

MODELOWANIE PROGNOSTYCZNE ZMIAN W WIELKOŚCI PRODUKCJI STALI W POLSCE DO 2020 ROKU

Celem niniejszej publikacji jest przedstawienie zmian w wielkości produkcji stali w krajowym hutnictwie. Na podstawie statystycznych wielkości produkcji za lata 2000–2015 wykonano modelowanie prognostyczne na kolejne 5 lat. Uzyskane prognozy stały się podstawą do opracowania scenariusza bazowego.

Słowa kluczowe: sektor stalowy, produkcja stali, modele prognostyczne

PROGNOSTIC MODELLING OF CHANGES IN STEEL PRODUCTION IN POLAND UNTIL 2020

The aim of the article is to present changes in steel production in Poland. Based on statistical volume of production for 2000–2015, prognostic modelling for the next 5 years was carried out. The prognosis is helpful for establishing a baseline scenario.

Keywords: steel industry, steel production, prognostic models

1. WPROWADZENIE

W warunkach gospodarki rynkowej przedsiębiorstwa hutnicze dostosowują się do zmian zachodzących w otoczeniu. Przedsiębiorstwa planują swoje działania, wybiegając myślą w przyszłość. W planowaniu powstaje pewien obraz przyszłego przedsiębiorstwa, najczęściej na podstawie prognoz opartych na szerokim zakresie ilościowych metod prognostycznych. Prognozy pozwalają ustalić przebieg zjawiska w określonym czasie [1]. Rezultaty prognoz umożliwiają rozpoznanie możliwych scenariuszy przyszłości i wybór scenariusza bazowego. Prognozowanie, w ostatnich latach, ze względu na dynamikę zmian w otoczeniu, zostało zawężone do okresu 5 lat [2].

2. WPROWADZENIE DO METODYKI BADAŃ

Punktem wyjścia do opracowania prognoz była analiza stanu istniejącego. W niniejszej publikacji wszystkie prognozy oparto na danych empirycznych wielkości produkcji stali w Polsce w latach 2000–2015. W zbudowaniu prognozy wielkości produkcji stali ogółem w Polsce do 2020 roku (5 lat) wykorzystano zarówno modele adaptacyjne, jak i modele ekonometryczne (liniowe, nieliniowe oraz z uwzględnieniem autokorelacji). W celu oszacowania poziomu dopuszczalności przyjętych metod prognostycznych, jak również w celu

wyboru najlepszych, dokonano oszacowania dwóch najczęściej wyznaczanych błędów prognoz pozornych (wygasłych – *ex post*) [3–7]:

1) Pierwiastek kwadratowy obliczanym ze średniego kwadratowego błędu prognoz pozornych. Błąd ten literatura przedmiotu najczęściej oznacza skrótem *RMSE** – pochodzącym od angielskiej nazwy: *Root Mean Square Error*. Wartość tego błędu informuje o przeciętnych odchyleniach prognoz od wartości rzeczywistych w przedziale weryfikacji prognoz.

2) Średnia wartość względnego błędu prognoz wygasłych Ψ . Wartość tego błędu informuje o części błędu bezwzględnego przypadającego na jednostkę rzeczywistej wartości zmiennej y . Optymalizacja wartości prognozy punktowej oparta była na poszukiwaniu minimalnej wartości jednego z wyżej wymienionych błędów, traktowanego jako kryterium optymalizacji. W tabeli 1 zestawiono uzyskane kryteria optymalizacji w poszczególnych metodach prognozowania szeregów czasowych. Spośród przetestowanych metod prognostycznych wybrano prognozy optymalne, biorąc pod uwagę zdefiniowane wyżej kryteria takiego poszukiwania. Te metody/modely to: modele autoregresyjne AR (1,2,4,5) (oznaczenie w tabeli 1 – 21a) i AR (1,4,5) (oznaczenie w tabeli 1 – 21b) oraz metoda trendu pełzającego – prognozowanie metodą wag harmonicznych (oznaczenie w tabeli 1 – 22). Rezultaty prognostyczne na podstawie tych metod uznano za scenariusz bazowy.

Błąd *ex ante* wyznaczono dla roku 2015; metody optymalne wyłuszczone: 21a, 21b, 22.

Tabela 1. Zestawienie uzyskanych kryteriów estymacji w poszczególnych metodach i modelach prognostycznych¹
Table 1. Comparison of obtained estimation criteria in individual prognostic methods and models

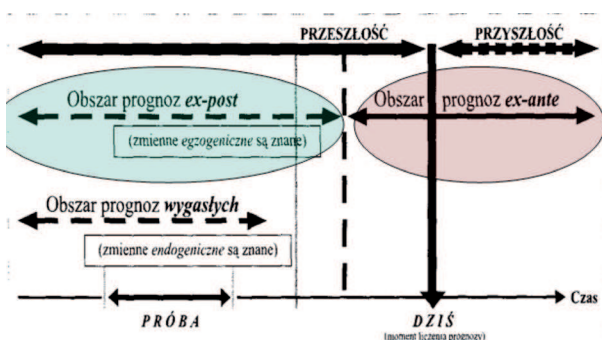
Nr	Nazwa metody lub modelu prognozy	Błąd <i>ex post</i>		Błąd <i>ex ante</i>	Uwagi związane z parametrami modelu
		Ψ	RMSE*	Ψ	
01	Model metody naiwnej w ujęciu addytywnym (dla szeregu czasowego kształtującego się wokół wartości stałej (przeciętnej) lub z tendencją rozwojową)	0,124	1,265	0,0700	–
02	Model metody naiwnej w ujęciu multiplikatywnym dla szeregu czasowego z tendencją rozwojową	0,164	1,849	0,0012	–
03	Model średniej ruchomej prostej dla szeregu czasowego kształtującego się wokół wartości stałej (przeciętnej) ($k = 2$)	0,119	1,276	0,1030	$k = 2$
04	Model średniej ruchomej prostej dla szeregu czasowego kształtującego się wokół wartości stałej (przeciętnej) ($k = 3$)	0,101	1,161	0,0996	$k = 3$
05	Model średniej ruchomej ważonej dla szeregu czasowego kształtującego się wokół wartości stałej (przeciętnej) ($k = 3$)	0,113	1,201	0,0810	$k = 3, w_1 = 0,05;$ $w_2 = 0,15; w_3 = 0,6$
06	Model średniej ruchomej prostej dla szeregu kształtującego się wokół tendencji rozwojowej ($k = 2$)	0,131	1,847	0,0585	$k = 2$
07	Model średniej ruchomej prostej dla szeregu kształtującego się wokół tendencji rozwojowej ($k = 3$)	0,161	1,646	0,0779	$k = 3$
08	Model średniej ruchomej ważonej dla szeregu kształtującego się wokół tendencji rozwojowej ($k = 3$)	1,172	1,765	0,0479	$k = 3, w_1 = 0,1; w_2 = 0,3;$ $w_3 = 0,6$
09a1	Prosty model wygładzania wykładniczego	0,101	1,127	0,0898	Min. wart. $\Psi; \alpha = 0,4561$
09a2	Prosty model wygładzania wykładniczego	0,102	1,121	0,0855	Min. wart.: *RMSE $\alpha = 0,3469$
09b1	Prosty model wygładzania wykładniczego Uwaga: inny punkt rozruchowy niż w metodzie 09a (w tym przypadku jest to średnia z pierwszych sześciu danych)	0,095	1,055	0,0763	Min. wart.: $\Psi; \alpha = 0,2592$
09b2	Prosty model wygładzania wykładniczego Uwaga: inny punkt rozruchowy niż w metodzie 09a (w tym przypadku jest to średnia z pierwszych sześciu danych)	0,101	1,037	0,0344	Min. wart.: *RMSE $\alpha = 0,0976$
10a1	Model pojedynczego wygładzania wykładniczego (Browna)	0,101	1,090	0,0621	Min. wart.: $\Psi; \alpha = 0,1968$
10a2	Model pojedynczego wygładzania wykładniczego (Browna)	0,101	1,087	0,0638	Min. wart.: *RMSE $\alpha = 0,2035$
11a1	Model wykładniczo-autoregresyjny ($k = 3$)	0,102	1,098	0,0563	$k = 3; l = 2; \beta_1 = 0,7; \beta_2 = 0,2;$ $\beta_3 = 0,1; \delta_1 = 0,8; \delta_2 = 0,2;$ Min. wart.: $\Psi; \alpha = 0,1563$
11a2	Model wykładniczo-autoregresyjny ($k = 3$)	0,102	1,095	0,0544	$k = 3; l = 2; \beta_1 = 0,7; \beta_2 = 0,2;$ $\beta_3 = 0,1; \delta_1 = 0,8; \delta_2 = 0,2;$ Min. wart.: *RMSE; $\alpha = 0,1110$
12a1	Model wykładniczo-autoregresyjny ($k = 2$)	0,090	1,037	0,0569	$k = 2; l = 2; \beta_1 = 0,7; \beta_2 = 0,3;$ $\delta_1 = 0,8; \delta_2 = 0,2;$ Min. wart.: $\Psi; \alpha = 0,1937$
12a2	Model wykładniczo-autoregresyjny ($k = 2$)	0,095	1,031	0,0419	$k = 2; l = 2; \beta_1 = 0,7; \beta_2 = 0,3;$ $\delta_1 = 0,8; \delta_2 = 0,2;$ Min. wart.: *RMSE; $\alpha = 0,1250$
13a1	Model liniowy Holta z trendem addytywnym (dla różnych mechanizmów rozruchu)	0,132	1,682	0,1115	Min. wart.: $\Psi; \alpha = 0,5502;$ $\beta = 0,2690$
13a2	Model liniowy Holta z trendem addytywnym (dla różnych mechanizmów rozruchu)	0,144	1,503	0,0738	Min. wart.: *RMSE; $\alpha = 0,9915; \beta = 0,2448$
13b1	Model liniowy Holta z trendem addytywnym (dla różnych mechanizmów rozruchu)	0,108	1,174	0,1179	Min. wart.: $\Psi; \alpha = 0,3869;$ $\beta = 0,0852$
13b1	Model liniowy Holta z trendem addytywnym (dla różnych mechanizmów rozruchu)	0,111	1,143	0,1327	Min. wart.: *RMSE $\alpha = 0,1412;$ $\beta = 0,2163$
14a1	Model liniowy Holta z trendem multiplikatywnym (dla różnych mechanizmów rozruchu)	0,122	1,540	0,1121	Min. wart.: $\Psi; \alpha = 0,5420;$ $\beta = 0,2254$
14b1	Model liniowy Holta z trendem multiplikatywnym (dla różnych mechanizmów rozruchu)	0,134	1,409	0,0741	Min. wart.: *RMSE; $\alpha = 1,000; \beta = 0,1851$
14a2	Model liniowy Holta z trendem multiplikatywnym (dla różnych mechanizmów rozruchu)	0,108	1,165	0,0952	Min. wart.: $\Psi;$ $\alpha = 0,4456; \beta = 0,0149$
14b2	Model liniowy Holta z trendem multiplikatywnym (dla różnych mechanizmów rozruchu)	0,111	1,140	0,1340	Min. wart.: *RMSE $\alpha = 0,1145; \beta = 0,3304$
15a1	Model liniowy Holta z efektem wygaszania trendu addytywnego (dla różnych mechanizmów rozruchu)	0,117	1,220	0,0781	Min. wart.: $\Psi; \alpha = 0,9831;$ $\beta = 0,0101; \Phi = 0,5113$
15b1	Model liniowy Holta z efektem wygaszania trendu addytywnego (dla różnych mechanizmów rozruchu)	0,117	1,220	0,0732	Min. wart.: *RMSE; $\alpha = 0,9930;$ $\beta = 0,0234; \Phi = 0,4678$

¹ Weryfikację metod nadzorował prof. Pol. Śl., dr hab. inż. Jan Szymaszal

Nr	Nazwa metody lub modelu prognozy	Błąd <i>ex post</i>		Błąd <i>ex ante</i>	Uwagi związane z parametrami modelu
		Ψ	RMSE*	Ψ	
15a2	Model liniowy Holta z efektem wygaszania trendu addytywnego (dla różnych mechanizmów rozruchu)	0,105	1,150	0,1156	Min. wart.: Ψ ; $\alpha = 0,3918$; $\beta = 0,0110$; $\Phi = 0,9844$
15b2	Model liniowy Holta z efektem wygaszania trendu addytywnego (dla różnych mechanizmów rozruchu)	0,107	1,095	0,1293	Min. wart.: *RMSE; $\alpha = 0,0383$; $\beta = 0,0010$; $\Phi = 0,9817$
16a1	Model liniowy Holta z efektem wygaszania trendu multiplikatywnego (dla różnych mechanizmów rozruchu)	0,122	1,540	0,1121	Min. wart.: Ψ ; $\alpha = 0,5420$; $\beta = 0,3354$; $\Phi = 1,00$
16b1	Model liniowy Holta z efektem wygaszania trendu multiplikatywnego (dla różnych mechanizmów rozruchu)	0,134	1,412	0,0796	Min. wart.: *RMSE; $\alpha = 0,9511$; $\beta = 0,1851$; $\Phi = 1,00$
16a2	Model liniowy Holta z efektem wygaszania trendu multiplikatywnego (dla różnych mechanizmów rozruchu)	0,109	1,145	0,0985	Min. wart.: Ψ ; $\alpha = 0,1981$; $\beta = 0,0001$; $\Phi = 0,9993$
16b2	Model liniowy Holta z efektem wygaszania trendu multiplikatywnego (dla różnych mechanizmów rozruchu)	0,109	1,131	0,1321	Min. wart.: *RMSE; $\alpha = 0,1967$; $\beta = 0,0001$; $\Phi = 0,9986$
17a1	Model kwadratowy HOLTА w formule addytywnej (dla różnych mechanizmów rozruchu)	0,088	0,911	0,1092	Min. wart.: Ψ ; $\alpha = 0,0001$; $\beta = 0,2398$; $\Phi = 0,2597$
17b1	Model kwadratowy HOLTА w formule addytywnej (dla różnych mechanizmów rozruchu)	0,088	0,911	0,1124	Min. wart.: *RMSE; $\alpha = 0,0001$; $\beta = 0,2395$; $\Phi = 0,2569$
17a2	Model kwadratowy HOLTА w formule addytywnej (dla różnych mechanizmów rozruchu)	0,127	1,390	0,0711	Min. wart.: Ψ ; $\alpha = 0,4213$; $\beta = 0,4527$; $\Phi = 0,5776$
17b2	Model kwadratowy HOLTА w formule addytywnej (dla różnych mechanizmów rozruchu)	0,125	1,303	0,0739	Min. wart.: *RMSE; $\alpha = 0,7793$; $\beta = 0,0001$; $\Phi = 0,3083$
18a1	Model podwójnego wygładzania wykładniczego Browna dla modelu liniowego	0,102	1,125	0,1225	Min. wart.: Ψ ; $\alpha = 0,1906$
18b1	Model podwójnego wygładzania wykładniczego Browna dla modelu liniowego	0,103	1,099	0,1084	Min. wart.: *RMSE; $\alpha = 0,1288$
19a1	Model potrójnego wygładzania wykładniczego Browna dla modelu kwadratowego	0,104	1,113	0,1326	Min. wart.: Ψ ; $\alpha = 0,1042$
19b1	Model potrójnego wygładzania wykładniczego Browna dla modelu kwadratowego	0,104	1,097	0,1173	Min. wart.: *RMSE; $\alpha = 0,0786$
20a1	Zaawansowany model wykładniczo-autoregresyjny	0,095	1,021	0,0395	$k = 3$; $l = 2$; $\beta_1 = 0,2$; $\beta_2 = 0,3$; $\beta_3 = 0,5$; $\delta_1 = 0,4$; $\delta_2 = 0,6$; Min. wart.: Ψ ; $\alpha = 0,1862$
20b1	Zaawansowany model wykładniczo-autoregresyjny	0,101	1,003	0,0277	$k = 3$; $l = 2$; $\beta_1 = 0,2$; $\beta_2 = 0,3$; $\beta_3 = 0,5$; $\delta_1 = 0,4$; $\delta_2 = 0,6$; Min. wart.: *RMSE; $\alpha = 0,0449$
21a	Modele autoregresyjne AR (1,2,4,5)	0,061	0,692	0,0190	Model AR(1,2,4,5)
21b	Modele autoregresyjne AR (1,4,5)	0,066	0,703	0,0065	Model AR(1,4,5)
22	Metoda trendu pełzającego – prognozowanie metodą wag harmonicznych	0,044	0,521	0,0230	Liczba elementów w segmencie $k = 4$
23	Model liniowy	0,089	0,924	0,0914	$R^2 = 0,1521$; $p = 0,1340$
24	Modele nieliniowe – wykładniczy	0,089	0,925	0,0934	$R^2 = 0,1521$; $p = 0,1340$
25	Modele nieliniowe – logarytmiczny	0,089	0,924	0,0913	$R^2 = 0,1521$; $p = 0,1340$
26	Modele nieliniowe – potęgowy	0,089	0,925	0,0934	$R^2 = 0,1521$; $p = 0,1340$
27	Modele nieliniowe – hiperboliczny	0,089	0,924	0,0914	$R^2 = 0,1521$; $p = 0,1340$

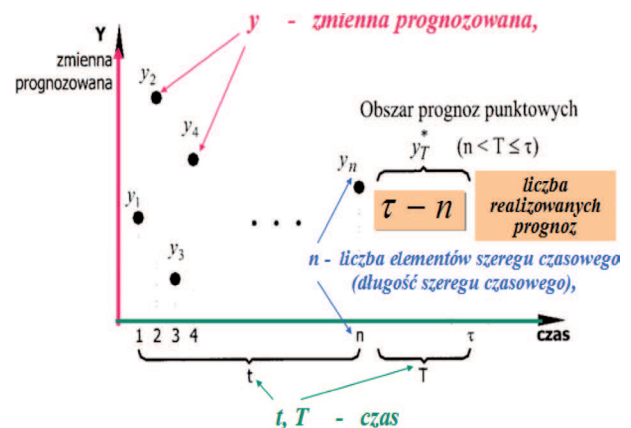
Struktura procesu prognostycznego opiera się na schemacie przedstawionym na rys. 1.

Stosowane oznaczenia przyjęte w prognozowaniu przedstawiono na rys. 2.



Rys. 1. Schemat postępowania prognostycznego

Fig. 1. Structure of the prognostic model

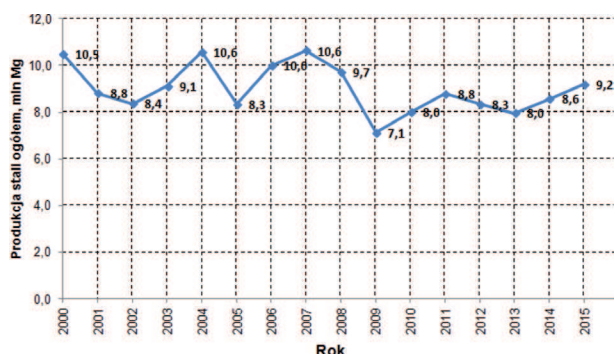


Rys. 2. Stosowane oznaczenia w modelach prognostycznych

Fig. 2. Symbols used in the prognostic model

3. ANALIZA PRZEBIEGU CZASOWEGO WIELKOŚCI PRODUKCJI STALI

Na podstawie danych empirycznych [8] ustalono przebieg czasowy wielkości produkcji stali w Polsce (Rys. 3). Przebieg czasowy badanego zjawiska jest trudny dla opracowania wiarygodnej prognozy ze względu na występowanie wahań przypadkowych.



Rys. 3. Przebieg czasowy wielkości produkcji stali w Polsce

Fig. 3. Time analysis of steel production in Poland

W analizowanym okresie czasu maksymalny poziom wielkości produkcji stali to 10,6 milionów ton stali w 2004 roku i 2007 roku. Analizując sytuację koniunkturalną na rynku hutniczym w 2004 roku odnotowano następujące pozytywne zjawiska² [9]:

- dodatnie tempo wzrostu odnotowano w całej gospodarce (czynnikiem stymulującym wzrost w pierwszym półroczu 2004 roku był eksport, natomiast w drugim półroczu – popyt krajowy i odbudowywanie aktywności inwestycyjnej przedsiębiorstw), produkt krajowy brutto w Polsce w 2004 roku wzrósł o 5,3% stosunku do roku poprzedniego,
- produkcja sprzedana przemysłu ogółem wzrosła o 11,6% w stosunku do roku poprzedniego (w porównaniu z 2003 rokiem, wzrost sprzedaży miał miejsce w 21 spośród 29 działów przemysłu, w tym w produkcji: metali – o 20,2%, wyrobów z metali – o 19,0%, maszyn i urządzeń – o 16,2%, pojazdów mechanicznych, przyczep i naczep – o 56,4%), krajowe zużycie wyrobów stalowych wzrosło do 8,4 mln ton,
- wyższa niż w przemyśle ogółem była dynamika produkcji wyrobów uznawanych za nośniki postępu technicznego (wzrost o 39,7%) a wszystkie ważniejsze sektory gospodarki były rentowne.

Konsolidacja i prywatyzacja przedsiębiorstw hutniczych oraz zaangażowanie środków finansowych inwestorów w produkcję, przyniosły pozytywne efekty. W 2004 roku miała miejsce prywatyzacja Polskich Hut Stali (inwestor zagraniczny Mittal). Restrukturyzowane przedsiębiorstwa stopniowo poprawiały swoją konkurencyjność. Przychody z całokształtu działalności rosły szybciej niż koszty. Huty objęte programem restrukturyzacji odnotowały zysk brutto. Finansowanie działalności operacyjnej kapitałem własnym, było

wyższe niż w 2003 roku, zmniejszyły się zobowiązania ogółem [10].

Natomiast 2007 rok był ostatnim rokiem przed wystąpieniem skutków globalnego kryzysu ekonomicznego, którego nasilenie odnotowano w 2009 roku. W 2009 roku wyprodukowano najmniej stali w Polsce – tylko 7,1 miliona ton. Był to najniższy wolumen produkcji w okresie ostatnich piętnastu lat [11]. Tuż przed kryzysem (w 2007 roku) odnotowano następujące pozytywne zjawiska gospodarcze [12]:

- wzrost produktu krajowego brutto o 6,5% (był to najwyższy od 1997 roku wzrost), czynnikami wspierającymi wzrost PKB były inwestycje – wyższe względem 2006 roku o 20,4%), spożycie indywidualne – wzrost o 5,2% oraz eksport – wzrost o 9,1%, a także inwestycje),
- wzrost produkcji sprzedanej przemysłu (o 10% w stosunku do roku poprzedniego), wskaźnik SWIP, określający wzrost produkcji sprzedanej w sektorach zużywających wyroby stalowe, był wyższy o 21% w stosunku do poprzedniego roku; w przetwórstwie przemysłowym produkcja sprzedana wzrosła o 11%, produkcja przemysłu samochodowego wzrosła o 14%, produkcja sprzętu gospodarstwa domowego (AGD) według wartości wzrosła o 50%, produkcja budowlano-montażowa wzrosła o 16% w stosunku do 2006 roku, odnotowano także wzrost wartości dodanej w budownictwie o 15,6% w stosunku do roku poprzedniego, w przemyśle o 7,7% i w usługach rynkowych o 6,9% w stosunku do 2006 roku,
- wysoka zdolność do generowania zysku w przedsiębiorstwach (prawie wszystkie działy przemysłu były rentowne).

Analizując przebieg czasowy wielkości produkcji stali (Rys. 3) można zauważyć lekki trend malejący, bez wahań sezonowych (cyklicznych). Po 2007 roku produkcja stali była na poziomie poniżej 10 milionów ton, a odchylenia były mniejsze niż do 2007 roku.

4. PROGNOZOWANIE ZMIAN W WIELKOŚCI PRODUKCJI STALI

Autorzy podjęli próbę prognozowania zmian wielkości produkcji stali w Polsce na najbliższe 5 lat jako „głos” w dyskusji nad kierunkami zmian w krajowym sektorze hutniczym. Autorzy są jednak świadomi faktu, że rynek hutniczy w Polsce jest w ponad 65% obsługiwany przez import [8] stąd prognoza wielkości produkcji stali powinna być wielkością wynikową prognozowanego jawnego zużycia wyrobów (produkcja+import-eksport) oraz salda handlu zagranicznego w zakresie obrotu wyrobami stalowymi, które w ostatnich kilkunastu latach są niekorzystne dla sektora hutniczego (saldo ujemne zarówno według ilości, jak i wartości) [8]. Przyjęto jednak, że tocząca się dyskusja na temat importu tanich stalowych wyrobów z Chin przyniesie korzystne rezultaty. Do 2020 roku Chiny zapowiedziały zmniejszenie wielkości produkcji stali o około 150 mln ton [13].

4.1. MODEL AUTOREGRESYJNY AR

Zgodnie z metodyką budowania modelu autoregresyjnego w pierwszej kolejności oszacować statystykę Durbina-Watsona (wartość bliska zero wskazuje na silną dodatnią autokorelację, wartość bliska cztery

² Odniesienie analizy trendu szeregu czasowego wielkości produkcji stali w Polsce do wybranych parametrów makroekonomicznych stanowi jedynie próbę wyjaśnienia zaistniałych wahań w przebiegu linii trendu. W pracy nie zastosowano prognozowania przyczynowo-skutkowego a jedynie prognozowanie na bazie szeregu czasowych.

Tabela 2. Wyznaczenie statystyki Durбина-Watsona – etap 1 – prognostyczny model AR wielkości produkcji stali [mln ton]
 Table 2. Durbin-Watson prognostic test – step 1 – prognostic model AR of steel production [MT]

LP	Rok	Produkcja stali ogółem	Model liniowy y_t^*	$ y_t - y_t^* $	$(y_t - y_t^*)^2$	RESZTY (e_t)
1	2000	10,498	9,639	0,082	0,738	0,859
2	2001	8,809	9,554	0,085	0,555	-0,745
3	2002	8,367	9,469	0,132	1,213	-1,101
4	2003	9,107	9,384	0,030	0,076	-0,276
5	2004	10,578	9,298	0,121	1,638	1,280
6	2005	8,336	9,213	0,105	0,770	-0,877
7	2006	9,992	9,128	0,086	0,746	0,864
8	2007	10,631	9,043	0,149	2,521	1,588
9	2008	9,727	8,958	0,079	0,592	0,770
10	2009	7,128	8,872	0,245	3,041	-1,744
11	2010	7,993	8,787	0,099	0,631	-0,794
12	2011	8,776	8,702	0,008	0,006	0,074
13	2012	8,348	8,617	0,032	0,072	-0,269
14	2013	7,950	8,532	0,073	0,338	-0,581
15	2014	8,558	8,446	0,013	0,013	0,112
16	2015	9,202	8,361	0,091	0,708	0,841

Model funkcji regresji: $y = ax + b$ ($y = b_1x + b_0$)

a (b1) = -0,0852

b (b0) = 180,0565

R² = 0,1531 Współczynnik determinacji

s (z_i) = 0,9877 Błąd standardowy reszt

Wykres reszt

$$d = \frac{\sum_{i=2}^n (e_i - e_{i-1})^2}{\sum_{i=1}^n e_i^2}$$

Statystyka d Durbin Watsona **1,7488**

WYMAGA INTERPRETACJI AUTOKORELACJI

Tabela 3. Autokorelogram – etap 2 – prognostyczny model AR wielkości produkcji stali [mln ton]
 Table 3. Auto correlation graph – step 2 – prognostic model AR of steel production [M mt]

LP	Rok	Produkcja stali ogółem	WSTECZ 1	WSTECZ 2	WSTECZ 3	WSTECZ 4	WSTECZ 5	WSTECZ 6	WSTECZ 7
1	2000	10,498	0,1851	-0,2861	-0,2005	0,1209	-0,9479	0,0658	
2	2001	8,809	-0,2861	-0,2005					
3	2002	8,367	0,1209	-0,9479	0,0658				
4	2003	9,107	-0,0678	-0,0205	0,1605	0,3074			
5	2004	10,578	0,1691	0,1691	0,4204	2,3643	-0,3627		
6	2005	8,336	-1,0485	-0,0712	0,4204	0,1269	-0,9952	-0,2472	
7	2006	9,992	-0,6586	1,5647	0,1062	-0,6274	-0,1894	1,4852	0,1145
8	2007	10,631	1,6165	-1,0832	2,5733	0,1747	-1,0318	-0,3114	2,4425
9	2008	9,727	1,1855	0,7209	-0,4830	1,1476	0,0779	-0,4601	-0,1389
10	2009	7,128	-1,3609	-3,0519	-1,8557	1,2434	-2,9541	-0,2006	1,1844
11	2010	7,993	1,8852	-0,7323	-1,6422	-0,9986	0,6691	-1,5896	-0,1079
12	2011	8,776	0,2254	0,4188	-0,1627	-0,3648	-0,2218	0,1487	-0,3532
13	2012	8,348	0,1459	0,6568	1,2205	-0,4741	-1,0632	-0,6465	0,4332
14	2013	7,950	0,6846	0,2349	1,0574	1,9651	-0,7634	-1,7118	-1,0409
15	2014	8,558	0,4638	0,2881	0,0989	0,4450	0,8269	-0,3212	-0,7204
16	2015	9,202	-0,0893	-0,2122	-0,1318	-0,0452	-0,2036	-0,3783	0,1469

21. Model autoregresyjny BUDOWA AUTOKORELOGRAMU

Srednia = 9,0002

Wariancja = 1,0079

Wariancja*n = 16,126

Współczynnik autokorelacji

1	0,1851
2	-0,2005
3	0,0658
4	0,3074
5	-0,3627
6	-0,2472
7	0,1145

d Durbin Watsona **1,7488**

AUTOKORELOGRAM

LP	Rok	Produkcja stali ogółem	WSTECZ1	WSTECZ2	WSTECZ4	WSTECZ5	y ^t	$ y_t - y_t^* $	$(y_t - y_t^*)^2$
1	2000	10,498							
2	2001	8,809	10,498						
3	2002	8,367	8,809	10,498					
4	2003	9,107	8,367	8,809					
5	2004	10,578	9,107	8,367	10,498				
6	2005	8,336	10,578	9,107	8,809	10,498	8,712	0,045	0,142
7	2006	9,992	8,336	10,578	8,367	8,809	8,395	0,160	2,548
8	2007	10,631	9,992	8,336	9,107	8,367	9,837	0,075	0,629
9	2008	9,727	10,631	9,992	10,578	9,107	9,852	0,013	0,016
10	2009	7,128	9,727	10,631	8,336	10,578	7,989	0,121	0,740
11	2010	7,993	7,128	9,727	9,992	8,336	8,618	0,078	0,390
12	2011	8,776	7,993	7,128	10,631	9,992	8,519	0,029	0,066
13	2012	8,348	8,776	7,993	9,727	10,631	8,183	0,020	0,027
14	2013	7,950	8,348	8,776	7,128	9,727	7,793	0,020	0,025
15	2014	8,558	7,950	8,348	7,993	7,128	9,366	0,094	0,653
16	2015	9,202	8,558	7,950	8,776	7,993	9,378	0,019	0,031
17	2016	9,040					9,040	0,061	0,692
18	2017	9,041					9,041	Y	RMSE*
19	2018	9,435					9,435		
20	2019	9,416					9,416		
21	2020	8,952					8,952		

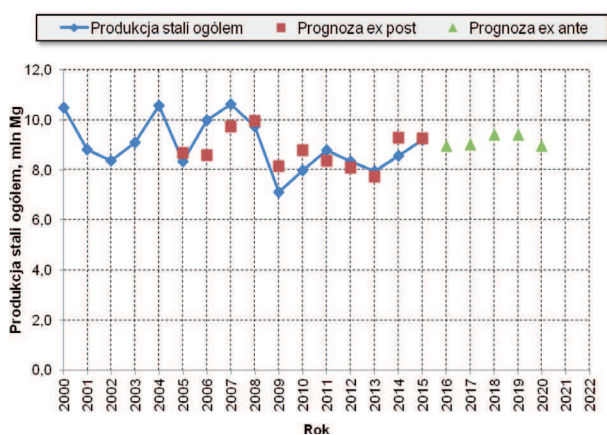
Tabela 4. Model AR(1,2,4,5) wielkości produkcji stali w Polsce [mln ton]
 Table 4. Model AR (1,2,4,5) of steel production in Poland [MT]

Tabela 5. Podsumowanie – wyjście – modelu AR (1,2,4,5)

Table 5. Summary – output – model AR (1,2,4,5)

PODSUMOWANIE - WYJŚCIE											
Statystyki regresji											
Wielokrotność R	0,703857859										
R kwadrat	0,495415886										
Dopasowany R kwadrat	0,159026477										
Błąd standardowy	0,936853243										
Obserwacje	11										
ANALIZA WARIANCJI											
	df	SS	MS	F	Istotność F						
Regresja	4	5,170478481	1,29262	1,472745195	0,319407						
Resztkowy	6	5,266163998	0,877694								
Razem	10	10,43664248									
	Współczynniki	Błąd standardowy	t Stat	Wartość-p	Dołne 95%	Górne 95%	Dołne 95,0%	Górne 95,0%	Górne 95,0%	Górne 95,0%	
Przecięcie	8,98793	4,183017918	2,148672	0,075244098	-1,24754	19,22341	-1,24754	19,22341	16,56788	12,27032	11,51234
Zmienna X 1	0,44786	0,286850545	1,5613	0,169476157	-0,25404	1,149758	-0,25404	1,149758	1,005497	0,89075	1,000536
Zmienna X 2	-0,12018	0,272495723	-0,44103	0,674639419	-0,78695	0,546594	-0,78695	0,546594	0,813058	1,013028	
Zmienna X 3	0,23955	0,278290439	0,860778	0,422419193	-0,44141	0,920498	-0,44141	0,920498	1,043061		
Zmienna X 4	-0,57429	0,273664337	-2,09851	0,080643682	-1,24392	0,095345	-1,24392	0,095345			

wskazuje na silną ujemną autokorelację, wartość bliska dwa wskazuje na brak autokorelacji). Wyznaczenie statystyki Durbin-Watsona ujęto w tabeli 2. Wynik $d = 1,7488$ świadczy, że może występować bardzo słaba autokorelacja dodatnia. W drugiej kolejności zbudowano autokorelogram (Tab. 3). Uzyskany autokorelogram pozwolił na włączenie do modelu AR przesunięcia: WSTECZ1, WSTECZ2, WSTECZ4 i WSTECZ5 – model AR (1,2,4,5). Następnie zbudowano wybrane modele AR (Tab. 4 i 5) i na ich podstawie dokonano prognozy wielkości produkcji stali w Polsce do 2020 roku (Rys. 4).



Rys. 4. Prognozy wielkości produkcji stali wg AR (1,2,4,5)

Fig. 4. Prognosis of steel production based on AR (1,2,4,5)

Uzyskano model prognostyczny:

$$yT^* = 8,988 + 0,448*WSTECZ1 - 0,120*WSTECZ2 + 0,239*WSTECZ4 - 0,574*WSTECZ5 \quad (1)$$

Współczynnik korelacji $R = 0,7039$ świadczy o dość dobrym dopasowaniu modelu do punktów empirycznych. Uzyskane prognozy wielkości produkcji stali przedstawiono w tabeli 5 i na rys. 2. W kolejnym etapie z modelu usunięto zmienną WSTECZ2 (bo największe p) i zbudowano MODEL AR(1,4,5)

Uzyskano model prognostyczny:

$$yT^* = 7,966 + 0,417*WSTECZ1 + 0,266*WSTECZ4 - 0,576*WSTECZ5 \quad (2)$$

Współczynnik korelacji $R = 0,6921$ świadczy o dość dobrym dopasowaniu modelu do punktów empirycznych. Na podstawie obydwu uzyskanych modeli przedstawiono prognozy zmian w wielkości produkcji stali w Polsce do 2020 roku (Tab. 6).

Tabela 6. AR (1,2,4,5), AR (1,4,5) – zbiorcze zestawienie prognoz wielkości produkcji stali [mln ton]

Table 6. AR (1,2,4,5), AR (1,4,5) – summary of results obtained from prognosis for steel production (MT)

LP	Rok	Produkcja stali ogółem	y^t AR (1,2,4,5)	y^t AR (1,4,5)
1	2000	10,498		
2	2001	8,809		
3	2002	8,367		
4	2003	9,107		
5	2004	10,578		
6	2005	8,336	8,712	8,670
7	2006	9,992	8,395	8,591
8	2007	10,631	9,837	9,732
9	2008	9,727	9,852	9,963
10	2009	7,128	7,989	8,143
11	2010	7,993	8,618	8,792
12	2011	8,776	8,519	8,368
13	2012	8,348	8,183	8,086
14	2013	7,950	7,793	7,737
15	2014	8,558	9,366	9,299
16	2015	9,202	9,378	9,262
17	2016		9,040	8,966
18	2017		9,041	9,008
19	2018		9,435	9,416
20	2019		9,416	9,407
21	2020		8,952	8,970

Na podstawie wyznaczonych prognoz w oparciu o model AR (1,2,4,5) można przyjąć, że wielkość produkcji w następnych pięciu latach będzie ulegać wahaniom. W dwóch kolejnych latach 2016–2017 produkcja odnotuje spadek (nieznaczny) w stosunku do stanu z 2015 roku, w kolejnych latach 2018–2019 można prognozować niewielki wzrost produkcji o około 200 tys. ton i ponowny spadek w 2020 roku.

Tabela 8. Zestawienie zbiorcze uzyskanych wyników prognoz wielkości produkcji stali w Polsce do 2020 roku [mln ton]
Table 8. Summary of all prognoses of steel production in Poland until 2020 [MT]

Metoda	Rok				
	2016	2017	2018	2019	2020
Model autoregresyjny AR (1,2,4,5) (prognoza 1 na rys. 6)	9,040	9,041	9,435	9,416	8,952
Model autoregresyjny AR (1,4,5) (prognoza 2 na rys. 6)	8,966	9,008	9,416	9,407	8,970
Model trendu pełzającego – prognozowanie metodą wag harmonicznych (prognoza 3 na rys. 6)	8,974	8,958	8,942	8,926	8,910

liwości produkcji stali wykorzystywane są do poziomu 9,4 milionów ton w przypadku modeli autoregresyjnych i nieco mniej bo do poziomu 8,97 milionów ton stali na bazie modelu trendu pełzającego. Trendy produkcji stali uzyskane na podstawie optymalnych (ze względu na przyjęte kryteria) metod prognostycznych (model AR (1,2,4,5) – prognoza 1 na rys. 6; model AR (1,4,5) – prognoza 2 oraz model trendu pełzającego – prognoza 3) są zbliżone. Dwie pierwsze prognozy prawie są identyczne, pod względem przebiegu trendu wielkości produkcji stali. Wartości prognozy na podstawie modelu trendu pełzającego są poniżej prognoz wyznaczonych z pomocą modeli autoregresyjnych.

6. WNIOSKI

W najbliższych pięciu latach (prognoza do 2020 roku) produkcja stali będzie utrzymywać się na poziomie około 9 milionów ton stali, nieznaczne wahania będą spowodowane sytuacją na rynkach konsumujących stal. Produkcja na wyznaczonym poziomie nie przekroczy zdolności produkcyjnych, które wynoszą obecnie 12 milionów ton. Oszacowane prognozy nie należą do optymistycznych, ze względu na niepełne wykorzystanie mocy produkcyjnych (75%) lecz umiarkowanych. Można przewidywać, że ze względów ekonomicznych do 2020 roku, huty będą redukować obecne zdolności produkcyjne, między innymi podejmując decyzje o czasowym wyłączeniu wielkich pieców (dot. hutnictwa zintegrowanego).

LITERATURA

1. Strategor, Zarządzanie firmą. Strategie, struktury, decyzje, tożsamość. PWN, Warszawa 1996, s. 437
2. Drury C.: Management and Cost Accounting, Thomson Learning, London, 2004
3. Balcerowicz-Szkutnik M., Szkutnik W.: Wstęp do metod ekonometrycznych. Metody i zadania, Śląska Wyższa Szkoła Zarządzania, Katowice 2006
4. Czyżycki R., Klóska R.: Ekonometria i prognozowanie zjawisk ekonomicznych w przykładach i zadaniach. Wyd. Economicus, Szczecin 2011
5. Czyżycki R., Hundert M., Klóska R., Wybrane zagadnienia z prognozowania, Wyd. Economicus, Szczecin 2006
6. Welfe A.: Ekonometria. Metody i ich zastosowanie. PWE, Warszawa 2009
7. Witkowska D., Podstawy ekonometrii i teorii prognozowania. Podręcznik z przykładami i zadaniami, Oficyna Ekonomiczna, Kraków 2005
8. Raporty Hutniczej Izby Przemysłowo-Handlowe w Katowicach, Polski przemysł stalowy, dostęp: www.hiph.org/polski_przemysl_handlowy
9. Polski przemysł stalowy 2005, Hutnicza Izba Przemysłowo-Handlowa, Katowice 2005 s. 1–4
10. Gajdzik B.: Restrukturyzacja przedsiębiorstw hutniczych w zestawieniach statystycznych i badaniach empirycznych, Wydawnictwo Naukowe Politechniki Śląskiej, Gliwice 2013, Monografia
11. Gajdzik B.: Zmiany pokryzysowe w krajowym hutnictwie, „Hutnik-Wiadomości Hutnicze”, 2013, t. 80, nr 9, s. 665–671
12. Polski przemysł stalowy, HIPH, 2008, s. 6–8; (dostęp: www.hiph.org/polski_przemysl_handlowy)
13. Hutnictwo i odlewnictwo w Polsce – Raport. A. Świdarska, Rynek dwóch prędkości, Magazyn Przemysłowy, wrzesień 2016, s. 18
14. Reports: World Steel Association: World steel in figures 2015, World Steel Association 2015, dostęp: worldsteel.org