INFRASTRUKTURA I EKOLOGIA TERENÓW WIEJSKICH
INFRASTRUCTURE AND ECOLOGY OF RURAL AREAS

Nr 8/1/2010, POLSKA AKADEMIA NAUK, Oddział w Krakowie, s. 203–211
Komisja Technicznej Infrastruktury Wsi

Justyna Zapart

CHARAKTERYSTYKA PRĘDKOŚCI WIATRU W REJONIE SKŁADOWISKA ODPADÓW PRZEMYSŁOWYCH „ŻELAZNY MOST"

CHARACTERISTICS OF WIND SPEED IN THE REGION OF TAILING POND "ŻELAZNY MOST"

Streszczenie

W pracy przeanalizowano pomiary prędkości wiatru zanotowane o godzinach 6, 12, 18 UTC za pomocą automatycznych stacji meteorologicznych Maws 101 – Vaisala, w rejonie składowiska odpadów flotacji miedzi „Żelazny Most", w okresie 2003–2009. Pomiary wykonano na czterech stacjach różnie zlokalizowanych względem składowiska.

Niski współczynnik tarcia powierzchni składowiska akwen o powierzchni 600 ha i nadbudowane plaże oraz jego wyniesienie na wysokość prawie 60 m powyżej naturalnego terenu, powoduje wzrost prędkości wiatru. Ważne jest położenie stacji, pora dnia oraz pora roku. Największe różnice między stacjami zaobserwowano o godzinie 12 UTC, a najmniejsze o 6 UTC. Największe prędkości wiatru notowane są również wiosną i jesienią oraz na stacji Zapora, położonej na plaży składowiska.

Słowa kluczowe: składowisko odpadów przemysłowych, rodzaj podłoża terenu, prędkość wiatru

Summary

The paper presents measurements of wind speed recorded at 6, 12, 18 UTC at the automatic meteorological stations Maws 101– Vaisala on the area of tailing pond "Żelazny Most" in the period 2003–2009. Measurments were on four stations placed on different location versus the tailing pond.

Low coefficient friction on the tailing pond surface (about 600 ha) and elevation on the height about 60 m over the natural terrain affect the increase of wind

speed. Important factors are: stations location, the hour of day and the year seasont. The biggest differences beetwen stations are obserwed at 12 UTC, the smallest at 6 UTC. The fastest wind speeds are recorded in spring and in autumn and on Zapora station.

Key words: *tailing pond, terrain type, wind speed*

WPROWADZENIE

Wśród elementów i zjawisk meteorologicznych, kształtujących dyspersję zanieczyszczeń w atmosferze, najważniejszą rolę odgrywają czynniki dynamiczne, do których należy między innymi wiatr [Czarnecka, Nidzgorska-Lencewicz 2007]. Wiatr powodując poziomy transport zanieczyszczeń, może być skutecznym środkiem naturalnej wentylacji powietrza, ale także może przyczyniać się do wzrostu propagacji zanieczyszczeń, na przykład pyłowych. Jest ważnym czynnikiem wywołującym ruchy turbulencyjne, które decydują o intensywności i zasięgu mieszania pionowego w atmosferze [Parczewski 1973]. Badania wykazują, że wzrost pylenia w strefie oddziaływania składowiska odpadów przemysłowych „Żelazny Most" jest szczególnie widoczny przy prędkości wiatru przekraczającej 4 m/s [Sienkiewicz 2000].

Wyniki badań wiatru wykazują, że wraz ze wzrostem wysokości nad powierzchnią terenu rośnie na ogół prędkość wiatru, co obrazują pionowe profile wiatru, wykresy średniej prędkości wiatru jako funkcji wysokości *z*. Tak scharakteryzowane profile pionowe są uproszczeniem naturalnych warunków często stosowanym w praktyce inżynierskiej [Flaga 2008]. Czynnikami wpływającymi na rozkład prędkości wiatru w profilu pionowym są między innymi ukształtowanie terenu, chropowatość podłoża, rodzaj cyrkulacji atmosfery. Wpływowi terenu na prędkości wiatru, w tym na profil pionowy, poświęcono wiele prac teoretycznych i eksperymentalnych. W ich wyniku wydzielono kategorie szorstkości terenu wg Riettera, Davenporta, Wieringa [Flaga 2008]. W celu wyznaczenia pionowego profilu wiatru aktualnie stosuje się wzór logarytmiczny:

$$\bar{v}(z) = 2{,}5 v_* \ln\left(\frac{z}{z_o}\right) \text{ gdzie: } v_* = \bar{v}(10)\sqrt{K} \quad (1)$$

gdzie:

$\bar{v}(z)$ – średnia prędkość wiatru na wysokości z,

$\bar{v}(10)$ – średnia prędkość wiatru na wysokości 10 metrów,

K – parametr zależny od chropowatości podłoża,

z_0 – parametr szorstkości terenu,

z – wysokość nad powierzchnią terenu.

Parametr K wg Davenporta (1965) może przyjąć w zależności od rodzaju terenu wartości:

- teren płaski rolniczy K = 0,005,
- teren nierówny, zadrzewiony K = 0,015,
- teren gęsto zabudowany, śródmiejski K = 0,050.

Z kolei wartość parametru z_0 zależy od rodzaju zabudowy i wynosi:

- wybrzeże morskie, plaże 0,005–0,01,
- teren otwarty 0,03–0,10,
- teren rzadko zabudowany 0,20–0,30,
- centrum miasta 0,40,
- centrum wielkiego miasta 0,60–0,80.

Wszystkie pomiary wykonano za pomocą stacji Maws 101 firmy Vaisala, na standardowej wysokości 10 m od powierzchni terenu.

CHARAKTERYSTYKA OBSZARU BADAŃ

Materiałem badawczym użytym w opracowaniu były pomiary meteorologiczne wykonane na terenie Zakładu Hydrotechnicznego w Rudnej, w którego skład wchodzi składowisko odpadów przemysłowych „Żelazny Most". Składowisko położone jest na terenie województwa dolnośląskiego, na obszarze trzech gmin: Rudna, Polkowice i Grębocice. Jego eksploatacja trwa nieprzerwanie od 1977 roku, gromadząc odpady poflotacyjne z Zakładów Wzbogacania Rudy kopalń „Lubin", „Polkowice-Sieroszowice" i „Rudna". Na skutek ciągłego procesu składowania odpadów i rozbudowy obiektu jego podstawowe parametry są zmienne. W roku 2009 powierzchnia całkowita wynosiła około 1410 ha (w tym około 600 ha akwen), wysokość zapory w najwyższym miejscu około 60 m, a objętość około 350 mln m^3.

Na składowisku wydzielone są sekcje robocze, oddzielone pirsami prowadzonymi prostopadle do zapór. Mieszanina odpadów piaszczysto-pylastych wprowadzana jest na obwodzie danej sekcji roboczej do czasu wypełnienia jej pojemności. Każda sekcja jest okresowo wyłączana z użytkowania do chwili odwodnienia się zdeponowanych odpadów (trwa to około 3 miesięcy). Sedymentujące odpady tworzą plaże, a woda technologiczna spływa do akwenu i dalej do wież zrzutowych usytuowanych w centrum akwenu [Czaban, Lasota-Angełow 2007].

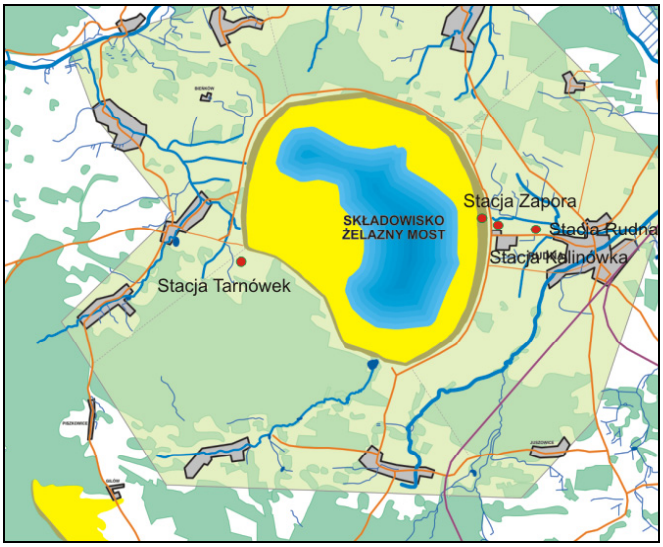
Sposób deponowania odpadów i znaczne wypiętrzenie obiektu powoduje wzrost prędkości wiatru na jego powierzchni. Specyficzne cechy odpadów oraz formowanie zapór sprzyjają rozwojowi procesów eolicznych zarówno na jego powierzchni, jak i na zaporach bocznych. Z uwagi na ten fakt warto przeanalizować warunki wietrzne pod kątem wystąpienia prędkości wiatru wzmagającej te procesy w różnych punktach obszaru badawczego.

MATERIAŁ BADAWCZY I WYNIKI ANALIZ

Do analiz wykorzystano pomiary prędkości wiatru z lat 2003–2009 wykonywanych trzy razy dziennie o godzinach 6, 12, 18 UTC, obliczone jako średnie z 10 minut ze stacji meteorologicznych Tarnówek, Zapora, Kalinówka i Rudna. Dokładne położenie punktów obserwacyjnych przedstawiono na rysunku 1, a ich charakterystyka znajduje się w tabeli 1.

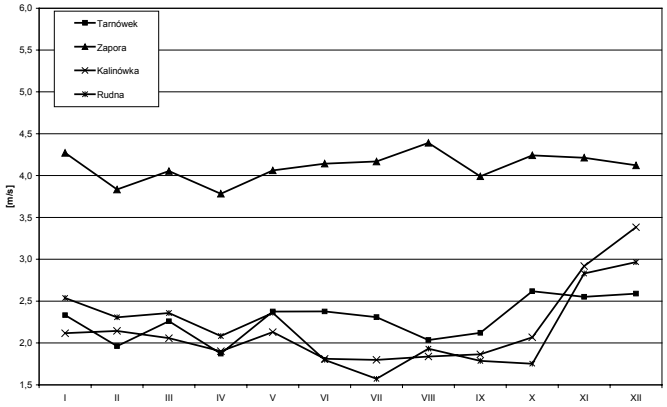
Tabela 1. Charakterystyka punktów pomiarowych
Table 1. Characteristics of measurement points

Stacja	Położenie stacji i rodzaj pokrycia terenu
Tarnówek	51°30' N 16° 9' E, około 60 m od podstawy zapory, w kierunku W, pokrycie terenu – trawa, pojedyncze krzewy
Zapora	51°30' N 16°14' E, położenie na E koronie składowiska, na wysokości 60 m od podstawy zapory, 200 m od akwenu
Kalinówka	51°30' N 16°14' E, około 50 m od podstawy zapory, w kierunku E, pokrycie terenu – trawa, w odległości kilkudziesięciu metrów budynki gospodarcze ZH w Rudnej
Rudna	51°30' N 16°15' E, około 900 m od podstawy zapory, w kierunku E, pokrycie terenu – trawa, pojedyncze drzewa, krzewy, w odległości około 150 m zabudowania miejscowości Rudna

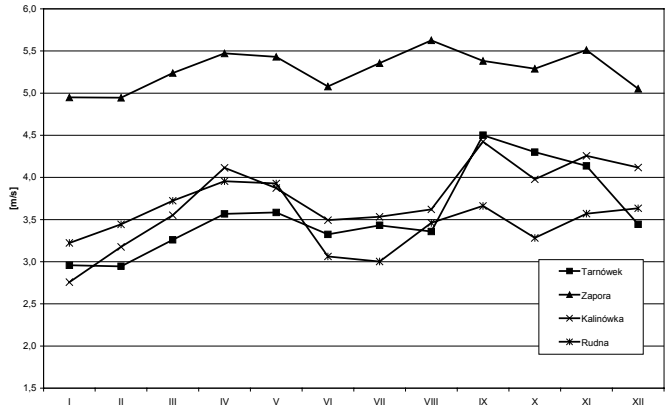


Rysunek 1. Lokalizacja stacji pomiarowych na obszarze badań
Figure 1. Location of meteorological stations in the research area

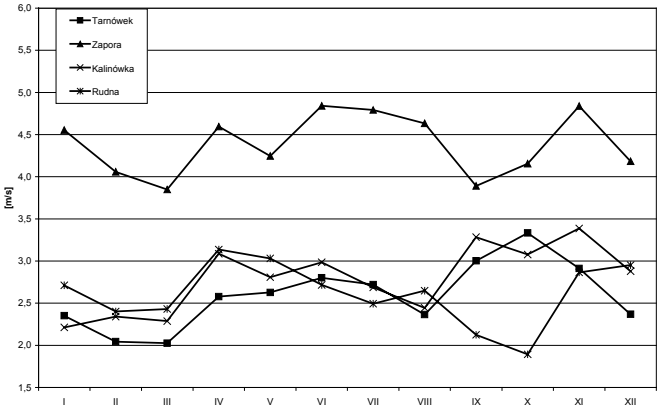
Analiza średnich miesięcznych wartości prędkości wiatru z okresu 2003–2009 potwierdza dotychczasowe wyniki badań, świadczące o wzroście prędkości wiatru wraz ze wzrostem wysokości położenia stacji pomiarowej oraz pod wpływem niskiej szorstkości powierzchni w jej otoczeniu, co zostało przedstawione na rysunkach 2–4. Podczas wszystkich obserwacji prędkość wiatru na stacji Zapora, zlokalizowanej na wschodniej koronie składowiska, wykazuje zwiększone prędkości w porównaniu z punktami pomiarowymi położonymi u podnóża składowiska. Najwyższe prędkości notowane są w południe (12 UTC).



Rysunek 2. Przebieg średniej miesięcznej prędkości wiatru [m/s] w okresie 2003–2009 o godzinie 6 UTC
Figure 2. Course of monthly mean wind speed [m/s] in the period 2003–2009 at 6 UTC

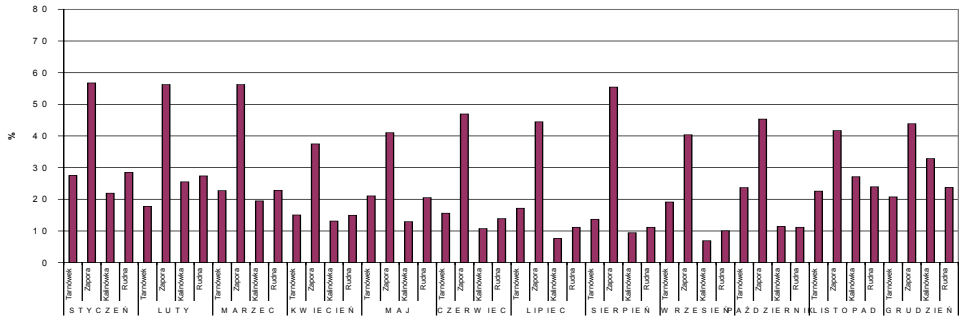


Rysunek 3. Przebieg średniej miesięcznej prędkości wiatru [m/s] w okresie 2003–2009 o godzinie 12 UTC
Figure 3. Course of monthly mean wind speed [m/s] in the period 2003–2009 at 12 UTC

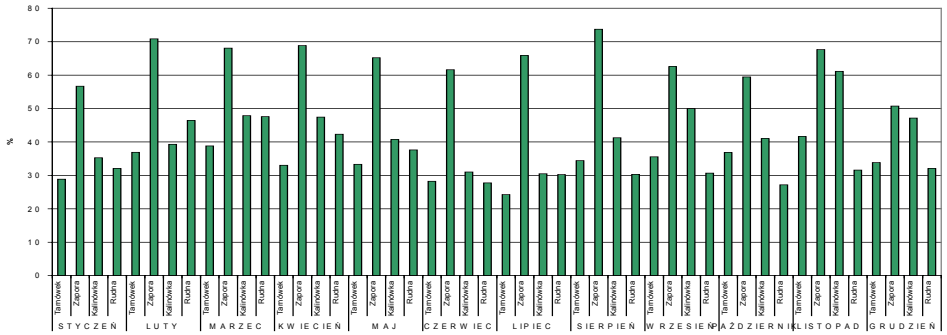


Rysunek 4. Przebieg średniej miesięcznej prędkości wiatru [m/s] w okresie 2003–2009 o godzinie 18 UTC
Figure 4. Course of monthly mean wind speed [m/s] in the period 2003–2009 at 18UTC

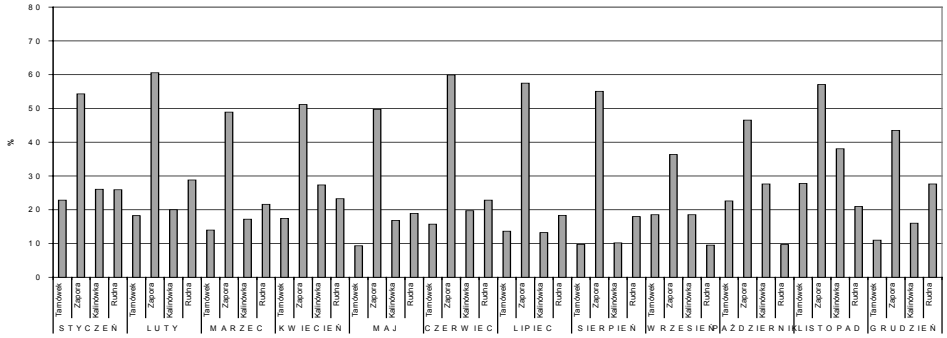
Analiza wystąpienia prędkości wiatru powyżej 4 m/s tj. takiej podczas której występuje największe prawdopodobieństwo unosu cząstek pylastych z powierzchni składowiska [Sienkiewicz i in. 2000] wykazuje, że najczęściej takie warunki występują o 12 UTC w marcu, kwietniu, wrześniu, październiku i listopadzie, natomiast najrzadziej rano w lipcu, sierpniu i wrześniu. Największa frekwencja prędkości wiatru przekraczającej wymienioną wartość, występuje na stacji Zapora, w południe. Jest to liczba przekraczająca 50% notowań. Wyniki przedstawiają rysunki 5–7.



Rysunek 5. Częstość wystąpienia prędkości wiatru >4 m/s w latach 2003–2009 o godzinie 6 UTC
Figure 5. Frequency (%) of occurrence of wind speed > 4 m/s in the period 2003–2009 at 6 UTC



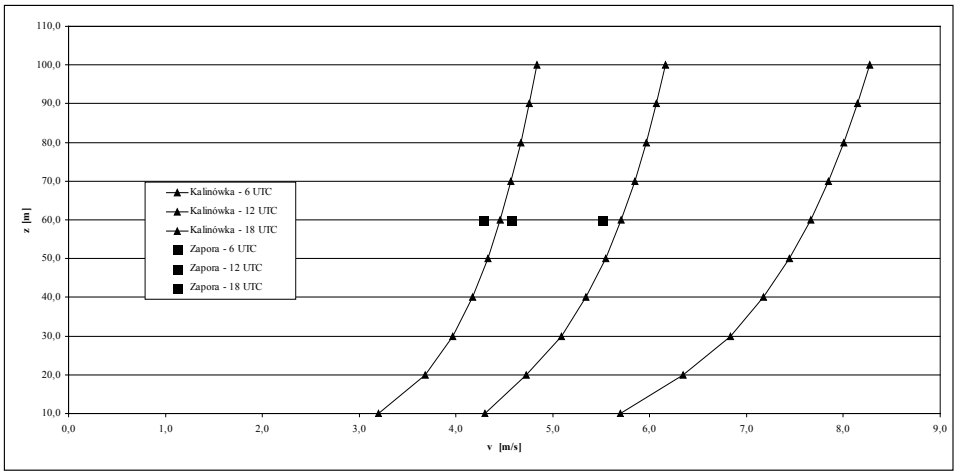
Rysunek 6. Częstość wystąpienia prędkości wiatru >4 m/s w latach 2003–2009 o godzinie 12 UTC
Figure 6. Frequency (%) of occurrence of wind speed > 4 m/s in the period 2003–2009 at 12 UTC



Rysunek 7. Częstość wystąpienia prędkości wiatru > 4 m/s w latach 2003–2009 o godzinie 18 UTC
Figure 7. Frequency (%) of occurrence of wind speed > 4 m/s in the period 2003–2009 at 18 UTC

Ocenie poddano również oddziaływanie składowiska na rozkład prędkości wiatru w profilu pionowym, w przedziale od 10 m do 100 m. Posługując się wcześniej przedstawionym wzorem logarytmicznym (1) obliczono prędkość wiatru nad powierzchnią terenu, w rejonie stacji Kalinówka (zakładając współczynniki K = 0,015, z_0 = 0,1). Profil prędkości wiatru dla tej stacji o godzinach 6, 12, 18 UTC przedstawiono na rysunku 8. Dla porównania zaznaczono na nim również średnią prędkość wiatru z tych okresów ze stacji Zapora.

Stwierdzono, że przeszkoda dla ruchu mas powietrza w postaci składowiska powoduje pewne zaburzenia przepływu. Podczas porannych obserwacji prędkość wiatru na tej samej wysokości jest najbardziej zbliżona (różnica między Zaporą a Kalinówką wynosi 0,15 m/s). W późniejszych godzinach różnica wzrasta i kształtuje się na poziomie około 1,2 m/s o 12 UTC oraz około 2,5 m/s o godzinie 18 UTC. Oznacza to wzrost prędkości wiatru nad punktem obserwacyjnym Kalinówka w godzinach południowych i wieczornych, w porównaniu z pomiarem wykonanym na Zaporze. Stacja Kalinówka umiejscowiona jest po stronie zawietrznej względem najczęściej występującego kierunku wiatru zachodniego [Głowicki, Otop 2005]. Wiąże się to z tak zwanym „oderwaniem przepływu", powodującym wzrost prędkości wiatru po stronie zawietrznej przeszkody terenowej [Flaga 2008].



Rysunek 8. Pionowe profile wiatru obliczone nad stacją Kalinówka oraz pomierzona średnia prędkość na stacji Zapora na wysokości 60 m w okresie 2003–2009
Figure 8. The vertical wind profiles calculated above the Kalinówka station and the average wind speed measured on Zapora station (at a height 60 m) in the period 2003–2009

PODSUMOWANIE

W rejonie składowiska „Żelazny Most" obserwuje się zróżnicowanie prędkości wiatru. Ma na to wpływ wysokość położenia punktu obserwacyjnego i uwarunkowania w miejscu jego lokalizacji takie jak szorstkość podłoża, położenie względem składowiska i kierunek wiatru. Spośród badanych czterech stacji największą prędkość wiatru zanotowano na stacji Zapora położonej na powierzchni składowiska. Potwierdza to zarówno analiza zmiennych średnich

miesięcznych wartości prędkości wiatru oraz częstości wystąpienia prędkości wiatru wyższych od 4 m/s. Główną przyczyną jest niski współczynnik tarcia powierzchni (około 600 ha akwen w centralnej części składowiska, płaska powierzchnia plaż) oraz wyniesienie obiektu ponad okoliczny teren. Znaczenie ma również pora obserwacji. Największe zróżnicowanie pomiędzy badanymi stacjami wykazują obserwacje z godziny 12 UTC, a najmniejsze z godziny 6 UTC. Zauważa się także zależność prędkości wiatru od pory roku. Zdecydowanie największe prędkości zanotowano w okresie wiosny i jesieni.

Analiza warunków wietrznych na wysokości 60 m od powierzchni naturalnego terenu wykazuje, że po stronie zawietrznej składowiska (stacja Kalinówka) następuje wzrost prędkości wiatru w porównaniu z prędkością rejestrowaną na koronie składowiska (stacja Zapora). Różnice te uwidaczniają się szczególnie w pomiarach z godziny 18 UTC, w mniejszym stopniu o 12 UTC. Z kolei rano zróżnicowanie tych prędkości jest minimalne.

BIBLIOGRAFIA

Czarnecka M., Nidzgorska-Lencewicz J. *Charakterystyka turbulencji na podstawie prędkości wiatru w rejonie Stargardu Szczecińskiego*. Acta Agrophysica, 9(2), 2007.

Czaban S., Lasota-Angelow Z. *Ocena wpływu 30 letniej eksploatacji składowiska Żelazny Most na stan środowiska w rejonie*. Monografia 30-lecia eksploatacji składowiska Żelazny Most, 2007.

Flaga A. *Inżynieria wiatrowa*. *Podstawy i zastosowania*. Arkady, 2008.

Głowicki B., Otop I. i inni. *Klimat. Opracowanie Ekofizjograficzne dla Województwa Dolnośląskiego*, Wojewódzkie Biuro Urbanistyczne we Wrocławiu, 2005.

Parczewski W. *Struktura dobowego przebiegu dolnych cisz atmosferycznych w Warszawie*. Wiadomości Służby Hydrologiczno-Meteorologicznej, 2–3, 1973.

Sienkiewicz R. i inni. *Analiza wpływu składowiska „Żelazny Most" jako budowli hydrotechnicznej na lokalne warunki meteorologiczne na podstawie danych z archiwalnych sieci pomiarowych*. IMGW we Wrocławiu, 2000.

Badania naukowe finansowane ze środków na naukę w latach 2009/2010 jako projekt badawczy N N305 222937.

Mgr inż. Justyna Zapart
Instytut Inżynierii Środowiska
Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu
50-363 Wrocław, Pl.Grunwaldzki 24
e-mail: justyna.zapart@up.wroc.pl

Recenzent: *Prof. dr hab. Włodzimierz Parzonka*