Prof. dr hab. inż. Mariusz Jerzy Stolarski
Katedra Genetyki, Hodowli Roślin i Inżynierii Biosurowców
Wydział Rolnictwa i Leśnictwa
Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie

Prof. dr hab. inż. Marcin Dębowski
Katedra Inżynierii Środowiska
Wydział Geoinżynierii
Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie

Olsztyn, 19.09.2022 r.

Przewodnicząca Rady Naukowej
Dyscypliny Rolnictwo i Ogrodnictwo
Uniwersytetu Warmińsko-Mazurskiego w Olsztynie
Prof. dr hab. inż. Agnieszka Pszczółkowska

OPINIA PROMOTORSKA
o rozprawie doktorskiej Pana mgr inż. Dumitru Peni
pt. Biomass and biogas productivity from perennial herbaceous crops as an environmentally friendly source of energy / Wydajność biomasy i biogazu z bylin wieloletnich jako przyjazne dla środowiska źródło energii

Pan mgr inż. Dumitru Peni jest studentem czwartego roku dziennych studiów doktoranckich realizowanych w języku angielskim w ramach programu Interdisciplinary Doctoral Programme „Bioeconomy". Trzeba podkreślić, że praca doktorska miała charakter interdyscyplinarny i była realizowana w ramach badań dwóch katedr reprezentujących różne dyscyplinarny naukowe: (1) dyscyplina Rolnictwo i Ogrodnictwo – Katedra Genetyki, Hodowli Roślin i Inżynierii Biosurowców, Wydział Rolnictwa i Leśnictwa oraz (2) dyscyplina Inżynieria Środowiska, Górnictwo i Energetyka – Katedra Inżynierii Środowiska, Wydział Geoinżynierii.

Na opiniowaną rozprawę składa się cykl czterech monotematycznych prac naukowych opublikowanych pod wspólnym wyżej wymienionym tytułem. Trzeba podkreślić, że wszystkie cztery prace zostały opublikowane w czasopismach z listy JCR i posiadają współczynnik IF, są to:

1. Peni D., Stolarski M.J., Dębowski M. Green biomass quality of perennial her-baceous crops depending on the species, type and level of fertilization. Industrial Crops and Products 2022, 184, 115026. https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2022.115026. (**IF=6.449; 200 pkt.**).
2. Peni D., Dębowski M., Stolarski M.J. *Helianthus salicifolius* as a New Biomass Source for Biogas Production. Energies 2022, 15, 2921. https://doi.org/10.3390/en15082921. (IF=**3.252; 140 pkt.**).
3. Peni D., Dębowski M., Stolarski M.J. Influence of the Fertilization Method on the *Silphium perfoliatum* Biomass Composition and Methane Fermentation Efficiency. Energies 2022, 15, 927. https://doi.org/10.3390/en15030927. (**IF=3.252; 140 pkt.**).

4. Stolarski M.J., Peni D., Dębowski M. Biogas potential of cup plant and willow-leaf sunflower biomass. Energy, 255, 124559; https://doi.org/10.1016/j.energy.2022.124559. (**IF=8.857; 200 pkt.**).

Praca doktorska zawiera wyniki badań polowych i laboratoryjnych realizowanych w latach 2019-2021 dla dwóch gatunków bylin wieloletnich: rożnika przerośniętego (*Silphium perfoliatum* L.) i słonecznika wierzbolistnego (*Helianthus salicifolius* A. Dietr). Celem badań była ocena plonowania roślin i jakości biomasy oraz potencjału biogazowego w zależności od formy i poziomu nawożenia. Ponadto przeprowadzenie analizy ekonomicznej produkcji biomasy i potencjału wytwarzania z niej energii odnawialnej w biogazowni.

Na podstawie uzyskanych wyników stwierdzono, że średni trzyletni plon suchej masy dla dwóch badanych gatunków bylin wieloletnich wynosił 8,0 Mg ha^{-1} rok^{-1} s.m., przy czym plon *Silphium perfoliatum* był istotnie wyższy, średnio o 16,3% w porównaniu z *Helianthus salicifolius*. Najwyższy plon biomasy uzyskano w wariancie uprawy *Silphium perfoliatum* (16,3 Mg ha^{-1} rok^{-1} s.m.) w 2021 r. przy nawożeniu mineralnym na poziomie 170 kg ha^{-1} N. Stwierdzono również, że stosowanie różnych form nawożenia (organiczne, mineralne) oraz poziom nawożenia N (85 i 170 kg ha^{-1} N) istotnie wpływały na większość cech chemicznych i termofizycznych pozyskanej biomasy. Uzyskane wyniki wyraźnie wskazują, że plon biogazu, metanu i potencjału energetycznego *Silphium perfoliatum* był o ponad 50% wyższy w porównaniu z wartościami uzyskanymi dla *Helianthus salicifolius*. Również analiza ekonomiczna potwierdziła, że *Silphium perfoliatum* jest gatunkiem bardziej perspektywicznym, gdyż potencjalny dochód z produkcji energii elektrycznej z biomasy tego gatunku w biogazowni był wyższy o 482% w porównaniu do *Helianthus salicifolius*. Dlatego też w konkluzji stwierdzono, że *Silphium perfoliatum* okazał się bardziej perspektywicznym gatunkiem byliny wieloletniej jako potencjalne źródło biomasy dla biogazowni. Trzeba podkreślić, że uzyskane wyniki są źródłem nowej wiedzy w zakresie produkcji i wykorzystania *Silphium perfoliatum* i *Helianthus salicifolius* jako źródła zielonej energii odnawialnej oraz oferują szeroką informację o ich cechach i właściwościach na podstawie kompleksowych interdyscyplinarnych trzyletnich badań i analiz wykonanych w ramach ocenianej rozprawy doktorskiej.

W konkluzji stwierdzamy, że opiniowana rozprawa Pana mgr inż. Dumitru Peni została ukończona i spełnia formalne oraz merytoryczne wymogi stawiane dysertacji doktorskiej. Ponadto stwierdzamy, że przeprowadzone badania w ramach Interdisciplinary Doctoral Programme „Bioeconomy" przyniosły wymierne efekty naukowe oraz praktyczne. W związku z powyższym zwracamy się z uprzejmą prośbą o dalszą realizację procedury postepowania w sprawie nadania stopnia doktora i wysłanie pracy do recenzji.

Promotor

Prof. dr hab. inż. Mariusz Jerzy Stolarski

Promotor

Prof. dr hab. inż. Marcin Dębowski

Prof. dr hab. inż. Mariusz Jerzy Stolarski
Department of Genetics, Plant Breeding and Bioresource Engineering
Faculty of Agriculture and Forestry
University of Warmia and Mazury in Olsztyn

Prof. dr hab. inż. Marcin Dębowski
Department of Environmental Engineering
Faculty of Geoengineering
University of Warmia and Mazury in Olsztyn

Olsztyn, 19.09.2022 r.

Chairwoman of the Scientific Council
Discipline Agriculture and Horticulture
University of Warmia and Mazury in Olsztyn
Prof. dr hab. inż. Agnieszka Pszczółkowska

SUPERVISORS' OPINION
about the doctoral dissertation of Mr. Dumitru Peni
entitled "Biomass and biogas productivity from perennial herbaceous crops as an environmentally friendly source of energy"

Mr. Dumitru Peni MSc eng. is a fourth-year full-time doctoral student as part of the Interdisciplinary Doctoral Program "Bioeconomy" carried out in English language. It should be emphasized that the doctoral dissertation was interdisciplinary in nature and was carried out as part of the research of two departments representing various scientific disciplines: (1) the discipline of Agriculture and Horticulture - Department of Genetics, Plant Breeding and Bioresource Engineering, Faculty of Agriculture and Forestry and (2) the discipline of Environmental Engineering, Mining and Power Engineering - Department of Environmental Engineering, Faculty of Geoengineering.

The reviewed dissertation consists of a series of four monothematic scientific papers published under the above-mentioned common title. It should be emphasized that all four papers have been published in journals from the JCR list and have an IF index, they are:

1. Peni D., Stolarski M.J., Dębowski M. Green biomass quality of perennial her-baceous crops depending on the species, type and level of fertilization. Industrial Crops and Products 2022, 184, 115026. https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2022.115026. (**IF=6.449; 200 pkt.**).
2. Peni D., Dębowski M., Stolarski M.J. *Helianthus salicifolius* as a New Biomass Source for Biogas Production. Energies 2022, 15, 2921. https://doi.org/10.3390/en15082921. (IF=**3.252; 140 pkt.**).
3. Peni D., Dębowski M., Stolarski M.J. Influence of the Fertilization Method on the *Silphium perfoliatum* Biomass Composition and Methane Fermentation Efficiency. Energies 2022, 15, 927. https://doi.org/10.3390/en15030927. (**IF=3.252; 140 pkt.**).

4. Stolarski M.J., Peni D., Dębowski M. Biogas potential of cup plant and willow-leaf sunflower biomass. Energy, 255, 124559; https://doi.org/10.1016/j.energy.2022.124559. (**IF=8.857; 200 pkt.**).

The doctoral dissertation contains the results of field trials and laboratory studies carried out in 2019-2021 for two species of perennial perennials: cup plant (*Silphium perfoliatum* L.) and willow-leaf sunflower (*Helianthus salicifolius* A. Dietr). The aim of the research was to evaluate the yield of plants and biomass quality as well as the biogas potential depending on the form and level of fertilization. Moreover, an economic analysis of biomass production and the potential for producing renewable energy from it in a biogas plant.

On the basis of the obtained results, it was found that the average three-year dry matter yield for the two studied species of perennial perennials was 8.0 Mg ha^{-1} $year^{-1}$ DM, while the yield of *Silphium perfoliatum* was significantly higher by 16.3% on average, compared to *Helianthus salicifolius*. The highest biomass yield was obtained in the cultivation variant of *Silphium perfoliatum* (16.3 Mg ha^{-1} $year^{-1}$ DM) in 2021 with mineral fertilization at the level of 170 kg ha^{-1} N. It was also found that the use of various forms of fertilization (organic, mineral) and the level of N fertilization (85 and 170 kg ha^{-1} N) significantly influenced most of the chemical and thermophysical properties of the obtained biomass. The obtained results clearly show that the yield of biogas, methane and the energy potential of *Silphium perfoliatum* was over 50% higher than the values obtained for *Helianthus salicifolius*. The economic analysis also confirmed that *Silphium perfoliatum* is a more prospective species, as the potential income from electricity production from biomass of this species in a biogas plant was 482% higher compared to *Helianthus salicifolius*. Therefore, it was concluded that *Silphium perfoliatum* turned out to be a more prospective perennial species as a potential source of biomass for biogas plants. It should be emphasized that the obtained results are a source of new knowledge in the field of production and use of *Silphium perfoliatum* and *Helianthus salicifolius* as a source of renewable green energy and offer extensive information about their characteristics and properties based on comprehensive interdisciplinary three-year research and analyzes performed as part of the evaluated doctoral dissertation.

In conclusion, we state that the reviewed dissertation of Mr. Dumitru Peni has been completed and meets the formal and substantive requirements for a doctoral dissertation. Moreover, we state that the research carried out under the Interdisciplinary Doctoral Program "Bioeconomy" brought measurable scientific and practical effects. In connection with the above, we kindly ask you to continue the procedure for awarding the doctoral degree and send the thesis for review.

Supervisor

Prof. dr hab. inż. Mariusz Jerzy Stolarski

Supervisor

Prof. dr hab. inż. Marcin Dębowski