

Bożena GAJDZIK, Jan SZYMSZAL  
Politechnika Śląska w Gliwicach  
Wydział Inżynierii Materiałowej i Metalurgii  
Bozena.Gajdzik@polsl.pl; Jan.Szymshal@polsl.pl

## **ANALIZA WAHAŃ W PRZEBIEGU CZASOWYM WIELKOŚCI PRODUKCJI STALI NA ŚWIECIE WRAZ Z PROGNOZOWANIEM WIELKOŚCI PRODUKCJI DO 2020 ROKU**

**Streszczenie.** W artykule omówiono sytuację na światowym rynku stali, ze szczególnym uwzględnieniem dynamiki zmian w wielkości produkcji stali w ostatnich latach. Na podstawie danych statystycznych wielkości produkcji stali za lata 2000-2015 zbudowano prognozy zmian w poziomie produkcji stali na świecie do 2020 roku, uwzględniając cykliczność zmian.

**Słowa kluczowe:** światowa produkcja stali, modelowanie prognostyczne, prognozy.

## **ANALYSIS OF FLUCTUATIONS IN THE TIME TREND OF WORLD STEEL PRODUCTION AND PROGNOSIS OF STEEL PRODUCTION UNTIL 2020**

**Abstract.** The article presents the situation in the global steel market, with particular emphasis on the dynamics of changes in the volume of steel production in recent years. Based on statistics (world steel production) from the years 2000-2015 was built the forecast volume of steel production in the world by 2020, according to cycles of changes.

**Keywords:** world steel production, prognostic modeling, forecasts.

### **1. Wprowadzenie**

Wielkość produkcji i zużycia stali jest ważnym parametrem oceny stanu gospodarki. Odzwierciedleniem gospodarczego rozwoju świata jest między innymi wzrost popytu na wyroby stalowe, co pozostaje w związku z rozwojem budownictwa, przemysłu

maszynowego, infrastruktury transportowej, przemysłu samochodowego, produkcji sprzętu AGD i wielu innych branż wytwarzających dobra z wykorzystaniem stali. Rozwój przemysłu hutniczego uwarunkowany jest ekonomiczną sytuacją sektorów zaopatrujących huty w surowce, takich jak: koksownictwo, górnictwo węgla koksowego i górnictwo rud żelaza, a także energetyki. Globalny rozwój gospodarczy w ostatnich latach spowodował, że realny popyt na wyroby stalowe wzrósł znacząco we wszystkich regionach świata. W latach 1980-2015 produkcja stali surowej wzrosła o ponad 55% do poziomu 1,621 mld ton<sup>1</sup>. W tym okresie najwięcej stali wyprodukowano w 2014 roku ponad 1,667 mld ton. Decydujący wpływ na wzrost produkcji miały kraje azjatyckie, których udział w produkcji ogółem zmienił się kilkakrotnie. Przykład: Chiny w 1980 roku wyprodukowały nieco ponad 679,280 mln ton stali surowej do ponad 847 mln ton w 2014 roku i 803 mln ton w 2015 roku<sup>23</sup>. W technologii wytwarzania, po wycofaniu prawie z wszystkich krajów technologii martenowskiej (technologia martenowska wytopu stali w niewielkim stopniu stosowana w Rosji i na Ukrainie) produkcja odbywa się w konwertorach (technologia *Basic Oxygen Furnace* – *BOF*) i w piecach elektrycznych/lukowych (technologia *Electric Arc Furnace* – *EAF*). W Polsce technologia martenowska została wycofana w 2002 roku, ze względu na wysokie koszty eksploatacji i nadmierną emisję zanieczyszczeń. W Europie Zachodniej i Środkowo-Wschodniej technologia martenowska ostatecznie wycofana w 2010 roku. Obecnie udział stali wytwarzanej w układzie technologicznym: koksownia – wielki piec – konwertor tlenowy stanowi prawie 75% światowej produkcji stali surowej<sup>4</sup>. Trend światowej produkcji stali w długim okresie jest rosnący. Można odnotować wahania cykliczne odpowiadające rozwojowi lub spowolnieniu gospodarki światowej.

Analiza dynamiki zmian z uwzględnieniem cykliczności produkcji stali była tematem niniejszej publikacji. Na podstawie danych empirycznych – światowa produkcja stali w latach 2000-2015 – wyznaczono prognozy do 2020 roku. Prognoza to, po pierwsze, wskazanie co ma być przewidywane (prognozowane), po drugie, jakie metody zastosować<sup>5</sup>. Prognozy wyznaczono w oparciu o model flag kategorii, model Wintersa z trendem addytywnym i sezonowością addytywną, a także dekompozycję szeregu czasowego opartą na scentrowanej średniej ruchomej. Zastosowano te metody ponieważ w badanej linii trendu wielkości produkcji stali występują wahania cykliczne i ze względu na minimalną wartość błędów: pierwiastka kwadratowego obliczanego ze średniego kwadratowego błędu prognoz pozornych (RMSE\*) i/lub średniej wartości względnego błędu prognoz wygasłych ( $\Psi$ ).

---

<sup>1</sup>Crude steel production 1980-2014, World Steel Association, dostęp: worldsteel.org/statistic.

<sup>2</sup> Ibidem.

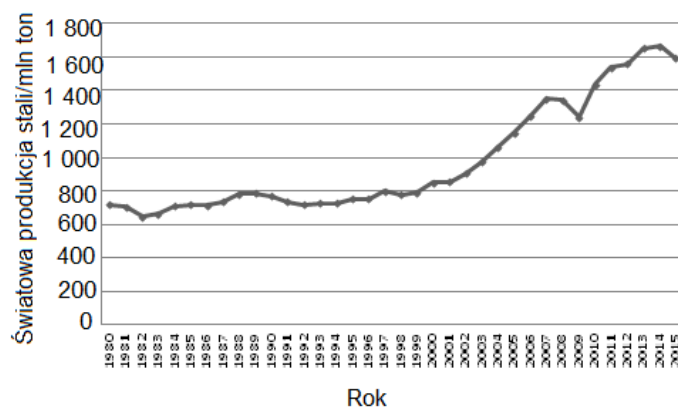
<sup>3</sup> World steel in figures 2016, World Steel Association, dostęp: worldsteel.org.

<sup>4</sup> World steel in figures 2016, World Steel Association, dostęp: worldsteel.org.

<sup>5</sup> J. Szymshal, G. Pucka, A. Gierek, J. Przondziona: Prognozowanie szeregów czasowych wielkości sprzedaży w zakładzie odlewniczym, *Archiwum Odlewnictwa*, Rocznik 5, Nr 17, Rok 2005s. 325-332; Z. Pawłowski, *Ekonometria*, PWN, Warszawa 1966, s. 12; *Słownik współczesnego języka polskiego*. Wyd. WILGA, Warszawa, 1996.

## 2. Dynamika zmian światowego hutnictwa żelaza w latach 1980-2015

W latach 1980-2015 produkcja stali na świecie wzrosła z poziomu 716 mln ton do 1 621 mln ton (rys. 1). W 2004 roku po raz pierwszy światowa produkcja stali przekroczyła poziom 1 mld ton (1 602,608 mln ton). Wzrostowa tendencja produkcji stali powyżej 1 mld ton utrzymywała się do 2014 roku, wtedy to wyprodukowano 1 670,145 mln ton. W roku następnym odnotowano nieznaczny spadek produkcji do 1 621 mln ton stali surowej<sup>6</sup>.



Rys. 1. Trend światowej produkcji stali w latach 1980-2015

Źródło: Crude steel production 1980-2014, World Steel Association; World steel in figures 2016, World Steel Association, dostęp: worldsteel.org.

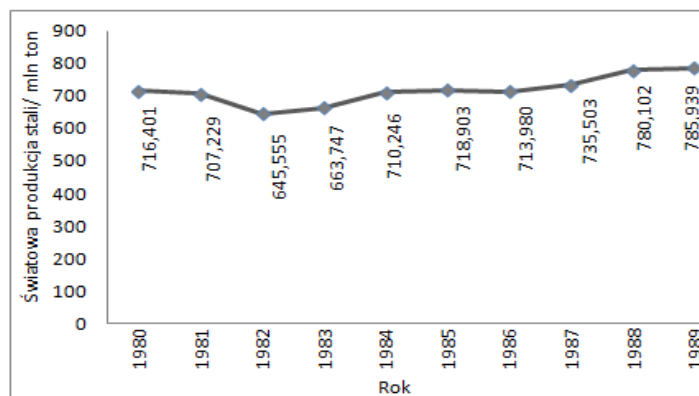
Produkcja stali na świecie (rys. 1) ma okresu dużego wzrostu (lata 2000-2007 oraz (2011-2014) oraz sporego spadku. Mniejsza produkcja stali na świecie była w 1992 roku, wtedy to wiele krajów Europy Środkowo-Wschodniej przechodziło transformację gospodarczą, powiązaną z restrukturyzacją przemysłu tradycyjnego (górnictwa i hutnictwa). Kolejny spadek odnotowano w latach 2008-2009, wtedy to świat zmagął się ze skutkami globalnego kryzysu ekonomicznego. W wyniku spadku popytu na stal huty ograniczyły produkcję.

## 3. Wahania w przebiegu czasowym światowej produkcji stali i ich determinanty

W 1982 roku odnotowano spadek wielkości produkcji o 8,7 % w stosunku do roku poprzedniego. Główną przyczyną załamania światowej koniunktury na przełomie lat 1979 i 1980 była sytuacja na rynku paliwowym (gwałtowny wzrost cen ropy naftowej) i energetycznym. Skutkowało to wzrostem cen (inflacją) i bezrobociem. W latach 80. wzrosło

<sup>6</sup> Crude steel production 1980-2014, World Steel Association; World steel in figures 2016, World Steel Association, dostęp: worldsteel.org; Crude steel production on data 2015 dostęp: <https://www.worldsteel.org/media-centre/press-releases/2016/--World-crude-steel-output-decreases-by--2.8--in-2015.html>.

zadłużenie wielu krajów<sup>7</sup>. Tempo wzrostu produkcji przemysłowej w latach 80. było niższe niż w latach 70 (w krajach rozwiniętych gospodarczo w latach 70. wynosiło 3,5% , a w 80. około 3% rocznie)<sup>8</sup>. Po spadku produkcji stali w 1982 roku ponownie produkcja wzrosła na skutek rozwoju branży motoryzacyjnej, najczęściej samochodów wyprodukowały Stany Zjednoczone i Japonia (w 1985 roku Stany Zjednoczone ponad 8 mln samochodów, Japonia 7,6 mln)<sup>9</sup>. Na rys. 2 przedstawiono przebieg czasowy światowej produkcji stali w latach 1980-1989. Linia trendu w tych latach była łagodna z niewielkimi wahaniami przypadkowymi (od 645,5 mln ton stali w 1982 roku do 785,9 mln ton w 1989 roku).



Rys. 2. Przebieg czasowy światowej produkcji stali w latach 1980-1989

Źródło: Crude steel production 1980-2014, World Steel Association, dostęp:worldsteel.org.

Po siedmiu latach z tendencją wzrostową, w 1990 roku produkcja stali na świecie ponownie spadła o 1,97% w stosunku do roku poprzedniego. W 1991 roku był dalszy spadek produkcji (o 4,75% w stosunku do roku poprzedniego). W 1992 roku wyprodukowano 719,797 mln ton stali (spadek w stosunku do roku poprzedniego o 1,87%)<sup>10</sup>. Na początku lat 90. w krajach Europy Środkowowschodniej ma miejsce transformacja systemu gospodarczego. Sytuacja w wielu krajach wpłynęła na spadek produkcji stali w ujęciu globalnym. Restrukturyzowany przemysł w tej części Europy wyprodukował mniej stali (likwidowano zbędne moce produkcyjne). Po 1994 roku światowa produkcja stali wzrosła aż do 1997 roku. Niewielki spadek był w 1998 roku (w stosunku do roku poprzedniego o 2,66%) a wzrost w 1999 roku. Koniec lat 90. to nasilający się progres krajów azjatyckich (średnia dynamika PKB w latach 1990-1999 w krajach azjatyckich przekroczyła 9% , dla porównania, w krajach rozwiniętych gospodarczo wskaźnik ten wynosił około 4%, natomiast w Europie Środkowowschodniej mieścił się w przedziale 0,8 –3,7%)<sup>11</sup>. Przebieg linii trendu światowej

<sup>7</sup> J. Skodlarski, R. Matera: Gospodarka światowa w ostatnich trzech dekadach XX w. [w:] Współczesne problemy gospodarki światowej. Folia Oeconomica 169, Wydawnictwo Uniwersytetu Łódzkiego, Łódź 2003, s. 5-58; dostęp: cejsh.icm.edu.pl/cejsh/element/bwmeta1.element.hdl\_11089\_7164/c/60-79.pdf.

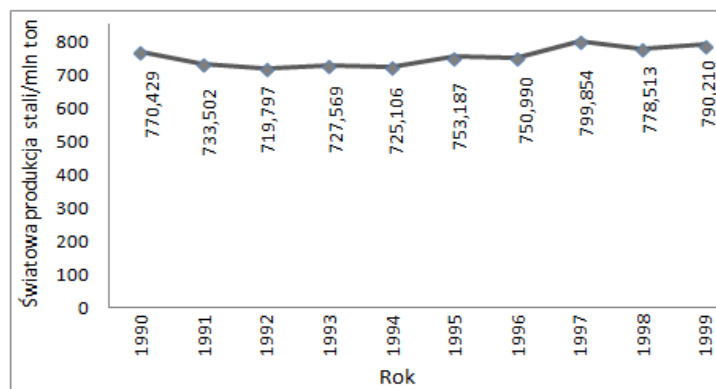
<sup>8</sup> D.H. Aldcroft: The European Economy 1914-1990, London 1993, p. 221.

<sup>9</sup> B.R. Mitchell: International Historical Statistics. Europe 1750-1988, Houndmills 1992, p. 537; Rocznik Statystyczny 1996, GUS, Warszawa 1996, s. 580.

<sup>10</sup> Crude steel production 1980-2014, World Steel Association; dostęp:worldsteel.org.

<sup>11</sup> Rocznik Statystyczny 1999, GUS, Warszawa 1999, s. 598.

produkcji stali w latach 1990-1999 był łagodny, wahania były niewielkie od 719,8 mln ton w 1992 roku do 799,8 mln ton w 1997 roku (rys. 3).



Rys. 3. Przebieg czasowy światowej produkcji stali w latach 1990-1999

Źródło: Crude steel production 1980-2014, World Steel Association, dostęp:worldsteel.org.

Początek nowego wieku był najbardziej znaczącym okresem w historii światowego przemysłu stalowego. Średnioroczny wzrost produkcji stali w latach 2000 – 2007 był na poziomie 6,8%, a produkcja w 2007 roku osiągnęła poziom 1,348 mld ton. W latach 2000 – 2007 produkcja stali w regionie azjatyckim wzrosła o 127%, głównie za sprawą dynamicznie rozwijających się Chin, które prawie czterokrotnie zwiększyły moce produkcyjne. Średnioroczne tempo wzrostu produkcji w Azji w analizowanym okresie było na poziomie 12,4%. Wysoki wzrost był także w krajach Bliskiego Wschodu (49%) oraz Afryki (36%). W Ameryce Płd. i w krajach CIS (obszar byłego ZSRR) wzrost produkcji był na poziomie 27%. Ze wszystkich kontynentów jedynie Ameryka Płn. zanotowała 3% spadek spowodowany niższą produkcją w Kanadzie i w USA. Europa wytworzyła o 14% stali więcej, a produkcja stali w krajach „starej piętnastki” był na poziomie 7,5%<sup>12</sup>. W latach 2000-2008 na światowym rynku stali dochodzi do istotnych konsolidacji. W 2007 roku L. Mittal przejął pakiet większościowy akcji koncernu Arcelor. Firma ArcelorMittal jest obecnie najbardziej liczącą się na światowym rynku stali z produkcją na poziomie około 100 mln ton (na liście największych producentów w 2015 roku ArcelorMittal zajmował pierwszą pozycję z produkcją 97 mln ton stali)<sup>13</sup>. Inwestor L. Mittal nabył też Polskie Huty Stali w 2004 roku, stalownię w Rumunii (kombinat hutniczo-stalowy w Galati) oraz największy w Czechach kombinat w Ostrawie (Nova Hut). W 2005 roku L. Mittal zakupił ukraińską hutę w Krzywym Rogu. W tym okresie Indyjski koncern Tata Steel połączył się z brytyjską grupą Corus (z dziesiątą pozycją w światowym rankingu – produkcja roczna około 26 mln ton stali)<sup>14</sup>. W 2008 roku rosyjski producent Severstal kupił hutę stali Sparrows Point w USA. Po tym przejściu Severstal North America (SNA), zdobył znaczącą pozycję na rynku amerykańskim

<sup>12</sup> U. Ozga-Blaschke: Analiza sytuacji na światowych rynkach stali oraz prognozy w zakresie zmian popytu i podaży, Czasopismo Techniczne, nr 134-137 (styczeń-grudzień), Kraków 2008, s. 1-10.

<sup>13</sup> Top steel-producing companies 2015, World Steel Association; dostęp: <https://www.worldsteel.org/statistics/top-producers.html>.

<sup>14</sup> Ibidem.

(po Arcelor Mittal, Nucor i US Steel). Firma Severstal zajmowała w 2015 roku trzydziestą trzecią pozycję w rankingu z produkcją 11 mln ton stali. Ukraiński Związek Przemysłowy Donbasu zakupił największą zintegrowaną hutę na Węgrzech (Dunaferr Dunai) i przejął hutę DAM. W Polsce koncern nabył Hutę Częstochowa<sup>15</sup>. W analizowanym okresie umocnił swoje wpływy również inny rosyjski koncern Evraz Group, w skład którego poza rosyjskimi kombinatami weszły zakłady w Czechach, Włoszech, USA. Grupa zajmowała dwudziestą piątą pozycję z produkcją 14 mln ton w rankingu największych producentów w 2015 roku. Poza ArcelorMittal ścisłą czołówkę tworzą Hesteel Group (Chiny) z produkcją 47,7 mln ton w 2015 roku (pozycja druga w rankingu), Nippon Steel and Sumitomo Metal Corporation (Japonia) z produkcją 46,3 mln ton stali w 2015 roku (pozycja trzecia), POSCO (Południowa Korea) z produkcją 41,6 mln ton (pozycja czwarta w rankingu 2015), Baosteel Group (Chiny) z produkcją 34,9 mln ton w 2015 roku (pozycja piąta)<sup>16</sup>.

W 2008 roku dochodzi do spadku produkcji stali na rynku światowym o 0,36% w stosunku do roku poprzedniego. W roku następnym (2009) produkcja spadła już o 7,81%. W latach 2008-2009 świat zmagał się ze skutkami kryzysu ekonomicznego<sup>17</sup>. Największy spadek wolumenu produkcji odnotowały Chiny, które w 2008 roku wyprodukowały 831,090 mln ton stali surowej, a w 2009 roku 661,684 mln ton (spadek o 20,4%)<sup>18</sup>. Spadek produkcji w Europie (kraje UE) o 29,9% w 2009 roku w stosunku do 2008 roku. W pozostałych regionach świata (z wyjątkiem Azji-Oceanii i Środkowego-Wschodu) również był spadek: CIS (Rosja) spadek o 14,6%, Północna Ameryka o 33%, Południowa Ameryka o 21%, Afryka o 9,25%<sup>19</sup>. W 2010 roku we wszystkich regionach świata odnotowano wzrost produkcji. Po kolejnych czterech latach z tendencją wzrostową spadek produkcji odnotowano dopiero w 2015 roku. Po dokładnej analizie przebiegu czasowego wielkości produkcji stali ogółem na świecie zauważono cykliczność wahań w ostatnich piętnastu latach (rys. 4). Układ trendu produkcji: wzrost do 2008 roku, spadek w 2008 roku, ponowny wzrost do 2015 roku. Układ ten pozwolił na zastosowanie metody opartej na flagach kategorii do prognozowania zmian wielkości produkcji stali na świecie do 2020 roku.

---

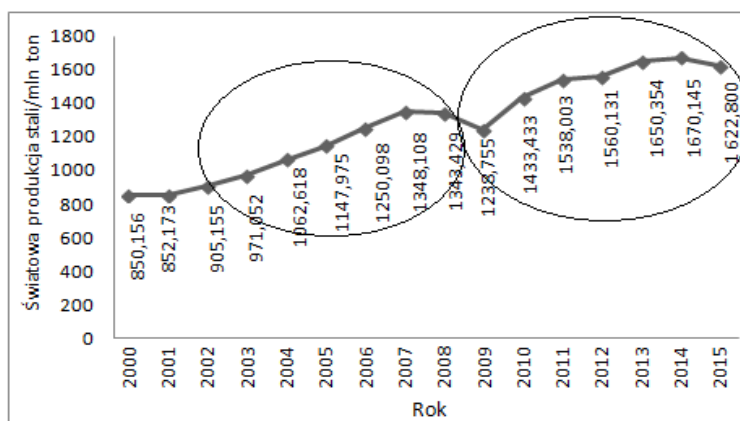
<sup>15</sup> W. Sroka: Sieci aliansów. Poszukiwanie przewagi konkurencyjnej przez współpracę, PWE, Warszawa 2012, U. Ozga-Blaschke: Analiza sytuacji na światowych ... op.cit., s. 1-10.

<sup>16</sup> Top steel-producing companies 2015 .... op.cit.

<sup>17</sup> Zobacz: B. Gajdzik, Crisis management in the metallurgical enterprises, „Metalurgija” No. 3, 2014, vol. 53, July-September 2014, p.391-394; B. Gajdzik: Restrukturyzacja przedsiębiorstw hutniczych w zestawieniach statystycznych i badaniach empirycznych. Monografia. Wydawnictwo Politechniki Śląskiej: Gliwice, 2013.

<sup>18</sup> Crude steel production 1980-2014, World Steel Association, dostęp: <https://www.worldsteel.org/statistics>.

<sup>19</sup> Obliczono na podstawie jw.



Rys. 4. Przebieg czasowy światowej produkcji stali w latach 2000-2015

Źródło: Opracowano na podstawie: Crude steel production 1980-2014, World Steel Association, dostęp: worldsteel.org; Crude steel production 2015-2016, World Steel Association, dostęp: <https://www.worldsteel.org/statistics/crude-steel-production0.html>.

#### 4. Prognozy wielkości produkcji stali na świecie do 2020 roku – model oparty na flagach kategorii

Model oparty na flagach kategorii pozwala na wychwycenia wpływu czasu pomiaru na cechę wynikową poprzez wykorzystywanie zmiennych umownych zwanych też zmiennymi zero-jedynkowymi, zmiennymi sztucznymi lub flagami kategorii. W modelu można analizować wielkość produkcji stali zarówno pod kątem trendu, jak i wahań sezonowych<sup>20</sup>. W przyjętym modelu uwzględniono kilka wariantów cykliczności, różniących się liczbą analizowanych flag kategorii (tabela 1-3). Wielowariantowość badań ma posłużyć czytelnikowi na wybór modelu zgodnego z jego wiedzą na temat przyczyny cykliczności zmian w produkcji stali na świecie.

Tabela 1

Prognozy wielkości produkcji stali na świecie – model oparty na flagach kategorii/wersja 1

Produkcja stali/mln t	Rok	Flaga1	Flaga2	Flaga3	Flaga4	Flaga5	Flaga6	Flaga7	Flaga8	Y <sup>*</sup> /mln t
852,173	2001	1	0	0	0	0	0	0	0	818,575
905,155	2002	0	1	0	0	0	0	0	0	942,405
971,052	2003	0	0	1	0	0	0	0	0	1027,639
1062,618	2004	0	0	0	1	0	0	0	0	1084,486
1147,975	2005	0	0	0	0	1	0	0	0	1172,276
1250,098	2006	0	0	0	0	0	1	0	0	1233,233
1348,108	2007	0	0	0	0	0	0	1	0	1258,565
1343,429	2008	0	0	0	0	0	0	0	1	1343,429
1238,755	2009	1	0	0	0	0	0	0	0	1272,353
1433,433	2010	0	1	0	0	0	0	0	0	1396,183
1538,003	2011	0	0	1	0	0	0	0	0	1481,416

<sup>20</sup> J. Szymshal, L. Blacha: Wspomaganie decyzji optymalnych w metalurgii i inżynierii materiałowej, Wyd. Pol. Śl., Wyd. II., Gliwice, 2005; A.D. Aczel: Statystyka w zarządzaniu. PWN, Warszawa 2004.

cd. tabeli 1

1560,131	2012	0	0	0	1	0	0	0	0	1538,263
1650,354	2013	0	0	0	0	1	0	0	0	1626,053
1670,145	2014	0	0	0	0	0	1	0	0	1687,010
1622,800	2015	0	0	0	0	0	0	1	0	1712,343
Prognoza	2016	0	0	0	0	0	0	0	1	1797,206
Prognoza	2017	1	0	0	0	0	0	0	0	1726,130
Prognoza	2018	0	1	0	0	0	0	0	0	1849,960
Prognoza	2019	0	0	1	0	0	0	0	0	1935,194
Prognoza	2020	0	0	0	1	0	0	0	0	1992,041

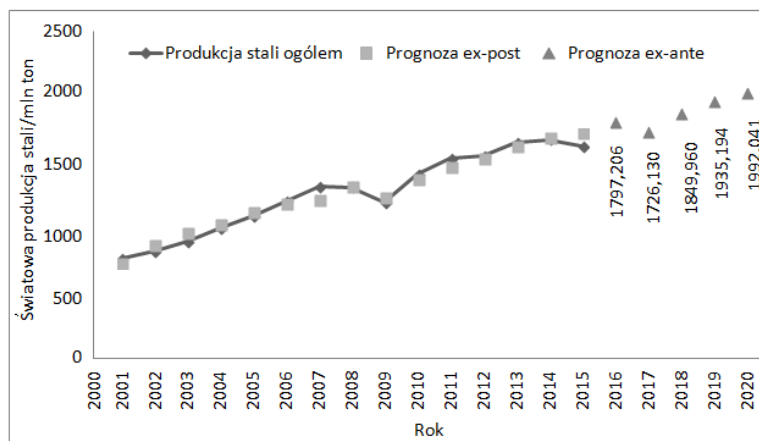
Y<sub>t</sub>\* – prognozowane wielkości

Źródło: Opracowanie własne.

Uzyskany model<sup>21</sup>:

$$\begin{aligned} \text{Światowa wielkość produkcji stali ogółem} = & -112554,71 + 56,72 \cdot \text{rok} - 127,80 \cdot \text{Flaga1} \\ & - 60,69 \cdot \text{Flaga2} - 32,18 \cdot \text{Flaga3} - 32,05 \cdot \text{Flaga4} - 0,99 \cdot \text{Flaga5} \\ & + 3,25 \cdot \text{Flaga6} - 28,14 \cdot \text{Flaga7} \end{aligned} \quad (1)$$

Standardowy błąd estymacji wynosi 70,92, a wartość współczynnika  $R^2$  wynosi 0,972, co oznacza, że aż 97,2% odchylen wielkości światowej produkcji stali można wyjaśnić za pomocą uzyskanego modelu ( $\Psi=0,030$ ;  $RMSE^*=44,855$ ). Na podstawie wzoru (1) można wnioskować, że światowa wielkość produkcji stali (jeżeli weźmie się pod uwagę wahania) wzrasta średnio o ok. 57 mln ton rocznie. Produkcja stali na świecie będzie na poziomie od 1,8 do 1,9 mld ton. Na rys. 5 przedstawiono przebieg trendu prognozowanej wielkości produkcji stali na świecie.



Rys. 5. Prognoza zmian w wielkości produkcji stali na świecie (wersja 1)

Źródło: Opracowanie własne.

<sup>21</sup> Analiza w programie komputerowym Excel: Dane: Analiza danych: Regresja. Użyty w modelu zapis „rok” jest zapisem nazwy.



Tabela 2

Prognozy wielkości produkcji stali na świecie– model oparty na flagach kategorii /wersja 2

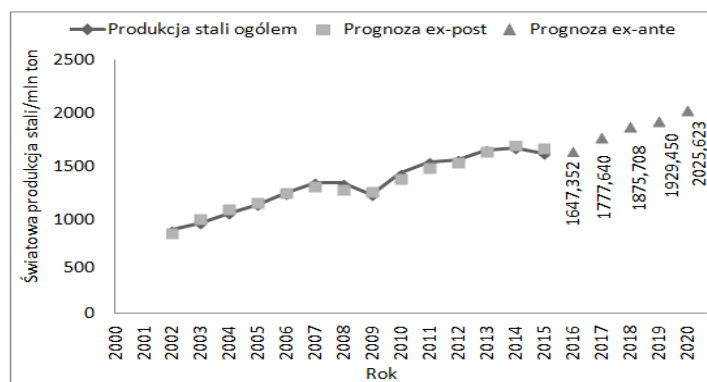
Produkcja stali/mln t	Rok	Flaga1	Flaga2	Flaga3	Flaga4	Flaga5	Flaga6	Flaga7	Y*/mln t
905,155	2002	1	0	0	0	0	0	0	880,156
971,052	2003	0	1	0	0	0	0	0	1010,444
1062,618	2004	0	0	1	0	0	0	0	1108,512
1147,975	2005	0	0	0	1	0	0	0	1162,254
1250,098	2006	0	0	0	0	1	0	0	1258,427
1348,108	2007	0	0	0	0	0	1	0	1317,328
1343,429	2008	0	0	0	0	0	0	1	1291,316
1238,755	2009	1	0	0	0	0	0	0	1263,754
1433,433	2010	0	1	0	0	0	0	0	1394,042
1538,003	2011	0	0	1	0	0	0	0	1492,110
1560,131	2012	0	0	0	1	0	0	0	1545,852
1650,354	2013	0	0	0	0	1	0	0	1642,025
1670,145	2014	0	0	0	0	0	1	0	1700,926
1622,800	2015	0	0	0	0	0	0	1	1674,914
Prognoza	2016	1	0	0	0	0	0	0	1647,352
Prognoza	2017		1	0	0	0	0	0	1777,640
Prognoza	2018			1	0	0	0	0	1875,708
Prognoza	2019				1	0	0	0	1929,450
Prognoza	2020					1	0	0	2025,623

Źródło: Opracowanie własne.

Uzyskano następujący model:

$$\begin{aligned} \text{Światowa wielkość produkcji} = & -108746,51 + 54,80 \cdot \text{rok} - 82,36 \cdot \text{Flaga1} - 6,87 \cdot \text{Flaga2} + \\ & 36,39 \cdot \text{Flaga3} + 35,34 \cdot \text{Flaga4} + 76,71 \cdot \text{Flaga5} + 80,81 \cdot \text{Flaga6} \end{aligned} \quad (2)$$

Standardowy błąd estymacji wynosi 52,34 a wartość współczynnika  $R^2$  wynosi 0,981 co oznacza, że aż 98,1% odchyień wielkości światowej produkcji stali można wyjaśnić za pomocą modelu ( $\Psi=0,024$ ;  $RMSE^*=34,267$ ). Na podstawie wzoru (2) można wnioskować, że światowa wielkość produkcji stali (jeżeli weźmie się pod uwagę wahania) wzrasta średnio o ok. 55 mln ton rocznie. W 2016 roku światowa produkcja stali nieznacznie wzrosła w stosunku do wielkości z roku 2015 (o 1,5%), wyraźny wzrost wystąpi dopiero w 2017 roku, wtedy światowa produkcja stali może osiągnąć poziom 1,77 mld ton stali (rys. 6).



Rys. 6. Prognoza zmian w wielkości produkcji stali na świecie (wersja 2)

Źródło: Opracowanie własne.

Tabela 3

Prognozy wielkości produkcji stali na świecie– model oparty na flagach kategorii /wersja 3

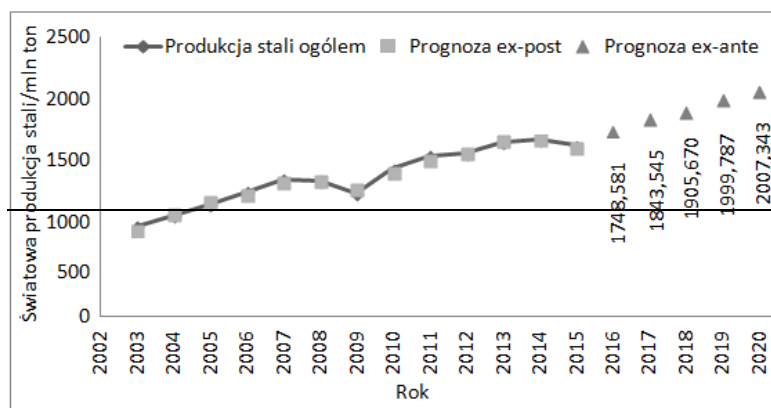
Produkcja stali/mln t	Rok	Flaga1	Flaga2	Flaga3	Flaga4	Flaga5	Flaga6	Y <sup>*</sup> /mln t
971,052	2003	1	0	0	0	0	0	943,832
1062,618	2004	0	1	0	0	0	0	1081,174
1147,975	2005	0	0	1	0	0	0	1176,137
1250,098	2006	0	0	0	1	0	0	1238,263
1348,108	2007	0	0	0	0	1	0	1332,379
1343,429	2008	0	0	0	0	0	1	1339,935
1238,755	2009	1	0	0	0	0	0	1277,536
1433,433	2010	0	1	0	0	0	0	1414,877
1538,003	2011	0	0	1	0	0	0	1509,841
1560,131	2012	0	0	0	1	0	0	1571,966
1650,354	2013	0	0	0	0	1	0	1666,083
1670,145	2014	0	0	0	0	0	1	1673,639
1622,800	2015	1	0	0	0	0	0	1611,239
Prognoza	2016	0	1	0	0	0	0	1748,581
Prognoza	2017	0	0	1	0	0	0	1843,545
Prognoza	2018	0	0	0	1	0	0	1905,670
Prognoza	2019	0	0	0	0	1	0	1999,787
Prognoza	2020	0	0	0	0	0	1	2007,343

Źródło: Opracowanie własne.

Uzyskano następujący model:

$$\begin{aligned} \text{Światowa wielkość produkcji} = & -110339,5959 + 55,62 \cdot \text{rok} - 118,01 \cdot \text{Flaga1} - 36,29 \cdot \\ & \text{Flaga2} + 3,05 \cdot \text{Flaga3} + 9,56 \cdot \text{Flaga4} + 48,06 \cdot \text{Flaga5} \end{aligned} \quad (3)$$

Standardowy błąd estymacji wynosi 30,15 a wartość współczynnika  $R^2$  wynosi 0,992 co oznacza, że aż 99,2% odchyień wielkości światowej produkcji stali można wyjaśnić za pomocą modelu ( $F=0,014$ ;  $RMSE^*=20,480$ ). Na podstawie wzoru (3) można wnioskować, że światowa wielkość produkcji stali (jeżeli weźmie się pod uwagę wahania) wzrasta średnio o 56 mln ton rocznie (rys. 7).



Rys. 7. Prognoza zmian w wielkości produkcji stali na świecie (wersja 3)

Źródło: Opracowanie własne.

## 5. Prognozowanie wielkości produkcji stali na świecie – metoda Wintersa – wykładniczy model trójparametrowy

Model Wintersa jest rozszerzeniem modelu Holta o dodatkowy parametr służący do wygładzania sezonowości. Sezonowość może mieć addytywny lub multiplikatywny charakter, i dlatego wyróżnia się addytywną i multiplikatywną wersję modelu Wintersa<sup>22</sup>. W publikacji zastosowano prognozowanie addytywne, którą opisują następujące równania:

$$F_t = \alpha(y_t - C_{t-r}) + (1-\alpha)(F_{t-1} + S_{t-1}) \quad (4)$$

$F_t$  to obliczana rekurencyjnie wyrównana wartość zmiennej prognozowanej w momencie (okresie)  $t$  po eliminacji wahań sezonowych.

$$S_t = \beta(F_t - F_{t-1}) + (1-\beta)S_{t-1} \quad (5)$$

Składnik  $S_t$ , obliczany również rekurencyjnie przedstawia sobą miarę charakteryzującą przyrost trendu na moment (okres)  $t$ .

$$C_t = \gamma(y_t - F_t) + (1-\gamma)C_{t-r} \quad (6)$$

Składnik  $S_t$ , obliczany również rekurencyjnie przedstawia sobą ocenę absolutnego poziomu wahań sezonowych na moment (okres)  $t$ .  $\alpha$ ,  $\beta$  i  $\gamma$  to tzw. *parametry modelu WINTERSA* liczby z przedziału  $[0;1]$   $r$  – liczba podokresów cyklu sezonowości ( $C_1+C_2 + \dots + C_r = 0$ ). W przyjętym modelu Wintersa średni poziom szeregu wyznacza się jako średnią ważoną bieżących wartości empirycznych oraz na podstawie oszacowanej danych wcześniejszych z poprzednich okresów, nowej średniej. Prognoza w okresie  $t$  (*ex-post*) może być obliczona na podstawie zależności:

$$y_t^* = F_{t-1} + S_{t-1} + C_{t-1} \quad (7)$$

Zgodnie z założeniami metody Wintersa, właściwa prognoza danego szeregu czasowego, czyli prognozę *ex-ante*, obejmuje oczywiście okresu  $t > T$ . Aby uzyskać tą prognozę należy dokonać zsumowanie wartości średniej z ostatniego okresu  $F_T$  oraz oszacowanych wartości współczynnika nachylenia trendu  $S_T$  uzyskanego dla ostatniego okresu pomnożonego przez różnicę pomiędzy kolejnym numerem okresu konstruowanej prognozy i numerem okresu, który uważany jest jako okres ostatni. Dla  $t > T$  można to przedstawić za pomocą wzoru:

$$y_t^* = F_T + (t-T)S_T + C_{t-r} \quad (8)$$

Wyniki prognozowania wielkości produkcji stali na świecie przedstawiono w tabeli 4, dla  $\alpha=0,150$ ,  $\beta=0,050$  i  $\gamma=0,990$  i  $r=7$ . Graficzną prezentację uzyskanego trendu zmian wielkości produkcji stali na świecie ujęto na rys. 8.

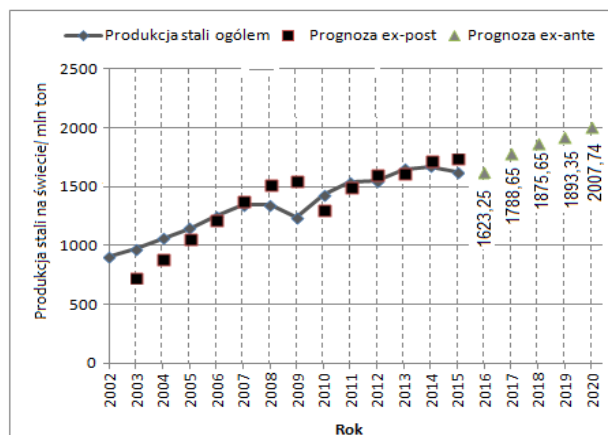
<sup>22</sup> M. Lipiec-Zajchowska (red.): Wspomaganie procesów decyzyjnych, Wydawnictwo C.H. Beck, Warszawa 2003, s. 44-45.

Tabela 4

Prognozy wielkości produkcji stali na świecie/ mln ton – metoda Wintersa – wykładniczy model trójparametrowy

Produkcja stali/ mln t	Rok	Ft	St	Ct	Y* <sub>t</sub> /mln t
905,155	2002	905,155	65,897	-241,764	
971,052	2003	997,432	67,216	-175,867	729,288
1062,618	2004	1076,988	67,833	-84,301	999,781
1147,975	2005	1156,136	67,849	1,055	1060,520
1250,098	2006	1203,075	67,353	103,179	1214,041
1348,108	2007	1251,902	66,427	201,189	1372,607
1343,429	2008	1292,618	65,141	196,510	1519,518
1238,755	2009	1376,173	66,062	-136,461	1554,269
1433,433	2010	1467,295	67,315	-35,282	1303,774
1538,003	2011	1547,764	67,973	-10,506	1499,328
1560,131	2012	1605,738	67,473	-55,040	1605,230
1650,354	2013	1654,305	66,527	-2,880	1618,170
1670,145	2014	1683,051	64,638	-10,765	1717,924
1622,800	2015	1699,479	62,228	-73,948	1736,924
Prognoza	2016				1623,246
Prognoza	2017				1788,654
Prognoza	2018				1875,657
Prognoza	2019				1893,352
Prognoza	2020				2007,740

Źródło: Opracowanie własne.



Rys. 8. Prognoza zmian w wielkości produkcji stali na świecie – metoda Wintersa

Źródło: Opracowanie własne.

Uzyskane prognozy według metody Wintersa – wykładniczy model trójparametrowy są zbliżone do prognoz modelu opartego na flagach kategorii. W obydwu modelach uzyskano trend rosnący wielkości produkcji stali na świecie do poziomu aż ponad 2 mld ton w 2020 roku. Prognozy wielkości produkcji stali na świecie do 2020 roku wykazują cykliczność (rys. 8), po 2016 roku produkcja będzie rosła, w 2017 roku uzyska poziom 1788,6 mln ton, w roku następnym wzrośnie o kolejne 87 tys. ton, w 2019 roku wzrost będzie nieco mniejszy (tylko o 16 tys. ton), w rezultacie w 2020 roku produkcja stali na świecie osiągnie poziom ponad 2 mld ton.

## 6. Prognozowanie wielkości produkcji stali na świecie – dekompozycja szeregu czasowego z wykorzystaniem scentrowanych średnich ruchomych

Do dekompozycji szeregów czasowych wykazujących trend i wahania sezonowe wykorzystuje się najczęściej metodę tzw. scentrowanych średnich ruchomych. Po dokładnej analizie badanego szeregu czasowego można ustalić, że liczba okresów wahań sezonowych wynosi  $k = 7$  (tab. 5). W pierwszej obliczono średnią ruchomą scentrowaną dla siedmiu okresów wg wzoru:

$$Sr\_scen_{(4)} = \frac{y_1 + 2*(y_2 + y_3 + y_4 + y_5 + y_6 + y_7) + y_8}{14} \quad (9)$$

Dekompozycja polega na uwolnieniu badanego szeregu czasowego od trendu. W tym celu wyrazy szeregu empirycznego wielkości produkcji stali podzielono przez odpowiadające im wyrazy szeregu wygładzonego, przy czym otrzymane wartości współczynników zawierają wahania okresowe i przypadkowe. Współczynniki te informują o stosunku sprzedaży rzeczywistej do średniej ruchomej<sup>23</sup>. Z oszacowanych wielkości współczynników wyeliminowano wahania przypadkowe (przez oszacowanie wahań średniej arytmetycznej z obliczonych wcześniej współczynników z wielkości dla jednoimiennych okresów, czyli okresów pochodzących z tej samej fazy). Otrzymano wartości, które oznaczono symbolem *sr\_wspól.* to tzw. surowe wskaźniki (indeksy) wahań okresowych. Informują one, o ile procent poziom produkcji w danej fazie cyklu jest wyższy, gdy jego wartość jest większa od jeden lub niższy, gdy jego wartość jest mniejsza od jeden, od poziomu, jaki można osiągnąć, w przypadku gdyby wahania nie występowały, a szereg czasowy charakteryzował się jedynie trendem. Sumowano wszystkie siedem wartości surowych indeksów i otrzymano wartość **6,899**. Następnie obliczono tzw. czyste (standaryzowane, oczyszczone) wskaźniki wahań okresowych, oznaczone jako *wspól\_stand.* (surowe wskaźniki wahań okresowych podzielono przez średnią arytmetyczną surowych wskaźników). Suma otrzymanych w ten sposób wskaźników jest równa liczbie faz wahań, czyli w naszym przypadku liczbie **7**. Jednym z zastosowań wyznaczonych czystych indeksów wahań sezonowych jest eliminacja wahań sezonowych z danych empirycznych szeregu czasowego. Czyste indeksy wahań sezonowych powiązано z wartościami empirycznymi wielkości produkcji stali, przyjmując odpowiednie wartości na kolejne lata prognozy. Empiryczne wielkości produkcji stali dla każdego z analizowanych okresów podzielono przez czyste wskaźniki wahań okresowych, uzyskując wielkości trendu, natomiast prognozę trendu uzyskano przez zastosowanie regresji ujmującej wielkości trendu od roku produkcji ( $b_0 = -106159,1$ ;  $b_1 = 53,52$ ;  $R^2 = 0,967$ ). Oszacowania wielkości prognozy *ex-post* i *ex-ante* dokonano mnożąc wartości odpowiednich indeksów przez wartości trendu obliczone z wykorzystaniem funkcji regresji.

<sup>23</sup> Więcej w: T. Szapiro: Decyzje menedżerskie z Excelem, PWE, Warszawa 2000, s. 224-238.

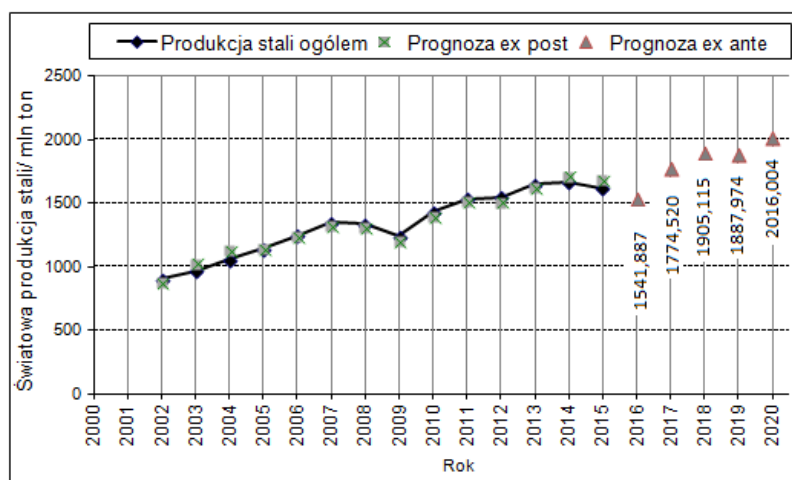
Tabela 5

## Prognozy wielkości produkcji stali na świecie – dekompozycja szeregu czasowego

Produkcja stali/mln t	Rok	śr_scentr	współcz	śr_współ	współ_stand	Indeks	Trend	Y*, mln t
905,155	2002			0,981	0,995	0,888	1019,777	876,827
971,052	2003			1,018	1,033	0,991	979,884	1031,995
1062,618	2004			1,041	1,057	1,033	1028,630	1131,079
1147,975	2005	1170,75	0,981	0,989	1,004	0,995	1153,889	1142,535
1250,098	2006	1227,60	1,018	0,875	0,888	1,033	1209,926	1241,848
1348,108	2007	1294,59	1,041	0,977	0,991	1,057	1275,945	1326,466
1343,429	2008	1357,98	0,989	1,018	1,033	1,004	1338,428	1313,872
1238,755	2009	1416,01	0,875	<b>6,899</b>	<b>7,000</b>	0,888	1395,621	1209,357
1433,433	2010	1467,60	0,977			0,991	1446,471	1403,257
1538,003	2011	1510,56	1,018			1,033	1488,810	1518,097
1560,131	2012					0,995	1568,168	1515,254
1650,354	2013					1,033	1597,320	1628,926
1670,145	2014					1,057	1580,743	1722,293
1622,800	2015					1,004	1616,758	1689,912
<b>Prognoza</b>	<b>2016</b>					<b>0,888</b>	<b>1737,140</b>	<b>1541,887</b>
<b>Prognoza</b>	<b>2017</b>					<b>0,991</b>	<b>1790,660</b>	<b>1774,520</b>
<b>Prognoza</b>	<b>2018</b>					<b>1,033</b>	<b>1844,180</b>	<b>1905,115</b>
<b>Prognoza</b>	<b>2019</b>					<b>0,995</b>	<b>1897,700</b>	<b>1887,974</b>
<b>Prognoza</b>	<b>2020</b>					<b>1,033</b>	<b>1951,220</b>	<b>2016,004</b>

( $\Psi=0,02714$ ; RMSE\*=40,0986)

Źródło: Opracowanie własne.



Rys. 9. Prognoza zmian w wielkości produkcji stali na świecie –dekompozycja szeregu czasowego

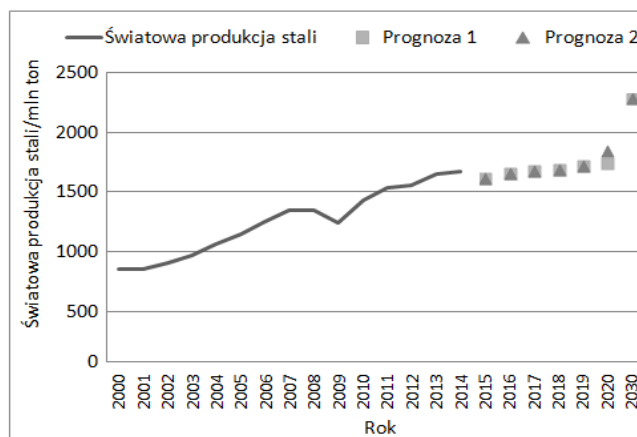
Źródło: Opracowanie własne.

W 2016 roku światowa produkcja stali to 1,54 mld ton, w 2017 roku to 1,77 mld ton, wzrost produkcji miałby miejsce w 2018 roku –1,9 mld ton stali, spadek w 2019 rok do 1,888 mld ton i ponowny wzrost w 2020 roku do poziomu ponad 2 mld ton stali na świecie. Dla porównania w 2016 roku wyprodukowano 1,6285 mld ton stali<sup>24</sup>. Otrzymana prognoza za rok 2016 jest zanizona.

<sup>24</sup> Dane opublikowane 1 marca 2017 roku przez World Steel Association, w trakcie budowania prognoz nie dysponowano wielkością produkcji stali za 2017 rok, dostęp: <https://www.worldsteel.org>.

## 7. Odniesienie prognoz do wtórnych źródeł informacji

Zgodnie z opublikowanymi prognozami światowy popyt na stal do 2020 roku będzie kształtował się następująco<sup>25</sup>: 2016 rok – 1 665 mln ton stali, 2017 rok – 1 682 mln ton stali, 2018 rok – 1 700 mln ton, 2019 rok – 1725 mln ton, 2020 rok – 1 751 mln ton lub 1 850 mln ton (rys. 10).



Rys. 10. Prognoza zmian w wielkości produkcji stali na świecie (wtórne źródła informacji)

Źródło: Projected world steel demand from 1980 to 2030, dostęp: <https://www.statista.com/statistics/247663/global-consumption-of-crude-steel/>.

Według wtórnych źródeł informacji poziom powyżej 2 mld ton stali na świecie będzie osiągnięty dopiero w 2030 roku (prognoza dla 2030 roku to 2 290 mln ton stali)<sup>26</sup>. Z kolei według krótkoterminowej prognozy *World Steel Association* wzrost produkcji stali w najbliższych latach nie będzie przekraczał 2% (wyjątkiem produkcji stali w Chinach, gdzie prognozowane są zmiany na poziomie 2,5%)<sup>27</sup>. W 2017 roku prognozowany jest jedynie 0,4% wzrost popytu na stal (z produkcją na poziomie 1,5 mld ton)<sup>28</sup>. Niewielki wzrost produkcji stali w najbliższych latach uwarunkowany jest niską dynamiką zmian na poziomie poszczególnych krajów i spadkiem popytu na stal w sektorach, takich jak: konstrukcje stalowe (zużywają ok. 50% stali), motoryzacja, transport, maszyny i urządzenia, artykuły gospodarstwa domowego. Największy spadek zużycia stali prognozowany jest w sektorze motoryzacyjnym (w 2017 roku o ponad 2% w stosunku do 2014 roku).

<sup>25</sup> Projected world steel demand from 1980 to 2030, dostęp: <https://www.statista.com/statistics/247663/global-consumption-of-crude-steel/>.

<sup>26</sup> Worldsteel Short Range Outlook 2016-2017, World Steel Association

<http://www.worldsteel.org/media-centre/press-releases/2016/worldsteel-Short-Range-Outlook-2016-2017.html>

<sup>27</sup> N. Sekiguchi: Steel market developments, 2nd Quarter, OECD, Paris 2015, dostęp: <http://www.oecd.org/sti/ind/1-Steel-market-developments-2015Q2.pdf>.

<sup>28</sup> Worldsteel Short Range Outlook 2016-2017, World Steel Association

<http://www.worldsteel.org/media-centre/press-releases/2016/worldsteel-Short-Range-Outlook-2016-2017.html>.

## Podsumowanie

Odnosząc się do przytoczonych (opublikowanych) prognoz ustalono, że pomimo cykliczności wahań w produkcji stali na świecie do 2015 roku, nie można jednoznacznie przewidywać powtarzalności cykli w przyszłości. Należałoby wówczas skorzystać z wiedzy eksperckiej (znawców światowego rynku stali) a nie tylko z rezultatów opracowanych modeli ekonometrycznych. Poziom produkcji stali na świecie determinuje bowiem wiele czynników ekonomicznych i pozaekonomicznych, w tym polityk szczegółowych (strategie gospodarcze poszczególnych krajów). Na podstawie prognozowanych zmian w wielkości produkcji stali na świecie można wnioskować, że światowa produkcja stali w najbliższych dwóch latach będzie oscylować wokół poziomu od 1,7 do 1,8 mld ton (wniosek sformułowano na podstawie poziomu istotności poszczególnych flaga w analizowanych modelach), a w 2020 roku zbliży się do poziomu 2 mld ton stali. Gdyby jednak przyjęto założenie o cykliczności wielkości produkcji stali na świecie w następnych pięciu latach to najlepsze dopasowanie uzyskano metodą Wintersa. Zgodnie z nią światowa produkcja stali w 2016 roku to 1,623 mld ton; w 2017 roku to 1,789 mld ton; w 2018 roku to 1,876 mld ton; w 2019 roku to 1,893 mld ton i w 2020 roku to 2,007 mld ton. W lutym 2017 roku zostały opublikowane informacje dotyczące produkcji stali na świecie. W 2016 roku wyprodukowano o 0,8% stali więcej niż w 2015 roku otrzymana wielkość to 1,6285 mld ton. Zatem prognozy ustalone metodą Wintersa są najbardziej zbliżone do danych rzeczywistych.

## Bibliografia

1. Aczel A.D.: Statystyka w zarządzaniu. PWN, Warszawa 2004.
2. Aldcroft D.H.: The European Economy 1914-1990, London 1993, s. 221.
3. Gajdzik B.: Crisis management in the metallurgical enterprises, „Metalurgija” No. 3, vol.(year) 53, July-September 2014, p.391-394.
4. Gajdzik B.: Restrukturyzacja przedsiębiorstw hutniczych w zestawieniach statystycznych i badaniach empirycznych. Monografia. Wydawnictwo Politechniki Śląskiej Gliwice 2013.
5. Lipiec-Zajchowska M. (red.): Wspomaganie procesów decyzyjnych, Wydawnictwo C.H. Beck, Warszawa 2003.
6. Mitchell B.R.: International Historical Statistics. Europe 1750-1988, Houndmills 1992.
7. Ozga-Blaschke U.: Analiza sytuacji na światowych rynkach stali oraz prognozy w zakresie zmian popytu i podaży, Czasopismo Techniczne, nr 134 – 137 (styczeń – grudzień), Kraków 2008, s. 1–10.



8. Pawłowski Z.: *Ekonometria*, PWN, Warszawa 1966.
9. *Rocznik Statystyczny 1996*, GUS, Warszawa 1996, s. 580.
10. *Rocznik Statystyczny 1999*, GUS, Warszawa 1999, s. 598.
11. Sekiguchi N.: *Steel market developments, 2nd Quarter 2015*, OECD, Paris, dostęp: <http://www.oecd.org/sti/ind/1-Steel-market-developments-2015Q2.pdf>.
12. Skodlarski J., Matera R.: *Gospodarka światowa w ostatnich trzech dekadach XX w. [w:] Współczesne problemy gospodarki światowej. Folia Oeconomica 169*, Wydawnictwo Uniwersytetu Łódzkiego, Łódź 2003, s. 5-58;  
dostęp: [cejsh.icm.edu.pl/cejsh/element/bwmeta1.element.hdl\\_11089\\_7164/c/60-79.pdf](http://cejsh.icm.edu.pl/cejsh/element/bwmeta1.element.hdl_11089_7164/c/60-79.pdf).
13. *Słownik współczesnego języka polskiego*. Wyd. WILGA, Warszawa 1996.
14. Sroka W.: *Sieci aliansów. Poszukiwanie przewagi konkurencyjnej przez współpracę*, PWE, Warszawa 2012.
15. Szapiro T.: *Decyzje menedżerskie z Excelem*, PWE, Warszawa 2000, s. 224-238.
16. Szymshal J., Blacha L.: *Wspomaganie decyzji optymalnych w metalurgii i inżynierii materiałowej*, Wyd. Pol. Śl., Wyd. II., Gliwice 2005.
17. Szymshal J., Pucka G., Gierek A., Prondziona J.: *Prognozowanie szeregów czasowych wielkości sprzedaży w zakładzie odlewniczym*, *Archiwum Odlewnictwa*, Rocznik 5, Nr 17, 2005, s. 325-332.
18. *Crude steel production 1980-2014*, World Steel Association, dostęp: [worldsteel.org/statistics](http://worldsteel.org/statistics).
19. *Crude steel production on data 2015* dostęp: <https://www.worldsteel.org/media-centre/press-releases/2016/--World-crude-steel-output-decreases-by--2.8--in-2015.html>.
20. *Projected world steel demand from 1980 to 2030*,  
dostęp: <https://www.statista.com/statistics/247663/global-consumption-of-crude-steel/>
21. *Top steel-producing companies 2015*, World Steel Association;  
dostęp: <https://www.worldsteel.org/statistics/top-producers.html>.
22. *World steel in figures 2016*, World Steel Association, dostęp: [worldsteel.org/statistics](http://worldsteel.org/statistics).
23. *Worldsteel Short Range Outlook 2016-2017*, World Steel Association  
<http://www.worldsteel.org/media-centre/press-releases/2016/worldsteel-Short-Range-Outlook-2016-2017.html>.