

ZBIGNIEW CZERKOInstytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin — Państwowy Instytut Badawczy w Radzikowie
Oddz. Jadwisin, Zakład Przechowalnictwa i Przetwórstwa Ziemniaka

Możliwość wykorzystania warunków atmosferycznych do wentylacji naturalnej w przechowalniach ziemniaków

The possibility of using the atmosphere conditions for natural ventilation in potato storage houses

W latach 1998–2003 na podstawie danych z punktu meteorologicznego w Jadwisinie k/Warszawy oceniano parametry wiatru. Codziennie w okresie długotrwałego przechowywania (listopad-marzec) bulw ziemniaków rejestrowano ilość godzin występowania wiatru z prędkością większą niż 2 m/s i większą niż 4 m/s z kierunków zachodnich (południowo-zachodni do północno-zachodniego) i wschodnich (północno-wschodni do południowo-wschodniego) przy temperaturze powietrza atmosferycznego niższej niż 3°C. Temperatura powietrza atmosferycznego niższa niż 3°C jest optymalna do wentylacji w przechowalni ziemniaków jadalnych wymagającej temperatury 5°C. W przechowalni wyposażonej w system wentylacji mieszanej wykorzystywane jest także powietrze o temperaturze ujemnej. Na podstawie przeprowadzonych badań stwierdzono, że zastosowanie wentylacji naturalnej do utrzymania odpowiedniej temperatury do przechowywania ziemniaków jadalnych może zaoszczędzić do około 70% czasu wymaganego do wentylacji w długotrwałym okresie przechowywania oraz, że w przechowalni ziemniaków wyposażonej w naturalny system wentylacji z wykorzystaniem wiatru, najefektywniejsze jest umieszczenie otworów wentylacyjnych po stronie zachodniej i wschodniej.

Słowa kluczowe: klimat, temperatura przechowywania, wentylacja naturalna, ziemniak

Wind conditions in the years 1998–2003 were assessed based on the data obtained from the meteorological station in Jadwisin near Warsaw. Number of hours when south west to north west and north east to south east winds exceeding 2 m/s and 4 m/s at atmospheric air temperature below 3°C was registered every day during long-term (November to March) storage of potato tubers. The temperature of atmospheric air below 3°C is optimal for ventilation of storage house for table potatoes. In the storage buildings equipped with a mixed ventilation system the air temperature below 0°C can be used. The following conclusions can be drawn from the study: 1. The use of natural ventilation to ensure the proper temperature during storage of table potatoes (5°C) can save up to 70% of the time needed for ventilation in the long storage season. 2. In a storage house with a natural ventilation system using wind, the most effective location for air vent is that on the west and east sides of the building.

Key words: climate, natural ventilation, potato, temperature of storage

WSTĘP

W ostatnich latach w Polsce produkcja ziemniaków ustabilizowała się na poziomie 10–11 mln ton, z tego do przechowywania trafia około 6,5 mln ton. W nowoczesnych obiektach przechowuje się około 650 tys. ton ziemniaków. Należy liczyć się z tym, iż rozwój nowoczesnego przechowalnictwa będzie postępował eliminując tradycyjne kopce i piwnice. Jednak nowoczesna przechowalnia nie zapewni wysokiej jakości ziemniaków jeżeli nie będzie odpowiednio eksploatowana. Jednym z najważniejszych elementów w przechowalni z punktu widzenia jakości ziemniaków jest właściwa eksploatacja systemu wentylacji, której zadaniem jest utrzymanie odpowiednich warunków termiczno-wilgotnościowych w całym okresie przechowywania. Praca systemu wentylacji wymaga znacznych nakładów energii elektrycznej. Koszt energii zużytej na wentylację w przechowalni paletowej stanowi 50–52% całkowitych kosztów przechowywania (Czerko, 2002 a i 2003), ale możliwe jest zaoszczędzenie przez stosowanie racjonalnej technologii przechowywania, a także przez wykorzystanie wentylacji naturalnej. Do utrzymania wymaganej temperatury w przechowalniach służą 2 główne systemy wentylacji: przepływowy do składowania ziemniaków luzem oraz opływowy do składowania w paletach skrzyniowych.

Wentylację naturalną łatwiej jest zastosować w przechowalni o składowaniu w paletach, gdyż przepływ powietrza między paletami charakteryzuje się małymi oporami i może być osiągnięty, wykorzystując efekt aeracji i grawitacji, bez stosowania wentylacji mechanicznej. W przechowalni o składowaniu luzem ze względu na wysokie przyzmy (3–5 m) i przez to duże opory przepływu powietrza przez złożę ziemniaków, nie jest możliwe zastosowanie wentylacji naturalnej. Wentylacja naturalna jest wykorzystywana od czasu kiedy zaczęto przechowywać ziemniaki w kopcach tradycyjnych i piwnicach. Także późniejsze modyfikacje kopców przez zastosowanie okryw z tworzyw sztucznych wykorzystywały wentylację naturalną (Nowacki, Czerko, 1987; Czerko, 2001). W małych przechowalniach owoców i warzyw wentylacja naturalna była wykorzystywana jako główna lub wspomagająca wentylację mechaniczną (Drozdowicz, 1996). W Niemczech w latach 1971–1996 (Schierhorn, 1998) budowano już dużo przechowalni z systemem wentylacji konwekcyjnym. W ostatnich latach w Niemczech zastosowano wentylację naturalną w dużej przechowalni paletowej o pojemności kilku tysięcy ton, uzyskując znaczną obniżkę nakładów energii na wentylację (Hauschild, 2004). Badania nad użyciem wentylacji naturalnej w przechowalni paletowej o pojemności 900 ton w Jadwisinie wykazały oszczędności w nakładach na energię na poziomie 39% (Czerko, 2002 b).

Wentylacja naturalna w przechowalni do składowania w paletach skrzyniowych może wykorzystywać efekt grawitacyjny, spowodowany różnicą temperatur na wysokości przechowalni lub efekt aeracyjny wywołany ciśnieniem wiatru. Przy wentylacji naturalnej istotne znaczenie ma wielkość otworów wentylacyjnych i ich usytuowanie na właściwej wysokości budynku oraz odpowiednio do przeważającego kierunku wiatru. Rozwój przechowalni z wentylacją naturalną wymaga przeanalizowania warunków atmosferycznych (temperatura, wiatr) panujących w okresie przechowywania pod względem możliwości wykorzystania ich do wentylacji naturalnej.

Celem pracy była ocena możliwości wykorzystania warunków atmosferycznych istniejących w okresie przechowywania do naturalnej wentylacji w przechowalni ziemniaków jadalnych.

METODY BADAŃ

Do oceny możliwości wykorzystania przebiegu warunków atmosferycznych analizowano temperaturę zewnętrzną w każdym dniu w terminach pokrywających się z długotrwałym okresem przechowywania ziemniaków przeznaczonych na ziemniaki jadalne w okresie od 1.XI. do 30.III.

Wentylacja naturalna w obiektach gospodarczych i przechowalniach ziemniaków o składowaniu w paletach skrzyniowych może być realizowana przy wykorzystaniu efektu grawitacyjnego oraz przy pomocy wiatru lub obu efektów jednocześnie.

Czynnik grawitacyjny (1)

$$p_i - p_a = g(\rho_a - \rho_i) \times (\Delta h) \quad (1)$$

gdzie:

p_i — ciśnienie wewnątrz budynku (Pa)

p_a — ciśnienie atmosferyczne (Pa)

g — przyspieszenie ziemskie (m/s²)

ρ_a — gęstość powietrza atmosferycznego (kg/m³)

ρ_i — gęstość powietrza w budynku (kg/m³)

Δh — różnica wysokości położenia klap went. (m).

Czynnik aeracyjny (wiatr) (2)

$$\Delta p_w = \frac{1}{2} \rho_o V_w^2 (C_{pe} - C_{pi}) \quad (2)$$

gdzie:

Δp_w — przyrost ciśnienia powodowany działaniem wiatru (Pa)

ρ_o — gęstość powietrza (kg/m³)

V_w — prędkość wiatru (m/s)

$C_{pe} : C_{pi}$ — współczynniki ciśnienia wiatru.

Układ klap stanowiący jeden z elementów systemu wentylacji decyduje, który czynnik daje większy efekt wentylacyjny. Rozpatrując zależności 1 i 2 widać, że głównym czynnikiem decydującym o wentylacji grawitacyjnej jest różnica wysokości położenia czerpni i wyrzutni, a przy wentylacji aeracyjnej czynnikiem decydującym jest prędkość wiatru.

Wiatr z prędkością większą niż 2 m/s ma już istotne znaczenie dla wentylacji naturalnej (Zhang i in., 1989; Brockett i Albright, 1987) i w obiektach gospodarczych osiąga większy efekt wentylacyjny niż wentylacja grawitacyjna.

Kittas i in. (1997) wyliczyli, że efekt wentylacyjny wiatru w obiekcie gospodarczym uzyskuje przewagę nad efektem grawitacyjnym jeżeli spełnia zależność: $V/\sqrt{\Delta T} > 1$, gdzie: V — prędkość wiatru (m/s), ΔT — różnica temperatury wewnątrz i na zewnątrz obiektu.

Przy różnicy temperatury $\Delta T = 3^\circ\text{C}$ (jaka występuje podczas wentylacji) prędkość wiatru powyżej 2 m/s będzie miała istotne znaczenie dla wentylacji.

W pracy analizowano wiatr o prędkości większej niż 2 m/s oraz większej niż 4 m/s wiejący z kierunku zachodniego i wschodniego w okresie długotrwałego przechowywania ziemniaków jadalnych (listopad-marzec). W Polsce kierunek zachodni jest przeważający, ale przy odpowiednim usytuowaniu przechowalni pod względem rozmieszczenia klap wentylacyjnych w stosunku do kierunków geograficznych może być także wykorzystany wiatr wschodni.

Występowanie wiatru analizowano na podstawie danych stacji meteorologicznej w Jadwisinie k/Warszawy w latach 1998–2003 pod kątem wykorzystania go do wentylacji przechowalni ziemniaków jadalnych, w której powinna być utrzymywana temperatura 5°C. Codziennie w okresie długotrwałego przechowywania (listopad-marzec) rejestrowano ilość godzin występowania wiatru z prędkością większą niż 2 m/s i większą niż 4 m/s z kierunku zachodniego (południowo-zachodni do północno-zachodniego) i wschodniego (północno-wschodni do południowo-wschodniego) przy temperaturze powietrza atmosferycznego niższej niż 3°C. Temperatura powietrza atmosferycznego niższa niż 3°C jest optymalna do wentylacji przechowalni przy zachowaniu różnicy 2°C między temperaturą ziemniaków jadalnych (5°C) i temperaturą powietrza wentylacyjnego (3°C). Dane przedstawiono w przedziałach czasowych pentadowych.

Pomiary prędkości wiatru wykonano na maszcie o wysokości 12 m. Dla celów wentylacji przechowalni potrzebna jest prędkość wiatru na wysokości 5 m (średnia wysokość czerpni w przechowalni). Do wyliczenia prędkości wiatru na wysokości 5 m wykorzystano wzór Hellmana, zmodyfikowany przez Suttona.

$$V_2 = V_1 \left(\frac{Z_2}{Z_1} \right)^\alpha \quad (3)$$

gdzie:

V_1 i V_2 — prędkość wiatru odpowiednio na wysokościach Z_1 i Z_2

α — wykładnik potęgowy, zależny od szerokości podłoża, prędkości wiatru, przyjmuje się od 0 do 1 (przyjęto $\alpha = 0,2$ — wg Lorenc, 1996).

Zebrany materiał liczbowy poddano analizie statystycznej (analiza regresji) i przedstawiono w tabelach 1 i 2 oraz na rysunkach 1, 2, 3, 4, 5, 6.

WYNIKI

Do prowadzenia wentylacji naturalnej w przechowalniach ziemniaków jadalnych (5°C) może być wykorzystane powietrze atmosferyczne przy prędkości wiatru większej niż 2 m/s i temperaturze niższej niż 3°C. W przechowalniach wyposażonych w napływowe otwory wentylacyjne usytuowane po jednej stronie budynku do wentylacji może być wykorzystany wiatr wiejący z jednego kierunku, głównie z zachodniego, gdyż w polskich warunkach klimatycznych ten kierunek jest dominujący. W przechowalniach, w których napływowe kanały wentylacyjne usytuowane są po obu przeciwnych stronach budynku może być wykorzystany wiatr wiejący z obu kierunków, tj. zachodniego i wschodniego.

Występowanie wiatru z kierunków zachodnich i wschodnich o prędkości większej niż 2 m/s

Wiatr wiejący z kierunku zachodniego o parametrach wymaganych do wentylacji przechowalni, czyli z prędkością większą niż 2 m/s posiadający temperaturę powietrza poniżej 3°C występował średnio przez 52,3% dni (średnio w latach 1998–2003) w miesiącach listopad-marzec i wahał się od 37,1% w sezonie 2000/01 do 64,9% w sezonie 1999/2000 (tab. 1).

Tabela 1

Liczba dni i godzin wiatru zachodniego oraz zachodniego i wschodniego wiejącego z prędkością > 2m/s przy temperaturze < 3°C w okresie listopad-marzec (151 dni), Jadwisin 1998–2003
Number of days and hours of western and western and eastern wind (speed > 2m/s, temperature < 3°C) in period November-March (151 days), Jadwisin 1998–2003

| Wyszczególnienie Specification | Kierunek wiatru Wind direction | 1998/99 | 1999/00 | 2000/01 | 2001/02 | 2002/03 | Średnio Average |
|----------------------------------------------------------------|-----------------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------------|
| Liczba dni Number of days (max 151) | W W+E | 85 134 | 98 126 | 56 113 | 95 116 | 61 125 | 79 123 |
| % udział dni w sezonie Percentage of days in the season | W W+E | 56,3 88,7 | 64,9 83,4 | 37,1 74,8 | 62,9 76,8 | 40,4 82,8 | 52,3 81,3 |
| Liczba godzin Number of hours (max — 3624) | W W+E | 1095 1813 | 1419 1707 | 748 1508 | 1255 1506 | 694 1416 | 1043 1590 |
| % udział godzin w sezonie Percentage of hours in the season | W W+E | 30,2 50,0 | 39,2 47,1 | 20,6 41,6 | 24,6 41,6 | 19,2 39,1 | 28,8 43,9 |

Godzinowy udział wiatru w całym sezonie przechowalniczym o wymaganych parametrach do wentylacji naturalnej wynosił średnio 28,8% i wahał się od 19,2% w sezonie (2002/2003) do 39,2% w sezonie (1999/2000) (tab. 1).

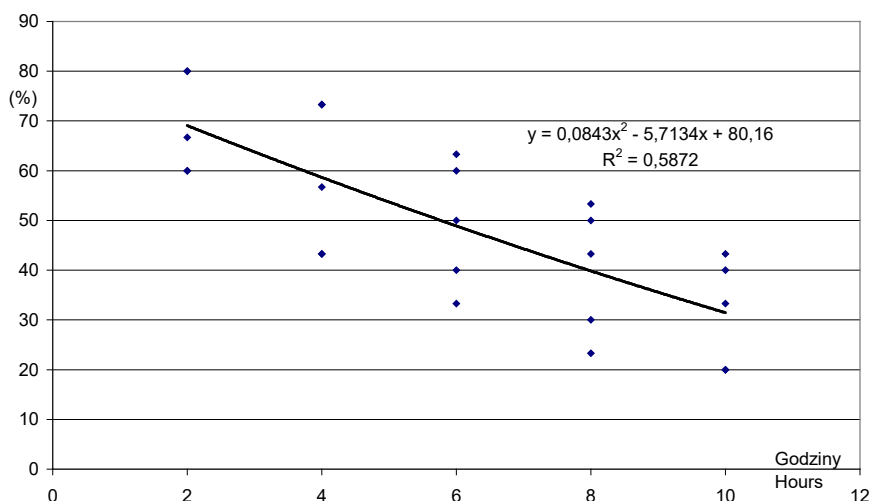
Wykorzystanie wiatru z kierunków zachodniego i wschodniego (prędkość > 2m/s, temperatura < 3°C) znacznie zwiększa ilość dni korzystnych do wentylacji naturalnej (tab. 1). Procentowy udział dni wietrznych wynosił średnio 81,3% i wahał się od 74,8% w sezonie (2000/2001) do 88,7% w sezonie (1998/1999). Natomiast godzinowy udział powietrza atmosferycznego o tych parametrach w całym sezonie wynosił średnio 43,9% i wahał się od 39,1% w sezonie (2002/03) do 50,0% w sezonie (1998/1999).

Na podstawie przedstawionych danych można powiedzieć, że chociaż ilość godzin występowania wiatru w najkorzystniejszym układzie, czyli z kierunków zachodniego i wschodniego (prędkość > 2 m/s, temperatura < 3°C) nie osiąga 50% w całym sezonie przechowalniczym, to jednak w praktyce przechowalniczej udział wiatru w stosunku do całkowitych potrzeb wentylacji przechowalni może być większy.

Do zastosowania naturalnej wentylacji przechowalni wymagane jest powietrze atmosferyczne o odpowiednich parametrach podczas kilku godzin dziennie występujące codziennie lub przynajmniej raz na pentadę. Brak warunków do przeprowadzenia wentylacji schładzającej powietrzem zewnętrznym przez okres 5 dni (1 pentady) może spowodować wzrost temperatury w przechowalni o około 1°C (0,2°C/dobę) i przyczynić się do dużych wahań temperatury w przechowalni, co może pogorszyć jakość ziemniaków.

Dla przeprowadzenia prawidłowej wentylacji przechowalni istotne jest przez ile godzin w ciągu doby może być dostępne powietrze o wymaganych parametrach. Na rysunkach 1

i 2 przedstawiono procentowy udział czasu w całym sezonie przechowalniczym, kiedy wiatr wieje przez 2, 4, 6, 8, 10 godzin na dobę. Wiatr o parametrach: kierunek zachodni, prędkość $V_{12\text{ m}} > 2\text{ m/s}$, ($V_{\text{sr}(12\text{m})} = 3,56\text{ m/s}$, $V_{\text{sr}(5\text{m})} = 3,0\text{ m/s}$) temperatura $< 3^{\circ}\text{C}$ występował przez 69 % czasu przez 2 godziny na dobę i 32 % czasu przez 10 godzin na dobę (rys. 1).



Rys. 1. Procentowy udział dni z wiatrem o prędkości $> 2\text{ m/s}$ z kierunku zachodniego występującym w długotrwałym okresie przechowywania przez 2, 4, 6, 8 i 10 godzin na dobę (Jadwisin, 1998–2003)
Fig. 1. Percentage of days with above 2m/s west wind lasting for 2, 4, 6, 8 and 10 hours a day, occurring in a long-term period of tuber storage (Jadwisin, 1998–2003)

Wiatr o parametrach: kierunek zachodni i wschodni, prędkość $V_{12\text{m}} > 2\text{ m/s}$, ($V_{\text{sr}(12\text{m})} = 3,23\text{ m/s}$, $V_{\text{sr}(5\text{m})} = 2,71$), temperatura $< 3^{\circ}\text{C}$ występował przez 93% czasu przez 2 godziny na dobę i 52% czasu przez 10 godzin na dobę (rys. 2).

Przyjęto, że średni dobowy czas wentylacji w przechowalni o składowaniu w paletach skrzyniowych wynosi 6 godzin (Czerko, 2004). Z zależności przedstawionej na rys. 1 i 2 wynika, że wiatr o odpowiednich do wentylacji parametrach z kierunku zachodniego występował przez 48%, a z zachodniego i wschodniego przez 72% czasu w długotrwałym okresie przechowywania (listopad-marzec). Dla wentylacji naturalnej uwzględnić należy to, że przy wykorzystaniu wiatru ze średnią prędkością około 3 m/s powinny być zastosowane czerpnie powietrza o odpowiednio większej powierzchni niż stosowane w wentylacji mechanicznej (5 m/s).

Występowanie wiatru z kierunków zachodniego i wschodniego o prędkości większej niż 4 m/s

Korzystniejsze warunki atmosferyczne do wentylacji przechowalni występują, kiedy jest większa prędkość wiatru. Przy wietrze posiadającym prędkość większą niż 4 m/s powierzchnia otworów wentylacyjnych może być istotnie zredukowana i zbliżona do powierzchni otworów projektowanych dla wentylacji mechanicznej. Analizując 5-letni cykl badań występowania dni z wiatrem zachodnim, z prędkością $V_{12m} > 4\text{m/s}$, ($V_{\text{sr}(12m)} = 5,07\text{ m/s}$, $V_{\text{sr}(5m)} = 4,26\text{ m/s}$) i temperaturze powietrza $< 3^{\circ}\text{C}$ zauważa się, że udział takich dni w badanych sezonach wynosił średnio 23,1% i wahał się od 19,2% (2002/03) do 43,7% (1999/00) (tab. 2). Godzinowy udział w długotrwałym okresie przechowywania wiatru o tych parametrach był odpowiednio mniejszy i wynosił średnio 12,5% i wahał się od 6,6% w sezonie 2002//03 do 18,8% w sezonie 1999/2000.

Tabela 2

Liczba dni i godzin wiatru zachodniego oraz zachodniego i wschodniego wiejącego z prędkością $> 4\text{ m/s}$ przy temperaturze $< 3^{\circ}\text{C}$ w okresie listopad – marzec (151 dni), Jadwisin 1998–2003
Number of days and hours of west (W) and west and east (W+E) winds (speed $> 4\text{m/s}$, temperature $< 3^{\circ}\text{C}$) in the period November-March (151 days), Jadwisin 1998–2003

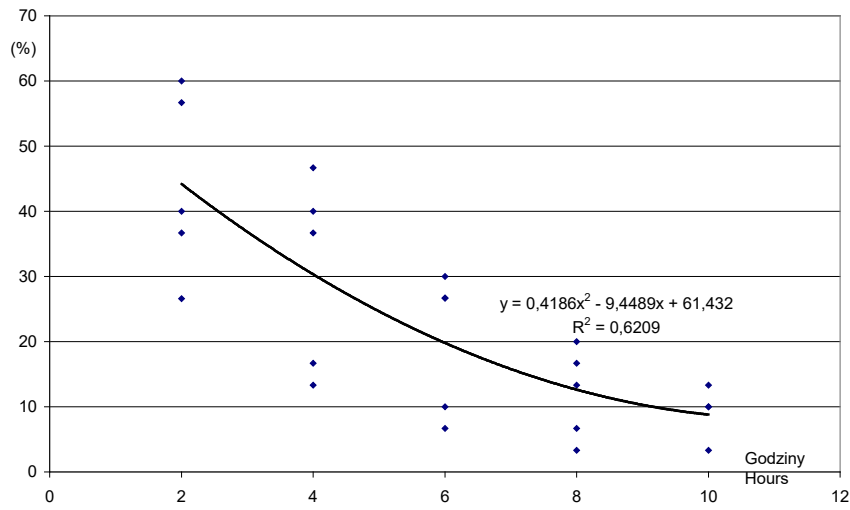
| Wyszczególnienie Specification | Kierunek wiatru wind direction | 1998/99 | 1999/00 | 2000/01 | 2001/02 | 2002/03 | Średnio Average |
|----------------------------------------------------------------|-----------------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|--------------------|
| Liczba dni Number of days (max 151) | W | 52 | 66 | 27 | 65 | 29 | 50 |
| | W+E | 74 | 73 | 48 | 75 | 53 | 65 |
| % udział dni w sezonie Percentage of days in the season | W | 34,4 | 43,7 | 17,9 | 43 | 19,2 | 23,1 |
| | W+E | 49,0 | 48,3 | 31,8 | 49,7 | 35,1 | 42,8 |
| Liczba godzin Number of hours (max – 3624) | W | 500 | 681 | 228 | 600 | 240 | 454 |
| | W+E | 640 | 726 | 438 | 665 | 477 | 589 |
| % udział godzin w sezonie Percentage of hours in the season | W | 13,8 | 18,8 | 6,3 | 16,5 | 6,6 | 12,5 |
| | W+E | 17,7 | 20,0 | 12,1 | 18,3 | 13,2 | 16,3 |

Częstość występowania wiatru z kierunków zachodniego i wschodniego o prędkości $V_{12m} > 4\text{m/s}$ ($V_{\text{sr}(12m)} = 4,8\text{ m/s}$, $V_{\text{sr}(5m)} = 4,03\text{ m/s}$) i temperaturze powietrza $< 3^{\circ}\text{C}$ wyraźnie wzrosła w stosunku do wiatru tylko zachodniego (tab. 2). Procentowy udział dni, w których nie występował wiatr o takich parametrach wynosił od 31,8% (2000/2001) do 49,7% (2001/02). Procentowy udział godzin z występowaniem wiatrów wschodnich i zachodnich wynosił odpowiednio 12,1% (2000/2001) do 20% (1999/2000).

Udział powietrza atmosferycznego korzystnego do wentylacji naturalnej (prędkość wiatru $> 4\text{ m/s}$, temp. $< 3^{\circ}\text{C}$) trwającego 6 godzin na dobę w długotrwałym okresie przechowywania (listopad-marzec) wynosił 20% z kierunku zachodniego i 27% z kierunków zachodniego i wschodniego (rys. 4 i 5).

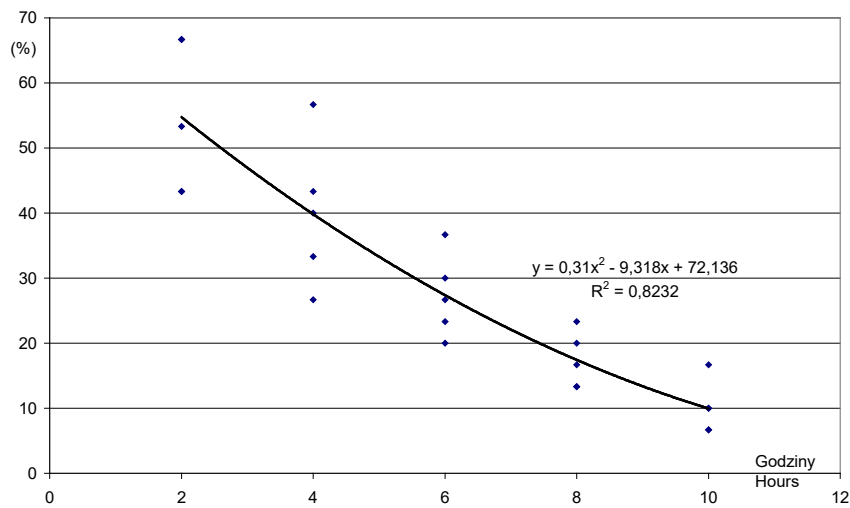
Analizując ilość okresów (pentad), w których nie występował wiatr z kierunku zachodniego o prędkości większej niż 4m/s i temperaturze poniżej 3°C lub wiejących z innych kierunków, to w analizowanym 5-leciu było ich od 7 (1999/2000) do 17 (2002/2003).

Wyraźnie korzystniejsze warunki do wentylacji naturalnej zaistniały w sytuacji, kiedy można było wykorzystywać wiatr wiejący ze wschodu i z zachodu.



Rys. 4. Procentowy udział dni z wiatrem wiejącym z prędkością >4 m/s z kierunku zachodniego występującym w długotrwałym okresie przechowywania bulw przez 2, 4, 6, 8 i 10 godzin na dobę (Jadwisin, 1998–2003)

Fig. 4. Percentage of days with above 4 m/s west wind lasting 2, 4, 6, 8 and 10 hours a day, occurring in a long-term period of tuber storage (Jadwisin, 1998–2003)



Rys. 5. Procentowy udział dni z wiatrem o prędkości >4 m/s z kierunków zachodniego i wschodniego, występującym w długotrwałym okresie przechowywania przez 2, 4, 6, 8 i 10 godzin na dobę (Jadwisin, 1998–2003)

Fig. 5. Percentage of days with above 4 m/s west and east winds lasting for 2, 4, 6, 8 and 10 hours a day, occurring in a long-term period of tuber storage (Jadwisin, 1998–2003)

Przy projektowaniu nowych przechowalni, chcąc wykorzystać maksymalny efekt wiatru do wentylacji naturalnej, powinien być uwzględniany wiatr o dużej częstotliwości występowania i prędkości powyżej 2 m/s. W badanym 5-leciu udział dni z wiatrem o prędkości > 2m/s z kierunków zachodniego i wschodniego wynosił średnio 81,3%, a udział wiatru wiejącego przez 6 godzin na dobę wynosił średnio 72% w sezonie przechowalnicy. Tak duża ilość czasu występowania wiatru o parametrach korzystnych do wentylacji naturalnej zachęca do budowy systemów wentylacyjnych wykorzystujących wiatr. Jednak rozpatrując występowanie wiatru o określonej prędkości na obszarze całej Polski w porze przechowywania ziemniaków (jesień, zima, wiosna) przedstawionego w opracowanym Atlasie klimatu Polski (Lorenc, 2005) zauważa się, że większa prędkość wiatru występuje w centralnej Polsce, w której usytuowana jest także stacja meteorologiczna IHAR w Jadwisinie. W pozostałych rejonach poza wybrzeżem i północnymi Mazurami, prędkość wiatru jest niższa. Należy liczyć się z tym, że w tych rejonach warunki do naturalnej wentylacji przechowalni mogą być gorsze niż w centralnej Polsce.

Ponadto warunki lokalne, jeśli chodzi o występowanie wiatru na wysokości 5 m, są szczególnie zmienne. Przy planowaniu dużej przechowalni z zastosowaniem wentylacji naturalnej powinna być przeprowadzona szczegółowa analiza cech lokalnych danego obszaru w aspekcie parametrów pogodowych.

Biorąc pod uwagę ograniczoną dostępność wiatru w sezonie przechowalnicy o wymaganych parametrach do wentylacji przechowalni, to na przeważającym obszarze Polski powinny być budowane przechowalnie wyposażone w systemy wentylacyjne mieszane. System mieszany może być zastosowany w przechowalni o składowaniu w paletach skrzyniowych wykorzystujących wentylację naturalną, a w razie braku odpowiednich warunków atmosferycznych może być wspomagany wentylatorami.

WNIOSKI

1. Zastosowanie wentylacji naturalnej do utrzymania temperatury odpowiedniej do przechowywania ziemniaków jadalnych (5°C) może zaoszczędzić do około 70% czasu wymaganego do wentylacji w długotrwałym okresie przechowywania.
2. W przechowalni ziemniaków wyposażonej w naturalny system wentylacji z wykorzystaniem wiatru, najefektywniejsze jest umieszczenie otworów wentylacyjnych w przechowalni po stronie zachodniej i wschodniej.
3. Wentylacja naturalna przechowalni, ze względu na nie wystarczającą częstość występowania wiatru o wymaganych parametrach powinna być wspomagana wentylacją mechaniczną.

LITERATURA

- Brockett B. L., Albright L. D. 1987. Natural ventilation in single airspace building. *J. Agric. Eng. Res.* 37: 141 — 154.
- Czerko Z., Nowacki W. 2001. Modernizacja tradycyjnego sposobu przechowywania ziemniaków przez zastosowanie sztucznych okryw. *Biul. IHAR* 220: 237 — 245.

- Czerko Z. 2002 a. Przechowywanie ziemniaków przy wykorzystaniu czynników naturalnych. II Konf. Nauk. „Ziemniak spożywczy i przemysłowy oraz jego przetwarzanie”. Polanica Zdrój 13-16 maja: 33 — 30.
- Czerko Z. 2002 b. Ograniczenie nakładów energii na wentylację mechaniczną w przechowalni ziemniaków przez zastosowanie wentylacji naturalnej. Zesz. Prob. Post. Nauk Rol. 489: 65 — 72.
- Czerko Z. 2003. Efektywność energetyczna różnych metod przechowywania ziemniaków. Roczniki Nauk Rol., Seria G, Tom 89, Z. 2: 126 — 135.
- Czerko Z. 2004. Czynniki wpływające na dobór dawki wentylacyjnej w przechowalniach ziemniaków. Biuletyn IHAR, 232: 219 — 225.
- Drozdowicz M. 1996. Wykorzystanie naturalnych warunków klimatycznych w przechowalnictwie płodów ogrodniczych. Zakład Wydawnictw CRS Warszawa, 2: 127 ss.
- Hauschild W., Haller H., Ehe W., Kern A. Potke E. 2004. Entwicklung der Grossbehalterlagerung mit Konvektionsluftung. Kartoffelbau 8, (Jg. 55): 290 — 295.
- Kittas C., Boulard T., Papadakis G. 1997. Natural ventilation of a greenhouse with ridge and side openings: Sensitivity to temperature and wind effects. Transactions of the ASAE, vol. 40 (2): 415 — 425.
- Lorenc H. 1996. Struktura i zasoby energetyczne wiatru w Polsce. Materiały Badawcze IMGW. Seminarium Meteorologiczne, 25, 10 — 23.
- Lorenc H. 2005. Atlas klimatu Polski. IMiGW, Warszawa: 116 ss.
- Nowacki W., Czerko Z. 1987. Zasady budowy i eksploatacji przyrzec technicznych z wentylacją grawitacyjną i mechaniczną. W: Technologia i organizacja przechowalnictwa ziemniaków. Poradnik zawodowy. PTE. Koszalin: 57 — 71.
- Schierchorn H. 1998. Nachlese zur 25-jährigen Anwendung der Systems der Freien Konvektionsluftung nach SCHIERCHORN von 1971-1996. Belüftung von Kartoffeln. Vorträge zur Jahrestagung 1997. Klausur-Verband 1998: 33 — 38.
- Zhang J., Janni K. A., Jacobsen L. D. 1989. Modeling natural ventilation induced by combined thermal buoyancy and wind. Transactions of the ASAE, 32: 2165 — 2174.