

Zygmunt MACIEJEWSKI\*

## Ocena elektrochłonności PKB i zapotrzebowania na energię elektryczną

**STRESZCZENIE.** W literaturze istnieje wiele prognoz krajowego zapotrzebowania na energię elektryczną, które były wykonane z zaangażowaniem znacznych środków finansowych. Większość z tych prognoz była znacznie przeszacowana, ponieważ nie sprawdziła się w porównaniu z rzeczywistym zapotrzebowaniem na energię elektryczną. Prognozy te nie spełniały również oczekiwań użytkowników, dla których były przeznaczone. W tej pracy dokonano oceny prognozy krajowego zapotrzebowania na energię elektryczną opracowanej przez autora w 2004 roku. Prognoza ta została opracowana metodą wykorzystującą średnioroczne przyrosty dochodu narodowego wytworzonego oraz wskaźników elastyczności zapotrzebowania na energię elektryczną względem tego dochodu. Wykazano, że opracowana prognoza jest zgodna z faktycznym zużyciem energii elektrycznej do 2012 roku. Na podstawie danych statystycznych wyznaczono wartości współczynników elastyczności i elektrochłonności produktu krajowego brutto (PKB) dla lat 2004–2012. Stwierdzono znaczny spadek elektrochłonności PKB w tych latach. Wykorzystując metodę zastosowaną w 2004 roku przedstawiono również prognozę krajowego zapotrzebowania na energię elektryczną do 2030 roku.

**SŁOWA KLUCZOWE:** prognozowanie, system elektroenergetyczny, energia elektryczna, produkt krajowy brutto

---

\* Dr hab. inż., prof. nadzw. – Uniwersytet Technologiczno-Humanistyczny im. Kazimierza Pułaskiego w Radomiu, Wydział Transportu i Elektrotechniki, Zakład Elektrotechniki i Energetyki, Radom, e-mail: zygmun37@neostrada.pl

## Wprowadzenie

W 2005 roku, na XIX Konferencji z cyklu „Zagadnienia surowców energetycznych i energii w gospodarce krajowej” zorganizowanej przez Komitet Gospodarki Surowcami Mineralnymi oraz Instytut Gospodarki Surowcami Mineralnymi i Energią Polskiej Akademii Nauk, został przedstawiony, a następnie opublikowany w Wydawnictwie IGSMiE PAN Polityka Energetyczna tom 8, Kraków 2005 referat „Prognozy a możliwości krajowego systemu elektroenergetycznego” (Maciejewski 2005). W pracy tej dokonano oceny prognozy krajowego zapotrzebowania na energię elektryczną do 2025 roku, opracowanej przez Ministerstwo Gospodarki i Pracy (Ministerstwo Gospodarki i Pracy 2004). Wykazano, że opracowana prognoza jest zdecydowanie przeszacowana i nie może być zrealizowana przez krajowy system elektroenergetyczny. Wykorzystując wieloletnie doświadczenie w zakresie prognozowania, autor przedstawił własną prognozę krajowego zapotrzebowania na energię elektryczną na lata 2005–2025, różniącą się zdecydowanie od prognozy opracowanej przez Ministerstwo Gospodarki i Pracy.

Nadmierne przeszacowanie zapotrzebowania na energię elektryczną jest szkodliwe dla krajowej gospodarki, a przede wszystkim dla energetyki. Budowa obiektów energetycznych, szczególnie elektrowni, trwa od kilku do kilkunastu lat. Podejmowanie zatem decyzji inwestycyjnych na podstawie błędnych prognoz może doprowadzić do znacznych strat gospodarczych. W kraju wykonano wiele prognoz krajowego zapotrzebowania na energię elektryczną. Niektóre z nich były wykonane z zaangażowaniem licznych zespołów oraz nakładem znacznych środków finansowych. Ocenę kilku ważniejszych prognoz przedstawiono w pracach (Maciejewski 2003; Dąsal i in. 2011). Wykazano znaczne rozbieżności między wykonanymi prognozami a rzeczywistym zapotrzebowaniem na energię elektryczną. Stwierdzono ich znikomą przydatność, a nawet szkodliwość oraz nie spełnianie oczekiwań użytkowników, dla których były przeznaczone.

W pracy (Maciejewski 2005) stwierdzono, że: *Jest najwyższy czas aby problematyką związaną z prognozowaniem krajowego zapotrzebowania na energię elektryczną zajmowały się zespoły niezależne od zleceńodawców, mające odpowiednią wiedzę z zakresu elektroenergetyki, gospodarki i makroekonomii. Ponadto zespoły podejmujące zadania z zakresu krajowego zapotrzebowania na energię elektryczną powinny odpowiadać za wyniki prognoz i przeprowadzać, w razie potrzeby, analizę przyczyn ich rozbieżności z rzeczywistością.*

W tej pracy przedstawiono aktualną (2013 rok) ocenę stanu wiarygodności opracowanej w 2004 roku prognozy krajowego zapotrzebowania na energię elektryczną na lata 2005–2025 (Maciejewski 2005).

## 1. Prognoza z 2004 roku

Prognozę krajowego zapotrzebowania na energię elektryczną wykonano metodą uproszczoną, na podstawie przewidywanych średniorocznych przyrostów procentowych dochodu narodowego wytworzonego oraz wskaźników elastyczności zapotrzebowania na energię elektryczną względem tego dochodu. Odpowiadająca tej metodzie prognostyczna procedura obliczeniowa jest określona następującą zależnością (Gumiński, Maciejewski 1988; Maciejewski 1990):

$$E_k = E_0 \prod_{i=1}^{i=k} [g_i (d_i - 1) + 1] \quad (1)$$

gdzie:  $E_0$  – zużycie energii elektrycznej w roku bazowym (kalendarzowym) prognozy,  
 $E_k$  – zapotrzebowanie na energię elektryczną w  $k$ -tym roku prognozy,  
 $i$  – rok z okresu od roku bazowego do  $k$ -tego roku prognozy (1, 2, 3, ...,  $k$ ),  
 $d_i$  – procentowy wzrost PKB w  $i$ -tym roku prognozy względem roku poprzedniego,  
 $g_i$  – wskaźnik elastyczności zapotrzebowania na energię elektryczną względem PKB dla  $i$ -tego roku prognozy.

### 1.1. Założenia ogólne

Założono, że w latach prognozy będzie kontynuowana polityka dotycząca (Ministerstwo Gospodarki i Pracy 2004; Ministerstwo Gospodarki i Pracy 2005):

- ✧ restrukturyzacji przemysłu, w tym sektora elektroenergetyki,
- ✧ racjonalnego użytkowania energii, szczególnie energii elektrycznej,
- ✧ wprowadzania energooszczędnych technologii w produkcji przemysłowej i budownictwie mieszkaniowym.

### 1.2. Założenia szczegółowe

Dane wyjściowe:

- ✧ rok bazowy prognozy 2004,
- ✧ zużycie energii elektrycznej w roku bazowym [TWh],
- ✧ rok końcowy prognozy 2025, (2004 + 21 = 2025),
- ✧ procentowy wzrost PKB dla:
  - dolnej granicy prognozy:  $d_1 = d_2 = \dots = d_{21} = 1,025$ ,
  - górną granicy prognozy:  $d_1 = d_2 = \dots = d_{21} = 1,030$ ;
- ✧ wskaźniki elastyczności:  $g_1 = 0,40$ ,  
 $g_2 = g_3 = g_4 = g_5 = g_6 = 0,38$ ,

$$g_7 = g_8 = g_9 = g_{10} = g_{11} = 0,35,$$

$$g_{12} = g_{13} = g_{14} = g_{15} = g_{16} = 0,30,$$

$$g_{17} = g_{18} = g_{19} = g_{20} = g_{21} = 0,25.$$

Procentowe wartości wzrostu PKB dla okresu prognozy przyjęto na niższym poziomie niż w prognozie Ministerstwa Gospodarki i Pracy. Początkowy wskaźnik elastyczności dla lat 2005–2010 został przyjęty identycznie jak w prognozie Ministerstwa Gospodarki i Pracy, natomiast dla następnych lat prognozy przyjęto, że wskaźnik ten ma wartości malejące, gdyż w tym okresie należy się spodziewać coraz większego udziału w wytwarzaniu PKB technologii energo- i elektrooszczędnych. W prognozie Ministerstwa Gospodarki i Pracy przyjęto odwrotnie, tzn. założono, że wskaźnik ten będzie przyjmował wartości wzrastające w całym okresie prognozy.

### 1.3. Wynik prognozy

Dla przyjętych założeń szczegółowych, korzystając z zależności (Maciejewski 2005), uzyskano prognozę krajowego zapotrzebowania na energię elektryczną na lata 2005–2025, która jest przedstawiona w tabeli 1.

TABELA 1. Prognoza krajowego zapotrzebowania na energię elektryczną na lata 2005–2025

TABLE 1. Forecast of domestic electricity demand in the period 2005–2025

Rok prognozy	2005 (k = 1)	2010 (k = 6)	2012 (k = 8)	2015 (k = 11)	2020 (k = 16)	2025 (k = 21)
Prognoza dolna [TWh]	146,25	153,33	156,02	160,15	166,25	171,51
Prognoza górna [TWh]	146,54	155,08	158,35	163,40	170,88	177,39

Z danych przedstawionych w tabeli 1 wynika, że prognozowany do 2025 roku wzrost krajowego zużycia energii elektrycznej w odniesieniu do krajowego zużycia energii elektrycznej w 2004 roku jest zawarty w granicach od 18,4 do 22,6%.

## 2. Dane dotyczące lat 2004–2012

W tabeli 2 są przedstawione dane dotyczące krajowego zużycia energii elektrycznej (wg danych operacyjnych PSE Operator) (Dane operacyjne PSE 2004) oraz procentowego wzrostu produktu krajowego brutto (wg danych GUS) w latach 2004–2012 (GUS 2011; Sofuß 2013).

Z porównania danych zawartych w tabelach 1 i 2 dla lat 2010 i 2012 (liczby pogrubione) wynika, że:

TABELA 2. Dane statystyczne 2004–2012, Polska

TABLE 2. Statistical data in the period 2004–2012, Poland

Rok	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Wzrost PKB Polski w odniesieniu do 2004 r. [%]	0,0	3,6	6,2	6,7	4,8	1,8	3,9	4,3	2,0
Krajowe zużycie energii elektrycznej [TWh]	144,8	145,7	149,8	154,2	154,8	148,7	155,0	157,9	157,0

- ✧ 2010 rok, prognoza: 153,33–155,08 TWh, stan faktyczny 155,0 TWh,
- ✧ 2012 rok, prognoza: 156,02–158,35 TWh, stan faktyczny 157,0 TWh,
- ✧ wynika, że opracowana w 2004 roku prognoza krajowego zapotrzebowania na energię elektryczną do 2012 roku jest zgodna z faktycznym zużyciem energii elektrycznej.

Ponadto z danych zawartych w tabeli 2 wynika, że w latach 2004 – 2012 nastąpił wzrost PKB o 38,4% ( $1 \times 1,036 \times 1,062 \times 1,067 \times 1,048 \times 1,018 \times 1,039 \times 1,043 \times 1,020 = 1,384$ ), co oznacza, że średnioroczny wzrost PKB wyniósł

$$d_r^8 = 1,384 \rightarrow d_r = 1,0415$$

natomiast zużycie energii elektrycznej w tym samym czasie wzrosło o

$$\Delta E = \frac{E_{2012}}{E_{2004}} = \frac{157,0}{144,8} = 1,0843$$

co oznacza, że średnioroczny wzrost krajowego zużycia energii elektrycznej wyniósł

$$\Delta E_r^8 = 1,0843 \rightarrow \Delta E_r = 1,0102$$

Wynika stąd, że średnioroczny wskaźnik elastyczności zapotrzebowania na energię elektryczną względem PKB w latach 2004 – 2012 osiągnął wartość

$$g_r = \frac{\Delta E_r - 1}{d_r - 1} = \frac{1,0102 - 1}{1,0415 - 1} = 0,25$$

## 2.1. Elektrochłonność PKB

W 2004 roku krajowe zużycie energii elektrycznej wyniosło 144,8 TWh. Przyjmując, że w tym roku 100 jednostek stanowi roczny PKB, otrzymuje się wskaźnik elektrochłonności PKB dla 2004 roku (tab. 2).

$$w_{el2004} = \frac{144,8 \text{ TWh}}{100 \text{ jed. PKB}} = 1,448 \frac{\text{TWh}}{\text{jed. PKB}}$$

Wskaźnik ten odpowiednio wynosi:

$$\diamond \text{ dla 2005 roku} \quad w_{el2005} = \frac{145,7 \text{ TWh}}{100 \cdot 1,036 \text{ jed. PKB}} = 1,406 \frac{\text{TWh}}{\text{jed. PKB}}$$

$$\diamond \text{ dla 2006 roku} \quad w_{el2006} = \frac{149,8 \text{ TWh}}{100 \cdot 1,036 \cdot 1,062 \text{ jed. PKB}} = 1,362 \frac{\text{TWh}}{\text{jed. PKB}}$$

Postępując analogicznie oblicza się wskaźniki elektrochłonności dla kolejnych lat aż do 2012 roku. Wyniki obliczeń są zestawione w tabeli 3.

TABELA 3. Wskaźniki elektrochłonności PKB w okresie 2004–2012

TABLE 3. Indicator electricity absorptive of Gross Domestic Product in the period 2004–2012

Rok	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Wskaźnik elektrochłonności PKB [TWh/jed. PKB]	1,448	1,406	1,362	1,319	1,263	1,192	1,196	1,163	1,134

Z danych zestawionych w tabeli 3 wynika, że w latach 2004–2012 nastąpiło zmniejszenie elektrochłonności PKB o około 22%.

$$\frac{1,448 - 1,134}{1,448} \cdot 100\% = 21,69\%$$

Obniżenie w latach 2004–2012 elektrochłonności PKB o 22% należy uznać za znaczne osiągnięcie gospodarki krajowej.

### 3. Prognoza krajowego zapotrzebowania na energię elektryczną do 2030 roku

Prognozę krajowego zapotrzebowania na energię elektryczną wykonano metodą taką samą jak prognozę z 2004 roku, na podstawie przewidywanych średniorocznych przyrostów procentowych dochodu narodowego wytworzonego oraz wskaźników elastyczności zapotrzebowania na energię elektryczną względem tego dochodu. Odpowiadająca tej metodzie prognostyczna procedura obliczeniowa jest określona zależnością (1).

Dane wyjściowe:

- ✧ rok bazowy prognozy – 2012; zużycie energii elektrycznej w roku bazowym wyniosło  $E_0 = 157,0$  [TWh] (tab. 2),
- ✧ rok końcowy prognozy – 2030 (2012 + 18 = 2030),
- ✧ procentowy wzrost PKB dla:
  - dolnej granicy prognozy:  $d_1 = d_2 = \dots = d_{18} = 1,025$ ,
  - górną granicy prognozy:  $d_1 = d_2 = \dots = d_{18} = 1,035$ ,
- ✧ wskaźniki elastyczności:  $g_1 = g_2 = \dots = g_{18} = 0,25$

Wartości procentowego wzrostu PKB w okresie prognozy zostały przyjęte na podstawie własnej przewidywanej sytuacji gospodarczej kraju, natomiast wartość wskaźnika elastyczności na podstawie średniego wskaźnika z okresu 2004–2012. Na tej podstawie, wykorzystując procedurę obliczeniową określoną zależnością (1), otrzymano wyniki obliczeń prognostycznych krajowego zapotrzebowania na energię elektryczną, które przedstawiono w tabeli 4.

TABELA 4. Prognoza krajowego zapotrzebowania na energię elektryczną na lata 2013–2030

TABLE 4. Forecast of domestic electricity demand in the period 2013–2030

Rok prognozy	2013 ( $k = 1$ )	2015 ( $k = 3$ )	2020 ( $k = 8$ )	2025 ( $k = 13$ )	2030 ( $k = 18$ )
Prognoza dolna [TWh]	157,98	159,92	165,02	170,25	175,63
Prognoza górna [TWh]	158,37	161,16	168,33	175,83	183,66

Z porównania wyników obliczeń zawartych w tabelach 1 i 4 wynika, że opracowane prognozy krajowego zapotrzebowania na energię elektryczną w 2004 i 2013 roku na lata 2015, 2020 i 2025 są zbieżne. Dlatego biorąc pod uwagę zgodność prognozy z 2004 roku dla lat 2010 i 2012 można z dużym prawdopodobieństwem przyjąć, że krajowe zapotrzebowanie na energię elektryczną będzie się kształtować na następujących poziomach:

- ✧ rok 2015 w granicach: 160–162 TWh,
- ✧ rok 2020 w granicach: 165–168 TWh,
- ✧ rok 2025 w granicach: 171–175 TWh,
- ✧ rok 2030 w granicach: 176–183 TWh.

Wynika stąd, że w latach 2015–2030 średnioroczny wzrost krajowego zapotrzebowania na energię elektryczną nie powinien przekraczać 1,5 TWh.

## Zakończenie

Przedstawiona ocena wskazuje, że metoda prognozowania krajowego zapotrzebowania na energię elektryczną, wykorzystująca przewidywane średnioroczne przyrosty procentowe

dochodu narodowego wytworzonego oraz wskaźniki elastyczności zapotrzebowania na energię elektryczną względem tego dochodu, może być z powodzeniem stosowana do wstępnego oszacowania zapotrzebowania na energię elektryczną w horyzontach krótko- i średnioterminowych.

W kraju, w latach ubiegłych, wykonano wiele prognoz krajowego zapotrzebowania na energię elektryczną. Niektóre z nich były wykonane z zaangażowaniem licznych zespołów oraz nakładem znacznych środków finansowych. Ocenę kilku ważniejszych prognoz z tego okresu przedstawiono w pracy ((Maciejewski 2003; Dąsał i in. 2011). Wykazano znaczne rozbieżności między wykonanymi prognozami a rzeczywistym zapotrzebowaniem na energię elektryczną. Stwierdzono ich znikomą przydatność, a nawet szkodliwość oraz nie spełnianie oczekiwań użytkowników, dla których były przeznaczone.

Szczególnie istotne jest obecnie prawidłowe oszacowanie krajowego zapotrzebowania na energię elektryczną ze względu na konieczność wyłączenia w najbliższych latach z eksploatacji wielu bloków energetycznych i zastąpienia ich nowymi. Zachowanie bilansu elektroenergetycznego, a tym samym zapewnienie bezpieczeństwa elektroenergetycznego kraju może być bardzo trudne (Dobrzańska 2005).

W tabeli 5 zestawiono dane statystyczne dotyczące krajowego zużycia energii elektrycznej od 1946 do 2012 roku (Statystyki Elektroenergetyki Polskiej 2013). Z danych tych wynika, że od 1946 do 1980 roku następował stały wzrost zużycia energii elektrycznej od wartości 5,8 do 121,6 TWh. W 1981 roku nastąpił spadek zużycia energii elektrycznej do wartości 115,0 TWh. Po spadku zużycia energii elektrycznej w 1981 roku, od 1982 roku następuje ponowny wzrost zużycia, który osiąga wartość 148,8 TWh w 1989 roku. Od 1989 roku następuje spadek zużycia energii elektrycznej, który w 1992 roku obniża się do wartości 128,7 TWh. Dopiero od 1999 roku następuje ponowny stały wzrost zużycia energii elektrycznej, który w 2006 roku osiągnął wartość 149,8 TWh, przekraczając największą wartość zużycia energii elektrycznej (148,8 TWh) uzyskaną w 1988 roku. Największe roczne przyrosty krajowego zużycia energii elektrycznej wynoszące po 7,3 TWh uzyskano w 1976 i w 1987 roku.

W 1938 roku w Polsce krajowe zużycie energii elektrycznej wynosiło 4 TWh.

TABELA 5. Elektroenergetyka Polska – dane statystyczne zużycia energii elektrycznej

TABLE 5. Polish Power Industry – statistical data consumption of electricity

Rok	Zużycie Energii Elektrycznej	Rok	Zużycie energii elektrycznej	Rok	Zużycie Energii Elektrycznej
[–]	[TWh]	[–]	[TWh]	[–]	[TWh]
1	2	3	4	5	6
1946	5,8	1969	60,2	1992	128,7
1947	6,6	1970	64,6	1993	131,3
1948	7,6	1971	69,8	1994	132,5
1949	8,3	1972	76,3	1995	136,2



TABELA 5 cd.

TABLE 5 cont.

1	2	3	4	5	6
1950	9,4	1973	82,5	1996	140,1
1951	10,6	1974	88,8	1997	140,6
1952	12,0	1975	96,7	1998	139,3
1953	13,6	1976	104,0	1999	137,2
1954	15,5	1977	109,4	2000	138,8
1955	17,8	1978	115,2	2001	138,9
1956	19,7	1979	117,0	2002	137,0
1957	21,4	1980	121,6	2003	141,6
1958	24,2	1981	115,0	2004	144,8
1959	26,7	1982	115,9	2005	145,7
1960	29,6	1983	122,7	2006	149,8
1961	32,6	1984	130,2	2007	154,2
1962	35,4	1985	135,6	2008	154,8
1963	36,9	1986	140,3	2009	148,7
1964	40,1	1987	147,6	2010	155,0
1965	43,3	1988	148,8	2011	157,9
1966	47,3	1989	147,3	2012	157,0
1967	51,6	1990	135,3		
1968	55,8	1991	132,1		

## Literatura

- MACIEJEWSKI Z., 2005 – Prognozy a możliwości krajowego systemu elektroenergetycznego. Polityka Energetyczna t. 8, z. spec., Kraków.
- Ministerstwo Gospodarki i Pracy, 2004 – Długoterminowa prognoza zapotrzebowania na paliwa i energię. Warszawa.
- MACIEJEWSKI Z., 2003 – Krajowe zużycie energii elektrycznej a prognozowanie jej zapotrzebowania. Polityka Energetyczna t. 6, z. spec., Kraków.
- DĄSAL K., POPLAWSKI T., RUSEK K., 2011 – Ocena długoterminowych prognoz zużycia energii i mocy szczytowych w systemach elektroenergetycznych. Polityka Energetyczna t. 14, z. 2, Kraków.
- GUMIŃSKI J., MACIEJEWSKI Z., 1988 – Prognozowanie potrzeb energetycznych kraju przy wykorzystaniu wskaźników elastyczności. Energetyka, Biuletyn Instytutu Energetyki nr 11, Warszawa.

- MACIEJEWSKI Z. i in., 1990 – Określenie potrzeb energetycznych kraju na podstawie zmieniającego się w latach prognozy wskaźnika elastyczności zużycia energii względem dochodu narodowego wytworzonego. Studia i Rozprawy nr 5, Wyd. CPPGSMiE PAN, Kraków.
- Ministerstwo Gospodarki i Pracy, 2005 – Polityka Energetyczna Polski do 2025 roku. Warszawa.
- Dane operatywne PSE operator, 2004–2012, Warszawa.
- Główny Urząd Statystyczny, 2011 – Wskaźniki zrównoważonego rozwoju Polski. Katowice.
- SOFUŁ A., 2013 – Konkurencyjność – drogą reform. Miesięcznik Gospodarczy Nowy Przemysł nr 5, Warszawa.
- DOBRZAŃSKA I. i in., 2005 – Prognozowanie w elektroenergetyce. Zagadnienia wybrane. Wydawnictwo Politechniki Częstochowskiej, Częstochowa.
- Statystyki Elektroenergetyki Polskiej. Wydawnictwa Centrum Informatyki Energetyki do 1995 roku, następnie Agencji Rynku Energii S.A., Ministerstwa Gospodarki i Pracy, lata 1990–2013.

Zygmunt MACIEJEWSKI

## Estimation of electricity absorptive indicator for Gross Domestic Product and electricity demand of the Polish Power System

### Abstract

Multiple forecasts of domestic electricity demand have been documented in existing texts which were based in large part on financial assets. Most of those forecasts were significantly exaggerated, and they disagreed with real electricity demand. These forecasts didn't meet the expectations of the recipients. This paper estimates the forecast of domestic electricity demand proposed by author of this paper in 2004. This forecast was made using the indicators of growth in Gross Domestic Product and the electricity absorption indicator of Gross Domestic Product. It is shown that this forecast was consistent with the real electricity demand until 2012. For the basic statistical data on the consumption of electricity, the factors of electricity absorption indicator of Gross Domestic Product of Poland were determined for the years 2004–2012. It is shown that these indicators have pointed to a considerably decreasing trend. Using the method proposed by author of this paper in 2004, a new forecast of domestic electricity demand until 2030 is given.

KEY WORDS: forecasting, power system, electricity, gross domestic product