

## NEURO Z PEDAGOGIKĄ

Kinga Mazurkiewicz, e-mail: kinga.maria.mazurkiewicz@gmail.com  
 Uniwersytet Opolski  
 ul. Oleska 48, 45-052 Opole



### STRESZCZENIE

Artykuł składa się z trzech części. Pierwsza zawiera krótką refleksję na temat dynamicznego rozwoju neuronauk, związanego z nowoczesnymi, bezinwazyjnymi metodami badania mózgu. Autor traktuje ten rozwój jako możliwość pogłębienia wiedzy i udoskonalenia dziedzin pedagogiki oraz dydaktyki. Uważa, że osoby, które dążą do osobistego rozwoju i podniesienia jakości procesu uczenia, mogą dzięki niemu uzyskać wiedzę o efektywnym uczeniu. Ponadto autor naświetla pojęcie neurodydaktyki, wskazuje, kiedy powstała i jakie ma znaczenie dla edukacji. W drugiej części dokładnie omówiono nauczanie przyjazne mózgowi. Autor wyjaśnia je, prezentując najważniejsze zasady działania ludzkiego mózgu. Następnie koncentruje uwagę na stylu oraz strategiach uczenia oraz na znaczeniu dominacji półkul mózgowych w procesie uczenia się. W dalszej części przybliży teorię inteligencji wielorakich Howarda Gardniera. Omawia aktywności oraz zabawy, które stymulują rozwój mózgu, a także wpływ muzyki oraz nowych technologii na rozwój sieci neuronalnych. Ostatnia część artykułu to podsumowanie, w którym autor wyciąga wnioski, a także omawia wady i zalety nowoczesnych technik nauczania. Zwraca uwagę na szansę, którą jest dla polskiej edukacji wykorzystanie wiedzy na temat funkcjonowania mózgu. Stawia hipotezę, że nauka stanie się dla wielu ludzi nie tylko przystępna, ale również atrakcyjna. Przeszanie kojarzyć się z karkołomną i żmudną, często niedającą efektów pracą.

**Słowa kluczowe:** neurodydaktyka, neuropedagogika, style uczenia się, strategie uczenia się, dominacja półkul mózgowych, teoria inteligencji wielorakich, Howard Gardner, aktywność stymulująca rozwój mózgu, wpływ nowych technologii na rozwój mózgu

### Neuro with Pedagogy

### ABSTRACT

The article is composed of three parts. The first is an introduction. It contains a short reflection on the dynamic development of neuroscience, which is connected with modern, non-invasive methods of brain research. The author treats this development as a possibility to deepen knowledge and improve areas of pedagogy and didactics. He considers that persons, who aspire to personal development and to improve the quality of the learning process, they can get knowledge about an effective learning. Moreover the author highlights the concept of neuro-didactics, points when it created and what is important for education.

The second part is a development of subject, in which it is explained brain-friendly teaching. The author explains it presenting the most important principle of activities in the brain. Next he is focused on style and learning strategies and on the importance of brain hemisphere's dominance. In the following part he says about theory of multiple intelligences of Howard Gardner. He clarifies activities and plays, which stimulate the development of brain, and also an influence of music and new technologies on the development of neuronal networks.

The last part is a summary, in which the author draws conclusions, and also says about advantages and disadvantages of modern methods of teaching. He pays attention to a chance which is for Polish education new knowledge about brain. He hypothesizes that the learning become to most people affordable and attractive. It will cease to associate with an arduous, not giving effect work.

**Key words:** neuro-didactics, neuro-pedagogy, learning styles, learning strategies, brain hemispheres's dominance, theory of multiple intelligences, Howard Gardner, activity stimulates brain development, the impact of new technology on brain development

## WPROWADZENIE

Co dzieje się w mózgu podczas uczenia się? Pytanie pozostawało bez odpowiedzi przez bardzo długi czas. Od momentu rozpoczęcia badań nad mózgiem za pomocą bezinwazyjnych metod neuroobrazowania około 15 lat temu wnętrze mózgu i zachodzące w nim procesy przestały skrywać tak wiele tajemnic. Wcześniej wiedzę o mózgu zdobywano prowadząc badania na zwierzętach, których wyniki nie zawsze można odnieść do ludzi, lub podczas analizy skutków urazów lub zmian chorobowych, a najrzadziej – dokonując pobudzenia wybranych partii mózgu u żywych ludzi. Obecnie dzięki takim urządzeniom jak rezonans magnetyczny można obserwować zmiany zachodzące w mózgu człowieka podejmującego różne aktywności, takie jak surfowanie po Internecie czy uczenie się słów języka obcego na pamięć. Dzięki rozwojowi neurologii pedagogika ma możliwość stać się nauką opartą na falsyfikowalnych tezach. Z drugiej strony o procesach zachodzących w mózgu wiemy wciąż jeszcze niewiele, trudno więc powiedzieć, czy wnoszą one coś nowego do pedagogiki i dydaktyki. Czy poziom wiedzy z zakresu neurobiologii jest wystarczający do tego, aby tworzyć nowe koncepcje pedagogiczne? Odpowiedź na to pytanie wciąż pozostaje kwestią sporną, a neuro z pedagogiką ma tak samo wielu zwolenników, jak i przeciwników<sup>1</sup>. Neuropedagodzy i neurodydaktycy nie prowadzą badań nad mózgiem, ale zajmują się wprowadzaniem wiedzy z zakresu neurologii do pedagogiki i dydaktyki<sup>2</sup>.

Pojęcie neurodydaktyki zostało po raz pierwszy użyte przez niemieckiego dydaktyka matematyki Gerharda Preissa w połowie lat osiemdziesiątych ubiegłego stulecia<sup>3</sup>. Po raz kolejny temat neurodydaktyki został podjęty w latach dziewięćdziesiątych przez Gerharda Friedricha, którego nurtowało pytanie, w jakim stopniu badania prowadzone nad mózgiem mogą pomóc praktyce edukacyjnej. Temu problemowi poświęcił on swoją pracę habilitacyjną. Obecnie pojęcia neurodydaktyka i neuropedagogika stają się coraz bardziej popularne. W języku angielskim można raczej spotkać się z terminami *brain friendly learning* i *brain compatible learning*. Marzena Żylińska uważa jednak, że „niezależnie od tego, czy będziemy mówić o neurodydaktyce czy o nauczaniu przyjaznym mózgowi, celem jest stworzenie koncepcji dydaktycznych, które opierając się na wnioskach płynących z neuronauk pozwolą lepiej wykorzystać potencjał uczniów, a przez to uczynią naukę nie tylko efektywniejszą, ale i bardziej przyjemną”<sup>4</sup>.

## ZASADY FUNKCJONOWANIA MÓZGU

Nauczanie przyjazne mózgowi, czy też nauczanie kompatybilne z możliwościami mózgu, jest to proces oparty na ciekawości poznawczej ludzi. Nauczyciel opracowuje zajęcia, opierając się o różnorodne modalności, starając się pobudzać emocje i skłaniać uczniów ku samodzielności w rozwiązywaniu problemów<sup>5</sup>.

Uczenie się jest umiejętnością, którą można kształcić i rozwijać, tak samo jak jazda na rowerze czy gra na gitarze. W trakcie procesu uczenia się w mózgu osoby uczącej się dochodzi do powstawania zmian. Założenie, że czas można podzielić na ten, kiedy się uczymy, i ten, kiedy odpoczywamy, nie jest prawdą. Nasze mózgi uczą się cały czas<sup>6</sup>. Funkcjonowanie ludzkiego mózgu można oprzeć o kilka najważniejszych zasad. Po pierwsze, najważniejsze dla mózgu są połączenia, które powstają pomiędzy neuronami podczas nauki. Im więcej się uczymy, tym więcej połączeń powstaje. Ich liczba determinuje możliwości mózgu. Po drugie, mózg ludzki ma wpisane w swoją naturę dociekliwość i poszukiwanie sensu. Aby się rozwijać, potrzebuje wielu nowych doświadczeń, a także czasu, aby móc z nich wyciągać wnioski, np. snu, który zapewnia nam wypoczynek. Po trzecie, mózg, systematyzując informacje, a także chroniąc nas przed uczeniem się wielu zbędnych rzeczy, tworzy wzorce i schematy, którymi się następnie posługuje. Wytwarzają się one w wyniku wielokrotnego powtarzania<sup>7</sup>. Dzięki temu nie musimy uczyć się np. każdego pomidora, z którym mamy styczność, ale posiadamy wiedzę o tym, co można z tym warzywem zrobić<sup>8</sup>. Umiejętność tworzenia schematów wiąże się z umiejętnością naśladowania. Skuteczną metodą powstawania nowych połączeń w mózgu, czyli uczenia się, jest przyglądanie się innym i naśladowanie tego, co robią. Ponadto warto zauważyć, że uczenie się nie idzie w parze z silnym stresem. Mózg ludzki w sytuacji zagrożenia koncentruje się wyłącznie na przetrwaniu, a organizm zostaje wprowadzony w stan gotowości.

1 M. Żylińska, *Neurodydaktyka*, Toruń 2013, s. 13-14.

2 E. Pełlak, J. Zajacova, *Rola mózgu w uczeniu się*, Kraków 2010, s. 11.

3 M. Żylińska, *Neurodydaktyka, czyli nauczanie przyjazne mózgowi*, [www.ore.edu.pl](http://www.ore.edu.pl), 14.12.2014.

4 M. Żylińska, *Neurodydaktyka...*, dz. cyt., s. 17.

5 Tejże, *Neurodydaktyka, czyli nauczanie...*, dz. cyt.

6 M. Spitzer, *Jak uczy się mózg*, Warszawa 2007, s. 45-46.

7 A. Kubala-Kepińska, *Tajemnice ludzkiego mózgu, czyli słów kilka o neurodydaktyce*, „Życie Szkoły” 2014, nr 8, s. 8.

8 M. Spitzer, dz. cyt., s. 66.

Działanie zbyt silnego stresu przez pewien okres czasu wpływa negatywnie na pamięć i procesy uczenia się<sup>9</sup>. Aczkolwiek badania udowodniły, że stres może mieć również pozytywny wpływ na funkcjonowanie mózgu. Działanie nieznacznego stresu może sprzyjać efektywności uczenia się. Jako potwierdzenie tej hipotezy Erich Petlak i Jana Zajacova wspominają w swojej książce pt. *Rola mózgu w uczeniu się* badania Pavla Doulika i Jana Šveca. Okazało się, że lekki stres związany np. z upływającym terminem oddania pracy zaliczeniowej może stać się istotną motywacją do pracy. Oczywiście to, co dla jednego ucznia nie jest jeszcze stresujące, dla innego może wiązać się z bardzo dużym stresem. Jest to jedna z przyczyn niemożliwiających próbę wprowadzenia tego typu sytuacji w proces kształcenia<sup>10</sup>.

### **PREFERENCJE SENSORYCZNE A PROCES UCZENIA (SIĘ)**

Uczymy się przez cały czas, a sposoby uczenia się są bardzo różnorodne. Niektórzy preferują słuchanie wykładów, inni, ucząc się, robią kolorowe notatki, jeszcze inni najlepiej zapamiętują to, czego doświadczyli. To, w jaki sposób wolimy się uczyć, nazywane jest stylem lub strategią uczenia się. Style lub strategie uczenia się mogą być związane z preferencjami sensorycznymi, dominacją półkul mózgowych lub profilem inteligencji wielorakich<sup>11</sup>.

Prowadząc wieloletnie badania i obserwacje, Richard Bandler i John Grinder opisali trzy podstawowe systemy zmysłowe (sensoryczne): wzrokowy, słuchowy i kinestetyczno-czuciowy. Przedstawiono sylwetki osób o poszczególnych preferencjach sensorycznych. Zaczęto mówić nie tylko o wzrokowym, słuchowym czy kinestetycznym sposobie reagowania na świat, ale również o wzrokowym, słuchowym i kinestetycznym sposobie uczenia się. Zgodnie z tym, który kanał sensoryczny (wzrokowy, słuchowy czy kinestetyczny) odgrywa dominującą rolę w percepcji świata, możemy mówić o odpowiednim stylu uczenia się<sup>12</sup>. Osoby o dominującym zmysle wzroku (wzrokowcy) uczą się najefektywniej czytając i pisząc, sporządzając bardzo staranne notatki, używając kolorowych zakresłaczy. Wyróżniają się tym, że potrafią pamiętać miejsca w książce, w których są zapisane dane informacje. Słuchowcy preferują naukę za pomocą wykładów, a także nagrań. Hałas może powodować u nich problemy z koncentracją. Jeżeli uczą się czytając, powtarzają sobie przyswajane treści na głos. Osoby o dominacji kinestetyczno-ruchowej najlepsze wyniki w nauce osiągają wówczas, kiedy mogą uczyć się poprzez działanie, wykonywanie doświadczeń i eksperymentów. Natomiast osoby o dominacji kinestetyczno-czuciowej wolą analizować, dokonywać przemyśleń i wyciągać na ich podstawie wnioski<sup>13</sup>.

### **STYL UCZENIA SIĘ A DOMINACJA PÓLKUL MÓZGOWYCH**

Styl uczenia się jest dość istotnie zdeterminowany przez to, w jaki sposób korzystamy z półkul mózgowych. Choć z pozoru wyglądają one na bliźniaczo podobne, w każdej z nich znajdują się wyspecjalizowane ośrodki odpowiedzialne za inne funkcje<sup>14</sup>. Ogólnie można powiedzieć, że prawa półkula odpowiada za czynności związane z rytmem, muzyką, obrazami i wyobraźnią, a lewa za język, logikę, zdolności matematyczne. Jest to podział bardzo ogólny, ale obrazujący w schematyczny sposób działanie mózgu<sup>15</sup>. Półkule mózgu mogą ze sobą współpracować dzięki ciału modzelowatemu. Połączenia między półkulami rozwijają się w niemowlęctwie, podczas pełzania, a następnie raczkowania. Prawa półkula mózgu odpowiada za kontrolę lewej połowy ciała, a także funkcjonowanie lewego ucha oraz oka i odwrotnie – lewa kontroluje prawą stronę ciała, prawe oko i ucho. Świat możemy postrzegać w dwojaki sposób: całościowo za pomocą półkuli *Gestalt* (zazwyczaj prawa półkula) lub szczegółowo za pomocą półkuli analitycznej (zazwyczaj lewa półkula)<sup>16</sup>. Jedna półkula przeważnie odgrywa wybiórczą rolę, a druga dominującą. Dominacja wpływa na percepcję świata, na to, że nie wszystkie wiadomości przyswajamy w podobny sposób<sup>17</sup>. Osoby z dominującą prawą półkulą mózgu przyswajają informacje holistycznie, przechodząc od ogółu do szczegółu. Dużą trudność może im przysparzać koncentracja na wykładach, na których prowadzący pomija przedmowę. Prawa półkula potrzebuje znajomości kontekstu. Ponadto działania ludzi z dominującą prawą półkulą są często przypadkowe, a konieczność sporządzania planu może rodzić w nich irytację. Potrafią wykonywać wiele prac, nie nadając im rangi ważności i nie czując potrzeby dokończenia jednej czynności, by móc

9 A. Kubala-Kępińska, dz. cyt., s. 8.

10 E. Petlak, J. Zajacova, dz. cyt., s. 59.

11 M. Spitzer, dz. cyt., s. 85-88.

12 M. Taraszkiewicz, C. Rose, *Atlas efektywnego uczenia (się), nie tylko dla nauczycieli*, cz. I, Warszawa 2006, s. 15.

13 C. Plewka, M. Taraszkiewicz, *Uczymy się uczyć*, Szczecin 2010, s. 90-92.

14 E. Petlak, J. Zajacova, dz. cyt., s. 78.

15 G. Dryden, J. Vos, *Revolucja w uczeniu*, Poznań 2003, s. 125.

16 P. E. Denison, G. E. Denison, *Integracja mózgu, wpływ integracji mózgu na osobowość i funkcjonowanie człowieka*, Warszawa 2004, s. 10.

17 C. Plewka, M. Taraszkiewicz, dz. cyt., s. 110.

spokojnie, z łatwością przejść do drugiej. Polegają na intuicji w działaniu, np. uczniowie z dominującą prawą półkulą potrafią rozwiązać problem matematyczny, podać prawidłową odpowiedź bez pewności, w jaki sposób tego dokonali. Werbalizowanie swoich myśli może im również sprawiać trudności. Za to często są bardziej kreatywni od osób z dominującą lewą półkulą. Osoby posiadające dominującą lewą półkulę mózgu przyswajają informacje w linearny sposób. Sposób linearny polega na tym, że uczeń podczas nauki potrzebuje przejścia od części do całości, zbierając poszczególne wiadomości w jedną, logiczną całość, by na końcu wyciągnąć z nich wnioski. Dominacja lewej półkuli mózgu jest charakterystyczna dla ludzi uzdolnionych językowo (potrafiących werbalizować swoje przemyślenia) i matematycznie, myślących i działających w sposób przemyślany i logiczny. Ponadto warto zaznaczyć, że osoby z dominującą lewą półkulą umiejętnie dopasowują się do otoczenia, w którym się znajdują<sup>18</sup>. Oczywiście najlepsze wykorzystanie potencjału mózgu jest możliwe tylko w momencie wykorzystywania obu półkul<sup>19</sup>. Osoby ze zintegrowanymi półkulami są wyposażone w umiejętność pełnego angażowania się w każdą wykonywaną czynność. Potrafią łączyć ze sobą myślenie i mówienie, czytanie i pisanie itd. Takie osoby doskonale się rozwijają, są spontaniczne i kreatywne. Najwięcej ludzi to jednak osoby z dominującą lewą półkulą, jako że większość ludzi jest praworęczna<sup>20</sup>. Najbardziej powszechne metody nauczania są dostosowane do osób z dominującą lewą półkulą (wykłady, czytanie, dyskusja, pisanie wypracowań). Zatem osoby o dominującej prawej półkuli już od pierwszych szkolnych lat napotykały trudności w nauce i nie mają możliwości wykazania się swoimi zaletami i umiejętnościami. Gdyby metody nauczania zostały wzbogacone o emocje, ruch, zaangażowanie uczniów, nawiązywanie interakcji, wszystkie dzieci miałyby równe szanse na rozwój. Obupółkulowe nauczanie jest najbardziej efektywnym sposobem przyswajania wiedzy<sup>21</sup>.

### SPÓJRZENIE NA INTELIGENCJĘ I SZKOŁA PRZYSZŁOŚCI

W latach osiemdziesiątych ubiegłego wieku Howard Gardner stworzył teorię, która zakłada, że każdy z nas uczy się w sposób bardzo indywidualny, a inteligencja nie jest zdolnością rozwiązywania testów inteligencji. Według niego jest to zdolność do rozumienia, myślenia i uczenia się, do rozwiązywania problemów i tworzenia rzeczy nowych<sup>22</sup>. Każdy człowiek rodzi się z własnym profilem zdolności. H. Gardner zidentyfikował siedem rodzajów inteligencji, które składają się na ten profil. Rozwijanie ich doskonale zwiększa potencjał w uczeniu się<sup>23</sup>. Pierwsza z nich jest to inteligencja językowa, najbardziej rozwinięta u poetów. Druga – logiczno-matematyczna, charakterystyczna dla ludzi uzdolnionych matematycznie i logicznie. Trzecia – inteligencja przestrzenna, związana z umiejętnością tworzenia modeli świata i posługiwania się nimi w działaniu, rozwinięta u żeglarzy, inżynierów, chirurgów, rzeźbiarzy i malarzy. Czwarta – muzyczna, wyróżniająca się u kompozytorów i muzyków. Piąta – cielesno-kinestetyczna pomocna w rozwiązywaniu problemów i tworzeniu przedmiotów z wykorzystaniem całego ciała lub jego części, rozwinięta u rzemieślników, tancerzy, sportowców i chirurgów. Dwie ostatnie – inteligencja interpersonalna oraz intrapersonalna stanowią formy inteligencji personalnej. Inteligencja interpersonalna jest zdolnością rozumienia innych ludzi. Są nią obdarzeni ludzie odnoszący duże sukcesy zawodowe, sprzedawcy, politycy, nauczyciele i przywódcy religijni. Natomiast inteligencja intrapersonalna jest zdolnością rozumienia siebie, swoich uczuć, motywacji i emocji<sup>24</sup>.

Każdy człowiek posiada niepowtarzalny profil inteligencji, który stanowią jego uzdolnienia, talenty, zainteresowania. Profile takie mogą być zdominowane przez jeden albo dwa rodzaje inteligencji, które nazywa się laserowymi. Profile mogą również mieć charakter bardziej rozproszony. Bez względu na to, jaki mają charakter i formę, oraz na to, które inteligencje odgrywają dominującą rolę, H. Gardner podkreśla, że nie ma profili lepszych lub gorszych. Istnieją profile bardziej lub mniej dopasowane do oczekiwań danej instytucji, szkoły, zakładu pracy, kierunku studiów itd<sup>25</sup>.

W swojej koncepcji H. Gardner podkreśla, że szkoła powinna dążyć do tego, aby rozwijać wszystkie wymienione inteligencje. Dzięki temu uczniowie uczęszczający do tego typu szkoły mieliby szansę na to, by stać się osobami kompletnymi. H. Gardner tworzy projekt idealnej szkoły przyszłości w oparciu o dwa główne założenia. Po pierwsze uwzględnia różnice dzielące uczniów pod względem uzdolnień i zainteresowań. Po drugie zwraca uwagę na to, że nikt nie jest w sta-

18 E. Petlak, J. Zajacova, dz. cyt., s. 81-82.

19 C. Plewka, M. Taraszkiewicz, dz. cyt., s. 109.

20 P. E. Denison, G. E. Denison, dz. cyt., s. 10.

21 C. Plewka, M. Taraszkiewicz, dz. cyt., s. 107.

22 H. Gardner, *Inteligencje wielorakie, teoria w praktyce*, Poznań 2002, s. 36-38.

23 C. Plewka, M. Taraszkiewicz, dz. cyt., s. 120.

24 H. Gardner, dz. cyt., s. 25-27.

25 C. Plewka, M. Taraszkiewicz, dz. cyt., s. 123.

nie nauczyć się wszystkiego. Zatem szkoła powinna dokonywać wyboru treści nauczania, a także sposobów wykładania tych treści w oparciu o możliwości i zdolności uczniów. Szkoła ma za zadanie pomagać uczniom kształtować i doskonalić zainteresowania odpowiadające spektrum profilu inteligencji ucznia, a także zdobywać zawód odpowiadający tym zainteresowaniom. Dzięki temu uczniowie staliby się w przyszłości pracownikami bardzo zaangażowanymi w pracę zawodową. H. Gardner proponuje również nowe role dla pedagogów. Według autora w szkole powinny być zatrudnione osoby odpowiedzialne za dokonywanie ocen uczniów. Miałyby one za zadanie określać zdolności i zainteresowania uczniów posługując się narzędziami „sprawiedliwymi wobec inteligencji”<sup>26</sup>, to znaczy takimi, które mierzą wszystkie rodzaje inteligencji, a nie tylko matematyczno-logiczną i językową. Oprócz tego, szkoła przyszłości powinna zatrudniać również „pośrednika pomiędzy uczniem i programem nauki”<sup>27</sup> i „pośrednika między szkołą i społecznością”<sup>28</sup>. Celem pracy pierwszego pośrednika byłoby niesienie pomocy w dopasowywaniu profili poznawczych uczniów, ich celów i zainteresowań oraz stylów uczenia się. Praca drugiego polegałaby na wyszukiwaniu w społeczności sytuacji, w których osoby wykazujące szczególne uzdolnienia mogłyby doskonalić swoje talenty poza szkołą. Oczywiście w modelu szkoły proponowanym przez H. Gardniera jest wiele przestrzeni, którą wypełnialiby nauczyciele i nauczyciele dyplomowani, którzy byłiby mistrzami dla pedagogów nie mających jeszcze wiele doświadczenia. Zgodnie z myślą H. Gardniera zadanie mistrza polegałoby na nadzorowaniu pracy nauczycieli początkujących, udzielaniu im rad, a także nadzorowaniu wszystkich członków systemu szkolnego uczeń-ocena-program-społeczność<sup>29</sup>.

### TRENUJ SWÓJ MÓZG

Jednym z celów neuropedagogiki jest poprawa wydajności procesu dydaktycznego<sup>30</sup>. Aby zapewnić młodemu człowiekowi rozwój na odpowiednio wysokim poziomie, rodzice, opiekunowie, pedagodzy powinni starać się dostarczać mu odpowiednio bogaty wachlarz różnorodnych bodźców. Jednym ze sposobów na dostarczenie takich bodźców jest stosowanie gimnastyki umysłu. Małżeństwo Paul i Gail Dennison w oparciu o znajomość wpływu wzorców ruchu na obszary w mózgu odpowiedzialne za pamięć i zdolność uczenia się stworzyli zestawy ćwiczeń, które trenują umysł i usprawniają jego pracę. Nie sposób zaprezentować wszystkie, a ponadto jest to temat na odrębny artykuł. Aby jednak zachęcić czytelnika do skorzystania z podobnych możliwości, pozwoliłam sobie opisać kilka z tych ćwiczeń:

- wykonywanie ruchów naprzemiennych – istnieje wiele wariantów wykonywania tej aktywności, a jeden z nich polega na tym, że naprzemiennie dotykamy prawą ręką lewego kolana, a lewą ręką – prawego,
- krążenie szyją – głowę opuszczamy na klatkę piersiową, a następnie wykonujemy ruch naprzemienny, kołysząc głową w prawo i w lewo,
- oddychanie brzuszkiem – kładziemy ręce na brzuchu, robimy głęboki wdech, by następnie podczas krótkich wydechów wypuszczać powietrze tak, jakbyśmy starali się utrzymać piórko w powietrzu,
- leniwe ósemki – jest to ciekawe ćwiczenie, polegające na rysowaniu ósemek na tablicy lub w powietrzu. Rozpoczynamy od środka ósemki i rysujemy w lewą stronę w górę. Głowę trzymamy w tym czasie prosto, a oczami podążamy za ruchem ręki. Ćwiczenie powtarzamy co najmniej trzy razy, oddzielnie każdą ręką, a na końcu obiema rękami<sup>31</sup>.

Ćwiczeń i aktywności usprawniających pracę mózgu istnieje wiele więcej. Warto zapoznać się z nimi i stosować samodzielnie m. in. dla poprawy nie tylko koncentracji, ale także samopoczucia.

Dążąc do prawidłowego rozwoju dzieci, jako rodzice czy pedagodzy szkolni, możemy również korzystać z wachlarza zabaw stymulujących rozwój psychoruchowy, np. słuch, wzrok, motorykę dzieci. Jedną z propozycji jest stymulująca rozwój słuchu zabawa, adresowana do dzieci w wieku przedszkolnym, do której wykonania służą przedmioty znajdujące się w bliskim otoczeniu każdego człowieka, np. papier, woda, szklane, drewniane, metalowe przedmioty. Polega ona na tym, że uderzamy o siebie sztućcami, klockami, pocieramy papier. Dziecko najpierw za pomocą wzroku, a potem tylko słuchu rozpoznaje przedmioty, które wydają dźwięki. Innym ćwiczeniem, które stymuluje zmysł wzroku, jest tzw. Wróżka. Jedno dziecko odwraca się lub wychodzi na chwilę z sali. W tym czasie prowadzący zajęcia

26 H. Gardner, dz. cyt., s. 28.

27 Tamże, s. 29.

28 Tamże, s. 29.

29 Tamże, s. 27-31.

30 M. Kaczmarzyk, *Zielony Mem*, Mikołów 2012, s. 16.

31 P. E. Denison, G. E. Denison, dz. cyt., s. 57-59.

przykrywa inne dziecko kocem lub prześcieradłem. Zadaniem dziecka, które zostało wybrane na wróżkę, jest odgadnięcie, kto został przykryty kocem<sup>32</sup>.

### WPLYW SZTUKI NA UMYŚL

Innym rodzajem bodźców, które powinniśmy dostarczyć uczniom w szkole, jest obcowanie ze sztuką. Ma ona potężne znaczenie dla rozwoju mózgu człowieka w każdym wieku. Najintensywniej wpływa jednak na dzieci w okresie przedszkolnym i wczesnoszkolnym, dlatego szkoły tym bardziej powinny z tej właściwości korzystać. Zarówno w szkołach, jak i w przedszkolach powinno się umożliwić dzieciom kontakt z różnymi rodzajami sztuki, między innymi angażować je w występy przed publicznością. Badacze mózgu dowiedli, że kontakt ze sztuką sprzyja nie tylko rozbudowie struktur mózgu, ale także komunikacji między różnymi strukturami mózgu i rozwojowi uwagi poznawczej. To wszystko przekłada się na polepszenie koncentracji i efektywności uczenia się. Stąd też w szkole przyjaznej nauczaniu kompatybilnemu z możliwościami mózgu należy rozpowszechniać wśród uczniów różnego rodzaju kontakty ze sztuką. Szczególne znaczenie ma umożliwienie im tworzenia, które stymuluje sieć neuronalną bardziej niż odtwarzanie i powielanie utartych schematów. Na poparcie tej tezy M. Żylińska opisuje projekt integracji nauki i sztuki w szkole zrealizowany w Leonard Bernstein Center for Artful Learning w Gettysburgu. W ciągu kilku lat kontakt uczniów z muzyką pomógł w podniesieniu poziomu nauczania nawet w tych szkołach, w których był on bardzo zaniedbany i słaby. W innym przykładzie M. Żylińska przytacza doświadczenia swojej znajomej, której wnuczek jest uczniem amerykańskiej szkoły w Pekinie. Kiedy odwiedziła swojego wnuka, ten zapowiedział jej jeszcze na lotnisku, że koniecznie musi pokazać swoje rysunki, ponieważ jest jednym z najlepszych uczniów w klasie z zajęć plastycznych. Znajoma nie spodziewała się ujrzeć koszulek z nadrukami rysunków jego autorstwa. Pierwsza bluzka była zaprojektowana dla mamy, druga dla taty, kolejną obiecał babci. M. Żylińska komentuje to w ten sposób: „Możliwość przenoszenia własnych pomysłów na odzież ma pozytywny wpływ nie tylko na motywację, ale uczy, że moda nie musi polegać na kupowaniu tego, co stworzyli inni, ale daje możliwość indywidualnego kreowania własnego wizerunku”<sup>33</sup>.

W polskich przedszkolach dzieci oczywiście śpiewają, tańczą, malują lub wycinają, wykonują sezonowe ozdoby np. z kasztanów, liści itp. M. Żylińska zachęca, aby zastanowić się, jak taki wachlarz poszerzyć. Badania nad mózgiem pokazują, że na rozwój psychologiczno-ruchowy najbardziej pozytywny wpływ ze wszystkich form pracy ucznia z muzyką ma gra na instrumentach. Niewiele dzieci posiada możliwość takiej nauki, ponieważ jest ona dość kosztowna. Ponadto badaczka podkreśla, że duże znaczenie dla rozwoju dzieci ma podejmowanie dyskusji np. o rodzajach muzyki, która pomaga w kształtowaniu gustu muzycznego dzieci i młodzieży. Badania udowodniły, że kontakt ze sztuką ma wpływ na stopień zadowolenia z życia<sup>34</sup>.

### NOWE TECHNOLOGIE I ZMIANY W MÓZGU

Świat się zmienia, a my razem z nim – możemy śmiało powiedzieć, że razem ze zmianami technologicznymi zmieniają się nasze mózgi i procesy, które w nich zachodzą. Badania neuropsychologów wykazały, że współczesna młodzież w sposób odmienny od swoich poprzedników odbiera i przetwarza bodźce płynące ze świata zewnętrznego. Różnice te wynikają ze zmian, jakie powstają w mózgach osób, które od najmłodszych lat mają kontakt z najnowszymi technologiami, są otoczone przez świat komputerów, telefonów komórkowych, iPodów, smartfonów itp. Odmienna socjalizacja, aktywność oraz sposoby poznawania świata dokonały w mózgach nastolatków zmian, których naukowcy nawet sobie nie wyobrażali. W mózgach cyfrowych tubylców (określenie, którego używa Marc Prensky pisząc o współczesnych nastolatkach) powstały zmiany sieci neuronalnych. Odmiennność cyfrowych tubylców od cyfrowych imigrantów (osób, które według M. Prensky'ego urodziły się i wychowały w czasach, kiedy nie było rozwiniętej technologii) może stać się przyczyną trudności w edukacji młodych ludzi. M. Prensky uważa, że nauczyciele często nie rozumieją swoich uczniów, a uczniowie nauczycieli. Rozwiązania upatruje w tym, aby nauczyciele spróbowali poznać świat swoich uczniów, by wyszli naprzeciw nowoczesnym technologiom. Według niego szkoła powinna organizować nauczanie dostosowane do stylu funkcjonowania i uczenia się cyfrowych tubylców<sup>35</sup>.

Aby zobrazować zmiany, jakie zachodzą w mózgach cyfrowych tubylców, warto rozważyć zagadnienie, w jaki sposób zmieniły się mózgi współczesnych ludzi? Manfred Spitzer w książce *Cyfrowa demencja* opisuje eksperymenty sprawdzające

32 E. Małek, *Dziecięce hip-hop. Zabawy stymulujące psychomotoryczny rozwój dziecka*, Kraków 2000, s. 10-26.

33 M. Żylińska, *Rola sztuki w nauczaniu przyjaznym mózgowi*, [www.censa.pl](http://www.censa.pl), 14.12.2014.

34 Tamże.

35 M. Prensky, *Digital Natives, Digital Immigrant*, [www.marcprensky.com](http://www.marcprensky.com), 09.02.2015, (tłum. własne).

jące wpływ wyszukiwarki Google na pamięć i procesy kognitywne. Celem opisanych przedsięwzięć było sprawdzenie, w jakim stopniu korzystanie z cyfrowych mediów wpływa na pamięć. Jeden z eksperymentów, przeprowadzony przez Betsy Sparrow, opierał się na założeniu, że podczas poszukiwania odpowiedzi na stosunkowo trudne pytania ludzie myślą o wyszukiwarce Google i ta czynność automatycznie aktywuje u tych osób pojęcia „Google” lub „internet”. Wówczas dochodzi w mózgu do zjawiska interferencji proaktywnej, tzn. do wydłużenia czasu reakcji potrzebnej do wykonania drugiego zadania. Na czym polegały zadania, które mieli wykonać badani? Na początku 46 badanych studentów miało za zadanie udzielić odpowiedzi na 32 pytania podzielone na dwie grupy: łatwe (np. czy dinozaury już wymarły?) i trudne (np. czy krypton ma liczbę porządkową 26?). Po udzieleniu odpowiedzi na pierwszą grupę pytań badani przechodzili test, podczas którego wyświetlano im osiem wyrazów związanych z internetem i z komputerami oraz szesnaście słów niemających nic wspólnego z tą tematyką. Wyrazy wyświetlane były w niebieskim lub czerwonym kolorze. Zadaniem studentów było podanie koloru danego wyrazu w jak najkrótszym czasie. W przypadku prostych pytań, na które studenci odpowiadali bez problemu, proces interferencji proaktywnej nie zachodził lub był słabszy, skracał się więc czas podania koloru. Autorzy eksperymentu doszli do wniosku, że współcześni ludzie są zaprogramowani do tego, aby korzystać z pomocy nowych mediów, kiedy tylko stwierdzają u siebie lukę w wiedzy na jakiś temat<sup>36</sup>.

Inny eksperyment opisany przez M. Spitzera polegał na przedstawianiu badanym szeregu zdań oznajmujących, np. „Oko strusia jest większe niż jego mózg”, które mieli za zadanie wpisywać do komputera. Połowa badanych wychodziła z założenia, że frazy, które wpisują, są zapamiętywane przez komputer, z kolei druga połowa była przekonana, że tekst został skasowany. Poza tym w każdej grupie połowie uczestników polecono, aby zapamiętali wpisywane wypowiedzi. Po wpisaniu zdań do komputera mieli dziesięć minut na to, by przypomnieć sobie wpisywane zdania. Okazało się, że największą liczbę wyrazów zapamiętali badani, którym powiedziano, że wpisane do komputera zdania zostaną skasowane. Wynik opisanego eksperymentu stanowi potwierdzenie szeregu innych eksperymentów przeprowadzonych przez psychologów eksperymentalnych z lat dwudziestych ubiegłego stulecia. Potwierdza on zasadę, że zapominamy to, co już załatwione. Nosi nazwę efektu *Zeigarnik*. Z efektem tym można spotkać się na co dzień i można go wykorzystać podczas rozwoju mowy dziecka, poprzez robienie aluzji i pozostawianie pytań bez odpowiedzi. M. Spitzer pisze, że świadomość stałego dostępu do wyszukiwarek może wywoływać w ludziach wrażenie, że już niczego nie muszą zapamiętywać – wystarczy wpisać w wyszukiwarce odpowiednie hasło<sup>37</sup>.

Jako przykład negatywnego działania nowych mediów na procesy uczenia się M. Spitzer opisuje swoje doświadczenia związane z cyfrowymi mediami i szkołą. Gościnnie miał okazję obserwować naukę w jednej ze szkół, wyposażonej w najnowszy sprzęt technologiczny, współpracującej z wydziałem Informatyki Medialnej Uniwersytetu. Pracownicy wydziału wspierali nauczycieli, zajmowali się rozwiązywaniem problemów technicznych, uczyli nauczycieli obsługi nowych urządzeń, dbali o oprogramowanie i sprzęt. M. Spitzer podkreśla, że nauczyciele byli bardzo zaangażowani w realizowany projekt, a sprzęt, na którym pracowali, był bardzo dobrej jakości. W pracowniach znajdowały się m. in. tablice interaktywne, które miały postać dużego ekranu zamontowanego na miejscu dawnej tablicy, posiadające funkcje dotykowe, na których można pisać za pomocą elektronicznego pisaka. Stosowane nierzadko w połączeniu z laptopami, na których uczniowie mogli zobaczyć ten sam materiał, który nauczyciel wyświetlał na tablicy. Jednym z zadań wykonywanych przez uczniów na takich tablicach było łączenie w pary wyrazów z różnymi przedrostkami i przyrostkami, tak by powstawały nowe słowa. Łączenie w pary polegało na przesuwaniu odpowiednich członów na tablicy, bez konieczności ich przepisywania. Zwolennicy nowych mediów wyrażają zachwyt nad podobnymi ćwiczeniami i narzędziami, podkreślając jako zaletę oszczędność czasu, który można wykorzystać na rozwój kreatywności i spontaniczności. M. Spitzer wyznaje głęboki sceptycyzm wobec podobnych opinii, zwracając uwagę na to, że uczeniu się nie sprzyja powierzchowność<sup>38</sup>. Bowiern, jak twierdzi, im więcej i intensywniej, im częściej i głębiej zajmujemy się daną treścią, tym szansa na zapamiętanie jej wzrasta<sup>39</sup>. Kolejną obserwacją, jakiej dokonał podczas wizytacji w szkole, było to, że nowe narzędzia wciąż sprawiały uczniom kłopoty. Baterie w laptopach rozładowywały się, wprowadzając zamęt w klasie, systemy komputerowe zawieszały się, a pisanie za pomocą elektronicznego rysika stanowiło prawdziwe wyzwanie. Okazało się, że dzieci nie potrafiły czytelnie kaligrafować liter za jego pomocą na elektronicznym ekranie, ale radziły sobie bardzo dobrze

36 M. Spitzer, *Cyfrowa demencja. W jaki sposób pozbawiamy rozumu siebie i swoje dzieci*, [e-book, format MOBI], Słupsk 2013, dostępny w Internecie: <http://virtualo.pl>, 14.12.2014.

37 Tamże.

38 Tamże.

39 Tenże, *Jak uczy...*, dz. cyt., s. 18.

posługując się tradycyjnymi narzędziami. Z podobnym zjawiskiem autor spotkał się w przypadku uczniów uczących się muzyki, którzy potrafią całkiem dobrze grać na tradycyjnym pianinie, ale mają problemy z grą na keyboardzie. Trudniej jest im kontrolować tonację, a to, że instrument może grać sam, działa na uczniów demotywująco.

M. Spitzer uważa, że od ponad piętnastu lat wszelkie prowadzone badania na temat wpływu komputera na proces uczenia nie wykazały, aby miał on pozytywny wpływ na wyniki nauczania. Jako konkretny przykład podaje badania kontrolne wyników nauczania z komputerem i bez niego, które potwierdziły tezę, że uczniowie posiadający komputer uczą się gorzej<sup>40</sup>.

Podobną opinię reprezentuje Dawid Wiener, neurokognitywista, w wywiadzie udzielonym dla „Gazety Wyborczej”. Uważa on, iż kiedyś mogło nam się wydawać, że jeżeli nasze dzieci będą miały w domu komputer, to wyrosną na geniuszy. D. Wiener mówi, że poza rozwojem inteligencji wzrokowej, nauka z komputerem nie daje żadnych korzyści. Niektórzy badacze tematu uważają, że następuje nawet 10-punktowy spadek IQ u osób, które najchętniej tkwiliby przed ekranem bez przerwy. Wpływają na to bodźce oferowane przez komputer, które nie stymulują naszych umysłów przez odpowiednio długi czas, a nawet prowadzą po dłuższym czasie do ośpienia i stuporu. Rodzice, którzy wcześniej kupują dziecku komputer, ryzykują tym, że ich dziecko może przywyknąć do nauki, która nie wymaga od niego wysiłku, a przede wszystkim zaangażowania. Warto pamiętać, że kontakt z realną książką jest dużo bardziej stymulujący<sup>41</sup>.

Czy nowe media w edukacji pełnią jedynie negatywną rolę? Oferta kierowana do współczesnych rodziców i ich dzieci jest bogata w narzędzia, które mogą służyć rozwojowi. Zależy on głównie od tego, w jaki sposób będą podchodzić do tych narzędzi rodzice. Czy wychowując swoich podopiecznych zaszczepią w nich ciekawość świata i nauczą, że wysiłek wiąże się z poczuciem satysfakcji. Stosowane z umiarem, odpowiednim podejściem, mogą zamienić się w ciekawą lekcję geografii i historii np. dzięki *Google Earth* – aplikacji, która pozwala na oglądanie wszystkich zakątków świata, również tych najdalej od nas położonych, a także cofanie się do przeszłości<sup>42</sup>.

Popołudnie z dziećmi można uatrakcyjnić grą w poszukiwanie skarbów o nazwie *Geocaching*. Zabawa ta uczy orientacji w terenie, łączy ze sobą ludzi, pomaga poznać topografię środowiska, nowe miejsca, a przede wszystkim motywuje do wyjścia z domu. Idea polega na tym, że do odbiornika GPS gracze wprowadzają współrzędne geograficzne dostępne na stronach internetowych *geocachingu* i z pomocą nawigacji poszukują skarbu. Na terenie Polski znajduje się 22192 skrytek, w których ukryte są skarby. Uczestnicy utrzymują ze sobą kontakty i organizują cykliczne spotkania. Ważna jest również w tej grze idea ochrony środowiska<sup>43</sup>.

Odpowiedzią na zainteresowanie uczniów komputerem i Internetem, którą można wykorzystać w procesie uczenia się, jest *WebQuest*, rodzaj metody projektów realizowanych w grupach. Uczniowie prowadzą badania według instrukcji umieszczonej na stronie internetowej. Źródłem wiedzy staje się Internet. Idea opiera się na pobudzeniu zaangażowania uczącego się w proces zapamiętywania, problematycznego i krytycznego korzystania z zasobów Internetu, a także twórczego myślenia oraz kształtowania umiejętności współpracy w zespole. Zwieńczeniem pracy uczniów jest plakat, praca pisemna, prezentacja multimedialna lub wystąpienie publiczne<sup>44</sup>.

## ZAKOŃCZENIE

Pytanie o to, czy badania prowadzone nad mózgiem są przydatne dla praktyki edukacyjnej, zajmowało naukowców od dawna. Wiadomym jest, że uczenie się to umiejętność jak każda inna i może być przez nas rozwijana. Każdy człowiek uczy się w inny sposób, a różnice te określa się jako style i strategie uczenia się. Wynikają one z różnic w budowie naszych mózgów, preferencji sensorycznych, dominacji półkul mózgowych, a także zdolności, jakimi obdarzone jest każde dziecko przychodzące na świat. Profil tych zdolności H. Garder określa jako profil inteligencji, który sprawia, że każdy człowiek jest wyjątkowy, nikt nie jest lepszy ani gorszy, ale lepiej lub gorzej dopasowany do oczekiwań, jakie stawiają przed nami różne instytucje. Szkoła powinna zwracać uwagę na różnice dzielące uczniów i dostosowywać treści i metody nauczania do zdolności i stylów uczenia się swoich podopiecznych. Dzięki temu każdy człowiek miałby szansę pełnego rozwoju. Pomimo tego, że jeszcze w dużej mierze szkoły nie są dostosowane do nauczania przyjaznego mózgowi, każdy kto pragnie rozwoju, może próbować samodzielnie trenować swój umysł, stosując m. in. gimnastykę mózgu. Badania

40 Tenże, *Cyfrowa...*, dz. cyt.

41 A. Włodarski, *Jak przegrzewa się mózg, czyli Homo Sapiens na zakręcie*, <http://wyborcza.pl>, 14.12.2014.

42 [www.google.pl/intl/pl/earth](http://www.google.pl/intl/pl/earth), 14.12.2014.

43 [www.geocaching.pl](http://www.geocaching.pl), 14.12.2014.

44 P. Peszko, *Jak korzysta z WebQuestu?*, [www.edunews.pl](http://www.edunews.pl), 14.12.2014.



potwierdziły również, że bardzo pozytywny wpływ na umysł ma sztuka, a gra na instrumencie odgrywa największą rolę w rozwoju mózgu spośród wszystkich możliwości obcowania ze sztuką. Za to posługiwanie się nowoczesną technologią w celach edukacyjnych niekoniecznie sprzyja procesom zapamiętywania. Przeciwnicy stosowania nowych technologii w edukacji uważają, że bodźce dostarczane przez komputer nie stymulują ciekawości poznawczej w odpowiedni sposób, a nauka kierowana tą drogą jest zbyt powierzchowna i prowadzi do otepienia. Nowe media odciągają uwagę uczniów od nauki w stronę rozrywki. Dostępność informacji za pomocą wyszukiwarek internetowych uczy, że niczego nie musimy już zapamiętywać, a udogodnienia technologiczne, takie jak np. GPS, oduczają nas samodzielnego myślenia. Zwolennicy nowych technologii wyrażają pomimo wszystko optymizm, mówią o tym, że dzięki nowym mediom możemy poznawać świat, którego nie znaliśmy, podróżować do miejsc, do których nigdy nie dotarlibyśmy i cofać się do przeszłości. Dostępność informacji wymaga krytycznego podejścia weryfikującego wartość wiedzy, którą niosą przeglądarki internetowe. Bogactwo form kształcenia za pomocą nowych mediów jest ogromne, a to, czy będziemy mogli je odpowiednio wykorzystać, zależy głównie od nas samych i od tego, czy nauczymy korzystania z nich przyszłe pokolenia. Wszystko to stanowi wyzwania dla neuropedagogiki, która za cele powinna stawiać sobie propagowanie nauczania przyjaznego mózgowi, podnoszenie jakości kształcenia, dostosowywanie metod i technik do potrzeb uczniów, kształtowanie w uczniach świadomości skutków, jakie może mieć dla nich bezmyślne korzystanie z nowoczesnych technologii.

### **BIBLIOGRAFIA:**

- [1] Denison P. E., Denison G. E., *Integracja mózgu, wpływ integracji mózgu na osobowość i funkcjonowanie człowieka*, Warszawa 2004.
- [2] Dryden G., Vos J., *Revolucja w uczeniu*, Poznań 2003.
- [3] Kaczmarzyk M., *Zielony Mem*, Mikołów 2012.
- [4] Kubala-Kępińska A., *Tajemnice ludzkiego mózgu, czyli słów kilka o neurodydaktyce*, „Życie Szkoły”, 2014, nr 8.
- [5] Małek E., *Dziecięce hip-hop. Zabawy stymulujące psychomotoryczny rozwój dziecka*, Kraków 2000.
- [6] Plewka C., Taraszkiewicz M., *Uczymy się uczyć*, Szczecin 2010.
- [7] Petlak E., Zajacova J., *Rola mózgu w uczeniu się*, Kraków 2010.
- [8] Spitzer M., *Jak uczy się mózg*, Warszawa 2007.
- [9] Taraszkiewicz M., Rose C., *Atlas efektywnego uczenia (się), nie tylko dla nauczycieli*, cz. I, Warszawa 2006.
- [10] Żylińska M., *Neurodydaktyka*, Toruń 2013.

### **NETOGRAFIA:**

- [11] Peszko P., *Jak korzystać z WebQuestu?*, [www.edunews.pl](http://www.edunews.pl), 14.12.2014.
- [12] Prensky M., *Digital Natives, Digital Immigrant*, [www.marcprensky.com](http://www.marcprensky.com), 14.12.2014.
- [13] Spitzer M., *Cyfrowa demencja. W jaki sposób pozbawiamy rozumu siebie i swoje dzieci*, [e-book, format MOBI], Słupsk 2013, dostępny w Internecie: <http://virtualo.pl>, 14.12.2014.
- [14] Włodarski W., *Jak przegrzewa się mózg, czyli Homo Sapiens na zakręcie*, <http://wyborcza.pl>, 14.12.2014.
- [15] [www.geocaching.pl](http://www.geocaching.pl), 14.12.2014.
- [16] [www.google.pl/intl/pl/earth](http://www.google.pl/intl/pl/earth), 14.12.2014
- [17] Żylińska M., *Neurodydaktyka, czyli nauczanie przyjazne mózgowi*, [www.ore.edu.pl](http://www.ore.edu.pl), 14.12.2014.
- [18] Żylińska M., *Rola sztuki w nauczaniu przyjaznym mózgowi*, [www.censa.pl](http://www.censa.pl), 14.12.2014.