

LONGINA CHOJNACKA-OŻGA, WOJCIECH OŻGA

## Warunki termiczne w strefie przejściowej między lasem i terenem otwartym

Thermal conditions in the intermediary zone  
betwen forest and open ground

**Abstract:** The report presents the results of studies on the temperature of soil surface and atmospheric air carried out in a 225 m wide transit zone between forest and open ground. Ranges of mutual intermingling of thermal conditions of the inside-forest space and out-of-the-forest area were delineated. A spatial variability of thermal stratification was found; it decides to a considerable extent on the direction of energy and matter exchange.

**Keywords:** forest edge wall, soil surface temperature, atmospheric air temperature, temperature inversion

### Wstęp

**K**limat lasu, związany licznymi zależnościami z procesami odbywającymi się poza lasem, kształtuje się inaczej niż klimat terenu otwartego [6]. W strefie przejściowej między lasem a terenem otwartym, gdzie przenikają się wzajemnie wpływy sąsiadujących ekosystemów, występuje bardzo wyraźny efekt obrzeża. Zasięg modyfikacji warunków klimatycznych w tej strefie zależy głównie od charakterystyki i ekspozycji ściany lasu oraz od sytuacji pogodowej.

W klimatologii leśnej, w dotychczasowych badaniach warunków termicznych, zajmowano się głównie analizą porównawczą niektórych fitocenoz leśnych i terenu otwartego [1, 2, 3, 7, 8, 9], natomiast badania w strefie brzegowej dotyczyły przede wszystkim zadrzewień śródpolnych [5, 11] lub stanowiły część szerszych tematów badawczych [10].

Badania zmienności przestrzennej warunków termicznych w rejonie ściany lasu umożliwią lepsze poznanie wzajemnego oddziaływania lasu i terenu otwartego. Celem pracy jest określenie stopnia i zasięgu modyfikacji temperatury powierzchni gleby i powietrza w strefie brzegowej lasu. Określenie modyfikacji warunków termicznych w rejonie ściany lasu ma duże znaczenie poznawcze oraz użyteczne w naukach leśnych i rolniczych.

## Teren i metodyka badań

Badania warunków termicznych prowadzono w 225 metrowej strefie przejściowej pomiędzy lasem i terenem otwartym, położonej w Leśnym Zakładzie Doświadczalnym SGGW w Rogowie. Naturalna ściana lasu z podbudową krzewiastą przebiegała w kierunku N-S i posiadała ekspozycję zachodnią. W lesie występował drzewostan dwupiętrowy: pierwsze piętro stanowiła sosna II klasy bonitacyjnej w wieku 120 lat, wysokości około 27 m, o zwarciu przerywanym (0,7); drugie piętro stanowił dąb bezszypułkowy i grab o zmieszaniu drobno-kępowym i umiarkowanym zwarciu. Podszyt złożony głównie z leszczyny, grabu i brzozy pokrywał glebę w około 60%. Teren otwarty był pokryty trawą.

Realizując cel badań założono ciąg pomiarowy prostopadły do ściany lasu, na którym wykonywano pomiary: temperatury gleby na poletkach pozbawionych roślinności na głębokości 1 cm p.p.g. (nazywanej dalej temperaturą powierzchni gruntu) oraz temperatury powietrza w klatkach mikroklimatycznych na wysokości 1,5 m n.p.g. Pomiary temperatury gleby prowadzono: przy ścianie lasu, w lesie odległościach 5 m, 15 m, 30 m i 75 m od ściany lasu oraz poza lasem w odległościach 15 m, 25 m, 50 m, 75 m i 150 m od granicy lasu z terenem otwartym. Pomiary temperatury powietrza prowadzono w terenie otwartym w odległościach 25 m, 75 m i 150 m od ściany lasu, na granicy lasu i terenu otwartego oraz wewnątrz lasu w odległościach 15 m i 75 m od ściany lasu. Pomiary temperatury powietrza ograniczono do mniejszej ilości punktów niż temperatury podłoża z uwagi na jej mniejszą zmienność przestrzenną. W dalszej części pracy punkty położone w terenie otwartym oznaczono wartościami dodatnimi, a w lesie ujemnymi, odpowiadającymi ich odległości od ściany lasu. Badania prowadzono w cieplej porze roku w okresie 3-13.07. i 21.08.-1.09.1995r. Pomiary wykonywano legalizowanymi termometrami rtęciowymi co godzinę od 8:00 do 19:00. Wartości temperatury powietrza z pozostałych terminów uzyskano z termogramów poprawionych na podstawie wskazań termometrów stacyjnych.

Na podstawie zebranego materiału wyliczono wartości średnie i odchylenia standardowe temperatury na każdym punkcie pomiarowym. Istotność różnic między średnimi temperatury na poszczególnych punktach pomiarowych sprawdzono testem Fishera przy poziomie istotności  $\alpha=0,05$ . Na podstawie przeprowadzonego testu wyróżniono homogeniczne grupy punktów pomiarowych, wewnątrz których brak było istotnego statystycznie zróżnicowania. Wyliczono również różnice między temperaturą powierzchni gruntu i temperaturą powietrza oraz częstość występowania inwersji temperatury w układzie powierzchnia gruntu – powietrze.

### Temperatura powierzchni gruntu

Temperatura powierzchni gruntu w terenie otwartym była znacznie wyższa niż wewnątrz lasu (tab. 1). Temperatura powierzchni gruntu na skraju lasu i terenu otwartego istotnie różniła się od analogicznej temperatury na pozostałych punktach pomiarowych. Punkty położone wewnątrz lasu tworzyły dwie grupy homogeniczne (tab. 1). Jedną z nich stanowiły punkty pomiarowe położone w odległości do 30 m od ściany lasu i tę odległość można uznać za strefą przejściową między warunkami termicznymi wnętrza i skraju lasu. Poza lasem wyodrębniono trzy grupy homogeniczne punktów pomiarowych (tab. 1), stanowiące stopniowe przejście pomiędzy warunkami ściany lasu i terenu otwartego. Pewne zaburzenie

TABELA 1

Wartości średnie i odchylenia standardowe temperatury powierzchni gruntu w rejonie ściany lasu w Rogowie w dniach 3-14.07 i 21.08.-01.09.1995 r.

Odległość od ściany lasu (m)	-75	-30	-15	-5	0	15	25	50	75	150
Średnia	17,6	18,7	18,6	18,8	23,8	25,4	25,8	28,2	26,7	28,3
Grupy homogeniczne	X	X	X							
		X	X	X						
					X					
						X	X			
							X		X	
								X		X
Odchylenie standardowe	2,86	3,18	3,55	3,70	7,46	6,86	6,79	6,30	7,94	8,30

rozkładu temperatury powierzchni gruntu zanotowano w odległości 75 m od ściany lasu, a więc w odległości częstszego niż na pozostałych punktach pomiarowych występowania turbulencyjnych ruchów powietrza [4].

Największe rozproszenie wartości temperatur podłoża wokół średniej występowało w terenie bardziej oddalonym od ściany lasu oraz na skraju lasu (tab. 1).

### Temperatura powietrza

Różnice między wartościami temperatury powietrza na poszczególnych punktach pomiarowych były znacznie mniejsze niż różnice temperatury podłoża. W ciągu dnia wyższe wartości temperatury powietrza notowano w terenie otwartym, natomiast nocą wewnątrz lasu (tab. 2,3). W ciągu dnia wyodrębniono 2 homogeniczne grupy punktów: jedną w lesie, drugą w terenie otwartym. Punkt pomiarowy położony na skraju lasu i terenu otwartego nie różnił się istotnie od punktów położonych poza lasem. W ciągu nocy wyodrębniono 3 homogeniczne grupy punktów pomiarowych. Jedną z nich były punkty stanowiące strefę przejściową między lasem i terenem otwartym rozciągającą się od 75 m w terenie otwartym do 15 m wewnątrz lasu (tab. 3). Rozproszenie wartości temperatur powietrza wokół średniej oraz zmienność przestrzenna odchyłeń standardowych były wyższe w ciągu dnia niż nocą (tab. 2, 3).

Wewnątrz lasu występowały znacznie mniejsze dobowe amplitudy temperatury powietrza niż w terenie otwartym (ryc. 1). Około godziny 6:30 i 21:30 (a więc na około 2 godziny po wschodzie i zachodzie Słońca) wartości temperatury powietrza na poszczególnych punktach pomiarowych były zbliżone do siebie. Punkt pomiarowy położony przy ścianie lasu, pod względem warunków termicznych, do godziny 13:00 był podobny do punktów położonych wewnątrz lasu, natomiast później (zwłaszcza po godzinie 17:00) do punktu położonego skrajnie poza lasem. Około godziny 13:00 do tego punktu pomiarowego zaczęło docierać bezpośrednio promieniowanie Słońca, co spowodowało szybki wzrost temperatury powietrza (ryc. 1).

TABELA 2

Wartości średnie i odchylenia standardowe temperatury powietrza na wysokości 1,5 m n.p.g. w rejonie ściany lasu w Rogowie w porze dziennej w dniach 3-14.07 i 21.08.-01.09.1995 r.

Odległość od ściany lasu (m)	-75	-15	0	25	75	150
Średnia	21,7	21,7	23,2	23,3	23,6	23,7
Grupy homogeniczne	X	X				
			X	X	X	X
Odchylenie standardowe	5,35	5,37	6,19	6,14	6,14	6,31

TABELA 3

Wartości średnie i odchylenia standardowe temperatury powietrza na wysokości 1,5 m n.p.g. w rejonie ściany lasu w Rogowie w porze nocnej w dniach 3-14.07 i 21.08.-01.09.1995 r.

Odległość od ściany lasu (m)	-75	-15	0	25	75	150
Średnia	16,4	15,7	15,9	15,3	15,2	14,9
Grupy homogeniczne	X	X	X			
		X	X	X	X	
				X	X	X
Odchylenie standardowe	4,08	4,09	4,46	4,35	4,15	4,12

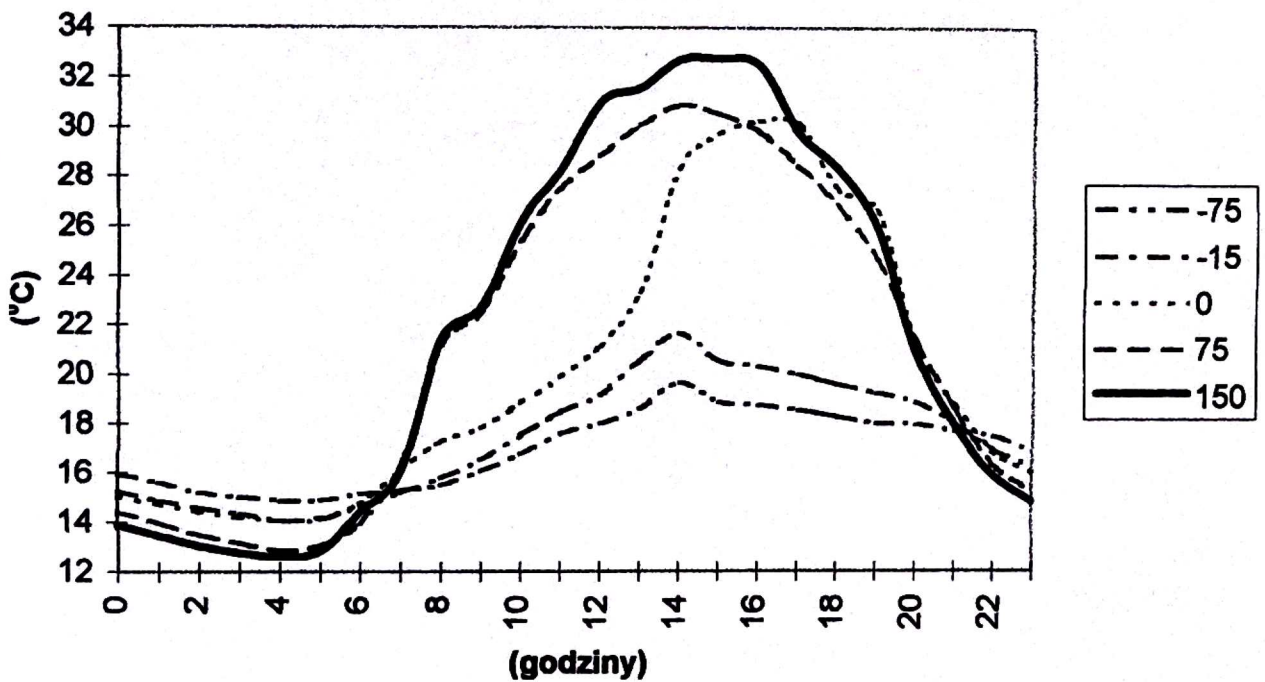
### Różnice między temperaturą podłoża i powietrza

Średnie różnice między temperaturą podłoża i powietrza wzrastały od wnętrza lasu w kierunku terenu otwartego, przy czym wewnątrz lasu były one ujemne, natomiast na skraju lasu i w terenie otwartym dodatnie (tab. 4). Omawiane wartości jedynie w terenie otwartym w odległości 25 i 75 m od ściany lasu nie różniły się w sposób istotny statystycznie.

TABELA 4

Średnie różnice między temperaturą powierzchni gruntu i powietrza (t) i odchylenia standardowe wartości t w rejonie ściany lasu w Rogowie w dniach 3-14.07 i 21.08.-01.09.1995 r.

Odległość od ściany lasu (m)	-75	-15	0	25	75	150
Średnia	-3,6	-2,8	0,7	2,8	3,5	5,0
Grupy homogeniczne	X					
		X				
			X			
				X	X	
						X
Odchylenie standardowe	3,16	2,94	4,46	3,78	3,47	4,76



RYC. 1 Średni dobowy przebieg temperatury powietrza w rejonie ściany lasu w Rogowie w okresie 3-14.07. i 21.08.-01.09.1995 r.

Rozproszenie wartości różnic temperatury podłoża i powietrza wokół średniej było największe w terenie otwartym położonym najdalej i najbliższej ściany lasu (tab. 4).

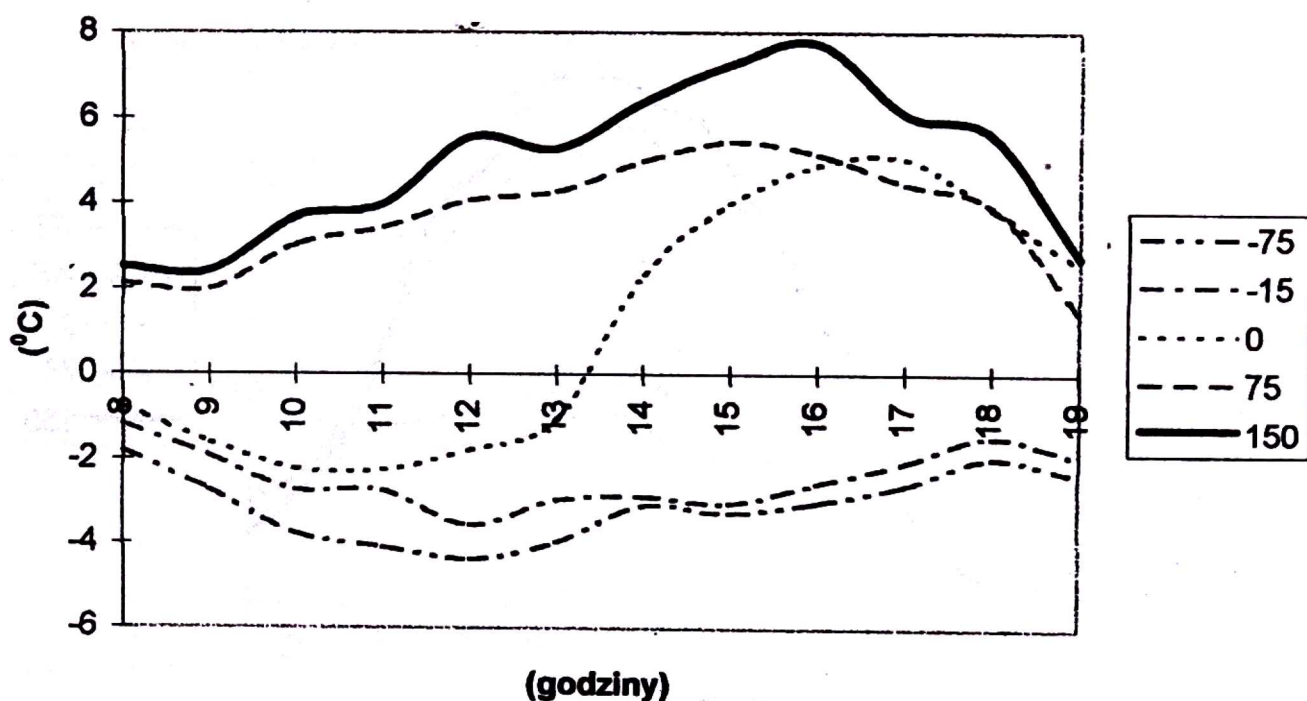
Wewnątrz lasu dominującym układem temperatury podłoże-powietrze była inwersja, w terenie otwartym natomiast występowała ona bardzo rzadko (tab. 5). Fakt ten potwierdza istnienie odwrotnego kierunku wymiany ciepła w lesie niż poza lasem [2].

TABELA 5

Częstość (%) występowania inwersji temperatury w układzie temperatura powierzchni gruntu – temperatura powietrza na wysokości 1,5 m n.p.g. w rejonie ściany lasu w Rogowie w porze dziennej w dniach 3-14.07 i 21.08.-01.09.1995 r.

Odległość od ściany lasu (m)	-75	-15	0	25	75	150
Częstość inwersji	85,3	86,3	45,6	15,2	15,0	15,0

W średnim przebiegu dziennym układ inwersyjny wewnątrz lasu występował w ciągu całego dnia, natomiast przy ścianie lasu (w zasięgu cienia) jedynie w czasie ocienienia podłoża (ryc. 2). Największe różnice układu termicznego podłoże-powietrze występowały po około dwóch godzinach od południa słonecznego.



RYC. 2 Średnia dzienna różnica między temperaturą powierzchni gruntu i temperaturą powietrza w rejonie ściany lasu w Rogowie w okresie 3-14.07. i 21.08.-01.09.1995 r.

## Podsumowanie

Ekspozycja ściany lasu względem stron świata może powodować większe podobieństwo punktów położonych bezpośrednio na pograniczu lasu i terenu otwartego do jednego z sąsiednich ekosystemów. Warunki termiczne podłoża w strefie przejściowej między lasem i terenem otwartym były w głównej mierze zależne od stopnia osłonięcia gruntu roślinnością; kształtowały się one odmiennie w lesie, na ścianie lasu i w terenie otwartym. Można jedynie wyróżnić strefę przejściową o szerokości około 30 m. między warunkami skraju i wnętrza lasu. Temperaturą powietrza w ciągu dnia kształtowała się odmiennie wewnątrz lasu i poza lasem, natomiast nocą powstawała wyraźna strefa przejściowa ciągnąca się od około 15 m wewnątrz lasu do około 75 m w terenie otwartym.

Różnice między temperaturą podłoża i powietrza wyraźnie zależały od ocienienia podłoża: dla cienistych ekosystemów charakterystyczne były inwersje.

## Literatura

1. **Bednarek A.:** Zróżnicowanie maksymalnych temperatur powietrza między lasem a terenem otwartym w zależności od usłonecznienia. *Prz. Geofiz.*, z. 1, 1970.
2. **Bednarek A.:** O wpływie temperatury powietrza na kształtowanie temperatury gleby w warunkach ograniczonego dopływu energii promieniowania słońca (na przykładzie lasu iglastego Białowieskiego Parku Narodowego). *Prz. Geofiz.*, z. 4, 1966.
3. **Carlson D.W., Groot A.:** Microclimate of clear-cut, forest interior, and small openings in trembling aspen forest. *Agricultural and Forest Meteorology* 87, 1995.

4. **Chojnacka-Ożga L., Ożga W.:** Kierunek i prędkość przepływu powietrza w rejonie ściany lasu. Sylwan 8, 1998.
5. **Obmiński Z.:** Fitocenotyczne znaczenie zadrzewień i drogi optymalizacji ich oddziaływania w warunkach przyrodniczo-geograficznych Polski. Sylwan 1, 1972.
6. **Obmiński Z.:** Metodologiczne podstawy ekoklimatologii. Sylwan 2, 1964.
7. **Obrębska-Starkłowa B.:** Wpływ zespołu *Tilio-Carpinetum* na stosunki termiczne i wilgotnościowe powietrza. Fol. Geogr. Ser. geogr. phys., V. 4, 1970.
8. **Olszewski J.L.:** Rola ekosystemów leśnych w modyfikacji klimatu lokalnego Puszczy Białowieskiej, Ossolineum, Wrocław, 1986.
9. **Ożga W.:** Wpływ zachmurzenia na pionową stratyfikację temperatury w przygruntowej warstwie powietrza w lesie (np. LMśw w Rogowie). Wiad. IMGW, z. 1, 1999.
10. **Tomanek J.:** Badania nad mikroklimatem zrębu gniazdowego zupełnego. Sylwan 11, 1974.
11. **Wilusz Z.:** Wpływ ściany lasu na mikroklimat przyległych pól. Arboretum Kórnickie, R. 4, 1959.

## Summary

### **Thermal conditions in the intermediary zone between forest and open ground**

In the forest edge zone great contrasts of microclimatic conditions occur. Therefore the mutual inter-penetration of forest and open ground influences seems to be important. Series of meteorological measurements were carried out in a transitory zone 225 m wide situated between mixed deciduous forest and open ground overgrown with grass. It was done for to study the impact of forest edge wall on thermal conditions in the air at the level 1,5 above the ground and on the surface of soil deprived of vegetation. It was found that thermal conditions on the soil surface in the transitory zone between forest and open field depended mainly on the level of covering the ground with vegetation. The zone stretching inside the forest up to 30 m from the forest edge wall was specific for a gradual shift from thermal conditions typical for the forest edge to the conditions prevailing inside the forest. Basing on the air temperature it is possible during the day discern (distinguish) the internal forest space and the open field being very different, while in the night a distinct transitory zone occurred stretching from about 15 m inside the forest to above 75 m outside the forest. differences between soil surface temperatures and air temperatures corresponded clearly with the shadow in the soil surface; thermal inversions were characteristic for leaf shadow ecosystems.