



SPIS TREŚCI

TEMAT NUMERU

- 1 Technologia *blockchain*.
Architektura, zastosowanie i przyszłość
rozproszonych rejestrów — *Michał Pierewicz*

INFORMACJE

- 6 Kronika
- 7 Promocje doktorskie na Politechnice Krakowskiej
- 10 Krzysztof Kluszczyński Profesorem Honorowym
Politechniki Opolskiej
- 12 Pracownicy
Doktor habilitowany Bernard Twaróg
Doktorzy
- 14 Naukowe kompetencje dla dziedzictwa
narodowego
- 15 Warsztaty Gospodarki o Obiegu Zamkniętym
- 16 Politechnika bezstresowo przybliży tajemnice
„królowej nauk”
- 17 Rekord w recytacji rozwinięcia liczby pi
- 18 Fundusz uczelni docenia stypendiami
aktywność naukową
- 19 Forum Kobiet
Krakowski Szczyt Transportowy w murach PK
- 20 Otwarte Wykłady Ekonomedyczne:
gośćmi Agnieszka Słowik i Krzysztof Boczar

ARTYKUŁY

- 21 Od „osobnika a” do Heinricha Hertza —
Krzysztof Kluszczyński

ROZMOWA

- 25 Energetyka wiatrowa —
rozmowa z dr. inż. arch. Łukaszem Flagą

ŚWIADOMA STREFA PK

- 30 Dialog zamiast sporu — nowe oblicze
rozwiązywania konfliktów — *Elżbieta Jarosińska*

KALEJDOSKOP

- 32 48. Bieg Kościuszkowski
- 33 Klub Biznesu PK jako przestrzeń współpracy
nauki i biznesu
- 34 Studenci inżynierii wzornictwa przemysłowego
zaprojektowali kriosaunę
- 35 Galeria „Gil”:
Parametryczne eksploracje
- 36 Galeria „Kotłownia”:
Kadry z Chęłmna

NASZA POLITECHNIKA Miesięcznik Politechniki Krakowskiej im. Tadeusza Kościuszki Ukazuje się od 1997 roku	Kolegium redakcyjne	Na I stronie okładki: Pamiątkowe zdjęcie sportowej ekipy Politechniki Krakowskiej na płycie Rynku Głównego po 48. Biegu Kościuszkowskim.
ISSN 1428-295 X	SEKRETARZ REDAKCJI Katarzyna Tyńska	Na IV stronie okładki: Dziedziniec Zamku Królewskiego na Wawelu. O porozumieniu dyrekcji Zamku i Politechniki Krakowskiej piszemy na stronie 14.
Adres redakcji: Politechnika Krakowska ul. Warszawska 24 31-155 Kraków	REDAKTOR PROWADZĄCY Michał Pierewicz	Zdjęcia: Jan Zych
tel.: (12) 628 25 08	REDAKTORZY Renata Dudek Danuta Zajda	Projekt layoutu czasopisma i okładki: Monika Wojtaszek-Dziadus
e-mail: naszapol@pk.edu.pl	WSPÓŁPRACA Marcin Bielowicz Ewa Deskur-Kalinowska Bartłomiej Krystyński Jakub Paduch	Skład: Adam Bania, Wydawnictwo PK Druk: Drukarnia DjaF Nakład: 650 egz.
strona: nasza.pk.edu.pl	Lesław Peters Joanna Skowrońska Małgorzata Syrda-Śliwa	
	FOTOGRAFIK Jan Zych	
Za treść nadesłanych materiałów odpowiadają autorzy. Redakcja zastrzega sobie prawo dokonywania skrótów i zmian redakcyjnych. Nie zwraca materiałów niezamówionych.		

Technologia *blockchain*

MICHAŁ PIEREWICZ

Architektura, zastosowania i przyszłość rozproszonych rejestrów

W dobie powszechnej cyfryzacji i poszukiwania niezawodnych metod zapisu, przekazu i autoryzacji danych, technologia *blockchain* przestała być jedynie ciekawostką ze świata finansów, a stała się pełnoprawnym fundamentem nowoczesnej infrastruktury informatycznej.

Aby w pełni zrozumieć znaczenie technologii *blockchain*, należy spojrzeć na nią z perspektywy inżynierii oprogramowania. Przekładając na język potoczny, *blockchain* to rozproszona baza danych. Różnica pomiędzy klasyczną relacyjną bazą danych a *blockchain* leży w architekturze weryfikowania i zapisu informacji.

Węzły sieci

Architektura rozproszonej bazy *blockchain* opiera się na węzłach (ang. *nodes*), tworzonych przez poszczególne komputery podłączone do sieci. Nie muszą sobie wzajemnie ufać, ufają jedynie silnej kryptografii i niezmiennym zasadom zapisanym w kodzie programu. Nie ma tu więc centralnego serwera głównego, a choć uruchomienie sieci *blockchain* na jednym węźle jest wprawdzie technicznie możliwe, to mija się z celem. Absolutnym minimum są dwa lub trzy węzły. Jednak to za mało, by sieć uzyskała tolerancję tzw. bizantyńskich błędów. Jest to zdolność do prawidłowego działania w sytuacji, gdy jeden lub więcej węzłów działa złośliwie lub ulegnie awarii. Niezbędną liczbę węzłów sieci określa wzór $3w + 1$, gdzie: w to liczba węzłów, które mogą zawieść. W przypadku sieci o 3 węzłach, jeśli jeden z nich wysła fałszywe informacje, to pozostałe dwa nie mają pewności, który z nich mówi prawdę — występuje brak kworum. Do działania systemu w razie wyłączenia jednego węzła potrzebujemy więc minimum 4 węzłów. Dzięki ich rozproszeniu awaria połączeń sieciowych, wyizolowanie czy nawet fizyczne zniszczenie jednego z komputerów nie paraliżują systemu. Pozostałe węzły nadal posiadają kompletną, nie naruszoną kopię wszystkich danych. Fundamentalną zasadą *blockchain* jest bowiem to, że każdy węzeł replikuje (powiela) identyczną bazę danych, w porozumieniu z innymi węzłami.

Sieci różnią się ze względu na dostęp do danych w łańcuchach. W otwartej sieci publicznej nie są wymagane zezwolenia na dostęp — każdy może uczestniczyć. Jej węzły mogą więc wysyłać i przeglądać transakcje oraz uczestniczyć w procesie konsensusu. Oznacza to także, że są transparentne i należy mieć to na uwadze, chcąc zachować prywatność. Przykładami sieci publicznych są Bitcoin i Ethereum. Prywatna zamknięta sieć *blockchain* nie jest całkowicie zdecentralizowana



Graf.: AI Google Gemini

— jest kontrolowana przez jeden organ, a uczestnicy muszą mieć uprawnienia dostępu. Takie podejście sprawdza się w wykorzystaniu biznesowym, kiedy ważne jest zachowanie bezpieczeństwa i poufności danych transakcji oraz zgodność z przepisami. Kiedy dodamy więcej podmiotów kontrolujących do sieci prywatnej, powstaje konsorcjum. W tym modelu każdy uczestnik posiada swój węzeł, który jest jednak kontrolowany przez pozostałych. Połączenie możliwości sieci publicznych oraz prywatnych tworzy model hybrydowy. W sieci hybrydowej dane zachowane są na prywatnym łańcuchu bloków, ale jest do niego publiczny dostęp za zgodą właściciela. Pozwala to na zachowanie zarówno transparentności, jak i bezpieczeństwa oraz kontroli prywatności uczestników.

Niezmienność danych

Kolejną absolutną zasadą w sieciach *blockchain* jest to, że transakcji raz zapisanej nie można usunąć. Oczywiście, jeśli zajdzie potrzeba korekty, można wydać kolejną transakcję, unieważniającą poprzednią, ale w historii rejestru zawsze pozostanie permanentny ślad po obu operacjach. Ta transparentność i niezmienność buduje pewność na poziomie matematyki, a nie zaufania do ludzkich intencji. Dr Grzegorz Gancarzewicz z Katedry Matematyki Stosowanej WliM PK wyjaśnia: — W przypadku np. tradycyjnego podpisu cyfrowego operator może usunąć dokument lub go podmienić, czyniąc go nieautoryzowanym. Taka ingerencja może być celowa lub wynikać z ataku hakera, co jest trudne do wykrycia. W sieci *blockchain* podobna operacja wymagałaby zmian we wszystkich kopiach naraz, co jest znacznie trudniejsze, zwłaszcza że w niektórych sieciach nie wszystkie węzły muszą być aktywne jednocześnie.



Sieć z centralnym serwerem
Graf.: Michał Pierewicz



Sieć rozproszona
Graf.: Michał Pierewicz

Zasada konsensusu

Tak rozległy system wymaga precyzyjnych reguł współdziałania pomiędzy węzłami sieci. Tymi regułami są protokoły konsensusu. To one określają, które dane są dopuszczane do zapisu i na jakich warunkach węzły zgadzają się co do ich autentyczności. Wśród wielu algorytmów osiągania konsensusu są m.in. *Proof of Work* lub *Proof of Stake*. Protokoły są niezwykle rygorystyczne i muszą zapewnić, że wszystkie węzły osiągną porozumienie. Transakcja jest rozpatrywana zero-jedynkowo: zostaje potwierdzona i dopisana do bloku albo odrzucona — nie istnieje budzący wątpliwości stan pośredni. Jeżeli w sieci nie ma wystarczającej liczby aktywnych węzłów, wymaganych do zatwierdzenia wpisu, operacja po prostu kończy się błędem technicznym.

Architekturę sieci można konfigurować na wiele sposobów. Niektóre sieci wymagają np. zgody 50 proc. uczestników. Istnieją też modele wykorzystujące „nadrzędnego użytkownika”, swoistego sędziego, który wstępnie kwalifikuje i filtruje transakcje przed skierowaniem ich do głównej autoryzacji. Dr Grzegorz Gancarzewicz porównuje: — *Przypomina to pracę komitetów redakcyjnych w prestiżowych czasopiśmie naukowych: redakcja dokonuje wstępnej selekcji nadesłanych artykułów, odrzucając część z nich od razu (często z powodu błędów formalnych), a dopiero te zatwierdzone są przysyłane do właściwych recenzentów i ewentualnie odsyłane autorom do poprawek.* W większości sieci publicznych rolę arbitra pełni matematyka i algorytm. Ze względu na konieczność zapewnienia możliwości przejęcia aktywów cyfrowych, np. w wyniku postępowań sądowych, rozważa się wprowadzenie takich mechanizmów w przypadku cyfrowych aktywów finansowych.

Skróty zamiast pełnej treści

Jednym z potocznych wyobrażeń dotyczących sieci *blockchain* jest to, że przechowuje się tu całe pliki. W rzeczywistości umieszczanie w łańcuchu plików źródłowych błyskawicznie doprowadziłoby do zapchania sieci. Każdy z węzłów musiałby bowiem replikować rosnące ilości danych. Zamiast tego stosuje się skróty kryptograficzne, tzw. hashe, generowane za pomocą bezkolizyjnych algorytmów (np. z rodziny SHA). Hash to krótki, unikalny ciąg znaków, pełniący rolę cyfrowego odcisku palca pliku. W przeciwieństwie do tradycyjnych cyfrowych podpisów, które „zaszywiają” certyfikat wewnątrz dokumentu, operacja generowania hasha nie ingeruje w strukturę oryginalnego pliku. Wystarczy, że sam hash zostanie zapisany w sieci *blockchain*, zachowując stuprocentową pewność autoryzacji pliku. Jeżeli przedstawiony do autoryzacji dokument generuje hash identyczny z już zapisanym — jest autentyczny. Jakakolwiek różnica świadczy o nieautentyczności.

Zapis w portfelu

Kluczowym pojęciem w sieciach takich jak Ethereum jest portfel (*wallet*). Choć w świecie kryptowalut termin ten kojarzy się bezpośrednio z cyfrową portmonetką, służącą do przechowywania środków, jest to narzędzie do zarządzania

kluczami kryptograficznymi, pozwalające dysponować środkami lub danymi z sieci *blockchain*. Każda transakcja w sieci *blockchain* jest nierozdzielnie przypisana do konkretnego portfela. Co ważne, historii operacji nie da się po prostu przekopiować do innego portfela.

W tym ekosystemie funkcjonują również tokeny — z technicznego punktu widzenia najprościej określić je jako cyfrowe rekordy w rozproszonej bazie danych, reprezentujące prawo własności do określonych aktywów. Są one również sposobem odzwierciedlenia własności w formie cyfrowej w *blockchain*.

Historia

Kryptowaluty były pionierskim zastosowaniem rozproszonych rejestrów, ale koncepcję tych sieci znano znacznie wcześniej. Podstawy przedstawił w 1982 r. pionier kryptografii, naukowiec i wynalazca David Chaum w swojej pracy doktorskiej „Computer Systems Established, Maintained and Trusted by Mutually Suspicious Groups”. Pojawiły się w niej zasady działania publicznego, rozproszonego rejestru, w którym poszczególne grupy są wzajemnie podejrzliwe; w którym wykorzystuje się łańcuchy bloków, niezmiennie znaczniki czasu, ślepe podpisy i kryptograficzny podział tajemnicy. Co więcej, opracował on kod do wdrożenia opisanego protokołu, zakładając jednak wykorzystanie sprzętowego zabezpieczenia przez moduły „skarbcia”.

W 1991 r. Stuart Haber i W. Scott Stornetta opracowali pierwszy zabezpieczony kryptograficznie łańcuch bloków. Miał być dowodem autentyczności dokumentów cyfrowych: potwierdzać czas powstania i zapobiegać manipulacjom. Kluczowe było wykorzystanie niezmiennego kryptograficznego znacznika czasu i łączenie kolejnych bloków w łańcuch z wykorzystaniem nowego znacznika, zawierającego matematyczny skrót poprzedniego. W 1992 r. zamiast niewydanego łączenia pojedynczego dokumentu naukowcy wraz z matematykiem Davem Bayerem zastosowali tzw. drzewa Merkle, czyli struktury węzłów zabezpieczonych skrótem kryptograficznym.

Łańcuch bloków został rozwinięty w koncepcji informatyka Hala Finnleya, który w 2004 r. przedstawił koncepcję algorytmu *Reusable Proof of Work*, czyli dowodu wykonania pracy, niezbędnego do osiągania konsensusu w rozproszonej sieci. Polega na udowodnieniu przez uczestnika zmian wykorzystania określonej mocy obliczeniowej i pozwala na rezygnację z jakichkolwiek sprzętowych rozwiązań zabezpieczających „skarbiec”.

Opisany dorobek stał się podstawą pierwszej kryptowaluty, która pojawiła się w 2008 r. Był to Bitcoin, wdrożony przez tajemniczą, anonimową postać (lub grupę osób) znaną jako Satoshi Nakamoto. Nowością było dodanie do algorytmu konsensusu mechanizmu nagrody dla uczestnika, który pierwszy rozwiąże zadanie obliczeniowe i doda nowy blok transakcji do łańcucha. Stało się to też powodem ogromnej energochłonności tego procesu, zwanego potocznie „kopaniem” kryptowalut.

Rosnąca popularność kryptowalut stanowi odpowiedź na potrzebę błyskawicznych i niemal darmowych transferów

finansowych, zwłaszcza międzynarodowych. Tradycyjny przelew zagraniczny w europejskim systemie SEPA¹ (*Single Euro Payments Area*) może trwać kilkadziesiąt godzin, a poza nim może być procesowany przez tygodnie i jest obciążony ogromnymi prowizjami. Transakcja w nowocześniejszej sieci *blockchain* (jak Solana, Algorand czy warstwy L2), niezależnie od tego, czy węzły znajdują się na sąsiadujących ulicach czy na przeciwnych półkulach Ziemi, realizowana jest w ciągu sekund i to przy znacznie niższych kosztach samej operacji. W starszych sieciach, szczególnie w momentach przeciążenia, czas realizacji może się jednak przeciągnąć do godziny. System ten na tyle zrewolucjonizował finanse, że instytucje szczebla krajowego i międzynarodowego (m.in. w USA, Unii Europejskiej oraz w Polsce, na mocy podpisanej niedawno ustawy) przyjęły regulacje prawne nadające kryptowalutom status instrumentów finansowych.

Wdrażanie

W Europie sektor publiczny rozwija własną infrastrukturę usług *blockchain*. Docelowo ma ona współpracować z rozwiązaniami sektora prywatnego. Odbyna się to w ramach projektu Europejska Infrastruktura Usług Blockchain² (EBSI), obejmującego 27 państw UE, Norwegię, Liechtenstein oraz Komisję Europejską. Sieć EBSI opiera się na architekturze sieci równorzędnej *peer-to-peer*, a każdy z członków partnerstwa utrzymuje w niej co najmniej jeden węzeł. Architektura systemu zbudowana jest z trzech warstw: bazowej, usług podstawowych i dedykowanych. Taka struktura ma pozwolić na łatwy rozwój sieci i wdrażanie przez instytucje publiczne własnych rozwiązań. Przewidziany jest także dostęp do sieci przez organizacje prywatne.

Dzięki takiej architekturze instytucje publiczne mogą łatwo tworzyć i wdrażać własne aplikacje. W dalszej perspektywie dostęp do infrastruktury zyskają również organizacje prywatne, co pozwoli na polepszenie wzajemnej współpracy. Główne początkowe obszary zastosowań EBSI to notaryzacja (uwierzytelnianie dokumentów); cyfrowe dyplomy; europejska tożsamość cyfrowa oraz bezpieczne udostępnianie danych. W dalszej przyszłości planowane jest wspieranie finansowe MŚP z wykorzystaniem technologii *blockchain*; ułatwianie dostępu do usług socjalnych za pomocą europejskich numerów ubezpieczenia społecznego oraz zarządzanie transgranicznymi wnioskami o azyl.

Blockchain w praktyce

Potencjał *blockchain* wykracza daleko poza kryptowaluty. Jednym z najbardziej dojrzałych, niefinansowych zastosowań rozproszonych rejestrów jest notaryzacja. Pionierem w tej dziedzinie stała się m.in. Japonia, która opiera część

swoich systemów administracyjnych (jak cyfrowe logowanie się za pomocą dowodów osobistych) na technologiach *blockchain*. Pozwalają one także na stuprocentowe udowodnienie pierwszeństwa wynalazku lub autorstwa dzieła naukowego. Innowator może stworzyć dokument opisujący pomysł, obliczyć jego hash i umieścić go w *blockchain*, nawet bez potrzeby publicznego ujawniania treści pliku. Data tego wpisu staje się niezaprzeczalnym, matematycznym dowodem pierwszeństwa.

Potwierdzanie autentyczności nie ogranicza się do statycznych danych. Technologia ta z powodzeniem rozwiązuje realne problemy w wielu sektorach gospodarki. W logistyce i produkcji można zapisywać poszczególne statusy procesów. Śledzenie statusu przesyłek na poszczególnych etapach transportu to standard, jednak w tradycyjnych bazach zdarzają się sytuacje, w których „menedżer wyższego rzędu” dokonuje ręcznych korekt statusów — na przykład antydatując doręczenie przesyłki w przypadku sporu reklamacyjnego z klientem. Zwykły obywatel, nie posiadając zrzutów ekranu, jest bezradny wobec potężnej korporacji logistycznej. Wdrożenie *blockchain* w logistykę sprawia, że każde zeskanowanie kodu na węźle transportowym staje się wpisem niezmiennym. Klienci uzyskują możliwość weryfikacji prawdziwej ścieżki przesyłki w publicznych eksploratorach sieci, choć interfejs tych systemów bywa wciąż mało przyjazny dla laika. Jeszcze większe możliwości daje wykorzystanie tzw. *smart contract*. Są to zasyte w łańcuchu bloków fragmenty kodu, które po spełnieniu określonych z góry warunków są automatycznie wykonywane. Przykładem może być np. bezzwłoczne polecenie zapłaty po wykonaniu zadania.

Istnieją też możliwości integracji systemów EOD z technologią *blockchain*. Choć EOD jest budowany w innej architekturze, technicznie możliwe jest stworzenie pomostu, w którym do tego obiegu dodaje się równoległy zapis w zewnętrznym systemie *blockchain* (tzw. kotwiczenie). W ten sposób żaden pracownik nie może udawać, że „wiadomość wpadła do spamu”, skoro system trwale odnotował moment odebrania dokumentu.

Mikropoświadczenia

Ważnym zastosowaniem technologii *blockchain*, zwłaszcza w edukacji, stają się cyfrowe certyfikacje i mikropoświadczenia. Zgodnie z definicją Komisji Europejskiej³ „mikropoświadczenia są potwierdzeniem wyników w nauce osiągniętych w ramach krótkiego doświadczenia edukacyjnego (np. kursu lub szkolenia). W sposób elastyczny i ukierunkowany pomagają w poszerzaniu wiedzy, umiejętności i kompetencji potrzebnych do rozwoju osobistego i zawodowego”.

Politechnika Krakowska nie pozostaje bierna wobec tego trendu i aktywnie wdraża informatyczne innowacje. Kluczowym projektem uczelni, opracowywanym wspólnie z firmą DotConnect, jest system Skillchain, prezentowany między innymi podczas Forum Ekonomicznego w Karpaczu

1. Zob.: European Central Bank | Eurosystem *on-line*: <https://www.ecb.europa.eu/paym/retail/sepa/html/index.en.html>

2. Zob.: Europejska Infrastruktura Usług Blockchain *on-line*: <https://digital-strategy.ec.europa.eu/pl/policies/european-blockchain-services-infrastructure>

3. Zob.: Europejskie podejście do mikropoświadczeń *on-line*: <https://education.ec.europa.eu/pl/education-levels/higher-education/micro-credentials>

oraz różnych konferencji. Służy do wydawania mikropoświadczeń i e-zaswiadczeń oraz pozwala na weryfikację autentyczności dokumentów za pośrednictwem aplikacji webowej.

Mechanizm nie szyfruje całego dyplomu, lecz wylicza jego unikalny skrót (hash) i rejestruje go w publicznej sieci *blockchain* (w tym przypadku wykorzystywana jest architektura Ethereum). Przynosi to ogromne korzyści potencjalnym pracodawcom i absolwentom. Jeżeli pracodawca otrzyma od kandydata cyfrowy dokument, może w prosty sposób wejść na dedykowaną stronę internetową, wgrać plik i błyskawicznie sprawdzić jego autentyczność. Gdyby nieuczciwy kandydat spróbował wyedytować plik PDF, samodzielnie poprawiając swoje wyniki lub podmienić na nim nazwisko, wynikowy hash tego dokumentu zmieniłyby się diametralnie.

Dr Grzegorz Gancarzewicz dodaje: — *W architekturze systemu zostały również umieszczone narzędzia naprawiające ludzkie błędy. Są to mechanizmy celowego i w pełni autoryzowanego unieważniania wpisów. Dzieje się tak, gdy w wydanym dyplomie nastąpiła zwykła literówka (wymagająca wydania nowego, poprawnego certyfikatu) lub gdy po czasie okaże się, że dany dyplom został wystawiony na podstawie podrobionych dokumentów źródłowych.*

Zagrożenia

Omawiając technologię zbudowaną wokół bezpieczeństwa i niezmienności (*immutability*), należy poruszyć temat potencjalnych zagrożeń, wektorów ataków hakerskich oraz rewolucji nadszarpniętej za sprawą zmiany paradygmatów obliczeniowych.

Na pytanie, czy łatwo jest przejąć kontrolę nad *blockchain*, dr Grzegorz Gancarzewicz odpowiada: — *Jest to znacznie trudniejsze niż w tradycyjnych architekturach scentralizowanych, ale nie jest niemożliwe. Wektorem ataku nie jest zazwyczaj sam protokół, lecz czynnik ludzki. Węzły sieci to fizyczne maszyny (serwery), którymi zarządzają administratorzy. Błąd podczas instalacji nowej, niezałatanej aktualizacji oprogramowania (tzw. podatność 0-day) może doprowadzić do przejęcia pojedynczego węzła przez hakerów. Jednakże dzięki rozproszeniu taki atak nie wyrządza krytycznych szkód historycznym zapisom. W najgorszym scenariuszu hakerzy mogą zablokować możliwość weryfikacji nowych transakcji,*

paraliżując na pewien czas bieżące działanie części sieci. Nawet w ekstremalnym przypadku, w którym wszystkie węzły uległyby potężnej awarii, dane nie przypadną — są one zreplikowane nawet w tysiącach kopii.

Jak zauważają eksperci, to czyni *blockchain* o wiele bezpieczniejszym miejscem do przechowywania informacji niż klasyczne systemy bankowe, które w razie awarii potrafią na kilka dni zablokować klientom dostęp do środków finansowych.

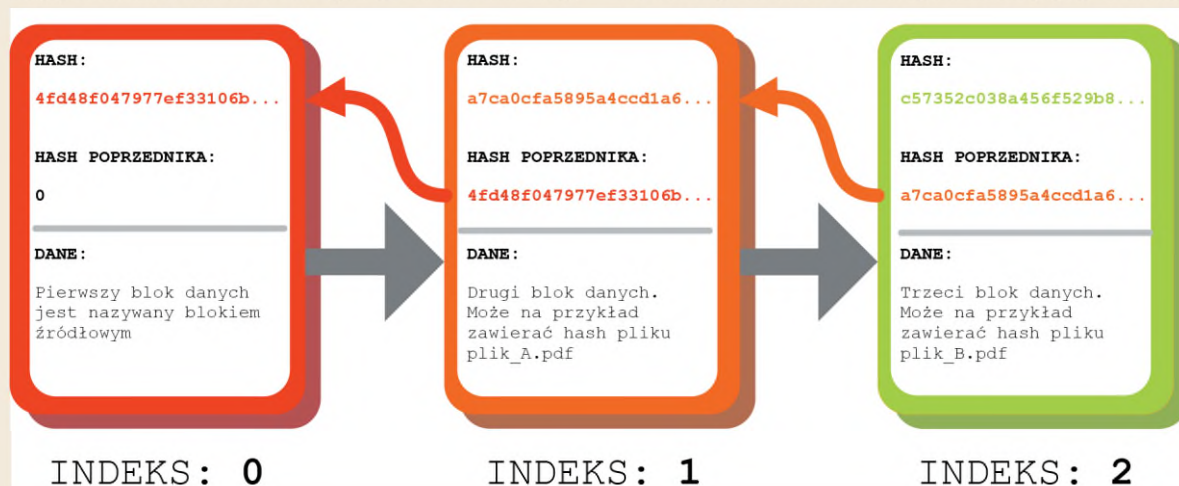
Warto również wspomnieć o zaawansowanych mechanizmach ochrony prywatności, takich jak podział sekretu. Przypomina to działanie biurowej niszczarki, która tnie dokument na cienkie paski w pionie i poziomie. Algorytmy mogą podzielić zaszyfowaną informację np. na 100 fragmentów. Do odtworzenia oryginalnego komunikatu wcale nie potrzeba wszystkich kawałków — odpowiednie algorytmy matematyczne są w stanie zrekonstruować dane, posiadając dostęp do zaledwie nawet 15 fragmentów. Pozwala to na wysoki poziom redundancji przy zachowaniu bezpieczeństwa — przejście przez napastnika kilku części sekretu nie daje mu żadnych użytecznych informacji.

Blockchain w trakcie procesu wyborczego

Często podnoszonym tematem jest wykorzystanie technologii *blockchain* do przeprowadzania ogólnokrajowych lub lokalnych wyborów za pomocą cyfrowych terminali. Potencjał wydaje się obiecujący, gdyż zapewnia wiarygodne liczenie głosów w czasie rzeczywistym.

Jak podkreśla dr Grzegorz Gancarzewicz: — *Z technicznego punktu widzenia natura blockchain (gdzie społeczność węzłów zatwierdza transakcje) ma już znamiona demokratycznego głosowania. System wyborczy, wykorzystujący blockchain, mógłby funkcjonować i opierać się na terminalach umieszczonych w tradycyjnych lokalach wyborczych — obywatel autoryzowałby się za pomocą numeru PESEL, a jego głos zamieniałby się w cyfrową transakcję zapisywaną w sieci. Głównym problemem, przed którym stają inżynierowie i legislatorzy, jest jednak zasada tajności wyborów. Głosowanie cyfrowe wymaga perfekcyjnego, technologicznego odseparowania cyfrowych danych dostępowych użytkownika od treści jego głosu. Obywatel musi udowodnić, że ma prawo głosować i że oddał głos tylko raz, ale sam zapis w rejestrze nie może prowadzić do zidentyfikowania jego preferencji.*

Schemat struktury prostego łańcucha bloków
Graf.: Michał Pierewicz



Dodatkowo sieci publiczne posiadają transparentny charakter, co oznacza, że spływające wyniki byłyby na żywo widoczne dla każdego. Stanowiłoby to złamanie ciszy wyborczej, pozwalającej jedynie na podawanie frekwencji. Dopóki legislacja nie nadąży za tymi możliwościami, *e-voting* oparty na publicznych sieciach *blockchain* pozostanie jedynie eksperymentem naukowym.

Anonimowość

Niezmiennność zapisu danych osobowych w łańcuchach *blockchain* może powodować konflikt z unijnym RODO, które daje prawo do usunięcia danych osobowych na życzenie. Raz zapisane imiona, nazwiska czy numery identyfikacyjne nie mogą być bowiem usunięte z publicznych lub prywatnych bloków łańcucha. Właśnie z tego względu w sieciach produkcyjnych stosuje się pseudonimizację poprzez wspomniane już skróty kryptograficzne lub silne szyfrowanie danych przed ich wrzuceniem w łańcuch bloku. Dzięki temu obywatel zachowuje swoją anonimowość w publicznym wymiarze, a weryfikacja na podstawie hashu przebiega bezproblemowo.

Decentralizacja, będąca istotą technologii *blockchain*, zapewnia zarówno transparentność, jak i anonimowość. Rodzi to jednak potężne problemy dla aparatów państwowych, np. w procesie egzekucji komorniczej. W klasycznym systemie komornik może bez problemu zająć rachunek bankowy dłużnika czy jego nieruchomości. W świecie *blockchain* jest to niemożliwe. Nawet po wprowadzeniu prawnego „wirtualnego sędziego”, nikt nie jest w stanie wyegzekwować przelewu aktywów, jeżeli właściciel portfela odmówi podania prywatnego hasła. Przestępcy mogą anonimowo przysyłać pieniądze bez pośrednictwa banku i dokonywać transakcji.

Wyzwania przyszłości

Technologia *blockchain* ma ogromny potencjał, ale nie jest wolna od wad i ograniczeń. Odczuwalnym problemem jest rosnąca energochłonność procesów obsługi transakcji, ale także zapotrzebowanie na moce obliczeniowe. Powoduje to niedobory na rynku sprzętu komputerowego, który jest drenowany z wydajnych procesorów graficznych, używanych właśnie do „kopania” kryptowalut.

Dalszy rozwój *blockchain* mogą spowolnić także ograniczenia skalowalności. W przypadku niektórych rozwiązań wynikają one z limitów wydajności przetwarzania transakcji, co może powodować opóźnienia ich obsługi.

Jednym z najpoważniejszych wyzwań, jeśli chodzi o przyszłość kryptografii — w tym dla wszystkich sieci *blockchain* oraz światowego systemu bankowego — jest błyskawiczny rozwój komputerów kwantowych. Prace trwają na całym świecie, a liderami są USA oraz Chiny. Ciągłe pojawiają się kolejne doniesienia o postępach na drodze do praktycznego wykorzystania komputerów kwantowych. Dzisiejsze publicznie dostępne testy odbywają się najczęściej na maszynach wirtualnych, wykorzystujących tzw. „kubity logiczne”, symulujących jedynie zachowanie prawdziwej maszyny. Kiedy jednak

w niedalekiej przyszłości powstanie w pełni operacyjny, potężny komputer kwantowy, będzie on w stanie w ułamku sekundy złamać większość stosowanych obecnie algorytmów zabezpieczających połączenia sieciowe. Oznacza to, że poufne dane, zaszyfrowane dziś algorytmami klasycznymi, mogą stać się łatwo dostępne dla każdego, kto dysponuje tego typu urządzeniem. Rozwiązaniem, nad którym już teraz pracuje cały świat naukowy, jest masowe wdrożenie kryptografii postkwantowej. Istnieją już zaawansowane modele teoretyczne, opierające się na nowych algorytmach odpornych na moc obliczeniową maszyn kwantowych, jednak ich powszechna implementacja może wkrótce wymagać nie tylko zmian w oprogramowaniu, ale też kosztownej wymiany części infrastruktury sprzętowej.

Kształcenie specjalistów

Zapotrzebowanie na specjalistów w branży technologii opartych na *blockchain* jest ogromne, ale — co ciekawe — dla studentów kierunków informatycznych nie stanowi ona technologii „nie do przejścia”. Wyjaśnia to dr Grzegorz Gancarzewicz: — *Rozumienie samego kodowania można przyrównać do znajomości budowy silnika przez kierowcę samochodowego. Użytkownik końcowy wcale nie musi wiedzieć, co dzieje się pod maską; wystarczy mu znajomość przepisów drogowych i drogowskich, by dotrzeć do celu. Natomiast inżynier mechanik doskonale rozumie procesy fizyczne i potrafi je modyfikować (jeździć oszczędniej, szybciej). Posiadając bazową wiedzę akademicką z zakresu baz danych i programowania, implementacja podstawowego węzła jest dla studenta Politechniki kwestią dwóch dni.*

Na wydziałach Politechniki realizowane są wykłady monograficzne oraz zajęcia, przybliżające tę problematykę. Studenci, korzystając z repozytoriów na platformie GitHub, potrafią stawiać środowiska oparte na Linuksie na domowych maszynach wirtualnych (wymagających jedynie odrobiny więcej pamięci RAM), tworzą w pełni funkcjonalne środowiska testowe. Środowisko studenckie prędko analizuje i rozwija w praktyce tę technologię. Skutkuje to wysypem nowatorskich prac inżynierskich i magisterskich, badających m.in. implementacje cyfrowej notaryzacji czy dostępne mechanizmy szyfrowania.

Technologia *blockchain* przestaje być postrzegana jako synonim ryzykownych instrumentów finansowych i zaczyna zajmować należne jej miejsce wśród dojrzałych narzędzi informatycznych. Niezależność, niezmiennność danych, szybkość procesowania transakcji, bezpieczeństwo kryptograficzne i ogromne możliwości adaptacyjne stawiają ją na równi z technologiami, które niegdyś definiowały początki Internetu. Przykłady takie, jak wdrażanie certyfikacji mikropoświadczeń na Politechnice Krakowskiej dowodzą, że technologie *blockchain* stają się ważnym elementem naszej rzeczywistości.

- 2-3 III** XI Europejski Kongres Samorządów w Mikołajkach „Samorząd w czasach niepewności — lokalne odpowiedzi na globalne wyzwania” z udziałem ekspertów z PK.
- 2-5 III** XXXVI Ogólnopolska Konferencja Naukowa „Metody komputerowe w projektowaniu i analizie konstrukcji hydrotechnicznych” w Korbielowie, organizowana przez Katedrę Geotechniki i Wytrzymałości Materiałów Wydziału Inżynierii Lądowej PK.
- 2-6 III** „FutureLab Camp” w Belfort, we Francji, organizowany w ramach sojuszu STARS EU.
- 2 III, 25 III, 16 IV** Akademicka Liga Debatancka — cykl debat okfordzkich, zorganizowanych przez Akademicki Inkubator Przedsiębiorczości PK w Międzywydziałowym Centrum Edukacyjno-Badawczym „Działownia”.
- 6 III** Promocja doktorów i doktorów habilitowanych na PK.
- 9 III** „Forum Kobiet 2026”, zorganizowane na PK przez Fundację Wspierania Budownictwa Zrównoważonego i Polską Izbę Inżynierów Budownictwa, w Międzywydziałowym Centrum Edukacyjno-Badawczym „Działownia”.
- Obchody Dnia Kobiet i Dnia Mężczyzn na PK, zorganizowane przez Samorząd Studencki.
- 10 III** Wręczenie dyplomów potwierdzających przyznanie stypendiów z Własnego Funduszu Stypendialnego za osiągnięcia naukowe laureatom 11. edycji programu, w Sali Senackiej.
- 11 III** „Ansys Day” — wydarzenie poświęcone nowoczesnym technologiom symulacyjnym, wykorzystywanym w projektach inżynierskich i badawczych, zorganizowane przez Wydział Mechaniczny PK we współpracy z firmą Symkom — oficjalnym dostawcą oprogramowania Ansys.
- Ogłoszenie wyników i wręczenie nagród VI edycji Studenckiego Konkursu Architektonicznego „Kamienica w mieście”, organizowanego przez Katedrę Urbanistyki i Architektury Struktur Miejskich Wydziału Architektury PK.
- Wykłady Ekonomedyczne na PK: dr hab. n. med. Krzysztof Boczar, kierownik Kliniki Elektrokardiologii w Szpitalu Specjalistycznym im. Jana Pawła II — „Co nowego w elektroterapii.
- Bezelektrodowa stymulacja serca. Zapobieganie nagłemu zgonowi sercowemu”.
- 11-14 III** 72. Mistrzostwa PK w Narciarstwie Alpejskim i Snowboardzie w Zakopanem, zorganizowane przez Centrum Sportu i Rekreacji PK oraz Klub Uczelniany AZS.
- 12 III** Podpisanie umowy ramowej o współpracy pomiędzy Wydziałem Mechanicznym PK a firmą PRIS-SYSTEM Sp. z o.o. z Krzeszowic. Porozumienie dotyczy rozwoju współpracy naukowo-technicznej i edukacyjnej w obszarze projektowania oraz wytwarzania komponentów do pojazdów szynowych.
- 16 III** „Dzień Liczby Pi”, zorganizowany na PK przez Samorząd Studencki Wydziału Informatyki i Telekomunikacji PK.
- 17 III** Podpisanie porozumienia o współpracy pomiędzy Zamkiem Królewskim na Wawelu i PK. Umowa formalizuje wieloletnie wspólne działania naukowców i muzealników oraz otwiera nowe możliwości badań, projektów architektonicznych i inicjatyw edukacyjnych związanych z historią i ochroną Wawelu.
- 18 III** Warsztaty gospodarki o obiegu zamkniętym dla studentów, doktorantów oraz członków kół naukowych, których zainteresowania i prace są związane z recyklingiem i GOZ, zorganizowane przez Interdyscyplinarne Centrum Gospodarki Obiegu Zamkniętego PK w Międzywydziałowym Centrum Edukacyjno-Badawczym „Działownia”.
- #NetPizza #3 w FutureLab PK — trzecie z networkingowych spotkań branżowych, skierowanych do studentów: „Cyberbezpieczeństwo od kuchni — jak wygląda strategiczna branża”, z udziałem Łukasza Gawrona, prezesa Zarządu Polskiego Klastra Cyberbezpieczeństwa #CyberMadeinPoland.
- Uroczystość nadania godności Profesora Honorowego Politechniki Opolskiej prof. Krzysztofowi Kluszczyńskiemu z Wydziału Inżynierii Elektrycznej i Komputerowej PK, zorganizowana w ramach obchodów jubileuszu 60-lecia Wydziału Elektrotechniki, Automatyki i Informatyki Politechniki Opolskiej.
- Otwarcie wystawy Jana Kurka „Nowy Jork 2025” w Galerii WA przy ulicy Podchorążych.
- „Godziny Rektorskie” — audycja Radia Kraków z udziałem rektora PK prof. Andrzeja Szaraty.

Koncert muzyki filmowej „Muzyka z ekranu: między światami” z udziałem Orkiestry Symfonicznej Akademii Muzycznej im. Krzysztofa Pendereckiego w Krakowie, Akademickiego Chóru PK „Cantata” i solistów w Filharmonii Krakowskiej im. Karola Szymanowskiego.

19–20 III III Krakowski Szczyt Transportowy — „Mobilność w inteligentnych miastach: technologie jutra w transporcie i logistyce”, organizowany na PK przez Koło Naukowe Transportu TRANSIT.

20 III „Wagary na WIL” — skierowane do uczniów liceów i techników laboratoria, warsztaty i miniwykłady, organizowane przez Wydział Inżynierii Lądowej PK.

Koncert muzyki filmowej „Muzyka z ekranu: między światami” z udziałem Orkiestry Symfonicznej Akademii Muzycznej im. Krzysztofa Pendereckiego w Krakowie, Akademickiego Chóru PK „Cantata” i solistów w siedzibie Zespołu Państwowych Szkół Muzycznych im. Mieczysława Karłowicza w Krakowie.

24 III 48. Bieg Kościuszkowski.

Otwarcie wystawy prac studentów II roku Wydziału Architektury PK „Parametryczne eksploracje: o tym czego studenci nie spodziewali się wymodelować” w Galerii PK „Gil”.

25 III Qemetica Day na Politechnice Krakowskiej — wydarzenie zorganizowane przez Centrum Transferu Technologii PK w ramach współpracy z Qemetica (dawnym Ciechem), największą prywatną firmą chemiczną w Polsce.

Otwarcie wystawy prac studentów I roku Wydziału Architektury PK, wykonanych w latach 2023–2025 „Kadry z Chełmna” w Galerii PK „Kotłownia”.

25–27 III Konferencja STARS EU w Opawie z udziałem przedstawicieli PK.

26 III Dzień Konstrukcji Metalowych i Drewnianych, zorganizowany z okazji Dnia Metalowca na Wydziale Inżynierii Lądowej PK przez Studenckie Koła Naukowe „Metalowcy” oraz „Korniki”.

Wykłady Ekonomedyczne na PK: dr hab. Piotr Wachowiak, prof. SGH, rektor Szkoły Głównej Handlowej w Warszawie — „Lider na trudne czasy”.

27 III IV Ogólnopolski Dzień Inżynierii Materiałowej pod hasłem „Kosmiczne materiały”, zorganizowany na Wydziale Inżynierii Materiałowej i Fizyki PK. Podczas wydarzenia PK włączyła się w bicie rekordu Guinnessa, by złożyć jak największą liczbę origami o kształcie rakiety.

Promocje doktorskie na Politechnice Krakowskiej

RENATA DUDEK

ZDJĘCIA: JAN ZYCH

W piątek, 6 marca w auli Międzywydziałowego Centrum Edukacyjno-Badawczego PK „Działownia” odbyło się — pod przewodnictwem rektora prof. Andrzeja Szaraty i z udziałem prorektorów oraz dziekanów wydziałów — wręczenie dyplomów doktorom i doktorom habilitowanym. Było to pierwsze w tym roku uroczyste posiedzenie Senatu PK poświęcone promocjom.

W ceremonii uczestniczyło 9 doktorów habilitowanych i 30 doktorów wraz z opiekunami naukowymi. W ławach auli zasiedli także bliscy promowanych, chcąc towarzyszyć im w tak podniosłych i ważnych chwilach. Oprawę uroczystości stanowiły tradycyjne pieśni akademickie w wykonaniu Chóru PK „Cantata”.

Zgodnie ze zwyczajem pierwszą część posiedzenia poświęcono uhonorowaniu doktorów habilitowanych. Poprowadziła ją prorektor ds. nauki dr hab. inż. Magdalena Niemczewska-Wójcik, prof. PK. Na jej prośbę dziekani czterech wydziałów: Inżynierii Lądowej, Inżynierii Środowiska i Energetyki, Inżynierii i Technologii Chemicznej oraz Mechanicznego przedstawili sylwetki promowanych i omówili przebieg ich kariery naukowej, po czym nastąpiło wręczenie dyplomów.

Druga część uroczystości rozpoczęła się od prezentacji sylwetek 30 doktorów przez dziekanów poszczególnych wydziałów. Omówiono najważniejsze informacje na temat przebiegu kształcenia i tematykę rozprawy doktorskiej, przedstawiono także promotorów i promotorów pomocniczych, wspierających doktorantów w procesie doktoryzowania. Ważnym momentem było złożenie ślubowania przez wszystkich doktorów, po nim wręczono dyplomy poświadczające uzyskanie stopnia naukowego.



Elwira Schmidt w towarzystwie promotora doktoratu Błażeja Skoczenia, dziekana WM Marka Kozienia (z lewej) oraz rektora PK Andrzeja Szaraty i prorektora Magdaleny Niemczewskiej-Wójcik

Doktorzy habilitowani

Wydział Inżynierii Lądowej



Izabela
Drygała



Piotr
Woźniczka

Wydział Inżynierii Środowiska i Energetyki



Paweł
Kwaśnicki



Maciej
Thomas

Wydział Inżynierii i Technologii Chemicznej



Zofia
Hordyjewicz-Baran



Agnieszka
Kulawik-Pióro

Wydział Mechaniczny



Adam
Ciskiewicz



Przemysław
Młynarczyk



Reza
Teimouri

Zamykając uroczyste posiedzenie Senatu PK, rektor prof. Andrzej Szarata pogratulował wszystkim promowanym i podziękował im za trud podjęty w osiąganiu awansu naukowego, za wytrwałość, ambicję, a także wyrzeczenia — niezbędne w dążeniu do postawionego sobie celu. Zachęcił do dalszej, nieustającej aktywności naukowej. Podziękował także opiekunom naukowym za skrupulatne wypełnianie misji uniwersyteckiej. Słowa wdzięczności skierował też do bliskich osób promowanych, bowiem ich wsparcie

i poświęcenie jest nie do przecenienia. — *Osiągnięcie kolejnych stopni rozwoju naukowego wymaga wspólnego wysiłku wszystkich — promowanych i promotorów, ale także rodzin naukowców — podkreślił.*

Wspólne pamiątkowe zdjęcie, wpisy do książki, rozmowy, podziękowania i gratulacje stanowiły bardzo miłe zwieńczenie tego uroczystego dnia na Politechnice Krakowskiej.

Promocje doktorskie,
6 marca 2026 r.



Doktorzy

Wydział
ArchitekturyFilip
JakubczakRafał
OleksikRafał
RuckiMirosław
StrzeleckiEwa
SzymczykSzymon
UsydusWydział
Inżynierii
Elektrycznej
i KomputerowejDenys
GutenkoAdam
SurówkaWydział
Inżynierii
LądowejPatrycja
DużyMichał
WitkowskiWydział
Inżynierii
Materiałowej
i FizykiMagdalena
BańkoszMateusz
DylągMaciej
KwiatkowskiKinga
SetlakDawid
StanisławWydział
Inżynierii
Środowiska
i EnergetykiAneta
DoroszMariusz
GrandaAgata
KaniaPrzemysław
KorasiakPatryk
PeretMariusz
PiękośWydział
MechanicznyKatarzyna
WęglarzRobert
WiśniewskiElwira
SchmidtWiesław
ZaborowskiWydział
Inżynierii
i Technologii
ChemicznejMichał
DymekAnna
ŁętochaFilip
PetkoSamuel
WierzbickiPrzemysław
Woliński

Krzysztof Kluszczyński Profesorem Honorowym Politechniki Opolskiej

ZDJĘCIA: JAN ZYCH

Krzysztof Kluszczyński



Prof. Krzysztof Kluszczyński, pracownik naukowy i wykładowca Wydziału Inżynierii Elektrycznej i Komputerowej Politechniki Krakowskiej, został wyróżniony tytułem Profesora Honorowego Politechniki Opolskiej. Ceremonia odbyła się 18 marca, podczas uroczystości z okazji jubileuszu 60-lecia Wydziału Elektrotechniki, Automatyki i Informatyki PO.

Nadanie godności zwiędzyło kilka dekad współpracy prof. Krzysztofa Kluszczyńskiego ze społecznością

Moment wręczenia dyplomu Krzysztofowi Kluszczyńskiemu przez rektora Politechniki Opolskiej Marcina Lorencę



akademicką i stanowiło wyraz uznania dla jego wkładu w kształtowanie tożsamości uczelni. Decyzję o przyznaniu tytułu podjął Senat Politechniki Opolskiej 29 października 2025 r.

Prorektor Politechniki Opolskiej prof. Krzysztof Boczar w mowie wygłoszonej z tej okazji przypomniał, że nowy Profesor Honorowy jest wybitnym autorytetem naukowym w dziedzinie elektrotechniki i automatyki, specjalistą w zakresie maszyn elektrycznych i mechatroniki oraz prekursorem infotroniki, a jego droga życiowa i naukowa stanowi modelowy przykład integrowania dyscyplin, środowisk i pokoleń. Podkreślił, że związki prof. Krzysztofa Kluszczyńskiego z PO miały charakter merytoryczny, jak i środowiskotwórczy. Będąc recenzentem rozpraw doktorskich i habilitacyjnych, a także opiniodawcą w postępowaniach profesorskich przyczynił się do rozwoju badań naukowych, kształcenia kadr oraz integracji uczelni z ogólnopolską wspólnotą akademicką. Współorganizował wiele wydarzeń naukowych, odbywających się na Politechnice Opolskiej, dopinując do udziału w Międzynarodowych Warsztatach Doktoranckich, Sympozjach PPEEm, Beskidzkich Seminariach Elektryków, konferencjach, również do działań w strukturach Polskiego Towarzystwa Elektrotechniki Teoretycznej i Stosowanej. Dziękując za wkład w rozwój uczelni, prorektor K. Boczar przyznał, że prof. Kluszczyński dzięki swym niezwykłym pasjom naukowym i artystycznym wciąż uczy, jak być lepszym inżynierem i człowiekiem.

Treść dyplomu, informującego o zaszczyście, odczytał prof. Krzysztof Malik. Dyplom wręczył rektor PO dr hab. inż. Marcin Lorenc, który złożył prof. Kluszczyńskiemu także gratulacje w imieniu wspólnoty akademickiej swojej uczelni. W imieniu pracowników Politechniki Krakowskiej wyraził uznania przekazał rektor prof. Andrzej Szarata, a w imieniu Politechniki Śląskiej, *Almae Matris* Krzysztofa Kluszczyńskiego, przekazała je prorektor prof. Bożena Skołud.

Głos zabrał także sam wyróżniony. Wyraził wdzięczność i radość z faktu włączenia w poczet opolskiej profesury, do grona, w którym odnalazł swoich Mentorów. Są wśród nich: profesor i dziekan Antoni Plamitzer (autor cieszącego się do dziś niesłabnącą popularnością podręcznika „Maszyny elektryczne”); profesor, dziekan i rektor Piotr Wach, który zaraził go miłością do wyższych harmonicznych pola magnetycznego w maszynach indukcyjnych oraz profesor i dziekan Jerzy Hickiewicz, który z respektu dla przeszłości i tradycji uczynił wartość najwyższą.

Obchodzącym jubileusz władzom i pracownikom Wydziału Elektrotechniki, Automatyki i Informatyki PO prof. Kluszczyński złożył gratulacje i życzenia, okraszone muzyczną dedykacją. Wykonał dwa Preludia:

c-moll oraz *A-dur* Fryderyka Chopina, wywołując wiele wzruszeń u gości licznie zgromadzonych w Auli Zespołu Dydaktycznego „Łącznik” PO, przy ulicy Mikołajczyka 16.

Prof. Krzysztofowi Kluszczyńskiemu w uroczystości towarzyszyła małżonka, Teresa Kluszczyńska oraz córka i wnuczki. W skład delegacji PK weszli rektor prof. Andrzej Szarata i prorektor dr inż. Marek Bauer, kierownicy katedr WIEiK PK, pracownicy uczelni. W obchodach jubileuszu WEAiI wzięli udział przedstawiciele władz wojewódzkich, samorządowych i miasta Opola. Licznie reprezentowane było środowisko uczelni technicznych, ale też artystyczne, prawnicze, medyczne, obecni byli członkowie Komitetu Elektrotechniki PAN, PTETiS i SEP oraz PZAF.

Tego dnia prof. Krzysztof Kluszczyński wystąpił z wykładem. Była to barwna opowieść o historii elektryczności, przepleciona wykonanymi popisowo przez prelegenta kompozycjami na fortepian. (Wykład prezentujemy na s. 21–24).

Krzysztof Kluszczyński urodził się w 1950 r. w Brzesczach. Jest absolwentem III Liceum Ogólnokształcącego im. Adama Mickiewicza w Katowicach; otrzymał też wykształcenie muzyczne — w 1968 r. w Państwowej Szkole Muzycznej im. Mieczysława Karłowicza II st. w Katowicach uzyskał dyplom w klasie fortepianu. Studia ukończył na Wydziale Elektrycznym Politechniki Śląskiej w Gliwicach (kierunek elektrotechnika, specjalność: maszyny i urządzenia elektryczne) w 1973 r. Na tej uczelni obronił w 1978 r. pracę doktorską „Uogólnienie transformacji dwuosiowej i jej zastosowanie do analizy niesymetrycznych maszyn elektrycznych, a w szczególności jednofazowego silnika z kondensatorem pracy o uzwojeniach stojana typu T”, a w 1986 r. — na podstawie monografii „Momenty pasożytnicze w maszynach asynchronicznych” (nagroda ministra nauki i szkolnictwa wyższego) — uzyskał stopień doktora habilitowanego. Rozwinięciem badań była książka „Momenty pasożytnicze w indukcyjnych silnikach klatkowych”, doceniona nagrodą zespołową ministra edukacji narodowej, jak i w środowisku przemysłu. Tytuł profesora nauk technicznych otrzymał w 1996 r.

W latach 1973–2017 był związany z Politechniką Śląską. W latach 1980–1981 był zastępcą dyrektora Instytutu Maszyn i Urządzeń Elektrycznych, w latach 1990–1993 pełnił funkcję prodziekana Wydziału Elektrycznego. W 1999 r. utworzył Zakład Mechatroniki, który w 2006 r. został przekształcony w kierowaną przez niego Katedrę Mechatroniki. Był też współzałożycielem i pierwszym rektorem Wyższej Szkoły Mechatroniki w Katowicach w latach 2005–2007. W październiku 2017 r. objął stanowisko profesora zwyczajnego na Politechnice Krakowskiej. Na Wydziale Inżynierii Elektrycznej i Komputerowej PK został dyrektorem Instytutu Automatyki i Trakcji Elektrycznej. Był prekursorem nowego kierunku badań i kształcenia — infotroniki.

W dorobku ma — jako autor lub współautor — 6 monografii, 600 artykułów i referatów, opublikowanych w czasopiśmie naukowych i w materiałach konferencyjnych; a także 200 publikacji dydaktycznych i popularnonaukowych. Był



recenzentem w 30 postępowaniach habilitacyjnych i profesorskich oraz recenzentem ponad 50 rozpraw doktorskich. Wypromował 16 doktorów, obecnie jest opiekunem 5 doktorantów. Organizował Międzynarodowe Warsztaty Doktoranckie (1999–2013); letnie szkoły naukowe, Międzynarodowe Seminaria Naukowe na pokładzie żaglowca „Dar Młodzieży” (z Akademią Morską w Gdyni) itp. Pełnił funkcje eksperta, recenzenta: Rady Głównej Nauki i Szkolnictwa Wyższego, Ministerstwa Edukacji Narodowej, Państwowej Komisji Akredytacyjnej (kierunek: elektrotechnika), Konferencji Akademickich Uczelni Technicznych (KAUT), Fundacji Nauki Polskiej. Był delegatem w International Electrotechnical Commission — IEC (uczestniczył w pracach Technical Committee nr 2 oraz Working Group nr 12 — TC2), członkiem Polskiego Komitetu Normalizacyjnego (w Komisji Problemowej nr 56 ds. Maszyn Elektrycznych Wirujących), rzeczoznawcą Stowarzyszenia Inżynierów i Techników Górnictwa w zakresie elektryfikacji i automatyzacji kopalń.

Od 2002 r. zasiada w Komitecie Elektrotechniki PAN. Uczestniczył w pracach Polskiego Komitetu Teorii Maszyn i Mechanizmów przy Komitecie Budowy Maszyn PAN oraz Sekcji Mikroelektroniki przy Komitecie Elektroniki i Telekomunikacji PAN. Był uczestnikiem oraz liderem sieci i programów współpracy akademickiej, m.in. UNESCO Centre for Engineering Education (UICEE), CEEPUS, REM oraz projektów TEMPUS-MEDA.

Od wielu lat kieruje Polskim Towarzystwem Elektrotechniki Teoretycznej. Był członkiem Polskiego Towarzystwa Zastosowań Elektromagnetyzmu, International Compumag Society (członek założyciel) oraz Stowarzyszenia Elektryków Polskich. Współpracuje z IEEE, IET, Deutsche Gesellschaft für Mechatronik, Danish Association of Mechatronics, ICAM Grande Ecoles, Gottlob Frege Centre.

Odnaczony: Srebrnym i Złotym Krzyżem Zasługi (1994 r.; 1998 r.); Medalem Komisji Edukacji Narodowej (2006 r.), Krzyżem Kawalerskim Orderu Odrodzenia Polski (2012 r.). W 2015 r. otrzymał tytuł *doctora honoris causa* Politechniki Świętokrzyskiej.

Jego pasją obok muzyki są turystyka i sztuka.

• |K.T.|

Nowy Profesor Honorowy PO w towarzystwie żony Teresy Kluszczyńskiej, rektora PO Marcina Lorenca (z lewej) oraz dziekana WEAiI Andrzeja Cichonia i wicemarszałek województwa opolskiego Zuzanny Donath-Kasiury

Pracownicy: dr hab. inż. Bernard Twaróg



Jest pracownikiem Katedry Geoinżynierii i Gospodarki Wodnej na Wydziale Inżynierii Środowiska i Energetyki Politechniki Krakowskiej.

Urodził się 14 września 1963 r. w Tarnowie. Tam też ukończył Technikum Mechaniczne im. Pawła Findera. Studiował budownictwo wodne na Wydziale Inżynierii Sanitarnej i Wodnej (obecnie: Wydział Inżynierii Środowiska i Energetyki) Politechniki Krakowskiej. Pracę magisterską pt. „Symulacyjny model elektrowni Solina-Myczkowce” napisał pod kierunkiem dr. inż. Wojciecha Indyka i obronił w 1989 r. Kontynuacją pracy był wdrożony system wspomagania decyzji w Zespole Elektrowni Wodnych Solina-Myczkowce, funkcjonujący na kaskadzie zbiorników energetycznych w latach 1989–2009. Kolejne stopnie naukowe uzyskał również na Politechnice Krakowskiej. W 2002 r. z wyróżnieniem obronił doktorat pt. „Optymalna ochrona przed powodzią z uwzględnieniem ryzyka” (promotor: prof. dr hab. inż. Henryk Słota). Stopień doktora habilitowanego w dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych, w dyscyplinie inżynieria środowiska, górnictwo i energetyka, otrzymał 25 lutego 2026 r. Osiągnięciem naukowym, stanowiącym podstawę nadania stopnia, był cykl artykułów pt. „Entropia informacyjna Shannona jako miara złożoności i niepewności parametrów klimatycznych temperatury i opadów”.

Pracę w Instytucie Inżynierii i Gospodarki Wodnej PK podjął w 1989 r., jeszcze jako student. Do 2006 r. pracował w Zakładzie Gospodarki Wodnej tego instytutu, pod kierownictwem prof. Henryka Słoty. Początkowo był zatrudniony na etacie asystenta, następnie został adiunktem. W Instytucie Inżynierii i Gospodarki Wodnej PK pełnił funkcję zastępcy dyrektora ds. naukowo-badawczych (2009–2010) i ds. naukowych (2010–2012). Był też kierownikiem Zakładu Budownictwa Wodnego (2015–2016).

W latach 1999–2001 pełnił funkcję konsultanta Banku Światowego w ramach Narodowego Programu Odbudowy i Modernizacji, w projekcie likwidacji skutków powodzi. Następnie, w latach 2002–2003 był zastępcą dyrektora ds. zasobów wodnych w Regionalnym Zarządzie Gospodarki Wodnej w Krakowie — odpowiadał za wdrażanie prawa wodnego i dyrektywy wodnej Unii Europejskiej, sprawował nadzór nad realizacją kontraktów finansowanych przez Bank Światowy i UE. Był kierownikiem projektu „Politechnika Krakowska dla Małych i Średnich Przedsiębiorstw”, współfinansowanego ze środków UE (2011–2013).

W pracy naukowej koncentruje się na zastosowaniu metod optymalizacji w gospodarce wodnej i hydroenergetyce, modelowaniu procesów hydrologicznych i hydraulicznych oraz wykorzystaniu metod numerycznych, probabilistycznych i metody Monte Carlo w inżynierii środowiska. Jest ekspertem w zakresie hydrotechniki, hydroenergetyki oraz gospodarki wodnej. Wprowadził autorską definicję polaryzacji w kontekście ekstremalizacji zjawisk klimatycznych oraz opracował miary i narzędzia służące jej ilościowej

ocenie. Wyniki tych badań mają istotne znaczenie dla bezpieczeństwa społeczeństwa, gospodarki i rolnictwa. Obecnie prowadzi badania nad zastosowaniem entropii informacyjnej w ocenie bezpieczeństwa obiektów infrastruktury krytycznej oraz nad prognozowaniem zdarzeń ekstremalnych z wykorzystaniem równania Fokkera-Plancka.

W dorobku ma ponad 100 publikacji naukowych, w tym ponad 80 samodzielnych. Jest autorem monografii „Selected Monte Carlo Methods in Water Management”. Wyniki swoich badań prezentował na kilkudziesięciu konferencjach krajowych oraz międzynarodowych, m.in. w Singapurze, Kanadzie, Japonii i Stanach Zjednoczonych. Zrealizował 10 projektów naukowych (2 był pomysłodawcą i kierownikiem, 8 — współwykonawcą). Współpracuje jako recenzent naukowy z wydawnictwami Springer Nature oraz MDPI.

Jest autorem i współautorem 60 projektów badawczych oraz ekspertyz dla administracji rządowej i samorządowej, instytucji naukowych oraz przedsiębiorstw. W ostatnich latach realizował zaawansowane projekty z zastosowaniem modelowania numerycznego (np.: modelowanie skutków katastrofy największego w Europie składowiska poftotacyjnego, analiza systemu komór połączeniowych warszawskich kolektorów wiślanych oraz weryfikacja stopnia wodnego Siarzewo).

Szczególne miejsce w jego działalności zajmuje studenci ruchu naukowy. Pełnił funkcję pełnomocnika dziekana ds. ruchu naukowego studentów (1992–2003 oraz 2016–2025), a od 1998 r. jest opiekunem Studenckiego Koła Naukowego „Gospodarka Wodna” (obecnie jako SKN „Inżynierii Środowiska”).

Był promotorem ponad 120 studenckich prac dyplomowych oraz opiekunem naukowym ponad 40 prac prezentowanych w ramach sesji kół naukowych. Od 2003 r. we współpracy z uczelniami z Frankfurtu nad Menem, Drezna, Darmstadt, Kaiserslautern oraz Belgradu współorganizuje międzynarodowe praktyki studenckie w Kurozwękach. Projekt został uhonorowany nagrodą niemieckiej Fundacji Prof. Joachima Lenza w 2012 r. i przyczynił się do podpisania bilateralnych umów o współpracy i wymianie akademickiej.

Za działalność naukową, dydaktyczną i organizacyjną był nagradzany przez rektora PK (w latach: 2007, 2016, 2018 i 2023). Uhonorowany: medalem „Za Wybitne Zasługi dla Tarnowskiego Klubu Sportowego »Kyokushin Karate«” (2007; w latach 1989–1990 był prezesem TKKF TKS „Kyokushin Karate”), Honorową i Złotą Odznaką PK (2009; 2016). Jest członkiem: Europejskiego Stowarzyszenia Ekonomistów Środowiska i Zasobów Naturalnych, Stowarzyszenia Hydrologów Polskich, Sekcji Budowli Hydrotechnicznych przy Polskiej Akademii Nauk oraz The International Association for Hydro-Environment Engineering.

Żonaty, ma dwóch synów oraz troje wnucząt. Interesuje się matematyką, fizyką, programowaniem komputerów. Pływa, jeździ na nartach i uprawia sztuki walki.

Pracownicy: doktorzy

Wydział Architektury	dr inż. arch. Paweł Filipek (A-04) „Technologia solarna w architekturze. Analiza zagadnień przestrzenno-technicznych”	promotor: prof. dr hab. inż. arch. Wacław Celadyn (PK); recenzenci: prof. dr hab. inż. arch. Janusz Rębielak (emerytowany pracownik PK); dr hab. inż. arch. Klaudiusz Fross, prof. PŚI (PŚI); prof. dr hab. inż. arch. Marek Pabich (PŁ); 10 XII 2025 r. Praca wyróżniona.
Wydział Inżynierii i Technologii Chemicznej	dr inż. Anna Tekieli (C-1) „Badania chromatograficzne saponin w polarnych układach ekstrakcyjnych i rozdzielczych dla pozyskiwania preparatów o wielokierunkowej aktywności biologicznej”	promotor: dr hab. inż. Aneta Spórna-Kucab, prof. PK (PK); recenzenci: prof. dr hab. Adam Matkowski (UM we Wrocławiu), prof. dr hab. inż. Małgorzata Szynkowska-Józwiak (PŁ), prof. dr hab. inż. Agata Kot-Wasik (PG); 21 I 2026 r. Praca wyróżniona.
	dr inż. Wiktoria Matyjasik (C-1) „Nanokrystaliczne sensory optyczne”	promotor: prof. dr hab. inż. Marcin Banach (PK); promotor pomocniczy: dr hab. inż. Jolanta Pulit-Prociak, prof. PK (PK); recenzenci: prof. dr hab. inż. Jacek Przepiórski (ZUT w Szczecinie), dr hab. inż. Izabela Polowczyk, prof. PWR (PWR); dr hab. inż. Łukasz Klapiszewski, prof. PP (PP); 18 II 2026 r.
Wydział Inżynierii Materiałowej i Fizyki	dr inż. Kinga Setlak (I-1) „Synteza spoiw geopolimerowych na bazie odpadów przemysłowych”	promotor: dr hab. inż. Michał Łach, prof. PK; recenzenci: dr hab. inż. Beata Łaźniewska-Piekarczyk, prof. PŚI (PŚI); prof. dr hab. inż. Łukasz Kaczmarek (PŁ); dr hab. inż. Tomasz Baran (Sieć Badawcza Łukasiewicz — Instytut Ceramiki i Materiałów Budowlanych); 10 XII 2025 r.
	dr inż. Magdalena Bańkosz (I-1) „Badania nad opracowaniem biomateriałów kompozytowych do zastosowań w inżynierii i w chirurgii”	promotor: dr hab. inż. Bożena Tylicz, prof. PK; promotor pomocniczy: dr inż. Dariusz Mierzwiński; recenzenci: prof. dr hab. inż. Elżbieta Pamuła (AGH), dr hab. inż. Dorota Bociąga, prof. PŁ (PŁ); prof. dr hab. Maciej Guzik (Instytut Katalizy i Fizykochemii Powierzchni im. Jerzego Habera PAN); 10 XII 2025 r. Praca wyróżniona.
	dr inż. Beata Figiela (I-1) „Synteza i właściwości spienionych materiałów geopolimerowych wytworzonych z wykorzystaniem ubocznych produktów wydobywania węgla kamiennego”	promotor: dr hab. inż. Kinga Korniejko, prof. PK; recenzenci: prof. dr hab. inż. Barbara Tora (AGH), prof. dr hab. inż. Mateusz Kozioł (PŚI); dr hab. Marcin Nabiałek, prof. PCz (PCz); 10 XII 2025 r. Praca wyróżniona.
	dr inż. Dagmara Słota (I-1) „Powłoka kompozytowa z kontrolowaną bioaktywnością, do zastosowań medycznych”	promotor: prof. dr hab. inż. Agnieszka Sobczak-Kupiec; recenzenci: prof. dr hab. n. med. i n. o zdr. inż. Marcin Sobczak (WUM), dr hab. inż. Roman Major, prof. PAN (Instytut Metalurgii i Inżynierii Materiałowej PAN); dr hab. inż. Krzysztof Pałka, prof. PL (PL); 18 III 2026 r. Praca wyróżniona.
Wydział Inżynierii Środowiska i Energetyki	dr inż. Paulina Ormaniec (Ś-4) „Badania nad występowaniem i przemianami mikro- i nanoplastików w komunalnych oczyszczalniach ścieków”	recenzenci: prof. dr hab. inż. Magdalena Gajewska (PG); prof. dr hab. inż. Monika Żubrowska-Sudoł (PW); dr hab. inż. Bożena Mrowiec, prof. UBB (UBB); 25 II 2026 r. Praca wyróżniona.

Naukowe kompetencje dla dziedzictwa narodowego



Uczestnicy zawarcia umowy o współpracy (od lewej): Daniel Hankus, zastępca dyrektora ds. inwestycyjno-technicznych Zamku; Dominika Kuśnierz-Krupa, Wydział Architektury; Andrzej Betlej, dyrektor Zamku; Andrzej Szarata, rektor Politechniki Krakowskiej; Lucyna Domagała, dziekan Wydziału Inżynierii Lądowej; Magdalena Kozień-Woźniak, dziekan Wydziału Architektury; Arkadiusz Kwiecień, Wydział Inżynierii Lądowej.
Fot.: Jan Zych

Zamek Królewski na Wawelu jest jednym z najważniejszych miejsc polskiego dziedzictwa narodowego. Na rzecz jego ochrony Politechnika Krakowska od wielu lat współpracuje z dyrekcją Zamku. Wspólne działania naukowców i muzealników zostały sformalizowane porozumieniem, które obie strony podpisały 17 marca w wawelskiej Sali Sigmunda. Umowa, sygnowana przez dyrektora Zamku prof. Andrzeja Betleja oraz rektora PK prof. Andrzeja Szarata, otwiera także nowe możliwości współpracy. Dotyczą one badań, projektów architektonicznych i inicjatyw edukacyjnych związanych z historią i ochroną Wawelu.

— *To dla nas wyjątkowo ważna chwila. Historia Politechniki tu się zaczęła. Właśnie na Wawelu w 1945 r. pierwszą siedzibę znalazł nasz Wydział Architektury* — mówił prof. Andrzej Szarata, rektor Politechniki Krakowskiej, podczas podpisywania umowy. — *Od początku istnienia uczelni nasi specjaliści, studenci i absolwenci byli zaangażowani w działania związane z zachowaniem zabytkowej wartości zamku wawelskiego jako unikatowego obiektu dziedzictwa światowego oraz pomnika polskiej historii i tradycji. Porozumienie pieczętuje nasze wieloletnie wspólne działania i otwiera nowe możliwości dla specjalistów z obu instytucji oraz naszych studentów i doktorantów PK*

Dyrektor Zamku Królewskiego na Wawelu, prof. Andrzej Betlej, podkreśla, że porozumienie jest przełomowe dla obu podmiotów. — *Dwie bardzo ważne instytucje w panoramie naukowo-kulturalnej Krakowa, podpisujące umowę o współpracy, to bardzo dobra podstawa na przyszłość. Jest wiele obszarów, w których możemy współpracować: naukowych, konserwatorskich i architektonicznych. Politechnika Krakowska z jej potencjałem stanowi dla nas wielkie wsparcie* — mówi. W realizację porozumienia zaangażowane będą szczególnie Wydziały Inżynierii Lądowej oraz Architektury.

— *Dla Wydziału Inżynierii Lądowej ta współpraca ma szczególny wymiar, ponieważ łączy nasz potencjał naukowo-badawczy z troską o jedno z najważniejszych miejsc polskiego dziedzictwa* — podkreśla dr hab. inż. Lucyna Domagała, prof. PK dziekan Wydziału Inżynierii Lądowej. — *Kadra naszego wydziału od wielu lat uczestniczy w badaniach, ekspertyzach i projektach, związanych z ochroną i rewitalizacją zabytków, w tym obiektów zlokalizowanych na wzgórzu wawelskim. Jestem przekonana, że dzięki temu porozumieniu będziemy mogli jeszcze intensywniej wykorzystywać nasze doświadczenie naukowe i inżynierskie, wspierając działania na rzecz zachowania i rozwoju tego wyjątkowego miejsca dla przyszłych pokoleń.*

Szeroki zakres współpracy

Do najważniejszych obszarów współpracy należy: prowadzenie badań, nadzorów naukowych oraz opracowywanie opinii i ekspertyz przez pracowników naukowych Politechniki Krakowskiej na potrzeby Zamku; podejmowanie wspólnych inicjatyw związanych z ochroną dziedzictwa kulturowego oraz podnoszeniem kwalifikacji kadry dydaktycznej; projektowanie architektoniczno-budowlane przebudowy obiektów, będących własnością Zamku na potrzeby jego statutowej działalności; wspólne aplikowanie o środki zewnętrzne, krajowe i zagraniczne, na działania podstawowe i (lub) badawczo-rozwojowe; współpraca naukowo-badawcza z organizacjami międzynarodowymi, zajmującymi się ochroną zabytków, m.in. UNESCO, ICOMOS lub ISCARSAH; organizacja szkoleń, warsztatów, sympozjów, konferencji, wykładów otwartych, wystaw i wizyt technologicznych; promocja i prezentowanie na forum Politechniki realizowanych na Zamku inwestycji i prowadzonych działań, mających związek z działalnością dydaktyczną i naukową, prowadzoną na PK.

Umowa inicjuje m.in. projekt „Disaster Risk Management Plan for the Wawel Castle”, którego celem jest ochrona zamku na Wawelu oraz jego zbiorów przed zagrożeniami naturalnymi i cywilizacyjnymi. Projekt, koordynowany przez prof. arch. Dominikę Kuśnierz-Krupę z Wydziału Architektury i prof. Arkadiusza Kwietnia z Wydziału Inżynierii Lądowej, wykorzystuje innowacyjną metodę badawczą z Uniwersytetu w Isfahanie. Wynikiem prac będzie nowoczesna strategia prewencji i zarządzania kryzysowego, zgodna z aktualnymi wytycznymi UNESCO.

Dzięki porozumieniu rozszerza się również pakiet wspólnych działań edukacyjnych i promocyjnych. Studenci i doktoranci Politechniki będą odbywać praktyki oraz plenery malarskie i architektoniczne na terenach Zamku. Planowane jest też wspólne formułowanie tematów i opieka merytoryczna w zakresie prac dyplomowych i doktorskich, a także prowadzenie przez specjalistów z muzeum zajęć i spotkań eksperckich związanych z ochroną i konserwacją zabytków.

• |MAS, J.P.|

Warsztaty Gospodarki o Obiegu Zamkniętym

ZDJĘCIA:
MICHAŁ PIEREWICZ

Już po raz drugi na Politechnice Krakowskiej z okazji Światowego Dnia Recyklingu, obchodzonego 18 marca, odbyły się Warsztaty Gospodarki o Obiegu Zamkniętym (GOZ). Wydarzenie, zorganizowane przez Interdyscyplinarne Centrum Gospodarki Obiegu Zamkniętego PK (IC-GOZ PK), stworzyło platformę wymiany wiedzy i doświadczeń między studentami, doktorantami oraz badaczami, realizującymi projekty z tej dziedziny. W trakcie warsztatów zaprezentowano szerokie i praktyczne zastosowanie badań prowadzonych na PK.

Gospodarzami spotkania byli prof. Krzysztof Pielichowski, dyrektor IC-GOZ PK, oraz członkowie komitetów organizacyjnego i naukowego. Warsztaty oficjalnie otworzyli prorektor ds. nauki, dr hab. inż. Magdalena Niemczewska-Wójcik, prof. PK oraz przedstawiciel komitetu organizacyjnego dr hab. inż. Tomasz Zdeb, prof. PK.

— *Gospodarka o obiegu zamkniętym jest realną odpowiedzią na wyzwania współczesnego świata, bo reprezentuje podejście, w którym odpady przestają być problemem, a zaczynają być zasobem. Warsztaty na Politechnice Krakowskiej to niezwykle cenna inicjatywa — są przestrzenią wymiany doświadczeń i inspiracji, okazją do dyskusji na temat rozwiązań, które będą zmieniać naszą rzeczywistość* — mówiła do uczestników prorektor PK.

Wykład otwierający pt. „Taksonomia UE — wyzwania dla gospodarki o obiegu zamkniętym” wygłosiła prof. Agnieszka Generowicz, ekspertka w dziedzinie gospodarki odpadami z Wydziału Inżynierii Środowiska i Energetyki PK. Na krakowskich przykładach pokazała, jak na styku ekologii i ekonomii rozgrywają się współczesne wyzwania GOZ — od prostych decyzji o segregowaniu odpadów, wykorzystaniu spalarni czy sprzątanii ulic miasta po złożone, wielomilionowe inwestycje i zrównoważone zarządzanie infrastrukturą miejską. Po prelekcji wywiązała się dyskusja nad interdyscyplinarnym charakterem wyzwań, stawianych nauce i przemysłowi przez model gospodarki o obiegu zamkniętym; model, który dąży do minimalizacji zużycia surowców i produkcji odpadów poprzez ich ponowne wykorzystanie, naprawę i recykling.

Następnie młodzi badacze przedstawili ponad 20 tematów swoich prac. Różnorodna tematyka obejmowała m.in. waloryzację surowców, recykling polimerów, rozwój zrównoważonych produktów oraz wdrażanie proekologicznych rozwiązań przemysłowych. Uczestnicy mieli okazję zapoznać się z wynikami badań nad nowatorskimi materiałami, jak: biodegradowalne tworzywa do druku 3D, betony z wykorzystaniem kruszywa z recyklingu czy biopoliole, otrzymywane z olejów roślinnych do produkcji poliuretanów.

— *Tak bogata aktywność specjalistów Centrum i młodych badaczy pokazuje, że w naszej społeczności stale rośnie świadomość interdyscyplinarności tematyki GOZ i korzyści, które możemy osiągnąć, działając wspólnie na polu zrównoważonej gospodarki zasobami* — podsumował prof. Krzysztof Pielichowski.

Druga edycja warsztatów stanowiła doskonałe podsumowanie rozwoju działalności IC-GOZ PK. Centrum łączy badaczy, doktorantów i studentów Politechniki z różnych dyscyplin, by we współpracy z biznesem i samorządami tworzyli nowoczesne rozwiązania, potrzebne w przemyśle, energetyce i ochronie środowiska. Jego celem jest rozwój wiedzy, innowacyjnych technologii i kształcenia w obszarze zrównoważonego wykorzystania surowców. Wyniki licznych prac są publikowane i prezentowane na specjalistycznych konferencjach w kraju i za granicą. Obecnie aktywność badaczy skupionych wokół jednostki koncentruje się m.in. na analizie cyklu życia (LCA). Pozwala ona na kompleksową ocenę wpływu produktu, procesu lub technologii na środowisko, społeczeństwo i ekonomię — od etapu pozyskania surowców aż po wycofanie z eksploatacji.

— *Wiele nowych rozwiązań inżynierskich i technologicznych, opracowanych na Politechnice, może bardzo zyskać po uwzględnieniu wyników LCA, stąd nasze działania w tym przyszłościowym kierunku* — wyjaśnia dyrektor Centrum. Strona Interdyscyplinarnego Centrum Gospodarki Obiegu Zamkniętego PK: <https://icgoz.pk.edu.pl/> | MAS, J.P.]



Krzysztof Pielichowski

Agnieszka Generowicz
w trakcie wykładu
otwierającego
wydarzenie



Politechnika Krakowska bezstresowo przybliży tajemnice „królowej nauk”

Politechnika Krakowska aktywnie promuje naukę matematyki, przełamując stereotypy i pokazując jej praktyczne zastosowanie w inżynierii i nowoczesnych technologiach. Uczelnia z sukcesem przeprowadziła nowatorskie inicjatywy, wspierające matematyczną edukację różnych grup wiekowych. Swoimi kompetencjami wzmacnia także inne tego typu programy regionalne i ogólnopolskie.

Zimowe półkolonie z matematyką

Wczesna edukacja matematyczna sprzyja sukcesom szkolnym, a także kształtuje kompetencje niezbędne w dorosłym życiu. Ponadto dzieci, które od najmłodszych lat mają kontakt z matematyką, rzadko odczuwają lęk przed tym przedmiotem w szkole. Politechnika wykorzystała okazję do matematycznej edukacji najmłodszych podczas lutowych półkolonii, w których wzięło udział 87 dzieci w wieku 7–13 lat. W bogatym programie aktywności znalazły się zajęcia matematyczne, oparte na programie opracowanym przez uznanych ekspertów z Akademii Pedagogiki Specjalnej — prof. Edytę Gruszczyk-Kolczyńską oraz dr. hab. Jana Amosa Jelinka. Dzieci uczestniczyły w dwumodułowych zajęciach „Młody Matematyk”. Pierwszy z nich opierał się na zadaniach konstrukcyjnych, rozwijających wyobraźnię przestrzenną, natomiast drugi polegał na nauce gier strategicznych — od najprostszych, po te budujące skomplikowane strategie wygrywające. Ze względu na znakomite recenzje uczestników uczelnia planuje kontynuację tej nowatorskiej formy spędzania wolnego czasu.

Wsparcie dla maturzystów

Matematyka bywa wyzwaniem, ale niestety zbyt często i zupełnie niewłaściwie utożsamiana jest z irracjonalnym strachem, na który składają się złe doświadczenia szkolne,

społeczne stereotypy czy brak wiary we własne siły. Tego typu emocje i postawy mogą stanowić blokadę np. przed podjęciem studiów technicznych. Odpowiedzią Politechniki Krakowskiej jest pilotażowy projekt „Matematyka do matury i na studia”, adresowany do osób, które w tym roku przystępują do egzaminu dojrzałości. Program zajęć opracowali doświadczeni nauczyciele akademicy z Wydziału Informatyki i Matematyki.

Na cykl zajęć, przeprowadzanych w soboty, począwszy od 28 lutego, złożyło się 7 spotkań — po 4 godziny lekcyjne każde. Zajęcia odbywały się stacjonarnie na głównym kampusie uczelni, w grupach liczących maksymalnie 20 osób. Kurs miał za zadanie nie tylko świetnie przygotować do matury na poziomach podstawowym i rozszerzonym, ale także pozwolić poznać nowe zagadnienia, przydatne na studiach inżynierskich. Program objął m.in. działania na logarytmach, geometrię analityczną, a w przypadku grupy rozszerzonej — również trygonometrię, ciągi, rachunek wektorowy czy rachunek różniczkowy.

Od matematyki zaczynają się nowe technologie

Na początku 2026 r. formalnie otwarte zostało nowe pole współpracy pomiędzy Politechniką Krakowską a Małopolskim Centrum Nauki „Cogiteon”. W ramach zawartej umowy partnerskiej na realizację działań w projekcie „Małopolska. Więcej wiem” (program Fundusze Europejskie dla Małopolski 2021–2027, finansowany z Europejskiego Funduszu Społecznego Plus) Wydział Informatyki i Matematyki przygotuje warsztaty dla uczniów szkół średnich w obszarze rozpoznawania obrazów oraz projektowania cyberasystenta (chatbota). Ich fundamentem będą zagadnienia matematyczne, wykorzystywane w nowoczesnych technologiach: logika formalna, teoria grafów, rachunek prawdopodobieństwa i modele statystyczne w uczeniu

Projekt „Matematyka do matury i na studia” prowadzili doświadczeni nauczyciele akademicy, na zdjęciu zajęcia z Adamem Bednarzem
Fot.: Jan Zych



maszynowym. Działania w projekcie „Małopolska. Więcej wiem” zaplanowano do 30 czerwca 2029 r.

Warto wspomnieć, że od 2025 r. Wydział Informatyki i Matematyki PK jest partnerem przedsięwzięcia „Małopolski system wspierania transformacji cyfrowej szkół”, realizowanego w ramach programu Fundusze Europejskie dla Małopolski 2021–2027. Inicjatywa stanowi odpowiedź na zdiagnozowane w „Strategii rozwoju województwa »Małopolska 2030«” wyzwania związane z kształtowaniem kompetencji uniwersalnych oraz wdrażaniem nowoczesnych technologii w procesie edukacyjnym. Na podstawie autorskiego modelu standaryzacji w obszarze przechowywania i wymiany zasobów edukacyjnych oraz administracyjnych pracownicy PK opracowali programy i scenariusze szkoleń skierowanych do uczniów szkół średnich.

Warsztaty prowadzone będą w nowatorski sposób, z wykorzystaniem innowacyjnych metod nauczania, w tym STEAM. Wszystko po to, by pokazać młodym ludziom, że matematyka jest narzędziem do rozumienia świata, stanowi fundament nowoczesnych technologii, daje realne kompetencje przyszłości i — co kluczowe — można się jej nauczyć.

Jednym z elementów wspierania edukacji na szczeblu wyższym jest nowy, anglojęzyczny podręcznik wydany przez renomowane wydawnictwo Taylor & Francis. Współautorami publikacji są naukowcy z WIIM: prof. Władimir Mituszew, dr Natalia Ryłko i dr Radosław Kycia. Książka odchodzi od tradycyjnego nauczania abstrakcyjnych wzorów, kładąc duży nacisk na praktyczne modelowanie zjawisk i zastosowanie matematyki do opisu realnych procesów technologicznych i cyfrowych.

• |B.K.|

Rekord w recytacji rozwinięcia liczby pi

ZDJĘCIA: JAN ZYCH

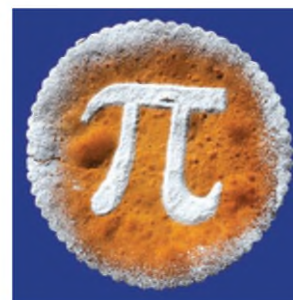
Studenci Politechniki Krakowskiej już od 2012 r. organizują konkurs recytacji z pamięci rozwinięcia liczby pi. Jest on częścią obchodów Dnia Liczby Pi. W tegorocznej edycji, która na naszej uczelni odbyła się w poniedziałek, 16 marca (zamiast wypadającego w sobotę 13 marca, czyli 3.14 — w anglosaskim zapisie daty), padł nowy rekord!

W rywalizacji udział wzięło sześciu śmiałków. Najlepszy w Krakowie okazał się jednak gość z Warszawy: Kacper Siatkowski, student Politechniki Warszawskiej. Przez prawie 40 minut bezbłędnie wyrecytował ciąg 3102 cyfr. Kacper Siatkowski zdradził swój sekret zapamiętywania: — *Uczę się, wypisując liczby w określonej kolejności i formule, na przykład w jakichś figurach na kartce. Układam to i zapamiętuję. Uważam, że tak jest łatwiej, by nie pogubić się w tych wszystkich cyfrach i nie popełnić błędu.*

Dotychczasowy rekord należał do absolwenta PK, Dawida Wójcika, który dwa lata temu wydeklamował 2700 cyfr po przecinku. Jest bardzo doświadczonym zawodnikiem — był uczestnikiem konkursu po raz szósty, m.in. brał udział w pierwszej edycji na PK. Jednak w tym roku zajął 2. miejsce z wynikiem 610 cyfr, ale już zapowiada rewanż: — *Gratuluję zwycięzcy. Byłem przygotowany na więcej, ale niestety ten konkurs nie wybaczta błędów. Jedna pomyłka i nie ma możliwości powtórki. Chciałbym spróbować znowu za rok. Zobaczymy, czy mi się uda. Na trzecim*

miejscu podium uplasował się Michał Soboń z Krosna, student Politechniki Krakowskiej, który wymienił z pamięci 510 cyfr.

Organizatorzy podkreślają wysoki poziom tegorocznej edycji. W gronie uczestników znaleźli się reprezentanci różnych pokoleń i uczelni. W ramach obchodów odbyły się również inne wydarzenia specjalne, takie jak turniej wiedzy „Awantura o ECTS” czy zawody w układaniu kostki Rubika na czas. Tradycyjnym elementem imprezy były też okolicznościowe szarlotki, czyli słynne „apple Pi(e)”. • |J.P.|



Okolicznościowe ciasto, czyli „apple Pi(e)”. Laureaci konkursu recytacji rozwinięcia liczby Pi (od lewej): Dawid Wójcik (2. miejsce); Kacper Siatkowski (1. miejsce); Michał Soboń (3. miejsce)

Od Redakcji

W numerze 2 z 2026 r. „Naszej Politechniki” na s. 13, w informacji „Super Mentorzy 2025” zabrakło nazwisk osób uhonorowanych nagrodami specjalnymi. Są to: z Wydziału Architektury PK — prof. dr hab. inż. arch. Maria Żychowska; dr hab. inż. arch. Kinga Racoń-Leja, prof. PK; dr inż. arch. Ernestyna Szpakowska-Loranc; z Wydziału Inżynierii Lądowej — dr hab. inż. Izabela Hager, prof. PK; dr hab. inż. Tomasz Tracz, prof. PK, dr hab. inż. Tomasz Zdeb, prof. PK; dr inż. Katarzyna Mróz, dr inż. Mateusz Sitarz i mgr inż. Marcin Różycki.

Wszystkich Państwa oraz Czytelników za zaistniałą sytuację przepraszamy.

Fundusz uczelni docenia stypendiami aktywność naukową

Politechnika Krakowska po raz jedenasty przyznała stypendia z Własnego Funduszu Stypendialnego, doceniając aktywność naukową swoich najzdolniejszych studentów i doktorantów. W zimowej edycji 2026 łącznie wyróżniono 19 osób — 14 studentów oraz 5 uczestników Szkoły Doktorskiej PK. W najnowszej edycji programu do nagrodzonych trafi w sumie ponad 175 tys. złotych. Zaangażowanie studentów Politechniki Krakowskiej zostało także docenione stypendiami ministra nauki i szkolnictwa wyższego.

Uroczyste wręczenie dyplomów odbyło się 10 marca w Sali Senackiej. Gratulacje młodym badaczkom i badaczom, którzy wykazali się w ostatnim czasie wyjątkową aktywnością, złożył prorektor ds. studenckich, dr inż. Marek Bauer.

— *Politechnika Krakowska docenia stypendiami z Własnego Funduszu Stypendialnego Państwa szczególne osiągnięcia. Podkreślam słowo „szczególne”, ponieważ nie chcemy premiiwać osiągnięć dobrych czy nawet bardzo dobrych, ale chcemy doceniać te wybitne. Na tym polega nasza inicjatywa* — podkreślał prorektor dr inż. Marek Bauer. — *Mamy już ponad 700 stypendystów w jedenastu edycjach naszego programu i systematycznie zwiększamy kwoty wsparcia. Z jednej strony to forma nagrody za Państwa ciężką pracę, a z drugiej — konkretna motywacja do dalszych działań. Potwierdzeniem skuteczności tej formuły jest fakt, że część z Państwa regularnie do nas wraca, zostając laureatami kolejnych edycji.*

W spotkaniu z laureatami jedenastej edycji wzięli udział również: dr hab. inż. Katarzyna Gorazda, prof. PK (prodziekan Wydziału Inżynierii i Technologii Chemicznej), dr inż. Marcin Tekieli (prodziekan Wydziału Inżynierii Ładowej) oraz dr hab. inż. Małgorzata Cimochoń-Rybicka, prof. PK (dyrektor Szkoły Doktorskiej PK).

Stypendia, które mają na celu wspieranie rozwoju naukowego studentów i doktorantów, zostały ustanowione przez Senat PK w grudniu 2020 r., a ich realizacja rozpoczęła się w 2021 r. Laureaci wybierani są dwa razy w roku (w edycji zimowej i letniej) i otrzymują półroczne wsparcie finansowe. Wysokość stypendium zależy od pozycji na liście rankingowej. Kluczowymi kryteriami oceny wniosków są m.in.: publikacje naukowe; udział w projektach realizowanych na PK (np. z ramienia NCN czy NCBR); zakończenie projektu w ramach FutureLab PK; sukcesy w konkursach o zasięgu krajowym i międzynarodowym. Do tej pory Politechnika Krakowska przekazała na stypendia dla wybitnych studentów i doktorantów prawie 1,5 mln złotych.

Potwierdzeniem wysokiego poziomu kształcenia oraz zaangażowania studentów PK w rozwój nauki i innowacji jest także zdobycie przez nich prestiżowego stypendium ministra nauki i szkolnictwa wyższego za osiągnięcia. W tym roku zostało ono przyznane 5 studentom Politechniki Krakowskiej. Otrzymają oni, wypłacone jednorazowo, 17 tys. złotych na dalszy rozwój.

• [B.K., MAS]

Stypendyści Własnego Funduszu Stypendialnego PK w naborze zimowym 2026 r.

Studenci: Katarzyna Jamiół (architektura krajobrazu), Jakub Miśniakiewicz (architektura), Mateusz Rociński (transport), Aleksandra Watyha (budownictwo w języku angielskim), Eliza Szymańska (inżynieria materiałowa), Dominika Träger (inżynieria materiałowa), Natalia Bosak (technologia chemiczna), Karolina Kuczyńska (biotechnologia), Kacper Odziomek (biotechnologia przemysłowa), Jakub Pietraszewski (inżynieria chemiczna i procesowa), Kacper Piskorz (technologia chemiczna), Magda Ptasekiewicz (technologia chemiczna), Kamil Pulit (technologia chemiczna), Michał Sula (technologia chemiczna).

Doktoranci: Magdalena Jankowska (inżynieria chemiczna), Anna Piasek (inżynieria chemiczna), Patrycja Środa (inżynieria chemiczna), Jakub Zielonka (automatyka, elektronika, elektrotechnika i technologie kosmiczne), Ewelina Ziółkowska (inżynieria środowiska, górnictwo i energetyka).

Laureaci stypendium ministra nauki i szkolnictwa wyższego

Kacper Odziomek (biotechnologia), Kamil Pulit (technologia chemiczna), Kacper Piskorz (technologia chemiczna), Jakub Pietraszewski (inżynieria chemiczna i procesowa), Karol Kotat (budownictwo)

Spotkanie w Sali Senackiej Politechniki Krakowskiej ze stypendystami Własnego Funduszu Stypendialnego PK w naborze zimowym 2026 r.
Fot.: Jan Zych



Forum Kobiet

Dzień Kobiet był okazją do zaproszenia społeczności Politechniki Krakowskiej na Forum Kobiet. Wydarzenie zostało zorganizowane przez Fundację Wspierania Budownictwa Zrównoważonego oraz Polską Izbę Inżynierów Budownictwa. Politechnika Krakowska oraz Wydział Inżynierii Lądowej PK sprawowały patronat honorowy. Celem Forum było „wspólne świętowanie siły, odwagi i potencjału kobiet w branży inżynierskiej oraz biznesowej”.

Hasło przewodnie tegorocznej edycji „Przyszłość należy do Ciebie” skierowane było do ambitnych kobiet, chcących świadomie budować swoją drogę w branży inżynierskiej i biznesowej. W programie znalazły się dwa panele. W pierwszym pt. „Kobiety sukcesu — historie inżynierek, które odniosły sukces w branży” wystąpiły: prof. PK Joanna Ortyl (Wydział Inżynierii i Technologii Chemicznej PK, Photo4Chem i Photo HiTech); Wioletta

Podwyszyńska-Sałosz (Budimex SA), Katarzyna Frankiewicz (Atlas Ward); Katarzyna Skibińska (Jacobs Solutions Inc.); Elwira Korszla (Zarząd Inwestycji Miejskich w Krakowie). W drugim panelu pt. „Budowanie marki osobistej — jak świadomie kształtować swoją karierę” rozmawiały: Izabela Tylek (Wydział Inżynierii Lądowej PK, PIIB); Maja Ziętara (Biuro Karier PK); Małgorzata Nowakowska (Vinci Construction); Elżbieta Markiewicz (Mentoring F2F), Agnieszka Jarosz (Randstad Polska), Patrycja Wydmańska (Jacobs); Maria du Vall (Kancelaria MDV).

Forum pozwoliło dowiedzieć się, jak skutecznie szukać pracy w branży technicznej, jak przygotować profesjonalne CV, jak stworzyć wyróżniający się profil na LinkedIn, czym różni się umowa B2B od umowy o pracę i którą formę współpracy wybrać na początku kariery. Tegoroczną nowością był *speed consulting*, czyli krótkie, indywidualne konsultacje z ekspertami z wybranych obszarów.

▪ |MAS|

Krakowski Szczyt Transportowy w murach PK

MAŁGORZATA
BIEŃ

Na Politechnice Krakowskiej odbyła się trzecia edycja Krakowskiego Szczytu Transportowego. Uczelnia na dwa dni (19–20 marca) zamieniła się w tętniące życiem centrum debaty nad przyszłością mobilności, przyciągając aż 160 uczestników — studentów, ekspertów oraz przedstawicieli czołowych firm transportowych i logistycznych. Wydarzenie, zorganizowane przez Koło Naukowe Transportu TRANSIT, działające przy Katedrze Systemów Transportowych i Logistycznych na Wydziale Inżynierii Lądowej PK, udowodniło, że współpraca między środowiskiem akademickim i praktykami branży transportowej jest niezwykle istotna.

Imponująca frekwencja, a także ogromne zaangażowanie uczestników, szczególnie widoczne podczas rozmów kulturalnych, dobrze wróżą na przyszłość. Wydarzenie nie tylko stworzyło okoliczności, by zdobywać wiedzę, ale umożliwiło również nawiązywanie wartościowych kontaktów i było szansą na udział w inspirujących dyskusjach. Krakowski Szczyt Transportowy umacnia swoją pozycję jako jedno z najważniejszych studenckich wydarzeń branżowych w regionie. Każda kolejna edycja pokazuje rosnące zainteresowanie tematyką transportu oraz potrzebę dialogu na temat jego przyszłości, zarówno w wymiarze lokalnym, jak i globalnym. Przewodnim tematem trzeciej edycji była „mobilność w inteligentnych miastach”, czyli „technologie jutra w transporcie i logistyce”. W centrum uwagi znalazły się więc zagadnienia związane z rozwojem *smart city*, cyfryzacją infrastruktury oraz wykorzystaniem nowoczesnych narzędzi do zarządzania ruchem i logistyką miejską. Prelegenci poruszali tematy takie, jak: autonomiczne systemy transportowe, elektromobilność, rozwiązania oparte na sztucznej inteligencji. Mówiono też o integracji różnych środków transportu w ramach jednego, spójnego ekosystemu.

W programie znalazły się też wystąpienia skupione na innowacji, technologii przyszłości oraz wyzwaniach, stojących przed nowoczesną logistyką i inżynierią lądową. Była okazja, by wysłuchać merytorycznych prelekcji, które prowadzili eksperci z różnych sektorów rynku. Na transport można więc było spojrzeć z perspektywy praktycznej, wszak teoria akademicka zawsze spotka się z realiami biznesowymi i dynamicznie zmieniającym się otoczeniem gospodarczym.

Inż. Małgorzata Bień studiuje na II stopniu kierunku transport i logistyka, jest prezesem Koła Naukowego Transportu TRANSIT PK.



Laureaci konkursu na najlepszy studencki artykuł naukowy Kacper Jarosiński i Patryk Jurkowski (z dyplomami) oraz jurorzy konkursu — Małgorzata Bień i Konrad Chwastek (z lewej) oraz Jan Aleksandrowicz i Mariusz Soboń (z prawej)
Fot.: Paweł Talaga

Otwarte Wykłady Ekonomedyczne: gośćmi Agnieszka Słowik i Krzysztof Boczar

ZDJĘCIA: JAN ZYCH

Prelekcje organizowane wspólnie przez Politechnikę Krakowską i Krakowskie Stowarzyszenie Edukacji „Ekonomed” poruszają ważne społecznie tematy i gromadzą wielu słuchaczy. Tym razem wykłady na temat ratowania życia i zdrowia wygłosili wybitni lekarze.

Współczesne możliwości leczenia udaru mózgu przedstawiła 25 lutego prof. dr hab. n. med. Agnieszka Słowik. Prelegentka jest wybitną specjalistką w zakresie leczenia chorób naczyniowych mózgu, autorką 760 publikacji naukowych z tej dziedziny i laureatką „Lauru Jagiellońskiego”. Kieruje Oddziałem Klinicznym Neurologii Szpitala Uniwersyteckiego w Krakowie. Jej osiągnięcia przybliżył słuchaczom prof. Stanisław Kwiatkowski, zaś prezes stowarzyszenia „Ekonomed” Piotr Drażkiewicz zaprosił na kolejne wykłady z cyklu.

Prof. A. Słowik omówiła sposoby rozpoznania pierwszych objawów, które bywają lekceważone. Podkreśliła, że w Polsce dokonał się ogromny postęp — dysponujemy rozbudowanym systemem opieki udarowej, na który składają się 183 oddziały udarowe i 28 nadrzędnych centrów udarowych. Zaawansowane metody diagnostyczne i leczenie przyczynowe mogą znacznie ograniczyć skutki udaru, jednak muszą być zastosowane w bardzo krótkim czasie, od razu po wykryciu pierwszych objawów. Kluczowe jest więc ich rozpoznanie i szybki transport — nawet helikopterem — do placówki specjalizującej się w leczeniu schorzenia. Standardową procedurą jest tomografia komputerowa, która pozwala ocenić rodzaj i zakres zmian (wyróżnia się trzy rodzaje udarów: niedokrwieny, krwotoczny i żylny i każdy wymaga odmiennych metod leczenia), a technologia Rapid, dzięki użyciu kontrastu, zwiększa precyzję diagnozy, więc szybkość i pewność podejmowania decyzji. Obszerne wieloletnie statystyki pokazują, że istnieje korelacja pomiędzy wiekiem i płcią, i że wzrasta skuteczność leczenia pacjentów dotkniętych udarami, w tym leczonych przyczynowo trombolizą lub trombektomią. Znaczny jest też spadek śmiertelności z powodu udaru (obecnie na poziomie Szwajcarii), choć dostrzega się regionalne różnice w stopniu wykorzystania nowoczesnego leczenia i opieki. W wykładzie, jak i w dyskusji, która się po nim wywiązała, wybrzmiał temat zdrowego trybu życia, profilaktyki i leczenia chorób zwiększających ryzyko udaru.

11 marca można było z kolei wysłuchać wykładu Krzysztofa Boczara pt. „Co nowego w elektroterapii. Bezelektrodowa stymulacja serca. Zapobieganie nagłemu zgonowi sercowemu”. Dr hab. n. med. Krzysztof Boczar kieruje Kliniką Elektrokardiologii, działającą na bazie Krakowskiego Szpitala Specjalistycznego im. Jana Pawła II w ramach

Instytutu Kardiologii CM UJ. Jest to referencyjny ośrodek leczenia zaburzeń rytmu serca, realizujący najbardziej zaawansowane procedury. Rocznie wykonuje się tu prawie 1600 skomplikowanych zabiegów (m.in. implantacje rozruszników, kardiowerterów, resynchronizację i ablację) oraz udziela ponad 12 tys. konsultacji. Prelegenta przedstawił Janusz Madej (wiceprezes Stowarzyszenia „Ekonomed”). Było to drugie wystąpienie K. Boczara na PK, poprzednie odbyło się dwa lata temu.

Elektroterapia wykorzystuje prąd elektryczny do stymulacji serca oraz zwalczania arytmii, zapobiegając niewłaściwej akcji serca lub jej ustaniu. Obecne trendy skupiają się na rozwoju bezelektrodowej stymulacji fizjologicznej. To innowacyjna metoda, w której prąd pobudza bezpośrednio naturalny układ przewodzący serca, zapewniając rytm pracy maksymalnie zbliżony do fizjologicznego. Równolegle rozwija się długotrwałe monitorowanie serca, kluczowe m.in. w diagnostyce omdleń oraz poszukiwaniu przyczyn udarów mózgu.

Krzysztof Boczar przypomniał historię rozwoju elektrokardiologii od lat 50. XX w., kładąc nacisk na skok technologiczny, szczególnie w dziedzinie miniaturyzacji, możliwości sterowania i komunikacji urządzeń. Historycznym momentem dla zespołu krakowskiej kliniki było pierwsze w Polsce (równolegle z kliniką w Poznaniu) wszczęcie nowego, bezelektrodowego stymulatora dwujamowego we wrześniu 2024 r. Miniaturowe urządzenia bezelektrodowe (o średnicy poniżej 7 mm) są wkręcane bezpośrednio w mięsień sercowy, bez konieczności wprowadzania tradycyjnych elektrod przez naczynia żyłne. Miniaturyzacja pozwala na podskórne lub podmostkowe wszczęcie kardiowertera-defibrylatora, niemal bez widocznych blizn. Ważnym tematem wykładu była cyfryzacja opieki nad pacjentem. Wszczepialne rejestratory arytmii, stymulatory i kardiowertery przekazują zdalnie dane do centrum monitorowania. Analizujące je algorytmy sztucznej inteligencji potrafią zredukować liczbę fałszywych alarmów, zachowując przy tym czułość na poziomie 99–100 proc. Dzięki temu lekarze mogą znacznie wcześniej wykryć potencjalne problemy (np. zbliżającą się niewydolność serca), prowadzić zdalną kontrolę i zmniejszyć liczbę rutynowych wizyt pacjentów w klinice.

Wykład był bogato ilustrowany zdjęciami, grafikami 3D oraz animacjami, dzięki czemu wszyscy mogli zrozumieć zasady działania niezwykłych, ratujących życie technologii.

Gospodarzem obu spotkań, które odbyły się w pawilonie konferencyjno-wystawowym PK „Kotłownia” przy ulicy Warszawskiej 24, był rektor Politechniki Krakowskiej, prof. Andrzej Szarata.

• |M.P.|



Agnieszka Słowik



Krzysztof Boczar

Od „osobnika α ” do Heinricha Hertza

KRZYSZTOF
KLUSZCZYŃSKI

Fortepianem wspomagane refleksje z dziejów elektryczności

ZDJĘCIA: JAN ZYCH

Introdukcja

O historii techniki i elektryki napisano wiele wspaniałych i wartościowych książek, które w sposób szczegółowy opisują kolejne odkrycia, nowe urządzenia i rozwiązania techniczne oraz przybliżają czytelnikom sylwetki ich twórców. Poniższy szkic z dziejów elektryczności ma odmienny charakter i inny też cel przyświeca jego powstaniu. Napisany jest z perspektywy szczęśliwca, który dzięki temu, że odebrał wielokierunkowe wykształcenie i na swej drodze spotkał wybitne osobowości świata nauki, techniki, kultury i sztuki, hojnie obdarowujące go swą wiedzą i mądrością — może dziś spojrzeć na przeszłe dzieje zarówno okiem naukowca — elektryka inżyniera, jak też muzyka i miłośnika sztuki. Przedstawione refleksje zawierają odmienną, nieco bajkową i poetycką periodyzację historii elektryki, w której — jednakowoż z całą mocą i pełnią — odzwierciedla się głęboka, nieprzemijająca i niesłabnąca, wielka tajemnica elektryczności i magia „płynącego i falującego prądu”.

Część 1. Elektryczność z nieba

Elektryczność jest wpisana w same początki rodzaju ludzkiego, albowiem to naturalne wyładowania atmosferyczne przyniosły człowiekowi skarb największy — ogień, przy którym mógł się ogrzać, przygotować gorącą strawę i poczuć bezpiecznie. Wykorzystanie ognia w sposób intencjonalny, związany ściśle z umiejętnością budowy paleniska (zazwyczaj kamiennego cokołu, okalającego zagłębienie w ziemi) i podtrzymywanie go przez dłuższy czas poprzez systematyczne dodawanie materiału palnego, jest datowane na czasy człowieka wyprostowanego — *Homo erectus*, a więc na okres około 1–2 milionów lat p.n.e. To zadziwiające, ale w wyładowaniach atmosferycznych przyroda objawiła człowiekowi pierwotnemu wszystko to, co w elektryczności jest najważniejsze, a więc zdolność do przekształcania się w energię cieplną i w energię świetlną, wywoływania efektów akustycznych, a przede wszystkim — przesyłania ładunku elektrycznego na znaczne odległości. Można powiedzieć, że w wyładowaniach atmosferycznych zawarta została przez naturę zapowiedź przyszłych kierunków badań naukowych i specjalności elektrotechniki: techniki wysokich napięć, elektroenergetyki, elektrotermii, techniki świetlnej czy też elektroakustyki. Wszystko, co towarzyszy wyładowaniom elektrycznym, a więc błyskawice, pioruny, ogień, deszcze, zniszczenia, a czasem nawet śmierć, spowodowały ambiwalentny stosunek człowieka pierwotnego do burzy. Z jednej strony pożałował on i dążył do



Graf.: Jan Zych i AI

zdobycia „ognia z nieba”, z drugiej zaś strony bał się piorunów i nie umiał przełamać lęku przed burzą.

Tak było do czasu przyjścia na świat nieznanego nam bliżej osobnika z gatunku *Homo erectus*, któremu dziś chcę w szczególny sposób oddać hołd jako temu, który pierwszy przełamał strach, postanawiając dostać się w sam środek burzy, aby z bliska zaobserwować uderzenie pioruna i pojąć żywy „ogień z nieba”, zanim ulewa zdoła go ugasić. Wymagało to niebywalej odwagi, zapewne silnego, wytrzymałego i zwinnego młodego człowieka, któremu dziś nadaję imię „osobnika α ”.

Część 2. Elektryczność z bursztynu

Homo neanderthalensis (człowiek neandertalski), stawiący kolejne ogniwo w rozwoju ludzkiego rodzaju, obmyślił i opanował technikę samodzielnego rozpalania ognia: jego rozniecania poprzez cierpliwie tarcie o siebie dwóch kawałków drewna lub też krzesania poprzez gwałtowne uderzanie kamieniem o kamień (najlepiej kawałkami krzemienia lub piritu). Zarówno w pierwszym, jak i w drugim przypadku jest to przemiana energii mechanicznej (energii tarcia, ruchu, zderzenia niesprężystego)

w energię ciepłą. Wraz z pojawieniem się człowieka rozumnego — *Homo sapiens* — proces ewolucji ludzkiego gatunku znacznie przyspieszył, a kolejne ważne etapy tej transformacji to: osiadły tryb życia, rozwój rolnictwa, budowa pierwszych (wpierw glinianych, a następnie kamiennych) domów, powstanie miast, rozwój rzemiosła, wykształcenie się struktur społecznych i wreszcie — powstanie pierwszych organizmów państwowych w Mezopotamii, Sumerze, Syrii, w Chinach i Indiach, i dalej — w Egipcie, Grecji i Rzymie. To również czas pierwszych uczonych i myślicieli, których imiona oraz dzieła są nam znane dzięki wynalazkowi pisma.

W VI wieku p.n.e. grecki filozof i badacz natury Tales z Miletu zachwyił się niezwykłymi właściwościami bursztynu. Bursztyn jako ozdoba (również lekarstwo) był znany i ceniony w krainach Morza Śródziemnego i na Bliskim Wschodzie od ponad 2000 lat p.n.e. Sprowadzany był przez kupców fenickich szlakiem lądowym (w czasach rzymskich nazwanym szlakiem bursztynowym), z dalekiej Północy, znad Morza Bałtyckiego, w którego odmętach, według wierzeń i opowieści wędrowców, rodził się jako „kamień z wody”.

O fascynacji jego tajemniczą naturą świadczy wielka różnorodność będących w użyciu nazw. Prócz starogermańskiej nazwy *bursztyn* („kamień, który się pali”) i litewskiej — *jantar*, funkcjonowała rzymska nazwa *lyncurium*, czyli „mocz rysia”, również *sukcynit* (żywica drzewa, czyli nazwa najbliższa rzeczywistości) oraz nazwa arabska — *anbar* (albowiem potarty, rozciął woń podobną do zapachu ambry). Prorocza okazała się nazwa nadana bursztynowi przez Greków — *elektron* (czyli świecący, błyszczący). To od tego słowa wywodzą się terminy: „elektryczność”, „elektrotechnika” i „elektronika”, jak też „elektron” — nazwa cząstki elementarnej, niosącej najmniejszy możliwy ładunek elektryczny.

Aby uzyskać pożądany kształt, uwypuklić urodę i nadać powierzchni blasku, bursztyn szlifowano i polerowano, co doprowadziło do ujawnienia jego intrygujących właściwości

przyciągania, wzmiankowanych już w VIII w. p.n.e. przez legendarnego greckiego poetę Homera w słynnym eposie „Odyseja”.

Swoje eksperymenty z bursztynem Tales z Miletu prowadził w obecności licznie zgromadzonych uczniów i grona przyjaciół. Gdy pocierał złocistą bryłę kawałkiem wełny, w głębokiej ciszy rozlegały się ciche trzaski, jakby mikrogrzmoty, a po powierzchni bursztynu przeskakiwały małe iskrzy, przypominające mikrobłyskawice. Gdy potarty bursztyn zbliżał do niewielkich skrawków tkaniny, lnianych nitki czy też kłębków puchu, te podskakiwały i gwałtownie przemieszczały się w kierunku bursztynu. Były to skutki działania sztucznie wygenerowanej elektryczności statycznej. Tales z Miletu był pierwszym uczonym, który eksperymenty te wielokrotnie powtarzał, ich rezultaty opisał i udokumentował, tworząc ponad 2,5 tysiąca lat wcześniej empiryczne preopodwaliny pod powstanie silników elektrostatycznych i systemów MEMS.

Wracając myślami do tych odległych czasów, pamiętajmy, że elektryczność statyczna zrodziła się jako efekt uboczny poszukiwania piękna: była bezpośrednim skutkiem działań mechanicznych, mających na celu wyeksponowanie zniewalającej urody bursztynu. W latach 50. i 60. XX w. przypominał o tym często wybitny polski uczony, profesor Stanisław Fryze (autor pierwszej w Polsce pracy doktorskiej z dziedziny elektrotechniki, zatytułowanej „Nowa teoria ogólnego obwodu elektrycznego”, obronionej z wyróżnieniem na Politechnice Lwowskiej w maju 1922 r.), który powtarzał studentom, że wyraz „elektrotechnika” jako rzeczownik jest nieprzypadkowo rodzaju żeńskiego, albowiem tych, którzy oddają się jej studiowaniu, uwodzi — jak piękna kobieta.

Część 3. Elektryczność bajkowa

Przez długi czas po greckim uczonym Talesie z Miletu nikt — z tak wielką pasją i znawstwem — nie wracał do intrygujących eksperymentów z bursztynem. Uczynił to dopiero po upływie niemal dwudziestu wieków William Gilbert (1544–1603), nadworny lekarz królowej angielskiej Elżbiety. W fundamentalnym dziele zatytułowanym „O magnesie, ciałach magnetycznych, wielkim magnesie — Ziemi; nowa filozofia [w oryginale: fizjologia — *przyp. aut.*] wyjaśniona wieloma dowodami i eksperymentami” rozdział 2. książki II w całości poświęcił bursztynowi i jego niezwykłym właściwościom przyciągania szerokiej klasy różnych lekkich materiałów. Wprowadził do nauki nowe terminy: „elektryczność”, „elektryk”, „elektryzowanie” i wykazał, że do „elektryków”, prócz bursztynu, należy też diament, szafir, kryształ górski, rubin, granat, a również szkło oraz siarka. Ta na końcu wymieniona substancja natchnęła burmistrza miasta Magdeburga Ottona von Guerickego, szeroko znanego z eksperymentów związanych z prądami (kule magdeburskie), do budowy maszyny elektrostatycznej; maszyny, której zasadniczą częścią była wirująca na wale kula siarki, elektryzowana przyłożoną ręką (1660 r.). Kolejnymi udoskonaleniami tejże konstrukcji były maszyny elektrostatyczne, zawierające szklaną kulę (Francis Hauksbee, 1705 r.), szklany cylinder (Stephen Gray, 1729 r.), wreszcie kolistą taflę szkła (Jesse Ramsden, 1766 r.),

Wystąpienia
prof. Krzysztofa
Kluszczyńskiego
w auli Politechniki
Opolskiej wysłuchała
licznie zgromadzona
publiczność



Wygłoszonemu przy okazji przyznania tytułu Profesora Honorowego Politechniki Opolskiej wykładowi prof. Krzysztof Kluszczyński nadał niekonwencjonalną postać. Dzieląc czas wystąpienia między mównicę a miejsce przy fortepianie, poszczególne części wykładu ilustrował utworami stylistycznie nawiązującymi do przedstawianych zagadnień. I tak kolejno zabrzmiały: „Preludium *e-moll*” Romana Statkowskiego (wyprawa „osobnika *a*” do wnętrza burzy), „Bursztyny” Friedricha Burgmüllera (elektrostatyczne właściwości bursztynu), „Legenda” Ludomira Różyckiego (pierwsze doświadczenia z elektrycznością), „Śpiew gondoliera” i „Poranne dzwony” F. Burgmüllera (wygenerowanie ciągłego przepływu prądu oraz rozchodzenie się fal elektromagnetycznych). W finale spod palców prof. Kluszczyńskiego popłynęły dźwięki wspaniałego „Menueta” Jana Ignacego Paderewskiego. Ten ostatni utwór wykonawca zadedykował profesorom, którzy w okresie międzywojnia, II wojny światowej i w czasach socjalizmu dali świadectwo prawdzie i umiłowaniu Ojczyzny, jak również pamięci prof. Tadeusza Malarskiego jako patrona współpracy czterech uczelni: Politechniki Opolskiej, Politechniki Śląskiej w Gliwicach, Politechniki Krakowskiej oraz Akademii Górniczo-Hutniczej.



która była już elektryzowana nie ręką, ale poduszkami ze skóry bądź jedwabiu.

Doświadczenia z zastosowaniem tych maszyn doprowadziły do wyróżnienia elektryczności szklanej oraz żywicznej. Wkrótce utalentowany amerykański eksperymentator Benjamin Franklin (1706–1790), obdarzony przydomkiem Łowcy Piorunów, oba te pojęcia zastąpił terminami „elektryczności dodatniej” (oznaczanej przez plus) oraz „elektryczności ujemnej” (oznaczanej przez minus). Uczony, słynący z wielu genialnych pomysłów, zawinił jednakże, popełniając „grzech pierworodny”, dziedziczony po dziś dzień przez kolejne pokolenia elektryków, że prąd (naówczas utożsamiany z fluidem elektrycznym) „płyne od plusa do minusa”. Zwielokrotnienie efektu działania maszyn elektrostatycznych stało się możliwe dzięki wynalezieniu pierwszego kondensatora — butelki lejdejskiej. Dokonał tego w 1745 r. Ewald von Kleist, prałat kapituły w Kamieniu Pomorskim. Niestety, nazwa butelki została związana z holenderskimi fizykami z Lejdy, którzy jego eksperyment szybko powtórzyli, a o wynikach zawiadomili paryską Akademię Nauk, stanowiącą w ówczesnych czasach światowe centrum nauki.

Opanowanie sztuki gwałtownych i efektownych sposobów rozładowywania naelektryzowanych maszyn elektrostatycznych i potężnych butelek lejdejskich sprzyjało spektakularnym widowiskom, gromadzącym setki, a nawet tysiące widzów żądnych silnych wrażeń. W działaniach tych przodował francuski badacz elektryczności Jean-Antoine Nollet (1700–1770), który w 1746 r. w Galerii Zwierciadlanej pałacu w Wersalu, w obecności króla Ludwika XIV, dam dworu i szerokiego grona arystokratów, podłączył długi rząd trzymających się mocno za ręce królewskich

gwardzistów do olbrzymiej butelki lejdejskiej, wywołując na ich twarzach grymas przerażenia i zmuszając ich do gwałtownego podskoku. Eksperyment ten powtórzył niebawem w Klasztorze Kartuzów, gdzie siedmuset mnichów uformowało ludzki łańcuch, o długości aż 1800 metrów. Efekt był, oczywiście, jeszcze bardziej spektakularny. Ten okres w badaniach elektryczności, zdający się być na pierwszy rzut oka li tylko formą dobrej zabawy, pozwolił na sporządzenie słownych opisów wielu nowych faktów doświadczalnych, nieznanych wcześniej zjawisk oraz wzbogacił język elektryki o szereg ważnych terminów, takich jak: „przewodnik”, „izolator”, „bieguny”, „ładunek”, „bateria”, „piorunochron” itp.

Część 4. Elektryczność, która płynie

Marzenie o samoodtwarzającym się źródle energii, zdolnym do wytworzenia ciągłego i stałego przepływu prądu, urzeczywistniło się w wynalazku baterii elektrycznej (ogniwa galwanicznego), nazwanego od nazwiska włoskiego uczonego Alessandro Volty — stosem Volty. U podstaw tego wynalazku leżało odkrycie napięcia kontaktowego na styku dwóch metali, a ciągły przepływ prądu stał się możliwy dzięki — zachodzącej w sposób ciągły — przemianie energii chemicznej w energię elektryczną. Ten przełomowy w rozwoju elektrotechniki wynalazek, zwiastujący nadejście zupełnie nowej ery w badaniach elektryczności, przypadł w symboliczny sposób na przełom wieków, dokładnie na 1800 r.!

Możliwość wygenerowania w zamkniętym obwodzie elektrycznym prądu o stałym natężeniu i łatwość zmiany

wartości tego prądu pozwoliły na nowe eksperymenty. Badania z zastosowaniem ogniw, wraz z pogłębioną analizą teoretyczną, doprowadziły wkrótce do zbudowania matematycznie sformalizowanej teorii obwodów elektrycznych, na której podwaliny złożyły się: prawo Ohma (1827 r.), I i II prawo Kirchhoffa (1845–1847) oraz wzór na ciepło Joule'a (1840 r.). W kolejnych dekadach rozwinięciem tych praw stały się zalgorytmizowane metody analizy obwodów: metoda prądów oczkowych, metoda potencjałów węzłowych oraz zasady Thevenina i Nortona.

Metafora „prądu, który płynie”, zrodziła się na wczesnym etapie badań zjawisk elektrycznych, w pierwszych dekadach XVIII w., wraz z koncepcją fluidu elektrycznego. Mógł on być „wyciskany” z ciała pocieranego, mógł z ciała — wcześniej poprzez tarcie naelektryzowanego — wypłynąć, a nawet mógł popłynąć wzdłuż drutu, co potwierdził eksperymentem Stephen Gray (1729 r.), przesyłając elektryczność na odległość kilkuset metrów ponad rzeką Tamizą. Koncepcją „prądu, który płynie” nie zachwiały też pierwsze korpuskularne teorie prądu, przedstawione przez Gustava Theodora Fechnera (1845 r.) i Wilhelma Webera (1846 r.), albowiem przemieszczający się wzdłuż przewodu prąd był opisywany jako „strumień” ładunków elektrycznych. Ukończeniem badań nad mechanizmem przepływu prądu stało się odkrycie przez Thomasa Josepha Thomsona na przełomie XIX i XX w. elektronu jako cząstki elementarnej, niosącej elementarny ujemny ładunek elektryczny. Podobieństwo „prądu, który płynie” do „melodii, która płynie” jest w kompozycjach muzycznych uderzające. Odpowiednikiem elementarnej cząstki jest nuta, a odpowiednikiem elementarnego ładunku elektrycznego

— elementarny ładunek emocjonalny, zawarty w pojedynczo rozbrzmiewającym dźwięku.

Część 5. Elektryczność z magnetyzmu i elektryczność falująca

Wytworzenie prądu w zupełnie odmienny sposób — z magnetyzmu, stało się możliwe dzięki badaniom, prowadzonym pierw przez duńskiego fizyka Hansa Christiana Oersteda (1820 r.), który jako pierwszy zaobserwował oddziaływanie prądu elektrycznego na igłę magnetyczną i opisał zdolność prądu do wytwarzania pola magnetycznego, a następnie dzięki żmudnym, trwającym ponad siedem lat, pracom brytyjskiego fizyka Michaela Faradaya, który wykazał, że zjawisko odwrotne — wytworzenie prądu z pola magnetycznego jest również możliwe, o ile tylko pole magnetyczne będzie zmienne w czasie (1831 r.). To splatanie się zjawisk elektrycznych i magnetycznych, szczególnie skuteczne i efektywne w obwodach z rdzeniem ferromagnetycznym, zaowocowało narodzinami elektromagnetyzmu i doprowadziło na przestrzeni kilku dekad XIX w. do wynalezienia kolejno silnika elektrycznego (Moritz Hermann Jacobi, 1834 r.), prądnicy elektrycznej (Werner Siemens, 1867 r.), maszyny iskrowej i cewki wysokonapięciowej (Daniel Ruhmkorff, 1851 r.), transformatora (Lucien Gaulard, 1880 r.), 3-fazowego silnika indukcyjnego (Nikola Tesla, Galileo Ferraris, 1887 r.) i 3-fazowej linii energetycznej (Michał Doliwo-Dobrowolski, 1891 r.).

Najbardziej zachwycającym przejawem sprzęgania się zjawisk elektrycznych i magnetycznych są powstające w powietrzu fale elektromagnetyczne, których istnienie przewidział teoretycznie James Clerk Maxwell (1864–1865), a które po raz pierwszy zarejestrował doświadczalnie Heinrich Hertz (1886–1887). Heinrich Hertz zmarł przedwcześnie w wieku zaledwie 37 lat, nie doczekawszy najważniejszego i najbardziej spektakularnego rezultatu swoich badań — narodzin radia.

Część 6. Triumf elektryczności

Wiek XX to wiek elektryczności. Elektryczność stała się na kuli ziemskiej wszechobecna i wszechogarniająca. W XXI w., pomimo upływu zaledwie pierwszego ćwierćwiecza, czujemy, że wszystko wokół nas staje się z roku na rok coraz bardziej elektryczne i elektroniczne, zautomatyzowane i zrobotyzowane, zdigitalizowane i skomputeryzowane, a widomym znakiem ekspansji elektryczności na wszystkie sfery gospodarki i przemysłu, usług i życia codziennego są dynamicznie rozwijające się nowe działy inżynierii elektrycznej: mikroelektronika i nanoelektronika, technologie MEMS, technologie szybkiego prototypowania, sztuczna inteligencja, wirtualna rzeczywistość czy też cybernetyka, robotyka humanoidalna, mechatronika i infotronika.

Artykuł stanowi skróconą wersję wykładu, wygłoszonego przez prof. Krzysztofa Kluszczyńskiego 18 marca 2026 r. na Politechnice Opolskiej, podczas uroczystości nadania mu godności Profesora Honorowego PO.

O Autorze szerzej piszemy na s. 10–11.

Graf.: Jan Zych i AI



Energetyka wiatrowa

 ROZMAWIĄŁ:
MICHAŁ PIEREWICZ

Rozmowa z dr. inż. arch. Łukaszem Flagą



Budowa farmy wiatrowej wymaga przeprowadzenia rzetelnej analizy ekonomicznej, jej efektywności w lokalnych warunkach wietrzności i możliwości infrastruktury energetycznej
Fot.: Jan Zych

Jednym z elementów transformacji energetycznej jest wykorzystanie odnawialnych źródeł energii (OZE). Wśród nich znajduje się energia pozyskiwana z wiatru. Wydaje się być darmowa i wszędzie dostępna, jednak jej optymalne wykorzystanie wymaga przeprowadzenia wielu badań i obliczeń, zarówno inżynierskich, jak i finansowych. W przeciwnym razie darmowa energia z wiatru może okazać się bardzo kosztowna lub wręcz nieużyteczna. O tym, jak ją racjonalnie wykorzystać, rozmawiamy z dr. inż. arch. Łukaszem Flagą, specjalistą z Laboratorium Inżynierii Wiatrowej Politechniki Krakowskiej.

Laboratorium jest wyposażone w różne tunele aerodynamiczne. Czy nie wystarczy jeden uniwersalny?

Każdy z tuneli aerodynamicznych ma swoją specyfikę i przeznaczenie. Unikatowość naszego laboratorium polega na tym, że dysponujemy tunelami o dużej uniwersalności i adaptowalności przestrzeni roboczych (dzięki znacznym rozmiarom zarówno pod względem szerokości, wysokości, jak i samej powierzchni roboczej). Dzięki temu możemy badać stosunkowo duże obiekty — w skali 1:1, nawet po kilka metrów wysokości czy szerokości — zachowując przy tym racjonalne koszty eksploatacji. Na świecie istnieją oczywiście większe placówki, jak słynny tunel w Nantes, ale ich utrzymanie jest potwornie drogie. Zużycie energii potrzebne do obsługi takich gigantycznych obiektów jest olbrzymie, dlatego nie mogłyby one funkcjonować bez wsparcia państwa. W naszym przypadku koszty energetyczne są akceptowalne, a sam tunel łatwo zaadaptować do szerokiego wachlarza usług badawczych. Praktycznie każde nowe badanie otwiera przed nami nowy obszar zainteresowań.

Czyli chodzi o to, że ten tunel łatwo dostosować do różnych celów, nie ma ograniczenia tylko do badań aerodynamicznych np. samolotów lub samochodów?

Tak, ale musimy rozróżnić dwie kwestie. Są tunele dedykowane typowo lotnictwu i takie, które służą inżynierii lądowej. Nasz należy do tej drugiej grupy. Różnią się przede wszystkim zakresem generowanych prędkości oraz strukturą strumienia powietrza. W przypadku tuneli na potrzeby inżynierii lądowej wyróżniającą kwestią jest możliwość generowania turbulencji oraz modyfikacji jednorodności strumienia powietrza w celu uzyskania różnej jego prędkości na różnej wysokości nad podłogą. Jest to tzw. tunel aerodynamiczny z warstwą przyścienną. Ponadto w naszym tunelu klimatycznym TA2 możemy modyfikować zakres temperatur (włącznie z ujemnymi) i wilgotności poprzez symulację opadu deszczu lub mżawki oraz generować promieniowanie podczerwone.

Do naszych potrzeb kluczowa jest symulacja turbulencji. Budynki i infrastruktura naziemna znajdują się w najniższej warstwie atmosfery, gdzie turbulencje są największe. Są one wywołane zawirowaniami powietrza, które natrafia na przeszkody: wzgórza, doliny i zabudowania. Uderzając w budynki, powietrze musi go opłynąć, co tworzy wiry i ruchy cząsteczek na boki. W tunelu musimy to zjawisko zasymulować. Wiatr jest zjawiskiem losowym, nieustalonym w czasie i przestrzeni, ale jako inżynierowie musimy je ująć w ramy statystyczne i przypisać mu pewne powtarzalne „schematy”, normy. Symulujemy również to, że wiatr przy ziemi wieje wolniej, ale jest bardziej zawirowany (turbulentny), a im wyżej, tym jest szybszy, ale jego przepływ staje się bardziej laminarny. Tak właśnie dzieje się w naturze, w pełnej skali.



Łukasz Flaga
Fot.: Jan Zych

Dr inż. arch. Łukasz Flaga posiada dwa tytuły magisterskie (w dziedzinie architektury i urbanistyki oraz inżynierii lądowej, specjalność: mosty i budowle podziemne) oraz obroniony z wyróżnieniem doktorat dotyczący krajobrazu przepraw mostowych, uzyskane na Politechnice Krakowskiej. Od 2005 r. jest członkiem zespołu badawczego Laboratorium Inżynierii Wiatrowej PK, obecnie na stanowisku starszego specjalisty naukowo-technicznego. Posiada ogromne doświadczenie (ponad 84 prace badawcze) w badaniach w tunelu aerodynamicznym, m.in. w zakresie budynków wysokościowych i konstrukcji inżynierskich, badań śniegowych, przewodów linii elektroenergetycznych, turbin wiatrowych i działania dynamicznego na warstwę atmosfery. Brał kluczowy udział w projekcie budowy Laboratorium Aerodynamiki Środowiskowej PK oraz jako główny wykonawca m.in. w projektach badawczych NCBiR, PARP, FE. Jest współtwórcą patentów i aktywnym członkiem Polskiego Stowarzyszenia Inżynierii Wiatrowej.

Dzięki temu możemy określić odpowiednie wartości obciążeń do poszczególnych kondygnacji i w efekcie zaprojektować (bądź zweryfikować opracowany projekt i ewentualnie go poprawić) budynek spełniający normy bezpieczeństwa i komfortu wibracyjnego z uwagi na wymuszenie obciążenia wiatrem. Jest to szczególnie ważne w lokalizacjach jak, np. centra miast, w których występują inne obiekty wpływające na strukturę wiatru, a przez to interferujące z analizowanym budynkiem, budowlą inżynierską.

Można więc zaprojektować w tunelu przepływ tak, aby wiernie odwzorowywał rzeczywistość i następnie dostarczał konkretnych wartości liczbowych do projektowania?

Badania w tunelach aerodynamicznych umożliwiają określenie konkretnych wartości obciążeń nawet dla skomplikowanych zjawisk towarzyszących przestrzennemu opływowi powietrza wokół budynków, budowli inżynierskich, co bardzo ułatwia prace obliczeniowe konstruktorom na etapie projektu. Następnie wyniki uzyskane

z badań eksperymentalnych są aplikowane zarówno do obliczeń stateczności konstrukcji głównej budynku, jak i do obliczeń w zakresie projektu poszczególnych elementów elewacji (w tym również łączników), znajdujących się na różnych wysokościach budynku.

W jaki sposób przekłada się wyniki badań tunelowych na wyniki pełnoskalowe?

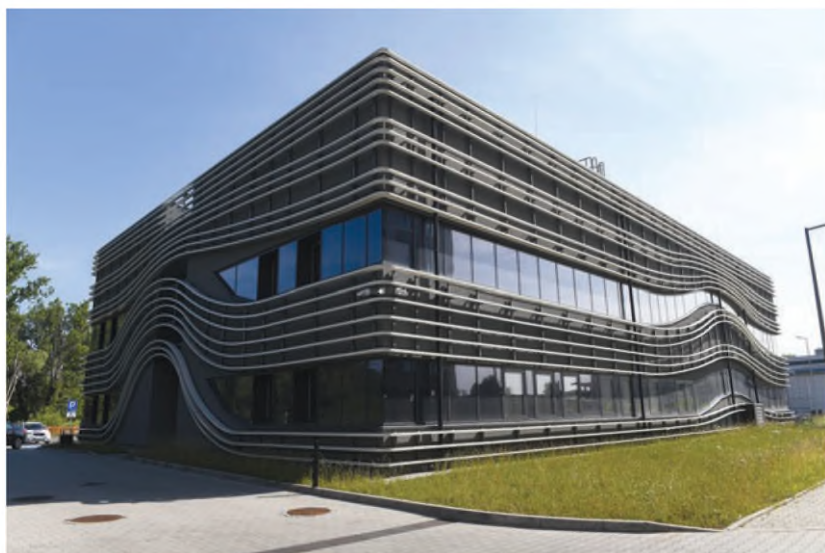
W przypadku jakichkolwiek badań laboratoryjnych w tunelu musimy wygenerować strukturę wiatru jak najbardziej odpowiadającą rzeczywistości. Warto nadmienić, że nigdy w warunkach laboratoryjnych nie da się jej odtworzyć w stu procentach, ale dzięki odpowiednim umiejętnościom, doświadczeniu Zespołu LIW PK i zastosowaniu specjalnych zabiegów jesteśmy bardzo blisko rzeczywistości w skali naturalnej. Jednym z podstawowych ograniczeń w badaniach tunelowych są rozmiary przestrzeni badawczej — nie można wcisnąć zbyt dużego obiektu do tunelu, ponieważ następuje efekt blokady przepływu i wyniki stają się niewiarygodne.

Dlatego korzysta się z przeskalowanych modeli, a w przełożeniu wyników pomiarów do skali docelowej z pomocą przychodzi nam aparat matematyczny i fizyczny, rozwijany od lat 60. ubiegłego wieku. Wraz z wprowadzaniem tuneli aerodynamicznych prowadzono prace nad analizą podobieństwa zjawisk oraz kryteriami podobieństwa, wymaganymi do spełnienia w badaniach w tunelach aerodynamicznych. Mamy kryteria, które sprowadzają się do liczb podobieństwa, czyli liczb bezwymiarowych. W uproszczeniu: jeśli porównujemy obiekt w skali modelowej o wymiarze 2 metrów, który w skali rzeczywistej ma np. 200 metrów, i skrócimy jednostki, pozbywamy się ich całkowicie, uzyskując bezwymiarową liczbę podobieństwa, w tym przypadku współczynnik skali geometrycznej.

Jeśli więc odpowiednio przeskalujemy geometrię, a pozostałe parametry takie, jak m.in.: gęstość powietrza, temperatura, ciśnienie etc. będą odpowiadać rzeczywistości, to zjawiska badane w skali modelowej będą wiarygodne. Warunkiem jest spełnienie kryteriów podobieństwa istotnych z punktu widzenia danego eksperymentu. W przypadku badań eksperymentalnych nie jesteśmy w stanie spełnić wszystkich kryteriów naraz. Warto podkreślić, że w zdecydowanej większości badań eksperymentalnych nie jest to konieczne. Jeżeli w laboratorium spełnimy kluczowe liczby kryterialne, to wiarygodność wyników w skali modelowej, po ich przełożeniu na skalę rzeczywistą, jest bardzo wysoka.

Sytuacja nieco się zmienia w momencie, kiedy w przyjętej bardzo małej skali modelowej nie ma możliwości odwzorowania drobnych detali. W takich przypadkach stosuje się odpowiednie zabiegi skutkujące w rezultacie zadowalającymi przybliżeniami. Na przykład, badając budynki, nie jesteśmy w stanie idealnie odwzorować wszystkich detali na elewacji — małych szprosów, wcięć i tym podobnych. Zamiast tego nadajemy modelowi tak zwaną chropowatość zastępczą. Ponieważ to nie jest dokładnie to samo, co w rzeczywistości, siłą rzeczy pojawia się pewien margines błędu. Należy o tym pamiętać w trakcie analizy otrzymanych wyników. Jest to „chleb powszedni” laboratoriów

Budynek Laboratorium Inżynierii Wiatrowej Politechniki Krakowskiej na kampusie w Czyżynach
Fot.: Jan Zych



badawczych na całym świecie, z którym radzimy sobie bardzo dobrze już od kilku dekad.

Czy możliwości Laboratorium Inżynierii Wiatrowej ograniczone są jedynie do badań tunelowych?

Dzięki nowemu sprzętowi, który kupujemy m.in. w ramach projektu CEZAR, będziemy mieli na zewnątrz laboratorium stanowisko do badania pełnowymiarowych turbin o mocy do 5 kW. Pozwoli nam to badać kompletne siłownie wiatrowe w warunkach rzeczywistych i sprawdzać parametry „prądu na wyjściu” za pomocą certyfikowanego sprzętu. Pozwoli to na wydawanie kart technicznych systemów gotowych do wypuszczenia na rynek. Na ten moment posiadamy infrastrukturę badawczą, umożliwiającą identyfikację charakterystyk aerodynamicznych, czyli podstawowych informacji technicznych, określających sprawność aerodynamiczną wirników. Jesteśmy w tym ekspertami. Warto podkreślić, że na końcowy efekt tj. określenie skuteczności pracy, działania (ilość prądu) kompletnej siłowni wiatrowej wpływają również inne podzespoły, w szczególności: prądnice, okablowanie, sterowniki i przekształtniki, falowniki.

Jak Laboratorium uczestniczy we wprowadzaniu energetyki wiatrowej?

Zgodnie z naszą wizją działalność laboratorium opiera się na dwóch filarach. Bieżące zapotrzebowanie rynkowe zaspokajamy poprzez realizację mniejszych badań komercyjnych, natomiast w odpowiedzi na potrzeby długoterminowe pozyskujemy różnej „wielkości” granty. Taki model odzwierciedla standardową strukturę finansowania ośrodków badawczych w Polsce i na świecie, opartą na podziale na projekty komercyjne oraz badania podstawowe.

Obecnie trwają jeszcze prace kalibracyjne — dostosowanie przestrzeni pomiarowych do pożądaných parametrów. Przy okazji tych prac realizujemy różnorodne projekty komercyjne oraz poszerzamy ofertę możliwych do realizacji prac, zwiększając nasz potencjał, konkurencyjność rynkową. Strategię tę, czyli profilowanie laboratorium jako jednostki nastawionej na pokrycie zapotrzebowania biznesowego, a nie tylko stricte naukowej, uzgodniliśmy z władzami uczelni. Naszą agendę badawczą oparliśmy na gruntownych badaniach tego zapotrzebowania. Naszym celem jest wypełnienie istniejącej luki rynkowej. Brak tego typu krajowych jednostek badawczych sprawiał, że usługi te zlecano podmiotom zachodnim lub spoza UE.

Jednocześnie obserwujemy silne naciski ze strony zachodniego lobby w kontekście zielonej transformacji. W ciągu ostatnich lat rynki zachodnie uległy nasyceniu, w efekcie czego próbuje się nam narzucić technologie przestarzałe lub bardzo drogie w eksploatacji, takie jak morskie farmy wiatrowe. Z ogólnodostępnych badań jednoznacznie wynika, że koszt wyprodukowania megawatogodziny energii z tego źródła jest najwyższy, ze względu na bardzo wysokie koszty budowy i eksploatacji. Polska nie powinna akceptować nieefektywnych rozwiązań. W związku z tym kluczowe jest, aby Ministerstwo w procesie decyzyjnym bezpośrednio konsultowało się z krajowymi specjalistami z branży, m.in. z członkami Polskiego Stowarzyszenia Inżynierii Wiatrowej.



Czy niektóre z tych technologii są w naszych warunkach nieoptymalne lub za drogie, a mimo to są forsowane?

Tak. Powinniśmy rzetelnie kalkulować opłacalność technologii w perspektywie najbliższych 15 lat, zamiast ślepo podążać za trendami, które czasem się nie sprawdzają — jak widać choćby po problemach rynku samochodów elektrycznych. Skoro jesteśmy suwerennym krajem, powinniśmy stawiać nasz interes gospodarczy na pierwszym miejscu, opierając się na rzetelnych wyliczeniach, a nie na ideologii i propagandzie.

Co zatem Politechnika i jej eksperci mogą zaoferować, jeśli chodzi o wskazanie właściwego kierunku?

Uważamy, że Polska potrzebuje dobrze skalkulowanego mixu energetycznego. Nie możemy polegać wyłącznie na jednym źródle energetycznym, a już wyłącznie na „zielonej energii”. Potrzebujemy zrównoważonego systemu: nowoczesnej i bezpiecznej energetyki węglowej, sprawnej energetyki jądrowej, tam gdzie to możliwe geotermii, a farmy wiatrowe czy fotowoltaikę powinniśmy lokować wyłącznie tam, gdzie jest to geograficznie i ekonomicznie uzasadnione. Musimy pamiętać, że odnawialne źródła energii (OZE) bywają niestabilne — kiedy nie wieje i nie świeci słońce, musimy mieć zabezpieczenie w postaci konwencjonalnych elektrowni. Na Politechnice pracuje wielu wybitnych ekspertów: od energetyki, od paliw, od OZE. Dobrze byłoby zorganizować forum, na którym wypracowalibyśmy wspólne, politechniczne stanowisko doradcze dla państwa. Moglibyśmy wskazać, biorąc pod uwagę mapę wietrzności Polski, że budowa wiatraków opłaca się tylko w konkretnych strefach, np. w strefie nadmorskiej lub w północnej i częściowo środkowej Polsce. Jest jeszcze drugi, bardzo istotny czynnik, o którym się zapomina: możliwości sieci przesyłowej. Rozwój wielkich farm wiatrowych wymaga bowiem potężnych inwestycji w infrastrukturę przesyłową, co generuje ogromne koszty, które ostatecznie ponoszą wszyscy konsumenci energii elektrycznej. Dlatego do każdej takiej inwestycji należy podchodzić chłodno: policzyć wszystkie koszty, także te przyszłe, związane np. z recyklingiem. Kluczowe jest uwzględnienie żywotności technologii i rzetelna analiza, czy w wieloletniej perspektywie nam, Polakom się po prostu opłaci.

Badanie turbiny wiatrowej w tunelu aerodynamicznym w celu wyznaczenia jej podstawowych charakterystyk aerodynamicznych. W tle widoczne 3 wentylatory, każdy o mocy nominalnej 204 kW

Fot.: Jan Zych

Jakie badania można przeprowadzać w Laboratorium?

Badania aerodynamiczne dzielimy na trzy grupy: badania w naturze (w warunkach rzeczywistych), badania w laboratorium w skali 1:1 oraz badania modeli w skali (pomniejszonej). Badania w naturze są drogie i trudne do zrealizowania, bo można je przeprowadzić dopiero, gdy badany obiekt powstanie w docelowej lokalizacji. Dlatego w tunelu symulujemy te zjawiska na modelach.

W naszym laboratorium posiadamy autorską hamownię dla turbin wiatrowych, co pozwala badać oba typy turbin, tj. o osi poziomej (HAWT — *Horizontal axis wind turbine*) — to klasyczne wiatraki, zwłaszcza te największe, najczęściej trzyłopatowe, oraz o osi pionowej (VAWT — *Vertical axis wind turbine*) — to np. turbiny Savoniusa z ramionami w kształcie fragmentów cylindra, działające na siłę oporu lub turbiny Darrieusa z profilami w formie prostych lub wygiętych skrzydeł, działające na siłę nośną.

Kiedy do wirnika dodamy całą resztę komponentów — prądnicę, przekształtnik, sterowanie, przekształtnik lub falownik i magazyn energii — mówimy już o kompletnej siłowni wiatrowej. Turbina wiatrowa sama w sobie generuje tzw. „dziki prąd”. Wiatr rzadko wieje bez porywów, tym samym nie jest laminarny; zazwyczaj jest porywisty i turbulentny, przez co wirnik raz kręci się szybciej, raz wolniej. Prądnica jest napędzana wirnikiem, więc napięcie i częstotliwość stale się zmieniają. Aby ten „dziki prąd” zamienić na stabilny, czyli taki, który możemy wykorzystać w gniazdku czy w akumulatorach, potrzebny jest cały łańcuch urządzeń elektronicznych. Każde z nich, niestety, nieco osłabia całkowitą sprawność siłowni.

Na naszej hamowni badamy sprawność aerodynamiczną, opierając się na wykresach mocy turbiny i momentu obrotowego. Kluczowym parametrem, który wyznaczamy, jest zależność współczynnika mocy turbiny do jej wyróżnika szybkobieżności (czyli stosunku prędkości obrotu końca łopaty do prędkości wiejącego wiatru). Mówiąc prościej: sprawdzamy, ile energii z wiatru turbina jest w stanie realnie odebrać. Ale fizyka ma swoje limity i niemożliwe jest 100 proc. sprawności. Zgodnie z tzw. granicą Betza turbina wiatrowa może maksymalnie odebrać z wiatru około 59 proc. jego energii kinetycznej, reszta powietrza musi przepłynąć między łopatami, by zachować ciągłość przepływu. Najlepsze, precyzyjnie wykonane turbiny, osiągają w idealnych warunkach sprawność rzędu 50–55 proc.

Możliwości
Laboratorium Inżynierii
Wiatrowej pozwalają
zbadać efektywność
innowacyjnych
rozwiązań. Na zdjęciu
badana w ubiegłym
roku turbina Winner 3.0
Fot.: Łukasz Flaga



Jednak wysoka sprawność to nie wszystko. Czasami testujemy proste turbiny o niższej sprawności (np. 40 proc.), ale o szerszym zakresie działania. Są one bardziej „prymitywne” aerodynamicznie, co oznacza, że nie posiadają wyszukanych kształtów czy np. mechanizmu zmiany kąta położenia łopat. Niektóre z nich kręcą się wolniej, mają dużo większą masę, ale są przez to znacznie mniej wrażliwe na burzliwy wiatr. Warto wspomnieć, że są również bezawaryjne i niekłopotliwe w eksploatacji, a przy tym tanie w produkcji. W dłuższej perspektywie czasowej, np. 20 lat, taka prosta, niewymagająca drogiego serwisu turbina może okazać się bardziej rentowna niż bardzo skomplikowany, wrażliwy na uszkodzenia sprzęt. Dlatego badamy różne typy urządzeń, bo w zależności od potrzeb, mniejsza sprawność może być rekompensowana przez niezawodność (tj. spokój ducha) i niskie koszty eksploatacji.

Który parametr jest istotny dla użytkownika?

Głównym parametrem, na który patrzy rynek, jest krzywa mocy, czyli zależność mocy generowanej na wyjściu od prędkości wiatru. Ta krzywa zazwyczaj ma kształt litery „S” i przy pewnej prędkości wiatru (np. 10 m/s) osiąga swoją wartość nominalną. Z drugiej strony mamy współczynnik momentu obrotowego. Istnieją turbiny, które mają ogromny moment, tak jak dawne wiatraki do mielenia zboża. Kiedy wiatr wprawi je w ruch, osiągają duży moment obrotowy, choć kręcą się bardzo wolno. I tu pojawia się problem: co z tego, że mam potężny moment obrotowy, który pozwalałby zemleć mąkę, skoro przy niskiej prędkości obrotowej turbina nie wyprodukuje wystarczającej mocy elektrycznej?

W jaki sposób konfigurować elementy elektrowni wiatrowej?

Parametry trzeba precyzyjnie dobierać do lokalnych warunków wietrznych i konkretnego zastosowania. Podam przykład: ktoś kupuje komercyjną turbinę o mocy 2 kW. Producent podaje, że osiągnie ona 2 kW dopiero przy wietrze, który wieje z prędkością 15 m/s. Tak silne wiatry zdarzają się w Polsce stosunkowo rzadko, najczęściej podczas przechodzenia tzw. „wichury”. Znacznie częściej występują wiatry o prędkości rzędu 8 m/s, które niosą w sobie mniej energii niż wiatry o prędkości 15 m/s. W takiej sytuacji duża turbina, potrzebująca „wichury” do osiągnięcia swoich 2 kW, przy wietrze 8 m/s wyprodukuje np. zaledwie 200–500 W prądu, bo dopiero zaczyna „wspinać się” po swojej krzywej mocy. Tymczasem o wiele lepiej sprawdziłaby się inna turbina, niekiedy nawet teoretycznie słabsza, np. o mocy nominalnej 1 kW, ale taka, która jest zoptymalizowana do pracy przy słabszym wietrze (np. 8 m/s). Dzięki właściwie dobranym parametrom, nastawom przez większość czasu w takich warunkach będzie ona stabilnie produkować 800–900 W.

A co się dzieje z mniejszą turbiną, jeśli wiatr zacznie wiać silniej, np. 15 m/s?

Turbina po prostu produkuje więcej prądu. Na naszej uczelnianej hamowni sprawdzaliśmy takie zjawiska. Rozpędziliśmy turbinę ponad prędkość przewidzianą przez producenta i okazywało się, że z deklarowanego 1 kW nagle

robiły się nawet 2 kW. Jednak tylko do pewnego momentu — niektóre konstrukcje wchodzą w tzw. stan samohamowności. Kręcą się tak szybko, że zjawiska aerodynamiczne zaczynają je naturalnie zwalniać, przez co ich sprawność drastycznie spada. Im silniejszy wiatr, tym lepiej, ale tylko do określonej granicy. Po jej przekroczeniu silniejszy wiatr może doprowadzić do zniszczenia urządzenia. Stosuje się zabiegi przeciwdziałające temu (m.in. hamulce oporowe, mechaniczne czy aerodynamiczne).

Dobór odpowiedniej turbiny to tylko część procesu projektowania elektrowni wiatrowej?

Tak, i należy ją dobrać precyzyjnie do warunków lokalnych. Tego, niestety, często w Polsce brakuje. Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej zaczął niedawno tworzyć atlas małej energetyki wiatrowej. Zgodnie ze sztuką inżynierską, przed postawieniem turbiny powinniśmy zlokalizować najlepsze miejsce, postawić tam stację meteorologiczną na planowanej wysokości wirnika i przez co najmniej rok zbierać dane, by poznać lokalną różę wiatrów. Dopiero na podstawie tych danych dobieramy model turbiny i pracę sterownika. Można wtedy dokładnie obliczyć, ile prądu rocznie z niej uzyskamy. Jeśli zrobimy to bez tego przygotowania, stawiając wiatrak w przypadkowym miejscu, gdzie nie ma odpowiedniego przewiewu, uzyskany może być nawet kilkukrotnie niższy niż stawiając kilka metrów dalej, w uprzywilejowanym kanale powietrznym.

W powszechnej opinii pokutuje przesvědzenie, że moc urządzenia, zadeklarowana przez jego sprzedawcę, jest gwarantowana — wystarczy tylko „podpiąć” do wiatru. Czy można temu ufać?

To najdroższe z możliwych rozwiązań — czysta loteria. Oczywiście, jakiś uzysk energii z tego będzie, ale ktoś może zainwestować np. 12 tys. złotych w zestaw, który z powodu złej lokalizacji (np. zasłonięcia przez budynki) wyprodukuje prąd o wartości 1000 złotych rocznie. Taka inwestycja zwróci się po 12 latach. Tyle że po 7–8 latach ten sprzęt może będzie wymagać stosunkowo drogiej regeneracji, serwisowania i koszty znów wzrosną.

Jako inżynier ufam liczbom. Montaż instalacji fotowoltaicznej czy wiatrowej musi być poparty rzetelną analizą i kalkulacją: ile energii planuję wyprodukować, kiedy będę z niej korzystał (czy będę wtedy w domu?) i po jakim czasie mi się to zwróci. Kierowanie się „okazjami” z internetu czy samą ideologią OZE jest po prostu nierozsądne. Czasami mała elektrownia wiatrowa umieszczona na krawędzi dachu płaskiego da finalnie lepszy ekonomiczny efekt — rentowność inwestycji — niż duża, głośna, wyeksponowana siłownia wiatrowa na wysokim maszcie (z uwzględnieniem całkowitych poniesionych kosztów, w tym czasu i zabiegów niezbędnych do uzyskania pozwolenia na budowę).

Czy w tunelu aerodynamicznym prowadzicie też badania, jak umiejscowienie turbiny na dachu budynku wpływa na jej pracę i bezpieczeństwo?

Tak, to się świetnie uzupełnia. Pomiar w naturze na istniejącym budynku daje nam obraz rzeczywistych warunków. Natomiast w tunelu aerodynamicznym możemy,

na pomniejszonym modelu tego budynku, tanio i szybko sprawdzić różne warianty. Możemy testować różne rozmiary, typy i lokalizacje turbin wiatrowych, aby sprawdzić, w którym miejscu na dachu będą największe zyski energii, przy jednoczesnej weryfikacji i zabezpieczeniu przed uszkodzeniami konstrukcji budynku. Dopiero szczegółowa analiza z weryfikacją w warunkach rzeczywistych daje pełen obraz sytuacji.

Czy badane jest zachowanie turbin w ekstremalnych warunkach?

Badania aerodynamiczne mogą być niszczące lub nieniszczące. Staramy się unikać badań niszczących, bo wiążą się z potężnymi siłami i niebezpieczeństwem uszkodzenia laboratorium. Skupiamy się na wyznaczaniu trzech kluczowych parametrów pracy turbiny:

- Punkt startu — prędkość wiatru, przy której turbina w ogóle zaczyna się kręcić, nawet jeśli jeszcze nie produkuje prądu. To bardzo ważny argument dla klientów, którzy jedynie na tej podstawie oceniają skuteczność turbiny.
- Punkt pracy nominalnej — prędkość, przy której uzyskujemy satysfakcjonującą moc (np. 8–9 m/s). Dopiero ta wielkość ma realne znaczenie, a deklaracje producenta często są nierealne.
- Prędkość odcięcia — moment, w którym wiatr jest zbyt silny i porywisty (przy dużych turbinach to ok. 23–25 m/s) i turbina musi zostać zahamowana, aby uchronić ją przed zniszczeniem.

W ramach projektu CEZAR zostanie uzupełniona infrastruktura badawcza, co pozwoli na pomiar oporu aerodynamicznego poszczególnych turbin wiatrowych w trakcie ich postoju i pracy. Ta wiedza jest kluczowa, by bezpiecznie projektować konstrukcje wsporcze i fundamenty siłowni wiatrowych.

Czyli projekt CEZAR zapewni Laboratorium Inżynierii Wiatrowej PK kompletne możliwości badawcze: od małych modeli w tunelu, po duże turbiny na zewnątrz?

Chcemy być gotowi na zapotrzebowanie rynku. Pragnę podkreślić, że inicjatywa uzupełnienia zakresu posiadanej infrastruktury LIW PK w celu poszerzenia możliwości prac badawczych, na które występuje zapotrzebowanie rynkowe, od zawsze przyświeca działaniom Zespołu LIW PK. Uważam, że instytucje państwowe, przyznające dofinansowania na małe wiatraki, powinny wymagać od wnioskodawców wiarygodnych kalkulacji zwrotu z inwestycji i certyfikowanych charakterystyk urządzeń. Obecnie tego mechanizmu weryfikacji nie ma. Rozdano sporo pieniędzy na projekty, które się nie sprawdzają w praktyce. Nie generują „zadeklarowanych” wartości energii. Zatem dofinansowanie w takiej formie jest niewłaściwe i skutkuje wyrzucaniem pieniędzy w błoto. Należy eksponować takie sytuacje, szybko wyciągać wnioski i podejmować stosowne działania prawne, zabezpieczające przed nimi. Badania w Laboratorium Inżynierii Wiatrowej PK mogą przyczynić się do racjonalizacji wykorzystania takich dofinansowań, zwłaszcza że są to programy ogólnopolskie.

Dziękuję za rozmowę.

Dialog zamiast sporu — nowe oblicze rozwiązywania konfliktów na Politechnice Krakowskiej



Dr inż. Elżbieta

Jarosińska

jest adiunktem w Katedrze Geoinżynierii i Gospodarki Wodnej PK, dyrektorem CeWSA PK, coachem / mentorem kryzysowym, a także studentką jednolitych studiów magisterskich na kierunku psychologia w SWPS w Poznaniu. Więcej: <https://cewsa.pk.edu.pl/o-cewsa/poznajmy-sie/dr-inz-elzbieta-jarosinska>
Fot.: Maciej Chudzikiewicz

Politechnika Krakowska wykonała istotny krok w stronę budowania nowoczesnej kultury organizacyjnej, wprowadzając „Zarządzenie nr 31 rektora PK z dnia 23 marca 2026 r. w sprawie wprowadzenia »Regulaminu mediacji«”. Zarządzenie, wydane na podstawie art. 23 ust. 1 ustawy „Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce”, ustanawia na uczelni ramy prowadzenia mediacji jako metody polubownego rozwiązywania sporów. Co ważne, dokument wprost wskazuje rolę mediacji w przeciwdziałaniu sytuacjom konfliktowym i w budowaniu kultury dialogu. Rozwiązanie to należy rozumieć jako jeden z elementów transformacji w stronę uczelni relacyjno-restoratywnej.

Czym jest mediacja w środowisku akademickim?

Według przyjętych przepisów mediacja to poufna rozmowa stron konfliktu w obecności bezstronnego i niezależnego mediatora uczelnianego. Proces nie służy narzucaniu rozwiązań, lecz tworzeniu bezpiecznej przestrzeni, w której każda ze stron może zostać wysłuchana bez oceniania. Głównym celem jest wypracowanie wspólnego stanowiska, które realnie przełoży się na poprawę współpracy w jednostkach uczelni. Mediator nie jest organem decyzyjnym, nie zastępuje postępowań dyscyplinarnych ani administracyjnych, a jego rola ogranicza się do wspierania dialogu i ułatwiania komunikacji.

Kto i w jakich sprawach może skorzystać?

Jedną z zalet wprowadzonych rozwiązań jest ich szeroki zakres. Regulamin obejmuje mediacje prowadzone zarówno pomiędzy członkami społeczności akademickiej PK, jak i pomiędzy członkami tej społeczności a osobami z zewnątrz. Oznacza to, że mediacja może być adekwatna w wielu sytuacjach, w których spór utrudnia funkcjonowanie jednostki, zespołu czy relacji służbowej lub dydaktycznej.

Regulamin wskazuje pięć głównych kategorii spraw, w których mediacja może zostać zastosowana:

1. sprawy kierowane do mediacji przez rektora PK na podstawie odpowiednich przepisów ustawy,
2. mediacje prowadzone w ramach postępowania wyjaśniającego,
3. mediacje prowadzone w ramach postępowania dyscyplinarnego,
4. mediacje w sprawach dotyczących mobbingu i dyskryminacji — na zasadach określonych w wewnętrznych politykach uczelni,
5. inne przypadki sporów lub konfliktów, w których strony chcą skorzystać z mediacji jako drogi polubownej.

Mediacja na PK jest elementem systemu rozwiązywania konfliktów, kompatybilnym z innymi procedurami, ale od nich odrębnym co do celu i charakteru. Mediacja nie zastępuje postępowań formalnych, lecz może je wspierać,

porządkować relacje, a w wielu przypadkach zapobiegać eskalacji.

Dobrowolność i poufność — filary wiarygodności

Regulamin akcentuje dwie zasady, bez których mediacja nie miałaby społecznego zaufania, to jest dobrowolność i poufność.

Dobrowolność oznacza, że mediacji nie można prowadzić bez pisemnej zgody każdej ze stron. Co więcej, zgoda może być wycofana na każdym etapie, bez konieczności uzasadniania decyzji, a jej wycofanie kończy postępowanie mediacyjne. Takie rozwiązanie chroni autonomię uczestników i zapobiega sytuacji, w której mediacja staje się „obowiązkiem”, a nie przestrzenią dialogu.

Poufność z kolei zobowiązuje zarówno mediatora, jak i strony do zachowania w tajemnicy faktów, o których dowiedziały się w związku z udziałem w mediacji. Poufność ma praktyczny sens. Zwiększa poczucie bezpieczeństwa, sprzyja szczerości, ułatwia mówienie o emocjach i potrzebach, a nie tylko o stanowiskach formalnych. Dzięki temu może docierać do sedna problemu, zamiast zatrzymywać się na poziomie deklaracji „kto ma rację”.

Rola mediatora — wsparcie nie rozstrzyganie

Regulamin precyzyjnie określa rolę mediatora, który nie jest organem decyzyjnym, nie rozstrzyga sporu, nie wydaje wiążących rozstrzygnięć i nie zastępuje obowiązujących na uczelni procedur (administracyjnych, dyscyplinarnych, dotyczących skarg). Takie doprecyzowanie pozwoli zapobiec nadmiernym oczekiwaniom wobec mediacji.

Zadaniem mediatora jest tworzenie bezpiecznej i poufnej przestrzeni dialogu, ułatwianie komunikacji oraz wspieranie stron w wypracowaniu dobrowolnych, akceptowalnych rozwiązań, z poszanowaniem przepisów prawa i regulacji wewnętrznych. Mediator działa w sposób dostępny dla wszystkich członków społeczności uczelni, zapewniając równe traktowanie stron i poszanowanie ich godności.

„Regulamin mediacji” wprost wskazuje, że mediator może podejmować działania informacyjne i konsultacyjne, służące upowszechnianiu idei dialogu i alternatywnych metod rozwiązywania konfliktów w środowisku akademickim. To oznacza, że mediator na PK nie jest jedynie „specjalistą od sporów”, ale również osobą wspierającą budowanie kultury dialogu i rozwoju uczelni w kierunku relacyjno-restoratywnym.

CeWSA PK — instytucjonalne „zaplecze” mediacji

Istotnym elementem systemu jest Centrum Wsparcia Społeczności Akademickiej PK (CeWSA PK). Regulamin przewiduje, że CeWSA PK pośredniczy w obiegu wniosków,

weryfikuje, w określonych trybach, zgodę stron na udział w mediacji oraz archiwizuje dokumentację, zgodnie z obowiązującymi przepisami. To rozwiązanie porządkuje proces, wzmacnia jego przejrzystość oraz zapewnia, że mediacja nie jest działaniem *ad hoc*, lecz procedurą osadzoną w strukturach uczelni. W praktyce CeWSA PK pełni rolę organizacyjnego punktu kontaktu. Pomaga uruchomić mediację i zapewnia jej formalne ramy. Dzięki temu dialog i naprawa relacji nie są pozostawione wyłącznie dobrej woli stron, ale są wspierane przez instytucję.

Jak rozpocząć mediację?

Regulamin szczegółowo opisuje tryb wszczęcia mediacji. Postępowanie mediacyjne może zostać uruchomione m.in. przez: rektora PK (w sprawach kierowanych na podstawie przepisów ustawy); rzecznika dyscyplinarnego (w ramach postępowania wyjaśniającego; z inicjatywy stron); komisję dyscyplinarną (w ramach postępowania dyscyplinarnego — z inicjatywy stron); CeWSA PK (na wniosek stron w innych przypadkach). W przypadku, gdy mediacja jest inicjowana na wniosek stron (lub jednej strony za zgodą drugiej), stosuje się określony wzór wniosku (Załącznik nr 1 do „Regulaminu mediacji”). Wniosek zawiera przedstawienie stanu faktycznego i wskazanie stron. Ta formalna prostota ma znaczenie. Pomaga zebrać podstawowe informacje, a zarazem nie zamienia mediacji w postępowanie dowodowe. Mediator następnie niezwłocznie nawiązuje kontakt ze stronami i ustala termin spotkania — indywidualnego lub wspólnego. W jego toku mediator m.in.: wyjaśnia zasady i cele, informuje o poufności i niezależności, poucza o prawie do wycofania zgody, organizuje spotkania, ułatwia komunikację, pomaga stronom wyrazić potrzeby i oczekiwania oraz wspiera poszukiwanie rozwiązań. W uzasadnionych przypadkach mediacja może odbyć się również zdalnie, w formie wideokonferencji. To rozwiązanie zwiększa dostępność mediacji i pozwala reagować elastycznie na sytuacje organizacyjne.

Uгода mediacyjna

Celem mediacji jest wypracowanie dobrowolnych ustaleń, a w razie decyzji stron — zawarcie pisemnej ugody (Załącznik nr 3 do „Regulaminu mediacji”). Jest ona podpisywana przez obie strony i mediatora, sporządzana w trzech egzemplarzach. Regulamin podkreśla, że strony oświadczają, iż treść ugody jest zrozumiała i zgodna z ich wolą, a także mogą uzgodnić, że w razie potrzeby zmiany postanowień podejmą rozmowy, a w razie potrzeby zwrócą się ponownie o mediację. Szczególnie „relacyjnym” elementem wzoru ugody jest zapis, że „pomiędzy stronami nastąpiło pojednanie”. Nie jest to jedynie formuła, ale podkreślenie sensu mediacji jako procesu odbudowy współpracy, a nie tylko rozwiązania sporu.

Monitorowanie efektów wyróżnia PK

Jednym ze znaczących i nowatorskich elementów regulaminu jest paragraf dotyczący monitorowania efektów mediacji. Mediator po zakończeniu mediacji przeprowadza

monitoring realizacji ustaleń z ugody. Kontaktuje się ze stronami po upływie ustalonego czasu, aby sprawdzić, czy postanowienia są realizowane oraz czy relacje uległy poprawie. Monitoring może odbywać się mailowo, telefonicznie lub w formie krótkiego spotkania.

Regulamin podkreśla, że monitoring ma charakter poufny i służy ocenie skuteczności procesu oraz doskonaleniu praktyki mediacyjnej. Co istotne, monitoring nie jest „kontrolą” stron ani wznowieniem mediacji. Jego celem jest wzmacnianie trwałości ustaleń. W razie trudności mediator może zaproponować kolejne spotkanie mediacyjne lub inne formy wsparcia. Jednocześnie regulamin wskazuje konsekwencje. Złamanie postanowień ugody może stanowić podstawę skierowania wniosku do rzecznika dyscyplinarnego o wszczęcie postępowania wyjaśniającego. To rozwiązanie wzmacnia odpowiedzialność stron i pokazuje, że dialog na uczelni jest wspierany, ale nie jest pozbawiony ram.

Mediacja jako element „platformy dialogu”

Wprowadzony system mediacji warto rozumieć jako część szerszego podejścia relacyjno-restoratywnego. Uczelnia zakłada bowiem, że: relacje są jednym z warunków jakości akademickiej; konflikty są naturalne, ale mogą być zarządzane w sposób konstruktywny; kluczowe jest wzmacnianie dialogu, zaufania i sprawiedliwości proceduralnej; naprawa szkód (w tym relacyjnych) jest równie istotna jak formalne rozstrzygnięcia.

W tym ujęciu mediacja spełnia dwie funkcje jednocześnie: reaktywną (interwencyjną) — gdy konflikt już wystąpił, mediacja tworzy bezpieczną przestrzeń do rozmowy, pozwala uporządkować fakty, nazwać wpływ sytuacji i wypracować rozwiązania oraz proaktywną (profilaktyczną) — sama dostępność mediacji, działania informacyjne mediatora oraz doświadczenie uczelnianej kultury rozmowy wzmacniają kompetencje społeczności, obniżają skłonność do eskalacji i sprzyjają współpracy.

Regulamin mediacji, rola CeWSA PK, wzory wniosków i ugód oraz mechanizm monitoringu tworzą praktyczną infrastrukturę dialogu. Uczelnia nie tylko zachęca do rozmowy, ale daje narzędzia, aby rozmowa była bezpieczna, uporządkowana i skuteczna.

W stronę dojrzałej kultury akademickiej

Zarządzenie nr 31 rektora PK z 23 marca 2026 r., wprowadzające „Regulamin mediacji”, to rozwiązanie, które instytucjonalnie wzmacnia dialog społeczności akademickiej. Uczelnia zyskuje narzędzie, które nie zastępuje procedur formalnych, ale uzupełnia je o perspektywę relacyjną. Umożliwia wysłuchanie stron, porządkuje komunikację, wspiera naprawę szkód i odbudowę współpracy. Mechanizm monitorowania efektów mediacji jest rozwiązaniem, które wzmacnia trwałość ustaleń i pokazuje, że mediacja na PK nie jest jednorazowym spotkaniem, lecz procesem nastawionym na realną zmianę w relacjach.

48. Bieg Kościuszkowski

Tadeusz Kościuszko już od pół wieku patronuje Politechnice Krakowskiej. Tradycją uczelni, nawiązującą do przysięgi Kościuszki na rynku krakowskim 24 marca 1794 r., jest Bieg Kościuszkowski — jedna z najstarszych i najbardziej rozpoznawalnych imprez sportowych w stolicy Małopolski. W tym roku Rynek Główny po raz 48. był areną sportowych zmagania biegaczy.

Pierwsza edycja wydarzenia odbyła się w 1977 r. z inicjatywy Edwarda Surdyki, Piotra Jeża i Jana Żurka. Od tego czasu formuła biegu i jego trasa ulegała zmianom. W tym roku, po raz pierwszy w długiej historii Biegu, właśnie Rynek Główny był areną wszystkich sportowych zmagania. Jak mówili organizatorzy wydarzenia z Centrum Sportu i Rekreacji Politechniki Krakowskiej: — *Naszym celem było uatrakcyjnienie i zdynamizowanie formuły Biegu oraz ułatwienie kibicom wspierania i dopingowania zawodników przez cały czas.*

Sportową część wydarzenia poprzedziło złożenie kwiatów przed popiersiem Tadeusza Kościuszki na kampusie głównym Politechniki Krakowskiej przy ulicy Warszawskiej 24, a następnie na Rynku Głównym, na płycie upamiętniającej przysięgę Tadeusza Kościuszki 24 marca 1794 r. Start zawodów ułożono niedaleko Kościoła Mariackiego, tuż przed Szarą Kamienicą, gdzie na początku insurekcji 1794 r. mieściła się kwatera główna Tadeusza Kościuszki i jego sztabu.

Rywalizacja prawie 400 zgłoszonych zawodników rozpoczęła się w samo południe, zaraz po krakowskim hejnale. Honorowym starterem był rektor Politechniki Krakowskiej prof. Andrzej Szarata, który dał sygnał do rozpoczęcia Biegu VIP-ów, a następnie do rywalizacji szkół średnich. W Biegu VIP-ów wokół krakowskiego rynku pobiegli przedstawiciele Konsulatu Generalnego Francji

w Krakowie i Konsulatu Generalnego USA w Krakowie, Naczelnik Wydziału Ochrony Środowiska Straży Miejskiej Miasta Krakowa Mariusz Janik, przedstawiciele służb mundurowych oraz krakowskich szkół średnich, a także reprezentacja Politechniki Krakowskiej na czele z prorektor ds. kształcenia i współpracy z zagranicą dr hab. inż. Katarzyną Bizon, prof. PK. Najlepszą z pań okazała się Léonie Foncourbe z konsulatu francuskiego, a wśród panów Oren Struck z konsulatu USA.

Po Biegu VIP-ów rozegrano biegi sztafetowe szkół średnich (4 okrążenia wokół Rynku). W sztafecie męskiej uczniów triumfowała drużyna z X Liceum Ogólnokształcącego im. Komisji Edukacji Narodowej w Krakowie. W rywalizacji pań wygrała sztafeta z VI Liceum Ogólnokształcącego w Krakowie. Następnie na starcie zawodów pojawili się uczestnicy Biegu Osób z Niepełnosprawnościami, triumfowali Agata Kaźmierska z Politechniki Krakowskiej oraz Vladyslav Bilenko z Uniwersytetu Papieskiego Jana Pawła II w Krakowie. W studenckich sztafetach rywalizowały Politechnika Krakowska, Uniwersytet Jagielloński, Akademia Górniczo-Hutnicza, Uniwersytet Ekonomiczny i Uniwersytet Rolniczy w Krakowie. Klasyfikację kobiet wygrały biegaczki z AGH, zaś zespół z Politechniki Krakowskiej, z czasem o 13 sekund gorszym, zajął 2. miejsce. W klasyfikacji mężczyzn wygrał zespół AZS AGH Kraków (II).

Do udziału w biegu sztafetowym służb mundurowych zgłosiły się żeńskie i męskie drużyny: krakowskiej Straży Miejskiej, Komendy Miejskiej Policji w Krakowie, 5. Wojskowego Szpitala Klinicznego z Polikliniką SPZOZ, 3. Regionalnej Bazy Logistycznej, 6. Brygady Powietrznodesantowej im. gen. Stanisława Sosabowskiego w Krakowie oraz Szkoły Aspirantów Państwowej Straży Pożarnej w Krakowie, a także sztafeta męska z 5. Pułku Dowodzenia im. gen. dyw. Stanisława Hallera w Rzęsce. Reprezentacje 6. Brygady Powietrznodesantowej w Krakowie wspięły się na najwyższe miejsca podium w rywalizacji pań i panów.

Sportowe zmagania zakończył bieg pracowników Politechniki Krakowskiej. Triumfatorką biegu pań została Monika Mól z Biblioteki PK, członkini Amatorskiej Drużyny Biegowej PK. Wśród mężczyzn zwyciężył Krzysztof Pszczółka, pracownik Biura Kanclerza oraz prezes KU AZS PK.

W honorowym Komitecie 48. Biegu Kościuszkowskiego zasiadli: wojewoda małopolski Krzysztof Jan Klęczar, marszałek województwa małopolskiego Łukasz Smółka, prezydent miasta Krakowa Aleksander Miszański, rektor Politechniki Krakowskiej prof. Andrzej Szarata, konsulowie Francji i USA, a także prezes AZS Kraków Michał Spieszny. Wydarzenie zabezpieczało ponad 500 studentów wolontariuszy Politechniki Krakowskiej pod kontrolą służb miejskich i mundurowych.

Wyniki oraz zdjęcia z 48. Biegu Kościuszkowskiego znajdują się na stronie: <https://pk.edu.pl>

• [B.K.]

Sportowa rywalizacja 48. Biegu Kościuszkowskiego na płycie Rynku Głównego rozpoczęła się od biegu VIP-ów, sygnał do startu dał rektor PK Andrzej Szarata
Fot.: Jan Zych



Klub Biznesu PK jako przestrzeń współpracy nauki i biznesu

Dwór Kościuszko był 10 marca miejscem spotkania Klubu Biznesu przy Politechnice Krakowskiej. Wydarzenie okazało się imponujące pod względem frekwencji, bo uczestniczyło w nim około 60 osób: członków Klubu, gości oraz przedstawicieli władz wydziałów i jednostek uczelni.

Program spotkania obfitował w inspirujące merytoryczne wystąpienia. Uczestnicy mieli okazję wysłuchać prelekcji Bogusława Barnasia z BXB Studio. Przedstawiciele Centrum Transferu Technologii PK mgr Jadwiga Widziszewska, mgr Tomasz Stawarz i inż. Radosław Talaga zachęcali do skorzystania z ekosystemu wsparcia tworzonego przez CTT dla małopolskich przedsiębiorców. Stowarzyszenie Świadoma Obrona Cywilna zaprezentowało możliwości wzajemnej współpracy. Spotkanie było także okazją do powitania w gronie nowych klubowiczów. Wśród gości specjalnych znaleźli się m.in. Józef Lassota, prezydent Krakowa w latach 1992–1998 i absolwent PK, oraz Krzysztof Woźniak, prezes Polskiego Związku Hokeja na Lodzie.

Tradycyjnie oficjalną część wydarzenia zakończyło wspólne zdjęcie, po którym przyszedł czas na networking. Kuluarowe rozmowy pozostają jednym z najważniejszych elementów działalności Klubu Biznesu PK, służąc budowaniu trwałych relacji między środowiskiem nauki i biznesu. Znaczenie tych inicjatyw podkreślał rektor PK, prof. Andrzej Szarata: — *Bardzo cieszy mnie to, jak dynamicznie rozwija się Klub Biznesu przy Politechnice Krakowskiej. W ciągu ponad dwóch lat stał się czymś znacznie więcej niż tylko cyklem spotkań — dziś to prawdziwa sieć współpracy i wzajemnego wsparcia absolwentów naszej uczelni oraz firm, które współtworzą polską gospodarkę.* Rektor zwrócił również uwagę na zaangażowanie członków w życie uczelni: — *Wokół Klubu powstała aktywna społeczność, która nie tylko dzieli się doświadczeniem biznesowym, ale także realnie*

wspiera rozwój uczelni i naszych studentów. Absolwenci Politechniki angażują się w projekty technologiczne, fundują nagrody i stypendia, współtworzą przestrzenie dydaktyczne, a także zapraszają studentów na praktyki i staże. To dla mnie niezwykle ważny sygnał, że relacja z uczelnią trwa długo po odebraniu dyplomu. Właśnie takie relacje między nauką, biznesem i absolwentami są jednym z fundamentów rozwoju nowoczesnego uniwersytetu technicznego.

Klub tworzy naturalną przestrzeń dialogu pomiędzy naukowcami a przedsiębiorcami, którymi często są właśnie absolwenci Politechniki, dziś rozwijający własne firmy i zarządzający innowacyjnymi projektami w swoich organizacjach. Dzięki temu dialogowi możliwe jest szybsze identyfikowanie potrzeb rynku oraz prezentowanie technologii powstających na uczelni.

Izabela Paluch, prezes spółki celowej uczelni INTECH PK, uczestnicząca w spotkaniu, podkreśla: — *Klub Biznesu to dla nas niezwykle cenne środowisko współpracy. W jednym miejscu spotykają się ludzie, którzy znają uczelnię, rozumieją wartość badań naukowych i jednocześnie funkcjonują w realiach rynku. Dzięki temu rozmowa o wdrożeniach technologii czy wspólnych projektach badawczo-rozwojowych staje się łatwiejsza i bardziej konkretna. Jak zaznacza, takie działania pomagają budować wokół Politechniki trwały ekosystem innowacji, w którym spotykają się kluczowe elementy rozwoju technologicznego: wiedza naukowa, doświadczenie biznesowe oraz kapitał inwestycyjny. W dłuższej perspektywie działalność Klubu Biznesu może przyczynić się do zwiększenia liczby projektów realizowanych wspólnie przez naukę i biznes, a także do wzrostu liczby wdrożeń technologii opracowanych na uczelni. Kolejne spotkania będą kontynuacją idei budowania silnej społeczności absolwentów, która wspiera rozwój przedsiębiorczości, innowacji oraz praktycznej współpracy środowiska akademickiego z gospodarką.*

Tradycyjne zdjęcie uczestników spotkania Klubu Biznesu Politechniki Krakowskiej
Fot.: Jan Zych



MICHAŁ
MACIUKIEWICZ

ZDJĘCIA: JAN BOSAK

Studenci inżynierii wzornictwa przemysłowego zaprojektowali kriosaunę



Weronika Rumian (z lewej) i Kamila Bryl — laureatki głównej nagrody
Obok: Wizualizacja kriosauuny

24 marca na Wydziale Mechanicznym, w Galerii IWP „Przewiązka” otwarto wystawę projektów studenckich i ogłoszono nazwiska laureatów konkursu, którego tematem był innowacyjny produkt medyczny — kriosauna, czyli jednoosobowa komora, przeznaczona do przeprowadzania indywidualnych zabiegów krioterapii. Projekt został zrealizowany w Laboratorium Inżynierii Wzornictwa Przemysłowego Politechniki Krakowskiej we współpracy ze spółką JUKA z Niepołomic. Firma od ponad trzech dekad wytwarza i sprzedaje urządzenia z branży chłodniczej. Jest wieloletnim partnerem Politechniki Krakowskiej.

Współpraca uczelni i firmy Juka owocuje pracami badawczymi. Wspólne doktoraty wdrożeniowe przynoszą pożytek obydwu stronom: oferowane przez firmę wyroby uzyskują bardzo dobre parametry, a kadra naukowa uczelni ma w tym swój udział. Pierwszy wspólny projekt dotyczył nowego wzoru lamy chłodniczej i przyniósł satysfakcję obydwu podmiotom. Tym razem zadanie zaprojektowania kriosauuny powierzono studentom II i III roku kierunku inżyniera

Zbigniew Latała otwiera wystawę



wzornictwa przemysłowego jako pracę semestralną w toku kształcenia na zajęciach „projektowanie urządzeń przemysłowych”, prowadzonych pod opieką dydaktyczną dr. Grzegorza Matusika oraz dr. Michała Maciukiewicza.

Studenci do wykonania projektu musieli się odpowiednio przygotować — poznać sposób pracy urządzenia i jego zastosowanie. Zasada działania jest stosunkowo prosta: pacjent, który ma zostać poddany zabiegowi, jest umieszczany w cylindrycznej komorze, a wysokość platformy jest tak ustawiana, aby głowa znajdowała się powyżej obszaru chłodzonego. Temperatura wewnątrz obniżana jest do -160 stopni Celsjusza, a zabieg trwa 1–3 minut.

Kriosauuny używa się w zakładach opieki zdrowotnej, w placówkach wellness, sanatoriach czy klubach sportowych. Z urządzenia korzystają m.in. osoby cierpiące na choroby reumatyczne, skórne, pacjenci po zabiegach (pomaga w regeneracji tkanek), sportowcy i osoby aktywne fizycznie, a także wszyscy, którzy chcą poprawić swoje samopoczucie i krążenie. Sprostanie potrzebom tych grup odbiorców i określenie cech estetycznych kriosauuny wymagało od studentów wyczucia, wyważonego podejścia. Z drugiej strony musieli pamiętać, że urządzenie powinno podkreślać swoją funkcję, a także świadczyć o technologicznym zaawansowaniu, a to wiąże się z kreatywnością i otwartością na innowacje estetyczne.

Pomocą w procesie projektowania okazała się wizyta w siedzibie firmy Juka i zwiedzanie zakładu produkcyjnego. Pozwoliło to zrozumieć możliwości i ograniczenia technologiczne, tym samym lepiej dostosować projekt, tak by można go było w przyszłości wdrożyć. Projektując, studenci musieli wziąć pod uwagę takie zagadnienia, jak: doświadczenia użytkownika, ergonomia, percepcja produktu (jakie emocje powinien wzbudzać u pacjentów), technologia, rozmieszczenie komponentów czy dobór materiałów i kolorystyki. Wszystkie projekty brały udział w konkursie. Komisja konkursowa nagrodę główną i czek wartości 3 tys. złotych przyznała Kamili Bryl i Weronice Rumian. W zwycięskiej pracy doceniono m.in. subtelny minimalizm, umiejętne wykorzystanie światła jako detalu ozdobnego i informacyjnego, możliwość stosowania różnych materiałów i wykończenia, a także fakt, że produkt można łatwo wprowadzić do seryjnej produkcji. Wyróżnienia i czeki w wysokości tysiąca złotych otrzymali: Magdalena Gagatęk i Anna Marcol; Jakub Gądek i Myroslav Krasovskyi; Małgorzata Basiura i Milena Dranka. Nagrody wręczył laureatom kierownik Laboratorium Inżynierii Wzornictwa Przemysłowego prof. Zbigniew Latała podczas wernisażu wystawy.

Dr Michał Maciukiewicz jest asystentem w Laboratorium Inżynierii Wzornictwa Przemysłowego Politechniki Krakowskiej.

PARAMETRYCZNE EKSPLOKACJE

O tym, czego studenci nie spodziewali się wymodelować



MICHAŁ NESSEL
PAWEŁ SIKORSKI

23 marca — 14 kwietnia 2026 r.

Początek zawsze ten sam: pomysł i prosty, odręczny szkic w odpowiedzi na temat przewodni zajęć. Prawdziwa przygoda rozpoczyna się w momencie, gdy tę pierwszą myśl trzeba przełożyć na zwięzły matematyczny język algorytmów. Wystawa „Parametryczne eksploracje” to opowieść o zderzeniu studenckiej wyobraźni z logiką środowiska cyfrowego. Prezentuje efekt końcowy zmagania i wysiłku, które studenci włożyli w wykonanie prac zaliczeniowych.

Studenci przeszli drogę od opracowania wirtualnego modelu komputerowego, poprzez generowanie precyzyjnej dokumentacji poszczególnych elementów składowych, aż po finalne odtworzenie struktury w postaci namacalnego, fizycznego modelu. Większość prezentowanych prac wykorzystuje podejście parametryczno-algorytmiczne do wykreowania złożonej geometrii.

„Warsztat pracy” studentów był programem komputerowy *Rhinoceros 3D* wraz z dodatkiem *Grasshopper* — wizualnym środowiskiem programowania, w którym kod zastąpiono systemem połączonych komponentów. Tworząc skrypty, nieustannie eksperymentowano i próbowano przewidzieć ostateczne efekty, które często twórców... zaskakiwały.

Ekspozycja to przegląd zróżnicowanych idei i tematów projektowych, takich jak: przestrzenne kompozycje z elementów liniowych, triangulacja geometrii, powierzchnie rozwijalne. Prace zostały wykonane przez 3- lub 2-osobowe zespoły studenckie na kierunkach architektura oraz *Architecture* w ramach przedmiotów III semestru, tj.: współczesne techniki cyfrowe w modelowaniu architektury (rok akademicki 2024/2025 i 2025/2026), *Modern Digital Techniques in Architectural Design* (rok akademicki 2025/2026) oraz formy przestrzenne w architekturze (2023/2024). Każdy kurs składał się zaledwie z 15 godzin wykładów i 15 godzin laboratoriów komputerowych, a opracowane modele powstawały w ramach 4 spotkań.

Opiekę merytoryczną nad wystawą i pracami sprawowali: dr inż. arch. Michał Nessel, mgr inż. arch. Paweł Sikorski — pracownicy Katedry Geometrii Wykreślnej i Technologii Cyfrowych Politechniki Krakowskiej. Opiekę na przedmiotami w roku akademickim 2023/2024 oraz 2024/2025 sprawowała dr hab. Krystyna Romaniak, prof. PK, w obecnym roku akademickim sprawuje ją dr Michał Nessel.

„We do this not because it is easy, but because we thought it would be easy.”

Zapraszamy do odkrywania naszych niepowtarzalnych modeli, które powstały, bo... myśleliśmy, że będzie łatwo.

Dr inż. arch. Michał Nessel jest adiunktem w Katedrze Geometrii Wykreślnej i Technologii Cyfrowych Politechniki Krakowskiej.

Mgr inż. arch. Paweł Sikorski jest asystentem w Katedrze Geometrii Wykreślnej i Technologii Cyfrowych Politechniki Krakowskiej.



Modele form zadaszenia według projektu: (u góry) Klaudii Biernat i Kingi Cempiel, (poniżej, od lewej): Pavla Akhtemiychuka, Piotra Rachwała i Volodymyra Bulyka oraz Moniki Ryszki, Jakuba Kołpy i Jana Koniorczyka





Kadry z Chełmna Wystawa prac studenckich

ANNA BARAŃSKA

23 marca — 14 kwietnia 2026 r.

Wystawa złożona z prac studentów pierwszego roku kierunku architektura i architektura krajobrazu na Politechnice Krakowskiej, wykonanych w Chełmnie podczas Ogólnopolskich Warsztatów Plenerowych Studentów Architektury w latach 2023, 2024 oraz w ubiegłym roku, podczas Międzynarodowych Warsztatów Plenerowych Studentów Architektury im. Piotra Gawłowskiego.

Od 19 lat studenci Wydziału Architektury, po ukończeniu pierwszego roku kształcenia, uczestniczą w warsztatach organizowanych przez miasto Chełmno. Są to jedyne tego typu warsztaty dla studentów architektury w Europie.



Prace wykonały:
Anna Górna,
Iga Dobosz,
Weronika Borek

Mają na celu promowanie młodych talentów, idei malowania i rysowania w plenerze oraz miasta Chełmna — perły gotyku ceglanego, średniowiecznego miasta wzorca. W ciągu ostatnich lat opiekę merytoryczną nad studentami sprawuje prof. arch. Marcin Barański.

Na wystawie nie pokazano najlepszych prac, ponieważ zostały one oddane na konkurs organizowany w Urzędzie Miasta Chełmno lub zakupione przez mieszkańców i turystów podczas wystawy w Bramie Grudziądzkiej, jednak wystawa prezentuje wysoki poziom oraz różnorodne i autentyczne spojrzenie na miasto i jego okolice.

Rysunek plenerowy jest istotnym elementem nauki dla przyszłego architekta. Rysując z natury, studenci uczestniczą w procesie poznawania przestrzeni. Uczą się obserwacji, patrzenia na światło, materię, rytm i skalę architektury. Plener zmusza ich do wyboru ujęcia, porządkowania, eliminowania, uwypuklania istotnych cech. Wyzwala kreatywność. Często studenci są bardziej swobodni twórczo, nieograniczeni schematami, bardziej spontaniczni. Ich prace są bardzo zróżnicowane, przedstawiają Chełmno w różnych stylach, od surrealistycznej — z fruwającą filiżanką kawy, po widok miasta w stylu *quattrocento*. Wystawa zawiera zarówno wypracowane, bardzo tradycyjne rysunki, jak również szybkie szkice, zrobione za pomocą szpachli i pisaka lub kolaże w stylu pop-artu w szesnastu wersjach kolorystycznych.

Uczestnicy wystawy: Weronika Borek, Bartosz Czop, Iga Dobosz, Anna Górna, Oliwia Piotrowska, Oliwia Walczak, Małgorzata Jach, Szymon Zawadziński, Wiktoria Bagińska, Anastasiia Ivanushkina, Barbara Madej, Maryla Płaza, Vladysława Ruda, Mariia Rokhmaniiko, Miłosz Surmacz, Maciej Śmigielski, Olga Tomasik.

Mgr inż. arch. Anna Barańska jest asystentem w Katedrze Rysunku, Malarstwa i Rzeźby Politechniki Krakowskiej.



Beskidzka wiosna

Objęła całe Karpaty:
Kwiaty, kwiaty, kwiaty, kwiaty!
W Sądeckim już kwitną śliwy,
Śliwowicy przedsmak żywy.
Beskid Niski i Wyspowy —
Czy przyszloby ci do głowy,
Że też Żywiecki i Śląski,
Ale jednak są wyjątki.
Bo w Wysokim jeszcze zima,
Także w Górcach wiosny „ni ma”.
I Tatry się wciąż bielą lśnią,
Chociaż ten miesiąc kwietniem zwa.
W Tatrach, choć to nie w zwyczaju,
Poszusujesz jeszcze w maju.
W Bieszczadach też przyszła wcześniej:
Ałyczne, dzikie czereśnie
Całe bielą się pokryły,
Bo Tatrom pozazdrościły.



Fotoreportaż Jana Zycha



W przerwie koncertu „Muzyka z ekranu: między światami” (wystąpił w nim także Chór PK „Cantata”, o czym napiszemy w kolejnym numerze) uczestnicy podziwiali wspaniałe instrumenty Zespołu Państwowych Szkół Muzycznych im. Mieczysława Karłowicza w Krakowie. Na zdjęciu: Jacek Kasz, dyrektor Centrum Transferu Technologii PK, były muzyk jazzowy.

