornik radova: Sinergija, X. Međunarodni naučni skup, III 2012., Bijeljina	„Prirodni rashladni fluidi“
6	Željka M. Vuković, Zbornik radova: 43. međunarodni kongres o grejanju hlađenju i klimatizaciji, XII 2012., Beograd	„Smanjenje količine freona u rashladnim sistemima za supermarket“
7	Alexandar Chor Pachai, Željka M. Vuković, Zbornik radova: 44. međunarodni kongres o grejanju hlađenju i klimatizaciji, XII 2013., Beograd	„Ugljen dioksid (CO ₂) kao sekundarni rashladni fluid – teorija i studije slučajeva“
8	Željka M. Vuković, prof. dr Dušan Regodić, International Journal of Scientific and Research Publications, India	„Freon leakage“

U tabeli 2. dat je pregled predavanja iz oblasti rashladnih Sistema i rashladnih sredstava.

Tabela 2. Predavanja iz oblasti rashladnih sistema i rashladnih sredstava

Željka M. Vuković, Sava centar, Beograd 02-04. 12. 2009. Međunarodni kongres: „Projektovanje sistema klimatizacije, grejanja i hlađenja u supermarketima“
Željka M. Vuković, Sava centar, Beograd 01-03. 12. 2010. Međunarodni kongres: „Primena prirodnih rashladnih sredstava – kaskadni sistemi sa CO ₂ i NH ₃ “
Željka M. Vuković, Hotel Moskva, Beograd 10.05.2011. Okrugli sto o tehnologijama bez uticaja na klimatske promene i ozonski omotač u rashladnom i klimatizacionom sektoru: „Primena rashladnih sistema sa CO ₂ u Srbiji“
Željka M. Vuković, Sava centar, Beograd 30.11.-02. 12. 2011. Međunarodni kongres: „Rashladni sistemi sa prirodnim rashladnim fluidima u supermarketima“
Željka M. Vuković, Univerzitet Sinergija, Bijeljina 30.03. 2012. Međunarodni naučni skup: „Prirodni rashladni fluidi“
Željka M. Vuković, Sava centar, Beograd 05-07. 12. 2012. Međunarodni kongres: „Smanjenje količine freona u rashladnim sistemima za supermarket“
Željka M. Vuković, Sajam, Beograd 15.05.2013. Međunarodni sajam tehnike - prateći stručni program: „Povećanje energetske efikasnosti korišćenjem toplote kondenzacije“
Alexandar Chor Pachai, Željka Vuković, Sava centar, Beograd 04-06. 12. 2013. Međunarodni sajam tehnike – prateći stručni program: „Ugljen dioksid (CO ₂) kao sekundarni rashladni fluid – teorija i studije slučajeva“

U tabeli 3. date su licence, nagrade i kursevi kandidata.

Tabela 3. Licence, nagrade i kursevi kandidata

Licence Inženjerske komore Srbije :
- odgovornog izvođača radova termotehnike, termoeenergetike, procesne i gasne tehnike 430 E708 10 od 2010. god.
- odgovornog projekatara termotehnike, termoeenergetike, procesne i gasne tehnike 330 I658 10 od 2010. god.
Nagrade:
- Prva nagrada Sajma tehnike u Beogradu 2006. godine za centralni rashladni agregat za dva temperaturska režima, tip CRA60/15.
Članstvo:
- Društvo za klimatizaciju, grejanje i hlađenje Srbije
- Inženjerska komora Srbije
Kursevi i sertifikati:
- Program “AutoCad” - napredni nivo. Sertifikat izdat od strane autorizovanog centra za obuku kompanije “Autodesk”, 2008. godine.
- Program “Inventor” za 3D modelovanje - osnovni nivo. Sertifikat izdat od strane autorizovanog centra za obuku kompanije “Autodesk”, 2008. godine.
- Program “Inventor” za 3D modelovanje - napredni nivo. Sertifikat izdat od strane autorizovanog centra za obuku kompanije “Autodesk”, 2009. godine.



-	Program "Inventor Routed System" za 3D modelovanje. Sertifikat izdat od strane autorizovanog centra za obuku kompanije "Autodesk", 2009. godine.
-	Program "Revit Arhitecture" za 3D projektovanje zgrada (osnovni nivo). Sertifikat izdat od strane autorizovanog centra za obuku kompanije "Autodesk", 2009. godine.
-	Program "Revit MEP" za 3D projektovanje mašinskih i elektro instalacija - osnovni nivo. Sertifikat izdat od strane autorizovanog centra za obuku kompanije "Autodesk", 2009. godine.
-	Program "Revit MEP" za 3D projektovanje mašinskih i elektro instalacija (napredni nivo). Sertifikat izdat od strane autorizovanog centra za obuku kompanije "Autodesk", 2010. godine.

Govori i piše engleski jezik (konverzijski nivo znanja). Pozna je i koristi nemački jezik (osnovni nivo znanja).

2. PREDMET I CILJ ISTRAŽIVANJA

2.1. Predmet istraživanja

Cilj istraživanja je utvrđivanje količine freona koja se ispusti iz rashladnih sistema u Srbiji, definisanje mera za smanjenje, kao i utvrđivanje efikasnosti predviđenih mera. U okviru drugog dela istraživanja cilj je dokazati mogućnost primene prirodnih rashladnih fluida koji ne utiču štetno na životnu sredinu. Primena prirodnih rashladnih fluida može imati smisla ukoliko ne postoji znatna razlika u investicionoj vrednosti i ukoliko je energetska efikasnost veća ili ista kao energetska efikasnost postojećih rashladnih sistema sa freonima.

Predmet istraživanja ove disertacije je uticaj rashladnih sistema na životnu sredinu. Uticaj rashladnih sistema na životnu sredinu se ogleda kroz ispuštanje rashladnih fluida sa štetnim uticajem u okolinu. Opšte poznati štetan uticaj freona na životnu sredinu, uticao je na brz razvoj aktivnosti na smanjenju njihovog štetnog uticaja. U okviru ove disertacije istražuje se mogućnost smanjenja štetnog uticaja sistema sa HFC freonima na okolinu, ali i njihova supstitucija zbog činjenice da oni utiču na globalno zagrevanje.

Povećanje broja stanovnika na zemlji, a pre svega intenzivna industrijalizacija i tehnološki napredak u prošlom i ovom veku doveli su do znatnih promena u prirodi. Promene se manifestuju promenama u klimatskim karakteristikama, promenama konfiguracije i strukture tla, promenama vodenih tokova i vodenih površina, kao i izmenama u karakteristikama i sastavu biljnog životinjskog sveta. Do skoro su te promene u kraćem vremenskom periodu kao što je životni vek čoveka bile neznatne. Međutim, danas se u veoma kratkom vremenskom intervalu kao što je period od desetak godina dešavaju velike klimatske promene, promene režima vode, znatna zagađenja vazduha, demografske i druge promene. Ova poražavajuća činjenica navela je ljude koji poseduju svest o neophodnom očuvanju životne sredine na delovanje u cilju sprečavanja negativnog dejstva ljudskog faktora na okruženje.

Velike promene u prirodi prouzrokuju klimatske promene koje su direktna posledica povećane potrošnje energije i upotrebe sintetičkih rashladnih fluida (freona) koji utiču na oštećenje ozonskog omotača i globalno zagrevanje. Angažman velikog broja zemalja sveta u cilju eliminisanja rashladnih fluida koji imaju uticaj na klimatske promene je znatan. Odlučujući faktor

za brzinu sprovođenja neophodnih mera je ekonomska snaga zemlje. Na ovom polju prednjače zemlje Skandinavije, kao i većina razvijenih evropskih zemalja.

Montrealski protokol je protokol koji je usvojen 1987. godine i koji definiše način eliminacije štetnih freona. Ovim protokolom se kao zamena za štetne freone preporučuju HFC freoni, koji ne sadrže hlor i ne oštećuju ozonski omotač.

Za razliku od Montrealskog protokola, Kyoto protokol je i HFC freone svrstao u grupu gasova koji učestvuju u efektu staklene bašte, jer imaju veliki potencijal globalnog zagrevanja. Kyoto protokol je protokol Ujedinjenih nacija o klimatskim promenama u cilju borbe protiv globalnog zagrevanja, usvojen 11. decembra 1997. u Kyotu, a stupio je na snagu 16. februara 2005. Do aprila 2010. godine, 191 zemlja je potpisala i ratifikovala protokol. Potpisivanjem protokola 37 zemalja (zemlje anexa I) se obavezuju na smanjenje emisije gasova koji izazivaju efekat staklene bašte, dok se za sve ostale zemlje potpisnice definišu opšte napomene i obaveze. Kako postoji izvesno neslaganje između Montrealskog i Kyoto protokola, evidentno je da se za rešenjem problema još uvek traga. Problem je globalan, pa pojedinačne mere svakako neće dati rezultate, a mnogo toga zavisi od SAD, koje kao najveća privredna sila na svetu proizvode najveću količinu freona, a nisu pristupile sporazumu iz Kyota.

Zajedničko i za Montrealski i za Kyoto protokol je to da se obaveze zemalja potpisnica razlikuju u zavisnosti od toga da li su u pitanju razvijene zemlje ili zemlje u razvoju. Srbija je 2007. godine potpisala Montrealski protokol i time preuzela obavezu eliminacije štetnih freona prema planu koji će biti izložen u daljem radu. Takođe, Srbija je 2007. godine ratifikovala i Kyoto protokol, prema kome za razliku od razvijenih zemalja nema obavezu kvantifikovanog smanjenja emisije gasova koji učestvuju u efektu staklene bašte. Obaveze Srbije su dostavljanje podataka o emisiji ovih gasova, saradnja u pripremi mera za ublažavanje posledica, saradnja u transferu tehnologija, istraživanjima, sistematskim osmatranjima, u razmeni podataka, saradnja u oblasti obrazovanja, obuke, jačanja svesti... U zavisnosti od angažovanja i rezultata, Srbija ima i pravo na finansijsku pomoć u ovoj oblasti.

Jedno od rešenja problema je smanjenje količine freona u rashladnim sistemima i povećanje zaptivenosti i kvaliteta izvođenja rashladnih sistema, jer će se time smanjiti i količina freona koja se ispusti u okolinu. Efikasno rešenje problema mogla bi biti upotreba prirodnih rashladnih fluida koji nemaju štetno dejstvo na životnu sredinu, ali je za njihovu primenu potrebno uložiti napore u smislu istraživanja i finansiranja razvojnih projekata. Pomaci u tom pravcu učinjeni su u protekloj deceniji, kada su u razvijenim zemljama napravljena probni rashladni sistemi raznoliki po vrstama prirodnih rashladnih fluida, ali i po načinu na koji se ostvaruje hlađenje. Nakon probnih rashladnih sistema, usledile su i prve rashladne instalacije sa prirodnim rashladnim fluidima u supermarketima i velikim rashladnim komorama za skladištenje rashlađenih i smrznutih proizvoda.

2.2. Ciljevi istraživanja

Cilj istraživanja je utvrđivanje količine freona koja se ispusti iz rashladnih sistema u Srbiji, definisanje mera za smanjenje, kao i utvrđivanje efikasnosti predviđenih mera. U okviru drugog

dela istraživanja cilj je dokazati mogućnost primene prirodnih rashladnih fluida koji ne utiču štetno na životnu sredinu. Primena prirodnih rashladnih fluida može imati smisla ukoliko ne postoji znatna razlika u investicionoj vrednosti i ukoliko je energetska efikasnost veća ili ista kao energetska efikasnost postojećih rashladnih sistema sa freonima.

3. HIPOTEZE ISTARŽIVANJA, METODOLOGIJA I METODE NAUČNO-ISTRAŽIVAČKOG RADA

3.1. Osnovne hipoteze istraživanja

Opšta hipoteza od koje se krenulo u istraživanje u disertaciji je: „Štetan uticaj rashladnih sistema na životnu sredinu se može smanjiti“.

Posebna hipoteza koja proizilazi iz opšte je: „Smanjenje štetnog uticaja rashladnih sistema na životnu sredinu može se postići bez znatnog povećanja investicionih ulaganja i smanjenja energetske efikasnosti rashladnih sistema“.

Pojedinačne hipoteze koje su korištene u disertaciji su:

1. Isticanje freona iz rashladnih sistema se može smanjiti.
2. Postoje prirodni rashladni fluidi koji ne utiču štetno na životnu sredinu, a mogu se koristiti umesto freona.

3.2. Metodologija i metode naučno-istraživačkog rada

Kandidat je u Disertaciji istraživao naučno-teorijska saznanja, relevantnu literaturu i savremenu poslovnu praksu korišćenjem većeg broja metoda. U disertaciji je korišćen **osnovni naučni metod** u kome se na osnovu poznavanja činjenica metodom indukcije postavlja hipoteza. Nakon toga, logičkom analizom se predviđa kako se razmatrani problem uklapa u opšti zakon. **Kroz realizovani eksperiment** vrši se verifikacija postavljenog teorijskog modela i utvrđuje se ispravnost predikcije. Proces je u radu primenjivan ciklično, s obzirom da se nakon dobijanja rezultata vršila modifikacija parametara upravljanja do dostizanja projektovane tačnosti rashladnih sistema.

U toku naučnog i istraživačkog rada upotrebljene su različite metode kako bi bili zadovoljeni osnovni metodološki zahtevi – objektivnost, pouzdanost, opštost i sistematičnost.

U skladu sa izabranom problematikom, definisanim ciljevima istraživanja i postavljenim naučnim hipotezama radi definisanja naučnih i stručnih zaključaka i iznalaženja mogućih rešenja upotrebljena je teorijska analiza uz korišćenje rezultata istraživanja iz međunarodne naučne literature, odnosno saznanja naučnika i drugih autora koji su istraživali problematiku kojom se bavi i ovaj rad. Kandidat je u Disertaciji istraživao naučno-teorijska saznanja, relevantnu literaturu i

savremenu poslovnu praksu korišćenjem većeg broja metoda, i to: istorijske metode, deskriptivne, induktivne i deduktivne metode, metode analize i sinteze, metode generalizacije i specijalizacije, metode dokazivanja i opovrgavanja, metode kompleksnog posmatranja i analize sadržaja, kao i metod studije slučaja.

Primenom istorijskog metoda pribavljeni su rezultati istraživanja drugih autora koji su se bavili smanjenjem štetnog uticaja rashladnih sistema na okolinu. Pribavljeni podaci potiču uglavnom iz doktorskih disertacija i korporativnih istraživanja u Skandinaviji, Nemačkoj, Holandiji i Velikoj Britaniji.

Metoda kompleksnog posmatranja i analiza sadržaja primenjena je prilikom obrade rezultata preuzetih iz istraživanja sa drugih evropskih univerziteta i doktorskih disertacija. Ovi rezultati su upotrebljeni u cilju definisanja pravca istraživanja problema sa freonima u Srbiji.

Primenom eksperimentalnog metoda utvrđivane su stvarne količine freona koje se ispuste iz rashladnih sistema supermarketa. Nakon utvrđivanja količine sprovedene su mere za koje je pretpostavljeno da mogu uticati na smanjenje količine freona koja se ispusti iz sistema u okolinu. Nakon primene ovih mera ponovo su utvrđivane stvarne količine freona koje se ispuste iz sistema u okolinu. Na ovaj način primenjene su metoda analize i sinteze, kao i metoda dokazivanja i opovrgavanja.

Pošto smanjena količina freona u sistemu svakako utiče na smanjenje količine freona koja bi se iz sistema isпустиła u okolinu u slučaju pucanja cevi ili slične havarije, navedena su tehnička rešenja koja za freonske sisteme omogućavaju manju količinu freona u sistemu. Da bi se definisalo tačno smanjenje količine freona u sistemu, kao i energetska efikasnost sistema sa drugačijim tehničkim rešenjem koje omogućava smanjenje količine freona u sistemu sproveden je metod studije slučaja. Za supermarket u Novom Sadu predviđena su dva različita rashladna sistema i izvršen je proračun i izbor njihovih komponenata. Ova dva sistema su upoređena po energetske efikasnosti i po količini freona u sistemu. Prilikom sagledavanja ovog problema upotrebljen je projektni metod.

Projektni metod je upotrebljen i na kraju disertacije gde su prikazani predlozi za konkretne rashladne sisteme sa prirodnim rashladnim fluidima, kao i jedan od sistema koji je kao prvi te vrste konstruisan i isproban u Srbiji.

4.SADRŽAJ DISERTACIJE

Kandidat je u svojoj Disertaciji razradio strukturu i sadržaj rada, kroz šest poglavlja sa uvodom i zaključkom.

U **uvodnom razmatranju** ukratko je izložen problem koji se razmatra u ovoj disertaciji. Uvod sadrži opšte podatke o statusu ovog problema u svetu i Evropskoj uniji. Metodološki pristup, kao i struktura rada izneti su u uvodnom razmatranju.

U **okviru prvog poglavlja** definisani su objekti koji sadrže rashladne sisteme i koji kao takvi moraju biti razmatrani po grupama zbog svog uticaja na životnu sredinu. Prvo poglavlje



sadrži podatke o rashladnim fluidima koji su danas u upotrebi, ako i podatke o njihovom uticaju na životnu sredinu.

Drugo poglavlje sadrži podatke o zakonskim regulativama, propisima i protokolima koji su na snazi u svetu, kao i u zemljama Evropske Unije. Ovo poglavlje se bavi napretkom Srbije u ovoj oblasti i do sada usvojenim protokolima, ali i zakonskim merama koje bi trebalo sprovesti u našoj zemlji.

Treće poglavlje se bavi ispuštanjem rashladnih fluida iz sistema u okolinu. U ovom poglavlju prikazani su rezultati istraživanja u nekim evropskim zemljama. Kako bi se utvrdila količina freona koja se ispusti iz rashladnih sistema u okolinu u Srbiji, sprovedeno je istraživanje čiji su rezultati prikazani u ovom poglavlju. U trećem poglavlju navedene su mere kojima se može smanjiti količina freona koja se ispusti u okolinu i proverena je delotvornost za neke od navedenih mera.

Četvrto poglavlje nadovezuje se na treće sa studijom slučaja kojom se za konkretan rashladni sistem supermarketa prikazuju projektni rezultati za dva različita tehnička rešenja rashladnog sistema, koja se porede po količini freona u sistemu i po energetskej efikasnosti.

Peto poglavlje se bavi supstitucijom freona. U ovom poglavlju navedeni su razni do sada primenjeni načini delimične ili potpune zamene freona.

Šesto poglavlje nadovezuje se na peto i daje podatke o sistemima sa prirodnim rashladnim fluidima. U ovom poglavlju dati su podaci o napretku u ovoj oblasti u svetu i Evropi, kao i podaci o prvom kaskadnom rashladnom sistemu sa CO₂ koji je izveden u Srbiji.

Na kraju disertacije iznet je **zaključak** sa mogućim pravcima razvoja u ovoj oblasti za Srbiju, kao i spisak referentne literature.

5. NAUČNI DOPRINOS DOKTORSKE DISERTACIJE

U zemljama u razvoju zaštita životne sredine nije među prioritetima, dok su razvijene zemlje su u ovoj oblasti napravile veliki napredak. Upotrebom njihovih saznanja i iskustava uz istraživanja koja mogu biti nadogradnja postojećih osnova zemlje kao što je Srbija mogle bi ostvariti značajan pomak u ovoj oblasti.

U ovoj disertaciji su naučno analiziran brojni rezultati istraživanja sprovedenih u razvijenim evropskim zemljama. Ovi rezultati će biti upotrebljeni za uporednu analizu istraživanja koje će biti sprovedeno i izneto u ovoj disertaciji. Očekuje se da će sabrani rezultati više istraživanja, kao i istraživanje ove disertacije poslužiti kao polazna osnova za nova tehnička rešenja rashladnih sistema

Tema doktorske disertacije je aktuelna i poseban društveni doprinos predloženog istraživanja je u uočavanju značaja zaštite životne sredine i potrebe savremenog društva za očuvanjem okoline.

Količina freona koja se iz rashladnih sistema ispusti u okolinu može se smanjiti na više načina. **Postoje tehnička rešenja u smislu načina ostvarenja rashladnog ciklusa i konstrukcije komponenata rashladnih sistema, koja doprinose smanjenju količine rashladnog fluida u sistemu, a samim tim i količine koja se iz sistema ispusti u okolinu.** Jedan od načina je upotreba vodom hlađenog umesto vazduhom hlađenog kondenzatora čime se izbegava često dugačak cevovod od rashladnog agregata do vazduhom hlađenog kondenzatora. Zahvaljujući primeni vodom hlađenog kondenzatora koji se nalazi na samom rashladnom agregatu ili pored rashladnog agregata u mašinskoj prostoriji cevovod od agregata do kondenzatora je kratak. Osim upotrebe vodom hlađenih kondenzatora i upotreba pojedinih vrsta razmenjivača toplote omogućava smanjenje količine freona u sistemu. Pločasti razmenjivači toplote za isti kapacitet imaju manju zapreminu sa freonske strane u odnosu na dobošaste razmenjivače toplote. Ukoliko je neophodna upotreba vazduhom hlađenog kondenzatora umesto vodom hlađenog kondenzatora onda je bolje da to budu „mikrokanalski“ vazduhom hlađeni kondenzatori čije su zapremine sa freonske strane za isti kapacitet i po nekoliko puta manje. Pored drugačijih tehničkih rešenja za komponente rashladnih sistema, postoje i rešenja u načinu izvođenja cevovoda i ugradnji komponenti rashladnih sistema koje smanjuju opasnost od pucanja cevi i ispuštanja freona iz sistema u okolinu. To je pre svega primena zavarenih spojeva umesto navojnih, antivibracionih gibljivih creva, zatim antivibracionih stopa kako ispod kompresora, tako i ispod rashladnih agregata. Smanjenjem vibracija smanjuje se opasnost pucanja cevi rashladne instalacije.

Bitan faktor koji utiče na smanjenje količine punjenja rashladnog sistema freonom jeste i izbor položaja mašinske sale i položaja rashladnih uređaja (rashladnih vitrina i rashladnih komora). Prilikom određivanja položaja mašinske sale treba voditi računa da ona bude što bliže rashladnim uređajima, kao i da rashladni uređaji (rashladne vitrine i komore) budu koncentrisani u jednom delu objekta. Zbog smanjenja dužine cevovoda na ovaj način, znatno se smanjuje i količina freona u sistemu. Navedena rešenja se usvajaju prilikom projektovanja objekta i sprovede prilikom izvođenja instalacije.

Kod postojećih objekata za prodaju prehrambenih proizvoda količina rashladnog fluida koja se ispusti u okolinu **može se smanjiti postavljanjem uređaja za detekciju freona, vođenjem evidencije o servisnim intervencijama i edukacijom serviseri i inženjera koji su zaduženi za održavanje rashladnih instalacija.** Primena odredbi F-gas regulative na osnovu iskustva zapadnih zemalja dovela je do smanjenja količine freona koja se iz rashladnih sistema ispusti u okolinu. Srbija bi trebala nastojati da što pre potpiše F-gas regulativu i odredi sertifikaciono telo odnosno instituciju koja će se baviti obučavanjem serviseri, instalatera i inženjera koji rukuju rashladnim instalacijama sa freonima. U zemljama potpisnicama F-gas regulative, pravo izvođenja, održavanja i servisiranja rashladnih instalacija sa freonima imaju samo kompanije čije je osoblje obučeno i poseduje sertifikate za rukovanje freonima.

Radi smanjenja uticaja rashladnih sistema na globalno zagrevanje dati su predlozi sistema koji se razlikuju u odnosu na rashladne sisteme koji se danas koriste. **Najefikasnije rešenje za smanjenje uticaja rashladnih sistema na globalno zagrevanje je upotreba prirodnih rashladnih fluida.** Prirodni rashladni fluidi zahtevaju određene izmene rashladnih sistema. Ovo se naročito odnosi na ugljen dioksid koga karakterišu visoki radni pritisci i niska kritična temperatura.

Drugi način za smanjenje uticaja freona na globalno zagrevanje je primena indirektnih rashladnih sistema sa sekundarnim rashladnim fluidima. Na ovaj način znatno se smanjuje količina freona u sistemu, jer se freon nalazi samo u rashladnom agregatu, a do potrošača koji se nalaze u objektu cirkuliše sekundarni rashladni fluid. Zbog znatno manje količine freona u sistemu, manje freona se ispusti u okolinu. Sam rashladni agregat je fabrički uređaj, a odrađivanje spojeva u fabrici garantuje kvalitetniji spoj i manji rizik od ispuštanja freona na spojevima.

Treći način smanjenja uticaja rashladnih sistema na globalno zagrevanje je upotreba novih freona koji su se pojavili 2011. godine. To su freoni HFO grupe koji jako malo utiču na globalno zagrevanje. Prosečna vrednost GWP faktora freona HFO grupe ne prelazi 4, što je 325 puta manje u odnosu na freon R134a i 815 puta manje u odnosu na freon R404a.

Kod novih rashladnih sistema u kojima su rashladni fluidi freoni najvažnije je smanjiti količinu freona i postići što veću zaptivenost sistema. U indirektnim sistemima freon se nalazi samo u rashladnim agregatima, a do hladnjaka u rashladnim vitrinama i komorama cirkuliše sekundarni rashladni fluid. Ukoliko je sistem sa direktnim isparavanjem freona u isparivačima rashladnih komora i rashladnih vitrina smanjenje količine freona u sistemu postiže se pravilnim lociranjem rashladne opreme u objektu kako bi cevovodi bili što kraći kao i upotrebom vodom hlađenih umesto vazduhom hlađenih kondenzatora. Na ovaj način postiže se dvostruka korist jer se osim smanjenja količine freona izbegava velika dužina potisnog cevovoda koji je zbog visokih pritisaka najkritičniji deo rashladne instalacije na kome najčešće dolazi do pucanja cevi. Upotrebom vodom hlađenih kondenzatora u odnosu na vazduhom hlađene kondenzatore postiže se i veća energetska efikasnost sistema, jer sistem može da radi sa nižim temperaturama kondenzacije. Velika potrošnja vode može se izbeći primenom hladnjaka sa adijabatskim predhladnjakom, koji u našem klimatskom podneblju tokom većeg dela godine može raditi kao suvi hladnjak. U supermarketima se može objediniti priprema hladne vode za kondenzatore rashladnih sistema supermarketa i za kondenzator čilera-toplotne pumpe koji se koristi za klimatizaciju objekta, upotrebom jednog hladnjaka sa adijabatskim predhladnjakom i zajedničkog rezervoara. Na ovaj način dobija se energetski efikasan sistem koji radi sa niskim temperaturama kondenzacije i koristi toplotu kondenzacije od rashladnih sistema supermarketa kao izvor toplote za toplotnu pumpu (čiler sa okretanjem ciklusa vode), koja se koristi za grejanje objekta u zimskom periodu.

U okviru istraživanja urađena je studija slučaja čiji su rezultati prikazani u poglavlju 5. Dva različita rashladna i klimatizaciona sistema supermarketa u Novom Sadu upoređena su po energetske efikasnosti, količini freona i investicionoj vrednosti. Oba sistema imaju mogućnost iskorišćenja toplote kondenzacije sa rashladnog sistema za grejanje objekta u zimskom periodu. Projektni zadatak je bio da se osmisli sistem sa što manjom količinom freona, a da se zadrži mogućnost iskorišćenja toplote kondenzacije za grejanje objekta u zimskom periodu.

Analizom osobina poznatih i dostupnih prirodnih rashladnih fluida došlo se do zaključka da postoje prirodni fluidi koji se mogu koristiti u komercijalnom i industrijskom hlađenju. Ovo je opšte poznata činjenica, jer su prirodni rashladni fluidi bili u upotrebi pre proizvodnje sintetičkih. Neki prirodni rashladni fluidi kao što je amonijak su se zadržali u upotrebi, dok su ostali kao što je CO₂ potisnuti. U ovom radu prikazana je mogućnost modifikovane primene CO₂ kao rashladnog fluida, kojom se eliminišu njegove osobine zbog kojih je potisnut iz upotrebe. Primenom kaskadnih

rashladnih sistema u potpunosti se eliminišu mane ugljen dioksida koje su dovele do njegovog izbacivanja. Kombinacijom ugljen dioksida u donjoj kaskadi i nekog drugog rashladnog fluida u gornjoj kaskadi proces sa ugljen dioksidom uvek je podkritičnom području, a radni pritisci tek nešto veći od pritisaka sa kojima se srećemo u sistemima sa direktnom ekspanzijom freona.

Prednost u ovom istraživanju bila je mogućnost da se nakon idejnog projekta rashladnog sistema sa prirodnim rashladnim fluidom, napravi probni rashladni sistem koji će se ispitati.

Ispostavilo se da su investicioni troškovi za kaskadni rashladni sistem sa R134a i CO₂ veći od očekivanih. Ovi troškovi su veći za 48% od investicionih troškova sistema sa freonom R404a. Razlog je u tome što je rashladni sistem probni i kao takav je malog kapaciteta, a predstavlja prototip rashladnih sistema supermarketa u kojima su potrebni znatno veći rashladni kapaciteti. Prema podacima prezetim od kompanije "Danfoss" investiciono ulaganje u kaskadni sistem sa NH₃ i CO₂ je za 20% veće u odnosu na rashladni sistem sa direktnom ekspanzijom freona R404a. Takođe, prema podacima prezetim od kompanije "Proklima" koji su u radu prikazani grafikonom na slici [2], investicioni troškovi za rashladni sistem sa CO₂ iznose od 100 do 130% od investicionih troškova za rashladni sistem sa R22. Prezeti podaci od kompanija "Danfoss" i "Proklima", idu u prilog postavljenoj hipotezi po kojoj je moguće napraviti rashladni sistem sa prirodnim rashladnim fluidom, a da investiciona ulaganja u ovaj sistem ne budu znatno veća od ulaganja u klasičan sistem sa sintetičkim rashladnim fluidom.

Sa ubrzanim tehnološkim napretkom problemi očuvanja životne sredine i povećanja energetske efikasnosti u cilju pomenutog očuvanja morali bi postati prioritet, pa se ovim radom nastoji dati doprinos na tom polju. U radu su navedeni zahtevi Montrealskog i Kyoto protokola i ukazani su problemi u ispunjenju ovih zahteva u Srbiji. Problemi postoje pre svega kada je u pitanju ispunjenje odredbi Montralskog protokola, zbog velikog broja postojećih instalacija sa freonom R22, ali i instaliranja novih instalacija sa ovim freonom. Doprinos rada se ogleda u predlozima za ispunjenje odredbi Montrealskog protokola, prikazanim rešenjima rashladnih sistema sa prirodnim rashladnim fluidima, a pre svega u iznetim podacima o konkretnom rashladnom sistemu sa prirodnim rashladnim fluidom. Ovaj rashladni sistem je prvi kaskadni rashladni sistem sa freonom R134a i CO₂ u Srbiji i pokazuje da se problemi sa CO₂ kao rashladnim fluidom mogu prevazići.

Zbog sve veće brige o očuvanju životne sredine CO₂ se na velika vrata vraća kao rashladni fluid, a njegova upotreba će po svemu sudeći biti masovna. Razvijene evropske zemlje (npr. Švedska, Austrija...) zakonskim regulativama ograničavaju i destimulišu čak i upotrebu freona koji se smatraju ekološkim, odnosno freona koji ne sadrže hlor. Pošto je CO₂ deo atmosfere ne mogu se očekivati dodatni problemi i uticaji na okolinu, kao što je to sa freonima, a sve masovnija proizvodnja komponenata za rashladne sisteme sa CO₂ utiče na dalje smanjivanje investicionih troškova.

Podaci koji su rezultat ove doktorske disertacije i koji se prvi put objavljuju su podaci o količini freona koja se ispusti iz rashladnih sistema u okolinu u Srbiji. U disertaciji će biti navedene praktične mere kojima se ova količina može smanjiti i proverena je njihova delotvornost.

Disertacija sadrži i predlog rešenja integrisanog rashladnog i klimatizacionog sistema supermarketa koji je obrađen kroz studiju slučaja. Cilj jednog ovakvog sistema je smanjenje

količine freona u sistemu uz istu ili veću energetska efikasnost u odnosu na do sada uobičajene rashladne sisteme. Ovakav sistem je predložen i obrađen u okviru ove disertacije, a podaci o tome da li su se ranije javljale ovakve ideje i da li je jedan ovakav sistem negde primenjen u praksi nisu pronađeni.

U okviru disertacije prikazani su mogući rashladni sistemi sa prirodnim rashladnim fluidima, kao i podaci o prvom takvom sistemu napravljenom u Srbiji. Rashladni sistemi sa prirodnim rashladnim fluidima su predmet istraživanja instituta i univerziteta u svetu u protekloj deceniji. Instalacija prvog takvog probnog sistema u Srbiji je napredak za zemlju u razvoju. Podaci koji mogu biti korisni, a vezani su za ovaj deo odnose se na praktične probleme ovakvih sistema i rešenja kojima su ti problemi prevaziđeni.

Posebni doprinosi disertacije su:

- predlog tehničkog rešenja integrisanog rashladnog i klimatizacionog sistema supermarketa,
- istraživanje uticaja izlaznih parametara rashladnih sistema na životnu sredinu,
- definisanje uticaja postupka određivanja neophodnih fizičkih veličina iz merenja, na tačnost i pouzdanost rada rashladnih sistema,
- povećanje pouzdanost u odlučivanju i odabiru parametara rashladnih sistema,
- predlog unapređenja tehnološkog postupka izrade rashladnog sistema.

U skladu sa predmetom i ciljem, postavljenim pretpostavkama i metodama istraživanja, očekuje se da će rezultati ovog naučno-istraživačkog rada dati društveni doprinos u našoj zemlji u ovoj oblasti, jer se potpisivanje vrlo značajnih regulativa i rezultati u ovoj oblasti tek očekuju.

6. PREDLOG KOMISIJE

Na osnovu potpunog uvida u pisani deo disertacije i iznetog Komisija smatra da je kandidat Željka Vuković u potpunosti i korektno obradila problem istraživanja i ispunio cilj postavljen u disertaciji i da disertacija pod nazivom

"PRILOG ANALIZI SMANJENJA ŠTETNOG UTICAJA RASHLADNIH SISTEMA NA OKOLINU"

ispunjava sve suštinske i formalne uslove predviđene Zakonom i Statutom Univerziteta Singidunum. Tema je aktuelna, značajna i nedovoljno istražena. Predmet i cilj istraživanja, postavljene naučne hipoteze, predložena metodologija naučno-istraživačkog rada, struktura doktorske disertacije, rezultati i naučni doprinos, kao i odabrana literatura, primereni su zahtevima izrade doktorske disertacije. Na osnovu podataka i ocena iznetih u Izveštaju, Komisija za ocenu i odbranu doktorske disertacije

PREDLAŽE

Veću Departmana posleddiplomskih studija i međunarodne saradnje Univerziteta Singidunum iz Beograda da odobri kandidatu Željki Vuković javnu odbranu doktorske disertacije.

U Beogradu, 08.04.2014. god.

Članovi Komisije:

1. Profesor dr Milovan Stanišić - predsednik komisije

2. Profesor dr Dušan Regodić-mentor disertacije

3. Profesor dr Dragan Marković, emeritus, član komisije

4. Docent dr Sreten Perić-član komisije



Универзитет
СИНГИДУНУМ

ДЕПАРТМАН ЗА ПОСЛЕДИПЛОМСКЕ
СТУДИЈЕ И
МЕЃУНАРОДНУ САРАДЊУ

Број: 1- 2194/2013

Датум: 30.09.2013.

На основу члана 24. ст. 1. Правилника о начину и поступку пријаве и одбране завршних радова на другом и трећем степену студија на Универзитету „Сингидунум“, Веће Департмана за последипломске студије и међународну сарадњу, на седници одржаној 27.09.2013. године, донело је

ОДЛУКУ О ОБРАЗОВАЊУ КОМИСИЈЕ

Члан 1.

Образује се Комисија за оцену и одбрану докторске дисертације под називом: „Прилог анализи смањења штетног утицаја расхладних система на околину“ кандидаткиње Жељке Вуковић, мастер, у саставу:

1. Проф. др Душан Регодић
2. Проф. др Милован Станишић
3. Доц. др Сретен Перић,

са предлогом да се за четвртог члана комисије именује проф. др Драган Марковић, емеритус са Факултета за примењену екологију (ФУТУРА) из Београда.

Члан 2.

Комисија је дужна да поднесе извештај Већу Департмана у року од 30 дана од дана пријема дисертације.

Члан 3.

Проф.др Душан Регодић именује се за ментора при изради ове дисертације.

Одлуку доставити именованим члановима Комисије и Архиви Универзитета – Департмана за последипломске студије.

ПРЕДСЕДНИК
ВЕЋА ДЕПАРТМАНА

Проф. др Слободан Унковић

