

# Zmienność warunków wypoczynku człowieka w lesie nad jeziorem w świetle wskaźników bioklimatycznych na przykładzie jeziora Sasek Wielki

Longina Chojnacka-Ożga, Wojciech Ożga

ARTYKUŁY / ARTICLES

**Abstrakt.** Warunki mikroklimatyczne lasu kształtowane są przez oddziaływanie zróżnicowanego podłoża w warunkach ograniczonego dopływu promieniowania słonecznego oraz małej dynamiki powietrza. Wskaźniki kompleksowe, umożliwiające uwzględnienie większej liczby parametrów meteorologicznych wpływających na człowieka, są nieodzownymi do przeprowadzenia pełnej waloryzacji środowiska dla potrzeb turystyki wypoczynkowej w lesie. Na podstawie badań pilotażowych przeprowadzonych nad jeziorem Sasek Wielki stwierdzono, że w świetle większości wskaźników bioklimatycznych las wpływa na łagodzenie czynników meteorologicznych obciążających organizm człowieka (szczególnie Las Mieszany świeży), jest też miejscem korzystnym do uprawiania ćwiczeń ruchowych.

**Słowa kluczowe:** mikroklimat, las, temperatura efektywno – radiacyjna, entalpia, Humidex, wielkość ochładzająca powietrza, WBGT, MHR

**Abstract.** Variation of leisure conditions in forest by the lake due to bioclimatic indexes based on the example of Sasek Wielki lake. Forest microclimatic conditions are shaped by influence of differential habitat in reduced intensity of solar radiation and reduced air flow. Parameters calculated based on several meteorological elements, which influence on humans, should be use to evaluate forest environment for leisure tourism. Based on pilot researches performed by the Sasek Wielki Lake, it was claimed that due to majority of bioclimatic index, the forest reduced negative impact of meteorological conditions on human body (mainly fresh mixed forest). Forest is also a good place for physical exercises.

**Keywords:** microclimate, forest, radiative-effective temperature, enthalpy, Humidex, cooling power, WBGT, MHR

## Wstęp

Bodźce meteorologiczne oddziaływać mogą na organizm człowieka stymulująco, obciążająco lub osłaniająco. Ich znaczenie rozpatrywać można jako: estetyczne (usłonecznienie, zachmurzenie, widzialność), fizyczne (silne napromieniowanie, opady, wiatr, jakość powietrza), termiczne (łączone oddziaływanie natężenie napromieniowania słonecznego, temperatury i wilgotności powietrza, prędkości wiatru oraz czynników metabolicznych i izolacyjności odzieży), zdrowotne (terapia, leczenie uzdrowiskowe).

Dotychczasowe badania warunków bioklimatycznych najczęściej dotyczyły miejscowości uzdrowiskowych (Kozłowska-Szczęśna et al. 2002, Matzarakis 2006, Błażejczyk et al. 2008, Błażejczyk et al. 2012, Bartoszek i Węgrzyn 2013). Do oceny warunków bioklimatycznych w turystyce zaproponowany został turystyczny indeks klimatyczny (TCI) uwzględniający kombinacje kilku parametrów oddziałujących na organizm (Mieczkowski 1985, Kovacs et al. 2014). Opracowane zostały również zagadnienia dotyczące specyfiki oddziaływania środowiska leśnego na człowieka (Krzymowska-Kostrowicka 1997). Warunki bioklimatyczne lasu były problemem rzadko podejmowanym: dotychczasowe badania odnosiły się do obszaru parku narodowego (Szyga-Pluta 2011) lub terenów leśnych stanowiących potencjalny obszar wypoczynkowy (Oźga 2011, Chojnacka-Oźga et al. 2013).

Celem pracy jest określenie przestrzennego zróżnicowania warunków meteorologicznych w strefie brzegowej jeziora oraz ocena warunków wypoczynku w tej strefie w świetle wybranych wskaźników bioklimatycznych.

## Teren i metodyka badań

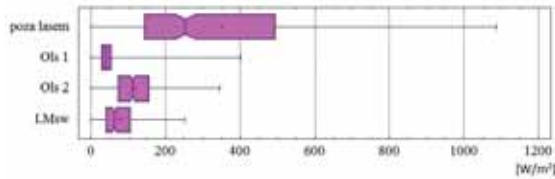
Realizując cel badań wykonano metodą krótkiego ciągu pomiarowego (w dniach 1-2.05, 29.06.-12.07, 31.08.-13.09 oraz 10-11.10; co godzinę od godz. 8:00 do 20:00) pomiary meteorologiczne nad jeziorem Sasek Wielki obejmujące natężenie napromieniowania całkowitego, temperaturę i wilgotność względną powietrza oraz wielkość ochładzającą powietrza. Badania prowadzono na transekcie położonym w oddziale 305 nad jeziorem Sasek Wielki w Nadleśnictwie Korpele obejmującym:

- drzewostan położony w strefie nadbrzeżnej – I piętro: olsza czarna (90 lat), pojedynczo brzoza; II piętro czeremcha pospolita, jesion wyniosły, olsza czarna (ols 1);
- drzewostan położony ponad 20 m od brzegu – I piętrowy: olsza czarna (70 lat), pojedynczo brzoza (ols 2),
- drzewostan położony ponad 50 m – I piętro sosna 120 lat, II piętro grab, buk, pojedynczo lipa, dąb, świerk (las mieszany świeży – LMśw).

Ponadto pomiary prowadzono w terenie otwartym na łące 500 m od granicy lasu. Opracowanie statystyczne wyników badań wykonano wykorzystując pakiet Statgraphics\_Plus oraz Bioklima 2,6 (Błażejczyk 2010). W celu określenia stopnia oddziaływania warunków meteorologicznych na organizm człowieka obliczono: entalpię, wskaźniki Humidex, WBGT oraz MHR, wielkość ochładzającą powietrza i temperaturę radiacyjno-efektywną.

## Wyniki badań

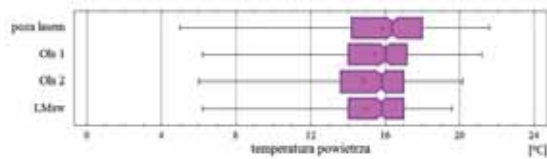
Średnie wartości natężenia promieniowania całkowitego wynosiły w terenie otwartym 349,4 W/m<sup>2</sup>, podczas gdy w lesie: w olsie od 50,9 W/m<sup>2</sup> (przy brzegu jeziora) do 116,1 W/m<sup>2</sup> (drzewostan jednopiętrowy, dalej od brzegu), a w LMśw 74,2 W/m<sup>2</sup> (ryc. 1).



**Ryc. 1** Charakterystyki natężenia napromieniowania całkowitego w okresie badań w lesie nad Jeziorem Sasek Wielki

*Fig. 1. The characteristics of the total radiation intensity during the study period in the woods by the lake Sasek Wielki*

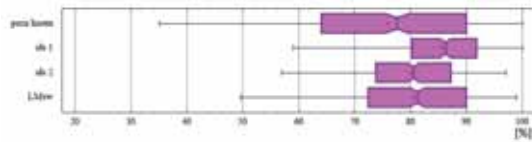
Średnia temperatura powietrza wynosiła poza lasem 16,1°C, natomiast w lesie od 14,8°C w olsie do 15,0°C w LMśw (ryc. 2).



**Ryc. 2.** Charakterystyki temperatury powietrza w okresie badań w lesie nad Jeziorem Sasek Wielki

*Fig. 2 The characteristics of air temperature during the study period in the woods by the lake Sasek Wielki*

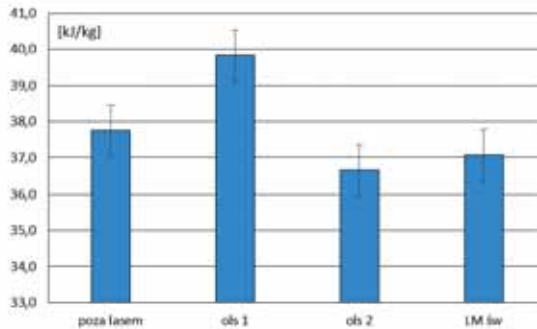
Wilgotność względna powietrza w lesie była wyższa niż poza lasem średnio o 4% w LMśw i 9 % w olsie (ryc. 3).



**Ryc. 3.** Charakterystyki wilgotności względnej powietrza w okresie badań w lesie nad Jeziorem Sasek Wielki

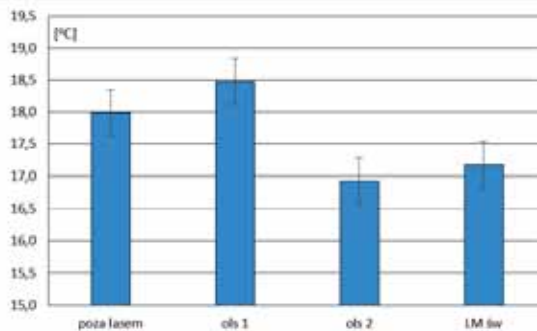
*Fig. 3. The characteristics of relative humidity during the study period in the woods by the lake Sasek Wielki*

Średnie wartości entalpii wynosiły od 36,6 kJ/kg (ols 1) do 39,8 kJ/kg (ols 2) i znajdowały się w granicach (ols 1) lub nieco poniżej granicy określonej jako strefa komfortu (ryc. 4). Stwierdzone zróżnicowanie przestrzenne entalpii wiąże się z wysokimi wartościami wilgotności względnej powietrza (por. ryc. 3) w strefie bezpośredniego oddziaływanie brzegu jeziora.



**Ryc. 4.** Średnie wartości entalpii w okresie badań w lesie nad Jeziorem Sasek Wielki  
*Fig. 4. The average values of enthalpy during the study period in the woods by the lake Sasek Wielki*

Wskaźnik Humidex jest stosowany do określania odczuwalności upałów. Z uwagi na krótki ciąg pomiarowy nie obejmujący dni upalnych uzyskane wyniki można traktować jedynie jako orientacyjne, a problematyka wykorzystania tego wskaźnika w przypadku środowiska leśnego i występowania dni z temperaturą maksymalną powyżej 30°C nabiera znaczenia w kontekście zwiększania się w ostatnich latach ekstremalnych sytuacji pogodowych. W okresie objętym badaniami średnie wartości wskaźnika Humidex zawarte były między 16,9°C i 18,5°C (ryc. 5). Otrzymane wartości wskazują na możliwość większego obciążenia termicznego w strefie brzegowej niż w głębi lasu i poza lasem. Problematyka ta wymaga jednak dalszych szczegółowych badań.

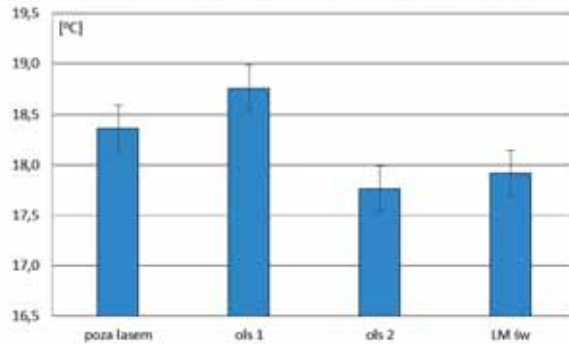


**Ryc. 5.** Średnie wartości wskaźnika Humidex w okresie badań w lesie nad Jeziorem Sasek Wielki  
*Fig. 5. The average value of the Humidex index during the study period humidex in the woods by the lake Sasek Wielki*

Podobnie jak Humidex, wskaźnik WBGT (Wet Bulb Globe Temperature) stosowany jest do oceny warunków pracy (wysiłku fizycznego) w wysokich temperaturach. Biorąc pod uwagę warunki meteorologiczne podczas badań należy traktować uzyskane wyniki jako przyczy-

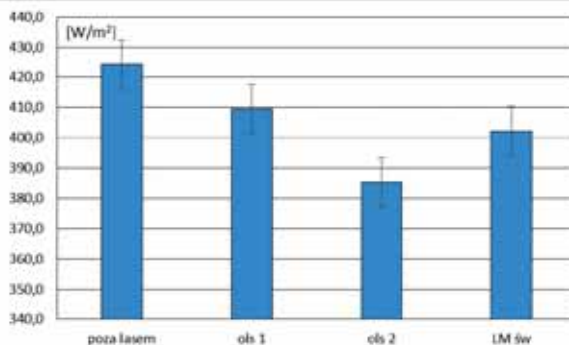
nek do dalszych badań. Podwyższone wartości wskaźniki WBGT mogłyby, w warunkach większego natężenia napromieniowania słonecznego (np. na brzegu jeziora), być wskaźnikiem do skrócenia czasu pracy (lub wysiłku związanego z inną aktywnością fizyczną).

Zmienność przestrzenna wskaźnika WBGT w strefie brzegowej jeziora (ryc. 6) jest podobna jak w przypadku wskaźnika Humidex (ryc. 5).



**Ryc. 6.** Średnie wartości wskaźnika WBGT w okresie badań w lesie nad Jeziorem Sasek Wielki  
*Fig. 6.* Average values of WBGT index during the study period in the woods by the lake Sasek Wielki

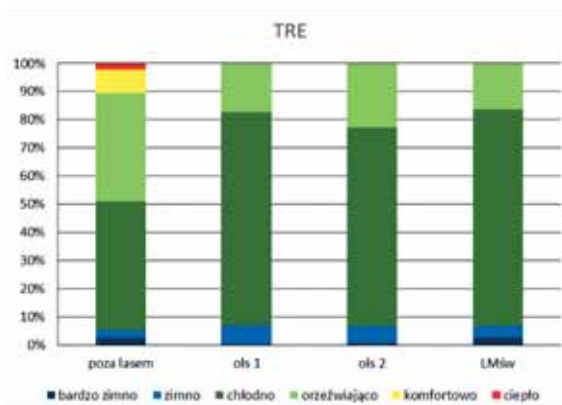
Wielkość ochładzająca powietrza, obliczona na podstawie pomiaru katatermometrem Hil-la odzwierciedla łączne oddziaływanie temperatury powietrza i prędkości wiatru. Najwyższe wartości tego parametru otrzymano w terenie otwartym, natomiast najniższe w lesie położonym w obniżeniu nieco dalej od brzegu jeziora (ryc. 7). W lesie (szczególnie w olsie 2) warunki określane jako „łagodne” występowały znacznie częściej niż poza lasem, natomiast nie stwierdzono (w przeciwieństwie do terenu otwartego) sytuacji opisywanej jako „bardzo zimno”.



**Ryc. 7.** Średnie wartości wielkości ochładzającej powietrza w okresie badań w lesie nad Jeziorem Sasek Wielki  
*Fig. 7.* The mean values of the size of the air quenching during the study period in the woods by the lake Sasek Wielki

MHR jest wskaźnikiem określającym dopuszczalny poziom aktywności fizycznej, który nie spowoduje nadmiernego obciążenia serca w czasie klimatycznej terapii ruchowej. Z uwagi na duże znaczenie lasu jako miejsca aktywności fizycznej i miejsca predysponowanego do realizacji zajęć rehabilitacyjnych i odnowy psychofizycznej, wydaje się wskazane wykorzystanie tego wskaźnika do oceny warunków panujących w środowisku leśnym.

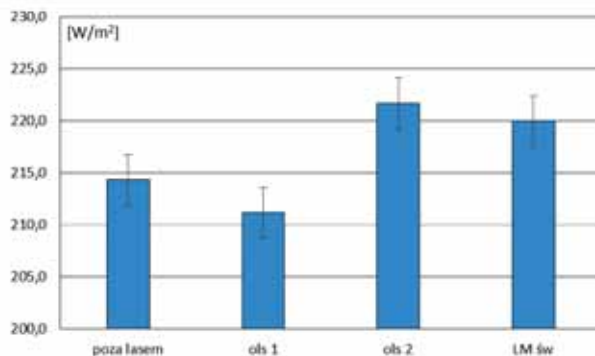
Najniższe wartości MHR otrzymano w strefie brzegowej jeziora natomiast najwyższe w dalej od jeziora położonym drzewostanie jednopiętrowym (ols 2) oraz dwupiętrowym (LMśw) (ryc. 8). Z uwagi na specyfikę siedliskową można wstępnie stwierdzić, że spośród badanych drzewostanów LMśw posiada najkorzystniejsze warunki do prowadzenia klimatycznej terapii ruchowej.



**Ryc. 8.** Średnie wartości dopuszczalnego poziomu aktywności fizycznej (MHR) w okresie badań w lesie nad Jeziorem Sasek Wielki

*Fig. 8. The average value of an acceptable level of physical activity (MHR) during the study period in the woods by the lake Sasek Wielki*

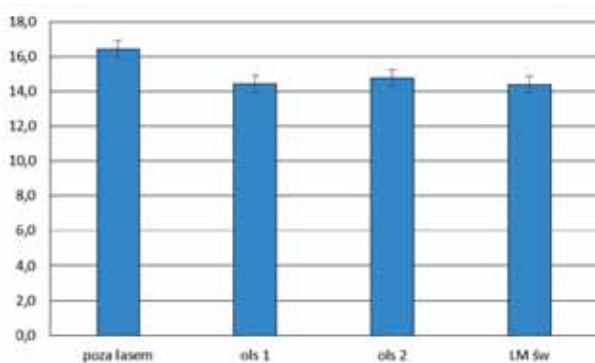
Średnie wartości temperatury radiacyjno – efektywnej (TRE) zmieniły się od 14,4°C w lesie do 16,4°C poza lasem (ryc. 9). Zróżnicowanie tego parametru w lesie było nie istotne statystycznie.



**Ryc. 9.** Średnie wartości temperatury radiacyjno-efektywnej (TRE) w okresie badań w lesie nad Jeziorem Sasek Wielki

*Fig. 9. Average values of radiation-effective temperature (TRE) during the study period in the woods by the lake Sasek Wielki.*

Analizując TRE w skali odczuć ciepłych można stwierdzić, że warunki panujące w terenie otwartym są znacznie bardziej obciążające organizm człowieka niż w lesie (ryc. 10)



**Ryc. 10.** Skala odczuć ciepłych człowieka wypoczywającego w okresie badań w lesie nad jeziorem Sasek Wielki w świetle temperatury radiacyjno-efektywnej

*Fig. 10. The scale of thermal sensation of a human relaxing during the study period in the forest on the lake Sasek Wielki in the light of the radiation-effective temperature*

## Wnioski

Na podstawie przeprowadzonych badań pilotażowych można stwierdzić, że:

1. Zmienność przestrzenna warunków bioklimatycznych w lesie w strefie nadjeziornej wynika przede wszystkim ze zróżnicowania warunków siedliskowych.

2. Czynnikiem wpływającym na zmienność warunków bioklimatycznych w lesie jest głównie zróżnicowanie stosunków radiacyjnych i wilgotnościowych.
3. W świetle większości wskaźników bioklimatycznych las wpływa na łagodzenie czynników meteorologicznych obciążających organizm człowieka (szczególnie LMśw), jest też miejscem korzystnym do uprawiania ćwiczeń ruchowych.
4. Kompleksowe wskaźniki bioklimatyczne, szczególnie te, które uwzględniają większą liczbę parametrów meteorologicznych mogą być uwzględniane do oceny warunków wypoczynku człowieka w lesie.
5. W waloryzacji lasów dla potrzeb turystyki i wypoczynku należałoby uwzględnić parametry związane ze specyfiką mikroklimatu leśnego.

## Literatura

- Bartoszek K., Węgrzyn A. 2013. Dni z pogodą parną w okolicach Lublina i Nałęczowa w latach 1966-2010. *Prace Geograficzne* 133: 21-34.
- Błażejczyk K., Baranowski J., Adamczyk A. 2008. Właściwości lecznicze klimatu Uzdrowiska Świnoujście. PAN – IGiZP. Warszawa.
- Błażejczyk K. 2010. Bioklima 2,6; <http://www.igipz.pan.pl/Bioklima-zgik.html>
- Błażejczyk K., Szmyd J., Adamczyk A. 2012. Ogólne cechy potencjału leczniczego klimatu i bioklimatu Uniejowa. *Biuletyn Uniejowski*. T. 1: 43-61.
- Chojnacka – Oźga L., Oźga W. 2013. Ocena warunków wypoczynku człowieka nad zbiornikiem wodnym w świetle wybranych wskaźników bioklimatycznych – na przykładzie Zbiornika Sulejowskiego. *Stud. i Mat. CEPL w Rogowie, Rogów*, 37 (4): 239-244.
- Kovacs A., Unger J. 2014. Modification of the Tourism Climatic Index to Central European climatic conditions – examples. *Quarterly Journal of the Hungarian Meteorological Service* Vol. 118, No. 2: 147-166.
- Kozłowska-Szczęsna T., Błażejczyk K., Krawczyk B., Limanówka D. 2002. Bioklimat uzdrowisk polskich i możliwości jego wykorzystania w lecznictwie. *Monografie IGiZP PAN*, nr 3.
- Krzymowska-Kostrowicka A. 1997. *Geoekologia turystyki i wypoczynku*. PWN, Warszawa.
- Matzarakis A. 2006. Weather and climate – related information for tourism. *Tourism and hospitality planning and development*. Vol. 3: 99-115.
- Mieczkowski, Z. T. 1985: The tourism climatic index: a method of evaluating world climates for tourism. *Can. Geogr.* 29: 220-233.
- Oźga W. 2011. Klimat w strefie brzegowej jeziora jako element oceny środowiska wypoczynku człowieka (na przykładzie Nadleśnictwa Przymuszewo). *Stud. i Mat. CEPL w Rogowie, Rogów*, 28 (3): 146-153.
- Szyga-Pluta K. 2011. Warunki bioklimatyczne Wielkopolskiego Parku Narodowego w świetle wybranych wskaźników biometeorologicznych. *Prace i Studia Geograficzne*. T. 47: 327-334.

**Longina Chojnacka-Oźga, Wojciech Oźga**

Wydział Leśny SGGW w Warszawie

[wojciech\\_ozga@sggw.pl](mailto:wojciech_ozga@sggw.pl); [longina\\_chojnacka\\_ozga@sggw.pl](mailto:longina_chojnacka_ozga@sggw.pl)