

dr hab. inż. Sławomir Obidziński, prof. PB  
Politechnika Białostocka  
Wydział Budownictwa i Nauk o Środowisku  
Katedra Inżynierii Rolno-Spożywczej  
i Kształtowania Środowiska

## **RECENZJA**

**Rozprawy doktorskiej mgr inż. Sebastiana Śniegowskiego  
pt.: „Projekt, wykonanie oraz badania wytwornicy wody ziębniczej, do zastosowań  
gospodarczych i przemysłowych, pracującej na ekologicznym czynniku  
termodynamicznym”.**

Niniejsza recenzja została wykonana w związku z wyznaczeniem mnie przez Uchwałę Rady Dyscypliny Inżynieria Lądowa, Geodezja i Transport Politechniki Poznańskiej w dniu 13.05.2025 roku na recenzenta rozprawy doktorskiej mgr inż. Sebastiana Śniegowskiego pt.: „Projekt, wykonanie oraz badania wytwornicy wody ziębniczej, do zastosowań gospodarczych i przemysłowych, pracującej na ekologicznym czynniku termodynamicznym”, na podstawie umowy o dzieło zawartej z Politechniką Poznańską, reprezentowaną przez prof. dr hab. inż. Jacka Pielecha, Dziekana Wydziału Inżynierii Lądowej i Transportu Politechniki Poznańskiej.

### **1. Charakterystyka podjętego problemu**

Obserwowany ciągły rozwój gospodarczy napędzany produkcją i konsumpcją dóbr jest ściśle i bezpośrednio uzależniony od energii, której zużycie rośnie systematycznie od 150 lat. W związku z tym, w ostatnich latach obserwuje się szereg podejmowanych w wielu branżach działań mających na celu ograniczenie rosnącego zużycia energii, mających na celu poprawę efektywności energetycznej, promowanie odnawialnych źródeł energii oraz ograniczenie marnotrawstwa. Od wielu lat obserwowane są działania na różnych poziomach, m.in. na poziomie ustawodawstwa krajowego i międzynarodowego (np. dyrektywy UE), które wymuszają na producentach i użytkownikach stosowanie energooszczędnych technologii i urządzeń. To z kolei pociąga za sobą rozwój tych technologii w wielu branżach przemysłu, w których wprowadzane są nowoczesne, mniej energochłonne procesy produkcyjne oraz recykling energii przemysłowej.

Trendy takie są również obserwowane w chłodnictwie, w którym obserwuje się rosnące zapotrzebowanie na czynniki chłodnicze o niskim potencjale tworzenia efektu cieplarnianego (GWP), czy też dążenie do minimalizacji emisji szkodliwych substancji i stosowanie naturalnych czynników chłodniczych. Dąży się do projektowania urządzeń z myślą o maksymalnej wydajności energetycznej, w tym stosowania lepszych materiałów izolacyjnych, stosowania bardziej wydajnych sprężarek i wymienników ciepła o wyższej wydajności i mniejszym zużyciu energii, czy też dążenie do wykorzystywania ciepła odpadowego do innych celów, np. ogrzewania budynków, co zwiększa ogólną efektywność systemów chłodniczych.

Realizowana praca doktorska jest przykładem trwających nieustannie w wielu ośrodkach prac naukowo-badawczych związanych z ulepszaniem konstrukcji urządzeń wykorzystywanych w różnych branżach przemysłu spożywczego, przez innowacje konstrukcyjne, technologiczne lub innowacje w sposobie prowadzenia procesu, które pozwalają na minimalizację zapotrzebowania na energię, zwiększenie efektywności procesu oraz polepszenie jakości wytwarzanego produktu, czy też ograniczenie szkodliwego wpływu na środowisko.

Przedstawiona praca doktorska mgr inż. Sebastiana Śniegowskiego wpisuje się więc w naukowe działania zmierzające do zaprojektowania, wykonania i weryfikacji poprawności działania innowacyjnej, ekologicznej instalacji wytwornicy wody ziębniczej, pracującej na naturalnych czynnikach chłodniczych, która łączy w sobie wydajność energetyczną, oszczędność eksploatacyjną oraz zgodność z regulacjami i aktami prawnymi ochrony środowiska.

## **2. Ogólna charakterystyka pracy**

Rozprawa doktorska mgr inż. Sebastiana Śniegowskiego została zredagowana na 119 stronach i składa się ze: spisu oznaczeń, spisu treści, 9 rozdziałów, streszczenia oraz spisu literatury.

We wstępie Doktorant wprowadza Czytelnika w tematykę rozprawy.

Rozdział drugi pracy stanowi przegląd literatury dotyczący: dokumentów legislacyjnych i aktów prawnych związanych m.in. z ograniczeniem zużycia energii, zmniejszeniem emisji gazów cieplarnianych, poprawą bezpieczeństwa energetycznego i wspieraniem zrównoważonego rozwoju. Przegląd zawiera również charakterystykę wytwornic wody lodowej i ich elementów składowych oraz charakterystykę czynników chłodniczych stosowanych w wytwornicach.

W rozdziale trzecim Autor przedstawił cel pracy, przyjętą hipotezę badawczą oraz zakres działań jakie należy podjąć, aby zrealizować przyjęty w pracy cel.

W rozdziale czwartym Doktorant przedstawił zasady doboru oraz dokonał zgodnie z nimi wyboru naturalnego czynnika chłodniczego.

W rozdziale piątym Doktorant zaprezentował swoje autorskie stanowisko badawcze - wytwornicę wody ziębniczej, do zastosowań gospodarczych i przemysłowych, pracującą na ekologicznym czynniku termodynamicznym: jego koncepcję, założenia niezbędne do projektu stanowiska, dobór elementów składowych stanowiska i aparatury pomiarowej.

Rozdział szósty stanowi opis prowadzonych badań na stanowisku badawczym oraz ich wyniki.

W rozdziale siódmym Doktorant przedstawił porównanie wyników badań własnych wykonanych na swoim stanowisku badawczym z badaniami wytwornic z czynnikami syntetycznymi i naturalnymi.

W rozdziale ósmym Doktorant przedstawił wnioski otrzymane na podstawie przeprowadzonej walidacji zaprojektowanej i wykonanej wytwornicy i ich odniesienie do założeń hipotezy badawczej.

W rozdziale dziewiątym Doktorant zaprezentował proponowane przez siebie kierunki dalszych badań.

Po zaprezentowaniu kierunków swoich dalszych badań Doktorant przedstawił streszczenie pracy w języku polskim.

Ostatnim elementem pracy jest spis literatury wykorzystanej w pracy.

### 3. Ocena pracy

Rozprawa doktorska mgr inż. Sebastiana Śniegowskiego napisana jest poprawnym i zrozumiałym językiem. Pomimo sporej ilości drobnych uchybień edytorskich, to od strony formalnej praca nie budzi większych zastrzeżeń. Należy uznać, że przedstawia wartościowy wkład naukowy, uzupełniający wiedzę w obszarze inżynierii lądowej, geodezji i transportu.

We wstępie oznaczonym jako rozdział pierwszy Doktorant wprowadza Czytelnika w tematykę rozprawy, wskazując najnowsze trendy w branży chłodniczej, zmierzające do osiągnięcia bardziej ekologicznych, energooszczędnych i inteligentnych rozwiązań układów chłodniczych, które odpowiadają na wyzwania związane z ochroną środowiska i rosnącymi wymaganiami użytkowników. Doktorant nawiązuje również do celu niniejszej rozprawy, czyli zaprojektowania, wykonania oraz przeprowadzenia badań wytwornicy wody ziemniczej dedykowanej dla zastosowań gospodarczych i przemysłowych, wykorzystującej ekologiczny czynnik chłodniczy.

W rozdziale drugim Autor dokonał szerokiego przeglądu literatury dotyczącego: m.in. dokumentów legislacyjnych i aktów prawnych związanych z ograniczeniem zużycia energii, zmniejszeniem emisji gazów cieplarnianych, poprawą bezpieczeństwa energetycznego i wspieraniem zrównoważonego rozwoju. Szczegółowo scharakteryzował również wytwornice wody lodowej i ich elementy składowe (sprężarki, skraplacze, w mniejszym stopniu parowniki). W rozdziale tym również szczegółowo scharakteryzowane zostały czynniki chłodnicze biorące udział w procesie wymiany ciepła w urządzeniach chłodniczych (np. w wytwornicach wody lodowej). **W rozdziale tym Doktorant podaje odsyłacze do literatury w większości przypadków na koniec kolejnych akapitów. Najczęściej na koniec każdego akapitu znajduje się odsyłacze do trzech, czterech, a nawet większej ilości pozycji literaturowych, a akapit to często 4-5 wersów (często 2-3 zdania). Przy takim sposobie podawania odsyłaczy bardzo ciężko jest zidentyfikować z której pozycji pochodzi dana informacja, a czasami wręcz niemożliwe, aby pochodziła z np. 4 pozycji literaturowych.**

Podsumowując przegląd literatury Doktorant stwierdza, z czym należy się zgodzić, że „*W przyszłości dalsza integracja działań legislacyjnych i technologicznych będzie niezbędna do osiągnięcia zrównoważonego rozwoju i minimalizacji negatywnego wpływu na klimat i warstwę ozonową*”. Stwierdza również, że: „*Literatura nie przedstawia badań dotyczących wysokotemperaturowych wytwornic wody ziemniczej pracujących na naturalnych czynnikach chłodniczych*”.

W kolejnym - trzecim rozdziale - Doktorant przedstawił cel pracy, którym jest: „... wykazanie, że istnieje możliwość zbudowania efektywnie działającej wytwornicy wody ziemniczej z naturalnym czynnikiem chłodniczym. Wytwornica winna być przyjazna dla środowiska i użytkownika a do jej wytworzenia winny zostać wykorzystane dostępne na rynku komponenty.”

Na jego podstawie sformułował hipotezę badawczą: „*Występuje naturalny czynnik chłodniczy, zastosowany w przemysłowej wytwornicy wody ziemniczej zapewniający skonstruowanie urządzenia zgodnie z obowiązującymi przepisami i wymaganymi sprawnościami energetycznymi z dostępnych na rynku komponentów zapewniając:*

- a) *maksymalną wartość współczynnika efektywności energetycznej SEPR, lecz nie mniejszą niż 5,00,*
- b) *współczynnik GWP czynnika chłodniczego poniżej 5,*
- c) *obniżenie kosztów eksploatacji wynikających z obowiązkowych kontroli szczelności agregatów wody ziemniczej,*
- d) *obniżenie zużycia energii elektrycznej w porównaniu do rynkowych agregatów pracujących z użyciem syntetycznych czynników chłodniczych”.*

W rozdziale trzecim Doktorant przedstawił również zakres działań jakie muszą być podjęte w pracy, pozwalających na realizację celu pracy.

W rozdziale czwartym Doktorant dokonał doboru naturalnego czynnika chłodniczego do wytwornicy wody lodowej. Przed doбором Doktorant opracował bardzo szeroki przegląd naturalnych czynników chłodniczych z ich dogłębną charakterystyką. **Podrozdział ten jednak bardziej pasowałby do części teoretycznej pracy, a konkretnie mógłby być podrozdziałem w rozdziale „2.3. Czynniki chłodnicze”.** Doktorant dokonał również bardzo szerokiej charakterystyki wielokryterialnych metod wyboru czynnika chłodniczego, opracował pięć kryteriów doboru i następnie z wykorzystaniem w/w metody wielowariantowej dobrał czynnik – propan R290, który uzyskała najlepsze oceny w w/w 5 kryteriach. Czynnik ten okazał się najkorzystniejszy ze względu na bardzo niski wskaźnik GWP oraz stosunkowo niskie ciśnienia parowania i skraplania.

W rozdziale piątym Doktorant zaprezentował swoje autorskie stanowisko badawcze. Rozdział ten poprzedzonym jest pewnego rodzaju wprowadzeniem (str. 73-74), w którym zaprezentowane są założenia przyjęte przy projektowaniu w/w stanowiska. **Szkoda, że rozdział ten nie posiada takiego właśnie podrozdziału „5.1. Założenia technologiczno-konstrukcyjne”.** W rozdziale tym również, w oparciu o rysunek 32 Doktorant przedstawia zasadę działania projektowanego stanowiska. **Szkoda również, że Doktorant nie zawarł w tym rozdziale takiego podrozdziału: np. „5.2. Budowa i zasada działania projektowanego stanowiska” i Czytelnik musi to wylapywać z kolejnych akapitów tekstu.** Dla czytelności rozdziału przydałyby się również kolejne podrozdziały np. „5.3. Dobór elementów stanowiska” oraz „5.4. Dobór oprzyrządowania stanowiska”.

Prezentując koncepcję stanowiska w tekście rozdziału piątego Autor zamieszcza wiele informacji teoretycznych: podaje pewne wartości ciśnień, przepływu masowego, objętości, a dobierając kolejne elementy składowe stanowiska badawczego (np. regulator prędkości, lutowany filtr odwadniacz jednokierunkowy, zawór rozprężny i inne) przedstawia i ich dane techniczne, zaczerpnięte z stron producentów tych elementów. **Doktorant powinien powołać się na pozycje literaturowe, z których te informacje pochodzą, i z których elementy zostały dobrane.** Doktorant w końcowej części tego rozdziału (str. 86-88) przedstawia efektowną dokumentację zdjęciową swojego wykonanego i oprzyrządowanego stanowiska badawczego z wytwornicą wody ziębniczej. **Szkoda tylko, że Doktorant na zaprezentowanych zdjęciach nie pooznaczał odnośnikami (z ich objaśnieniem w podpisie rysunków) poszczególnych elementów stanowiska i dobranej aparatury pomiarowej i nie opisał wykonanego stanowiska w kilku zdaniach pod rysunkami.** Byłoby to z wielką korzyścią dla osób mniej wtajemniczonych.

W rozdziale szóstym zatytułowanym „Badania na zaprojektowanym stanowisku,” Doktorant przedstawia dokładny opis prowadzonych badań oraz ich wyniki. Rozdział ten jest mieszanką informacji związanych z prezentacją metodyki badań (na zaprezentowanym w rozdziale 5 stanowisku) oraz prezentacją wyników tych badań.

Moim zadaniem „*Metodyka badań*” jest na tyle ważnym elementem pracy, który pozwala uznać, że praca ma klasyczny charakter pracy badawczej. W związku z tym Doktorant po zaprezentowaniu celów pracy oraz hipotezy badawczej powinien w kolejnym odrębnym rozdziale (trzecim) przedstawić właśnie metodykę badawczą dotyczącą: badanego surowca, opisu autorskiego stanowiska badawczego oraz opisu prowadzonych badań. Taki rozdział mógłby powstać z połączenia części rozdziału piątego oraz z w/w informacji dotyczących metodyki badań zawartych w rozdziale szóstym.

W rozdziale tym, zarówno w części związanej z prezentacją metodologii badań jak i w części związanej z opisem otrzymanych wyników badań pojawia się dużo nieprecyzyjnych określeń, drobnych pomyłek Autora i „skrótów myślowych”. Brakuje

również jednostek wielkości przedstawionych we wzorach (5)-(7) oraz informacji skąd wzory te zostały zaczerpnięte. Mam również swoje zastrzeżenia do formy prezentacji wyników badań, przedstawionych w tym rozdziale (rysunki 38-52 oraz tabele 31-37). Szkoda również, że Doktorant nie pokusił się o wykonanie wykresów pokazujących pewne tendencję w zmianach mierzonych i obliczanych parametrów wraz ze zmianą bloku badawczego (punktu znamionowego) A, B, C i D. Zastrzeżenia te szczegółowo wskazałem w uwagach w kolejnym rozdziale.

W rozdziale siódmym Doktorant dokonał syntetycznego porównania parametrów uzyskiwanych na swojej wytwornicy wody ziemniczej pracującej z naturalnym czynnikiem chłodniczym – propanem, z wytwornicą włoskiej firmy Euroklimat pracującą również na propanie oraz z trzema innymi wytwornicami funkcjonującymi na rynku, pracującymi z syntetycznymi czynnikami chłodniczymi. Czytając ten rozdział mam spory niedosyt. Szkoda, że z wykonanego porównania nie płyną szersze wnioski dotyczące ewentualnych zalet lub wad zaprojektowanej, zbudowanej i przebadanej chłodnicy Doktoranta, w stosunku do chłodnic rynkowych (w szczególności do chłodnicy firmy Euroklimat, pracującej na tym samym czynniku chłodniczym).

W rozdziale ósmym zatytułowanym „8. Wnioski” Doktorant przedstawia swego rodzaju podsumowanie wynikające z obserwacji pracy zaprojektowanego przez siebie stanowiska z wytwornicą wody ziemniczej działającą na ekologicznym czynniku chłodniczym jakim jest propan, jak również otrzymane na podstawie badań przeprowadzonych na tym stanowisku. Według Doktoranta zbudowana chłodnica „...wykazuje stabilność w funkcjonowaniu, a także skutecznie wytwarza wodę w określonym zakresie temperatur i wydajności. Realizacja założeń projektowych obejmujących aspekty techniczne systemu, była skuteczna.” Jednakże Doktorant również przyznaje, że: „...projekt nie osiągnął zamierzonych wartości wymaganego współczynnika sezonowej sprawności energetycznej jak przedstawiono w tabeli 39 co stanowi istotny obszar do dalszego rozwoju.” Doktorant zauważa również, że: „Aby wytwornica mogła konkurować na poziomie rynkowych rozwiązań wymaga to dalszych badań w celu jej ulepszenia. niezbędne będzie dalsze inwestowanie w badania, które poprawią jej efektywność energetyczną i niezawodność.” Rozdział ten Doktorant powinien jednak zatytułować „Podsumowanie”, gdyż dokonał w nim bardziej podsumowania niż wypunktował tylko wnioski wysnute ze swoich badań. Poza tym w rozdziale tym Doktorant przedstawił również propozycje przyszłych poczynąń modernizacyjnych związanych z konstrukcją stanowiska jak i przyszłych badań, które są tożsame z informacjami przedstawionymi również w rozdziale dziewiątym.

W rozdziale dziewiątym „9. Kierunki dalszych badań” Doktorant zaproponował szereg ciekawych propozycji dalszych badań, tj. przede wszystkim kontynuowanie badań mających na celu: 1) osiągnięcie wysokich wskaźników współczynnika efektywności energetycznej SEPR wysokotemperaturowego przemysłowego agregatu chłodniczego, 2) zwiększanie efektywności energetycznej dla niskotemperaturowych rozwiązań. W tym celu zaproponował również pewne działania modernizacyjne zarówno w sferze konstrukcji przyszłych układów chłodniczych jak i w sferze ich sterowania. Rozdział ten zasługuje na szczególne podkreślenie, ze względu na to, iż Doktorant dostrzega potencjał zbudowanego stanowiska, widzi konieczność jego modernizacji jak i możliwość znacznego rozszerzenia prowadzonych w przyszłości przez siebie badań. Mam jednak zastrzeżenia, co do poprawności sformułowania kolejnych wypunktowanych propozycji badań. Zastrzeżenia te szczegółowo wskazałem w uwagach w kolejnym rozdziale.

Jako kolejny rozdział Doktorant prezentuje „10. Streszczenie” pracy. Moim zdaniem Doktorant nie powinien przedstawiać streszczenia jako kolejnego rozdziału. Poza tym streszczenie zwyczajowo powinno znajdować się na początku pracy.

W kolejnym – jedenastym rozdziale - Doktorant prezentuje spis literatury wykorzystanej w pracy. Literatura wykorzystana w rozprawie, składająca się z 46 pozycji w większości polskojęzycznych jak i zagranicznych (w spisie w pracy występuje 8 pozycji zagranicznych) odpowiada zagadnieniom poruszonym w pracy. **Aby spis literatury był bardziej czytelny Doktorant mógł go podzielić na pozycje w postaci: a) artykułów naukowych i pozycji książkowych, b) aktów prawnych, c) stron internetowych.** Poza tym spis powinien być przygotowany w kolejności alfabetycznej. Do przedstawionego spisu literatury można mieć sporo zastrzeżeń związanych z tym, iż przy części podanych pozycji brakuje informacji odnośnie np. autorów, nazwy wydawnictwa, nazwy czasopisma, numeru czasopisma, tytułu norm, itp. **Zastrzeżenia te szczegółowo wskazałem w uwagach w kolejnym rozdziale.**

W mojej opinii na uwagę i podkreślenie w pracy zasługuje:

1. Opracowanie koncepcji, zaprojektowanie, dokonanie doboru niezbędnych elementów składowych oraz aparatury pomiarowej autorskiego stanowiska badawczego - wytwornicy wody ziębniczej, do zastosowań gospodarczych i przemysłowych, pracującej na ekologicznym czynniku termodynamicznym – propanie R290.
2. Przeprowadzenie badań weryfikujących poprawność pracy stanowiska (dla czterech bloków badawczych), pozwalających na wyznaczenie mocy chłodniczej, współczynnika sezonowej sprawności energetycznej (SEPR) oraz współczynnika efektywności chłodniczej  $EER_{PL}(T_j)$ .
3. Przedstawienie swoich praktycznych rekomendacji (na podstawie przeprowadzonych badań i analizy pracy wytwornicy), co do przyszłych zmian konstrukcyjnych modernizowanych układów chłodniczych jak i ich sterowania, których zbadanie pozwoli na znalezienie najkorzystniejszych rozwiązań i parametrów pracy mogących poprawić sprawność energetyczną zespołu urządzeń, zwiększyć moc chłodniczą oraz rozszerzyć możliwości zastosowania palnych czynników chłodniczych.

#### 4. Uwagi krytyczne oraz dyskusyjne

Analizując przedstawioną do recenzji pracę, zauważyłem, że zarówno w części teoretycznej jak i badawczej można dostrzec sporo drobnych błędów redakcyjnych: brak przecinków (co zmienia czasami sens zdania), brak indeksów przy symbolach, brak kropek na koniec podpisu rysunków i tabel, brak nawiasów, brak wcięć w pierwszym wierszu niektórych nowych akapitów, w niektórych miejscach pracy pojawiają się różne odstępy między wierszami itp. W niektórych miejscach pracy np. w podpisach rysunków pojawia się inny rodzaj czcionki, w tabelach raz pojawia się tekst wyjustowany, innym razem niewyjustowany, itp.

Poniżej przedstawiam swoje uwagi, uchybienia oraz nieścisłości, które zauważyłem, w kolejności w jakiej występują w pracy:

Str. 3-5 – w spisie oznaczeń brakuje konsekwencji: oprócz spisu skrótów użytych w pracy, spisu oznaczeń gazów i czynników chłodniczych, występują również definicje, (np. Konwencja, Protokół, Chiller czy Retrofit). Konsekwencji brakuje również w kolejności przedstawiania w nim np. najpierw definicje, potem oznaczenia skrótów, potem oznaczenia gazów. Jest nieuporządkowana dowolność prezentacji kolejnych elementów spisu.

Str. 3-5 – w spisie oznaczeń brakuje wielu oznaczeń, które jednak w pracy występują: np. skrótów: ONZ, ErP, DX, VFD, czy oznaczeń gazów i związków: np.:  $CH_4$ ,  $N_2O$ ,  $NO_x$ ,  $SF_6$ , - str. 8-10 itd.

Str. 3-5 – w spisie oznaczeń brakuje symboli, które pojawiają się w pracy (tj. symboli pojawiających się w niektórych tabelach: w tab. 4, 5, 6, 7, 8, np. symbole  $T$ ,  $p$ ,  $d$  – w tab. 12, 13, 15, 17, 19 – str. 52-62, np. symbole  $t$ ,  $Q$ ,  $P_A$ ,  $P_D$  itd. występujące w tabeli 34 – str. 99, symboli pojawiających się w zależnościach (1) – (7) – str. 66-91).

Str. 3-5 – w wykazie oznaczeń brakuje przecinków na koniec każdego z wierszy.

Str. 8 – w ostatnim akapicie Autor podaje wzory chemiczne różnych substancji, w których jednak nie stosuje indeksów dolnych, podając np. CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> zamiast CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>. Podobne błędy występują również na innych stronach pracy np. str. 10, str. 13 itd.

Str. 10-23 – w rozdziale „2.1.2. Akty prawne” wielokrotnie pojawiają się nazwy rozporządzeń Parlamentu Europejskiego, Unii Europejskiej oraz Komisji Europejskiej. Brakuje na tych stronach konsekwencji w pisowni tych rozporządzeń. Autor raz pisze je jak nazwy własne, a innym razem całość nazw pisze wielkimi literami.

Str. 14 – na stronie tej pojawia się Tabela 1, jednak w tekście przed, ani pod Tabelą 1 nie pojawia się odsyłacz do niej. Poza tym jakość tekstu w tabeli jest bardzo słaba.

Str. 24 – w akapicie czwartym Autor wspomina o rys. 1 przedstawiającym zasadę działania sprężarki tłokowej. Jednak Doktorant nie opisuje w nim tej zasady. Wzmianki o zasadzie działania tejże sprężarki znajdują się w akapicie drugim i trzecim.

Str. 25 – w akapicie pierwszym Autor opisuje zasadę działania sprężarki spiralnej. Brakuje w nim odsyłacza do rysunku prezentującego tę zasadę. Jednak rysunek 2 znajduje się dwa akapity dalej. Poza tym jakość rysunku 2 jest bardzo słaba.

Str. 27 – na koniec akapitu pierwszego Autor wspomina o rys. 5 przedstawiającym sprężarkę dwuśrubową. Jednak rys. 5 pojawia się dopiero dwa akapity dalej – na kolejnej stronie.

Str. 27 – w akapicie trzecim Autor wspomina o rys. 6 przedstawiającym typową konfigurację odśrodkowego agregatu chłodniczego. Jednak rysunek 6 pojawia się dopiero cztery akapity dalej (2 strony dalej – na str. 29).

Str. 29 – w drugim akapicie (pod rysunkiem 6) na tej stronie (akapit kończy się na str. 30) Autor podaje dość dużo informacji popartych wartościami liczbowymi, jednak brakuje w nim odsyłacza do literatury.

Str. 31 – w drugim akapicie Autor wspomina o rys. 8 przedstawiającym budowę i zasadę działania skraplacza powietrznego. Jednak rysunek 8 pojawia się dwa akapity dalej – na kolejnej stronie.

Str. 32 – w ostatnim od dołu akapicie Autor wspomina o rys. 10 przedstawiającym budowę i zasadę działania skraplacza natryskowo-wyparnego. Jednak rysunek 10 pojawia się dwa akapity dalej – na kolejnej stronie.

Str. 36 – na stronie tej Autor prezentuje dwa rysunki – rys. 13 i 14. Jednakże w pierwszej kolejności prezentuje rys. 14, a dopiero potem rys. 13. Czy jest to pomyłka, czy działanie celowe? Z tekstu przed rysunkami 13 i 14 i pod rysunkami nie można tego wywnioskować.

Str. 37 – w ostatnim akapicie na stronie Autor pisze: „W tabeli 9 pokazano własności czynników zastępowanych...”, natomiast w podpisie tabeli 9 występuje: „...Własności czynników chłodniczych zastępujących”. Czy chodzi o te same czynniki?

Str. 39 – na stronie tej Autor odwołuje się do normy ISO-817:2014, jednakże normy tej brakuje w spisie literatury.

Str. 40 – wypunktowując klasy palności czynników Autor charakteryzuje ich poszczególne klasy. W przypadku czynników klasy 2 podaje ich trzy właściwości a), b) i c). W punkcie tym występuje dwa razy podpunkt c).

Str. 41 – podpis tabeli 10 znajduje się pod tabelą, zamiast nad tabelą.

Str. 42 – wielkość rysunku 15, a w szczególności czcionki tekstu na rysunku jest zdecydowanie za duża w stosunku do wielkości czcionki tekstu używanego w pracy.

Str. 73-75 – w rozdziale piątym, ale w szczególności na tych stronach kolejne akapity tekstu napisane są w różnych osobach: w pewnych miejscach Doktorant pisze: „... doktorant nadzorował wiele realizacji inwestycji dla przemysłu, podczas których dostrzegł ogromne zapotrzebowanie na wytwornice wody ziębniczej...”, innym razem z kolei pisze: „Do budowy stanowiska wybrano jedno z najnowocześniejszych systemów sterowania układem chłodniczym...”, czy też: „Zastosowano elektroniczny zawór rozprężny z silnikiem krokowym...”.

Str. 75 – w 6 wierszu od dołu strony Doktorant pisze: „Na kolejnym wykresie (24) zaprezentowano wydajność cieplną...”. Wspomniana „wydajność cieplna” przedstawiona jest jednak na rysunku 25.

Str. 76 – rysunki 24, 25, 26 są za małe i przez to są mało czytelne.

Str. 78-79 – rysunki 27 i 28 służące do doboru elektronicznego zaworu rozprężnego powinny być opatrzone odsyłaczami do pozycji literatury, z której taki zawór został dobrany.

Str. 80 – rysunek 29 służący do doboru wymiennika-parownika powinien być opatrzony odsyłaczem do pozycji literatury, z której taki parownik był dobrany. Poza tym rysunek ten bardziej wygląda na tabelę i tak też powinien być nazwany.

Str. 81 – rysunek 30 przedstawiający wykres Lindego dla przyjętych warunków pracy wytwornicy wody ziębniczej powinien być opatrzony odsyłaczem do pozycji literatury, z której był zaczerpnięty. Podobne uwagi mam do wykresu  $\log(p)$ - $h$  – rysunek 31.

Str. 85 – na tej stronie Doktorant przedstawia modele i parametry dobranych elementów aparatury pomiarowej. Brakuje jednak odsyłaczy do pozycji literatury (stron producentów), z których te elementy zostały dobrane.

Str. 89 – w drugim akapicie na tej stronie Autor pisze, że: „Na zaprojektowanym i wykonanym stanowisku badawczym przeprowadzono badania dla czterech warunków bloków temperaturowych zgodnie z założeniami zaprezentowanymi w tabeli 26”. Jednakże takie założenia Doktorant przedstawia w tabeli 31 na stronie 90.

Str. 90 – w objaśnieniach wielkości i symboli z zależności (5) i (6) ze str. 89, Doktorant powinien przedstawić obok objaśnień jednostki tych wielkości.

Str. 90 – tabela 31, przedstawiająca „Wytyczne obciążenia oraz warunki temperaturowe pracy wytwornicy wody ziębniczej służące do obliczania SEPR dla wysokotemperaturowych przemysłowych agregatów chłodniczych chłodzonych powietrzem” powinna być opatrzona odsyłaczem do pozycji literatury, z której wytyczne zostały zaczerpnięte.

Str. 91 – podpis rysunku 32 jest mało precyzyjny i przez to niezrozumiały.

Str. 91 – drugi akapit na tej stronie jest napisany bardzo chaotycznie i potocznym językiem.

W pierwszym zdaniu Doktorant pisze: „...wykonano badanie zgodnie z wytycznymi przy temperaturze otoczenia  $+35\text{ }^{\circ}\text{C}$ , zachowaniu temperatur zasilania wytwornicy wody ziębniczej  $+12\text{ }^{\circ}\text{C}$  i wyjścia  $+7\text{ }^{\circ}\text{C}$  z zachowaniem delty  $5\text{K}$  oraz obciążeniem  $100\%$ ”.

Poprawniej byłoby napisać: „...wykonano badanie zgodnie z wytycznymi przy temperaturze otoczenia  $+35\text{ }^{\circ}\text{C}$ , zachowaniu temperatury zasilania wytwornicy wody ziębniczej  $+12\text{ }^{\circ}\text{C}$  i temperatury wody na wyjściu  $+7\text{ }^{\circ}\text{C}$ , z zachowaniem różnicy temperatury z  $5\text{K}$  oraz wskaźnikiem obciążenia częściowego  $100\%$ ”. Natomiast w czwartym zdaniu akapitu

Doktorant pisze: „W trakcie przebiegającego badania trwającego czas  $60\text{ minut}$ , rysunek nr 35 przedstawia wyniki poboru mocy elektrycznej, mocy chłodniczej obliczonej na podstawie wzoru 6 oraz współczynnika wydajności chłodniczej  $EER_{DCA}$  dla punktu znamionowego A”.

Znacznie poprawniej byłoby napisać: „Na rysunku nr 35 przedstawiono wyniki poboru mocy elektrycznej, mocy chłodniczej obliczonej na podstawie wzoru 6 oraz współczynnika wydajności chłodniczej  $EER_{DCA}$  dla punktu znamionowego A, w trakcie badania trwającego  $60\text{ minut}$ ”. Podobne uwagi, co do jakości opisów uzyskanych wyników i użytego języka mam również do innych akapitów w tym rozdziale. Poza tym na tej stronie jak i na kolejnych

stronach tego rozdziału da się zauważyć zastosowanie przez Doktoranta różnych czasów w poszczególnych zdaniach i akapitach opisu wyników.

Str. 91 – w zdaniu czwartym drugiego akapitu Doktorant twierdzi, że: „wyniki poboru mocy elektrycznej, mocy chłodniczej przedstawione są na rysunku nr 35”, podczas gdy takie zależności przedstawione są na rysunku 38.

Str. 91 – obok zaprezentowanej na tej stronie zależności (6) oraz w objaśnieniach wielkości i symboli z zależności Doktorant powinien przedstawić jednostki tych wielkości. Poza tym Doktorant błędnie oznaczył tę zależność jako (6) zamiast (7). Numer (6) pojawił się już przy zależności na str. 89.

Str. 92 – na rysunku 38 Doktorant przedstawia na górze rysunku tytuł wykresu. Podane w tytule rysunku informacje znajdują się również w jego podpisie, w związku z tym podawanie go dodatkowo na rysunku nie jest konieczne, a nawet niepotrzebne i zawęża obszar rysunku. Podobne uwagi mam do kolejnych rysunków w tym rozdziale (rys. 39 – str. 93, rys. 40 i 41 – str. 94, rys. 42 – str. 95, rys. 43 – str. 96, rys. 44 i 45 – str. 97, rys. 46 i 47 – str. 101, rys. 49 i 50 – str. 106, rys. 51 i 52 – str. 108). **Poza tym patrząc na w/w wykresy w tym rozdziale można zauważyć różne odcinki czasowe, różne podziałki pomiędzy kolejnymi wartościami przyjętymi do zobrazowania czasu na osi poziomej tych wykresów. Z czego wynika takie zróżnicowanie? Czy jest to świadoma decyzja Doktoranta, czy też wynikała z nieuwagi? Najrozsądniejsze byłoby wprowadzić jednolitą podziałkę na wszystkich wykresach.**

Str. 92 – podpis rysunku 38: „Wykres badania efektywności energetycznej dla stanowiska badawczego przy temperaturze otoczenia  $+35^{\circ}\text{C}$ ” jest mało precyzyjny. Precyzyjniej i poprawniej byłoby: „Przebieg zmian efektywności energetycznej stanowiska badawczego (wytwornicy wody żiębniczej) w czasie, przy temperaturze otoczenia  $+35^{\circ}\text{C}$ ”. Podobne uwagi co do precyzji podpisów rysunków mam również do pozostałych rysunków w tym rozdziale, przedstawiających wyniki badań.

Str. 93 – większość podpisu przedstawionego tej stronie Rysunku 39 Doktorant napisał dużymi literami, podczas gdy większość innych rysunków małymi. Czy to działanie zamierzone? Podobne uwagi mam również do podpisów: rys. 41- str. 94, rys. 45- str. 97, rys. 52- str. 108.

Str. 100 – w ostatnim zdaniu pierwszego akapitu Doktorant napisał: „Rysunek 46 przedstawia, że w godzinowym badaniu temperatura ciśnienia parowania wahała się od  $+4,6^{\circ}\text{C}$  do  $+6,0^{\circ}\text{C}$  a odchyłka standardowa wyniosła  $0,3^{\circ}\text{C}$ ”. Precyzyjniej i poprawniej byłoby napisać: „Z przedstawionego na rysunku 46 przebiegu wynika, że w trakcie godzinowego okresu badania temperatura odpowiadająca ciśnieniu parowania wahała się od  $+4,6^{\circ}\text{C}$  do  $+6,0^{\circ}\text{C}$ , a odchylenie standardowe wyniosło  $0,3^{\circ}\text{C}$ ”. Podobne uwagi, co do strony językowej opisów wyników badań mam również do innych akapitów w tym rozdziale.

Str. 102 – rysunek 48 powinien być opatrzony odsyłaczem do pozycji literatury.

Str. 102 – przedstawione w drugim i trzecim akapicie informacje to informacje typowe do rozdziału „Metodyka badawcza”.

Str. 106 – oznaczenia kolejnych wartości przedstawionych na Rysunek 50 zostały przesunięte na obszar wykresu. Czy celowo? Podobne przesunięcie można dostrzec na rys. 52 – str. 108.

Str. 109 – informacje przedstawione w pierwszym zdaniu drugiego akapitu: „Poniżej przedstawiono na podstawie tabeli 38 szczegółowe porównanie badawczej wytwornicy wody żiębniczej z czterema wytwornicami rynkowymi:...” są powtórzeniem informacji z drugiego zdania pierwszego akapitu: „Dane, na których oparto porównanie, znajdują się w tabeli 38.”.

Str. 110 – w piątym akapicie Doktorant pisze „Zestawiono w punkcie 4 tabeli 38 czynniki chłodnicze pracujące z wytwornicami wody żiębniczej. Wnioskować można, że od 2027 roku wystąpi zakaz stosowania czynników dla agregatu Trane RTAD oraz Euroklimat EKS B, od 2032 roku dla agregatu Carrier. Propan i inne czynniki chłodnicze - węglowodory będą

*mogły być stosowane bez ograniczenia czasowego.*" Z tabeli 38 wcale nie wynika, to co Doktorant napisał w drugim zdaniu tego akapitu.

Str. 111 – w drugim od dołu zdaniu Doktorant mylnie podaje numer tabeli 37, zamiast 38.

Str. 111 – w tabeli 39, w jej punkcie 1 i 2 Doktorant podając wartości SEPR powinien powołać się na pozycje literatury skąd pochodzą podane wartości tych współczynników.

Str. 112 – w trzecim zdaniu drugiego akapitu Doktorant pisze: „*Urządzenie nie osiągnęło wymaganej wartości współczynnika SEPR, co może wynikać z kilku czynników.*” Użycie słowa „*czynników*” w tym zdaniu jest trochę mylące dla Czytelnika, gdyż w pracy Doktorant pod tym pojęciem wielokrotnie odwoływał się czynników/ziębiw, którymi wypełniony jest układ chłodniczy. Poprawniej byłoby użyć w tym zdaniu słowa „*powodów*”.

Str. 114 – w trzecim zdaniu pierwszego akapitu Doktorant proponując kierunki dalszych badań pisze: „*Kolejnym kierunkiem badań wytwornicy wody ziębniczej jest zwiększanie efektywności energetycznej dla niskotemperaturowych rozwiązań. Można to uzyskać dzięki:*

- *różnorodności wytwornic pod względem mocy chłodniczych, ...*”.

Takie sformułowanie jest mało precyzyjne. Mało precyzyjne są również sformułowania kolejnych wypunktowanych propozycji. Poprawniej byłoby przed rozpoczęciem wypunktowywania propozycji napisać: „*...Można to uzyskać poprzez badania nad:*

- *zastosowaniem w układach chłodniczych wytwornic o różnych mocach chłodniczych, ...*”.

Str. 114 – w ostatnim akapicie Doktorant podsumowując kierunki dalszych badań pisze: „*Powyższe działania znacząco poprawią sprawność energetyczną zespołu urządzeń, zwiększą moc chłodniczą oraz rozszerzą możliwości zastosowania palnych czynników chłodniczych...*”.

Autor przed przeprowadzeniem badań nie ma pewności osiągnięcia w/w efektów. Poprawniej byłoby napisać: „***Powyższe działania pozwolą na znalezienie najkorzystniejszych rozwiązań i parametrów pracy mogących poprawić sprawność energetyczną zespołu urządzeń, zwiększyć moc chłodniczą oraz rozszerzyć możliwości zastosowania palnych czynników chłodniczych ...***”.

Str. 117 – pozycja [1] spisu literatury napisana jest całkowicie dużymi literami. Dlaczego? Podobne uwagi mam do pozycji [5], [30].

Str. 117 – w pozycji [1] brakuje informacji o wydawnictwie.

Str. 117 – w pozycji [12] brakuje informacji o autorze.

Str. 117 – w pozycji [12] tytuł pozycji jest wyróżniony znakiem cudzysłów („”), podczas gdy większość tytułów w spisie jest zapisana bez tego wyróżnienia. Podobne uwagi mam do pozycji [34] i [37].

Str. 117 – w pozycji [15] Doktorant podając autorów jako pierwsze podaje nazwisko autora, a dopiero potem pierwszą literę imienia, podczas gdy w większości pozycji najpierw podawane są pierwsze litery imienia, a dopiero potem nazwisko. Podobne uwagi mam do pozycji [18], [19], [33], [40].

Str. 117 – w pozycji [19] Doktorant podaje pełne imiona autorów, podczas gdy w większości pozycji podawane są tylko pierwsze litery imienia. Podobne uwagi mam do pozycji [38].

Str. 117 – w pozycji [19] Doktorant podaje tytuł pozycji w całości dużymi literami, podczas gdy w większości pozycji tytuły podawane są małymi literami.

Str. 118 – w pozycji [23] Doktorant podaje nazwiska autorów całkowicie dużymi literami, podczas gdy w większości pozycji tylko pierwsza litera nazwiska jest podawana jako duża.

Str. 118 – w pozycji [26] Doktorant przez nieuwagę wstawił na początku wpis „*Wieland Available*”, podczas gdy odnośnik do podawanej strony nie dotyczy firmy Wieland.

Str. 118 – w pozycji [32] Doktorant przez nieuwagę wstawił na początku wpis „*Available*”.

Str. 119 – w pozycjach [41-44] Doktorant nie precyzuje jakich urządzeń dotyczą podawane karty katalogowe. Podaje tylko nazwę firmy i model urządzenia, bez jego nazwy.

**Po przeanalizowaniu zarówno osiągnięć Doktoranta przedstawionych w rozprawie jak i niedociągnięć w niej zauważonych, rozprawę oceniam pozytywnie.**

#### 4. Podsumowanie

Mając na uwadze złożony charakter procesów chłodniczych zachodzących podczas wytwarzania wody ziemniczej w wytwornicach z naturalnym czynnikiem chłodniczym, wynikający z dużej ilości różnorodnych czynników (rodzaj zastosowanego czynnika chłodniczego, rodzaju i jakości zastosowanych materiałów konstrukcyjnych, rodzaju i jakości komponentów do budowy układu chłodniczego itd.) wpływających na przebieg schładzania, na wartości mocy chłodniczej, wartości współczynnika sezonowej sprawności energetycznej oraz współczynnika efektywności chłodniczej, uznaję, że praca doktorska mgr inż. Sebastiana Śniegowskiego wnosi oryginalny wkład naukowy, szczególnie istotny zarówno pod względem naukowym jak i dla praktyki przemysłowej, w chłodnictwie przemysłowym, gospodarczym, klimatyzacji budynków użyteczności publicznej oraz w procesach technologicznych, które wymagają precyzyjnej kontroli temperatury.

Na podstawie przedłożonej rozprawy doktorskiej stwierdzam, że mgr inż. Sebastian Śniegowski wykazał się dużą wiedzą zarówno naukową jak i techniczną. Opracowanie koncepcji stanowiska badawczego (wytwornicy wody ziemniczej, do zastosowań gospodarczych i przemysłowych, pracującej na ekologicznym czynniku termodynamicznym – propanie R290), jego zaprojektowanie, wykonanie i oprzyrządowanie w aparaturę pomiarową, przeprowadzenie badań weryfikujących poprawność pracy stanowiska oraz pozwalających na wyznaczenie mocy chłodniczej, współczynnika sezonowej sprawności energetycznej oraz współczynnika efektywności chłodniczej, dokonanie analizy uzyskanych wyników badań, świadczą o umiejętności samodzielnego prowadzenia badań naukowych oraz o dużej wiedzy Doktoranta.

Stwierdzam, że praca doktorska mgr inż. Sebastiana Śniegowskiego pt.: **„Projekt, wykonanie oraz badania wytwornicy wody ziemniczej, do zastosowań gospodarczych i przemysłowych, pracującej na ekologicznym czynniku termodynamicznym”**, spełnia wymagania stawiane rozprawom doktorskim określone w Ustawie „Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce” z dn. 30 sierpnia 2018 r. (Dz.U. z 2020 r. poz. 85 z późniejszymi zmianami) i wnoszę o dopuszczenie Autora do jej publicznej obrony.

