

O podnom grejanju i hlađenju

On floor heating and cooling

Branislav BANJAC*, Aleksandar KOROVljeV, Logic, doo, Zrenjanin,
Zoran ZDRAVKOVIĆ, Toplotna tehnika, Novi Sad

Ključne reči:
podno grejanje i hlađenje; metode
proračuna; realizovane instalacije;
računarski program

Key words:
floor heating and cooling;
calculation methods; realized
installations; computational
calculations

Prvi deo teksta obuhvata hronološki prikaz razvoja metoda proračuna ovih sistema u okviru preduzeća Logic, iz Zrenjanina U okviru tog dela prikazana su i karakteristična rešenja objekata koja je preduzeće izvelo. Drugi deo je prikaz jednog takvog rešenja na objektu kolektivnog stanovanja nedavno izgrađenog u Zrenjaninu. Treći deo obuhvata prikaz računarskog programa Floor Calc, koji je u okviru preduzeća razvijen za potrebe automatizacije postupka projektovanja.

The first of the text is hronology on defining the calculation methodology developed within Logic company from Zrenjanin, Serbia. In the same part are given some initial realized installations examples. The second part is presentation of a multy flat building erected in Zrenjanin. And the third displays the computational calculation software developed to improve the design process.

1. Uvod

Ovaj tekst je nastao na predlog uređivačkog odbora časopisa "KGH", sa željom da se prikaže projekat realizovanog sistema podnog grejanja i hlađenja. Radi se o objektu kolektivnog stanovanja, gde takav sistem ne predstavlja uobičajeno i često korišćeno rešenje. Naime, od svog osnivanja 1992. godine, preduzeće "Logic" bavi se projektovanjem, razvojem i primenom zračećih sistema grejanja i hlađenja i izvelo je veliki broj objekata. Na osnovu višegodišnje saradnje sa firmom "Toplotna tehnika" iz Novog Sada, koja je izradila mašinski projekat termotehničkih instalacija navedenog objekta, a koji je potpisao kolega Zoran Zdravković [7], preduzeće "Logic" se pojavilo kao izvođač tog postrojenja. Investitor objekta, "Home-Interpoint" doo, Novi Sad, je 2017. godine naručio izradu dokumentacije, radovi su izvedeni 2018, a prva godina eksploatacije bila je 2019.

Tehnologija će biti prikazana iz tri aspekta. Prvi je hronološki prikaz nalaženja metodologije proračuna panela u uslovima hlađenja. Bilo je potrebno definisati merodavne veličine rashladnog opterećenja radi pravilnog dimenzionisanja elemenata sistema [7]. U okviru ovog aspekta pomenuti su i karakteristični primeri izvedenih sistema i načini njihovog regulisanja [5].

Drugi aspekt je prikaz mašinskog postrojenja karakterističnog stambeno-poslovnog objekta izgrađenog u Zrenjaninu. Objekat se sastoji od dveju lamela (A i B) ukupne neto površine oko 3500 m², spratnosti od pet etaža sa stanovima. Poslovni deo, koji je planiran da se izvede na celokupnoj površini prizemlja, nije obuhvaćen sistemima grejanja stanova. Prema zahtevu investitora instalacije prizemlja će se rešavati posebnim projektom kada se nađe kupac ili zakupac navedenog prostora. Rešenje će tada biti definisano prema njegovim zahtevima.

Primarni zadatak navedenog mašinskog projekta stanova bio je definisanje sistema grejanja i dimenzionisanje svih njegovih elemenata. Samo hlađenje u ovom slučaju bio je sekundar-

ni zadatak. Međutim, tokom izgradnje objekta, nastojalo se da se i aspektu hlađenja ukaže veća pažnja. Proračune koje je bilo potrebno obaviti za potrebe hlađenja, a koji se prepliću sa uslovima grejanja, činili su situaciju složenijom. Da bi se objedinili takvi zahtevi i postupak proračuna ubrzao, primenjena je automatizacija postupka.

Tako se došlo do trećeg aspekta – prikaza računarskog programa "Floor Calc", koji objedinjuje proračun podnog grejanja i hlađenja [8]. Kada podni paneli, dimenzionisani u uslovima grejanja rade u uslovima hlađenja, postavlja se pitanje koliko je stvarno rashladno opterećenje i kako se ono menja tokom dana. Ustaljeni proračun nam u tim uslovima nije davao pravu informaciju. Da bi se ovaj problem prevazišao, u preduzeću "Logic" prethodnih godina napravljena je i korišćena Excel verzija proračuna. Vremenom se pojavila potreba za ozbiljnijim softverskim rešenjem. Zato je u rad je uključen kolega Dejan Lilić, dipl. inž. el. i prva verzija softvera je prikazana tokom 50. Kongresa i izložbe o KGH održanom 2019. godine.

2. Hronološki pregled

Prva ideja upotrebe zračećih grejnih panela i za potrebe hlađenja nastala je 1975. godine kada je, inženjeru početniku, u ruke dospela knjiga Andre Misenara iz 1966. godine pod nazivom: Grejanje i hlađenje zračenjem [1]. Naime, svi znamo da je primena podnog grejanja započela tridesetih godina prošlog veka u Francuskoj ugradnjom čeličnih cevi u betonsku konstrukciju. Ratna razaranja tokom drugog svetskog rata, pokazala su da su čelične cevi ugrađene u beton dobro podnosile zub vremena, ali svakako nisu bile preterano prikladne za rad i brzu ugradnju. Sem toga, tadašnji način gradnje i slaba ili nedostajuća izolacija objekata u velikoj meri je ograničavala samostalnu primenu tih sistema u grejanju, a pogotovu u hlađenju.

Tehnološkim razvojem novih veštačkih materijala (PP, PE, PEX, AIPEx, PB) i boljom toplotnom zaštitom objekata, panelna grejanja postaju znatno primenljiviji vid grejanja. Na našim prostorima taj razvoj je posebno podržao SMEITS or-

* Autor: bbbanjac@gmail.com

ganizacijom simpozijuma pod naslovom *O podnom grejanju i razvodu tople sanitarne vode plastičnim cevima*, održanog 1991. godine u Beogradu. Za autora teksta, podsticaj sa tog skupa bila su dva rada F. Palmizija [2, 3].

Posebno indikativna u radu [3] bila je konstatacija da je odavanje toplote panela koje je A. Kollmar defnisao u uslovima grejanja, neprimenljivo u uslovima hlađenja. Stoga je Palmizi predložio da se umesto izraza koji se koristi u uslovima grejanja $q = \alpha_u(t_p - t)$ [W/m²], u uslovima hlađenja uvede sledeći izraz $q = R + \alpha_u(t - t_p)$ [W/m²]. U navedenom izrazu R predstavlja direktno i difuzno sunčevo zračenje koje je apsorbovao pod. U tim jednačinama $\alpha_u = \alpha_k + \alpha_z$ je ukupni koeficijent prelaza toplote (koji objedinjuje konvektivnu i zračeću razmenu energije), t_p je srednja temperatura površine poda i t je temperatura vazduha.

Tako je pomenuti rad inspirisao i inicirao uvođenje pojma kombinovane unutrašnje temperature t_{KUT} [4]. Ta fiktivna temperatura, po ugledu na sunčano vazдушnu temperaturu, objedinila je uticaj tri izvora toplote podnog rashladnog panela. KUT obuhvata konvekciju, razmenu toplote dugotrasnim zračenjem površina prostorije i panela i apsorbovani deo sunčevog zračenja koje je dospelo u prostoriju. Ona je svakako promenljiva tokom dana i u datom momentu jeste proračunski parametar za određivanje rashladnog opterećenja podnog panela.

Prvi objekat sa instalacijom podnog grejanja i hlađenja preduzeće "Logic" projektovao je 1995. To je bila upravna zgrada fabrike "Luxol" u Zrenjaninu [5]. Dve godine kasnije završena je izgradnja objekta. Grejanje je obezbeđeno iz potstanice koja se napajala parom iz kruga fabrike. Objekat je podeljen u dve zone i za svaku je predviđen agregat za hlađenje vode, pozicioniran na krovu objekta.

Kako u to doba na tržištu nije postojala automatika koja bi ograničavala temperaturu polazne vode tako da ne dođe do kondenzacije, problem je rešilo preduzeće „Feniks BB“ iz Niša. Za potrebe projekta dorađen je postojeći i napravljen nov regulator MR5001H, koji je na osnovu temperature i relativne vlage vazduha određivao temperature tačke rose i na osnovu toga vršio ograničavanje temperature polazne vode.

Za potrebe grejanja „Feniks BB“ je već raspolagao opremom za kliznu regulaciju polazne vode sa mogućnošću njenog ograničavanja. To je bio isto važan aspekt pošto je izvor toplote bila para visokog pritiska, pa je ograničavanje maksimalne temperature u polazu bilo od izrazitog značaja.

U pogledu pojave kondenzacije na rashladnim zračućim površinama situacija je različita zavisno o tome o kojoj se površini radi. Kod panela koji se nalaze u zidovima ili na plafonu poseže se za nižim temperaturama površina radi njihove veće efikasnosti. Tada je avantura sa pojavom orošavanja veća, što zahteva ozbiljnija rešenja automatike u cilju njenog izbegavanja. Kod podnih panela situacija sa kondenzacijom je nešto drugačija.

Početna bojazan od nepoželjne pojave rošenja rashladnih površina upućivala je na složenija i skuplja rešenja regulacije. Kroz kasniju praksu to će se pokazati nepotrebnim. Evo o čemu se radi. Podno hlađenje za razliku od zidnog i plafonskog ima veće ograničenje u pogledu temperature rashladne površine. Zona udobnosti je, kako znamo, omeđena temperaturama vazduha od 20 °C do 26 °C i relativnom vlažnošću od 40% i 65%. Sa stanovišta udobnosti najniža temperatura pri podu na nivou članka iznosi 21 °C, što znači da je temperatura površine poda oko 20 °C. Taj uslov je ispunjen kada temperatura polazne vode nije niža od 17–18 °C. Nešto više o toj temi rečeno je u radu B. Olesena [6]. Drugi uslov sa stanovišta obezbeđenja udobnosti, kada se još ostvaruje hlađenje, jeste maksimalna temperatura površine poda od 25 °C. To znači da se temperatura površine poda mora održavati u veoma uskim granicama od 20–25 °C. Ograničavanjem mi-

nimalne temperature polazne vode iz rashladnog agregata (ulaz u panel) na 18 °C, ostvaruje se dvojak rezultat. Postignuta je ugodnost u nivou stopala, a pri tome nema potrebe za dopunskim senzorom relativne vlage ili za naležućim senzorom za detekciju pojave kondenzacije.

Drugi objekat preduzeće "Logic" je projektovao i realizovalo 1998/99 u Novom Bečeju. To je porodična kuća Čedomira Žeravice veličine oko 300 m². Grejanje je rešeno gasnim kotlom dok je za hlađenje iskorišćen agregatirani hladnjak vode, proizvod „Trane“, Kanada. Pošto je kod ovakvog rešenja sa čilerom postojao problem smrzavanja vode u sistemu, uređaj je prerađen u tzv. split-verziju, koja se u to doba bombardovanja SRJ nije mogla naći na našem tržištu. Naime, iz agregata je ispapričav izmešten i postavljen u kotlarnicu, a kompresor i kondenzator su ostali napolju. Tako je izbegnut problem mržnjena vode u agregatu odnosno nije bilo potrebe ubacivanja antifrizu u sistem.

Kako se vidi, prva rešenja su bila oslonjena na upotrebu vazduhom hlađenih hladnjaka vode tzv. čilera, usled nedostatka drugačije opreme. Sa pojavom malih bunarskih toplotnih pumpi tipa voda–voda, kao i malih toplotnih pumpi, tipa vazduh–voda, takva rešenja sve više uzimaju maha. Prvi takav objekat u Zrenjaninu urađen je 2013, godine, sa toplotnom pompom tipa vazduh–voda, proizvođača LG, iz Koreje. Nakon toga projektovano je i izgrađeno više porodičnih kuća sa grejno-rashladnim umesto sa čisto grejnim sistemima. Razlog je jednostavan. Ko god je mogao to da priušti, opredeljavao se za rešenje koje je obezbeđivalo veću ugodnost.

Vremenom se došlo do izgradnje i većih poslovnih i stambenih objekta. Kod njih primenu nalaze veći sistemi tipa vazduh–voda, odnosno sistemi VRF (Variable Refrigerant Flow). Prikaz jednog takvog rešenja dat je u nastavku teksta.

3. Mašinski projekat

Radi se o stambeno-poslovnim objektu, koji se kako je rečeno, sastoji od lamela A i B (slika 1). One su postavljene simetrično u odnosu na pravac sever–jug, gabarita osnovne prizemlja 12×80 m. Neto površina celokupnog objekta iznosi oko 4400 m², dok stanovi sa stepenišnim i hodničkim prostorom imaju ukupnu neto površinu oko 3500 m². Stanovi se nalaze na spratovima zgrade koja ima pet etaža.



Slika 1

Stanovi se greju i hlade preko podnih panela. Svaka lamela ima svoj sistem VRF. Spoljašnje (kompresorske) jedinice se nalaze na ravnom krovu (slika 2), dok se unutrašnje jedinice (hidromoduli) nalaze na svakoj etaži po jedna. Freonskom cevnom mrežom u vidu jedne vertikale povezane su u celinu. Tako su formirana dva VRF sistema: A i B.

Proračun gubitaka toplote je rađen prema DIN 4701. Dobići toplote nisu računati u fazi izrade projekta, već kasnije u

faži izvođenja primenom „ASHRAE Fundamentals“. Koeficijenti prolaza toplote građevinskih konstrukcija su kompletno preuzeti iz Elaborata energetske efikasnosti, bez uvećanja. Unutrašnje projektne temperature su uobičajene za ovaj tip objekta (sobe za boravak 20 °C, kupatila 24 °C). Rekapitulacija gubitaka toplote i instalisane toplotne snage na podnim panelima prikazana je u tabeli 1.



Slika 2

Tabela 1. Rekapitulacija gubitaka toplote i instalisane toplotne snage na podnim panelima

Etaža	Q_{gub} [W]	$Q_{podno\ korisno}$ [W]	$Q_{podno\ potrebno}$ [W]	A [m ²]	q_{gub} [W/m ²]	q_{ins} [W/m ²]
Lamela A						
1	19.004	23.766	31.605	268	71	118
2	17.714	22.210	27.722	263	67	105
3	17.260	22.548	28.153	267	65	106
4	17.473	22.502	28.096	266	66	106
5	18.659	22.674	28.308	260	72	109
Ukupno	90.110	113.699	143.884	1.323	68	109
Lamela B						
1	17.338	23.084	30.689	265	65	116
2	15.369	21.558	26.920	262	59	103
3	15.869	21.782	27.203	260	61	105
4	15.369	21.558	26.920	262	59	103
5	17.924	22.852	28.532	266	68	107
Ukupno	81.868	110.833	140.265	1.313	62	107

Pošto je usvojen sistem sa centralnim izvorom toplotne energije, bilo je potrebno da se precizno izračuna najviša temperatura vode za grejanje u razvodu prema zahtevu najnepovoljnije prostorije (za svaku lamelu posebno). Proračunski režim grejanja podnim panelima pri kom se 100% pokrивaju potrebe za grejanjem je 40/35 °C.

Dimenzije cevi podnih panela u svim prostorijama za boravak su Ø20×2 (korak 100 mm ili 150 mm), a u kupatilima Ø 16×2 (korak 80 mm). Regulacija temperature sobnog vazduha u stanu je centralna, pomoću kombinovanog automatskog limitera protoka (balansni ventil) povezanog sa sobnim termostatom postavljenim u dnevnoj sobi, sa regulacijom on/off.

Stanski ormarići podnog grejanja nalaze se u hodniku stepenišnog prostora. U njima je rezervisan prostor za eventualnu montažu kalorimetara. Dovod grejne vode do stanskih ormarića je potplafonski, bakarnim cevima koje su izolovane slojem prefabrikovane cevaste izolacije sa parnom branom, posebno za svaku etažu. U centralnom delu stepenišnog

prostora nalazi se instalacioni kanal u koji je postavljen hidromodul toplotne pumpe, kao i ekspanziona posuda i cirkulaciona pumpa sa frekventnom regulacijom broja obrtaja. Regulabilne cirkulacione pumpe su predviđene ukoliko bi se kalorimetri naknadno montirali. Tada treba očekivati da protok u sistemu bude promenljiv, zbog mogućeg štedljivijeg odnosa stanara.

Spoljne jedinice sistema VRF postavljene su na ravni krov i jednake su za obe lamele. Izabrane su tako da mogu da podmiru potrebe za grejanjem objekta pri spoljnoj projektnoj temperaturi od -15 °C, pri radu na 105% opterećenja, kada je instalisana snaga $P_{el} = 35,7$ kW (za površinu stanova i komunikacija jedne lamele od cca 1.750 m²).

Radom VRF instalacije upravlja centralni kontroler prema spoljnim uslovima, posebno za svaku od lamela. U celini gledano, instalacija je veoma jednostavna.

4. Floor Calc

Program *Flor Calc* je namenjen proračunu podnog grejanja i hlađenja. Programom se podni paneli mogu dimenzionisati samo za grejanje ili se mogu dimenzionisati tako da se ista instalacija u letnjem periodu može efikasno koristiti za hlađenje, uz sva medicinska i fizička ograničenja koja su propisana standardom EN 1264.

Kao što je u uvodu napisano, program je nastao iz potrebe što preciznijeg definisanja merodavnih veličina rashladnog opterećenja i pravilnog dimenzionisanja elemenata sistema instalacija koje smo projektovали i izvodili. Program je testiran na svakom našem objektu. Povratne informacije koje smo tako dobijali bile su nam dragocene.

U programu je primenjen unapređen matematički model Albrehta Kolmara prikazan u [9]. Zbog višedimenzionalnosti problema prenosa toplote modelom su uvedena sledeća uprošćenja:

1. Spoljna temperatura ubetoniranih cevi je ujedno i srednja temperatura vode u cevima. Zbog pojednostavljenja, usvojeno je da se ta temperatura ne menja duž cevi.
2. Dvodimenzionalnost prostiranja toplote duž singularnih prstenova ubetoniranih cevi, prevaziđena je osrednjavanjem, odnosno usvajanjem srednje temperature površine poda, t_p , i temperature površine u tavanice u prostoriji ispod panela, t_t .

Proračunom su obuhvaćeni i zračeci i konvektivni deo odavanja toplote podnog panela. Pri tome je u obzir uzeta i zavisnost prelaza toplote (alfa) od razlike temperatura površine panela i vazduha u prostoriji. Ta zavisnost uzeta je u obzir i pri proračunu gubitaka, odnosno odavanja tavanice međuspratne konstrukcije ispod poda prostorije koja se greje.

Na osnovu ulaznih podataka koji se tiču temperata (temperaturskog režima vode i temperatura prostorija), geometrije cevnih registara i građevinske konstrukcije poda proračunavaju se sledeće vrednosti:

1. Odavanja toplote panela i prema gore (korisna toplota) i prema dole (gubitak). Te toplote prikazuju se specifičirane po površini, ukupno i kao odavanje priključka. U režimu hlađenja proračunava se primljena količina toplote prikazana na isti način.
2. Ukupna dužina svake cevne zmije na osnovu zadate geometrije i dužine priključka.
3. Potreban zapreminski protok vode i pad pritiska kroz svaki cevni registar (zmiju).
4. Ukupan bilans za svaki razdelnik/sabirnik i na kraju za celokupan objekat.

Sâm kod programa pisan je u JavaScript-u. Program je bez ograničenja kompatibilan sa svim verzijama Windows-a

(32/64 bit), od XP-a do Win10. Instalira se jednostavno kao svaka druga aplikacija.

Program je zamišljen tako da se kroz unos podataka redom definišu svi registri podnog grejanja u objektu, registar po registar. Kroz proračun se zatim registri vezuju za prostorije, razdelnike i sabirnike u veće celine sve do konačnog definisanja objekta, onako kako je kroz unos dato. Unosom podataka omogućeno je da se podaci koji se ponavljaju (npr. temperaturski režim vode), a koji su zajednički za sve registre unesu na početku i zatim automatski kopiraju za sve ostale registre.

Ulazne podatke koji se odnose na cevni registar (osnovnu jedinicu podnog grejanja), možemo podeliti u dve grupe:

1. One koji ne utiču na proračun, već samo bliže određuju registar: broj registra, broj razdelnika gde je priključen, naziv i broj prostorije kojoj registar pripada, toplotni gubitak i toplotno opterećenje prostorije.
2. Ulazni podaci za proračun podnog grejanja.
 - 2.1. Temperaturski režim vode za grejanje. Za grejanje se unosi temperatura polazne i povratne vode. Pošto se za hlađenje koristi ista instalacija, za taj režim potrebno je definisati samo polaznu temperaturu vode. Temperatura povratne vode se proračunava na osnovu prenosa toplote i već sračunatog zapreminskog protoka.
 - 2.2. Nakon odabira dimenzija cevi za svaki registar, registar se definiše preko njegove površine, razmaka cevi i dužine priključka.
 - 2.3. Granične temperature poda, t_p (maksimalna u režimu grejanja i minimalna u režimu hlađenja), osim što predstavljaju graničnu vrednost, ujedno su polazni podatak za proračun stvarne temperature poda

kroz dovoljan broj iteracija. Preporuke iz stadarda EN 1264 za ove temperature su date u programu.

- 2.4. Zatim je potrebno definisati temperaturu vazduha prostorije koja se greje, t_i , temperaturu vazduha u prostoriji ispod panela, t_u , ili temperaturu tla ispod panela, sve u zavisnosti od konkretnog slučaja, odnosno polažaja prostorije koja se greje.
- 2.5. Nakon definisanja svih slojeva građevinske konstrukcije podnog panela (slika 3. gornji desni ugao), proračun se pokreće automatski.

Proračun se uvek pokreće automatski kada su za cevni registar uneti svi podaci (podaci za podno hlađenje mogu da se izostave). Nakon izvršenog proračuna svi uneti podaci i rezultati proračuna smeštaju se u bazu podataka datog registra i prelazi se na novi registar. Svi podaci za svaki registar su dostupni u svakom momentu u mogu se modifikovati bilo kada, a proračun ponavljati. Izlazni formulari za ceo objekat, kreiraju se u tabelama MS Excel (slika 4. prikazuje primer izlazne tabele) i razvrstani su po: registrima, razdelnicima/sabirnicima i prostorijama. Osim bilansa potrebne količine toplote i za grejanje i za hlađenje celog objekta, u izlaznom fajlu Excel-a, nalazi se i predmer materijala, potrebnog za izradu konkretne instalacije podnog grejanja i hlađenja.

Analitom rezultata proračuna dolazimo da zaključka da se u režimu grejanja dobijaju tačne vrednosti odavanja toplote panela za širok opseg unutrašnjih projektnih temperatura vazduha, t_i . U režimu hlađenja stvarna odvedena toplota sa podnog panela je veća od proračunske, ako se kao polazni podatak za t_i uzme unutrašnja projektna temperatura vazduha. To se događa zato što je tada zanemaren deo odvedene toplote dozračenog dugotalasnog zračenja sa okolnih površina i apsorbovanog sunčevog zračenja koje je dospelo na po-

Slika 3. Ulazni podaci za registar

Br.	Prostorija	Površina prostorije [m ²]	Registar	R/S	Površina registra [m ²]	Cev	Razmak cevi [cm]	Dužina cevi [m]	Odavanje registra [W]	Odavanje priključka [W]	Ukupno odavanje [W]	Pad pritiska [kPa]	Protok vode [m ³ /h]	Specifično odavanje [W/m ²]	Temperatura poda [°C]
1	Ulazni hol	48	1	1	10	Ø = 20x2	10	122	1115	168	1489	13,32	0,18	111,5	30,5
1	Ulazni hol	48	2	1	10	Ø = 20x2	10	124	1115	189	1514	13,87	0,19	111,5	30,5
1	Ulazni hol	48	1	1	15	Ø = 20x2	15	119	1137	127	1439	12,23	0,18	75,8	26,9
1	Ulazni hol	48	4	1	10	Ø = 20x2	10	126	1115	210	1538	14,44	0,19	111,5	30,5
2	Sala	46	1	2	14	Ø = 20x2	15	106	1061	63	1280	8,98	0,16	75,8	26,9
2	Sala	46	2	2	10	Ø = 20x2	10	110	1115	42	1343	10,31	0,17	111,5	30,5
2	Sala	46	3	2	10	Ø = 20x2	10	114	1115	84	1392	11,26	0,17	111,5	30,5
4	Matičar	17	5	1	8	Ø = 18x2	13	83	674	136	933	7,34	0,12	84,3	28,3

Slika 4. Rezultati proračuna po registrima. Temperaturni režim 42/35 °C

vršinu poda. U praksi se pokazalo da upotreba kombinovane unutrašnje temperature ima potpun smisao. Mnogo tačniji proračunski rezultati se dobiju kada se umesto temperature vazduha t_i kao ulazni podatak uzme kombinovana unutrašnja temperatura, t_{KUT} . Za potrebe proračuna, koristili smo izračunate vrednosti t_{KUT} , date tabelarno za referentnu prostoriju u Beogradu [4].

5. Zaključak

Primenom mera Energetske efikasnosti zgrada, spoljašnji klimatski uticaji su se znatno smanjili u odnosu na vremena kada su radijatorski sistemi dominirali sistemima grejanja. To je upravo dovelo do toga da je sistem podnog grejanja, danas moguće primeniti u objektima kolektivnog stanovanja i to čak kao jedini sistem. Sada, kada je široko otvoreno polje primene niskotemperaturnih sistema, pa i podnog grejanja, sa svim prednostima koje ono donosi, logično se postavlja pitanje njegove primene i za potrebe hlađenja.

Razlozi su višestruki. Ako se već ulaže u podno grejanje koristi se u okviru istih troškova proširiti njegovu funkciju. Dru-

gi valjan razlog primene rashladnih zračećih sistema je taj što se njima postiže znatno niža operativna temperatura u odnosu na klasične sisteme. Kao što je poznato, ona je najbolji parametar za ocenu lokalne termičke ugodnosti. Ugodnost se, dakle, poboljšava bez potrebe ugradnje dopunskih instalacija. Instalirana snaga spoljašnjih jedinica odabranih u uslovima grejanja, u uslovima hlađenja imaju veliku efikasnost, koja pogoduje malom utrošku električne energije.

U odnosu na konvencionalne sisteme hlađenja, ovi sistemi rade tokom 24 časa. Tokom noćnog perioda kada je rad uređaja olakšan, laganim hlađenjem se vrši deakumulacija toplote iz građevinske konstrukcije zgrade (termički aktivna zgrada). Tako je građevinska masa pripremljena za akumulaciju toplote narednog dana.

U pogledu postignutih temperatura vazduha na samom objektu, tokom eksploatacije zabeležene su sledeće vrednosti. U velikim stanovima sa srazmernom podnom površinom, ostvarene su temperature vazduha od 24–25 °C. U garsonjerama, sa relativno malom površinom poda u uslovima dugotrajnog kuvanja, temperatura sobnog vazduha je nešto viša. Ostvarena sobna tempera dostizala je 26–26,5 °C.

Literatura

- [1] Misener, A., Grejanje i hlađenje zračenjem, *Građevinska knjiga*, Beograd, 1966.
- [2] Palmizi, F., Postrojenja sa zračećim panelima, Beograd, časopis „KGH”, 3/1991.
- [3] Palmizi, F., Zračeći paneli u podu: savremeni sistem letnje klimatizacija, SMEITS, Beograd, 1991.
- [4] Banjac, B., Kombinovana unutrašnja temperatura u uslovima hlađenja zračećim panelima, časopis „KGH”, 4/1993.
- [5] Banjac, B., Glavni mašinski projekat termotehničkih instalacija upravne zgrade “Luxol” u Zrenjaninu, “Logic”, Zrenjanin, 1995.
- [6] Olesen, B., Mogućnosti i ograničenja podnog hlađenja, časopis „KGH”, 2/1997.
- [7] Zdravković, Z., Mašinski projekat grejanja stambeno-poslovnog objekta P+4+PS u Zrenjaninu, Tihomira Ostojića 36, „Toplotna tehnika”, Novi Sad, 2017.
- [8] Korovljev, A., Lilić, D., Računarski program za proračun podnog grejanja i hlađenja: “Floor Calc”, “Logic” doo, Zrenjanin, 2019.
- [9] Todorović, B., Projektovanje postrojenja za centralno grejanje, Mašinski fakultet, Beograd, 2009.

kgh



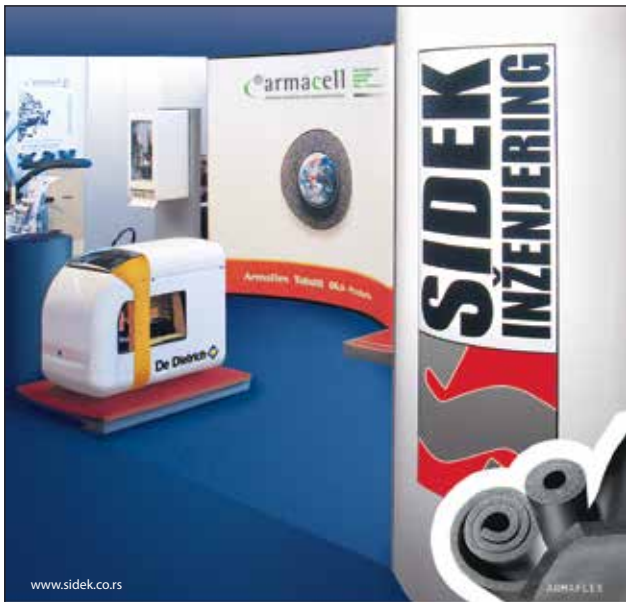
HydroX
INDUSTRIAL WATER TREATMENT

OVEX inženjering d.o.o.,
Društvo za inženjering, proizvodnju,
zastupanje i trgovinu
Tel. +381 (0) 11 3961 981,
Faks +381 (0) 3961 974
E-mail: office@ovex.rs



weishaupt

Weishaupt doo Beograd
Omladinskih brigada 88
11070 Beograd
Tel: +381 11 35 33 430
Fax: +381 11 35 33 437
e-mail: info@weishaupt.rs
www.weishaupt.rs







Trgovina opremom za sisteme KGH
Projektovanje i izvođenje termotehničkih instalacija
Ovlašteni distributer za Armacell, De Dietrich i IntegraCAD

SIDEK INŽENJERING d.o.o. Beograd
tel/fax 227 50 38
mob. 063 686 300, 063 686 400, 063 686 500
e-mail: sidek@sezampro.rs

GroupProtem

Group Protem d.o.o.
ul. Braće Jerković 117 E
11000 Beograd, Srbija

T +381 11 3096 999
info@protem.co.rs

www.groupprotem.com

BAXI by **MDV**
Professional AIRCON

ZAKORAČIMO U BUDUĆNOST ZAJEDNO

Itron **CIM GAS**

Tel 024/621-000 www.cimgas.rs

CIAT

→ INDUSTRIAL EQUIPMENT & GLOBAL PROCESS.
Your projects call for true expertise

TERMO PLUS Bože Jankovića 46, 11000 Beograd
Tel.: 011 309 80 35, faks 011 391 08 96
E-mail: office@termoplus.co.rs

**Radopress**

Distribucija sanitarne hladne i tople vode, radijatorsko i podno grejanje

Radopress watt

Sistem zidnog i plafonskog grejanja i hlađenja



Pipelife Serbia
Maksima Gorkog 75, 11000 Beograd, Srbija
T: +381 11 407 6008, F: +381 11 407 6008
office@pipelife.com, www.pipelife.rs

PIPELIFE



DOMING

UNIVERZUM INSTALACIJA



www.doming.rs

✉ office@doming.rs

☎ 011 25 80 100



- 23 GODINE POSLOVANJA

- INŽENJERING, MONTAŽA, PROIZVODNJA I TRGOVINA
- TERMOTEHNIKA, TERMOENERGETIKA I PROCESNA TEHNIKA



TRACO

11000 BEOGRAD
Ljube Davidovića 55/6
tel: (+381 11) 304 77 32
fax: (+381 11) 2832 898
office@traco.rs
www.traco.rs



Proizvodnja predizolovanih cevi i cevnih elemenata za sisteme daljinskog grejanja

EN 253 - predizolovane cevi
EN 448 - predizolovani fitinzi
EN 488 - predizolovane slavine
EN 489 - termoskupljajuće spojnice

Nemanjina 232, 11500 Obrenovac,
+381 11 8755 014 +381 11 8756 050 Fax: +381 11 8756 051
www.izekomont.com



ENERGYNET
Stvaramo bolju atmosferu

**28 GODINA STVARAMO
BOLJU ATMOSFERU**



GREJANJE



INSTALACIJE



KLIMATIZACIJA



VENTILACIJA

EFQM
Member



www.energynet.rs

FIN THERM

Proizvođač predizolovanih sistema cevodova
sa tvrdom poliuretanskom penom



Fintherm a.s. je najveći češki proizvođač i dobavljač predizolovanih cevnih sistema za bezkanalnu i nadzemnu distribuciju grijanja, hlađenja, kondenzata, tople vode i ostalih aplikacija.

Niski toplotni gubici

Visoka termička otpornost PUR penne

Veliki izbor predizolovanih cevnih sistema

Predizolovane cevi prečnika od DN 20 do DN 1200

Za Trati 197
196 00 Praha 9
Češka Republika
www.fintherm.cz

Fintherm a.s.

T +420 283 922 999
M +420 725 933 120
M +381 656 956 599
F +420 283 933 015

SIPATEC

SIPATEC Building d.o.o.
Siemens Building Technologies Distribution Partner
SIPATEC Water d.o.o.
Grünbeck Exclusive Distribution Partner for Serbia and Montenegro
SIPATEC Industrial d.o.o.
ABB Approved Distributor

**Building
SIPATEC**

SIEMENS

- Disajo sistemi za automatizaciju termodinamičkih instalacija (ventili, senzori, kontroleri, BMS...)
- Cerberus sistemi za bezbednost i sigurnost (dojava požara, detekcija gasa, kontrola pristupa)
- Analiza i povećanje energetske efikasnosti

**Water
SIPATEC**

grünbeck

- Oprema za tehnologiju voda u industrijskim aplikacijama, kotlovnica, energanama, rashladnim kulama, vodovodnim postrojenjima
- Filtracija, omekšavanje, ultrafiltracija, reverzna osmoza, doziranje hemikalija

**Industrial
SIPATEC**

ABB

- Nisko naponska oprema (sklopke, motorno zaštitni prekidači, osigurači, signalizacija, merenje...)
- Motori, frekventni regulatori, soft starteri
- Industrijska instrumentacija, meraci protoka, transimeri pritiska

Sipatec | Kronštatska 5, Beograd | +381 11 3670301 | office@sipatec.rs | www.sipatec.rs

Tehnosam
TESTIRAN VODA

FILTRACIJA
DEFERIZACIJA
DEKARBONIZACIJA
DEMINERALIZACIJA
REVERZNA OSMOZA
DOZIRANJE HEMIKALIJA
DEZINFEKCIJA
PREPRAMA VODE ZA DOMAĆINSTVA

Tehnosam
TESTIRAN VODA

Jelene Cović 22, 24106 Subotica
kancelarija: tel./fax 024 567 431, mob. tel. 063 521 806
servis: mob. tel. 062 237 134
@: tehnosam@eunet.rs, web: www.tehnosam.rs

Gradevinarstvo
Automotivi
Industrija

REHAU
Unlimited Polymer Solutions



**PERFEKTNJA ENERGETSKA
EFIKASNOST**

NOVO REHAU SISTEMSKO REŠENJE - SADA UKLJUČUJUĆI TOPLOTNU PUMPU

Nova REHAU toplotna pumpa potpuno je energetska efikasna REHAU sisteme unutrašnjih instalacija u Vašem domu.

Perfektna usklađenost, ušteda energije, redukcija troškova i očuvanje okoline. Najtoplija preporuka!

REHAU d.o.o., Stražišavska 7, 11272 Dobanovci, Tel.: +381 (11) 37 70 301, E-mail: beograd@reha.com, www.reha.com