

LONGINA CHOJNACKA-OŻGA, WOJCIECH OŻGA

## Kierunek i prędkość przepływu powietrza w rejonie ściany lasu

The Air Flow Direction and Speed in the Forest Edge Wall Area

### Wstęp

**S**trefa przejściowa między znacznie różniącymi się ekosystemami charakteryzuje się stopniową modyfikacją warunków mikroklimatycznych. Modyfikacje tego typu są szczególnie widoczne w rejonie ściany lasu. Duże znaczenie z ekologicznego punktu widzenia ma wzajemne przenikanie wpływów między lasem a terenem otwartym. Z tego powodu niezwykle ważne wydaje się poznanie roli ściany lasu w kształtowaniu kierunku i prędkości ruchu powietrza. Dotychczasowe badania warunków anemometrycznych dotyczyły głównie prędkości wiatru wewnątrz lasu [3, 6], rzadziej kierunku wiatru [5], natomiast badania w strefie brzegowej lasu prowadzone były sporadycznie [8] lub dodatkowo w ramach innych, szerszych tematów [2].

Celem pracy jest wstępne określenie roli ściany lasu w modyfikacji kierunku i prędkości wiatru. Pełniejsze poznanie warunków przepływu powietrza w strefie brzegowej lasu pozwoli określić kierunki i zasięg wzajemnego przenikania wpływów lasu i terenu otwartego.

### Teren i metodyka pracy

Badania prędkości i kierunku wiatru wykonano w strefie przejściowej między terenem otwartym (pokrytym trawą) i lasem mieszanym świeżym położonym na terenie Leśnego Zakładu Doświadczalnego SGGW w Rogowie. Naturalna, prawidłowa wykształcona ściana lasu z podbudową krzewiastą, przebiegała w kierunku północ-południe i miała wystawę zachodnią. W lesie występował drzewostan dwupiętrowy. Pierwsze piętro stanowiła sosna II klasy bonitacji, w wieku około 120 lat, o zwarciu przerywanym (0,7), wysokości około 27 m i pierśnicy 48 cm, z pojedynczą domieszką dębu. Drugie piętro stanowił dąb bezszypułkowy i grab o zmieszaniu drobno-kępowym i umiarkowanym zwarcium. Podszycie złożone było głównie z leszczyny, grabu i brzozy.

Realizując cel badań założono, prostopadły do ściany lasu, ciąg punktów pomiarowych, położonych w terenie otwartym w odległościach: 150 m (punkt 1), 100 m (punkt 2), 75 m (punkt 3), 50 m (punkt 4), 25 m (punkt 5), 15 m (punkt 6) od ściany lasu oraz punkt pomiarowy przy ścianie lasu (punkt 7) i punkty położone wewnątrz lasu w odległościach 5 m (punkt 8), 15 m (punkt 9), 30 m (punkt 10) i 75 m (punkt 11) od granicy lasu i terenu otwartego. Na każdym punkcie pomiarowym mierzono kierunek wiatru przy pomocy chorągiewki kierunkowej, natomiast prędkość wiatru wyznaczono na podstawie pomiarów katatermometrem Hilla z posrebrzonym zbiorniczkiem. Wszystkie pomiary prowadzono na wysokości 1,5 m n.p.g. od godziny 8:00 do godziny 19:00 w dniach 3-14.07 oraz 21.08.–01.09.1995 r.

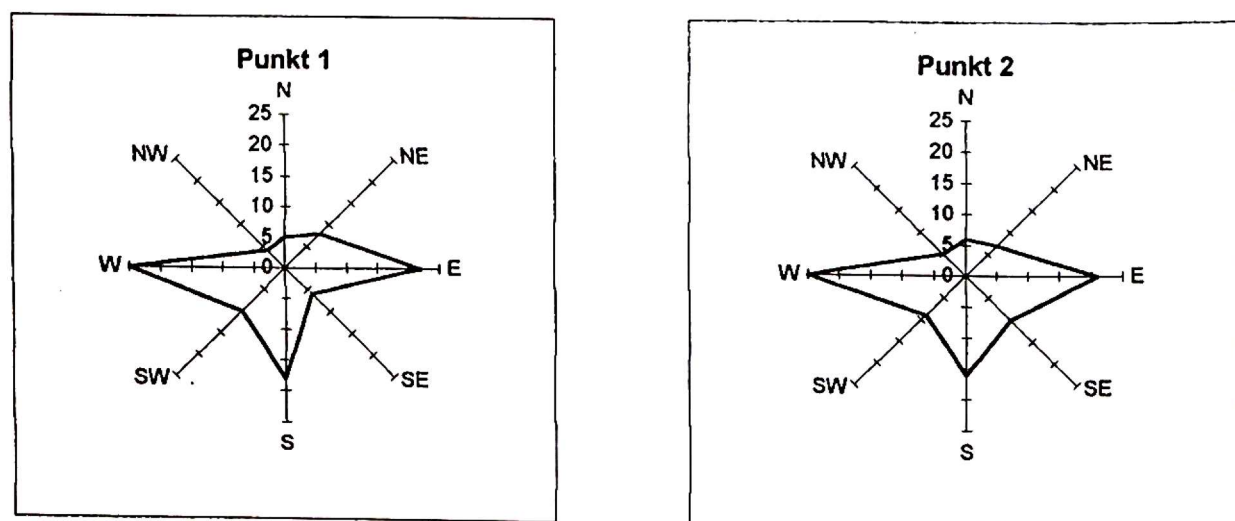
Na podstawie zebranego materiału pomiarowego wyliczono dla każdego punktu pomiarowego:

- częstość występowania poszczególnych kierunków wiatru wg 8-kierunkowej róży wiatrów,
- wartości średnie, najwyższe oraz odchylenia standardowe prędkości wiatru,
- częstość występowania cisz i poszczególnych przedziałów prędkości wiatru.

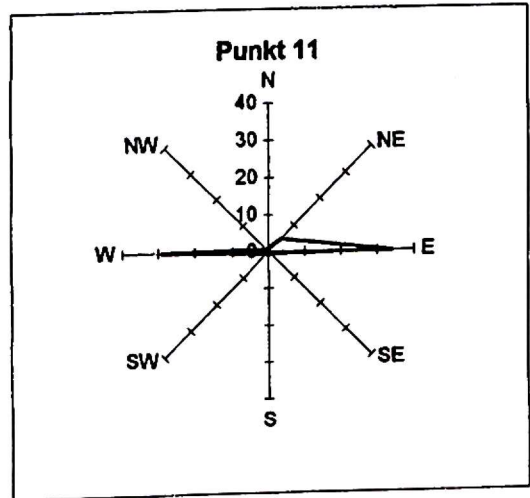
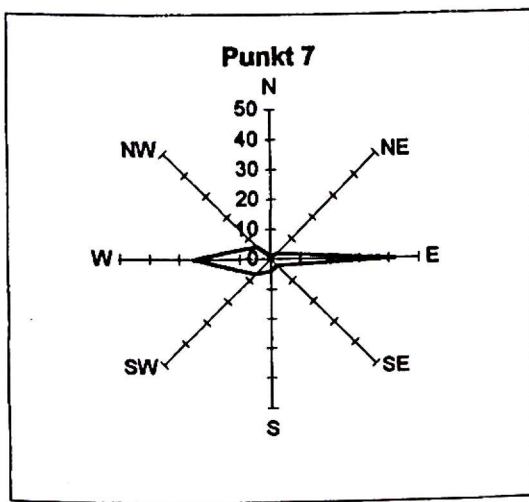
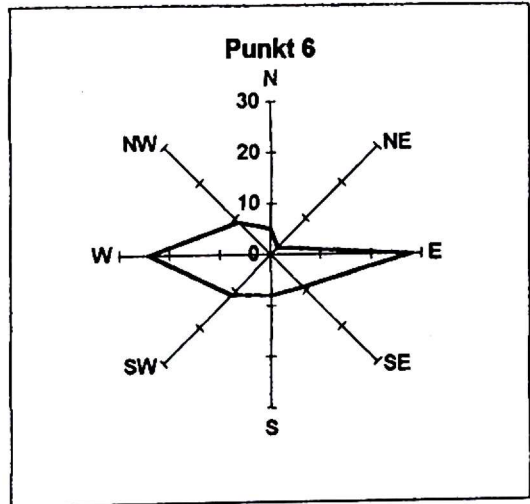
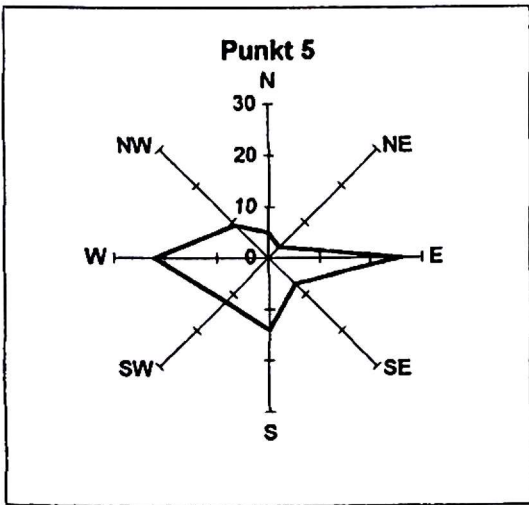
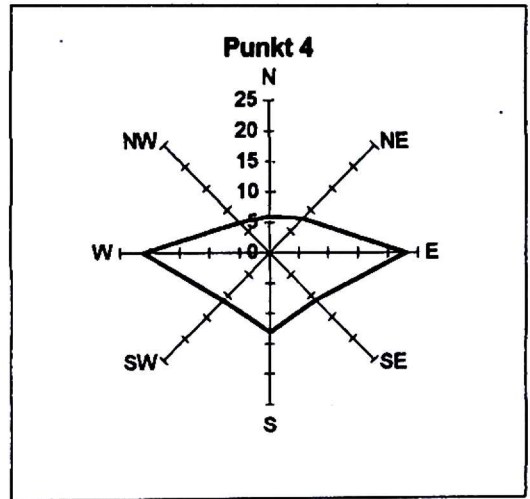
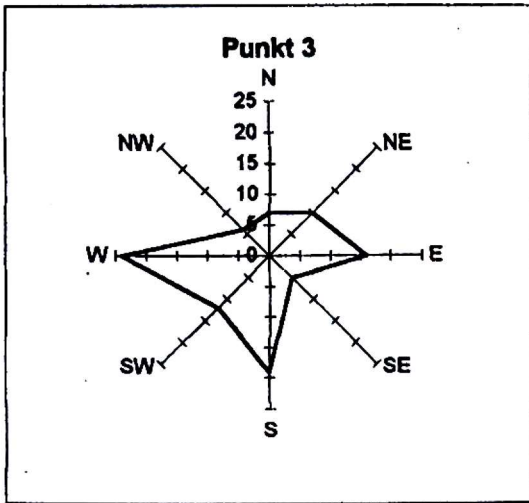
Istotność różnic między średnimi wartościami w terenie otwartym (punkt 1) a wartościami z pozostałych punktów pomiarowych sprawdzono testem Fishera przy poziomie istotności  $\alpha=0,05$ . W celu wyznaczenia zależności między prędkością wiatru a odległością od ściany lasu posłużono się metodą regresji.

## Kierunek wiatru

W odległości 150 m od ściany lasu (punkt 1) dominowały wiatry z kierunków zachodniego i wschodniego (ryc. 1), a więc wiatry charakterystyczne dla obszaru badań [1]. Stosunkowo często występowały również wiatry z sektora południowego, natomiast najrzadziej wiatry z sektora północnego (ryc. 1).



RYC. 1. Częstość występowania (%) kierunków wiatru w rejonie ściany lasu w Rogowie w okresie 3-14.07 i 21.08.–1.09.1995 r.



RYC. 1 cd. Częstość występowania (%) kierunków wiatru w rejonie ściany lasu w Rogowie w okresie 3-14.07 i 21.08.-1.09.1995 r.

W odległości 75 m od ściany lasu (punkt 3) odnotowano zmniejszenie udziału kierunków strefowych: zachodniego i wschodniego, natomiast wzrost udziału kierunków południowego i północnego (ryc. 1), a więc kierunków równoległych do przebiegu ściany lasu. Na kolejnych stanowiskach pomiarowych położonych bliżej ściany lasu (punkty 4, 5, 6) częstość występowania kierunków południowego i północnego zmniejszała się, natomiast wzrastał udział kierunków wschodniego i zachodniego. Na granicy lasu i terenu otwartego (punkt 7) dominował kierunek wschodni, a więc wiatr wiejący z wnętrza lasu w stronę terenu otwartego. Wzrost udziału wiatrów wiejących z lasu w kierunku terenu otwartego wynikał głównie z niższej temperatury powietrza w lesie niż w terenie otwartym, co wpływało również na inne właściwości fizyczne powietrza (m.in. na gęstość powietrza – różną w lesie i poza nim).

Wewnątrz lasu (punkt 11) najczęściej występował wiatr wschodni i zachodni, a więc wiatr z kierunków charakterystycznych dla terenu otwartego (ryc. 1). Zarówno przy samej ścianie lasu jak i wewnątrz lasu, wiatry z sektora północnego i południowego zdarzały się sporadycznie.

## Prędkość wiatru

W odległości 100 m (punkt 2) od ściany lasu zanotowano identyczne wartości średnie, najwyższe oraz podobne odchylenia standardowe prędkości wiatru jak w skrajnym punkcie pomiarowym (punkt 1) położonym 150 m od lasu (tab. 1). Najwyższe prędkości wiatru, zarówno średnie jak i ekstremalne z okresu badań, zanotowano w odległości 75 m od ściany lasu (punkt 3). W mniejszych odległościach od ściany lasu średnie prędkości wiatru były coraz niższe. Na granicy lasu i terenu otwartego (punkt 7) średnia prędkość wiatru stanowiła 50% prędkości w terenie otwartym. Najwyższe zanotowane w okresie badań prędkości wiatru na granicy lasu i terenu otwartego były zbliżone do wartości występujących w terenie bardziej oddalonym od lasu (punkty 1 i 2) (tab. 1). Wewnątrz lasu, w odległości 15 m od ściany lasu średnia prędkość wiatru stanowiła około 28%, natomiast w odległości 75 m od granicy lasu zaledwie 14% prędkości notowanej w terenie otwartym. Również najwyższe zanotowane wartości prędkości wiatru były w lesie znacznie niższe niż poza lasem: ponad 2-krotnie w odległości 15 m od ściany lasu, a 5-krotnie w odległości 75 m od ściany lasu.

TABELA 1

Wartości średnie, najwyższe i odchylenia standardowe prędkości wiatru (m/s) w rejonie ściany lasu w Rogowie z okresu 3–14.07 i 21.08.–1.09. 1995 r.

| Wartości               | Punkt pomiarowy |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |  |
|------------------------|-----------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|--|
|                        | 1               | 2    | 3    | 4    | 5    | 6    | 7    | 8    | 9    | 10   | 11   |  |
| Średnia                | 1,4             | 1,4  | 1,7  | 1,1  | 0,9  | 0,8* | 0,7* | 0,4* | 0,4* | 0,3* | 0,2* |  |
| Najwyższa              | 4,4             | 4,4  | 5,7  | 4,4  | 3,8  | 3,4  | 4,1  | 1,8  | 1,9  | 1,7  | 0,8  |  |
| Odchylenie standardowe | 0,92            | 0,92 | 1,12 | 0,84 | 0,86 | 0,80 | 0,85 | 0,39 | 0,41 | 0,30 | 0,16 |  |

\* wartość istotnie różniącą się od średniej prędkości wiatru w terenie otwartym ( $\alpha=0,05$ )

Średnie wartości prędkości wiatru notowane w odległości mniejszej niż 25 m od ściany lasu oraz wewnątrz lasu (punkty 6-11) różniły się istotnie od analogicznych wartości z terenu otwartego (punkt 1) (tab. 1).

Na analizowanym ciągu pomiarowym można wyróżnić 6 homogenicznych grup punktów pomiarowych, wewnątrz których nie wystąpiło istotne statystycznie zróżnicowanie średnich prędkości wiatru ( $\alpha=0,05$ ). Do pierwszej grupy należą punkty 1, 2 i 3; do drugiej 1, 2, 4 i 5; do trzeciej 4, 5, 6 i 7; do czwartej 6, 7, 8, i 9; do piątej 7, 8, 9, i 10; do szóstej natomiast 8, 9, 10 i 11.

Największym rozproszeniem wartości prędkości wiatru wokół średniej charakteryzował się obszar położony w odległości 75 m od ściany lasu. Zarówno w kierunku terenu otwartego jak i w stronę lasu odchylenia standardowe prędkości wiatru zmniejszały się. Wewnątrz lasu, w odległości 75 m od ściany lasu (punkt 11), rozproszenie wartości prędkości wiatru wokół średniej było 6 krotnie mniejsze niż w terenie otwartym (punkt 1) (tab. 1).

Ruch powietrza o prędkościach większych niż 4 m/s, a więc powyżej progu ruchu turbulencyjnego [4], był notowany jedynie w odległości ponad 50 m od ściany lasu (tab. 2). Prędkości wiatru większe od 2 m/s występowały jedynie w terenie otwartym, natomiast w głębi lasu dominowały wiatry o prędkości nie przekraczającej 0,4 m/s. Należy zauważyć wzrost udziału najwyższych prędkości wiatru w odległości 75 m od ściany lasu (tab. 2)

Częstość występowania cisz w lesie była znacznie większa niż w terenie otwartym (tab. 2). Wewnątrz lasu, w odległości 15 m od ściany lasu, zaznaczył się nieznaczny spadek udziału cisz i wzrost udziału słabych wiatrów (tab. 2).

TABELA 2  
Częstość występowania (%) prędkości wiatru i ciszy w rejonie ściany lasu w Rogowie  
w okresie 3-14.07 i 21.08.-1.09. 1995 r.

| Punkt pomiarowy | Cisza | 0,1-0,3<br>(m/s) | 0,4-2,0<br>(m/s) | 2,1-4,0<br>(m/s) | >4,0<br>(m/s) |
|-----------------|-------|------------------|------------------|------------------|---------------|
| 1               | 2     | 3                | 70               | 23               | 2             |
| 2               | 1     | 5                | 73               | 19               | 2             |
| 3               | 1     | 5                | 57               | 31               | 6             |
| 4               | 1     | 5                | 80               | 13               | 1             |
| 5               | 2     | 12               | 71               | 15               |               |
| 6               | 4     | 20               | 64               | 12               |               |
| 7               | 9     | 34               | 46               | 11               |               |
| 8               | 12    | 49               | 39               |                  |               |
| 9               | 8     | 57               | 35               |                  |               |
| 10              | 14    | 65               | 21               |                  |               |
| 11              | 27    | 70               | 3                |                  |               |

Prędkość wiatru w terenie otwartym, położonym w odległości do 150 m od ściany lasu, w znacznym stopniu zależy od odległości od granicy lasu. Świadczy o tym wysoka wartość współczynnika determinacji, wynosząca 84,3%. Zależność między średnią prędkością wiatru a odległością od ściany lasu można opisać równaniem:

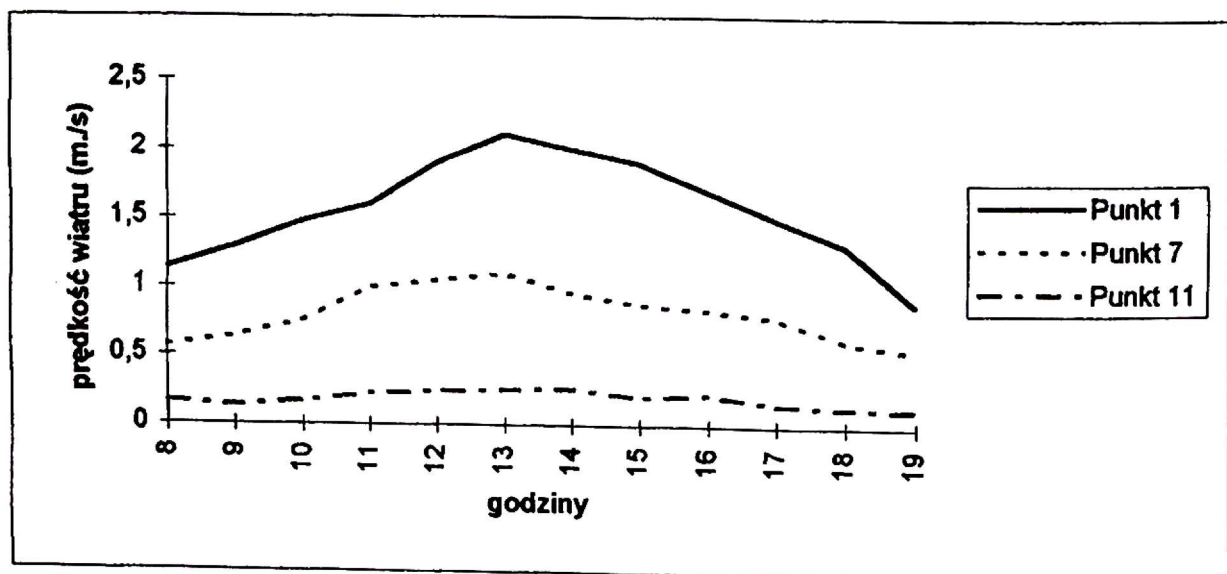
$$V = 0,628572 + 0,0155614 \cdot d - 0,0000704 \cdot d^2$$

gdzie:

- $V$  – prędkość wiatru (m/s),  
 $d$  – odległość od ściany lasu (m)

Standardowy błąd oceny dla powyższego równania wynosi 0,1705 m/s.

Średni przebieg dzienny prędkości wiatru z analizowanego okresu w terenie otwartym (punkt 1) charakteryzował się występowaniem najwyższych wartości o godzinie 13:00, natomiast najniższych wartości o godzinie 19:00. Przebieg dzienny prędkości wiatru na poszczególnych stanowiskach pomiarowych był zbliżony do przebiegu w terenie otwartym. Różnica między najwyższymi i najniższymi wartościami prędkości wiatru w średnim przebiegu dziennym wynosiła w terenie otwartym 1,2 m/s, podczas gdy na ścianie lasu 0,5 m/s, a w głębi lasu (w odległości 75 m od ściany lasu) zaledwie 0,2 m/s (ryc. 2).



RYC. 2. Średni dzienny przebieg prędkości wiatru w rejonie ściany lasu w Rogowie z okresu 3-14.07 i 21.08.-01.09.1995 r.

## Uwagi końcowe

Na podstawie krótkiej serii pomiarowej kierunku i prędkości wiatru w rejonie ściany lasu rosnącego na siedlisku lasu mieszanego świeżego w Rogowie można stwierdzić:

- występowanie strefy większych zaburzeń kierunku i prędkości wiatru w odległości około 75 m od ściany lasu, polegających na zwiększeniu udziału kierunków wiatru z sektora południowego (równoległych do ściany lasu), zwiększeniu średnich i ekstremalnych prędkości wiatru, wzroście częstości występowania wiatrów o prędkościach ponad 4 m/s, warunkujących turbulencyjne mieszanie powietrza;
- znaczne zwiększenie udziału wiatrów wiejących z lasu w kierunku terenu otwartego w rejonie ściany lasu, co potwierdza występowanie dziennego wiatru leśnego [7];
- ograniczenie średnich prędkości wiatru w przylegającej do ściany lasu strefie o szerokości 100 m, przy czym istotnie statystycznie zmniejszenie średnich prędkości wiatru obejmowało strefę szerokości 25 m; wpływ ściany lasu na prędkość wiatru może być opisany wielomianem drugiego stopnia;
- znaczne zmniejszenie dziennej amplitudy prędkości wiatru wewnątrz lasu oraz w niewielkiej odległości od ściany lasu.

## Literatura

1. **Bednarek A.:** Klimat, w: Warunki przyrodnicze lasów doświadczalnych SGGW w Rogowie (red. R. Zielony). Wyd. SGGW, Warszawa 1993.
2. **Bednarek A., Ożga W.:** Wpływ Doliny Wisły w rejonie Wilanowa na warunki anemometryczne i termiczne powietrza. Sylwan nr 3, 1997.
3. **Olszewski J.:** Prędkość wiatru w środowisku leśnym i poza lasem. Materiały na XI Zjazd Agrometeorologii w Puławach 13-16 IX 1973.
4. **Parczewski W.:** Klasyfikacja prędkości wiatru w zastosowaniu do opracowań klimatycznych i bioklimatycznych. Przegląd geograficzny, z. 2, 1960.
5. **Sidorowicz J.:** Observations on directions of air currents over the ground of the wood. Ekol. pol., ser. B, t. 5, z. 4, 1959.
6. **Sokołowski A.:** Charakterystyka mikroklimatyczna głównych zespołów leśnych Ruda w Puławach. Acta Bot. Pol., V, z. 5, nr 26, 1957.
7. **Tomanek J.:** Wpływ ściany drzewostanu na mikroklimat poręby. Prace IBL nr 57, 1952.
8. **Tomanek J.:** Wysokość ściany lasu na kształtowanie się niektórych czynników mikroklimatu przyległych pól. Roczn. nauk. roln., ser. F, t. 71, z. 2, 1956.

## Summary

### **The air flow direction and speed in the forest edge wall area**

The research of the wind speed and direction was carried out in the zone transitory between the open ground (grass-covered) and the fresh-soil mixed broadleaved forest situated on the SGGW Rogów Forest Experiment Station area. The measurements were carried out along the transect perpendicular to the forest edge wall, N–S oriented, with western exposure. The row of measurement points was located on an open ground 150 m distant from the forest wall, and also inside the forest to the distance of 75 m. The measurements were made at the height of 1,5 m above ground, from 8h 00 to 19h 00 in the periods of 3–14 July and 21 August – 1 September 1995.

It was found, basing on the research carried out, that in the distance about 75 m before the forest wall there the share of winds parallel to the forest wall increased; the same concerned mean and extremespeeds of wind and frequencies of the occurrence of winds conditioning the turbulent air movement. In the nearest vicinity of the forest wall there was found also a considerable increase of the share of winds coming from the forest toward the open ground, and this is likely due to the occurrence of the daily forest wind.

The forest edge wall impact on mean speeds of wind was noted as far as to 100m from the boundary line between forest and open ground, while the occurrence of statistically significant limitation of mean speeds of wind in the open field covered the zone about 25 m wide.