

ЉУДСКИ ТОПЛОТНИ БАЛАНС НА ПОДРУЧЈУ НОВОГ САДА

АЛЕКСАНДАР КРАЈИЋ¹

¹Љуба Вучковић 5, 11000 Београд, Србија

Сажетак: Ова анализа се заснива на топлотном човековом балансу, а према Блажејчиковом биоклиматског моделу топлотне размене човек-окружење. Коначни резултат модела топлотног биланса човека указује на биотермалне особине временских ситуација а при упражњавању рекреационих потреба које се спровode у природи. У овој анализи, средњи дневни метеоролошки подаци (метеоролошке станице у Новом Саду), употребљени су за два екстремна месеца, јануар и јули. У овом раду су анализирана два периода, први од 1992-2010. и други за годину 2010. Циљ рада је да се прикаже модел вредновања временских стања која потенцијално представљају здравствени ресурс Новог Сада а за портебе рекреације људи, те да укаже на мањкавости овог модела када су у питању вишегодишње анализе. Предмет овок чланка је представљање биоклиматске анализе града Новог Сада и временских прилика које преносе режим временских стања на човеков организам.

Кључне речи: људски топлотни биланс, људски комфор, временски услови, Блажејчиков модел, Нови Сад.

Увод

Одавно је познато да временски услови утичу на људско здравље и расположење. Различити концепти и методе су коришћени да покажу однос између климатских прилика и људског организма. Већина њих користи једноставне климатске (максималну и минималну температуру ваздуха, облачност, инсолацију, падавине итд.) и биоклиматске карактеристике (WCI, еквивалентну и ефективну температуру ваздуха итд.).

Град Нови Сад је секундарни урбани центар у Србији. Налази се на левој обали Дунава, на око 86 m н. в. Географске координате референтне метеоролошке станице су 45° 20' с.г.ш. и 19° 51' и.г.д. Треба нагласити да се Град шири и на десној обали Дунава, на северној подгорини Фрушке горе, а која представља туристички регион. Осим Новог Сада, који поседује природне и антропогене туристичке вредности, такође интересантни туристички центри су и Петроварадин, Сремски Карловци и Сремска Каменица. Процењује се да на овој територији живи и ради око 350.000 становника.

Клима овог подручја је степско-континентална, док вегетација припада јужноевропском биому шумостепа и степа (Pil, N. and Stojanovic, D. 2005). Непосредно поред Дунава заступљен је биом водоплавних листопадних шума. У Новом Саду средња годишња вредност температуре ваздуха је 11,6 °С, напона водене паре је 11,0 mb а количина падавина износи 676 mm (Метеоролошки годишњак 1, 1976-2010). Просечна годишња вредност еквивалентне температуре ваздуха износи 27,9 °С (Метеоролошки годишњак 1, 1976-2010).



Слика 1. Положај града Новог Сада у Републици Србији

Метода рада

„Клима једне регије је природни ресурс са важним импликацијама на чињенице као што су топлотни комфор, здравље и продуктивност популације“ (Tejeda-Martinez и Garcija-Cueto, 2002, стр. 55). Антрополошке и биометеоролошке студије описују топлотни комфор климе као једно топлотно-физиолошко важно стање а израчунавају га комбинацијом температуре и влажности ваздуха, брзином ветра са кратко-дуго таласним зрачењем на људски терморегулаторни систем (Kantor, N. и Unger J. 2011, стр. 99). У корист успешне сарадње биоклиматолога са урбаним планерима (урбанистима) и дизајнерима (архитектама) потребно је применити схватање важности информације о топлотно-физиолошким условима средине (Kantor, N. и Unger J. 2011, стр. 99).

Биоклиматска истраживања је код нас покренуо П. Вујевић. Користећи метеоролошке податке за Копаоник, Врњачку Бању, Куршумлију и Рашку, он је преко еквивалентне температуре ваздуха, моћи хлађења и моћи сушења предочио основне биоклиматске карактеристике југозападнoг дела Србије (Вујевић, П. 1962). Биоклиматску анализу Подунавља на основу еквивалентне температуре ваздуха спровео је М. Пецељ са сарадницима (Пецељ, М. Р. и сарадници, 1996).

У овом чланку биће примењен модел који се базира на зависности човекове топлотне размене од природних услова. Ово је нов модел, публикован први пут 1994. године по имену *Менекс* („The Man-ENvironment heat EXchange model“; Włazejczyk, K. 1994). Менекс је више пута допуњаван, те се последња верзија назива Менекс-2006. Модел Менекс, по свом аутору Блажејчика, може бити примењен за различите потребе: биоклиматске (за рекреацију и туризам, климатотерапију, хумане здравствене и урбане студије), термофизиолошке (радни услови и терморегулациона контрола система) и просторно планерске (у планирању природних, стамбених и рекреационих зона; Włazejczyk, K. 1994). „Овај модел отвара нове могућности у биоклиматским истраживањима актуелних проблема животне средине, а која је мета

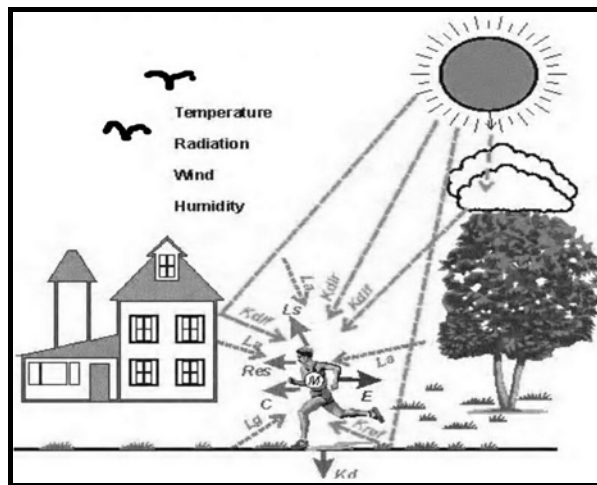
глобалних климатских промена насталих уништавањем озонског омотача“ (Пецељ, М. Р., Миљинчић, М. и Пецељ, М. 2007, стр. 199).

Основа Блажејчиковог биоклиматског модела за израчунавање енергетског, топлотног баланса између човека и околине заснива се на једначини:

$$S = M + Q + C + E + Res$$

Где је: S – укупна унутрашња концентрација човекове топлоте M – топлота настала процесом метаболизма (сагоревањем угљених хидрата), Q – лични радиациони баланс дуготаласним зрачењем, C – конвективна топлотна размена, E – топлотни губици настали испаравањем и Res – топлотни губици настали дисањем (Błażejczyk, K., 2008, стр. 32).

Основне одлике топлотног човековог баланса на подручју Новог Сада одређене су на основу метеоролошких елементима регистрованих у периоду од 1992. до 2010. године. Поред њега обухваћена су и два биоклиматска индекса (PhS и PST) у анализи метеоролошких елемената, за два екстремна месеца, јануар и јули, а по методологији „дан за даном“. Овај дигитални (бројчани) опис топлотног човековог биланса као продукта Блажејчиковог модела произашао је из програмског пакета Биоклима 2.6. Улазни подаци за овај софтвер су метеоролошка временска стања (дневна температура ваздуха, максимална и минимална температура ваздуха, брзина ветра, напон водене паре, релативна влажност ваздуха, облачност, висина Сунца, дневна количина падавина и висина снежних падавина), и физиолошки услови човековог тела (температура човечје коже – 32 °С, метаболичка производња топлоте – 165 W/m², изолација одеће – 1 clo и албеда одеће – 30%); Błażejczyk и Matzarakis, 2007).



Слика 2. Скица човекове топлотне размене: сунчева радијација (директна – K_{dir} , распршена – K_{di} и рефлектована – K_{ref}), топлотна радијација (подлоге – L_g , неба – L_a и човечјег тела – L_s), топлотни ток-флуке (метаболизам – M , конвективни – C , испаравањем – E , респирацијом – Res , одвођењем – K_d , топлота тела – S и радиациони баланс у човеку – Q) (Błażejczyk, K. 2008, стр. 32.)

Излазни подаци модела топлотног човековог баланса садрже неколико карактеристика, као што су компоненте човековог топлотног биланса и различите биоклиматске индикаторе (индексе и флуке). Они одсликавају везе и односе између човековог организма и околине. У овом раду биће паралелно анализирана и два биоклиматска индекса:

1. *Индекс физиолошког напора* (Physiological Strain index – *PhS*) приказује како су физиолошки процеси човечјег организма прилагођени условима који владају у природи (Биоклима 2.6. help file). PhS рефлектује процес прилагођавања хладној или топлој средини до постизања топлотне равнотеже (хомеотермије Блажејczyk, К., 2008.). Физиолошки напор једнак је количнику конвективног (C) и евапорационог (E) топлотног флукса.

2. *Физиолошко субјективна температура* (Physiological Subjective Temperature – *PST*) представља човеков субјективни осећај топлоте након 20 минута проведених у природи (Блажејczyk, К., 2008).

Табела 1. Скала перцепције интензитета физиолошког напора (PhS), физиолошке субјективне температуре (PST) и временског индекса одрживости (WSI) по Блажејчиковом моделу

PhS		PST		WSI	
–	–	< -36.0	смрзавајући	–	–
0.0	екстре. топли	-36.0 – -16.1	веома хладни	–	–
0.00 – 0.24	веома топли	-16.0 – 4.0	хладни	0	бескорисни
0.75 – 1.50	умерено топли	4.1 – 14.0	свежи	1	уме. корисни
1.51 – 4.00	умере. хладни	14.1 – 24.0	пријатни	2	корисни
4.01 – 8.00	веома хладни	24.1 – 34.0	топли	3	веома корисни
> 8.00	екстре. хладни	34.1 – 44.0	врући	–	–
–	–	> 54.0	веома топли	–	–

The source: Bioklima 2.6, help file; Блажејczyk, 2008.

Временска стања која се пресликавају кроз унете метеоролошке вредности се могу вредновати за различите видове спортско-рекреативне активности, а чије резултате модел *Менекс* пружа под именом *The Weather Suitability Index*.

Временски индекс одрживости (The Weather Suitability Index – *WSI*) представља „вредновање временских стања за различите врсте активности које је могуће упражњавати у природи: за сунчање – SB (тј. за стајање на осунчаном простору – *WSI_SB*), за тзв. „проветравање“ – AB (тј. за стајање на свежем ваздуху у хладовини – *WSI_AB*), за комбиноване активности – MR (нпр. шетња, лаке игре, куповина – *WSI_MR*), за интензивне активности – AR (нпр. фудбал, бициклизам, планинарење, догирање итд. – *WSI_AR*) и за скијање и остале зимске спортове – ST (*WSI_ST*)” (Блажејczyk, К., 2008, стр. 65).

Анализе човековог топлотног баланса по овом моделу вршене су у Пољској (Блажејczyk, К. 2001, стр. 133; Блажејczyk, К. и Matzarakis, А., 2007, стр. 63; Блажејczyk К., 2008, стр. 28), док је у нашем непосредном окружењу (у Републици Српској) спроведена само временска типологија (Пецељ М. и сарадници, 2010, стр. 35). Модел *Menex* у суштини представља надоградњу Будиковог модела, те је мање познат (Блажејczyk, К. и Krawczyk, В. 1991, стр. 103). Основа овог модела је слична Хоперовом моделу МЕМИ (Kantor, N. и Unger J. 2011, стр. 99). Овај модел се такође базира на енергетском балансу човека (Tejeda-Martinez, А. и Garcija-Cueto, О. R. 2002, стр. 56). Користи се за вредновање животне средине а за различите рекреативне активности (Endler, С. и Matzarakis, А. 2010, стр. 339; Lin, Т. Р. и Matzarakis, А. 2007 стр. 281).

Резултати анализе

Анализа средњих дневних вредности климатских елемената, за период 1992-2010. годину, преко Блажејчиковог модела и његовог софтвера *Биоклима 2.6* показује да током јануара преовлађујује негативан топлотни флуks (-37,9<S<-25,0 W/m²; видети Табелу 2.). Треба напоменути да вредности које се налазе у Табели 2. и 3. одговарају човеку који се креће у природи (на отвореном) брзином 4 km/h и чији је степен метаболизма 165 W/m² (видети ISO/FDIS 8996:2004).

Табела 2. Средње дневне вредности акумулације топлоте (S), индекса физиолошког напора (PhS), субјективне физиолошке температуре (PST) и временског индекса одрживости (WSI) за два екстремна месеца, јануар и јули (1992-2010)

	S		PhS		PST		WSI_SB		WSI_AB		WSI_MR		WSI_AR	
	I	VII	I	VII	I	VII	I	VII	I	VII	I	VII	I	VII
1.	-34,8	54,5	2,6	0,9	-6,8	33,1	0	1	0	1	1	1	1	0
2.	-32,4	54,8	2,5	0,9	-6,2	33,1	0	1	0	1	1	1	1	0
3.	-35,5	55,0	2,6	0,8	-6,9	34,3	0	1	1	1	3	1	3	0
4.	-37,0	56,2	2,7	0,8	-7,3	34,1	0	1	0	1	1	1	1	0
5.	-37,6	53,7	2,7	0,8	-7,3	33,2	0	1	0	1	1	1	1	0
6.	-35,3	53,0	2,6	0,9	-6,8	32,7	0	1	0	1	1	1	1	0
7.	-26,6	49,4	2,4	0,9	-5,2	30,7	0	1	0	1	1	1	1	0
8.	-29,9	47,2	2,5	0,9	-5,2	30,5	0	1	0	1	1	1	1	0
9.	-30,6	46,6	2,5	1,0	-5,6	29,1	0	1	0	1	1	1	1	0
10.	-25,0	48,0	2,4	0,9	-4,7	30	0	1	0	1	1	1	1	0
11.	-26,0	55,0	2,4	0,9	-4,7	31,4	0	1	1	1	3	1	3	0
12.	-28,1	47,9	2,5	1,0	-5,4	29,4	0	1	0	1	1	1	1	0
13.	-29,3	55,6	2,5	0,9	-5,7	31,8	0	1	1	1	3	1	3	0
14.	-28,0	53,7	2,5	0,9	-5,3	32,1	0	1	0	1	1	1	1	0
15.	-29,1	53,1	2,5	0,9	-5,7	31,4	0	1	1	1	3	1	3	0
16.	-33,5	53,2	2,6	0,9	-6,4	32,9	0	1	0	1	1	1	1	0
17.	-32,3	55,4	2,6	0,9	-5,9	33,9	0	1	1	1	3	1	3	0
18.	-31,2	56,1	2,5	0,8	-5,7	34,3	0	1	1	1	3	1	3	0
19.	-31,4	46,7	2,6	1,1	-5,9	27,7	0	1	0	1	1	1	1	0
20.	-29,0	57,1	2,5	0,7	-5,3	35,9	0	1	0	1	1	0	1	0
21.	-33,0	56,6	2,6	0,8	-5,5	34,4	0	1	0	1	1	1	1	0
22.	-36,8	58,0	2,7	0,8	-6,4	34,9	0	1	0	1	1	1	1	0
23.	-35,3	53,6	2,6	0,8	-6,5	33,5	0	1	0	1	1	1	1	0
24.	-36,2	55,2	2,7	0,8	-6,8	34,3	0	1	0	1	1	1	1	0
25.	-30,6	54,0	2,6	0,9	-6,5	32,7	0	1	0	1	1	1	1	0
26.	-30,9	50,9	2,6	0,9	-6,1	31,5	0	1	0	1	1	1	1	0
27.	-33,1	56,8	2,6	0,8	-6,2	33,4	0	1	0	1	1	1	1	0
28.	-29,0	58,4	2,5	0,8	-5,7	35,5	0	1	0	1	1	1	1	0
29.	-31,8	57,8	2,6	0,8	-5,9	33,9	0	1	0	1	1	1	1	0
30.	-35,4	52,9	2,6	0,9	-6,1	32,1	0	1	0	1	1	1	1	0
31.	-37,9	58,6	2,6	0,8	-6,8	33,8	0	1	0	1	1	1	1	0
CMB	-32,0	53,7	2,6	0,9	-6,0	32,6	0	1	0	1	1	1	1	0

Анализа средњих дневних вредности, такође приказује да током јануара преовладава умерено хладани физиолошки надражај (2,4<PhS<2,7), хладан осећај физиолошке субјективне температуре (-7,3<PST<-4,7) и следећи временски услови: *бескорисни* за сунчање (WSI_SB=0), *бескорисни* (WSI_AB=0) и шест дана *умерено корисни* (WSI_AB=1) за боравак у природи, *умерено корисни* (током 25 дана је WSI_MR=1) и *веома корисни* за умерене активности (6 дана је WSI_MR=3), умерено корисни (25 дана је WSI_AR=1) и *веома корисни* за интензивну активност (6 дана је WSI_AR=3) и *бескорисни* временски услови за зимске спортове.

Максимални дефицит топлотног човековог биланса забележен је 31. јануара. Средња дневна температура ваздуха је тог дана била $-0,3\text{ }^{\circ}\text{C}$. Међутим, 4. јануара температура ваздуха је два пута нижа $-0,6\text{ }^{\circ}\text{C}$ (више вредности PhS и PST). Услед мање брзине ветра (за $0,2\text{ m/s}$) и мање облачности (за 6 %) топлотни дефицит је 4. а у односу на 31. јануар мањи за $0,9\text{ W/m}^2$. Мада је у јануару најтоплији ваздух био 8. и 11. ($1,8\text{ }^{\circ}\text{C}$), најмања вредност топлотног дефицита регистрована је 10-ог. Тада је у односу на осми температура ваздуха ($1,6\text{ }^{\circ}\text{C}$) била нижа за $0,2\text{ }^{\circ}\text{C}$, а брзина ветра ($1,8\text{ m/s}$) мања за $0,1\text{ m/s}$.

Топлотни флуks људског тела током јула је позитиван ($46,6 < S < 58,6\text{ W/m}^2$). Други екстремни месец представљен је *топлотно-неутралним* и током једног дана *умерено топлим* физиолошким напором ($0,7 < \text{PhS} < 1,1$), *топлим* и за осам дана *врјућим* субјективним физиолошким осећајем топлоте ($27,7 < \text{PST} < 35,9$) и различитим временским условима за следеће активности људи: *умерено корисни* за сунчање ($\text{WSI}_{\text{SB}}=1$), *умерено корисни* за боравак у природи ($\text{WSI}_{\text{AB}}=1$), *умерено корисни* за умерено интензивне активности ($\text{WSI}_{\text{MR}}=1$) и *бескорисни* за интензивну активност и зимске спортове.

Максимална јулска средња дневна температура ваздуха забележена је 20. ($23,4\text{ }^{\circ}\text{C}$), док је максимум топлотног флуksа регистрован 31. када је средња дневна температура ваздуха $22,6\text{ }^{\circ}\text{C}$ и вредност напона водене паре виша за $1,1\text{ mb}$. Најхладнији дан јула је 9-ти. Тада је температура ваздуха била $20,6\text{ }^{\circ}\text{C}$. Овај дан се подудара са даном са минималним вредностима индекса физиолошке субјективне температуре. Најнижа јулска температура ваздуха јавља се 19. ($20,0\text{ }^{\circ}\text{C}$) што се се такође подудара са најнижим вредностима PST-а.

Како се при вишегодишњим климатским анализама стиче површан утисак о месечном току човечјег топлотног биланса, овом методом су такође анализиране средње дневне метеоролошке вредности екстремних месеци (јануара и јула) у 2010. години. Из ње се може видети да је амплитуда између минималног и максималног човековог топлотног биланса већа за $45,0\text{ W/m}^2$ у јануару и $123,4\text{ W/m}^2$ и јулу. Топлотни јануарски флуks се креће у распону од $-61,8\text{ W/m}^2$ до $1,1\text{ W/m}^2$ (видети табелу 3). Такође се из ове једногодишње анализе може видети да топлотни човеков флуks може бити и позитиван. При температури ваздуха од $1,1\text{ }^{\circ}\text{C}$ (11. јануара) забележена је за овај месец једина позитивна вредност топлотног биланса ($1,1\text{ W/m}^2$). Дан са највишом јануарском температуром ваздуха био је први са $8,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ али услед веће брзине ветра човеков организам остварује негативан топлотни биланс. Највећи топлотни дефицит човеково тело доживљава тридесетог, када температура ваздуха износи $-0,7\text{ }^{\circ}\text{C}$. Амплитуда између минималне и максималне вредности индекса физиолошког напора износи 1,2. Она је у односу на анализу осамнаестогодишњег периода већа за 0,9.

Перцепција субјективне температуре људског организма варира током јануара у распону од $18,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($-15,9 < \text{PST} < 2,6$). Она је за разлику од предходне анализе позитивна током једног дана (11.). Временски услови током овог месеца су *бескорисни* ($\text{WSI}_{\text{SB}}=0$) а у једном дану *веома корисни* за сунчање ($\text{WSI}_{\text{SB}}=1$). Они су двадесет и три дана *бескорисни* ($\text{WSI}_{\text{AB}}=0$), током седам дана *умерено корисни* ($\text{WSI}_{\text{AB}}=1$) и у једном дану *веома корисни* за боравак у природи ($\text{WSI}_{\text{AB}}=3$). Погодност јануарских временски услови за умерено интензивну активност вреднује се на следећи начин: *бескорисни* у току десет дана, *умерено корисни* током тринаест дана и *веома корисни* током осам дана. Временски индекс одрживости је при спровођењу интензивне активности током тринаест дана *умерено користан*, а у осталом делу месеца *веома користан*. Временски услови су за зимске спортске активности само у једном дану *веома корисни* и *умерено корисни*, а током осталих дана *бескорисни*.

Табела 3. Средње дневне вредности *топлотне акумулације (S)*, *индекса физиолошког напора (PhS)*, *физиолошке субјективне температуре (PST)* и *временског индекса одрживости (WSI)* за два екстремна месеца, у 2010. години

	S		PhS		PST		WSI_SB		WSI_AB		WSI_MR		WSI_AR	
	I	VII	I	VII	I	VII	I	VII	I	VII	I	VII	I	VII
1.	-20,5	64,5	1,9	0,8	-5,3	35,7	0	1	0	1	1	1	1	0
2.	-51,9	83,1	2,7	0,7	-11,7	42,8	0	0	0	0	0	0	1	0
3.	-56,3	70,9	3,1	0,8	-9,6	35,9	0	1	0	1	1	1	1	0
4.	-37,4	62,1	2,7	0,9	-7,7	32,4	0	1	1	1	3	1	3	0
5.	-59,7	53,7	2,9	1,0	-13,7	26,6	0	3	0	3	1	3	3	0
6.	-50,8	53,9	2,7	0,9	-12,5	28,2	0	1	0	1	0	1	1	0
7.	-25,5	-1,1	2,2	1,3	-9,3	6,1	0	0	0	1	0	3	1	3
8.	-60,2	41,1	2,6	1,0	-9,7	24,1	0	3	0	3	1	3	1	0
9.	-34,3	74,2	2,3	0,8	-0,6	36,8	0	0	1	1	3	0	3	0
10.	-31,3	77,7	2,3	0,7	-9,3	40,0	0	0	0	0	0	0	1	0
11.	1,1	69,7	2,1	0,7	2,6	38,9	3	1	3	1	3	0	3	0
12.	-11,7	90,7	2,4	0,6	-1,0	42,3	0	0	1	0	3	0	3	0
13.	-38,8	117,4	2,4	0,4	-11,1	48,4	0	0	0	0	1	0	3	0
14.	-29,6	115,4	2,3	0,4	-10,3	47,6	0	0	0	0	1	0	3	0
15.	-31,6	127,2	2,3	0,3	-10,2	49,9	0	0	0	0	1	0	3	0
16.	-50,3	101,5	2,8	0,3	-13,5	43,6	0	0	0	0	1	0	3	0
17.	-57,4	103,2	3,0	0,4	-8,4	46,1	0	0	1	0	3	0	3	0
18.	-16,9	73,6	2,0	0,7	-8,2	38,3	0	1	0	1	1	1	3	0
19.	-29,5	49,3	2,3	1,0	-10,6	27,9	0	1	0	1	0	1	1	0
20.	-26,8	99,2	2,2	0,6	-9,5	43,1	0	0	0	0	1	0	3	0
21.	-30,6	120,4	2,3	0,5	-11,0	47,9	0	0	0	0	0	0	1	0
22.	-48,9	127,1	2,7	0,4	-14,2	49,3	0	0	0	0	0	0	1	0
23.	-31,5	116,9	2,3	0,4	-11,9	47,4	0	0	0	0	1	0	3	0
24.	-41,2	44,3	3,0	1,0	-8,4	27,6	0	3	1	3	3	3	3	3
25.	-59,5	-8,2	3,3	1,6	-11,8	3,3	0	0	1	0	3	1	3	1
26.	-47,5	20,2	2,7	1,4	-14,6	15,9	0	3	0	3	1	3	3	3
27.	-35,0	9,8	2,4	1,2	-13	8,1	0	0	0	1	0	3	1	3
28.	-54,3	28,8	2,9	1,1	-15,9	22,0	0	1	0	1	0	1	1	1
29.	-38,6	61,0	3,0	0,8	-5,9	33,0	0	1	1	1	3	1	3	0
30.	-61,8	42,6	2,8	0,9	-12,6	28,2	0	3	0	3	1	3	3	3
31.	-54,1	15,4	2,8	1,2	-13,3	10,4	0	1	0	3	0	3	1	3

Јулски топлотни флуks (2010.) креће се у распону од од -8,2 W/m² (25. јула) до 127,2 W/m² (15. јула). Појава минималне вредности физиолошке субјективне температуре ваздуха поклапа се са појавом максималне негативне вредности топлотног флуksа. Тада је температура ваздуха износила 28,7 °C. Најнижу температуру ваздуха имао је седми дан, али услед слабијег ветра (за 1 m/s), мање влажности ваздуха (за 18 %) и облачности (за 17 %) он има више вредности топлотног флуksа од оне забележене 15. јула (6,1 W/m²). Максимална температура ваздуха (28,5 °C) се у овом случају поклапају са максимумом вредности топлотног биланса и индекса физиолошке субјективне температуре.

Током јула су присутни *умерено топли* (0,3<PhS<0,75), *термонеутрални* (током 16 дана је 0,75<PhS<1,5) и *умерено хладни* осећаји физиолошког надражаја (један дан је 1,51<PhS<1,6); *свежи* (4 дана је 3,3<PST<14,0), *пријатни* (2 дана је 14,1<PST<24,0), *топли* (8 дана је 24,1<PST<34,0), *врџи* (10 дана је 34,1<PST<44,0) и *веома врџи* (7 дана је 44,1<PST<49,9) физиолошки осећаји субјективне температуре. Вредновањем временских услова установљени су различити временски типови који су погодни за следеће људске активности: *бескорисни* (16 дана је WSI_SB=0), *умерено корисни* (10 дана је WSI_SB=1) и *веома корисни* (5 дана је WSI_SB=3) услови за

сунчање; *бескорисни* (13 дана је $WSI_{AB}=0$), *умерено корисни* (11 дана је $WSI_{AB}=1$) и *веома корисни* (6 дана је $WSI_{AB}=3$) услови за боравак у природи; *бескорисни* (14 дана је $WSI_{MR}=0$), *умерено корисни* (9 дана је $WSI_{MR}=1$) и *веома корисни* (8 дана је $WSI_{MR}=3$) услови за умерене активности; *бескорисни* (23 дана је $WSI_{AR}=0$), *умерено корисни* (2 дана је $WSI_{AR}=1$) и *веома корисни* услови за спровођење интензивне физичке активности (6 дана је $WSI_{AR}=3$).

Дискусија и закључак

Модел Блажејчика, који је примењен у два анализа људског топлотног биланса на простору Новог Сада, показао је своју добру оперативност. Такође, се из ове две анализе види да биоклиматска истраживања, користећи се овим моделом, не треба спроводити на средњим вредностима, јер пружа површан утисак о временским појавама. Тако на пример: на основу анализе средњих дневних вредности јануарског топлотног биланса за период 1992-2010. стиче се утисак да ово подручје током споменутог месеца не поседује позитиван топлотни флуks. То демантује анализа јануара 2010. године. Дакле, анализа средњих дневних вредности током дужег временског периода даје уопштenu слику временских услова неког предела што је за биоклиматско изучавање од мањег значаја.

Истина је да средње дневне вредности које су примењене у анализи два екстремна месеца током 2010. године дају, такође уопштене вредности временских услова у односу на терминске величине (оне у 7h, 14h и 21h), међутим на основу модела Менекс из њих се може стећи прави утисак о временској ситуацији која је заступљена.

Ова биоклиматска анализа обухвата човека одевеног од 1 clo (таква одевеност одговара степену одевености канцеларијског радника) са степеном метаболизма од 165 W/m^2 . То према међународном стандарду 8996 одговара човеку (старом 30 година, са телесном тежином од 75 kg, и висином од 175 cm те са површином тела од $1,8 \text{ m}^2$) или жена (старој 30 година са телесном тежином од 65 kg и висином од 170 cm те са површином коже од $1,6 \text{ m}^2$) који се креће брзином од 4 km/h. Код таквих особа топлотни биланс је током јануара углавном негативан и износи у просеку око $-32,0 \text{ W/m}^2$. Да би се успоставила толотна равнотежа, одевеност човека би морала да се појача до износа од око 1,7 clo ($1 \text{ clo} = 0.155 \text{ m}^2\text{K/W}$). Током јула топлотни флуks човека износи $53,7 \text{ W/m}^2$, што доводи до прегревања организма. Тада одевеност треба прилагодити вредности од око 0,7 clo.

Резултати биотермалне анализе указују да на подручју Новог Сада у току два екстремна месеца доминирају неколико временских услова. Јануар карактеришу временски услови са *умерено хладним* надражајем индекса физиолошког напора и *хладни опажај* субјективне температуре ваздуха, за разлику од јула током кога преовлађују *термонеутрални* надражај физиолошког напора (надражаја) и *топао* опажај субјективне температуре. Вредновањем ових временских стања закључује се да су они током јануара *бескорисни* за сунчање и боравак у природи, *умерно корисни* за бављење умереном и интензивном физичком активношћу и *бескорисни* за развој зимских спортова. Временски услови током јула се генерално оцењује као *умерено корисни* за спровођење лаких и умерено тешких физичких активности као што су сунчање и боравак у природи, шетња, бициклизам и сл., или пак као *бескорисни* за извођење интензивних физичких активности.

Бонитирање временских услова показује да је у току зиме за добро здравље човека најбоље упражњавати активан вид рекреације као што је шетња, трчање, вожња бициклом, играње фудбала итд. Услед високог позитивног топлотног флуksа, током јула се не препоручује бављење интензивним спортом.

Литература

- Błażejczyk, K. (1994). New Climatological-and-Physiological Model of Human Heat Balance Outdoor (MENEX) and its Applications in Bioclimatological Studies in Different Scales, in Błażejczyk, K. and Krawczyk, B. Bioclimatic Research of Human Heat Balance. *Zeszyty, Instytut Geografii i Przestrzennego Zagospodarowania (IGiPZ) PAN*, 28, pp. 27-58.
- Błażejczyk, K. (2001). Assessment of recreational potential of bioclimate based on the human heat balance. *First International Workshop on Climate Tourism and Recreation, Int. J. Biometeorology* WP01, pp. 133-152.
- Błażejczyk, K. и Krawczyk, B. (1991). The influence of climatic conditions on the heat balance of the human body. *International Journal of Biometeorology*, 35, pp. 103-106.
- Błażejczyk, K. и Matzarakis, A. (2007). Assessment of bioclimatic differentiation of Poland based on the human heat balance. *Geographia Polonica*, 80, 1, pp. 63-82.
- Błażejczyk, K. (2008). Bioclimatic principles of health tourism, *TIES Conference Reports*, R-01-2009, 20, pp. 28-43.
- Endler, C. и Matzarakis, A. (2010). Climatic potential for tourism in the Black Forest, Germany — winter season. *International Journal of Biometeorology*, 55, pp. 339–351.
- Kantor, N. и Unger J. (2011). The most problematic variable in the course of human-biometeorological comfort assessment – the mean radiant temperature. *Central European Journal of Geosciences*, 3 (1), pp. 90-100.
- Lin, T. P. и Matzarakis, A. (2007). Tourism climate and thermal comfort in Sun Moon Lake, Taiwan. *International Journal of Biometeorology*, 52, pp. 281–290.
- Pecelj, M. (2011). Биоклиматска анализа бањских места у Републици Српској у функцији бањског туризма. Бања Лука: Природно-математички факултет, докторска дисертација.
- Пецељ, М. Р., Миљинчић М. А. и Пецељ, М. (2007). Биоклиматска и еоклиматска истраживања – правци развоја. *Гласник Српског географског друштва* 87(2), 199-210.
- Pecelj, M. et al. (2010). Informational Technology in Bioclimatic Analysis of Banja Luka for Tourism Recreation. *In the proceeding book of 9th WSEAS International Conference on Telecommunication and Informatics*, ISBN: 978-954-9260-2-1, ISSN: 1790-5117, University of Catania, Sicily, Italy, pp. 35-39.
- Pecelj, M. R. et al. (2010). Informational technology in bioclimatic analysis of Višegrad for health spa tourism. *Proceedings book of the 7th WSEAS International conference on Engineering Education*, ISBN: 978-960-474-202-8, ISSN: 1792-426, Corfu Island, Greece, pp.322-325.
- Пецељ, М. Р. и сарадници (1996). Биоклиматске карактеристике Подунавља. *Зборник радова научног скупа „Подунавље у Србији“*, Завод за заштиту природе, Нови Сад, стр. 182 – 184.
- Pil, N. и Stojanovic D. (2005). Some rare Longhorn Beetles (Coleoptera: Cerambycidae) without protection on the national level found on Mt. Frusaka Gora, Serbia. *Archives of Biologise Sciences*, 57 (2), pp. 137-142.
- Tejeda-Martinez, A. и Garcija-Cueto O. R. (2002). A comparative simple method for human bioclimatic conditions applied to seasonally hot/warm cities of Mexico. *Atmosfera* 15, pp. 55-66.
- Вујевић, П. (1962). Прилози за биоклиматологију области Копаоника. *Зборник радова географског института „Јован Цвијић“*, 18, 1-83.
- *** (1976-2010). *Метеоролошки годишњаџи 1*, Републички хидрометеоролошки завод Србије, Београд.
- ***Softwer Bioklima 2.6, <http://www.igipz.pan.pl/geoekoklimat/blaz/>.
- ***ISO/FDIS 8996:2004.

THE HUMAN HEAT BALANCE IN THE CITY OF NOVI SAD (SERBIA)

ALEKSANDAR KRAJIĆ

Abstract: This analysis is based on the human heat balance according to the bioclimatic man-environment heat exchange model created by Krzysztof Błażejczyk. The final result of the human heat balance model points to biothermal weather situations for the outdoor recreational needs. In this analysis, middles daily meteorological data (of climatological station of Novi Sad) were used for two extreme months, January and July. In this work, it is analyzed two periods, the first is for 1992-2010. and the second is for year 2010. The aim is to show how weather can be evaluated for recreational needs which the health resource of Novi Sad and to point out the shortcomings when it comes to multi-year analysis. The objective of this article has been to present a bioclimatic analysis of city Novi Sad and how weather variables come together in order to give a climate meaning on human organism.

Keywords: Human heat remainder, Human comfort, weather condition, Błażejczyk's model, Novi Sad.

Introduction

It has long been known that weather conditions have influence on human health and well-being. Various concepts and methods have been used to show relationship between climatic characteristics and the human organism. Most of them use the simple climate (maximum and minimum air temperatures, cloudiness, solar and UV radiation, precipitation and etc.) and bioclimatic characteristics (Wind Chill Index, equivalent and effective temperature and etc.).

Novi Sad is a secondary urban center in the Republic of Serbia. It is located on the left bank of the Danube, at about 86 m above sea level. Geographical coordinates of the authorised weather station are 45° 20' Nφ and 19° 51' Eλ. It should be noted that the town spreads over the northern foothill region of "Fruška gora" mountain on the right bank of the river Danube, which represents a tourist area. Besides the town of Novi Sad, which has the natural and anthropogenic tourist values, there are other interesting tourist centres such as Petrovaradin, Sremski Karlovci and Sremska Kamenica. It is estimated that at the moment there are approximately 350.000 people living and working in this area.

Fig. 1. Geographic position of the town of Novi Sad in the Republic of Serbia

This area has continental steppe climate, while the vegetation belongs to the Southern European forest-steppes and steppes biome. (Pil, N. and Stojanović, D. 2005). Immediately next to the Danube, a wetland deciduous forests biome is represented. The mean annual value of air temperature in Novi Sad is around 11.6 °C, the value of water vapour pressure is 11.0 mb and the value of precipitation is 676 mm (Meteorological annual 1, 1976-2010). The average annual value of equivalent air temperature is 27.9 °C (Meteorological annual 1, 1976-2010).

Materials and methods

"The climate of a region is a natural resource with important implications on things such as thermal comfort, health and the productivity of a population" (Tejeda Martinez, A. and Garcia Cueto, O. R. 2002, p. 55). Human-biometeorological studies describe the thermal comfort as a significant thermo-physiological state, therefore they measure it by combining air temperature, air humidity, wind velocity and short- and long- wave radiation on the human thermoregulatory system (Kantor, N. and Unger, J, 2011). "In order to achieve successful communication between bioclimatologists and urban planners and designers, it is important to understand the significance of the information regarding thermo-physiological environment conditions." (Kantor, N. and Unger, J. 2011, p. 99).

The first bioclimatic research in Serbia was conducted by P. Vujević. By using the weather data for Kopaonik, Vrnjačka Banja, Kuršumlija and Raška, he provided basic bioclimatic characteristics of the south-western part of Serbia having analysed equivalent air temperature as well as the cooling and drying power (Vujević, P. 1962). The bioclimatic analysis of the Danube region in Serbia based on the equivalent air temperature was done by M. Pecelj and his collaborators (Pecelj M. *et al*, 1996).

The model based on the correlation between the human heat exchange and the nature's conditions will be applied in this article. This is a new model, first published in 1994 under the name Menex (The Man-ENvironment heat EXchange model; Błażejczyk, K., 1994). Menex has been updated several times, and the name of the last version is Menex-2006. According to its author, Błażejczyk, Menex can be used in various applications: bioclimatic (for recreation and tourism, climatotherapy, human health and urban studies), thermophysiological (work conditions and thermoregulatory system control), spatial design (natural, residential and recreational areas) (Błażejczyk, 1994). "This model provides new opportunities for bioclimatic researches of current environmental problems, since the environment is influenced by the global climate change due to ozone layer damage." (Pecelj, M. *et al*, 2007, p. 199).

The general equation for the man-environment heat exchange model (Menex) assumes the form

$$S = M + Q + C + E + Res,$$

where S is net heat storage, i.e. changes in body heat content, M is metabolic heat production (both basic metabolic rate and metabolic energy production due to activity and workload), Q is a person's radiation balance, C is heat exchange by convection, E is heat loss by evaporation and Res is heat loss by respiration (Błażejczyk, K. 2008).

General features of the human heat balance in Novi Sad area were assessed on the basis of weather data covering the period between 1992 and 2010. Also, two bioclimatic indices were included in the detailed analysis of the weather data for two extreme months, January and July, based on the "day by day" methodology. This digital description of the human heat balance resulting from Błażejczyk's model was derived from Bioklima 2.6 software. The input data for the software were: the meteorological weather conditions (daily air temperature, maximal and minimal air temperatures, wind velocity, air vapour pressure, relative air humidity, cloudiness, Sun altitude, daily precipitation in total and snow cover), and physiological conditions of a human body (mean skin temperature – 32 °C, metabolic heat productions – 65-290 W/m², clothing insulation – 1 clo, albedo of clothing – 30 % and sweat rate and velocity of a person's motion) (Błażejczyk, K. and Matzarakis, A, 2007).

Fig. 2. Components of the human heat balance by K. Błażejczyk: solar radiation (direct – K_{dir} , diffuse – K_{di} and reflected – K_{ref}), thermal radiation (ground – L_g , sky – L_a and human body – L_s), heat fluxes (metabolism – M , convection – C and evaporation – E , respiration – Res , conduction – K_d , net heat storage – S and radiation balance in man – Q) (Błażejczyk, 2008. p. 32.)

The output data for human heat balance models contain several output characteristics, such as the components of the human heat balance or various indices. They illustrate connections and a relationship between a man and environment. In this paper will be analyzed also two bioclimatic index.

1. *Physiological Strain index (PhS)* indicates the way in which physiological processes adapt human organism to given outdoor conditions. PhS expresses predominant adaptation processes in a cold or warm environment to equilibrate heat gains or losses (Błażejczyk, K. 2008). Physiological strain is equal to the quotient between convection (C) and evaporation (E) heat fluxes.

2. *Physiological Subjective Temperature (PST)* represents a man's subjective feeling of the thermal environment after 20 minutes of adaptation to ambient conditions (Błażejczyk, K. 2008).

Weather conditions are illustrated through the values of meteorological data and they can be evaluated for different sports and recreational activities, and whose results model Menex provide by name "The Weather Suitability Index".

The Weather Suitability Index (WSI) "evaluates the suitability of various weather conditions for different forms of outdoor activity: sun bathing – SB (i.e. staying in a sunny place – WSI_{SB}), air bathing – AB (i.e. staying in a shaded place – WSI_{AB}), mild activities – MR (e.g. walking, light play sessions, shopping – WSI_{MR}), intensive activity – AR (e.g. football, biking, climbing, jogging, etc. – WSI_{AR}), and skiing and winter sports – ST (WSI_{ST})" (Błażejczyk, K. 2008, p. 65).

Table 1. The scale of physiological strain intensity (PhS), intensity of physiological subjective temperature (PST) and efficiency of weather suitability (WSI) according to the Błażejczyk's model.

PhS		PST		WSI	
–	–	< -36.0	frosty	–	–
0.0	extreme hot	-36.0 – -16.1	very cold	–	–
0.00 – 0.24	great hot	-16.0 – 4.0	cold	0	non useful
0.75 – 1.50	moderate hot	4.1 – 14.0	cool	1	mod. useful
1.51 – 4.00	moderate cold	14.1 – 24.0	comfortable	2	useful
4.01 – 8.00	great cold	24.1 – 34.0	warm	3	very useful
> 8.00	extreme cold	34.1 – 44.0	hot	–	–
–	–	> 54.0	very hot	–	–

The source: Bioklima 2.6, help file; Błażejczyk, K. 2008.

The analyses of the human heat balance based on the model were done in Poland (Błażejczyk, K. 2001, p. 133; Błażejczyk, K. and Matzarakis, A. 2007, p. 63; Błażejczyk K. 2008, p. 28) and in The Republic of Srpska – BIH, however only including the weather typology (Pecelj, M. *et al.*, 2010, p. 35). The Manex model is basically an upgrade of Budiko model which is less familiar (Błażejczyk, K. and Krawczyk, B. 1991, p. 103). The foundation of this model is similar to Hopper's model MEMI (Kantor, N. and Unger, J. 2011, p. 99). This model was also developed on the basis of the human energy balance. (Tejeda Martinez, A. and Garcia Cueto, O. R. 2002, p. 56). It is used to evaluate the environment for a variety of recreational activities (Endler, C. and Matzarakis, A. 2010, p. 339; Lin, T. P. and Matzarakis, A. 2007, p. 281).

Results

The bioclimatic analysis of mean daily values of climatic elements, for the period since 1992 till 2010 year, through the Blajejczk's model and its software *Bioklima 2.6*, shows that during January prevails negative net heat flux ($-37,9 < S < -25,0$ W/m²; see Table 2). It should be mentioned that the values contained in Table 2 and 3 refer to the man who moves in environment at speed of 4 km/h and whose metabolic rate is 165 W/m² (see ISO/FDIS 8996:2004).

Table 2. Mean daily values of Net Heat Storages (S), Physiological Strain Index (PhS), Physiological Subjective Temperature (PST) and Weather Suitability Index (WSI) for two extreme mounts, January and July (1992-2010).

The analysis of mean daily values, also shows that during January prevails moderate cold Physiological Strain ($2,4 < PhS < 2,7$), cold Physiological Subjective Temperature ($-7,3 < PST < -4,7$) and the next weather condition: non useful for sun baths activity ($WSI_{SB}=0$), non useful ($WSI_{AB}=0$) and for sixth days is moderately useful ($WSI_{AB}=1$) for air baths activity, moderately useful (for 25 days is $WSI_{MR}=1$) and very useful for mild activity (6 days is $WSI_{MR}=3$), moderately useful (25 days is $WSI_{AR}=1$) and very useful for intensive activity (6 days is $WSI_{AR}=3$) and non useful weather condition for winter sports.

On 31st of January it was recorded the maximum deficit of man's body heat remainder. On that day, the mean daily air temperature was $-0,3$ °C. On 4th of January air temperature was twice low - $0,6$ °C (higher index of PhS and PST), however due to lower wind speed (to $0,2$ m/s) and less cloud cover (6 %) caloric deficit of humans body was lower by about $0,9$ W/m². Although in January the warmest air was on 8th and 11th ($1,8$ °C), the lowest value of thermal deficit was registered on 10th. Then the air temperature was lower for $0,2$ °C ($1,6$ °C) by wind speeds (which was also lower about $0,1$ m/s) from $1,8$ m/s.

Changes in body heat content was positive during July ($46,6 < S < 58,6$ W/m²). The second extreme month is represented as a thermoneutral and for one day moderate hot Physiological Strain ($0,7 < PhS < 1,1$), warm and for eight days hot Physiological Subjective Temperature ($27,7 < PST < 35,9$) and various weather condition for human activity: moderately useful ($WSI_{SB}=1$) for sun baths activity, moderately useful ($WSI_{AB}=1$) for air baths activity, moderately useful ($WSI_{MR}=1$) for mild activity and non useful for intensive activity and winter sports.

Maximal mean daily air temperature of July was registered on 20th ($23,4$ °C), while the maximum heat remainder surplus was registered on 31st of July when the mean daily air temperature

was 22,6 °C and the value of vapor pressure was higher by 1,1 mb. The ninth of July was coldest day of that month. Temperature of air then was 20,6 °C. That day was coincide with the day with the lowest value of PST. The lowest air temperature in July is the day on 19th (20,0 °C) which also coincides with the lowest value of index of Physiological Subjective Temperature.

How many years climate analysis give superficial impression of the monthly flow of human heat balance, so, with this method, mean daily meteorological values of extreme months (January and July) in 2010 were analyzed, too. It shows the fact that the amplitude between the minimum and maximum of human heat remainder increased by 45,0 W/m in January and 123,4 W/m² in July. Net heat storage in January was ranged from -61,8 W/m² to 1,1 W/m² (see Table 3). Also, from this one-year analysis can be seen that the anthropogenic heat flux can be positive. By air temperature about 1,1 °C (on 11th of January) it was registries positive values of human heat remainder (balance) for this month (1,1 W/m²). Day with a maximum temperature of air in January is the 1st in month, with 8,5 °C, but due to higher wind speed human organism achieves a negative heat flux. The greatest man's body heat deficit in this month experience on 30th of day, when air temperature is -0,7 °C. The amplitude between the maximum and minimum value of Physiological Strain is 1,2 (1,9<PhS<3,1). Accord to the analysis of period of nineteen years it was higher by 0,9. Physiological Subjective Temperature in January ranges in the absolute amount of 18,5 °C (-15,9<PST<2,6). In distinction from previous analysis, it is positive in one day (on 11th of day).

The weather conditions in this month are non useful (WSI_SB=0) and in one day very useful (WSI_SB=3) for sun baths activity. They are in twenty three days non useful, in seven days moderately useful and in one day very useful for air baths activity (WSI_AB=0). The weather conditions for mild activity are measured in the following way: non useful for ten days, moderately useful for thirteen days and very useful for eight days. The Weather Suitability Index for intensive activity is in thirteen days moderately useful and in the rest of month is very useful. The weather conditions for winter sports activities in one day very useful and in one day moderately useful, while in the remainder of the month are non-useful.

Table 3. Mean daily values of Net Heat Storages (S), Physiological Strain Index (PhS), Physiological Subjective Temperature (PST) and Weather Suitability Index (WSI) for two extreme mounts, January and July, year 2010

Net heat storage in July (2010) ranged from -8,2 W/m² (day 25th) to 127,2 W/m² (day 15th). The appearance of the minimum value of Physiological Subjective Temperature coincides with the appearance of the maximum negative values of human net heat storage. Then the air temperature was 28,7 °C. The lowest air temperature was the seventh of day (17 °C), but due to the weaker wind (to 1 m/s), less air humidity (18 %) and cloud cover (17 %) recorded higher value of the men's heat storage (6,1 W/m²), from value on 15th of July. The maximum values of air temperature (28,5 °C) in the case coincide with maximum values of human's heat remainder and the Physiological Subjective Temperature.

During July (2010) it was represented moderate hot (0,3<PhS<0,75), thermoneutral (for 16 days is 0,75<PhS<1,5) and moderate cold Physiological Strain (one day is 1,51<PhS<1,6); cool (4 days is 3,3<PST<14,0) comfortable (2 days is 14,1<PST<24,0), warm (8 days is 24,1<PST<34,0), hot (10 days is 34,1<PST<44,0) and very hot (7 days is 44<PST<49,9) Physiological Subjective Temperature. Various weather conditions for human activity in July were represented as: non useful (16 days is WSI_SB=0), moderately useful (10 days is WSI_SB=1) and very useful (5 days is WSI_SB=3) for sun baths activity; non useful (13 days is WSI_AB=0), moderately useful (11 days is WSI_AB=1) and very useful (6 days is WSI_AB=3) for air baths activity; non useful (14 days is WSI_MR=0), moderately useful (9 days is WSI_MR=1) and very useful (8 days is WSI_MR=3) condition for mild activity; non useful (23 days is WSI_AR=0), moderately useful (2 days is WSI_AR=1) and very useful (6 days is WSI_AR=3) for intensive activities.

Discussion and conclusion

Balazejczyk's model which was applied in two analysis of human heat balance and in the area of Novi Sad, has demonstrated its good operation. Also, from these two analysis can be seen that the bioclimatic studies, using this model, should not be implemented on many years of mean values,

because they are giving a superficial impression of the weather conditions. So for example: based on analysis of daily mean values of net heat storage in January (1992-2010), the impression is that this region does not have positive human heat balance (remainder) during mentioned month. The analysis from January 2010 years deny this. Thus, analysis of mean daily values over a longer time period gives too much general view of weather conditions for regions and that is for bioclimatic analysis of moderately useful.

Mean daily values which were used in the analysis of two extreme months during 2010 years, give somewhat generalized values of weather conditions in relation to the term's values (like those in 7h, 12h and 21h), too. However, on the basis of this model, for one year, may acquire a real impression about situation that is represented.

This bioclimatic analysis has included a person wearing one clo unit (this value of isolation corresponds with the value of clothing of a person working in an office) and who has metabolic rate from 165 W/m². That, by international standard ISO 8996 corresponds to a person (a 30-year-old man, weighing 75 kg, 175 cm tall and with 1.8 m² of body surface area, or a 30-year-old woman weighing 60 kg, 170 cm tall and with 1,6 m² of body surface area) who is waking outside at speed of 4 km/h. At this person heat remainder in January was largely negative, ranges from an average of about -32,0 W/m². In order to establish thermal equilibrium, isolation of man's cloths should be increase to an amount of about 1,7 clo (1 clo = 0,155 m²K/W). During the July heat balance of man is about 53,7 W/m, that leads to overheating of the organism. Then cloths must be adapted to adjust the values of about 0,7 clo.

The analyzed data show several dominant biothermal weather conditions in town of Novi Sad, during those extreme mounts. The month of January is characterized by *moderate cold* strain and *cold* subjective temperature, and during the mount of July is dominant *thermoneutral* strain and *warm* subjective temperature. By evaluating the weather conditions during January different weather types have been identified, those being suitable for various human activities: *non useful* weather condition for sun and air baths activity, *moderately useful* weather condition for mild activity or for intensive activity and *non useful* weather condition for winter sports. The weather suitability index in July has shown several values: *moderately useful* weather condition for sun and air baths activity or for mild activity and *non useful* weather condition for intensive activity and winter sports.

Therefore, it is recommended, according to the Błażejczyk weather situations evaluation model for recreational needs and health protection, to have moderate and intensive physical activities (walking, jogging, cycling, basket ball, etc.) during the month of January. During the summer it is not recommended practicing of mention sports activities, because positive net heat storages is great.

Refernces

See references on page 107