

TEMPERATURA I WILGOTNOŚĆ POWIETRZA W WARSTWIE PRZYGRUNTOWEJ W OKRESIE WEGETACYJNYM W RÓŻNIE UWILGOTNIONYCH SIEDLISKACH ŁĄKOWYCH

Wacław ROGUSKI, Wiesława KASPERSKA-WOŁOWICZ,
Leszek ŁABĘDZKI, Karolina SMARZYŃSKA

Instytut Melioracji i Użytków Zielonych w Falentach, Wielkopolsko-Pomorski Ośrodek Badawczy
w Bydgoszczy

Słowa kluczowe: siedlisko łąkowe, temperatura i wilgotność powietrza

Streszczenie

Badania prowadzono w rejonie Bydgoszczy w trzech zróżnicowanych siedliskach łąkowych: wilgotnym na madzie średniej w dolinie Wisły (Grabowo), wilgotnym okresowo suchym na glebie torfowo-murszowej (Frydrychowo) oraz suchym na glebie murszowej (Prądki) – oba w dolinie Noteci. Wyniki badań porównywano z uzyskanymi w Bydgoszczy w siedlisku suchym na glebie brunatnej.

Pionowy rozkład i przebieg dzienny badanych elementów meteorologicznych były różne w badanych siedliskach. Średnie dobowe wartości ciśnienia pary wodnej i niedosytu wilgotności powietrza obliczane z trzech terminów pomiarów różniły się od obliczanych na podstawie czterech terminów, zwłaszcza w siedliskach łąkowych. Średnia dobową wartość niedosytu wilgotności powietrza zależała od metody obliczania; dotyczy to szczególnie częstości i terminów wykonywania poszczególnych pomiarów meteorologicznych w ciągu doby.

Zróżnicowanie dobowego przebiegu temperatury i wilgotności powietrza oraz ich pionowego rozkładu powoduje, że relacje między parowaniem z odkrytego lustra wody i średnią dobową wilgotnością powietrza są różne w badanych siedliskach.

Zróżnicowane wartości dobowe, ich przebieg oraz rozkład pionowy określany różnymi metodami powodują, że współczynnik higrometryczny (stosunek parowania z odkrytego lustra wody do niedosytu wilgotności powietrza) osiąga różne wartości. Współczynnik ten w zależności liniowej osiąga najmniejsze wartości w siedlisku suchym na glebie brunatnej, zaś największe w siedlisku wilgotnym okresowo suchym na glebie torfowo-murszowej.

Adres do korespondencji: prof. dr hab. W. Roguski, Wielkopolsko-Pomorski Ośrodek Badawczy IMUZ, ul. Glinki 60, 85–174 Bydgoszcz; tel. +48 (52) 375-01-07, e-mail: imuzbyd@by.onet.pl

WSTĘP

Na różnice klimatu lokalnego siedlisk łąkowych w dolinie Noteci i Wisły oraz na obszarze Bydgoszczy zwracano uwagę w pracach KONOPKO [1993], ROGUSKIEGO, ŁABĘDZKIEGO i KASPERSKIEJ [2001; 2002] oraz ROGUSKIEGO, ŁABĘDZKIEGO i KASPERSKIEJ-WOŁOWICZ [2004a]. W latach 1975–1995 w okresie wegetacyjnym w klatce meteorologicznej na wysokości 2,0 m n.p.g. średnia temperatura powietrza w siedlisku łąkowym wilgotnym okresowo suchym we Frydrychowie była niższa niż w Bydgoszczy o 1,3°C, wilgotność względna powietrza większa o 9%, niedosyt wilgotności powietrza mniejszy o 2,2 hPa, a ciśnienie pary wodnej większe o 0,6 hPa.

Celem niniejszej pracy była analiza zmienności elementów meteorologicznych mierzonych na wysokości 2,0 m i 0,5 m n.p.g. w trzech zróżnicowanych siedliskach łąkowych i w Bydgoszczy. Szczególną uwagę zwrócono na przebieg ciśnienia pary wodnej i niedosytu wilgotności powietrza w ciągu doby oraz na różnice wartości tych elementów w zależności od metody ich obliczania. Analizowano również wpływ niedosytu wilgotności powietrza na parowanie wody w ewaporometrze.

WARUNKI BADAŃ

Siedlisko łąkowe w Grabowie ($\varphi = 53^{\circ}16'N$, $\lambda = 18^{\circ}16'E$) jest położone w dolinie dolnej Wisły na terasie zalewowej między wałem przeciwpowodziowym i wysoczyzną morenową wzniesioną o 60 m powyżej terasy, na madzie średniej pyłowej, podścielonej gliną lekką pylastą (F32). Popielność poziomego darniowego wynosi 96%, a porowatość ogólna – 45%. Wiosenny zapas wody w warstwie 0–100 cm wynosi 350 mm, w tym zapas wody łatwo dostępnej dla traw 80–100 mm. Łącznie z podsiąkiem kapilarnym zapas ten wynosi 100–200 mm [BIEŃKIEWICZ, ROGUSKI, ŁABĘDZKI, 1983a, b; ROGUSKI, WEYNA, 1983a]. Jest to bardzo dobra gleba łąkowa. Woda gruntowa zalega na głębokości 50 cm w czasie wielkich wód w Wiśle i poniżej 200 cm w okresie letnim. Jest to siedlisko łąkowe wilgotne.

Siedlisko łąkowe we Frydrychowie ($\varphi = 53^{\circ}00'N$, $\lambda = 17^{\circ}56'E$) znajduje się w otwartej, płaskiej dolinie górnej Noteci w rejonie Łąk Łabiszyńskich, w pobliżu Kanału Górnonoteckiego. Łąki są zmeliorowane, użytkowane kośnie. Jest to siedlisko wilgotne okresowo suche, zasilane podsiąkowo (Pc), na glebie torfowo-murszowej silnie zmurzałej, podścielonej torfem turzycowiskowym średnio rozłożonym (MtIIIbb). Siedlisko zasilają wody gruntowe z Kanału i system rowów. Wiosenny zapas wody w warstwie 0–100 cm tej gleby wynosi 840–870 mm, a zapas krytyczny (początek hamowania przyrostu traw) 770 mm. Zapas wody łatwo dostępnej wynosi 60–80 mm. Wiosną i w czasie nawodnień poziom wody gruntowej podnosi się do 40–50 cm od powierzchni. W okresie suchym woda znajduje się na głębokości 90–100 cm [BIEŃKIEWICZ, ROGUSKI, ŁABĘDZKI, 1983a, b; ROGUSKI, WEYNA, 1983b]. Silne zmurzenie gleby powoduje w okresie posuchy atmosferycznej

rycznej przesychanie poziomu darniowego do wilgotności niedostępnej dla traw i następuje przerwanie podsiąku kapilarnego.

Siedlisko łąkowe w Prądkach ($\varphi = 53^{\circ}03'N$, $\lambda = 17^{\circ}57'E$) leży również w dolinie Górnej Noteci, w odległości 7 km od Frydrychowa, na obiekcie „Kanał Krużyński”. Jest to siedlisko suche (Pd) zasilane podsiąkowo, na glebie mineralno-murszowej na piasku luźnym (Mr11). Zwierciadło wody gruntowej znajduje się głęboko – poniżej 120 cm. Tylko w okresie wiosennym i w czasie nawodnień układa się na głębokości 60 cm od powierzchni terenu. Zapas wody w warunkach połowej pojemności wodnej wynosi 245–290 mm, a wilgotność krytyczna oznaczona w okresie hamowania przyrostu traw – 188 mm. Zapas wody łatwo dostępnej dla roślin wynosi 60 mm [BIEŃKIEWICZ, ROGUSKI, ŁABĘDZKI, 1983a, b; ROGUSKI, WEYNA 1983b]. Z powodu małego zapasu wody w okresach bezopadowych wilgotność gleby w poziomie darniowym często spada poniżej wilgotności krytycznej dla roślin. Podczas dłuższych okresów posusznych i braku nawodnień podsiąkowych roślinność zasycha.

Stacja meteorologiczna w Bydgoszczy ($\varphi = 53^{\circ}08'N$, $\lambda = 18^{\circ}01'E$) znajduje się na terenie miasta, na polu doświadczalnym Instytutu Melioracji i Użytków Zielonych, pokrytym roślinnością trawiastą. Występuje tu gleba brunatna wytworzona z piasku słabo gliniastego na piasku luźnym. Woda gruntowa zalega na głębokości 200 cm od powierzchni gruntu. Jest to siedlisko suche. Zapas wody użytecznej dla traw w okresie wiosennym i po dużych opadach wynosi 30 mm. Popielność gleby w poziomie 0–20 cm wynosi 98%, a porowatość ogólna – 38%. W okresie posusznych trawy zasychają.

MATERIAŁ I METODY BADAŃ

Do opracowania wykorzystano archiwalne dane meteorologiczne ze stacji meteorologicznych położonych w rejonie Bydgoszczy. Analizą objęto okres wegetacyjny (IV–IX) lat 1976–1982. W tym czasie prowadzono pomiary w standardowych klatkach meteorologicznych na wysokości 2,0 i 0,5 m n.p.g. w czterech zróżnicowanych siedliskach wilgotnościowo-glebowych w dolinie górnej Noteci i dolnej Wisły.

Średnią dobową temperaturę T i wilgotność względną powietrza H obliczano na podstawie pomiarów o godz. 7⁰⁰, 13⁰⁰ i 19⁰⁰ czasu środkowoeuropejskiego oraz z odczytów z termohigrografu o godz. 1⁰⁰. Mierzono również temperaturę maksymalną T_{\max} i minimalną T_{\min} powietrza. Wartości temperatury maksymalnej przypisano godz. 15⁰⁰, a minimalnej – godz. 5⁰⁰, chociaż w rzeczywistości występowały one w różnym czasie, zależnie od pory roku i przechodzenia frontów ciepłych i chłodnych. Wartości temperatury w pozostałych godzinach (w odstępach 2-godzinowych) wyznaczono na podstawie odczytów z termohigrogramów oraz przez interpolację liniową.

Ciśnienie pary wodnej i niedosyt wilgotności powietrza są ważnymi elementami, uwzględnianymi we wzorach do obliczania ewapotranspiracji rzeczywistej i określania potrzeb wodnych roślin [Agroklimatyczne ..., 1982; ALLEN i in., 1998; OSTROMĘCKI, 1973]. Na zależność obliczonych wartości niedosytu wilgotności powietrza od metody jego obliczania (zwłaszcza od terminu pomiaru elementów meteorologicznych w ciągu doby) zwracali uwagę ŁABĘDZKI i KASPERSKA-WOŁOWICZ [2002] oraz ROGUSKI, ŁABĘDZKI i KASPERSKA-WOŁOWICZ [2004b]. Średnie dobowe ciśnienie pary wodnej e_3 i niedosyt wilgotności powietrza d_3 obliczono na podstawie trzech pomiarów (o godz. 7⁰⁰, 13⁰⁰ i 19⁰⁰) wykonywanych psychrometrem Augusta. Obliczono również średnie wartości dobowe ciśnienia pary wodnej e_4 i niedosytu wilgotności powietrza d_4 , wykorzystując dodatkowo odczyt z termohigrografu z godz. 1⁰⁰. Ponadto średni miesięczny niedosyt wilgotności powietrza d_s obliczono według wzorów:

$$d_{s3} = e_s - e_3 \quad (1)$$

$$d_{s4} = e_s - e_4 \quad (2)$$

$$d_s = e_s (1 - H/100) \quad (3)$$

gdzie:

- e_s – ciśnienie pary wodnej nasyconej w warunkach średniej temperatury miesięcznej, hPa;
- e_3, d_{s3} – średnie miesięczne ciśnienie pary wodnej i niedosyt wilgotności powietrza z trzech pomiarów dobowych, hPa;
- e_4, d_{s4} – średnie miesięczne ciśnienie pary wodnej i niedosyt wilgotności powietrza z czterech pomiarów dobowych, hPa;
- H – średnia miesięczna wilgotność względna powietrza, %.

Określono zależności parowania wody od niedosytu wilgotności powietrza obliczonego zgodnie z powyższymi metodami.

Parowanie z wolnej powierzchni wody mierzono codziennie o godz. 7⁰⁰ w ewaporimetrze o powierzchni 2 000 cm², umieszczonym w glebie równo z powierzchnią terenu.

WYNIKI BADAŃ I DYSKUSJA

TEMPERATURA POWIETRZA

Średnia dobowa temperatura powietrza w okresie wegetacyjnym w Bydgoszczy była wyższa niż w siedliskach łąkowych w dolinach rzecznych. Różniła się ona od notowanej w najchłodniejszym siedlisku we Frydrychowie o 1,5°C na wysokości 2,0 m n.p.g. oraz o 1,6°C na wysokości 0,5 m n.p.g.

Różnice temperatury maksymalnej między najcieplejszym (w Bydgoszczy) i najchłodniejszym (we Frydrychowie) siedliskiem były mniejsze niż temperatury minimalnej na obydwu badanych wysokościach. Na wysokości 2,0 m różnica temperatury maksymalnej między tymi siedliskami wyniosła 0,3°C, a na wysokości 0,5 m – 1,0°C. Na glebach mineralnych przygruntowe warstwy powietrza nagrzewały się bardziej niż na wysokości 2,0 m. Na glebach organicznych w dolinie Noteci obserwowano mniejsze niż na glebach mineralnych różnice temperatury maksymalnej powietrza na wysokości 2,0 i 0,5 m n.p.g. Amplituda temperatury w Bydgoszczy na wysokości 2,0 m n.p.g. wyniosła średnio 10,0°C, a na wysokości 0,5 m – średnio 10,8°C, zaś we Frydrychowie odpowiednio 12,3 i 12,9°C. Temperatura minimalna w Bydgoszczy była wyższa niż we Frydrychowie o 2,7°C na wysokości 2,0 m oraz o 3,1°C na wysokości 0,5 m (tab. 1). W badanych siedliskach w całym okresie wegetacyjnym różnica między temperaturą maksymalną i minimalną na wysokości 0,5 m n.p.g. była większa niż na wysokości 2,0 m. Podobne rezultaty uzyskali KOŁODZIEJ i in. [1989], analizując termikę przyziemnej warstwy powietrza w okolicy Lublina.

Tabela 1. Średnia wieloletnia miesięczna temperatura powietrza oraz wilgotność względna powietrza H z czterech (o godz. 1⁰⁰, 7⁰⁰, 13⁰⁰, 19⁰⁰) terminów obserwacyjnych na wysokości 2,0 i 0,5 m w okresie wegetacyjnym

Table 1. Long-term mean monthly air temperature and air humidity H from four (at 1 a.m., 7 a.m., 1 p.m., 7 p.m.) daily observations at the height of 2.0 and 0.5 m in the growing season

Obiekt Object	Miesiąc Month	Wysokość pomiaru Height of measurement m	Temperatura średnia, °C Mean temperature, °C			H %
			T	T_{\max}	T_{\min}	
1	2	3	4	5	6	7
Bydgoszcz	IV	2,0	7,0	11,7	2,2	67
		0,5	6,8	12,1	2,0	67
	V	2,0	13,5	17,3	7,6	62
		0,5	13,5	19,3	6,8	63
	VI	2,0	17,6	22,6	12,0	64
		0,5	17,6	23,2	11,8	66
	VII	2,0	17,9	22,6	12,9	71
		0,5	17,8	23,0	12,8	71
	VIII	2,0	17,5	22,4	12,6	72
		0,5	17,4	23,4	12,5	73
	IX	2,0	13,4	18,4	9,2	78
		0,5	13,3	18,9	8,9	78
	IV–IX	2,0	14,5	19,4	9,4	69
		0,5	14,4	20,0	9,2	70

cd. tab. 1

1	2	3	4	5	6	7
Grabowo	IV	2,0	6,1	11,4	1,6	78
		0,5	6,0	12,2	0,8	77
	V	2,0	12,5	18,1	6,6	73
		0,5	12,2	18,6	5,7	74
	VI	2,0	16,7	21,9	11,0	74
		0,5	16,6	22,7	10,3	75
	VII	2,0	17,1	22,0	12,3	80
		0,5	16,8	22,6	11,5	80
	VIII	2,0	16,7	22,0	12,3	81
		0,5	16,8	22,7	11,0	81
	IX	2,0	12,7	18,1	8,6	84
		0,5	12,6	18,7	7,7	85
	IV-IX	2,0	13,6	18,9	8,7	78
		0,5	13,5	19,6	7,9	79
Prądko	IV	2,0	5,7	9,6	-0,2	79
		0,5	5,6	10,5	-0,7	79
	V	2,0	12,1	18,1	4,7	72
		0,5	12,0	18,2	4,1	73
	VI	2,0	16,2	21,9	8,9	75
		0,5	16,0	22,0	8,8	78
	VII	2,0	17,1	21,8	10,5	79
		0,5	16,5	22,0	10,2	80
	VIII	2,0	16,2	21,7	10,0	81
		0,5	15,8	21,8	9,6	82
	IX	2,0	12,0	17,9	6,6	86
		0,5	12,0	17,9	6,3	87
	IV-IX	2,0	13,2	18,5	6,7	79
		0,5	13,0	18,7	6,4	80
Frydrychowo	IV	2,0	5,4	11,8	-0,7	78
		0,5	5,3	11,7	-1,1	79
	V	2,0	11,8	18,3	4,8	74
		0,5	11,9	18,2	3,6	76
	VI	2,0	15,9	22,3	9,1	77
		0,5	15,6	22,2	8,3	78
	VII	2,0	16,7	22,2	10,8	81
		0,5	16,3	22,0	10,1	82

cd. tab. 1

1	2	3	4	5	6	7
	VIII	2,0	15,9	22,1	9,9	82
		0,5	15,5	21,8	9,4	84
	IX	2,0	12,2	18,1	6,8	87
		0,5	11,9	17,9	6,1	88
	IV–IX	2,0	13,0	19,1	6,8	80
		0,5	12,8	19,0	6,1	81

Objaśnienia: T_{\max} – temperatura maksymalna, T_{\min} – temperatura minimalna.

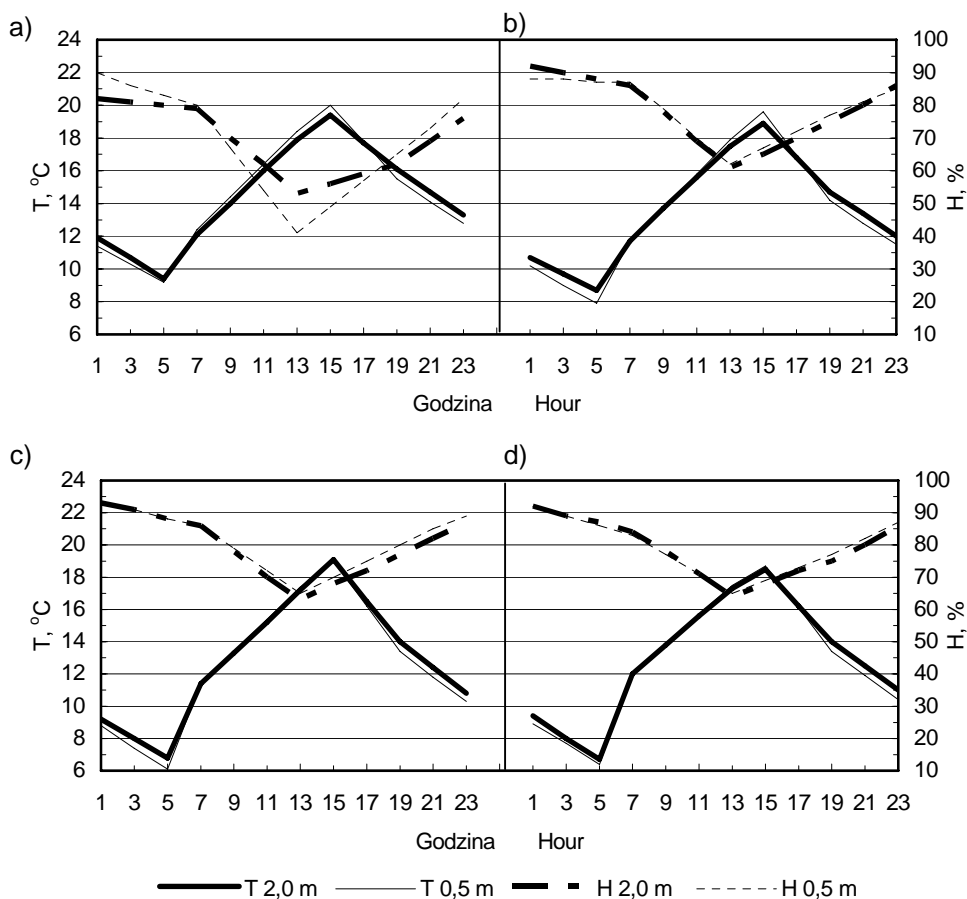
Explanations: T_{\max} – maximum temperature, T_{\min} – minimum temperature.

W okresie wegetacyjnym w Bydgoszczy temperatura na wysokości 0,5 m n.p.g. między godz. 7⁰⁰ i 17⁰⁰ średnio była wyższa niż na wysokości 2,0 m n.p.g. (nagrzana gleba oddawała ciepło, gradient temperatury był dodatni). W pozostałych godzinach w ciągu doby górna analizowana warstwa powietrza była cieplejsza od dolnej. Podobne warunki termiczne wystąpiły w Grabowie (rys. 1a). W siedlisku łąkowym wilgotnym na glebie torfowo-murszowej we Frydrychowie już ok. godz. 15⁰⁰ temperatura powietrza na wysokości 2,0 m n.p.g. była wyższa niż na wysokości 0,5 m, natomiast w godzinach przedpołudniowych w obydwu warstwach powietrza była ona wyrównana (rys. 1b). Według badań BOKWY [2001], prowadzonych na Pogórzu Wielickim, pionowe gradienty temperatury T na wysokości 2,0 i 0,5 m na dnie doliny w okresie od kwietnia do września osiągały wartości ujemne (gdy $T_{0,5\text{ m}} < T_{2,0\text{ m}}$) o godz. 19⁰⁰ i 21⁰⁰. W godzinach nocnych wartości gradientów nadal były ujemne, natomiast w czasie pomiarów prowadzonych od godz. 7⁰⁰ do 15⁰⁰ – dodatnie.

W okresie ciepłym i suchym w Bydgoszczy i Frydrychowie średnie różnice temperatury między wysokością 2,0 i 0,5 m n.p.g. kształtowały się na poziomie podobnym, jak w analizowanym wieloleciu, natomiast różnice między temperaturą najwyższą i najniższą w ciągu doby w obydwu siedliskach były większe niż w wieloleciu (rys. 2).

WILGOTNOŚĆ WZGLĘDNA POWIETRZA

Wilgotność względna powietrza w okresie wegetacyjnym w badanych siedliskach była zróżnicowana. Średnia wilgotność mierzona na wysokości 2,0 m n.p.g. osiągała najmniejsze wartości w Bydgoszczy, natomiast w siedliskach łąkowych wynosiła odpowiednio więcej o 9% w Grabowie oraz 11% we Frydrychowie. We wszystkich badanych siedliskach wilgotność względna powietrza na wysokości 0,5 m n.p.g. była większa średnio o 1% niż na wysokości 2,0 m. W godzinach południowych największą wilgotność względną notowano we Frydrychowie. Była



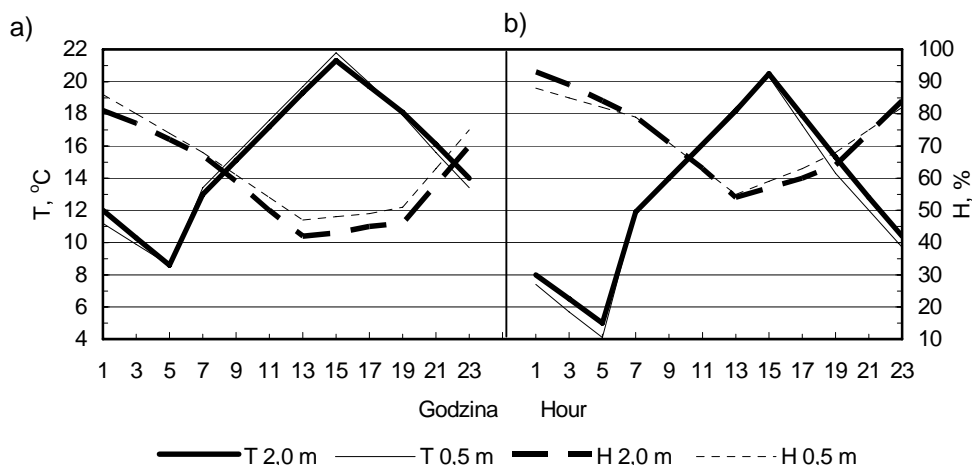
Rys. 1. Dobowy przebieg średnich wartości temperatury powietrza T oraz wilgotności względnej powietrza H na wysokości 2,0 i 0,5 m w okresie wegetacyjnym lat 1976–1982 w zróżnicowanych siedliskach wilgotnościowo-glebowych: a) Bydgoszcz, b) Grabowo, c) Frydrychowo, d) Prądki

Fig. 1. Daily course of mean values of air temperature T and air humidity H at the 2.0 and 0.5 m above the ground in the growing season 1976–1982 in different soil-moisture sites: a) Bydgoszcz, b) Grabowo, c) Frydrychowo, d) Prądki

ona większa niż w Bydgoszczy średnio o 12%, zaś w nocy – o 8%. Największe różnice wilgotności względnej powietrza między siedliskami wystąpiły w okresie suchym i ciepłym (rys. 2).

CIŚNIENIE PARY WODNEJ

Średnie dobowe ciśnienie pary wodnej w okresie wegetacyjnym, obliczane na podstawie trzech pomiarów wykonywanych o określonych godzinach na wysoko-



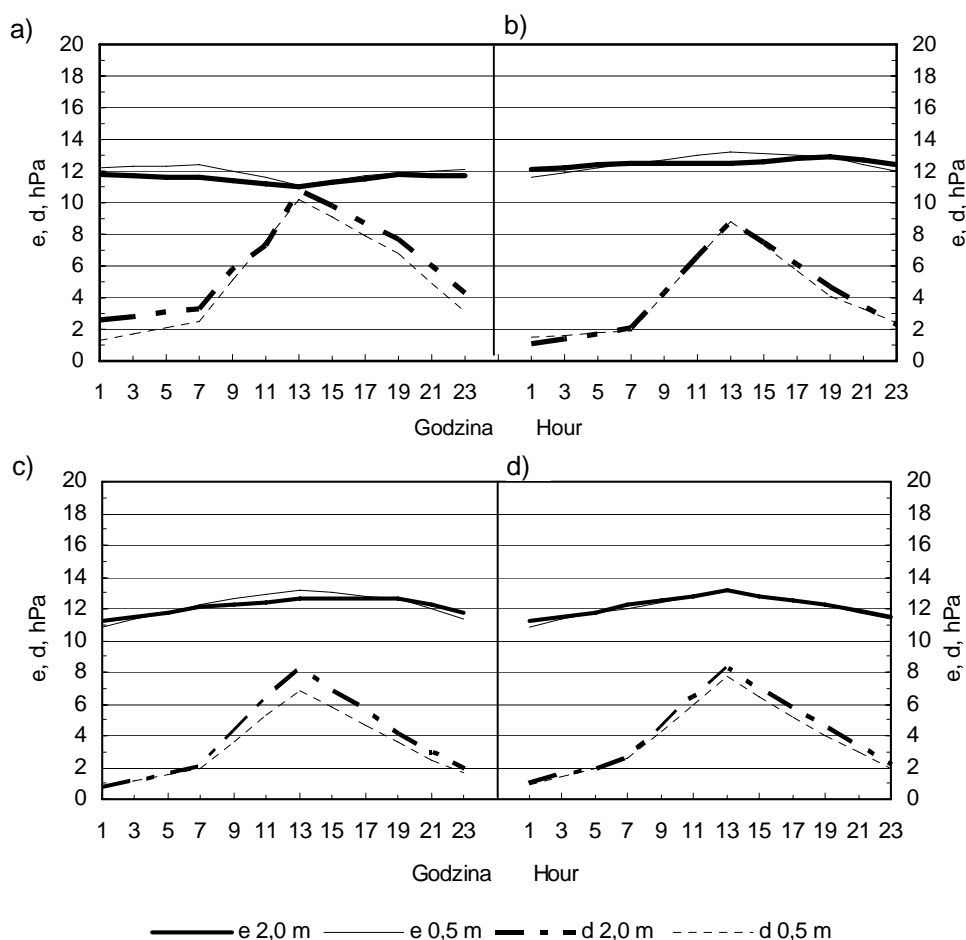
Rys. 2. Dobowy przebieg średnich wartości temperatury powietrza T oraz wilgotności względnej powietrza H na wysokości 2,0 i 0,5 m w okresie ciepłym i bez opadów (1–31 maja 1979 r., $P = 10$ mm) w zróżnicowanych siedliskach wilgotnościowo-glebowych: a) Bydgoszcz, b) Frydrychowo

Fig. 2. Daily course of mean values of air temperature T and air humidity H at the 2.0 and 0.5 m above the ground in the warm period without precipitation (1–31 May 1979, $P = 10$ mm) in different soil-moisture sites: a) Bydgoszcz, b) Frydrychowo

ści 2,0 m n.p.g. w Bydgoszczy, wyniosło 11,5 hPa i było niższe o 0,9 hPa niż we Frydrychowie. Ciśnienie obliczane z uwzględnieniem odczytów z termohigrografu o godz. 1⁰⁰ w Bydgoszczy było takie samo, jak z trzech pomiarów, a we Frydrychowie niższe średnio o 0,3 hPa. Wyniki badań prowadzonych od 1998 r. z użyciem automatycznych stacji agrometeorologicznych świadczą, że w Bydgoszczy średnie ciśnienie pary wodnej z trzech terminów dziennych o godz. 7⁰⁰, 13⁰⁰ i 19⁰⁰ jest zbliżone do średniej dobowej wartości ciśnienia obliczanej z 24 h, natomiast w wilgotnym siedlisku łąkowym wyższe od tej średniej. W obydwu siedliskach ciśnienie pary wodnej obliczane z czterech terminów jest zbliżone do wartości średniej z 24 h [ROGUSKI, ŁABĘDZKI, KASPERSKA-WOŁOWICZ, 2004b].

Ciśnienie pary wodnej, liczone na podstawie trzech terminów pomiarowych, w okresie wegetacyjnym było najwyższe w siedlisku wilgotnym na madzie średniej (w Grabowie), a najniższe w siedlisku suchym w Bydgoszczy na glebie brunatnej (tab. 2). Różnica tych wartości w wymienionych siedliskach wynosiła 1,1 hPa na wysokości 2,0 m n.p.g. oraz 0,9 hPa na wysokości 0,5 m n.p.g.

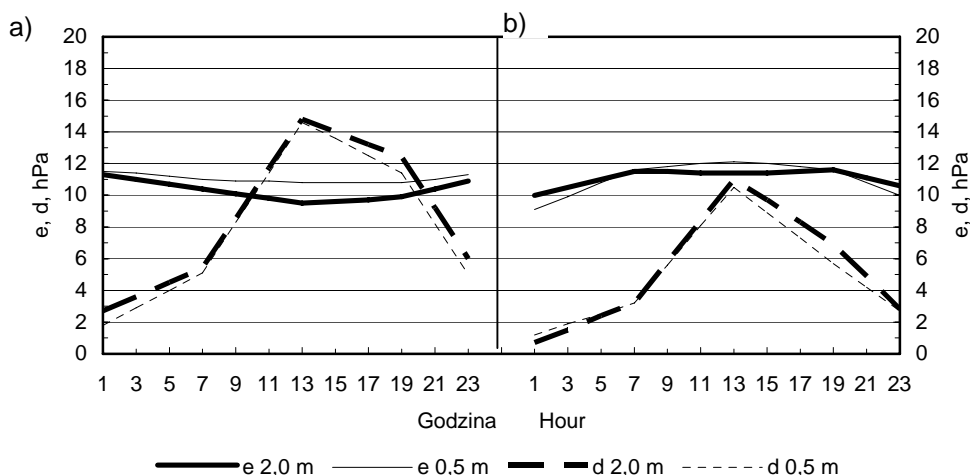
Przebieg ciśnienia pary wodnej w ciągu doby był zróżnicowany (rys. 3). W Bydgoszczy w okresie wegetacyjnym średnie ciśnienie pary wodnej w powietrzu było mało zmienne w ciągu doby. W pozostałych siedliskach łąkowych w czasie dnia było ono wysokie, a w nocy się obniżało. Różnice ciśnienia pary wodnej między siedliskiem suchym w Bydgoszczy i wilgotnym łąkowym we Frydrychowie w okresie ciepłym i bez opadów atmosferycznych były duże. W siedlisku wil-



Rys. 3. Dobowy przebieg średnich wartości ciśnienia pary wodnej e i niedosytu wilgotności powietrza d na wysokości 2,0 i 0,5 m w okresie wegetacyjnym lat 1976–1982 w zróżnicowanych siedliskach wilgotnościowo-glebowych: a) Bydgoszcz, b) Grabowo, c) Frydrychowo, d) Prądko

Fig. 3. Daily course of mean values of vapour pressure e and vapour pressure deficit d at the 2.0 and 0.5 m above the ground in the growing season 1976–1982 in different soil-moisture sites: a) Bydgoszcz, b) Grabowo, c) Frydrychowo, d) Prądko

gotnym we Frydrychowie w dzień ciśnienie było wysokie, a po godz. 19⁰⁰ obniżało się, zwłaszcza na wysokości 0,5 m, gdyż następowała kondensacja pary wodnej (o godz. 1⁰⁰ temperatura obniżała się poniżej temperatury punktu rosy obliczonej o godz. 19⁰⁰). W Bydgoszczy w okresie ciepłym i suchym ciśnienie pary wodnej w dzień osiągało mniejsze wartości niż nocą. W tym siedlisku gradient ciśnienia między warstwą powietrza 0,5 m i 2,0 m n.p.g w godzinach południowych dwukrotnie przekraczał wartości notowane w siedlisku łąkowym we Frydrychowie (rys. 4).



Rys. 4. Dobowy przebieg średnich wartości ciśnienia pary wodnej e i niedosytu wilgotności powietrza d na wysokości 2,0 i 0,5 m w okresie ciepłym i bez opadów (1–31 maja 1979 r., $P = 10$ mm) w zróżnicowanych siedliskach wilgotnościowo-glebowych: a) Bydgoszcz, b) Frydrychowo

Fig. 4. Daily course of mean values of vapour pressure e and vapour pressure deficit d at the 2.0 and 0.5 m above the ground in the warm period without precipitation (1–31 May 1979, $P = 10$ mm) in different soil-moisture sites: a) Bydgoszcz, b) Frydrychowo

Analizując ciągle pomiary temperatury i ciśnienia pary wodnej na stacjach automatycznych w latach 1998–2002, ROGUSKI, ŁABĘDZKI i KASPERSKA-WOŁOWICZ [2004b] udowodnili, że przebieg ciśnienia pary wodnej w powietrzu w okresie bezopadowym zależał od uwilgotnienia siedliska, szaty roślinnej i temperatury powietrza. W okresie wilgotnym ciśnienie pary wodnej w powietrzu różniło się nieznacznie w badanych siedliskach wilgotnościowo-glebowych. W okresie suchym i ciepłym różnice były duże. W siedlisku suchym mała wilgotność gleby ograniczała rozwój roślin i ewapotranspirację. W siedlisku wilgotnym duża ewapotranspiracja bujnej roślinności powodowała w dzień zwiększenie zawartości pary wodnej w powietrzu, nocą temperatura zmniejszała się i następowała kondensacja pary wodnej. W siedliskach łąkowych wilgotnych często już w godzinach wieczornych powstawała rosa i mgła.

NEDOSYT WILGOTNOŚCI POWIETRZA

Niedosyt wilgotności powietrza w okresie wegetacyjnym w siedliskach łąkowych osiągał mniejsze wartości niż w Bydgoszczy. Decydowała o tym niższa temperatura powietrza i wyższe ciśnienie pary wodnej w tych siedliskach niż w Bydgoszczy. Różnica między wartościami notowanymi w Bydgoszczy i Frydrychowie na wysokości 2,0 m n.p.g. wyniosła średnio 2,5 i 2,3 hPa na wysokości 0,5 m

n.p.g., gdy obliczenia wykonywano na podstawie trzech pomiarów, a na podstawie czterech pomiarów – odpowiednio 2,3 i 1,9 hPa. Niedosyt wilgotności powietrza obliczany na podstawie trzech pomiarów osiągał największe wartości spośród analizowanych metod obliczania niedosytu. Na wysokości 2,0 m wartości niedosytu obliczane na podstawie pomiarów w trzech terminach były większe od obliczonych na podstawie pomiarów w czterech terminach o 20% w Bydgoszczy i 26% w siedlisku wilgotnym we Frydrychowie.

Niedosyt wilgotności powietrza we wszystkich siedliskach na wysokości 0,5 m był mniejszy niż na wysokości 2,0 m. W przypadku metody obliczania niedosytu na podstawie trzech terminów pomiarów różnice wynosiły 12% w Bydgoszczy oraz 14% we Frydrychowie, natomiast gdy zastosowano metodę obliczeń na podstawie czterech terminów, odpowiednio 20 i 15%.

Niedosyt wilgotności powietrza obliczany według wzorów (1, 2, 3) różnił się w badanych siedliskach (tab. 2). Spośród tych trzech metod obliczania niedosytu wartości obliczane według wzoru (2), uwzględniającego cztery terminy pomiarów elementów meteorologicznych, były największe. Niedosyt obliczany według wzoru (3) na wysokości 2,0 m n.p.g. w Bydgoszczy był o 68% większy niż we Frydrychowie, a na wysokości 0,5 m n.p.g. o 82%. Stosunek tego niedosytu na wysokości 2,0 m do niedosytu na wysokości 0,5 m osiągnął wartość 1,02 w Bydgoszczy i 1,11 we Frydrychowie.

Niedosyt wilgotności powietrza to bardzo czuły wskaźnik warunków parowania. Jest on bardzo zmienny w czasie i przestrzeni, zależy od klimatu lokalnego siedlisk, co utrudnia jego szerokie stosowanie w praktyce rolniczej. Równie ważny czynnik to zastosowana metoda obliczania niedosytu wilgotności powietrza, na co już wcześniej zwrócili uwagę HOHENDORF [1970] oraz ROGUSKI, ŁABĘDZKI i KASPERSKA [2001].

WSPÓLCZYNNIK HIGROMETRYCZNY

W celu zobrazowania zależności między niedosytem wilgotności powietrza a parowaniem wody określono średnie wieloletnie wartości współczynnika higrometrycznego b w okresie wegetacyjnym. Jest on ilorazem parowania wody w ewaporometrze i niedosytu wilgotności powietrza i można go przedstawić w postaci wzorów zaproponowanych przez ROGUSKIEGO, ŁABĘDZKIEGO i KASPERSKĄ [2002] oraz ROGUSKIEGO, ŁABĘDZKIEGO i KASPERSKĄ-WOŁOWICZ [2004b]:

$$b_1 = \frac{E_w}{d} n \quad (4)$$

$$b_2 = \frac{E_w}{d^{0,65}} n \quad (5)$$

gdzie:

- E_w – parowanie wody w okresie wegetacyjnym, mm;
 d – średni niedosyt wilgotności powietrza w okresie wegetacyjnym, hPa;
 n – liczba dni w okresie;
 b_1, b_2 – współczynniki higrometryczne, hPa·mm⁻¹.

Powyższe zależności określono w odniesieniu do niedosytu obliczanego na podstawie wartości średnich dobowych z trzech i czterech terminów obserwacji oraz według wzorów (1, 2, 3).

Współczynnik b_1 , występujący we wzorze (4), zawsze osiągał najmniejsze wartości w siedlisku suchym w Bydgoszczy, niezależnie od metody obliczania niedosytu wilgotności powietrza (tab. 3). Wartości tego współczynnika w siedliskach łąkowych były większe. Na wysokości 2,0 m n.p.g. różnice między wartościami współczynnika b_1 w warunkach obliczania niedosytu d_3 na podstawie trzech pomiarów wynosiły 14%, a niedosytu d_4 na podstawie czterech pomiarów aż 38% (tab. 4). Wynika z tego, że wartości współczynnika b_1 powinny być określane dla lokalnych warunków siedlisk.

Tabela 3. Współczynnik b_1 (mm·hPa⁻¹) dla różnych wartości średniego niedosytu wilgotności powietrza d na wysokości 2,0 i 0,5 m w czterech siedliskach wilgotnościowo-glebowych w sezonie wegetacyjnym lat 1976–1982

Table 3. Coefficient b_1 (mm·hPa⁻¹) for different values of vapour pressure deficit d at the height of 2.0 and 0.5 m in four soil-moisture sites in the growing season in 1976–1982

Obiekt Object	Wysokość pomiaru, m Height of measurement, m	Współczynnik b_1 , gdy Coefficient b_1 , when				
		d_3	d_4	d_{s3}	d_{s4}	d_s
Bydgoszcz	2,0	0,329	0,394	0,445	0,445	0,462
	0,5	0,370	0,462	0,471	0,481	0,471
Grabowo	2,0	0,365	0,452	0,558	0,542	0,558
	0,5	0,387	0,463	0,633	0,575	0,633
Prądkki	2,0	0,374	0,465	0,615	0,561	0,615
	0,5	0,397	0,502	0,657	0,577	0,657
Frydrychowo	2,0	0,371	0,469	0,615	0,557	0,575
	0,5	0,424	0,540	0,743	0,594	0,637
Średnio Mean	2,0	0,360	0,445	0,558	0,526	0,552
	0,5	0,394	0,492	0,626	0,557	0,599
SEE	2,0	0,021	0,035	0,055	0,065	0,080
	0,5	0,023	0,037	0,051	0,086	0,114

Objaśnienia: SEE – błąd standardowy oceny, pozostałe oznaczenia, jak pod tabelą 2.

Explanations: SEE – standard error of estimation, other explanations as in the Table 2.

Tabela 4. Współczynnik b_2 ($\text{mm}\cdot\text{hPa}^{-1}$) dla różnych wartości średniego niedosytu wilgotności powietrza d na wysokości 2,0 i 0,5 m w czterech siedliskach wilgotnościowo-glebowych w sezonie wegetacyjnym lat 1976–1982

Table 4. Coefficient b_2 ($\text{mm}\cdot\text{hPa}^{-1}$) of the relationship between water evaporation E_w and vapour pressure deficit d at the height of 2.0 and 0.5 m in four soil-moisture sites in the growing season in 1976–1982

Obiekt Object	Wysokość pomiaru, m Height of measurement, m	Współczynnik b_2 , gdy Coefficient b_2 , when				
		d_3	d_4	d_{s3}	d_{s4}	d_s
Bydgoszcz	2,0	0,660	0,742	0,803	0,803	0,823
	0,5	0,712	0,823	0,834	0,845	0,834
Grabowo	2,0	0,650	0,747	0,857	0,841	0,857
	0,5	0,676	0,759	0,929	0,874	0,929
Prądkki	2,0	0,661	0,762	0,914	0,860	0,914
	0,5	0,688	0,800	0,954	0,877	0,954
Frydrychowo	2,0	0,643	0,748	0,892	0,837	0,854
	0,5	0,701	0,820	1,009	0,873	0,913
Średnio Mean	2,0	0,653	0,750	0,867	0,835	0,862
	0,5	0,694	0,800	0,931	0,867	0,907
SEE	2,0	0,009	0,009	0,024	0,038	0,052
	0,5	0,016	0,029	0,015	0,052	0,073

Objaśnienia, jak pod tabelą 3.

Explanations, as in the Table 3.

Różnice współczynnika higrometrycznego między siedliskami były mniejsze w obliczeniach niedosytu wilgotności powietrza z zastosowaniem potęgi 0,65 – wzór (5). Współczynnik b_2 miał na ogół zbliżone wartości (tab. 4). Różnice między skrajnymi siedliskami w warunkach niedosytu d_3 wyniosły 2,6%, a d_4 – 0,8%. W warunkach niedosytu d_s różnica między wartością współczynnika w Bydgoszczy i Frydrychowie wyniosła 3,6%. Takie różnice są dopuszczalne w obliczaniu parowania wody w okresie wegetacyjnym.

WNIOSKI

1. Najcieplejsze było suche siedlisko na glebie mineralnej w Bydgoszczy, najchłodniejsze – wilgotne okresowo suche, zasilane podsiąkowo na glebie organicznej we Frydrychowie. W badanych siedliskach w okresie wegetacyjnym różnica między temperaturą maksymalną i minimalną na wysokości 0,5 m n.p.g. była większa niż na wysokości 2,0 m.

2. Ciśnienie pary wodnej, liczone na podstawie trzech terminów pomiarów, w okresie wegetacyjnym było najwyższe w wilgotnym siedlisku na madzie średniej w Grabowie, a najniższe w suchym siedlisku w Bydgoszczy na glebie brunatnej. Niedośyt wilgotności powietrza we wszystkich siedliskach na wysokości 0,5 m był mniejszy niż na wysokości 2,0 m.

3. W siedliskach łąkowych w dolinie Wisły i Noteci średnie ciśnienie pary wodnej obliczane na podstawie trzech terminów pomiarów osiągało większe wartości od ciśnienia obliczanego na podstawie czterech terminów. W siedlisku suchym w Bydgoszczy średnie ciśnienie pary wodnej obliczane na podstawie obydwu metod osiągało równe wartości.

4. Średni dobowy niedośyt wilgotności powietrza oraz ciśnienie pary wodnej obliczane na podstawie trzech terminów różniły się od wartości obliczonych z czterech terminów, zwłaszcza w wilgotnych dolinowych siedliskach łąkowych. Do obliczania tych elementów konieczne jest uwzględnienie dodatkowo pomiarów z godz. 1⁰⁰ lub stosowanie pomiarów ciągłych za pomocą stacji automatycznych.

5. W obliczeniach potrzeb wodnych roślin w zróżnicowanych siedliskach wilgotnościowo-glebowych za pomocą modeli matematycznych, uwzględniających niedośyt wilgotności powietrza, należy podać zastosowaną metodę obliczania niedosytu.

6. Zróżnicowany przebieg temperatury i wilgotności powietrza w ciągu doby oraz pionowy układ tych wielkości w przyziemnej warstwie atmosfery powodują, że zależności parowania wody od średniego niedosytu wilgotności powietrza oraz wartości współczynnika higrometrycznego są różne w badanych siedliskach. To zróżnicowanie powoduje, że do obliczeń parowania z otwartej powierzchni wody oraz potrzeb wodnych roślin należy stosować wartości współczynnika higrometrycznego określone dla siedliska o klimacie lokalnym zbliżonym do obiektu nawadnianego.

LITERATURA

- Agroklimatyczne podstawy melioracji wodnych w Polsce, 1983. Pr. zbior. Red. S. Bac. Warszawa: PWRiL ss. 313.
- ALLEN R.G., PEREIRA L.S., RAES D., SMITH M., 1998. Crop evapotranspiration. Guidelines for computing crop water requirements. Irrig. Drain. Paper no. 56. Rome: FAO ss. 300.
- BIEŃKIEWICZ P., ROGUSKI W., ŁABĘDZKI L., 1983a. Wilgotność krytyczna dla traw w profilach gleb hydrogenicznych. Wiad. IMUZ t. 15 z. 1 s. 59–73.
- BIEŃKIEWICZ P., ROGUSKI W., ŁABĘDZKI L., 1983b. Właściwości fizyczno-wodne gleb hydrogenicznych doliny górnej Noteci pod kątem potrzeb melioracji i zagospodarowania. Wiad. IMUZ t. 15 z. 1 s. 74–104.
- BOKWA A., 2001. Ekstremalne gradienty temperatury w przygruntowej warstwie powietrza. Prz. Nauk. Wydz. Inż. Kształt. Środ. SGGW z. 21 s. 153–159.
- HOHENDORF E., 1970. Redukcja niedosytów wilgotności powietrza z wysoczyzny do doliny w regionie Kanału Bydgoskiego i dolnej Wisły. Wiad. IMUZ t. 9 z. 1 s. 49–74.

- KOŁODZIEJ J., LINIEWICZ K., SAMBORSKI A., WESOŁOWSKA-JANCZAREK M., 1989. Charakterystyka termiczna warstwy powietrza od 0 do 200 cm nad powierzchnią gruntu okolicy Lublina (1961–1980). Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. z. 369 s. 73–82.
- KONOPKO S., 1993. Zróżnicowanie klimatu lokalnego siedlisk łąkowych w dolinach na przykładzie badań w dolinie Noteci. Wiad. IMUZ t. 17 z. 2 s. 59–78.
- ŁABĘDZKI L., KASPERSKA-WOŁOWICZ W., 2002. Porównanie ewapotranspiracji wskaźnikowej obliczanej na podstawie pomiarów wykonanych na standardowej i automatycznej stacji agrometeorologicznej. Woda Środ. Obsz. Wiej. t. 2. z. 2 (5) s. 21–31.
- OSTROMĘCKI J., 1973. Podstawy melioracji nawadniających. Warszawa: PWN ss. 450.
- ROGUSKI W., ŁABĘDZKI L., KASPERSKA W., 2001. Analiza niedosytu wilgotności powietrza obliczanego z pomiarów ciągłych oraz terminowych w oparciu o wyniki stacji automatycznych w rejonie Bydgoszczy. Ann. UMCS Sect. B t. 55/56 36 s. 293–298.
- ROGUSKI W., ŁABĘDZKI L., KASPERSKA W., 2002. Analiza wybranych wzorów do obliczania parowania wskaźnikowego na potrzeby nawadniania użytków zielonych. Woda Środ. Obsz. Wiej. t. 2 z. 1 (4) s. 197–209.
- ROGUSKI W., ŁABĘDZKI L., KASPERSKA-WOŁOWICZ W., 2004a. Pionowy układ temperatury w przyziemnej warstwie atmosfery w siedliskach łąkowych w rejonie Bydgoszczy. Acta Agrophys. 104 vol. 3 (1) s. 143–152.
- ROGUSKI W., ŁABĘDZKI L., KASPERSKA-WOŁOWICZ W., 2004b. Dobowa zmienność temperatury i wilgotności powietrza na wysokości 2,0 i 0,5 m w siedlisku wilgotnym w dolinie Noteci i siedlisku suchym w Bydgoszczy. Woda Środ. Obsz. Wiej. t. 4. z. 2a (11) s. 137–156.
- ROGUSKI W., WEYNA A., 1983a. Ewapotranspiracja łąk i pastwisk w dolinie dolnej Wisły. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. z. 277 s. 13–24.
- ROGUSKI W., WEYNA A., 1983b. Ewapotranspiracja łąk i pastwisk na glebach torfowo-murszowych w dolinie Noteci. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. z. 277 s. 53–68.

Wacław ROGUSKI, Wiesława KASPERSKA-WOŁOWICZ,
Leszek ŁABĘDZKI, Karolina SMARZYŃSKA

AIR TEMPERATURE AND AIR HUMIDITY IN THE ABOVE-GROUND LAYER IN THE GROWING SEASON IN DIFFERENTLY MOISTURED MEADOW SITES

Key words: air humidity, air temperature, meadow site

S u m m a r y

Studies were carried out in three different grassland sites near Bydgoszcz: wet site in fluvial soil in the Vistula River valley (Grabowo), wet periodically dry site in peat-moorsh soil (Frydrychowo) and dry site in mineral-moorsh soil (Prądko), both in the Noteć River valley. Measurements carried out in the dry site in mineral soil (Bydgoszcz) were used for comparison.

Vertical distribution and daily course of examined meteorological factors were different in the examined sites. Mean daily water vapour pressure and water vapour pressure deficit calculated from three measurements at 7 a.m., 1 p.m. and 7 p.m. CET differed from those calculated from four measurements, especially in dry sites. It appeared necessary to include also a measurement at 1 a.m. or to use data from automatic stations. Mean daily water vapour pressure deficit depended on adopted

calculation method, especially on the frequency and on terms of particular measurements during twenty-four hours.

Differentiation of the daily courses of temperature and air humidity and their vertical distribution caused that relationships between water evaporation and mean daily air humidity were different in the examined sites.

The values, daily courses and vertical distribution diversity of water vapour pressure deficit resulted in differences of the hygrometric coefficient (the ratio of water evaporation to vapour pressure deficit). The coefficient, in the linear relationship, was the lowest in the dry site in mineral soil, and the highest in wet periodically dry one in peat-moorsh soil.

Recenzenci:

dr Anita Bokwa

prof. dr hab. Zbigniew Szwejkowski

Praca wpłynęła do Redakcji 25.05.2005 r.

Tabela 2. Średnie wieloletnie miesięczne ciśnienie pary wodnej i niedosyt wilgotności powietrza na wysokości 2,0 i 0,5 m w okresie wegetacyjnym

Table 2. Long-term mean monthly vapour pressure and vapour pressure deficit at the height of 2.0 and 0.5 m in the growing season

Obiekt Object	Miesiąc Month	Wysokość pomiaru Height of measurement m	Ciśnienie pary wodnej, hPa Vapour pressure, hPa		Niedosyt wilgotności powietrza, hPa Vapour pressure deficit, hPa				
			e_3	e_4	d_3	d_4	d_{s3}	d_{s4}	d_s
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Bydgoszcz	IV	2,0	6,5	6,5	4,5	3,4	3,5	3,5	3,3
		0,5	6,8	6,8	3,9	3,3	3,1	3,1	3,3
	V	2,0	9,9	9,9	8,3	6,0	5,6	5,6	5,9
		0,5	9,9	10,0	7,1	6,1	5,7	5,6	5,7
	VI	2,0	12,5	12,7	9,9	8,2	7,5	7,3	7,2
		0,5	13,1	13,2	9,1	6,1	7,0	6,9	6,8
	VII	2,0	14,0	14,1	8,5	7,1	6,5	6,4	5,9
		0,5	14,4	14,5	7,5	6,3	6,0	5,9	5,9
	VIII	2,0	14,0	14,2	7,7	6,4	6,0	5,8	5,6
		0,5	14,4	14,6	7,1	5,6	5,5	5,3	5,4
	IX	2,0	11,9	11,9	4,8	4,1	3,5	3,5	3,4
		0,5	12,1	12,2	4,2	3,6	3,2	3,1	3,4
	IV–IX	2,0	11,5	11,5	7,3	6,1	5,4	5,4	5,2
		0,5	11,8	11,9	6,5	5,2	5,1	5,0	5,1
Grabowo	IV	2,0	7,2	7,2	3,4	2,7	2,2	2,2	2,0
		0,5	7,3	7,1	3,1	2,6	2,1	2,4	2,2
	V	2,0	10,6	10,5	5,9	4,8	3,9	4,0	3,9
		0,5	11,0	10,5	5,5	4,6	3,2	3,7	3,7

cd. tab. 2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Grabowo	VI	2,0	14,4	14,2	6,9	5,5	4,6	4,8	4,9	
		0,5	14,4	14,1	7,0	5,7	4,5	4,8	4,7	
	VII	2,0	15,4	15,4	5,9	4,6	4,1	4,1	3,9	
		0,5	15,9	15,6	5,5	4,5	3,2	3,5	3,8	
	VIII	2,0	15,3	15,2	5,5	4,5	3,7	3,9	3,6	
		0,5	15,6	15,3	5,2	4,4	3,5	3,8	3,6	
	IX	2,0	12,5	12,3	3,4	2,8	2,2	2,4	2,4	
		0,5	13,4	12,6	3,2	2,7	1,2	2,0	2,2	
	IV–IX	2,0	12,6	12,5	5,2	4,2	3,4	3,5	3,4	
		0,5	12,7	12,4	4,9	4,1	3,0	3,3	3,4	
	Prądko	IV	2,0	7,2	7,0	3,2	2,5	2,0	2,2	1,9
			0,5	7,3	7,1	2,9	2,4	2,0	2,2	1,9
V		2,0	10,5	10,2	6,1	4,9	3,6	3,9	3,9	
		0,5	10,7	10,3	5,6	4,5	3,3	3,7	3,8	
VI		2,0	14,0	13,7	7,1	5,6	4,4	4,7	4,6	
		0,5	14,0	13,4	7,0	5,6	4,2	4,8	4,0	
VII		2,0	15,2	14,9	5,9	4,7	4,3	4,6	4,1	
		0,5	15,4	15,0	5,4	4,4	3,4	3,8	3,8	
VIII		2,0	15,3	14,9	5,6	4,4	3,1	3,5	3,5	
		0,5	14,9	14,5	5,0	3,9	3,0	3,4	3,2	
IX		2,0	12,9	12,5	3,0	2,4	1,2	1,6	2,0	
		0,5	12,5	12,0	2,8	2,2	1,5	2,0	1,8	
IV–IX		2,0	12,5	12,2	5,1	4,1	3,1	3,4	3,3	
		0,5	12,5	12,1	4,8	3,8	2,9	3,3	3,1	

cd. tab. 2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Frydrychowo	IV	2,0	7,1	6,9	2,9	2,3	1,9	2,1	2,0
		0,5	7,3	7,1	2,5	2,3	1,6	1,8	1,9
	V	2,0	10,5	10,2	5,6	4,4	3,3	3,6	3,6
		0,5	10,8	10,3	4,8	3,9	3,1	3,6	3,3
	VI	2,0	13,8	13,5	6,8	5,4	4,3	4,8	4,2
		0,5	14,4	13,7	6,2	4,9	3,5	4,0	3,9
	VII	2,0	15,4	15,1	5,1	4,4	3,6	3,9	3,6
		0,5	15,6	15,1	4,6	4,0	2,5	3,4	3,3
	VIII	2,0	15,0	14,6	5,1	4,0	3,1	3,5	3,3
		0,5	15,3	14,8	4,6	3,6	2,3	2,8	2,8
	IX	2,0	12,8	12,4	3,0	2,4	1,4	1,8	1,8
		0,5	12,9	12,4	2,8	2,2	1,0	1,5	1,7
	IV–IX	2,0	12,4	12,1	4,8	3,8	2,9	3,2	3,1
		0,5	12,7	12,2	4,2	3,3	2,4	3,0	2,8

Objaśnienia: e_3, d_3 – wartości e, d z trzech pomiarów dobowych; e_4, d_4 – wartości e, d z czterech pomiarów dobowych; d_{s3} – wartość d obliczana według wzoru (1); d_{s4} – wartość d obliczana według wzoru (2); d_s – d obliczany według wzoru (3).

Explanations: e_3, d_3 – e, d from three daily measurements; e_4, d_4 – e, d from four daily measurements; d_{s3} – d calculated acc. to the formula (1); d_{s4} – d calculated acc. to the formula (2); d_s – d calculated acc. to the formula (3).