

Jarosław Frączek\*, Tadeusz Juliszewski\*\*, Krzysztof Mudryk\*

\*Katedra Inżynierii Mechanicznej i Agrofizyki

\*\*Katedra Eksploatacji Maszyn, Ergonomii i Podstaw Rolnictwa  
Akademia Rolnicza w Krakowie

## POMIAR WILGOTNOŚCI PĘDÓW I ZRĘBKÓW WIERZBY ENERGETYCZNEJ

### Streszczenie

W pracy przedstawiono analizę możliwości wykorzystania istniejących urządzeń do określania wilgotności pędów i zrębków wierzby. W przypadku wilgotności pędów testowano wilgotnościomierz rezystancyjny do drewna, natomiast w przypadku zrębków wierzby analizie poddano urządzenie pojemnościowe do oznaczania wilgotności materiałów sypkich oraz urządzenie rezystancyjne do określania wilgotności pasz objętościowych (siana, słomy). Uzyskane wyniki zostały porównane z wynikami pomiaru metodą suszarkowo-wagową. Stwierdzono że, do pomiaru wilgotności pędów wierzby energetycznej możliwe jest wykorzystanie mierników rezystancyjnych po wcześniejszej ich kalibracji. Natomiast przy pomiarze wilgotności zrębków wierzby nie jest możliwe zastosowanie istniejących urządzeń pomiarowych. Konieczne jest opracowanie nowej metody pomiaru ze szczególnym uwzględnieniem sposobu przygotowania materiału przed badaniem.

**Słowa kluczowe:** wierzba energetyczna, pomiar wilgotności, biomasa

### Wstęp

W ostatnich latach można zauważyć wzrost udziału odnawialnych źródeł energii w energetyce. Największy postęp obserwuje się w wykorzystaniu biomasy. Nie-skomplikowana technologia spalania biomasy - łatwa do adaptowania w wielu tradycyjnych systemach energetycznych oraz dostępność tańszego surowca sprawia, że biomasa używana dla celów energetycznych staje się konkurencją dla paliw tradycyjnych. Dyrektywy państwowe wymuszają na przedsiębiorstwach energetycznych zwiększenie udziału energii pochodzącej z odnawialnych źródeł. Wszystkie te czynniki przyczyniają się do szybkiego rozwoju technologii oraz stosowalności niekonwencjonalnych źródeł energii.

W związku z dynamicznym rozwojem OZE powstało wiele prognoz rozwoju tych źródeł w latach następnych. Według jednej z nich, przygotowanej przez EC BREC [Ministerstwo Środowiska 2000], największy udział w OZE stanowić będzie biomasa (około 85%) pozyskiwana głównie z drewna, roślin zbożowych oraz z plantacji roślin energetycznych. Na szczególną uwagę zasługuje fakt, że ponad 30% energii uzyskiwanej z OZE będzie pochodzić z indywidualnych kotłów. Zgodnie z powyższymi uwagami należy się spodziewać, że w ciągu najbliższych lat znacznie wzrośnie zainteresowanie stosowaniem paliw odnawialnych a w szczególności biomasy. Możemy się spodziewać, że biomasa będzie w większości spalana w formie rozdrobnionej (np. zrębki) lub w formie paliw formowanych (brykiety, granulaty) [Szczukowski i in. 2004]. Nawiązując do przedstawionej prognozy wzrostu produkcji energii z OZ oraz do wypowiedzi wielu badaczy [Szczukowski i in. 2001] możemy zakładać, że największy pozysk biomasy odbędzie się z upraw roślin energetycznych. Te właśnie uprawy stają się alternatywą dla areałów zdegradowanych przez przemysł, terenów okresowo podmokłych oraz również dla tradycyjnych upraw roślinnych.

Analizując stosowane rośliny w uprawach energetycznych tj. wierzby energetycznej, ślazuca pensylwańskiego, topoli, topinamburu oraz traw wieloletnich (miskant, trzcina pospolita) [Jeżowski 2001] należy uznać, że największe rozeznanie związane z technologią uprawy oraz przetwarzaniem nastąpiło dla wierzby energetycznej [Ciechanowicz 2002; Kowalik 2002]. Łatwość uprawy oraz nieskomplikowana technologia przetwarzania sprawiły, że cieszy się ona dużą popularnością wśród rolników.

W celu odpowiedniego zaprojektowania przedsięwzięć związanych z uprawą wierzby, a także z przetwarzaniem i dystrybucją zebranego plonu należy podjąć badania dotyczące nie tylko właściwości cieplno-chemicznych rośliny, ale także właściwości mechanicznych.

Do najważniejszych czynników determinujących wymienione powyżej właściwości należy zaliczyć wilgotność materiału. Wpływa ona zarówno o przebiegu wielu procesów technologicznych jak i na jakość uzyskiwanych produktów. Zawartość wody w sadzonkach wierzby decyduje między innymi o ich przydatności, a w okresie magazynowania (sezonowania), jest czynnikiem stymulującym rozwój grzybów i bakterii. Dotyczy to zarówno pędów jak i zrębków wierzby. Można więc stwierdzić, że kontrola wilgotności materiału w całym cyklu technologicznym produkcji wierzby jest nieodzowna. Konieczne zatem jest ustalenie metodyki oraz rodzaju urządzeń do pomiaru wilgotności pędów i zrębków wierzby.

## Cel i zakres

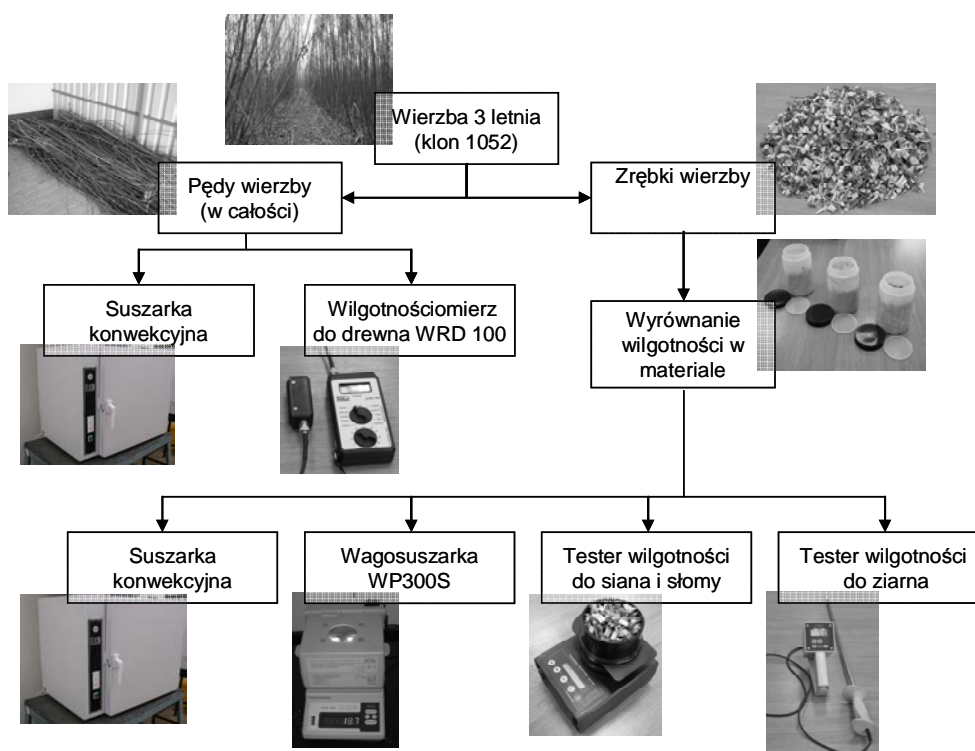
W związku z powyższym w pracy podjęto próbę określenia możliwości zastosowania dostępnych na rynku urządzeń do oznaczania wilgotności materiałów biologicznych do pomiaru wilgotności wierzby.

W ramach badań przeprowadzono analizę następujących urządzeń:

- wilgotnościomierz rezystancyjny do drewna (WRD 100),
- wilgotnościomierz pojemnościowy do zbóż (firmy Darmiński),
- wilgotnościomierz rezystancyjny do pasz objętościowych (np. do słomy firmy Darmiński),
- wagosuszarka (WP 300S).

## Materiał i metodyka

Badania prowadzone zostały według schematu zamieszczonego na rys. 1.

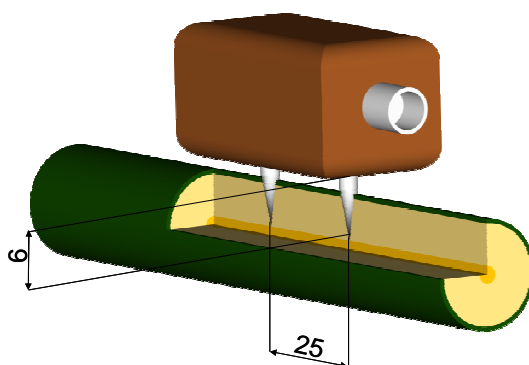


Rys. 1. Schemat badań

Fig. 1. Test outline

W badaniach wykorzystano pędy trzyletniej wierzby zebrane z plantacji Akademii Rolniczej. Uzyskany plon podzielono na dwie części. Pierwsza z nich przeznaczona została do badań całych pędów, natomiast druga, stopniowo zrębkowana w trakcie sezonowania, przeznaczona została do badań wilgotności zrębków. Zrębkowanie przeprowadzono na rębarnie bębnowej o dł. zrębkowania 2 cm. Sezonowanie pędów pozwoliło na uzyskanie materiału badawczego z przedziału wilgotności od 15 do 50%. Zgodnie z schematem badań (rys. 1) pomiary wykonywane były na całych pędach jak również na zrębkach.

Wilgotność pędów mierzono wilgotnościomierzem rezystancyjnym oraz - dla celów porównawczych - metodą suszarkowo-wagową. Wilgotnościomierze rezystancyjne są powszechnie stosowane do oznaczania wilgotności drewna. Pomiar opiera się o określenie rezystancji między dwoma elektrodami zagłębianymi w badanym materiale. Wykorzystywane w badaniach urządzenie firmy Tanel WRD100 posiada możliwość wyboru 11 gatunków drewna oraz kompensację temperatury. Na podstawie badań wstępnych do pomiaru wilgotności pędów wierzby z dostępnych gatunków drewna wybrano topolę. Sposób pomiaru przedstawia rys. 2. Głowica z elektrodami umieszczana jest w pędzie wierzby wzdłuż włókien.



Rys. 2. Sposób pomiaru wilgotności

Fig. 2. Humidity measuring method

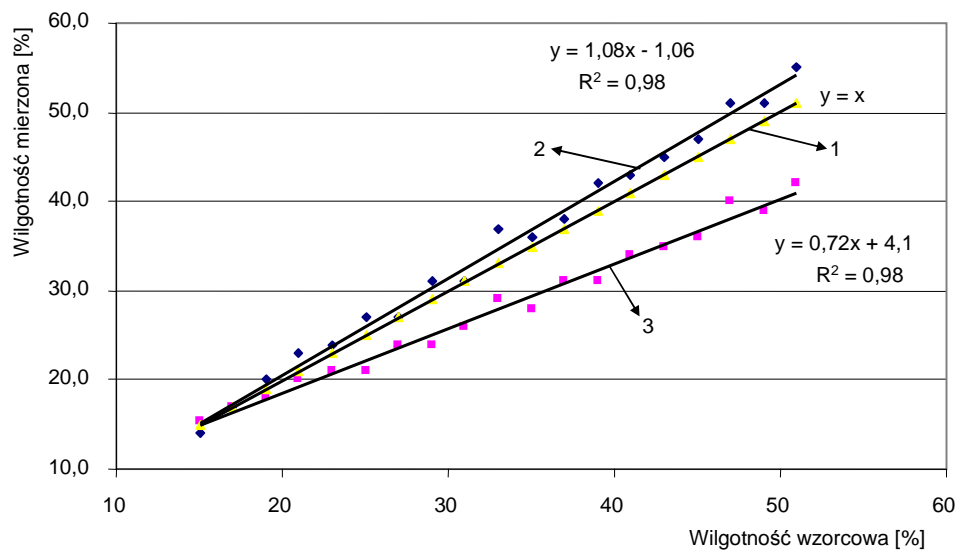
Wilgotność zrębków oznaczano za pomocą urządzenia pojemnościowego wykorzystywanego do oznaczania wilgotności materiałów sypkich oraz rezystancyjnego przeznaczonego do pomiaru wilgotności pasz objętościowych. Podobnie jak przy oznaczaniu wilgotności pędów metodą porównawczą była metoda suszarkowo-wagowa.

Zrębki o określonej wilgotności były umieszczane w specjalnych hermetycznych pojemnikach na 24 godz. celem wyrównania wilgotności w całym materiale. Na tak przygotowanym materiale testowano poszczególne urządzenia. Dodatkowo przy oznaczaniu wilgotności wykorzystano wagosuszkę WP 300S. Jest to, co prawda urządzenie zaliczane do aparatury laboratoryjnej, jednak ze względu na szybkość wykonywania pomiarów można rozważyć możliwość jej wykorzystania do pomiarów wilgotności zrębków w procesie produkcji.

### Wyniki badań

Na rys. 3 zostały przedstawione wyniki pomiarów wilgotności pędów wierzby metodą rezystancyjną. Różnice w uzyskanych wynikach wzrastają liniowo i przy wilgotności wzorcowej 50% wynoszą 3% wilgotności.

W związku z występującymi różnicami, kolejne pomiary wykonano na pędach pozbawionych łyka. Zakładając, że łyko może wpływać na zawyżanie wyników. Uzyskane wyniki (krzywa 3) potwierdziły to założenie, ale większym stopniu odbiegały od wzorcowych (zaniżały wartości) a różnice wynosiły do 11% wilgotności.



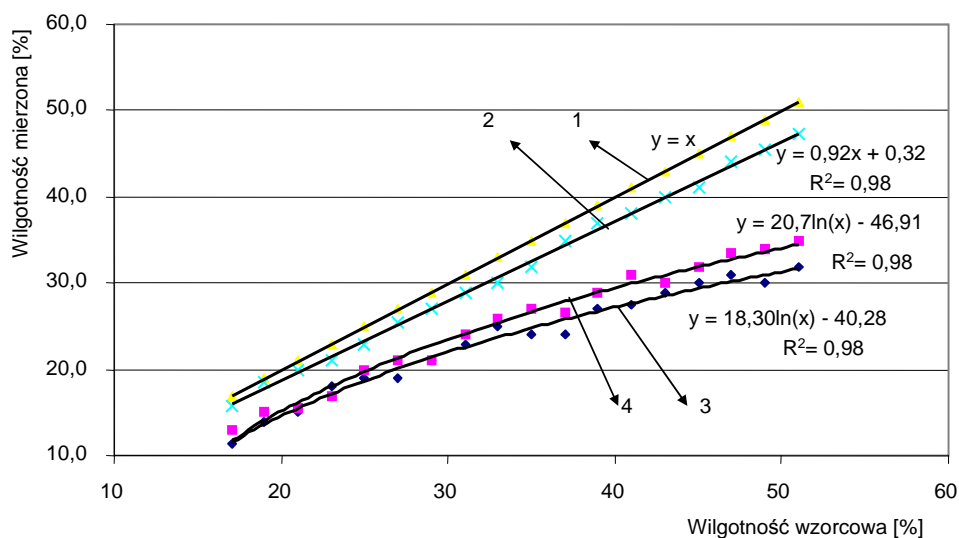
Rys. 3. Wyniki pomiarów wilgotności pędów wierzby. 1 – metoda wzorcowa, 2 – metoda rezystancyjna – pędy z łykiem, 3 – metoda rezystancyjna – pędy bez łyka

Fig. 3. Basket willow sprout humidity measurement results. 1 – standard method, 2 – resistance method – sprouts with phloem, 3 – resistance method – sprouts without phloem

Na podstawie przeprowadzonych badań można stwierdzić że przy zastosowaniu urządzenia rezystancyjne po wcześniejszej kalibracji można zastosować przy określaniu wilgotności pędów. Różnice w uzyskanych wilgotnościach odbiegają od wzorcowych do około 3%. Można więc uznać, że urządzenie tego typu może być stosowane do pomiarów wilgotności pędów wierzby po wcześniejszej kalibracji.

Na rys. 4 przedstawione zostały pomiary wilgotności zrębków wierzby energetycznej. Analizując wyniki wykonane wagosuszarką WP300S (krzywa 2) można stwierdzić, że pomiary w niewielkim stopniu różnią się od wzorcowych (krzywa 1). Różnice w wynikach rosną liniowo wraz ze wzrostem wilgotności i przy wilgotności wzorcowej 50% wynoszą 3%. W związku z tym można uznać, że w/w urządzenia mogą być stosowane do szacowania wilgotności zrębków wierzby.

Inaczej przedstawiają się wyniki pomiarów wykonanych urządzeniem pojemnościowym (krzywa 4) oraz rezystancyjnym (krzywa 3). Wraz ze wzrostem wilgotności wzorcowej różnice pomiarów wzrastają logarytmicznie i przy wilgotności wzorcowej 50% różnice wynoszą około 18% wilgotności. Tak duże różnice są prawdopodobnie spowodowane zmiennością wielkości zrębków, co wpływa na zakłócenie pomiarów.



Rys. 4. Wyniki pomiarów wilgotności zrębków wierzby. 1 – metoda wzorcowa, 2 – wagosuszarka, 3 – metoda rezystancyjna, 4 – metoda pojemnościowa

Fig. 4. Willow chip humidity measurement results. 1 – standard method, 2 – dryer-weight, 3 – resistance method, 4 – capacity method

W celu prawidłowego wykonania pomiarów wilgotności zrębków konieczne jest opracowanie nowej metodyki pomiaru ze szczególnym uwzględnieniem procedury przygotowania materiału do pomiaru.

Przeprowadzona analiza pozwala na stwierdzenie że przygotowania materiału powinno obejmować dwa etapy:

- ujednoczenie wymiarów zrębków (np. poprzez ich dodatkowe rozdrobnienie),
- zagęszczenie próbki (w celu ujednoczenia warunków pomiaru).

W związku z tym kontynuowane będą badania związane z opracowaniem metodyki oraz prototypu urządzenia do szybkiego oznaczania wilgotności zrębków wierzby.

### **Wnioski**

1. Na podstawie przeprowadzonych badań stwierdzono, że do pomiaru wilgotności pędów wierzby energetycznej można wykorzystać mierniki rezytancyjne po dokonaniu wcześniejszej kalibracji.
2. Różnice pomiaru wilgotnościomierzem WRD 100 w odniesieniu do pomiarów podstawowych (metoda suszarkowa) rosną liniowo. Przy wilgotności 50% wynoszą 3% a poniżej 20% osiągają wartość zerową.
3. Przy pomiarze wilgotności zrębków wierzby nie jest możliwe zastosowanie istniejących urządzeń pomiarowych.
4. Konieczne jest opracowanie nowej metody pomiaru wilgotności zrębków wierzby ze szczególnym uwzględnieniem sposobu przygotowania materiału przed badaniem.

### **Bibliografia**

Ciechanowicz W. 2002. Biopaliwa. Aura 1.

Jeżowski S. 2001. Rośliny energetyczne - ogólna charakterystyka, uwarunkowanie fizjologiczne i znaczenie w produkcji paliwa. Post. Nauk Rol. Nr 2, s. 19-27.

Kowalik P. 2002. Wiklinowe uprawy energetyczne. Czysta Energia 06.

Ministerstwo Środowiska. 2000. Strategia rozwoju energetyki odnawialnej. Warszawa, wrzesień.

Szczukowski S., Tworkowski J. 2001. Produktywność oraz wartość energetyczna biomasy wierzby krzewiastej *Salix* sp. na różnych typach gleb w pradolinie Wisły. Postępy Nauk Rolniczych 2: 29-37.

Szczukowski S., Tworkowski J., Stolarski M., Sobotka W. 2001. Biomasa wierzb krzaczastych z plantacji polowych źródłem ekologicznego paliwa i surowców. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 478. s. 343-350.

Szczukowski S., Stolarski M., Tworkowski J., Przyborowski J., Kisiel R., Piechocki J. 2004. Wykorzystanie biomasy wierzb krzewiastej do produkcji energii cieplnej. Problemy Inżynierii Rolniczej. 2(44), s. 31-40.

Wiśniewski G. 2004. FP6 Energy Info Day. Politechnika Warszawska. 23 styczeń Warszawa.

## **MEASUREMENT OF MOISTURE CONTENT IN BASKET WILLOW SPROUTS AND CHIPS**

### **Summary**

The paper presents the analysis of possible ways to use existing equipment for determining moisture content in willow sprouts and chips. In case of sprout humidity, the test involved using resistance hygrometer for wood, whereas in case of willow chips, the subject of analysis was a capacity device for determining moisture content in loose materials and resistance device for determining moisture content in bulky feed (hay, straw). Obtained results were compared to the results of measurement by the dryer-weight method. It was proved that it would be possible to use resistance meters after calibration to measure moisture content in basket willow sprouts. However, it is not possible to use existing measuring equipment to measure moisture content in basket willow chips. It is required to develop a new measuring method with particular consideration of the method applied to prepare material before testing.

**Key words:** basket willow (*Salix viminalis*), humidity/moisture content measurement, biomass