

2025 NR 1 (271)

PISMOPG

KSZTAŁCIMY
TECHNOLOGICZNYCH
HUMANISTÓW

SCIENCE FICTION
STAJE SIĘ
RZECZYWISTOŚCIĄ

INNOWACJE
NA POKOLENIA

Czy Politechnika wykształci studentów
na miarę Leonarda da Vinci?



INŻYNIER PRZYSZŁOŚCI

Spis treści

KSZTAŁCIMY TECHNOLOGICZNYCH HUMANISTÓW

Czy Politechnika wykształci studentów na miarę Leonarda da Vinci?	4
Jakich inżynierów potrzebuje przemysł?	8
Klucz do sukcesu inżyniera? Nowoczesne metody kształcenia	16

SCIENCE FICTION STAJE SIĘ RZECZYWISTOŚCIĄ

Przemysł 5.0 – inżynier w centrum rewolucji	24
Technologia kwantowa, czyli skok w przyszłość	30
Niewolnicy algorytmów, czyli etyka w erze AI	35

INNOWACJE NA POKOLENIA

Pomorze – główny beneficjent transformacji energetycznej?	42
Inżynieria w służbie zdrowiu	50
Współczesne miasta – ekonomia a zrównoważony rozwój	57

Autorzy:

Katarzyna Michałowska – od ośmiu lat tworzy podcast Stacja Zmiana, dziennikarka, redaktorka podprad.pl, absolwentka Wydziału Elektrotechniki i Automatyki (elektrotechnika) oraz Wydziału Zarządzania i Ekonomii (zarządzanie produkcją) na Politechnice Gdańskiej. Ukończyła dziennikarstwo (WSKS), pedagogikę (UG), doradztwo psychologiczne (Fundacja Życie i Misja w Ustroniu). Szkoli młodych dziennikarzy i organizuje konferencje. Obecnie prowadzi zajęcia na Uniwersytecie Gdańskim (Instytut Mediów, Dziennikarstwa i Komunikacji Społecznej), gdzie przybliży tematykę podcastów. Szkoli z tematów związanych z inteligencją emocjonalną.

Piotr Kallalas – dziennikarz specjalizujący się w tematyce medycznej, systemie edukacji oraz nauce, który pracuje w pomorskich mediach od 12 lat. Przez kilka lat był związany z „Dziennikiem Bałtyckim”, obecnie pracuje w redakcji portalu Trojmiasto.pl. W swojej pracy od lat stara się popularyzować naukę i nagłaśniać ważne społecznie tematy związane z profilaktyką, badaniami czy organizacją systemu ochrony zdrowia. Jest laureatem nagrody „Zdrowe Pióro”, wielokrotnie był również wyróżniany w konkursie „Dziennikarz Medyczny Roku”. Jest magistrem biotechnologii – międzyuczelnianego kierunku realizowanego na Gdańskim Uniwersytecie Medycznym i Uniwersytecie Gdańskim.

„Pismo PG” powstało w kwietniu 1993 roku i wydawane jest za zgodą rektora PG / ISSN 1429-4494 /
Wszelkie prawa zastrzeżone / Adres kontaktowy: Politechnika Gdańska, Redakcja „Pismo PG”,
Dział Promocji i Biuro Prasowe, Hydromechanika, bud. 11, ul. G. Narutowicza 11/12, 80-233 Gdańsk,
tel. (+48) 58 347 17 09, e-mail: pismopg@pg.edu.pl

Opracowanie tematyki tekstów, przygotowanie numeru: prof. Justyna Kucińska-Lipka,
Justyna Borkowska, Iwona Golecka, Paweł Kukła
Korekta: Teresa Moroz-Kunicka

Skład, opracowanie graficzne: Ewa Niziołkiewicz

Autorzy zdjęć: Bartosz Bańka, Agata Cymanowska, Renata Dąbrowska, Krzysztof Krzempek,
Krzysztof Mystkowski, Edyta Piłat; archiwum Centrum Współpracy Międzynarodowej

pg.edu.pl/pismo





DROGIE CZYTELNICZKI, DRODZY CZYTELNICY,

z ogromną radością oddaję w Wasze ręce wydanie specjalne „Pisma PG”, będącego magazynem naukowym Politechniki Gdańskiej. To tytuł o bogatej historii – istnieje bowiem na Politechnice Gdańskiej od ponad 30 lat. Pierwszy jego numer datuje się na 1993 rok. Początkowo wydawany był w formie niewielkiej gazety, następnie wielostronicowego wydawnictwa, aż wreszcie jako tzw. e-zin, czyli magazyn elektroniczny, dostępny online. Niniejsze wydanie otwiera zupełnie nową kartę w historii „Pisma PG”.

Misją naszej uczelni jest służyć społeczeństwu. Zadanie to realizujemy nie tylko poprzez prowadzenie badań i wdrażanie rozwiązań, ale także poprzez komunikowanie nauki – tłumaczenie jej i popularyzowanie. Nawiązuje do tego nowa forma „Pisma PG”. W Wasze ręce oddajemy bowiem magazyn naukowy – wydany zarówno w języku polskim, jak i angielskim – w którym mówimy o aktualnych i istotnych aspektach stale zmieniającego się świata.

Zmiany klimatyczne, skomplikowana sytuacja geopolityczna, postępujący w zawrotnym tempie rozwój sztucznej inteligencji. To problemy i wyzwania, z jakimi mierzy się współczesny świat, a wraz z nim, rzecz jasna, naukowcy. Wyzwania te wymagają od nich nie tylko znajomości wzorów i algorytmów, ale także szerokiej perspektywy humanistycznej i refleksji etycznej.

Dlatego też motywem przewodnim niniejszego numeru „Pisma PG” stał się „inżynier przyszłości”. Kim jest taka osoba? Jakie umiejętności, narzędzia i wartości powinna posiadać? Jak w stale zmieniającym się świecie kształcić takich specjalistów? Oraz wreszcie: czy tzw. human tech jest odpowiedzią na wyżej wymienione wyzwania, które stoją przed nami, jako ludzkością? Odpowiedzi na te i inne pytania poszukujemy na łamach niniejszego wydania.

Przyjrzymy się także obszarom, w których twórcze zdolności inżyniera mogłyby znaleźć zastosowanie – jak np. te związane z rozwojem sztucznej inteligencji, technologii kwantowych czy przemysłu 5.0 – a także projektom i wdrożeniom, w których ta humanistyczna wrażliwość jest wyraźnie widoczna.

Jestem przekonany, że w proponowanych przez nas artykułach i wywiadach znajdą Państwo wiele ciekawych treści. Zapraszam do lektury.

prof. Krzysztof Wilde
rektor Politechniki Gdańskiej

CZY POLITECHNIKA WYKSZTAŁCI STUDENTÓW NA MIARĘ LEONARDA DA VINCI?



Fot. Krzysztof Mystkowski

Czy w dobie sztucznej inteligencji inżynierowi wystarczą algorytmy i wzory? Rektor Politechniki Gdańskiej, **prof. Krzysztof Wilde**, wraz z **dr. hab. Przemysławem Parszutowiczem**, **prof. PG**, filozofem, podjęli gorącą dyskusję o redefinicji roli inżyniera w nowoczesnym świecie. Zapis ich rozmowy ujawnia fascynującą wizję specjalisty jutra – inżyniera humanisty, a może nawet... filozofa.

Postępująca automatyzacja i technologia sztucznej inteligencji odciążają inżynierów od powtarzalnych zadań – rozpoczyna prof. Krzysztof Wilde, rektor Politechniki Gdańskiej. – To stwarza szansę przesunięcia akcentu z szeroko rozumianej produkcji w pracy inżyniera w stronę współtworzenia i budowania otaczającej go rzeczywistości według nowej wizji, z wykorzystaniem dostępnych teraz efektywnych narzędzi. Wizjonerzy przyszłości muszą rozumieć świat i odnajdywać w nim swoje miejsce – dodaje rektor.

Rektor przywołuje obraz dawnych mistrzów inżynierii mostowej, którzy „medytowali nad brzegiem rzeki”, by w swoich projektach łączyć techniczną funkcjonalność z harmonią z otoczeniem. W podobnym duchu, na który zwracał uwagę Leonardo da Vinci w swoich koncepcjach mostów, inżynierowie, projektując, muszą kłaść większy nacisk na pozytywne efekty dla ogółu społeczeństwa, mniejszy natomiast na ekonomię swych rozwiązań.

Prof. Przemysław Parszutowicz przyznaje, że idea otwartego na świat inżyniera jest obecna w dyskursie akademickim już od dawna, jednakże często brakuje jej realnego przełożenia na edukacyjną praktykę. – Mimo wspaniałej kadry humanistycznej u nas na PG, często czujemy się marginalizowani w procesie kształcenia – wyznaje filozof.

Jednakże rozmówcy zgadzają się co do fundamentalnej potrzeby zmiany podejścia. Prof. Wilde argumentuje, że młodzi inżynierowie, wchodzący w świat z takimi narzędziami jak zespół agentów AI, który zrealizuje złożone zadania, muszą rozumieć swoją rolę w społeczeństwie i świecie. Powinni mieć ugruntowany kanon wartości moralnych, który będzie gwarantował działania etyczne i prospołeczne.

– Nie chcemy kształcić tylko znakomitych wykonawców poleceń, bo to może robić sztuczna inteligencja – mówi prof. Parszutowicz. – Chcemy, by nasi absolwenci byli tymi, którzy te polecenia wydają, znając kierunek, w jakim ta inteligencja powinna zmierzać – podkreśla.



Sztuczna inteligencja to narzędzie, nie inteligencja.



Fot. AdobeStock

Prof. Parszutowicz wskazuje unikalne cechy ludzkiego umysłu, takie jak pamięć emocjonalna i zanurzenie w świecie. – Porównywanie człowieka do AI jest często spotykanym błędem. Sztuczna inteligencja żyje tylko w świecie danych, nie pamięta tak jak my, nie przeżywa tak jak my i przede wszystkim, z punktu widzenia kształcenia – nie podejmuje decyzji. Nie potrafi zatem zaprojektować ludzkiego świata, a taki przecież mają projektować, w różnych sferach, nasi absolwenci – wyjaśnia filozof.

OD INŻYNIERA PRZYSZŁOŚCI DO INŻYNIERA TU I TERAZ

W dalszej części rozmowy pojawiło się zniuansowanie terminologiczne. Prof. Wilde wyraża niezadowolenie z określenia „inżynier przyszłości”, preferując myślenie o działaniach „tu i teraz” przynoszących efekty w perspektywie dekady. Jego zdaniem gwałtowne przewartościowanie świata pod wpływem zaawansowanych narzędzi technologicznych wymaga natychmiastowej zmiany w sposobie kształcenia.

– To inżynier jest władny, by nadać kierunek rozwojowi – przekonuje rektor PG, podkreślając potrzebę „innej świadomości funkcjonowania” wśród absolwentów i kadry naukowej. – W tym kontekście rola filozofii i nauk humanistycznych staje się kluczowa, by studenci, opuszczając mury uczelni, rozumieli świat i znaleźli w nim odpowiedzialne miejsce. Dyskusja schodzi na problem podziału nauki na humanistyczne i ścisłe, który ma – jak przypomina

prof. Parszutowicz – swoje korzenie w XIX-wiecznym pozytywizmie.

Zdaniem rozmówców ten podział zupełnie nie przystaje do dzisiejszego kształtu i zadań nauki. Wykopano wraz z nim przepaść, którą trudno zasypać, delegując „humanistów” do innych zadań niż „ścisłowie”. I przy okazji wartościując obie sfery, co czasami wręcz antagonizuje naukowców.

Prof. Wilde widzi potrzebę kształcenia studenta, który będzie umiał myśleć krytycznie. Po chwili przechodzi do żartobliwych propozycji alternatywnych określeń – od „inżyniera poety” po „inżyniera wiedźmina”. Prof. Parszutowicz podchwytuje myśl, przypominając, że terminy „wiedźmin” i „wiedźma” mogłyby być świetnymi polskimi zamiennikami pojęcia „filozof” – wszystkie bowiem odnoszą się do wiedzy.

Wnioski z rozmowy rysują obraz inżyniera jutra (a może raczej teraźniejszości) jako interdyscyplinarnego specjalisty, który umie łączyć zaawansowaną techniczną wiedzę z humanistyczną mądrością. Rozmówcy zgadzają się, że w dobie rewolucji technologicznej to właśnie ludzka inżynierska twarz może okazać się kluczowa w kształtowaniu odpowiedzialnej i zrównoważonej przyszłości.

INŻYNIER FILOZOF – NOWA WIZJA Z POLITECHNIKI GDAŃSKIEJ?

– Chcę, by inżynier był filozofem – rozmarza się rektor Politechniki Gdańskiej, prof. Krzysztof Wilde, w emocjonalnej rozmowie z prof. Przemysławem Parszutowiczem. Dyskusja ponownie dotyka

fundamentalnej zmiany w pojmowaniu roli inżyniera w dobie cyfrowej rewolucji.

– Czy przyszłość pracy inżyniera to tylko zaawansowane algorytmy i precyzyjne obliczenia? – zadaje pytanie retoryczne prof. Wilde. – Wizja absolwenta Politechniki wykracza daleko poza stereotyp „dokręcacza śrubek”. Marzę o absolwencie, który będzie myślał jak filozof – powtarza myśl rektor i zawiesza głos.

Korzystając z chwili ciszy, prof. Parszutowicz podchwytuje wątek, sięgając do korzeni słowa „filozof”. – Phileo, sophia – oznacza ten, co lubi wiedzieć – tłumaczy podekscytowany, przypominając, że w historii nauki granice między filozofią a naukami ścisłymi były płynne. – Newton był zarówno filozofem, jak i matematykiem – jego główne dzieło, biblia mechaniki klasycznej, nosi tytuł „Philosophiæ Naturalis Principia Mathematica” – „Matematyczne zasady filozofii naturalnej” – podkreśla filozof.

Obaj rozmówcy zdają się malować obraz inżyniera renesansu, łączącego techniczną biegłość z głębokim zrozumieniem świata. – Chcielibyśmy wykształcić filozofa, który będzie zarazem inżynierem, i inżyniera, który będzie zarazem filozofem – deklaruje prof. Parszutowicz, jednocześnie odrzucając stereotypowe podziały na twarde i miękkie kompetencje.

– Myślę, że dzisiaj już nie powinniśmy mieć tego podziału. Chcesz być inżynierem? Musisz czuć ludzi, rozumieć społeczeństwo i doskonale odnajdywać swoje miejsce na ziemi – wtóruje prof. Wilde.

OD ZROZUMIENIA DO PROJEKTANTA EKSPERYMENTU

Rozmowa nie mogła pominąć kluczowej dziś roli sztucznej inteligencji. Ekspert podkreśla, że

inżynierowie muszą rozumieć działanie zaawansowanych narzędzi. Prof. Wilde akcentuje, że kluczową rolę inżyniera jest kontrola danych, na których uczy się sztuczna inteligencja. – Jeśli panujemy nad danymi, którymi karmimy nowoczesne narzędzia, to możemy powiedzieć, że rozumiemy „sztuczną inteligencję” – wyjaśnia swoją koncepcję rektor.

Prof. Przemysław Parszutowicz proponuje fundamentalną zmianę w podejściu do nauczania inżynierów.

– Zamiast skupiać się na wykonywaniu eksperymentów, przyszli inżynierowie powinni uczyć się ich projektowania – mówi. – Chcemy widzieć ludzi, którzy będą projektowali eksperymenty, a nie je wykonywali. A zatem będą próbowali wskazać pewne warunki, w jakich ma zająć dane zjawisko – argumentuje filozof, jednocześnie podkreślając, że prawdziwe odkrycia naukowe wynikają z konceptualizacji warunków, a nie tylko ze zbierania danych. To – jak twierdzi

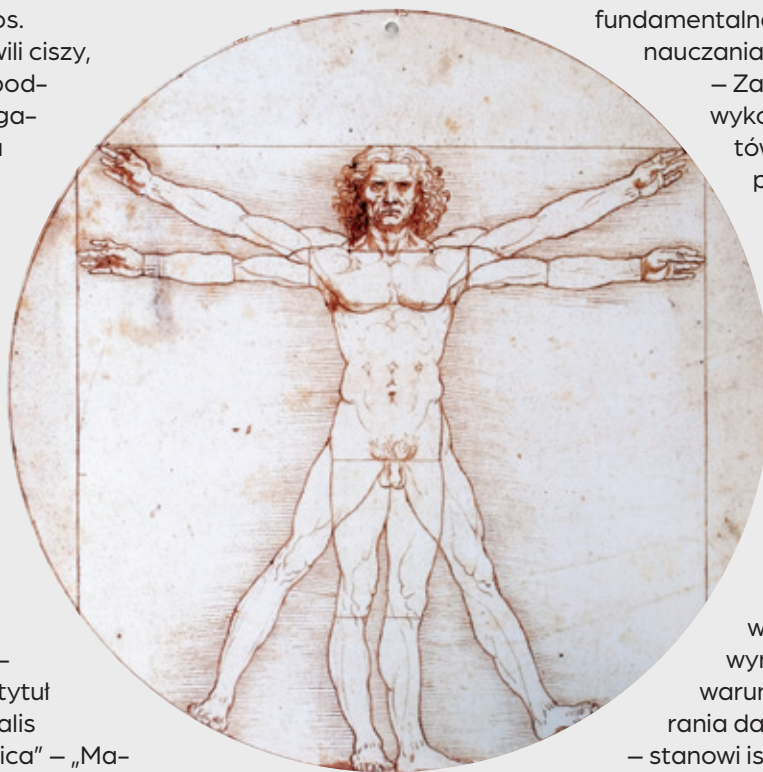
– stanowi istotę myślenia krytycznego w jego źródłowym sensie.

– Kiedyś było tak, że eksperyment, czyli to przysłowiowe spadające jabłko, doprowadziło naukowca do definicji prawa powszechnego ciężenia – mówi prof. Wilde. – I to była pewna obserwacja, poznawanie świata. Inżynier teraz działa inaczej. Tak naprawdę prawie wszystko, co mamy, generujemy najpierw cyfrowo – opisuje prawo cyfrowego eksperymentu rektor PG.

CZY MŁODZI INŻYNIEROWIE CHCĄ FILOZOFII?

W rozmowie pojawia się kluczowe pytanie o oczekiwania studentów. Czy młoda generacja inżynierów jest gotowa na filozoficzne refleksje, czy pragnie jedynie praktycznych narzędzi, by sprawnie wejść na rynek pracy?

– Uważam, że to zależy w dużej mierze od prowadzących, od nauczycieli, od mistrzów. Ktoś może



młodych ludzi przekonać, ktoś może ich zniechęcić – odpowiada filozof.

– Rozdział Tatarkiewicza przeczytajcie, powie-
dziano do mnie *ex cathedra* – wspomina z humorem
studenckie czasy i swoje zajęcia z filozofii prof. Wilde,
dając sygnał, że rozmowa o humanizmie w inżynierii
nie będzie akademicką nudą. Dla prof. Parszuto-
wicza humanista to nie tylko czytany erudyta, ale
przede wszystkim ktoś, kto „potrafi znaleźć wspólny
mianownik dla pozornie odległych od siebie dzie-
dzin”.

W obliczu zmieniającego się świata i erozji trady-
cyjnych systemów wartości rozmówcy zastanawiają
się nad rolą uczelni w kształtowaniu postaw przy-
szłych inżynierów. Prof. Wilde odrzuca ideę wycho-
wywania, proponując zamiast tego inspirowanie do
refleksji nad własnym systemem wartości.

– Jeśli ujawniłyby się jakieś postawy, to nam cho-
dzi o postawy społeczne i wartości – wylicza rek-
tor. Jego marzeniem jest dobry inżynier z „bogatą
duchowością”, wrażliwy, empatyczny wobec świata
i ludzi.

Prof. Parszutowicz przywołuje badania z Uniwer-
sytetu w Hajfie, które wskazują, że w przyszłości
najbardziej cenione będą kompetencje prowadzenia
ludzi, rozwiązywania konfliktów, dostosowywania się
do zmiennych warunków, empatia. – Umiejętności,
które dzisiaj będą najbardziej cenione, to te, które
nie będą zastąpione przez sztuczną inteligencję.
Paradoksalnie okazuje się dziś, że „kompetencje
przyszłości” mają „ludzie przeszłości”, osoby dojrzałe
i doświadczone. I tu pojawia się ponownie problem
możliwości uczenia takich kompetencji młodych ludzi
– wyjaśnia.

Rektor PG opowiada o ważnych krokach podję-
tych przez uczelnię w kierunku rozwijania inteligencji

emocjonalnej przyszłych inżynierów. Z entuzjazmem
opowiada o idei „Akademii Lidera” oraz działaniach
Centrum Nowoczesnej Edukacji rozwijających kom-
petencje miękkie wśród studentów i kadry naukowej.
Przyznaje jednak, że zmiana mentalności i przeko-
nanie konserwatywnych wykładowców do zmiany
podejścia do studentów jest wyzwaniem i procesem
czasochłonnym.

ELITA PRZYSZŁOŚCI TO INŻYNIER Z SERCEM I ROZUMEM

Obaj eksperci są zgodni, że w dobie potężnych
narzędzi, jakimi dysponują inżynierowie, kluczowa
staje się ich odpowiedzialność i etyczne podejście.
– Chcemy, żeby nasi absolwenci byli odpowiedzialną
elitą, której zależy na takiej pracy, dzięki której będą
zmieniać świat na lepsze – podkreśla rektor PG.

W konkluzji rozmowy prof. Parszutowicz wraca do
fundamentalnego pytania: Inżynier – kim jestem?
Filozof podkreśla, że w obliczu złożonych wyzwań,
przed którymi stoi świat, inżynier musi łączyć wiedzę
techniczną z głębokim zrozumieniem natury ludzkiej
i otaczającej go rzeczywistości.

– Ten, który lubi wiedzieć – powtarza kluczową
myśl prof. Parszutowicz. – Ten, który interesuje się
zarówno tym, jak działa system nieba, jak i tym, jak
działa człowiek – podsumowuje filozof, cytując Kan-
ta: Niebo gwiazdziste nade mną i prawo moralne le-
ży we mnie.

Prof. Wilde zgadza się z opinią i parafrazuje ją na
potrzeby opisu inżyniera marzeń, wzorowanego na
postaci Leonarda da Vinci – „inżynier nieba gwia-
zdzistego i prawa moralnego!”.

■ Katarzyna Michałowska



Fot. Krzysztof Mystkowski

Rozmowa rektora Politechniki Gdańskiej i prof.
Przemysława Parszutowicza to nie tylko aka-
demicka debata, ale przede wszystkim gorący
apel o redefinicję zawodu inżyniera. W świecie,
w którym technologia staje się coraz potęż-
niejsza, to właśnie inżynier z sercem i rozumem,
inżynier filozof lub inżynier humanista może oka-
zać się kluczem do budowania lepszego jutra.

JAKICH INŻYNIERÓW POTRZEBUJE PRZEMYSŁ?

Studenci chcą prostoty i praktyki. Wykładowcy – głębi i myślenia. Rynek pracy? Wciąż redefiniuje swoje potrzeby. W tym trójkącie napięć kształcenie inżynierów staje się coraz większym wyzwaniem.

Jeśli chodzi o nasze oczekiwania wobec młodych inżynierów, to one nie są tak oczywiste – mówi **Sławomir Halbryt**, prezes zarządu Sescom SA. – Z jednej strony zależy nam, by inżynier miał wiedzę techniczną, z drugiej strony zadajemy pytanie: do jakich zadań go potrzebujemy?

– Myślę, że w ciągu trzech lat studiów inżynierskich można nabyć silne podstawy techniczne – opisuje obecną edukację inżynierską Halbryt. – Jednakże jako przedsiębiorcy i pracodawcy nie do końca liczymy na to, że młody człowiek będzie w pełni ukształtowany i gotowy do profesjonalnego wykonywania swojej pracy od strony technicznej. Zakładamy, że praktyczna nauka dopiero się zacznie i jesteśmy na to gotowi. Chcemy, żeby absolwent miał podstawy wiedzy, ale, co istotne: chcemy w młodym inżynierze widzieć szereg dodatkowych cech, jak ciekawość, zaangażowanie lub zdolność do uczenia się – charakteryzuje idealnego inżyniera prezes zarządu Sescom SA.

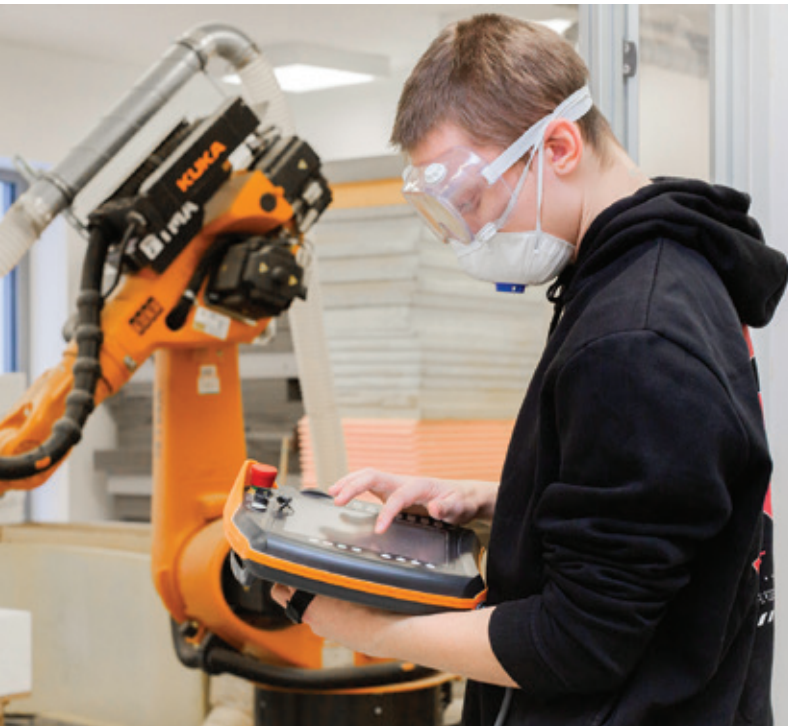
POWRÓT DO STUDIÓW PIĘCIOLETNICH?

Rynek pilnie potrzebuje dobrze przygotowanych inżynierów, a obecny system kształcenia nie nadąża za zapotrzebowaniem. Praktyka, elastyczność i solidne podstawy techniczne – tego dziś oczekują pracodawcy.

– Uważam, że sporym wyzwaniem dla skutecznego i efektywnego przygotowania przyszłych inżynierów jest kształcenie oparte na systemie bolońskim – zaczyna od tematu edukacji inżynierów **Małgorzata Winiarek-Gajewska**, prezes zarządu Grupy NDI SA. – Mamy studia inżynierskie, następnie magisterskie, które stosunkowo niewielu studentów podejmuje. W tej sytuacji zagwarantowanie, że student będzie dobrze zawodowo i wszechstronnie technicznie przygotowany, jest wyzwaniem dla programu studiów. Nauki podstawowe są w zawodzie technicznym niezwykle ważne, bo konieczne jest rozumienie i zdolność opisanie zjawisk, a jednocześnie potrzebne jest przygotowanie zawodowe. Do tego jeszcze dochodzą umiejętności miękkie, które warto i trzeba rozwijać w młodych ludziach, a na to brakuje czasu w trzyletnim kształceniu licencjackim.

– Powrót do pięcioletnich studiów byłby elementem wspierającym rozwój inżyniera przyszłości – stawia tezę Małgorzata Winiarek-Gajewska. – Jednak zupełnie rozmija się to z oczekiwaniami i potrzebami zarówno młodych ludzi, jak i rynku. Ci pierwsi chcą się szybko usamodzielniać, a przemysł ma ciągle niezaspokojony popyt na nowych





pracowników. Tak jest przynajmniej w mojej branży budowlanej – opisuje konflikt interesów w podanym przez siebie rozwiązaniu Winiarek-Gajewska. – Sami jesteśmy w sytuacji, w której poszukujemy talentów już wśród studentów. Przyjmujemy ich na praktyki, mając nadzieję, że zachęcimy ich do związania się z firmą na dłużej. W efekcie rozpoczynamy współpracę z kimś dość ogólnie przygotowanym do zawodu i w istotnym stopniu przejmujemy odpowiedzialność za doksztalcenie go do wykonywania zawodu w standardach, w jakich pracuje się obecnie na rynku – podsumowuje pani prezes.

– Kiedy przeglądam CV kandydata, to patrzę na umiejętności techniczne, budowlane, sanitarne lub sprzedażowe – mówi **Wojciech Falkowski**, prezes zarządu Ecol-Unicon. – Następnie śledzę karierę zatrudnienia i w jakich zespołach pracował. Jest to dla mnie ważne, gdyż inżynierowie pełnią często kierownicze role – opisuje Falkowski proces rekrutacyjny.

– Mój idealny inżynier przyszłości posiada solidną bazę teoretyczną, ale również praktyczną – puszcza wodze fantazji Falkowski. – Podczas spotkań Rady Uczelni podkreślamy, że brakuje nam inżynierów praktyków. Obecnie dużo studentów po zrobieniu licencjatu rozpoczyna pracę. Wielu z nich nie chce wracać na studia, więc szukamy mądrego rozwiązania. Na przykład, by przejść na indywidualny tok

“

Chcemy w młodym inżynierze widzieć szereg dodatkowych cech, jak ciekawość, zaangażowanie lub zdolność do uczenia się.



Fot. CWM

nauki na studiach drugiego stopnia, a jednocześnie rozwijać swoje kompetencje w pracy zawodowej. Na takich inżynierów rynek ma zapotrzebowanie – streszcza wspólne poszukiwanie rozwiązania.

HOLISTYCZNY INŻYNIER CZY SPRAWNY REALIZATOR PROJEKTU?

Młody inżynier wchodzi na rynek pracy w szybko zmieniającej się rzeczywistości pod względem wyzwań otoczenia, a także nowych technologii, dlatego powinien charakteryzować się szerszym zakresem umiejętności niż tylko wiedza techniczna.

– Inżynier przyszłości powinien umieć spojrzeć na problem holistycznie – kontynuuje Wojciech Falkowski. – Dzisiaj mierzymy się z dynamicznymi zmianami, w tym klimatycznymi. W zarządzaniu warto „łączyć kropki”. Mając do czynienia z projektami w realizacji, nie wystarczy być zorientowanym na cel: realizacja inwestycji. Cokolwiek to nie będzie: nowy zakład przemysłowy, obiekt hydrotechniczny, osiedle czy też lotnisko, trzeba wiedzieć, jaki dana inwestycja ma wpływ na środowisko. Jeżeli dzisiaj mówimy



Fot. AdobeStock

o inżynierach jutra, to warto by było, aby umieli patrzeć szerzej na swoją pracę. Uważam, że holistyczne spojrzenie na świat przynosi korzyści zarówno dla pracodawcy, pracownika, jak i całej planety – podsumowuje Wojciech Falkowski.

– Stworzyliśmy Akademię NDI, własny system szkoleń i programów rozwojowych, które skupiają się na dwóch obszarach – mówi Małgorzata Winiarek-Gajewska. – Pierwszy to obszar kompetencji miękkich, czyli uczenia się zachowania w określonych sytuacjach związanych z wykonywanym zawodem, między innymi organizacji pracy, pracy w zespole, negocjacji, interakcji z ludźmi, zarządzania czasem, radzenia sobie w sytuacjach stresowych etc. Drugi to obszar praktyki, gdzie rozwijamy wiedzę techniczną naszych pracowników, bazując na własnych doświadczeniach, praktyce starszych kolegów i koleżanek, a także wykorzystując case studies, czyli omawianie problemów różnej natury i tego, jak te problemy zostały rozwiązane. Pracujemy na konkretnych przykładach i pokazujemy, jak została dana sprawa rozwiązana czy praca zorganizowana – opisuje program szkoleniowy Akademii NDI Winiarek-Gajewska.

– Trzeba rozumieć, że inżynierowie, którzy wchodzi na rynek, mają niską świadomość tego, w jakim środowisku będą funkcjonować. Studia w niewielkim stopniu, jeśli w ogóle, przygotowują do pracy w konkretnym środowisku rynkowym – zwraca uwagę na ważny fakt Winiarek-Gajewska. – Dla przykładu budownictwo jest dzisiaj silnie ukształtowane przez rynek zamówień publicznych, który działa w określonym trybie i rygorze. Nie wystarczy więc wiedzieć, jak technicznie wykonać powierzone zadanie, ale należy rozumieć, jak poruszać się w tym

specyficznym środowisku kontraktowym i jednocześnie zadbać o to, aby projekt został zrealizowany w terminie, budżecie i przy zachowaniu wszystkich standardów formalnych – mówi.

– Moim zdaniem jest to kompletnie niezagospodarowany edukacyjnie obszar, choć trzeba przyznać, że uczelnie, które chciałyby podjąć próbę wprowadzenia tych aspektów do programu kształcenia, nie są chyba w stanie podążać za zmieniającymi się uwarunkowaniami rynkowymi bez pomocy i wsparcia ze strony przemysłu. Dziś z pewnością odczuwamy, że bierzemy na siebie znaczną część przygotowania zawodowego naszych młodych pracowników – akcentuje wyzwanie Winiarek-Gajewska.

– To, co tak naprawdę tworzy z młodego człowieka prawdziwego inżyniera, to empatia – pokazuje inną perspektywę Sławomir Halbryt. – W jaki sposób podchodzi do rozwiązywania problemów, czy umie je rozwiązywać, czy radzi sobie ze stresem i zmianą, czy potrafi sięgać po różne rozwiązania i narzędzia po to, żeby rozwiązywać problemy. A jeżeli nie potrafi rozwiązać problemu, to potrafi się do tego przyznać, jednocześnie szukając innowacyjnych rozwiązań – komentuje Sławomir Halbryt.

INŻYNIERSKIE KOMPETENCJE, PREDYSPOZYCJE I POSTAWY

Inżynierowie pracują w różnych miejscach. Możemy ich spotkać w biurze projektowym, na budowie lub w przemyśle, gdzie rozwiązują problemy, albo w laboratorium, gdzie są innowatorami.

– Zauważmy, że w każdej z tych ról ważne będą trochę inne cechy osobowe i predyspozycje – wprowadza nowy temat Sławomir Halbryt. – W naszej



Eksperci podkreślają konieczność bliskiej współpracy uczelni z biznesem, większego nacisku na praktykę i kompetencje społeczne oraz otwarcia na nowe wyzwania, takie jak AI, różnorodność kulturowa czy zmiany klimatu.

firmie na przykład pojawiły się dwie skrajne osobowości. Bardzo potrzebne, ale nierozumiejące się. Pierwsza była innowatorem. Inżynier, który miał bujną wyobraźnię i duże zdolności. Potrafił powiązać ze sobą wiele dziedzin techniki i nauki. Konstruował nowe urządzenia, ale nie poddawał się rygorom prawnym. Uważał, że nowe rozwiązania niekoniecznie muszą być zgodne z przepisami, bo przecież odkrywamy rzeczy, które nie zostały opisane. Natomiast mieliśmy drugiego wybitnego inżyniera, który rozumiał i pracował w ograniczeniach norm i podchodził do tej kwestii inaczej, mówiąc: po co nam urządzenie, którego nie będziemy mogli nikomu sprzedać? Ono nie spełnia wymagań prawnych, więc nie będzie możliwości dopuszczenia go na rynek. Dwóch inżynierów, dwa spojrzenia. Absolutnie nie mogli się dogadać – podaje przykład Halbryt.

– W różnych rolach będziemy obserwowali różne postawy i różne predyspozycje – podsumowuje Halbryt.

– Dzisiaj w zawodzie inżyniera nie tylko ważne są twarde kompetencje, coraz większego znaczenia nabierają kwestie psychologiczne – zwraca uwagę na inny aspekt Wojciech Falkowski. – Chodzi mi o umiejętność współpracy w grupie, wspomnę o słuchaniu czy komunikowaniu się z większą liczbą osób, ponieważ motywowanie zespołu to pożądana umiejętność. Nie mówię, że inżynier ma być specjalistą od psychologii, ale powinien rozumieć, na czym zależy ludziom, z którymi pracuje – wylicza Falkowski.

– Do tego sprawy finansowe są bardzo istotne – inżynier musi wiedzieć, jak wyglądają procesy przepływu pieniędzy i jak zatwierdzonym budżetem zarządzać. Dochodzą do tego kwestie logistyki: transportu, zakupów, dostaw materiałów, zabezpie-

czenia zasobów ludzkich – wszystkie te aspekty są ze sobą powiązane. Nie można nie wspomnieć, a propos inżyniera przyszłości, o wiedzy na temat AI, jak jej mądrze używać – rozwija Falkowski.

– Patrząc na kwestie zmieniającego się świata, uważam, że inżynier musi przygotować się również na kwestie migracji, by umieć pracować z osobami z różnych kultur. Jako pracodawca chętnie zatrudniam ludzi z innych krajów – mówi Wojciech Falkowski.

A co z umiejętnościami społecznymi inżyniera?

– Umiejętności społeczne w kształceniu inżynierów są moim zdaniem niedoceniane – mówi Małgorzata Winiarek-Gajewska. – Zdolność odkrycia siebie, swoich mocnych stron, rzeczy, w których czujemy swoją przewagę i w których mamy poczucie sprawczości, powinny pozostawać w równowadze z wiedzą techniczną. Ścieżka kariery powinna się rozwijać w oparciu o indywidualne predyspozycje i umiejętności – przekonuje Winiarek-Gajewska.

– Nie chciałbym, żebyśmy kogoś spisywali na straty – dodaje Sławomir Halbryt. – Bo się może okazać, że my nawet nie wiemy, że ktoś się po prostu na określonego inżyniera nie nadaje i on powinien mieć taką świadomość, że dla niego istnieje jakaś inna ścieżka kariery lub rozwoju. Ale nie wolno o tym przesądzać, tylko używać dobrych narzędzi do badania inżynierskich predyspozycji – zachęca Halbryt.

– Kształcąc młodych ludzi według tego samego programu, nie otrzymamy tych samych rezultatów. Każdy człowiek jest silnie ukształtowany przez własne indywidualne cechy – rozwija myśl Małgorzata Winiarek-Gajewska. – Wszyscy bazują na tej samej podstawie, tym samym programie kształcenia, ale



Nauczanie wymaga przemodelowania, tak żeby odpowiedzieć na potrzeby otoczenia biznesowego.



Fot. CWM



każdy indywidualnie powinien odkrywać osobiste predyspozycje, które będzie mógł w przyszłości rozwijać. Praca inżyniera składa się z tak wielu różnych aspektów, że daje szansę na dopasowanie osobistych kompetencji do rzeczywistych potrzeb projektu czy pracodawcy. Sądzę, że takie podejście pozwoli młodym ludziom z większą wiarą i chęcią wejść w życie zawodowe – podsumowuje Winiarek-Gajewska.

– Coraz częściej sięgamy po narzędzia, w których badamy predyspozycje, i poprzez dostrzeganie silnych stron inwestujemy w osoby, które dane predyspozycje posiadają – mówi o szczegółach postrzegania rozwoju pracowników Sławomir Halbryt. – W firmie musi być określona gradacja kompetencji i zadań w strukturze. Są potrzebne osoby, które są ciche i spokojne, ale które w sposób zdeterminowany i konsekwentny wykonują często ciężką pracę. Takie osoby mogą być niewidoczne w firmie, a dają wielki wkład. Naturalnie dostrzegamy ekstrawertyków, bo ci są spontaniczni. Staramy się pracować razem, żeby nie doprowadzić do podziałów, i jednocześnie staramy się inwestować w silne strony.

CZY UCZELNIA MOŻE ZMIEŃĆ KSZTAŁCENIE INŻYNIERÓW?

– Uczelnie mierzą się z tym, jak ważyć sferę naukową i dydaktyczną – mówi Małgorzata Winiarek-Gajewska. – Z jednej strony dydaktyka jest bardzo ważna, bo ona jest podstawą funkcjonowania uniwersytetów. Z drugiej strony ewaluacja uczelni wiąże się z jej aktywnością naukową. Dodatkowo

ścieżka dopływu finansowania z różnego rodzaju grantów i realizowanych w ich ramach projektów pochłania istotną część potencjału. Mamy wiele sprzecznych wątków, a uczelnia wyższa to skomplikowany mechanizm. Marzy mi się, że w centrum tego wszystkiego pozostanie jednak student. Stąd uważam, że nauczanie wymaga przemodelowania, tak żeby odpowiedzieć na potrzeby otoczenia biznesowego, ale też uwzględnić dokonujące się przemiany postaw społecznych. Należałoby nakreślić program skrojony pod potrzeby, wsparty celowanymi zajęciami dodatkowymi czy kołami zainteresowań z aktywną rolą przemysłu czy potencjalnych pracodawców. Dodatkowo pomoc w nabyciu umiejętności związanych z kwestiami społecznymi, psychologią i kompetencjami miękkimi to jest coś, przed czym nie uciekniemy, a czego młodzi ludzie poszukują i potrzebują.

– Oprócz silnych podstaw wiedzy technicznej chciałbym, by uczelnia dostrzegała ważność inżynierskich postaw – mówi Sławomir Halbryt. – Chodzi o umiejętność znalezienia się w danej sytuacji, pracy z zespołem, pracy z ludźmi, empatii, umiejętności rozwiązywania problemów, radzenia sobie ze stresem – opisuje dodatkowe kompetencje Halbryt. – Dodatkowo umiejętność spojrzenia z punktu widzenia ekonomicznego – nie mówię, że trzeba znać całe prawo, ale warto rozumieć, po co to prawo jest i jak ono z inżynierią powinno działać – opisuje potrzeby edukacyjne inżynierów Halbryt.

– Wiadomo, że są osoby, które naturalnie mają pewne predyspozycje – dodaje. – Są inne osoby, które tych predyspozycji nie mają i muszą popracować, ale dzisiaj mamy dużo narzędzi do tego,



Fot. CWM

żeby na wczesnym etapie uświadomić każdą ze studentek i studentów o tym, jakie predyspozycje posiadają. Na przykład są badania Gallupa, które nie kosztują dużo, a uczelnia mogłaby je zafundować studentom na pierwszym roku, żeby młodzi ludzie zastanowili się, nad czym powinni pracować albo jakie są ich silne strony, które powinni wykorzystać w dalszej edukacji – proponuje konkretne działania Halbryt.

– Jeśli będziemy kształcić ludzi przygotowanych do wyzwań dzisiejszego świata i będziemy potrafili wykształcić inżynierów, którzy sobie poradzą z programowaniem, budowaniami lub rozwiązywaniem

procesów chemicznych, fizycznych, to warto wziąć jeszcze pod uwagę aspekt społeczny, czyli przydałaby się lekcja etyki i psychologii – zwraca uwagę Wojciech Falkowski.

DZIAŁANIA NA POMORZU

Na Pomorzu realizowane są konkretne działania mające na celu wzmocnienie potencjału młodych inżynierów i przygotowanie ich do przyszłych wyzwań.

– Przykład nam bliski to elektrownia jądrowa – mówi Wojciech Falkowski. – Od czterdziestu lat chcemy ją zbudować w tej samej lokalizacji. Dzisiaj jest szansa, że ona powstanie za dwanaście lub piętnaście lat. Ale czy nasze uczelnie są na to przygotowane? Czy jesteśmy gotowi na kształcenie wykwalifikowanych energetyków? Uważam, że musimy pilnie zapewnić jak najlepszą kadrę i przygotować inżynierów do przyszłej pracy. Robimy małe kroki w tym kierunku – razem ze Związkiem Uczelni Fahrenheita, Fundacją Biznes dla Klimatu oraz UN Global Compact Network Poland organizujemy konferencję Baltic Nuclear Energy Forum będącą platformą wymiany nowoczesnej wiedzy z zakresu energetyki jądrowej. W konsekwencji powstaną studia podyplomowe oraz magisterskie – wskazuje na konkretne działania Falkowski.

– Myślę, że rolę Politechniki jest nawiązanie coraz szerszych relacji ze środowiskiem gospodarczym i wychodzenie do firm z konkretną ofertą – mówi Sławomir Halbryt. – Wiem, że to nie jest łatwe, bo przedsiębiorcy są zabiegani i nie mają czasu ani środków, ani możliwości, by opiekę nad młodym studentem rozłożyć. Ale wydaje mi się, że przedsiębiorcy też potrzebują świadomości, by sprzyjać i wspierać rozwój młodych ludzi.

– Zwróćmy uwagę, że na naszej uczelni cenimy sport. Jesteśmy wielokrotnym Akademickim Mistrzem Polski w wielu dyscyplinach – podkreśla Wojciech Falkowski. – Powinniśmy nadal wzmacniać młodzież w tej dziedzinie aktywności poza specjalistyczną wiedzą – dodaje.

– Do tego pragnę podkreślić, że wierzę w ideę Uczelni Fahrenheita, która może realnie wzmocnić wizerunek i prestiż szkolnictwa wyższego. Nie zależy mi jednak na prestiżowych rankingach, jak choćby pierwsza pięćsetka rankingu szanghajskiego. Najważniejsza jest współpraca między uczelniami: techniczną, humanistyczną i medyczną zmierzająca do połączenia najlepszych wartości, jakie wniosą do wspólnego uniwersytetu. Wierzę, że zaowocuje ona możliwością kształcenia inżynierów przyszłości – mówi Falkowski.



Fot. CWM

SZERSZE SPOJRZENIE NA SYSTEM EDUKACJI

W dyskusji nad przyszłością edukacji inżynierów pojawiają się głosy o konieczności rewizji tradycyjnych metod nauczania na uczelniach wyższych i poszukiwaniu bardziej efektywnych modeli.

– Nasze uczelnie wyższe to wciąż szkoły, tylko wyższej kategorii – mówi Małgorzata Winiarek-Gajewska. – Nauczyciel przychodzi, mówi, co będziemy robić. Zamiast klasówki – kolokwium, zamiast lekcji – wykład – pokazuje inną perspektywę Winiarek-Gajewska.

– Być może warto sięgnąć po inne wzorce i narzędzia, by zobaczyć, jak funkcjonują modele edukacyjne przynoszące konkretne efekty – mówi Małgorzata Winiarek-Gajewska.

– W systemie anglosaskim studenci pracują w ciągłej interakcji: realizują projekty, prezentują je i uczą się poprzez współdziałanie. Na renomowanych uczelniach funkcjonuje system tutorialny, który zakłada regularne spotkania w małych grupach z wykładowcą. Omawia się tam wybrany problem, który student najpierw analizuje samodzielnie, a następnie wspólnie z prowadzącym poddaje krytycznej ocenie. To ekskluzywna forma kształcenia, wywodząca się z innej tradycji akademickiej, ale jeśli rozważamy zmiany, to warto sięgać po najlepsze – podsumowuje.

– Zachęcam rektora, by w projektach związanych z energetyką czy klimatem sięgał po najlepszych wykładowców z Europy, a nawet z całego świata – mówi Wojciech Falkowski. – Dzisiejsze technologie pozwalają zaprosić do współpracy specjalistę z Sin-

gapuru czy Kalifornii, który bez problemu poprowadzi wykład dla naszych studentów. A dzięki wysokim kompetencjom językowym młodych inżynierów – będą mogli uczyć się od najlepszych.

SPOJRZENIE NA MŁODZIEŻ

Zmieniające się realia społeczne, rozwój technologii oraz nowe modele komunikacji sprawiają, że postawy młodego pokolenia coraz częściej skłaniają do refleksji – nie tylko środowisko akademickie, ale również biznesowe.

– Młodzi ludzie bywają dziś mniej śmiali, czasami wręcz zahukani, a jednocześnie miewają wygórowane oczekiwania, wynikające z porównań, jakie narzucają media społecznościowe – mówi Sławomir Halbryt. – Myślę, że są też poddawani silnej presji społecznej – zarówno ze strony rodziny, jak i rówieśników. Działa na nich wiele różnych sił. Nie uważam, że przedsiębiorcy powinni być psychologami, ale sądzę, że potrzebna jest edukacja w firmach, która pozwoli dostrzec i zrozumieć te mechanizmy. To lekcja, którą warto odrobić – dodaje.

– Jestem w zawodzie od ponad trzydziestu lat, więc obserwowałam różne pokolenia – dzieli się doświadczeniem Małgorzata Winiarek-Gajewska. – Widzę, że zmiany pokoleniowe przyspieszają, dzisiaj już nawet pięć lat stanowi czasem dziurę pokoleniową, która bywa powodem rozdzwiku w rozumieniu praw i traktowaniu obowiązków – zauważa.





Sławomir Halbryt
prezes zarządu Sescom SA,
przewodniczący Rady
Uczelni PG



Wojciech Falkowski
prezes zarządu
Ecol-Group Sp. z o.o.,
Rada Uczelni PG



Małgorzata Winiarek-Gajewska
prezes zarządu Grupy NDI,
Rada Uczelni PG

– Wydaje mi się, że uczelnia również miałaby tu swoją rolę do odegrania – mówi Sławomir Halbryt. – Warto byłoby się zastanowić nad programem wsparcia dla firm w zakresie budowania świadomości różnic pokoleniowych. Oczywiście uczelnia może powiedzieć, że to nie jej zadanie, że to raczej rola organizacji branżowych, ale uważam, że synergia pomiędzy światem akademickim a biznesem mogłaby przynieść realne korzyści – argumentuje.

– Mam wrażenie, że dzisiejsza młodzież w dużej mierze nie może odnaleźć się w warunkach rynkowych – ocenia Wojciech Falkowski. – Niestety ogólny poziom wykształcenia technicznego spada i nie widzę oznak odwrócenia tej tendencji. Młodzi pracownicy często zmieniają pracę, wydaje się, że z błahych powodów. Może to świadczyć o braku adaptacji do pracy w zespole. Dorastali w świecie gier komputerowych, są nastawieni na szybkie osiągnięcie celów i byle porażka urasta do dużego pro-

blemu. Myślę, że warto byłoby pochylić się nad tym aspektem w kształceniu inżynierów – podsumowuje.

WYZWANIA I WYBORY MŁODEGO INŻYNIERA

Młodzi inżynierowie mierzą się z licznymi wyzwaniami i niełatwymi wyborami dotyczącymi swojej przyszłości zawodowej. Wśród nich pojawiają się kluczowe pytania o charakter ich pracy, stabilność zatrudnienia w obliczu postępu technologicznego oraz satysfakcję z wykonywanych obowiązków.

– Chciałabym uświadomić młodym ludziom, że praca inżyniera to jest coś znacznie ciekawszego, różnorodnego i dającego więcej satysfakcji, niż może się powszechnie wydawać. Ponadto wierzę, że jest to zawód stosunkowo odporny na wyeliminowanie przez nowe technologie, a wykształcenie techniczne daje dobre podstawy do odnalezienia się w różnych dziedzinach – dodaje Małgorzata Winiarek-Gajewska.

– Nasze czasy będą zmuszały do zmiany zawodu. Wiele młodych osób pyta o przyszłość swojej profesji i o to, czy w dzisiejszych czasach długoterminowe planowanie ma sens. Mam jednak przekonanie, że w budownictwie jeszcze przez istotny okres rola człowieka pozostanie niezastąpiona – wyjaśnia Winiarek-Gajewska.

– Dodatkowo obserwuję niepewność młodych ludzi, która wynika z wielości dostępnych ścieżek. To bogactwo paradoksalnie unieszczęśliwia, rodząc wątpliwości co do wyboru. W rezultacie młodzież mierzy się z trudnościami w podejmowaniu decyzji o swojej przyszłości z obawy przed rozczarowaniem. A przecież człowiek nigdy nie dowie się, czy inny wybór byłby lepszy – podsumowuje Winiarek-Gajewska.

– Radziłbym spojrzeć na aspekt życiowej równowagi – zwraca uwagę Wojciech Falkowski. – Musimy znaleźć umiar we wszystkim: w nauce, pracy, życiu rodzinnym i rozrywce.

– Jako pracodawcy i edukatorzy powinniśmy się zastanowić, czy młodzi inżynierowie są szczęśliwi – dodaje. – Wielu odpowie, że szczęście to dochód i wysoki standard życia. Jednak ważniejsze jest pytanie: czy praca daje im radość? Jeśli tak, to osiągnęliśmy sukces. Wierzę, że inżynier przyszłości, robiąc to, co kocha, pracując w inspirującej grupie i dzieląc się swoją radością, osiągnie znaczne sukcesy z korzyścią nie tylko dla samego siebie – konkluduje Falkowski.

■ Katarzyna Michałowska



Fot. CWM

KLUCZ DO SUKCESU INŻYNIERA? NOWOCZESNE METODY KSZTAŁCENIA

Przyszłość oraz wyzwania rynkowe wymuszają na polskich uczelniach innowacyjne podejście do metod kształcenia inżynierów. Dzisiaj nie wystarczą szerokie kompetencje związane z wiedzą i umiejętnościami inżynierskimi wysyłanego do pracy studenta. Potrzebujemy absolwenta umiającego tworzyć i rozumieć sztuczną inteligencję, postępującego etycznie, wyposażonego w umiejętność krytycznego myślenia oraz rozwinięte kompetencje społeczne.



Dzisiaj mówimy o inżynierze 4.0, jednak jutro będziemy myśleć o inżynierze 5.0, ponieważ wyzwania w przemyśle, z którymi zetknie się student po siedmiu semestrach, muszą odpowiadać potrzebom rynku.

– Musimy wyprzedzać to, co się dzieje na rynku pracy, żeby kształcić osoby, które wejdą w nowe realia po 3,5 roku studiowania – mówi **dr hab. inż. Mariusz Kaczmarek, prof. PG**, prorektor ds. kształcenia. – Jeżeli dodamy do tego studia drugiego stopnia, to mamy do dyspozycji 5 lat. Politechnika Gdańska planuje kształcenie co najmniej na pięć lat do przodu, myśląc o tym, co powinno się znaleźć w programach studiów dzisiaj oraz jakie kompetencje uczynić kluczowymi podczas procesu kształcenia inżynierów.

INŻYNIERSKIE KOMPETENCJE PRZYSZŁOŚCI

Umiejętności inżynierskie wychodzące na pierwszy plan to nie tylko wysokie kwalifikacje, dogłębna wiedza i praktyczne podejście do rozwiązywania złożonych problemów. Tuż obok wylania się potrzeba wychodzenia naprzeciw wyzwaniom zielonej i cyfrowej transformacji. Inżynier przyszłości powinien być też wyposażony w wysokie umiejętności społeczne oraz etyczne.

– Stoimy przed wyzwaniem, żeby edukować w zakresie nowoczesnych technologii na różnych poziomach, korzystając z nowoczesnych narzędzi, które będą wykorzystywane w sposób odpowiedzialny i etyczny – mówi **prof. dr hab. inż. Jacek Rumiński**, kierownik Katedry Inżynierii Biomedycznej.

W procesie kształcenia studentów i kadry naukowej Politechnika Gdańska korzysta z nowoczesnych metod edukacji, by zaspokajać potrzeby związane z rozwijaniem szerokiego wachlarza inżynierskich kompetencji.

– Przeprowadziliśmy na Politechnice Gdańskiej badanie, w którym wzięło udział ponad dwa tysiące studentów – mówi **dr hab. Joanna Mytnik, prof. PG**, dyrektorka Centrum Nowoczesnej Edukacji. – Jedno z pytań dotyczyło tego, jakie kompetencje młodzi ludzie chcieliby zdobyć lub podnieść podczas studiów. Odpowiedź brzmiała: rozwiązywanie złożonych problemów (74 proc.), krytyczne myślenie (62 proc.), miejsce trzecie zajęła umiejętność uczenia się (55 proc.). Dla mnie, jako liderki CNE, jest to sygnał, że trzeba położyć jeszcze większy nacisk na podnoszenie kwalifikacji nauczycieli w zakresie projektowania zajęć, które umożliwiają studentom rozwijanie tych kompetencji – podsumowuje.

By osiągnąć wysoko postawione cele kształcenia inżynierów przyszłości, CNE myśli interdyscyplinarnie i korzysta z nowoczesnych metod kształcenia opartych na wynikach badań naukowych.

CYFROWY BLIŹNIAK TO WYŻSZY POZIOM MODELOWANIA

Inżynier przyszłości za kilka lat stanie przed wyzwaniami organizacyjnymi we wszystkich branżach. Znajdzie się pod presją dostarczania innowacyjnych inżynierskich rozwiązań lub rozbudowanych modeli operacyjnych w krótkim czasie. Naprzeciw temu wyzwaniu wychodzi projekt cyfrowego bliźniaka (*digital twin*). Projekty tego rodzaju umożliwiają wizualizację, monitorowanie, optymalizację aktywów operacyjnych, procesów i zasobów poprzez wykonywanie różnorodnych symulacji. By myśleć i projektować w taki sposób, studenci muszą mieć wysokie kompetencje cyfrowe.

– Na drugim stopniu studiów możemy znaleźć elementy związane z nabywaniem przez studentów kompetencji cyfrowych, szeroko rozumianych – mówi prof. Mariusz Kaczmarek. – To nie tylko sztuczna inteligencja, ale chodzi o możliwości wykorzystania inteligencji modeli w danej dziedzinie. Chcielibyśmy, żeby na przykład absolwent kierunku na Wydziale Elektrotechniki i Automatyki był w stanie zaimplementować model głębokiego uczenia maszynowego do konkretnych potrzeb w swojej dziedzinie – dodaje prof. Kaczmarek.

– Analiza dużych zbiorów danych czy inżynierii biomedycznej, automatyka, cybernetyka i robotyka – staramy się na każdym z prowadzonych kierunków podnosić kompetencje cyfrowe naszych studentów – mówi prof. Kaczmarek. – Do tego dochodzi idea rozwijania cyfrowych bliźniaków. Łatwiej coś zamodelować, zasymulować, a potem przenieść to doświadczenie do rzeczywistych obiektów. Może to pomagać każdemu inżynierowi w przewidywaniu potencjalnych awarii – podsumowuje.

Do tej pory projekty stworzenia cyfrowego bliźniaka na Politechnice Gdańskiej obejmują projekty naukowe zastosowane w architekturze (stworzenie bliźniaka Gdańska) i medycynie (monitorowanie ryzyk powikłań związanych z ciążą).

Po utworzeniu i wdrożeniu cyfrowych bliźniaków można używać ich do tworzenia samouczących się systemów, które są w stanie optymalizować właściwie wszystko – od zużycia energii po harmonogramowanie konserwacji. Prowadzi to naukowców, badaczy i inżynierów do stworzenia niekończącej się pętli nauki i innowacji.



Technologia zmienia się szybko, więc nauka przez całe życie jest koniecznością



Fot. Krzysztof Mystkowski

Mimo funkcjonowania świata cyfrowego inżynier musi zrozumieć, spróbować, dotknąć, poskromić stres, zrobić próbę i odkryć rozwiązanie.

UŻYCIE VR W EDUKACJI I PROJEKTACH BADAWCZYCH

Laboratorium Zanurzonej Wizualizacji Przestrzennej (LZWP) to jedno z najbardziej zaawansowanych technologicznie miejsc na Politechnice Gdańskiej. To miejsce pomaga inżynierom realnie odczuć, jak to jest zobaczyć i sterować dowolnie wykreowanym urządzeniem lub systemem w świecie wirtualnym.

– Wrażenie to uzyskuje się, zakładając jedynie lekkie okulary 3D, podobne do tych używanych w salach kinowych – mówi **dr inż. Jacek Lebieź, prof. PG**, kierownik Laboratorium Zanurzonej Wizualizacji Przestrzennej, pomysłodawca powstania LZWP. – Nie ma więc konieczności zakładania na głowę ciężkiego sprzętu optoelektronicznego. Rzeczywistość wirtualna rewolucjonizuje nauczanie inżynierów – dodaje prof. Jacek Lebieź.

Laboratorium Zanurzonej Wizualizacji Przestrzennej ma szerokie zastosowanie, a w jego wnętrzu można znaleźć około 150 wirtualnych przestrzeni, projektów, urządzeń lub scenografii.

Jaskinia rzeczywistości wirtualnej to sześcian o wysokości ponad 3,4 metra, który w jednej chwili staje się wnętrzem elektrowni jądrowej, polem walki, kosmosem, wirtualną salą operacyjną lub halą produkcyjną.

– Możliwości jest nieskończenie wiele – mówi prof. Lebieź. – Od nauki obsługi frezarki czy przeszkolenia operatora drona, przez trening strzelecki, wizję lokalną na miejscu zbrodni, wirtualny tunel aerodynamiczny, po wizualizację struktur chemicznych albo trójwymiarowe obrazowanie medyczne.

W LZWP ogranicza nas tylko fantazja, ponieważ miejsce to można wykorzystywać także do oswajania lub leczenia różnorodnych fobii albo do rehabilitacji, oczywiście wszystko pod nadzorem specjalistów z danej dziedziny nauki.

Wnętrze wirtualnej jaskini stawia na interdyscyplinarność. Laboratorium współpracuje z architektami,

chemikami, fizykami, matematykami, historykami, edukatorami wojskowymi, mechanikami, lekarzami i psychologami. Efektami współpracy są między innymi aplikacja wspomagająca leczenie lęku wysokości, gra pomagająca dzieciom o ograniczonym ruchu rozszerzyć swoje możliwości mięśniowe, wirtualny wehikuł czasu ukazujący wygląd zabytku w różnych epokach historycznych czy wirtualny escape room z matematyki, fizyki lub chemii. Przy okazji zbierania naukowego materiału i robienia eksperymentów można się dobrze bawić.

ZESPOŁOWE PROJEKTY BADAWCZE

Inżynierskie wyzwania naukowe idą w parze z rozwijaniem umiejętności porozumienia się z osobami z innych branż. Rozwinięte umiejętności społeczne inżynierów przyszłości znajdują się wysoko w rankingu oczekiwanych przez pracodawców kompetencji.

– Z ankiet od pracodawców, ale też studentów, wynika kwestia umiejętności miękkich – mówi prof. Mariusz Kaczmarek. – Praca w zespole, odnajdywanie się w interdyscyplinarnych środowiskach w celu rozwiązywania interdyscyplinarnych zagadnień, nauka liderowania zespołowi. Z powodu zdefiniowanego zapotrzebowania wprowadziliśmy na drugim stopniu studiów zespołowe projekty badawcze.

– Nasi studenci są świetnie przygotowani z danej dziedziny, ale idą do pracy i okazuje się, że ci, z którymi pracują, są ulepieni z zupełnie innej gliny – mówi **dr inż. Krzysztof Nowicki, prof. PG**, pełnomocnik rektora ds. zespołowego projektu badawczego. – Studenci informatyki często nie rozumieją potrzeb, pojęć lub wyzwań inżynierskich, które pochodzą z innej branży.

– W tej chwili na Politechnice Gdańskiej realizowany jest projekt mający na celu dać przestrzeń studentom do pracy w grupach interdyscyplinarnych, by doświadczali, jak trudno jest przekazywać wiedzę, którą posiadają – wyjaśnia prof. Nowicki.

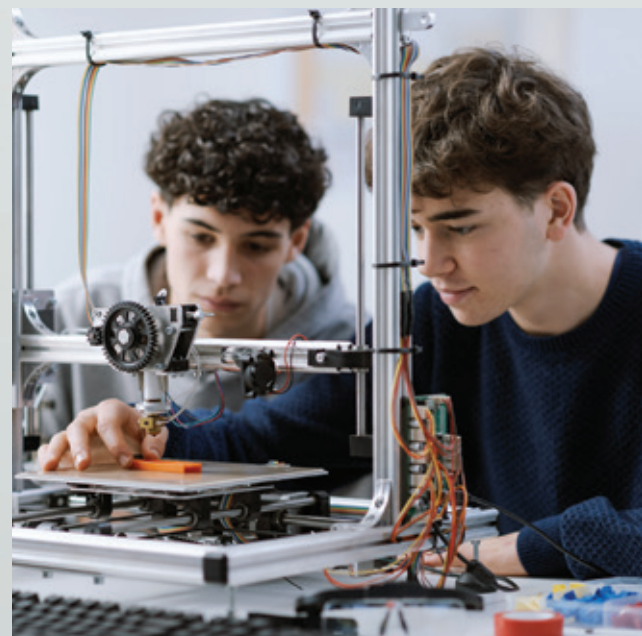
Studenci, uczestnicząc w zespołowym projekcie badawczym, przeprowadzają proces, w ramach którego muszą zweryfikować zadaną hipotezę badawczą.

– Każdy student może się zapisać do jednego z kilkuset tematów projektowych – mówi prof. Nowicki. – To jest bogaty wybór, dodatkowo student może wybrać temat mniej lub bardziej związany ze swoim kierunkiem lub specjalnością, nie ma tu żadnego ograniczenia. Student kierunku okrętowego może wziąć temat informatyczny i odwrotnie, byle potem miał odpowiednie kompetencje do jego realizacji – tłumaczy prof. Nowicki.

Wybrany przez grupę studentów projekt może wymagać wykonania produktu w postaci aplikacji, urządzenia oraz przeprowadzenia odpowiednich



Fot. AdobeStock





Awatary i chatboty nie zastąpią kontaktu międzyludzkiego w nauczaniu.

Edukacja powinna rozwijać umiejętności krytycznego myślenia.

badania, analizy wyników, stworzenie prezentacji i odpowiedniego opisu.

– Studenci pokazują publicznie, jak ten projekt został przez nich zrealizowany – mówi prof. Nowicki. – Można otrzymać nagrodę dziekana, jest to fundusz kilkunastu tysięcy złotych. Dodatkowo jest przyznawana nagroda firmowa: kilkanaście tysięcy złotych, na dobry obiad na pewno wystarczy – uśmiecha się profesor.

Obowiązkowym wynikiem dla projektów z hipotezą badawczą jest raport w formie publikacji sformatowany zgodnie z szablonem IEEE/Elsevier, przygotowany w języku angielskim.

– Ponad 10 proc. projektów kończy się publikacją w światowym wydawnictwie – mówi prof. Nowicki. – Autorami są studenci albo studenci i pracownik jako opiekun.

Zespołowe projekty badawcze rozwijają umiejętności studentów. Ci poznają różne branże i rozwiązują problemy. Uczą się prezentować badania, rozwiązania lub zastosowania, ponadto umieją je odpowiednio opisać i zaprezentować.

Zespołowy projekt badawczy obejmuje każdy z wydziałów Politechniki Gdańskiej. By skoordynować tak liczne grupy projektowe, potrzeba inteligentnego oraz indywidualnego podejścia do edukacji.

INTELIGENTNE SYSTEMY UCZENIA

W związku z rosnącymi możliwościami włączania sztucznej inteligencji do procesów edukacyjnych, na Politechnice Gdańskiej podjęto kilka prób, by stworzyć dopasowaną do potrzeb edukacyjnych wersję chatbota, który jest spersonalizowany i odpowiada na zadany temat.

– Usługa GPTs polega na tym, że z mechanizmu chata GPT firmy OpenAI, który jest dla wszystkich, mogę zrobić wersję spersonalizowaną – opowiada **dr hab. inż. Piotr Szczuko, prof. PG** z Katedry Systemów Multimedialnych. – Przygotowuję dokumenty tekstowe, mogą to być także grafiki lub wybrane dane i materiał, który jest bazą do danego przedmiotu. Ustawiam polecenia, których użytkownik nie będzie widział, na przykład: jesteś asystentem, który służy do nauki programowania inteligentnych algorytmów na poziomie magisterskim w przedmiocie uczenie maszynowe. Do tego wypisuję mu, że użytkownik będzie z nim rozmawiał o różnych rzeczach, będzie go pytał, a on ma działać jak nauczyciel, czyli zadawać pytania pomocnicze, podpowiadać materiały źródłowe, a zadaniem studenta jest samodzielnie wyciąganie wniosków. Te wnioski asystent AI ma oceniać i zadawać dalsze pytania pomocnicze – wyjaśnia prof. Szczuko.



Fot. AdobeStock

Autor takiego GPTs-a po zrobieniu konfiguracji może rozesłać wszystkim zainteresowanym link prowadzący wprost do spersonalizowanej usługi, która będzie asystentem albo specjalistą od jednej, konkretnej dziedziny.

– Jest to droga, którą teraz mogą iść nauczyciele, jeżeli chcą – dodaje prof. Szczuko. – Istnieje wiele różnych problemów z rozwojem tej technologii, na przykład generowanie niepoprawnych informacji oraz ryzyko nadmiernego uzależnienia dydaktyki od dostępności tej usługi, ponieważ GPTs jest dzisiaj, ale jutro może go nie być – podsumowuje.

Czy taka forma wspierania edukacji kieruje nas w stronę wyeliminowania wykładowców lub uczynienia ich uczelnianymi awatarami?

A MOŻE WYKŁADOWCA JAKO AWATAR?

Koncepcja wykładowcy awatara może wydawać się z pozoru kusząca, ponieważ w pierwszym skojarzeniu pracownik uczelniany nie będzie musiał przebywać na sali wykładowej, lecz może poświęcić czas na badania naukowe.

– Znajdziemy tu dużo szans, możliwości i zagrożeń – mówi prof. Jacek Rumiński. – Zagrożeń głównie związanych z niewłaściwym wykorzystaniem

narzędzi AI. Dużo zależy też od wykładanych treści oraz od form zakładanych przez wykładowcę. Jeśli jest to taki wykład, że ktoś mówi, a reszta biernie słucha, to oczywiście można to nagrać i nie trzeba używać do tego sztucznej inteligencji. Natomiast wiele wykładów odbywa się w formie interaktywnej. Wykładowcy w trakcie wykładu widzą, jakie zagadnienia w danym temacie należy pogłębić, a jakie można zredukować – mówi prof. Rumiński.

– Czy można zastąpić wykładowcę nowoczesnymi metodami? Tak, w przypadku niektórych form nauczania można zastosować metody AI. Zaletą przyszłego wykorzystania sztucznej inteligencji w edukacji będzie również personalizacja nauczania – podsumowuje prof. Rumiński.

– Model językowy (*chat*) jest, wydawałoby się, świetnym przykładem inteligentnego dydaktycznego asystenta AI – mówi prof. Piotr Szczuko. – Taka interakcja ma duże zalety: nauczyciel AI ma zawsze czas, nigdy się nie męczy, ma dużą wiedzę. Jeżeli ktoś chce, na przykład siedząc w pociągu, przez 10 minut czegoś się nauczyć, ten nauczyciel jest dla niego dostępny w każdej chwili. To są ogromne zalety sztucznej inteligencji. Ale jednocześnie warto pamiętać o różnych wadach. Tymi najważniejszymi wadami w edukacji są halucynacje, czyli błędy w generowanych odpowiedziach.

Chociaż pozostaje pytanie, czy wykładowca, gdy mu się zadaje pytanie, zawsze zna odpowiedź?

– Gdy wykładowca czegoś nie wie, może powiedzieć, „o! to jest świetny temat, nie słyszałem o tym, spotkajmy się za tydzień, a ja w tym czasie się czegoś nauczę” – odpowiada prof. Szczuko. – AI także mogłaby być zaprogramowana, aby tak samo reagować, ale niestety wszystkie modele mają tendencję do odpowiadania zawsze, nawet gdy nie posiadają wiedzy na dany temat, i mają problem z tym, żeby powiedzieć, że czegoś nie wiedzą. Wszystkie modele językowe są uczone w takim kierunku, żeby produkowały odpowiedzi, które są zadowalające dla użytkownika. Ta odpowiedź ma być napisana ładnym językiem, odpowiednio długa i w punktach, a niekoniecznie poprawna i logiczna – dodaje prof. Szczuko.

Student, patrząc na wykładowcę awatara, odczuje na własnej skórze zjawisko znane z lat 70., nazywane *doliną niesamowitości*.

– Twarz i oczy, które imitują ludzkie, powodują w człowieku odręzę, a ona blokuje możliwość przyjęcia treści – mówi prof. Szczuko. – Kolejną rzeczą jest to, że naturalna mowa inaczej angażuje naszą uwagę. Syntezator mowy jest zaś nużący, nie mówiąc



Edukacja powinna rozwijać umiejętności krytycznego myślenia.



Fot. Krzysztof Mystkowski

o nudnych treściach generowanych przez sam model językowy, którym jest Chat GPT.

– Pamiętajmy, że studia są również po to, by dozwalać – mówi prof. Jacek Rumiński. – Studia nie są po to, by tylko przyswoić sobie jakąś treść. To proces interakcji z innymi studentami i nauczycielami. Dodatkowo przed nauczycielami i mentorami leży odpowiedzialność wypracowania najlepszej propozycji z punktu widzenia ekspertów. I jest to czasami wbrew temu, co mówią młodzi ludzie, żeby było lekko. To nie znaczy, że w ramach programu kształcenia wszystko wszystkim się przyda. Pamiętajmy, że chodzi także o trening intelektualny. Bo przecież nigdy tak nie jest, że wszystkie treści się komuś przydadzą, ale te treści stanowią pewną bazę do samorozwoju, do studiowania. I tu uważam, że istniejące narzędzia w zakresie technik edukacyjnych na odległość, czy materiałów w formie elektronicznej, czy innych nowoczesnych form interaktywnych, są świetnym materiałem dodatkowym – rozwija temat prof. Rumiński.

– Podsumowując, uważam, że niektóre wykłady z powodzeniem będą mogły być zastąpione metodami sztucznej inteligencji, natomiast szereg innych form będzie nie do zastąpienia. A to wynika z natury ludzkiej i wartości związanych z kontaktami interpersonalnymi wpływającymi również na aspekty motywacji i dojrzałości intelektualnej – kończy prof. Rumiński.

SZKOLENIE NAUCZYCIELI

– Musimy zrezygnować z tej koncepcji, że nauczyciel to źródło wiedzy – mówi prof. Krzysztof Nowicki. – To się skończyło. Nauczyciel w tej chwili powinien motywować i pokazywać dlaczego jest tak, a nie inaczej. Jak coś się dzieje lub jak to działa. Natomiast wiedza szczegółowa, która trzydzieści lat temu była podstawą, a uczelnia była miejscem, z którego studenci mogli tę wiedzę czerpać, to już się skończyło. Proces poukładania wiedzy jest w tej chwili zadaniem nauczyciela – mówi prof. Nowicki.

Kilka lat temu na Politechnice Gdańskiej powstało Centrum Nowoczesnej Edukacji, które ma na celu podnoszenie innowacyjności w kształceniu inżynierów poprzez projektowanie działań w oparciu o raporty i światowe trendy w edukacji wyższej.

– Nauczyciele mają wiedzę specjalistyczną i doświadczenie, a CNE oferuje im możliwość rozwoju i podnoszenia kompetencji metodyczno-dydaktycznych, także w obszarze generatywnej sztucznej inteligencji – mówi prof. Joanna Mytnik. – Pracujemy w oparciu o nowoczesną metodykę nauczania, najnowszą wiedzę neuronaukową, analizę zmian na rynku pracy i w uważności na potrzeby drugiego człowieka, by projektując proces edukacyjny, nauczyciel myślał o tym jak o całym ekosystemie uczenia się ściśle powiązanym ze światem poza murami uczelni, który dynamicznie się zmienia – rozszerza perspek-



dr hab. inż. Mariusz Kaczmarek, prof. PG
prorektor ds. kształcenia



prof. dr hab. inż. Jacek Rumiński
Wydział Elektroniki
Telekomunikacji
i Informatyki,
prezes klubu Zatoka
Sztucznej Inteligencji
AI Bay na PG



dr hab. Joanna Mytnik,
prof. PG
dyrektorka Centrum
Nowoczesnej Edukacji PG



dr inż. Jacek Lebieź,
prof. PG
Wydział Elektroniki,
Telekomunikacji
i Informatyki



dr inż. Krzysztof
Nowicki, prof. PG
pełnomocnik rektora PG
ds. zespołowego projektu
badawczego,
Wydział Elektroniki,
Telekomunikacji
i Informatyki



dr hab. inż. Piotr Szczuko,
prof. PG
Katedra Systemów
Multimedialnych, Wydział
Elektroniki, Telekomunikacji
i Informatyki



Fot. AdobeStock

tywę prof. Mytnik. – Centrum w trybie ciągłym oferuje szeroki zakres szkoleń warsztatowych, na których spotyka się kadra akademicka wszystkich wydziałów i centrów dydaktycznych. Poza metodyką nauczania nauczyciele mają okazję poznać specyfikę działania innych wydziałów. To pozwala poznać odmienną perspektywę i umożliwia wymianę doświadczeń, dzielenie się dobrymi praktykami, wzajemną inspirację, ale także, a może przede wszystkim, daje okazję do budowania relacji, wzmacnia poczucie bycia w społeczności i poczucie przynależności, co przeciwdziała wypaleniu zawodowemu – dodaje prof. Mytnik.

Centrum Nowoczesnej Edukacji Politechniki Gdańskiej zostało powołane 1 marca 2021 roku przez JM Rektora PG, prof. Krzysztofa Wildego.

– Idea powstania nowej jednostki to początek procesu realizacji marzenia o wprowadzeniu realnej

zmiany w edukacji – mówi prof. Joanna Mytnik.

– Naszym celem jest wspieranie nauczycieli w refleksyjnym projektowaniu środowiska aktywnego uczenia się. I tu chodzi zarówno o solidną metodykę nauczania oraz biegłość w implementacji najnowszych technologii do dydaktyki akademickiej (m.in. VR, genAI), jak i budowanie wspólnoty nauczycieli akademickich. W CNE stawiamy na kompetencje komunikacji, współpracy, kreowania, krytycznego myślenia, funkcjonowania w zmianie, uważność i dobrostan oraz wspieranie w tym procesie studentów – mówi prof. Mytnik.

– Oferując nauczycielom różnego rodzaju programy rozwojowe i doceniające, konferencje dydaktyczne, szkolenia, coaching, konkursy na innowacje, debaty, grupy projektowe, huby metodyczne czy sieci współpracy (np. sieć ambasadorów metodyki AI lub kształcenia zdalnego), dajemy możliwość ciągłego podnoszenia swoich kompetencji – podkreśla prof. Mytnik. – Nauczyciele, którzy mają potrzebę ciągłego uczenia się, są przygotowani do wspierania młodych ludzi w tym procesie, przygotowywania ich do rozwijania postaw proaktywnych i brania odpowiedzialności za proces swojego rozwoju – podsumowuje.

– Sztuczna inteligencja nie motywuje – mówi prof. Krzysztof Nowicki. – Sztuczna inteligencja daje wiedzę. I to jest moim zdaniem kluczowe, jeżeli chodzi o rolę AI w przyszłości. Będziemy z niej korzystać, będziemy ją rozwijać i to jest nieuniknione, ale sztuczna inteligencja nie zastąpi nam autorytetu nauczyciela oraz chęci podążania za nim – podsumowuje naukowiec.

– Warto również podkreślić, że rozwój przez całe życie jest dzisiaj niezwykle ważny – mówi prof. Jacek Rumiński. – Nie jest tak, że skończę studia i to jest koniec mojej edukacji. Jeżeli tak myślę, to szanse na moją atrakcyjność na rynku będą niewielkie. Dlatego niezwykle ważna jest promocja edukacji i nauki – kończy prof. Rumiński.

■ Katarzyna Michałowska



PRZEMYSŁ 5.0 – INŻYNIER W CENTRUM REWOLUCJI

Fot. AdobeStock

Piąta rewolucja technologiczna to krok w stronę humanizacji postępujących zmian cyfrowych, jakie w ostatnich latach napędzają rozwój przemysłu. W centrum stoi inżynier, którego praca ma działać na rzecz odpowiedzialności społecznej i środowiskowej. Do takich zadań mają zostać przygotowani absolwenci nowego kierunku – technologie przemysłu 5.0. Jakie wyzwania, ale i zagrożenia niesie za sobą kolejna rewolucja przemysłowa?

Czy powstanie przemysłu 5.0 nosi znamiona rewolucji, czy jest to proces bardziej subtelny, opierający się na ewolucji założeń przemysłu czwartej generacji? Nie widzimy co prawda dzisiaj spektakularnej metamorfozy

miejskiego krajobrazu, co było charakterystyczne dla drugiej rewolucji przemysłowej – jej ślady cięgle możemy wytropić, np. odwiedzając zabytkową część Łodzi pełną pozostałości po dawnej potęgze włókienniczej. Mieszkańcy „polskiego Manchesteru” żyjący na przełomie XIX i XX wieku mogli niemal dotykać tych zmian – obserwować pierwsze elektryczne tramwaje, czuć dym wydobywający się z fabrycznych kominów, słyszeć tysiące maszyn włókienniczych czy wreszcie zatrudnić się w nowo powstających wtedy zawodach.

„W PRZEMYŚLE 5.0 CZŁOWIEK JEST WYSUWANY NA PIERWSZE MIEJSCE”

Współczesne rewolucje przemysłowe, których doświadczamy, są równie spektakularne, jeśli chodzi o znaczenie dla człowieka, ale nie rzucają się już tak w oczy – skupiają się na usprawnianiu naszego codziennego życia, dostępie do informacji, optymalizacji procesów przemysłowych czy zwiększaniu wydajności i efektywności, zresztą na niewyobrażalną skalę. Czwarta rewolucja przemysłowa, określana również cyfrową, dała nam narzędzia pozwalające zarządzać danymi, automatyzować procesy, a dzie-



“

Tym razem, w przemyśle 5.0, człowiek jest wysuwany na pierwsze miejsce i to on ma wszystkim kierować i zarządzać. To człowiek ma podejmować decyzje, spajać wszystko i być w środku zachodzących zmian.

Laboratorium Hydrauliki, budynek Centrum Ekoinnowacji/ Fot. Krzysztof Mystkowski

ki sztucznej inteligencji możliwości zostały zwielokrotnione. Dotarliśmy jednak do momentu, w którym założenia dalszego rozwoju wymagają korekty.

– Nie osiągnęliśmy wszystkich celów rewolucji przemysłowej 4.0, natomiast obecnie postępuje pewna modyfikacja, korekta założeń. Ostatnia rewolucja była związana ze sztuczną inteligencją i zawierała w sobie kilka elementów, skupiając się głównie na automatyzacji, informatyzacji i integracji systemów. Gdzieś w tym wszystkim zabrakło człowieka. Tym razem, w przemyśle 5.0, człowiek jest wysuwany na pierwsze miejsce i to on ma wszystkim kierować i zarządzać. To człowiek ma podejmować decyzje, spajać wszystko i być w środku zachodzących zmian – tłumaczy **prof. dr hab. inż. Piotr Jasiński** z Katedry Inżynierii Materiałów Funkcjonalnych WETI.

Nie mówimy już o technologii, która zastępuje człowieka, ale o rozwiązaniach, które są przez niego wykorzystywane do optymalizacji procesów przemysłowych czy zwiększania skuteczności i bezpieczeństwa. Dodatkowo stawiamy na spersonalizowane podejście, w którym liczy się zarówno inżynier, wyznaczający kierunek działania, jak i klient – odbiorca produktu czy usług szytych na miarę.

– Dobrym przykładem jest Chat GPT. Każdy go używa, często uzyskując w efekcie treści wątpliwej jakości. Natomiast jeśli wiemy, jak z nim współpracować, jak poprawnie wykorzystać go jako narzędzie, możemy z jego pomocą bardzo efektywnie pracować. Taka jest właśnie różnica między przemysłem 4.0 a przemysłem 5.0. Doświadczenie człowieka przewyższa sztuczną inteligencję. Podobnie np. połączenie wiedzy specjalistów z modelami meteorologicznymi pozwoliło przy niedawnych powodziach na uzyskanie pełnych informacji o skali zagrożenia – wskazuje **dr hab. inż. Jacek Ryl, prof. PG** z Instytutu Nanotechnologii i Inżynierii Materiałowej WFTiMS.

„ABY ZOSTAWIĆ PO SOBIE ŚWIAT NIE GORSZY, NIŻ ZASTALIŚMY”

Kolejnym filarem rewolucji przemysłowej 5.0 jest położenie nacisku na odpowiedzialność społeczną i środowiskową. Mając w rękach tak potężne narzędzia, powinniśmy skierować nasze wysiłki w stronę wyhamowania negatywnych procesów postępującej degradacji naszej planety skorelowanej z nadmierną eksploatacją zasobów.



Przewidywanie możliwych sytuacji kryzysowych oraz planowanie działań na okoliczność ich wystąpienia wymaga zastosowania wiedzy z zakresu analityki predykcyjnej, wprowadzenia organizacyjnej elastyczności oraz umiejętności zarządzania zmianami.

Fot. AdobeStock

– Cel ten zakłada między innymi ograniczenie emisji gazów i odpadów, a także optymalne wykorzystywanie i recykling zasobów naturalnych, dzięki czemu procesy produkcyjne stają się mniej dotkliwe dla planety. Kierunek ten jest konsekwencją obserwowanych oraz narastających zmian i zagrożeń dla środowiska, którym możemy częściowo przeciwdziałać właśnie dzięki nowoczesnym technologiom. Jest to tym ważniejsze, że szczęśliwie zaczęliśmy doceniać, iż przyjazne, zielone otoczenie i środowisko naturalne stanowi istotną część naszego dobrostanu – podkreśla **dr Grażyna Musiatowicz-Podbiał** z Katedry Informatyki w Zarządzaniu WZiE.

– Używając narzędzi związanych ze sztuczną inteligencją, łatwo możemy modelować wpływ na aspekty środowiskowe i właściwie optymalizować procesy technologiczne. Istotne jest, aby zostawić po sobie świat nie gorszy, niż zastaliśmy – dodaje prof. Jacek Ryl.

PRZEWIDYWANIE SYTUACJI KRYZYSOWYCH

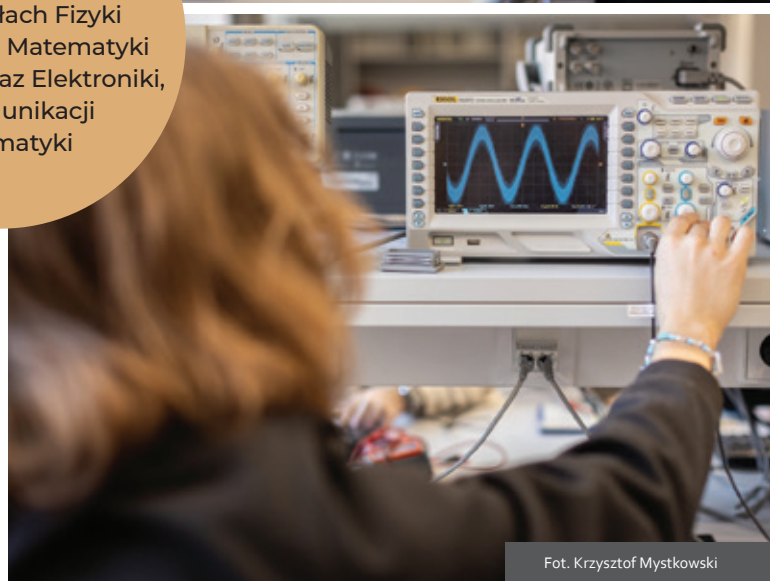
Trzeci filar, na którym opiera się rewolucja 5.0, dotyczy zwiększenia odporności organizacyjnej na zmieniający się świat i otaczające nas zagrożenia,

między innymi przez wypracowanie schematów działania w odpowiedzi na zmiany geopolityczne, epidemie czy katastrofy naturalne.

– Okazało się, że gospodarki i firmy, które inwestowały już w technologie zdefiniowane w poprzedniej rewolucji, czyli w koncepcji przemysłu 4.0, lepiej poradziły sobie z takimi fluktuacjami jak epidemia COVID-19 czy działania wojenne – zaznacza dr Grażyna Musiatowicz-Podbiał. – Po przykłady nie musimy sięgać daleko. Po sąsiedzku widzimy, jak w Ukrainie instytucje państwowe musiały szybko dostosować się do sprawnego funkcjonowania równoległe z toczącymi się działaniami wojennymi. W dużej mierze udało się to dzięki zastosowaniu cyfrowych technologii, które pozwalają nie tylko na odmiejszczenie obsługi obywateli, ale i na odpowiednie skalowanie rozwiązań i usług. Warto również zauważyć, że w wielu krajach, w tym w Polsce, epidemiczny przymusowy lockdown znacznie przyspieszył cyfryzację usług państwowych. Przewidywanie możliwych sytuacji kryzysowych oraz planowanie działań na okoliczność ich wystąpienia wymaga zastosowania wiedzy z zakresu analityki predykcyjnej, wprowadzenia organizacyjnej elastyczności oraz umiejętności zarządzania zmianami.



Kierunek technologie przemysłu 5.0. realizowany na Wydziałach Fizyki Technicznej i Matematyki Stosowanej oraz Elektroniki, Telekomunikacji i Informatyki



Fot. Krzysztof Mystkowski

„ZAPROPONOWALIŚMY INNOWACYJNE ROZWIĄZANIE”

W tym roku na Politechnice Gdańskiej został uruchomiony nowy kierunek – technologie przemysłu 5.0. realizowany na Wydziałach Fizyki Technicznej i Matematyki Stosowanej oraz Elektroniki, Telekomunikacji i Informatyki, który pozwoli odnaleźć się absolwentom w nowej rzeczywistości piątej rewolucji przemysłowej.

– To duże wyzwanie również w kontekście rynku pracy. Ten zmienia się dynamicznie, tak jak i zapotrzebowanie na pracę inżyniera. Musimy się trwale doskonalić i reformować nasz model nauczania, który cały czas bazuje na XIX-wiecznym modelu pruskim. Dlatego w programie studiów proponowaliśmy jako alternatywę metodę nauczania opartą na realizacji projektów. Model ten jest z powodzeniem wykorzystywany na najbardziej prestiżowych uczelniach świata. *Project-based learning* opiera

się na zdobywaniu kwalifikacji przez samodzielną pracę studenta przy rozwiązywaniu jakiegoś rzeczywistego, w tym wypadku przemysłowego, problemu. Student musi taką wiedzę znaleźć z udziałem nauczyciela, który przyjmuje rolę mentora, przewodnika. Sprawne, samodzielne uczenie się rozwiązywania problemów badawczych i technicznych pozwala mu rozwiązać ten problem i pomaga przystosować się do zmian związanych z rozwojem technologii, które nadejdą w perspektywie 5 czy 10 lat – nakreśla prof. Jacek Ryl.

To, co wyróżnia nowy kierunek studiów, to przede wszystkim skupienie uwagi na praktycznym wymiarze nauczania. W toku studiów przewidziano aż 500 godzin zajęć projektowych, podczas których studenci będą mierzyć się z problemami technologicznymi. Łącznie to aż 1500 godzin praktycznych w czasie całego toku studiów.

– Dodatkowo proponowaliśmy dość innowacyjne rozwiązanie – chcemy poprowadzić w taki



Fot. AdobeStock

“

Baczenie przyglądamy się też potrzebom studentów innych kierunków studiów, którzy szukają potem dokwalifikowania m.in. w językach programowania, gdyż tej wiedzy im po prostu brakuje.

sposób dwa semestry, aby w każdym z nich przez 10 tygodni utrzymać normalny proces nauczania, a przez 5 tygodni skupić się jedynie na projekcie technologicznym. Nie ma innych rozpraszaczy, a student skupia się wyłącznie na wskazanym problemie – dodaje prof. Jacek Ryl.

„DUŻY NACISK NA PROGRAMOWANIE”

W ramach kierunku opracowano dwie specjalności. W przypadku Inżynierii Internetu Rzeczy w programie uwzględniono programowanie, technologie związane z przesyłaniem danych, czujniki i wykorzystanie w tym celu sztucznej inteligencji. Pomysłodawcy kierunku wskazują, że druga specjalność – Inżynieria pomiarowa w systemach przemysłowych – to bardziej nić procesowa.

– Na każdym semestrze kładziemy duży nacisk na programowanie – wychodzimy od podstaw w języku C, poprzez języki skryptowe dochodzimy do wykorzystania algorytmów sztucznej inteligencji. Poszerzamy to, obserwując, jakie jest zapotrzebowanie rynku i jego trendy. Nasi absolwenci będą mogli się popisać wszędzie tam, gdzie są produkowane duże ilości danych, gdzie jest potrzeba ich integracji i przesyłania informacji – czy to po kablu, czy bezprzewodowo, a następnie przetworzenia, między innymi wykorzystując narzędzia sztucznej inteligencji – tłumaczy prof. Piotr Jasiński.

Powszechność wykorzystania technologii w różnych branżach i potrzeby zarządzania inteligentnymi rozwiązaniami sprawiają, że inżynier

będzie mógł znaleźć zatrudnienie w różnorodnych sektorach, w tym między innymi w przemyśle wysokich technologii, przemyśle ciężkim, ale również chemicznym czy energetycznym.

– Wiedza, którą studenci pozyskają w trakcie studiów na naszym kierunku, pozwoli im odnaleźć się w wielu sektorach przemysłu. Absolwenci będą potrafili projektować i nadzorować sfery wirtualne i fizyczne sterowania procesami, urządzeniami, ich optymalizacji i automatyzacji. Inżynier, szczególnie pracujący w mniejszej czy średniej firmie, powinien posiadać uniwersalne kompetencje, być świadomy rozwoju technologicznego i możliwości implementacji nowych rozwiązań w swoim przedsiębiorstwie. Baczenie przyglądamy się też potrzebom studentów innych kierunków studiów, którzy szukają potem dokwalifikowania między innymi w językach programowania, gdyż tej wiedzy im po prostu brakuje – podkreśla prof. Jacek Ryl.

Rewolucja przemysłu 5.0 niesie za sobą zarówno możliwości, jaki i wyzwania, za którymi inżynierowie muszą starać się nadążyć. Biorąc pod uwagę, jak w ostatnich latach przyspieszył postęp w zakresie nowych technologii w obszarze sztucznej inteligencji, śmiało można zaryzykować stwierdzenie, że już wkrótce staniemy przed koniecznością kolejnej modyfikacji założeń, potrzebą stworzenia nowej strategii i, siłą rzeczy, w obliczu kolejnej rewolucji. Pomysłodawcy nowego kierunku studiów przygotowują przyszłych absolwentów do odnalezienia się w stale zmieniającym się przemyśle i do podejmowania wyzwań, które dopiero powstaną.

– Chcielibyśmy przygotować studentów do kre-



prof. dr hab. inż.
Piotr Jasiński

Katedra Inżynierii
Materiałów
Funkcjonalnych,
Wydział Elektroniki,
Telekomunikacji
i Informatyki



dr hab. inż. Jacek Ryl,
prof. PG

Instytut Nanotechnologii
i Inżynierii Materiałowej,
Wydział Fizyki Technicznej
i Matematyki Stosowanej



dr Grażyna
Musiatowicz-Podbiał

Katedra Informatyki
w Zarządzaniu, Wydział
Zarządzania i Ekonomii

atywnego rozwiązywania złożonych problemów, nie tylko aktualnych, ale również tych, wobec których staną nasi absolwenci w przyszłości. Problemy społeczne są z natury rzeczy niezwykle skomplikowane, bo wymagają zrozumienia nie tylko ich przyczyn źródłowych, ale i szerszego wpływu, jaki będą miały proponowane rozwiązania na społeczeństwo i środowisko. Dlatego chcielibyśmy z jednej strony uczyć empatycznego zrozumienia złożoności wyzwań, a z drugiej pokazywać możliwości, jakie dają wykorzystywane technologie. Co ważne, nie chodzi o wykorzystanie konkretnych technologii, gdyż te bardzo szybko się zmieniają. Za kilka, kilkanaście lat nasz absolwent jako pracownik będzie musiał zapewne poszukiwać i wykorzystywać inne technologie

i narzędzia. Ważne, aby umiał ocenić ich użyteczność i dobrać właściwy zestaw, optymalny do rozwiązywanego problemu. Chcemy, aby był on przygotowany do stałego poszukiwania dostępnych rozwiązań, a także do regularnego uczenia się w ciągu całego życia. Aby posiadał umiejętność dostosowywania się do zmiennych ról, sytuacji i potrzeb – zwraca uwagę dr Grażyna Musiatowicz-Podbiał.

POSKROMIĆ POTWORA

W historii ludzkości każda rewolucja technologiczna, oprócz jasnych korzyści, które napędzają do działania i pchają do szukania jeszcze lepszych rozwiązań, wiąże się również z obawami, lękami i zagrożeniem. Tak było i w XIX wieku, kiedy rewolucja przemysłowa przyniosła postęp i równoległe wyzysk pracowniczy czy niebezpieczne warunki panujące w fabrykach. Jakim niebezpieczeństwem będą musieli stawić czoła inżynierowie działający w przemyśle 5.0?

– Rozwój technologiczny niezwykle ułatwia nasze życie, przyspiesza obieg informacji, podnosi efektywność procesów, ułatwia produkowanie i dostarczanie towarów i usług lepiej dostosowanych do potrzeb, ale może przecież również powodować szereg negatywnych, wręcz zagrażających nam efektów ubocznych – zaznacza dr Grażyna Musiatowicz-Podbiał. – Na te aspekty trzeba uwrażliwiać naszych absolwentów. Ważne, aby pamiętali, by robotyzując i automatyzując procesy, często na wielką skalę, uwzględnili w nich istotną rolę dla inteligentnego, kreatywnego człowieka, zwłaszcza w procesie podejmowania często nieoczywistych decyzji. Nie możemy bezrefleksyjnie pozostawiać rozwoju technologii samej sobie, zwłaszcza tam, gdzie jej efekty będą miały wpływ na ludzi.

O potrzebie kontroli technologii przypomina nam zresztą jeden z maskaronów na elewacji Politechniki Gdańskiej – symbolizuje postęp, który wymyka się spod kontroli i ostatecznie pożera świat. To naszą rolą jest poskromienie potwora, ale także oswojenie go poprzez tworzenie zabezpieczeń i edukowanie społeczeństwa.

■ Piotr Kallalas



Fot. Krzysztof Krzempek

TECHNOLOGIA KWANTOWA, CZYLI SKOK W PRZYSZŁOŚĆ

Politechnika Gdańska prowadzi obecnie intensywne działania na rzecz pozyskania komputera kwantowego. Choć sama technologia dopiero się rozwija, to jednak wszystko wskazuje, że rewolucja obliczeniowa już puka do naszych drzwi, a świat nauki może być jej największym beneficjentem.



Fot. AdobeStock

Właśnie mijają dwa lata od momentu otwarcia Centrum Kompetencji STOS PG, gdzie pod ziemią, na zboczu Góry Szubienicznej, prezentowano superkomputer Kraken. Nowoczesny system podniósł moce obliczeniowe, umożliwiając prowadzenie badań i symulacji naukowcom praktycznie wszystkich specjalizacji i dziedzin: od energetyki jądrowej przez ochronę środowiska po medycynę i farmację – a więc wszędzie tam, gdzie wymagane jest modelowanie z wykorzystaniem ogromnej liczby danych. Innymi słowy, narzędzie w rękach badacza ułatwia, czy wręcz umożliwia tworzenie nowych technologii i rozwiązań.

Świat nie znosi jednak próżni i po dwóch latach coraz głośniej mówi się o planach wejścia na kolejny pułap obliczeniowy, co ma się ziszczyć za sprawą instalacji komputera kwantowego. W tym wypadku to po prostu skok w przyszłość – odejście od dotychczasowego systemu opartego na bitach i postawienie na technologię, która co prawda dopiero się rozwija, jednak w teorii może dać ogromną przewagę.

– Oczywiście, że superkomputery też ciągle są udoskonalane. Oprócz wyposażonych w coraz szybsze klasyczne procesory, dostępne są z graficznymi jednostkami przetwarzania bardziej przydatnymi dla algorytmów sztucznej inteligencji. Jednak przetwarzanie złożonych algorytmów na ogromnych zbiorach danych oznacza wykładniczą złożoność obliczeniową, gdzie czasy obliczeń rosną wykładniczo wraz ze wzrostem rozmiaru danych. To ogranicza możliwości takiej analizy. Lepiej postawić więc na komputery, w których czas obliczeń w takim przypadku rośnie liniowo. Komputer kwantowy może nam to zapewnić i jest to jedna z największych jego zalet – podkreśla **prof. dr hab. inż. Henryk Krawczyk**, pomysłodawca i kierownik projektu.

MYŚLENIE O PRZYSZŁOŚCI

Nie oznacza to jednak, że superkomputer się zestarzał czy wypadł z obiegu – jest to kolejny etap obranej ścieżki rozwoju mocy obliczeniowych gdańskiego Centrum Kompetencji STOS – obie technologie mają się bowiem wzajemnie uzupełniać.

– Myślenie o przyszłości zmusza nas do tworzenia technologii umożliwiającej sprostanie zapotrzebowaniu na rosnące moce obliczeniowe i energetyczne. Dotyczy to nie tylko samej nauki, ale też wielu praktycznych problemów rozwiązywanych przy współpracy ośrodków akademickich z firmami zarówno polskimi, jak i zagranicznymi. Chcąc sprostać tym wyzwaniom, Politechnika Gdańska od 30 lat rozwija obliczenia superkomputerowe. Obserwujemy przy tym podobne zjawisko jak przy budowie dróg. Powstaje wiele autostrad, by zmniejszyć natężenie ruchu, jednak nowe arterie po pewnym czasie są już niewystarczające. Tak więc potrzebujemy coraz większej mocy obliczeniowych, inaczej coraz szybszych superkomputerów – dodaje prof. Henryk Krawczyk.

Technologia kwantowa, która obecnie dopiero się rozwija, nie dotrze na Pomorze bez infrastruktury,

która powstała na zboczu Góry Szubienicznej. W Centrum Kompetencji STOS specjalnie pozostawiono wolne komory w serwerowni, które zapewniłyby warunki potrzebne do pracy komputera kwantowego. To z kolei nie jest łatwą sztuką – kubity, na których bazuje „technologia przyszłości”, są wyjątkowo podatne na zakłócenia i najlepiej odnajdują się w niskiej temperaturze, a raczej skrajnie niskiej temperaturze. Dopiero w takich warunkach jest możliwe osiągnięcie synergii.

– Ten postęp nie tylko kładzie podwaliny pod dalszy sprzęt, ale także podkreśla istotną współpracę między komputerem kwantowym a superkomputerem, szczególnie w obszarach przygotowywania i przesyłania danych. Jest to realizacja hybrydy obliczeniowej, która polega na współdziałaniu superkomputera z komputerem kwantowym. Komputery kwantowe muszą być odpowiednio zabezpieczone

Centrum Kompetencji STOS /
Fot. Krzysztof Mystkowski



Świat nie znosi próżni – po dwóch latach od uruchomienia superkomputera w Centrum Kompetencji STOS PG coraz głośniejsze mówi się o planach wejścia na kolejny pułap obliczeniowy, co ma się ziścić za sprawą instalacji komputera kwantowego.

W Centrum Kompetencji STOS specjalnie pozostawiono wolne komory w serwerowni, które zapewniłyby warunki potrzebne do pracy komputera kwantowego.





Fot. Bartosz Bańka

i, co najważniejsze, utrzymywane w ekstremalnie niskich temperaturach, bliskich zera absolutnego. Jest to kluczowe, ponieważ komputery kwantowe są bardzo podatne na zakłócenia spowodowane podwyższonymi temperaturami i innymi oddziaływaniami niszczącymi delikatne stany splątane. Obecny rozwój idzie w kierunku łączenia wielu fizycznych kubitów w celu utworzenia jednego logicznego kubitów, który byłby odporny na takie zakłócenia – zaznacza **prof. dr hab. inż. Józef Sienkiewicz**, prorektor ds. współpracy.

„ZAGŁĘBIAMY SIĘ W MIKROŚWIAT”

Założenia teoretyczne wskazują nam, że zastąpienie systemu binarnego systemem opartym na kubitach mogących osiągać mnogość stanów będzie stanowić rewolucję w przypadku możliwości obliczeniowych i to na ogromną skalę.

– W tym wypadku wykorzystuje się przetwarzanie, w którym działania binarne realizują kubity, czyli bity kwantowe. Przy czym nie analizuje się jednego ciągu binarnego, ale wszystkie możliwe jego kombinacje. W ten sposób można wykonywać różnorodne operacje na kubitach równolegle – tłumaczy prof. Henryk Krawczyk.

– Posiadanie komputera kwantowego znacznie przyspieszy rozwój nauki w Gdańsku, na Pomorzu i w całym kraju. Zmiana powoduje zastąpienie kla-

sycznych układów binarnych przez układy kwantowe. W komputerach klasycznych informacje są zarządzane za pomocą urządzeń takich jak tranzystory. W nadprzewodnikowych komputerach kwantowych odpowiednikami są złącza Josephsona. Zagłębiając się w mikroświat, w którym elektrony, fotony i atomy przenoszą kwantowe informacje – dodaje prof. Józef Sienkiewicz.

OCZEKIWANIA ROSNĄ WRAZ Z POSTĘPEM PRAC

Warto jednak zwrócić uwagę, że cały czas mówimy o rozwiązaniach, które są rozwijane. Mamy uzasadnione oczekiwania, jednak znajdujemy się również w dość ekscytującym momencie. Znamy potencjał, technologia jest jednak na tyle skomplikowana i podatna na zakłócenia, że cały czas czekamy na pierwsze kroki tej rewolucji i jej praktyczne zastosowanie.

Przed nami również wyzwania natury technicznej. Komputery kwantowe są bardziej energochłonne, przez co niektóre ośrodki w swoich planach zakładają wręcz budowę mikroelektrowni atomowych przy centrach komputerowych. Dodatkowo, jak wskazują eksperci, samo przechowywanie danych jest również bardziej kosztowne. Pomimo tych przeszkód technologia kwantowa już teraz stopniowo zaczyna być wykorzystywana.

– Obecnie systemy kryptograficzne opierające się na fizyce kwantowej to zjawisko niszowe. W praktyce wiemy, że szwajcarski system bankowy stosuje tego typu zabezpieczenia w komunikacji, a jeśli chodzi o wdrażanie komercyjne, jest to realizowane przez firmę Toshiba. Biorąc jednak pod uwagę postępy w tej dziedzinie, można oczekiwać, że rynek będzie rosnąć. Kryptografia kwantowa ma ogromną przewagę nad kryptografią klasyczną – już sama konstrukcja protokołów sprawia, że prawa fizyki uniemożliwiają jakiegokolwiek naruszenie bezpieczeństwa. Zaburzenie jest bowiem od razu widoczne. W ostatnich latach rozwija się również kryptografia niezależna od urządzenia, co pozwala zabezpieczyć komunikację, nawet jeśli nie ufamy urządzeniom, z których korzystamy. Przykładowo możemy kupić system kryptograficzny od Rosji, której nie ufamy, ale technologia daje nam pewność, że samo urządzenie nas nie oszuka – opisuje **dr hab. inż. Piotr Mironowicz, prof. PG** z Katedry Algorytmów i Modelowania Systemów.

TECHNOLOGIA NIESIE ZAGROŻENIA?

Obecnie, między innymi z racji wspomnianych kosztów i potrzeby inwestowania w zaawansowane rozwiązania techniczne, jedynie nieliczne ośrodki mogą sobie pozwolić na początki prac w tym obszarze. Co jednak gdyby technologia wpadła w niepowołane ręce? Jakie zagrożenia niosą komputery kwantowe w kwestii wspomnianego cyberbezpieczeństwa?

– Rodzi to oczywiście pewne zagrożenia. Klasyczne systemy oparte są na tym, że rozkład liczby na czynniki pierwsze jest procesem trudnym. Innymi słowy bezpieczeństwo kryptografii klasycznej jest oparte na tym, że wytworzenie pewnych obliczeń jest niezwykle kosztowne i czasochłonne i nikt nie włoży w to tyle zasobów, aby dane szyfry złamać. W przypadku technologii kwantowej będzie to nie tylko łatwe, ale i bardzo szybkie. Dlatego wejście technologii kwantowej sprawi, że zabezpieczenia oparte na klasycznych systemach przestaną być zabezpieczeniami. W obecnym świecie jest to bardzo ważne, bo praktycznie we wszystkim co robimy, potrzebujemy bezpiecznej komunikacji – od kwestii bankowych, które są najbardziej jasnym przykładem, przez kwestie związane z rozmowami i podsłuchami, po Internet Rzeczy – chcemy mieć komunikację między naszymi przedmiotami np. w domu bez ingerencji osób trzecich – mówi prof. Piotr Mironowicz.

Eksperci są jednak raczej spokojni o przyszłość i zwracają uwagę, że są to procesy równoległe – w tym czasie będą również rozwijane metody związane z zabezpieczeniami.



Wykorzystanie komputera kwantowego może również okazać się niezwykle efektywne w sektorze bezpieczeństwa w kontekście monitoringu sytuacji kryzysowych, tworzenia rozwiązań i optymalizacji procedur w odpowiedzi na zagrożenie.



prof. dr hab. inż.
Henryk Krawczyk
kierownik projektu
CAISE, rektor PG
w latach 2008–2016



prof. dr hab. Józef
Sienkiewicz
prorektor ds. współpracy,
Zakład Fizyki Teoretycznej
i Informatyki Kwantowej,
Wydział Fizyki Technicznej
i Matematyki Stosowanej



dr hab. inż. Piotr
Mironowicz, prof. PG
Katedra Algorytmów
i Modelowania
Systemów, Wydział
Elektroniki,
Telekomunikacji
i Informatyki

OBLICZENIA NIE ZAJMĄ DNI, A SEKUNDY

Trudno zobrazować moc obliczeniową technologii kwantowych bez konkretnych przykładów. Warto sięgnąć więc do dziedzin, które przy modelowaniu posilkują się tysiącami cząsteczek, co ma miejsce między innymi w naukach biotechnologicznych i farmaceutycznych przy tworzeniu nowych związków czy badaniu interakcji substancji czynnych, a także procesów biochemicznych.

– Cała biologia to nauka o setkach tysięcy atomów i wytwarzających się między nimi interakcjach, więc modelowanie takich układów jest niezwykle skomplikowane, zwłaszcza za pomocą klasycznych komputerów. Wystarczy wziąć do analizy białko składające się z tysięcy aminokwasów. W żadnej przewidywalnej przyszłości nie będziemy w stanie stworzyć takiego modelowania, posiadając komputery o standardowych mocach. Takie możliwości dają jednak komputery kwantowe i w mojej ocenie jest to perspektywa 10–15 lat. Jest to bardzo przyszłościowe, bo być może ograniczymy w ten sposób samą pracę w laboratoriach na rzecz obliczeń przy pomocy technologii kwantowej – dodaje prof. Piotr Mironowicz.

Efekty zwiększania mocy obliczeniowych widzimy jednak już teraz. Instalacja superkomputera pozwoliła znacząco skrócić czas pracy zespołów badawczych.

– Wystarczy wyobrazić sobie modelowanie reakcji wirusa z białkiem. Niedawno modelowanie takiej jednej reakcji trwało co najmniej rok. Dzięki naszym modyfikacjom tradycyjnych algorytmów obliczenia zajmują dzisiaj 1–2 dni, tzn. około tysiąc razy szybciej. W przypadku komputera kwantowego czas obliczeń skomplikowanych reakcji będzie liczony co najwyżej w sekundach. To zdecydowanie zwiększy możliwości prowadzenia prac badawczych i w konsekwencji poprawi efektywność pracy naukowców – dodaje prof. Henryk Krawczyk.

Nauki biotechnologiczne i farmaceutyczne to jednak tylko jeden z obszarów, w którym potencjalnie sprawdzi się technologia kwantowa.

– Technologia kwantowa będzie miała również duże znaczenie w ekologii, w zwiększaniu efektywności przetwarzania energii, w optymalizacji procesów przetwarzających lub generujących energię. Będziemy potrafili modelować różnego rodzaju procesy i proponować nowe rozwiązania. Ponadto komputery kwantowe wykorzystamy również w ekonomii do analiz rynku czy wykrywania oszustów, aby minimalizować ryzyko i zwiększać zyski – mówi prof. Piotr Mironowicz.

Wykorzystanie komputera kwantowego może również okazać się niezwykle efektywne w sektorze bezpieczeństwa w kontekście monitoringu sytuacji kryzysowych, tworzenia rozwiązań i optymalizacji procedur w odpowiedzi na zagrożenie. Umiejętne wykorzystanie technologii wsparłoby proces zarządzania wszędzie tam, gdzie przy pomocy dużej liczby zmiennych potrzebne jest podjęcie szybkich i precyzyjnych decyzji. To również duża szansa dla naszego regionu.

– Istnieją pomysły mające na celu stworzenie cyfrowej reprezentacji sieci energetycznej w regionach takich jak Pomorze. Taki cyfrowy model umożliwi symulację niebezpiecznych zjawisk i szybką identyfikację rozwiązań w oparciu o scenariusze opracowane przy pomocy komputera kwantowego. Chociaż powyższe przedsięwzięcia są trudne, pozostajemy optymistycznie nastawieni do wykorzystania możliwości kwantowych obliczeń – mówi prof. Józef Sienkiewicz.

Obecnie trwają intensywne prace, aby w ciągu dwóch lat zainstalować na uczelni mały 5-kubitowy komputer kwantowy. Uczelnia w tej sprawie współpracuje z różnymi podmiotami, a także z Ministerstwem Cyfryzacji.

– Będziemy starali się mieć dla niego offset, pozwalający za pomocą odpowiednio dobranych impulsów elektromagnetycznych na kontrolowanie stanów splątanych. Podpisaliśmy umowę o współpracy z fińską firmą IQM produkującą nadprzewodnikowe komputery kwantowe. Następnie chcielibyśmy ten mały komputer rozbudować do 150-kubitowego. Jednak nawet 5-kubitowy komputer kwantowy pozwoli nam na wykonywanie licznych prac badawczych i prowadzenie ciekawych zajęć ze studentami – puentuje prof. Józef Sienkiewicz.

■ Piotr Kallalas

NIEWOLNICY ALGORYTMÓW, CZYLI ETYKA W ERZE AI

Z prof. Włodzisławem Duchem
rozmawiała Katarzyna Michałowska.

Fot. Krzysztof Krzempek

W rozmowie z **prof. dr. hab. Włodzisławem Duchem** spoglądamy na etykę w kontekście sztucznej inteligencji. Wywiad kieruje się w stronę zachwytu nad ludzkim mózgiem i jego przyszłością w erze technologii. W rozmowie wybrzmiewają kwestie zagrożeń związanych z uzależnieniem od technologii i algorytmów.

Prof. Włodzisław Duch uzmysławia, jak technologia wpływa na naszą zdolność do cieszenia się światem oraz jak ważna jest interdyscyplinarność w rozwoju AI. Naukowiec zwraca uwagę na ewolucję systemów AI oraz ich potencjalne zastosowania w zarządzaniu i optymalizacji procesów.

Pod koniec wywiadu profesor zdradza, jakie pytania chciałby zadać sztucznej inteligencji, i wskazuje na ogromną potrzebę poszukiwania dobrych pytań oraz tworzenia pomostów między różnymi poglądami.

KATARZYNA MICHAŁOWSKA: W ostatnich latach poczyniono znaczący postęp w możliwościach AI, szczególnie po ostatnich osiągnięciach w modelach językowych i rozwiązywaniu problemów matematycznych. Rozwój AI jest tak szybki, że każdego dnia pojawia się jakaś nowinka lub nowe urządzenie, które stosuje sztuczną inteligencję. Czy nie wydaje się to przerażające?

WŁODZISŁAW DUCH: Sztuczna inteligencja nadchodzi z wielkim pędem. Może pani pamiętać, jak w zeszłym roku pisano, że już wyczerpały się wszystkie dane, a po wakacjach ujrzeliśmy niebotyczny skok, jeśli chodzi o możliwości rozwiązywania problemów matematycznych i teoretycznych zagadnień.

Cisco opublikowało raport, że obecnym trendem jest decentralizacja wielkich modeli. W związku z tym pojawia się ogromna szansa na rozbicie monopolu dużych firm. Widać wyraźnie, że rozwój AI zaczyna się demokratyzować.



Zajęcia na Wydziale Architektury / Fot. Krzysztof Mystkowski

Oczywiście OpenAI usiłuje podbić oczekiwania, mówiąc, że nadchodzi GPT-5 i wszyscy na to czekają. Ale równocześnie zadajemy sobie pytanie, czego możemy się spodziewać po GPT-5? Czy chodzi o możliwości skojarzeniowe modelu, czyli to, że będzie nam pomagał pisać, może trochę lepiej, ale być może wcale nie?

Im większy model, tym więcej możliwości, żeby konfabulować i źle kojarzyć. Im precyzyjniejszy i mniejszy, tym większa szansa, że nie będzie pisał absurdów.

Przeraża mnie ludzkie oczekiwanie, że systemy będą wszechpotężne. Czyli będą niemalże jak Zeus gromowładny, który może zatrzymać trzęsienie ziemi. Owszem, system może się przydać do przewidywania katastrof, jeśli zbierze dostatecznie dużo danych, ale trzęsienia ziemi nie zatrzyma swą niewidzialną ręką.

Mnie przeraża ludzkie podejście, bo widać, że ludzie chcą zwolnić się z myślenia i podejmowania pewnych decyzji, które i tak muszą sami podjąć.

A może ludzie po prostu boją się tej tajemniczej AI?

Właśnie to powtarzam, że ludzie boją się sztucznej inteligencji. A przecież to nie jest diabeł, który

wyskoczy z pudełka. To jest kwestia tego, jak jej używamy.

Faktem jest, że w skali społecznej można mnóstwo ludzi ogłupić. Ludzie nie sprawdzają informacji, a przecież są narzędzia, które pomagają weryfikować fakty. Jest obawa, że za AI stoją jakieś ciemne siły polityczne. No dobrze, ale przecież to wiemy i mamy mnóstwo sposobów oceny takich systemów, czy one rzeczywiście nie uprawiają jakiejś propagandy, a może się tylko mylą? Przecież każda sieć neuronowa ma podobne właściwości.

Człowiek również się myli, nieprawdaż?

Tak! Robię różne porównania tego, jak działają nasze mózgi, i wyraźnie widać, że sztuczna inteligencja to jest sieć neuronowa, czyli coś, co kojarzy i co nie za dobrze pamięta. Mózg ludzki też dokonuje kompresji. Przykładowo, tworząc duże modele językowe, bierzemy 10 tysięcy gigabajtów tekstów lub obrazów, po czym produkujemy z tego powiedzmy 150 razy mniej parametrów.

Jeśli mnie ktoś zapyta o rzeczy, które każdy maturzysta powinien wiedzieć, to ja już zdążyłem je dawno zapomnieć. Czyli muszę zajrzeć do źródeł, sprawdzić w tych źródłach i dopiero wtedy mogę

“

Amerykanie opracowali przepisy mówiące, że nie można przypisać copyrightu rzeczom, które zrobiła sama sztuczna inteligencja. I to jest prawda, ale dodali do tego, że jeśli człowiek ma istotny wkład, to już można.

prawidłowo odpowiedzieć. Zresztą, gdy cokolwiek piszę, to bez przerwy weryfikuję, sprawdzam, szukam, czy rzeczywiście to dobrze pamiętam. Czy czegoś nie pokręciłem, bo jest duża szansa, że nasze sieci neuronowe coś pokręcą.

Duże modele językowe czy multimodalne robią to samo. Natomiast znaczna liczba ludzi nadal wyobraża sobie, że to jest program, który po prostu cytuje, bo sobie coś przypomniał i połączył. To tak nie działa!

To działa jak normalna sieć neuronowa, czyli reaktywnie. Jeśli teraz rozmawiamy, pani mnie o coś zapyta, to mi coś przyjdzie do głowy, co być może nigdy w życiu by mi do głowy nie przyszło. Czyli jest to system otwarty, który reaguje na świat zewnętrzny.

My to nazywamy systemem typu przepływ danych (*data flow*), ale to nie działa jak program, bo tego nie da się zaprogramować.

Owszem, ludzie próbowali stworzyć systemy zaprogramowane w oparciu o ludzką, zwerbalizowaną wiedzę. Próbowano ją szczegółowo opisać i nie dało się za pomocą programowania uchwycić wszystkich niuansów języka i rozumienia pojęć. Nie udało się za pomocą oprogramowania stworzyć nic takiego jak generatywna sztuczna inteligencja, która potrafi wytworzyć na przykład fantastyczne obrazy.

A propos obrazków, czy nie mamy kolizji prawnej związanej z korzystaniem ze sztucznej inteligencji? Po której stronie są prawa autorskie, czy po stronie twórcy AI, czy po stronie korzystającego z AI?

To jest puszka Pandory i jeden z tematów, który ogranicza rozwój sztucznej inteligencji: różnego rodzaju regulacje prawne. Amerykanie opracowali przepisy mówiące, że nie można przypisać copyrightu rzeczom, które zrobiła sama sztuczna inteligencja. I to jest prawda, ale dodali do tego, że jeśli człowiek ma istotny wkład, to już można.

Co to znaczy istotny wkład? To znaczy, że trzeba własnoręcznie pomalować? Niekoniecznie! Każdy

z obrazów, które daje się wytworzyć za pomocą AI, będących na przykład w czyjejs galerii na sprzedaż, wymaga dużo pracy.

Jak nas uczono na ekonomii, wartość czegoś to jest zamrożona praca. To kwestia, ile pracy trzeba włożyć, żeby system wyprodukował coś, co jest zgodne z wizją artysty.

Na przykład Jackson Pollock jeździł rowerem i przyskał wkoło farbą. Czy w związku z tym rower jest narzędziem, które to robi? Nie, artysta miał taką wizję. Ludzie, którzy używają różnych narzędzi, próbują robić coś intencjonalnie. Jeżeli intencje są czynnikiem determinującym dzieło, to można uznać, że jest to wartość i określony wysiłek lub praca artysty. W związku z tym uważam, że to jest twórczość artystyczna.

Tworzenie dzieła artystycznego i kreatywność człowieka jest zachwycająca. Czy Pan Profesor zachwyca się ludzkim mózgiem?

Ludzki mózg jest najbardziej złożoną strukturą, jaką znamy we wszechświecie.

Nasze zdolności percepcyjne są zdumiewające. Na przykład skrzypek musi nacisnąć struny tam, gdzie trzeba, bo przesunięcie palców o milimetr powoduje rozstrojenie dźwięku. Wrażliwość naszych zmysłów jest niesłychana. Ewolucja dopracowała nasz aparat przetwarzania informacji ze zmysłów.

Nasze mózgi są najbardziej interesującym obiektem, jaki znamy, który być może w naszym, obserwowanym wszechświecie jest unikalny.

A dzisiaj mamy następny stopień ewolucji, w którym budujemy supermózgi, które być może spowodują, że ludzki mózg zacznie znikać. Czy tak może być, Panie Profesorze?

Mam nadzieję, że on nie zacznie znikać. Natomiast w znacznej mierze, jak popatrzeć na zmiany społeczne, może ulec pewnej degradacji, atrofii, jak to się określa. Wszystko dlatego, że w coraz większym stopniu zaczynamy polegać na technologii,



“

Nie regulujemy algorytmów
i nie regulujemy matematyki,
bo tego nie da się regulować
i to nie ma sensu.

a to oznacza, że ludzie na przykład nie umieją czytać mapy, tylko słuchają poleceń swojego telefonu.

Wkrótce wszystkie systemy doradzające nam, jak żyć, zaczną rzeczywiście nami sterować i stanemy się, jak już parę książek na ten temat napisano, niewolnikami algorytmów.

Nie jest dobrze, że znaczna część ludzkości wyzbyła się zdolności intencjonalnego życia lub kierowania swoim życiem.

To duże niebezpieczeństwo, które technologia ze sobą przynosi. I z jednej strony możemy sobie wyobrazić technologię, która pomaga nam osiągnąć pewną mądrość życiową. Na przykład zrozumienie, że cele doraźne są mniej istotne niż długofalowe. Trzeba myśleć o tym, kim chcę się stać w przyszłości, co chcę osiągnąć, a nie tylko, że teraz będę miał jakąś przyjemność z towarzystwa, z używek czy gier komputerowych.

Dobrze by było, gdyby te systemy były w stanie nam doradzać w sposób mądry. Ale pozostaje pytanie, kto takie systemy może stworzyć? Wydaje się, że Big Tech raczej nie jest tym zainteresowany, bo wiemy, że on chce nas przywiązać do swoich platform, byśmy oglądali te głupoty. Przeszliśmy kontrolować siebie i swoje potrzeby, a dajemy się wciągnąć.

Ludzie w tej chwili, zamiast nauczyć się cieszyć światem, po prostu wchodzą w sieci społecznościowe i nie widzą świata poza nimi. Nie widzą, bo trzymają nos w telefonie i nie mają już przyjemności z życia. Mają tylko przyjemność z powierzchownych interakcji.

To niestety jest coś, co technologia za sobą niesie i na co ma wielki wpływ. Widzimy, jak nasi studenci w coraz mniejszym stopniu zdolni są do skupienia się na czymkolwiek. Owszem, jest kilku pasjonatów i to jest świetnie, gdy są tacy, którzy próbują włączyć się w większy projekt i wkładają w niego dużo wysiłku.

Panie Profesorze, patrzę przez pryzmat Politechniki Gdańskiej i mamy tu wielu najwyższej klasy specjalistów, którzy trenowali sztuczną inteligencję. Czy praca nad rozbudowaniem AI powinna się odbywać w trybie interdyscyplinarnym przy współpracy inżynierów, etyków, a może nawet filozofów?

Wydaje mi się, że to jest rzecz absolutnie konieczna, ponieważ w tej chwili jest kilka naprawdę bardzo silnych grup.

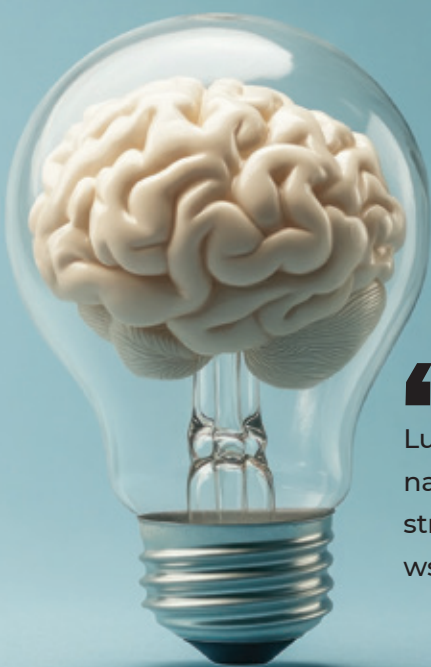
DeepSeek pokazała, że można nie mieć dostępu do nieograniczonych obliczeniowych zasobów i można zrobić coś lepiej, na znacznie słabszych systemach. Ale część dotycząca rozwoju technologii jest realizowana tylko przez niewielką grupę ludzi na świecie.

Natomiast możliwości wszelkiego rodzaju zastosowań systemów do konkretnych warunków są szerokie i nie będą zdominowane przez bardzo duże firmy, które do tej pory zrobiły wielki postęp i doprowadziły do powstania dużych systemów.

Co więcej, wydaje mi się, że początkowe inspiracje do rozwoju sztucznej inteligencji były dosyć naiwne. Bazowały na tym, że mamy wiedzę, a tę wiedzę wyciągniemy od ekspertów i zapiszemy ją w postaci reguł. Zrobimy systemy ekspertowe, które będą doradzać w wielu dziedzinach. Istnieje całkiem duża gałąź zastosowań tego typu systemów, głównie w Ameryce.

Jednakże okazało się, że wielu rzeczy nie da się tak zrobić, a w szczególności analizy obrazów, analizy sygnałów czy systemów dialogu. Okazało się natomiast, że tworząc coraz większe sieci neuronowe, doszliśmy do momentu, kiedy naprawdę złożone sieci z odpowiednimi algorytmami były w stanie realizować zadania tego rodzaju.

I w tym momencie sieci były głównie inspirowane przez prosty pomysł. Mamy dużo elementów, które ze sobą współpracują, czyli neuronów lub grup neuronów, jak w mózgu.



“

Ludzki mózg jest najbardziej złożoną strukturą we wszechświecie.

Fot. AdobeStock

Pamięć skojarzeniowa powstaje dlatego, że systemy uczą się pewnych wzorców i wzorce są ze sobą skojarzone. I teraz, jeżeli mamy dostatecznie dużą sieć i dostatecznie dużo rzeczy w niej zinternalizujemy, czyli na przykład zapiszemy całą wiedzę ludzkości, którą się daje wyciągnąć z obrazów i tekstów, wówczas mamy szansę, żeby połączyć pewne obserwacje, które są od siebie odległe, bo zrobione w różnych dziedzinach.

Człowiek czegoś nie zauważy, bo jest milion książek do przeczytania. Żeby coś rzeczywiście odkrywczego dostrzec, trzeba się wyspecjalizować w jakiejś dziedzinie, a wtedy już najczęściej wpadamy w pewne kanały myślenia. A systemy AI mają dużo większe możliwości kojarzenia różnych rzeczy ze sobą.

W związku z tym zaczynamy patrzeć na rzeczy, które pozwalają łączyć interdyscyplinarnie różne dziedziny i dyscypliny.

Niedawno myślano, że są to tylko systemy skojarzeniowe typu Chat GPT, który pojawił się dwa lata temu. Nagle robimy następny krok, który nastąpił w połowie ubiegłego roku. Bo jesteśmy w stanie wykorzystać stare techniki, pozwalające rozważyć dużo innych możliwości niż tylko proste skojarzenia.

Przechodzimy do grafów, czyli bardziej złożonych ścieżek rozumowania. I to są już inspiracje kognitywne, na poziomie myślenia lub poznania. Wymagają popatrzenia przez pryzmat na przykład psychologii, na to, jak ludzie rozumują. Czy z punktu widzenia tworzenia takich systemów udaje się w tej chwili wyjść poza proste inspiracje biologiczne?

Przyszłość leży we wdrażaniu tego typu rozwiązań po to, by pomogły nam w optymalizacji procesów na różnych poziomach, np. zarządzania na poziomie miast czy inteligentnych systemów zarządzania

w różnych firmach. Żeby to zrobić, musimy zebrać dane, tak by nasza firma działała zwinnie. Możemy wykonać cyfrowy model firmy (cyfrowy bliźniak) lub pewnych obszarów w tej firmie. Następnie moglibyśmy, przynajmniej częściowo, zastąpić wiele procesów w firmie przez agentów opartych na sztucznej inteligencji.

Z tego robi się bardzo interdyscyplinarny projekt. Każda firma ma swoją specyfikę, trzeba umieć rozmawiać z ludźmi. W firmach farmaceutycznych używa się specyficznego języka, z kolei w zarządzaniu miastem trzeba znać liczne przepisy. To wszystko wymaga współpracy – na przykład z prawnikami, z osobami, które zarządzają dużymi pieniędzmi, urzędami itp. Trzeba się przebić przez mnóstwo różnych przepisów, żeby zobaczyć, co wolno, a czego nie wolno.

Nasze szanse są w tym, żeby próbować zmieniać kulturę organizacyjną różnych firm.

By to się stało, musimy zmienić prawo, systemy regulacji i systemy zarządzania, które mamy.

Tak, Unia ostatnio dostrzegła, że może regulacje są zbyt silne, i stara się troszkę je osłabić. Uważam, że przede wszystkim powinniśmy stawiać na elastyczność i możliwości wdrożenia. W dużym stopniu zależy to od dziedziny czy obszarów, w których dana firma pracuje. To wymaga pewnej interdyscyplinarnej wiedzy: może znajomości ekonomii, chemii czy kwestii inżynierskich, technicznych, byśmy byli w stanie to zrealizować.

Czy jeśli my, jako studenci lub nauczyciele, korzystamy z AI, to jest to podobne do wygenerowania rysunków w AutoCadzie, czy jest to coś więcej? Czy wchodzimy w jakąś szarą strefę?

Szara strefa jest tam, gdzie trudno jest ocenić, ile jest pracy człowieka, a ile inwencji samej maszyny. I problem w tym, że inwencja maszyny zaczyna bardzo mocno przekraczać naszą własną inwencję.

Powoli coraz trudniej będzie nam sprostać temu, co robi taki inteligentny system. Do tej pory ludzie używali go po to, żeby wspomóc swoją wyobraźnię, by nie przeoczyć czegoś lub zwrócić uwagę na rzeczy, które powinny być w publikacji.

W ostatnich dniach pojawiła się Deep Research firmy Perplexity, wyszukiwarka zaprojektowana specjalnie do odkryć naukowych. Widziałem użycie Deep Research w pisaniu publikacji naukowej i tekst napisany przez nią był na wysokim poziomie.

To będzie się zdarzać coraz częściej. Nie wiem, co się stanie w związku z tym z naszymi publikacjami.



Zależność od technologii może prowadzić do cyfrowej demencji, atrofii mózgu.



Fot. AdobeStock

Może się okazać, że w coraz mniejszym stopniu jesteśmy twórcami, a w coraz większym stopniu będziemy polegać na tym, co maszyna sama wymyśli, i na to nie mamy jakiegoś mądrego rozwiązania.

Ale równocześnie to jest przyszłość. Każdy z nas będzie miał osobistego asystenta na parę miliardów parametrów, który będzie wiedział wszystko, co nam potrzebne. Będziemy go mieli w telefonie, komputerze lub tablecie.

To chyba jest przewrót kopernikański. Ale przywołując Kopernika w kontekście sztucznej inteligencji, czy teoria Kopernika, że „zły pieniądź wypiera dobry pieniądź” nie odnosi się do AI, która kiedyś trenowana na książkach pisanych przez ludzi, teraz uczy się sama na książkach napisanych przez samą siebie?

Ciekawy pomysł, tak. Ludzie rzucają się na tę technologię, zanim ona dojrzeje.

Dużo firm zaczęło ją stosować, część się rozczarowała i to jest niebezpieczeństwo we wdrażaniu różnego rodzaju modeli w rzeczywistych zastosowaniach, w określonych instytucjach. Ludzie się rozczarowują, dlatego że użyli technologii, która jeszcze nie była do tego gotowa, ale ona po paru miesiącach staje się dużo lepsza.

Teraz widzimy kolejne zjawisko, które mówi, że jak mamy duży model, który już dużo wie, to możemy z niego wydestylować wiedzę przydatną w różnych specjalistycznych obszarach, a nawet dość szeroko przydatną. W DeepSeek czy Deep Research te modele są rozwinięte i są w stanie rozwiązać niesłychanie trudne zagadnienia.

Nasza wiedza dzięki temu rośnie, ponieważ mamy w tej chwili różnego rodzaju nowe modele złożonych zjawisk. W szczególności na poziomie biologii molekularnej lub genetyki, które są na tyle skomplikowane, że nie jesteśmy w stanie w pełni objąć ich ludzkim umysłem. Ponieważ jest tam zbyt wiele interakcji,

różnych molekuł i procesów, musimy tworzyć takie modele.

Ale w związku z tym następuje duży postęp wiedzy. Tak, te systemy korzystają z tego, co same wyprodukowały.

W tej sytuacji istotna jest weryfikacja, czyli dobry system, który potrafi powiedzieć, czy jest lepiej czy gorzej. W przypadku gier to oczywiście wiemy: przegrał lub wygrał. W przypadku programowania: program zadziałał, robi, co trzeba, zgodnie z testami – jest dobrze. Ale w przypadku wielu innych rzeczy nie mamy złotego standardu. A przecież wiemy, że złoty standard w medycynie nie jest całkiem złoty, dlatego że diagnozy prawie nigdy nie są w stu procentach pewne.

Zdolność AI do przekroczenia ludzkich możliwości autonomicznym uczeniem się jest wówczas ograniczona. W związku z tym tylko dzięki współpracy możemy zajść dużo dalej. Więc ja sobie wyobrażam, że bez udziału człowieka zawsze będzie dużo kiepskich książek.

We wszystkich dziedzinach, a w szczególności dotyczących medycyny, maszyny zaczynają nas wyprzedzać. To jest bardzo dobre pytanie: jak powinniśmy do tego podchodzić? Czy powinniśmy patrzeć, jak daleko jeszcze możemy zajść dzięki temu, że mamy takie systemy? Na pewno to pozwoli na szybki rozwój firmom, które nauczą się wykorzystywać taką technologię.

Wychodzący z Politechniki Gdańskiej inżynier musi sztuczną inteligencję modelować, trenować i musi to robić z rozmysłem. A my, jako uczelnia wyższa, musimy przygotować studentów od strony etyki. Jak do tego podejść mądrze?

Zależy od dziedziny, w której się pracuje. Jeżeli człowiek siedzi w biologii molekularnej i próbuje znaleźć nowy enzym, który rzeczywiście coś naprawia, to jest to specjalistyczna wiedza, prawda?

Już od dawna powtarzałem, że regulacja jest bardzo prosta: po prostu nie regulujemy algorytmów, nie regulujemy matematyki, bo tego się nie da regulować i to nie ma sensu.

Regulujemy wszystko, co wypuszczamy jako produkt na rynek. Co może mieć jakieś efekty i wpływ na ludzi. Podobnie jak reguluje się bezpieczeństwo samochodów, w różny sposób robiąc testy. Należy regulować bezpieczeństwo systemów administracyjnych, które mogą ludziom zaszkodzić. Jeśli będziemy pilnować kluczowych regulacji i testów, bez wypuszczania na rynek w pośpiechu, bo ktoś naciska, będzie to dobre.

Ludzie bardzo łatwo będą przyzwyczajając się do tego, że system ma rację. Ponieważ zwykle ma rację. Ale nie można pozwolić na to, żebyśmy bezmyślnie zaczęli przyjmować decyzje takich systemów.

Jednocześnie wielu ludzi nie chce dopuścić do siebie myśli, że w zasadzie nie ma żadnego prawa przyrody, które by zabraniało maszynom osiągnąć dużo wyższą inteligencję niż nasza. Nie ma żadnego prawa przyrody, które ogranicza zdolności maszyny do osiągnięcia superinteligencji. Dlatego jestem przekonany, że superinteligencja nadchodzi i to bardzo szybko, a my musimy się do tego przystosować.

Panie Profesorze, a jakie Pan chciałby zadać pytania sztucznej inteligencji, na jakie pytania chciałby Pan otrzymać odpowiedzi?

Jest mnóstwo dobrych pytań, o których chciałbym porozmawiać. Cały czas rozmawiam z AI, próbuję coś wyciągnąć. Jestem w radzie Instytutu Wspomagania Rozwoju Dziecka i oczywiście chcielibyśmy zrozumieć, czy jest jakieś lepsze podejście terapeutyczne do autyzmu. Jest książka zawierająca dwadzieścia różnych teorii autyzmu, moja jest dwudziesta pierwsza. Chciałbym się dowiedzieć,

która z nich jest najbardziej prawdopodobna. Może po części wszystkie? Ale szukam wsparcia i kontrargumentów do różnych teorii, a w szczególności do tej mojej.

Jeśli ktoś nad czymś rzeczywiście pracuje i widzi, że są jeszcze dziury, a okazuje się, że można wykryć dziury w naszej wiedzy, używając sieci semantycznych, gdzie są węzły łączące różne pojęcia, to w tych grafach wiedzy można szukać obszarów, w których warto zadawać istotne pytania, żeby zrobić pomosty. To jest kolejna rzecz, którą warto rozwijać. Tworzyć modele do tworzenia pomostów.

Razem z dr. hab. inż. Julianem Szymańskim, moim dawnym doktorantem, a teraz profesorem na Politechnice Gdańskiej, pracujemy nad systemem, który tworzy siatkę pojęciową pokazującą różnice w poglądach ludzi. Na przykład jak liberałowie i konserwatyści różnią się pod względem systemów wartości. To widać w siatkach pojęciowych. I wtedy można zobaczyć, czy są szanse na tworzenie pomostów, żeby ludzie zaczęli się bardziej doceniać lub nauczyli się patrzeć z innej strony.

Mógłbym więcej wymieniać z tego, co próbowałem w życiu zrobić, co wydawało mi się zupełnie nie-realne, bo mam coraz mniej czasu na to, żeby pewne rzeczy dokończyć. Jednakże dzięki narzędziom AI jest szansa, że da się coś ważnego zrobić, bo wiem, o co pytać. Tak, rzeczywiście szukanie dobrych pytań jest w tej chwili najważniejsze.

W takim razie, kończąc naszą rozmowę, razem zachęcamy do zadawania właściwych pytań. Bardzo dziękuję, Panie Profesorze, za pouczającą rozmowę.

■ Katarzyna Michalowska



prof. Włodzisław Duch – kierownik Katedry Informatyki Stosowanej na Uniwersytecie Mikołaja Kopernika w Toruniu. Ukończył studia fizyki teoretycznej (1977), obronił doktorat z chemii kwantowej (1980), uzyskał habilitację z matematyki stosowanej (1987), a po doktoracie pracował na Uniwersytecie Południowej Kalifornii w Los Angeles (1980–1982). Pracował m.in. w Instytucie Astrofizyki Maxa Plancka w Monachium, Instytucie Technologicznym Kyushu, Uniwersytetach Tokyo, Rikkyo i Meiji w Japonii, na Uniwersytecie Florydy, Uniwersytecie Alberta w Edmonton w Kanadzie. Pracował na Wydziale Inżynierii Komputerowej Uniwersytetu Technologicznego Nanyang w Singapurze jako Nanyang Visiting Professor (2010–2012). Pełnił funkcję prorektora ds. badań naukowych i informatyzacji UMK (2012–2014) oraz wiceministra w Ministerstwie Nauki i Szkolnictwa Wyższego (2014–2015). Prezes Europejskiego Towarzystwa Sieci Neuronowych (European Neural Networks Society, 2006, 2008, 2011), w 2013 roku został wybrany na Fellow of the International Neural Networks Society. Współzałożyciel i redaktor naukowy czasopism „Kognitywistyka” i „Media w Edukacji”. Jest czynnym członkiem komitetu technicznego IEEE CIS oraz ekspertem programów naukowych Unii Europejskiej. Opublikował ponad 450 artykułów naukowych i popularnonaukowych, napisał 5 książek, a 21 współredagował. Jego firma DuchSoft stworzyła oprogramowanie GhostMiner, którego sprzedażą zajmuje się firma Fujitsu.

POMORZE – GŁÓWNY BENEFICJENT TRANSFORMACJI ENERGETYCZNEJ?

Wiatr zmian energetycznych w Polsce wyraźnie się wzmacnia. Zmienia także orientację – transformacja energetyczna i stopniowa redukcja udziału paliw kopalnych w miksie energetycznym sprawiają, że środek ciężkości produkcji energii wyraźnie będzie przesunąć się z województw południowych na północ kraju.

Głównym beneficjentem tych zmian stanie się siłą rzeczy Pomorze, gdzie, miejmy nadzieję, w stosunkowo krótkiej perspektywie czasu powstanie elektrownia jądrowa i potężne farmy wiatrowe.

Pomorze z biorcy energetycznego ma szansę stać się dawcą – ten proces wymaga jednak myślenia przyszłościowego nie tylko w kwestii tworzenia nowych instalacji elektrowni, ale także, a może przede wszystkim, systemu przesyłu energii i rozwoju technologii umożliwiających jej magazynowanie.

– Nasz miks energetyczny będzie się zmieniał, ale świadome społeczeństwo musi wyjść temu naprzeciw. Mówię o tym również z perspektywy regionu, ponieważ w porównaniu do reszty kraju jesteśmy słabo zurbanizowani. Jako naukowcy promujemy różne kierunki rozwoju gospodarczego. Zbliżające się inwestycje na Pomorzu trzeba traktować jako górę złota i brać z niej garściami. Należy wprowadzać nowe technologie na rynek, wykorzystywać

posiadany potencjał energetyczny i przeciągać tę szalę rozwoju na północ. Gdańsk oraz całe Trójmiasto cały czas się rozwijają i przyciągają ludzi, bo coś się tu dzieje, ale zawsze może dziać się więcej. W tym momencie mamy duży potencjał do rozwoju gospodarczego. Każdy przesył w głąb kraju będzie generować straty, więc zaczniemy rozwijać nowoczesny przemysł lokalnie, np. centra obliczeniowe. Przypomnę, że Google, w odpowiedzi na swoje zapotrzebowanie na energię do realizacji zadań związanych ze sztuczną inteligencją, kupuje całą elektrownię, notabene byłą elektrownię jądrową, na własne potrzeby. My to otrzymamy w wianie. Niskoemisyjna energia będzie produkowana lokalnie. Wykorzystując ją, mamy możliwość wejścia na wyższy poziom rozwoju, ale do tego potrzeba wizjonerskiego podejścia – mówi prof. dr hab. inż. Dariusz Mikielwicz z Instytutu Energii.

Powoli dobiega końca era energetyki skoncentrowanej na paliwach kopalnych, co zresztą cały

“

Jednym z podstawowych filarów polskiej transformacji energetycznej jest rozwój energetyki wiatrowej, która od samego początku funkcjonuje w założeniu zróżnicowanych i przyjaznych źródeł energii. Mieszkamy w tak uprzywilejowanym, bo wietrznym regionie, że wystarczy ruszyć się nieco z Trójmiasta, aby zobaczyć, jak zmienia się pod tym względem krajobraz.

Fot. AdobeStock

czas budzi kontrowersje. W obliczu wiedzy na temat degradacji środowiska (i to niezależnie od polityki większych emitentów gazów), opłat za emisję, wystużonej infrastruktury, ale także stawiania na ograniczenie zależności od innych krajów, Polska włączyła się w proces transformacji i poszukiwań alternatyw dla węgla. Jednak warto mieć świadomość, że na wypadek niespodziewanego ponownego odwrócenia trendów dysponujemy rozwiązaniami, które, po udoskonaleniu, być może nadal pozwoliłyby korzystać z węgla.

– Oczywiście powrót do polityki energetycznej opartej na węglu w obecnych realiach wydaje się niemożliwy. Należy jednak pamiętać, że mamy technologie pozwalające wykorzystać węgiel w czysty sposób, który może być alternatywą dla wspomagania energii odnawialnych. Jest to stanowisko może kontrowersyjne, ale kiedyś byliśmy ekspertami w tej dziedzinie i mieliśmy takie kompetencje. Hamulcem rozwoju energetyki węglowej miały być i są

opłaty za emisję dwutlenku węgla. Wytwórcy ponoszą za to kary środowiskowe. Należy pamiętać, że emisje dwutlenku węgla to efekt całkowitego i zupełnego spalania węgla. Są też i inne emisje, na przykład tlenków węgla, azotu, tlenków siarki czy pyłów. Zarówno emisje CO₂, jak i pozostałych związków są możliwe do wychwytu i zagospodarowania. Taki proces pogarsza jednak sprawność. Obecna energetyka oparta na węglu ma sprawność rzędu 36 proc., a usunięcie dwutlenku węgla z emisji obniża sprawność o mniej więcej 6–8 proc. Dochodzimy więc do 28 proc. Taka sytuacja jest nieekonomiczna. Niemniej, w mojej ocenie, doskonaląc technologię spalania, moglibyśmy w sposób znaczący podwyższyć sprawność obiegu termodynamicznego, aby po dodatkowym zastosowaniu technologii oczyszczania spalin i zagospodarowywania dwutlenku węgla dążyć do podobnych, a może i nieco wyższych sprawności od tych obecnych. Obyłoby się bez emisji i tym samym bez płacenia za nie kar – puentuje prof. Dariusz Mikielwicz.

CZEKAJĄC NA ATOM

Badacze wskazują, że pomimo silnego rozwoju energetyki wiatrowej i słonecznej potrzebujemy stabilnego źródła energii, które będzie niezależne od warunków atmosferycznych. Rozwiązaniem jest w tym przypadku atom. Niestety przykład rozwoju energetyki jądrowej w Polsce dobitnie pokazuje, że samo pojęcie rozwoju sektora energetycznego nie tylko jest uzależnione od myśli technicznej czy uwarunkowań ekonomicznych, ale jest silnie zespolone z polityką władz centralnych, a także geopolityką regionu. Na pierwszą elektrownię czekamy od co najmniej pół wieku i pomimo obecnego jasnego planu cały czas energia z atomu nie zasila naszych gniazdek.

Na świecie sektor ten odpowiada za 10 proc. produkcji energii – w polskich planach Programu Polskiej Energetyki Jądrowej są dwa obiekty, a jeden będzie realizowany na Pomorzu. Data ostatecznego otwarcia pierwszej elektrowni jądrowej w Polsce do tej pory ulegała nieustannym przesunięciom – w tym momencie mówimy o latach 2035–2040.

– Na Pomorzu planowana jest budowa elektrowni jądrowej o mocy elektrycznej 3750 MW. Do wyzwania, przed jakim stoi program polskiej energetyki jądrowej, zaliczyłbym budowanie finansowania, ustalenie mechanizmów rynkowych z Komisją Europejską, a także kwestię dostępności kadr. Do tego dochodzi problematyka postępowania z wypalonym paliwem



Fot. AdobeStock

jądrowym. Każde państwo ma swoje podejście do tej kwestii – niektóre, tak jak Francja, Wielka Brytania, Japonia i Rosja, przeprowadzają recykling. To jest cykl zamknięty, przeciwny do cyklu otwartego, podczas gdy ten drugi nastawia się na wieloletnie składowanie. Są też inne możliwości. W Belgii planuje się spalanie – „kruszenie” jąder atomowych protonami o wysokiej energii, a to daje możliwości między innymi skrócenia okresu „życia” izotopów, które zostają po wypaleniu paliwa jądrowego. W tym momencie Polska nastawia się na otwarty cykl, który polega na umieszczeniu paliwa w składowiskach długoterminowych. Jest to pieśń przyszłości, bo przez kilkadziesiąt lat będziemy mogli gromadzić odpady na obszarze elektrowni i w składowiskach tymczasowych. Objętościowo czy masowo nie są to bowiem duże ilości, zwłaszcza w porównaniu z innymi typami elektrowni – mówi **dr hab. inż. Marcin Jaskólski, prof. PG** z Katedry Elektroenergetyki.

Warto zaznaczyć raz jeszcze – Polska potrzebuje stabilnego źródła energii pracującego przez całą dobę i niezależnego od zmieniających się warunków atmosferycznych. Myśląc o energii pozyskiwanej z atomu, nie możemy zapominać o SMR – czyli małych modularnych reaktorach o mocy elektrycznej

nie większej niż 300 MW. Kilka lat temu pojawiły się plany realizacji takiej infrastruktury w Polsce, obecnie można odnieść wrażenie, że entuzjazm nieco opadł, co nie zmienia faktu, że zmniejszone instalacje niosą za sobą szereg korzyści.

– Małe reaktory jądrowe mogłyby zasilать całe miasta w energię elektryczną. Dodatkowo każda elektrownia jądrowa to w gruncie rzeczy również instalacja, która może produkować ciepło. Duże elektrownie są zlokalizowane zwykle daleko od miejsc z wysoką gęstością zaludnienia i rzeczywiście przesyłanie ciepła wydaje się zadaniem problematycznym. Natomiast SMR mogą okazać się w tym przypadku świetną alternatywą. Mniejsza elektrownia to także mniejsza strefa planowania awaryjnego i mniejsza odległość od miast i miasteczek. Musimy o tej alternatywie pamiętać, bo nasz system ciepłowniczy również wymaga przekształceń. Dziś są to elektrociepłownie gazowe – być może kiedyś będziemy stawiać na wodór i inne syntetyczne paliwa, ale reaktory SMR również mogłyby pełnić taką funkcję – wskazuje prof. Marcin Jaskólski.

Niewątpliwym podstawowym filarem odnawialnych źródeł energii jest sektor energetyki słonecznej. Jego intensywny rozwój obserwujemy zwłaszcza w ostatnim ćwierćwieczu, kiedy to rozwiązania



Badacze wskazują, że pomimo silnego rozwoju energetyki wiatrowej i słonecznej potrzebujemy stabilnego źródła energii, które będzie niezależne od warunków atmosferycznych. Rozwiązaniem jest w tym przypadku atom.

inżynierskie trafiły do powszechnego użytku zarówno przemysłowego, jak i indywidualnego. Panele fotowoltaiczne zmieniły krajobraz zarówno miast, jak i wsi. Czysta energia opiera się obecnie na wykorzystaniu krystalicznego krzemu, a moduły tworzy się, wykorzystując mono- lub polikrystaliczne ogniwa.

– Jedna i druga technologia ma swoje zalety i wady, jednak na rynku przeważają moduły monokrystaliczne, ze względu na ich większą sprawność. Stanowią one 80–90 proc. rynku komercyjnego, a więc niemal wszystko to, co możemy zaobserwować na naszych dachach i gruntach. W ostatnim czasie w badaniach mocno stawiano na moduły trzeciej generacji, ale nie osiągnięto tu przełomu. Krzem krystaliczny ma wielką zaletę ze względu na trwałość i stabilność parametrów. Jeśli moduł jest wykonany prawidłowo i przez sprawdzoną firmę, to może pracować przez 25 lat, a nawet więcej. Na przykład moduły, które mamy od wielu lat w naszym laboratorium, nie wykazują praktycznie żadnego spadku sprawności, jednak trzeba wziąć pod uwagę, że mają one tu bardziej komfortowe warunki,

ponieważ nie są narażone na zmienne warunki atmosferyczne. W tym miejscu chciałabym odradzić stosowanie modułów słabej jakości, pochodzących z rynku chińskiego – szybko ulegają one degradacji i często widzimy już praktycznie na etapie montażu, że różnica jakościowa jest duża – przestrzega **prof. dr hab. Ewa Klugmann-Radziemska**, kierownik Katedry Konwersji i Magazynowania Energii.

Naukowcy zwracają uwagę, że w tym momencie na horyzoncie nie widać spektakularnych postępów, które poprawiłyby sprawność modułów komercyjnych – te zatrzymały się mniej więcej na poziomie 23 proc.

– Dostępna w naszych warunkach geograficznych roczna suma energii promieniowania słonecznego wynosi około 1000 kilowatogodzin na 1 m², co oznacza, że w idealnych warunkach moglibyśmy wyprodukować 23 proc., czyli 230 kWh z każdego metra kwadratowego instalacji. Jednak w warunkach rzeczywistych, ze względu na zmienne nasłonecznienie, najczęściej dalekie od warunków STC, otrzymujemy znacznie mniej energii elektrycznej. Znana jest technologia wielowarstwowych ogniw, tzw. heterozłączowych, gdzie są 2–3 warstwy pochłaniające promieniowanie, z których każda pochłania inną część widma słonecznego. W ten sposób można poprawić znacznie sprawność konwersji energii. Jest to rozwiązanie bardzo interesujące – sprawność dochodzi tu do 40 proc. – ale również drogie. Dla odbiorcy komercyjnego jest ono praktycznie niedostępne ze względu na swoją niską opłacalność. Takie rozwiązania znajdziemy za to np. w sektorze kosmicznym – dodaje prof. Ewa Klugmann-Radziemska.

Poprawa sprawności to jedno, ale energia słoneczna, podobnie zresztą jak wiatrowa, charakteryzuje się dużą zmiennością zarówno w perspektywie dobowej, jak i rocznej. Stąd duża potrzeba w inwestowanie w rozwój magazynów energii, bezpiecznych dla użytkownika, który mógłby je zlokalizować blisko domu.

– Naukowcy opracowują szereg nowych rozwiązań technologicznych w dziedzinie magazynowania energii. Takim rozwiązaniem są np. superkondensatory, charakteryzujące się bardzo krótkim czasem ładowania i rozładowania w porównaniu z innymi urządzeniami do magazynowania energii i można je wielokrotnie ładować i rozładowywać. Zawsze jednak musimy oceniać potencjał innowacji przez pryzmat użytkownika – rozwiązania muszą być tanie, o jak najmniejszych gabarytach i trwałe. Utylizacja zużytych akumulatorów obciąża środowisko i jest kosztowna, dlatego musimy mieć pewność, że

kupujemy magazyn energii, który wystarczy na lata. Chcielibyśmy zresztą, aby recykling umożliwiał odzysk 90 proc. materiałów, które można wykorzystać powtórnie – dodaje prof. Ewa Klugmann-Radziemska.

JAKA JEST PRZYSZŁOŚĆ WODORU?

Poruszając problem magazynowania, nie sposób nie wspomnieć o jeszcze innej technologii. Przyszłość to wodór – takie hasła obserwujemy już od kilku lat, a rewolucja wodorowa, choć cały czas jest drogim rozwiązaniem, miała być też najbardziej rozwojową koncepcją w sektorze energetyki. Oczywiście optymizm nie zniknął, jednak warto wiedzieć, w jakim miejscu tego procesu stoimy.

– Analizy naukowe wskazują, że ok. 2100 roku technologia wodorowa będzie wykorzystywana powszechnie. Mamy 2025 rok, więc widzimy pewną nakreśloną, dość odległą, ale jednak perspektywę. Warto zwrócić uwagę, że w przypadku dekarbonizacji mamy tak naprawdę dwie drogi – albo dwutlenek węgla zawracamy, co sprawia, że jego emisja jest redukowana do zera, albo stawiamy na wodoryzację. Pytanie jednak, jak zachowają się duzi gracze – tacy jak Chiny, Indie i USA, którzy, w przeciwieństwie do Europy, obecnie odpowiadają za największą emisję CO₂. Pojawia się pytanie, czy wszyscy gramy do jednej bramki. Polska wydobywa ok. 97 proc. węgla w Europie, a warto zauważyć, że Chiny wydobywają w 2 dni równowartość rocznego wydobycia węgla w Polsce. Odpowiedź na to pytanie jest więc zasadnicza – podkreśla **dr hab. inż. Jacek Gębicki, prof. PG**, dyrektor Centrum Technologii Wodorowych.

Zakładając jednak, że świat zacznie grać do jednej bramki, otworzą się nowe możliwości – technologię wodorową charakteryzuje bowiem trzykrotnie większa gęstość energetyczna od tradycyjnych paliw w kontekście masy, a także bezemisyjność – ponieważ powstaje wyłącznie para wodna.

– Problem polega na tym, że jeśli zaczynamy skraplać lub sprężać, to otrzymujemy już mniej energii z tego 1 kg wodoru, ponieważ zużywamy energię na tę operację.



Gospodarka wodorowa składa się z trzech etapów – produkcji – ze względu na reaktywność wodoru, nie mamy zasobów naturalnych, więc musimy go wytwarzać. Potem magazynowanie, a mówimy o pierwiastku lekkim, co sprawia, że stale musimy specjalnie uszczelniać rurociągi i zbiorniki – bo zbiorniki metalowe ulegają korozji wodorowej. Następnie wykorzystanie – jeśli chcemy wykorzystać wodór do produkcji energii elektrycznej, musimy wykorzystać ogniwa paliwowe, których wydajność jest obecnie na poziomie ok. 60 proc. – mówi prof. Jacek Gębicki.

Wodór jest więc rozpatrywany jako narzędzie magazynowania energii, na co Polska musi stawiać zwłaszcza w kontekście odnawialnych źródeł energii, które nie są też tak stabilne.

– Mając energię słońca i wiatru i ich nadmiar, w procesie elektrolizy wody wytwarzamy wodór, który możemy magazynować i następnie ponownie wytworzyć z niego prąd, jeśli będzie takie zapotrzebowanie. Inna sprawa, że z takiego zmagazynowanego wodoru możemy wytwarzać również paliwa alternatywne, łącząc go z odpadowym dwutlenkiem węgla wytwarzanym z innych procesów technologicznych. Możemy tworzyć paliwa alternatywne lub syntetyczne takie jak metanol czy eter dimetylowy. Żegluga morska już teraz jest zainteresowana takimi rozwiązaniami, ponieważ produkuje silniki na metanol – zwraca uwagę prof. Jacek Gębicki.

WIETRZNE KOŁOSY NA BAŁTYKU

Jednym z podstawowych filarów polskiej transformacji energetycznej jest rozwój energetyki wiatrowej, która od samego początku funkcjonuje w założeniu zróżnicowanych i przyjaznych źródeł energii. Mieszkamy w tak uprzywilejowanym, bo wietrznym regionie, że wystarczy ruszyć się nieco z Trójmiasta, aby zobaczyć, jak zmienia się pod tym względem krajobraz.

– Polska obecnie przechodzi dynamiczną transformację energetyczną, radykalnie zmniejszając swoją zależność od paliw kopalnych, dywersyfikując źródła energii, co przekłada się na wzrost bezpieczeństwa energetycznego kraju. Warto zauważyć, że w 2024 roku udział odnawialnych źródeł energii osiągnął rekordowy poziom 30 proc., podczas gdy udział energii z węgla spadł do 57 proc. Struktura miksu energetycznego ulega więc istotnym zmianom – według rządowych prognoz udział OZE ma wzrosnąć do ponad 55 proc. do 2030 roku. Aby ten cel osiągnąć, potrzebne są inwestycje sięgające około 800 miliardów złotych oraz spójne i stabilne polityki wspierające rozwój zielonej energii. Kluczo-

wą rolę w realizacji tych planów odegrają farmy wiatrowe oraz energetyka jądrowa – nadmieniamy **dr hab. inż. Michał Wójcik, prof. PG**, dyrektor Centrum Morskiej Energetyki Wiatrowej PG.

Pieniądze to jedno, jednak potrzebne są też zmiany prawne, które nie tylko umożliwią rozwój infrastruktury, ale przyspieszą ten proces. Tak w ostatnim czasie stało się w przypadku energetyki wiatrowej i tzw. ustawy wiatrakowej, która obniżyła minimalną odległość turbin od zabudowań mieszkalnych z 700 do 500 metrów, a to może w krótkiej perspektywie czasowej powiększyć dostępność inwestycyjną nawet o połowę. Ekspansja wiatrowa nie dotyczy jednak wyłącznie lądu – nasz region bierze udział bowiem w rozwoju morskiej energetyki wiatrowej.

– W 2015 roku osiągnięto moc 5 GW, a dziś dysponujemy niemal dwukrotnie większym potencjałem. Plany na przyszłość są ambitne – zakłada się, że do 2040 roku moc lądowej energetyki wiatrowej wzrośnie do 20 GW. Jeszcze większy potencjał dostrzegany jest w sektorze morskim. Polska planuje rozwój morskiej energetyki wiatrowej na Bałtyku – pierwsza farma ma rozpocząć produkcję energii już w 2026 roku. W ramach pierwszego etapu planowana jest moc na poziomie 6 GW do 2030 roku, a kolejne 11 GW ma zostać osiągnięte do 2040 roku. Wody Bałtyku objęto już planem zagospodarowania przestrzennego polskich obszarów morskich. Obecnie na polskich wodach realizowanych jest 19 projektów morskich farm wiatrowych, dla których wydano pozwolenia lokalizacyjne. Warto wymienić trzy kluczowe przedsięwzięcia: Baltic Power – projekt Orlenu realizowany we współpracy z kanadyjskim Northland Power, obejmujący budowę 78 turbin o mocy 15 MW każda; Baltica 2 i 3 – inwestycja PGE we współpracy z duńskim Ørstedem, zakładająca montaż 107 turbin o mocy 14 MW; oraz projekt realizowany przez Polenergię we współpracy z norweskim Equinorem – podkreśla prof. Michał Wójcik.

Naukowcy wśród zalet wiatraków stawianych na akwenach wymieniają przede wszystkim stabilniejszą pogodę z silniejszymi wiatrami, ale również brak restrykcji i ograniczeń przestrzennych w przypadku stawiania nowych instalacji. Przed jakimi wyzwaniami inżynierskimi stoi jednak ten sektor energetyki?

– Zmienność wiatru powoduje okresowe niedobory lub nadmiary energii, co wymaga rozwoju zaawansowanych systemów magazynowania – obok baterii litowo-jonowych poszukiwane są rozwiązania wykorzystujące sprężone powietrze czy technologie wodorowe. Farmy wiatrowe powstają często z dala



Stanowisko badawcze łopaty turbiny wiatrowej / Fot. Krzysztof Mystkowski

od głównych centrów odbioru energii, co wymusza budowę nowych linii przesyłowych. Dodatkowo hałas, wpływ na środowisko, wysokie koszty inwestycji i złożone procedury administracyjne stanowią istotne bariery, które wymagają współpracy rządu, sektora prywatnego i społeczności lokalnych. My, jako inżynierowie i naukowcy, stoimy również przed szeregiem wyzwań w tym obszarze – jednym z nich jest zwiększanie sprawności turbin (obecnie jest on na poziomie 35–50 proc.), które wymaga opracowania nowych konstrukcji łopat oraz stosowania lepszych materiałów, pozwalających efektywnie wykorzystywać także słabszy wiatr. Kluczowe znaczenie ma wdrażanie inteligentnych systemów zarządzania farmami, opartych na sztucznej inteligencji, uczeniu maszynowym i technologiach cyfrowych bliźniaków – rozwiązania te umożliwiają monitorowanie i optymalizację pracy turbin w czasie rzeczywistym, co przekłada się na obniżenie kosztów eksploatacji – zwraca uwagę prof. Michał Wójcik.

Ponadto cały czas aktualnym zagadnieniem jest problem recyklingu turbin, a zwłaszcza kompozytowych łopat. Warto nadmienić, że środowisko morskie stawia również o wiele większe wyzwania konstrukcyjne. Mówimy bowiem o konstrukcji składającej się z wieży o średnicy dochodzącej do nawet 11 m i mierzącej nawet 250 m. Do tego dochodzi gondola ważąca nawet 900 ton z wirnikiem, które-

go łopaty dochodzą do 120 m. Wszystko to stoi na monopalu wbitym w dno morskie i musi oprzeć się otaczającym ekstremalnym warunkom.

Potrzebujemy więc ścisłej współpracy między światem inżynierii a przemysłem, a nasz region, wraz z zapleczem uczelnianym i biznesowym, powinien wykorzystać swoje położenie, stawiając na rozwój nowych technologii i monitorowanie tych procesów. W tym celu na Politechnice Gdańskiej stworzono Centrum Morskiej Energetyki Wiatrowej odpowiadające za rozwój wiedzy i technologii, które angażuje się w szereg projektów.

– Szczególnie warto wspomnieć o projektach DigiWind i HybridWind. DigiWind, realizowany w ramach międzynarodowej współpracy, ma na celu wspólne przeszkolenie setek studentów i specjalistów w zakresie nowoczesnych technologii cyfrowych – kluczowych dla zielonej transformacji. Już w październiku 2025 roku na Wydziale Inżynierii Mechanicznej i Okrętownictwa ruszy w ramach projektu nowy kierunek studiów II stopnia – Smart Renewable Energy Engineering. Program ten łączy zaawansowane technologie cyfrowe z inżynierią energetyki wiatrowej, przygotowując absolwentów do pracy w dynamicznie rozwijającym się sektorze offshore. Z kolei projekt HybridWind ma na celu opracowanie zaawansowanego systemu monitorowania i diagnostyki turbin wiatrowych w zmiennych warunkach

“

Potrzebujemy ścisłej współpracy między światem inżynierii a przemysłem, a nasz region, wraz z zapleczem uczelnianym i biznesowym, powinien wykorzystać swoje położenie, stawiając na rozwój nowych technologii i monitorowanie tych procesów. W tym celu na Politechnice Gdańskiej stworzono Centrum Morskiej Energetyki Wiatrowej.

temperaturowych, z wykorzystaniem technologii cyfrowego bliźniaka. Dzięki nowoczesnym modelom numerycznym, algorytmom sztucznej inteligencji i uczeniu maszynowemu możliwe będzie przewidywanie awarii, co pozwoli ograniczyć koszty operacyjne i wydłużyć żywotność instalacji – mówi prof. Michał Wójcik.

WYKORZYSTAĆ SZANSĘ

Naukowcy są w zasadzie zgodni, że stoimy obecnie przed kluczowymi inwestycjami, które mogą

zabezpieczyć nasz system energetyczny i pomóc uniezależnić się od innych krajów, a Pomorze będzie odgrywało w tym procesie kluczową rolę.

– Obecnie w krajowych planach rozwoju energetyki jest wdrożenie trzech gigawatów mocy elektrycznej płynących z elektrowni jądrowej i ok. trzynastu gigawatów mocy z instalacji wiatrowych na morzu. To wszystko zasili w prąd nasz region pomorski. Z kolei jako region potrzebujemy do swojej egzystencji ok. 1 gigawata mocy, a więc będziemy mieć nadatki energii elektrycznej w regionie i będziemy mogli czuć się swobodnie. Mam nadzieję, że będziemy dużą część tej energii konsumować lokalnie, ale jeszcze dużo jej zostanie, aby przesyłać dalej. Jest to ogromny potencjał, ale mówimy tutaj o perspektywie długofalowej wdrożenia – ponad 5 lat w przypadku wiatraków i ponad 10 lat w przypadku energetyki jądrowej. Należy pamiętać, że dziś importujemy energię – zaledwie w 60 proc. generujemy ją sami – mówi prof. Dariusz Mikieliewicz.

Zrozumieć to muszą politycy nie tylko władz centralnych, ale także lokalnych. Niezależnie bowiem jak będzie zmieniać się sytuacja geopolityczna w naszej części Europy i czy uda się oddalić widmo wojny, jako region nadmorski stoimy w uprzywilejowanej sytuacji, która wymaga jednak mądrych decyzji w obszarze badań naukowych, przemysłu i biznesu, a także zmian infrastrukturalnych.

– Na Pomorzu ma powstać elektrownia atomowa oraz morskie i lądowe farmy wiatrowe. Z obliczeń wynika, że nasz rejon będzie wytwarzać ok. 1/3 całej energii elektrycznej produkowanej w Polsce, a więc zamienimy się miejscami ze Śląskiem, stając się zagłębiem energetycznym – dodaje prof. Jacek Gębicki.

■ Piotr Kallalas



prof. dr hab. inż.
Dariusz Mikieliewicz
prorektor ds. nauki, Instytut
Energii, Wydział Inżynierii
Mechanicznej
i Okrętownictwa



dr hab. inż. Marcin
Jaskólski, prof. PG
pełnomocnik rektora PG
ds. energetyki jądrowej,
Wydział Elektrotechniki
i Automatyki



prof. dr hab.
Ewa Klugmann-
Radziemska
Katedra Konwersji
i Magazynowania Energii,
Wydział Chemiczny



dr hab. inż. Jacek
Gębicki, prof. PG
dyrektor Centrum
Technologii Wodorowych



dr hab. inż. Michał
Wójcik, prof. PG
dyrektor Centrum
Morskiej Energetyki
Wiatrowej

INŻYNIERIA W SŁUŻBIE ZDROWIU

Cementy kompozytowe stosowane w implantologii, płynna biopsja, nowoczesne opatrunki regeneracyjne czy wreszcie system rejestrujący i uzupełniający dokumentację medyczną – to tylko niektóre rozwiązania, nad którymi pracują zespoły badawcze Politechniki Gdańskiej w ścisłej współpracy z ośrodkami medycznymi. Dzięki temu tu i teraz zmieniają się możliwości diagnostyczne i terapeutyczne, z których skorzystają pacjenci.



Fot. Edyta Pilat

W jednym z filmów z gatunku science fiction mieszkańcy odległego czasowo świata dokładnie wiedzą, na jakim etapie swojego życia zachorują. Jedyne, co muszą zrobić, to stawić się w wyznaczonym dniu i godzinie do szpitala, aby przyjąć leczenie, które powstrzyma wygenerowanie pierwszej mutacji. Oglądając takie produkcje, zdajemy sobie sprawę, że mówimy nadal o czymś odległym, kosmicznym i utopijnym, ale już teraz trwają zaawansowane badania, których celem jest wykrycie zmian patologicznych jeszcze przed powstaniem faktycznego nowotworu.

Mgr inż. Krzysztof Pastuszek z Katedry Algoritmów Modelowania Systemów WETI zajmuje się wczesną diagnostyką onkologiczną, która jednak nie dotyczy technik obrazowania, a analizy marke-

rów nowotworowych z krwi. W tym celu badane są możliwości wykonywania tzw. płynnej biopsji.

– W klasycznej biopsji pobieramy tkanki, jest to badanie inwazyjne, które wiąże się z ryzykiem i nie zawsze możemy je wykonać, np. ze względu na trudną lokalizację zmian. Płynna biopsja polega na pobraniu materiału – najczęściej jest to krew, ale może być to również moczu czy wymaz – w kontekście poszukiwań markerów sygnalizujących rozwijającą się chorobę – tłumaczy mgr inż. Krzysztof Pastuszek.

Chcemy bowiem zobaczyć coś, czego faktycznie zobaczyć się jeszcze nie da i to nawet okiem uzbrojonym w rezonans magnetyczny czy tomografię komputerową. Tym samym naukowcy nie skupiają się na pacjentach objawowych, a na chorych na niezwykle wczesnym etapie nowotworzenia.



“

Zastosowanie biomateriałów stanowi jeden z najbardziej wyrazistych obszarów współpracy medyków i inżynierów. Jako przykład mogą tu posłużyć cementy kostne – ceramiczne i polimerowe.

– W przypadku testów przesiewowych obiecującymi badaniami są te, które opierają się na materiale genetycznym. Można patrzeć na krążące DNA, a także analizy profili RNA płytek krwi, które kojarzą się z procesem krzepnięcia, natomiast biorą one udział w skomplikowanych reakcjach immunologicznych i bardzo mocno oddziałują z nowotworem. Większość badań poświęconych płynnym biopsjom skupia się na DNA, którego jednak nie mają płytki krwi. W naszej pracy zajęliśmy się więc RNA, które pokazuje dynamikę produkcji różnych czynników. Na podstawie profili RNA próbujemy rozszyfrować, czy pacjent jest chory, czy nie – zaznacza mgr inż. Krzysztof Pastuszak.

Idealnym rozwiązaniem byłoby zastosowanie testów, które wykrywałyby wiele typów nowotworów. Obecnie naukowcy, wykorzystując uczenie maszynowe, szukają wzorców zwiększających możliwości diagnostyczne. Co ciekawe, zastosowanie tego typu rozwiązań przestaje brzmieć już jak wymysł reżysera. Technologia przedostaje się do sektora świadczeń medycznych i zaczyna być wykorzystywana w szpitalach.

– Tradycyjna biopsja zawsze jest bardziej dokładna, ale nie nadaje się na test przesiewowy. Celem jest bowiem dotarcie do dużej liczby osób. Wyniki prac są obiecujące. Medycyna stoi przed wyzwaniem stworzenia uniwersalnych testów wykrywających wiele rodzaje nowotworów. Problem jest taki, że w przypadku różnych typów nowotworów ten krążący materiał pojawia się na różnym etapie – czasem wcześniej, czasem dopiero na wysokim poziomie zaawansowania choroby. Natomiast już

w USA pojawiły się pierwsze oparte na płynnych biopsjach testy dopuszczone do sprzedaży i użytku – oczywiście nie wykrywają wszystkich chorób, ale przynajmniej kilkanaście rodzajów – dodaje mgr inż. Krzysztof Pastuszak.

JAK USPRAWNIĆ KONTAKT LEKARZA Z PACJENTEM

Nowe technologie medyczne nie zawsze muszą łączyć się z przełomowymi terapiami onkologicznymi czy spektakularną diagnostyką. Czasem nowoczesne podejście inżynierskie może wpłynąć na poprawę codziennej jakości świadczeń czy komunikację między lekarzem a pacjentem. Za przykład takiego działania może posłużyć projekt Admedvoice, który jest przygotowywany od 2023 roku i stanowi owoc wsluchiwania się naukowców w bieżące potrzeby medyków.

– Jego założeniem jest opracowanie systemu rejestrowania przebiegu pracy lekarzy z pacjentami w tzw. sytuacjach klinicznych. Chodzi o umożliwianie nagrywania rozmów przeprowadzanych w sytuacjach klinicznych takich jak wizyty lekarskie, przeprowadzane badania, przyjęcia na kliniczny oddział ratunkowy, akcje reanimacyjne czy przeprowadzane operacje i przetworzenie ich do ustrukturyzowanej postaci. Zapis rozmowy między lekarzem a pacjentem lub między personelem medycznym podlega transkrypcji, a następnie strukturyzacji do postaci formularzy, zawierających najważniejsze, z punktu widzenia lekarza, informacje o pacjencie – mówi **mgr inż. Franciszek Górski** z WETI.

Obecny system zdrowotny w Polsce boryka się z brakiem kadr medycznych, przy jednoczesnym stałym zwiększaniu się liczby pacjentów. Medyk obecnie nie ma czasu na wiele czynności, a podczas wizyty musi z jednej strony skupić się na chorym, a z drugiej strony zlecić niezbędne czynności i wprowadzić wszystko do programu.

– Nasze rozwiązania wykorzystują najnowsze architektury sieci neuronowych i techniki inferencji. Do transkrypcji rozmów korzystamy z neuronowych systemów automatycznego rozpoznawania mowy, specjalnie dotrenowanych na przygotowanych przez nasze zespoły korpusach nagrań mowy medycznej w języku polskim. Dodatkowo opracowaliśmy system pozwalający na poprawę błędów w transkrypcji przez oddzielny model językowy. Do strukturyzacji transkrypcji wykorzystujemy duże modele językowe, które wykazują wysoką dokładność w klasyfikacji tekstów medycznych w języku polskim bez procesu dodatkowego dotrenowania.



NAUKOWCY PG W SŁUŻBIE MEDYCyny

prof. dr hab. inż. Jacek Rumiński

Naukowiec, inżynier i nauczyciel
w dziedzinie inżynierii biomedycznej,
inżynierii komputerowej i informatyki.

Jest kierownikiem Katedry Inżynierii

Biomedycznej na Wydziale Elektroniki, Telekomunikacji i Informatyki. Członek Komitetu Biocybernetyki i Inżynierii Biomedycznej Polskiej Akademii Nauk, przewodniczący Rady Naukowej Polskiego Stowarzyszenia Sztucznej Inteligencji oraz członek Human Factor Committee of IEEE IES. Jego tematy badawcze dotyczą głównie obrazowania medycznego, przetwarzania obrazu, metod uczenia maszynowego i eksploracji danych, interakcji człowiek-system oraz technologii wspomagania jakości życia. Był koordynatorem lub głównym wykonawcą w około 20 projektach, które otrzymały wiele nagród, w tym za najlepsze prace na konferencjach, za innowacje (łącznie ponad 25 nagród i medali), a także nagrodę Andronicosa G. Kantsiosa. Prof. Rumiński jest autorem ponad 200 artykułów, kilku zgłoszeń patentowych i patentów. W większości prowadzonych badań wykorzystuje metody uczenia maszynowego oraz rozwój nowych algorytmów w tym zakresie. Jest współzałożycielem i prezesem Klubu Zatoka Sztucznej Inteligencji AI Bay.



dr hab. Michał Kucewicz, prof. PG

Specjalizuje się w elektrofizjologii
pamięci i funkcjach poznawczych mózgu.

W Katedrze Systemów Multimedialnych na

Wydziale Elektroniki, Telekomunikacji

i Informatyki PG stworzył laboratorium Elektrofizjologii Mózgu i Umysłu. Współpracuje też z Mayo Clinic w USA, gdzie prowadzi m.in. badania nad pamięcią, pracując z pacjentami z padaczką. Realizuje multidyscyplinarne projekty, które rozwijają technologię elektrycznej stymulacji mózgu w celu poprawy pamięci u pacjentów cierpiących na epilepsję, chorobę Parkinsona i inne zaburzenia neurodegeneracyjne. Od 2021 roku bierze udział w pionierskich operacjach mózgu w Polsce, w trakcie których, przy pomocy specjalnych elektrod wszczepionych głęboko w mózgu pacjenta, rejestruje sygnały podczas kodowania i przywracania śladów pamięci w umyśle. Celem jego badań jest odkrycie aktywności bioelektrycznej mózgu leżącej u podstaw ludzkich koncepcji, myśli czy świadomości.



W ten sposób opracowaliśmy system pozwalający z wysoką dokładnością na transkrypcję i strukturyzację tekstów medycznych pochodzących z nagrań poszczególnych sytuacji klinicznych – wyjaśnia mgr inż. Franciszek Górski.

Naukowcy zakończyli obecnie drugą fazę projektu, a przed nimi etap badań przedklinicznych. W przypadku ich powodzenia, w ciągu dwóch lat rozpocznie się pilotażowe wdrożenie systemu w Uniwersyteckim Centrum Klinicznym.

MATEMATYKA W SŁUŻBIE DIAGNOSTYKI

Tworzenie biomateriałów czy poszukiwanie nowych rozwiązań biotechnologicznych, ale także bioinformatycznych to dość wyraźne połączenie świata inżynierii i medycyny. Okazuje się jednak, że w technologiach medycznych może zostać wykorzystana z powodzeniem czysta matematyka.

– Opracowujemy i rozwijamy nowe metody matematyczne, oparte między innymi na teorii chaosu i topologii, które z powodzeniem wykorzystujemy na przykład w diagnostyce chorób serca. Nasz zespół ściśle współpracuje w tym zakresie z Gdańskim Uniwersytem Medycznym oraz Uniwersytem Gdańskim w ramach Związku Uczelni Fahrenheita – mówi **prof. dr hab. Grzegorz Graff** z Instytutu Matematyki Stosowanej WFTiMS i dodaje: – Diagnostyka medyczna to obszar wymagający interdyscyplinarnego podejścia oraz ścisłej współpracy lekarzy, inżynierów, fizyków i matematyków. W naszym przypadku punktem wyjścia jest analiza rytmu serca, ale nasze badania obejmują również ciśnienie tętnicze oraz oddech. Już same dane EKG dostarczają wielu cennych in-



“

Opracowujemy i rozwijamy nowe metody matematyczne, oparte między innymi na teorii chaosu i topologii, które z powodzeniem wykorzystujemy na przykład w diagnostyce chorób serca.

formacji o stanie organizmu, natomiast dodatkowe informacje o ciśnieniu i oddechu umożliwiają znacznie dokładniejsze określenie stanu zdrowia pacjenta.

Naukowiec wskazuje, że jednym z kluczowych wyzwań w analizach jest interpretacja zapisu oddechu. Zrozumienie zależności w jego strukturze może otworzyć nowe możliwości diagnostyczne. W tym zakresie badacze współpracują z Instytutem Maxa Plancka w celu stworzenia klasyfikacji wzorców oddechowych. Wróćmy jednak do narzędzi, jak można wykorzystać topologię w diagnostyce chorób?

– Okazuje się, że rozwijająca się obecnie bardzo dynamicznie gałąź topologii, jaką jest topologiczna analiza danych (TDA), dostarcza uniwersalnych metod, które znajdują zastosowanie w różnych dziedzinach – od medycyny po ekonomię. TDA zajmuje się analizą kształtu danych i pozwala odkryć unikalne wzorce, które mogą umykać przy stosowaniu tradycyjnych technik analizy sygnałów. Co więcej, metoda ta jest odporna na zakłócenia i szumy. Wykorzystując analizę w przestrzeni wielowymiarowej, możemy dostrzec relacje i zależności, które nie byłyby widoczne w klasycznej analizie jedno- czy dwuwymiarowej. Z powodzeniem stosowaliśmy już TDA do badania wyników EKG, a obecnie rozszerzamy jej zastosowanie na pomiary ciśnienia tętniczego oraz parametrów oddechowych – wyjaśnia prof. Grzegorz Graff.

W swojej pracy zespół naukowców skupia się również na zagadnieniu bezdechu nocnego, który jest stosunkowo powszechnym zjawiskiem wiążącym się

ze zwiększonym ryzykiem incydentów sercowo-naczyniowych.

– Analiza sygnałów EKG i ciśnienia pacjenta w ciągu dnia może dostarczyć informacji, które pozwolą przewidzieć ryzyko wystąpienia bezdechu w nocy. Jak udało się nam wykazać, w ciągu dnia rytm oddychania u pacjentów z nocnymi bezdechami również jest zmieniony, aktualnie pracujemy nad opatentowaniem nowatorskiej metody diagnostyki tego schorzenia bazującej na tym spostrzeżeniu – nadmienia prof. Grzegorz Graff.

BIOKOMPOZYTY O NAJLEPSZYCH WŁAŚCIWOŚCIACH

Rozwój pracy inżynierów tworzących technologie mające zastosowanie w świecie medycznym jest możliwy tylko przy ścisłej współpracy obu światów. Naukowcy opracowują rozwiązania, jednak to personel medyczny daje sygnał, co tak naprawdę jest potrzebne – zarówno w kwestii ulepszania diagnostyki czy rozwiązań terapeutycznych, jak i usprawnienia pracy lekarzy.

– Interdyscyplinarność jest bardzo istotna w mojej pracy naukowej. Sama inżynieria biomateriałowa integruje fizykę, chemię i biologię, umożliwiając opracowywanie nowych materiałów dla zastosowań medycznych. Przy każdej okazji staramy się rozmawiać z naszymi partnerami ze świata medycznego, aby zrozumieć omawiany problem i możliwości jego poprawy. Choć opracowujemy innowacyjne technologie, ich wdrożenie wymaga dostosowania do praktycznych potrzeb chirurgów i użytkowników końcowych. Dlatego tak istotna jest wiedza, czego oni oczekują, aby to ostatecznie było rozwiązanie użyteczne – mówi **dr inż. Marcin Wekwejt** z Zakładu Technologii Biomateriałów WIMiO.

To właśnie zastosowanie biomateriałów stanowi jeden z najbardziej wyrazistych obszarów współpracy medyków i inżynierów. Jako przykład mogą tu posłużyć cementy kostne – ceramiczne i polimerowe, które są aplikowane np. w formie wstrzykiwalnej, by następnie ulec związaniu i móc wypełnić złamanie, doprowadzić do stabilizacji i mocowania implantu, a finalnie rozpocząć regenerację tkanek.

– W naszych badaniach opracowujemy nowe rodzaje cementów, tzw. cementy kompozytowe – uzyskiwane przez połączenie dwóch podstawowych grup biomateriałów: polimerów i ceramiki. W rezultacie powstaje materiał „dwufazowy”, łączący cechy ceramiki i polimerów, co skutkuje efektem synergii. Przyjmując ogólnie, ceramika wykazuje wysokie właściwości bioaktywne i może pobudzać regenerację



prof. dr hab. inż. Jerzy Wtorek

Naukowiec z Katedry Inżynierii Biomedycznej na Wydziale Elektroniki, Telekomunikacji i Informatyki. Realizuje

projekty badawcze skoncentrowane na

doskonaleniu nieinwazyjnych metod diagnostyki układu oddechowo-krążeniowego. Wspólnie z zespołami PG i GUMed prowadzi badania dotyczące właściwości sygnału elektrokardiograficznego w monitorowaniu oddechu, dążąc do opracowania procedury pomiarowej uwzględniającej różnorodność osobniczą pacjentów. Kolejne jego badania dotyczą przetwarzania sygnałów EKG i fotopletyzmoğraficznego w celu opracowania metod ciągłego, nieinwazyjnego pomiaru ciśnienia tętniczego. Wśród projektów, nad którymi pracuje, znajdują się również: przyrząd do biopsji zachowujący integralność próbki; metoda i urządzenie do oceny krążenia w układzie pokarmowym (szczególnie jelit podczas zabiegów chirurgicznych), a także ocena krążenia krwi w zespolonych płatach skórnych po usunięciu rozległej zmiany nowotworowej.



dr inż. Sebastian Cygert

Jest adiunktem w Katedrze Systemów Multimedialnych na Wydziale Elektroniki, Telekomunikacji

i Informatyki. Specjalizuje się w dziedzinie

sztucznej inteligencji. Jego badania skupiają

się na opracowywaniu wiarygodnych i adaptowalnych modeli uczenia maszynowego. W odróżnieniu od modeli statycznych, które pozostają niezienne w czasie, charakteryzują się one zdolnością do samodzielnej adaptacji i efektywnej pracy w zmieniającym się środowisku. Tego typu algorytmy znajdują zastosowanie m.in. w medycynie – służą do analizy obrazów medycznych i muszą adaptować się do nowych chorób, takich jak np. nowe wirusy, oraz zmian w schorzeniach już istniejących. Dr inż. Sebastian Cygert zaangażowany jest w projekt Admedvoice pod kierownictwem prof. Andrzeja Czyżewskiego. Współpracuje również z Gdańskim Uniwersytetem Medycznym nad projektem wczesnej diagnostyki nowotworów przy użyciu biopsji płynnych oraz zastosowaniu metody *deep learning*. Pozwala on na wczesne wykrycie nowotworu, określenie jego pochodzenia oraz wsparcie procesu podejmowania decyzji przez lekarzy. Badania dr. Cygerta publikowane były na wiodących konferencjach AI (m. in. NeurIPS, ICLR, ECCV).

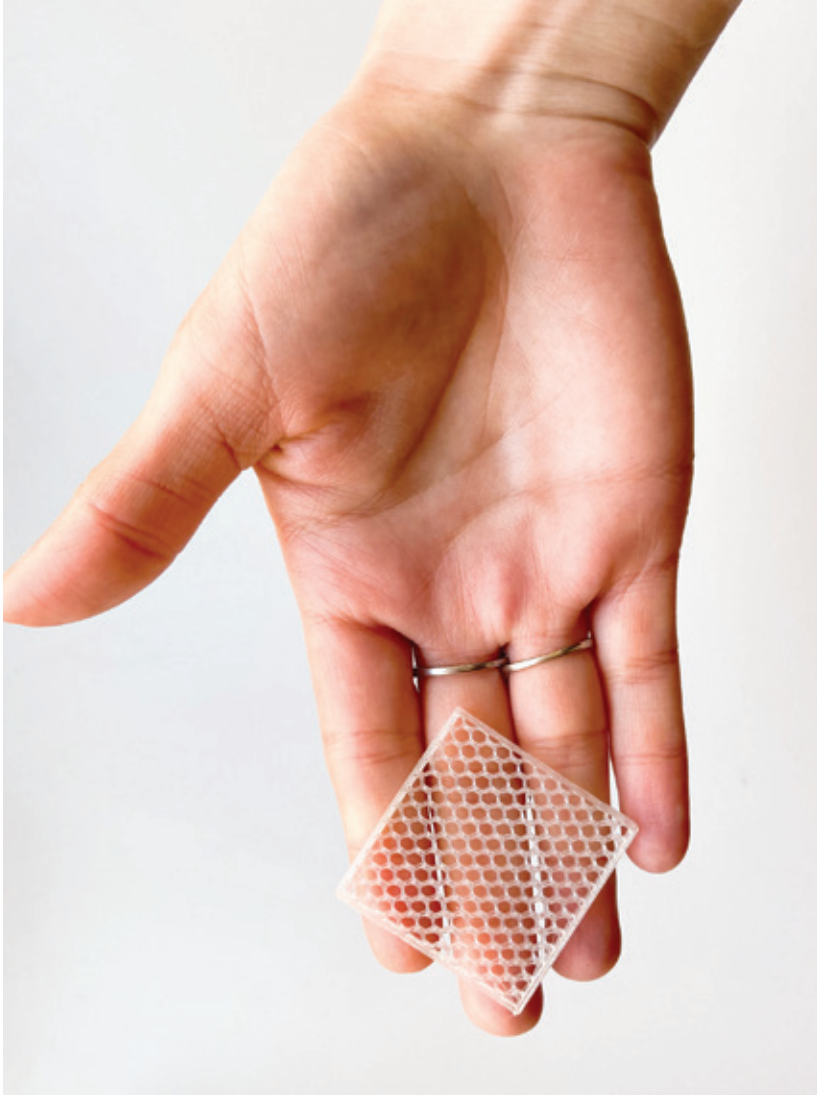
tkanek, z kolei polimery mają ciekawe właściwości użytkowe oraz plastyczne – mówi dr inż. Marcin Wekwejt.

W przypadku rozwiązań polimerowych wyzwaniem jest modyfikacja materiału syntetycznego w celu uzyskania nowych i korzystnych, z punktu widzenia rekonwale-scencji pacjenta, cech. Chodzi między innymi o uzyskanie częściowej biodegradowalności czy właściwości antybakteryjnych. Inne wyzwania stawiają przed naukowcami cementy ceramiczne.

– Po doktoracie rozpocząłem pracę nad cementami ceramicznymi – skupiając się na fosforanie magnezu – które wykazują cechy wspomagające leczenie defektów, idące w kierunku aktywnej ich regeneracji, co jest szczególnie istotne przy osteoporozie. Natomiast cementy ceramiczne, w tym fosforan magnezu, wykazują ograniczoną wstrzykiwalność i niską kohezję (zdolność do utrzymywania swojej integralności w środowisku wodnym) oraz znaczną kruchość, stąd zdecydowaliśmy się zmodyfikować je poprzez wprowadzenie komponentu hydrożelowego – tworząc kompozyt. Należy podkreślić, że opracowane przez nas cementy łączą dwa procesy utwardzania: reakcję hydrauliczną ceramiki oraz sieciowanie hydrożeli, co pozwala na korzystniejsze sterowanie ich właściwościami – tłumaczy dr inż. Marcin Wekwejt.

Badacz obecnie pracuje w Kanadzie, gdzie prowadzi badania w ramach programu BEKKER (NAWA), w Zespole Biomateriałów i Bioinżynierii prof. Diega Mantovaniego na Uniwersytecie Laval. Tam w zespole naukowców jest przygotowywany nowy system implantologiczny, tzw. kotwica tkankowa.

– System ten obejmuje metalowy scaffold, wypełniony bioaktywnym hydrożelem, który wspomaga regenerację kości i stabilizację implantu. Kiedy mamy kotwicę tkankową i zamocujemy ją do kości o złej jakości, ten implant nie będzie stabilny, a ma służyć jako mocowanie do tkanek miękkich: ścięgien, więzadeł czy łękotek. Dlatego aktywnie pracujemy nad nowym systemem. Nasze rozwiązanie oparliśmy na biodegradowalnym metalu, a moim głównym zadaniem będzie jego wypełnienie bioaktywnym hydrożelem chitozanowym, który ma właściwości antybakteryjne, oraz jego dalsza modyfikacja poprzez wprowadzenie magnezu, który dodatkowo ma pobudzać tkankę kostną



do regeneracji. Chcemy stworzyć biokompozyt, jako integralną część implantu, posiadający jak najlepsze właściwości wobec potrzeb współczesnej medycyny – dodaje dr inż. Marcin Wekwejt.

NIEOGRANICZONE MOŻLIWOŚCI POLIMERÓW

Polimery ze względu na swoje właściwości i cechy są wykorzystywane również w licznych obszarach medycyny jako nośniki substancji czynnych, elementy opatrunków, ale także wspomniane już wcześniej implanty. W połączeniu z substancjami aktywnymi mogą służyć procesom regeneracyjnym, a także stworzyć bakteriostatyczną ochronę zabezpieczającą rany.

– W ramach współpracy z Pracownią Inżynierii Tkankowej i Medycyny Regeneracyjnej Gdańskiego Uniwersytetu Medycznego opracowaliśmy innowacyjne opatrunki wielowarstwowe do leczenia trudno gojących się ran. Te hybrydowe materiały składały się z hydrożelowej warstwy zawierającej substancje aktywne oraz rusztowania wykonanego z termopla-

stycznego poliuretanu zapewniającego stabilność opatrunku. Co istotne, dzięki wykorzystaniu technologii druku 3D każdy opatrunek ma szansę być dostosowany do indywidualnych potrzeb pacjenta. Opracowane struktury składały się z kilku warstw zawierających między innymi antybiotyki, witaminę C czy kolagen, mających na celu przyspieszenie procesu regeneracji – mówi **dr hab. inż. Justyna Kucińska-Lipka, prof. PG**, prorektor ds. rozwoju.

Wszystko to wpisuje się w zindywidualizowane techniki leczenia, w których odpowiednie rozwiązania inżynierskie „szyje się” na miarę zarówno względem jednostek chorobowych, jak i samych pacjentów.

– Polimery odgrywają kluczową rolę w nowoczesnej medycynie dzięki swoim unikalnym właściwościom biologicznym. Odpowiednio dobrane, wykazują wysoką biokompatybilność i mogą być stosowane zarówno jako trwałe implanty, takie jak elementy rozruszni-



Fot. Edyta Piliat

ków serca, siatki chirurgiczne, śruby czy płytki, jak również w postaci biodegradowalnych struktur. Te ostatnie ulegają kontrolowanej degradacji w tempie dostosowanym do procesów regeneracji tkanek, co pozwala na ich stopniowe zastępowanie przez nowo powstającą tkankę. Dzięki odpowiedniemu zaprojektowaniu materiałów polimerowych jesteśmy w stanie



mgr inż. Krzysztof Pastuszak

Katedra Algorytmów i Modelowania Systemów, Wydział Elektroniki, Telekomunikacji i Informatyki



mgr inż. Franciszek Górski

doktorant w Katedrze Systemów Multimedialnych, Wydział Elektroniki, Telekomunikacji i Informatyki



prof. dr hab. Grzegorz Graff

Zakład Równań Różniczkowych i Zastosowań Matematyki, Wydział Fizyki Technicznej i Matematyki Stosowanej



dr inż. Marcin Wekwejt

Zakład Technologii Biomateriałów, Wydział Inżynierii Mechanicznej i Okrętownictwa



dr hab. inż. Justyna Kucińska-Lipka, prof. PG

prorektor ds. rozwoju, Katedra Technologii Polimerów, Wydział Chemiczny



mgr inż. Jakub Baczyński-Keller

doktorant w Katedrze Biotechnologii i Mikrobiologii, Wydział Chemiczny

precyzyjnie regulować tempo uwalniania substancji czynnych oraz kontrolować biodegradowalność wyrobów, które po spełnieniu swojej funkcji ulegają rozkładowi, eliminując ryzyko ich zalegania w organizmie – dodaje prof. Justyna Kucińska-Lipka.

Kolejnym obszarem zastosowania polimerów jest kardiologia i kardiochirurgia, gdzie wykorzystuje się polimerowe powłoki na stenty, które po umieszczeniu w naczyniach uwalniają substancje lecznicze zapobiegające kolejnym incydentom sercowo-naczyniowym.

– W ostatnich latach prowadziliśmy szereg projektów mających na celu opracowanie innowacyjnych biomateriałów. Jednym z kluczowych osiągnięć było stworzenie elementów do pomp wspomagających lewą komorę serca u pacjentów ze schyłkową niewydolnością serca. W tym celu wykorzystaliśmy modyfikowane poliuretany wzbogacone substancjami aktywnymi, które zapewniają długotrwałą stabilność materiału w środowisku biologicznym oraz kontrolowane uwalnianie substancji przeciwnazkrępowych – zaznacza prof. Justyna Kucińska-Lipka.

Co ciekawe, w tym wypadku ostatecznie wdrożenie nowych rozwiązań, z których skorzystają pacjenci, nie musi wiązać się z latami badań klinicznych. Naukowcy, prócz tworzenia nowych materiałów, korzystają również z tych, które zostały już dopuszczone do użytku medycznego. Modyfikacja takich produktów pozwala skrócić czas certyfikacji i przyspieszyć zastosowanie bezpośrednio w procesie terapeutycznym.

„MEDYCINA I NAUKA ROZWIJAJĄ SIĘ W NIESPOTYKANYM DOTĄD TEMPIE”

Naukowcy i klinicyści pokładają zresztą ogromne nadzieje w medycynie regeneracyjnej, a więc wspieraniu procesów odbudowy uszkodzonych tkanek i narządów, co ma na celu przyspieszenie gojenia

ran, a więc i skrócenie okresu rekonwalescencji po zabiegach i operacjach. W tym obszarze pracuje szereg zespołów – neurologów, genetyków, ale także inżynierów realizujących się w biotechnologii czy chemii.

– Medycyna regeneracyjna obejmuje różne strategie: od terapii komórkowych przez hodowle narządów po terapie epigenetyczne. Wykorzystując komórki macierzyste, biomateriały czy biologicznie czynne substancje, jesteśmy w stanie pobudzać naturalne procesy regeneracyjne. Ponadto rozwijane są technologie umożliwiające hodowlę tkanek i całych narządów w warunkach laboratoryjnych oraz wykorzystywanie modyfikowanych genetycznie narządów odzwierzęcych. Jeśli metody te staną się powszechnie dostępne, mogą znacząco zmniejszyć liczbę pacjentów oczekujących na przeszczep, dostarczając nowych źródeł narządów – wskazuje **mgr inż. Jakub Baczyński-Keller** z Wydziału Chemicznego.

Postęp medyczny nieoderwalnie łączy się również ze społecznymi obawami, nie brakuje lęku przed zbyt dużą ingerencją w ciało człowieka, manipulowaniem genami czy wykorzystaniem narządów w celach transplantacyjnych.

– Jako naukowcy mamy nie tylko obowiązek poszukiwania nowych rozwiązań, ale także odpowiedzialność za budowanie społecznego zrozumienia i akceptacji tych innowacji. Ciężko mówić o przeszczepach organów odzwierzęcych, kiedy na porządku dziennym negowana jest przydatność szczepień. Medycyna i nauka rozwijają się w niespotykanym dotąd tempie, ale bez prowadzenia otwartego i świadomego dialogu na temat ich możliwości ryzykujemy, że w pełni nie skorzystamy z tych osiągnięć – puentuje mgr inż. Jakub Baczyński-Keller.

■ Piotr Kallalas

WSPÓŁCZESNE MIASTA – EKONOMIA A ZRÓWNOWAŻONY ROZWÓJ



Fot. Krzysztof Mystkowski

„Jeśli obecne trendy wzrostowe światowej populacji, industrializacji, zanieczyszczenia, produkcji żywności i zużycia zasobów zostaną utrzymane, to w ciągu najbliższych stu lat osiągnięte zostaną granice wzrostu tej planety. Najbardziej prawdopodobnym skutkiem będzie raczej gwałtowny i niekontrolowany spadek zarówno liczebności populacji, jak i produkcji przemysłowej.”

(The Limits To Growth, 1972, s. 32)

Minęło ponad 50 lat od publikacji raportu Klubu Rzymskiego „Granice wzrostu” (1972), w którym powstał załączek definicji zrównoważonego rozwoju. Pokazano w nim między innymi kluczową rolę miast w uniknięciu kryzysu ekologicznego.

Nieformalna międzynarodowa organizacja, założona w 1968 roku, zrzeszająca naukowców, polityków i biznesmenów, zajmująca się badaniem globalnych problemów świata, w tym również związanych z zagrożeniami środowiska, wydała raport, który wstrząsnął opinią publiczną.

RAPORT ODRZUCONY

– „Granice wzrostu” dały podwaliny do myślenia o zrównoważonym rozwoju – mówi **dr inż. Robert Skrzypczyński**. – Tu warto zauważyć, że bardzo ciekawe wnioski raportu spotkały się z ogromną krytyką, a wręcz, w mojej ocenie, z wyparciem. Raport nie przełożył się na żadne polityki, a w gronach eksperckich został w większości uznany za zbyt pesymistyczny. I to jest interesujące, że raport został praktycznie zanegowany, jako zbyt katastroficzny i zbyt egzaltowany.



Fot. Agata Cymanowska

“

Urbaniści, architekci, analitycy, naukowcy są liderami i powinni wytyczać trendy w dziedzinie rozwoju projektowania, przekształcania infrastruktury miast, by powstały zdrowe ekosystemy miejskie.

– Co do sceptycznego podejścia do tego dokumentu, to analogiczne reakcje dotyczą raportów związanych ze zmianami klimatu i stanem środowiska. W nich także prognozowane są zmiany, które będą miały przełożenie na rozwój gospodarczy, na demografię i na nasz sposób życia – zwraca uwagę **dr hab. inż. arch. Katarzyna Zielonko-Jung, prof. PG.** – Dopiero po latach pogłębiania się kryzysu klimatycznego i niezbitych dowodów, że on jest, przychodzi refleksja, ale jest to niewątpliwie stracony czas.

– Wszyscy mówią, że należy coś zrobić i teoretycznie dużo się wokół tej sprawy dzieje. Tworzone są polityki, dokumenty, deklaracje, natomiast bardzo trudno o rzeczywiste rezultaty, zarówno jeżeli chodzi o przeciwdziałanie zmianom klimatu, jak i wyzwania związane ze zrównoważonym rozwojem – ocenia prof. Zielonko-Jung.

IDEA ZRÓWNOWAŻONEGO ROZWOJU

Koncepcja zrównoważonego rozwoju pojawiła się dziesięć lat po wydaniu raportu Klubu Rzymskiego.

– „Granice wzrostu” to modelowanie scenariuszy przyszłości, które dały podwaliny do myślenia o zrównoważonym rozwoju – mówi dr inż. Robert Skrzypczyński. – Oczywiście częściowo model, który został tam zastosowany, można po pięćdziesięciu latach uaktualnić i tak właśnie się robi. Dzisiaj część tych wniosków jest inna, ale co do zasady to jest ważny krok w debacie – podsumowuje badacz.

Raport sprzedał się w trzydziestu milionach egzemplarzy, a przetłumaczony został na ponad trzydzieści języków.

– Rzeczywiście był to początek dyskusji i podwaliny pod sformułowanie idei zrównoważonego rozwoju, która wówczas nie została jeszcze nazwana. Jej definicja zaczęła rozwijać się trochę później – potwierdza prof. Katarzyna Zielonko-Jung. – Zresztą idea ta wciąż jest w trakcie formułowania, ponieważ jest ona trudno uchwytna, łączy wiele wątków. Pewne wybijały się na pierwszy plan, po czym dochodziły następne, jako początkowo mniej rozpoznane, niedocenione lub w ogóle nowe, ale niemożliwe do pominięcia. W tej chwili zrównoważony rozwój definiowany jest przez pryzmat siedemnastu celów – dodaje.

– Za każdym razem, gdy słyszę o zrównoważonym rozwoju, to mam wrażenie, że mamy zestaw sformułowań, które nazywają zbliżone tendencje w różny sposób i mają pewien swój okres, w którym są bardziej i mniej nośne – mówi **dr hab. inż.**

Aleksander Orłowski, prof. PG. – Czy mówimy w miastach o zrównoważonym rozwoju, czy mówimy o *smart city*, czy dzisiaj mówimy o ochronie klimatu, one mają w znacznym stopniu odniesienie do sfery czysto komercyjnej. I niestety mam wrażenie, że my, mówiąc o zmianach klimatu, często posługujemy się, to o czym pani profesor mówiła: sloganami – pokazuje inną perspektywę prof. Orłowski.

NAUKOWCY WYTYCZAJĄCY TRENDY

– Pewne trendy są wyznaczone. Jednym z bardziej widocznych aktualnie jest troska

o błękitno-zieloną infrastrukturę miast – mówi prof. Katarzyna Zielonko-Jung. – Jeszcze do niedawna mówiliśmy o zieleni, w tej chwili dużo większy nacisk kładzie się na wodę oraz łączenie tych elementów w jeden spójny, bioróżnorodny, odporny system. Wracając do wątku rozwoju rozumienia idei zrównoważonego rozwoju w kontekście miast – to jest bardzo dobry przykład.

Miasta zmagają się z napięciem pomiędzy rozlewaniem się zabudowy miejskiej (*urban sprawl*), czyli procesu dekoncentracji populacji i zatrudnienia w mieście na rzecz gmin podmiejskich, a myśleniem o *compact city* jako zwartej, przemyślanej zabudowie.

– Teoretycznie rzecz biorąc, wiemy, co robić, by poprawić sytuację miast, jednak praktycznie wszystkie tendencje i wyzwania przegrywają z twarzą ekonomią – mówi prof. Katarzyna Zielonko-Jung. – Istnieje duża luka między deklaracjami a tym, co się rzeczywiście dzieje. Wiemy, że trzeba chronić błękitno-zieloną infrastrukturę i w pojedynczych decyzjach, i realizacjach miejskich. Tak się dzieje, w wielu miastach, sadzone są na przykład szpalery drzew wzdłuż istniejących ulic. Jednak równocześnie zapadają decyzje o intensywnym zagospodarowaniu ostatnich rezerw terenów otwartych. Projektuje

się gęstą zabudowę pozbawioną niemal przestrzeni na zielen – wyluszcza kolizję interesów badaczka.

– Myślę, że mimo wszystko cały czas mamy problem z ideami i dlatego wiele działań jest nie do wdrożenia, bo ich założenia po prostu są wewnętrznie sprzeczne – mówi dr inż. Robert Skrzypczyński. – Na przykład jak się ma definicja zrównoważonego rozwoju z raportu Brundtland z 1987 roku do definicji ze strony Ministerstwa Rozwoju i Technologii? Ministerstwo pisze, że oryginalnie definicja zrównoważonego rozwoju zakładała zrównoważenie potrzeb obecnego pokolenia i przyszłych pokoleń, ale z czasem definicja uległa zmianie i dzisiaj myślimy o równoważeniu aspektu ekonomicznego, społecznego i przyrodniczego.

– Moim zdaniem w tej promowanej przez Ministerstwo definicji jest pewien wytrych, który prowadzi do tego, że stawiamy dziś przede wszystkim na interesy ekonomiczne – podsumowuje dr inż. Robert Skrzypczyński.

SILOSY I ROZBIEŻNE CELE

Odkrywamy rozbieżność interesów między deklaracjami, które wynikają z troski o środowisko, próbą wytworzenia odpornych ekologicznie, jako ekosystemy,



Projekcja stereoskopowa z makietą miasta Gdańska w Laboratorium Zanurzonej Wizualizacji Przestrzennej
Fot. Krzysztof Mystkowski



“

To, co dzisiaj jest najważniejsze, to żebyśmy próbowali wyjść z silosowego podejścia do zarządzania i rozwiązywania problemów.

miast, a interesem ekonomicznym, który mówi o tym, by jak najwięcej terenów zabudowywać.

– Moim zdaniem to, co dzisiaj jest najważniejsze dla miast, to żebyśmy coraz bardziej próbowali wyjść z silosowego podejścia – mówi prof. Aleksander Orłowski. – Miasta, w szczególności urzędy, są niesamowicie silosowe. Tutaj są ci, którzy zajmują się transportem, a tutaj ci, którzy zajmują się edukacją.

– Na przykład w jednym z miast na południu Polski zmieniono sieć szkół i nagle Wydział Transportu był zaskoczony, że na niektórych liniach autobusowych pierwszego września było ogromne obciążenie – kontynuuje prof. Orłowski. – Wówczas zamówiono raport firmy audytorskiej, która wskazała, że są to zmiany wykonane przez inny wydział tego samego urzędu.

– Powinniśmy patrzeć na problem szerzej niż tylko z jednej perspektywy. A szerzej to znaczy tak, że musimy mieć zintegrowane dane – mówi profesor. – To jest praca od podstaw, która nie da nam spektakularnego efektu, ale bez niej wdrażanie kolejnych zmian jest trudne.

– To nie jest tak, że biznes chce tylko jak najwięcej zarobić i cała reszta go nie interesuje – mówi prof. Aleksander Orłowski. – Jakaś część tak, ale jak

zawsze, także w biznesie deweloperskim mamy tych, którzy wpisują się w trochę inne potrzeby klientów, i tych, którzy mają większe oczekiwania. Kwestią podstawową jest to, żeby nakreślić wymagania – pokazuje perspektywę biznesu prof. Orłowski.

– Myślę, że biznes w pewnych ramach próbuje robić coś dobrego, ale te ramy są nieugięte i celem musi być koniec końców zysk – oponuje dr inż. Robert Skrzypczyński. – Żadna deklaracja nie jest w stanie tego odwrócić, a myślę, że kwestie ekonomiczne mają tak silny prymat częściowo dlatego, że różni interesariusze rozumieją pojęcie rozwoju w ślad za ministerialną definicją, że równoważymy rozwój ekonomiczny, społeczny i przyrodniczy – naświetla perspektywę zysku dr inż. Skrzypczyński.

– Dodatkową kwestią, moim zdaniem, jest to, że dzisiaj miasta nie są planowane. To jest działalność operacyjna. Chcemy przeprowadzić inwestycje? Zmienimy miejscowy plan zagospodarowania przestrzennego dla tej jednej inwestycji. Ile mamy dzisiaj inwestycji, w których uwzględniamy wzrost liczby mieszkańców (wybranych miast) w ciągu najbliższych 20 lat? – zadaje pytanie retoryczne prof. Orłowski.

– Szacunki są różne, ale jeśli jest dodatkowe kilkadziesiąt tysięcy osób, które w danym mieście



Fot. AdobeStock

się pojawią, to czy planujemy, gdzie ci ludzie powinni zamieszkać? Jaka powinna być tam infrastruktura komunikacyjna i w oparciu o to tworzymy plan zagospodarowania przestrzennego? – prof. Orłowski zadaje następne pytanie.

– To jest oczywiście pewne rozwiązanie idealne, ale takie planowanie zwiększa przewidywalność, a więc ułatwia także działanie podmiotów komercyjnych – podsumowuje.

– Uważam, że przedkładamy rozwój ekonomiczny nad rozwój społeczny i rozwój przyrodniczy, bo przyrodę dzisiaj nie tylko powinniśmy chronić, ale też ją odtwarzać i regenerować – zwraca uwagę na środowisko dr inż. Robert Skrzypczyński. – Oczywiście ten argument jest znacznie bardziej rozbudowany, bo on dotyczy przede wszystkim danych, które pokazują, że degradacja środowiska jest skorelowana ze wzrostem gospodarczym. Oczywiście tę korelację można trochę osłabiać, ale jeżeli chcemy faktycznie chronić środowisko i chcemy kontynuować wzrost gospodarczy, to te cele są na ten moment wewnętrznie sprzeczne – podsumowuje dr inż. Robert Skrzypczyński.

– Ja nadal będę bronił tego, że to nie biznes jest przyczyną problemów, bo nie ma bardziej innowa-

cyjnego sektora niż sektor komercyjny. Pytanie jest takie, jak one mogą współdziałać ze sobą? – ripostuje pytaniem prof. Orłowski.

INTERDYSCYPLINARNOŚĆ A STRUKTURA ORGANIZACYJNA

W projektowaniu miast pojawia się wielu interesariuszy, co wskazuje na to, że inżynierowie i planiści powinni rozwiązywać problemy interdyscyplinarnie wraz z samorządowcami. Czy jest to łatwe i jak możemy to robić?

– Z miastem Gdynia przygotowujemy się do badania możliwości kształtowania krajobrazu oraz działań organizacyjnych władz samorządowych w celu minimalizowania konfliktów na linii dzik–człowiek. Wszyscy wiemy, że dzików jest w miastach coraz więcej – podaje przykład dr inż. Robert Skrzypczyński. – Podejmuję ten temat we współpracy z biologami, ale mam cały czas wrażenie, że niektórzy zniechęcają do interdyscyplinarnej współpracy. Spotykam się niekiedy w mojej branży z dość dziwną opinią, że temat dzików w mieście nie ma nic wspólnego z gospodarką przestrzenną. Często mówimy o interdyscyplinarności, o tym, żeby nie być zamkniętym w swojej dyscyplinie, natomiast przełożenie tego na praktykę bywa mozolne. Natomiast na pewno godna pochwały jest postawa władz Gdyni, które stworzyły interdyscyplinarny zespół ds. dzikich zwierząt, zajmujący się zagadnieniem z wielu perspektyw – podkreśla dr inż. Skrzypczyński.

– Pracuję z różnymi miastami i jednym z elementów, którym się zajmujemy, jest to, żeby zmieniać strukturę organizacyjną – mówi prof. Aleksander Orłowski. – Ludzie, którzy zajmują się planowaniem, mówią, że tylko tym się zajmują. Na uczelni jest tak samo. Wszyscy mówią o interdyscyplinarności, ale na końcu liczy się to, co robimy we własnej dyscyplinie. Tak jest w większości środowisk – naświetla problem prof. Orłowski.

– Natomiast dopóki ktoś nie podejmie decyzji zarządczej o zmianie struktury organizacyjnej na taką, która łamie silosy i w pewien sposób wymusza problemowe, a nie wydziałowe spojrzenie, trudno oczekiwać innego zachowania pracowników. Problemy jednak nie są monoobszarowe, stąd konieczność zmian struktury organizacyjnej. Wszystkie miasta na świecie z tym walczą, tylko niektóre sobie z tym radzą lepiej, a inne jeszcze nie do końca wiedzą, że muszą takie zmiany przeprowadzić – podsumowuje prof. Orłowski.

ZMNIJSZYĆ STOPE ŻYCIOWĄ I NIE BUDOWAĆ

Zmiany organizacyjne i wytyczanie celów to jedno, ale nastawienie społeczne do narzuconych lub wymuszonych zmian to drugie. Dużo mówi się o gospodarce obiegu zamkniętego lub normach nakładanych na branżę budowlaną, ale czy budujemy z rozmysłem, czy tylko, by na tym zarabiać?

– Gdyby każdy na świecie miał osiągnąć poziom życia uznany powszechnie za satysfakcjonujący, czyli poziom klasy średniej w Stanach Zjednoczonych, nie starczyłoby zasobów ani miejsca dla ludzi. Musielibyśmy mieć do dyspozycji drugą planetę – mówi prof. Katarzyna Zielonko-Jung. – Słabo nam przychodzi, jako cywilizacji, informacja, że jesteśmy skazani na to, by obniżyć stopę życia dużej części tych zasobniejszych społeczeństw, zrezygnować z komfortu, a przynajmniej go przewartościować. Gdy szczerze mówimy o zrównoważonym rozwoju, to musimy mówić o sprawiedliwości i wyrównywaniu szans.

– Jesteśmy jako społeczeństwo uzależnieni od paradygmatu, że chcemy cały czas więcej, czy nawet nie tyle chcemy, ale potrzebujemy mieć cały czas więcej – uzupełnia temat dr inż. Robert Skrzypczyński. – Jesteśmy na wiele sposobów uzależnieni od tego modelu, a jednocześnie widzimy, że przynosi on kuriozalne efekty.

– Warto tu wspomnieć o modelu gospodarki cyrkularnej. O ile idea zrównoważonego rozwoju w aspekcie odnawialnej energii, ochrony wartości przyrodniczych jest już jako tako rozumiana i mniej lub bardziej skutecznie realizowana, to gospodarka cyrkularna i obieg zamknięty są pojęciami bardzo dalekimi od wdrożenia w budownictwie – wprowadza temat prof. Katarzyna Zielonko-Jung. – Od lat wiadomo, że zaśmiecamy planetę, ale nadal możemy kupić cztery jabłka na styropianowej tacce owinięte folią. Skoro nie udało dotąd uregulować tak prostej kwestii jak opakowania, to co tu mówić o budynkach? Bez zdecydowanych zakazów i nakazów prawa w kwestii oszczędniejszego gospodarowania surowcami i ich wielokrotnego używania nie osiągniemy żadnych konkretnych efektów – kontuuje prof. Zielonko-Jung. – Lobby biznesowe broni tego co jest, bo zaostrenie wymagań oznacza, że rozpędzone, rentowne przedsiębiorstwa musiałyby przejść gruntowne zmiany, a nie jest to na rękę ich właścicielom – dodaje.

– Narzucamy wysokie standardy nowym budynkom, na przykład w zakresie energooszczędności czy rozwiązań technicznych, jednak większym pro-



blemem jest przystosowanie do aktualnych warunków infrastruktury budowlanej, którą już mamy. Bardzo trudno jest pozyskać fundusze na modernizację i przebudowę – mówi prof. Katarzyna Zielonko-Jung. – Poza tym mamy mnóstwo budynków, które w przyszłości nie będą miały zastosowania. Na przykład galerie handlowe – może się okazać, że ludzie już w ogóle w ten sposób nie będą robili zakupów i pozostanie mnóstwo budynków, z którymi będzie trzeba coś zrobić. Zdarza się też coraz częściej, że dobre technicznie budynki są rozbierane po to, by na tej samej działce wybudować nowe, bo działka jest tak droga, że opłaca się to zrobić. Czy my tego potrzebujemy? Tak naprawdę chodzi o to, żeby ktoś zarobił. Mówimy, że ludzie nie mają gdzie mieszkać, ale czy te budynki, które się budują wokół nas, to są mieszkania dla ludzi, którzy nie mają gdzie mieszkać? – wyraża wątpliwość prof. Zielonko-Jung.

– Przechodząc obok placów budowy, których w Gdańsku nie brakuje, niejednokrotnie natykam się na informacje, że powstają tam apartamenty inwestycyjne. To się już nawet nie nazywa budynek



“

Narzucamy wysokie standardy nowym budynkom, na przykład w zakresie energooszczędności czy rozwiązań technicznych, jednak większym problemem jest przystosowanie do aktualnych warunków infrastruktury budowlanej, którą już mamy. [...] Poza tym mamy mnóstwo budynków, które w przyszłości nie będą miały zastosowania – np. galerie handlowe.

Fot. AdobeStock

wielorodzinny – opowiada prof. Katarzyna Zielonko-Jung. – Standard nowej zabudowy, szczególnie ten urbanistyczny, wskazuje na jedno: jest coraz ciasniej i coraz wyżej. Wszystko jedno, czy ktoś będzie patrzył ze swoich okien na ścianę sąsiada, czy śmietnik. Budynek jest po to, by wycisnąć z każdego metra kwadratowego pieniądze. I to bardzo trudno zahamować, bo śmiem twierdzić, że należałoby po prostu zakazać budowania nowych budynków, by przełożyć impet inwestycyjny w udoskonalanie, modernizowanie, przekształcanie tego, co już mamy – podaje rewolucyjny pomysł prof. Zielonko-Jung. – To byłby zdecydowany ruch, choć jestem pewna, że spotkałby się z wielkim oporem.

Dlaczego takie radykalne posunięcie i tak radykalne zdanie?

– Myślę, że bez radykalnych działań to my nie przyspieszymy w jakimkolwiek rozwoju – podsumowuje mocną kropką pani profesor.

– Niektóre działania mogą wydawać się radykalne, ale przynajmniej musimy o nich rozmawiać i to nie znaczy, że od razu je wdrażamy – łagodzi dr inż. Robert Skrzypczyński. – Myślę też, że wielu z nas się

boi mówić coś, co będzie uznane za radykalne, bo nie chcemy doświadczyć tego, co autorzy „Granic wzrostu”. Brakuje mi tego, żebyśmy w debacie publicznej weszli głębiej w problemy, mówili o rzeczach, których wdrażanie może i trudno sobie dziś wyobrazić, ale które muszą być elementem dyskusji, by nie pozostawać na powierzchni problemu – dzieli się refleksją dr inż. Skrzypczyński.

– W tej chwili, żeby sprostać wyzwaniom związanym z klimatem, zrównoważonym rozwojem, efektywnością energetyczną, problemami społecznym, trzeba wiedzy i porozumienia wielu specjalistów – mówi prof. Katarzyna Zielonko-Jung. – To musi być okrągły stół i interdyscyplinarne przedyskutowanie wielu racji sprzecznych.

INŻYNIER PRZYSZŁOŚCI I JEGO ROLA

Zastanawiająca jest rola projektantek i projektantów w wielkich procesach planowania. Jaki ma być inżynier przyszłości? Co może zrobić w kwestii zrównoważonego rozwoju w ramach swoich ról i kompetencji?

– Z jednej strony najłatwiej powiedzieć, że my mamy zlecenie i projektujemy na zlecenie inwestora i tyle – mówi dr inż. Robert Skrzypczyński. – Ale zawsze staram się przynajmniej podjąć dyskusję na zajęciach czy w takich rozmowach jak nasza, czy my jednak nie możemy czegoś więcej? Czy nie mamy też roli doradczej? Możemy przecież sugerować inne rozwiązanie lub zaniechanie jakiegoś rozwiązania.



Fot. Agata Cymanowska



Teoretycznie rzecz biorąc, wiemy, co robić, by poprawić sytuację miast, jednak praktycznie wszystkie tendencje i wyzwania przegrywają z twardą ekonomią.

Myślę, że możemy negocjować pomiędzy byciem wykonawcą a zachowaniem zleceń. Jednak uważam, że mamy swoją rolę w debacie publicznej i zawsze zachęcam studentów do tego, żeby tej roli się nie wyzybać. Na przykład, by proponować zmiany legislacyjne. Myślę, że na studiach mało kto uczył się tego, ale my, jako branża, możemy proponować zmiany w ustawodawstwie i zabierać częściej głos w odważny sposób – zachęca dr inż. Skrzypczyński. – Edukacja w tym duchu jest potrzebna. Jeżeli jej

nie wprowadzimy, to zrozumienia tego problemu w ogóle nie będzie, a ono jest podstawą do działania – mówi prof. Katarzyna Zielonko-Jung. – Chociaż przyznam się, że jako nauczyciel przyszłych architektów mam mieszane uczucia, dlatego że wiem, na co trafi młody człowiek kończący studia. On wyjdzie z ideami, które po prostu natychmiast zostaną ukrócone, a nawet wyśmiane. Ponieważ trafi do biura, gdzie usłyszy, że musi spełnić wymagania inwestora oparte na założeniach zysku, a nie wartości społecznych czy środowiskowych. Albo projektujesz tak, albo do widzenia.

– Na szczęście jest coraz więcej przykładów młodych niezależnych pracowni, które starają się działać inaczej, ale to wciąż bardzo mały procent – pokazuje problem z innej perspektywy prof. Katarzyna Zielonko-Jung. – Natomiast niewątpliwie wiedza na temat problemów środowiskowych staje się stopniowo coraz bardziej potrzebna i wymagana od architektów, gdyż zaostrzają się przepisy względem projektowanych budynków. Już się to stało w zakresie zużycia energii, a można się tego spodziewać w zakresie śladu węglowego. Potrzebne są zatem kompetencje w zakresie optymalizowania projektu pod tym względem. Często pracownice liczą w tym na młodych, na ich zaktualizowaną w tym zakresie edukację, umiejętności w posługiwaniu się oprogramowaniem wspomagającym projektowanie. Uczelnia powinna w takie kompetencje wyposażać, a nie jest to łatwe. Architekt przyszłości nie pracuje już z ołówkiem i kalką, a korzysta z wyspecjalizowanego oprogramowania do modelowania danych, do symulowania zjawisk mikroklimatycznych. Powinien zetknąć się z drukiem 3D, z innowacyjnymi materiałami budowlanymi. To wymaga inwestycji uczelni w infrastrukturę techniczną i wyspecjalizowaną kadrę naukowo-dydaktyczną. Niestety, edukacja wyższa i nauka w Polsce są słabo doinwestowane, na tle innych krajów europejskich wypadamy blado – zwraca uwagę na kwestię finansową pani profesor.

NAUKA A PRAKTYKA

– Oczywiście tych tematów edukacyjnych i kompetencji inżynierskich jest dużo. Staram się zwracać uwagę na projektowanie cyklu życia zagospodarowania terenu – podaje przykład badań naukowych dr inż. Robert Skrzypczyński. – I nie chodzi tu tylko o budynek, do którego potrzebujemy materiały i energię. Oczywiście te materiały musi-



dr inż. Robert
Skrzypczyński
Katedra Urbanistyki
i Planowania
Regionalnego,
Wydział Architektury



dr hab. inż. arch.
Katarzyna Zielonko-
Jung, prof. PG
Katedra Projektowania
Środowiskowego,
Wydział Architektury



dr hab. inż. Aleksander
Orłowski, prof. PG
Katedra Zarządzania,
Wydział Zarządzania
i Ekonomii

my skądś wziąć, potem coś się z nimi stanie, kiedy budynek zostanie przekształcony czy za sto lat zburzony. Powinniśmy robić coś podobnego w stosunku do terenów. System planowania powinien mieć dodatkową warstwę, która określa ramy zasobów zagospodarowania terenu w całym cyklu życia. Dziś nie szacujemy, jakiego rodzaju zapotrzebowanie na zasoby dany sposób zagospodarowania wygeneruje. A myślę, że powinniśmy mieć jakieś ramy, tak samo jak mamy ramy dla kubatury czy innych parametrów obiektów, które mogą się znaleźć na danej działce. Bez rewolucji systemowej da się więc trochę rzeczy zrobić, ale niestety obawiam się, że będzie to za mało – podsumowuje.

– Moim zdaniem dwie rzeczy są na dzisiaj istotne i wcale nie tak oczywiste, jeżeli patrzymy na to, co młodzi ludzie umieją – dodaje prof. Orłowski. – Pokażmy otoczeniu uczelni, że to, co my robimy, jest praktycznie i użyteczne, że to nie są tylko rozwiązanie teoretyczne. Wychodzę z założenia, że nauka powinna być maksymalnie użyteczna, a zarządzanie w szczególności. Mamy dużą część nauki dla nauki. Nauka w dużym stopniu odeszła od praktyki. Współpraca to jest proces, nie taki, w którym biznes przychodzi do uczelni, tylko w którym ludzie uczelni rozumieją realia biznesu. W obu kierunkach jest to trudne, ale bez tego będziemy mieć dwa głosy, w których głos uczelni będzie słabszy, ponieważ jego siła sprawcza jest słabsza, jeżeli nie ma przełożenia na to, co się obecnie dzieje na rynku – argumentuje prof. Orłowski.

– Według mnie uniwersytet przede wszystkim jest odpowiedzialny przed społeczeństwem, a dopiero potem przed poszczególnymi interesariuszami, którzy są też oczywiście elementem społeczeństwa, jak biznes czy władze samorządowe – dopowiada dr inż. Robert Skrzypczyński. – Widzę misję uczelni jako odpowiedzialność za kształtowanie przede wszystkim postaw krytycznego myślenia u osób, które z niej wyjdą. Oczywiście, umiejętności zdobywania wiedzy i logicznego myślenia też są bardzo ważne, ale pełnienie roli społecznych liderów jest w mojej

ocenie co najmniej tak samo ważne, jak umiejętności związane z wykonywaniem zawodu – dodaje.

– Myślę, że biznes chciałby kształcić osoby przydatne biznesowi – mówi dr inż. Robert Skrzypczyński. – Gdybym był w biznesie, też bym tego chciał. Jednak czuję, że nasza kluczowa odpowiedzialność przed wspólnotą polityczną, społeczeństwem (i w ramach tego oczywiście przed biznesem, który też jest elementem tej wspólnoty), jest poszerzanie horyzontów myślowych studentów w zakresie kwestii społecznych, przyrodniczych czy ekonomicznych – podsumowuje dr inż. Skrzypczyński.

– Popieram praktyczny aspekt nauki – włącza się w dyskusję prof. Katarzyna Zielonko-Jung. – Postawiłabym jednak nacisk na kwestię etyczną, bo co to dzisiaj znaczy lepiej? Czy lepiej dla człowieka czy lepiej dla biznesu? Lepiej dla prywatnego inwestora czy społeczności? Lepiej w krótkiej czy długiej perspektywie? Bo to „lepiej” może być różnym „lepiej”. Kryteria podejmowania decyzji projektowych mogą być różne, dlatego ważne jest kształtowanie postawy etycznej studentów. I to jest poważne wyzwanie edukacyjne w dzisiejszym świecie pełnym kryzysów, konfliktów, walki sił i agresji – dodaje.

– Moja pełna zgoda. Rolą uczelni jest tylko w jakiejś części przekazywanie wiedzy, ale też kształcenie postaw społecznych i wskazywanie szerszego horyzontu – zgadza się z przedmówcami prof. Aleksander Orłowski. – Wszyscy patrzą z pewnego wycinka, którym się zajmują. Deweloper realizuje jeden projekt i robi to, co jest w ramach prawa dopuszczalne. Pytanie, w jaki sposób jesteśmy w stanie to kształtować i pokazać szerszą perspektywę? I to jest dla mnie niesamowicie ważne, żeby naszym studentom pokazywać szerszą perspektywę.

– Natomiast to, co mnie zawsze cieszy, gdy patrzę na młodych ludzi, którzy przychodzą na naszą uczelnię, że oni mają dużo energii do tego, żeby działać – mówi prof. Orłowski. – Akurat niekoniecznie trzeba ich uczyć tego, żeby działać inaczej. Czasem trzeba im pokazać, co do tej pory działało. Ale tej energii na szczęście nie brakuje i to jest też taka rzecz, z którą świetnie się kończy studia, bo to jest wielka wartość – kończy naszą rozmowę prof. Orłowski.

■ Katarzyna Michałowska

