

Porównanie efektów nauczania przed i w czasie nauki zdalnej spowodowanej pandemią SARS-CoV-2 na przykładzie przedmiotu *Metrologia*

1. Wstęp

Tytuł VI Kongresu *Metrologii* organizowanym przez Politechnikę Świętokrzyską w 2013 roku brzmiał „*Metrologia królową badań stosowanych*” [1]. Hasło to idealnie odzwierciedla znaczenie metrologii jako nauki zarówno w badaniach, jak i w życiu codziennym. Jako dziedzina dotycząca pomiarów, opisuje zagadnienia teoretyczne i praktyczne związane z pomiarami, bez względu na gałąź nauki czy techniki [2]. Obejmuje zatem swym zasięgiem wszystkie dziedziny życia: ważenie, pomiar długości, odmierzanie czasu, objętości, pomiar temperatury czy prędkości [3]. Oczywiście w zależności od dziedziny, wykształciły się różne narzędzia optymalne (tj. niezawodne, wygodne i tanie) dla poszczególnych grup zawodowych. Innych narzędzi i miar używa się w przemyśle, innych w badaniach naukowych [4].

Z uwagi na charakterystykę dziedzin naukowych badań prowadzonych na Politechnice Gdańskiej, nauczanie metrologii jest ograniczone i skupia się na typowych problemach związanych z miernictwem elektrycznym i elektrotechnicznym [5]. Na Wydziale Elektroniki, Telekomunikacji i Informatyki zagadnienia te są omawiane w ramach przedmiotu *Metrologia*. Poruszana tematyka stanowi podstawy pozostałych przedmiotów nauczanych w trakcie całego programu studiów. Można ją porównać z bazą, jaką daje nauka dodawania na matematyce w szkole podstawowej: to wstęp do mnożenia, logarytmów, ciągów i całek.

Niniejsza praca przedstawia badania nad skutecznością nauczania przedmiotu *Metrologia* w trybie stacjonarnym przed pandemią SARS-CoV-2 oraz w trybach zdalnym i hybrydowym w trakcie trwania pandemii. Analizie poddana została efektywność nauczania na wykładzie oraz na wybranych ćwiczeniach z zajęć praktycznych, w których studenci oceniani byli przez komputer. Rozważania mają na celu określenie, w jaki sposób zmiana sposobu nauczania miała wpływ na jego rezultaty i czy osiągnięty efekt spełnia oczekiwania prowadzących zajęcia.

2. Metrologia przed i w trakcie pandemii

Z uwagi na charakter kierunku studiów, rozpatrywany przedmiot obejmuje swoją tematyką głównie zagadnienia dotyczące pomiarów elektrycznych [6], takich jak:

- pomiary napięć i prądów stałych i zmiennych;
- pomiary rezystancji, pojemności, indukcyjności;
- cyfrowe metody pomiarów częstotliwości niskich i wysokich;
- cyfrowe metody pomiaru przedziałów czasu i fazy.

¹ sylwia.babicz@eti.pg.edu.pl, Katedra Metrologii i Optoelektroniki, Wydział Elektroniki, Telekomunikacji i Informatyki, Politechnika Gdańska, www.pg.edu.pl.

W celu zaznajomienia studentów z metodami dokonywania takich pomiarów należy ich zapoznać z podstawowymi narzędziami pomiarowymi, takimi jak:

- mierniki analogowe, na przykładzie multimetru magnetoelektrycznego [7];
- przetworniki, na przykładzie integracyjnego przetwornika analogowo-cyfrowego (AC) z podwójnym całkowaniem;
- przetworniki analogowo-cyfrowe bezpośredniego porównania równoległego i szeregowo-równoległego;
- multimetry cyfrowe, na przykładach mierników przenośnych i laboratoryjnych;
- oscyloskopy, na przykładzie oscyloskopów analogowego i cyfrowego;
- wzorce miar, na przykładzie rezystora wzorcowego.

Efektom nauczania przedmiotu powinna być znajomość podstawowych terminów metrologicznych [8] i metod pomiarowych. Student powinien umieć ściśle definiować wielkość mierzoną (menzurand) i przedstawiać wyniki pomiarów zgodnie z zaleceniami Międzynarodowego Układu Jednostek Miar SI [9], z zastosowaniem prawidłowych oznaczeń oraz przedrostków do tworzenia wielokrotnych i podwielokrotnych jednostek miar. Student powinien analizować błędy systematyczne w pomiarach bezpośrednich i pośrednich [10] oraz znać przyczyny niepewności pomiarowej oraz sposoby jej minimalizacji w trakcie pomiarów. Finalnie powinien znać metody wyznaczania i oceny niepewności pomiarów metodą typu A i metodami typu B. Kolejnym efektem nauczania powinna być znajomość budowy oraz właściwości metrologicznych przyrządów do pomiaru podstawowych wielkości elektrycznych, zasad działania przetworników analogowo/cyfrowych oraz metod konstruowania systemów pomiarowych [11].

Jak widać, tematyka przedmiotu jest bardzo rozległa. Z uwagi na mocno limitowany czas, wykładowcy są zmuszeni do ograniczonego zagłębiania się w każdy temat. Co więcej, bazują na wiedzy teoretycznie nabytej w szkole średniej, takiej jak znajomość prawa Ohma, reguły Fleminga, praw Coulomba, Kirchhoffa czy Thevenina [12, 13]. Jak się okazuje w praktyce, zaufanie do zdobytej przez uczniów wiedzy w szkole średniej powinno być ograniczone. Braki te skutkują dużymi trudnościami w zrozumieniu zagadnień przedstawianych na *Metrologii*. Stanowi to problem nie tylko dla studentów, ale i wykładowców. Ograniczony czas zajęć i konieczność przedstawienia zagadnień podstawowych są nie do pogodzenia i czynią nierealnym skupienie się na właściwej tematyce przedmiotu. W efekcie wykładowcy muszą zaniechać wyjaśniania zagadnień podstawowych i skupić się na właściwej tematyce zajęć, co z kolei może stanowić dla studentów problem ze zrozumieniem wykładanych treści i negatywny stosunek do przedmiotu.

Przedmiot *Metrologia* nauczany jest dwuetapowo: w formie wykładu mającego za zadanie przybliżyć studentom zagadnienia teoretyczne oraz sposoby dokonywania pomiarów i ich analizy. Wstęp ten ma przygotować ich do zajęć praktycznych na laboratorium w kolejnym semestrze. Ponieważ jest to przedmiot będący podstawą kolejnych etapów nauki, przeprowadzany jest na niskich rocznikach: wykład w semestrze trzecim, a laboratorium w trakcie semestru czwartego. Podział przedmiotu na dwa semestry może mieć dwojaki skutek – z jednej strony przybliżenie zagadnień w sposób teoretyczny powinno wyrównać braki studentów z nauczania w szkole średniej i przygotować ich możliwie najlepiej do zajęć praktycznych poprzez wyjaśnienie zasad działania przyrządów i sposobów przeprowadzania pomiarów, a z drugiej strony powoduje rozdźwięk

między teorią i praktyką w postaci długiej przerwy czasowej, trwającej około pięć miesięcy (od połowy semestru letniego, do października). Ta długa przerwa między zajęciami teoretycznymi a praktycznymi powoduje, że studenci postrzegają *Metrologię* w semestrze letnim i *Metrologię* w semestrze zimowym jako dwa osobne przedmioty, które się ze sobą nie łączą. W takim przekonaniu może ich utwierdzić fakt, że otrzymują z tych zajęć dwie niezależne oceny. Należałoby ocenić, na ile możliwe jest przeprowadzenie obu typów zajęć w jednym semestrze. Jest to zadanie bardzo trudne dla prowadzących, gdyż nie mogą oni dopuścić do zajęć praktycznych studentów, którzy nie zaznajomili się wcześniej z teorią. Zatem wykład musiałby być w dalszym ciągu przeprowadzany do połowy semestru letniego, a od połowy należałoby przeprowadzić zajęcia praktyczne. W tym momencie napotykamy na duży problem organizacyjny: zajęcia praktyczne przeprowadzane dotąd w ciągu całego semestru zimowego musiałby zostać skumulowane jedynie w połowie semestru letniego. Czy takie obciążenie godzinowe i tematyczne studentów przyniosłoby lepszy efekt kształcenia? Na to pytanie ciężko odpowiedzieć, a działania eksperymentalne na „żywym organizmie”, jakim jest grupa ok. 400 studentów są ryzykowne i mogą być dla nich krzywdzące, o czym przekonaliśmy się prowadząc zajęcia w czasie pandemii.

Wykład z przedmiotu *Metrologia* w semestrze trzecim studiów stacjonarnych prowadzony jest na kierunkach:

- *Elektronika i Telekomunikacja* – około 150 osób;
- *Automatyka, Cybernetyka i Robotyka* – około 80 osób;
- *Inżynieria Biomedyczna* – około 60 osób.

Ponadto podobny wykład, o nieco zmienionej tematyce jest prowadzony jako część bloku zajęć stanowiącego połowę godzin przeznaczonych na przedmiot *Podstawy Elektroniki i Metrologii* na kierunku *Informatyka* (około 180 osób). Niniejsze badania, dotyczące efektów nauczania na wykładzie, dotyczą dwóch grup studentów, kształcących się na kierunku *Elektronika i Telekomunikacja*, gdyż to ci studenci w semestrze letnim roku akademickiego 2018/2019 mieli zajęcia dokładnie z tymi samymi prowadzącymi, co ich następcy w semestrze letnim roku akademickiego 2019/2020.

Na wykład przeznaczono 15 h lekcyjnych (45 minut) przeprowadzanych przez pierwsze 7 tygodni semestru w blokach dwugodzinnych. Godziny wykładowe dzielone po połowie są między dwóch prowadzących. Po zakończeniu wykładów po około dwóch tygodniach studenci podzieleni na grupy osiemnastoosobowe przychodzą do sali komputerowej i przy prowadzących rozwiązują test zaliczeniowy. Test obejmuje 30 pytań (15 od każdego z prowadzących) wielokrotnego wyboru, typu „wszystko albo nic”, czyli jeśli w danym pytaniu poprawne są odpowiedzi B i C, to zaznaczając tylko taką właśnie kombinację odpowiedzi, można otrzymać 1 punkt. Zaznaczenie jakiegokolwiek innej kombinacji powoduje nieprzydzielenie punktu. Piętnaście pytań od pierwszego prowadzącego (oznaczonego jako *P1*) jest losowanych spośród 44 pytań. Pytania od drugiego prowadzącego (oznaczonego jako *P2*) losowane są spośród 33 pytań.

Zajęcia praktyczne z *Metrologii* obejmują spotkanie organizacyjne oraz sześć spotkań (ćwiczeń), na których studenci dokonują pomiarów. Spotkania mają miejsce co drugi tydzień po 4 h lekcyjne, czyli 3 h zegarowe (zajęcia są prowadzone bez przerw). Na całkowitą punktację składają się trzy elementy na każdym ćwiczeniu:

- przygotowanie do zajęć weryfikowane przez prowadzących według ich uznania (mały sprawdzian pisemny lub odpowiedź ustna) – 4 pkt;
- praca na zajęciach – 4 pkt;
- sprawozdanie z wykonanych pomiarów wraz z analizą wyników przesyłane w ciągu 7 dni od daty wykonywanego ćwiczenia – 2 pkt.

Taki kształt punktacji miał za zadanie zmobilizować studentów do przygotowania się do zajęć. Prowadzący wyszli z założenia, że dobre przygotowanie do zajęć pomoże studentom w zrozumieniu ćwiczeń i usprawni ich pracę na laboratorium. Znaczny udział pracy na zajęciach w punktacji ma za zadanie uczulić studentów na sumienne wykonywanie ćwiczeń. Ich uważność i staranność na laboratorium powinna mieć przełożenie na takie postępowanie w przyszłej inżynierskiej praktyce. Niska punktacja za sprawozdanie ma za zadanie zniechęcić studentów do nieuczciwego przysyłania plagiatów, a jednocześnie dać szansę ambitniejszym studentom na uzyskanie wyższej oceny będącej efektem ich pogłębionej analizy wykonanych przez siebie pomiarów.

3. Metrologia w czasie pandemii

3.1. Wykład

Pojawienie się w Europie koronawirusa SARS-CoV-2 w diametralny sposób zmieniło sposób nauczania na studiach wyższych. Od 16 marca 2020 roku tradycyjne zajęcia na uczelniach wyższych zostały zawieszane, a ich miejsce zajęły zajęcia zdalne [14]. W semestrze letnim roku akademickiego 2019/2020 Politechnika Gdańska zawiesiła całkowicie zajęcia stacjonarne. Dopiero w czerwcu zostały przeprowadzone szcztątkowe zajęcia stacjonarne, których brak realizacji mógłby mieć znaczący wpływ na efekty kształcenia. Takich przypadków było jednak bardzo mało i nie obejmowały wykładów i projektów, a jedynie zajęcia laboratoryjne, których studenci nie mogli zrealizować zdalnie.

Pandemia postawiła przed prowadzącymi nowe wyzwania, które w obliczu innych obowiązków (naukowych), braku precyzyjnych wytycznych oraz ciągłej niepewności stanowiły ogromną przeszkodę w realizacji zajęć, szczególnie laboratoryjnych. Semestr letni roku akademickiego 2019/2020 obejmował jednak wykład, co zmniejszyło „koszty” pandemii. Do tej pory studenci oprócz możliwości uczestnictwa w wykładzie otrzymywali od prowadzących *P1* i *P2* slajdy z treścią wykładu. Ponadto prowadzący *P1* udostępniał zadania obliczeniowe do samodzielnego rozwiązania, listę stron internetowych z animacjami oraz samodzielnie nagrane filmy prezentujące działanie przyrządów, które stanowiły integralną część wykładu i były omawiane w trakcie jego trwania. Przed wprowadzeniem obostrzeń sanitarnych, w pierwszym tygodniu semestru, studenci mieli okazję uczestniczyć w tradycyjnym wykładzie stacjonarnym w wymiarze 2 h lekcyjnych (90 minut) dot. wstępu teoretycznego z prowadzącym *P1*. Zwykle takowy wstęp teoretyczny zajmował jeszcze 1 h lekcyjną (45 minut), czyli w sumie 135 minut. Z nastaniem obostrzeń prowadzący *P1* nagrał ponownie przeprowadzony stacjonarnie wykład uzupełniając go o dodatkową godzinę lekcyjną i zadania uzupełniające, których w systemie stacjonarnym nie miał czasu omówić. W rezultacie studenci otrzymali 185 minut wykładu, czyli o 50 minut więcej niż dotychczas studenci studiujący stacjonarnie. Temat drugi prowadzącego *P1* obejmuje multimetry i do tej pory zajmował około 2,5 h lekcyjnej (110 minut). Wykład udostępniony studentom w formie zdalnej

obejmował 178 minut, czyli o 68 minut więcej. W dodatkowym czasie prowadzący *P1* zgłębił zagadnienia doboru zakresu, czasu integracji, zamiany przedrostków oraz nomenklatury anglosaskiej zapisu liczb. Trzeci temat wykładu prowadzącego *P1* dotyczący pomiarów oscyloskopowych zwykle zajmował 2 h lekcyjne (90 minut), jednak w formie zdalnej został rozszerzony o dodatkowe 30 minut do 120 minut. Ostatnie, najkrótsze zagadnienie dotyczące systemów pomiarowych zajmowało około 20 minut wykładu i jego długość w formie zdalnej nie uległa zmianie. W rezultacie studenci otrzymali od prowadzącego *P1* dodatkowo 148 minut wykładu. Wykłady zostały udostępnione w powszechnym serwisie internetowym do wielokrotnego odtwarzania. Miało to na celu umożliwić studentom kilkukrotne obejrzenie nagrań, zrobienie notatek i swobodne przyswajanie wiedzy. Ze statystyk udostępnionych przez serwis wykłady zostały odtworzone w liczbie:

- wykład 1: *Wstęp* – 368 razy;
- wykład 2: *Multimetry* – 411 razy;
- wykład 3: *Oscyloskopy* – 290 razy;
- wykład 4: *Systemy pomiarowe* – 153 razy.

Należy przy tym pamiętać, że liczone jest nawet niepełne obejrzenie wykładu i odświeżenie strony internetowej. Ponadto, do tych samych nagrań mieli dostęp studenci trzech innych kierunków (*Automatyka, Cybernetyka i Robotyka, Inżynieria Biomedyczna i Informatyka*), którzy stanowią około 70% liczby studentów (470 osób) na wykładzie *Metrologia*. Warto zwrócić uwagę na fakt że statystycznie żaden wykład nie został obejrzany przez każdego studenta chociaż raz.

Prowadzący *P2* udostępnił jedynie slajdy ze swoimi tematami. Zatem jego tematy nie zostały studentom przedstawione w formie wykładu online czy też nagrania.

3.2. Laboratorium

Sposób przeprowadzenia zajęć praktycznych stanowił dla prowadzących dużo większe wyzwanie. Z powodu reżimu sanitarnego w sali laboratoryjnej może przebywać nie szesnaścioro, a ośmioro studentów. Zatem zamiast dotychczasowych dziesięciu grup laboratoryjnych należało stworzyć ich dwadzieścia. Jednocześnie nie zwiększono liczby terminów spotkań z prowadzącymi. W efekcie z każdy student mógłby zrealizować co najwyżej trzy z sześciu ćwiczeń. Ponadto zajęcia praktyczne miały się zacząć nie z początkiem semestru, a w jego połowie, co dodatkowo ograniczyło liczbę spotkań stacjonarnych do maksymalnie dwóch. Prowadzący zdecydowali się na skrócenie programu ćwiczeń 1-4 i przeprowadzeniu pierwszych dwóch na pierwszym spotkaniu ze studentami i kolejnych dwóch na drugim spotkaniu ze studentami. Materiał miały uzupełniać prace domowe online, które w zamyśle prowadzących miały studentów przygotować do zajęć stacjonarnych i zostać oddane do połowy semestru, czyli przed zajęciami praktycznymi. Ćwiczenia 5 i 6 nie mogły być w żaden sposób przeprowadzone stacjonarnie, a więc zostały zastąpione pracami domowymi opartymi o symulacje.

Porównanie sposobu punktacji przed i w trakcie pandemii zostało przedstawione w tabeli 1. Dalszej analizie będą podlegały jedynie te aspekty zajęć praktycznych, które były oceniane przez komputer: praca na zajęciach na ćwiczeniu 1, test na ćwiczeniu 4 i praca na zajęciach na ćwiczeniu 4 – te elementy oceny pozostały niezmienione względem zajęć stacjonarnych (za wyjątkiem zakresu materiału, który w czasie pandemii

został zmniejszony przez skrócenie o połowę czasu zajęć). Istotne jest, aby porównywać te elementy, które są oceniane bezstronnie przez program komputerowy. Oczywiście jest, że ocena przygotowania do zajęć (testu), pracy na zajęciach czy sprawozdania może być nacechowana subiektywizmem. Nie ma w tym zlej woli prowadzących zajęcia, jest to efekt naturalny. Z tego powodu dalszej analizie poddano jedynie te elementy, które bezspornie są analogiczne dla studentów studiujących w czasie studiów stacjonarnych (przed pandemią) i hybrydowych (w trakcie pandemii).

Tabela 1. Sposób punktacji zajęć praktycznych na przedmiocie *Metrologia* przed i w trakcie pandemii [opracowanie własne]

	Przed pandemią	W trakcie pandemii
Ćwiczenie 1	Test: 4 pkt Praca na zajęciach*: 4 pkt Sprawozdanie: 2 pkt	Praca domowa*: 3 pkt Test: 3 pkt Praca na zajęciach*: 4 pkt Sprawozdanie: 1 pkt
Ćwiczenie 2	Test: 4 pkt Praca na zajęciach: 4 pkt Sprawozdanie: 2 pkt	Praca domowa*: 3 pkt Test: 3 pkt Praca na zajęciach: 4 pkt Sprawozdanie: 1 pkt
Ćwiczenie 3	Test: 4 pkt Praca na zajęciach: 4 pkt Sprawozdanie: 2 pkt	Praca domowa*: 3 pkt Test: 3 pkt Praca na zajęciach: 4 pkt Sprawozdanie: 1 pkt
Ćwiczenie 4	Test*: 4 pkt Praca na zajęciach*: 4 pkt Sprawozdanie: 2 pkt	Praca domowa*: 3 pkt Test*: 3 pkt Praca na zajęciach*: 4 pkt Sprawozdanie: 1 pkt
Ćwiczenie 5	Test: 4 pkt Praca na zajęciach: 4 pkt Sprawozdanie: 2 pkt	Praca domowa: 10 pkt
Ćwiczenie 6	Test: 4 pkt Praca na zajęciach: 4 pkt Sprawozdanie: 2 pkt	Praca domowa: 10 pkt

*oceniane przez komputer

Ważnym jest omówienie różnic w sposobie oceniania pracy na zajęciach na ćwiczeniach 1 i 4. Na ćwiczeniu 1 student otrzymuje punkt za każdy bezbłędny element wykonania zadania. Tymczasem na ćwiczeniu 4 student może uzyskać za dane zadanie pewną liczbę punktów, która jest pomniejszana za każdorazowy błąd w trakcie jego wykonywania. W związku z tym jeśli w ćwiczeniu 1 student trzy razy źle policzył błąd bezwzględny, nie zostaną mu przyznane punkty za ten element. Jeśli jednak trzy razy pomyli się na ćwiczeniu 4 w obliczeniu rozdzielczości, trzykrotnie zostanie mu odjętych 20% punktów możliwych jeszcze do zdobycia za to zadanie. Niemniej nie można pomniejszyć liczby punktów możliwych do zdobycia za zadania już wykonane lub jeszcze niezaczęte. Można stracić punkty możliwe do zdobycia w obrębie jednego zadania i nie można otrzymać punktów ujemnych. Zatem ocenianie na ćwiczeniu 4 jest bardziej rygorystyczne i wymaga od studentów większej uważności. Ma to swoje

uzasadnienie: dla prowadzących oczywistym jest, że ćwiczenie 1 jest dla studentów swego rodzaju wyzwaniem – to ich pierwszy kontakt ze sprzętem. Na ćwiczeniu 4 można już od studentów wymagać większej wiedzy, staranności i uważności. Ćwiczenie 1 ma być wstępem i przygotowaniem przed bardziej wymagającym ćwiczeniem 4.

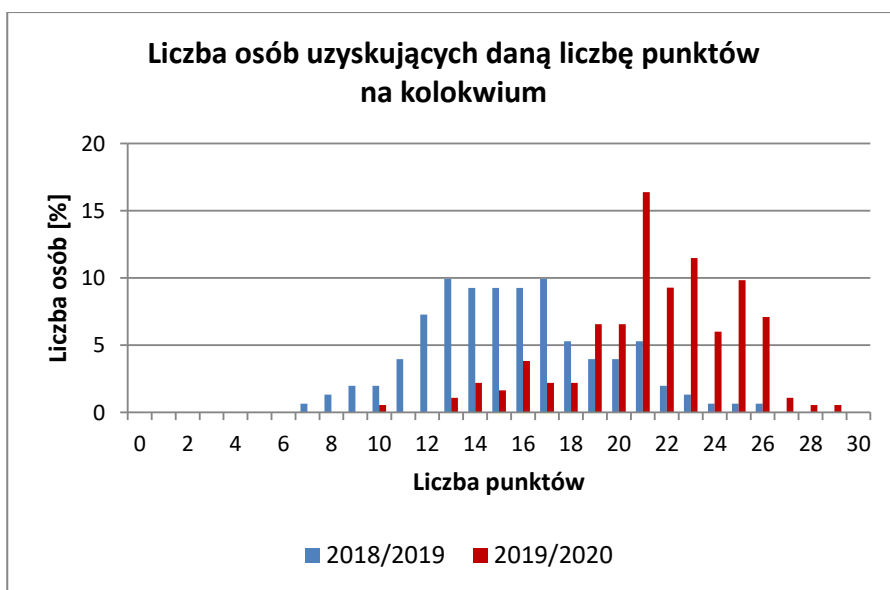
4. Wyniki i ich analiza

4.1. Kolokwium

Kolokwium zarówno w nauczaniu stacjonarnym, jak i zdalnym miało identyczny charakter (test złożony z losowanych 30 pytań wielokrotnego wyboru „wszystko albo nic”, w którym 15 pytań pochodzi od prowadzącego *P1* i 15 od prowadzącego *P2*), rozwiązywany w czasie 20 minut. W nauczaniu stacjonarnym studenci rozwiązywali test przy prowadzących w sali komputerowej w grupach osiemnastoosobowych. W nauczaniu zdalnym grupom dziekańskim (ok. 36 osób) test był udostępniany w oknie czasowym wynoszącym 1 h zegarową, ale czas na rozwiązanie pozostał niezmienny i wynosił 20 minut. Studenci rozwiązywali test w domach, na swoich komputerach.

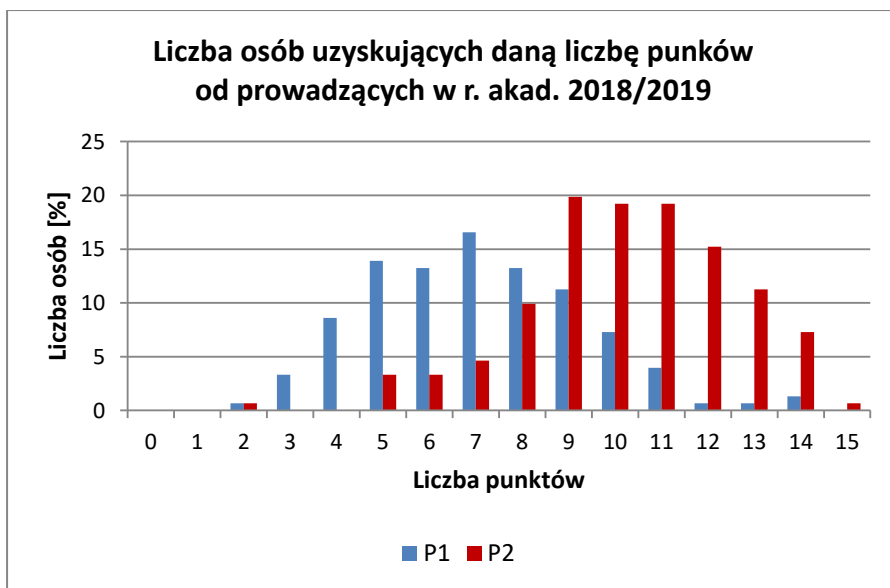
Pierwszym istotnym parametrem jest porównanie punktów uzyskanych ogółem przez studentów w roku akademickim 2018/2019 (nauczanie stacjonarne) – 151 osób i w roku akademickim 2019/2020 (nauczanie zdalne) – 183 osoby. Wyniki te obrazuje wykres 1. Z uwagi na różną liczbę osób rozwiązujących test należy rozpatrywać procent liczby studentów przystępujących do kolokwium. Histogram przedstawia zatem procent studentów uzyskujących daną liczbę na kolokwium w systemie stacjonarnym (kolor niebieski) i zdalnym (kolor czerwony). Jak widać, zgodnie z oczekiwaniami, procent liczby zdobytych punktów jest reprezentowany przez rozkład normalny. Niemniej jednak, histogram przedstawiający wyniki studentów w nauczaniu zdalnym jest wyraźnie przesunięty w prawo. Oznacza to, że studenci w roku akademickim 2019/2020 uzyskiwali lepsze wyniki na kolokwium niż studenci w roku akademickim 2018/2019. Na tej podstawie można sądzić, że nauczanie zdalne przyczyniło się do poprawy jakości nauczania.

Warto jednak poddać głębszej analizie takie śmiało stwierdzenie – wszak prowadzący *P1* w znaczący sposób dokonał zmiany prezentowanego przez siebie materiału dodając 148 minut wykładu i dodatkowe zadania domowe, zaś prowadzący *P2* teoretycznie zmniejszył swój wkład udostępniając studentom jedynie slajdy. Należałoby zatem podać głębszemu badaniu skuteczność nauczania obojga prowadzących przed i w czasie pandemii. Taka analiza powinna pomóc odpowiedzieć na pytanie, na ile wkład i zmiana charakteru pracy poszczególnych prowadzących wpłynęła na efekty nauczania. Zatem kolejnym analizowanym parametrem jest rozkład liczby punktów zdobytych u poszczególnych prowadzących.

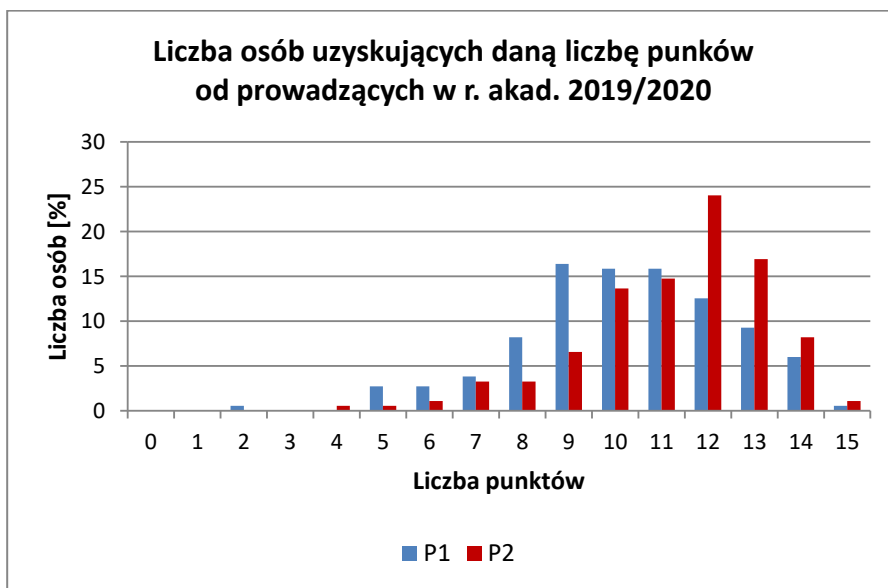


Wykres 1. Liczba punktów możliwych do zdobycia przez procent studentów przystępujących do kolokwium w latach akademickich 2018/2019 w czasie nauki stacjonarnej i w 2019/2020 w czasie nauki zdalnej [opracowanie własne]

Wykres 2 przedstawia rozkład punktów zdobytych przez studentów w roku akademickim 2018/2019 od poszczególnych prowadzących. Jak widać, studenci uzyskiwali znacząco lepsze wyniki w zagadnieniach prowadzącego *P2*. Wykres 3 prezentuje analogiczny rozkład w czasie nauczania zdalnego w roku akademickim 2019/2020. Można zauważyć, że zarówno w nauczaniu stacjonarnym, jak i zdalnym pytania od prowadzącego *P1* sprawiają studentom większą trudność. Źródłem takiego stanu rzeczy może być fakt, że na udostępnionych przez prowadzącego *P1* studentom slajdach nie ma treści bezpośrednio mówionych, a jedynie rysunki i schematy. Prowadzący *P1* omawia owe zagadnienia, ale bez owego wyjaśnienia slajdy nie umożliwiają nauczania się treści wykładu. Ponadto, pytania prowadzącego *P1* często łączą w sobie zagadnienia z dwóch wykładów, podczas gdy np. na wykładzie pierwszym omawia pojęcie dokładności, a następnie na drugim nawiązuje do owej dokładności w kontekście błędu granicznego. Pytania prowadzącego *P2* bezpośrednio nawiązują do treści wymienionych słownie na jego slajdach i nie łączą zagadnień z np. kilku slajdów.



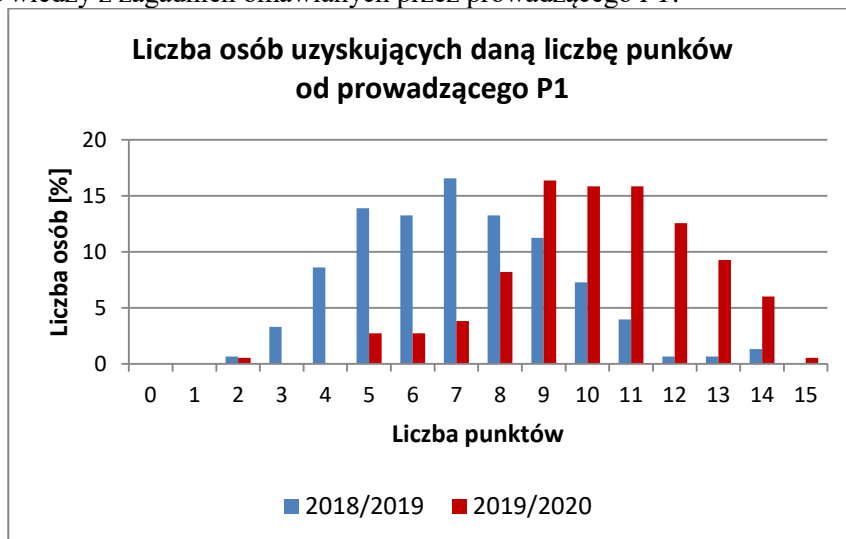
Wykres 2. Liczba punktów uzyskanych za odpowiedzi na pytania od prowadzącego P1 i od prowadzącego P2 przez studentów w roku akademickim 2018/2019 w czasie nauki stacjonarnej [opracowanie własne]



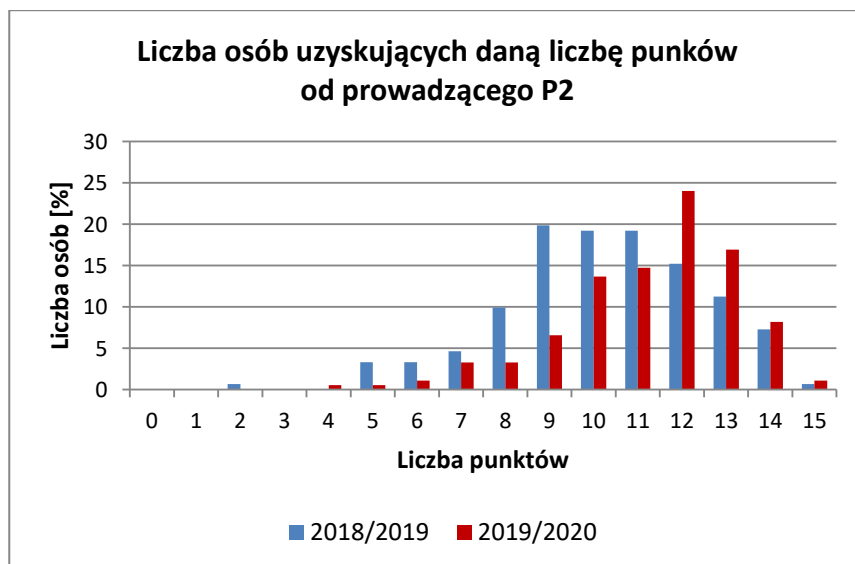
Wykres 3. Liczba punktów uzyskanych za odpowiedzi na pytania od prowadzącego P1 i od prowadzącego P2 przez studentów w roku akademickim 2019/2020 w czasie nauki zdalnej [opracowanie własne]

Warto przeanalizować zmianę w liczbie punktów uzyskaną przez studentów w nauczaniu stacjonarnym i zdalnym u poszczególnych prowadzących. Takie zmiany obrazują wykres 4 i wykres 5. Można zauważyć, że środek rozkładu normalnego odpowiadającego za liczbę punktów zdobytych u prowadzącego P1 zmienił swe położenie z 7 do 10 punktów. Analogicznie takowy środek u prowadzącego P2 przemieścił się

z 10 do 12 punktów. Zatem przesunięcie środka rozkładu normalnego u obu prowadzących odpowiada w przybliżeniu przesunięciu tegoż środka rozkładu ogólnie zdobytej liczby punktów (z 15 do 21), nie jest jednak znacząco różne dla obu prowadzących. Można powiedzieć, że nastąpił porównywalny wzrost osiągnięć z tematyki prowadzącego *P1* i prowadzącego *P2*, z niewielką (warto podkreślić – niewielką) przewagą wzrostu wiedzy z zagadnień omawianych przez prowadzącego *P1*.



Wykres 4. Liczba punktów uzyskanych za odpowiedzi na pytania od prowadzącego *P1* w latach akademickich 2018/2019 w czasie nauki stacjonarnej i w 2019/2020 w czasie nauki zdalnej [opracowanie własne]

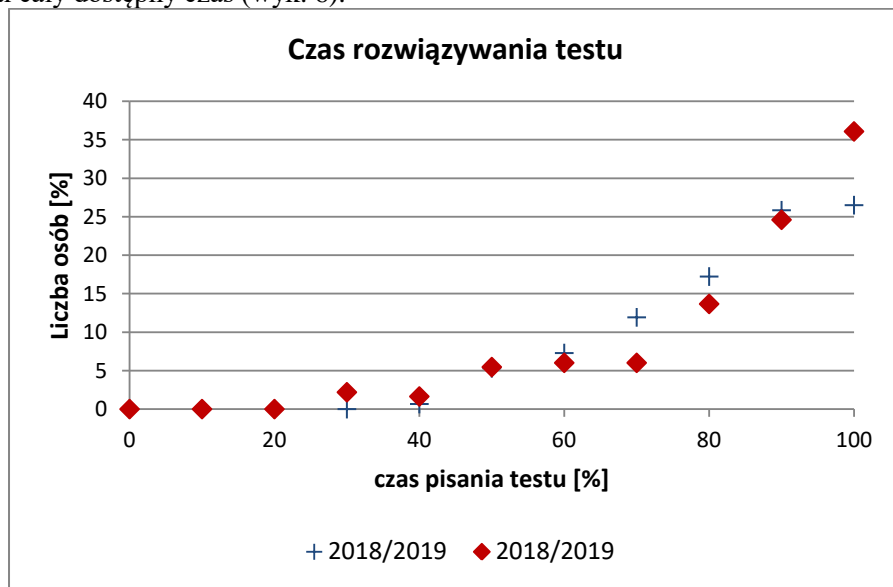


Wykres 5. Liczba punktów uzyskanych za odpowiedzi na pytania od prowadzącego *P2* w latach akademickich 2018/2019 w czasie nauki stacjonarnej i w 2019/2020 w czasie nauki zdalnej [opracowanie własne]



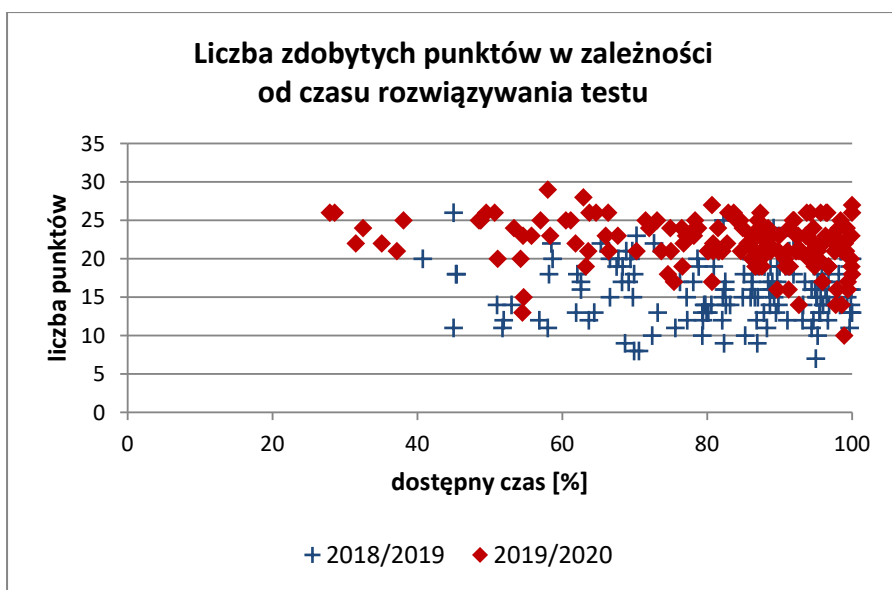
Można się spodziewać, że przy tak zgłębnionych zagadnieniach przez prowadzącego *P1* w trakcie nauki zdalnej, studenci uzyskają spektakularne wyniki. Taka nadzieja miała solidne podstawy tym bardziej, że studenci mogli wielokrotnie odtwarzać i analizować wykład oraz czynić skrupulatne notatki. Jednocześnie nie potwierdziła się obawa, że brak przeprowadzenia wykładu przez prowadzącego *P2* mógł mieć jakikolwiek wpływ na wyniki osiągnięte przez studentów. W przypadku liczby punktów uzyskiwanych u obu prowadzących widać wzrost w czasie pandemii. Jednocześnie wzrost liczby punktów uzyskanych u prowadzącego *P1* jest niewiele wyższy niż wzrost uzyskany u prowadzącego *P2*. Rodzi to zatem pytanie, na ile wkład pracy poniesiony przez prowadzącego *P1* pozwolił studentom uzyskać lepsze wyniki? Czy czas i wysiłek prowadzącego *P1* przyniósł oczekiwane rezultaty? Z pewnością pokrzepiające jest, że studenci uzyskali lepsze wyniki. Jednocześnie zadziwia fakt, że brak wykładu ze strony prowadzącego *P2* nie przyczynił się do pogorszenia uzyskanych przez studentów wyników. Co więcej – w przypadku zagadnień od tegoż prowadzącego studenci również poprawili swoją punktację. Czy zatem można wysnuć jakże demotywuujący wniosek, że sposób przeprowadzenia wykładu i zaangażowanie prowadzących nie miały bezpośredniego przełożenia na efekty nauczania? Takowa konkluzja byłaby druzgocąca. Z uwagi na obowiązywanie domniemania niewinności, nie wolno zakładać, że studenci rozwiązywali kolokwium nierzetelnie. Pozostało mieć nadzieję, że studenci rozwiązujący test w czasie nauczania zdalnego byli grupą ponadprzeciętną i w kolejnym semestrze wykażą się równie dużą wiedzą na zajęciach praktycznych.

Ostatnim aspektem podlegającym analizie jest czas rozwiązywania testu (wyk. 6) i liczba punktów zdobytych w zależności od tegoż czasu (wyk. 7). Jak widać, gdy studenci rozwiązywali test w obecności prowadzących, rozwiązywali go krócej. Tymczasem studenci piszący kolokwium w domach, pisali je wolniej, wykorzystując niemal cały dostępny czas (wyk. 6).



Wykres 6. Procent czasu możliwego na napisanie testu poświęcony na jego rozwiązanie przez studentów w latach akademickich 2018/2019 w czasie nauki stacjonarnej i w 2019/2020 w czasie nauki zdalnej [opracowanie własne]





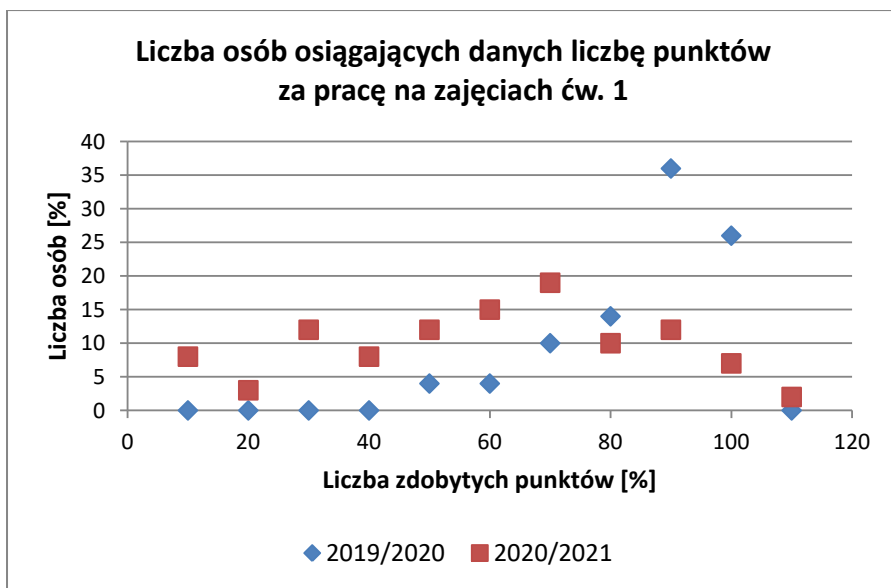
Wykres 7. Liczba zdobytych punktów w zależności od procenta czasu dostępnego na napisane testu poświęconego na jego rozwiązanie przez studentów w latach akademickich 2018/2019 w czasie nauki stacjonarnej i w 2019/2020 w czasie nauki zdalnej [opracowanie własne]

Jednocześnie nie można jasno określić, czy czas poświęcony na pisanie testu ma korelację z liczbą zdobytych punktów (wyk. 7), gdyż zarówno osoby z lepszymi, jak i gorszymi wynikami pisały test długo, jak i krótko. Potwierdza to jedynie, że student znający odpowiedzi może w krótkim czasie rozwiązać test uzyskując dobry wynik. Pisanie kolokwium dłużej nie zwiększa szansy na uzyskanie lepszego rezultatu.

4.2. Laboratorium

Analizie poddano wyniki 105 studentów z roku akademickiego 2019/2020 (nauczanie stacjonarne) i 109 studentów z roku akademickiego 2020/2021 (nauczanie hybrydowe).

Pierwszym analizowanym parametrem jest procent liczby możliwych do zdobycia punktów przez procent studentów przystępujących do ćwiczenia 1 (wyk. 8). Po obiecujących wynikach kolokwium w semestrze ubiegłym, prowadzący pokładali duże nadzieje w studentach pracujących na zajęciach laboratoryjnych w roku akademickim 2020/2021. Niestety, wbrew oczekiwaniom prowadzących, studenci uczący się w sposób hybrydowy uzyskiwali zdecydowanie mniejszą liczbę punktów od swoich koleżanek i kolegów z poprzedniego rocznika (2019/2020 – nauczanie stacjonarne).

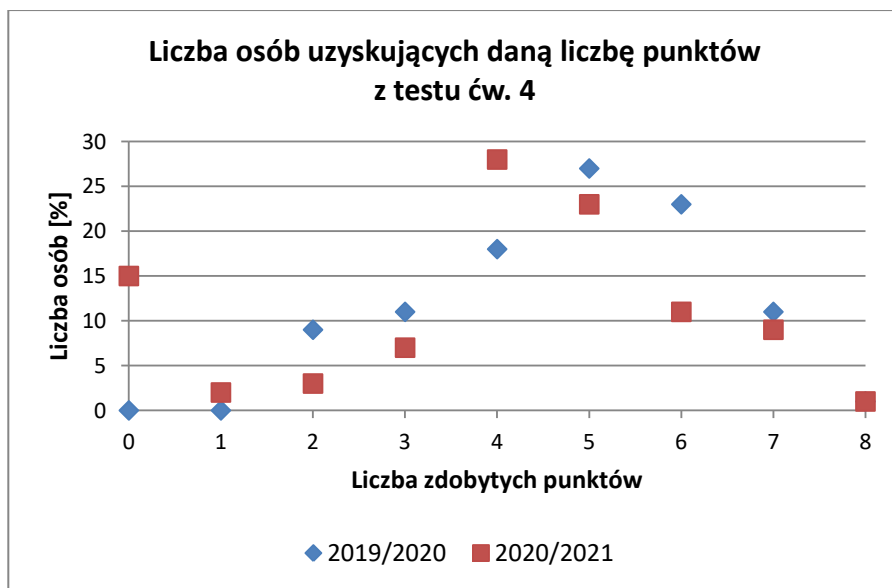


Wykres 8. Procent liczby zdobytych punktów za pracę na zajęciach na ćwiczeniu 1 przez studentów w latach akademickich 2019/2020 w czasie nauki stacjonarnej i w 2020/2021 w czasie nauki hybrydowej [opracowanie własne]

Efekt ten był tym bardziej zdumiewający, że oprócz testu poprzedzającego wykonywanie zadań, studenci w nauczaniu hybrydowym mieli do wykonania przed laboratoriami także pracę domową, która miała im pomóc przygotować się do zajęć praktycznych. Innymi słowy, powinni być zdecydowanie lepiej przygotowani niż studenci uczący się stacjonarnie.

Niższy wynik punktowy studentów z roku akademickiego 2020/2021 może wyjaśnić jedynie fakt, że były to ich jedyne zajęcia, na których pracowali z rzeczywistym sprzętem, a nie z programem czy symulacją. Okazało się zatem, że istnieje znacząca przepaść między teorią i symulacją a praktyką i nie można polegać jedynie na tych pierwszych.

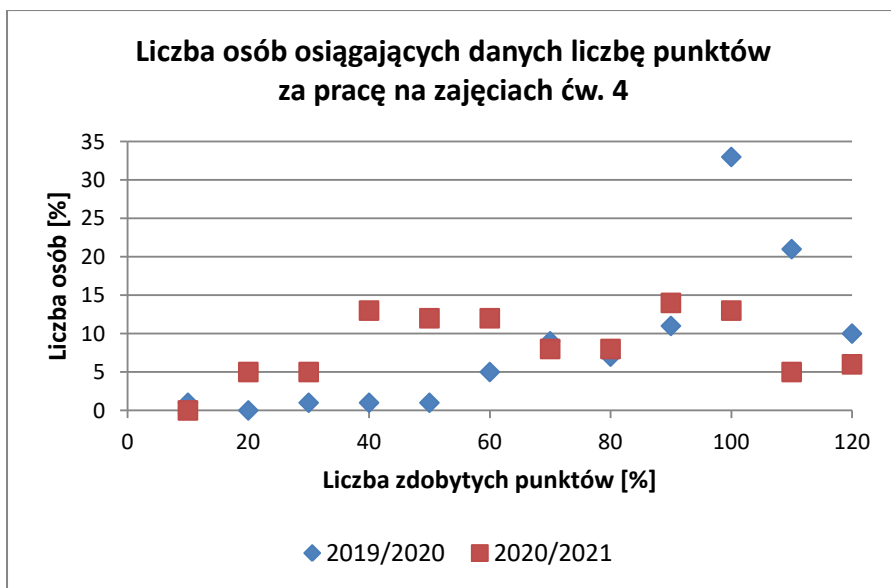
Kolejnymi dwoma parametrami jest liczba punktów możliwych do zdobycia na teście na ćwiczeniu 4 (wyk. 9) oraz procent liczby punktów za pracę na zajęciach na tymże ćwiczeniu (wyk. 10). Analizując liczbę punktów uzyskanych na teście, można potwierdzić wcześniejszy wniosek, że prace domowe, która miały studentom pomóc w przygotowaniu się do zajęć nie przyniosły oczekiwanego rezultatu. Co więcej – wiedza teoretyczna studentów z wykładu w czasie nauczania zdalnego w semestrze ubiegłym nie ma swego odzwierciedlenia w teście teoretycznym w kolejnym semestrze. Najbardziej zaskakującym jest fakt, że do momentu pandemii na teście studenci nie uzyskiwali bardzo niskich wyników. To studenci po nauczaniu zdalnym i w trakcie nauczania hybrydowego uzyskiwali od 0 do 1 pkt. Studentów z tak niską punktacją do tej pory nie było. Przeważająca liczba studentów uzyskiwała wynik ok. 50%, a studentów z wynikiem wyższym było mniej niż w roku ubiegłym.



Wykres 9. Liczba zdobytych punktów za test na ćwiczeniu 4 przez studentów w latach akademickich 2019/2020 w czasie nauki stacjonarnej i w 2020/2021 w czasie nauki hybrydowej [opracowanie własne]

Jeszcze gorzej wypada analiza liczby punktów uzyskanych za pracę na zajęciach na ćwiczeniu 4. Liczba punktów uzyskiwanych przez studentów w nauczaniu hybrydowym okazała się być znacząco niższa od ich poprzedników. Ponadto, o ile w nauczaniu stacjonarnym studenci z bardzo niską punktacją (< 51%) w ogóle nie występowali (4%), to w nauczaniu hybrydowym w sumie stanowi oni aż 65% osób. Z drugiej strony, aż 75% studentów w nauczaniu stacjonarnym osiągnęło ponad 81% punktów, tymczasem takich studentów w nauczaniu hybrydowym było zaledwie 38%.

Jeśli niskie rezultaty studentów z roku akademickiego 2020/2021 na ćwiczeniu 1 były tłumaczone ich pierwszym kontaktem ze sprzętem, to teraz takiego wniosku już wysnuć nie można. Należy przy tym pamiętać, że na ćwiczeniu 4 komputer odejmuje 20% pozostałych możliwych do zdobycia punktów za każdy popełniany błąd. Zatem ćwiczenie te wymaga większej uważności i staranności niż ćwiczenie 1. Warto zwrócić uwagę, że oprócz małej liczby studentów uzyskujących wysoki wynik, występuje grupa studentów uzyskująca bardzo niski, a nawet zerowy, wynik czego do tej pory nie obserwowano. Osiągnięte rezultaty pozwalają stwierdzić, że oprócz mniejszej wiedzy i umiejętności, studenci w nauczaniu hybrydowym charakteryzują się mniejszą starannością i uważnością.



Wykres 10. Procent liczby zdobytych punktów za pracę na zajęciach na ćwiczeniu 4 przez studentów w latach akademickich 2019/2020 w czasie nauki stacjonarnej i w 2020/2021 w czasie nauki hybrydowej [opracowanie własne]

Wyniki z pracy na zajęciach na ćwiczeniu 4 obnażają konsekwencje nauczania zdalnego i wykorzystywanych symulacji – o ile w przypadku pomyłki w symulacji problem można łatwo rozwiązać poprawiając jej parametry, o tyle w rzeczywistości taka poprawka nie zawsze może mieć miejsce. Przełożenie rzeczywistości wirtualnej na rzeczywistą nie może być zatem bezpośrednie.

5. Podsumowanie

Nauczanie zdalne i hybrydowe postawiło przed wykładowcami i studentami nowe wyzwania, ale poszerzyło również perspektywy. O ile w roku akademickim 2019/2020 było ono zaskoczeniem, to od roku akademickiego 2020/2021 prawdopodobnie na stałe zagości na uczelniach wyższych. Zdalna forma wykładów pozwala poświęcić więcej czasu na zgłębienie niektórych zagadnień, gdyż prowadzący nie są ograniczeni przez obciążenie sali wykładowej. Jeśli oprócz wykładu online, jest on udostępniany studentom w formie nagrania i jego treść może być wielokrotnie odtwarzana, możemy się spodziewać lepszego zrozumienia materiału. Niniejsze badania przedstawiają jednak, że studenci nie wykorzystują tych możliwości (wykłady nie były odtwarzane nawet jednokrotnie przez każdego studenta). Ponadto, wkład pracy poniesiony przez wykładowców, by taki wykład przeprowadzić i udostępnić, nie przekłada się znacząco na osiągnięte rezultaty w porównaniu do uboższej niż przed pandemią formy wykładu (w postaci np. samych slajdów).

Mimo obowiązującego domniemania niewinności nie można nie dostrzec zagrożenia, jakie niesie ze sobą egzaminowanie zdalne. Mimo owego domniemania, niniejsze badania pozwalają wysnuć hipotezę, że studenci rozwiązywali kolokwium nierzetelnie. To wyjaśniałoby, czemu osiągnęli lepsze wyniki na teście od swoich poprzedników,

a jednocześnie gorsze wyniki na zajęciach praktycznych. Gorsze przygotowanie teoretyczne, wynikające z braku przyłożenia się do nauki w semestrze poprzednim skutkowało gorszymi rezultatami na laboratorium. Istnieje zatem istotna podstawa do tego, aby egzaminować studentów stacjonarnie, nawet jeśli wykład był przeprowadzany zdalnie.

Znacząco niższe wyniki studentów na zajęciach praktycznych są pokłosiem ich gorszego przygotowania teoretycznego oraz dowodem na to, że symulacje i zadania zdalne nie w pełni odzwierciedlają rzeczywistość. O ile w symulacji można popełniać rażące błędy, o tyle w praktyce takowy błąd może zakończyć się zniszczeniem sprzętu lub nawet urazem fizycznym operatora. Zatem nie można zastąpić wszystkich zajęć ich formą zdalną lub hybrydową. Nieocenionym okazuje się kontakt ze sprzętem, który w pandemii został mocno ograniczony. Skutki tego będziemy prawdopodobnie dostrzegać w przyszłości. Studenci pozbawieni solidnych podstaw będą mieli trudności w realizacji zadań projektowych, jak chociażby ich dyplomowy projekt inżynierski.

Literatura

1. Materiały konferencyjne VI Kongresu Metrologii, Kielce-Sandomierz 2013 r., Politechnika Świętokrzyska.
2. Jarowski J., Morawski R., Olędzki J., *Wstęp do metrologii i techniki eksperymentu*, Wydawnictwa Naukowo-Techniczne, Warszawa 1992.
3. Piotrowski J., *Podstawy Metrologii*, Państwowe Wydawnictwo Naukowe, Warszawa 1977.
4. Piotrowski J., *Podstawy Miernictwa*, Wydawnictwa Naukowo-Techniczne, Warszawa 2002.
5. Świsulski D., *Nauczanie miernictwa elektrycznego na Politechnice Gdańskiej, Metrologia dziś i jutro*, praca zbiorowa pod redakcją Kicińskiego W. i Swędrowskiego L., Politechnika Gdańska, Wydział Elektrotechniki i Automatyki, Gdańsk 2009.
6. Parchański J., *Miernictwo elektryczne i elektroniczne, Podręcznik dla technikum*, Wydawnictwa Szkole i Pedagogiczne, Warszawa 1998.
7. Łapiński M., *Miernictwo i przyrządy pomiarowe*, Wydawnictwa Komunikacji i Łączności, Warszawa 1963.
8. Piotrowski J., *Podstawy Metrologii*, Skrypty Uczelniane Nr 293, Politechnika Śląska im. W. Pstroskiego, Gliwice 1971.
9. Sydenham P.H., *Podręcznik metrologii*, Wydawnictwa Komunikacji i Łączności, Warszawa 1988.
10. Jaworski J., *Matematyczne podstawy metrologii*, Wydawnictwa Naukowo-Techniczne, Warszawa 1979.
11. Karta przedmiotu *Metrologia* na wydziale Elektroniki, Telekomunikacji i Informatyki dla kierunku *Elektronika i Telekomunikacja* sem. 2 i 3.
12. Horowitz P., Winfield H., *Sztuka Elektroniki*, Wydawnictwa Komunikacji i Łączności, Warszawa 2015.
13. Markiewicz A., *Zbiór zagadnień z elektrotechniki*, Wydawnictwa Szkolne i Pedagogiczne, Warszawa 1972.
14. Komunikat Rektora PG wraz ze stanowiskiem Władz WETI dot. Rozporządzenia Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego z dnia 16 marca 2020 r.



Porównanie efektów nauczania przed i w czasie nauki zdalnej spowodowanej pandemią SARS-CoV-2 na przykładzie przedmiotu Metrologia

Streszczenie

Pojawienie się pandemii wywołanej wirusem SARS-CoV-2 spowodowało zmianę sposobu prowadzenia zajęć na uczelniach wyższych. Taka sytuacja dotknęła także prowadzących przedmiot *Metrologia* w drugim i trzecim semestrze kierunku *Elektronika i Telekomunikacja*. Badaniom został poddany wykład oraz zajęcia praktyczne. Analiza miała za zadanie odpowiedź na pytanie, na ile wprowadzenie zdalnego sposobu nauczania mogło się przyczynić do poprawy jego efektywności. Jako miernik efektów kształcenia przyjęto liczbę punktów zdobytych przez studentów na kolokwium finalizującym wykład oraz trzy składowe oceny z zajęć praktycznych, które były oceniane przez komputer bez ingerencji prowadzących zajęcia. W wyniku podjętych badań stwierdzono, że mimo rozszerzonego zakresu omówionego materiału, studenci w nauczaniu zdalnym i hybrydowym osiągają gorsze rezultaty w nauce. Niniejsza analiza wymusza refleksję nad zasadnością takiej formy uczenia po ustaniu pandemii.

Słowa kluczowe: metrologia, elektronika, dydaktyka, pandemia, efekty nauczania, nauka zdalna, ocena efektów kształcenia

Comparison of teaching outcomes before and during distance learning caused by SARS-CoV-2 pandemic on the example of the Metrology subject

Abstract

The outbreak of the SARS-CoV-2 virus pandemic has changed the way of conducting classes at universities. This situation also affected teaching the *Metrology* course in the second and third semester of *Electronics and Telecommunications*. The research covered the lecture and practical classes. The analysis was to answer how extending the introduction of distance learning could contribute to the improvement of its effectiveness. The number of points obtained by students at the colloquium finishing the lecture and three components of the practical classes, which were assessed by a computer without the intervention of the teachers, were adopted as the measure of the learning outcomes. As a result of the research, it was found that despite the extended scope of the discussed material, students during online and hybrid learning achieve worse results. The analysis forces reflection on the validity of these form of teaching when the pandemic has ended.

Keywords: metrology, electronic, teaching, didactics, pandemic, learning outcomes, distance learning, assessment of learning outcomes, e-learning