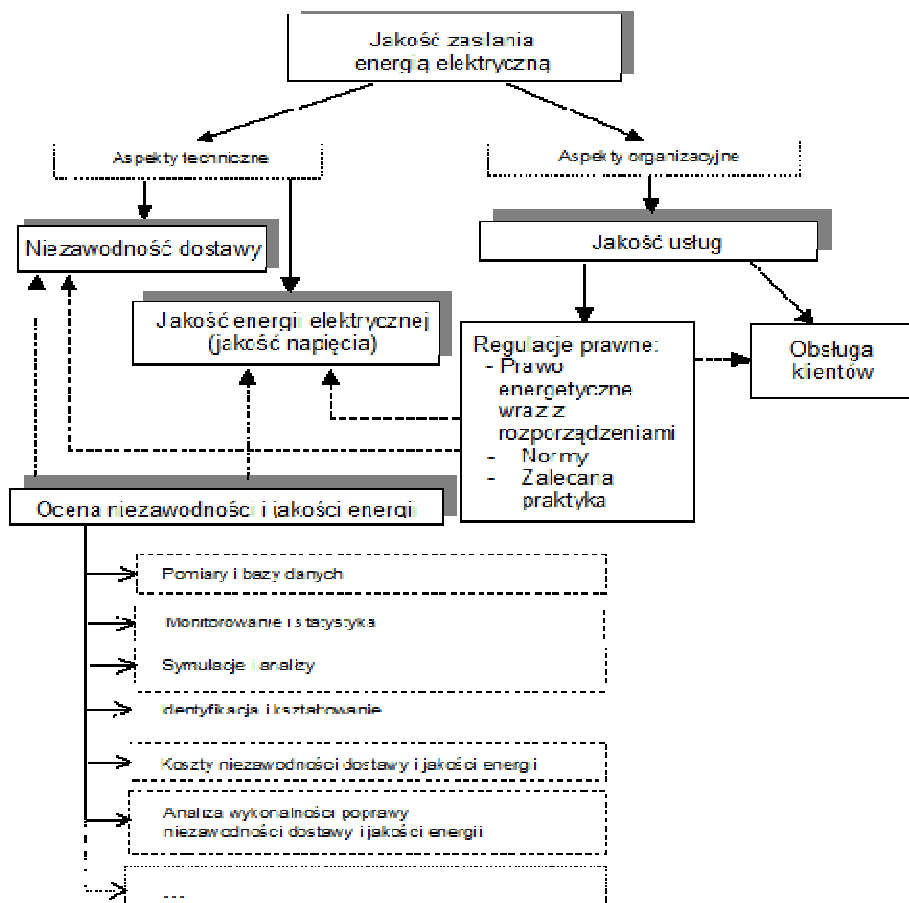


Ocena niezawodności zaopatrzenia m. st. Warszawy w energię elektryczną

1. Wstęp

W warunkach polskiej transformacji ustrojowej i gospodarczej istotne stają się zarówno zarządzanie infrastrukturą elektroenergetyczną, niezawodność zasilania, jak i sposoby zarządzania bezpieczeństwem energetycznym.

Odpowiedzialność za bezpieczeństwo energetyczne wymaga rozpoznania i uwzględnienia charakterystycznych cech podsektorów energii, stopnia ich zaawansowania w rynkowej restrukturyzacji, niezbędności i mobilności zasobów krajowych z punktu widzenia struktury paliw pierwotnych, a także ich podatności na innowacje i znaczący postęp technologiczny i techniczny w niezbyt odległej perspektywie czasowej[2,3,41]. Właściwe jest zatem mówienie o jakości dostaw energii elektrycznej, jakości zasilania energią elektryczną, czy też o jakości zaopatrywania odbiorców w energię elektryczną. Problem jakości zaopatrywania odbiorców w energię elektryczną można podzielić na trzy zagadnienia (rys. 1[2,3]).



Rys. 1. Relacje między niezawodnością dostawy i jakością dostarczonej energii(wg J.Paski[2])

Włączanie niezawodności dostawy do cech jakościowych energii elektrycznej a zatem utożsamianie jakości energii z jakością zasilania jest błędne, ponieważ czym innym jest proces dostarczania "towaru" (energii elektrycznej), charakteryzowany przez jakość jego realizacji - niezawodność; a czym innym są istotne parametry tego towaru, określające przez swoje wartości jego jakość – tj. jakość energii elektrycznej [2,3].

2. Ogólna charakterystyka zasilania Warszawy w energię elektryczną

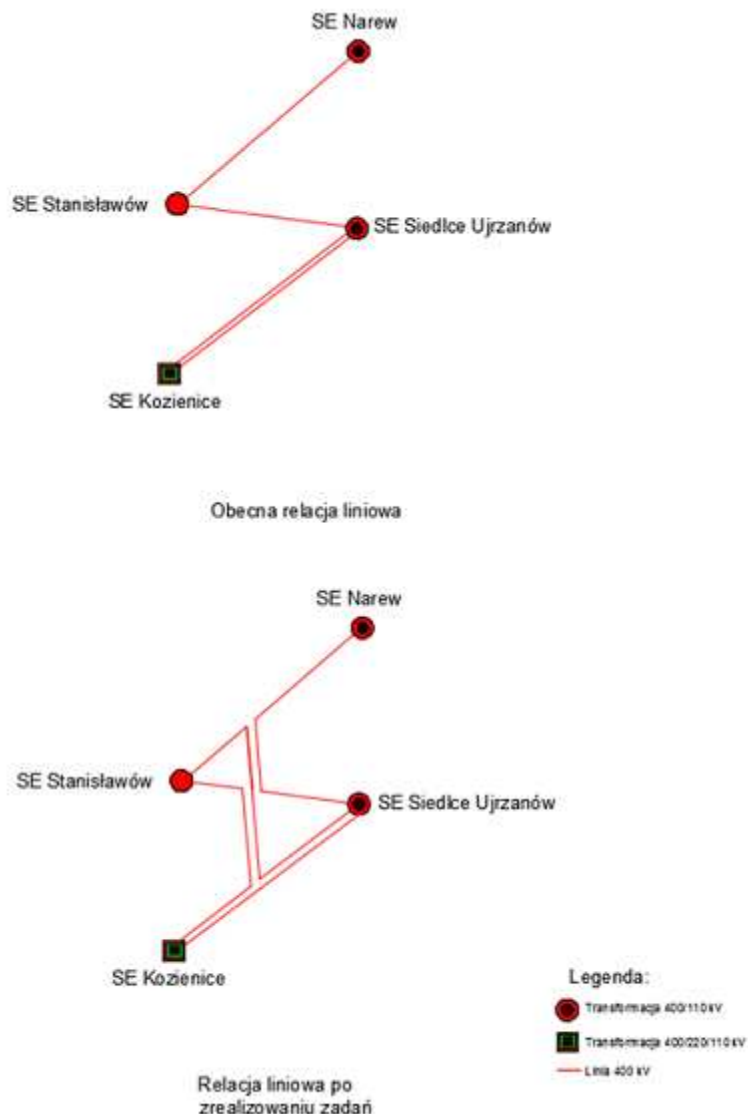
Miasto stołeczne Warszawa stolica kraju i [województwa mazowieckiego](#), jest największym miastem w Polsce [pod względem liczby ludności](#) (1 753 977 mieszkańców, stan na 1 stycznia 2017) i [powierzchni](#) (517,24 km² łącznie z Wisłą, stan na 1 stycznia 2017)[16].

Warszawa jest ośrodkiem naukowym, kulturalnym, politycznym oraz gospodarczym na skalę europejską. Tutaj znajdują się siedziby [Prezydenta](#), [Sejmu](#) i [Senatu](#), [Rady Ministrów](#), [Narodowego Banku Polskiego](#) oraz innych instytucji i władz centralnych.

Warszawa jest strategicznym węzłem elektroenergetycznym zasilanym z pierścienia warszawskiego siecią NN, jak pokazano na rys.2 (przy czym na rysunku nie pokazano stacji elektroenergetycznej SE Ołtarzew; ponadto stacja SE Towarowa jest zasilana dwiema liniami 220 kV, lecz jedna pracuje jako linia 110kV w koordynacji z PSE).



Rys.2. Ogólny schemat zasilania elektroenergetycznego i planowane linie przesyłowe poprawiające zasilanie WWE (wg Budowa linii 400 kV wraz ze zmianą układu sieci NN pomiędzy Aglomeracją Warszawską a Siedlcami – część II. Program funkcjonalno- użytkowy) [wg4,5]



Rys.3. Schemat linii przesyłowych poprawiających zasilanie WWE (wg Budowa linii 400 kV wraz ze zmianą układu sieci NN pomiędzy Aglomeracją Warszawską a Siedlcami – część II. Program funkcjonalno- użytkowy)

Szczególnego potraktowania wymaga sytuacja elektroenergetycznej m.st. Warszawy, która w zakresie możliwości zabezpieczenia mocy zasilających przedstawia się następująco (vide: Analiza bezpieczeństwa zasilania odbiorców w m.st. Warszawie wykonanej w ramach corocznego monitorowania realizacji uchwały: „Polityka energetyczna m.st. Warszawy do 2020 r.”): występuje brak rezerwy w źródłach zasilających system dystrybucyjny Warszawy latem a konkretnie w sieciach przesyłowych Krajowego Systemu Elektroenergetycznego. Trudną sytuację w Warszawie należy widzieć w korelacji z krajową sytuacją energetyczną. Bezpieczeństwo energetyczne miasta opierającego się latem w 80% na mocy dostarczonej spoza aglomeracji, nie może być lepsze niż całego Krajowego Systemu

Elektroenergetycznego(KSE). Przykładowo 27 września 2016 roku Operator Systemu Przesyłowego (OSP) nie dysponował żadną rezerwą mocy. Ponadto w ciągu całego roku wystąpiły jeszcze dwa dni z rezerwą mocy poniżej 2% oraz 10 dni z rezerwą poniżej 4%. W 2016 roku Operator KSE nie posłużył się, jak w roku 2015, procedurą ograniczania poboru mocy poprzez wprowadzenie stopni zasilania. W bieżącym roku (w styczniu) odnotowano rezerwę mocy na poziomie 4 MW przy poziomie zapotrzebowania na poziomie ok. 25 000 MW. Do listopada 2017 r. wystąpiło 29 incydentów o rezerwie mocy poniżej 2%. Niskim wartościom rezerw mocy towarzyszyły bardzo wysokie ceny rozliczeniowe na rynku bilansującym. Zgodnie z planami PSE uruchomienie nowych linii przesyłowych 400 kV poprawiających zasilanie Warszawskiego Węzła Elektroenergetycznego (WWE) przez ciąg Kozienice- Siedlce – Stanisławów – Miłosna (vide: rys.3,4) jest realne w roku 2021. Zatem szczególnego znaczenia nabiera jak najszybsze wybudowanie nowego bloku gazowo-parowego w EC Żerań, który zwiększy poziom samowystarczalności elektroenergetycznej miasta. Wewnątrz systemu dystrybucyjnego są obserwowane lokalne obszary deficytu mocy, co wyraża się, co prawda sporadyczną, ale jednak odmową przyłączenia odbiorców lub przesunięciem terminu ich przyłączenia. Mimo sumarycznie wysokich rezerw w roku 2016 w transformacji 110/15 kV wynoszących 126% i 105% w transformacji 15/0,4 kV, występują nierówności/różnice terytorialne i występują obszary, w których te rezerwy są niewystarczające.

Na podstawie przekazanych przez PSE danych oraz informacji od innych przedsiębiorstw energetycznych działających w mieście, bilans mocy, z założonymi normatywnymi poziomami napięć dla m.st. Warszawy jako elementu WWE (zestawiony na podstawie danych o maksymalnym wykorzystaniu linii przesyłowych 400 kV i 220 kV) pokazuje, że rezerwa lokuje się około zera MW. Nie była to oczywiście analiza prądowo-napięciowa, gdyż do wykonania takiej analizy Urząd m.st.Warszawy nie ma ani narzędzi obliczeniowych, ani danych pomiarowych.

Odbiorcy energii elektrycznej (oprócz dzielnicy Wesoła) zasilani są głównie z sieci dystrybucyjnej innogy Stoen Operator (dzielnica Wesoła jest zasilana siecią PGE Dystrybucja O/Warszawa). innogy Stoen Operator zarządza siecią elektroenergetyczną stolicy i realizuje zadania operatora systemu dystrybucyjnego (rys.4 [1,4,5]).

Sieć elektroenergetyczna pod względem obszarowym nie jest rozległa, jednak OSD dostarcza energię do prawie **979** tys. Klientów (978 628). Dokonując wielu modernizacji i inwestycji w nowe obiekty Operator posiada najnowocześniejszą sieć dystrybucyjną w Polsce mogącą sprostać rosnącym wymaganiom klientów [1].

Z kolei PGE Dystrybucja O/Warszawa zasila w energię elektryczną jedynie odbiorców Wesołej. Ze względu na rozwój aglomeracji warszawskiej przedstawione dane ciągle ulegają zmianie, sieć jest stale rozbudowywana i modernizowana, co pozwala na utrzymywanie wysokich standardów dostaw energii do wszystkich klientów.



Rys. 4. Obszar działania Innogy Operator[1,4,5]

Sieć elektroenergetyczna pod względem obszarowym nie jest rozległa, jednak OSD dostarcza energię do prawie **979** tys. Klientów (978 628). Dokonując wielu modernizacji i inwestycji w nowe obiekty Operator posiada najnowocześniejszą sieć dystrybucyjną w Polsce mogącą sprostać rosnącym wymaganiom klientów [1].

Z kolei PGE Dystrybucja O/Warszawa zasila w energię elektryczną jedynie odbiorców Wesołej. Ze względu na rozwój aglomeracji warszawskiej przedstawione dane ciągle ulegają zmianie, sieć jest stale rozbudowywana i modernizowana, co pozwala na utrzymywanie wysokich standardów dostaw energii do wszystkich klientów.

Zapotrzebowanie na moc elektryczną godzinową dla typowej doby okresu jesiennego obrazuje tabl.1 a dla statystycznie najzimniejszej doby zimowej – tabl.2.

Tabl.1. Zapotrzebowanie na moc elektryczną dla typowej doby okresu jesiennego [wg 1]

Zapotrzebowanie min:	677.621 MW
Zapotrzebowanie max:	1044.216 MW
Średnie zapotrzebowanie:	872.738 MW

Tabl.2. Zapotrzebowanie na moc elektryczną dla statystycznie najzimniejszej doby zimowej [1]

Zapotrzebowanie min:	701.651 MW
Zapotrzebowanie max:	1241.168 MW
Średnie zapotrzebowanie:	1016.405 MW

Jak wynika z zestawień mocy godzinowej maksymalne zapotrzebowanie to poziom ok.1242 MW. W obecnych warunkach eksploatacji sieci możliwości przyłączania nowych odbiorców są określane przez Operatorów Systemów Dystrybucyjnych w koordynacji z OSP.

1. Niezawodność zasilania m.st. Warszawy w energię elektryczną

3.1 Uwagi ogólne

Do oceny niezawodności zasilania m.st. Warszawy w energię elektryczną są przydatne wskaźniki niezawodności dostaw. Wskaźniki niezawodności dostaw energii jak również standardy jakościowe obsługi odbiorców w Polsce określa rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 4 maja 2007 r. w sprawie szczegółowych warunków funkcjonowania systemu elektroenergetycznego (Dz. U. Nr 93, poz. 623). W rozdziale 10. tego rozporządzenia określone są parametry napięcia zasilającego (dopuszczalne odchylenia częstotliwości i napięcia, współczynniki odkształcenia napięcia, zawartość poszczególnych harmonicznych), dopuszczalny łączny czas wyłączeń awaryjnych w roku oraz maksymalny czas trwania jednorazowej przerwy w dostarczaniu energii elektrycznej. Ponadto, § 42 rozporządzenia określa zestaw standardów jakościowych obsługi odbiorców (dotyczących m.in. przyjmowania reklamacji, usuwania zakłóceń, udzielania informacji).

Wymagania dotyczące napięcia dostarczanej energii elektrycznej znajdują się w normie EN 50160. Dla oceny bezpieczeństwa elektroenergetycznego Warszawy przedstawiono wyniki analizy porównania wskaźników niezawodności dotyczących czasu trwania, częstości przerw w dostarczaniu energii elektrycznej, niedostarczonej energii - odzwierciedlających tym samym poziom funkcjonowania elementów systemu, opracowane w Biurze Infrastruktury Urzędu m.st. Warszawy [4,5].

3.2 Zagadnienia formalno – prawne dotyczące niezawodności zasilania [4,5]

Niezawodność zasilania zależy od wielu czynników, z których najważniejsze to stan lokalnego bezpieczeństwa energetycznego, tj. zdolność do zaspokojenia potrzeb energetycznych na szczeblu lokalnych społeczności.

Gminna administracja samorządowa jest odpowiedzialna za zapewnienie energetycznego bezpieczeństwa lokalnego, w szczególności w zakresie zaspokojenia zapotrzebowania na energię elektryczną (...). Celem perspektywnym miasta wynikającym z Polityki Energetycznej m. st. Warszawy do 2020r. przyjętej uchwałą Nr LXIX/2063/2006 Rady m.st. Warszawy z dnia 27 lutego 2006 r. jest zapewnienie odpowiedniego poziomu życia i standardu zasilania mieszkańców w energię i paliwa, w warunkach zrównoważonego rozwoju, (...), równoważenia interesów przedsiębiorstw energetycznych i ich klientów.

Dla zrealizowania powyższego celu konieczne jest wykorzystywanie wszelkich możliwości i środków planistycznych, organizacyjnych i koordynacyjnych, w celu zwiększenia pewności zasilania Miasta w energię elektryczną [6,4,5].

Zagadnienia związane z jakością dostaw energii elektrycznej mają odzwierciedlenie w ustawie z dnia 10 kwietnia 1997 r. – Prawo energetyczne (Dz. U. Nr 54, poz. 348 z późn. zm.). Zgodnie z jej art. 8 ust. 1, Prezes URE rozstrzyga sprawy sporne dotyczące ustalenia warunków świadczenia usług, o których mowa w art. 4 ust. 2, które to świadczenie nie może obniżać niezawodności dostarczania oraz jakości energii elektrycznej poniżej poziomu określonego odrębnymi przepisami. Artykuł 5 ust. 2 tej ustawy mówi, iż umowa o dostarczanie energii powinna zawierać co najmniej postanowienia dotyczące jakości, niezawodności i ciągłości dostarczania energii. Ponadto, do kompetencji Prezesa URE należy, zgodnie z art. 23 ust. 2 pkt 4 ustawy – Prawo energetyczne, kontrolowanie parametrów jakości dostaw i obsługi odbiorców w zakresie obrotu energią elektryczną[5].

Wskaźniki niezawodności dostaw energii jak również standardy jakościowe obsługi odbiorców w Polsce określa także rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 4 maja 2007 r. w sprawie szczegółowych warunków funkcjonowania systemu elektroenergetycznego (Dz. U. Nr 93, poz. 623). W rozdziale 10 tego rozporządzenia określone są parametry napięcia zasilającego (dopuszczalne odchylenia częstotliwości i napięcia, współczynniki odkształcenia napięcia, zawartość poszczególnych harmoniczných), dopuszczalny łączny czas wyłączeń awaryjnych w roku oraz maksymalny czas trwania jednorazowej przerwy w dostarczaniu energii elektrycznej. Ponadto, § 42 rozporządzenia określa zestaw standardów jakościowych obsługi odbiorców (dotyczących m.in. przyjmowania reklamacji, usuwania zakłóceń, udzielania informacji) [7,4,5].

W analizie porównano wskaźniki dominującego w Warszawie Operatora Systemu Dystrybucyjnego innogy Stoen Operator Sp. z o.o. oraz PGE Dystrybucja S.A. Oddział Warszawa (zasilającego Wesołą) ze wskaźnikami głównych Operatorów Systemów Dystrybucyjnych (OSD) w kraju [1,4,5]. Porównania dokonano za okres miniony ,wszędzie tam , gdzie były dostępne kompletne dane źródłowe [5].

4. Ocena niezawodności zasilania Warszawy w energię elektryczną

[4,5, 7,8,9,10,11,12,13]

4.1.Uwagi ogólne

Zgodnie ze zmianami w Rozporządzeniu MINISTRA GOSPODARKI z dnia 4 maja 2007 r. w sprawie szczegółowych warunków funkcjonowania systemu elektroenergetycznego (DZ.U. Nr 93, poz 623 oraz z 2008 r Nr 30, poz 178 oraz nr 162, poz 1005) w sprawie szczegółowych warunków funkcjonowania systemu elektroenergetycznego, wprowadzonymi w dniu 21.08.2008 r., operatorzy systemu przesyłowego i dystrybucyjnego w terminie do 31 marca każdego roku są zobowiązani do podania do publicznej wiadomości wskaźniki dotyczące czasu trwania przerw w dostarczaniu energii elektrycznej, wyznaczone dla poprzedniego roku kalendarzowego. Są to wskaźniki dotyczące czasu trwania przerw w dostarczaniu energii elektrycznej wyznaczone dla poprzedniego roku kalendarzowego [4,5]:

- 1) **SAIDI - wskaźnik przeciętnego systemowego czasu trwania przerwy długiej i bardzo długiej**, wyrażony w minutach na odbiorcę na rok, stanowiący sumę iloczynów czasu jej

trwania i liczby odbiorców narażonych na skutki tej przerwy w ciągu roku podzieloną przez łączną liczbę obsługiwanych odbiorców,

2) **SAIFI - wskaźnik przeciętnej systemowej częstości przerw długich i bardzo długich**, stanowiący liczbę odbiorców narażonych na skutki wszystkich tych przerw w ciągu roku podzieloną przez łączną liczbę obsługiwanych odbiorców

- wyznaczone oddzielnie dla przerw planowanych i nieplanowanych z uwzględnieniem przerw katastrofalnych oraz bez uwzględnienia tych przerw;

3) **MAIFI - wskaźnik przeciętnej częstości przerw krótkich**, stanowiący liczbę odbiorców narażonych na skutki wszystkich przerw krótkich w ciągu roku podzieloną przez łączną liczbę obsługiwanych odbiorców.

Istotne jest, aby dla każdego wskaźnika podać liczbę obsługiwanych odbiorców przyjętą do jego wyznaczenia. Wskaźniki SAIFI i MAIFI wyznaczone są oddzielnie dla przerw planowanych i nieplanowanych, z uwzględnieniem przerw katastrofalnych oraz bez uwzględnienia tych przerw, przy czym:

- **przerwy planowane** - wynikające z programu prac eksploatacyjnych sieci elektroenergetycznej; czas trwania tej przerwy jest liczony od momentu otwarcia wyłącznika do czasu wznowienia dostarczania energii elektrycznej;
- **przerwy nieplanowane** - spowodowane wystąpieniem awarii w sieci elektroenergetycznej, przy czym czas trwania tej przerwy jest liczony od momentu uzyskania przez przedsiębiorstwo energetyczne zajmujące się przesyłaniem lub dystrybucją energii elektrycznej informacji o jej wystąpieniu do czasu wznowienia dostarczania energii elektrycznej.

Zgodnie z zapisami §40 ust.2 Rozporządzenia Ministra Gospodarki z dnia 21 sierpnia 2008r. zmieniającego rozporządzenie w sprawie szczegółowych warunków funkcjonowania systemu elektroenergetycznego, przerwy w dostarczaniu energii elektrycznej w zależności od czasu ich trwania dzieli się na przerwy[4,5]:

- 1) przemijające (mikroprzerwy), trwające nie dłużej niż 1 sekundę;
- 2) krótkie, trwające dłużej niż 1 sekundę i nie dłużej niż 3 minuty;
- 3) długie, trwające dłużej niż 3 minuty i nie dłużej niż 12 godzin;
- 4) bardzo długie, trwające dłużej niż 12 godzin i nie dłużej niż 24 godziny;
- 5) katastrofalne, trwające dłużej niż 24 godziny.

Wskaźniki posłużyły do oceny kompleksowej niezawodności zasilania Warszawy przy uwzględnieniu wskaźników systemowych KSE, takich jak[4,5]:

ENS – wskaźnik energii elektrycznej niedostarczonej przez system przesyłowy elektroenergetyczny, wyrażony w MWh na rok, stanowiący sumę iloczynów mocy niedostarczonej wskutek przerwy i czasu trwania tej przerwy, obejmujący przerwy krótkie, długie, bardzo długie z uwzględnieniem przerw katastrofalnych i bez uwzględnienia tych przerw;

AIT – wskaźnik średniego czasu trwania przerwy w systemie przesyłowym elektroenergetycznym, wyrażony w minutach na rok, stanowiący iloczyn liczby 60 i wskaźnika energii niedostarczonej przez system przesyłowy elektroenergetyczny (ENS)

podzielony przez średnią moc dostarczoną przez system przesyłowy elektroenergetyczny wyrażoną w MW.

5.2. Wskaźniki niezawodności RWE Stoen Operator (obecnie innogy Stoen Operator) [4,5]

Poniżej zestawiono w tabl.3-6 przedstawiono odpowiednio wskaźniki niezawodności w badanym okresie (2016 w odniesieniu do 2013) dla innogy Stoen Operator i PGE Dystrybucja.

Tabl.3. Wskaźniki przerw - dane za 2013 rok RWE(obecnie Innogy Operator)[4,5]

Wskaźnik	Przerwy planowane	Przerwy nieplanowane	Przerwy łączne
SAIDI bez katastrofalnych (min)	18,30	74,60	92,89
SAIDI z przerwami katastrofalnymi (min)	19,17	76,89	96,06
SAIFI bez przerw katastrofalnych	0,1285	1,4681	1,5965
SAIFI z przerwami katastrofalnymi		1,4737	
MAIFI	0,00	0,5482	0,5482
Liczba klientów		948317	

Tabl. 4. Wskaźniki przerw - dane za 2016 rok innogy Stoen Operator [4,5]

Wskaźnik	Przerwy planowane	Przerwy nieplanowane	Przerwy łączne
	SAIDI bez przerw katastrofalnych (min)	12,55	58,30
SAIDI z przerwami katastrofalnymi (min)	15,84	61,40	77,24
SAIFI bez przerw katastrofalnych	0,13	0,88	1,01
SAIFI z przerwami katastrofalnymi		0,89	
MAIFI	0.00	0,55	0,55
Liczba klientów		978 628	

Tabl.5. Wskaźniki przerw - dane za 2012 rok PGE Dystrybucja [4,5]

Wskaźniki	Typ przerwy	z uwzględnieniem przerw katastrofalnych	bez uwzględnienia przerw katastrofalnych
SAIDI	Planowane	196,02	196,02
	Nieplanowane	334,50	318,09
SAIFI	Planowane	0,84	0,84
	Nieplanowane	3,72	3,70
MAIFI		3,97	
Liczba obsługiwanych odbiorców		5 164 746	

Tabl.6. Wskaźniki przerw - dane za 2013 rok PGE Dystrybucja [4,5]

Wskaźniki	Typ przerwy	z uwzględnieniem przerw katastrofalnych	bez uwzględnienia przerw katastrofalnych
SAIDI	Planowane	184,14	184,14
	Nieplanowane	343,37	315,93
SAIFI	Planowane	0,72	0,72
	Nieplanowane	3,80	3,77
MAIFI		3,82	
Liczba obsługiwanych odbiorców		5 193 721	

Szczególne znaczenia nabiera zagadnienie zapewnienia bezpieczeństwa elektroenergetycznego Warszawskiego Węzła Elektroenergetycznego

Dla oceny bezpieczeństwa elektroenergetycznego Warszawy dokonano analizy porównania wskaźników niezawodności dotyczących czasu trwania, częstości przerw w dostarczaniu energii elektrycznej, niedostarczonej energii - odzwierciedlających tym samym poziom funkcjonowania elementów systemu, czyli niezawodność systemu elektroenergetycznego Warszawskiego Węzła Elektroenergetycznego (WWE). W analizie porównano wskaźniki dominującego w Warszawie Operatora Systemu Dystrybucyjnego tj. Innogy Operator Sp.z o.o. wskaźnikami głównych Operatorów Systemów Dystrybucyjnych (OSD) w kraju [1]. Porównania dokonano za 2013 rok, gdzie dysponowano pełnymi danymi. Rezultaty porównań zestawiono tabelarycznie (tabl.7) .

Tabl.7.Porównanie wskaźników niezawodności [wg 4,5]

	2013
SAIDI RWE(obecnie Innogy)	74,6
SAIDI PGE	315,93
SAIDI ENEA	353,5
SAIDI ENERGA	235,7
SAIDI TAURON	192,9

Wartość wskaźnika **SAIDI** operatora systemu dystrybucyjnego elektroenergetycznego RWE Stoen Operator Sp. z o.o. (obecnie Innogy) tj. wskaźnika przeciętnego systemowego czasu trwania przerwy długiej (trwającej dłużej niż 3 minuty i nie dłużej niż 12 godzin) - przerwy nieplanowane (spowodowanej wystąpieniem awarii w sieci elektroenergetycznej) - bez przerw katastrofalnych (bez uwzględnienia przerw trwających dłużej niż 24 godziny) dla 2013 roku wyniosła 74,60 min., zaś w 2016 roku 58,30 min.[4,5].

Podsumowując, wartość powyższego wskaźnika SAIDI - przeciętnego systemowego czasu trwania przerwy długiej - przerwy nieplanowane - bez przerw katastrofalnych dla odbiorców w Stolicy jest niższa niż wartość analizowanego parametru w innych miastach Polski co świadczy o stabilnym poziomie bezpieczeństwa elektroenergetycznego w Warszawskim Węźle Elektroenergetycznym (WWE) i w samej Warszawie[4,5].

Tabl. 8. Porównanie wskaźników niezawodności [wg 4,5]

	2013
SAIDI RWE(obecnie Innogy)	18,3
SAIDI PGE	184,14
SAIDI ENEA	127,39
SAIDI ENERGA	71,1
SAIDI TAURON	159,69

Wartość **SAIDI** operatora systemu dystrybucyjnego elektroenergetycznego RWE Stoen Operator Sp. z o.o. (obecnie Innogy Operator) - **wskaźnika przeciętnego systemowego czasu trwania przerwy długiej** (trwającej dłużej niż 3 minuty i nie dłużej niż 12 godzin) - **przerwy planowane** (wynikające z programu prac eksploatacyjnych sieci elektroenergetycznej) - **bez przerw katastrofalnych** (trwających dłużej niż 24 godziny) wyniosła 18,30 min. w roku 2013 [4,5], zaś w 2016 roku - 12,55 min.

Podsumowując, wartość powyższego parametru SAIDI - przeciętnego systemowego czasu trwania przerwy długiej - przerwy planowane - bez przerw katastrofalnych dla odbiorców w Stolicy jest niższa niż wartość analizowanego parametru w innych miastach Polski, co świadczy o stabilnym poziomie bezpieczeństwa elektroenergetycznego w Warszawskim Węźle Elektroenergetycznym (WWE) i w samej Warszawie [4,5].

Tabl.9. Porównanie wskaźników niezawodności [wg 4,5]

	2013
SAIDI RWE(obecnie Innogy Operator)	76,89
SAIDI PGE	343,37
SAIDI ENEA	415,33
SAIDI ENERGA	283,9
SAIDI TAURON	196,16

Wartość **SAIDI** operatora systemu dystrybucyjnego elektroenergetycznego RWE Stoen Operator Sp. z o.o.(obecnie Innogy Operator) - **Wskaźnika przeciętnego systemowego czasu trwania przerwy długiej** (trwające dłużej niż 3 minuty i nie dłużej niż 12 godzin) - **przerwy nieplanowane** (spowodowane wystąpieniem awarii w sieci elektroenergetycznej) - **z uwzględnieniem przerw katastrofalnych** (trwających dłużej niż 24 godziny) wyniosła w 2013 roku 76,89 min. na mieszkańca Warszawy[4,5],zaś w 2016 roku – 61,40 min.

Podsumowując, wartość powyższego parametru SAIDI - **przeciętnego systemowego czasu trwania przerwy długiej - przerwy nieplanowane - z uwzględnieniem przerw katastrofalnych** dla odbiorców w Stolicy jest niższa niż wartość analizowanego parametru w innych miastach Polski co świadczy o stabilnym poziomie bezpieczeństwa elektroenergetycznego w Warszawskim Węźle Elektroenergetycznym (WWE) i w samej Warszawie[4,5].

Tabl.10. Porównanie wskaźników niezawodności [wg 4,5]

	2013
SAIFI RWE(obecnie Innogy)	1,4681
SAIFI PGE	3,77
SAIFI ENEA	4,18
SAIFI ENERGA	2,92
SAIFI TAURON	2,98

Wartość **SAIFI [4,5]** operatora systemu dystrybucyjnego elektroenergetycznego RWE Stoen Operator Sp. z o.o. (obecnie innogy Stoen Operator) - **wskaźnika przeciętnej systemowej częstości przerw długich** (trwającej dłużej niż 3 minuty i nie dłużej niż 12 godzin) - **przerwy nieplanowane** (spowodowanej wystąpieniem awarii w sieci elektroenergetycznej) **bez przerw katastrofalnych** (trwających dłużej niż 24 godziny) [ilość przerw/odb/rok] w roku 2013 wyniosła 1,4681 ilości przerw na odbiorcę w Warszawie [ilość przerw/odb/rok], zaś w 2016 roku – 0,88.

Podsumowując, wartość powyższego parametru SAIFI - przeciętnej systemowej częstości przerw długich - przerwy nieplanowane bez przerw katastrofalnych wyrażonego w [ilość przerw/odb/rok] dla odbiorców w Stolicy podobnie jak przy ocenie wskaźnika SAIDI jest niższa niż wartość analizowanego parametru w innych miastach Polski co dowodzi o stabilnym poziomie bezpieczeństwa elektroenergetycznego w Warszawskim Węźle Elektroenergetycznym (WWE) i w samej Warszawie [4,5].

Tabl.11. Porównanie wskaźników niezawodności [wg 4,5]

	2013
SAIFI RWE(obecnie Innogy)	0,1285
SAIFI PGE	0,72
SAIFI ENEA	0,51
SAIFI ENERGA	0,42
SAIFI TAURON	0,76

Wartość **SAIFI** operatora systemu dystrybucyjnego elektroenergetycznego RWE Stoen Operator Sp. z o.o. (obecnie Innogy)- **Wskaźnika przeciętnej systemowej częstości przerw długich** (trwającej dłużej niż 3 minuty i nie dłużej niż 12 godzin) - **przerwy planowane** (wynikające z programu prac eksploatacyjnych sieci elektroenergetycznej) **bez przerw katastrofalnych** (bez uwzględnienia przerw trwających dłużej niż 24 godziny) **[ilość przerw/odb/rok]** w 2013 roku wyniosła 0,13 ilości przerw na mieszkańca Warszawy [ilość przerw/odb/rok] , zaś w roku 2016 – również 0,13.

Podsumowując, wartość powyższego wskaźnika SAIFI - przeciętnej systemowej częstości przerw długich - przerwy planowane bez przerw katastrofalnych [ilość przerw/odb/rok] dla odbiorców w Stolicy porównywalnie jak przy ocenie wskaźnika SAIDI jest niższa niż wartość analizowanego parametru w innych miastach Polski co przekłada się na stabilny poziom bezpieczeństwa elektroenergetycznego w Warszawskim Węźle Elektroenergetycznym (WWE) i w samej Warszawie[4,5].

Tabl.12. Porównanie wskaźników niezawodności [wg 4,5]

	2013
SAIFI RWE(obecnie InnogyOperator)	1,4737
SAIFI PGE	3,8
SAIFI ENEA	4,21
SAIFI ENERGA	2,95
SAIFI TAURON	2,99

Wartość wskaźnika **SAIFI [4,5]** operatora systemu dystrybucyjnego elektroenergetycznego RWE Stoen Operator .(obecnie Innogy Operator) - **Wskaźnika przeciętnej systemowej częstości przerw długich** (trwające dłużej niż 3 minuty i nie dłużej niż 12 godzin) - przerwy nieplanowane (spowodowane wystąpieniem awarii w sieci elektroenergetycznej) – z uwzględnieniem przerw katastrofalnych (trwających dłużej niż 24 godziny) dla 2013 roku **SAIFI[4,5]** [ilość przerw/odb/rok] wyniosła 1,4737 ilości przerw na odbiorcę w Warszawie, zaś w 2016 roku -0,89.

Podsumowując, wartość powyższego wskaźnika SAIFI [4,5] przeciętnej systemowej częstości przerw długich - przerwy nieplanowane - z uwzględnieniem przerw katastrofalnych [ilość przerw/odb/rok] dla odbiorców w Stolicy porównywalnie jak przy ocenie wskaźnika SAIFI nawet bez przerw katastrofalnych jest niższa niż wartość analizowanego współczynnika w innych miastach Polski co przekłada się na stabilny poziom bezpieczeństwa elektroenergetycznego w Warszawskim Węźle Elektroenergetycznym (WWE) i w samej Warszawie[4,5].

Tabl.13. Porównanie wskaźników niezawodności [wg 4,5]

	2013
MAIFI RWE(obecnie Innogy Operator)	0,5482
MAIFI PGE	3,82
MAIFI ENEA	2,31
MAIFI ENERGA	5,01
MAIFI TAURON	2,62

Wartość **MAIFI[4,5]** operatora systemu dystrybucyjnego elektroenergetycznego RWE Stoen Operator Sp. z o.o. (obecnie InnogyOperator) - **Wskaźnika przeciętnej systemowej częstości przerw krótkich** (trwające dłużej niż 1 sekundę i nie dłużej niż 3 minuty) - wyrażonego w ilości przerw na odbiorcę w roku [ilość przerw/odb/rok] wyniosła 0,5482 ilości przerw na mieszkańca Warszawy [ilość przerw/odb/rok],zaś w 2016 roku -0,55.

Podsumowując, wartość powyższego wskaźnika MAIFI - **przeciętnej systemowej częstości przerw krótkich - wyrażonych w ilości przerw na odbiorcę w roku [ilość przerw/odb/rok]** dla odbiorców w Stolicy, podobnie jak przy ocenie wskaźnika SAIFI jak również SAIFI, jest niższa niż wartość analizowanego parametru w innych miastach Polski , co dowodzi o stabilnym poziomie bezpieczeństwa elektroenergetycznego w Warszawskim Węźle Elektroenergetycznym (WWE) i w samej Warszawie.

4.3. Podsumowanie analizy niezawodności [4,5]

Na podstawie wyników prac wykonanych przez Biuro Infrastruktury Urzędu m.st. Warszawy pt. „ANALIZA BEZPIECZEŃSTWA ELEKTROENERGETYCZNEGO WARSZAWY NA TLE NAJWIĘKSZYCH MIAST POLSKI NA PODSTAWIE WSKAŹNIKÓW NIEZAWODNOŚCI PRACY SIECI ELEKTROENERGETYCZNEJ SAIDI, SAIFI, MAIFI ” można stwierdzić, że sieć elektroenergetyczna w Warszawie, której dominującym operatorem jest Innogy Operator należy do najbardziej niezawodnych w kraju. Wskaźniki niezawodności zarządzanej przez spółkę sieci są znacząco lepsze niż średnia w innych miastach Polski. Świadczą o tym wartości poszczególnych wskaźników zastosowanych do oceny niezawodności.

Praca KSE w normalnych warunkach obciążenia oraz przy normalnych warunkach atmosferycznych nie stwarza zagrożenia dla bezpieczeństwa dostaw energii elektrycznej. Jednak aby zapewnić niezawodne dostawy energii elektrycznej w warunkach wysokiego zapotrzebowania na moc konieczne jest przeprowadzenie inwestycji w rozbudowę sieci przesyłowej oraz sieci dystrybucyjnej 110 kV w obszarze dużych aglomeracji miejskich [9].

Podsumowując należy stwierdzić, że dla poprawy bezpieczeństwa pracy systemów elektroenergetycznych w kraju jak i pracy Warszawskiego Węzła Elektroenergetycznego należy rozbudować sieć przesyłową i dystrybucyjną szczególnie wokół wielkich aglomeracji, w tym należy rozbudować sieć WWE - zwłaszcza przez PGE Dystrybucja o czym świadczą niepokojąco duże wzrosty wskaźników niezawodności świadczące o zbyt dużej liczbie i czasie trwania awarii sieci tego dystrybutora energii elektrycznej, którego obszar działania jest skupiony już wokół samej Warszawy[4,5]. Należy dalej sukcesywnie dokonywać przebudowy linii napowietrznych na kablowe, przez dominującego Operatora Systemu Dystrybucyjnego energii elektrycznej Innogy Operator Sp. z o.o. oraz przez innych operatorów systemów dystrybucyjnych odpowiadających za funkcjonowanie infrastruktury elektroenergetycznej na obszarze działania tj. PGE Dystrybucja S.A.; PKP Energetyka S.A.; Polenergia Dystrybucja Sp. z o.o. Utrzymanie, ale też znaczny wzrost poziomu bezpieczeństwa elektroenergetycznego w Warszawie, czyli wzrost zdolności systemu elektroenergetycznego na obszarze WWE do funkcjonowania (w tym do zachowania integralności) i realizacji swych funkcji pomimo występowania nagłych zakłóceń, jak np. zwarcia lub nagłe, awaryjne odstawienia elementów systemu można także osiągnąć dzięki wprowadzaniu nowoczesnych rozwiązań sterujących systemami OSD oraz OSP oraz realizacji inwestycji na bardzo wysokim poziomie technicznym, ulepszaniu zarządzania systemami, wprowadzaniu inteligentnego opomiarowania i inteligentnych sieci z jednoczesnym wprowadzaniem nowych taryf skłaniających do zmian zachowania odbiorców[4,5],co przyczyni się do znacznego wzrostu poziomu niezawodności zasilania miasta i całej Aglomeracji Warszawskiej .

5. Zakończenie

Przedstawione w niniejszej pracy zagadnienia , będące syntezą opracowań zestawionych w Bibliografii (w szczególności [4,5,14,15]) oczywiście nie wyczerpują całości tak rozległej tematyki ,jak zaopatrzenie w energię elektryczną wielkich aglomeracji. Jednakże można pokusić się o wnioski natury ogólnej , takie jak:

- Ocena aktualnego poziomu niezawodności dostawy, jakości energii i niezawodności systemów powinna być dokonywana w oparciu o wyniki pomiarów i rzetelną statystykę

- Ocena prognozowanego poziomu niezawodności dostawy, jakości energii i niezawodności systemów musi uwzględniać analizy obliczeniowe i badania symulacyjne
- Uregulowania prawne i standardy są niezwykle istotne przy ocenie niezawodności
- Szczególnie rozważnie należy podchodzić do inwestycji energetycznych. Wybór konkretnych rozwiązań inwestycyjnych powinien wynikać tylko i wyłącznie z rachunku ekonomicznego i wzajemnej konkurencji poszczególnych paliw i technologii
- Istnieje potrzeba koordynacji i stworzenia wspólnej merytorycznej platformy dyskusyjnej, otwartej na wypracowanie najbardziej korzystnych przede wszystkim dla odbiorców, ale także wytwórców i dystrybutorów, rozwiązań.

Zakres działań, jakie muszą określić obecnie operatorzy sieci dystrybucyjnej w przypadku wystąpienia deficytu mocy elektrycznej oraz procedury postępowania, uległy zmianom w stosunku do planów i procedur, jakie przed laty przygotowały przedsiębiorstwa energetyczne (ówczesne Zakłady Energetyczne). Ponadto zwiększyła się liczba odbiorców wrażliwych, a do linii dołącza się systematycznie nowe źródła generacji rozproszonej[14].

Obecnie zmiany technologiczne, techniczne, własnościowe oraz regulacje prawne wymuszają aktualizację metod i planów działań ograniczających dostarczanie energii elektrycznej w sytuacjach kryzysowych, w tym w przypadku wystąpienia deficytu mocy elektrycznej[14,15].

Ustalenie sposobu postępowania w sytuacjach awaryjnych powstających w KSE, niezależnie czy wystąpią na poziomie lokalnym czy krajowym jest ważnym zadaniem dla zarządzających mocą i energią elektrycznych w przedsiębiorstwach energetycznych w Polsce[14].

Bibliografia

1. Dane Operatora Systemu Dystrybucyjnego Elektroenergetycznego z terenu Warszawy oraz Operatorów Systemów Dystrybucyjnych.
2. „LONG-TERM PLANNING OF ELECTRIC POWER SYSTEM DEVELOPMENT USING RELIABILITY CRITERIA”- J. Paska, M. Sałek; Warsaw University of Technology, Institute of Electric Power Engineering, MIĘDZYNARODOWA KONFERENCJA: IEEE POWER TECH '2006 – SZTOKHOLM.
3. RELIABILITY AND PERFORMANCE INDICES OF POWER GENERATING UNITS IN POLAND Paska J., Sałek M., Probabilistic Methods Applied to Power Systems – PMAPS 2004, Warsaw University of Technology, Aimes – Iowa, USA, 12-16 September 2004.
4. Sałek M.: Bezpieczeństwo elektroenergetyczne Warszawy na tle największych miast Polski za lata 2011-2013. Wydział Energetyki Miejskiej, Warszawa 2013
5. Biuro Infrastruktury m.st Warszawa
6. SOME ASPECTS OF DISTRIBUTED GENERATION IMPACT ON POWER SYSTEM RELIABILITY, J. Paska, M. Sałek, T. Surma, Warsaw University of Technology, Institute of Electric Power Engineering, MIĘDZYNARODOWA KONFERENCJA: IEEE POWER TECH, SZTOKHOLM, 2006 r.
7. PRAWO ENERGETYCZNE - Ustawa z dnia 10 kwietnia 1997 r. – (Dz. U. Nr 54, poz. 348 z późn. zm.).
8. Monitoring POLITYKI ENERGETYCZNEJ M.ST. WARSZAWY DO 2020 r. za 2010 r. Uchwała Nr LXIX/2063/2006 Rady miasta stołecznego Warszawy z dnia 27 lutego 2006 roku w sprawie przyjęcia Polityki energetycznej m.st. Warszawy do 2020 r.
9. ROZPORZĄDZENIE MINISTRA GOSPODARKI z dnia 4 maja 2007 r. i późniejszymi zmianami w sprawie szczegółowych warunków funkcjonowania systemu

elektroenergetycznego (DZ.U. Nr 93, poz. 623 oraz z 2008 r Nr 30, poz 178 oraz nr 162, poz. 1005)

10. Polska Norma nr PN-EN 50160: 2010.
11. SPRAWOZDANIE Z WYNIKÓW MONITOROWANIA BEZPIECZEŃSTWA DOSTAW ENERGII ELEKTRYCZNEJ za okres od dnia 1 stycznia 2009 r. do dnia 31 grudnia 2010 roku, Ministerstwo Gospodarki, Warszawa, 2011 r.
12. Instrukcja Ruchu i Eksploatacji Sieci Przesyłowej – OSP.
13. Instrukcja Ruchu i Eksploatacji Sieci Dystrybucyjnej – OSD.
14. Bieliński K., Bieliński Wł.: Wybrane problemy zarządzania energią elektryczną w sytuacjach kryzysowych(rec.W.Kamrat).W:[Ochrona przed skutkami nadzwyczajnych zagrożeń, pod redakcją Zygmunta Mierczyka t.1. WAT Warszawa,
15. Kamrat W.: Ocena bezpieczeństwa energetycznego m. st. Warszawy .Forum Operatorów systemów i Odbiorców energii i Paliw. Warszawa, grudzień 2014,
16. Wikipedia Polska
17. <https://www.pse.pl/dane-systemowe/plany-pracy-kse/biezacy-plan-koordynacyjny-dobowy-bpkd/wielkosci-podstawowe>