ТЕМПЕРАТУРСКЕ РАЗЛИКЕ НА ПОДРУЧЈУ БЕОГРАДА

TEMPERATURE DIFFERENCES IN THE AREA OF BELGRADE

Драган Љ. Николић, дипл. инж., Петар М. Васиљевић, дипл. инж., и Радмило А. Савић, дипл. инж.,
ЈКП "Београдске електране", Београд

Са убрзаним развојем свих области науке и технике, неминовно расте и потреба за енергијом. Фосилних горива је све мање, па је проналажење алтернативних извора енергије неопходно. Паралелно са тим, одвијају се активности на подручју њеног рационалнијег коришћења. Нарушена равнотежа у природи и њено загађење једна је од цена која се плаћа. Манифестацију тога, у виду климатских и микроклиматских промена, брзих прелаза годишњих доба или драстичних дневних температурских разлика, можемо уочити свакодневно.

У раду је детаљно обрађена температура на ширем подручју Београда, мерена у објектима "Београдских електрана". Разлике температура које се исказују у исто време на различитим локалитетима више нису занемарљиве (крећу се и до 10°C). Потврђена је теорија о "градском острву топлоте". Проналажењем законитости ових микроклиматских промена, могуће је тачније планирање и већа ефикасност у раду и пројектовању система КГХ.

The rapid development of all science and technology fields implies the increased energy need and consumption. Fossil fuels are being depleted and therefore it is necessary to find alternative energy sources. At the same time some steps have been taken with respect to the economical energy use. The disturbed balance of the nature and environmental pollution are the prices that have to be paid. Such imbalance is manifested through climatic and micro-climatic changes, rapid seasonal transition of drastic daily temperature differences, which can be experienced in everyday life.

There is the detailed analysis of temperature in the broad area of Belgrade, measured in the facilities of "Belgrade Power Plants", in comparison to the temperature measured by the Institute of Hydrometeorology. The temperature differences appearing at the same time on different locations are no longer insignificant (they vary up to 10°C). The theory of "the city thermal island" has been confirmed. By recognizing the regularity of such micro-climatic changes, more accurate planning and better operation and design efficiency of the HVAC systems may be achieved.

Кључне речи: *"градско острво топлоте"; подручје Београда; температурске разлике*
Key words: *"city thermal island"; Belgrade area; temperature differences*

Увод

Потреба за енергијом је стара колико и човечанство. Енергија је главна карика како у развоју целокупног људског друштва, тако и у његовом опстанку. Живот је тешко замислив без различитих видова енергије, чије је порекло махом из фосилних горива (угаљ, нафта, природни гас). До пре десетак година, главни циљ је био створити што већу количину енергије. Данас примат преузима други проблем: загађивање планете и њено перманентно уништавање. Ера фосилних горива је свакако XX век. На почетку са угљем, који потискују течна горива, да би сада водила оштру борбу са природним гасом.

Нерационално коришћење горива створило је низ проблема. Испуштена је у атмосферу велика количина штетних материја насталих сагоревањем. Неки од њих су, поред токсичности, постали и узрочници појава као што су киселе кише (у појединим земљама је страдало и 40% шума). Други пак уништавају заштитне слојеве атмосфере и тиме утичу на интензитет и таласне дужине Сунчевог зрачења, што за последицу има загревање Земље. Главну улогу у томе има угљен-диоксид, чија је количина у атмосфери повећана за трећину у последњем веку, а он је познат као гас са ефектом стаклене баште.

Последице су увелико видљиве: зиме су топлије, са мање падавина, олуја су прелази годишњих доба, израженије су температурске разлике у кратком временском периоду... Већи градови представљају посебан проблем. Они теже да се климатски изолују од своје околине и постану својеврсна микроклиматска острва. "Заштитна капа" изнад града чини ваздух сувљим, топлијим и са повећаном концентрацијом загађујућих компоненти. Струјања ваздуха и разне падавине, које врше "пречишћавање" ваздуха, све су ређа изнад градова.

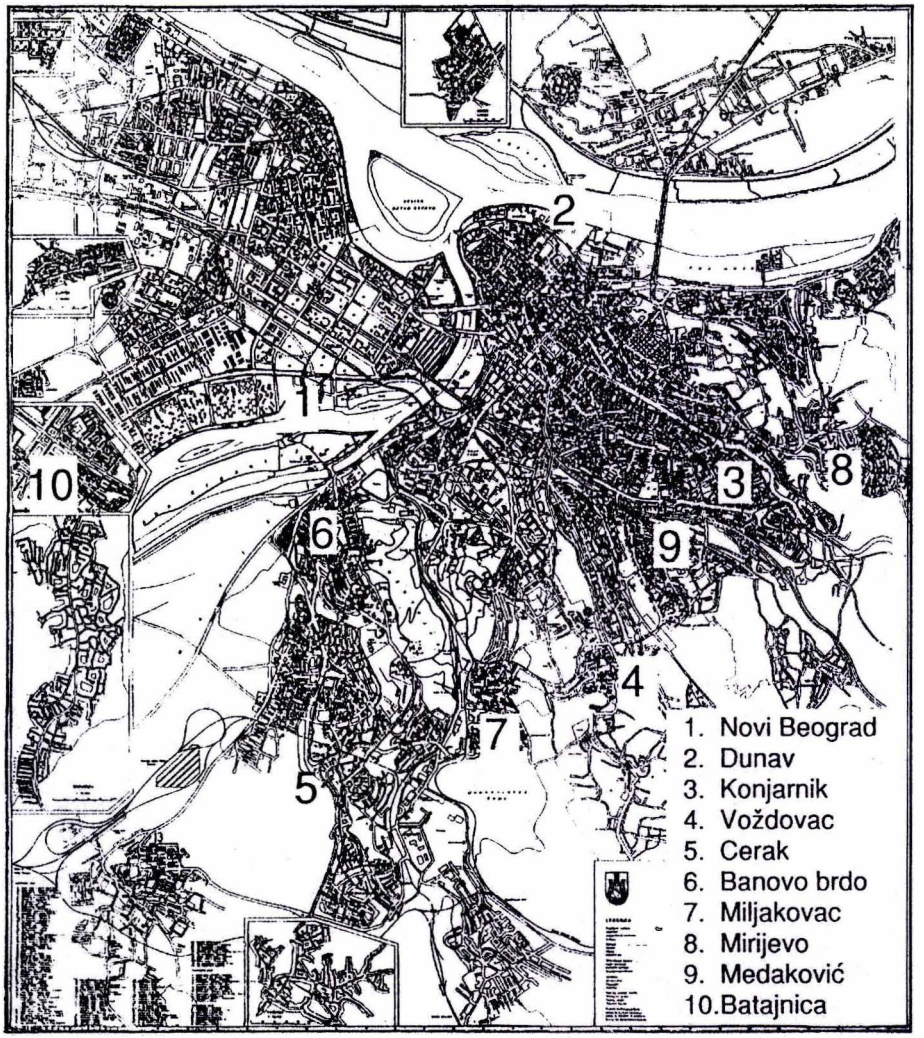
На повећање температуре у градовима утичу топловоди и грејање станова, осветљење, возила, индустрија и сами људи. Урбане зоне, од бетона и асфалта са мало зелених површина, представљају одличне акумулаторе топлоте (сунчевог зрачења), коју ноћу одају околном ваздуху. Природни услови још више се модификују услед малог испаравања и брзог отицања падавина, чиме је умањен ефекат расхлађивања (испаравање влаге), а последица је и сувљи ваздух. Процењује се да је у већим европским градовима ваздух сувљи за просечно 10% него у градској околини.

"Заштитна капа" изнад градова такође утиче на кретање облака, који је заобилазе, па центри обично добију мање падавина него периферија.

Територија Београда и микроклима

Београд, са својих 2 милиона становника и релативно великом урбаном површином, такође показује ове карактеристике. Београдска територија обухвата банатску, сремску, савскодунавску и шумадијску област. Рељеф земљишта се одликује брдовитим формама, благо заталасаним површинама и рекама (Сава и Дунав) са притокама.

Територија Београда је потпуно отворена према северу и западу, па је нарочито зими изложена утицају хладних ваздушних маса. Поред рељефа и географског положаја, на климу града утичу и комплекси зелених површина, реке и урбанизација. Све ово утиче на промене локалних метеоролошких услова у танком слоју ваздуха изнад земљине површине – тзв. пограничном слоју, чија се просечна максимална висина изнад Београда креће од 400 до 900



Слика 1. План Београда са тачкама – мерна места

метара у периоду октобар–април. Досадашња истраживања су показала да јаки ветрови, изражене облачности и падавине практично анулирају локалне услове, док при тихом и ведром времену максимално долазе до изражаја локални услови. Ово је досадашњим истраживањима крактеристика климе од стране РХМЗ Србије потврђено и за Београд. Према стогодишњем мерењу, у погледу средњих годишњих и средњих сезонских температура, постоји тренд пораста температура, који је најизраженији управо у зимском периоду. У овом веку температура у граду је порасла за преко 1°C, при чему 40% "одговорности" припада урбанизацији.

При доминацији локалних услова, поље температуре у Београду ограничено је затвореним изотермама које чине структуру познату као градско

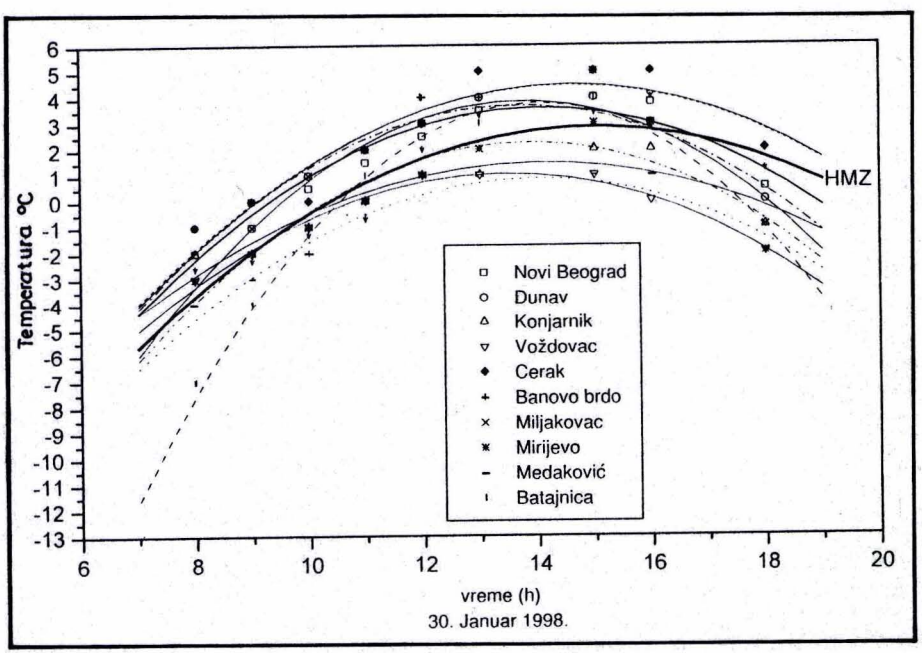
острво топлоте. Острво се јавља као последица суме микроклиматских промена везаних за измену градских површина. Било који изоловани комплекс зграда ствара микроклиму различиту од пређашње на истом месту.

Температурски контрасти су најјаче изражени од заласка до изласка сунца, док се према подневу те разлике смањују. До згушњавања изотерми минималних температура ваздуха и температура ваздуха долазе управо у зимском периоду око 21 h на ивицама густо изграђених зона.

Мерна места и начин прикупљања података

У свом саставу, "Београдске електране" имају диспечерски центар који се бави континуираним прикупљањем података о раду топлана. Један од података је и спољна температура ваздуха на локацијама топлотних извора. У овом истраживању направљен је избор десет објеката, чији је распоред приказан на умањеном плану града (слика 1). Изабране су топлане: Нови Београд, Дунав, Коњарник, Вождовац, Церак, Баново брдо, Миљаковац, Миријево, Медаковић и Батајница, тако да су покривени и густо насељени део града и периферија.

Температуре се мере помоћу термопарова који се налазе у метеоролошким мерним станицама, на отвореном – поред објеката, а према упутствима РХМЗС. Индикатори се налазе, заједно са осталим уређајима, на самој термокоманди топлана, одакле се врше директно очитавање и јављање диспечерском центру. Очитавања се врше у одређеним временским интервалима (сат времена), а вредности се заокружују на цео степен. Прикупљеним подацима се додаје и податак о температури мерне станице РХМЗ – Врачар.



Слика 2. Дневни ток температуре

Ова мерења се спроводе само у току грејне сезоне, а то је период октобар–април.

Резултати истраживања

Приказивање свих измерених температура и одступања, из формиране базе података за грејну сезону 97/98, због ограничености простора овог рада није могуће.

Дневни ток температуре у периоду од 06 h до 20 h, у наведеним топланама приказан је у табели 1 и на слици 2. Изабран је 30. јануар 1998, који репрезентативно приказује промене.

Пуном линијом је приказан ток температуре РХМЗ на Врачару. Примећује се да температуре измерене у топланама имају сличну тенденцију, али су померене ка вишим или нижим температурама, зависно од објекта. Највеће одступање има топлана Батајница која је и најудаљенија од центра града: у јутарњим часовима је температура за 6 до 8 степени нижа него у осталим објектима, у раним поподневним часовима је температура изједначена са осталим максималним температурама, а увече је опет најнижа измерена. Ово се уклапа у теоријска предвиђања да периферије градова имају веће и брже температурске промене него урбани центри града.

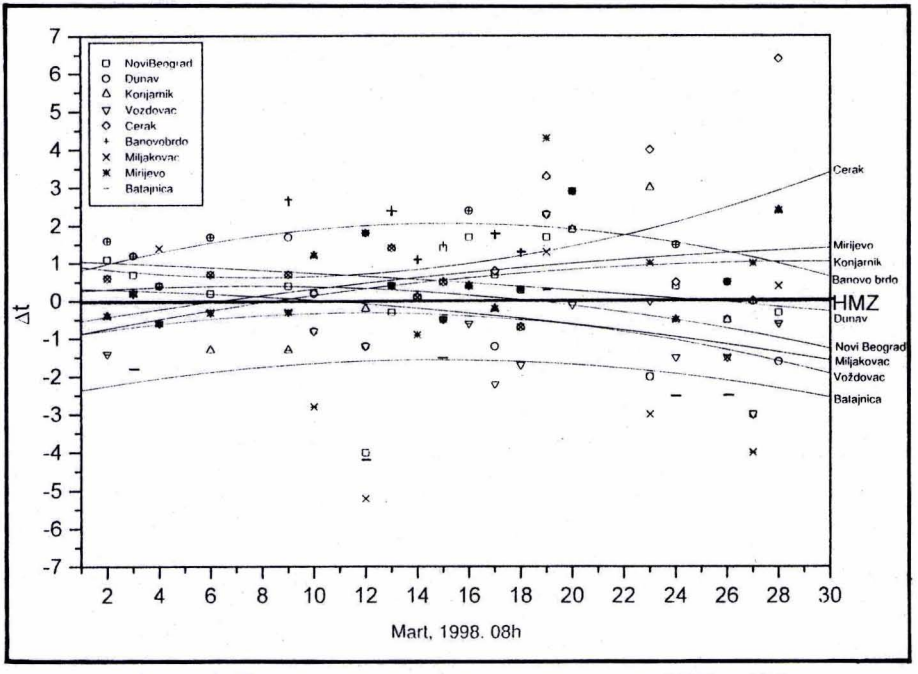
Криве промене температуре за Церак и Баново брдо поклапају се и за два степена су изнад Врачара. Нови Београд и Дунав такође показују "блискост", али су ближе реперној температури. До 16 h потпуно прате тренд, а затим брже опадају. Коњарник и Вождовац имају спорији пораст температуре и ниже температуре на крају дана. Медаковић има све време ниже температуре и спорији пораст, док Миријево приближно прати Врачар у току дана, а увече има осетнији пад.

Табела 1. Дневни ток температуре за 30. јануар 1998.

Време мерења (h)		**08.**	**09.**	**10.**	**11.**	**12.**	**13.**	**15.**	**16.**	**18.**
Нови Београд	t(°C)	–2	0	1	2	3	4	4	3	0
Дунав	t(°C)	–1	–1	1	2	3	4	4	3	0
Коњарник	t(°C)	–2	–2	–1	0	1	1	2	2	–1
Вождовац	t(°C)	–3	–2	–1	0	1	1	1	0	–2
Церак	t(°C)	–1	0	0	2	3	5	5	5	2
Баново брдо	t(°C)	–1	0	0	2	4	4	5	5	2
Миљаковац	t(°C)	–3	–1	1	2	3	2	5	4	–1
Миријево	t(°C)	–3	–2	–1	0	1	2	3	3	–2
Медаковић	t(°C)	–4	–3	–2	–1	0	1	1	1	–2
Батајница	t(°C)	–7	–4	–2	1	2	3	4	4	–2
РХМЗ Врачар	t(°C)	–2,6	–2,3	–1,3	–0,7	2	3,3	3,4	2,8	1,2

На слици 3 је приказано средње температурско одступање за март месец, мерено у 08 h. Као репер је усвојена званична температура РХМЗ на Врачару. Примећује се да су одступања појединих температура од криве значајна (и до 10°C), што је првенствено зависило од облачности, падавина и ветра. Миљаковац и Батајница имају константно ниже температуре од репера,

а Церак, Миријево, Коњарник и Баново брдо више. Дунав и Нови Београд су приближне реперу. Ради лакшег поређења, све тачке су апроксимиране истом кривом (другог реда), што донекле искривљује слику. Ово је било неопходно, јер апроксимација са "best fit"-ом, због великих одступања појединих тачака, није погодна.

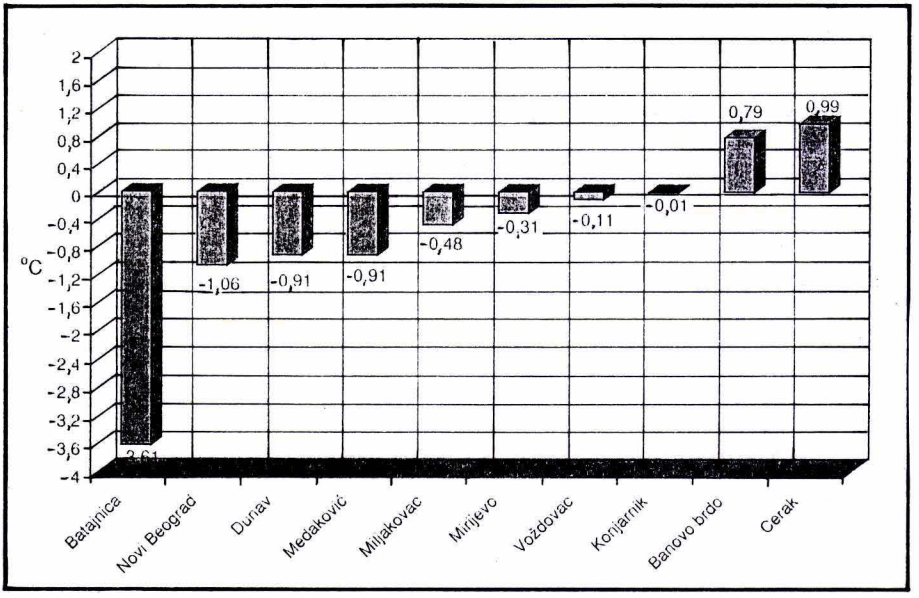


Слика 3. Температурска одступања за март 1998. у 08 h

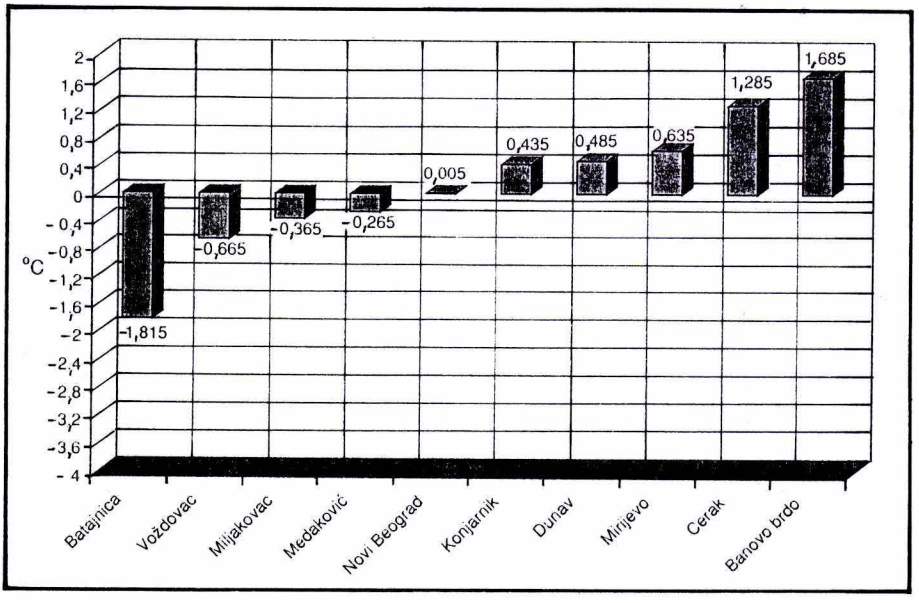
На слици 4 приказана је средња вредност свих температурских одступања по топланама за јануар 1998, мерено сваког дана у 10 h. Уочава се да су Церак и Баново брдо топлији, Коњарник и Вождовац блиски реперној температури, а остали (можемо сматрати периферни у односу на Врачар) хладнији делови, у чему увелико предњачи Батајница. Исто је приказано и на слици 5, само за месец март, мерено у 08 h. Тренд је потпуно задржан, само што су температуре померене ка вишим, што се уклапа у теорију да су разлике израженије у хладнијим месецима.

Формирана је разлика средњих одступања за месеце јануар и март (слика 6). Разлике се крећу у интервалу 0,395–0,745°C. Средња вредност одступања је 0,58 за све топлане. Из разматрања је искључена Батајница, која има значајније одступање – 1,8°C. Ово показује пресудан утицај локалних услова, јер су разлике приближне без обзира на величину стварних температура.

Занимљива је и разлика температура топлана Нови Београд (надморска висина 74 m) и Баново брдо (н.в. 130 m), које су удаљене непуна два километра и имају "оптичку видљивост". Разлике од скоро 2 степена су настале утицајем реке Саве, отворености и конфигурације простора, као и густином зграда. Слично је и са "блиским" топланама Коњарник и Медаковић.



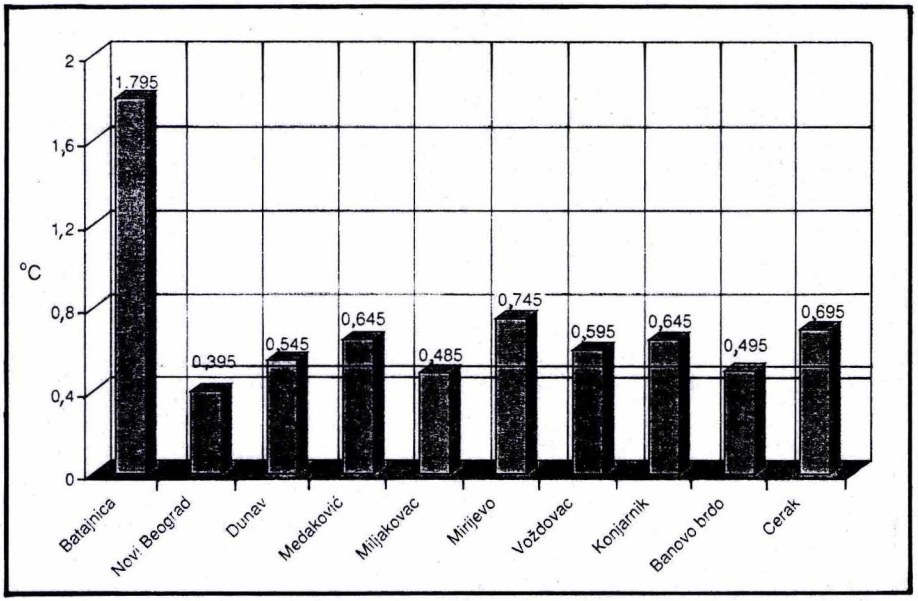
Слика 4. Средње одступање за јануар 1998, у 10 h



Слика 5. Средње одступање за март 1998, у 08 h

Закључци

Београд има врло сложену конфигурацију и микроклиму. Измереним спољним температурама у десет топлана, потврђена је теорија о градском



Слика 6. Разлика средњих одступања за јануар (10 h) и март (08 h) 1998.

острву топлоте: централни делови имају више температуре и блажи раст у односу на периферне делове (ниже јутарње и вечерње температуре и веће дневне осцилације).

Исказана битна температурска одступања су значајна са становишта грејања у зимском периоду, јер њиховим праћењем и проналажењем зависности, могуће је побољшати температурски услов угодности у објектима грејаним од стране "Београдских електрана", као и остварити уштеде у потрошњи горива. Ови резултати се могу применити и у пројектовању нових објеката у систему КГХ.

Ово истраживање свакако треба поновити, али проширено са новим утицајним параметрима (падавине, облачност, ветар и др.). Систем термопарова прилагодити прецизнијим мерењима (са тачношћу 0,1°C).

Литература

[1] * * *: *Просторна расподела температуре ваздуха на подручју Београда у периоду октобар–април,* РХМЗ Србије, метеоролошки сектор, одељење Метеоролошка и аеролошка опсерваторија Београд, студија, Београд 1998.

[2] * * *: *Интерни извештаји,* диспечерски центар ЈКП "Београдске електране", Београд, 1998.