

Jacek Stańdo

ORCID: 0000-0002-0828-7267

Błażej Torzyk

ORCID: 0000-0003-4387-2741

Krzysztof Tomalczyk

ORCID: 0000-0001-5149-7262

Anna Tyl

ORCID: 0000-0002-1206-8593

Żywilla Fechner

ORCID: 0000-0001-7412-6544

Alicja Bortnik

ORCID: 0000-0002-1571-6197

Iwona Krawczyk-Kłys

ORCID: 0000-0001-5122-802X

DOI: 10.34866/se12-7m61

Wspieranie osiągnięcia efektów uczenia się z zastosowaniem nowoczesnych technologii informacyjnych w kształceniu zawodowym

Supporting the achievement of learning outcomes in vocational education with the use of innovative IT solutions

Key words: camera, Infrared (IR), thermal analysis, 3D printers, 5G network, cooperation between a vocational school and a university.

Abstract: The aim of the research presented in this article was to identify the need for cooperation between universities and vocational schools so that vocational students can achieve learning outcomes (Stańdo J., 2019). The experiment was conducted nationwide using a pilot 5G network infrastructure at the Lodz University of Technology, through online, live broadcasting. Three online labs were organised for vocational school students on modern technologies: thermal cameras, 3D printers and 5G mobile networks. The results revealed that cooperation between a vocational school and a university supporting the improvement of the quality of vocational education is necessary, due to the lack of opportunities and/or teaching and technological resources, or lack of access to modern technological equipment.

Słowa kluczowe: kamera, podczerwień (IR), analiza termiczna, drukarki 3D, sieć 5G, współpraca szkoły zawodowej z uczelnią.

Streszczenie: Przedmiotem badań zaprezentowanych w artykule jest wskazanie potrzeby współpracy uczelni wyższych i szkół zawodowych w celu osiągnięcia efektów uczenia się (Stańdo J., 2019) przez uczniów szkół zawodowych. Eksperyment przeprowadzony został w skali całego kraju przy wykorzystaniu pilotażowej infrastruktury sieci 5G, zlokalizowanej na terenie Politechniki Łódzkiej, poprzez transmisję online, na żywo. Dla uczniów szkół zawodowych zorganizowano trzy laboratoria online dotyczące nowoczesnych technologii: kamer termowizyjnych, drukarek 3D oraz sieci komórkowych 5G. Wyniki wykazały, że konieczna jest współpraca szkoły zawodowej i uczelni wyższej wspierającej poprawę jakości kształcenia uczniów szkół zawodowych ze względu na brak możliwości i/lub zasobów dydaktycznych oraz technologicznych czy też brak dostępu do nowoczesnych urządzeń technologicznych.

Wprowadzenie

Kształcenie zawodowe w coraz większym stopniu musi stawać się interdyscyplinarne. Wynika to z rozwoju technologii, zmieniających się potrzeb społecznych i gospodarczych oraz rynku pracy, a także różnorodności oferowanych rozwiązań, które często zapoczątkowane są w innych dziedzinach i obszarach gospodarki i przemysłu.

Nowe kierunki zmian powodują powstawanie coraz to nowych zawodów i specjalności, a dotychczas istniejące ulegają modyfikacjom (Tomalczyk, Strumiłło, 2018) lub znikają z rynku pracy (Kwiatkowski, Symela, 2001).

Dlatego też w czerwcu 2018 roku Ministerstwo Edukacji Narodowej ogłosiło konkurs „Wypracowanie i upowszechnienie przykładowych rozwiązań w zakresie współpracy szkół zawodowych z wyższymi”¹.

W ramach tego konkursu Politechnika Łódzka otrzymała dofinansowanie na realizację, od sierpnia 2020 r., trzech projektów dotyczących współpracy uczelni ze szkołami zawodowymi. Projekty adresowane są do uczniów i nauczycieli szkół prowadzących kształcenie w zawodach: technik mechanik, technik elektryk, technik urządzeń i systemów energetyki odnawialnej oraz monter sieci i urządzeń telekomunikacyjnych. Partnerem w realizacji projektów jest Starostwo Powiatowe w Tomaszowie Mazowieckim.

Celem głównym tych projektów jest opracowanie i upowszechnienie przykładowych rozwiązań w zakresie współpracy szkoły zawodowej z uczelnią, tj. Politechniką Łódzką, dla zawodów: technik mechanik, technik elektryk, technik urządzeń i systemów energetyki odnawialnej oraz monter sieci i urządzeń telekomunikacyjnych, przy współpracy pracodawców.

¹ Konkurs został zorganizowany w ramach II Osi Priorytetowej Programu Operacyjnego Wiedza Edukacja Rozwój (PO WER) Efektywne polityki publiczne dla rynku pracy, gospodarki i edukacji, Działanie 2.15 Kształcenie i szkolenie zawodowe dostosowane do potrzeb zmieniającej się gospodarki.

Przeprowadzono eksperyment polegający na wykorzystaniu potencjału laboratoryjnego, technologicznego i kadrowego PŁ do realizacji wybranych efektów uczenia się przewidzianych podstawami programowymi dla zawodów technik mechanik, technik elektryk, technik urządzeń i systemów energetyki odnawialnej oraz monter sieci i urządzeń telekomunikacyjnych. Zostały opracowane trzy warsztaty tematyczne dla uczniów szkół zawodowych w formule laboratoriów online, które poprowadzili pracownicy uczelni.

Realizacja laboratoriów online

Aby wesprzeć uczniów w rozwoju ww. kompetencji, zorganizowano dla nich trzy *laboratoria online* dotyczące nowoczesnych technologii: kamer termowizyjnych, drukarek 3D oraz sieci 5G. Zajęcia prowadzone były przez pracowników Politechniki Łódzkiej.

Powodem wyboru tematyki zajęć był fakt, że w zawodach objętych wsparciem często już wykorzystywane są te technologie, np.:

- kamery termowizyjne:
 - inspekcja i monitoring podczas działania – elementy ruchome, system elektroenergetyczny,
 - wytrzymałość materiałów i urządzeń podczas działania – budownictwo, silniki spalinowe,
- drukarki 3D:
 - wytwarzanie elementów i ich duplikatów – obudowy i osłony, elementy nośne,
 - tworzenie nowych materiałów i obiektów – prototypowanie,
- sieć 5G:
 - zmniejszone czasy opóźnienia, niskie potrzeby zasilania i zwiększona przepustowość danych,
 - budowa nowoczesnych systemów teleinformatycznych,
 - monitoring, eksploatacja urządzeń, systemów mechanicznych, elektrycznych i teleinformatycznych.

W wirtualnym *laboratorium online* bezpośrednio uczestniczyli uczniowie z Zespołu Szkół Ponadpodstawowych nr 1 im. Tadeusza Kościuszki w Tomaszowie Mazowieckim. Wszyscy uczniowie mogli poszerzyć swoją wiedzę o fizyczne i techniczne podstawy działania, jak i praktyczne zastosowanie urządzeń, z którymi mogą mieć styczność w swoim przyszłym życiu zawodowym.

Laboratorium 1. Zajęcia z wykorzystania kamer termowizyjnych wymagały ugruntowania wiedzy z zakresu optyki, radiometrii w zakresie podczerwieni oraz elementów termodynamiki. Złożone zagadnienia z tym związane zostały przybliżone przy wykorzystaniu następujących metod nauczania: pogadanka, dyskusja, burza mózgów, pokaz oraz zajęcia praktyczne (Więcek, De Mey, 2011).

Kamera termowizyjna to urządzenie umożliwiające graficzną wizualizację zmian temperatury, wykorzystywane w wielu gałęziach przemysłu i życia codziennego (Więcek, Pacholski, i in., 2017). Uwzględniając parametry badanego obiektu lub obiektów takie jak np. emisyjność – zdolność do emisji promieniowania cieplnego – mamy możliwość przeprowadzenia bezinwazyjnej i bezkontaktowej inspekcji lub pomiaru temperatury metodą radiacyjną (rys. 1).



Rys. 1. Zastosowanie kamer termowizyjnych (IR) do inspekcji i monitoringu – scena z realizowanej transmisji

Na przykładach twarzy słuchaczy, okularów, miedzianego laminatu czy przezroczystej folii prowadzący zajęcia wyjaśniał pojęcia i zależności związane z emisyjnością, budową i zasadą działania kamery termowizyjnej, materiałami czy interpretacją przetworzonego obrazu termograficznego. Uczniowie podczas zajęć mogli doświadczalnie przekonać się o możliwościach i zastosowaniu kamer termowizyjnych w różnych dziedzinach życia (Torzyk, Więcek, 2018). Wspólnie z prowadzącym podczas burzy mózgów omawiane były aplikacje kamer termowizyjnych takie, jak poszukiwania, kryminalistyka, noktowizory, monitoring na lotnisku, kontrola dostępu, ocena stanu zdrowia, inspekcja budowlana czy systemu elektroenergetycznego. Ogromnym zainteresowaniem cieszyło się wykorzystanie kamery termowizyjnej w urządzeniach mobilnych (smartfonach). Podczas pokazu uczniowie mieli szansę na weryfikację możliwości profesjonalnych, chłodzonych kamer IR (ang. infrared – podczerwień) oraz ich odpowiedników o dużo niższej czułości termicznej NETD (ang. *Noise Equivalent Temperature Difference*) – kamer z detektorami niechłodzonymi.

Laboratorium 2. Celem zajęć była prezentacja oraz omówienie budowy i zasady działania profesjonalnych drukarek 3D. W trakcie zajęć poruszano aspekty informatyczne, teleinformatyczne, elektroniczne oraz mechaniczne. Urządzenia te, jak i technologia druku 3D, z racji swoich możliwości, ceny, kosztów eksploatacyjnych

i gabarytów, stały się na tyle popularne, że obecnie stosowane są nie tylko w specjalistycznych zastosowaniach przemysłowych, ale i przez hobbystów, a nawet dzieci. Uczniowie zapoznani zostali z procesem realizacji projektu od pomysłu po wykonanie oraz gotowymi wydrukami, np. obudowy silnika dwusuwowego, wrzeciona do frezarki, wentylatora czy gwizdka (Kareem, Harshitha, 2019). W czasie trwającego wydruku prowadzący w dyskusji z uczniami przytaczał wady i zalety poszczególnych dostępnych rozwiązań typowych drukarek 3D, a także dedykowanego oprogramowania służącego do przygotowywania projektów. Najważniejsze aspekty wykorzystania druku 3D to: konieczność utrzymania odpowiedniej, wysokiej temperatury pracy, dobór odpowiednich parametrów wydruku (dostosowanych do użytego materiału, jak i posiadanej drukarki 3D) oraz wytrzymałość finalnego obiektu. Szerokie zastosowanie druku 3D, dzięki coraz większej gamie dostępnych materiałów eksploatacyjnych (filamentów), niezbędnych do realizacji każdego projektu, sprawia, że w niedługim czasie ograniczeniem będzie jedynie nasza wyobraźnia (Sharad Gupta, 2018). Zastosowanie drukarek 3D, niezależnie od rodzaju ich konstrukcji (rys. 2a, b), ma zapewnić materializację obiektu przygotowanego w przestrzeni cyfrowej. Prezentowane drukarki 3D znajdujące się w Instytucie Elektroniki Politechniki Łódzkiej codziennie urzeczywistniają projekty studentów i pracowników uczelni.



Rys. 2. Przykładowe drukarki 3D – typowe (a) oraz profesjonalne konstrukcje (b)

Laboratorium 3. Celem laboratorium było przybliżenie działania infrastruktury sieci prywatnej 5G uruchomionej na Politechnice Łódzkiej, z wykorzystaniem której prowadzone są prace badawcze dotyczące innowacyjnych zastosowań systemów radiokomunikacyjnych (Samczyński i in. 2022), w tym dotyczące obsługi, nadzoru i łączności z urządzeniami Internetu Rzeczy (IoT, ang. Internet of Things). Uczniowie z dużym zainteresowaniem wysłuchali pogadanki prowadzącego warsztaty oraz uczestniczyli w dyskusji przy stacji bazowej sieci 5G umieszczonej w futurystycznej latarni ulicznej (rys. 3). Podczas warsztatu słuchacze zapoznali się z podstawowymi pojęciami i zależnościami z zakresu elektromagnetyzmu, budową anten aktywnych (dynamicznie kształtujących wiązki sygnału), a także metodami pomiaru wartości gęstości mocy wytwarzanej przez instalacje radiokomunikacyjne – z użyciem profesjonalnych urządzeń pomiarowych. Zastosowanie sieci 5G to nie tylko znacznie

większa szybkość przesyłu danych, ale również bardzo mały czas opóźnienia ich transmisji (Samczyński i in. 2022). Słuchacze dowiedzieli się, że dzięki tym czynnikom, a także wykorzystaniu nowych zakresów częstotliwości oraz ulepszonym protokołom wymiany danych możliwe jest zwiększenie bezpieczeństwa i automatyzacji rozwiązań komunikacyjnych dla przemysłu (sieć 5G ułatwia wdrażanie rozwiązań z zakresu tzw. Przemysłu 4.0). Jako przykłady IoT i ich aplikacje wskazane zostały: liczniki i pomiar zużycia mediów, np. wodomierze, stacje elektroenergetyczne – szybkość i bezpieczeństwo działania, autonomiczne wózki widłowe – automatyzacja pracy, natężenie ruchu ulicznego i jego kontrola, urządzenia domowe, np. pralka czy lodówka – interakcja (Gupta i in. 2021).



Rys. 3. Futurystyczna stacja bazowa sieci 5G, ukryta w latarni ulicznej

Metodologia badania

Cele i pytania badawcze

Głównym celem badania była ocena konieczności współpracy uczelni wyższych i szkół zawodowych przez uczniów i nauczycieli.

Postawiono następujące pytania badawcze:

- Jak uczniowie i nauczyciele oceniają laboratoria online prowadzone przez nauczycieli akademickich?
- Czy uczniowie i nauczyciele uważają, że laboratoria online były okazją do zapoznania się z nowymi technologiami, które nie są dostępne w szkole?
- Czy w opinii nauczycieli i uczniów potrzebna jest współpraca między uczelnią a szkołami zawodowymi?

Metody, techniki i narzędzia badawcze

W badaniu zastosowano metodę sondażu diagnostycznego. Wybraną techniką, adekwatną do formy zajęć, była ankieta. Dla dyrektorów szkół, nauczycieli i uc-

niów uczestniczących w laboratoriach online przygotowano kwestionariusze ankiety online.

Uczniowie szkół, którzy uczestniczyli w laboratoriach online, zostali poproszeni o wypełnienie kwestionariusza, który zawierał dziewięć stwierdzeń ocenianych w skali od 1 do 5. Respondenci zostali poproszeni o uszczegółowienie dwóch z tych stwierdzeń. Kwestionariusz kończył się pytaniem otwartym. Analogicznie skonstruowany był kwestionariusz ankiety dla nauczyciela.

W celu poznania opinii uczniów na temat potrzeby współpracy szkoły zawodowej z uczelnią poproszono ich m.in. o ocenę, czy laboratoria online organizowane przez Politechnikę Łódzką były przydatne z punktu widzenia ich przyszłego zawodu i czy powiększyły ich zasób wiedzy. Uczniowie mogli także wypowiedzieć się na temat chęci udziału w innych podobnych laboratoriach online oraz większej dostępności materiałów edukacyjnych rozszerzających ich wiedzę zawodową.

Pytania do nauczycieli: (1) Uważam, że wiedza zdobyta podczas laboratorium online była przydatna dla moich uczniów, (2) Uważam, że laboratorium online było okazją dla moich uczniów do zapoznania się z nowymi technologiami, które nie są dostępne w szkole, (3) Uważam, że formuła laboratorium online była ciekawa dla moich uczniów, (4) Według mnie, prowadzący posiadali odpowiednią wiedzę merytoryczną z zakresu obejmującego wirtualne lekcje, (5) Laboratoria online spełniły moje oczekiwania, (6) Polecił(a)bym laboratorium online innym osobom zajmującym się kształceniem na tym samym kierunku, (7) Uważam, że szkoły wyższe powinny wspierać szkoły zawodowe poprzez organizowanie m.in. wirtualnych lekcji.

Pytania do uczniów: (1) Laboratorium online było przydatne z punktu widzenia mojego przyszłego zawodu, (2) Dzięki laboratorium online zwiększyła się moja wiedza, (3) Formuła laboratorium online była dla mnie ciekawa, (4) Laboratoria online spełniły moje oczekiwania, (5). Polecił(a)bym laboratorium online innym osobom, kształcącym się w tym samym zawodzie, (6) Uważam, że treść laboratorium online były przekazane w przystępny sposób, (7) Uważam, że współpraca szkoły zawodowej z uczelnią jest potrzebna dla lepszego przygotowania mnie do pracy.

Nauczyciele poproszeni byli o wskazanie tematyki laboratoriów online organizowanych przez Politechnikę Łódzką, w jakich chcieliby uczestniczyć, oraz innych form współpracy szkoły zawodowej z uczelnią.

Dyrektorów szkół uczestniczących w zajęciach poproszono o wypełnienie krótkiego kwestionariusza, w którym wskazywali, z jakich form współpracy szkoły z uczelnią korzystałoby najchętniej.

W kwestionariuszu podano przykładowe formy współpracy:

- udostępnienie zestawu zadań do próbnego egzaminu zawodowego z części teoretycznej i praktycznej,
- możliwość korzystania z webinarów z matematyki wspierających przygotowanie do matury,

- wsparcie przy opracowaniu programu nauczania dla zawodu,
- szkolenie dla nauczycieli praktycznej nauki zawodu,
- wspólne wykorzystanie modelu współpracy szkoły zawodowej z uczelnią.

Opis próby badawczej

Do udziału w wirtualnych *laboratoriach on-line* zostało zaproszonych ponad 1100 szkół branżowych kształcących w zawodach: technik mechanik, technik elektryk, technik urządzeń i systemów energetyki odnawialnej oraz monter sieci i urządzeń telekomunikacyjnych. Bazę adresową szkół stworzono, korzystając z Rejestru Szkół i Placówek Oświatowych². Na adresy mailowe szkół wysłano zaproszenie i poproszono o potwierdzenie udziału w warsztatach.

Swój udział zadeklarowały 134 szkoły ze wszystkich województw (rys. 4).



Rys. 4. Mapa szkół biorących udział w badaniu

Po zakończeniu laboratoriów online do szkół przesłano kwestionariusze dla dyrektorów, uczniów i nauczycieli. Wypełniło je i odesłało 61 szkół.

² Rejestr Szkół i Placówek Oświatowych (rspo.gov.pl), dostęp: 28 listopada 2021 roku.

Zestawienie liczby szkół ze wszystkich województw w Polsce oraz liczby szkół biorących udział w *laboratoriach online*, kształcących na kierunkach objętych wsparciem, przedstawione są w tabeli 1.

Tabela 1. Zestawienie szkół

Województwo	Liczba szkół w bazie RSPO	Liczba szkół biorących udział w laboratoriach online	Procent szkół biorących udział w laboratoriach online
dolnośląskie	77	9	11%
kujawsko-pomorskie	66	3	4%
lubelskie	73	9	12%
lubuskie	40	3	7%
łódzkie	79	13	16%
małopolskie	107	5	4%
mazowieckie	101	18	17%
opolskie	43	5	11%
podkarpackie	77	8	10%
podlaskie	28	2	7%
pomorskie	64	6	9%
śląskie	173	23	13%
świętokrzyskie	83	6	7%
warmińsko-mazurskie	43	12	27%
wielkopolskie	120	8	6%
zachodniopomorskie	41	4	9%
	Razem: 1215	Razem: 134	11%

Wyniki badania

Wypełnione kwestionariusze odesłali dyrektorzy 61 szkół. Wynika z nich, że prawie we wszystkich szkołach (59 z 61) uczniowie uczestniczyli w zajęciach „Działanie kamery termowizyjnej” oraz „Budowa i zasada działania drukarki”. Mniejszym zainteresowaniem cieszyły się zajęcia „Architektura sieci testowej 5G”; uczestniczyli w niej uczniowie z 46 szkół. Najmniejsze zainteresowanie zajęciami „Architektura sieci testowej 5G” wykazały szkoły kształcące w zawodach technik mechanik (14 z 21) oraz technik urządzeń i systemów energetyki odnawialnej (12 z 18).

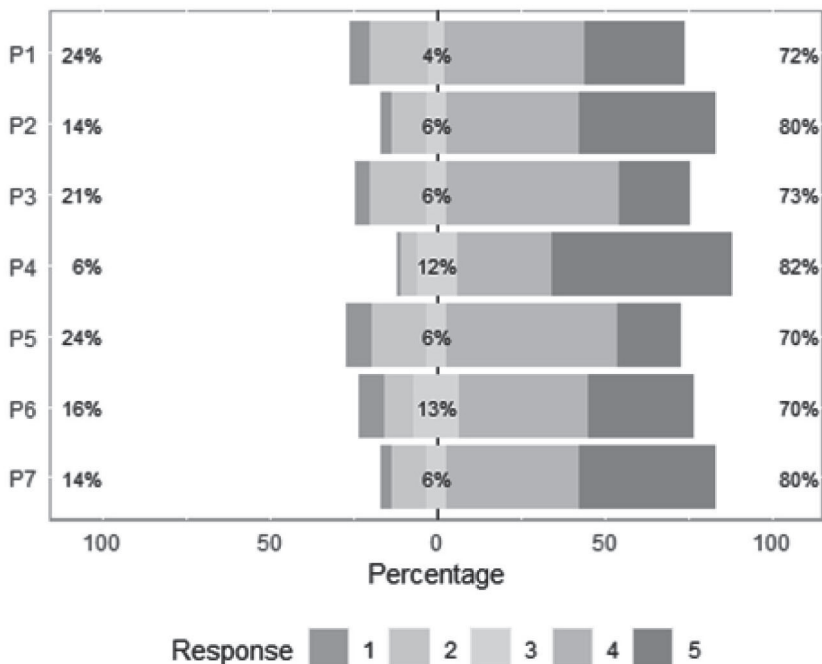
Prawie wszyscy dyrektorzy wybrali udostępnienie zestawu zadań do próbnego egzaminu z części teoretycznej (58 z 61) i przykładowego zadania do części praktycznej egzaminu zawodowego (57 z 61) oraz opracowanie programu nauczania dla

zawodu (57 z 61) jako formy współpracy z uczelnią. Warto podkreślić, że dyrektorzy wszystkich szkół kształcących w zawodzie technik urządzeń i systemów energetyki odnawialnej wykazali zainteresowanie przykładowym programem nauczania dla tego zawodu. Może to być związane z tym, że strona internetowa Ośrodka Rozwoju Edukacji nie zawiera programów dla tego zawodu.

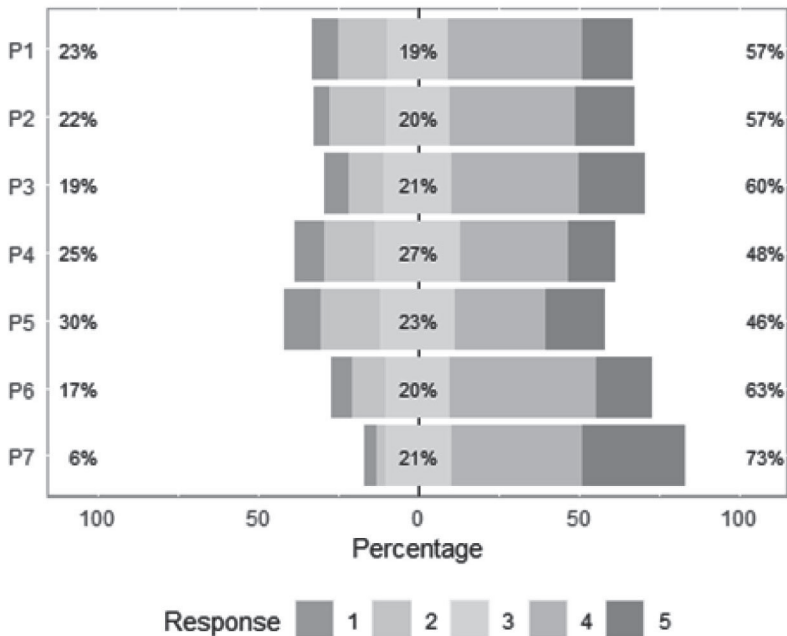
Nieco mniejszym zainteresowaniem cieszyły się: model współpracy szkoły zawodowej z uczelnią (47 z 61) oraz webinaria z matematyki wspierające przygotowanie do matury (43 z 61). Najrzadziej dyrektorzy wybierali szkolenie dla nauczycieli (40 z 61). Może to być jednak spowodowane faktem, że nie były wskazane tematy proponowanych kursów.

Każde pytanie było oceniane przez uczniów i nauczycieli w skali od 1 do 5. Na poniższych wykresach przedstawione jest zestawienie odpowiedzi na pytania skierowane do nauczycieli (rys. 5) i uczniów (rys. 6). Liczby po lewej stronie wykresu oznaczają procentowy udział ocen 1 (zdecydowanie nie zgadzam się) i 2 (nie zgadzam się) w wynikach ankiety, oceny na środku to procentowy udział oceny 3 (nie mam zdania), natomiast po prawej stronie – procentowy udział ocen 4 (zgadzam się) i 5 (zdecydowanie zgadzam się) w odpowiedziach.

Kwestionariusze zostały przygotowane według tzw. skali Likerta, która jest powszechnie stosowana w psychometrii. Podstawą analiz jest wizualizacja danych



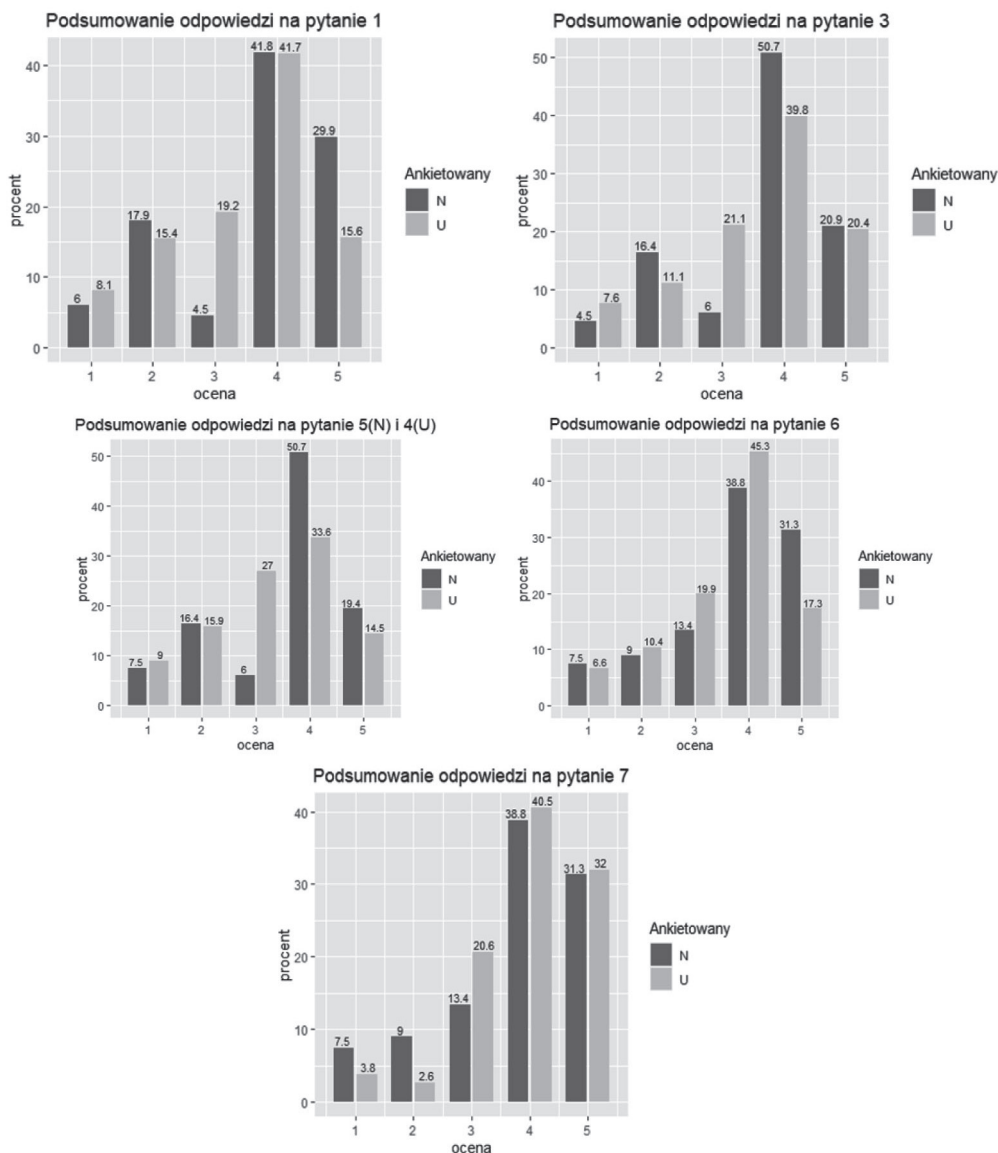
Rys. 5. Podsumowanie ankiet dla nauczycieli



Rys. 6. Podsumowanie ankiet dla uczniów

pozwalająca na porównanie odpowiedzi w wybranych grupach. W powyższym przypadku porównaliśmy odpowiedzi uczniów i nauczycieli. Ankietę dla nauczycieli wypełniło 61 osób, natomiast ankietę dla uczniów – 453 osoby. Obliczenia i wykresy wykonano w programie R i RStudio (wersja: 2021.09.1). Na rysunkach 5 i 6 przedstawiono wykresy Likerta dotyczące wyników ankiet. Jeżeli punkty procentowe przy danym pytaniu nie sumują się do 100, oznacza to, że w ankiecie występowały braki danych, tzn. niektórzy ankietowani nie odpowiedzieli na pytanie. W przypadku nauczycieli odsetek odpowiedzi „nie mam zdania”, zaznaczonej na skali „3”, wynosi od 4% w przypadku pytania pierwszego do 13% w przypadku pytania siódmego. W przypadku uczniów rozpiętość ocen „3” jest znacznie większa: od 19% w przypadku pytania pierwszego do 27% w przypadku pytania czwartego. W literaturze pojawiają się kontrowersje związane ze stosowaniem wnioskowania statystycznego w przypadku danych stosowanych w skali Likerta (Dwight Barry, 2017). Dominuje pogląd, że zalecane jest stosowanie testów nieparametrycznych takich jak test Manna-Whitneya oraz test Kruskala-Wallis. Zauważyliśmy, że w przypadku kwestionariuszy dla uczniów i nauczycieli należy zachować ostrożność przy porównywaniu odpowiedzi: pytanie pierwsze w obu kwestionariuszach dotyczy przydatności laboratorium. W podobny sposób możemy porównać pytanie trzecie, szóste oraz siódme z obu kwestionariuszy. Natomiast pytanie czwarte w ankiecie dla na-

uczycieli ma swój odpowiednik w pytaniu czwartym w ankiecie dla uczniów. Pytania drugie i czwarte w ankiecie dla nauczycieli nie mają swoich odpowiedników w kwestionariuszu dla uczniów. Przyjrzyjmy się teraz odpowiednim histogramom (rys. 7).



Rys. 7. Histogramy odpowiedzi

W przypadku pytania pierwszego, dotyczącego przydatności laboratorium, procent odpowiedzi „4” wśród nauczycieli i uczniów jest zbliżony, podobnie jak procent odpowiedzi „2”, natomiast występują istotne różnice w odsetku odpowiedzi

„3” oraz „5”. Różnice w odpowiedziach potwierdza przeprowadzenie testu Manna-Whitneya, na podstawie którego możemy wnioskować, że mediany odpowiedzi uczniów i nauczycieli są istotnie różne (p-wartość: 0.01786). Podobna sytuacja ma miejsce w przypadku porównania pytań piątego (nauczyciele) i czwartego (uczniowie) dotyczącego spełnienia oczekiwań w odpowiednich grupach. Tutaj można zaobserwować wyraźną różnicę pomiędzy odpowiedziami „3” i „4” udzielanymi przez uczniów i nauczycieli. Na podstawie testu Manna-Whitneya możemy wnioskować, że mediany odpowiedzi uczniów i nauczycieli są istotnie różne (p-wartość: 0.01786). Przeprowadzenie testu Manna-Whitneya dla odpowiedzi na pytania: trzecie (formuła zajęć była ciekawa), szóste (polecenie laboratoriów online innym) i siódme (organizowanie laboratoriów online przez szkoły wyższe dla szkół zawodowych) nie pozwala stwierdzić istotności statystycznej median odpowiedzi – p-wartości wynoszą odpowiednio: 0.2795, 0.0582 oraz 0.1964.

Wnioski

Nauczyciele i uczniowie są zadowoleni z uczestnictwa w laboratoriach online; w większości spełniły one ich oczekiwania. Można zauważyć, że uczniowie są bardziej ostrożni, mniej zdecydowani w ocenach niż nauczyciele. Nauczyciele wyrażają swoje zdecydowane „tak” lub „nie” średnio w 93%. Natomiast co piąty uczeń nie wyraża swojej pozytywnej lub negatywnej oceny.

Wyniki ankiet wskazują, że w ocenie uczniów i nauczycieli potrzebna jest współpraca między uczelnią a szkołami zawodowymi. Uczniowie i nauczyciele wysoko oceniają przykładowe działania laboratoryjne prowadzone przez nauczycieli akademickich oraz uważają, że laboratoria online były okazją do zapoznania się z nowymi technologiami, które nie są dostępne w szkole.

Podsumowanie

Trzy na pozór odległe od siebie zagadnienia poruszane podczas zrealizowanych laboratoriów: termografia i termometria w podczerwieni – kamery termowizyjne, budowa i zasada działania drukarki 3D oraz architektura pilotażowej sieci testowej 5G są osiągnięciami technologicznymi, które znajdują coraz szersze zastosowanie w bardzo wielu dziedzinach życia.

Wykorzystanie kamer termowizyjnych w czasie pandemii Covid-19 zyskało na popularności nie tylko w zastosowaniach do lokalizowania, monitorowania czy pomiaru urządzeń, elementów i systemów elektronicznych czy elektrycznych (Torzyk, Więcek, 2021), ale również w szerszym zakresie w medycynie, zwłaszcza w szacunkowym badaniu przesiewowym. Spadek cen urządzeń tego typu, z racji rozwoju niechłodzonych detektorów IR, sprawia, że dostępne są już smartfony z wbudowaną kamerą termowizyjną lub dodatkowym modułem zewnętrznym. Technologia ta jest coraz powszechniejsza i potrzeba jej wykorzystania rośnie. Kolejnym po medycynie obszarem zastosowań termowizji, który przeżywa obecnie dynamiczny rozwój, są drony. Połączenie zalet obu urządzeń – bezałogowego statku powietrzne-

go i kamery IR – daje możliwość przeprowadzenia pomiarów w trudno dostępnych i niebezpiecznych miejscach, jak również znacznie usprawnia lokalizację usterek czy diagnostykę uszkodzeń np. modułów PV (paneli fotowoltaicznych).

Technologia druku przestrzennego, określanego jako 3D, znana jest od lat 80. XX wieku. Potrzeby rozwoju i tworzenia coraz to doskonalszych obiektów sprawiły, że urządzenia o mniejszej dokładności stały się tańsze i przez to przystępniejsze dla przeciętnego człowieka. Obecnie jako filament stosowane są różne materiały; do najpopularniejszych należą: PLA – biodegradowalna skrobia kukurydziana lub trzcina cukrowa (duża elastyczność); ABS – polimer termoplastyczny, charakteryzujący się zwiększoną wytrzymałością mechaniczną i wrażliwością na światło z zakresu UV, czy PET-G, który jest odporny na chemikalia i łączy w sobie zalety PLA oraz ABS (Chua, 2014, Rosenzweig, 2015). Istnieją rozwiązania pozwalające aplikować dwa różne filamenty czy wykorzystać płynny metal. Dzięki temu zwiększana jest precyzja wykonania i wytrzymałość oraz możliwe jest tworzenia litych obiektów użytku codziennego, takich jak np. silnik spalinowy.

Sieć 5G jest tematem budzącym duże emocje. Aspekty wpływu jej działania na organizmy żywe pozostają w kontrze do wykorzystania zwiększonej przepustowości danych i rozwoju automatyzacji (nie tylko przemysłu). Wdrożenie infrastruktury i usług opartych o architekturę sieci 5G w niedługim czasie może w znacznym stopniu zrewolucjonizować nasze życie. Wykorzystanie możliwości, które oferuje sieć 5G, pozwoli między innymi na niskoenergetyczną komunikację, zdalne sterowanie i zmniejszony czas przepływu informacji między urządzeniami IoT, monitoring parametrów życiowych czy zwiększenie bezpieczeństwa ruchu, dostaw energii i paliw (Mourtzis i in. 2021).

Rozwój technologii i dynamika ich wpływu na życie codzienne sprawiają, że dotychczas istniejące zawody powinny korzystać z dostępnych rozwiązań z różnych dziedzin w celu osiągnięcia efektów uczenia się opisanych w podstawach programowych kształcenia zawodowego. Laboratoria online realizowane w Instytucie Elektroniki Politechniki Łódzkiej kierowane do uczniów, w szczególności z branż mechanicznych, elektroenergetycznych i teleinformatycznych, oraz przeprowadzone warsztaty tematyczne potwierdzają tę tezę. Zagadnienia związane z wykorzystaniem kamer termowizyjnych, drukarek 3D oraz sieci 5G to przykłady osiągnięć, które znajdują zastosowanie w wielu obecnych i nowo powstających zawodach.

Bibliografia

1. Chua K., Leong K.F. (2014), *3D Printing And Additive Manufacturing. Principles and applications*. World Scientific Publishing, Singapore.
2. Dwight B., (2017), *Do not use averages with Likert scale data*, (<https://bookdown.org/Rmadillo/likert/>).
3. Gupta M., Chaudhary G. de Albuquerque V.H.C. (2021), *Smart Healthcare Monitoring Using IoT with 5G: Challenges, Directions, and Future Predictions*, Elsevier, 2021.
4. Kwiatkowski S.M., Symbela K. (red.), *Standardy kwalifikacji zawodowych. Teoria. Metodologia. Projekty*, Instytut Badań Edukacyjnych, Warszawa.

5. Mohammed Abdul Kareem, V. Harshitha, (2019), *A direct metal deposition 3D printer: Review on future prospects*, AIP Conference Proceedings 2200.
6. Mourtzis D., Angelopoulos J., Panopoulos N., (2021), *Smart manufacturing and tactile internet based on 5G in industry 4.0: Challenges, applications and new trends*, Electronics, 10(24).
7. Rosenzweig D., Carelli E., Steffen T., Jarzem P., Hoglund L., (2015), *3D-printed ABS and PLA scaffolds for cartilage and nucleus pulposus tissue regeneration*, „International Journal of Molecular Sciences”, 16(7), 15118-15135.
8. Samczyński P., Abratkiewicz K., Plotka M., Zieliński T., Wszolek J., Hausman S., Korbel P., Ksieżyk A., (2022), *5G Network-Based Passive Radar*, IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing.
9. Sharad Gupta, Akalabya Bissoyi, Arindam Bit, (2018), *A Review on 3D Printable Techniques for Tissue Engineering*, BioNanoScience.
10. Stańdo J., (2019), *Trajektorie i walidacja efektów uczenia się w kontekście Polskiej Ramy Kwalifikacji*, Wydawnictwo Politechniki Łódzkiej.
11. Tomalczyk K., Strumiłło P. (2018), *Specjalności kierunku EiT a potrzeby studentów i pracodawców*, Krajowa Konferencja Elektroniki KKE.
12. Torzyk B., Więcek B., (2018), *Thermal modeling and RMS current measurement in electrical power lines using IR thermography*, Measurement Automation Monitoring.
13. Torzyk B., Więcek B., (2021), *Second-Harmonic Contactless Method for Measurement of RMS Current Using a Standard Infrared Camera*, „IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement”, vol. 70.
14. Więcek B., Pacholski K., Olbrycht R., Strąkowski R., Kałuża M., Borecki M., Wittchen W. (2017), *Termografia i spektrometria w podczerwieni. Zastosowania przemysłowe*, Wydawnictwo Naukowe PWN.
15. Więcek B., De Mey Gilbert, (2011), *Termowizja w podczerwieni podstawy i zastosowania*, PAK.

dr Jacek Stańdo, Politechnika Łódzka

mgr inż. Błażej Torzyk, Politechnika Łódzka

dr inż. Krzysztof Tomalczyk, Politechnika Łódzka

dr Anna Tyl, Uniwersytet Łódzki

dr Żywilla Fechner, Politechnika Łódzka

mgr Alicja Bortnik, Politechnika Łódzka

dr inż. Iwona Krawczyk-Kłys, Szkoła Podstawowa nr 4 im. M. Skłodowskiej-Curie
w Aleksandrowie Łódzkim