

Romuald MADANY, Bonifacy ŁYKOWSKI

Katedra Rekultywacji Środowiska Przyrodniczego

O stratyfikacji termicznej i wilgotnościowej w przygruntowej warstwie powietrza na skraju doliny Wisły w rejonie Ursynowa

We wcześniejszych pracach poświęconych odrębności klimatycznej skraju doliny Wisły w rejonie Warszawy (Laskowska i Madany 1962, Łykowski i Madany 1992, Madany i in. 1973, Parczewski 1960) zajmowano się jedynie klimatem lokalnym tego obszaru. Właściwości klimatu lokalnego są łatwo dostrzegalne na wysokości 2 m nad powierzchnią czynną, a zatem mogły być badane za pomocą przyrządów i metod pomiarowych obowiązujących w standardowych stacjach meteorologicznych (Sapożnikowa 1953). W cytowanych pracach wykorzystano więc dane z dwóch własnych stacji agrometeorologicznych zlokalizowanych na polach doświadczalnych SGGW w Wolicy i w Wilanowie. Stacja w Wolicy reprezentowała bowiem klimat lokalny skraju wysoczyzny, a stacja w Wilanowie – klimat lokalny skraju doliny Wisły.

Badania mikroklimatyczne, a zwłaszcza badania układów stratyfikacji* termicznej i wilgotnościowej przygrunto-

*Przez termin „układ stratyfikacji ...” rozumiano całość zmian zachodzących w pionowych profilach temperatury i wilgotności w czasie i z wysokością.

wej warstwy powietrza wymagają stosowania specjalnych przyrządów, ich specjalnej instalacji oraz odmiennych metod pomiarowych (Sapożnikowa 1953). Wysoki koszt systematycznych badań mikroklimatycznych oraz duża czasochłonność opracowania wyników pomiarowych uniemożliwiły prowadzenie tych badań na skraju doliny Wisły. Istnieją jednak dla tego terenu dane pochodzące z trzech krótkotrwałych serii gradientowych pomiarów temperatury i wilgotności powietrza, wykonywanych jednocześnie na stanowisku założonym w dolinie Wisły i na stanowisku położonym na wysoczyźnie, oraz dane z dwóch krótkotrwałych serii takich samych pomiarów prowadzonych tylko w dolinie Wisły, na stanowiskach zlokalizowanych w różnej odległości od skarpy. Wyniki uzyskane z tych pięciu serii pomiarowych okazały się na tyle interesujące, że mimo ich fragmentaryczności zasługują na przedstawienie w niniejszym komunikacie.

Pierwsza ze wspomnianych trzech serii pomiarów porównawczych między skrajem wysoczyzny i skrajem doliny Wisły została przeprowadzona 3 X 1994 r. w godzinach 9³⁰ – 12⁰⁰ czasu miejscowe-

go, przy pogodzie pochmurnej (niebo całkowicie pokryte chmurami *Altostratus* i *Stratocumulus*) z bardzo słabym wiatrem. Stanowisko pomiarowe reprezentujące skraj wysoczyzny zostało zlokalizowane na trawniku, w parku ursynowskim, w miejscu położonym w odległości 20 m od pasa zadrzewień, obejmującego w tym miejscu krawędź i górną część stoku Skarpy Ursynowskiej. Było ono oddalone o 20 m w lewo od drogi biegnącej prostopadle do skarpy za warsztatami samochodowymi SGGW.

Stanowisko reprezentujące skraj doliny Wisły założono na łące o przewadze traw wysokich, w miejscu położonym w odległości 30 m w prawo od ścieżki będącej przedłużeniem wspomnianej drogi i oddalonym o 50 m od podnóża skarpy.

Na obydwu stanowiskach mierzono temperaturę i wilgotność powietrza psychrometrami aspiracyjnymi Assmanna z aspiratorami o naciągu sprężynowym, zainstalowanymi na specjalnym statywie. Pomiar psychrometryczny wykonywano na wysokości 50 i 150 cm nad powierzchnią gleby co 30 minut. Były one wykonywane jednocześnie na obu poziomach (dwóch obserwatorów na każdym stanowisku). We wszystkich terminach pomiarowych mierzono anemometrami rotacyjnymi średnią stusekundową prędkość wiatru na wysokości 1 metra nad glebą oraz określano wielkość zachmurzenia ogólnego i rodzaje chmur.

Druga i trzecia seria omawianych pomiarów zostały przeprowadzone w dniach 18 i 25 V 1996 r. w godzinach 9³⁰–13³⁰ czasu miejscowego. Serię drugą wykonywano przy ciszy lub bardzo słabym wietrze na skraju wysoczyzny oraz przy bar-

dzo słabym wietrze w dolinie Wisły. W okresie prowadzenia pomiarów należących do tej serii wielkość zachmurzenia ogólnego ulegała szybkim zmianom, od nieba początkowo niewidocznego (mgła) przez niebo pochmurne (Sc Cu), chmurne i pogodne (Cu), do nieba bezchmurnego i ponownie pogodnego (Cu).

Seria trzecia została przeprowadzona przy pogodzie pochmurnej i bardzo słabym wietrze na skraju wysoczyzny oraz bardzo słabym wietrze lub ciszy w dolinie Wisły.

W obu tych dniach stanowisko pomiarowe, reprezentujące skraj wysoczyzny, znajdowało się w miejscu przedstawionym już w trakcie omawiania pierwszej serii pomiarowej. Natomiast stanowisko w dolinie Wisły zostało założone na wspomnianej już łące o przewadze traw wysokich w miejscu położonym w odległości 30 m w prawo od wspomnianej już ścieżki i oddalonym o 100 m od Skarpy Ursynowskiej.

Pomiary psychrometryczne wykonywano w tych dniach jednocześnie na wysokości 5 i 200 cm nad powierzchnią gleby co 20 minut. W każdym terminie pomiarowym wyznaczano średnią stusekundową prędkość wiatru na wysokości 1 metra oraz określano wielkość zachmurzenia ogólnego i rodzaje chmur.

Jak już wspomniano wcześniej, pozostałe dwie serie pomiarowe pochodzą tylko ze stanowisk zlokalizowanych na skraju doliny Wisły. Pierwsza z nich została przeprowadzona 29 V 1993 r. w godzinach 9⁴⁰–11⁴⁰ czasu miejscowego, przy pogodzie pochmurnej z bardzo słabym wiatrem w dolinie. W czasie pierwszego pomiaru padał deszcz. Stanowi-

sko pomiarowe znajdowało się na wspomnianej już łące w miejscu przedstawionym powyżej. Tego dnia pomiary temperatury i wilgotności powietrza wykonywano na wysokości 50 i 150 cm nad powierzchnią gleby, a średnią stusekundową prędkość wiatru mierzono na wysokości 1 metra. Pomiary wykonywano co 20 minut; w każdym terminie pomiarowym określano wielkość zachmurzenia ogólnego i rodzaje chmur.

Następna seria gradientowych pomiarów temperatury i wilgotności w przygruntowej warstwie powietrza została przeprowadzona w dolinie Wisły w dniu 27 V 1995 r. w godzinach 10⁰⁰–13³⁰ czasu miejscowego, przy pogodzie słonecznej (niebo początkowo bezchmurne, później pogodne) i słabym wietrze. Tego dnia założono dwa stanowiska pomiarowe, jedno w odległości 10 m, a drugie w odległości 150 m od podnóża Skarpy Ursynowskiej. Obydwa stanowiska zlokalizowane zostały na wspomnianej już łące, w odległości około 50 m w prawo, od wymienianej już trzykrotnie ścieżki. Pomiary psychrometryczne wykonywano tym razem na wysokości 5 i 200 cm nad powierzchnią gleby, a średnią prędkość wiatru mierzono na wysokości 1 metra. Wielkość zachmurzenia ogólnego i rodzaje chmur określano w każdym terminie pomiarowym, na stanowisku odległym od Skarpy Ursynowskiej o 150 metrów. Pomiary wykonywano co 30 minut.

Pionowa stratyfikacja temperatury i wilgotności w przygruntowej warstwie powietrza zależy w sposób bezpośredni od wymiany ciepła i wilgoci między podłożem atmosfery a tą warstwą powietrza oraz w sposób pośredni od czynników

kształtujących wielkość i formę tej wymiany (Geiger 1942, Sapożnikowa 1953, Ščerban 1968, Schnelle 1968). Wśród tych czynników poważną rolę odgrywa wielkość i rodzaj zachmurzenia oraz prędkość wiatru, ich wpływ na bilans radiacyjny oraz wymianę turbulencyjną uważa się za decydujący. Układy pionowej stratyfikacji temperatury i wilgotności powietrza badano więc w powiązaniu z tymi zjawiskami meteorologicznymi.

Wyniki pomiarów gradientowych przeprowadzonych jednocześnie na skraju wysoczyzny w pobliżu zadrzewionej skarpy i na skraju doliny Wisły, w rejonie Ursynowa przedstawiono w tabelach 1, 2 i 3, a wyniki pomiarów prowadzonych w dolinie Wisły – w tabelach 4 i 5.

Z danych zestawionych w tabeli 1 wynika, że przy całkowitym pokryciu nieba chmurami piętra średniego i w znacznym stopniu chmurami piętra niskiego oraz przy jednoczesnym występowaniu na wysoczyźnie bardzo słabych wiatrów, ale w dolinie ciszy, przygruntowa warstwa powietrza na terenie doliny jest wyraźnie chłodniejsza od przygruntowej warstwy powietrza nad skrajem wysoczyzny do godziny 9³⁰ czasu miejscowego. W tym terminie pomiarowym temperatura powietrza na wysokości 50 cm nad powierzchnią gleby była niższa w dolinie o 1,2°C, a na wysokości 150 cm – o 1,0°C, aniżeli na skraju wysoczyzny. Dopiero o godz. 11⁰⁰, a zatem prawie po 6 godzinach od wschodu słońca, przygruntowa warstwa powietrza w dolinie nagrzewa się do nieco tylko wyższej temperatury niż na wysoczyźnie. Niewielkie różnice temperatury między skrajem doliny i wysoczyzny (do 0,3°C) utrzymują

TABELA 1. Stratyfikacja pionowa temperatury i wilgotności w przygruntowej warstwie powietrza na skraju wysoczyzny i doliny Wisły w rejonie Ursynowa w dniu 3 X 1994 r.

Terminy pomiarów (czas miejscowy)	Wysokość pomiaru nad pow. gleby (cm)	Zachmurzenie		Skraj wysoczyzny					Skraj doliny Wisły						
		n	rodzaje chmur	t	γ_t	e	γ_e	f	\bar{v}	t	γ_t	e	γ_e	f	\bar{v}
9 ³⁰	150			15,4	20,0	17,5	20,0	100	C	14,4	0,0	12,1	50,0	77	C
	50	10	As	15,6		17,7		100	C	14,4		12,6		77	C
10 ⁰⁰	150			15,0	20,0	13,9	140,0	82	C	14,8	-20,0	14,7	30,0	74	C
	50	10	As, Asc	15,2		15,4		89		14,6		15,0		90	
10 ³⁰	150			15,8	0,0	14,7	10,0	81	0,5	15,6	-20,0	14,3	40,0	80	C
	50	10	As, Asc	15,8		14,8		82		15,4		14,7		84	
11 ⁰⁰	150			15,7	-30,0	13,5	-30,0	76	1,0	16,0	-40,0	15,1	-10,2	88	C
	50	10	As, Asc	15,4		13,2		76		15,6		14,9		84	
11 ³⁰	150			16,0	40,0	13,6	130,0	75	1,0	16,0	10,0	14,7	30,0	80	C
	50	10	As, Asc	16,4		14,9		80		16,1		15,0		81	
12 ⁰⁰	150			16,0	0,0	13,6	90,0	75	C	16,0	30,0	15,0	0,0	82	C
	50	10	As, Asc	16,0		14,5		80		16,3		15,0		80	
Średnio w okresie 9 ⁰⁰ -12 ⁰⁰	150			15,5	20,0	14,5	50	82	0,4	15,5	-10,0	14,5	10,2	80	C
	50	X	X	15,7		15,0		84		15,4		14,5		83	

Objaśnienia: n – wielkość zachmurzenia ogólnego, t – temperatura powietrza (°C), γ_t – średni gradient temperatury powietrza w warstwie zawartej między dolnym i górnym poziomem pomiarowym (°C/100m), e – ciśnienie aktualne pary wodnej (hPa), γ_e – średni gradient ciśnienia aktualnego pary wodnej w warstwie zawartej między dolnym i górnym poziomem pomiarowym (hPa/100m), f – wilgotność względna powietrza, \bar{v} – średnia stusekundowa prędkość wiatru na wysokości 1 m nad powierzchnią gleby (m/s).

się na obu rozpatrywanych poziomach pomiarowych aż do południa. W warunkach pogodowych nie sprzyjających intensywnemu nagrzewaniu się podłoża atmosfery i intensywnej wymianie turbulencyjnej ciepła między podłożem a przygruntową warstwą powietrza, nie wytworzył się w tej warstwie insolacyjny typ stratyfikacji termicznej*. Na obydwu stanowiskach utrzymywała się przez cały okres prowadzenia pomiarów pionowa stratyfikacja izotermiczna, z występującą w dolinie Wisły niewielką tendencją do przekształcenia w stratyfikację inwersyjną. Tendencja ta występowała od godziny 10⁰⁰ do 11⁰⁰ czasu miejscowego, ale do wystąpienia inwersji temperatury nie doszło. Mimo prawie niezmiennych warunków pogodowych w okresie prowadzenia pomiarów, występujące w tym czasie układy pionowej stratyfikacji termicznej w przygruntowych warstwach powietrza na skraju wysoczyzny i doliny Wisły wykazywały wyraźną chwiejność, charakterystyczną dla izotermicznego profilu temperatury w warstwie przygruntowej.

Co do pionowej stratyfikacji ciśnienia aktualnego pary wodnej w przygruntowych warstwach powietrza na skraju wysoczyzny i doliny Wisły, to należała ona w obu przypadkach do typu stratyfikacji mokrej (Geiger 1942). Pionowy profil ciśnienia aktualnego pary wodnej

*Za wartość graniczną stratyfikacji insolacyjnej przyjęto dodatni gradient temperatury powietrza, odpowiadający różnicy temperatury powietrza 0,5°C występującej między dolnym i górnym poziomem pomiarowym, a za wartość graniczną stratyfikacji inwersyjnej – gradient ujemny o tej samej wielkości.

na stanowisku położonym na wysoczyźnie charakteryzował się wyższymi gradientami i większą ich zmiennością w czasie niż profil ze stanowiska w dolinie Wisły. Nie wystąpiły między tymi dwoma profilami zbieżności wahań wielkości gradientów z terminu na termin pomiarowy. Średnio dla całego okresu prowadzenia obserwacji w omawianym dniu w dolinie Wisły wystąpiły niższe gradienty pionowe ciśnienia aktualnego pary wodnej, przy jednoczesnej niższej wilgotności względnej powietrza oraz wyższej wilgotności gleby, ale przy zupełnym wyciszeniu w dolinie Wisły bardzo słabego wiatru na wysoczyźnie.

Interesującym wynikiem uzyskanym z tej serii pomiarowej jest wystąpienie na obu stanowiskach niewielkich ujemnych gradientów ciśnienia aktualnego pary wodnej o godzinie 11⁰⁰. Nastąpiła więc krótkotrwała zmiana mokrego typu stratyfikacji wilgotnościowej w przygruntowej warstwie powietrza na typ suchy, charakterystyczny dla warunków nocnych w naszych szerokościach geograficznych. Równoczesna zmiana kierunku gradientu na obu stanowiskach wskazuje, że to chwilowe odwrócenie kierunku przepływu strumienia pary wodnej w powietrzu nie jest wynikiem przypadku (błędu pomiarowego).

Z danych zestawionych w tabeli 2 wynika, że podczas mgły zalegającej nad skrajem wysoczyzny i doliny Wisły w rejonie Ursynowa do godziny 9⁵⁰ czasu miejscowego, przygruntowa warstwa powietrza nad skrajem doliny miała nieco wyższą temperaturę i nieco silniej zaznaczoną pionową stratyfikację izotermiczną aniżeli na skraju wysoczyzny. Po ustąpieniu mgły, w miarę szybkiego zanikania

TABELA 2. Stratyfikacja pionowa temperatury i wilgotności w przygruntowej warstwie powietrza na skraju wysoczyzny i doliny Wisły w rejonie Ursynowa w dniu 18 V 1996 r.

Terminy pomiarów (czas miejscowy)	Wysokość pomiaru nad pow. gleby (cm)	Zachmurzenie		Skraj wysoczyzny						Skraj doliny Wisły					
		n	rodzaje chmur	t	γ_t	e	γ_e	f	\bar{v}	t	γ_t	e	γ_e	f	\bar{v}
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
9 ³⁰	200	niebo niewidoczne (mgła)		17,6	10,2	17,9	51,3	89	0,0	18,2	0,0	20,5	-20,5	98	1,0
9 ⁵⁰	5	niebo niewidoczne (mgła)		17,8		18,9		93		18,2		20,1		96	
	200	niebo niewidoczne (mgła)		17,6	20,5	18,6	-51,3	93	0,2	18,2	10,2	20,4	-20,5	97	1,0
	5	niebo niewidoczne (mgła)		18,0		17,6		85		18,4		20,0		94	
10 ¹⁰	200	8	Sc Cu	18,2	92,3	18,9	143,6	91	0,0	18,9	-15,4	17,8	107,6	81	1,0
	5	niebo niewidoczne (mgła)		20,2		21,7		92		18,6		19,9		92	
10 ³⁰	200	8	Sc Cu	18,4	20,5	19,2	46,2	91	0,0	20,4	20,5	18,6	184,6	77	1,0
	5	niebo niewidoczne (mgła)		18,8		20,1		93		20,8		22,2		91	
10 ⁵⁰	200	4	Cu	19,2	20,5	20,7	-56,4	93	0,0	20,2	56,4	19,6	128,2	83	1,0
	5	niebo niewidoczne (mgła)		19,6		19,6		86		21,3		22,1		87	
11 ¹⁰	200	1	Cu	21,0	10,2	20,7	51,3	83	0,9	20,0	61,5	18,9	102,6	81	0,8
	5	niebo niewidoczne (mgła)		21,2		21,7		87		21,2		20,9		83	
11 ³⁰	200	0	-	21,1	0,0	21,8	46,2	88	0,0	20,7	76,9	20,3	41,0	84	0,2
	5	niebo niewidoczne (mgła)		21,1		22,7		92		22,2		21,1		78	
11 ⁵⁰	200	0	-	21,1	15,4	20,6	102,6	82	0,0	21,6	61,5	20,9	117,9	86	0,0
	5	niebo niewidoczne (mgła)		21,4		22,6		88		22,8		23,2		74	

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
12 ¹⁰	200	0	-	22,8	-61,5	23,3	-92,3	84	0,0	23,1	20,5	19,4	174,4	68	0,3
	5			21,6		21,5		83		23,5		22,8	78		
12 ³⁰	200	0	-	23,2	-61,5	21,7	148,7	76	0,5	22,4	30,8	18,3	160,0	68	0,4
	5			22,0		24,6		93		23,0		21,4	72		
12 ⁵⁰	200	1	Cu	22,4	92,3	21,3	-15,4	79	0,1	23,4	41,0	18,2	148,7	63	0,0
	5			24,2		21		70		24,2		21,1	71		
13 ¹⁰	200	2	Cu	22,6		24,7	-87,2	90	0,2	23,2	51,3	20,4	51,2	72	0,5
	5			23,8		23,0		78		24,2		21,4	71		
13 ³⁰	200	2	Cu	23,4	41,0	25,5	-97,4	89	0,0	24,0	30,8	19,0	184,6	64	0,0
	5			24,2		19,6		77		24,6		22,6	73		
średnio w okresie 9 ³⁰ -13 ³⁰	200	X	X	20,7	15,4	20,7	15,4	87	0,1	21,1	35,9	19,4	102,6	79	0,6
	5			21,0		21,7		86		21,8		21,4	82		

Objaśnienia symboli jak w tabeli 1.

zachmurzenia, temperatura w przygruntowej warstwie powietrza na terenie skraju doliny Wisły nieco szybciej wzrastała niż na skraju wysoczyzny. Później natomiast wytworzył się w dolinie insolacyjny typ pionowej stratygrafii termicznej.

Jeśli chodzi o pionową stratyfikację ciśnienia aktualnego pary wodnej w przygruntowych warstwach powietrza na skraju wysoczyzny i doliny Wisły, to w okresie utrzymywania się mgły należała ona na obu stanowiskach do suchego typu stratyfikacji wilgotnościowej, a po zaniku mgły wytworzyła się w dolinie Wisły stratyfikacja typu mokrego, utrzymująca się do końca serii pomiarowej. Natomiast na skraju wysoczyzny zaobserwowano w godzinach okołopołudniowych zmianę mokrego typu stratyfikacji wilgotnościowej na typ suchy.

Z danych zestawionych w tabeli 3 wynika, że przy pogodzie pochmurnej z bardzo słabym wiatrem, przygruntowa warstwa powietrza o miąższości dwumetrowej miała do godziny 9³⁰ czasu miejscowego wyraźnie wyższą temperaturę na stanowisku w dolinie Wisły niż na stanowisku zlokalizowanym na skraju wysoczyzny. W tym czasie na poziomie pomiarowym 5 cm nad powierzchnią gleby temperatura powietrza w dolinie była wyższa o 1,4°C, a na poziomie 200 cm o 1,0°C wyższa niż na tym samym poziomie na skraju wysoczyzny.

Pionowa stratyfikacja termiczna przy takich warunkach pogodowych wykazywała znaczną chwiejność przechodząc od typu inwersyjnego do typu insolacyjnego dwukrotnie na skraju wysoczyzny i czterokrotnie w dolinie Wisły. Przeciętnie

przez cały okres pomiarowy należała do stratyfikacji izotermicznej.

Pionowa stratyfikacja ciśnienia aktualnego pary wodnej w dwumetrowej przygruntowej warstwie powietrza należała przez cały czas badań do stratyfikacji typu mokrego na obu stanowiskach pomiarowych.

Wyniki pomiarów gradientowych, zestawione w tabeli 4, wskazują na izotermiczną stratyfikację temperatury w przygruntowej warstwie powietrza w dolinie Wisły, z tendencją do krótkotrwałego przekształcania się w stratyfikację inwersyjną. Podobieństwo stratyfikacji termicznej wynika ze zbliżonych warunków pogodowych, ale tym razem z bardzo słabym wiatrem w dolinie. Ze względu na mokre podłoże (opad deszczu występował jeszcze w pierwszym terminie pomiarowym) obserwowano dość duże gradienty ciśnienia aktualnego pary wodnej, występujące po spadku wielkości zachmurzenia do 8/10 pokrycia nieba chmurami. Przez cały czas pomiarów utrzymywał się mokry typ stratyfikacji wilgotnościowej w przygruntowej warstwie powietrza.

W tabeli 5 zestawiono wyniki pomiarów gradientowych wykonanych przy pogodzie sprzyjającej silnemu przestrzennemu różnicowaniu warunków termicznych i wilgotnościowych w przygruntowej warstwie powietrza, występującemu zarówno pod wpływem orografii terenu, jak też różnicowania właściwości termicznych i wilgotnościowych podłoża. Dane z tabeli 5 wskazują, że w omawianym dniu decydującym czynnikiem różnicującym okazała się wilgotność gleby. Stanowisko pierwsze

TABELA 3. Stratyfikacja pionowa temperatury i wilgotności w przygruntowej warstwie powietrza na skraju wysoczyzny i doliny Wisły w rejonie Ursynowa w dniu 25 V 1996 r.

Terminy pomiarów (czas miejscowy)	Wysokość pomiaru nad pow. gleby (cm)	Zachmurzenie		Skraj wysoczyzny						Skraj doliny Wisły					
		n	rodzaje chmur	t	γ_t	e	γ_e	f	\bar{v}	t	γ_t	e	γ_e	f	\bar{v}
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
9 ³⁰	200	8	Ac	20,0	-30,8	14,8	184,6	62	0,8	21,0	-10,2	16,7	87,2	67	1,0
9 ⁵⁰	5	8	Ac	19,4	15,4	18,4	164,1	81	0,2	20,8	10,2	18,4	102,6	75	0,1
10 ¹⁰	200	7	CcAc	20,1	10,2	14,7	169,2	62	0,9	22,0	-51,3	17,1	46,2	69	0,2
10 ³⁰	5	8	Ac	20,4	0,0	17,9	333,3	75	0,3	21,0	71,8	19,1	97,4	76	0,0
10 ⁵⁰	200	7	CcAc	21,2	41,0	15,1	205,1	60	0,5	22,8	35,9	17,7	51,3	67	0,2
11 ¹⁰	5	9	Ac Sc	21,4	-15,4	18,4	256,4	70	1,3	23,1	-5,1	19,9	112,8	68	0,4
11 ³⁰	200	10	Sc	22,1	-35,9	14,3	225,6	59	0,9	23,8	20,5	15,9	102,6	61	0,0
11 ⁵⁰	5	10	Sc	22,9	10,2	19,3	138,5	77	0,3	21,5	0,0	18,1	117,9	71	0,1
	200	10	Sc	21,3	10,2	15,3	17,6	60	0,9	21,0	0,0	16,4	102,6	65	0,0
	5	10	Sc	20,6	10,2	19,7	138,5	81	0,3	21,4	0,0	18,4	102,6	72	0,0
	200	10	Sc	20,4	10,2	14,9	138,5	63	0,3	21,2	0,0	16,2	117,9	64	0,1
	5	10	Sc	20,2	10,2	17,6	17,6	75	0,3	21,2	0,0	18,5	117,9	74	0,1

	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1															
12 ¹⁰	200	10	Ac Sc	20,0	-25,6	14,4	112,8	60	1,5	20,2	0,0	15,4	76,9	65	0,3
	5			19,5		16,6		73		20,2		16,9		71	
12 ³⁰	200	10	Ac Sc	19,7	-46,2	14,7	164,1	63	1,2	19,4	-20,5	15,4	148,7	68	0,0
	5			18,8		17,9		82		19,0		18,3		83	
12 ⁵⁰	200	10	Sc	19,8	-41,0	15,3	160,0	66	0,8	19,6	-20,5	15,0	35,9	66	0,0
	5			19,0		18,4		84		19,2		15,7		71	
13 ¹⁰	200	8	Sc	20,6	71,8	15,9	189,7	64	0,9	21,4	30,8	16,1	15,4	63	0,0
	5			22,0		19,6		74		22,0		16,4		62	
13 ³⁰	200	9	Sc	21,4	87,2	16,8	169,2	63	0,5	21,2	30,8	15,8	10,2	62	0,0
	5			23,1		19,6		70		21,8		16,0		61	
średnio w okresie 9 ³⁰ -13 ³⁰	200	X	X	20,7	0,0	15,1	189,7	62	0,8	21,1	5,1	16,5	76,9	66	0,2
	5			20,7		18,8		77		21,2		18,0		72	

Objaśnienia symboli jak w tabeli 1.

TABELA 4. Stratyfikacja pionowa temperatury i wilgotności w przygruntowej warstwie powietrza w dolinie Wisły w rejonie Ursynowa w dniu 29 V 1993 r

Terminy pomiarów (czas i miejsce)	Wys. pomiaru nad pow. gleby (cm)	Zachmurzenie		t	γ_t	e	γ_e	f	\bar{v}	Uwagi
		n	rodzaje chmur							
9 ⁴⁰	150	10	As	11,0	0,0	12,4	20,0	95	2,0	opad deszczu
	50			11,0						
10 ⁰⁰	150	10	As	12,1	0,0	12,4	90,0	88	1,1	
	50			12,1						13,3
10 ²⁰	150	9	As, Sc	14,0	10,0	12,6	20,0	78	2,0	
	50			14,1						12,8
10 ⁴⁰	150	8	Ac	15,6	-40,0	12,0	61,5	67	2,3	
	50			15,2						13,2
11 ⁰⁰	150	8	Ac, Cu	15,8	-40,0	11,8	390,0	66	1,2	
	50			15,4						15,7
11 ²⁰	150	8	Ac, Cu	14,6	0,0	11,1	260,0	67	1,2	
	50			14,6						13,7
11 ⁴⁰	150	7	Ac, Cu	15,4	-40,0	12,8	110,0	73	1,6	
	50			15,0						13,9
Średnio w okresie 9 ⁴⁰ - 11 ⁴⁰	150	X	X	14,1	-20,0	12,2	71,8	76	1,6	
	50			13,9						13,6

Objaśnienia symboli jak w tabeli 1.

TABELA 5. Stratyfikacja pionowa temperatury i wilgotności w przygruntowej warstwie powietrza na skraju wysoczyzny i doliny Wisły w rejonie Ursynowa w dniu 27 V 1995 r.

Terminy pomiarów (czas miejscowy)	Wysokość pomiaru nad pow. gleby (cm)	Zachmurzenie		Stanowisko w odległości 10 m od podnóża skarpy				Stanowisko w odległości 150 m od podnóża skarpy							
		n	rodzaje chmur	t	γ_t	e	γ_e	f	\bar{v}	t	γ_t	e	γ_e	f	\bar{v}
10 ⁰⁰	200			25,2	-20,5	15,9	287,2	50	2,3	25,4	-133,3	14,3	446,2	44	2,3
	5	0	-	24,8		21,5		69		22,8		23,0		83	
10 ³⁰	150			26,4	20,5	16,1	184,6	47	3,0	26,2	-123,0	18,7	102,6	55	3,0
	50	0	-	26,8		19,7		56		24,2		20,7		69	
11 ⁰⁰	200			26,8	153,8	19,3	76,9	54	2,3	27,6	112,8	12,9	384,6	35	2,3
	5	0	-	29,8		20,8		51		25,4		20,4		63	
11 ³⁰	200			26,6	30,8	17,4	-20,5	50	2,3	26,4	-20,5	17,0	169,2	49	2,3
	5	0	-	27,2		17,0		41		26,0		20,3		60	
12 ⁰⁰	200			26,8	174,4	19,3	210,2	54	2,3	27,0	-30,8	16,0	307,7	45	2,3
	5	0	-	30,2		23,4		54		26,4		22,0		64	
12 ³⁰	200		Cu	26,6	174,4	18,6	56,4	54	3,3	27,4	-15,4	20,7	184,6	57	3,0
	5	1		30,0		19,7		47		27,1		24,3		68	
13 ⁰⁰	200		Cu	27,0	174,4	17,0	266,7	48	2,3	27,4	-56,4	17,3	194,9	47	2,3
	5	2		30,4		22,2		51		26,3		21,1		62	
13 ³⁰	200		Cu	27,2	205,1	17,3	375,4	47	3,3	27,9	-41,0	17,1	282,0	46	3,0
	5	2		31,2		24,6		55		27,1		22,6		63	
Średnio w okresie 9 ⁰⁰ -12 ⁰⁰	200		X	26,6	112,8	17,6	179,5	50	2,6	26,9	-61,5	16,8	256,4	47	C2,6
	5	X		28,8		21,1		54		25,7		21,8		66	

Objaśnienia symboli jak w tabeli 1.

znajdowało się w wyraźnie suchszej części łąki niż stanowisko drugie, w pobliżu którego przebiegał rów odwadniający do połowy wypełniony wodą. O odmiennej stratyfikacji pionowej temperatury i wilgotności powietrza zdecydowała większa prędkość parowania łąki.

Na stanowisku pierwszym w przygruntowej warstwie powietrza o miąższości dwumetrowej występowała jeszcze do godziny 10³⁰ izotermiczna stratyfikacja termiczna, która następnie przekształcała się w stratyfikację typu insolacyjnego o silnych gradientach temperatury. Na stanowisku drugim straty ciepła na parowanie były tak duże, że aż do godziny 11³⁰ występowała na tym stanowisku inwersyjna stratyfikacja temperatury o silnych ujemnych gradientach, a następnie stratyfikacja izotermiczna z tendencją do przekształcenia się w inwersyjną.

Pionowa stratyfikacja ciśnienia aktualnego pary wodnej należała na obu stanowiskach do typu mokrego i charakteryzowała się wysokimi pionowymi gradientami. I znowu na stanowisku „suchszym”, jakim jest stanowisko pierwsze, pojawiła się o godzinie 11⁰⁰ chwilowa (krótkotrwała) zmiana kierunku gradientu. Wskazuje ona na ponowne wystąpienie o tej porze dnia tendencji do suchej stratyfikacji wilgotnościowej, i to nawet w warunkach silnej insolacji i przy słabym wietrze.

Literatura

- GEIGER R. 1942: *Das Klima der Bodennahen Luftschicht*. Die Wissenschaft BD78, Braunschweig.
- LASKOWSKA A., MADANY R. 1962: *O stosunkach anemometrycznych na skraju pradoliny*

Wisty. Przegł. Geofiz. R VII(XV), z. 4, Warszawa; 255–261.

ŁYKOWSKI B., MADANY R. 1992: *Zróżnicowanie warunków termicznych i wilgotnościowych na terenie Warszawy*. Konf. nauk. nt. Ochrona i kształtowanie środowiska rolniczego. Wyd. SGGW, Warszawa; 96–106.

MADANY R., RADOMSKI C., ŁYKOWSKI B., JAKUBIAK J. 1973: *O klimacie lokalnym doliny Wisty koło Warszawy*. Zesz. Nauk. AR w Warszawie, Mel. Rol. 12; 27–41.

PARCZEWSKI W. 1960: *O klimacie lokalnym pradoliny Wisty w rejonie Warszawy*. Zesz. Nauk. SGGW, Mel. Rol. 3.

SAPOŹNIKOWA S. 1953: *Mikroklimat i klimat lokalny* (przeł. z ros. Z. Pieślak). PWRiL, Warszawa.

ŠČERBAN M. J. 1968: *Mikroklimatologija*. Kijew.

SCHNELLE F. (red.) 1968: *Ochrona roślin uprawnych przed mrozem*. T. I (przeł. z niem. C. Radomski i H. Rygier), PWRiL, Warszawa.

Summary

Thermal and humidity stratification in the ground air level on the Vistula River valley border in Ursynów area. The contribution describes of three short duration ground air level temperature and humidity gradient measurement series has been realized at the same time in two positions: the border of the Vistula River valley and the border of highland near afforest slope (tables 1, 2, 3). The paper also presents data of two measurement series has been realized only on the valley but in two positions localized in different distances away from the slope (tables 4, 5). Configuration of vertical air temperature and humidity stratification has been considered in relation with total cloud cover and wind speed measured 1 m above ground level.

Authors' address:

R. Madany, B. Łykowski

Warsaw Agricultural University – SGGW

02–787 Warszawa, ul Nowoursynowska 166

Poland