

## Autoreferat

1. **Imię i nazwisko:**                    **Mirosław Kornatka**
2. **Posiadane dyplomy, stopnie naukowe lub artystyczne - z podaniem podmiotu nadającego stopień, roku ich uzyskania oraz tytułu rozprawy doktorskiej.**

Magister inżynier elektryk, w zakresie Elektrotechniki, spec. Elektroenergetyka uzyskany na Wydziale Elektrycznym Politechniki Częstochowskiej. Tytuł pracy magisterskiej: „Pomiar charakterystyk ruchowych mikroprocesorowego urządzenia do nadzoru pracy bloku energetycznego” obronionej w dniu 5.10.1989 r.

Promotor:        doc. dr inż. Kazimierz Cieślewicz, Politechnika Częstochowska

Doktor nauk technicznych. Dziedzina nauki: nauki techniczne. Dyscyplina naukowa: Elektrotechnika. Specjalność: Elektrotechnika. Stopień nadany uchwałą Rady Instytutu Energoelektryki Wydziału Elektrycznego Politechniki Wrocławskiej w dniu 18.09.2000 r. na podstawie rozprawy pt. „Prognozowanie trwałości zestyków styczników elektromagnetycznych z bieżącej produkcji”, która oceniła pracę jako **wyróżniającą się**.

Promotor:        prof. dr hab. inż. Zbigniew Wróblewski, Politechnika Wrocławska

Recenzenci:     dr hab. inż. Brunon Lejdy, prof. Politechniki Białostockiej,

                      prof. zw. dr hab. inż. Zdzisław Teresiak, Politechnika Wrocławska

Celem pracy było opracowanie wieloparametrowej metody prognozowania trwałości gamma-beta zestyków styczników elektromagnetycznych na podstawie skróconych badań laboratoryjnych trwałości łączeniowej tych łączników, wykonanych w znormalizowanych warunkach probierczych na losowych próbkach styczników, reprezentatywnych dla populacji rozpatrywanego typu styczników pobieranych z bieżącej produkcji.

Dyplom ukończenia pięciosemysemestralnego studium pedagogicznego.

W roku 1989 ukończone pięciosemysemestralne Studium Pedagogiczne w zakresie szkolnictwa zawodowego przy Politechnice Częstochowskiej – kwalifikacje naukowo-pedagogiczne do nauczania w zasadniczym lub średnim szkolnictwie zawodowym.

Dyplom ukończenia dwusemysemestralnego podyplomowego studium pedagogicznego.

W roku 1992 ukończone dwusemysemestralne Podyplomowe Studium Pedagogiczne przy Politechnice Częstochowskiej – kwalifikacje nauczycieli i wychowawców szkół i innych placówek oświatowo-wychowawczych.

3. **Informacja o dotychczasowym zatrudnieniu w jednostkach naukowych lub artystycznych.**

Okres zatrudnienia	Stanowisko, jednostka naukowa
01.12.1989 - 30.09.1990	asystent stażysta, Instytut Elektroenergetyki, Wydział Elektryczny Politechniki Częstochowskiej
01.10.1990 - 30.09.1999	asystent, Instytut Elektroenergetyki, Wydział Elektryczny Politechniki Częstochowskiej
01.10.1999 - 31.10.2000	wykładowca, Instytut Elektroenergetyki, Wydział Elektryczny Politechniki Częstochowskiej
01.11.2000 – 31.09.2019	adiunkt, Instytut Elektroenergetyki, Wydział Elektryczny Politechniki Częstochowskiej
1.10.2019 – obecnie	adiunkt, Katedra Elektroenergetyki, Wydział Elektryczny Politechniki Częstochowskiej (zmiana struktury organizacyjnej Wydziału)

#### 4. *Omówienie osiągnięć, o których mowa w art. 219 ust. 1 pkt. 2 Ustawy.*

Monografia habilitacyjna pod tytułem „**Analiza niezawodności krajowych sieci dystrybucyjnych metodami nieparametrycznymi**”.

Monografia została wydana nakładem Wydawnictwa Politechniki Częstochowskiej w Częstochowie w roku 2019 - ISBN 978-83-7193-701-9.

Recenzenci wydawniczy: dr hab. inż. Jerzy Marzecki, prof. Politechniki Warszawskiej  
prof. zw. dr hab. inż. Jan Stępień

##### 4.1. Ocena osiągnięcia naukowego

Zasadniczym celem monografii było opracowanie nowatorskiej metody analizy bieżącego poziomu niezawodności krajowych sieci dystrybucyjnych za pomocą estymatorów jądrowych. Wykorzystanie estymatorów jądrowych zapewnia przejrzystą i obiektywną ocenę danych niezawodnościowych. Ponadto, zastosowano autorską metodykę oceny niezawodności sieci dystrybucyjnych za pomocą estymatorów jądrowych z uwzględnieniem „wagi” (ważności) danych. Zastosowanie „wag” dla analizowanych danych umożliwia bardziej obiektywną i wiarygodną metodę oceny poziomu niezawodności sieci dystrybucyjnych w stosunku do metody bez uwzględniania „wagi” danych.

Niewidocznym, ale jednocześnie bardzo istotnym etapem powyższej pracy badawczej stanowiło uzyskanie od Operatorów Systemów Dystrybucyjnych (OSD) danych niezawodnościowych. Wymagającym sporego wysiłku i trwającym wiele lat etapem pracy badawczej był proces przygotowania, gromadzenia oraz numerycznej weryfikacji danych niezawodnościowych wykorzystanych w monografii. Ustrukturyzowane i uporządkowane dane źródłowe zostały zgromadzone w tabelach, zgodnie z zasadami dotyczącymi tworzenia relacyjnych baz danych. Należy podkreślić, że analizowane w pracy dane stanowią tajemnicę firm energetycznych a ich wykorzystanie w prowadzonych badaniach wymagało od autora wniosku uzyskania stosownych pozwoleń prawnych u wszystkich badanych OSD. Analizę niezawodności krajowego systemu dystrybucyjnego prowadzili również inni autorzy, jednakże nigdy w takim zakresie i za pomocą tak zaawansowanych metod.

Na podstawie analizy literatury przedmiotowej, można wnioskować, że zaprezentowany w monografii materiał statystyczny jest aktualnie najbardziej obszerny, unikalny w skali krajowej, stanowiąc wartość dodaną prezentowanych analiz.

Ze względu na zgromadzony przez autora obszerny materiał statystyczny, dotyczący strategicznych danych niezawodności krajowych sieci dystrybucyjnych, prezentowane analizy stanowią o ważności oraz istotności statystycznej prezentowanych wyników badań. Ocena obszernego materiału statystycznego dotyczącego niezawodności krajowych sieci dystrybucyjnych wymagała opracowania nowej, efektywnej metody analizy, w której estymatory jądrowe z powodzeniem zrealizowały postawiony w monografii cel.

Utylitarnym celem monografii jest analiza bieżącego poziomu niezawodności krajowych sieci dystrybucyjnych. Zamierzeniem autora było, aby wykonywane analizy niezawodności krajowych sieci dystrybucyjnych były jak najbardziej praktyczne i realizowane przy zastosowaniu najlepszych metod analitycznych. Eksploracje danych niezawodnościowych przeprowadzono nowoczesnymi, uznanymi metodami statystycznymi. Oryginalnym osiągnięciem autora są badania dotyczące zagadnienia uwzględniania „wagi” analizowanych danych niezawodnościowych.

Tematyka monografii wynika również z aktualności i istotności zagadnienia analizy poziomu niezawodności krajowych sieci dystrybucyjnych. Wymagania stawiane przez Prezesa Urzędu Regulacji Energetyki przed OSD, dotyczące poprawy wybranych wskaźników niezawodnościowych wymagają zwrócenia szczególnej uwagi omawianym zagadnieniom. Tematyka to staje się coraz bardziej istotna, gdyż OSD rozliczani są z poziomu niezawodności sieci elektroenergetycznych. W warunkach rynkowych każdy OSD musi dążyć do minimalizacji kosztów rozdziału energii elektrycznej oraz poszukiwać najbardziej efektywnych działań inwestycyjnych w celu poprawy niezawodności sieci dystrybucyjnej.

Przedstawiona w monografii analiza dotyczy w większości niepublikowanego materiału, z wykorzystaniem wniosków wynikających z wcześniejszych badań autora mających odzwierciedlenie w publikacjach.

#### 4.2. Ogólny opis osiągnięcia naukowego

Do przeprowadzenia analizy dostępnych danych należy stosować właściwy aparat matematyczny, który pozwoli przy stosunkowo małej liczbie dostępnych danych, estymować wiarygodnie wskaźniki niezawodnościowe. Występuje również potrzeba szacowania wskaźników niezawodnościowych sieci elektroenergetycznej na podstawie istniejących danych historycznych. Ponadto, znając historyczne oraz aktualne wskaźniki niezawodnościowe można prognozować poziom niezawodności dowolnej sieci elektroenergetycznej.

Trzeba podkreślić, że dostępne dane niezawodnościowe są bardzo istotną informacją dla OSD, bo warunkują ich przychody. Stąd OSD musi posiadać odpowiednie metody matematyczne, zarówno pozwalające wiarygodnie estymować wskaźniki, jak i wykonywać prognozy. Dotychczasowe metody nie w pełni spełniały wymagania OSD, toteż konieczne było poszukiwanie nowych narzędzi statystycznych i na ich podstawie opracowanie nowych metod analizy.

##### 4.2.1. Zastosowanie estymatorów jądrowych w analizie danych niezawodnościowych

Na ogół analiza danych niezawodnościowych dokonywana jest klasycznymi metodami badań statystycznych, podczas których wyznaczane są empiryczne wartości wskaźników oraz funkcji niezawodnościowych urządzeń czy obiektów elektroenergetycznych. Metody te nazywane parametrycznymi są niewystarczające z punktu widzenia złożonych zagadnień niezawodnościowych. Wymuszają one ograniczenia co do wyboru spośród kilku czy kilkunastu typów rozkładów statystycznych analizowanych zmiennych losowych. Wady tej nie mają metody nieparametryczne, w których nie zakłada się a priori postaci rozważanej funkcji rozkładu. Wykorzystanie nowoczesnych metod statystycznych do oceny niezawodności sieci elektroenergetycznych OSD, które działają w rynkowych warunkach, wydaje się być jak najbardziej praktyczne, zapewniając również poprawę wiarygodności analiz.

Typowym zagadnieniem do zastosowania estymatorów jądrowych jest wyznaczenie funkcji gęstości rozkładu probabilistycznego zmiennej losowej (pdf – probability density function) na podstawie uzyskanej próby. Klasycznie estymator jądrowy (KDE) definiowany jest dla  $n$  wymiarowej zmiennej losowej  $X$ , która ma rozkład funkcji gęstość  $f$ .

Jej estymator jądrowy  $\hat{f} : \mathbb{R}^n \rightarrow [0, \infty)$  wyznacza się na podstawie wartości  $m$  elementowej próby losowej  $x_1, x_2, \dots, x_m$ , uzyskanej ze zmiennej  $X$ , który w swej podstawowej postaci jest zdefiniowany wzorem:

$$\hat{f}(x) = \frac{1}{m h^n} \sum_{i=1}^m K\left(\frac{x-x_i}{h}\right), \quad (1)$$

gdzie mierzalna, symetryczna względem zera oraz mająca w tym punkcie słabe maksimum globalne funkcja  $K : \mathbb{R}^n \rightarrow [0, \infty)$  spełnia warunek  $\int_{\mathbb{R}^n} K(x) dx = 1$  i jest nazywana jądrem, natomiast dodatni współczynnik  $h$  określa się mianem parametru wygładzania.

Ponieważ estymowane wartości zmiennych niezawodnościowych ze względów fizycznych przyjmują wyłącznie wartości dodatnie, należy zmodyfikować postać estymatora jądrowego tak, aby zmienna losowa  $X$  była ograniczona wyłącznie do zbioru liczb nieujemnych (warunek ten musi być spełniony niezależnie, czy stosujemy ograniczone jądro Epaniecznikowa, czy nieograniczone normalne). Zjawisko to szczególnie jest widoczne, gdy zmienna losowa ma duży rozrzut wartości. Dlatego w pracy zastosowano ograniczanie nośnika jądra do przedziału wartości zmiennych losowych do zakresu  $x \in [0, \infty)$ .

Istotnym zagadnieniem dla niniejszej pracy jest estymator jądrowy z wagami (KDEw). Dla  $n$  wymiarowej zmiennej losowej  $X$ , o rozkładzie gęstości  $f$ , estymator jądrowy  $\hat{f} : \mathbb{R}^n \rightarrow [0, \infty)$  wyznacza się na podstawie wartości  $m$  elementowej próby losowej  $x_1, x_2, \dots, x_m$ , której przyporządkowano nieujemne wartości  $waga_1, waga_2, \dots, waga_m$ , spełniające warunek

$$\sum_{i=1}^m waga_i = 1. \quad (2)$$

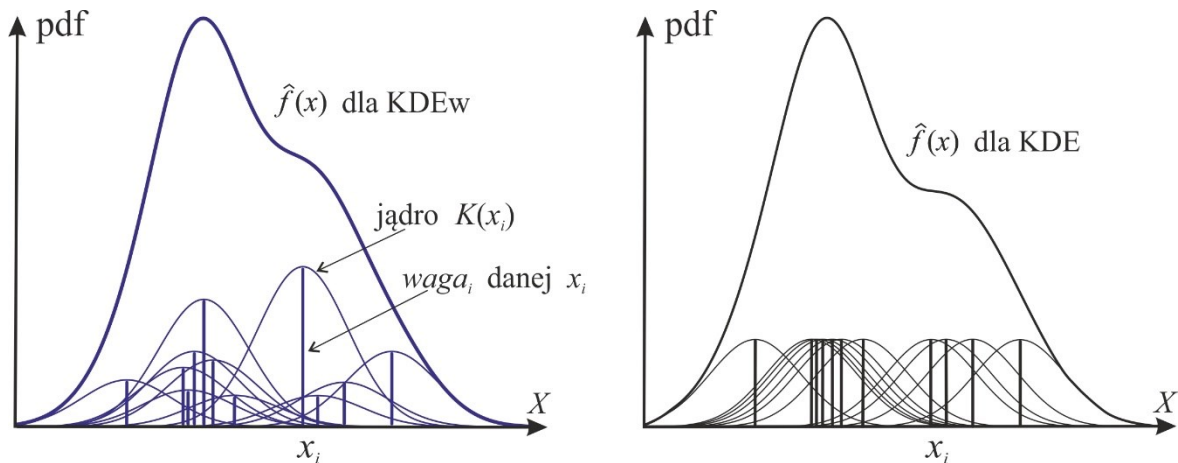
zdefiniowany wzorem:

$$\hat{f}(x) = \frac{1}{h^n \sum_{i=1}^m waga_i} \sum_{i=1}^m waga_i K\left(\frac{x-x_i}{h}\right), \quad (3)$$

gdzie funkcja  $K : \mathbb{R}^n \rightarrow [0, \infty)$  która spełnia warunek  $\int_{\mathbb{R}^n} K(x) dx = 1$  oraz współczynnik  $h$  definiowany jak w zależności (1).

Parametr  $waga_i$  interpretowany jest jako „ważność” poszczególnych elementów próby  $x_i$  uzyskanej ze zmiennej  $X$ . W szczególnym przypadku, gdy wszystkie wartości  $waga_1, waga_2, \dots, waga_m$  są równe  $1/m$ , powyższa postać estymatora KDEw jest równoważna zależności (1).

Interpretację graficzną jądrowego estymatora gęstości z wagami (KDEw) oraz jądrowego estymatora gęstości bez wag (KDE) zaprezentowano poglądowo na rys. 1.



Rys. 1. Jądrowe estymatory gęstości rozkładu jednowymiarowej zmiennej losowej  $X$  wyznaczone z zastosowaniem wag (lewa część rysunku) oraz bez wag (prawa część rysunku) - rysunek poglądowy

W przypadku estymatora jądrowego z wagami, nad każdą wartością próby losowej  $x_i$  „rozpięte” jest jądro  $K(x_i)$  (na rys. 1 jądro normalne), którego powierzchnia jest proporcjonalna do parametru  $waga_i$ . Estymatory jądrowe  $\hat{f}(x)$  zarówno dla KDE jak i KDEw, wyznaczone zgodnie z zależnościami (1) oraz (3) przyjmują postać sumy pojedynczych oszacowań spełniających warunek  $\int_{\mathbb{R}} \hat{f}(x) dx = 1$ .

Zastosowanie KDEw, pozwala uwzględnić uwarunkowania badanej rzeczywistości w zagadnieniach dotyczących analizy niezawodności działania SEE, w których analizowane zmienne losowe dotyczą różniących się sieci/oddziałów/operatorów.

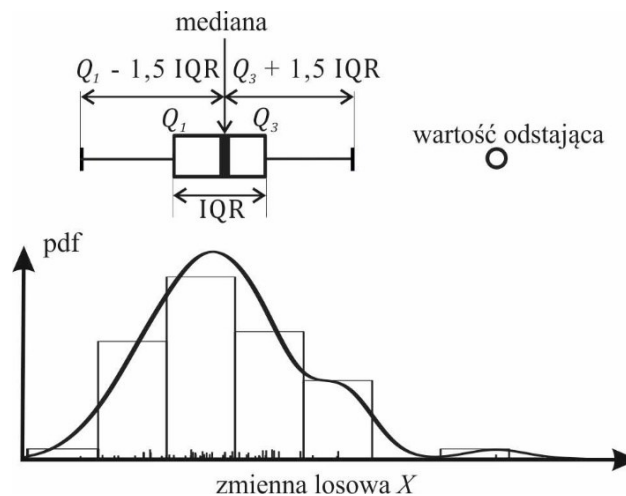
Istotne znaczenie dla jakości estymatorów jądrowych ma parametr wygładzania  $h$ , który wpływa na „gładkość” uzyskanej krzywej gęstości. Zbyt mała wartość powoduje pojawienie się nadmiernej ilości ekstremów lokalnych estymatora  $\hat{f}(x)$ , natomiast zbyt duża powoduje nadmierne wygładzenie  $\hat{f}(x)$ , nie oddając własności rzeczywistej, badanej zmiennej losowej. Najnowsze opracowania naukowe dotyczące tego zagadnienia prezentują dogodne algorytmy, które umożliwiają obliczanie parametru  $h$ , zbliżonego do optymalnego w sensie kryterium błędu średniokwadratowego.

#### 4.2.2. Prezentacja graficzna analizowanych danych niezawodnościowych

Prezentowane w monografii wykresy sporządzone w wyniku przeprowadzonych obliczeń dla zmiennych jednowymiarowych, zawierają kilka wspólnych elementów: histogram, wykres skrzynkowy oraz jądrowy estymator gęstości. Najbardziej popularny histogram prezentuje całkowicie wizualną ocenę rozkładu analizowanych danych. Wykres pudełkowy to forma graficznej interpretacji rozkładu cech statystycznych zmiennej, z którego możemy odczytać wartości: medianę, pierwszy kwartył  $Q_1$ , trzeci kwartył  $Q_3$ , rozstęp kwartyłowy jak również dane odstające. Wykres funkcji gęstości prawdopodobieństwa wyznaczone były zarówno za pomocą KDE jak i KDEw. Wykresy te ukazują wartość modalną bezpośrednio widoczną na rozkładach funkcji gęstości zmiennych losowych, jak również skośność rozkładów i jeżeli występowała ewentualna wielomodalność czy wartości odstające.

Prezentowane w monografii wykresy zawierają również dodatkową informację graficzną, mówiącą zarówno o wartości, jak i o wadze poszczególnych danych  $x_i$ .

Wzdłuż podstawy podziałki, na osi rzędnych znajdują się w miejscu wartości danych  $x_i$  znaczniki „|”, których wysokość zależy od wagi danych. Im na wykresie wyższy znacznik „|”, tym większa jest waga danej, a tym samym większy jest jej udział przy obliczaniu KDEw. Przedstawienie tych dodatkowych informacji pozwala w efektywny sposób eksplorować analizowane dane.



Rys. 2. Przykładowe połączenie wykresów, pudełkowego, histogramu oraz jądrowego estymatora gęstości wyznaczonego za pomocą KDEw zmiennej losowej  $X$

W opisie części rysunków podane są w formie tabelarycznej wybrane miary statystyczne analizowanych rozkładów dotyczące: wartości minimalnej, maksymalnej,  $Q_1$ ,  $Q_3$ , mediany oraz wartości średniej badanych zmiennych.

W celu analizy zmiennych losowych jednowymiarowych i dwuwymiarowych autor wniosku opracowywał oprogramowania do wykonania obliczeń w środowisku R z zastosowaniem bibliotek między innymi: MASS, stats, ks, graphics, lattice, ggplot2, RMySQL.

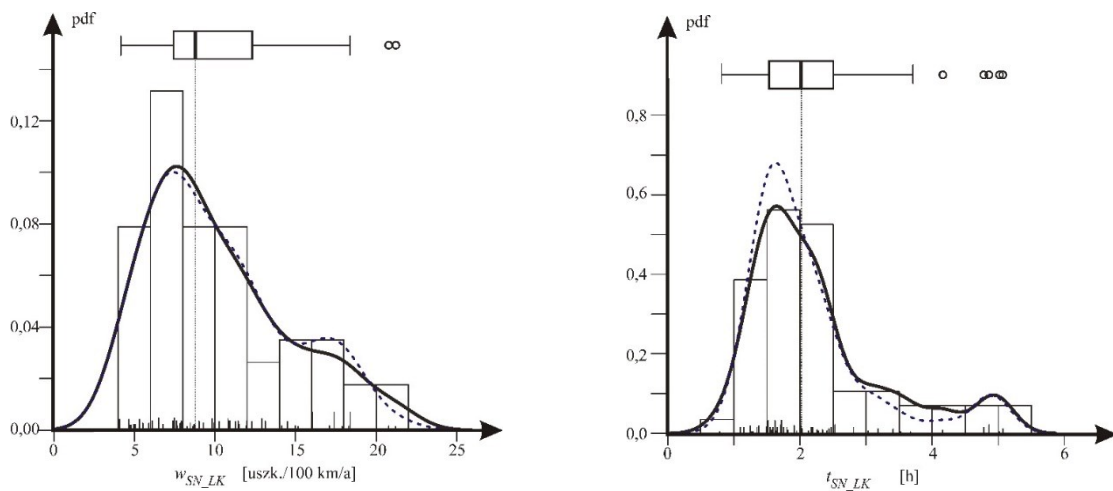
#### 4.2.3. Analiza danych niezawodnościowych krajowego systemu elektroenergetycznego

W rozdziale 6 monografii przedstawiono wyniki analizy awaryjności sieci średniego i niskiego napięcia dziewiętnastu krajowych oddziałów dystrybucyjnych z wykorzystaniem autorskiej metody nieparametrycznego opisu rozkładów zmiennych losowych niezawodnościowych. Badane oddziały swoją koncesją na dystrybucję energii elektrycznej obejmują 57 % obszaru Polski, zasilając ponad 10,5 miliona odbiorców. Analizowane podmioty swoją działalnością zapewniają pokrycie około 65 % zapotrzebowania dostaw energii elektrycznej w Polsce. W celu przesyłania wymaganej energii elektrycznej, powyższe oddziały odpowiadają za prawidłowe funkcjonowanie linii energetycznych o łącznej długości ponad 465 tysięcy km.

#### Analiza awaryjności sieci średniego napięcia

W badanej sieci średniego napięcia (SN) liczba zarejestrowanych uszkodzeń w latach 2012-2014 wynosiła 53 089, przy czym na obszarach wiejskich wystąpiło ich ponad dwukrotnie więcej niż na obszarach miejskich. Liczba uszkodzeń w 73% dotyczyła linii napowietrznych SN, w 22% dotyczyła linii kablowych SN, pozostałe zarejestrowano w transformatorach SN/nN. Analizowane oddziały dystrybucyjne na koniec roku 2014 łącznie obsługiwały 128 655 km linii napowietrznych SN, 39 165 km linii kablowych SN oraz 146 627 transformatorów SN/nN.

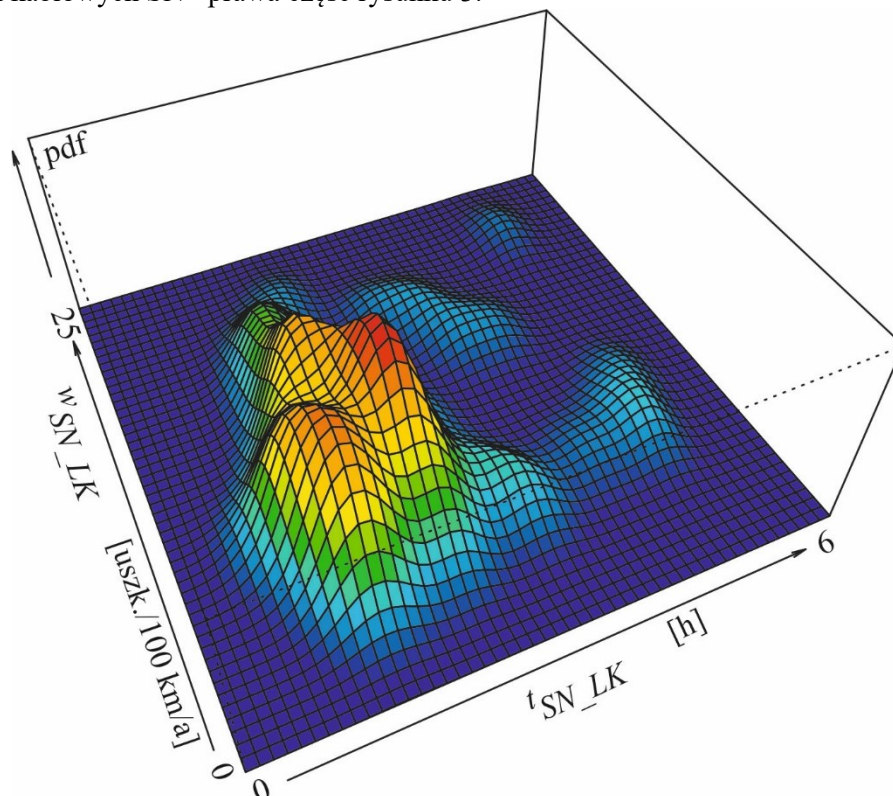
Sposób prezentacji analizy awaryjności, przykładowo dla linii kablowych SN przedstawiono na rys. 3 i 4.



	minimum	1 kwartyl	mediana	średnia	3 kwartyl	maximum
$w_{SN\_LK}$ [uszk./100 km/a]	4,08	7,38	8,74	10,16	12,30	21,20
$t_{SN\_LK}$ [h]	0,79	1,57	2,01	2,26	2,47	5,07

Rys. 3. Histogram, wykres pudełkowy oraz funkcja pdf wyznaczona za pomocą KDE (linia ciągła) i KDEw (linia przerywana) dla wskaźnika uszkodzeń  $w_{SN\_LK}$  oraz czasu trwania uszkodzeń  $t_{SN\_LK}$  linii kablowych średniego napięcia

Wykres dla wskaźnika uszkodzeń  $w_{SN\_LK}$  - lewa część rysunku 3, czas trwania uszkodzeń  $t_{SN\_LK}$  linii kablowych SN - prawa część rysunku 3.

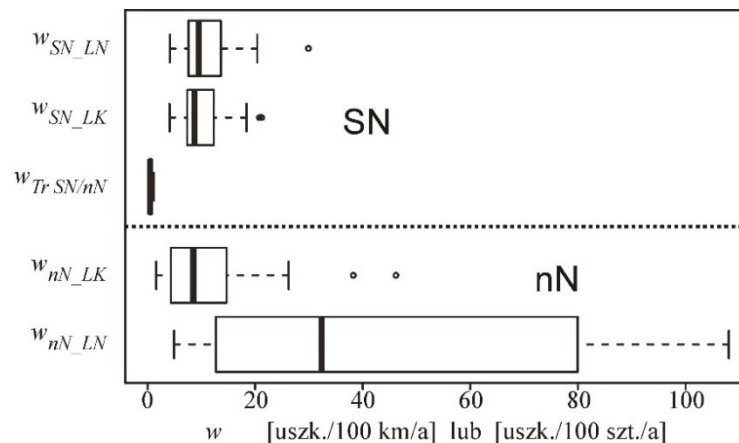


Rys. 4. Dwuwymiarowa funkcja pdf wyznaczona za pomocą KDE dla wskaźnika uszkodzeń  $w_{SN\_LK}$  oraz czasu trwania uszkodzeń  $t_{SN\_LK}$  linii kablowych średniego napięcia



### Analiza awaryjności sieci niskiego napięcia

Łączna liczba uszkodzeń sieci niskiego napięcia (nN) z trzech lat wynosiła 512 850, z czego prawie 94 % dotyczyła linii napowietrznych nN. Prawie czterokrotnie więcej uszkodzeń zarejestrowano w obszarach wiejskich niż w obszarach miejskich linii nN. Na koniec roku 2014 analizowane oddziały OSD łącznie zarządzały działaniem 181 607 km linii napowietrznych nN oraz 77 363 km linii kablowych nN. W pracy przedstawiono długości linii kablowych niskiego napięcia ( $l_{nN\_LK}$ ) oraz długości linii napowietrznych niskiego napięcia ( $l_{nN\_LN}$ ) dla poszczególnych oddziałów dystrybucyjnych wraz z obliczonymi ich wagami. Na rys. 5 przedstawiono porównanie wartości wskaźników uszkodzeń linii napowietrznych SN ( $w_{SN\_LN}$ ), linii kablowych SN ( $w_{SN\_LK}$ ), transformatorów SN/nN ( $w_{Tr\ SN/nN}$ ), linii kablowych nN ( $w_{nN\_LK}$ ) oraz linii napowietrznych nN ( $w_{nN\_LN}$ ) za pomocą wykresów pudełkowych.



Rys. 5. Wykres pudełkowy dla zmienności wskaźnika uszkodzeń w linii napowietrznych SN, linii kablowych SN, transformatorów SN/nN, linii kablowych nN oraz linii napowietrznych nN w latach 2012-2014

Analiza danych dotyczących awaryjności sieci elektroenergetycznej za pomocą estymatorów jądrowych stanowi efektywną metodę ich oceny. Zastosowana w rozdziale metodyka wyznaczenia funkcji gęstości awaryjności grup urządzeń metodami nieparametrycznymi, w sposób wiarygodny pozwala określić charakter zmienności analizowanych zjawisk. Na podstawie danych z eksploatacji przy zastosowaniu estymatorów jądrowych oraz symulacji Monte Carlo, można wyznaczyć wskaźniki niezawodności fragmentów sieci czy systemu elektroenergetycznego.

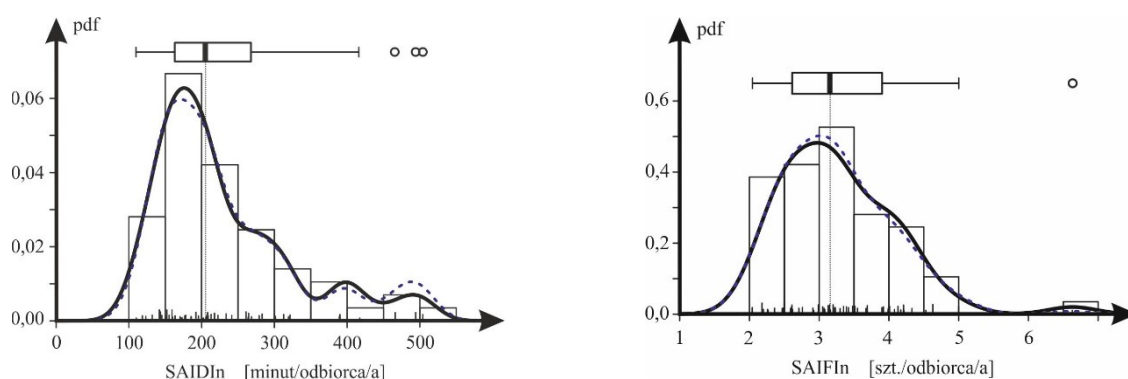
Porównanie parametrów zawodnościowych za pomocą wykresów pudełkowych daje ogólny obraz relacji zachodzących pomiędzy podstawowymi miarami statystycznymi dla poszczególnych grup urządzeń elektroenergetycznych oraz poziomów napięć. W uzyskanych rozkładach często widoczne są zdarzenia odstające. Stanowią one cenną informację dla służb niezawodnościowych. Celowe jest więc prezentowanie danych o awaryjności sieci elektroenergetycznych w sposób, który zapewnia dużą przejrzystość oraz syntetyczność rysunków.

#### 4.2.4. Analiza wartości wskaźników SAIDI i SAIFI

Ocena procesu dystrybucji energii elektrycznej za pomocą wskaźników SAIDI, SAIFI jest stosowana na całym świecie pozwalając na porównywanie poziomów niezawodności sieci elektroenergetycznej przez różnych operatorów. Zastosowanie przejrzystych procedur pozyskiwania danych i precyzyjnego stosowania jednakowych algorytmów wyznaczania poszczególnych wartości jest jak najbardziej konieczne.

Dla krajowych wartości wskaźników SAIDI oraz SAIFI dysponowano statystyką 57 obserwacji (po 3 wartości z lat 2012-2014 dla 19 oddziałów dystrybucyjnych). Obliczenia rozkładów wartości dla powyższych grup wykonano w środowisku R metodami nieparametrycznymi. Uzyskane wyniki prezentowano równocześnie na histogramie, na wykresie pudełkowym oraz za pomocą estymacji jądrowej.

Rysunek 6 przedstawia przykładową analizę wskaźników SAIDI i SAIFI, w tym przypadku przeciętnego systemowego czasu trwania przerwy nieplanowej długiej i bardzo długiej (SAIDI - nieplanowane) oraz wskaźnika przeciętnej systemowej częstości przerw nieplanowych długich i bardzo długich (SAIFI - nieplanowane).



	minimum	1 kwartyl	mediana	średnia	3 kwartyl	maximum
SAIDIIn [min./odbiorca/a]	110,1	163,5	205,7	229,6	268,6	504,0
SAIFIIn [szt./odbiorca/a]	2,04	2,61	3,15	3,29	3,90	6,63

Rys. 6. Histogram, wykres pudełkowy oraz funkcja pdf wyznaczona za pomocą KDE (linia ciągła) i KDEw (linia przerywana) dla wskaźnika przeciętnego systemowego czasu trwania przerwy nieplanowej (SAIDIIn) oraz wskaźnika przeciętnej systemowej częstości przerw nieplanowych (SAIFIIn)

#### 4.2.5. Modele regulacji jakościowej

Energetyka dla prawidłowego funkcjonowania potrzebuje stabilnych ram regulacyjnych, sprzyjających podejmowaniu długotrwałych decyzji inwestycyjnych. Od roku 2016 obowiązuje model przedstawiony przez Prezesa Urzędu Regulacji Energetyki (URE) w dokumencie – „Regulacja jakościowa w latach 2016-2020 dla Operatorów Systemów Dystrybucyjnych (którzy dokonali z dniem 1 lipca 2007 r., rozdzielenia działalności)”. Niniejszy dokument zawiera opis modelu regulacji jakościowej, którego zasadniczym celem było motywowanie OSD do poprawy niezawodności zasilania, jak i jakości oferowanych usług. Omawianym modelem regulacji jakościowej objętych zostało pięciu największych krajowych OSD, tj.: Enea Operator, Energa-Operator, PGE Dystrybucja, innogy Stoen Operator oraz Tauron Dystrybucja. Obowiązujący model oceny efektywności działania przedsiębiorstw energetycznych wymusił jednolity sposób obliczania kluczowych wskaźników dla wszystkich porównywanych wskaźników stosowanych w regulacji (KPI - Key Performance Indicators). Jednolita definicja obliczania wskaźników pozwala aktualnie na porównywanie poziomu niezawodności krajowych operatorów sieci dystrybucyjnych. Wdrażając nowe zasady regulacji sektora energetyki Prezes URE informował, że ich celem jest zmniejszenie wartości wskaźników czasu przerw w zasilaniu, liczby przerw w zasilaniu, czasu przekazywania danych pomiarowych sprzedawcom energii i czasu przyłączenia odbiorców o 50% w latach 2016 - 2020. Zgodnie z przyjętymi wówczas przez Prezesa URE założeniami, kara za niewykonanie celów nie mogła przekroczyć 2% przychodu regulowanego oraz 15% kwoty zwrotu z kapitału w danym roku. W zaprezentowanym modelu pojawiły się wskaźniki regulacyjne dotyczące stopnia realizacji przez danego operatora wyznaczonych przez Prezesa URE celów w zakresie regulacji jakościowej, jak również wskaźnik oceny realizacji innowacyjności i polityki regulacyjnej.

Pierwsze rozliczenie osiągniętych celów zostało uwzględnione w procesie zatwierdzania taryf na rok 2018. W sprawozdaniu Prezesa URE za 2017 r. podano, że po raz pierwszy został zastosowany współczynnik realizacji regulacji jakościowej, wyznaczony zgodnie z przyjętymi zasadami na podstawie wskaźników jakościowych m.in. SAIDI i SAIFI osiągniętych w roku 2016. Dla trzech OSD współczynnik realizacji regulacji jakościowej wynosił 1, natomiast dla dwóch pozostałych OSD odpowiednio 0,99445 oraz 0,97202 co implikowało dla nich niższą kwotę zwrotu z kapitału.



Na podstawie uzyskanych doświadczeń w okresie funkcjonowania modelu regulacji jakościowej na lata 2016-2020, Prezes URE dokonał ewaluacji tego modelu. W roku 2018 został przedstawiony dokument Prezesa URE pt. „Regulacja jakościowa w latach 2018-2025 dla Operatorów Systemów Dystrybucyjnych”. Ewaluowany model regulacji jakościowej w sposób istotny zmienia sposób oceny niezawodności elektroenergetycznych sieci dystrybucyjnych. Model ten na nowo definiuje KPI, metodę wyznaczania celów dla poszczególnych lat regulacji, sposób ich rozliczenia oraz wpływ na przychód regulowany OSD.

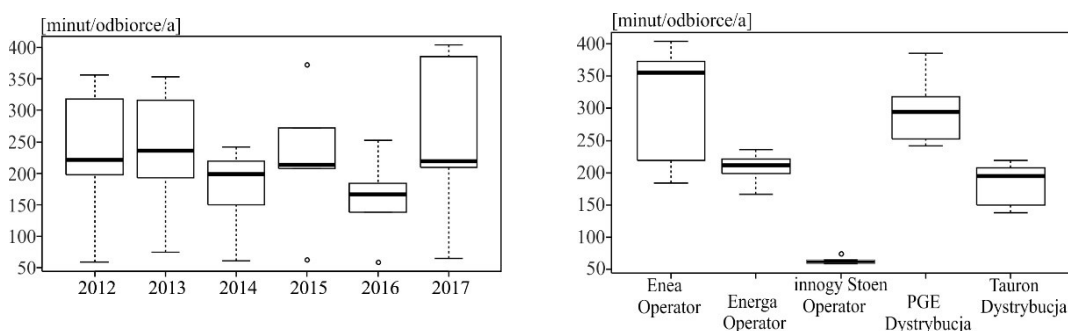
Najważniejsze zmiany w modelu regulacji jakościowej to: wprowadzenie wskaźników obszarowych, wyznaczenie nowych długoterminowych celów do roku 2025 wraz z nowymi punktami startowymi, wyeliminowanie z obliczania wskaźników jakościowych zdarzeń pogodowych o charakterze katastrofalnym (metoda Beta 2.5), przyznanie premii za wykonanie celów końcowych regulacji jakościowej jak również odniesienie kary do kwoty zwrotu z kapitału stanowiącego część przychodu regulowanego.

Jak wynika z doświadczeń i analiz dostępnych danych niezawodności sieci OSD we wskaźnikach jakościowych SAIDI i SAIFI w sposób jeszcze bardziej obiektywny należy uwzględnić nadzwyczajne zjawiska pogodowe, które wykraczają poza możliwości przeciwdziałania i ingerencji przez OSD.

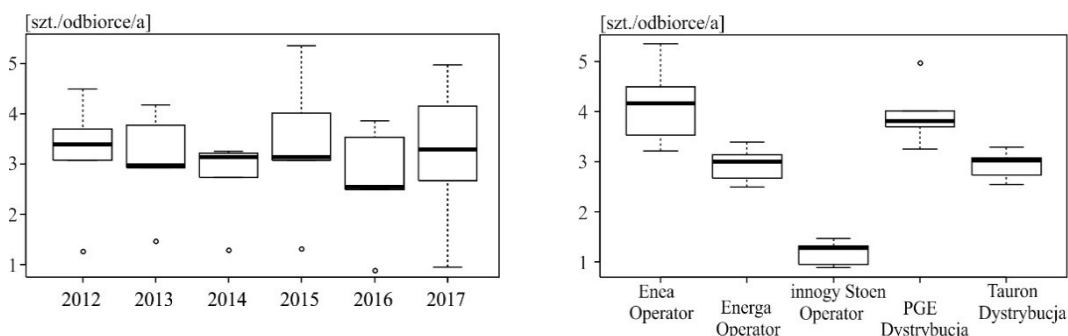
#### Analiza wskaźniki SAIDI i SAIFI krajowych operatorów systemu dystrybucyjnego

Ze względu na istotność problematyki, zasadniczym zagadnieniem jest rzetelna, szczegółowa analiza danych niezawodnościowych OSD. Analizę zmienności wskaźników SAIDI i SAIFI operatorów podlegających regulacji jakościowej przeprowadzono w oparciu o dane prezentowane w poszczególnych latach przez samych OSD.

Wskaźniki dotyczące zdarzeń nieplanowanych w roku 2017 pokazały jak istotne mogą być zdarzenia pogodowe. Występujące w wielu rejonach kraju katastrofalne warunki pogodowe sprawiły, iż operatorzy w roku 2017 uzyskali gorsze rezultaty wartości wskaźników SAIDI i SAIFI nieplanowanych. Rysunki 7 i 8 prezentują zmienność wartości wskaźników SAIDI nieplanowane (SAIDIn) oraz SAIFI nieplanowane (SAIFIn) uzyskane przez OSD w latach 2012-2017.



Rys. 7. Wykresy zmian wskaźnika SAIDIn przeciętnego systemowego czasu trwania przerw nieplanowanych w latach 2012-2017 pięciu OSD



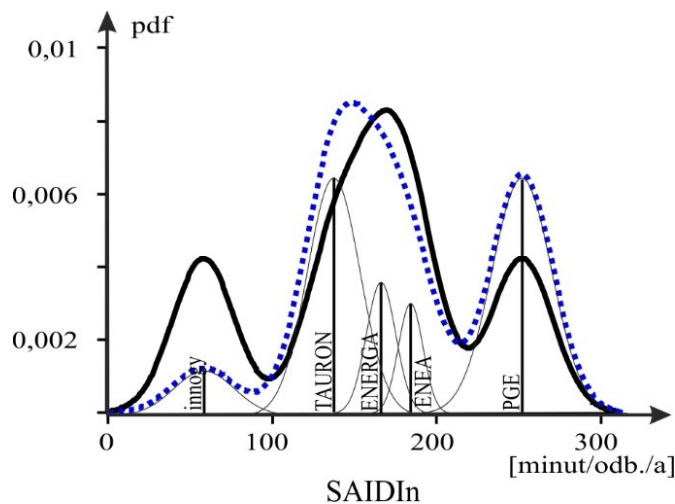
Rys. 8. Wykresy zmian wskaźnika SAIFIn przeciętnej systemowej częstości przerw nieplanowanych w latach 2012-2017 pięciu OSD

Propozycja uwzględniania w modelu regulacji jakościowej informacji o OSD

Analiza wartości wskaźników KPI poszczególnych OSD nie powinna być oderwana od informacji o miejscu uzyskania danego wskaźnika oraz o jego istotności. Można wyznaczyć przynajmniej kilka parametrów, które charakteryzują sieć elektroenergetyczną i mają istotny wpływ na uzyskiwane przez operatora wartości wskaźników KPI.

Należy wziąć pod uwagę dla jak licznej populacji odbiorców dana informacja się odnosi. Informacja o wartości wskaźnika SAIDI operatora zasilającego 5 mln. odbiorców zdaniem autora powinna mieć większe znaczenie statystyczne niż informacja o wartości wskaźnika SAIDI operatora zasilającego np. 5 tys. odbiorców. Dlatego w monografii zaproponowano uwzględniać w modelu regulacji jakościowej dodatkowe informacje, oprócz samej analizowanej wartości również jej wagę (np. przy analizie wartości wskaźników SAIDI i SAIFI uwzględniać dla jakiej liczby odbiorców się ona odnosi).

Na rys. 9 przedstawiono koncepcję wagi wartości dla wskaźników SAIDI. Pole powierzchni rozkładu normalnego jest proporcjonalne do liczby odbiorców operatora. Suma poszczególnych rozkładów normalnych liczona po odciętej daje rozkład prawdopodobieństwa analizowanego wskaźnika SAIDI dla pięciu OSD.



Rys. 9. Funkcja gęstości prawdopodobieństwa wskaźnika SAIDIIn wyznaczona za pomocą KDEw gdzie „waga” jest liczba odbiorców (linia przerywana) oraz za pomocą KDE (linia ciągła) pięciu OSD dla roku 2014

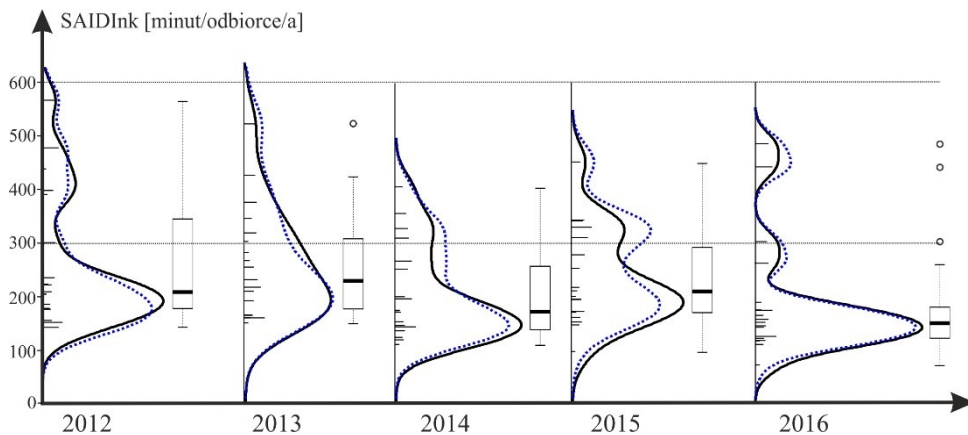
W przypadku estymacji za pomocą KDEw, im większa liczba odbiorców OSD tym większa powierzchnia rozkładu normalnego i tym większy udział w całkowitym rozkładzie wartości. Nic nie stoi na przeszkodzie, aby dla poszczególnych KPI wyznaczyć „wagi” uwzględniające, np.: powierzchnie działania operatora, poziom skablowania sieci, długości linii przypadająca na 1 km<sup>2</sup> powierzchni czy gęstość odbiorców na obszarze działania danego OSD.

Analiza zmienności wskaźników SAIDI oraz SAIFI 19 oddziałów energetycznych za lata 2012-2016

Prezes URE postawił przed OSD ambitne cele, które wynikają z konieczności poprawy poziomu niezawodności krajowego SEE. W przypadku przerw w dostawie energii elektrycznej, zarówno odbiorcy, jak i dostawcy energii elektrycznej tracą wymierne korzyści majątkowe.

Ze względu na odmienny charakter sieci elektroenergetycznych OSD, niewątpliwie celowym jest indywidualne podejście do każdego z nich. Można sądzić, iż określenie celów dotyczących wartości SAIDI i SAIFI przez Prezesa URE powinno być bardziej indywidualne, uwzględniające specyfikę operatora, charakterystykę jego sieci jak i realne możliwości poprawy poziomu niezawodności.

Na rys. 10 przedstawiono analizę zmian wartości wskaźników SAIDIInk analizowanych 19 krajowych oddziałów dystrybucyjnych za pomocą estymatorów jądrowych.



Rys. 10. Zmienność w latach 2012-2016 rozkładu funkcji wskaźnika SAIDInk (przeciętnego czasu trwania przerw nieplanowanych wraz z katastrofalnymi) wyznaczona za pomocą KDE (linia ciągła) i KDEw z wagą  $waga_{odb}$  oraz odpowiadające im wykresy pudełkowe 19 analizowanych oddziałów

Jak widać na rys. 10 badane oddziały uzyskały istotną poprawę wskaźnika SAIDI. Mediana SAIDInk dla roku 2016 wynosiła 151 minut/odb./a w stosunku do ponad 200 minut/odb./a dla roku 2012. Na uwagę zasługuje rok 2014, przyjęty jako bazowy w ustawie jakościowej, który w stosunku do pozostałych można uznać za wyjątkowy (mediana 172 minut/odb./a przy maksymalnej wartości tylko 403 minut/odb./a). W roku 2016 wartości odstające od pozostałych oddziałów uzyskały aż cztery z nich.

Alternatywnie do obowiązującego modelu regulacji jakościowej można zastosować metody nieparametryczne i obliczać kwantyle rozkładów empirycznych badanych wskaźników. Wymaga to jednak bardziej skomplikowanego aparatu matematycznego i konieczności większych nakładów obliczeniowych.

Przedstawiona propozycja analizy porównawczej wskaźników SAIDI i SAIFI poszczególnych OSD dla potrzeb ustawy jakościowej pozwala na wyznaczanie trendu zmian wartości wskaźników niezawodnościowych, a co za tym idzie na prognozowaniu poziomu niezawodności danej sieci dystrybucyjnej w pewnym horyzoncie czasowym.

#### 4.2.6. AMI a analiza niezawodności systemu elektroenergetycznego

W rozdziale 9 monografii zaprezentowano zagadnienia związane z wyznaczaniem wskaźników SAID i SAIFI na podstawie danych z liczników AMI. Analizowana sieć posiada pełną infrastrukturę AMI, zarówno u odbiorców nN jak i w stacjach transformatorowych SN/nN. Przedstawiona analiza obejmowała roczny okres rejestracji zdarzeń i dotyczyła 105 tysięcy zdarzeń zarejestrowanych przez liczniki odbiorców oraz ponad 400 zdarzeń zarejestrowanych przez liczniki bilansujące w stacjach transformatorowych SN/nN. W analizowanym okresie system SCADA sieci SN na badanym obszarze zarejestrował łącznie 148 zdarzeń. Podczas analizy zdarzeń uwzględniono przypadki wymiany liczników, brak synchronizacji zdarzeń poszczególnych liczników oraz systemu SCADA. Rekomenduje się do analizy poziomu niezawodności uwzględniać informacje pochodzące z systemu SCADA jak również dane z liczników bilansujących. Do identyfikacji i lokalizacji lokalnych zdarzeń pojedynczych odbiorców należy analizować szczegółowe informacje z liczników odbiorców, liczników bilansujących oraz systemu SCADA.

#### 4.3. Podsumowanie monografii

Praca niniejsza stanowi podsumowanie wieloletnich badań prowadzonych przez autora na Wydziale Elektrycznym Politechniki Częstochowskiej inspirowanych aktualnością oraz potrzebą głębszej analizy niezawodności krajowego systemu dystrybucyjnego. Zagadnienie to jest szczególnie istotne w ostatnich latach gdy OSD są rozliczani z poziomu niezawodności sieci. Należy także zwrócić uwagę, iż zagadnienia analizy niezawodności krajowych sieci dystrybucyjnych będą kluczowym elementem polityki OSD w kolejnych latach.

Na podstawie własnych doświadczeń, zgromadzonych obszernych danych niezawodnościowych oraz informacji o sieci dystrybucyjnej przeprowadzono analizę niezawodności krajowych sieci

dystrybucyjnych. Zasadniczy materiał statystyczny dotyczy dziewiętnastu oddziałów dystrybucyjnych z lat 2012 – 2014. Dla tego okresu dokonano analizy porównawczej i oceny pracy sieci średniego i niskiego napięcia. Analiza wskaźników SAIDI i SAIFI obejmuje dłuższy okres, tj. lata 2012 – 2017. Według wiedzy autora, analizowane w pracy dane niezawodnościowe stanowią najbardziej obszerny materiał statystyczny dotyczący krajowego SEE, prezentowany w dostępnej literaturze przedmiotowej.

Przedstawiona w pracy metodyka analizy zagadnienia za pomocą metod nieparametrycznych pozwala na analizę wpływu poszczególnych oddziałów na rozkłady wartości wskaźników niezawodnościowych operatora. Zastosowanie estymatorów jądrowych w odniesieniu do analizy niezawodności sieci dystrybucji jest podejściem autorskim. Można sądzić, iż przedstawione metody badawcze umożliwiają wiarygodną analizę złożonych zagadnień niezawodnościowych oraz uzyskanie dokładnych wyników.

Zaprezentowano nową metodykę analizy danych OSD eksploatujących SEE o niejednokrotnie różnych cechach, rodzajach i charakterach pracy sieci elektroenergetycznej. Przedstawione analizy pozwalają na m.in. wyznaczenie obszarów, gdzie w pierwszej kolejności potrzebna jest poprawa niezawodności zasilania odbiorców energii.

Zaprezentowano propozycję analizy porównawczej wskaźników SAIDI i SAIFI poszczególnych OSD dla potrzeb ustawy jakościowej. W odniesieniu do obowiązującej ustawy jakościowej metoda pozwala na wyznaczanie trendu zmian wartości wskaźników niezawodnościowych a co za tym idzie na prognozowaniu poziomu niezawodności danej sieci dystrybucyjnej w pewnym horyzoncie czasowym.

#### 4.4. Elementy nowości w monografii

- a. opracowanie i numeryczna weryfikacja unikalnej bazy danych niezawodnościowych, spełniającej kryteria normalności, braku redundancji i umożliwiającej kierowanie zapytań oraz opracowanie mechanizmów umożliwiających aktualizację zawartości informacyjnej bazy,
- b. przeprowadzenie obszernych badań statystycznych danych wejściowych metodami nieparametrycznymi i wskazanie zalet metod nieparametrycznych w stosunku do metod parametrycznych,
- c. opracowanie nowatorskiej metody analizy danych niezawodnościowych z wykorzystaniem estymatorów jądrowych do oceny niezawodności krajowego systemu elektroenergetycznego,
- d. opracowanie autorskiej metodyki analizy niezawodności metodami nieparametrycznymi z uwzględnieniem „wagi” informacji,
- e. autorska metoda oceny niezawodności krajowego systemu dystrybucyjnego realizowana w sposób syntetyczny na wykresach i tabelach,
- f. opracowanie autorskiej metodyki wyznaczania wskaźników SAIDI, SAIFI i MAIFI na podstawie zdarzeń rejestrowanych w licznikach AMI.

#### **5. Informacja o wykazywaniu się istotną aktywnością naukową realizowaną w więcej niż jednej uczelni, instytucji naukowej, w szczególności zagranicznej.**

Oprócz badań przedstawionych w poprzednim punkcie autor prowadził prace badawcze w innych obszarach nauki, których rezultaty zostały opublikowane i/lub były prezentowane na konferencjach krajowych lub/i międzynarodowych. Do pozostałych osiągnięć naukowo-badawczych, które nie zostały przedstawione w punkcie 4, autor wniosku zalicza:

- udział w stażu w zagranicznym ośrodku naukowym – po doktoracie,
- udział jako główny wykonawca w projekcie badawczym NCN (NN206700) „*Luminescencyjna charakterystyka izolatorów ceramicznych sieci energetycznych średnich i wysokich napięć*” – po doktoracie,

- wykonanie ekspertyzy dla PGED, która dotyczyła audytu „Analiza parametrów technicznych charakteryzujących sieci średniego i niskiego napięcia PGED podlegające audytowi” – po doktoracie,
- udział jako ekspert/główny wykonawca jednego z zadań projektu badawczego NCBR „Platforma zarządzania danymi z zaawansowanej infrastruktury pomiarowej” – po doktoracie,
- pozostałe publikacje nie mające związku z monografią – po doktoracie,
- udział w pracach badawczo-wdrożeniowych dla przedsiębiorstw energetycznych związanych z systemem Centralnej Identyfikacji Zakłóceń – przed doktoratem,
- kierowanie projektem badawczym „Wieloparametrowa metoda prognozowania niezawodności zestyków styczników elektromagnesowych powietrznych prądu przemiennego niskiego napięcia” – przed doktoratem.

Po doktoracie aktywność naukowa autora wniosku w środowisku naukowym przejawiała się między innymi: wieloletnią współpracą z zagranicznym ośrodkiem naukowym (Faculty of Electrical Engineering and Informatics of the Technical University of Košice), aktywnym uczestnictwem w międzynarodowych i krajowych konferencjach naukowych, prowadzeniem wykładów w zagranicznych ośrodkach naukowych w ramach programu Erasmus + Staff Mobility for Teaching, działalnością w ramach Komisji Energetyki PAN Oddział w Katowicach, SEP oddziału w Częstochowie oraz Polskiego Towarzystwa Elektrotechniki Teoretycznej i Stosowanej (PTETiS). Autor wniosku wykonał recenzje dziewięciu artykułów, w tym siedmiu artykułów dla czasopisma Przegląd Elektrotechniczny, jednego artykułu dla Zeszytów Naukowych Wydziału Elektrotechniki i Automatyki Politechniki Gdańskiej oraz jednego artykułu na konferencji zagranicznej.

#### 5.1. Udział w stażu w zagranicznym ośrodku naukowym – po doktoracie

Wnioskodawca odbył trzymiesięczny staż naukowy w zagranicznym ośrodku naukowym – Technická Univerzita v Kosiciach, Fakulta elektrotechniky a informatiky, Slovak Republic (Department of Electric Power Engineering, Faculty of Electrical Engineering and Informatics of the Technical University of Košice).

Okres odbywania stażu naukowego: od dnia 1 września do 30 listopada 2016 r.

Podczas stażu przeprowadzono badania w zakresie analiz porównawczych ciągów sieci średniego napięcia. Wyniki badań zostały opublikowane w pracy [A6 zał. 4].

#### 5.2. Projekt badawczy NCN „Luminescencyjna charakteryzacja izolatorów ceramicznych sieci energetycznych średnich i wysokich napięć” – po doktoracie

W latach 2013-2017 autor wniosku był głównym wykonawcą w projekcie naukowym finansowanym przez NCN (Opus edycja 4) realizowanym dla Wydziału Matematyczno-Przyrodniczego obecnego Uniwersytetu Humanistyczno-Przyrodniczego im. Jana Długosza: „Luminescencyjna charakteryzacja izolatorów ceramicznych sieci energetycznych średnich i wysokich napięć” (NN206700). Celem projektu było określenie defektów izolatorów ceramicznych sieci energetycznych średnich i wysokich napięć z wykorzystaniem termoluminescencji. Materiał do badań z wykorzystaniem termoluminescencji pobrano z izolatorów ceramicznych instalowanych w sieciach energetycznych średnich i wysokich napięć w latach 1980 - 2017. Badany materiał pochodził z różnych części izolatorów ceramicznych. Następnie pobrany materiał proszkowano i wydzielano żądane frakcje. Po odważeniu wymaganej porcji materiału oraz eksperymentalnie dobranej porcji lepszczą, poszczególne próbki prasowano w celu uzyskania zunifikowanych wagowo i ilościowo tabletek do dalszych badań. W celu realizacji zadania, autor zaprojektował i wykonał matryce do sprasowywania sproszkowanego materiału izolatorów ceramicznych. W trakcie dalszych badań zmierzono termoluminescencje naturalną oraz po ekspozycji na promieniowanie beta. W obu przypadkach otrzymano wyraźne piki termoluminescencyjne, powiązane ze strukturą defektową badanych izolatorów (ceramiki). W zakresie temperatur 300–600 K widmo termoluminescencji wykazuje obecność, co najmniej kilku pułapek i centrów rekombinacji, których parametry zależą od rodzaju badanego izolatora. Na podstawie przeprowadzonych badań można stwierdzić, że metoda termoluminescencji może służyć do testów jakościowych izolatorów ceramicznych.

Wyniki realizacji projektu zostały opublikowane w pracy: [A7 zał. 4] oraz były prezentowane na konferencjach naukowych [II.7 zał. 4].

Termin wykonania projektu badawczego: od 16.07.2013 do 15.04.2017

Zleceniodawca: Narodowe Centrum Nauki.

### 5.3. Wykonanie ekspertyzy podlegającej audytowi „Analiza parametrów technicznych charakteryzujących sieci średniego i niskiego napięcia PGED podlegające audytowi” - po doktoracie

W roku 2017 autor wniosku był wykonawcą ekspertyzy dla Politechniki Lubelskiej dotyczącej analizy parametrów technicznych charakteryzujących sieci średniego napięcia Polskiej Grupy Energetycznej Dystrybucja S.A. (PGED). W ramach zleconej pracy wykonano szczegółową analizę parametrów technicznych sieci średniego napięcia poszczególnych oddziałów PGED. Ponadto dla wybranych linii napowietrznych i kablowych średniego napięcia przeprowadzono szczegółową analizę możliwości bilansowania sieci SN na podstawie pomiarów z liczników bilansujących zainstalowanych w stacjach transformatorowych SN/nN.

Wykonana ekspertyza dotyczyła audytu realizowanego dla PGE Dystrybucja S.A., dlatego też żaden fragment pracy nie jest publikowany, stanowiąc własność zleceniodawcy.

Termin wykonania ekspertyzy: 23.02.2017 - 29.09.2017.

Zleceniodawca: Politechnika Lubelska.

### 5.4. Projekt badawczo-rozwojowy NCBR „Platforma zarządzania danymi z zaawansowanej infrastruktury pomiarowej” - po doktoracie

W latach 2017-2018 autor wniosku był wykonawcą w projekcie badawczo-rozwojowym finansowanym przez NCBR dla Tauron Dystrybucja S.A.: „Platforma zarządzania danymi z zaawansowanej infrastruktury pomiarowej”. Projekt był realizowany na podstawie umowy o dofinansowanie nr POIR.01.02.00-00-007/16-00 we współpracy z Future Processing z Gliwic oraz Wydziałem Elektrycznym Politechniki Opolskiej. W ramach projektu zespół z WE PCz wykonał 4 zadania badawcze dotyczące: analizy współczynników jednoczesności w sieci niskiego napięcia, opracowania metod wyznaczania wskaźników sieci SAIDI, SAIFI z wykorzystaniem danych z systemu AMI (w tym zdarzeń z liczników) i liczników bilansujących, badań analitycznych możliwości wykreowania modelowych obciążeń dla różnych charakterów odbiorców oraz stacji SN/nN oraz identyfikacji nielegalnego poboru energii elektrycznej (NPEE) w tym obsługi zdarzeń ingerencji w układ pomiarowy, wykrywanie NPEE na podstawie wyznaczania różnicy bilansowej i metody analizy napięć. Zadania badawcze koncentrowały się na opracowaniu modeli optymalnego przetwarzania, analizy i wnioskowania dla poszczególnych obszarów badawczych. W trakcie badań wyznaczono współczynniki jednoczesności dla wybranych grup odbiorców, wyznaczono wskaźniki SAIDI i SAIFI ustalone na podstawie zarejestrowanych zdarzeń liczników AMI oraz systemu SCADA. Określono typowe dobowe przebiegi obciążeń elektroenergetycznych oraz możliwości wykrywania NPEE na podstawie danych systemu AMI. Uzyskane rezultaty wykonania projektu w postaci opracowanych algorytmów i modeli zostały zweryfikowane i przekazane Tauron Dystrybucja S.A. Raport z realizacji prac badawczo-rozwojowych wraz z załącznikami liczący ponad 850 stron został przekazany zleceniodawcy - prace niepublikowane, stanowiące własność zleceniodawcy. Dalsza implementacja praktyczna opracowanych algorytmów i modeli w środowisku programistycznym do zarządzania danymi z zaawansowanej infrastruktury pomiarowej została powierzona firmie Future Processing. Budżet projektu 4,041 mln zł.

Wykonawcy projektu z ramienia WE PCz: G. Dudek (kierownik projektu)

M. Kornatka, J. Szkutnik, A. Gawlak.

Data zawarcia umowy: 13.12.2016

Termin wykonania projektu: od dnia 4.05.2017 do 30.04.2018

Zleceniodawca: Tauron Dystrybucja S.A.



### 5.5. Inne opublikowane publikacje nie mające związku z monografią - po doktoracie.

Oprócz głównego nurtu badawczego prezentowanego w monografii oraz prac przedstawionych w pkt. 4 autoreferatu, część publikacji autora wniosku dotyczyła innych obszarów badawczych - nie ujętych w monografii.

W publikacji *Metody wyznaczania niezawodności układu mostkowego* [A18 zał. 4] przedstawiono różne metody analizy niezawodności układu mostkowego: metodę dekompozycji, minimalnych przekrojów, minimalnych dróg połączeń oraz metodę macierzy połączeń. Praktyczne zastosowanie programu BlockSim, przedstawiono, wyznaczając niezawodność układu mostkowego modelując rozkłady niezawodności poszczególnych elementów za pomocą klasycznych rozkładów: wykładniczego, normalnego i Weibulla. Wyniki przeprowadzonej analizy przedstawiono na wykresach.

W kilku publikacjach przedstawiono wyniki badań związanych z analizą efektywności pracy sieci dystrybucyjnej - 110 kV, średniego i niskiego napięcia.

We współautorskiej publikacji *Active and Reactive Power Losses in Distribution Transformers* [A1 zał. 4] przedstawiono zagadnienia teoretyczne leżące u podstaw obliczeń mocy czynnej i biernej oraz strat energii w transformatorach SN/nN.

W pracy *Assessment of Working Conditions of 110 kV Line - a Case Study* [M6 zał. 4], z zastosowaniem programu Neplan, dokonano oceny efektywności działania rzeczywistej sieci 110 kV. Na podstawie uzyskanych obliczeń, wyznaczono przepływy mocy czynnej oraz biernej, starty mocy czynnej i biernej oraz stopień obciążenia poszczególnych linii 110 kV. Przeprowadzona analiza pozwoliła na wskazanie linii w których występują największe straty energii, rekomendując praktyczne wnioski modernizacji sieci 110 kV.

We współautorskiej pracy *Comparative Analysis of Operating Conditions in Polish Medium-voltage and 110 kV Networks* [M7 zał. 4], przedstawiono porównanie metodami nieparametrycznymi działania pracy sieci 110 kV oraz średniego napięcia dla 19 krajowych oddziałów energetycznych. Wykonana analiza pozwoliła na kompleksową ocenę efektywności działania poszczególnych oddziałów pod kątem zarówno wielkości energii wprowadzonej do niej, strat procentowych w liniach, gęstości liczby stacji 110kV/SN i gęstości linii SN w stosunku do powierzchni oddziałów energetycznych.

Praca *Energy Losses in Low-Voltage Networks* [M8 zał. 4] dotyczy zagadnień sieci niskiego napięcia. Na podstawie danych 11 krajowych oddziałów energetycznych metodami nieparametrycznymi przedstawiono wielkość energii wprowadzonej do linii niskiego napięcia, poziom strat w liniach, straty jałowe, obciążeniowe oraz całkowite w transformatorach SN/nN.

Kolejnym obszarem badań autora były zagadnienia związane z automatyzacją sieci średniego napięcia w szczególności instalacji w niej reklozerów.

Publikacja *Techniczne i ekonomiczne aspekty instalowania reklozerów w głębi sieci średniego napięcia* [A8 zał. 4] dotyczy analizy wpływu zainstalowania reklozerów na pracę rzeczywistej sieci SN. Przedstawiono wpływ montażu reklozerów na wartości niedostarczonej energii elektrycznej oraz skrócenie czasu lokalizacji zakłóceń w analizowanej sieci SN.

Publikacja *Distribution of SAIDI and SAIFI Indices and the Saturation of the MV Network with Remotely Controlled Switches* [M10 zał. 4] zawiera wyniki analiz obszernych badań wpływu liczby zainstalowanych w sieciach SN zdalnie sterowanych łączników na uzyskiwane w tych sieciach wartości wskaźników SAIDI i SAIFI.

W pracy *Awaryjność sieci elektroenergetycznych średniego napięcia a stopień ich automatyzacji* [M2 zał. 4] wyznaczono rozkłady prawdopodobieństwa wybranych wskaźników awaryjności sieci średniego napięcia badanych operatorów. Przeanalizowano możliwość skrócenia czasu przerw dostaw energii elektrycznej poprzez realizację nowych inwestycji w głębi sieci średniego napięcia, w szczególności poprzez instalowanie w nich łączników sterowanych radiowo i reklozerów.

Praca *Wpływ reklozerów na pracę sieci średniego napięcia* [M3 zał. 4] prezentuje doświadczenia eksploatacyjne po zainstalowaniu 16 reklozerów w ciągach linii napowietrznych. Przedstawiono ocenę wpływu instalacji reklozerów na czas trwania zakłóceń oraz na jej niezawodność.

Pozostałe publikacje dotyczą szerokiego zakresu zagadnień dotyczących sieci elektroenergetycznych jak również generacji rozproszonej, jakości energii elektrycznej, modelu wyłącznika elektroenergetycznego wykonanego dla elektroenergetycznej automatyki

zabezpieczeniowej, skuteczności działania zabezpieczeń ziemnozwarciowych w sieciach SN, sposobów detekcji nielegalnego poboru energii elektrycznej, analizy danych inteligentnych liczników, sieci trankingowej oraz warystorów tlenkowych.

5.6. Projekt badawczy „Wieloparametrowa metoda prognozowania niezawodności zestyków styczników elektromagnesowych powietrznych prądu przemiennego niskiego napięcia” – do doktoratu

W latach 1999-2000 autor był głównym wykonawcą w projekcie badawczym „*Wieloparametrowa metoda prognozowania niezawodności zestyków styczników elektromagnesowych powietrznych prądu przemiennego niskiego napięcia*” finansowanym przez KBN dla Wydziału Elektrycznego Politechniki Wrocławskiej (8T10B 009 16). We współpracy z Ośrodkiem Badawczo Rozwojowym ORAM w Łodzi, w ramach powyższej pracy przeprowadzono badania laboratoryjne zmian wybranych parametrów prognozujących trwałość łączeniową styczników. Realizacja zadania wymagała przeprowadzenia laboratoryjnych badań powstawania uszkodzeń zestyków styczników, wytypowania parametrów prognozujących trwałość zestyków, zbudowania analitycznych oraz symulacyjnych modeli wieloparametrowych niezawodności zestyków oraz metod estymacji ich parametrów na podstawie skróconych badań trwałościowych łączników oraz opracowania programu komputerowego wspomagającego obliczenia. W oparciu o przeprowadzone badania autor opracował wieloparametrową metodę prognozowania trwałości zestyków styczników elektromagnetycznych na podstawie skróconych badań trwałości łączeniowej tych łączników, wykonanych w znormalizowanych warunkach probierczych na losowych próbkach styczników, przedstawioną w rozprawie doktorskiej „*Prognozowanie trwałości zestyków styczników elektromagnetycznych z bieżącej produkcji*” (obroniona z wyróżnieniem w roku 2000). Wyniki badań zostały opublikowane w pracach: [A22, A24, A26, A27 zał. 4] oraz były prezentowane na konferencjach naukowych [II.7 zał. 4].

Termin wykonania projektu: od dnia 1.03.1999 do 31.08.2000

Zleceniodawca: Komitet Badań Naukowych.

5.7. Prace badawczo-wdrożeniowe dla przedsiębiorstw energetycznych związane z systemem Centralnej Identyfikacji Zakłóceń (CIZ)” – przed doktoratem

Po ukończeniu studiów magisterskich, autor wniosku podjął pracę na Wydziale Elektrycznym Politechniki Częstochowskiej (WE PCz) w zespole badawczym doc. dr inż. K. Cieślęwicz. W latach 1989-1993, autor wniosku był wykonawcą w projektach badawczo-wdrożeniowych realizowanych poza jednostką naukową. Badania dotyczyły opracowania koncepcji oraz układu konstrukcji mikroprocesorowego urządzenia do centralnej identyfikacji i lokalizacji zwarć w rozgałęzionej sieci napowietrznej i kablowej średniego napięcia. Wyniki badań naukowych i prac rozwojowych prowadzonych w jednostce były wdrażane w sieciach elektroenergetycznych krajowych OSD. Wykaz wybranych zrealizowanych wdrożeń prac badawczych z udziałem autora znajduje się w załączniku 4, pkt. II.5

Wyniki realizacji badań zostały opublikowane m.in. w pracach: [A28 – A30 zał. 4] oraz były prezentowane na konferencjach promocyjnych i naukowych, w organizacji których autor brał czynny udział [II.8 zał. 4].

Termin wykonywanych prac badawczo-wdrożeniowych: od dnia 1.12.1989 do 01.01.1994

Zleceniodawcy: Przedsiębiorstwa Energetyczne.

6. *Informacja o osiągnięciach dydaktycznych, organizacyjnych oraz popularyzujących naukę lub sztukę.*

**Osiągnięcia dydaktyczne** – po doktoracie

6.1. Swoje oświadczenia naukowe i dydaktyczne przekazywał wyjeżdżając do ośrodków zagranicznych w ramach programu Erasmus + Staff Mobility for Teaching, prowadząc wykłady podczas których prezentował wyniki badań naukowych.

Okres	Formy aktywności	Ośrodek naukowy
29.11.2013 – 06.12.2013	Prowadzenie wykładów, wymiana doświadczeń dydaktycznych, naukowych, zapoznanie się z bazą dydaktyczną.	Faculty of Electrical Engineering and Computer Science, VSB - Technická Universita Ostrava FEI 17 listopadu 15, 708 33 Ostrava - Poruba, Czech Republic
22.04.2014 – 30.04.2014	Prowadzenie wykładów, wymiana doświadczeń dydaktycznych, naukowych, udział w zajęciach laboratoryjnych, zapoznanie się z bazą dydaktyczną.	Department of Electric Power Engineering, Faculty of Electrical Engineering and Informatics of the Technical University of Košice, Mäsiarska 74, 041 20 Košice
11.04.2016 – 15.04.2016	Prowadzenie wykładów, wymiana doświadczeń dydaktycznych oraz naukowych.	Department of Electric Power Engineering, Faculty of Electrical Engineering and Informatics of the Technical University of Košice, Mäsiarska 74, 041 20 Košice
8.05.2017 – 12.05.2017	Prowadzenie wykładów, wymiana doświadczeń dydaktycznych, naukowych, udział w zajęciach laboratoryjnych, zapoznanie się z bazą dydaktyczną.	Universitatea "1 Decembrie 1918", Alba Iulia, 5 Gabriel Bethlen Street, 510009, Alba Iulia, Romania

6.2. Na Wydziale Elektrycznym Politechniki Częstochowskiej, w ramach programu Erasmus prowadził wykłady i laboratoria w języku angielskim dla studentów zagranicznych z przedmiotu „Power protection”. Za opiekę nad studentami zagranicznymi na Wydziale Elektrycznym oraz prowadzenie zajęć dydaktycznych otrzymał w roku 2010 nagrodę zespołową III stopnia Rektora Politechniki Częstochowskiej.

6.3. W latach 2008-2010 wnioskodawca prowadził wykłady i seminaria dla pracowników przedsiębiorstw energetycznych na studiach podyplomowych „Energetyka jutra”, współfinansowanych z funduszy Unii Europejskiej. Projekt ten był realizowany dla kadry zarządzającej i menadżerskiej oddziałów energetycznych obecnego Tauron S.A.

6.4. Autor wniosku jest promotorem łącznie 64 prac inżynierskich i magisterskich oraz recenzentem 42 prac inżynierskich i magisterskich studentów Wydziału Elektrycznego Politechniki Częstochowskiej.

6.5. Kandydat w sposób bardzo istotny rozbudowywał bazę dydaktyczną Wydziału Elektrycznego opracowując nowoczesne stanowiska dydaktyczne. Istniejącą bazę dydaktyczną znajdującą się w Laboratorium Elektroenergetycznej Automatyki Zabezpieczeniowej (laboratorium F018 w budynku WE PCz) rozbudował o nowe stanowiska dydaktyczne. Opracował instrukcje ćwiczeń do tych stanowisk w celu realizacji treści programach m.in. z przedmiotów „Podstawy zabezpieczeń”, „Instalacje elektryczne” oraz „Wybrane zagadnienia z zabezpieczeń”. Opracowane i wykonane przez autora wniosku nowe stanowiska laboratoryjne służą do: badania admitancyjnego zabezpieczenia ziemnozwarciowego typu RYGo, badania zabezpieczenia silników elektrycznych typu EPS, badania cyfrowego przekaźnika zabezpieczeniowego miniMUZ-RT,

badania cyfrowego przekaźnika zabezpieczeniowego miniMUZ-SR, badania cyfrowego urządzenia MUPASZ 2010, badania cyfrowego urządzenia MUPASZ 7U1 do zabezpieczania pól SN, badania zabezpieczenia różnicowego transformatorów KBCH 130, badania terminala cyfrowego UTXvL, badania terminala cyfrowego UTXvZ (kryterium podimpedancyjne), badania zabezpieczenia szyn zbiorczych TSL-6, badania automatyki SZR z wykorzystaniem układu automatyki UAP-2, badania analizatora parametrów sieci wraz z akwizycją danych AS3plus, badania wyłączników namiarowo-prądowych za pomocą walizki serwisowej W-23.

Ponadto wnioskodawca opracował: model wyłącznika współpracującego z EAZ, generator 2 i 5 harmonicznej do badania zabezpieczeń różnicowych transformatora oraz zasilacz prądu stałego 110V do badania automatyki SCO stosowane podczas zajęć laboratoryjnych w Laboratorium Elektroenergetycznej Automatyki Zabezpieceniowej.

6.6. Opracował autorski materiał dydaktyczny do realizacji treści programowych z przedmiotu „Bazy danych” (wykład, projekt oraz laboratorium). Wykonał skrypt dydaktyczny stanowiący zbiór programowanych ćwiczeń komputerowych dotyczących nauki języka SQL oraz obsługi silnika bazodanowego MySQL. Skrypt ten wnioskodawca udostępnia studentom w wersji elektronicznej.

6.7. Zajęcia dydaktyczne dla studentów prowadzone przez kandydata:

Prowadził zajęcia dydaktyczne dla studentów studiów I stopnia, od 1990 – obecnie, Wydział Elektryczny, kierunek Elektrotechnika: Podstawy zabezpieczeń (wykład, laboratorium), Systemy ochrony przeciwporażeniowej i zabezpieczeń (wykład, laboratorium), Zabezpieczenia elektroenergetyczne (wykład, laboratorium), Systemy ochrony przeciwporażeniowej i zabezpieczeń (wykład, laboratorium), Instalacje i zabezpieczenia (wykład, laboratorium), Efektywność rozdziału energii elektrycznej (wykład, seminarium), Pracownia dyplomowa (seminarium).

Prowadził zajęcia dydaktyczne dla studentów studiów II stopnia, od 1990 – obecnie, Wydział Elektryczny, kierunek Elektrotechnika: Cyfrowe algorytmy zabezpieczeń (laboratorium, seminarium), Wybrane zagadnienia z zabezpieczeń (laboratorium, seminarium), Komputerowa identyfikacja i lokalizacja zwarć (seminarium), Efektywność energetyczna w systemie elektroenergetycznym (wykład, seminarium).

Prowadził zajęcia dydaktyczne dla studentów studiów I stopnia, od 1990 – obecnie, Wydział Elektryczny, kierunek Informatyka: Bazy danych (wykład, laboratorium, projekt), Zarządzanie bazami danych (wykład, laboratorium, projekt).

#### **Osiągnięcia organizacyjne** – po doktoracie

6.8. Podczas swojej pracy naukowo-dydaktycznej wnioskodawca pełnił następujące funkcje kierownicze:

Pełniona funkcja	Okres
p.o. Kierownika Zakładu Przesyłu Energii Elektrycznej i Automatyki Systemowej Instytutu Elektroenergetyki WE PCz	01.10.2004 – 31.08.2005
Kierownik Zakładu Przesyłu Energii Elektrycznej i Automatyki Systemowej Instytutu Elektroenergetyki WE PCz	01.06.2006 – 31.08.2008
Kierownik Zakładu Przesyłu Energii Elektrycznej i Automatyki Systemowej Instytutu Elektroenergetyki WE PCz	01.11.2008 – 31.08.2012
Zastępca Dyrektora Instytutu Elektroenergetyki WE PCz	01.10.2012 – 31.08.2016
Zastępca Dyrektora ds. dydaktyki Instytutu Elektroenergetyki WE PCz	01.04.2017 – 31.09.2019

6.9. Autor wniosku brał aktywny udział w organizacji cyklicznej Międzynarodowej Konferencji Naukowej „Prognozowanie w Elektroenergetyce” – w roku 2016 oraz 2018.

W edycji 14th International Scientific Conference Forecasting in Electric Power Engineering, w roku 2018, pełnił funkcję redaktora pomocniczego pokonferencyjnego numeru specjalnego E3S Web of Conferences; do jego zadań należało m.in. prowadzenie korespondencji z autorami i recenzentami oraz przygotowaniu technicznym przyjętych prac do druku zgodnie z wymogami wydawnictwa.

**Osiągnięcia popularyzujące naukę** – po doktoracie

W latach 2008-2010 wnioskodawca prowadził wykłady i seminaria z przedmiotu „Niezawodność systemu elektroenergetycznego” dla pracowników przedsiębiorstw energetycznych - uczestników studiów podyplomowych „Energetyka jutra”.

Od roku 2015 aktywnie promował Wydział Elektryczny Politechniki Częstochowskiej podczas prelekcji organizowanych w szkołach ponadgimnazjalnych, a w roku 2016, pełnił funkcje kierownika zespołu do spraw promocji.

**7. Oprócz kwestii wymienionych w pkt. 1-6, wnioskodawca może podać inne informacje, ważne z jego punktu widzenia, dotyczące jego kariery zawodowej.**

- a. w latach 2002 – 2008 wnioskodawca był członkiem Rady Instytutu Elektroenergetyki Wydziału Elektrycznego Politechniki Częstochowskiej,
- b. od roku 2012 jest przewodniczącym Komisji Kasacyjnej Wydziału Elektrycznego Politechniki Częstochowskiej,
- c. w latach 2012 – 2019 wnioskodawca prowadził hospitacje zajęć dydaktycznych realizowanych przez pracowników Instytutu Elektroenergetyki w ramach pełnionej funkcji Zastępcy Dyrektora Instytutu Elektroenergetyki Wydziału Elektrycznego Politechniki Częstochowskiej,
- d. w roku 2018 pracował w zespole ds. Raportu Oceny Instytucjonalnej Wydziału Elektrycznego Politechniki Częstochowskiej,
- e. wnioskodawca był odpowiedzialny za opracowanie i realizację wielu zamówień publicznych Wydziału Elektrycznego Politechniki Częstochowskiej dotyczących m.in.: zakupu aparatury, mebli do pomieszczeń, modernizacji stołów laboratoryjnych czy remontów pomieszczeń.

***Podsumowanie***

Dotychczasowy dorobek publikacyjny autora wniosku po uzyskaniu stopnia doktora nauk technicznych obejmuje, oprócz przedmiotowej monografii habilitacyjnej także 65 prac naukowych, w tym 38 jednonazwiskowych. 17 prac zostało opublikowanych w recenzowanych, renomowanych czasopismach takich jak Acta Polytechnica Hungarica, Journal of Electrical Engineering, Maintenance and Reliability oraz Przegląd Elektrotechniczny, Acta Energetica, Rynek Energii.

Pozostałe prace ukazały się w recenzowanych materiałach międzynarodowych i krajowych konferencji, m.in. International Scientific Conference on Electric Power Engineering (EPE), International Scientific Symposium on Electrical Power Engineering (Elektroenergetika), International Scientific Conference on Electric Power Forecasting, Zarządzanie energią i teleinformatyka (ZET) czy Krajowa Konferencja „Modelowanie i Symulacja”.

Aktywność naukowa autora wniosku w środowisku naukowym przejawiała się także czynnym uczestnictwem w międzynarodowych konferencjach naukowych m.in. International Scientific Conference on Electric Power Engineering, International Scientific Symposium on Electrical Power Engineering International Scientific Conference on Electric Power Forecasting oraz licznych konferencjach krajowych.

W latach 2016-2018 wnioskodawca był członkiem Komitetu Organizacyjnego cyklicznej konferencji (co dwa lata) International Scientific Conference on Electric Power Forecasting biorąc czynny udział w jej pracach.

Od roku 1989 jest członkiem SEP Oddział w Częstochowie aktywnie uczestnicząc w organizowanych spotkaniach i zebraniach. Wnioskodawca został powołany na kadencje 2016-2019 i 2020-23 na członka Komitetu Energetyki PAN Oddział Katowice, w którym czynnie uczestniczy. Od roku 2018 uczestniczy w pracach Polskiego Towarzystwa Elektrotechniki Teoretycznej i Stosowanej (PTETiS) będąc członkiem Oddziału Częstochowa.

Prace stanowiące dorobek naukowy autora zostały zamieszczone w czasopismach o cyrkulacji krajowej i międzynarodowej, czego efektem są ich cytowania. Baza Scopus indeksuje 25 publikacji, które są cytowane 95 razy, w tym 69 bez autocytowań. Index Hirscha równy 7. Baza Web of Science Core Collection indeksuje 19 publikacji, w tym 12 jednonazwiskowych, wszystkie po doktoracie.

Prace te są cytowane 51 razy, w tym 35 bez autocytowań. Index Hirscha jest równy 5. Sumaryczny Impact Factor (IF) dla publikacji w czasopiśmie z listy JCR wynosi 3,796. Sumaryczna liczba przyznawanych punktów na rok publikacji określonych przez Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego wynosi 437.

Zaangażowanie autora wniosku w pracę naukową, dydaktyczną oraz organizacyjną zostało wyróżnione 7 indywidualnymi i zespołowymi nagrodami Rektora Politechniki Częstochowskiej oraz odznaczeniem państwowym - Medalem Srebrnym za Długoletnią Służbę.

Sumaryczne wskaźniki naukometryczne autora wniosku

Nazwa wskaźnika	Wartość
Sumaryczny Impact Factor (IF) według listy JCR po doktoracie	3,796
Indeks Hirscha według bazy Scopus	7
Liczba publikacji indeksowanych przez bazę Scopus	25
Liczba cytowań publikacji według bazy Scopus (bez autocytowań)	95 (69)
Indeks Hirscha według bazy Web of Science	5
Liczba publikacji indeksowanych przez bazę Web of Science	19
Liczba cytowań publikacji według bazy Web of Science (bez autocytowań)	51 (35)
Sumaryczna liczba pkt. z list MNiSW po doktoracie *	437

Zestawienie osiągnięć naukowych oraz innych aktywności autora wniosku

Nazwa osiągnięcia			Razem
Monografia			1
Rozdziały w monografii naukowej			12
Artykuły w czasopiśmie naukowym			30
Wystąpienia podczas międzynarodowych lub krajowych konferencji naukowych			28
Udział w projektach badawczych KBN, NCBR, NCN jako wykonawca/główny wykonawca (w tym po doktoracie)			3 (2)
Udział w konferencjach naukowych	międzynarodowe	12	28
	krajowe	14	
Udział w komitetach organizacyjnych konferencji	międzynarodowe	2	5
	krajowe	3	
Uczestnictwo w programach europejskich			5
Staż naukowy w zagranicznej instytucji naukowej			1
Udział w programie Erasmus + Staff Mobility for Teaching			4
Członkostwo w towarzystwach naukowym			3
Wykonane ekspertyzy lub inne opracowania na zamówienie			2
Zgłoszenie patentowe			1
Udział w zespołach eksperckich i konkursowych			2
Recenzowanie prac naukowych dla czasopism lub konferencji międzynarodowych			9
Promotorstwo prac magisterskich i inżynierskich			63
Otrzymane nagrody Rektora PCz za działalność naukową lub organizacyjną	indywidualne	2	7
	zespołowe	5	

*Kowatka*  
(podpis wnioskodawcy)