



# BIULETYN

## TECHNICZNO-INFORMACYJNY

Oddziału Łódzkiego Stowarzyszenia Elektryków Polskich

Nr 1/2022 (93)

ISSN 2082-7377

Marzec 2022



Ultraszybki próżniowy wyłącznik prądu stałego typu AFB-25 (foto. J. Gałęski)

O podstacji trakcyjnej „Łąkowa” w Zgierzu piszemy na stronie 7.



Zarząd Oddziału Łódzkiego  
Stowarzyszenia Elektryków Polskich  
serdecznie zaprasza  
Koleżanki i Kolegów  
na



# PIKNIK

z okazji Międzynarodowego Dnia Elektryka

ustanowionego w rocznicę śmierci (10 czerwca 1836 r.)  
francuskiego uczonego André Marie Ampère'a

który odbędzie się  
na terenie Centrum Szkoleniowo-Konferencyjnego  
Uniwersytetu Łódzkiego przy ul. Rogowskiej 26

**10 czerwca 2022 r.**

godzina 17:00

Zapewniamy miły nastrój i spotkanie koleżeńskie  
przy muzyce i poczęstunku.

*Zapisy oraz opłatę organizacyjną w kwocie 20 zł od osoby przyjmuje  
kol. Anna Grabiszewska w Biurze Oddziału Łódzkiego SEP  
(pl. Komuny Paryskiej 5a, Dom Technika, pok. 404)  
od poniedziałku do piątku w godzinach 8:00 – 16:00 w terminie do 27 maja 2022 r.*

*Uprzejmie informujemy, że zapewniamy dojazd autobusem na miejsce pikniku.  
Odjazd autobusu godz. 16:15 z pl. Komuny Paryskiej 5A.  
Odjazd autobusu z ul. Rogowskiej 24 - godz. 21:00.*

**BIULETYN TECHNICZNO-  
-INFORMACYJNY OŁ SEP**

Wydawca:

**Zarząd  
Oddziału Łódzkiego  
Stowarzyszenia  
Elektryków Polskich**

90-007 Łódź

pl. Komuny Paryskiej 5a,

tel./fax 42-632-90-39, 42-630-94-74

Konto:

Santander Bank Polska SA XV O/Łódź

nr 21 1500 1038 1210 3005 3357 0000

**e-mail: [sep@seplodz.pl](mailto:sep@seplodz.pl)  
[www.seplodz.pl](http://www.seplodz.pl)**

Komitet Redakcyjny:

mgr inż. Andrzej Boroń

dr hab. inż. Andrzej Dębowski, prof. UTP

mgr Anna Grabiszewska – sekretarz

dr inż. Adam Ketner

inż. Katarzyna Kolanek

dr inż. Tomasz Kotlicki

mgr inż. Jacek Kuczkowski

prof. dr hab. inż. Franciszek Mosiński

dr hab. inż. Paweł Rózga, prof. PŁ

– przewodniczący

dr inż. Artur Szczęsny

dr inż. Przemysław Tabaka

dr inż. Józef Wiśniewski

prof. dr hab. inż. Jerzy Zieliński

Redakcja nie ponosi odpowiedzialności za treść ogłoszeń. Zastrzegamy sobie prawo dokonywania zmian redakcyjnych w zgłoszonych do druku artykułach.

Wszystkie artykuły naukowe publikowane w Biuletynie są recenzowane przez członków Komitetu Redakcyjnego.

Redakcja:

Łódź, pl. Komuny Paryskiej 5a, pok. 404

tel. 42-632-90-39, 42-630-94-74

Skład: Alter

tel. 42-652-70-73, 605-725-073

Druk: Drukarnia BiK Marek Bernaciak

95-070 Antoniew, ul. Krucza 21

tel. 42-676-07-78

Nakład: 350 egz.

ISSN 2082-7377

Zarząd Główny SEP przedłużył obecną kadencję o trzy miesiące ze względu na zagrożenie pandemią. Zachowując rygorystyczne sanitarne rozpoczęliśmy kampanię sprawozdawczo-wyborczą. Przez ostatnie dwa lata nasza działalność była ograniczana przez zakazy zgromadzeń spowodowanych walką z pandemią COVID oraz wprowadzeniem pracy zdalnej. Tym bardziej wyrażam uznanie i podziękowanie pracownikom Oddziału Łódzkiego SEP, wykładowcom, komisjom kwalifikacyjnym, rzeczoznawcom, komisji rewizyjnej, sądowi koleżeńskiemu oraz członkom Prezydium i Zarządowi za ich zaangażowanie w pracę na rzecz naszego Oddziału. Możliwe do zrealizowania cele założone w planach rocznych zostały wykonane. Spadła liczba szkoleń, ale z drugiej strony odwołanie niektórych imprez przyniosło oszczędności, tak że sytuacja finansowa Oddziału jest dobra.

Dziękuję Prezesom kół oraz aktywnym członkom naszego Oddziału za dokonania w minionej kadencji.

Życzę wybranym nowym władzom sukcesów w pracy społecznej i zawodowej. Rozwoju działalności Oddziału ku zadowoleniu naszych członków, współpracujących organizacji i mieszkańców Łodzi.

Wszystkim delegatom życzę trafnych wyborów i sukcesów w następnej kadencji.

Z wyrazami szacunku

Władysław Szymczyk  
Prezes Oddziału Łódzkiego SEP

SPIS TREŚCI

• <b>Krajowy park elektrowni na ścieżce dekarbonizacji</b> M. Pawlik .....	2
• <b>Nowoczesna kontenerowa podstacja trakcyjna „ŁĄKOWA” w Zgierzu</b> J. Gałęski .....	7
• <b>Jerzy Nowicki (1952– 2022)</b> .....	11
• <b>Rozstrzygnięcie konkursów na najlepszą pracę dyplomową inżynierską i magisterską na Wydziale Elektrotechniki, Elektroniki, Informatyki i Automatyki PŁ</b> P. Rózga .....	12
• <b>Projekt i konstrukcja regeneratora magnetycznego na bazie materiałów magnetokalorycznych</b> T. Przerzywacz .....	13
• <b>Automatyzacja sterowania warunkami klimatycznymi w tunelu foliowym</b> M. Nogański .....	13
• <b>Zastosowanie kontrolera PLC do sterowania procesem szycia i mocowania pasów bezpieczeństwa</b> A. Gontarek .....	16
• <b>Akwizycja i analiza obrazów w czasie rzeczywistym z wykorzystaniem GPU na potrzeby eksperymentów fuzji termojądrowej</b> B. Jabłoński .....	17
• <b>Opracowanie i badania algorytmu predykcji zużycia energii dla robotów mobilnych</b> K. Góra .....	19
• <b>Klementyna w Zgierskim Zespole Szkół Ponadpodstawowych</b> L. Drygalska, J. Markiewicz .....	20
• <b>EC1 – warto odwiedzać po raz kolejny</b> J. Kuczkowski .....	22
• <b>Spotkanie wigilijne Oddziału Łódzkiego SEP</b> A. Grabiszewska .....	23

# Krajowy park elektrowni na ścieżce dekarbonizacji

prof. dr hab. inż. Maciej Pawlik  
Instytut Elektroenergetyki Politechniki Łódzkiej

## I. Wprowadzenie

Krajowy park elektrowni jest jednym z większych w Europie. Produkcja energii elektrycznej w 2020 r., według danych Polskich Sieci Elektroenergetycznych (PSE S.A.), wyniosła nieco ponad 152 TWh, w tym ok. 109 TWh, tj. 72% w elektrowniach opalanych węglem. Niestety, stopień dekapitalizacji majątku wytwórczego krajowej elektroenergetyki jest bardzo duży. Najmłodszy z bloków klasy 370 MW w Elektrowni Opolo ma wprawdzie tylko 23 lata, ale pierwsze bloki Elektrowni Bełchatów pracują już ponad 38 lat. Zdecydowana większość bloków klasy 200 MW ma ponad 40 lat. Stan ten jest konsekwencją wieloletniego (na przełomie wieków) zastoju w budowie nowych mocy wytwórczych. Oddane do eksploatacji w latach 2008÷2011 (po wspomnianym zastoju) trzy wielkoskalowe bloki na parametry nadkrytyczne w Elektrowniach: Pątnów, Łagisza i Bełchatów, uruchomione w latach 2017÷2021 nowe bloki nadkrytyczne w Kozienicach, Opolu, Turowie i Jaworznie (ten ostatni przesunięty na 2022 rok), a także utrzymanie w eksploatacji możliwie dużej części istniejących bloków podkrytycznych klasy 200 MW oraz klasy 370 MW gwarantują (wg prognozy PSE S.A. [5]) w perspektywie najbliższych lat bezpieczeństwo elektroenergetyczne kraju. W tabeli 1. zestawiono dyspozycyjne moce i szacowaną produkcję energii elektrycznej wszystkich krajowych bloków nadkrytycznych w 2040 r. W warunkach polskich nowe, wielkoskalowe bloki nadkrytyczne powinny być przede wszystkim przeznaczone do pracy podstawowej, gwarantującej najwyższą sprawność i znaczne ograniczenie emisji CO<sub>2</sub> oraz innych zanieczyszczeń.

**Tabela 1. Wiek, moce i szacowana produkcja energii w krajowych blokach węglowych na parametry nadkrytyczne w 2040 r.**

L.p.	Elektrownia	Wiek (lat)	Moc (MW)	Szacowana prod.(TWh)
1.	Pątnów II	32	470	3,1
2.	Łagisza II	31	460	3,0
3.	Bełchatów II	29	858	5,5
4.	Kozienice II	23	1075	6,8
5.	Opole bl. 5	21	900	5,8
6.	Opole bl. 6	21	900	5,8
7.	Jaworzno III	28	910	5,9
8.	Turow II	19	490	3,2
9.	Razem bloki nadkrytyczne		7063	39,1

Ponieważ kolejne nowe bloki węglowe zapewne już nie powstaną, to część infrastruktury obejmującej bloki podkrytyczne klasy 200 MW i 370 MW powinna być produkcyjnie sprawna jeszcze przez 15÷20 lat. Bloki klasy 200 MW stanowią ciągle dużą część Krajowego Systemu Elektroenergetycznego (KSE), w tym także źródeł o statusie JWCD bezpośrednio zarządzanych przez operatora. Ich atrakcyjność polega nie tylko na tym, że zajmują znaczące miejsce na rynkach mocy i energii, ale także dlatego, że nadają się dobrze do stabilizacji KSE zarówno przez ich liczbę (jeszcze blisko 40 jednostek), jak również przez techniczne predyspozycje, które nadal można poprawiać [7].

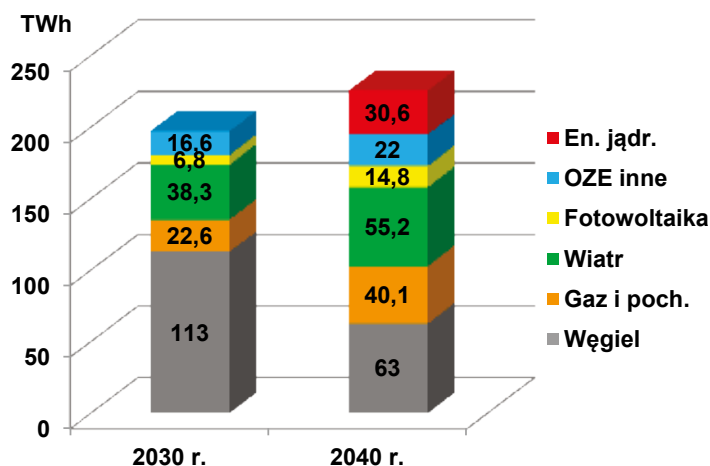
Rewitalizacja i utrzymanie w dalszej eksploatacji dużej części tych bloków są istotne dla zapewnienia bilansu mocy w systemie i są szansą krajowej energetyki na wyhamowanie jej degradacji. Realizowany przez NCBR przy współpracy m.in. z Rafako i ProNovum Program „Bloki 200+” ma na celu opracowanie technologii modernizacji bloków klasy 200 MW dla wydłużenia ich pracy w warunkach głębokiej regulacji i częstych uruchomień, przy zachowaniu możliwie niskich nakładów na utrzymanie ich stanu technicznego. Dzięki zwiększeniu elastyczności pracy, bloki te będą mogły skutecznie stabilizować system elektroenergetyczny, w którym coraz większy udział mają niestabilne odnawialne źródła energii (OZE).

Dla zapewnienia jednak bezpieczeństwa dostaw energii dla gospodarki w dłuższej perspektywie, konieczna jest głębsza transformacja krajowej energetyki w sektorze wytwórczym, obejmująca dywersyfikację struktury paliwowej oraz istotne zwiększenie udziału odnawialnych źródeł energii.

## II. Polityka energetyczna

Rada Ministrów zatwierdziła w lutym 2021 roku zaktualizowaną „Politykę Energetyczną Polski do 2040 r.” (PEP2040) [1], która nie różni się znacząco od poprzedniej wersji. Minister Aktywów Państwowych 30 grudnia 2019 r. przekazał do Komisji Europejskiej „Krajowy plan na rzecz energii i klimatu na lata 2021–2030” [3], wypełniając tym samym obowiązek nałożony na Polskę przepisami rozporządzenia Parlamentu Europejskiego i Rady. Plan ten wyznacza krajowe cele klimatyczno-energetyczne w nadchodzących latach, m.in. 56-procentowy udział węgla w wytwarzaniu energii elektrycznej w 2030 r., 23-procentowy udział odnawialnych źródeł energii (OZE) w finalnym zużyciu energii brutto w 2030 r. oraz ograniczenie emisji CO<sub>2</sub> o 30% w 2030 r. (w stosunku do 1990 r.). Prognozowana struktura paliwowa produkcji energii elektrycznej w Polsce w latach 2030 i 2040 według załącznika 2 do PEP2040 przedstawiona jest na rys. 1. [2].

Na ile te założenia są realne i czy jest możliwe szybsze odchodzenie od węgla, bowiem nowe kopalnie u nas nie powstają, a te które obecnie funkcjonują, za ok. 30 lat zakończą swój żywot. Analizę przeprowadzono przede wszystkim w horyzoncie do 2030 roku. Ocena realizacji PEP2040



Rys. 1. Prognoza produkcji energii elektrycznej, wg PEP2040 [2]

w czwartej dekadzie tego wieku może być obarczona dużym błędem, bowiem po wielu latach dyskusji nie doszło do rozstrzygnięć i nadal nie wiemy, czy będziemy budować elektrownie jądrowe, czy postawimy na gaz i OZE. Jest wprawdzie projekt, który zakłada wybudowanie dwóch elektrowni jądrowych, ale wciąż jest to tylko projekt nie zatwierdzony oficjalną decyzją rządu.

W tych warunkach jedynym możliwym scenariuszem odchodzenia od węgla na drodze do „neutralności klimatycznej” w nadchodzących latach jest scenariusz „Gaz + OZE”. Scenariusz „Jądrowy” może być brany pod uwagę dopiero w połowie lat 30.

### III. Dywersyfikacja struktury paliwowej

Najszybsza droga ograniczania udziału węgla w krajowej produkcji energii elektrycznej i jednocześnie redukcji emisji CO<sub>2</sub> z konwencjonalnych elektrowni wiedzie dziś poprzez zastępowanie węgla gazem. Emisja CO<sub>2</sub> w prostych układach gazowych wynosi ok. 550 kg/MWh, zaś w kombinowanych układach gazowo-parowych tylko ok. 330 kg/MWh. Relatywnie niski koszt inwestycyjny oraz krótki czas budowy stwarza także mniejsze ryzyko dla inwestora i pozwala stosunkowo szybko wypełnić lukę wynikającą z długotrwałości procesu budowy wielkoskalowych źródeł węglowych, a tym bardziej jądrowych. Istotną zaletą jest także najwyższa spośród elektrowni spalających paliwa organiczne sprawność (do 60% przy wytwarzaniu tylko energii elektrycznej oraz ok. 90% w kogeneracji). Ponadto elektrownie gazowe zdolne są pokryć zapotrzebowanie zarówno w podstawie wykresu obciążenia, jak i w strefie szczytowej, a szybkość reakcji w czasie rzeczywistym czyni je też dobrym partnerem dla niestabilnych źródeł wiatrowych.

Po oddaniu do eksploatacji w roku 2020 bloku gazowo-parowego w EC Stalowa Wola (450 MWe) i w październiku 2021 roku bloku gazowo-parowego EC Żerań (500 MWe), moc zainstalowana w elektrowniach i elektrociepłowniach opalanych gazem na koniec 2021 roku osiągnie poziom ok. 3800 MWe. Udział gazu w strukturze paliwowej produkcji energii elektrycznej KSE wzrósł w latach 2017÷2020 z 4,3% do 9,14%, ale w Unii Europejskiej jest on na poziomie ok. 20%.

W końcu 2021 roku konsorcjum General Electric i Polimeks-Mostostal rozpoczęło na zlecenie Polskiej Grupy Energetycznej (PGE GiEK) budowę dwóch bloków gazowo-parowych (CCGT) o mocy po 700 MWe w Elektrowni Dolna Odra, które przeszły już z powodzeniem certyfikację ogólną i uzyskały 17-letni kontrakt w aukcji głównej rynku mocy. Będą

to pierwsze bloki gazowo-parowe pracujące w trybie kondensacyjnym w Polsce produkujące wyłącznie prąd, dotychczasowe, jak wiadomo, pracują w kogeneracji. Ich uruchomienie przewiduje się w 2023 roku.

W sierpniu 2021 roku Elektrownia Rybnik z grupy PGE GiEK wyłączyła dwa bloki węglowe klasy 200 MW, które przepracowały po 300 tys. godzin i ogłosiła, że nowe źródło będzie blokiem gazowo-parowym o mocy ok. 800 MWe, który ma być uruchomiony do 2027 roku.

PGE analizuje także mniejsze projekty zasilane gazem o łącznej mocy do 1000 MWe. Zamierza budować gazowe elektrociepłownie, które skorzystają z uchwalonej w zeszłym roku ustawy o wsparciu kogeneracji. Największa, o mocy 170 MWe, powstaje w EC Czechnica pod Wrocławiem (15.10.2021 r. wmurowano kamień węgielny pod jej budowę), nieco mniejsze powstaną w Bydgoszczy (50 MWe) i Zielonej Górze (30 MWe), a całkiem małe w Kielcach i Zgierzu. Rozważane są także inwestycje w gazowe elektrociepłownie w Gdańsku, Gdyni, Wrocławiu, Krakowie i Rzeszowie. Wszędzie tam mogłyby zastąpić stare jednostki węglowe. Prezes zarządu PGE Energia Ciepła zapowiada, że do 2030 r. spółka planuje budowę 1000 MW mocy w kogeneracyjnych źródłach gazowych. PKN Orlen i Energa, należąca do Grupy Orlen, zawarły we wrześniu 2021 roku porozumienie w sprawie finansowania budowy elektrowni gazowo-parowej o mocy 600 MWe w Grudziądzu. Elektrownia ta ma już dłuższą historię, ponieważ Energa już w marcu 2019 roku ogłosiła przetarg na budowę bloku gazowo-parowego w Grudziądzu o mocy 450÷750 MWe wraz z infrastrukturą pomocniczą oraz towarzyszącą. Podobnie jak bloki w Dolnej Odrze, będzie to blok do pracy w trybie kondensacyjnym. Projekt elektrowni CCGT Grudziądz jest na zaawansowanym etapie rozwoju, inwestor posiada wszelkie zgody administracyjne, w tym pozwolenie na budowę. Oddanie bloku do eksploatacji jest planowane na rok 2025.

PKN Orlen zainwestuje też ok. 2,5 mld zł w budowę bloku gazowo-parowego CCGT o mocy 745 MWe w Ostrołęce, w miejsce zaniechanej budowy bloku węglowego klasy 1000 MW i z wykorzystaniem części jego infrastruktury. Budowa tego bloku może ruszyć już na początku 2022 roku, a oddanie do użytku planowane jest na 2025. Nowym partnerem w realizacji tej inwestycji zostało PGNiG. Rok później mógłby ruszyć blok gazowo-parowy klasy 450 MWe w Gdańsku, bowiem PKN Orlen wspólnie z Energa oraz Grupą Lotos podpisał w listopadzie 2020 roku list intencyjny dotyczący potencjalnej realizacji tej inwestycji.

W Elektrowni Kozienice, należącej do Grupy Enea, węglowe bloki klasy 200 MW, które mają być odstawione w latach 2025÷2027, będą zastąpione źródłami gazowymi. Prezes zarządu Enei mówi o mocy 2,1÷2,2 GW, w zależności od tego, czy będą to trzy bloki o mocy 700 MWe, czy dwa o mocy 1100 MWe.

W maju 2021 roku prezes Grupy Tauron informował, że grupa chce zbudować 3÷4 GW mocy zainstalowanej w energetyce gazowej do 2030 r. W pierwszej kolejności rozważa powrót do sygnalizowanego wcześniej projektu bloku gazowo-parowego klasy 450 MWe w Elektrowni Łągisza. Jako dalsze lokalizacje koncern wskazał Łągiszę, Katowice, Jaworzno, ale także potencjalnie Sierszę, Łaziska i Bielsko-Białą.

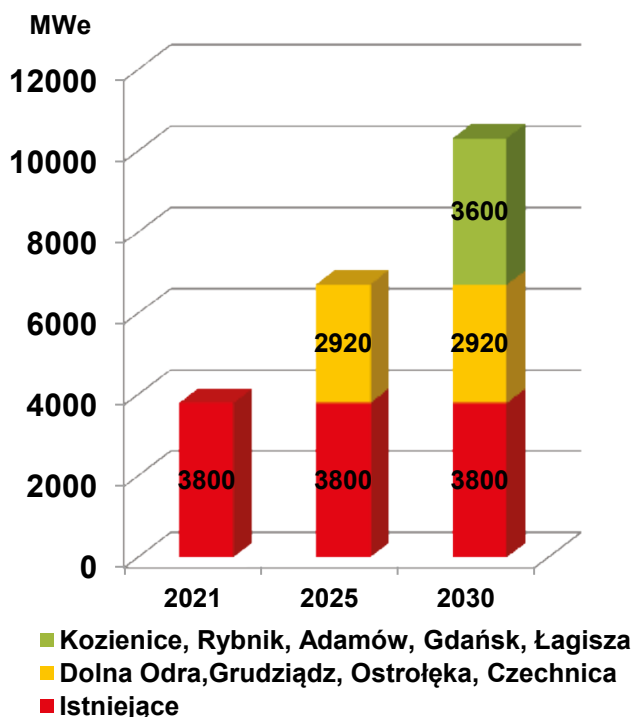
Należy także wspomnieć, że 17 grudnia 2021 r. PAK CCGT, spółka zależna ZE PAK (Zespół Elektrowni Pątnów-Adamów-Konin), w wyniku aukcji rynku mocy na rok dostaw 2026, zawarła umowę na 17 lat dostaw, kontraktując 493 MW obowiązku mocowego dla nowej jednostki, którą będzie blok gazowo-parowy CCGT Adamów.

Do istotnych inwestycji, których realizację planuje PGNiG Termika, należy m.in. blok gazowo-parowy o podobnej mocy, jak zbudowany w EC Żerań, tj. 500 MWe. W planach są także mniejsze instalacje gazowe poza Warszawą. Z kolei Veolia Energia Poznań otrzymała w kwietniu 2021 r. decyzję środowiskową dla budowy bloków gazowych o łącznej mocy 320 MWt i do 200 MWe na terenie elektrociepłowni Karolin. Pierwsze ciepło i energia elektryczna mają być dostarczone do odbiorców w Poznaniu

w sezonie grzewczym 2026/27. Do tego trzeba dodać plany firm prywatnych – analizy w sprawie inwestycji w nowe jednostki kogeneracyjne prowadzą m.in. Synthos i Ciech, które dysponują obecnie starymi jednostkami węglowymi. Wspomnieć też należy, że w styczniu 2020 roku Narodowy Fundusz Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej przyznał wsparcie finansowe m.in. dla 31 projektów wysokosprawnej kogeneracji gazowej małej mocy.

Kilka lat temu informacja, że w Polsce planuje się więcej elektrowni gazowych niż węglowych, byłaby sensacją. Dziś już nie jest, co wynika z kilku przyczyn. Po pierwsze, po rozbudowie terminalu LNG w Świnoujściu i budowie gazociągu Baltic Pipe, gazu ma być więcej i ma być tańszy. Po drugie, coraz większe jest węglowe ryzyko związane z polityką klimatyczno-energetyczną Unii Europejskiej, limitami emisyjnymi i zmianami systemu handlu uprawnieniami do emisji CO<sub>2</sub>. Elektrownie gazowe stają się niezbędnym elementem procesu transformacji polskiej energetyki i powinny zastępować wyłączane bloki węglowe klasy 200 MW do połowy lat trzydziestych.

Sumując realizowane i zamierzone konkretne inwestycje (w przypadku Kozienic uwzględniono uruchomienie do 2030 r. tylko 2 z 3 bloków CCGT, pominięto także inne małe źródła) można oczekiwać, że już w roku 2025 moc zainstalowana w jednostkach opalanych gazem przekroczy 6700 MWe (rys. 2.), osiągając w 2030 roku poziom ok. 10 300 MWe (prognoza PEP 2040 [2] przewiduje zaledwie 6271 MWe). Warto w tym miejscu zwrócić uwagę na wyniki certyfikacji ogólnej do aukcji na rynku mocy, przeprowadzonej przez PSE S.A. w okresie od 3 stycznia do 8 marca 2019 r. W jej wyniku certyfikację w odniesieniu do paliwa gazowego przeszły pomyślnie i zostały wpisane do rejestru jednostki wytwórcze istniejące o mocy osiągalnej 3128,1 MWe oraz jednostki wytwórcze planowane o mocy osiągalnej 5284,1 MWe.



Rys. 2. Przyrost mocy elektrowni gazowo-parowych w Polsce do 2030 r. (obliczenia własne)

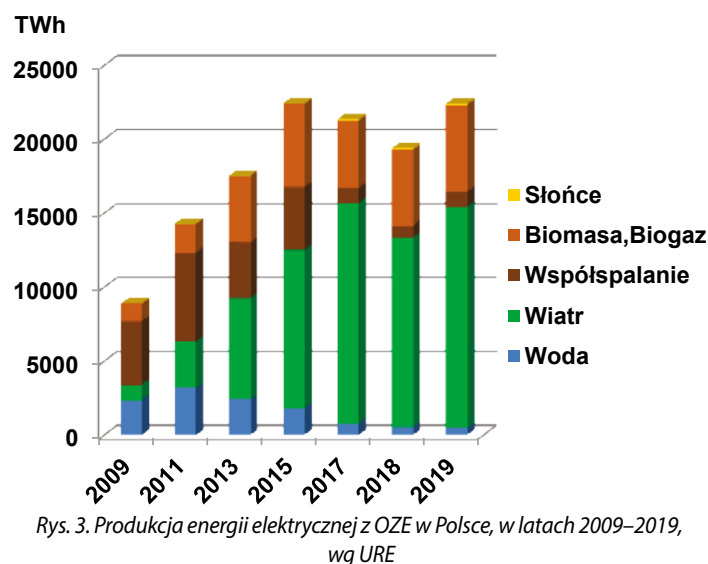
Przyjmując czas wykorzystania elektrycznej mocy zainstalowanej choćby 4000 h/a można oczekiwać rocznej produkcji energii elektrycznej z gazu w 2030 roku na poziomie 41 TWh, tj. ok. 20% udziału w całkowitej produkcji tego roku. W prognozie PEP2040 (rys. 1.) udział ten wynosił 22,6 TWh, czyli ok. 11%.

## IV. Odnawialne źródła energii

Światowy sektor energii jest obecnie świadkiem gwałtownych i szeroko zakrojonych zmian spowodowanych bezprecedensowym rozwojem odnawialnych źródeł energii (OZE). W zeszłym roku zainstalowana moc odnawialnych źródeł energii na całym świecie wzrosła o 168 GW. Jest to szósty rok z rzędu, w którym moc nowych instalacji OZE była większa od tych opartych na źródłach konwencjonalnych, w tym na węglu. Energia odnawialna pełni też kluczową rolę w odpowiedzi na wyzwania klimatyczne, które wymagają pilnych działań.

Polska nie jest w stanie uchronić się przed globalnymi trendami ograniczania emisji CO<sub>2</sub> i rozwoju odnawialnych źródeł energii, tym bardziej, że, niestety, ma jedną z najwyższych w Europie emisji dwutlenku węgla w stosunku do wyprodukowanej energii elektrycznej (na 1 kWh). Stąd konieczność intensywnego rozwoju odnawialnych źródeł energii i zmierzania w kierunku gospodarki niskoemisyjnej tak szybko, jak tylko można. W ramach udziału w realizacji ogólnounijnego celu na 2030 rok Polska deklaruje osiągnięcie 21÷23% udziału OZE w finalnym zużyciu energii brutto, co przekłada się na 27÷29% w odniesieniu do produkcji energii elektrycznej.

Dynamiczny rozwój OZE w Polsce był zauważalny do 2015 roku, niestety, tzw. ustawa odległościowa z regułą 10H spowodowała wyhamowanie tempa, a wręcz obniżenie produkcji energii elektrycznej z OZE (rys. 3.).



Rys. 3. Produkcja energii elektrycznej z OZE w Polsce, w latach 2009–2019, wg URE

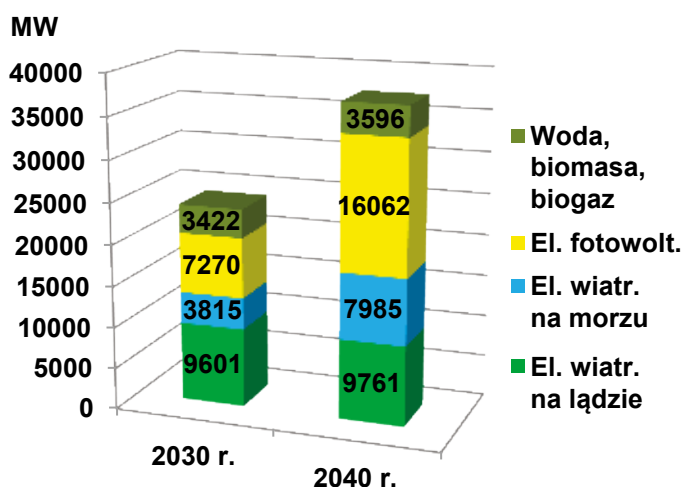
Jeszcze w 2016 r. w kraju podłączono do sieci farmy wiatrowe o mocy 1225 MW, ale w 2017 r. było to już tylko 41 MW, a w 2018 r. – 15,7 MW. Największy udział mocy OZE mają wciąż instalacje wykorzystujące energię wiatru, które w 2019 roku stanowiły 65% mocy ogółem, tj. 5917 MW.

Po trzech latach przestoju pewne ożywienie w inwestycjach OZE nastąpiło w 2020 roku. Wzrost mocy lądowych elektrowni wiatrowych to efekt aukcji w latach 2018÷2020, a następnie realizacji projektów, które powstały przed wejściem w życie tzw. ustawy odległościowej. Dzięki temu moc zainstalowana wiatraków zwiększyła się o kilkaset megawatów, osiągając w sierpniu 2021 roku poziom 7065 MW, z możliwością przekroczenia 10 GW w najbliższych 2÷3 latach. Elektrownie wiatrowe na lądzie to dziś jedno z najtańszych źródeł wytwarzania energii elektrycznej. Wyniki wspomnianych aukcji, przeprowadzonych przez URE w końcu 2018 r., a zwłaszcza od 25 listopada do 13 grudnia 2019 roku, potwierdziły ogólnoeuropejski trend zrównywania cen energii elektrycznej z OZE z ceną energii ze źródeł konwencjonalnych. Wiatr na lądzie okazał się najtańszą technologią OZE, aż 86% wolumenu energii będzie zakupione po cenach

niższych niż te, które aktualnie dominują na hurtowym rynku energii elektrycznej. Jest to kontynuacja trendu obserwowanego od wielu lat i kolejne potwierdzenie, że odnawialne źródła energii mogą śmiało konkurować z elektrowniami konwencjonalnymi bez dodatkowego wsparcia.

Branża energetyki odnawialnej wzywa do jak najszybszego odblokowania potencjału rozwojowego sektora energetyki wiatrowej na lądzie i zniesienia zasady 10H. Zdaniem autorów apelu zniesienie barier umożliwi rozwój energetyki wiatrowej na lądzie do poziomu 22÷24 GW w 2040 r., a wokół sektora może powstać nawet 42 tys. miejsc pracy. Jest pewna nadzieja, gdyż w grudniu 2021 r. projekt liberalizacji ustawy odległościowej przeszedł przez Komisję Wspólną Rządu i Samorządu Terytorialnego w brzmieniu umożliwiającym wykorzystanie istniejących miejscowych planów zagospodarowania przestrzennego, które obejmują elektrownie wiatrowe.

W pierwszej wersji PEP2040 podejście do energetyki wiatrowej było wręcz kuriozalne. Wiatr na lądzie miał być stopniowo kasowany, a istniejące elektrownie wiatrowe (ok. 5,85 GW) miały pracować tylko do końca swoich dni. Niestety, proponowana w nowej wersji PEP2040 z 2 lutego 2021 r. [2] ścieżka rozwoju niewiele zmienia, zakładając stagnację na poziomie ok. 9,5÷9,7 GW (tj. tyle ile będzie w 2022 r. po zakończeniu realizacji projektów, które wygrały wspomniane aukcje) jeszcze przez następne dwie dekady (rys. 4.). Niedoceny potencjału energetyki wiatrowej na lądzie w PEP2040 jest tym bardziej niezrozumiałe, jeśli uwzględnić fakt, że w Polsce działa już blisko 100 przedsiębiorstw pracujących na rzecz energetyki wiatrowej. Mamy także pełny łańcuch wartości dostaw dla energetyki wiatrowej na lądzie, łącznie z fabryką budującą najnowocześniejsze generatory.



Rys. 4. Prognoza mocy osiągalnej OZE, wg PEP2040 [2]

Krajowy potencjał umożliwia instalowanie w kolejnych latach około 500 MW rocznie w elektrowniach wiatrowych na lądzie, co skutkowało by mocą zainstalowaną co najmniej 12 GW w 2030 roku i ok. 17 GW w 2040 r. Dla czasu użytkowania ok. 2200 h/a produkcja energii elektrycznej z wiatru na lądzie może osiągnąć w 2030 roku poziom ok. 26,5 TWh/a. Warto nadmienić, że w Niemczech – kraju o powierzchni tylko ok. 15% większej od terytorium Polski, moc zainstalowana elektrowni wiatrowych na lądzie przekracza 71 GW i Niemcy nie rezygnują z tej technologii.

Modyfikacja „zasady 10H”, przynajmniej w przypadku inwestycji, które są możliwe do realizacji w gminach, gdzie jest zgoda społeczna, pozwoli na wymianę istniejących instalacji na dużo nowocześniejsze turbiny o większej efektywności (poziom wykorzystania mocy ok. 40%) w ramach tzw. repoweringu. Większe turbiny to tańsza energia elektryczna i mniejsza powierzchnia zajmowana przez farmę. Osiągnięcie wspomnianych poziomów mocy stanie się wtedy jak najbardziej realne,

zwłaszcza ze względu na spadek kosztów inwestycyjnych (niewystarczająco uwzględnionych w PEP2040) oraz zwiększenie liczby projektów, które będą się rozwijać w oparciu o rynek energii.

Dalszy, istotny wzrost udziału OZE w krajowym miksie energetycznym rząd wiąże z programem morskiej energetyki wiatrowej. Dotyczy on jednak dopiero okresu po 2025 roku. Opracowany (ze sporym opóźnieniem) projekt ustawy dotyczącej planu zagospodarowania przestrzennego polskich obszarów morskich stwarza możliwości zbudowania morskich farm o mocy 8 GW, chociaż potencjał rozwoju elektrowni wiatrowych offshore na polskiej części Bałtyku szacowany jest nawet do 20 GW.

Projekty budowy farm wiatrowych na morzu w Polsce są na różnych etapach rozwoju. Najbardziej zaawansowane są projekty Polenergii i PGE, a następnie projekt spółki z Grupy PKN Orlen. Kontrolowana przez Dominikę Kulczyk Polenergia dysponuje już prawomocnymi decyzjami środowiskowymi dla swoich trzech farm: Bałtyk I, II i III (tabela 2.) oraz podpisaną umową przyłączeniową, które umożliwiają prowadzenie prac nad projektami technicznymi farm wiatrowych o planowanej łącznej mocy 3000 MW. Wszystkie trzy farmy są spółkami, w których po 50% udziałów mają Polenergia i Equinor (dawniej Statoil).

W lutym 2021 r. PGE Energia Odnawialna i duński Ørsted podpisały umowę o utworzeniu spółki joint venture, w której będą miały po 50 proc. udziałów, a której celem będzie rozwój, budowa i eksploatacja dwóch morskich projektów wiatrowych na Morzu Bałtyckim – Baltica-2 o mocy 1500 MW i Baltica-3 o mocy 1050 MW. Współpraca z firmą Ørsted ma także na celu zbudowanie kompetencji przez PGE Baltica – tak, żeby w kolejnych latach firma sama była w stanie realizować projekty offshore.

PKN Orlen, poprzez swoją spółkę Batic Power, posiada koncesję na morską farmę wiatrową o mocy 1200 MW, warunki przyłączenia do sieci i prowadzi już badania wietrzności. Przy tym projekcie sfinalizowała umowę o partnerstwie z kanadyjską firmą Northland Power. W jej ramach firmy wspólnie będą realizować i eksploatować morską farmę wiatrową Baltic Power. Rozpoczęcie budowy planowane jest na 2023 rok, a zakończenie inwestycji planowane jest na rok 2026. Spółka jest już bowiem czwartym wytwórcą energii elektrycznej w Polsce.

Perspektywa wiatraków na Bałtyku od kilku lat przyciąga potencjalnych inwestorów także z zagranicy. Poza norweskim Equinorem i duńskim Ørstedem, w październiku 2019 niemiecki RWE Renewables ogłosił objęcie czterech bałtyckich projektów – trzech na bardzo wczesnych stadiach rozwoju i jednego bardziej zaawansowanego, firmy BTI (Baltic Trade & Invest) (patrz tabela 2.). W sumie mają mieć potencjał 1,5 GW. Niemiecka firma ma już w offshore aktywa rzędu 2,5 GW i zamierza znacznie przyspieszyć rozwój zakupionych projektów, korzystając z doświadczeń przy budowie farmy Arcona na niemieckich wodach Bałtyku, którą ukończono przed terminem, nie przekraczając budżetu.

Tabela 2. Morskie farmy wiatrowe posiadające warunki przyłączenia lub umowy przyłączeniowe

L.p.	Inwestor	Farma	Moc (MW)
1.	Polenergia + Equinor	Bałtyk I	1560
2.	Polenergia + Equinor	Bałtyk II	720
3.	Polenergia + Equinor	Bałtyk III	720
4.	PGE EO + Ørsted	Baltica -2	1500
5.	PGE EO + Ørsted	Baltica -3	1045
6.	PKN ORLEN + Northland P.	Baltic Power	1200
7.	RWE Renewables	Baltic Trade u. Invest	350
8.	OW Offshore	BC-Wind	369
9.	<b>Ogółem</b>		<b>7464</b>

Podane w tabeli 2. liczby to nie wszystko. Grupa Energetyczna ENEA w aktualizowanej strategii przewiduje, że moc OZE w 2030 roku ma sięgnąć 2,5 GW, w tym, elektrownie wiatrowe na morzu 700 MW. O koncesję na morskie farmy wiatrowe w 2019 roku wystąpiła m.in. grupa Tauron. Polskie farmy wiatrowe będą budowane na morzu w pasie od Ustki do Władysławowa, już poza wodami terytorialnymi, w obszarze polskiej wyłącznej strefy ekonomicznej. Oznacza to, że najbliższe brzegu wiatraki będą oddalone ponad 20 km od niego.

Opublikowana w lutym 2021 r. Ustawa o promowaniu wytwarzania energii elektrycznej w morskich farmach wiatrowych (Ustawa Offshore) przewiduje dwufazowy model wsparcia dla przyspieszenia procesu inwestycyjnego. W pierwszej fazie, w latach 2021÷2022 wsparcie mają otrzymać najbardziej zaawansowane projekty (m.in. posiadające zawartą umowę o przyłączenie). W marcu 2021 roku pięć podmiotów złożyło wnioski o wsparcie swoich projektów morskich farm wiatrowych. Wspólne przedsięwzięcie Polenergii i norweskiego Equinora złożyło wnioski o wsparcie projektów farm Bałtyk II Bałtyk III. Joint venture PGE i duńskiego Ørsted złożyło wnioski o wsparcie dla projektowanych dwóch farm – Baltica-2 i Baltica-3. Spółka PKN Orlen i kanadyjskiego Northland Power ubiega się o wsparcie dla projektu Baltic Power. Koncern RWE złożył wniosek o wsparcie dla projektu BT1, a OW Offshore – spółka firm EDPR i Engie – wnioskuje o wsparcie dla projektu BC-Wind.

W kwietniu i w maju 2021 roku Prezes URE przyznał wspomnianym projektom o łącznej mocy zainstalowanej do 5,9 GW, wsparcie w formie prawa do pokrycia ujemnego salda dla energii elektrycznej wytworzonej i wprowadzonej do sieci. Zgodnie z decyzją ministra klimatu, w procedurze tej cena maksymalna za energię elektryczną z morskiej farmy wiatrowej, będąca podstawą rozliczenia prawa do pokrycia ujemnego salda, wyniesie 319,6 zł za MWh.

W końcu maja 2021 r. Komisja Europejska zatwierdziła polski system wsparcia dla morskich farm wiatrowych, który pozwoli na wybudowanie do 2040 roku morskich farm wiatrowych o mocy do 11 GW odpowiadających za prawie 20 proc. generowanej energii w kraju.

W aktualnym projekcie PEP2040 Ministerstwo przyjmuje, że w roku 2030 będziemy mieć morskie farmy wiatrowe o mocy niespełna 4 GW, a w roku 2040 – ok. 8 GW (rys. 4.) [2], chociaż w pierwszej wersji PEP2040 potencjał ten był szacowany na 10,3 GW. Powyższe informacje o inwestorach oraz zasady wsparcia przewidziane we wspomnianej ustawie wskazują na możliwość istotnego przekroczenia tych prognoz i zainstalowanie co najmniej 5,9 GW do 2030 roku z oczekiwaną produkcją ok. 22,5 TWh/a energii elektrycznej. Moc zainstalowana w 2040 roku powinna przekroczyć wspomniany wyżej poziom ok. 11 GW z możliwością produkcji ok. 39÷41 TWh.

Rynek fotowoltaiki (PV) w Polsce bardzo szybko rośnie i zwiększa tempo rozwoju. Moc instalacji fotowoltaicznych pracujących w polskim systemie elektroenergetycznym w końcu 2018 roku wyniosła 486,5 MW, by na koniec 2021 r. osiągnąć poziom ok. 7000 MW. I nie wynika to wyłącznie z przepisów prawa, motorem napędowym są ceny energii elektrycznej i ceny urządzeń PV. Od pojawienia się pierwszych instalacji solarnych (w 1976 r.) ceny modułów z krystalicznego krzemu spadły z 79 USD/W, do 0,37 USD/W w 2017 roku.

W tej sytuacji jest pewne, że potencjał instalacji słonecznych w Polsce do 2030 r. będzie znacznie wyższy niż prognozowane w PEP 2040 7,27 GW (rys. 4.). Prawie 4 GW dodatkowej mocy powstanie w kilku najbliższych latach w efekcie aukcji OZE i programu „Mój prąd”, a przyrost mocy o ok. 1 GW rocznie jest jak najbardziej realny. Dlatego w 2030 r. Polska może mieć ponad 15 GW mocy w takich instalacjach. Niestety, boom na rynku fotowoltaiki nie przyniesie rozwoju krajowych producentów tego typu instalacji (możliwości produkcyjne polskich dostawców sięgają obecnie

250 MW rocznie) i utracą oni udział w rynku na rzecz globalnych dostawców, głównie z Chin.

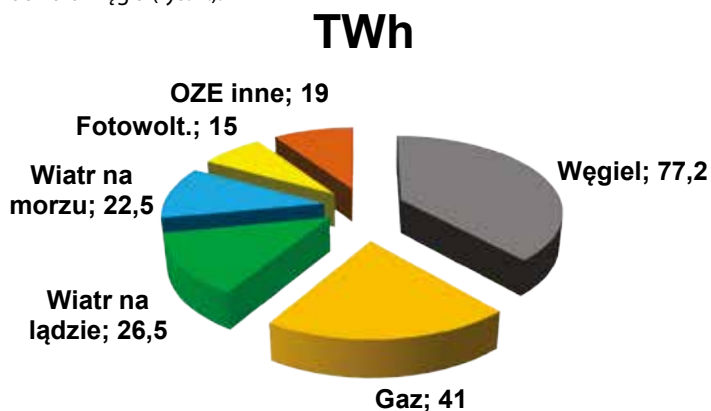
Biomasa, rozumiana jako drewno odpadowe z produkcji leśnej i przemysłu drzewnego, uprawy roślin energetycznych, odpady i pozostałości z przemysłu rolniczego i spożywczego oraz biogaz, przedstawia sobą w warunkach Polski istotny potencjał do wykorzystania w produkcji „zielonej” energii. Niestety, przyjęty w Ministerstwie Gospodarki w 2009 r. program „Innowacyjna Energetyka – Rolnictwo Energetyczne”, zakładający budowę do 2020 roku średnio jednej biogazowni w każdej gminie (w Polsce jest 2489 gmin), jest daleki od wdrożenia, ale realizacja tego programu choćby w połowie, może dać ok. 16÷18 TWh energii elektrycznej z biomasy i biogazu w 2030 roku. Tymczasem z rejestru wytwórców biogazu wynika, że w Polsce znajduje się aktualnie nieco ponad 300 biogazowni, podczas gdy w Niemczech jest ich ok. 9,5 tys. Według szacunków branży Polska ma duży, niewykorzystany potencjał w tej dziedzinie – to 120÷150 mln ton odpadów rocznie do zagospodarowania przez biogazownie. Przekłada się to 12÷15 mld m<sup>3</sup> biogazu, co odpowiada ok. 8 mld m<sup>3</sup> gazu ziemnego.

Potencjał polskiej energetyki wodnej w porównaniu z pozostałymi OZE jest bardzo ograniczony. Poza zakończeniem zabudowy Dolnej Wisły stopniem Nieszawa z elektrownią przepływową o mocy 70 MW, rozwój polskiej hydroenergetyki z konieczności będzie się ograniczał do budowy małych elektrowni wodnych (MEW). Nie wpłynie to jednak w istotnym stopniu na udział hydroenergetyki w krajowym bilansie energii elektrycznej.

Wobec rosnącego udziału w KSE odnawialnych źródeł energii, zwłaszcza elektrowni wiatrowych i fotowoltaicznych, kluczowe dla stabilności systemu będą również magazyny energii, które złagodzą obciążenia sieci elektroenergetycznej w szczytach, gromadząc energię, kiedy następuje jej nadprodukcja.

Zgodnie z ogłoszoną w 2020 roku strategią, Grupa PGE zamierza do 2030 roku wybudować baterijne magazyny energii o mocy co najmniej 800 MW. Analizuje także potrzebę i opłacalność dokończenia przerwanej w 1981 roku budowy elektrowni szczytowo-pompowej Młoty o mocy ok. 750 MW. Ministerstwo Klimatu i Środowiska, NFOŚiGW oraz PGE podejmą wspólne działania na rzecz rozwoju elektrowni szczytowo-pompowych. List intencyjny w tej sprawie podpisano 22 października 2021 r.

Uwzględniając powyższe rozważania odnośnie do produkcji energii elektrycznej z poszczególnych źródeł (poszczególnych technologii), oszacowano możliwą strukturę paliwową (energymix) krajowego parku elektrowni w 2030 roku (rys. 5.). Wskazuje ona na realną możliwość znacznie szybszego odchodzenia od węgla już w dekadzie 2020–2030. Energia wytworzona ze spalania węgla mogłaby spaść do 77,2 TWh, co stanowi 38% udziału w miksie energetycznym 2030 roku. Jest to znacznie mniej niż prognozowany w PEP2040 poziom 113 TWh, stanowiący 56% udziału węgla (rys. 1.).



Rys. 5. Możliwa struktura paliwowa krajowej elektroenergetyki w 2030 roku (obliczenia własne)



Decyduje o tym szybszy przyrost udziału gazu oraz przewidywana kontynuacja i rozwój wytwarzania energii w elektrowniach wiatrowych na lądzie, nie tylko na morzu. Udział OZE w miksie energetycznym w 2030 r. osiągnie poziom ok. 41%, znacznie przekraczając poziom 32% deklarowany w ramach realizacji ogólnoeuropejskiego planu na rok 2030. Pozwoli to na obniżenie jednostkowej emisji CO<sub>2</sub> w sektorze elektrowni do poziomu poniżej 450 kg CO<sub>2</sub> /MWh, który w PEP2040 jest oczekiwany dopiero ok. 2035 roku.

Analiza zmian struktury paliwowej w czwartej dekadzie XXI wieku jest niezwykle trudna. Jak już wspomniano na wstępie, decydujący wpływ będzie mieć to, czy, kiedy i w jakim zakresie pojawi się krajowym systemie elektroenergetycznym energia jądrowa.

## V. Podsumowanie

Starzejący się krajowy park elektrowni wymaga pilnego odtworzenia i dalszego rozwoju. Istotną rolę odegrać tu mogą nie tylko nowe wielkoskalowe bloki energetyczne w zaawansowanej technologii węglowej, ale także większy udział nowoczesnych bloków gazowo-parowych oraz odnawialnych źródeł energii. Dywersyfikacja struktury paliwowej

krajowej elektroenergetyki z uwzględnieniem większego udziału źródeł gazowych, a zwłaszcza odnawialnych źródeł energii, stworzy możliwości znacznie szybszego odchodzenia od węgla oraz istotnego ograniczenia emisji CO<sub>2</sub>. Pozwoli to także wyjść naprzeciw unijnym celom klimatyczno-energetycznym.

## VI. Bibliografia

- [1] Zaktualizowany Projekt Polityki Energetycznej Polski do 2040 r. 2021-02-02.
- [2] Załącznik 2. do PEP 2040: „Wnioski z analiz prognostycznych”, 2021-02-02.
- [3] Ministerstwo Aktywów Państwowych: „Krajowy plan na rzecz energii i klimatu na lata 2021–2030”. Grudzień 2019.
- [4] CIRE.pl: Centrum informacji o Rynku Energii.
- [5] PSE: „Prognoza pokrycia zapotrzebowania szczytowego na moc w latach 2016–2035”. Konstancin-Jeziorna, 20.05.2016 r.
- [6] Pawlik M.: „Krajowy park elektrowni – dylematy inwestycyjne”. Energetyka 2017, nr 12, s. 771–776, ISSN 0013-7294.
- [7] Trzecznyński J., Dobosiewicz J., Stanek R.: „Bezpieczny i dyspozycyjny blok klasy 200 MW”. Energetyka 2019, nr 12, s. 813–821, ISSN 0013-7294.

# Nowoczesna kontenerowa podstacja trakcyjna „ŁĄKOWA” w Zgierzu

Jakub Gałęski  
MPK-Łódź Sp. z o.o.

W dniu 6 grudnia 2021 roku nastąpiło uruchomienie nowoczesnej kontenerowej podstacji trakcyjnej „ŁĄKOWA” w Zgierzu, której przeznaczeniem jest dostawa energii trakcyjnej dla potrzeb zmodernizowanej trasy tramwajowej Łódź – Zgierz.

## Przed modernizacją

Komunikację tramwajową na trasie Łódź – Zgierz uruchomiono 19 stycznia 1901 roku. Jednakże po ponad 117 latach praktycznie nieprzerwanego ruchu tramwajowego, z uwagi na całkowite wyeksploatowanie techniczne infrastruktury torowo-sieciowej, w dniu 4 lutego 2018 r. komunikacja tramwajowa została zawieszona do czasu wykonania kompleksowej modernizacji odcinka Łódź Helenówek – Zgierz plac Kilińskiego.

Od początku eksploatacji trasy tramwajowej do Zgierza zasilanie sieci trakcyjnej na odcinku Łódź Helenówek – Zgierz Proboszczewice

z odnogą linii na plac Kilińskiego odbywało się ze stacji prostownikowej „Helenówek” zlokalizowanej w rejonie ulic: Zgierskiej i obecnej Leopolda Okulickiego.

Pomimo przeprowadzonej kompleksowej modernizacji podstacji „Helenówek” w 2008 roku w ramach realizacji zadania „Łódzki Tramwaj



Rys. 1. Ulica Łąkowa w Zgierzu, niezagospodarowana działka przeznaczona dla projektowanej podstacji trakcyjnej (źródło Google Maps)

Regionalny”, wzrost energochłonności taboru tramwajowego wprowadzonego na przestrzeni lat do eksploatacji linii podmiejskiej do Zgierza, długie odcinki zasilania sieci trakcyjnej oraz zużycie infrastruktury torowosieciowej doprowadziły do problematycznego obniżenia parametrów zasilania sieci trakcyjnej. W praktyce przekładało się to na trudności z utrzymaniem wymaganej wartości napięcia zasilania sieci trakcyjnej, zwłaszcza na końcu sekcji zasilającej oraz trudności z utrzymaniem wartości pętli zwarcia na poziomie gwarantującym poprawną pracę wyłączników szybkich w podstacji trakcyjnej „Helenówek”. Przeprowadzone analizy w zakresie zasilania sieci trakcyjnej odcinka Łódź – Zgierz wykazały jednoznacznie, że rozwiązaniem będzie budowa nowej podstacji trakcyjnej w Zgierzu.

## Kontenerowa podstacja trakcyjna „ŁĄKOWA” w Zgierzu

W 2020 roku konsorcjum firm w składzie: Przedsiębiorstwo Drogowo-Budowlane KEMY Sp. z o.o. – Lider oraz Miejskie Przedsiębiorstwo Komunikacyjne – Łódź Sp. z o.o. – Partner przystąpiło do realizacji całkowicie nowej podstacji trakcyjnej w Zgierzu, w ramach umowy na wykonanie zadania „Przebudowa trasy tramwajowej na odcinku od granicy administracyjnej miasta Łódź (rejon pętli tramwajowej „Helenówek”) do węzła rozjazdowego Kurak (skrzyżowanie ulicy Łódzkiej i 1 Maja)” w ramach

zadania „Poprawa jakości, funkcjonowania i rozwój oferty systemu transportowego na terenie Gminy Miasto Zgierz”, współfinansowanego ze środków Unii Europejskiej z Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego w ramach Zintegrowanych Inwestycji Terytorialnych Regionalnego Programu Operacyjnego Województwa Łódzkiego na lata 2014–2020”.

Dokumentację projektową opracowało biuro projektów CONE AMG Sp. z o.o. z Warszawy. Natomiast podstawę prostownikową dostarczyła firma PLUTON POLSKA Sp. z o.o. z siedzibą w Warszawie jako dwa kompleksowo wyposażone pod względem elektrycznym moduły kontenerowe o konstrukcji ścian z płyt warstwowych i posadowione na uprzednio wykonanych betonowych fundamentach, stanowiących jednocześnie kablownię.

W module kontenerowym nr 1 zabudowano jednoosekcyjną rozdzielnicę średniego napięcia RSN 15 kV oraz dwa transformatory prostownikowe i transformator potrzeb własnych. W module nr 2 zabudowano rozdzielnicę prądu stałego RPS 660V DC w wykonaniu całkowicie przysięciennym, wyposażoną w pole zasilaczy trakcyjnych, dwa prostowniki trakcyjne, szafę kabli powrotnych, zabezpieczenie ziemnozwarciowe, rozdzielnicę niskiego napięcia Rnn oraz szafę obiektową dla potrzeb telemechaniki.



Rys. 2–3. Ulica Łąkowa w Zgierzu, transport oraz rozładunek kontenerowego modułu podstacji trakcyjnej „Łąkowa” (foto autor)



Rys. 4–5. Ulica Łąkowa w Zgierzu, podstacja trakcyjna „Łąkowa” wykonana w dwóch modułach kontenerowych (foto autor)

Do rozdzielnicy RSN doprowadzono podstawową abonencką linię kablową 15 kV łączącą podstację z siecią energetyki zawodowej PGE.



Rys. 6. Rozdzielnica RSN część odbiorcza (foto Gleb Shargay)



Rys. 8. Rozdzielnica RPS (foto Gleb Shargay)



Rys. 7. Rozdzielnica RSN część zdawcza (foto Gleb Shargay)



Rys. 9. Wyszynny prostownik typ V-TPED-1,2k (foto autor)

W rozdzielnicy RSN przewidziano, w przypadku dobudowy rezerwowej abonenckiej linii kablowej 15 kV, układ automatyki samoczynnego załączenia rezerwy SZR.

Podstawowe aparaty łączeniowe w rozdzielnicy RSN stanowią wyłączniki próżniowe typ e2Bravo zamontowane na elektrycznych wózkach wysuwanych zintegrowane z automatyką zabezpieczeniową opartą na sterowniku e-tango 800.

Zespoły prostownikowe składają się z transformatora prostownikowego w wykonaniu suchym żywicznym typu TESAR TRX 1200 oraz prostownika trakcyjnego typ V-TPED-1,2k. Zasadniczą zmianę w stosunku do dotychczas stosowanych rozwiązań w Polsce stanowią dwa wysuwne prostowniki typu V-TPED-1,2k o mocy jednostkowej 800 kW, które zostały zabudowane w rozdzielnicy prądu stałego RPS i wyposażone w indywidualny mikroprocesorowy sterownik do kontroli i sygnalizacji stanu poszczególnych diod w prostowniku.



Rys. 10. Elektroniczne zabezpieczenie ziemno-zwarciove EZZ-2 (foto autor)



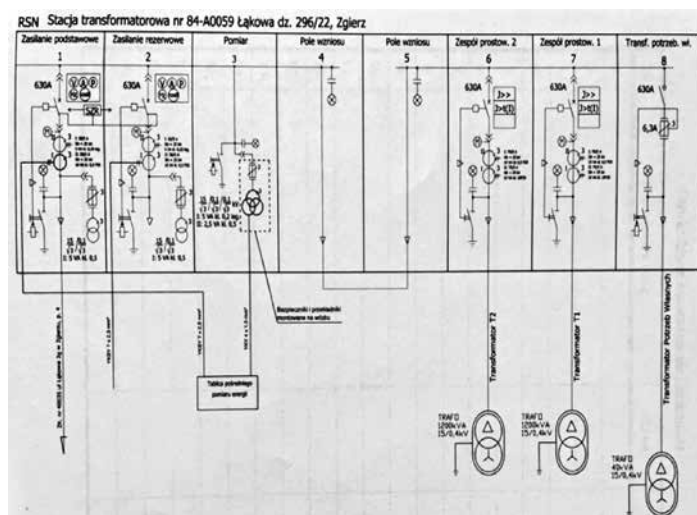
Rys. 11. Centralka pożarowo-włamaniowa (foto autor)



Rys. 12. Wizualizacja SCADA systemu telemechaniki podstacji trakcyjnej „ŁĄKOWA” (foto autor)

Kolejną innowacją na polskim rynku energetyki trakcji tramwajowej, oprócz wyżej opisanych prostowników, stanowi również rozdzielnica prądu stałego RPS, w której pola zasilaczy trakcyjnych zostały wyposażone w ultraszybkie próżniowe wyłączniki prądu stałego AFB-25, w których komorę łączeniową stanowi próżnia, podobnie jak w zastosowanych wyłącznikach średniego napięcia. Wyłączniki AFB-25 są również całkowicie elektrycznie wysuwne i wyposażone w indywidualny mikroprocesorowy sterownik, którego funkcję dodatkowo kontroluje sterownik nadrzędny typu SMTN-3, pełniący rolę cyfrowego zespołu zabezpieczeń sieci trakcyjnej z zabezpieczeniami progowymi oraz zabezpieczeniami różniczkowymi di/dt.

Podstację wyposażono ponadto w rozdzielnicę potrzeb własnych siłownię prądu stałego do zasilania obwodów sterowania, automatyki i zabezpieczeń, elektroniczne zabezpieczenia ziemnozwarciowe EZZ-2 służące do wyłączania zwarć doziemnych oraz kontroli obwodów trakcyjnych podstacji i sieci oraz centralkę pożarowo-włamaniową.



Rys. 13 Schemat zasadniczy rozdzielnicy RSN podstacji trakcyjnej „ŁĄKOWA” (źródło dokumentacja projektowa)

W podstacji zastosowano system rozproszonej cyfrowej automatyki zabezpieczeniowej oraz cyfrowy system telemechaniki zdalnej oparty na protokole MODBUS TCP/IP komunikujący podstację trakcyjną „ŁĄKOWA” z Centralną Dyspozytornią Mocy MPK-Łódź Sp. z o.o.

## Podsumowanie

Podstacja trakcyjna „ŁĄKOWA” w Zgierzu została wyposażona w nowoczesne rozwiązania, którymi są: cyfrowa automatyka zabezpieczeniowa typu SMTN-3, wysuwne prostowniki typu V-TPED-1,2k oraz ultraszybkie wyłączniki próżniowe prądu stałego AFB-25. Zastosowane rozwiązania niewątpliwie wpłyną na poprawę niezawodność zasilania sieci trakcyjnej na odcinku Łódź Helenówek – Zgierz plac Kilińskiego, a w dalszej perspektywie również na niezawodność zasilania odcinka Zgierz Proboszczowice, co niewątpliwie ma szczególne znaczenie dla nowoczesnego taboru tramwajowego.

Ponadto należy podkreślić, że przeprowadzona w latach 2020–2021 próbna przedeksplotacja dozorowa ultraszybkiego wyłącznika prądu stałego AFB-25 na niemodernizowanej podstacji trakcyjnej w Łodzi wykazała, że oprócz niewątpliwiej zalety, jaką jest brak tradycyjnej komory gaszeniowej, wyposażenie nowej podstacji trakcyjnej „ŁĄKOWA” w ultraszybki próżniowy wyłącznik prądu stałego AFB-25 charakteryzujący się brakiem emisji gazów towarzyszących przy powstawaniu łuku elektrycznego łączeniowego (jak ma to miejsce przy zastosowaniu tradycyjnego wyłącznika magnetowydmuchowego), pozwoli również wypełnić dyrektywę Unii Europejskiej w zakresie neutralności emisyjności gazów.

# Jerzy Nowicki (1952–2022)



Stowarzyszenie Elektryków Polskich Oddział Łódzki żegna mgr inż. elektryka Jerzego Nowickiego, od 1979 roku członka naszego stowarzyszenia. Jerzy Nowicki w latach 1979–1990 był przewodniczącym Koła Zakładowego SEP w Przedsiębiorstwie Robót Instalacyjnych w Łodzi przy ul. Strzelczyka 21. W Oddziale Łódzkim SEP zajmował wiodące stanowiska:

był członkiem Zarządu w kadencji 2018–2022, wiceprezesem Koła Terenowego Nr 1, członkiem Kolegium Sekcji Instalacji i Urządzeń Elektrycznych.

W branży elektrycznej, w ramach swojego Przedsiębiorstwa Handlowo-Produkcyjnego „NAJ – Roboty i Pomiary Elektroenergetyczne”, wykonywał prace w zakresie instalacji elektroenergetycznych, często według projektów kolegów z SEP-u, był stałym współpracownikiem PGE Dystrybucja S.A. w Łodzi.

Jerzy Nowicki był także członkiem Łódzkiej Okręgowej Izby Inżynierów Budownictwa od momentu jej powstania. Dziękujemy Ci Jurku za przygotowywanie referatów na seminaria, a także za przekazywanie na naszych zebraniach Koła Terenowego Nr 1 i Kolegium Sekcji Instalacji i Urządzeń Elektrycznych cennych spostrzeżeń, rad i rozwiązań problemów odnośnie do wykonawstwa oraz projektowania linii napowietrznych i kablowych nN, ŚN, a także instalacji elektroenergetycznych, uczestnictwo w targach dla elektryków, wyjazdach technicznych krajowych i zagranicznych.

Za wielkie zaangażowanie w pracy społecznej Oddziału Łódzkiego SEP oraz za wykonanie instalacji elektroenergetycznych wielu priorytetowych inwestycji, Jerzy Nowicki odznaczony został między innymi Srebrną i Złotą Odznaką Honorową SEP, Srebrną i Złotą Odznaką Honorową NOT. Odszedł od nas Kolega zawsze szanowany, lubiany i doceniany w swojej fachowości. Jurku, odszedłeś od nas za wcześniej, byłeś bardzo aktywny w działalności społecznej i w sprawach zawodowych, stawiałeś przed sobą wykonanie jeszcze wielu zadań inwestycyjnych.

Drogi Jurku, nie ma Cię wśród nas, ale nie umarłeś, tylko odszedłeś, bo kochany, uczciwy, prawy człowiek, serdeczny przyjaciel nigdy nie umiera, on żyje wciąż w myślach, słowach i wspomnieniach. Będziemy zawsze pamiętać o naszych spotkaniach, rozmowach, żartach, a fakt, że Ciebie już na nich nie będzie, jest dla nas ogromnie smutnym przeżyciem.

Rodzinie i najbliższym z powodu śmierci naszego Kolegi wyrazi głębokiego współczucia składa Zarząd i przyjaciele z Oddziału Łódzkiego Stowarzyszenia Elektryków Polskich.

Żegnaj Jurku!

# Rozstrzygnięcie konkursów na najlepszą pracę dyplomową inżynierską i magisterską na Wydziale Elektrotechniki, Elektroniki, Informatyki i Automatyki PŁ

Do tradycyjnego konkursu na najlepszą pracę dyplomową inżynierską w roku akademickim 2020/2021, organizowanego przez Zarząd Oddziału Łódzkiego SEP i Wydział Elektrotechniki, Elektroniki, Informatyki i Automatyki Politechniki Łódzkiej zgłoszono 4 prace dyplomowe, a do konkursu na najlepszą pracę dyplomową magisterską zgłoszono 9 prac. Ze względu na pandemię koronawirusa i wiążące się z tym obostrzenia wprowadzone na Politechnice Łódzkiej, konkurs przeprowadzono w trybie wspólnego konkursu dla obu typów prac, z tym że prace oceniane były niezależnie dla obu ich rodzajów.

Komisja Konkursowa obradująca w składzie: dr hab. inż. Paweł Różga, prof. uczelni (przewodniczący), prof. dr hab. inż. Ryszard Pawlak, dr inż.

Mariusz Jabłoński, dr inż. Witold Marańda, dr inż. Jerzy Powierza, dr inż. Tomasz Sobieraj oraz dr inż. Krzysztof Tomalczyk wybrała odpowiednio dwie najlepsze prace ze zgłoszonych do konkursu prac inżynierskich i trzy najlepsze prace ze zgłoszonych prac magisterskich. Przy ocenie prac Komisja brała pod uwagę: nowoczesność tematyki, użyteczność uzyskanych wyników badań, pracochłonność, poprawność językową, stronę graficzną oraz deklarowaną i wykorzystaną w czasie wykonywania pracy literaturę polską i obcojęzyczną.

Po przeprowadzonej analizie i dyskusji Komisja ustaliła podany niżej podział nagród:

## Konkurs na pracę inżynierską

Rodzaj nagrody	Autor	Tytuł	Promotor	Instytut lub Katedra
I nagroda	Tomasz Przerzywacz	Projekt i konstrukcja regeneratora magnetycznego na bazie materiałów magnetokalorycznych	dr inż. Roman Gozdur	Katedra Prządów Półprzewodnikowych i Optoelektronicznych
II nagroda	Michał Nogański	Automatyzacja sterowania warunkami klimatycznymi w tunelu foliowym	dr inż. Tomasz Rybicki	Instytut Automatyki PŁ

## Konkurs na pracę magisterską

Rodzaj nagrody	Autor	Tytuł	Promotor	Instytut lub Katedra
I nagroda	Anna Gontarek	Zastosowanie kontrolera PLC do sterowania procesem szycia i mocowania pasów bezpieczeństwa	dr inż. Tomasz Rybicki	Instytut Automatyki PŁ
II nagroda	Bartłomiej Jabłoński	Akwizycja i analiza obrazów w czasie rzeczywistym z wykorzystaniem GPU na potrzeby eksperymentów fuzji termojądrowej	dr hab. inż. Dariusz Makowski, prof. uczelni	Katedra Mikroelektroniki i Techniki Informatycznych
III nagroda	Krzysztof Góra	Opracowanie i badania algorytmu predykcji zużycia energii dla robotów mobilnych	dr hab. inż. Grzegorz Granosik, prof. uczelni mgr inż. Mateusz Kujawiński	Instytut Automatyki PŁ

Dyplomy i nagrody laureatom konkursu zostały wręczone podczas tradycyjnego spotkania wigilijnego Oddziału Łódzkiego SEP w dniu 17 grudnia 2021 r.

Tradycyjnie zamieszczamy w dalszej części biuletynu streszczenia prac laureatów obu konkursów.

Paweł Różga

# Projekt i konstrukcja regeneratora magnetycznego na bazie materiałów magnetokalorycznych

Tomasz Przerwacz

Praca dyplomowa dotyczy zastosowania efektu magnetokalorycznego w chłodziarkach magnetycznych. Celem pracy było zaprojektowanie, wykonanie i przebadanie właściwości termomagnetycznych regeneratora magnetycznego wykonanego na bazie materiałów ze stopu LaFeMnSiH. Do jego realizacji zastosowano płytki magnetokaloryczne o różnych temperaturach magnetycznych przemian fazowych  $T_{Curie}$ . W pracy przeprowadzono badania efektu magnetokalorycznego materiałów zastosowanych do konstrukcji regeneratora oraz szereg badań różnych konfiguracji sprzężeń cieplnych i magnetycznych.

W wyniku przeprowadzonych badań eksperymentalnych zaobserwowano, że najkorzystniejszy układ sprzężenia elementów regeneratora magnetycznego pozwala uzyskać zmiany temperatury na poziomie 2,5 K przy wymuszeniu polem o wartości 0,9 T. Dla największej temperatury przemiany adiabatycznej oszacowana moc cieplna pochłaniana przez regenerator wynosiła około 1,8 W. Wspomniana zdolność regeneracji jest możliwa w zakresie temperatur czynnika chłodzącego od 298 K do 308 K, który częściowo pokrywa się z typowym zakresem chłodzenia komercyjnego.

Zebrane dane wskazują, że użycie polifazowego złoża rozciąga przydatny zakres działania regeneratora, ale odbywa się to kosztem jego wydajności. W takim układzie uzyskiwana maksymalna efektywna różnica temperatur dla pojedynczego cyklu jest niższa. Materiały w złączu polifazowym, które już nie wykazują efektu magnetokalorycznego, podczas gdzie inne są jeszcze w zakresie jego aktywnego działania, stają się dla siebie wzajemnym obciążeniem cieplnym, co przekłada się na spadek sprawności. Stosowanie układów polifazowych jest jednak uzasadnione,

gdy różnica między przejściami fazowymi kolejnych materiałów jest rzędu kilku Kelwinów, co pozwala na znaczne poszerzenie zakresu działania. W opisywanych przypadkach na charakterystykach przejściowych widać tętnienia temperatur odpowiadające około połowie ich amplitudy. Zmniejszając różnice temperatur pomiędzy magnetycznymi przejściami fazowymi kolejnych modułów magnetokalorycznych można minimalizować tętnienia, co zwiększa wydajność regeneratora. Eksperyment wskazał na duży potencjał używania polifazowych złożów w systemach chłodzenia o szerokiej rozpiętości temperaturowej.

Badania w różnych konfiguracjach układu rdzenia magnetokalorycznego wykazały, że kluczową rolę w zwiększaniu wydajności systemu jest precyzyjne określenie temperatur pracy oraz obciążenia cieplnego. Doboru materiałów o wielu przejściach fazowych należy wykonać tak, aby nie zachodził znaczący spadek efektu magnetokalorycznego pomiędzy kolejnymi modułami regeneratora. Podczas przeprowadzonych badań eksperymentalnych pole wymuszające nie przekraczało wartości 1.0 T, co umożliwiło użycie skonstruowanego regeneratora w urządzeniu, w którym źródłem pola magnetycznego jest dedykowana matryca wykonana z magnesów trwałych.

Podsumowując uzyskane rezultaty, można zaproponować opisywany regenerators do użycia w dalszych pracach nad rozwojem chłodziarki magnetycznej działającej w zakresie temperatur pokojowych. Wartościowym rozwinięciem pracy byłoby zbadanie wpływu zmniejszenia gradientu przejść fazowych pomiędzy materiałami użytymi w złączu polifazowym, a także opracowanie układu pozwalającego na badanie pełnej przemiany adiabatycznej.

*Słowa kluczowe: efekt magnetokaloryczny, chłodzenie magnetyczne, regeneratory magnetyczne*

## Automatyzacja sterowania warunkami klimatycznymi w tunelu foliowym

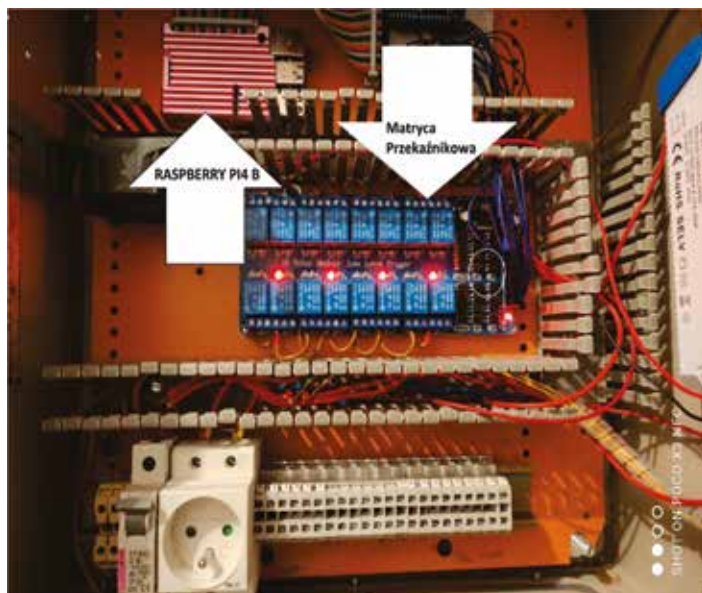
Michał Nogański

Automatyzacja gałęzi rolnictwa oraz upraw wysoko wydajnościowych stała się ostatnimi czasy tematem podejmowanym na forum automatyki. Praca inżynierska była odpowiedzią na potrzebę wprowadzenia sterowania klimatem w obiekcie foliowym, w którym uprawiane są

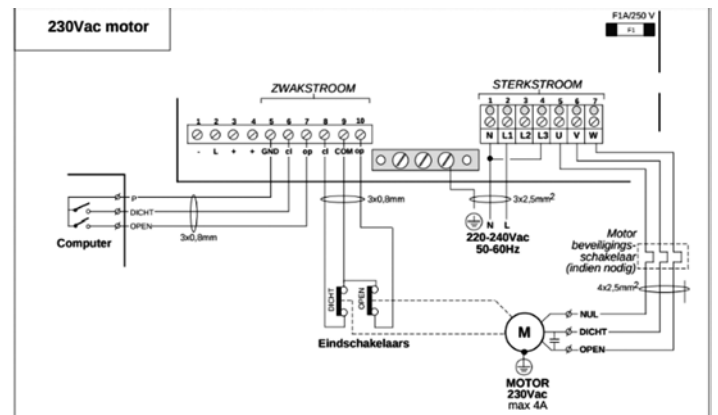
truskawki w podłożu kokosowym. Sterowanie warunkami, w tym przypadku mikroklimatem, warunkuje uzyskanie wysokiej jakości owoców deserowych. Za utrzymanie odpowiednich warunków klimatycznych w obiekcie jest odpowiedzialny uniwersalny



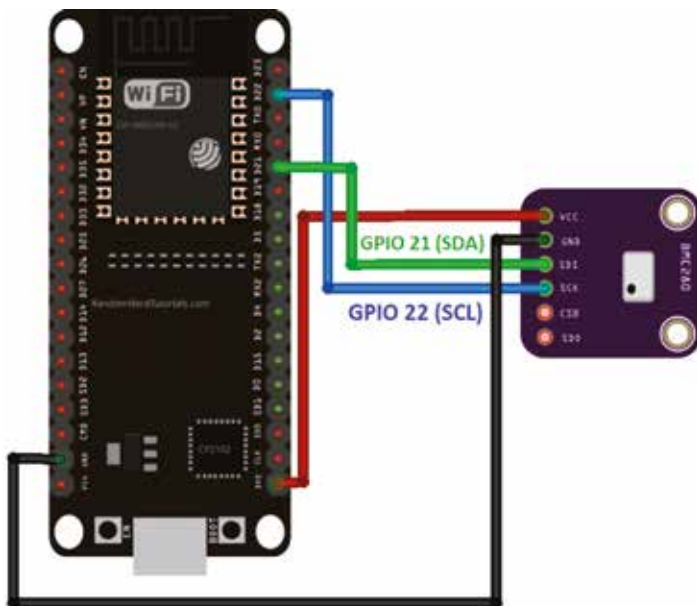
komputer jednopłytkowy Raspberry Pi4B wraz z zespołem rozproszonych czujników temperatury oraz wilgotności BME280, które współpracują z układem ESP32. Komputer centralny komunikuje się z modułami czujnika za pomocą Wi-Fi wykorzystując protokół MQTT.



Za sterowanie otwieranymi ścianami bocznymi obiektu odpowiada matryca przełącznikowa, sterowana komputerem centralnym Raspberry Pi, a za samo zasilanie silników odpowiada moduł Fancom MR-K2, którego schemat pokazano poniżej.



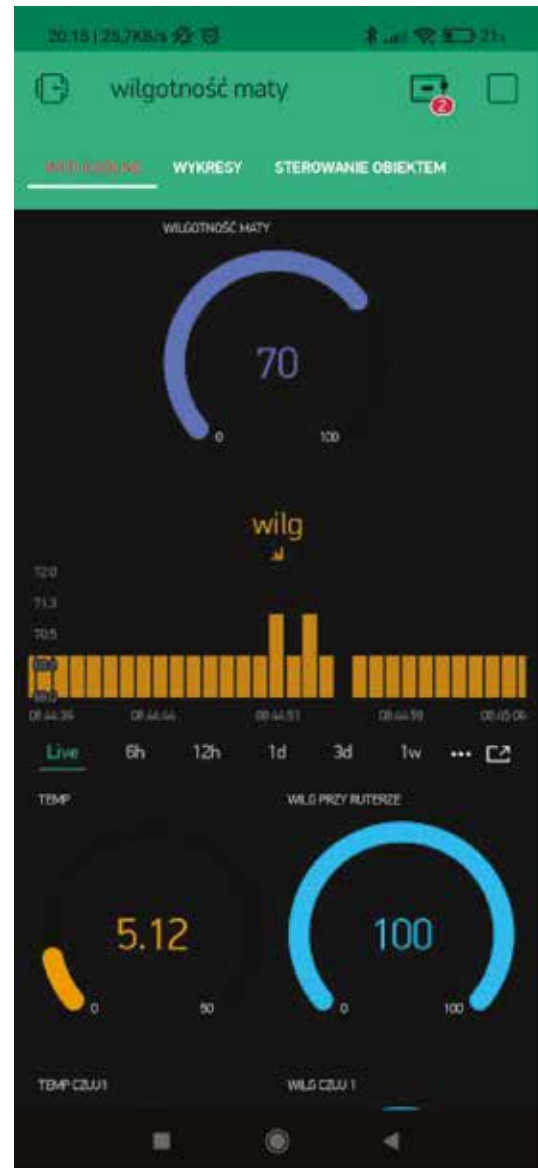
Moduł ten odpowiada za podanie napięcia zasilającego na silnik, który otwiera oraz zamyka ściany obiektu foliowego rolując folię na specjalnym wale. Oprócz sterowania kierunkiem obrotu silnika, moduł zabezpiecza silnik przed podaniem jednoczesnego sygnału do obrotu w obie strony i porty krańcówek, które odpowiadają za wyłączenie silnika w przypadku najechania otwieranej czy zamykanej ściany na wyłącznik krańcowy.





Cały układ pracuje pod nadzorem programu zaimplementowanego w środowisku NODE-RED. Środowisko proste do programowania za pomocą bloków funkcyjnych.

Za pomocą tzn. Nodów można tworzyć węzły sygnałowe, które odpowiadają za analizę dostarczonych przez czujniki danych oraz reakcję na zmieniające się warunki klimatyczne. Prostota oraz ogromne zaplecze bibliotek pozwalają na stworzenie algorytmu, który potrafi wysterować temperaturą oraz wilgotnością powietrza w obiektach o dużych objętościach, w tym konkretnym przypadku jest to obiekt o powierzchni 2500 m<sup>2</sup>.



W automatyce tego rodzaju nie wystarczy tylko automatyczne sterowanie klimatem. W czasach, gdy producent ma coraz mniej czasu, potrzebne jest narzędzie, którym będziemy mogli sterować ręcznie obiektem, odczytywać informację o obiekcie w czasie rzeczywistym. Prototyp komputera klimatycznego został zmodernizowany o wysyłanie oraz odbieranie danych z aplikacji BLYNK, oferującej możliwość stworzenia interfejsu, którym można odczytywać dane z czujników oraz sterować obiektem całkowicie zdalnie.

Jednostki tworzone na podstawie komputerów jednopłytkowych pozwalają na dowolny upgrade programu oraz dodawanie nowych funkcjonalności i, co najważniejsze, wprowadzanie technologii IoT do takich gałęzi przemysłu jak rolnictwo.

W tym przypadku była to uprawa wysokiej jakości truskawek deserych.



# Zastosowanie kontrolera PLC do sterowania procesem szycia i mocowania pasów bezpieczeństwa

Anna Gontarek

## 1. Wstęp

Przemysł motoryzacyjny jest obecnie jednym z najbardziej dynamicznie rozwijających się sektorów w gospodarce światowej. Globalne marki samochodowe mają fabryki produkujące pojazdy oraz poszczególne komponenty rozmieszczone na terenie wielu państw. W Polsce produkowane są części samochodowe do marek takich jak: Volkswagen, Ford, Fiat, Toyota, Volvo czy Mercedes. Produkcja wyrobów odbywa się w ilościach rzędu co najmniej kilku tysięcy sztuk dziennie, co wymusza konieczność budowy automatyzowanych i często również zrobotyzowanych linii produkcyjnych. Ze względu na różnorodność modeli samochodów i wymogów zleńców, maszyny wchodzące w skład linii produkcyjnych powinny być w wielu obszarach konfigurowalne, posiadać system kontroli jakości wykonanych wyrobów, spełniać wymogi bezpieczeństwa oraz być przystosowane do pracy z zewnętrznym systemem dokumentacji.

Pasy bezpieczeństwa są niezbędnym wyposażeniem każdego samochodu. Podczas wypadku pełnią one kluczową rolę w zakresie ochrony zdrowia i życia kierowcy oraz pasażerów. Istotnym urządzeniem zapewniającym poprawne funkcjonowanie pasów jest zwijacz. Zapewnia on odpowiednie napięcie pasa tak, aby przylegał on odpowiednio do ciała, a jednocześnie zapewniał wystarczającą swobodę ruchów kierowcy i pasażerów. To właśnie ten element blokuje rozwinięcie pasa, minimalizując ewentualne powstanie obrażeń pasażerów pojazdu w momencie wypadku.

## 2. Stanowisko przemysłowe

Przedmiotem pracy dyplomowej jest wykonanie oprogramowania do sterowania elementami stanowiska produkcyjnego. Zadanie realizowane na stanowisku polega na precyzyjnym wykonaniu procesu szycia pasa bezpieczeństwa z automatycznie podawanym kołkiem blokującym oraz do montażu tak przygotowanego pasa w mechanizmie zwijacza. Algorytm procesu zaimplementowany został z wykorzystaniem dwóch sterowników PLC (S7-1200 oraz ET-200SP) kontrolera osi i głowicy szyjącej. Interfejs użytkownika został opracowany z użyciem panelu HMI. Za pomocą panelu operator może konfigurować całe stanowisko, wybrać rodzaj zlecenia, obserwować poszczególne stany procesu oraz reagować na komunikaty o konieczności wykonania wymaganych operacji procesowych.



Automat przedstawiony na rysunku pozwala na równoległą realizację dwóch podprocesów. Pierwszy z nich rozpoczyna się od pobrania kołka z podajnika i kontroli jakości tego elementu. Jeżeli komponent spełnia wymogi jakościowe, algorytm generuje sygnał do rozpoczęcia wykonania docelowej operacji, czyli podania kołka i automatycznego zawinięcia wokół niego zakładki z pasa. Po naciśnięciu przez operatora przycisków oburęcznego startu, maszyna szyjąca rozpoczyna proces szycia.

Szycie numeryczne polega na wykonaniu wzoru zawierającego współrzędne poszczególnych wkluczeń igły. Ruch serwonapędów odbywa się w ściśle określonym czasie, precyzyjnie związanym z pozycją wału igielnicy. W pamięci kontrolera osi przechowywane są tabele wzorów szycia, wybierane zgodnie z informacjami zawartymi w recepturze zapisanej w panelu HMI.

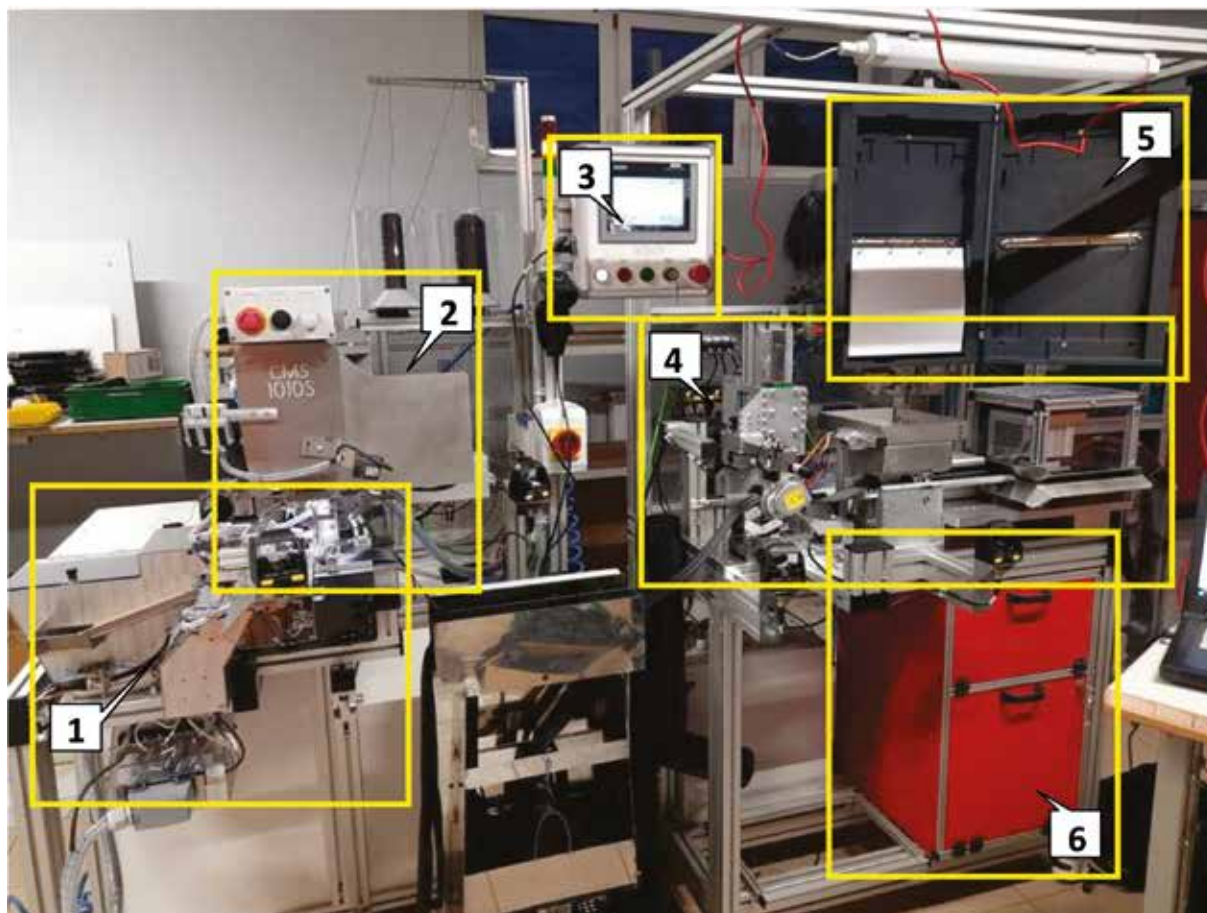
Drugą część procesu rozpoczyna operator po uruchomieniu procesu szycia. Zadaniem obsługującego maszynę jest montaż zwijacza w uchwycie. W celu zdiagnozowania ewentualnych nieprawidłowości, przy pomocy czujników sprawdzane są charakterystyczne cechy półproduktu. Następnie operator przeciąga pas przez zwijacz i wprowadza jego koniec do mechanizmu przewijającego. Pas jest przewijany tak, aby nie zakłócić równoległe odbywającego się procesu szycia. Gdy zostanie zakończony szycie zakładki pasa, rozpoczyna się ostatni etap w postaci montażu pasa z kołkiem w zwijaczu.

Oprogramowanie zostało przystosowane do obsługi trzech trybów pracy: automatycznego, ręcznego oraz trybu detekcji błędów. Ostatni wymieniony tryb opiera się na wykonywaniu przez operatora sekwencyjnie błędów w procesie lub użytych komponentach. Ma to na celu upewnienie się przed rozpoczęciem realizacji zlecenia, czy wszystkie elementy systemu kontrolnego są sprawne. Należy pamiętać, że produkowany element będzie częścią systemu bezpieczeństwa samochodu i nawet niewielkie usterki, które powstaną w procesie produkcji, mogą zagrozić bezpieczeństwu pasażerów.

## 3. Podsumowanie

Stanowisko zostało wykonane na zlecenie podmiotu zewnętrznego i aktualnie jest częścią rozbudowanej linii produkcyjnej, której produktem jest wyrób w postaci zwijacza pasa bezpieczeństwa. Wprowadzony system unikania błędów poprawił produktywność maszyny, co wpłynęło na zmniejszenie liczby reklamacji. Modyfikacja realizacji sposobu szycia CNC znacząco poprawiła jakość wykonywanych przez maszynę ściągów, co pozytywnie wpłynęło na wytrzymałość i estetykę wykonywanych detali. Płynny transport materiału został dokładnie zsynchronizowany z ruchem wału igielnicy, dzięki czemu można zrealizować nawet bardzo trudne wzory szycia. Dodatkowo zarządzanie systemem wymuszania konserwacji głowicy szyjącej skróciło czas postojów.

Zwiększenie możliwości konfiguracyjnych stanowiska poprawiło poziom elastyczności procesu oraz zakresu zleceń możliwych do zrealizowania.



Stanowisko produkcyjne: 1 – podajnik kołków, 2 – maszyna szycząca, 3 – HMI, 4 – zaciągacz, 5 – tablica informacyjna, 6 – pojemnik na odpady

Kontrola poszczególnych cech półproduktów oraz definiowanie wykorzystywanych do tych procesów czujników umożliwia ściśle dobranie ustawień do wymagań zlecenia, a ponadto w przypadku awarii jednego czujnika istnieje możliwość jego wymiany na inny, podobny.

Interfejs użytkownika (panel HMI) opracowano w sposób przejrzysty oraz przyjazny dla operatora. Komunikaty maszyny wprowadzono tak, aby informować operatora kroku po kroku o aktualnym stanie procesu i wymaganych czynnościach do wykonania.

## Akwizycja i analiza obrazów w czasie rzeczywistym z wykorzystaniem GPU na potrzeby eksperymentów fuzji termojądrowej

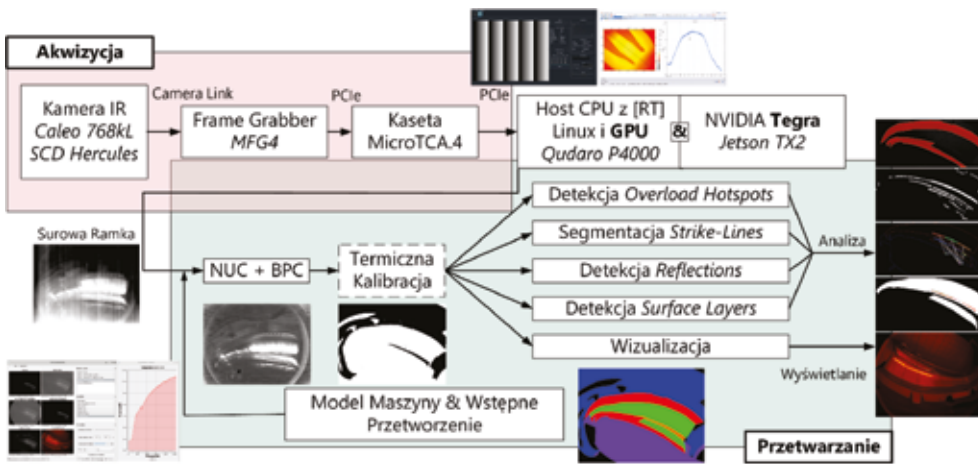
Bartłomiej Jabłoński

Praca magisterska została wykonana we współpracy z zagranicznym ośrodkiem badawczym: Instytutem Fizyki Plazmy im. Maxa Plancka (IPP) w Niemczech oraz w ramach międzynarodowego grantu EUROfusion (5138/H2020-Euratom/2020/2).

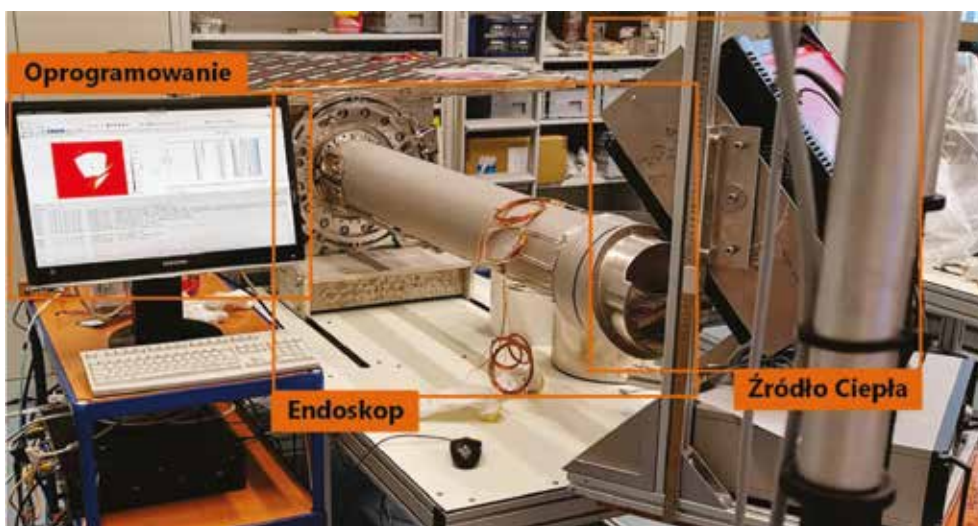
Celem pracy było zbadanie możliwości akwizycji i przetwarzania obrazów w czasie rzeczywistym, implementacja oraz optymalizacja

algorytmów korzystających z akceleracji procesora graficznego (GPU) i wdrożenie oprogramowania do akwizycji i przetwarzania obrazów pod kątem użycia w największym na świecie stellaratorze – Wendelstein 7-X (W7-X). W wyniku prac autor opublikował dwa artykuły w czasopiśmie z listy filadelfijskiej (Energies i JOFE) i zaprezentował

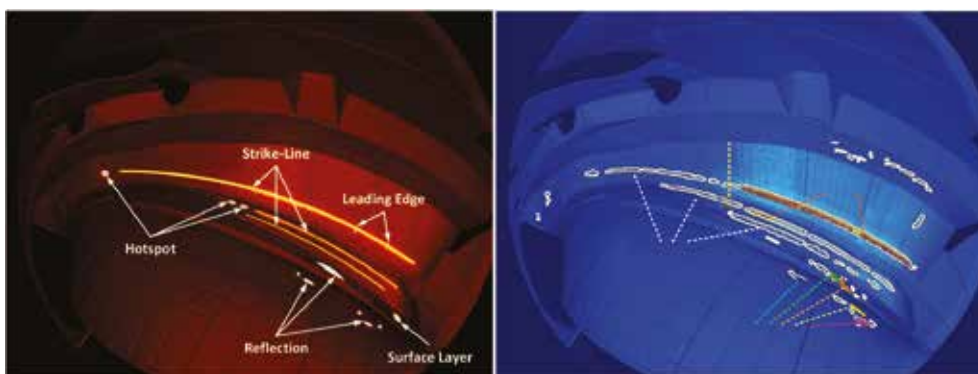




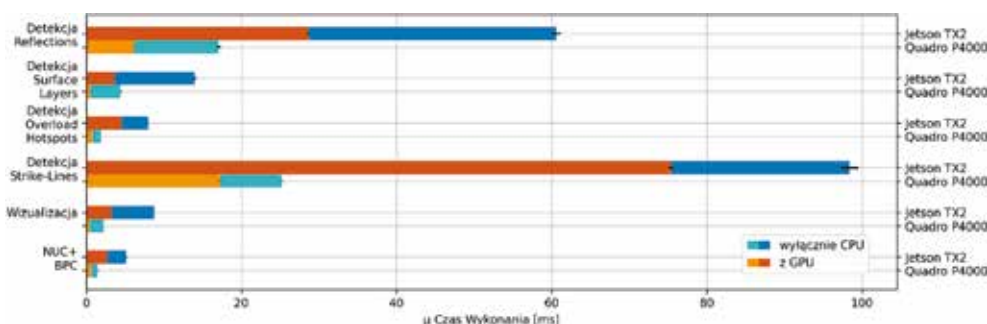
Rys. 1. Diagram zaimplementowanego rozwiązania w ramach pracy dyplomowej



Rys. 2. Konfiguracja wykorzystana przez diagnostyków IPP do testów z oprogramowaniem wykonanym w ramach pracy dyplomowej



Rys.3. Przykładowe (lewy) i wykryte (prawy) zdarzenia termiczne wyszczególnione na przetwarzanym obrazie



Rys. 4. Czas wykonania badanych i zaimplementowanych algorytmów z wykorzystaniem tylko CPU (niebieski) i z akceleracją GPU (pomarańczowy)

swoje wyniki na dwóch konferencjach międzynarodowych.

Systemy wizyjne są kluczową diagnostyką w obecnych i przyszłych eksperymentach fuzji termojądrowej. Akwizycja i przetwarzanie obrazów w czasie rzeczywistym są konieczne do zapewnienia niezawodnej ochrony i sterowania maszyną, która umożliwia wytworzenie i podtrzymanie plazmy w warunkach panujących na Ziemi (patrz rys. 1.).

Przedstawiona część akwizycji obrazów dotyczy opracowania oprogramowania dla kamer termowizyjnych. Diagnostycy plazmy z IPP skonstruowali system wizyjny, który podczas przyszłych faz eksperymentalnych będzie zamontowany w endoskopach, aby chronić elektronikę przed promieniowaniem i wysoką temperaturą rzędu dziesiątek milionów stopni Celsjusza. Celem układu jest monitorowanie komponentów wewnątrz W7-X podczas wyładowania plazmy (patrz rys. 2.). W ramach pracy autor pomyślnie zaimplementował protokół komunikacji dla wojskowej kamery termowizyjnej firmy SCD i zintegrował go z oprogramowaniem do diagnostyki plazmy QIR, które jest powszechnie stosowane w ośrodkach badawczych.

Opisana część przetwarzania obrazów odnosi się do algorytmów kalibracji i korekcji obrazów oraz detekcji zdarzeń termicznych na komponentach narażonych na oddziaływanie plazmy w celu ochrony maszyny (patrz rys. 3.). Autor przeprowadził analizę bieżącego stanu wiedzy dotyczącej diagnostyki obrazowej i możliwości przyspieszenia obliczeń z wykorzystaniem GPU. W pracy dyplomowej rozważono również układy System-on-a-Chip (SoC), które wymagają dodatkowego nakładu pracy ze względu na ograniczone zasoby. Jednakże niski pobór mocy umożliwia zastosowanie wbudowanego procesora graficznego w architekturze MicroTCA.4, która jest standardem w eksperymentach wielkiej skali.

Autor zaproponował, zaimplementował i zoptymalizował algorytmy wykorzystujące akcelerację GPU, uwzględniając limit czasu rzeczywistego wynoszący 100 ms. Jest to pierwsza udokumentowana implementacja zestawu algorytmów realizujących detekcję zdarzeń termicznych, które spełniają ten limit. Wydajność przetwarzania została zweryfikowana na zarchiwizowanych danych z W7-X i porównana z implementacjami wykorzystującymi wyłącznie procesor (CPU). Pomiar wydajności oraz testy algorytmów odbywają się poprzez opracowaną wielowątkową aplikację graficzną. Zaobserwo-

wano znaczący wzrost wydajności dla zoptymalizowanych algorytmów (o ponad 600%), które w przeciwieństwie do obecnych rozwiązań umożliwiają przetwarzanie w czasie rzeczywistym (patrz rys. 4.). Ponadto jakość otrzymanych wyników pokrywa się z rezultatami przedstawionymi w literaturze (m.in. referencje [12, 16, 17, 21, 23, 57] w pracy magisterskiej).

Praca dyplomowa obejmuje tematy związane z oprogramowaniem – współbieżne przetwarzanie obrazów, programowanie systemów wbudowanych, GPU i interfejsów graficznych, jak i sprzętem – optymalne wykorzystanie akceleratora i sprzętu do akwizycji. Nacisk również położony jest na dobre praktyki w inżynierii oprogramowania poprzez zastosowanie wzorców projektowych, narzędzi do statycznej analizy kodu, testów jednostkowych, sanitizerów, profilerów i systemu kontroli wersji.

Rezultatem prac autora są dwa opublikowane artykuły naukowe w czasopismach z listy filadelfijskiej (140 pkt [1] i 70 pkt [2] ministerialnych). Trzecią publikację wydano jako następstwo prezentacji wygłoszonej przez autora na międzynarodowej konferencji MIXDES 2021 [3]. Ponadto, już po obronie, autor przedstawił swoje wyniki na międzynarodowej szkole letniej o diagnostyce plazmy PhDiaFusion 2021, za które otrzymał nagrodę za najlepszą prezentację [4]. Autor kontynuuje badania opisane w pracy dyplomowej na studiach doktoranckich, otrzymując 100/100 pkt. w procesie rekrutacji. W ramach prac autor również uczestniczył w oficjalnej delegacji do IPP Greifswald od 3 do 15 października 2021, gdzie ustalił z diagnostykami plan dalszych badań i zintegrował opracowane

oprogramowanie na potrzeby zbliżającej się fazy eksperymentalnej OP2.1 w 2022 roku.

*Słowa kluczowe: akwizycja obrazów; przetwarzanie obrazów; procesor graficzny; zdarzenie termiczne; diagnostyka plazmy*

## Bibliografia

- [1] Jabłoński, B., Makowski, D., Perek, P. (2021). „Implementation of Thermal Event Image Processing Algorithms on NVIDIA Tegra Jetson TX2 Embedded System-on-a-Chip. *Energies*, 14(15)”. doi:10.3390/en14154416, Impact Factor 3.004 (2020).
- [2] Kadziela, M., Jablonski, B., Perek, P., Makowski, D. (2020). „Evaluation of the ITER Real-Time Framework for Data Acquisition and Processing from Pulsed Gigasample Digitizers”. *Journal of Fusion Energy*, 39(5), 261–269. doi:10.1007/s10894-020-00264-3, Impact Factor 0.636 (2019).
- [3] Jablonski, B., Makowski, D., Perek, P. (2021). „Evaluation of NVIDIA Xavier NX Platform for Real-Time Image Processing for Fusion Diagnostics”. 28<sup>th</sup> International Conference on Mixed Design of Integrated Circuits and System, 63–68. doi:10.23919/MIXDES52406.2021.9497542.
- [4] Jablonski, B., Makowski, D. (2021). „Real-Time Image Acquisition and Processing on a Graphics Processing Unit for Nuclear Fusion Applications”. Prezentacja na PhDiaFusion Summer School of Plasma Diagnostics, Niepołomice, 20–24 września.

# Opracowanie i badania algorytmu predykcji zużycia energii dla robotów mobilnych

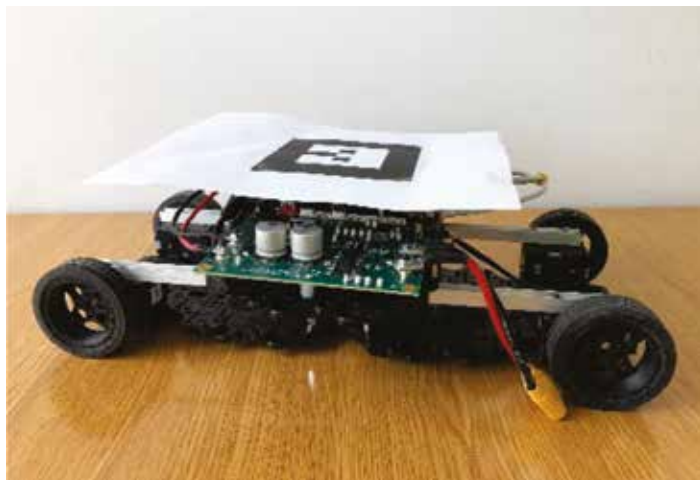


Krystian Góra

Celem tytułowej pracy magisterskiej było zaprojektowanie oraz przetestowanie algorytmów pozwalających na predykcję zużycia energii przez jeżdżące roboty mobilne typu differential drive i skid-steer posiadające odpowiednio dwa oraz cztery koła napędowe. By zapewnić maksymalną uniwersalność opracowanej technologii założono, że algorytmy powinny działać przy użyciu minimalnej liczby sensorów mierzących stan wewnętrzny robota, bez konieczności stosowania czujników informujących o jego otoczeniu.

Dokładny przegląd literatury ujawnił, że naukowcy do prognozowania energii zużywanej przez robota wykorzystują najczęściej skomplikowane podejścia analityczne tworząc matematyczne modele, których parametry identyfikowane są w sposób eksperymentalny. W pracy magisterskiej postanowiono porównać jakość wyników uzyskanych przy klasycznym

podejściu z wynikami otrzymanymi przy użyciu algorytmów sztucznej inteligencji, które nie wymagają od projektanta szczegółowej wiedzy o systemie, przez co są prostsze w implementacji, mogą być stosowane dla szerokiej grupy robotów oraz nie wymagają przeprowadzania specjalnych procedur kalibracyjnych – dostrajanie parametrów sztucznych

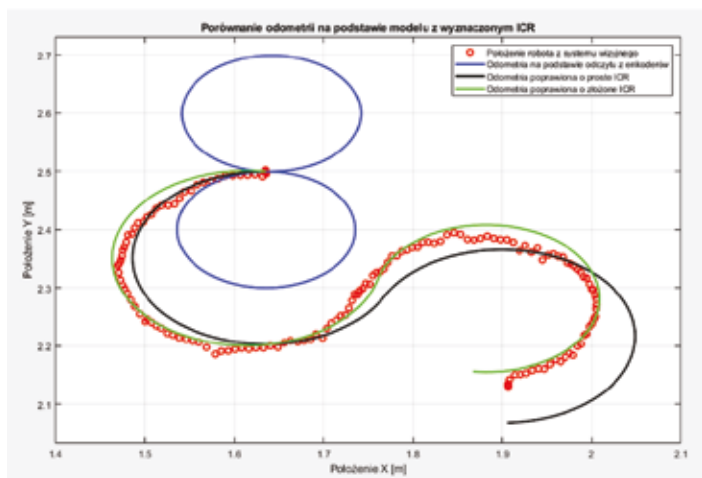


Jedna z badanych konfiguracji robota

sieci neuronowych odbywa się podczas normalnej pracy urządzenia, nie zakłócając tym samym jej wykonywania.

Do badań wykorzystano układy mierzące moc pobieraną z baterii, prędkości obrotowe kół oraz prędkość całego robota. Eksperymenty przeprowadzono przy użyciu czterech platform robotycznych opartych na platformie TurtleBot3 różniących się między sobą długością zawieszania, liczbą kół, a także ich rozstawem.

Podczas testów zebrano dane dla robotów poruszających się po pięciu rodzajach podłoży o różnej twardości i chropowatości. Dodatkowo wykorzystano system wizyjny do śledzenia położenia oraz orientacji robota w celu wykazania niepomijalnie małego wpływu tarcia poprzecznego na

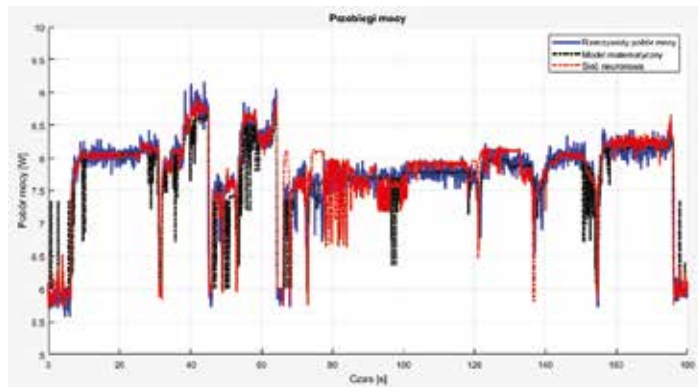


Porównanie trajektorii

roboty typu skid-steer, powodującego niemożliwość użycia tego samego algorytmu analitycznego dla obu badanych typów robotów. Porównano obliczoną trajektorię robota skid-steer (niebieska) przy pominięciu

wplywu tarcia z rzeczywistością (czerwona), a także z kilkoma trajektoriami uwzględniającymi tarcie poprzeczne. Wyznaczono je w sposób zgrubny (czarna) przy użyciu samego IMU oraz dokładny (zielona) przy użyciu systemu wizyjnego i algorytmów ewolucyjnych.

Udowodniono eksperymentalnie, że modele matematyczne nie są odporne na zmiany środowiskowe takie jak: zwiększenie masy robota, zmianę rozstawu kół, jak i podłoża, po którym się porusza, przez co wymagają częściej kalibracji zakłócającej normalną pracę robota.



Porównanie rzeczywistego zużycia mocy z przebiegami estymowanymi

Pomimo nieco wyższej dokładności modeli matematycznych, uniwersalność i wygoda implementacyjna sztucznych sieci neuronowych wskazuje, że ich wykorzystanie stanowić może udoskonalenie klasycznego podejścia. Wyniki badań zostały przedstawione w formie artykułu naukowego zatytułowanego „Comparison of Energy Prediction Algorithms for Differential and Skid-Steer Drive Mobile Robots on Different Ground Surfaces” opublikowanego w wysoko punktowanym przez MEiN czasopiśmie „Energies” (<https://doi.org/10.3390/en14206722>).

# Klementyna w Zgierskim Zespole Szkół Ponadpodstawowych

Lucyna Drygalska

Jan Markiewicz

Międzyszkolne Koło Pedagogiczne SEP

W dniu 12 stycznia 2022 r. na zaproszenie opiekuna Szkolnego Koła SEP przyjechała do Zgierskiego Zespołu Szkół Ponadpodstawowych w Zgierzu KLEMENTYNA – mobilne laboratorium firmy WAGO ELWAG Sp. z o.o.

Firma WAGO jest producentem i dostawcą nowatorskich komponentów dla przemysłu, techniki procesowej i automatyki budynkowej. Jako lider na rynku światowym i wynalazca bezśrubowej techniki





getyki odnawialnej. Podczas szkolenia uczniowie zapoznali się z techniką złączy firmy WAGO, modułami interfejsowymi, szafami monitorującymi, panelami dotykowymi, listwami, przekładnikami i innymi elementami instalacji elektrycznych i fotowoltaicznych. Mieli też okazję obserwować doświadczenie przeprowadzone przez Piotra Muskałę, pokazujące zachowanie złączy w ekstremalnych warunkach pracy, takich jak wystąpienie zwarcia w instalacji elektrycznej bądź narażenie na drgania o zmiennych częstotliwościach.



łączeniowej, oferuje też bogatą gamę złączy listwowych w technice zacisku sprężynowego.

W mobilnym laboratorium pracownik firmy – Piotr Muskała przeprowadził szkolenie łącznie dla 74 uczniów technikum elektrycznego, technikum elektromobilności oraz technikum urządzeń i systemów ener-



Za przeprowadzenie interesującego szkolenia, prowadzącemu bardzo serdecznie podziękowali organizatorzy spotkania – nauczyciele ZZSP w Zgierzu: Lucyna Drygalska (opiekun Szkolnego Koła SEP) oraz Jan Markiewicz.

Foto: Archiwum ZZSP w Zgierzu

## EC1 – warto odwiedzać po raz kolejny



Jacek Kuczkowski  
Koło SEP przy Veolia Energia Łódź SA

W dwa lata po poprzedniej wycieczce, Koło SEP przy Veolia Energia Łódź SA zorganizowało zwiedzanie Centrum Nauki i Techniki EC1. Ponownie komplet uczestników wyposażonych w zestawy słuchawkowe pod opieką przewodniczek, poznawał największe atrakcje, wystawy stałe „Przetwarzanie energii”, „Makro- i mikroświat” i „Rozwój wiedzy i cywilizacji”.

O walorach CNiT EC 1 niech świadczy fakt, że może pochwalić się Certyfikatem Polskiej Organizacji Turystycznej, laurem pierwszego z 7 Nowych Cudów Polski magazynu National Geographic Traveler oraz Certyfikatem Produktu Turystycznego Roku 2021.

Ulica Żywiółw EC1 – strefa dla najmłodszych w wieku 3 – 8 lat. Jej wystawa stała jest zorganizowana wokół tematu pięciu żywiołów: Wody, Ziemi, Życia, Ognia i Powietrza. Składa się na nią 5 stref tematycznych, które tworzą okazje do samodzielnego poszerzania wiedzy poprzez własne doświadczenia i eksperymenty.

W imprezie uczestniczyły także osoby spoza Stowarzyszenia, od niedawna pracujące w Veolii. Dla nich było to szczególne spotkanie z historią firmy, ale żywe zainteresowanie wzbudziły komentarze kilku uczestników, dawnych, wieloletnich pracowników EC1. Może warto wspomnieć, że kilka osób powtórnie uczestniczyło w zwiedzaniu zapewne, by sprawdzić, jakie zmiany w ekspozycji nastąpiły w czasie dwu lat.

Była też okazja do zatrzymania się pod tablicą pamiątkową odsłoniętą 11 czerwca 2019 r. w pobliżu dawnej nastawni, a upamiętniającą pierwszą siedzibę Oddziału Łódzkiego SEP.

Zadowoleni z poznania bądź przypomnienia interesujących faktów z istnienia Elektrowni Łódzkiej, uczestnicy dziękowali za zorganizowanie, a Zarządowi Oddziału Łódzkiego za wsparcie finansowe.





Teraz kolej na powtórzenie tym razem wyjazdu do Uniejowa. To nie tylko źródło geotermalne, ale także miejsce interesujące pod względem turystycznym, rekreacyjnym a nawet kulinarnym. Może warto w przyszłości, także ponownie po latach, odwiedzić Kopalnię Soli w Kłodawie

i zaliczyć spacer korytarzami 600 m pod ziemią i zaopatrzyć się w czerwoną bądź zieloną bryłkę soli.

*O spotkaniu w CNiTEC 1 w r 2019 w BTI 1/2020 (88)*

# Spotkanie wigilijne Oddziału Łódzkiego SEP

Anna Grabiszewska  
Oddział Łódzki SEP

Rok 2021 był rokiem szczególnym, stojącym jeszcze pod znakiem pandemii. Udało się jednak podsumować ten, jakże inny, rok na tradycyjnym spotkaniu wigilijnym członków i sympatyków Oddziału Łódzkiego SEP, z udziałem zaproszonych gości, które odbyło się w dniu 17 grudnia 2021 r.

W spotkaniu uczestniczyło około 80 osób.

Otwierając zebranie prezes Oddziału Łódzkiego SEP Władysław Szymczyk, powitał przybyłych; Członka Honorowego SEP – prezesa Oddziału Zagłębia Węglowego SEP prof. Jerzego Barglika, Członków Honorowych SEP Andrzeja Boronia i prof. Franciszka Mosińskiego. Przywitał obecnych na sali przedstawicieli łódzkiego przemysłu i członków wspierających oraz łódzkich instytucji: prodziekana Wydziału Elektrotechniki, Elektroniki, Informatyki i Automatyki PŁ prof. Łukasza Szymańskiego, doradcę prezesa Veolii Polska, dyrektora wykonawczego Veolii Polska Sławomira Burmanna, prezesa Zarządu Trafo-Technika Sp. z o.o. Andrzeja Gadulę, zastępcę dyrektora generalnego PGE Dystrybucja S.A. Oddział Łódź Jarosława Kowalskiego, prezesa Łódzkiej Rady Federacji Stowarzyszeń Naukowo-Technicznych NOT Adama Rylskiego, dyrektora Oddziału Urzędu Dozoru Technicznego w Łodzi Jerzego Sokołowskiego. Powitani zostali również: prezesi zaprzyjaźnionych oddziałów SEP, dyrektorzy instytutów, kierownicy katedr Politechniki Łódzkiej, członkowie Zarządu OŁ, Komisji Rewizyjnej i Sądu Koleżeńskiego oraz pozostałych gości.

Sprawozdanie z działalności Oddziału w 2021 roku przedstawił prezes Oddziału Władysław Szymczyk. Towarzyszyła temu ilustrowana zdjęciami prezentacja multimedialna, ukazująca główne kierunki działalności OŁ SEP oraz najważniejsze wydarzenia 2021 roku. Należały do nich m.in.: Seminarium wyjazdowe do Gruzji pn.: „Energetyka Odnawialna i Jądrowa” (sierpień/wrzesień 2021), Piknik z okazji Międzynarodowego Dnia Elektryka (wrzesień 2021), szkolenia dla członków komisji kwalifikacyjnych powołanych przy Oddziale Łódzkim SEP (październik 2021). Były to te wydarzenia, które udało się zrealizować, pomimo trudnego roku obciążonego pandemią koronawirusa.

W wystąpieniu podkreślono również, że Oddział obok działalności gospodarczej prowadzi różnorodne formy działalności statutowej, skierowane do członków Stowarzyszenia i środowisk naukowo-technicznych, uczniów i studentów. Są to m.in.: wydawanie kwartalnika – Biuletynu Techniczno-Informacyjnego OŁ SEP, organizacja konkursów skierowanych do studentów (najlepsza praca dyplomowa magisterska i inżynierska) oraz młodzieży szkół ponadpodstawowych, z którymi Oddział ściśle współpracuje. Działalność na rzecz młodzieży została doceniona przez Łódzkie Centrum Doskonalenia Nauczycieli i Kształcenia Praktycznego, które w 2021 roku uhonorowało Oddział Łódzki SEP Certyfikatem PROMOTOR ROZWOJU EDUKACJI.



*Od lewej: Władysław Szymczyk, Andrzej Potański, Damian Mikołajczyk, Andrzej Boroń*

Ważnym dla Oddziału był również fakt pozytywnego audytu nadzoru i utrzymania certyfikatu Systemu Zarządzania Jakością według normy PN – EN ISO 9001:2015. Jest to potwierdzenie dobrej jakości wykonywanych przez Oddział usług w zakresie szkoleń, egzaminów, konferencji, działalności Ośrodka Rzeczoznawstwa, a także równie ważnej działalności stowarzyszeniowej.

W części oficjalnej prezes OŁ SEP Władysław Szymczyk, wiceprezes OŁ SEP Andrzej Boroń i prof. Franciszek Mosiński oraz prezes ŁRFSNT-NOT Adam Rylski wręczyli nadane przez ZG SEP, FSNT NOT w 2020 i 2021 r. odznaczenia i medale członkom OŁ SEP:

- Szafirową Odznakę Honorową SEP (pośmiertnie) otrzymał **Jan Cichocki**. Wyróżnienie odebrała małżonka, Anna Cichocka;
- Złotą Odznakę Honorową SEP otrzymali: **Bronisław Hauzer, Krzysztof Karolczak, Henryk Więckowski**;
- Srebrną Odznakę Honorową SEP otrzymał **Przemysław Tabaka**;
- Medal im. prof. Eugeniusza Jezierskiego otrzymali: **Ryszard Bakura, Henryk Kucharski, Paweł Różga, Elżbieta Węglińska**;
- Medal im. prof. Mieczysława Pożaryskiego otrzymali: **Damian Mikołajczyk, Andrzej Potkański**;
- Medal im. prof. Stanisława Fryzego otrzymał **Dariusz Radziński**;
- Medal im. prof. Janusza Groszkowskiego otrzymali: **Kamil Dąbrówka, Adam Janicz**;
- Medal im. prof. Jana Obrąpalskiego otrzymał **Kazimierz Kurowski**;
- Medal im. inż. Kazimierza Szpotańskiego otrzymał **Wojciech Gil**;
- Medal im. inż. Michała Doliwo-Dobrowolskiego otrzymali: **Jarosław Drożdż, Piotr Seta, Jakub Staniewski**;
- Diamentową Odznakę Honorową NOT otrzymał **Andrzej Boroń**;
- Złotą Odznakę Honorową NOT otrzymał **Sergiusz Górski**;
- Srebrną Odznakę Honorową NOT otrzymał **Jerzy Bogacz**.



Od lewej: Władysław Szyczyk, Jakub Staniewski, Piotr Seta, Jarosław Drożdż, Andrzej Boroń



Od lewej: Adam Ryłski, Sergiusz Górski, Jerzy Bogacz, Andrzej Boroń, Władysław Szyczyk

Miłym akcentem spotkania było wręczenie stypendium im. Lecha Grzelaka, które otrzymali Mateusz Breza – student Politechniki Gdańskiej na kierunku elektrotechnika i Michał Cichowicz – student Zachodniopomorskiego Uniwersytetu Technologicznego w Szczecinie na kierunku

elektrotechnika, specjalność: systemy elektroenergetyczne oraz na kierunku: mechanika i budowa maszyn, specjalność: komputerowo wspomagane projektowanie i wytwarzanie maszyn. Okolicznościowy dyplom wręczyli wiceprezesi OŁ SEP i członkowie Zarządu Funduszu Stypendialnego Andrzej Boroń i Paweł Różga.



Uroczystość wręczenia stypendium im. Lecha Grzelaka. Od lewej: Paweł Różga, Mateusz Breza, Michał Cichowicz, Andrzej Boroń

Wręczenia dyplomów i nagród w konkursie na najlepszą pracę dyplomową inżynierską i magisterską wykonaną na Wydziale Elektrotechniki, Elektroniki, Informatyki i Automatyki Politechniki Łódzkiej w roku akademickim 2020/2021 dokonali: prodziekan Wydziału Elektrotechniki, Elektroniki, Informatyki i Automatyki PŁ dr hab. inż. Łukasz Szymański, prof. uczelni i dr hab. inż. Paweł Różga, prof. uczelni, przewodniczący Komisji Konkursowej. Wyniki konkursu zostały zamieszczone na stronie 12.

Spotkanie uświetnił koncert kolęd i piosenek świątecznych w wykonaniu artystów Fundacji AVANGART, Katarzyny Zajęc-Caban i Piotra Wołosza. Artyści wprowadzili wyjątkowy świąteczny klimat. Była to prawdziwa uczta dla duszy, pięknie brzmiały tego dnia zarówno tradycyjne kolędy, jak również znane wszystkim piosenki świąteczne. Solistom przy kolędach wtórowali uczestnicy spotkania.



Występ artystów Fundacji AVANGART, soliści Katarzyna Zajęc – Caban i Piotr Wołosz wraz z muzykami

Druga, już nieoficjalna część wieczoru, w świątecznej atmosferze przebiegała podczas kolacji wigilijnej. Po ponad rocznej przerwie wszyscy byli spragnieni osobistego kontaktu, rozmów i wymiany myśli.

Foto: Archiwum Oddziału Łódzkiego SEP



# Bal Elektryka

29 stycznia 2022 r.



# STOWARZYSZENIE ELEKTRYKÓW POLSKICH



Oddział Łódzki

90-007 Łódź, pl. Komuny Paryskiej 5a

Dom Technika, IV p., pok. 409 i 404

tel./fax 42 630 94 74, 42 632 90 39

e-mail: [sep@seplodz.pl](mailto:sep@seplodz.pl)

[www.seplodz.pl](http://www.seplodz.pl)

- ◆ Egzaminy kwalifikacyjne dla osób na stanowiskach EKSPLOATACJI i DOZORU w zakresach: elektroenergetycznym, ciepłym i gazowym
- ◆ Kursy przygotowujące do egzaminów kwalifikacyjnych (wszystkie grupy)
- ◆ Kursy pomiarowe (zajęcia teoretyczne i praktyczne)
- ◆ **NOWOŚĆ!** Kurs dla instalatorów systemów fotowoltaicznych uprawniający do ubiegania się o TYTUŁ CERTYFIKOWANEGO INSTALATORA SYSTEMÓW FOTOWOLTAICZNYCH
- ◆ Kursy specjalistyczne na zlecenie firm
- ◆ **Konsultacje jednodniowe przygotowujące do egzaminu kwalifikacyjnego**
- ◆ **Ekspresowe kursy pomiarowe w zakresie skuteczności ochrony przeciwporażeniowej do 1 kV dla STUDENTÓW i ABSOLWENTÓW WEEIA PŁ**
- ◆ Szkolenia BHP dla wszystkich stanowisk
- ◆ Pomiary i ocena skuteczności ochrony przeciwporażeniowej
- ◆ Prezentacje firm
- ◆ Reklamy w Biuletynie Techniczno-Informacyjnym OŁ SEP
- ◆ Rekomendacje dla wyrobów i usług branży elektrycznej
- ◆ Organizacja imprez naukowo-technicznych (konferencje, seminaria)

**Ceny szkoleń organizowanych przez OŁ SEP są zwolnione z podatku VAT**

## OŚRODEK RZECZOZNAWSTWA OŁ SEP

oferuje bogaty zakres usług technicznych i ekonomicznych:

- Projekty techniczne i technologiczne
- Ekspertyzy i opinie
- Badania eksploatacyjne
- Badania techniczne urządzeń elektrycznych, elektronicznych i elektroenergetycznych
- Ocena zagrożeń i przyczyn wypadków powodowanych przez urządzenia elektryczne
- Ocena prototypów wyrobów, maszyn i urządzeń produkcyjnych
- Ocena usprawnień, pomysłów, projektów i wniosków racjonalizatorskich
- Opracowywanie projektów przepisów wewnętrznych bhp oraz instrukcji eksploatacji
- Wykonywanie wszelkich pomiarów w zakresie elektryki
- Prowadzenie nadzorów inwestorskich i autorskich
- Wykonywanie ekspertyz o charakterze prac naukowo-badawczych
- Odbiory jakościowe
- Wyceny maszyn, urządzeń oraz obiektów energetycznych
- Tłumaczenia dokumentacji technicznej i literatury fachowej
- Doradztwo i ekspertyzy ekonomiczne
- Audyty energetyczne
- Przygotowanie dokumentów dla przekształceń własnościowych

**OR SEP tel. 42 632 90 39, 42 630 94 74**

**Pozycja i ranga SEP jest gwarancją najwyższej jakości, niezawodności i wiarygodności**