Ocena warunków wypoczynku człowieka w lesie o różnej strukturze w świetle wybranych wskaźników bioklimatycznych

Longina Chojnacka-Ożga, Wojciech Ożga

ARTYKUŁY / ARTICLES

Abstrakt. Klimat odczuwalny wnętrza lasu jest mniej bodźcowy od klimatu terenu otwartego. Stąd las stanowi dobre miejsce wypoczynku oraz odnowy zdrowotnej człowieka. Silne zależności wskaźników bioklimatycznych w lesie od analogicznych wskaźników poza lasem wskazują na możliwości prognozowania warunków bioklimatycznych wnętrza lasu na podstawie standardowych pomiarów meteorologicznych prowadzonych na stacjach pozaleśnych.

Słowa kluczowe: las, klimat odczuwalny, temperatura ekwiwalentna, Humidex, MHR

Abstract. The climate of the forest is less stimulating than the climate of the open area. Therefrom the forest is seen a good resting place and health regeneration for everyone. The strong dependence of bioclimatic indicators in the forest from analogous indicators outside the forest indicates the possibility of predicting the bioclimatic conditions of the interiors of forests based on meteorological standards carried out at extra stations.

Keywords: forest, climate sensibility, temperature equivalent, Humidex, MHR

Wstęp

Wpływ klimatu i pogody na organizm człowieka może rozpatrywać jako oddziaływanie termiczne (łączne oddziaływanie natężenie napromieniowania słonecznego, temperatury i wilgotności powietrza, prędkości wiatru oraz czynników metabolicznych i izolacyjności odzieży), zdrowotne (terapia, leczenie uzdrowiskowe), estetyczne (usłonecznienie, zachmurzenie, widzialność) lub fizyczne (silne napromieniowanie, opady, wiatr, jakość powietrza). W dotychczasowych badaniach warunki bioklimatyczne były podstawą opracowań w skali kraju (Kozłowska-Szczęsna 1991), jak również w odniesieniu do mniejszych obszarów, np. terenu zabudowanego (Klemm 2013) czy lasu w strefie brzegowej jeziora (Ożga 2011). Możliwość wykorzystania warunków bioklimatycznych w lecznictwie uzdrowiskowym (Kozłowska-Szczęsna et al. 2002, Matzarakis 2006, Błażejczyk i in. 2008, Błażejczyk et al. 2012, Bartoszek i Węgrzyn 2013) oraz znaczenie klasyfikacji pogody jako narzędzia oceny warunków bioklimatycznych (Błażejczyk 2005) wskazują na bioklimat jako ważne narzędzie waloryzacji środowiska dla potrzeb turystyki i rekreacji. Do oceny warunków bioklimatycznych w turystyce zaproponowany został turystyczny indeks klimatyczny (TCI) uwzględnia-

jący kombinacje kilku parametrów oddziałujących na organizm (Mieczkowski 1985, Kovacs i in. 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 (Ożga 2011, Chojnacka-Ożga i in. 2013, 2015). Celem badań jest określenie częstości występowania obciążenia organizmu człowieka wypoczywającego w lesie wynikającego z oddziaływania specyficznego mikroklimatu lasu o różnej strukturze.

Teren i metodyka badań

Realizując cel badań wykorzystano 3 letnią serię pomiarów temperatury i wilgotności powietrza w 120 letnim drzewostanie dwupiętrowym (las 1) oraz w drzewostanie jednopiętrowym – sosnowym, powstałym po usunięciu 2 piętra drzew i podszytu (las 2) rosnących na siedlisku lasu mieszanego świeżego. Leśne powierzchnie badawcze znajdowały się w Arboretum SGGW w Rogowie. Jako powierzchnię porównawczą (referencyjną) przyjęto stację meteorologiczną (teren otwarty) zlokalizowaną około 500 m od powierzchni leśnych. Na podstawie wyników pomiarów przeprowadzonych codziennie o godzinie 7.00, 13.00 i 21.00 w okresie od czerwca do sierpnia obliczono temperaturę ekwiwalentną (TE), wskaźnik Humidex oraz MHR. Określono rozkład obliczonych parametrów stosując standardową skalę odczuć cieplnych wykorzystując program BioKlima 2,6 (Błażejczyk 2010). Istotność różnic między średnimi wartościami wskaźników bioklimatycznych w lesie i poza lasem sprawdzono testem t-Studenta, a powiązania między nimi określono tworząc dendrogramy (pojedyncze wiązania, odległości euklidesowe). Współczynniki korelacji między wartościami uzyskanymi dla poszczególnych powierzchni leśnych i poza lasem obliczono programem Statistica 13,1.

W opracowaniu uwzględniono wskaźniki bioklimatyczne o zróżnicowanym znaczeniu w ocenie warunków wypoczynku i aktywności człowieka, możliwe do obliczenia na podstawie podstawowych parametrów mierzonych na standardowej stacji meteorologicznej (temperatura i wilgotność powietrza):

- temperaturę ekwiwalentną [^{o}C] rozumianą jako umowną temperaturę, którą osiągnęłoby powietrze, gdyby skroplić całą zawartą w nim parę wodną w procesie adiabatycznym, oraz gdyby wydzielone przy tym ciepło zostało zużyte na jego nagrzanie przy stałym ciśnieniu,
- wskaźnik Humidex [^{o}C] – stosowany do określenia odczuwania upałów przez przeciętnego człowieka (Kamoutsis et al. 2010);
- MHR [W/m^2] – dopuszczalny poziom aktywności fizycznej niepowodujący nadmiernego obciążenia serca podczas aktywności fizycznej.

Wyniki badań

Warunki występujące w 120 letnim drzewostanie dwupiętrowym (las 1) znacznie słabiej obciążają organizm człowieka niż warunki w terenie otwartym i nieco słabiej niż w drzewostanie jednopiętrowym (las 2). Średnie wartości analizowanych parametrów bioklima-

tycznych w lesie 1 o godzinie 7 różnią się istotnie statystycznie od wartości w lesie 2 (TE: p=0,04647, Humidex: p=0,03852, MHR: p=0,03841). Istotne statystycznie różnice między wartościami w terenie otwartym i w lesie 1 stwierdzono o godzinie 13 w przypadku wskaźnika Humidex (p=0,02542) i MHR (p=0,02342) oraz o godzinie 21 w przypadku wskaźnika TE (p=0,01407), Humidex (0,00828) oraz MHR (p=0,00814). W pozostałych sytuacjach różnice te nie są statystycznie istotne (tab. 1). Las 1 charakteryzował się najmniejszym rozproszeniem wartości analizowanych wskaźników wokół średniej (tab. 1).

Tab. 1. Wartości średnie i skrajne oraz odchylenia standardowe (SD) temperatury ekwiwalentnej (TE), wskaźnika Humidex i MHR

Table 1. Average and extreme values with standard deviation (SD) of the equivalent temperature (TE), Humidex and MHR

godzina		7			13			21	
	Teren otwarty	Las 1	Las 2	Teren otwarty	Las 1	Las 2	Teren otwarty	Las 1	Las 2
					TE				
średnia	38,8	38,4	39,5	43,2	42,4	43,1	35,6	37,1	36,5
SD	6,78	6,79	6,77	7,57	7,45	7,52	7,25	7,23	7,22
najniższa	24,1	24,1	26,2	26,6	28,0	28,5	20,1	18,7	19,0
najwyższa	58,8	58,8	60,4	63,8	63,4	65,4	60,7	63,7	61,1
	Humidex								
średnia	19,3	18,7	19,5	24,2	23,2	23,8	16,4	17,5	17,1
SD	4,46	4,30	4,33	5,52	5,22	5,28	4,64	4,60	4,54
najniższa	9,1	9,8	9,8	11,8	11,1	11,6	5,7	5,6	5,7
najwyższa	33,2	32,2	32,3	39,1	38,0	39,1	33,3	34,5	32,6
					MHR				
średnia	205,3	209,4	204,1	171,2	178,4	174,3	225,1	218,0	220,4
SD	30,63	29,47	29,69	38,02	35,93	36,34	31,78	31,53	31,08
najniższa	110,2	116,9	116,6	68,8	76,6	68,8	109,4	101,7	114,4
najwyższa	275,2	270,7	270,7	256,8	261,8	258,3	298,8	299,1	298,4

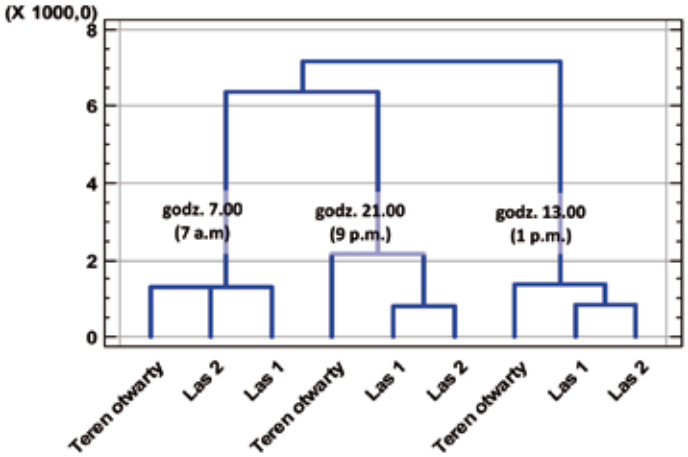
Zależność między wartościami poszczególnych wskaźników bioklimatycznych w badanych drzewostanach i poza lasem można opisać równaniami prostej, a współczynniki korelacji między nimi są wysokie, najbardziej zróżnicowane w przypadku wskaźnika MHR w lesie 2; od r = 0,92 (godz. 21) do r = 0,97 (godz. 13) (tab. 2).

Tab. 2. Współczynniki korelacji między wartościami wybranych wskaźników bioklimatycznych w drzewostanach i w terenie otwartym

Table 2. Correlation coefficients between values of selected bioclimatic indices in stands and open area

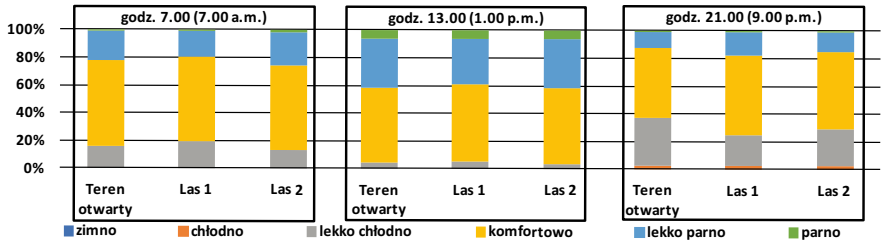
	Las 1			Las 2		
godzina	7	13	21	7	13	21
TE	0,95	0,95	0,92	0,95	0,96	0,93
Humidex	0,95	0,97	0,92	0,95	0,97	0,93
MHR	0,95	0,97	0,92	0,95	0,97	0,93

Wartości temperatury ekwiwalentnej wskazują na wyraźne znaczenie pory dnia w kształtowaniu się odczuć cieplnych człowieka (ryc. 1). Warunki panujące w godzinach okołopołudniowych znacznie odbiegają od pozostałych terminów pomiarowych.



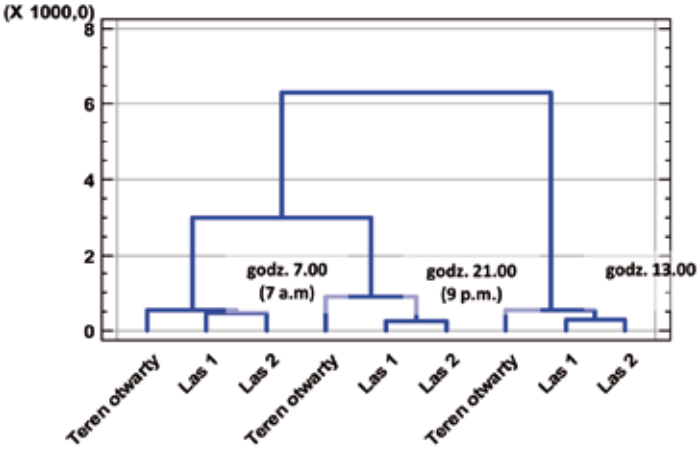
Ryc. 1. Dendrogram – podobieństwo wartości temperatury ekwiwalentnej w terenie otwartym, lesie 1 i 2 w różnych porach dnia
Fig. 1. Dendrogram – Similarity of temperature values equivalent in open area (Teren otwarty), forest 1 (Las 1) and 2 (Las 2) at different part of the day

Niezależnie od pory dnia, w badanych obiektach często występowały odczucia komfortu termicznego (ryc. 2), były one częstsze w lesie (szczególnie w lesie 1) niż w terenie otwartym. Z uwagi na małą wymianę ciepła w bardziej zwartym i złożonym drzewostanie (las 1) niż w drzewostanie jednorodnym (las 2) rano zaznacza się tutaj nieco większa częstość lekkiego chłodu, wieczorem natomiast lekkiej parności (ryc. 2).



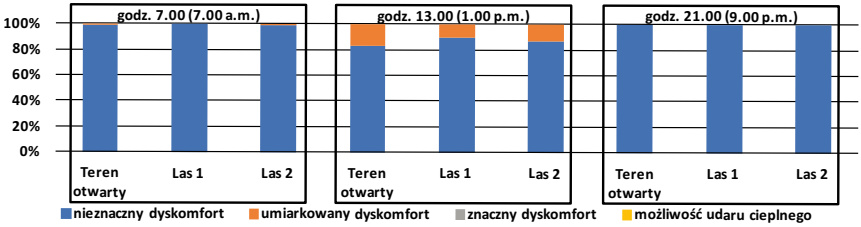
Ryc. 2. Temperatura ekwiwalentna w terenie otwartym oraz w lesie 1 i 2 w różnych porach dnia
Fig. 2. Equivalent temperature in forest 1 and 2 and outside the forest at different part of the day

Grupując badane obiekty ze względu na wskaźnik Humidex zaznacza się wyraźne podobieństwo lasu 1 i 2 niezależnie od pory dnia (ryc. 3).



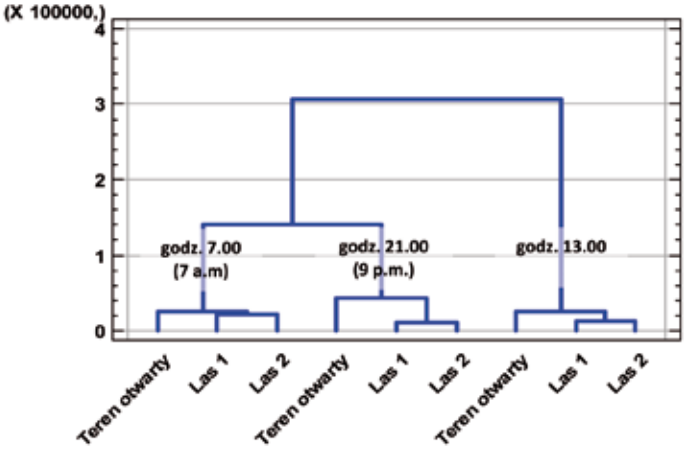
Ryc. 3. Dendrogram – podobieństwo wartości wskaźnika Humidex w terenie otwartym, lesie 1 i 2 w różnych porach dnia
Fig. 3. Dendrogram – similarity of Humidex values in open area, in forest 1 and 2 at different part of the day

Umiarkowany dyskomfort, a więc zagrożenie większym obciążeniem cieplnym występuje rano jedynie w terenie otwartym, natomiast w południe w każdym z badanych obiektów, jednak zagrożenie takie w lesie jest znacznie mniejsze niż poza lasem (ryc. 4).



Ryc. 4. Wskaźnik Humidex w lesie 1 i 2 oraz poza lasem w różnych porach dnia
Fig. 4. Humidex index in forest 1 and 2 and outside the forest – at different part of the day

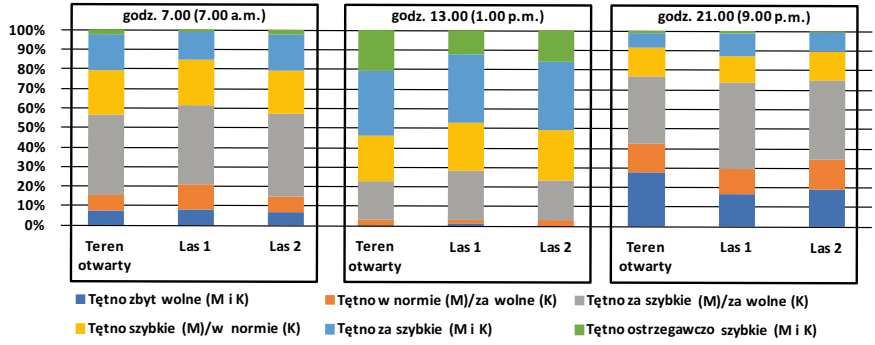
Grupując badane obiekty ze względu na wartości wskaźnika MHR zaznacza się wyraźny podział ze względu na porę dnia, a następnie wyodrębniają się powierzchnie leśne i teren otwarty (ryc. 5).



Ryc. 5. Dendrogram – podobieństwo wskaźnika MHR w terenie otwartym, lesie 1 i 2 w różnych porach dnia

Fig. 5. Dendrogram – similarity of MHR index in open area, forest 1 and 2 in different part of the day

Zagrożenie przeciążeniem organizmu podczas aktywności fizycznej (tętno ostrzegawczo szybkie) występuje przede wszystkim w godzinach okołopołudniowych, jednak jest ono w lesie, szczególnie w drzewostanie dwupiętrowym (las 1), znacznie mniejsze niż poza lasem (ryc. 6).



(oznaczenia: M – mężczyźni, K – kobiety)

Ryc. 6. Wskaźnik MHR w lesie 1 i 2 oraz poza lasem w różnych porach dnia

Fig. 6. MHR index in forest 1 and 2 and outside the forest in different part of the day

Podsumowanie i wnioski

Uzyskane wyniki potwierdzają rezultaty wcześniejszych badań (Chojnacka-Ożga i in. 2013, 2015; Ożga 2011; Szyga-Pluta 2011) wskazujących na częstsze występowanie w lesie niż poza lasem warunków komfortu termicznego. Jednocześnie w świetle uzyskanych wartości MHR warto zwrócić uwagę na znaczenie lasu jako korzystnego miejsca aktywności fizycznej, w tym podczas rehabilitacji i ćwiczeń prozdrowotnych. Należy jednak zauważyć, że bardzo zróżnicowane oddziaływanie środowiska leśnego na organizm człowieka (Krzymowska-Kostrowicka 1997) wskazuje na konieczność odpowiedniego doboru typu lasu do prowadzenia ćwiczeń prozdrowotnych. Jednocześnie istotnym jest wykorzystanie potencjału jaki stwarzają obszary leśne w leczeniu uzdrowiskowym (Falencka-Jabłońska 2012). Z przeprowadzonych analiz wynika, że drzewostan sosnowy, charakteryzujący się mniejszym zwarciem nie różni się istotnie statystycznie od terenu otwartego, pomimo, że wartości TE, Humidex i MHR wskazują na korzystniejsze w drzewostanie warunki bioklimatyczne. Najmniej obciążające człowieka warunki stwierdzono w ponad 120 letnim, dwupiętrowym lesie mieszanym. Jest to typ drzewostanu preferowany przez turystów jako miejsce wypoczynku (Skłodowski i in. 2013).

Na podstawie wstępnych badań można stwierdzić, że struktura drzewostanu wpływa na warunki bioklimatyczne i kształtowanie się odczuć cieplnych oraz możliwość realizacji aktywnych form wypoczynku. Badania te wymagają jednak szerszego ujęcia i uzupełnienia o inne, różnowiekowe drzewostany rosnące na różnych siedliskach w celu zbudowania szeregu typów lasu wskazanych do aktywnego lub biernego wypoczynku oraz działań prozdrowotnych.

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. 2005. Biotermiczno-meteorologiczna klasyfikacja pogody jako narzędzie oceny warunków bioklimatycznych. [w]: Środowisko przyrodnicze w badaniach geografii fizycznej (red.: Babiński Z.). Promotio Geografica Bydgostiensia 2: 89-127.

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 – Ożga L., Ożga 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.

Chojnacka-Ożga L., Ożga W. 2015. Zmienność warunków wypoczynku człowieka w lesie nad jeziorem w świetle wskaźników bioklimatycznych na przykładzie jeziora Sasek Wielki. Stud. i Mat. CEPL w Rogowie, Rogów, 45 (4): 45-52.

Falencka-Jablońska M., 2012. Walory przyrodnicze polskich lasów i ich uzdrowiskowo-turystyczne wykorzystanie. Inżynieria ekologiczna nr 30: 60-69.

Klemm K. 2013. Kryterium komfortu człowieka w terenach zabudowanych. Budownictwo i Architektura 2 (12): 127-133.
Kamoutsis A., Matsoukis A., Charalampopoulos I., Chronopoulou-Sereli A., 2007, Biometeorological conditions in mountainous communities and adjacent urban centre in Greece by use of indices: The case study of Mountainous Nafpaktia District. [w:] Developments in Tourism Climatology (red.: Matzarakis A., de Freitas C.R., Scott D.), International Society of Biometeorology, Freiburg: 144-149.
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 IGiPZ 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.
Ożga 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.
Skłodowski J., Gołos P., Skłodowski M., Ożga W. 2013. Preferencje osób odwiedzających wybrane kompleksy leśne w zakresie turystyki leśnej i organizacji wypoczynku. Leśne Prace Badawcze 74 (4): 293-305.
Szyga-Pluta K. 2011. Warunki bioklimatyczne Wielkopolskiego Parku Narodowego w świetle wybranych wskaźników biometeorologicznych. Prace i Studia Geograficzne. T. 47: 327-334.

Longina Chojnacka-Ożga
Wojciech Ożga
Wydział Leśny SGGW w Warszawie
longina_chojnacka_ozga@sggw.pl
wojciech_ozga@sggw.pl