

Kształtowanie zainteresowania przedmiotami ścisłymi z wykorzystaniem zagadnień z obszaru nanonauki i nanotechnologii

MIRELA KACZMAREK*, TOMASZ GRECZYŁO**

Uniwersytet Wrocławski

Praca prezentuje wyniki badania ewaluacyjnego, obejmującego efekty kompleksowych działań, realizowanych w ramach przedsięwzięcia projektowego pn. *NanoDay – Dzień z nanonauką i nanotechnologią*, związanych z nauczaniem i uczeniem się zagadnień z obszaru nanonauki i nanotechnologii. Rezultaty przedstawiono w kontekście kształtowania zainteresowania uczestników projektu przedmiotami ścisłymi, m.in. fizyką, oraz doskonalenia kompetencji kluczowych.

SŁOWA KLUCZOWE: kompetencje kluczowe, zainteresowanie, nanotechnologia, nanonauka.

Shaping students' interest in science with the use of topics in the area of nanoscience and nanotechnology

The paper presents the results of the evaluation study covering the effects of comprehensive activities carried out as part of the project entitled *NanoDay – A day with nanoscience and nanotechnology* which main aims were related to teaching and learning certain topics in the field of nanoscience and nanotechnology. The results are presented in the context of shaping the project participants' interest in science and shaping their key competences.

KEYWORDS: key competences, interest, nanotechnology, nanoscience.

1. Wprowadzenie

Motywacja do podejmowania działań edukacyjnych jest konsekwencją zainteresowania konkretnym zagadnieniem lub grupą zagadnień – ich obszarem. Zainteresowanie pobudza aktywność ucznia i skłania go do działania związanego z wybraną problematyką, nawet gdy skutki podejmowanych czynności mają znaczenie drugorzędne i często są odroczone w czasie lub nieuświadomione. Stymulowane zainteresowaniem czynności wywołują w uczniu takie

* E-mail: mirela.kaczmarek@uwr.edu.pl
ORCID: 0000-0003-1990-2277

** E-mail: tomasz.greczylo@uwr.edu.pl
ORCID: 0000-0003-1895-9968

stany, jak: ciekawość poznawcza, zaciekawienie, radość, satysfakcja – emocje podnoszące efektywność procesu nauczania – uczenia się (Głóskowska-Sołdatow, 2010). Pobudzenie zainteresowania z wykorzystaniem zagadnień z obszaru aktualnej tematyki badawczej jest jedną ze strategii podnoszenia efektywności procesów edukacyjnych, głównie w obrębie przedmiotów przyrodniczych (Cepic, 2017). Tego rodzaju działania wykorzystywane są przede wszystkim do kształtowania wiedzy, umiejętności i postaw stanowiących ponadprzedmiotowe kompetencje kluczowe (Organisation for Economic Cooperation and Development, 2018).

Analiza wyników międzynarodowych badań TIMSS (Sitek, 2020) oraz PISA (Sitek, Ostrowska, 2020) pokazuje, że rezultaty polskich uczniów plasują się nieco ponad średnią wszystkich badanych. Osiągnięciu w tych badaniach jeszcze wyższych wyników może sprzyjać intensyfikowanie działań służących m.in. kształtowaniu kompetencji: matematyczno-przyrodniczych, ICT, krytycznego myślenia, rozwiązywania problemów, uczenia się i pracy zespołowej. W opinii autorów pracy, wynikającej z analizy wyników ewaluacji kompleksowych działań edukacyjnych, prowadzonych w projekcie pn. *NanoDay*, składające się na projekt działania stanowią przykłady tego typu aktywności edukacyjnych.

2. Opis projektu

Przedsięwzięcie *NanoDay – Dzień z nanonauką i nanotechnologią* było działaniem w ramach III Misji Uniwersytetu dofinansowanym z Programu Operacyjnego Wiedza Edukacja Rozwój 2014–2020 oraz współfinansowanym ze środków Unii Europejskiej z Europejskiego Funduszu Społecznego. Projekt był realizowany od września 2019 do października 2021 r. przez Uniwersytet Wrocławski, Wydział Fizyki i Astronomii (WFIA), Instytut Fizyki Doświadczalnej we współpracy z Fundacją Wspierania Nanonauki i Nanotechnologii NANONET.

Celem projektu było podniesienie kompetencji osób uczestniczących w edukacji, odpowiadających potrzebom gospodarki, rynku pracy i społeczeństwa m.in. przez prowadzenie na terenie wybranych szkół sześciogodzinnego bloku tematycznych zajęć edukacyjnych poświęconych problematyce nanonauki i nanotechnologii. Blok zajęć składał się z trzech różnych form aktywności o charakterze popularnonaukowym: wykładu wprowadzającego, wystawy obrazów nanoświata – NanoArt oraz warsztatów w mobilnej pracowni NanoLab.

2.1. Działania edukacyjne

W ramach projektu przewidziano realizację trzech różnych form pracy, koncentrujących się na podniesieniu kompetencji i umiejętności uczniów z zakresu przedmiotów przyrodniczych, szczególnie fizyki. Każdy cykl rozpoczynał wykład wprowadzający do tematyki. Następnie uczniowie uczestniczyli w aktywizującej ich wystawie, która nawiązywała do prezentowanych wcześniej treści. Ostatni element cyklu stanowiły praktyczne warsztaty tematyczne w mobilnej pracowni NanoLab.

2.1.1. Wykład

Wykład pt. *Wprowadzenie do nanonauki i nanotechnologii* obejmował dwie godziny lekcyjne i pełnił rolę wprowadzenia do zagadnień nanotechnologii na poziomie wiedzy, umiejętności oraz kompetencji społecznych, adekwatnych dla danego poziomu edukacyjnego. Zrealizowano dwie wersje wykładu: odpowiednio dla uczniów szkoły podstawowej (od szóstej klasy) oraz

uczniów szkół ponadpodstawowych. W ramach wykładów zaprezentowano treści dotyczące m.in. pojęcia skali wielkości i różnych rozmiarów – ze szczególnym uwzględnieniem nanoskali oraz typów nanostruktur, aspektów historycznych rozwoju nanotechnologii i nanonauki. Podczas prelekcji omówiono także możliwości technologiczne i osiągnięcia ostatnich lat w dziedzinie miniaturyzacji obiektów i urządzeń oraz perspektywy rozwoju nanotechnologii i jej wpływu na globalne przemiany. Prowadzone były również rozważania nt. tego, jak nauka może inspirować do zmieniania świata. Wykłady zilustrowano pokazami zjawisk nanonauki oraz demonstracjami właściwości nanomateriałów.

2.1.2. Wystawa

Wystawa zatytułowana *Obrazy nanoświata – NanoArt* była działaniem o szczególnie interdyscyplinarnym charakterze i składała się z prezentacji obrazów nanoświata oraz, towarzyszących im, aktywności edukacyjnych. Obejmowała 15 plasz tematycznych przedstawiających różne aspekty nanonauki i zawierała interaktywne prezentacje praktycznych zastosowań nanotechnologii oraz sposobów badania nanostruktur (naturalnych i wytworzonych przez człowieka). Informacje prezentowane na wystawie były zbieżne z informacjami zawartymi w multimedialnej prezentacji stanowiącej element wykładu poprzedzającego wystawę. Czas eksplorowania wystawy przez uczniów, każdorazowo moderowany przez opiekuna, wynosił 45 minut, podczas których prowadzone były przez niego działania zmierzające do ugruntowania materiału zawartego w wykładzie poprzedzającym.

2.1.3. Warsztaty praktyczne

Warsztaty praktyczne obejmowały 3 godziny lekcyjne i stanowiły wprowadzenie do zagadnień nanomateriałów na poziomie wiedzy, umiejętności oraz kompetencji społecznych uczniów szkoły podstawowej (od szóstej klasy) oraz szkół ponadpodstawowych. W ramach projektu zrealizowano dwa różne warsztaty: *NanoLab – nanomateriały* oraz *NanoLab – mikroskopia sondą skanującą*. Na program pierwszych warsztatów składał się zestaw eksperymentów i pokazów związanych z różnymi rodzajami nanomateriałów: powierzchniami hydrofobowymi, nanocząstkami barwników, cieczą ferromagnetyczną, stopami z pamięcią kształtu oraz materiałami używanymi we współczesnej elektronice. Na program drugich warsztatów składał się pokaz działania dwóch mikroskopów z sondą skanującą (skaningowego mikroskopu tunelowego (STM) oraz mikroskopu sił atomowych (AFM)) wraz z omówieniem budowy mikroskopów, zasady ich działania oraz prezentacją procedury pomiaru.

3. Realizacja projektu

3.1. Grupa docelowa

Zgodnie z założeniami przedsięwzięcia grupę docelową działań projektowych stanowiły uczennice i uczniowie szkół lokalnych w wieku 10–18 lat. Planowane działania obejmowały kilka form aktywności skierowanych do uczniów szkół podstawowych oraz szkół ponadpodstawowych (liceów, techników, szkół branżowych).

Dotychczasowa praktyka działań edukacyjno-popularyzatorskich prowadzonych przez WFIA pokazuje, że najczęściej napotykanymi barierami w działaniach są odległość dzieląca szkoły i uczelnie wyższe oraz związane z nią koszty przejazdu grup uczniowskich. Z tego powodu istotne kryterium udziału w projekcie stanowiła odległość między szkołami a uczelniami wyższymi, natomiast działania były skierowane do placówek spoza Wrocławia. Do udziału w projekcie zostali zaproszeni uczniowie szkół wybranych spośród placówek znajdujących się w mniejszych miejscowościach województwa dolnośląskiego, którzy zadeklarowali chęć nieodpłatnego zorganizowania na ich terenie szeregu skorelowanych zajęć na temat nanotechnologii pn. *NanoDay – dzień z nanonauką i nanotechnologią*. Podczas rekrutacji brano pod uwagę takie kryteria, jak: odległość od ośrodka akademickiego, liczba potencjalnych uczestników z podziałem na płeć, liczba uczestników z niepełnosprawnością, dostosowanie szkoły do uczestników z niepełnosprawnością czy wiek uczestników.

Nie zostały określone żadne wymagania dotyczące wiedzy i umiejętności uczniów biorących udział w zajęciach. Założono, że uczestnicy, którzy wykażą zaangażowanie na średnim poziomie, osiągną zakładane efekty, a zajęcia przyczynią się do rozwoju kompetencji dzieci z przeciętnymi predyspozycjami do uczenia się.

3.2. Odbiorcy działań

W projekcie wzięło udział 13 szkół, w tym 8 szkół podstawowych i 5 szkół ponadpodstawowych. Listę placówek wraz z terminami przeprowadzenia zajęć oraz liczbą uczestników przedstawiono w tabeli 1. W działaniach wzięło udział 637 osób: 427 ze szkół podstawowych oraz 210 ze szkół ponadpodstawowych.

Tabela 1.

Lista szkół biorących udział w projekcie „NanoDay”

Szkoła	Data realizacji zajęć	Liczba osób	Klasy
Szkoły podstawowe			
Szkoła Podstawowa im. Piastów Śląskich w Wiązowie	31.01.2020	45	7 i 8
Szkoła Podstawowa im. Bolesława Chrobrego w Żmigrodzie	28.02.2020	71	7
Szkoła Podstawowa im. Jana Pawła II w Szklarach Dolnych	9.09.2020	23	7 i 8
Szkoła Podstawowa z Oddziałami Integracyjnymi i Specjalnymi w Jędrzychowie	10.09.2020	52	7 i 8
Szkoła Podstawowa nr 12 im. Czesława Niemena w Lubinie	11.09.2020	58	8
Szkoła Podstawowa Nr 2 im. Ppor. Józefa Krysińskiego w Obornikach Śląskich	9.10.2020	65	7 i 8
Szkoła Podstawowa Nr 3 im. Jana Pawła II w Obornikach Śląskich	22.10.2021	67	7
Szkoła Podstawowa nr 7 im. Gen. Józefa Bema w Ostrowie Wielkopolskim	24.09.2021	46	7 i 8
Łączna liczba uczestników zajęć		427	

Szkoła	Data realizacji zajęć	Liczba osób	Klasy
Szkoły ponadpodstawowe			
Zespół Szkół Politechnicznych „ENERGETYK” w Wałbrzychu	25.05.2021	48	2
Liceum Ogólnokształcące Nr 1 im. Jana III Sobieskiego w Oławie	2.06.2021	48	2
Zespół Szkół Ogólnokształcących w Strzelinie	9.06.2021	33	2
Zespół Szkół Ogólnokształcących w Bystrzycy Kłodzkiej	11.06.2021	45	2
Zespół Szkół Technicznych w Kłodzku	27.10.2021	36	3 i 4
Łączna liczba uczestników zajęć	210		

Źródło: materiały projektu *NanoDay*.

3.3. Cele operacyjne

Głównym celem edukacyjnym przeprowadzonych zajęć wykładowych, warsztatowych oraz wystawy było poszerzenie wiedzy oraz kompetencji społecznych uczniów szkół podstawowych i ponadpodstawowych z zakresu przedmiotów przyrodniczych, przede wszystkim fizyki. Realizowane cele były zbieżne z założeniami podstawy programowej kształcenia ogólnego oraz z przedmiotowymi celami kształcenia odpowiednimi dla poziomu nauczania: szkoły podstawowej oraz ponadpodstawowej z takich przedmiotów, jak: matematyka, chemia, fizyka i biologia.

Założono, że w wyniku realizacji zajęć uczestnicy osiągną szczegółowe cele w zakresie zdobytej wiedzy, umiejętności oraz prezentowanych postaw, odpowiednie dla etapu edukacyjnego. Do opisu poziomu wiadomości i działań oraz umiejętności i kompetencji społecznych (postaw) wykorzystano zbiór czasowników operacyjnych użytych w podstawie programowej nauczania fizyki na II i III etapie edukacyjnym (Greczyło, 2016). Cele szczegółowe zostały skorelowane z wymaganiami podstawy programowej (Thomas, Greczyło, 2018).

W wyniku realizacji zajęć wykładowych uczestnicy zdobyli wiedzę pozwalającą im:

- stosować terminy „skala wielkości” i „rozmiar atomu”;
- posługiwać się pojęciami nanotechnologii i nanonauki;
- wymienić, jakiego rzędu wielkości mają obiekty nanometryczne, i opisać, jak mają się one do skali wielkości znanego nam wszechświata;
- opisać znaczenie powierzchni dla właściwości substancji (powierzchnia substancji ma inne właściwości fizyczne niż objętość);
- wskazać, jak zmniejszanie rozmiarów wpływa na udział atomów powierzchniowych w całkowitej liczbie atomów ciała;
- rozpoznać rodzaje nanostruktur niskowymiarowych (błony kwantowe, druty kwantowe i kropki kwantowe) i opisać jakościowo efekt kwantowania rozmiarowego;
- wymienić materiały – które dzięki zastosowaniu nanotechnologii – wykazują niezwykle właściwości fizykochemiczne (materiały hydrofobowe, katalizatory, układy scalone, grafen, ferrofluid, materiały z pamięcią kształtu, diody LED, nanocząstki);
- wymienić podstawowe metody badawcze stosowane w nanonauce i nanotechnologii;
- opisać zasadę działania podstawowych metod badawczych stosowanych w nanonauce i nanotechnologii: spektroskopii fotoelektronów, skaningowej mikroskopii tunelowej, mikroskopii sił atomowych.

Uczniowie wykształcili również umiejętności, dzięki którym:

- wskazują metody badawcze umożliwiające poznawanie składu chemicznego i struktury materii w nanoskali;
- rozpoznają metody spektroskopowe oraz mikroskopowe (STM, AFM).

Natomiast dzięki realizacji zajęć warsztatowych uczestnicy zdobyli także wiedzę pozwalającą:

- stosować terminy, takie jak: „powierzchnia hydrofobowa”, „kąąt zwilżania”, „złóże chromatograficzne”, „rozpuszczalnik”, „ciecz ferromagnetyczna”, „materiał z pamięcią kształtu”;
- posługiwać się pojęciami nanopowłoki, nanocząstki, hydrofobowości, barwników, surfaktantu, austenitu, martenzytu;
- opisać znaczenie powłok dla właściwości substancji (powierzchnia substancji z naniesioną powłoką hydrofobową ma inne właściwości fizyczne niż powierzchnia bez takiej powłoki);
- opisać zasadę działania chromatografii cieczowej, i mechanizm separacji nanocząstek barwnika;
- rozpoznać zachowanie cieczy ferromagnetycznej w polu magnetycznym;
- rozpoznać zachowanie materiału z pamięcią kształtu przy przejściu fazowym austenit-martenzyt;
- wymienić zastosowania poznanych nanomateriałów: powłok i cząstek hydrofobowych, nanocząstek barwników, cieczy ferromagnetycznej i materiałów z pamięcią kształtu;
- stosować pojęcia „mikroskopia z sondą skanującą”, „skaningowy mikroskop tunelowy”, „STM”, „mikroskop sił atomowych”, „AFM”, „struktura krystaliczna”, „atomowa zdolność rozdzielcza”, „sprężenie zwrotne”;
- posługiwać się terminami „efekt tunelowy”, „zjawisko piezoelektryczne”, „prąd tunelowy”, „siły van der Waalsa”, „siły odpychania elektrostatycznego”, „nanostruktura”, „nanoskala”, „mikroskala”;
- opisać wpływ skaningowej mikroskopii tunelowej i mikroskopii sił atomowych na rozwój nanonauki i nanotechnologii;
- opisać zasadę działania skaningowego mikroskopu tunelowego i mikroskopu sił atomowych;
- omówić procedurę przeprowadzania pomiarów przy użyciu STM oraz AFM;
- rozpoznać stopnie atomowe w kryształach;
- rozpoznać obrazy w skali atomowej;
- wymienić zastosowania mikroskopów: STM i AFM.

Uczniowie wykształcili także umiejętności, dzięki którym:

- wskazują metody zabezpieczania powierzchni przed zwilżeniem;
- wskazują metody badawcze umożliwiające rozdzielanie mieszanin;
- rozpoznają cechy cieczy ferromagnetycznej;
- rozpoznają właściwości stopów z pamięcią kształtu;
- wskazują metody obrazowania powierzchni w skali nanometrycznej;
- rozpoznają obrazy uzyskane przy użyciu mikroskopów z sondą skanującą;
- wykazują badawcze podejście do świata.

Wystawa stanowiła ugruntowanie materiału zawartego w wykładach oraz warsztatach i pomagała w realizacji wskazanych wcześniej celów. Wszystkie formy pracy pozwoliły także na kształtowanie uczestników, którzy po zajęciach demonstrują postawy:

- otwartości na różnorodność świata otaczającego;
- świadomości, jak natura „wykorzystuje” nanotechnologię (efekt lotosu, budowa skrzydła motyla, sposób poruszania się gekona, ale również owadów);
- świadomości konieczności prowadzenia badań w tematyce nanonauki i nanotechnologii.

4. Działania ewaluacyjne

Celem działań ewaluacyjnych przeprowadzonych w ramach realizacji przedsięwzięcia było określenie skuteczności prowadzonych w ramach projektu aktywności edukacyjnych w obrębie trzeciej misji uczelni oraz wskazanie liczby osób, które podniosły kompetencje w konsekwencji działań uczelni wspartych dofinansowaniem z Europejskiego Funduszu Społecznego. Ewaluacja skuteczności podjętych działań edukacyjnych była prowadzona z wykorzystaniem ankiet ewaluacyjnych, realizowanych za pośrednictwem narzędzi technologii informacyjno-komunikacyjnej. Przed przystąpieniem do zajęć uczestnicy projektu wypełniali udostępniony –w formie online–w określonym terminie wejściowy arkusz ewaluacyjny. Następnie uczniowie uczestniczyli we wszystkich wskazanych wcześniej formach pracy. Na zakończenie wypełniali arkusz ewaluacyjny wyjściowy, również udostępniony online w wybranym okresie.

4.1. Ankieta ewaluacyjna

Ankieta wejściowa składała się z 9 pytań, w tym:

- 5 pytań zamkniętych sprawdzających wybrane aspekty wiedzy;
- 3 pytań deklaracyjnych odwołujących się do umiejętności i wiedzy uczniów;
- 1 pytania otwartego.

Pytania zawarte w ankiecie przed zajęciami wraz z odpowiedziami do wyboru oraz skalą dla pytań deklaracyjnych przedstawiono w tabeli 2.

Tabela 2.

Wejściowa ankieta ewaluacyjna – pytania

Nr	Pytania zamknięte				
1.	Jakiego rzędu są obiekty, którymi zajmuje się nanonauka i nanotechnologia?	10^{-4}	10^{-5}	10^{-9}	10^{-13}
2.	Ile podstawowych układów nanostrukturalnych wyróżniamy w nanotechnologii?	1	2	3	5
3.	Kto jako pierwszy wprowadził pojęcie nanotechnologii?	Newton	Taniguchi	Born	Drexler
4.	Który z przykładów nie jest związany z nanostrukturą wytwarzaną przez człowieka?	kielich Likurga	stal damasceńska	nitriol	gekon

5.	Który skrót odpowiada nazwie mikroskopu umożliwiającego obserwację nanostruktur?	FAM	AFM	MAT	TFM	
Pytania deklaratywne						
5 – zdecydowanie zgadzam się	4 – zgadzam się	3 – nie mam zdania	2 – nie zgadzam się	1 – zdecydowanie nie zgadzam się		
6.	Uważam, że sporo wiem o nanonauce i nanotechnologii.	5	4	3	2	1
7.	Potrafię wskazać przykłady nanotechnologii w otaczającym nas świecie.	5	4	3	2	1
8.	Jestem zainteresowany(-a) przedmiotami przyrodniczymi.	5	4	3	2	1
Pytanie otwarte						
9.	Napisz, jakie masz oczekiwania związane z udziałem w przedsięwzięciu pn. <i>NanoDay – dzień z nanonauką i nanotechnologią</i> (np. o czym chciał(a)byś się dowiedzieć, jakie umiejętności chciał(a)byś zdobyć).					

Źródło: materiały projektu *NanoDay*.

Ankieta ewaluacyjna, wypełniana przez uczniów po realizacji bloku zajęć, również składała się z 9 pytań i miała identyczną strukturę, jak ankieta wejściowa. Pytania z zakresu wiedzy (pytania zamknięte – od 1. do 5. włącznie) oraz 2 pytania deklaratywne (6. i 7.) pozostawały identyczne. Ankiety różniły się pytaniami numer 8 oraz 9. Zostały one przedstawione w tabeli 3.

Tabela 3.

Zmodyfikowane pytania w ankiecie wyjściowej

Pytanie deklaratywne						
8.	Moje zainteresowanie przedmiotami przyrodniczymi zwiększyło się po zajęciach pn. <i>NanoDay – dzień z nanonauką i nanotechnologią</i> .	5	4	3	2	1
Pytanie otwarte						
9.	Napisz, czy zajęcia pn. <i>NanoDay – dzień z nanonauką i nanotechnologią</i> spełniły Twoje oczekiwania związane z udziałem w przedsięwzięciu i uzasadnij odpowiedź.					

Źródło: materiały projektu *NanoDay*.

Jako wynik ankiety uznawano sumę punktów zdobytych w pytaniach od 1. do 8., przy czym pytania sprawdzające wiedzę były oceniane w skali zero-jedynkowej, natomiast w pytaniach deklaracyjnych do wyniku wliczano wartość liczbową odpowiadającą wybranej odpowiedzi. Maksymalna liczba możliwych do otrzymania punktów w każdej z ankiet wynosiła zatem 20.

5. Wyniki i dyskusja

Ankiety ewaluacyjne były udostępniane uczniom w postaci linku i możliwe do wypełnienia tylko w określonym przedziale czasu – kilka dni – odpowiednio przed zajęciami i po nich. W związku z tym występują rozbieżności pomiędzy liczbą zebranych ankiet a liczbą uczestników zajęć. Wśród respondentów znaleźli się uczniowie, którzy nie wzięli udziału w zajęciach, a część uczniów, która była obecna na zajęciach, nie wypełniła ankiet. Liczba wypełnionych ankiet wynosiła w sumie:

- 603 – przed zajęciami;
- 512 – po zajęciach;
- w tym 463 wypełnionych przez tę samą osobę – przed zajęciami i po nich.

W badaniu wzięto udział 637 osób. Dysproporcja pomiędzy liczbą uczestników a zebranymi kompletami materiału do ewaluacji jest znaczna. Uzyskany procent liczby kompletów materiałów ewaluacyjnych do całkowitej liczby uczestników zajęć osiągnął 72,7%, a to oznacza, że co czwarty uczestnik nie wywiązał się w pełni z zobowiązań.

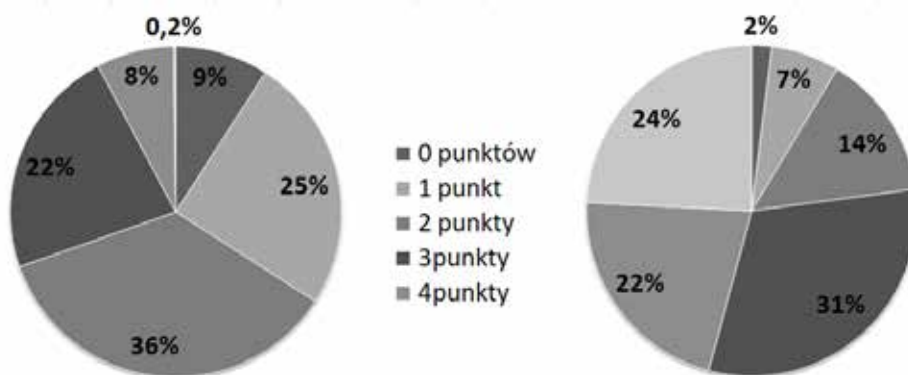
W dalszej analizie wzięto pod uwagę tylko kompletne dane uzyskane przez uczniów, którzy wypełnili ankietę przed zajęciami, wzięli w nich udział oraz wypełnili ankietę wyjściową.

5.1. Pytania zamknięte

W przypadku pytań zamkniętych (tabela 2, pytania od 1. do 5. włącznie) maksymalna liczba punktów możliwych do uzyskania wynosiła 5. Uczeń otrzymywał 1 punkt za prawidłową odpowiedź oraz 0 punktów w przypadku błędnej odpowiedzi.

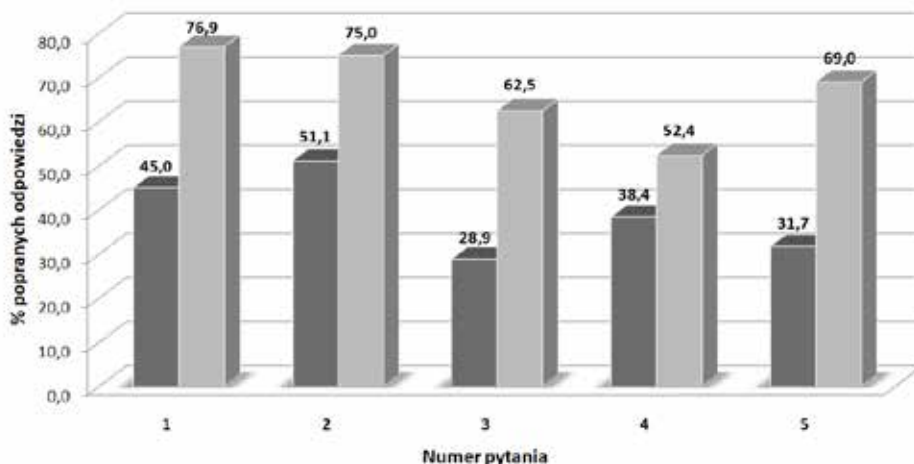
Średnia liczba punktów uzyskanych przez uczniów przed zajęciami wynosiła 1,95, natomiast po zajęciach 3,37. Dominantę w przypadku wyników przed zajęciami stanowią 2 punkty, natomiast po zajęciach 3 punkty. Na rysunku 1 przedstawiono, jaki procent uczniów uzyskał dany wynik punktowy przed zajęciami i po ich realizacji.

Rysunek 1. Porównanie liczby punktów uzyskanych przed zajęciami (po lewej) i po ich realizacji (po prawej)



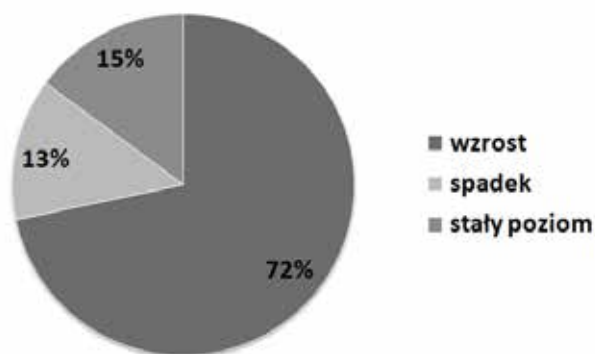
Procentowy wynik prawidłowych odpowiedzi udzielonych na poszczególne pytania zamknięte przedstawiono na rysunku 2.

Rysunek 2. Porównanie wyników dla poszczególnych pytań zamkniętych przed zajęciami (ciemniejsze słupki) i po zajęciach (jaśniejsze słupki)



Dla poszczególnych uczestników zajęć określono, czy w zakresie pytań zamkniętych nastąpił wzrost liczby uzyskanych punktów, został utrzymany stały wynik, czy nastąpił spadek. Wyniki przedstawiono na rysunku 3.

Rysunek 3. Porównanie liczby punktów uzyskanych przed zajęciami i po ich realizacji



Najczęściej występującym wynikiem był wzrost o 2 punkty w stosunku do liczby punktów uzyskanych w ankiecie przed udziałem w zajęciach. Natomiast maksymalny wzrost wynosił 4 punkty.

5.2. Pytania deklaratywne

W ankiecie znalazły się trzy pytania deklaratywne, to jest pytania, w których uczniowie mogli wybrać odpowiedź, wskazując, w jakim stopniu zgadzają się z podanymi stwierdzeniami. Możliwe do wyboru odpowiedzi były następujące:

- zdecydowanie się zgadzam,
- zgadzam się,
- nie mam zdania,
- nie zgadzam się,
- zdecydowanie nie zgadzam się.

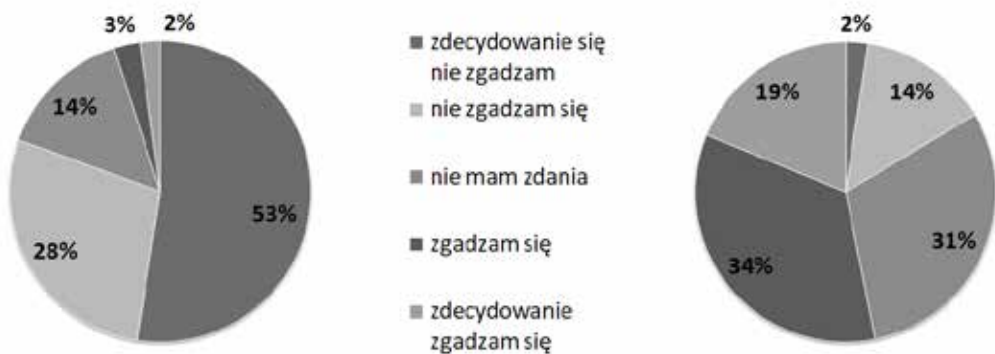
Maksymalna liczba punktów do uzyskania wynosiła 15. Do wyniku wliczano wartość liczbową odpowiadającą wybranej odpowiedzi. Dwa pytania deklaratywne były identyczne w obu ankietach (przed zajęciami i po nich). Jedno pytanie natomiast różniło się – w ankiecie przed pytano o zainteresowanie przedmiotami przyrodniczymi, natomiast w ankiecie po zajęciach pytanie dotyczyło wzrostu zainteresowania po odbyciu zajęć. Pytania deklaratywne zawarto w tabeli 2 oraz tabeli 3.

Średni uzyskany przed zajęciami wynik wynosił 6,37 punktów, a po zajęciach 10,2 punktów. Procentowy rozkład odpowiedzi na poszczególne pytania przedstawiono na rysunkach 4–6.

Rysunek 4. Porównanie wyników dla pytania 6. przed zajęciami (po lewej) i po ich realizacji (po prawej)



Rysunek 5. Porównanie wyników dla pytania 7. przed zajęciami (po lewej) i po ich realizacji (po prawej)

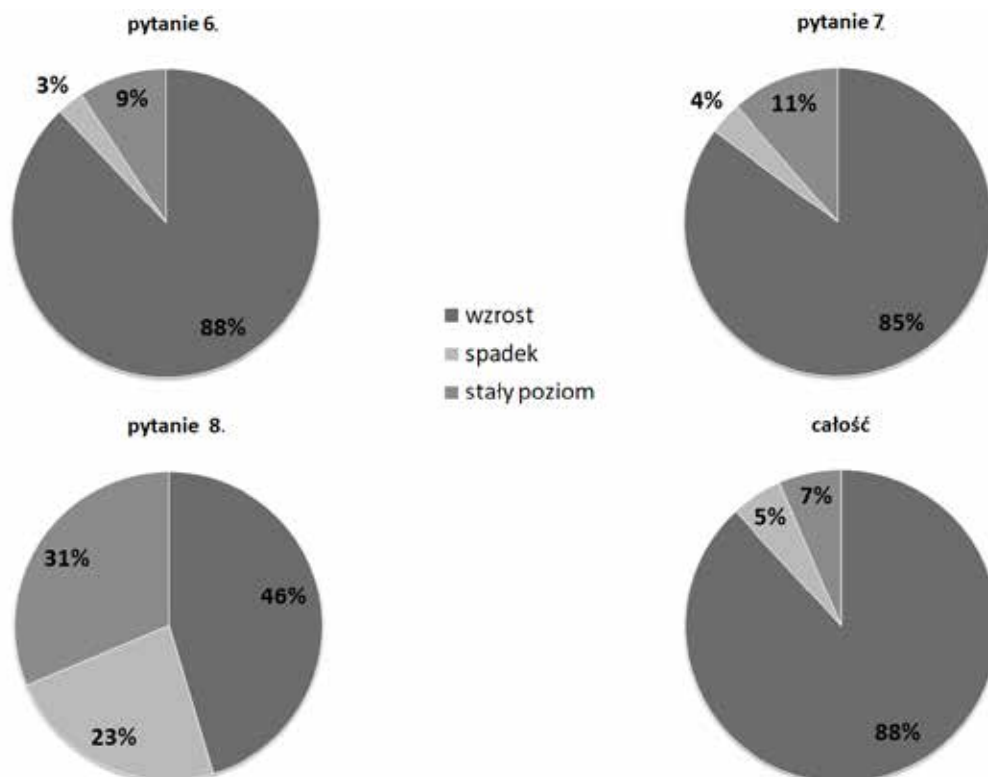


Rysunek 6. Porównanie wyników dla pytania 8. przed zajęciami (po lewej) i po ich realizacji (po prawej)



Dla każdego pytania deklaratywnego określono, czy nastąpił wzrost liczby punktów, spadek, czy poziom ten był taki sam jak w przypadku ankiety wejściowej. Tego samego wskaźnika użyto dla całościowego wyniku otrzymanego w przypadku pytań deklaratywnych. Wyniki przedstawiono na rysunku 7.

Rysunek 7. Porównanie wyników wejściowych i wyjściowych dla pytań deklaratywnych



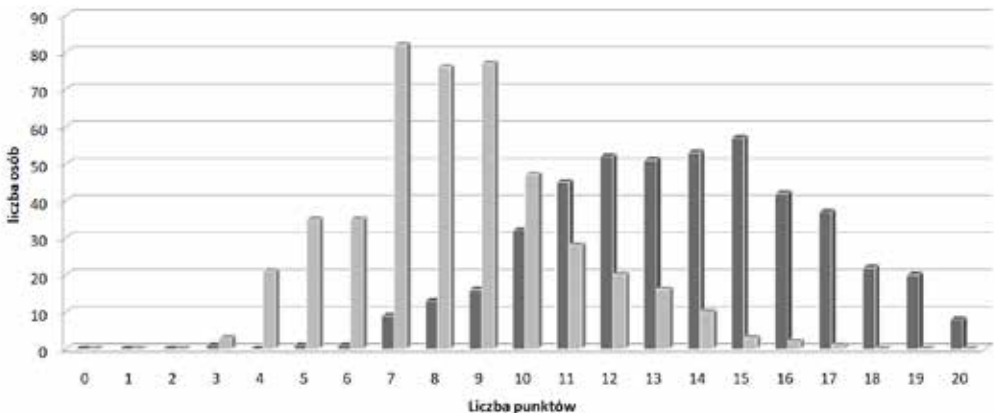
W przypadku pytania 6. i 7. zanotowano wzrost u znacznej liczby uczestników (powyżej 80%). Natomiast w przypadku pytania 8. tylko 46% ankietowanych wykazało wzrost, a 1/3 utrzymała stały poziom deklaracji. W przypadku pytania numer 8 bezpośrednie porównywanie zadeklarowanego poziomu zainteresowania przedmiotami przyrodniczymi ze wzrostem zainteresowania po zajęciach, wyrażone różnicą punktów, może nie być miarodajne. Jak pokazano w tabelach 2 i 3, pytania różniły się w obu wersjach ankiety. Porównując całościowy wynik uzyskany w pytaniach deklaracyjnych, można zauważyć, że prawie 90% uczestników zajęć wykazało wzrost liczby punktów.

5.3. Wyniki w ujęciu całościowym

5.3.1. Pytania zamknięte

Maksymalna liczba punktów do uzyskania w całej ankiecie wynosiła 20. Średni wynik uzyskany przed zajęciami wynosił 8,32, przy czym najczęściej pojawiający się wynik to 7, a mediana wynosiła 8 punktów. Średni wynik otrzymany w ankiecie po przeprowadzanych zajęciach wynosił 13,56 punktów, natomiast najczęściej pojawiającym się wynikiem było 15. Mediana z kolei wynosiła 14. Porównanie wyników otrzymanych przed zajęciami i po nich przedstawiono na rysunku 8.

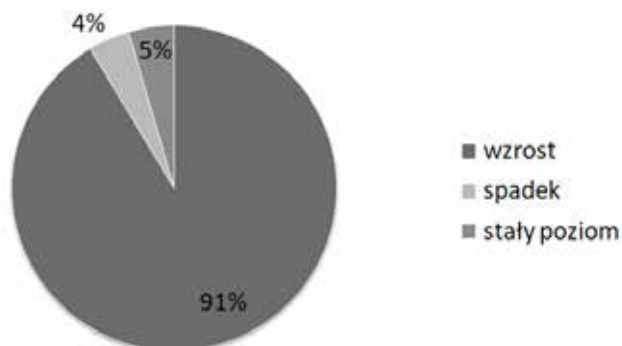
Rysunek 8. Całkowita liczba punktów uzyskanych przed zajęciami (jaśniejsze słupki) i po zajęciach (ciemniejsze słupki)



Na podstawie rysunku 8 można zauważyć wyraźne przesunięcie się wyników ku wyższym wartościom punktowym po zrealizowaniu zajęć. Rozkład uzyskanych punktów jest też bardziej równomierny.

Dla otrzymanych wyników przyjęto, że wzrost nastąpił, jeśli wynik w ankiecie wyjściowej jest wyższy niż w ankiecie wejściowej, spadek – jeśli wynik jest niższy niż wcześniej, a stały poziom oznacza brak zmiany w całkowitej liczbie zdobytych punktów. Uzyskane wyniki przedstawiono na rysunku 9.

Rysunek 9. Porównanie wyników całkowitych



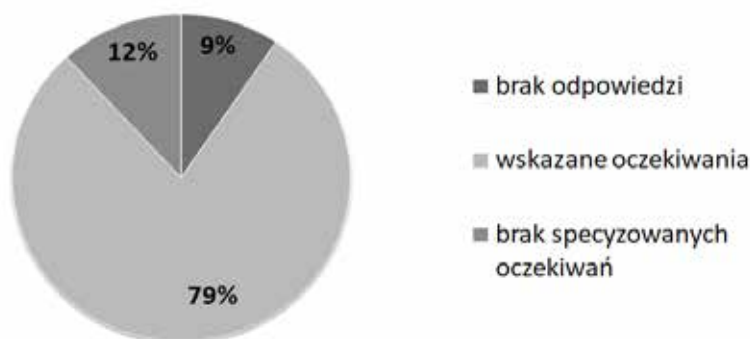
Wzrost w części zamkniętej ankiety wystąpił u 332 uczniów, a wzrost w pytaniach deklaracyjnych u 408 osób. W przypadku 89,5% uczestników, u których zaobserwowano wzrost liczby punktów w pytaniach zamkniętych, nastąpił także wzrost liczby punktów w pytaniach deklaracyjnych.

5.3.2. Pytania otwarte

W ankiecie znalazło się jedno pytanie otwarte (pytanie numer 9.), którego treść różniła się w ankiecie przed zajęciami oraz po nich. Pytanie zamieszczone w ankiecie wejściowej brzmiało: „Napisz, jakie masz oczekiwania związane z udziałem w przedsięwzięciu pn. *NanoDay – dzień z nanonauką i nanotechnologią* (np. o czym chciał(a)byś się dowiedzieć, jakie umiejętności chciał(a)byś zdobyć”, natomiast w ankiecie wyjściowej było sformułowane następująco: „Napisz, czy zajęcia pn. *NanoDay – dzień z nanonauką i nanotechnologią* spełniły Twoje oczekiwania związane z udziałem w przedsięwzięciu i uzasadnij odpowiedź”.

W ankiecie wejściowej odpowiedzi na pytanie 9. udzieliło 419 respondentów, przy czym 364 wyraziło swoje oczekiwania, a pozostali wskazali brak oczekiwań lub brak wiedzy na temat swoich oczekiwań. Procentowy rozkład odpowiedzi przedstawiono na rysunku 10.

Rysunek 10. Odpowiedzi uzyskane na pytanie 9. (ankieta przed zajęciami)



Udzielone odpowiedzi, zawierające wskazane oczekiwania, podzielono na cztery kategorie, zgodnie z przeważającą w odpowiedzi informacją:

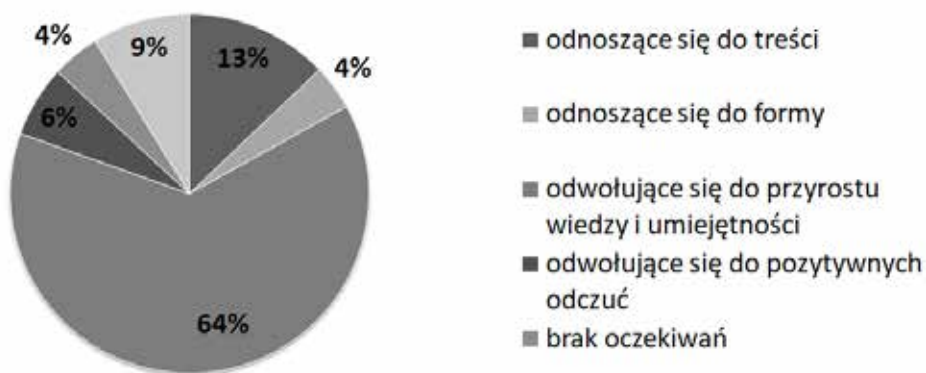
- A – odnoszące się do treści, np. „Czym jest nanonauka i nanotechnologia?”, „Chciałbym poznać nowinki i nowe projekty związane z nanotechnologią, które mogą powstać w niedalekiej przyszłości”;
- B – odnoszące się do form pracy, np. „Głównie posłuchać wykładu”, „Chciałbym zobaczyć, jak wyglądają różne rzeczy pod mikroskopem”;
- C – odwołujące się do przyrostu wiedzy i umiejętności, np. „Chciałbym dowiedzieć się więcej na temat nanotechnologii i do czego służy”, „Chciałbym dowiedzieć się podstawowych rzeczy, ponieważ mam małą wiedzę na ten temat”;
- D – odwołujące się do pozytywnych odczuć, np. „Chciałbym się dobrze bawić”, „Uważam że będą to bardzo ciekawe zajęcia z nanotechnologii”.

Wyróżniono także dwie dodatkowe kategorie istotne w kontekście wyrażania oczekiwań:

- E – brak oczekiwań, np. „żadne”, „nie mam”;
- F – odpowiedź „nie wiem”.

Uzasadnienie odnoszące się do: treści, wskazały 54 osoby, form pracy – 17 osób, przyrostu wiedzy i umiejętności – 266, a 27 osób wskazało oczekiwania związane z pozytywnymi odczuciami i odbiorem zajęć. Brak oczekiwań wyraziło 18 respondentów, a 37 podało odpowiedź „nie wiem”. Procentowy rozkład uzyskanych odpowiedzi przedstawiono na rysunku 11.

Rysunek 11. Procentowy rozkład oczekiwań w stosunku do zajęć (ankieta przed zajęciami)

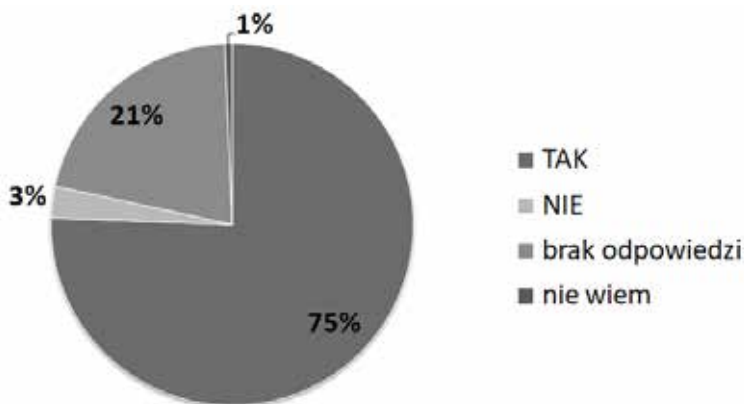


Najwięcej ankietowanych oczekiwało od zajęć przyrostu wiedzy lub umiejętności. Występują różnice w oczekiwaniach dotyczących przyrostu. Niektórzy respondenci w odpowiedzi wskazują całkowity brak wiedzy bądź małą wiedzę w zakresie nanonauki i nanotechnologii i oczekują zdobycia podstawowych wiadomości dotyczących tego tematu (np. „Chciałbym dowiedzieć się podstawowych rzeczy, ponieważ mam małą wiedzę na ten temat”), inni natomiast chcieliby dowiedzieć się więcej (np. „Dowiedzieć się więcej o nanotechnologii”, „Chciałabym bardziej zrozumieć nanotechnologię, bo na ten moment nie rozumiem jej tak dobrze, jak bym chciała”). Część ankietowanych nawiązuje natomiast do pytań zamkniętych i oczekuje poznania odpowiedzi na te pytania w toku zajęć. W uzasadnieniach odnoszących

się do form pracy najczęściej pojawiają się kwestie związane z oglądaniem rzeczy w skali nano z wykorzystaniem mikroskopu.

W ankiecie wyjściowej odpowiedzi na pytanie 9. udzieliło 366 respondentów. Twierdząco odpowiedziało 350 osób, z czego 83 osoby podały jedynie krótką odpowiedź, lecz nie zawarły uzasadnienia. Wynik procentowy uzyskanych odpowiedzi przedstawiono na rysunku 12.

Rysunek 12. Uzyskane odpowiedzi na pytanie 9. (ankieta po zajęciach)

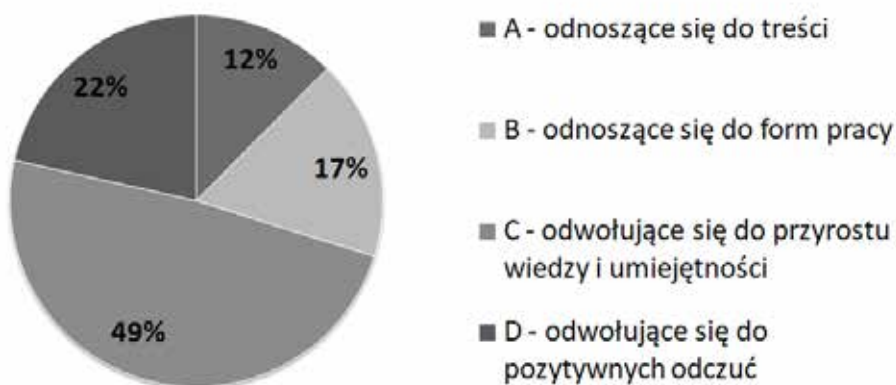


Odpowiedzi twierdzących zawierających uzasadnienie (265) podzielono na cztery kategorie, zgodnie z przeważającą w odpowiedzi informacją:

- A – odnoszące się do treści, np. „Tak, bo były ciekawe informacje”, „Dowiedziałam się o atomach”;
- B – odnoszące się do form pracy, np. „Dzień z nanonauką podobał mi się ponieważ: były ciekawe wykłady i eksperymenty”, „Tak, bardzo mi się spodobały zajęcia z doświadczeniami”;
- C – odwołujące się do przyrostu wiedzy i umiejętności, np. „Spełniły moje oczekiwania. Nauczyłem się na nich wiele przydatnych informacji”, „Tak, ponieważ nauczyłem się wielu nowych rzeczy oraz było ciekawie”;
- D – odwołujące się do pozytywnych odczuć, np. „Tak, było ciekawie”, „Było fajnie i ciekawie”.

Uzasadnienie odnoszące się do treści wskazały 33 osoby, 46 osób podało uzasadnienie odnoszące się do form pracy, szczególnie do warsztatów, 129 osób odwołało się do przyrostu wiedzy i umiejętności przez realizację zajęć, a 57 osób podało uzasadnienie odnoszące się do pozytywnych odczuć związanych z zajęciami. Rozkład procentowy uzyskanych odpowiedzi przedstawiono na rysunku 13.

Rysunek 13. Procentowy rozkład uzasadnienia wskazanego w pytaniu 9. (ankieta po zajęciach)



Wśród 129 osób odwołujących się w uzasadnieniu do przyrostu wiedzy i umiejętności, 120 osób uzyskało także przyrost w pytaniach deklaracyjnych, a wyższy wynik całkowity (pytania zamknięte oraz deklaratywne razem) uzyskało 127 osób.

6. Wnioski

Możliwość nieodpłatnego przeprowadzenia bloku zajęć bezpośrednio w szkołach pozwoliła dotrzeć nie tylko do uczniów, ale także do ich otoczenia lokalnego, m.in. szerszej grupy nauczycieli oraz rodziców/opiekunów prawnych. Z drugiej strony ułatwiony dostęp do zajęć, bez sformułowania wymagań wstępnych, mógł wpłynąć na wspomnianą dysproporcję pomiędzy liczbą osób biorących udział w samych zajęciach a liczbą zebranych kompletów ankiet ewaluacyjnych. Wyraźnie rysuje się zatem potrzeba jasnego, bezpośredniego komunikowania potrzeb i oczekiwań wobec uczestników oraz monitorowania procesu zbierania danych, by uzyskany stosunek liczby kompletów materiałów ewaluacyjnych do całkowitej liczby uczestników był wyższy.

Analiza udzielonych w ankiecie ewaluacyjnej odpowiedzi pozwala jednak w jednoznaczny sposób stwierdzić, że kompleksowe działania edukacyjne przyniosły wymierne korzyści uczniom w nich uczestniczącym – wzrósł zarówno średni wynik w zakresie wiedzy, jak i w obszarze objętym pytaniami o charakterze deklaracyjnym. Na podstawie analizy odpowiedzi otwartych, podzielonych na opisane powyżej kategorie, uzasadnione jest stwierdzenie, że na skutek działań projektowych wzrosła motywacja zadaniowa uczestników zajęć (Ogrodnik, 2019). Kompleksowe spojrzenie na wyniki, w zestawieniu z opisem metod działania oraz postawionych celów, stawia przedsięwzięcie jako przykład stosowania racjonalnych adaptacji i modyfikacji w nauczaniu i uczeniu się na drodze do skuteczniejszej metodyki nauczania (Domagała-Zyśk, 2018).

Realizacja przedsięwzięcia dotyczącego zagadnień z obszaru nanotechnologii i nanonauki na poziomie szkolnym uwidoczniała również tkwiący w tych obszarach potencjał w nauczaniu przedmiotów ścisłych. Wyniki pokazały, że już uczniowie szkół podstawowych mogą z powodzeniem rozumieć kluczowe pojęcia z zakresu nanonauki i nanotechnologii. Projekt

stanowił kompleksowe działania edukacyjne skumulowane podczas jednego dnia, jednak obiecujące wydaje się zaadaptowanie pewnych rozwiązań projektowych do realiów szkolnych i wykorzystanie interdyscyplinarnego charakteru nanonauki i nanotechnologii do rozwijania kompetencji kluczowych oraz zainteresowania przedmiotami ścisłymi także podczas zajęć lekcyjnych.

Podziękowania

Autorzy pracy szczególnie dziękują współwykonawcom projektu pn. *NanoDay* – pracownikom Fundacji Wspierania Nanonauki i Nanotechnologii NANONET oraz pracownikom Instytutu Fizyki Doświadczalnej Uniwersytetu Wrocławskiego.

Bibliografia

- Cepic, M. (2017). Introduction of current scientific results to education: Experiences from the case of liquid crystals. W: T. Greczyło, E. Dębowska (red.), *Key Competences in Physics Teaching and Learning. Springer Proceedings in Physics*, (190), 41–54.
- Domagała-Zyśk, E. (2018). Racjonalne dostosowanie i modyfikacja w edukacji uczniów mających specyficzne potrzeby edukacyjne. W: S. M. Kwiatkowski (red.), *Kompetencje* (s. 270–285). Wydawnictwo FRSE.
- Głowska-Sołdatow, M. (2010). Wybrane aspekty motywowania uczniów do nauki. W: E. Jaszczyszyn, J. Szada-Borzyszkowska (red.), *Edukacja dziecka – mity i fakty* (s. 422–431). Trans Humana Wydawnictwo Uniwersyteckie.
- Greczyło, T. (2016). Czasowniki operacyjne w podstawie programowej fizyki dla II etapu edukacyjnego, *Foton*, 135, 41–44.
- Ogrodnik, J. (2019). Orientacja motywacyjna uczniów – weryfikacja teorii Johna Nichollsa w polskich warunkach edukacyjnych. *Edukacja*, 1(148), 58–74.
- Organisation for Economic Cooperation and Development. (2018). *The future of education and skills, Education 2030, Future we want, OECD Learning Framework 2030*. Pobrano z <https://www.oecd.org/education/2030-project/>
- Sitek, M. (red.). (2020). *TIMSS 2019. Wyniki międzynarodowego badania osiągnięć czwartoklasistów w matematyce i przyrodzie*. IBE.
- Sitek, M., Ostrowska, E. B. (red.). (2020). *PISA 2018. Czytanie, rozumienie, rozumowanie*. IBE.
- Thomas, M., Greczyło, T. (2018). Wyzwania przyszłości. Uwagi i refleksje współautorów podstawy programowej z fizyki dla różnych typów szkół i etapów kształcenia. *Refleksje*, 3, 52–60.