

Jarosław Mielcarek

Wyższa Szkoła Bankowa w Poznaniu

e-mail: mielcarek1@poczta.onet.pl

TARGET COSTING A MARNOTRAWSTWO (MUDA) TECHNOLOGICZNE

TARGET COSTING VS. TECHNOLOGICAL WASTE (MUDA)

DOI: 10.15611/pn.2018.514.26

JEL Classification: C65, D24, D25, M11, M41, O14, O31

Streszczenie: Celem artykułu było określenie maksymalnej ceny zakupu najnowocześniejszej technologii oraz mierników marnotrawstwa technologicznego po wdrożeniu w przedsiębiorstwie technologii gorszej niż najnowocześniejsza. Cena maksymalna została obliczona za pomocą dyskontowego, symulacyjnego modelu TC oraz dodatku Excela Solver. Cena rynkowa była od niej niższa. Z tego powodu zastosowano wskaźniki niefinansowe i finansowo-księgowe do zmierzenia marnotrawstwa technologicznego, jako przykładu, huty szkła. Opracowanie ma duże znaczenie praktyczne, dostarcza bowiem wzorca rozwiązywania problemu maksymalnej ceny za najnowszą technologię, uświadamia kadrze zarządzającej istnienie marnotrawstwa technologicznego i wpływa na zmianę postaw wobec wdrażania najnowocześniejszych technologii. Upowszechnienie się stosowania TC jako narzędzia wspierającego proces podejmowania decyzji inwestycyjnych może przyczynić się do wzrostu poziomu innowacyjności przedsiębiorstw.

Słowa kluczowe: maksymalna cena za technologię NNPB, jednostkowy koszt dopuszczalny, planowany jednostkowy koszt własny sprzedaży bez amortyzacji, minimalna stopa rentowności, model strategiczny przedsiębiorstwa.

Summary: The purpose of the article was to determine the maximum price for the purchase of the most modern technology and measures of technological waste after the implementation in the enterprise worse technology than the most modern one. The maximum price was calculated using the discounted, simulation TC model and the Excel Solver add-in. The market price was lower than it. Therefore, non-financial and financial-accounting indicators have been used to measure technological waste, for example of glassworks. The study is of great practical importance, as it provides an example for solving the problem of the maximum price for the latest technology, makes the management aware of the existence of technological waste and influences the change of attitudes towards the implementation of state-of-the-art technologies. The dissemination of TC as a tool supporting the process of making investment decisions may contribute to the increase of the level of enterprises' innovativeness.

Keywords: maximum price for NNPB technology, unit allowable costs, planned unit cost of goods sold without depreciation, minimum return on sales, company strategic model.

1. Wstęp

Kluczowym wyzwaniem, jakie stoi przed każdym polskim przedsiębiorstwem i całą gospodarką w sytuacji niskiego poziomu innowacyjności [Mielcarek 2016a], jest podniesienie tego poziomu. Z jednej strony chodzi o tworzenie i wdrażanie w przedsiębiorstwie innowacji, które w przypadku odniesienia sukcesu finansowego będzie można uznać za innowacje. Z drugiej strony może na świecie istnieć już dana innowacja, lecz przedsiębiorstwo, realizując inwestycję, nie ma wiedzy o niej lub jest ona dla niego być może niedostępna z powodów finansowych lub braku wystarczających kompetencji. Z tych względów wdraża ono technologię mniej nowoczesną¹. W niniejszej pracy przedmiotem analizy będzie ten drugi przypadek.

J.K. Liker podaje osiem rodzajów strat (po japońsku *muda*) w procesach gospodarczych, z których siedem zostało zidentyfikowanych przez menedżerów Toyoty [Liker 2005, s. 65-68]. Wszystkie one mogą być zakwalifikowane jako marnotrawstwo organizacyjne. Istnieje inny ważny rodzaj marnotrawstwa, który z oczywistych powodów nie został w Toyocie zaobserwowany. Jest nim marnotrawstwo technologiczne, które polega na stratach (w znaczeniu niezrealizowanych korzyści) wynikających z wdrażania w przedsiębiorstwach tradycyjnych czy nie najnowocześniejszych technologii w sytuacji, gdy one już istnieją. Tego rodzaju marnotrawstwo będzie mierzone zarówno wskaźnikami niefinansowymi, jak i wskaźnikami finansowo-księgowymi.

Sam fakt, że zastosowanie technologii najnowocześniejszej przyniosło sukces finansowy, nie jest wystarczającym kryterium do wdrożenia w innym kraju, np. w Polsce. Powstaje bowiem problem maksymalnej ceny, jaką przedsiębiorstwo może za nią zapłacić, i porównania jej z ceną rynkową. Jeżeli cena rynkowa (lub wynegocjowana) jest nie większa od ceny maksymalnej, a przedsiębiorstwo tej technologii nie wdraża, to wówczas pojawia się marnotrawstwo technologiczne. Problem określenia maksymalnej ceny zostanie rozwiązany za pomocą rachunku kosztów docelowych (*Target Costing* – TC). Formuła analityczna i zastosowanie modelu symulacyjnego do jej obliczania dla innego zagadnienia są już opracowane [Mielcarek 2017].

Narzędziem badawczym będzie dyskontowy model TC. Pominięcie tradycyjnego modelu TC² wynikało z dokonania jego falsyfikacji [Mielcarek 2016b]. Aby poprawnie obliczyć w planie strategicznym wolne strumienie pieniężne dla właścicieli kapitału własnego i wierzycieli w poszczególnych latach (*Free Cash Flow to Firm* – FCFF), należy posłużyć się minimalną stopą rentowności, mierzoną zyskiem netto ze sprzedaży, powiększonym o amortyzację, czyli EBITDA [Mielcarek 2015].

Pierwszym etapem TC jest opracowanie strategicznego planu przedsiębiorstwa, w skład którego wchodzi plan wdrożenia nowych lub zmodyfikowanych produk-

¹ Częstym usprawiedliwieniem jest przekonanie, że naszego przedsiębiorstwa nie stać na najnowszą technologię.

² Tradycyjny (klasyczny) model TC został szczegółowo omówiony przez S. Sojaka i H. Józwiaka [2004, s. 94-127] oraz B. Nitę [2008, s. 273-284].

tów [Cooper, Slagmulder 1999]. W modelu rachunku kosztów docelowych istnieje poważna luka, bowiem wśród podanych przez nich czterech etapów nie ma etapu wyboru wariantu inwestycyjnego. Nie ma również etapu wyboru technologii. Celem opracowania jest uzupełnienie tej luki, a plan strategiczny przedsiębiorstwa, dotyczący inwestycji odtworzeniowej huty szkła, będzie obejmował dziesięcioletni okres eksploatacyjny, określony przez trwałość wanny szklarskiej i zużycie automatów szklarskich. Plan ten zostanie użyty jako model symulacyjny, za pomocą którego określone zostanie, czy poszczególne warianty inwestycyjne spełniają kryteria TC ich akceptacji oraz jaka jest cena maksymalna za technologię *Neck Narrow Press and Blow* (NNPB). Dla określonych nakładów inwestycyjnych minimalna stopa zysku i jednostkowy koszt dopuszczalny zostaną znalezione za pomocą dodatku Excela „Szukaj wyniku”. Natomiast wyznaczenie maksymalnej ceny za technologię NNPB, ze względu na konieczność posłużenia się dwoma zmiennymi niezależnymi, będzie wymagało użycia innego dodatku Excela o nazwie Solver.

W celu uproszczenia kalkulacji przyjmujemy, że w przedsiębiorstwie nie ma zapasów produkcji niezakończonych oraz wyrobów gotowych³. Rozpatrywana będzie produkcja tylko jednego asortymentu, aby uniknąć zagadnień związanych z wyznaczaniem optymalnego portfela produktów oraz uwzględniania skomplikowanych zależności matematycznych przy wyznaczaniu przeciętnego współczynnika odpadu dla krótszych serii produkcyjnych poszczególnych butelek [Mielcarek 2008]. Koncentrowanie się z konieczności na nich mogłoby zaciemnić rozwiązywanie dwóch podstawowych problemów, którymi są sprawdzenie, czy dla poszczególnych wariantów inwestycyjnych spełnione są kryteria TC ich akceptacji, i określenie, czy cena rynkowa technologii NNPB jest nie większa od jej ceny maksymalnej.

Zastosowane dane są umowne i nie pochodzą z żadnego konkretnego przedsiębiorstwa.

2. Dane początkowe

Inwestycja polega na odtworzeniu zużytych maszyn i urządzeń w hucie opakowań szklanych. Najważniejszą pozycją w planie inwestycyjnym są maszyny i urządzenia, w skład których wchodzi wanna szklarska, trzy zasilacze, trzy automaty ośmio-sekcyjne dwurzędowe, trzy odprężarki, urządzenia kontrolne i urządzenie paletujące opakowania. W skład nakładów inwestycyjnych wchodzi również nakłady na stworzenie majątku obrotowego. Wielkość nakładów podana jest w tabeli 1.

Dodatkowo w 7. roku okresu eksploatacyjnego niezbędne będzie wstrzymanie produkcji na jeden miesiąc w celu przeprowadzenia remontu zapobiegawczego wanny. Umożliwi to jej eksploatację w sposób bezawaryjny przez 10 lat, po tym okresie wanna zostanie całkowicie zużyta. Wielkość tych dodatkowych nakładów podano w tabeli 2.

³ Jest to założenie identyczne z przyjmowanym w koncepcji CVP [Mielcarek 2005, s. 41].

Tabela 1. Nakłady inwestycyjne i amortyzacja (zł)

Wyszczególnienie	Nakłady inwestycyjne	Stawka amortyzacji	Amortyzacja
Infrastruktura zewnętrzna	800 000	2,5	20 000
Budynki i budowle	10 000 000	2,5	250 000
Maszyny i urządzenia	52 031 000	10,0	5 203 100
Przedprodukcyjne nakłady inwestycyjne	1 000 000	10,0	100 000
Majątek obrotowy netto	1 000 000		0
Razem	64 831 000		5 573 100

Źródło: opracowanie własne.

Tabela 2. Wartość dodatkowych nakładów inwestycyjnych na remont zapobiegawczy (zł)

Wyszczególnienie	Kwoty
Dodatkowe nakłady	1 400 000
Dodatkowa amortyzacja w roku 7.	200 000
Dodatkowa amortyzacja roczna od 8. do 10. roku	400 000

Źródło: opracowanie własne.

Ze względu na całkowite zużycie wanny w ciągu 3,5 roku od zakończenia remontu zapobiegawczego nakłady na ten remont zostają w tym okresie całkowicie zamortyzowane. Źródłem finansowania tych nakładów są środki własne.

Inwestycja jest finansowana z kapitału własnego i kredytu. Udział własny wynosi 30%. Podział nakładów inwestycyjnych według źródeł finansowania przedstawiono w tabeli 3.

Tabela 3. Podział nakładów inwestycyjnych według źródeł finansowania (zł)

Wyszczególnienie	Dane	Kwota
Wkład własny	30,0%	19 449 300
Kredyt	70,0%	45 381 700
Razem	100,0%	64 831 000
Oprocentowanie	6,5%	
Splata rat w roku – kwartalnie	4	
Liczba rat	40	

Źródło: opracowanie własne.

Warunki spłaty kredytu inwestycyjnego przedstawiają się następująco:

- oprocentowanie: 6,5%,
- okres spłaty: 10 lat,
- płatność odsetek i rat kapitałowych: kwartalnie.

Dane niezbędne do obliczenia maksymalnej wielkości sprzedaży są podane w tabeli 4.

Tabela 4. Parametry produkcji butelki Wisła 0,5

Wyszczególnienie	Czas formowania (szt./s)	Waga sztuki (kg)	Współczynnik odpadu	Koszt jednostkowy materiałów (zł)	Koszt jednostkowy energii (zł)
Wisła 0,5	2,08	0,362	15,00%	0,06788	0,0426

Źródło: opracowanie własne.

Obliczenie maksymalnej wielkości sprzedaży na podstawie parametrów z tabeli 4 podane jest w tabeli 5.

Tabela 5. Wolumen produkcji netto i brutto oraz wykorzystanie zasobu czasu pracy automatów i zasobu szkła

Wyszczególnienie	Wisła 0,5	Zależność	Warunek ograniczający
Produkcja netto (szt.)	13 961 250		
Czas formowania (szt./s)	2,0833		
Zużycie zasobu czasu pracy automatów netto (min)	111 690		
Produkcja brutto (szt.)	16 425 000		
Zużycie zasobu czasu pracy automatów brutto (min)	131 400	<=	131 400
Waga sztuki (kg)	0,362		
Zużycie szkła netto (tony)	5 054		
Zużycie zasobu szkła – wyciąg brutto tony	5 946	<=	7 000

Źródło: opracowanie własne.

Jedynym ograniczeniem wiążącym jest zasób czasu pracy automatów szklarskich, który wynosi miesięcznie 131 400 minut. Wyciąg miesięczny szkła z wanny szklarskiej wynosi maksymalnie 7 tys. t i zdolności produkcyjne wanny dla planu produkcyjnego, przedstawionego w tabeli 5, nie są w pełni wykorzystane. Produkcja netto miesięcznie wynosi 13,96 mln sztuk.

3. Kryterium decyzyjne wyboru inwestycji

Przypomnijmy podstawowe twierdzenie TC [Mielcarek 2013, s. 395-396]: jeżeli dla danej wielkości nakładów inwestycyjnych planowany jednostkowy koszt własny sprzedaży bez amortyzacji jest nie większy od jednostkowego kosztu dopuszczalnego

$$k_p \leq k_d, \quad (1)$$

to planowana stopa rentowności jest nie mniejsza od minimalnej stopy rentowności

$$ROS_p \geq ROS_{me}, \quad (2)$$

Tabela 6. Strategiczny plan dziesięcioletni dla inwestycji tradycyjnej (wszystkie wielkości pieniężne są wyrażone w tys. zł, z wyjątkiem ceny w zł)

Wyszczególnienie	Moment 0	Rok 1	Rok 2	Rok 3	Rok 4	Rok 5	Rok 6	Rok 7	Rok 8	Rok 9	Rok 10
Nakłady inwestycyjne	-63 831										
Wydatki na zakup technologii	0										
Docelowa cena sprzedaży		0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
Wolumen sprzedaży (tys. sztuk)		167 535	167 535	167 535	167 535	167 535	167 535	153 574	167 535	167 535	167 535
Przychody ze sprzedaży		50 261	50 261	50 261	50 261	50 261	50 261	46 072	50 261	50 261	50 261
Minimalna stopa EBITDA (%)		22,76	22,76	22,76	22,76	22,76	22,76	22,76	22,76	22,76	22,76
EBITDA minimalny		11 437	11 437	11 437	11 437	11 437	11 437	10 484	11 437	11 437	11 437
Stopa podatku dochodowego (%)		19	19	19	19	19	19	19	19	19	19
EBITDA po opodatkowaniu		9 264	9 264	9 264	9 264	9 264	9 264	8 492	9 264	9 264	9 264
Amortyzacja		5 573	5 573	5 573	5 573	5 573	5 573	5 773	5 973	5 973	5 973
Odsetki		2 839	2 544	2 249	1 954	1 659	1 364	1 069	774	479	184
Tarcza podatkowa		1 598	1 542	1 486	1 430	1 374	1 318	1 300	1 282	1 225	1 170
Zmiana inwestycji w kapitał obrotowy netto	-1 000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Inwestycje w majątek trwały		0	0	0	0	0	0	-1 400	0	0	0
CF w fazie produkcyjnej		10 863	10 807	10 750	10 694	10 638	10 582	8 392	10 546	10 490	10 434
CF ogółem	-64 831	10 863	10 807	10 750	10 694	10 638	10 582	8 392	10 546	10 490	11 384
Średni ważony koszt kapitału (%)	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
Potęgi dyskontowania	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
DCF	-58 937	8 977	8 119	7 343	6 640	6 005	5 430	3 915	4 473	4 044	3 990
NPV	0										
IRR (%)	10										

Źródło: opracowanie własne.

i planowane NPV jest nie mniejsze od zera

$$NPV \geq 0, \quad (3)$$

i IRR jest nie mniejsze od stopy dyskontowej

$$IRR \geq r, \quad (4)$$

gdzie: k_p – jednostkowy koszt planowany; k_d – jednostkowy koszt dopuszczalny; ROS_p – planowana stopa rentowności mierzona za pomocą EBITDA; ROS_{me} – minimalna stopa rentowności mierzona za pomocą EBITDA.

Jeżeli dla danego przedsięwzięcia inwestycyjnego spełniony jest poprzednik podstawowego twierdzenia TC (1), to spełnione są jego następstwa (2), (3) i (4), czyli w przypadku dwóch ostatnich spełnione są kryteria dyskontowe jego akceptacji. Kryterium decyzyjnym TC przy wyborze wariantu inwestycyjnego jest zatem (1). Zastosowanie tego kryterium wymaga określenia jednostkowego kosztu dopuszczalnego i planowanego, jednostkowego kosztu własnego sprzedaży bez amortyzacji. Aby określić jednostkowy koszt dopuszczalny, należy opracować dziesięcioletni plan strategiczny przedsięwzięcia inwestycyjnego w hucie szkła. Przedstawiono go w tabeli 6.

W roku 7. wolumen sprzedaży i przychody ze sprzedaży są niższe z powodu remontu zapobiegawczego wanny, trwającego jeden miesiąc. Minimalna stopa rentowności, dla której NPV jest zerowe, a IRR jest równe stopie dyskontowej, wynosi 22,76%. Została ona obliczona za pomocą dodatku Excela „Szukaj wyniku”, w którego oknie zaznaczono, że NPV ma osiągnąć wartość zerową dla zmiennej, którą jest stopa rentowności.

Obliczenie jednostkowego kosztu dopuszczalnego przedstawiono w tabeli 7.

Tabela 7. Jednostkowy koszt dopuszczalny

Wyszczególnienie	Wielkość
Cena sprzedaży	0,30
Minimalna stopa zysku na sprzedaży	22,76%
Jednostkowy EBITDA	0,0683
Jednostkowy koszt dopuszczalny bez amortyzacji	0,2317

Źródło: opracowanie własne.

Plan przedsięwzięcia inwestycyjnego może być zaakceptowany, ponieważ jednostkowy koszt dopuszczalny jest większy od jednostkowego kosztu planowanego. Kalkulacja jednostkowego kosztu planowanego przedstawiona jest w tabeli 11 i dla inwestycji tradycyjnej wynosi on 0,2213 zł.

4. Marnotrawstwo technologiczne

Inwestycja tradycyjna była realizowana w czasie, gdy istniała już nowocześniejsza technologia, w skrócie nazywana NNPB (*Neck Narrow Press and Blow* – technologia produkcji cienkościennej butelki wąskootworowej metodą prasowano-dmuchałą), której zastosowanie daje trzy efekty w porównaniu z technologią tradycyjną:

- spadek ciężaru butelki o ok. 20%,
- wzrost szybkości formowania o ok. 15%,
- spadek współczynnika odpadu o ok. 25%.

Zmiana parametrów produkcyjno-kosztowych w porównaniu z technologią tradycyjną podana jest w tabeli 8.

Tabela 8. Zmiana parametrów produkcyjno-kosztowych dla NNPB

Wyszczególnienie	Szybkość formowania (szt./s)	Waga sztuki (kg)	Współczynnik odpadu	Jednostkowy koszt materiałów bezp. (zł)	Jednostkowy koszt energii (zł)
Wisła 0,5 technologia tradycyjna	2,08	0,362	15%	0,06788	0,0426
Zmiana parametrów	15%	-20%	-25%	-20%	-23,38%
Wisła 0,5 NNPB	2,40	0,290	11,25%	0,05430	0,0326

Źródło: opracowanie własne.

Nowa wielkość jednostkowego kosztu materiałów wynika ze spadku wagi butelki. Spadek odpadu nie wywiera na niego wpływu, ponieważ odpad w postaci stłuczki całkowicie wraca do produkcji. Spadek jednostkowego kosztu energii został obliczony za pomocą następującej formuły:

$$d_e = \frac{\Delta E}{E_1} = \frac{E_2}{E_1} - 1 = \frac{\frac{P_n k_e (1 + d_w)}{1 - o(1 + d_o)}}{\frac{P_n k_e}{1 + o}} - 1 = \frac{(1 + d_w)(1 + o)}{[1 - o(1 + d_o)]} - 1, \quad (5)$$

gdzie: d_e – stopa spadku jednostkowego kosztu energii po wdrożeniu technologii NNPB; ΔE – zmiana całkowitego kosztu energii dla produkcji brutto dla technologii tradycyjnej po wdrożeniu technologii NNPB; E_1 – całkowity koszt energii dla produkcji brutto dla technologii tradycyjnej; E_2 – całkowity koszt energii dla produkcji brutto dla technologii tradycyjnej po wdrożeniu technologii NNPB; P_n – produkcja netto dla technologii tradycyjnej; k_e – koszt energii na jedną butelkę dla technologii tradycyjnej; d_w – stopa spadku wagi butelki dla NNPB; o – współczynnik odpadu dla technologii tradycyjnej; d_o – stopa spadku odpadu dla NNPB.

Wielkość kosztów energii obliczono dla produkcji netto wyznaczonej przez technologię tradycyjną. Dla tej wielkości produkcji zbadano koszt energii przy stosowaniu technologii tradycyjnej i NNPB. Stopa spadku jednostkowego kosztu energii jest określona przez stopę spadku wagi butelki i stopę spadku współczynnika odpadu. Dodatkowym parametrem jest współczynnik odpadu dla technologii tradycyjnej. Stopa ta nie zależy ani od wielkości produkcji netto, ani od wielkości jednostkowego kosztu energii dla technologii tradycyjnej. Spadek jednostkowego kosztu energii obliczony za pomocą (5) wyniósł 23,38%.

Wzrost szybkości formowania i spadek współczynnika odpadu mają bezpośredni wpływ na lepsze wykorzystanie zasobu czasu pracy automatów, czyli zwiększenie produkcji netto bez zwiększenia zdolności produkcyjnych. Natomiast spadek ciężaru butelki wywoła spadek jednostkowego kosztu materiałów i energii, a spadek współczynnika odpadu zmniejszenie jednostkowego kosztu energii.

W tabeli 9 pokazany jest wpływ na poszczególne parametry produkcji Wisły 0,5 wdrożenia technologii NNPB.

Tabela 9. Efekty wdrożenia technologii NNPB

Wyszczególnienie	Wielkości
Produkcja netto technologia tradycyjna (szt.)	13 961 250
Produkcja brutto dla NNPB określona przez produkcję netto dla technologii tradycyjnej (szt.)	15 730 986
Stopa wzrostu produkcji brutto NNPB (%)	20,07
Stopa wzrostu produkcji netto NNPB (%)	20,07
Przyrost produkcji brutto NNPB (szt.)	3 157 764
Przyrost produkcji netto NNPB (szt.)	2 802 516
Produkcja brutto NNPB (szt.)	18 888 750
Produkcja netto NNPB (szt.)	16 763 766
Stopa zwolnionego zasobu czasu pracy automatów NNPB	20,07%
Nowy czas brutto zużyty na produkcję netto określoną przez technologię tradycyjną po wdrożeniu NNPB (min.)	109 433
Zwolniony czas pracy automatów (min.)	21 967
Wyciąg szkła technologia tradycyjna(t)	5 946
Stopa wzrostu wyciągu (%)	-8,00
Spadek wyciągu szkła (t)	-476
Wyciąg szkła NNPB (t)	5 470

Źródło: opracowanie własne.

Obliczenia w tabeli 9 dotyczą danych miesięcznych. Marnotrawstwo technologiczne w przypadku posługiwania się technologią tradycyjną w porównaniu ze stosowaniem NNPB polega na tym, że:

- produkcja netto mogłaby być większa o 20,07% bez dodatkowych nakładów na zwiększenie zdolności produkcyjnych,

- jest to wynikiem tego, że produkcja brutto określona przez produkcję netto dla technologii tradycyjnej po zastosowaniu NNPB spada i tym samym spada zużycie czasu pracy automatów,
- stopa zwolnionego zasobu czasu pracy w porównaniu z niższym zużyciem czasu pracy po wdrożeniu NNPB na wytworzenie dotychczasowej produkcji netto wynosi 20,07%,
- zwiększoną produkcję netto o 20,07% można wytworzyć przy pomocy niższego wyciągu szkła z wanny szklarskiej o 8%.

Stopa wzrostu produkcji netto po wdrożeniu NNPB została określona za pomocą poniższej formuły:

$$d_n = \frac{\Delta P_n}{P_n} = \frac{\Delta P_b [1 - o(1 + d_o)]}{P_n} = \frac{60Tf(1 + d_f)[1 - o(1 + d_o)] - P_n}{P_n} = \frac{60Tf(1 + d_f)[1 - o(1 + d_o)]}{P_n} - 1, \quad (6)$$

gdzie: d_n – stopa wzrostu produkcji netto po wdrożeniu technologii NNPB; ΔP_n – przyrost produkcji netto po wdrożeniu technologii NNPB; ΔP_b – przyrost produkcji brutto po wdrożeniu technologii NNPB; T – dostępny zasób czasu pracy automatów; f – współczynnik szybkości formowania butelek dla technologii tradycyjnej; d_f – stopa wzrostu współczynnika szybkości formowania po wdrożeniu technologii NNPB.

Stopa wzrostu produkcji netto po wdrożeniu NNPB jest określona przez szybkość formowania dla tradycyjnej technologii i stopę jej wzrostu oraz współczynnik odpadu dla tradycyjnej technologii i stopę jego spadku. Nie ma na nią wpływu spadek wagi butelki. Mnożenie przez 60 wynika z tego, że szybkość formowania wyrażona jest w sekundach, a dostępny zasób czasu pracy automatów w minutach.

Stopa zwolnionego zasobu czasu pracy automatów po wdrożeniu technologii NNPB została obliczona następująco:

$$d_t = \frac{\Delta T_b}{T_{bn}} = \frac{T - T_{bn}}{T_{bn}} = \frac{T}{\frac{P_n}{60f(1 + d_f)[1 - o(1 + d_o)]}} - 1 = \frac{T60f(1 + d_f)[1 - o(1 + d_o)]}{P_n} - 1 \quad (7)$$

gdzie: d_t – stopa zwolnionego zasobu czasu pracy automatów po wdrożeniu technologii NNPB; ΔT_b – zwolniony zasób czasu pracy automatów po wdrożeniu technologii NNPB; T_{bn} – nowy czas brutto na wytworzenie produkcji netto określonej przez technologię tradycyjną.

Stopa zwolnionego zasobu czasu pracy automatów po wdrożeniu technologii NNPB jest określona przez szybkość formowania dla tradycyjnej technologii i stopę jej wzrostu oraz współczynnik odpadu dla tradycyjnej technologii i stopę jego spadku. Dodatkowymi parametrami są dostępny zasób czasu pracy automatów i produkcja netto dla technologii tradycyjnej.

Stopa wzrostu wyciągu szkła z wanny szklarskiej obliczona jest za pomocą następującej formuły:

$$d_s = \frac{\Delta S}{S} = \frac{S_1 - S}{S} = \frac{\frac{P_n(1+d_n)w(1+d_w)1000}{[1-o(1+d_o)]} - 1}{1000P_b w} = \frac{P_n(1+d_n)(1+d_w)}{P_b[1-o(1+d_o)]} - 1, \quad (8)$$

gdzie: d_s – stopa wzrostu wyciągu szkła z wanny szklarskiej dla technologii NNPB; ΔS – przyrost wyciągu po wdrożeniu technologii NNPB; S – wyciąg szkła z wanny dla technologii tradycyjnej; S_1 – wyciąg szkła z wanny po wdrożeniu technologii NNPB; P_b – produkcja brutto dla technologii tradycyjnej.

Stopa wzrostu wyciągu szkła z wanny szklarskiej po wdrożeniu technologii NNPB jest określona przez stopę wzrostu produkcji netto, stopę spadku wagi butelki oraz współczynnik odpadu dla technologii tradycyjnej oraz jego stopa spadku. Dodatkowymi parametrami są produkcja netto i brutto dla technologii tradycyjnej.

5. Maksymalna cena za technologię NNPB

Kolejnym krokiem w analizowaniu marnotrawstwa technologicznego jest określenie maksymalnego nakładu inwestycyjnego na zakup technologii NNPB i porównanie jej z ceną rynkową. Jeżeli cena rynkowa będzie nie większa od ceny maksymalnej, to kryteria TC akceptacji przedsięwzięcia inwestycyjnego będą spełnione. W tym przypadku TC zastępuje jako narzędzie cenę dualną, która wyznacza cenę maksymalną za jednostkę zasobu, który jest ograniczeniem wiążącym, a której zastosowanie do wyznaczania maksymalnej wielkości nakładu inwestycyjnego wiąże się z dużymi komplikacjami.

Cenę maksymalną można obliczyć, posługując się formułą analityczną na znalezienie tej wielkości [Mielcarek 2017, s. 241]. Wygodniejsze będzie jednak użycie planu strategicznego z tabeli 6 i 7, który stanie się modelem symulacyjnym. Należy w tym planie uwzględnić zmiany parametrów oraz stopy zmian obliczone w tabeli 8 i 9. Dodatkowo trzeba uwzględnić, że po upowszechnieniu się tej technologii wystąpi typowe zjawisko zabrania przez rynek korzyści [zob. Christensen, Raynor 2003, s. 35-39] ze stosowania technologii NNPB. Na rynku znany jest spadek wagi butelki o 20% i o tyle od szóstego roku spadnie cena butelki do wielkości 0,24 zł. Jest to zagrożenie dla przedsiębiorstw stosujących tradycyjną technologię, które w porę nie wdrożą technologii NNPB. Wyniki symulacji przedstawione są w tabeli 10.

Tabela 10. Wyniki symulacji dotyczące maksymalnej ceny za technologię NNPB

Wyszczególnienie	Technologia tradycyjna	Technologia tradycyjna obniżona cena od 6. roku	Maksymalna cena za technologię NNPB	Cena rynkowa za technologię NNPB
Minimalna stopa rentowności sprzedaży	22,76%	24,62%	31,66%	31,66%
Cena za NNPB	0	0	36 112 473	8 400 000
NPV	0	0	0	21 462 429
IRR	10,00%	10%	10,00%	17,55%
Jednostkowy koszt dopuszczalny	0,2317	0,2035	0,1845	0,18451
Jednostkowy koszt planowany	0,2213	0,2213	0,1845	0,18451
Stopa różnicy między kosztami	-4,50%	8,74%	0,00%	0,00%

Źródło: opracowanie własne.

Do określenia maksymalnej ceny dodatek Excela „Szukaj wyniku” się nie nadaje, bowiem w tym przypadku występują dwie zmienne niezależne. Zastosowany został do tego dodatek Excela *Solver*. Zadane zostało w oknie Solvera znalezienie równości między jednostkowym kosztem planowanym i dopuszczalnym w wyniku zmieniania nakładu inwestycyjnego na zakup technologii NNPB i stopy rentowności sprzedaży przy warunku ograniczającym, że NPV ma być zerowe. Wyniki symulacji obrazują marnotrawstwo technologiczne wyrażone w dyskontowych wskaźnikach finansowych. Po zakupie technologii NNPB po cenie rynkowej NPV rośnie o 21 462,4 tys. zł, a IRR z 10% zwiększa się do 17,55%. Minimalna stopa rentowności sprzedaży wzrasta z 22,76% do 31,66%.

6. Marnotrawstwo technologiczne mierzone wskaźnikami księgowymi

W tabeli 10 przedstawiono również wpływ wdrożenia technologii NNPB na jednostkowy koszt dopuszczalny i jednostkowy koszt planowany. Ten pierwszy określony został w wyniku symulacji. Dla trzech wariantów inwestycyjnych są spełnione kryteria dyskontowe akceptacji przedsięwzięcia inwestycyjnego, bowiem dla NPV zerowego i IRR równego stopie dyskontowej jednostkowy koszt planowany jest nie większy od jednostkowego kosztu dopuszczalnego. Natomiast po uwzględnieniu od szóstego roku spadku cen w wyniku upowszechnienia się technologii NNPB dla wdrożenia technologii tradycyjnej nie jest spełnione kryterium akceptacji tego przedsięwzięcia, bowiem jednostkowy koszt planowany staje się wyższy od jed-

nostkowego kosztu dopuszczalnego o 8,74%⁴. Innymi słowy, rozpoznanie zagrożenia, jakie niesie ze sobą technologia NNPB dla przedsiębiorstw, które stosują lub wdrażają technologię tradycyjną, powinno skutkować podjęciem decyzji o odrzuceniu planu realizacji inwestycji opartej na technologii tradycyjnej. Jednakże przedsiębiorstwa, w szczególności małe i średnie, niemające doświadczenia z wdrażaniem najnowszych technologii i nieznające światowych trendów technologicznych, mogą decydować się na wdrożenie technologii tradycyjnej, którą często można pozyskać bezkosztowo na tej podstawie, że zgodnie z planem strategicznym w tabeli 7 i 8 kryteria akceptacji takiego przedsięwzięcia inwestycyjnego są spełnione⁵.

Z rozważań tych wynika wniosek, że wtedy, gdy cena rynkowa jest niższa od ceny maksymalnej (określonej za pomocą TC) za najnowocześniejszą (najlepszą) technologię w danym momencie, to należy niezależnie od wysokości ceny rynkowej zdecydować się na jej wdrożenie. Oczywiście otwartą kwestią pozostaje dostępność dla tych przedsiębiorstw źródeł finansowania takiej inwestycji.

Kalkulacja podziałowa prosta jednostkowych kosztów planowanych została przedstawiona w tabeli 11.

Tabela 11. Jednostkowe koszty planowane (zł)

Wyszczególnienie	Technologia tradycyjna		Technologia NNPB	
	koszt jednostkowy	koszt całkowity	koszt jednostkowy	koszt całkowity
1	2	3	4	5
Produkcja brutto miesięcznie (szt.)		16 425 000		18 888 750
Koszty zależne od prod. brutto, w tym:	0,049858	818 915	0,04126	779 417
koszty energii bezpośredniej	0,042588	699 512	0,03263	616 359
Produkcja netto (szt.)		13 961 250		16 763 766
Koszty zależne od prod. netto, w tym:	0,08003	1 117 371	0,06646	1 114 099
materiały bezpośrednie	0,06788	947 620	0,05430	910 272
Płace bezpośrednie – koszt stały		167 267		167 267
Koszty pośrednie		2 103 553		2 060 783
Koszty wydziałowe bez amortyzacji		256 826		256 826
Koszty wytworzenia bez amortyzacji		2 360 378		2 317 608
Koszty zarządu		500 020		500 020
Koszty sprzedaży	0,01643	229 344	0,01643	275 381
Koszty okresu		729 364		775 401
Koszt własny sprzedaży bez amortyzacji		3 089 742		3 093 010

⁴ Jeżeli dla jednostkowego kosztu planowanego wyższego od jednostkowego kosztu dopuszczalnego, czyli dla niespełnionego poprzednika (1) twierdzenia TOC, koszty te w wyniku symulacji zostałyby zrównane, to wówczas NPV wyniosłoby -13,7 mln zł, a IRR 3,94%, czyli mimo że kryterium jednostkowego kosztu planowanego nie większego od jednostkowego kosztu dopuszczalnego byłoby spełnione, to nie byłyby spełnione dyskontowe kryteria akceptacji tego przedsięwzięcia inwestycyjnego. Jest to istniejące w TOC zabezpieczenie przed przyjmowaniem do realizacji przedsięwzięć inwestycyjnych, dla których NPV jest mniejsze od zera, a IRR jest mniejsze od stopy dyskontowej.

⁵ Uwaga ta dotyczy również wdrażania technologii lepszych niż tradycyjna, lecz nie najlepszych w danym momencie.

1	2	3	4	5
Jednostkowy koszt planowany		0,2213		0,1845
Koszt własny sprzedaży bez amortyzacji rocznie		37 076 907		37 116 116

Źródło: opracowanie własne.

Tabela 12. EBITDA i EBIT dla okresów dziesięcioletnich

Wyszczególnienie	Inwestycja tradycyjna bez uwzględnienia spadku ceny	Inwestycja tradycyjna po uwzględnieniu spadku ceny	Inwestycja NNPB maksymalna cena za NNPB	Inwestycja NNPB cena rynkowa za NNPB
Przychody ze sprzedaży (zł)	498 416 625	448 993 800	539 122 703	539 122 703
Stopa wzrostu przychodów ze sprzedaży bez uwzględnienia spadku ceny w wariantcie technologii tradycyjnej (%)			8,17	8,17
Stopa wzrostu przychodów ze sprzedaży po uwzględnieniu spadku ceny w wariantcie technologii tradycyjnej (%)		-9,92	20,07	20,07
Koszt własny sprzedaży bez amortyzacji (zł)	370 769 074	370 769 074	371 161 163	371 161 163
EBITDA (zł)	127 647 551	78 224 726	167 961 539	167 961 539
Amortyzacja (zł)	57 131 000	57 131 000	93 243 473	65 531 000
EBIT (zł)	70 516 551	21 093 726	74 718 066	102 430 539
ROS (%)	14,15%	4,70%	13,86%	19,00%

Źródło: opracowanie własne.

Kolejnym miernikiem marnotrawstwa może być kształtowanie się kosztów jednostkowych. Po wdrożeniu technologii NNPB jednostkowy koszt dopuszczalny podany w tabeli 10 maleje o 20,38%, a jednostkowy koszt planowany, obliczony w tabeli 11, o 16,63%. Uzupełniającym miernikiem marnotrawstwa jest to, że po wdrożeniu technologii NNPB całkowity koszt własny sprzedaży bez amortyzacji niemalże nie ulega zmianie mimo zwiększenia produkcji o 20%.

Marnotrawstwo finansowe może być również zilustrowane wielkościami EBITDA i EBIT dla poszczególnych wariantów inwestycyjnych. Dane takie zawarte są w tabeli 12.

EBITDA dla zakupu technologii NNPB po cenie rynkowej jest wyższy o 31,58% od osiągniętej dla technologii tradycyjnej, a EBIT o 45,26%. ROS mierzony za pomocą EBIT zwiększa się z 14,15% do 19%. Ponieważ w wariantcie NNPB cena spada, począwszy od szóstego roku, to porównywalnym wariantem technologii tradycyjnej jest wariant również ze spadkiem ceny. Wzrost przychodów ze sprzedaży dla tych wariantów wynosi 20,7%.

7. Zakończenie

Cel artykułu został osiągnięty. Podjęto w nim próbę wypełnienia luki w tej koncepcji, polegającej na braku etapu wyboru wariantu inwestycyjnego. Rozwiązano problem główny, sformułowany za pomocą pytania: jakiego wyboru wariantu inwestycyjnego należy dokonać na podstawie kryterium decyzyjnego TC, czyli relacji między jednostkowymi kosztami dopuszczalnymi i zmiennymi lub stałymi planowanymi, jednostkowymi kosztami własnymi sprzedaży bez amortyzacji.

Rozwiązanie problemu głównego, polegającego na znalezieniu maksymalnej ceny za najnowszą technologię NNPB za pomocą TC w wersji dyskontowej oraz dodatku Excela Solver wykazało, że TC jest współcześnie odpowiednim narzędziem wspierającym proces podejmowania decyzji o wdrażaniu do produkcji najnowocześniejszych technologii. W przypadku, gdy cena rynkowa lub wynegocjowana za taką technologię jest nie większa od ceny maksymalnej, spełnione jest kryterium TC podjęcia pozytywnej decyzji inwestycyjnej.

Jeżeli mimo to przedsiębiorstwo z różnych powodów, podanych w opracowaniu, realizuje inwestycję, nie wdrażając najnowocześniejszej technologii, to pojawia się marnotrawstwo technologiczne wynikające z niekorzystnych różnic między kształtowaniem się wskaźników niefinansowych i finansowo-księgowych dla tradycyjnej (lub mniej nowoczesnej) technologii w porównaniu z technologią najnowszą.

Do najważniejszych wskaźników niefinansowych można zaliczyć stopę wzrostu szybkości formowania butelek przez automaty szklarskie (wzrost ich wydajności), stopę spadku wagi butelki, stopę spadku współczynnika odpadu, stopę zwolnionego zasobu czasu pracy automatów i stopę wzrostu produkcji netto. Wzrost szybkości formowania i spadek współczynnika odpadu mają wpływ na lepsze wykorzystanie zasobu czasu pracy automatów, czyli zwiększenie produkcji netto bez poszerzenia zdolności produkcyjnych. Spadek ciężaru butelki wywoła spadek jednostkowego kosztu materiałów i energii, a spadek współczynnika odpadu zmniejszenie jednostkowego kosztu energii.

Do wskaźników finansowych zaliczono różnice w kształtowaniu się NPV i IRR dla zastosowania tradycyjnej i najnowszej technologii, obliczone za pomocą modelu dyskontowego TC. Dla technologii NNPB, zakupionej po cenie rynkowej niższej od ceny maksymalnej, ich wielkości były znacznie wyższe w porównaniu z technologią tradycyjną.

Zastosowane wskaźniki księgowe to: stopa spadku jednostkowego kosztu materiałów bezpośrednich, stopa spadku jednostkowego kosztu energii bezpośredniej, jednostkowy koszt sprzedaży bez amortyzacji i porównanie go z jednostkowym kosztem dopuszczalnym, stopa wzrostu przychodów ze sprzedaży, kształtowanie się EBITDA i EBIT oraz stopy ich wzrostu, a także ROS mierzone za pomocą EBIT. Wszystkie te wskaźniki kształtowały się na poziomie znacznie korzystniejszym dla technologii NNPB.

Przedstawione opracowanie ma duże znaczenie praktyczne. Po pierwsze, dostarcza przedsiębiorstwom wzorca rozwiązywania problemu maksymalnej ceny za najnowszą technologię i podejmowania na tej podstawie decyzji inwestycyjnej. Po drugie, uświadamia kadrze zarządzającej istnienie i znaczenie marnotrawstwa technologicznego oraz zagrożeń z tym związanych. Po trzecie, może wpłynąć na zmianę postaw wyrażanych stwierdzeniem, że naszego przedsiębiorstwa nie stać na najnowszą technologię. Po czwarte, upowszechnienie stosowania modelu dyskontowego TC do podejmowania decyzji inwestycyjnych może przyczynić się do podniesienia poziomu innowacyjności przedsiębiorstw.

Literatura

- Christensen C.M., Raynor M.E., 2003, *The Innovation Solution*, Harvard Business School Press, Boston.
- Cooper R., Slagmulder R., 1999, *Develop Profitable New Products with Target Costing*, Sloan Management Review, vol. 40, s. 23-33.
- Liker J.K., 2005, *Droga Toyoty. 14 zasad zarządzania wiodącej firmy produkcyjnej świata*, Wydawnictwo MT Biznes sp. z o.o., Warszawa.
- Mielcarek J., 2005, *Podstawy teoretyczne koncepcji CVP (koszt – wolumen – zysk)*, Wydawnictwo IBiS s.c., Wrocław.
- Mielcarek J., 2008, *Budżetowanie produkcji i sprzedaży w zaawansowanym środowisku technologicznym*, Studia i Prace Wydziału Nauk Ekonomicznych i Zarządzania, nr 4, s. 247-261.
- Mielcarek J., 2013, *Próba rekonstrukcji podstaw teoretycznych rachunku kosztów docelowych*, Prace Naukowe Uniwersytetu Ekonomicznego we Wrocławiu, nr 289.
- Mielcarek J., 2015, *EBITDA jako podstawa rachunku kosztów docelowych*, Prace Naukowe Uniwersytetu Ekonomicznego we Wrocławiu, nr 398, s. 343-353.
- Mielcarek J., 2016a, *On the Need to Continue Diagnosing Low Innovation Performance of the Polish Economy*, Zeszyty Naukowe Wyższej Szkoły Bankowej w Poznaniu, nr 69 (4), s. 49-72.
- Mielcarek J., 2016b, *Falsyfikacja tradycyjnego modelu rachunku kosztów docelowych*, Prace Naukowe Uniwersytetu Ekonomicznego we Wrocławiu, nr 442, s. 290-303.
- Mielcarek J., 2017, *Target Costing a wybór wariantu inwestycyjnego*, Prace Naukowe Uniwersytetu Ekonomicznego we Wrocławiu, nr 472.
- Nita B., 2008, *Rachunkowość w zarządzaniu strategicznym przedsiębiorstwem*, Wolters Kluwer Polska Sp. z o.o., Warszawa.
- Sojak S., Józwiak H., 2004, *Rachunek kosztów docelowych*, Oficyna Ekonomiczna, Kraków.