

*Mieczysław Dobija*

**Katedra Rachunkowości**

# Natura czasu a kwoty amortyzacji środków trwałych

## 1. Wprowadzenie

Pomiar deprecjacji środków trwałych jest zagadnieniem wciąż otwartym, a obecnie jeszcze nabierającym znaczenia ze względu na wyraźnie zarysowane idealistyczne dążenie wyrażone w *Międzynarodowych standardach sprawozdawczości finansowej* [Bonham i in., 2003, s. 117], aby sprawozdawczość dostosowywała się do wartości godziwych. W odniesieniu do rzeczowych aktywów trwałych, których koszty pozyskania ponoszone są w okresach wcześniejszych niż uzyskiwane korzyści, oczekuje się, aby wykazywana w bilansie wartość netto środka trwałego wyrażała terażniejszą wartość przychodów z pozostałego okresu użytkowania. To podejście od dawna reprezentowali uczeni, którzy analizowali pomiar amortyzacji w aspekcie wartości firmy, jak na przykład G. Feltham i J. Ohlson [1969]. Ich celem było, aby wartość księgową firmy zrównywała się z wartością rynkową.

Jeśli ponadto dąży się do precyzyjnego oszacowania kosztu jednostkowego przez stosowanie na przykład systemu ABC, to warunkiem koniecznym do osiągnięcia tego celu jest adekwatność kwot amortyzacji, czyli kwot odpisu od wartości na początek roku równoważących rzeczywistą utratę wartości. Mimo że absolutna precyzja jest nieosiągalna i może nawet niepotrzebna ze względu na rosnące koszty informacji, to dążenie do sformułowania teorii określającej kwoty okresowych odpisów jest celowe, a automatyzacja procesów wytwórczych jeszcze tę kwestię wyostreza. Zwiększenie precyzji pomiaru okresowego zysku i dążenia do wiernego i rzetelnego obrazu także wymagają dokładności w określaniu kwot amortyzacji.

O. Burt [1972] w swojej podstawowej pracy dotyczącej amortyzacji podzielił aktywa na dwie grupy. Do pierwszej należą te, z których suma uzyskiwanych

przez przedsiębiorstwo korzyści nie zależy od czasu, jest faktycznie stała, pod warunkiem wykonywania planowanych przeglądów i napraw. Jeśli wiek aktywów znacząco wpływa na uzyskiwane korzyści, to aktywa przynależą do drugiej grupy. Jako przykład wskazuje starzejący się budynek, którego czynsze z biegiem czasu maleją, lub urządzenia, których niezawodność maleje wraz z upływem czasu, mimo odpowiedniej polityki zapobiegawczej. Ten podział i wybór drugiej grupy jako przedmiotu analizy wymaga skupienia się na problemie czasu i jego wpływie na dobór metody amortyzacji. W pierwszej grupie stosowna jest metoda liniowa. Amortyzacja jest procesem zużywania się produkcyjnego środka trwałego i przenoszenia w kolejnych okresach jego wartości do produktów wytwarzanych za jego pośrednictwem. Idealem jest, jak piszą B. Lev i H. Theil [1978], aby alokacja kosztów w procesie amortyzowania w pełni odzwierciedlała zmniejszanie się potencjału usługowego aktywu trwałego. Trudności w rozwiązaniu tego problemu pojawiają się wraz z koniecznością uwzględnienia niepewności.

Ale czym jest czas? Czy istnieje jako kategoria absolutna, jak to mniej lub bardziej świadomie zakłada się w rozważaniach ekonomicznych? Może jest to tylko nazwa nadana procesowi starzenia się, czyli zużywania się wszystkiego, co materialnie istnieje? Jeśli tak, to teoretycznego uzasadnienia planów amortyzacji środków trwałych należących do drugiej grupy należy szukać w naturze czasu.

## 2. O naturze czasu

Czas jest zdumiewająco spornym tematem, mimo że pojęcie czasoprzestrzeni jest prawie powszechnie znane, podobnie jak zagadnienie zwane „paradoksem bliźniąt”, w którym jednemu z bliźniąt czas upływa szybciej niż drugiemu ze względu na to, że to pierwsze podróżuje z dużą prędkością. W kwestii czasu istnieje wiele kontrowersji, w szczególności ta dotycząca upływu czasu. Czy czas płynie, czy nie płynie? i co to ewentualnie jest, jeśli istnieje.

Obecne poglądy fizyków w kwestii czasu nie są jednolite, ale raczej nie wprowadzają pojęcia tempa upływu czasu. Miarodajny jest tutaj pogląd D. Deutscha [2000, s. 228], współczesnego teoretyka, który napisał: „W przeciwieństwie do zdrowego rozsądku nasze teorie fizyczne są spójne, a udaje się im to osiągnąć w dużym stopniu poprzez odrzucenie pojęcia upływu czasu. Oczywiście fizycy mówią o upływie czasu podobnie jak wszyscy. Na przykład w dziele *Principia*, w której podane zostały podstawy newtonowskiej mechaniki i teorii grawitacji, Newton napisał: Absolutny, prawdziwy i matematyczny czas płynie równomiernie i bez związku z czymkolwiek zewnętrznym sam z siebie i ze swojej najgłębszej natury. Jednak Newton roztropnie nie czyni żadnej próby przetłumaczenia swojego stwierdzenia na temat upływu czasu do postaci matematycznej i nie wyprowadza z niego żadnych wniosków”.

Dodajmy przy tym, że I. Newton uznawał także istnienie absolutnej przestrzeni [Atkins 2005, s. 336] i było to w owym czasie niezbędne. W każdym razie stało się ważnym teoretycznym impulsem i spowodowało szybki rozwój nauki i techniki. Jeśli obecnie mamy inne poglądy na przestrzeń i czas, to zgodnie z właściwą epistemologią K. Poppera powinniśmy je traktować jako kolejne przybliżenie, a nie wiedzę ostateczną.

I. Newton (1642–1727) był tym uczonym, który stworzył pierwsze wielkie teorie fizyki. Mimo ogromnych zasług Galileusza, to Newton odkrył istnienie pierwszej stałej fizycznej i sformułował prawa dynamiki, teorię grawitacji oraz przedstawił zasady rachunku różniczkowego, dzięki czemu mogła szybko rozwijać się inżynieria i technika. Te bezcenne wówczas teorie wymagały określenia odpowiedniego modelu rzeczywistości, stąd Newton uznał istnienie absolutnej przestrzeni i absolutnego czasu, jako areny zdarzeń, co wpłynęło na szybki rozwój postępu technicznego, były więc niezwykle skuteczne. Jest to klasyczny wzór nauki, z której prawdziwości wynika skuteczność działania.

Drugi gigant myśli w XVI i XVII w. to Gotfryd W. Leibniz<sup>1</sup> (1646–1716). Wstępując jako 15-letni młodzieniec na Uniwersytet w Lipsku, wkrótce uzyskał doktorat na Uniwersytecie w Heidelbergu, gdzie studiował prawo, fizykę i matematykę. W latach 1672–1676 opracował podstawy rachunku różniczkowego i całkowego i to jego notację stosuje się w nauce. Uznawano go za logika i metafizyka. W kwestii przestrzeni i czasu zajmował stanowisko przeciwne do swojego słynnego adwersarza, czyli I. Newtona. Nie uznawał istnienia absolutnej przestrzeni ani absolutnego czasu; czas jest wewnętrzny w stosunku do bytów. Czas jest według Leibniza porządkiem następowania. Uczony ten pierwszy konstruował mechaniczne maszyny liczące, propagował binarny system liczb oraz prowadził wiele przedsięwzięć inżynierskich. Jak wiadomo, pozostawił też znaczący dorobek w zakresie myśli filozoficznej. Tak Leibniz, jak i Newton większość czasu poświęcali polityce i innej działalności, a tylko część czasu nauce.

Poglądy Newtona są wciąż aktualne np. dla księgowych sporządzających okresowe sprawozdania, dla finansistów liczących procenty lub analizujących okresowe zyski i innych. Również aktualne są poglądy Leibniza, głównie ze względu na współczesną koncepcję termodynamicznej strzałki czasu, która jest jedną z form słynnego drugiego prawa termodynamiki. Zgodnie z tą zasadą każdy izolowany obiekt makroskopowy, żywy czy martwy, podlega dyfuzji energii. Ten proces jest jednokierunkowy, nieodwracalny, ale losowy. Zauważmy, że jeśli pominąć nasze nabyte poglądy na temat czasu (lata, godziny, sekundy), to właśnie termodynamiczna strzałka czasu wyraża najbardziej zdroworozsądkowe podejście.

---

<sup>1</sup> *Mathematicians of the Seventeenth and Eighteenth Centuries*, pobranie 13 lipca 2010 r., <http://www.maths.tcd.ie/pub/HistMath/People/RBallHist.html>.

Mówimy przecież: „wszystko się starzeje” i jest powiedzenie dotyczące godziny lub minuty „każda rani, ostatnia zabija”.

Czas jest postrzegany przez nas jako proces ubywania energii życia i to jest kwestia zasadnicza. Miary czasu znane od tysiącleci są niezwykle użyteczne. Zamiast mówić, że Leibniz urodził się przy stanie masy słońca E, a zmarł przy odpowiednio mniejszym stanie K, mówimy, że żył w latach 1646–1716. Jeśli mówimy, że obecnie jest 2007 r., to znaczy to, że od czasów Leibniza Słońce zamieniło na energię olbrzymie, ale policzalne tony swojej masy. Słońce w każdej sekundzie zamienia 700 mln t wodoru na 695 mln t helu, więc traci 5 mln t swojej masy, zamienianej na energię promieniowania w reakcjach termojądrowych<sup>2</sup>. Masa Słońca to 99,8% masy Układu Słonecznego, więc ta przemiana stanowi z punktu widzenia obecnego człowieka proces praktycznie nieograniczony. Żyjąc w Układzie Słonecznym, odnosimy przemiany naszej energii do Słońca, które istnieje niezmiennie z perspektywy istnienia człowieka na Ziemi. Gdy umawiamy się z kimś na jutro o 9:00, to koordynujemy nasze działania względem ruchu obrotowego Ziemi wokół własnej osi. Gdy wskazujemy jeszcze miesiąc i dzień, to koordynacja uwzględnia także cykliczny bieg Ziemi wokół Słońca. Jest to zatem czas koordynacyjny.

Godzina jest miarą drogi przebytej przez punkt wyznaczony na równiku lub miarą drogi Ziemi wokół Słońca, lub też miarą ubytku masy Słońca podczas tej drogi. Ruch jednak nie może być czasem. Dlatego powstaje pytanie: czy czas istnieje jako kategoria absolutna? Jeśli przyjmuje się jakąś cykliczną rotację za czas, to powstaje pytanie, co ma wspólnego działający zegarek na rękę z procesem starzenia się właściciela? Trudno dopatrzeć się logicznego związku, bowiem starzenie się to problem rozptywu energii życia i nie ma nic wspólnego z cyklicznymi ruchami w jakimkolwiek zegarze. Zegary są narzędziami uzgadniania czasu koordynacyjnego.

To, czego doświadczamy, to upływ czasu, czyli dyfuzja energii określona drugą zasadą termodynamiki, inaczej mówiąc termodynamiczną strzałką czasu. Nasz zdroworozsądkowy czas, jeśli nie jest rozumiany jako koordynacyjny, uwzględnia właśnie proces upływu lat jako proces starzenia się. Dlatego warto czynić coroczne podsumowania, czyli sporządzać sprawozdania i to nie tylko finansowe. W drugiej grupie aktywów ważne jest dostosowanie planów amortyzacji do natury czasu. To jest zadanie do rozwiązania w dalszej części pracy.

---

<sup>2</sup> Bill Arnett; last updated: 2006 Aug 25 <http://www.nineplanets.org/sol.html>.

### 3. Strzałka czasu i nieliniowość procesu dyfuzji energii początkowej

Termodynamiczną strzałkę czasu określa wyrażenie ( $S = -st$ ) będące iloczynem stratności (losowej dyfuzji)  $s$  w wymiarze [1/rok] i liczby lat  $t$ . Czynnikiem  $e^{-st}$  określa zaś ubytek energii początkowej po upływie  $t$  lat. Zauważmy, że jest to formuła czynnika dyskonta, gdyż:

$$e^{-st} = \frac{1}{e^{st}} \approx \frac{1}{(1+s)^t},$$

gdzie:

$s$  – stanowi naturalne tempo dyfuzji kapitału (energii),

$st$  – określa strzałkę czasu, przy czym  $t$  przebiega zbiór  $R^+$ .

Dla człowieka, jak wynika z rachunku kapitału ludzkiego [Cieślak, Dobija 2007], [Dobija, 2007a, 2007b], średnia wielkość  $S$  jest równa  $E(S) = -pt$ , (gdzie  $p = 0,08$  [1/rok]). Stała ekonomiczna  $p = 0,08$  od wartości początkowej kapitału ludzkiego (podstawowego depozytu energii życia), zatem wyznacza tempo upływu czasu człowieka. Oznacza to, że przemiany pierwotnej energii życia są największe w pierwszych latach życia dziecka, wtedy także rozwój człowieka jest najszybszy. Później tempo rozwoju zmniejsza się z biegiem lat. Oznacza to, że drugie prawo termodynamiki wskazuje metodę zmniejszającego się salda jako zgodną z naturą rzeczywistości. Wielkość  $p$  stanowi stałe tempo upływu czasu i jest liczona od ostatniego stanu osiągniętego przez obiekt. Tabela 1 obrazuje tempo upływu czasu dla człowieka.

Z tabeli 1 wynika, że po pierwszym roku strata energii życia doprowadza do 0,92 wartości początkowej równej jeden. Po drugim roku będzie to 0,852, po trzecim roku 0,787 itd. Przy liczbie 120 lat energia życia spada do poziomu  $6,77 \cdot 10^{-5}$ . Można zapytać, do jakiego minimalnego poziomu  $C_{\min}$  spada pierwotna energia życia i życie dobiega kresu? Przyjmując  $C_0 = 1$  i liczbę lat życia Noego, czyli 950 lat, mamy przy tempie upływu czasu  $p = 0,08$ :  $C_{950}/C_0 = 9,85 \cdot 10^{-34}$  (% energii początkowej równej 1). Jest to wielkość rzędu stałej Plancka, która określa najmniejszą porcję energii i jej działania przez sekundę.

Strzałka czasu ( $st$ ) jest liniową funkcją czasu kalendarzowego lub innych uniwersalnych tyknień, ale utrata energii życia następuje według nieliniowego ujemnego procentu składanego  $C_0 e^{-st}$ . Jak można zauważyć, ta interpretacja natury czasu uzgadnia zdroworozsądkowe i naukowe, termodynamiczne postrzeganie czasu. Mijają lata kalendarzowe i energii ubywa, ale najwięcej na początku, gdy jest jej najwięcej. W przeciwieństwie do niemowlęcia, u człowieka starszego zachodzą minimalne zmiany, ponieważ jego energia życia jest już bardzo mała. Nie jest to wyznacznikiem aktywności człowieka, która zależy od możliwości przetwarzania energii pobieranej z otoczenia. Entropia jest, jak wiadomo, motorem

zmian. Aby mógł się dokonać tak szybki rozwój, jaki obserwuje się w pierwszych latach życia człowieka, musi mieć miejsce duże rozproszenie pierwotnej energii życia, duży wzrost entropii, czyli jej przemiana na inne rodzaje energii podlegające dalszym przemianom i ostatecznie rozproszeniu. W szybkim rozwoju dziecka ujawnia się prawidłowość wyrażona przez P. Atkinsa: „Świat napędza uniwersalna tendencja do pogrążania się w chaosie”.

Tabela 1. Zmniejszanie się początkowej wartości sił życiowych człowieka

Rok życia	Stan energii początkowej	Procent zmniejszenia	Zmniejszenie	Stan na koniec
Pierwszy	1,0000	8	0,08	0,9200
Drugi	0,9200	8	0,0736	0,8464
Trzeci	0,8464	8	0,0677	0,7787
Czwarty	0,7787	8	0,0623	0,7164
Piąty	0,7164	8	0,0573	0,6591
...	...	...	...	...
Osiemdziesiąty	0,0018	8	0,0001	0,0017
Sto dwudziesty	$7,3 \cdot 10^{-5}$	8	$5,8 \cdot 10^{-6}$	$6,77 \cdot 10^{-5}$
...	...	...	...	...
Dziewięćset pięćdziesiąty (Noe)	$1.0675 \cdot 10^{-33}$	8	$0,082 \cdot 10^{-33}$	$9.8542 \cdot 10^{-34}$
Matuzalem, (lat 969)	$2,3347 \cdot 10^{-34}$	8	$0,195 \cdot 10^{-34}$	$2,1552 \cdot 10^{-34}$

Źródło: obliczenia własne.

Entropia jest kojarzona negatywnie, co nie jest słuszne. Jest to miernik tempa zmian wyznaczonego drugą zasadą, a bez zmiany nie byłoby sensu istnienia czegokolwiek, tym bardziej że pierwotna energia życia nie rozprasza się bezsensownie. W trakcie jej przemian wyłania się człowiek ze swoimi zdolnościami do działania, czyli kapitałem ludzkim. Ten kapitał transferuje się przez pracę do produktów pracy, które z kolei służą innym do rozwoju. Druga zasada termodynamiki ma niezwykle pozytywny wydźwięk, ponieważ wymusza procesy rozwojowe. W sprawach ludzkich niezwykle istotne jest 8-procentowe tempo zmian wyznaczające losowo rozmiar czasu (w sensie czasu koordynacyjnego) dla ludzkiego życia. Ponadto na tej 8-procentowej wielkości opiera się dobrze już zweryfikowany rachunek kapitału ludzkiego.

D. Deutsch twierdzi, że zdroworozsądkowe pojmowanie czasu jest sprzeczne z nauką. Nie jest to stan rzeczy jednoznacznie zgodny z rzeczywistością. Zwróćmy uwagę, że rozważania dotyczą czasu człowieka i w tym sensie zdrowy rozsądek

człowieka zgadza się z termodynamiczną strzałką czasu w podanej interpretacji. Mija czas kalendarzowy i człowiek się starzeje. Ta destrukcja jest źródłem postępu; starzenie się jest koniecznym warunkiem osiągnięć. Nie jest to jednak czas absolutny. Inny upływ czasu charakteryzuje jakiś rodzaj zwierząt albo byty planetarne, które trwają miliardy lat. Rozumienie termodynamicznej strzałki czasu pozwala w szczególności bardziej precyzyjnie określać przepływy wartości w procesach ekonomicznych i dokładniej ustalać kwoty wynagrodzeń bądź amortyzacji środków trwałych.

#### 4. Pomiar upływu wewnętrznego czasu środków trwałych

Z rozważań o termodynamicznej strzałce czasu wynika, że w odniesieniu do środków trwałych adekwatne sposoby ustalania kwot amortyzacji, to metody przyspieszone, w których podstawą obliczeń jest bieżące saldo. Tego rodzaju metody są znane pod nazwą „zmniejszającego salda” (*declining balance*) i stosowane ze współczynnikami 1, 1,5, 2. Współczynnik 1,0 oznacza, że procent odpisu od salda bieżącego jest  $100/T$ , ( $T$  – liczba lat użytkowania), przy współczynniku 1,5 procent jest  $150/T$  itp. Stosowane są chętnie od dawna, bowiem jak twierdzi wielu autorów (np. [Davidson, Drake 1964], [Comments 1959]), pozwalają one osiągać korzyści podatkowe.

Zauważmy, że określenie wartości początkowej, wartości po okresie użytkowania i liczby lat użytkowania zawiera w sobie wszystkie dane potrzebne do wyznaczenia tempa upływu czasu. W związku z tym można dojść do wzoru ogólnego określającego procent odpisu za pośrednictwem tempa upływu czasu dla danego środka trwałego. Uzyskujemy to, rozwiązując równanie:

$$W_p e^{-pT} = W_k,$$

gdzie:

$W_p$  – stanowi wartość początkową,

$W_k$  – określa wartość pozostałą po okresie użytkowania środka trwałego,

$T$  – liczba lat użytkowania środka trwałego.

Wielkość  $p$  jest określona formułą:

$$p = -\frac{1}{T} \ln \frac{W_k}{W_p}.$$

Z kolei obliczymy procent, według którego zmniejsza się saldo początkowe. Po pierwszym okresie użytkowania saldo początkowe osiągnie stan:

$$W_{p+1} = W_p e^{\frac{1}{T} \ln \frac{W_k}{W_p}} = W_p \left( \frac{W_k}{W_p} \right)^{\frac{1}{T}} = W_p^T \sqrt[T]{\frac{W_k}{W_p}}.$$

Zatem kwota amortyzacji jest równa:

$$W_p - W_{p+1} = W_p \left( 1 - \sqrt[T]{\frac{W_k}{W_p}} \right),$$

czyli procent  $r$  wyznaczający odpis za dany okres jest określony wzorem:

$$r = 1 - \sqrt[T]{\frac{W_k}{W_p}}.$$

Procent  $r$  jest stały, to znaczy ta sama wielkość  $r$  zmniejsza saldo początkowe aż do osiągnięcia wielkości  $W_k$ , po upływie  $T$  okresów amortyzowania. Jest to znany od dawna wzór [Comments 1959], jednak jego obecne wyprowadzenie za pośrednictwem tempa upływu czasu ukazuje jego głębszą naturę. W praktyce stosuje się uproszczone podejścia (faktycznie one komplikują zagadnienie), przyjmując za punkt wyjścia procent amortyzacji liniowej pomnożony odpowiednim współczynnikiem.

*Przykład.* Sporządzić plan amortyzacji dla środka trwałego o wartości początkowej 100 000 zł, okresie użytkowania  $T = 5$  lat, wartości po upływie 5 lat 5000 zł. Obliczamy procent odpisu:

$$r = 1 - \sqrt[5]{\frac{W_k}{W_p}} = 1 - \sqrt[5]{\frac{5000}{100000}} = 0,450719728 (45\%).$$

Tabela 2. Plan amortyzacji środka trwałego. Odpisy roczne

Rok	Saldo na początek roku	Procent odpisu	Kwota amortyzacji	Suma umorzenia
1	100 000	45	45 000	45 000
2	55 000	45	24 750	69 750
3	30 250	45	13 612	83 362
4	16 638	45	7 487	90 849
5	9 151	45	4 118	94 967
$W_k$	5 033 zł	–	–	–

Źródło: obliczenia własne.

Zauważmy, że w wypadku nieliniowej amortyzacji kwoty miesięczne nie są łatwo dostępne, jak w wypadku amortyzacji liniowej. Aby zatem obliczyć te kwoty, należy ustalić miesięczny procent odpisu, przyjmując  $T = 12 \cdot 5 = 60$ . Wtedy otrzymuje się wartość:

$$r = 1 - \sqrt[60]{\frac{W_k}{W_p}} = 1 - \sqrt[60]{\frac{5000}{100000}} = 0,0487 (4,87\%).$$



Tabela 3. Plan amortyzacji środka trwałego. Odpisy miesięczne

Miesiąc	Saldo na początek miesiąca	Procent odpisu	Kwota amortyzacji	Suma umorzenia
1	100 000	4,87	4 870	4 870
2	95 130	4,87	4 633	9 503
3	90 497	4,87	4 407	13 910
4	86 090	4,87	4 193	18 103
5	81 897	4,87	3 988	22 091
6	77 909	4,87	3 794	25 885
7	74 115	4,87	3 609	29 495
8	70 505	4,87	3 434	32 928
9	67 072	4,87	3 266	36 195
10	63 805	4,87	3 107	39 302
11	60 698	4,87	2 956	42 258
12	57 742	4,87	2 812	45 070
13	54 930	4,87	2 675	47 745
14	52 255	4,87	2 545	50 290
...	...	...	...	...
49	9 104	4,87	443	91 339
50	8 661	4,87	422	91 761
51	8 239	4,87	401	92 162
52	7 838	4,87	382	92 544
53	7 456	4,87	363	92 907
54	7 093	4,87	345	93 252
55	6 748	4,87	329	93 581
56	6 419	4,87	313	93 894
57	6 106	4,87	297	94 191
58	5 809	4,87	283	94 474
59	5 526	4,87	269	94 743
60	5 257	4,87	256	94 999
Wartość na koniec okresu	5001			

Źródło: obliczenia własne.

## 5. Relatywizm czasu i plan amortyzacji statku kosmicznego

Plan amortyzacji statku kosmicznego powinien uwzględniać zmienne tempo upływu czasu zależne od prędkości pojazdu, czyli relatywizm czasu. Traktując statek kosmiczny jako należący do drugiej grupy, czyli podlegający deprecjacji

w relacji do czasu, uwzględniamy zjawisko dylatacji czasu, czyli jego zauważalnie wolniejszego upływu przy bardzo dużych prędkościach.

Koncepcja termodynamicznej strzałki czasu jest także zgodna ze zjawiskiem relatywizmu upływu czasu. Jak wiadomo, relatywizm czasu określa przekształcenie Fitzgeralda-Lorentza znajdujące dalsze zastosowanie w teorii względności, gdzie pojawia się paradoks bliźniąt. Aby formalnie przedstawić relatywizm upływu czasu w aspekcie omawianej strzałki czasu, przyjmuję wyjściową równość:

Energia całkowita ( $E_c$ ) = Energia spoczynkowa ( $E_s = m_0 c^2$ ) + Energia kinetyczna ( $E_k$ ).

Zatem przy standardowych oznaczeniach:

$$E_c = m_0 c^2 + \frac{m_0 v^2}{2} = m_0 c^2 \left( 1 + \frac{v^2}{2c^2} \right) = mc^2,$$

gdzie:  $m$  oznacza masę relatywistyczną, a  $c$  prędkość światła.

Jeśli obiekt (osoba lub przedmiot) porusza się z prędkością  $v$ , to jego kapitał początkowy, mimo dyfuzji  $p$ , osiąga stan określony wzorem:

$$C_t = C_0 e^{-pt} e^{\frac{v^2}{2c^2}} = C_0 e^{-\left( pt - \frac{v^2}{2c^2} \right)}.$$

Zatem  $e^{\frac{v^2}{2c^2}}$  stanowi czynnik spowalniający upływ czasu. Wzrost energii całkowitej spowodowany przyrostem energii kinetycznej spowalnia upływ czasu.

Dla statku kosmicznego<sup>3</sup> poruszającego się z prędkością  $v = 70\,000$  km/sek, którego upływ czasu w stanie bezruchu jest  $p$ , spowolnienie upływu czasu obliczamy, stosując wzór  $p' = -p + v^2/2c^2 = -0,599 + 0,245 = -0,354$ . Na tej podstawie obliczamy wydłużony okres użytkowania pojazdu. Otrzymujemy  $T' = [1/(-0,354)](-2,9957) = 8,462$  lat. Procent odpisu wartości początkowej jest równy 29,82%, w zaokrągleniu 30%.

$$r = 1 - T \sqrt{\frac{W_k}{W_p}} = 1 - 8,462 \sqrt{\frac{5000}{100000}} = 0,30.$$

W wypadku gdy statek kosmiczny nie był wcześniej używany do podróży z wielkimi prędkościami lub był wykorzystywany przy prędkościach niewywołujących dylatacji czasu przez  $k$  – lat, to jeśli wyrusza na daleką wyprawę kosmiczną, należy wyznaczyć nowy plan amortyzacji. W tym celu należy ustalić:

- wartość księgową środka trwałego na początek  $k$ -tego roku,
- tempo upływu czasu przy przewidywanej prędkości,
- pozostały okres użytkowania,
- adekwatny procent amortyzacji.

<sup>3</sup> O statku kosmicznym zakładamy te same wielkości, jak o środku trwałym z wcześniej rozpatrywanego przykładu.

Tabela 4. Plan amortyzacji statku kosmicznego

Rok	Saldo na początek miesiąca	Procent odpisu	Kwota amortyzacji	Suma umorzenia
1	100 000	30,0	30 000	30 000
2	70 000	30,0	21 000	51 000
3	49 000	30,0	14 700	65 700
4	34 300	30,0	10 290	75 990
5	24 010	30,0	7 203	83 193
6	16 807	30,0	5 042	88 235
7	11 765	30,0	3 529	91 765
8	8 235	30,0	2 471	94 235
8,462	5 765	30,0	799	95 034

Źródło: obliczenia własne.

Przyjmijmy zatem, że po dwóch latach użytkowania w Układzie Słonecznym statek wyrusza z misją do planety Erra<sup>4</sup> w gwiazdozbiornie Plejad z prędkością podróżną 290 000 km/s. Czynnikiem relatywistycznym jest  $(1 + v^2/2c^2) = (1 + 29^2/2 \cdot 30^2) = 1,467$ . Rozwiązując równanie  $e^x = 1,467$ , otrzymujemy wykładnik równy 0,3832. Obliczamy zmniejszone tempo upływu czasu:

$$p' = -0,599 + 0,383 = -0,216.$$

Na tej podstawie obliczamy odpowiedni okres użytkowania.  $T' = [1/(-0,216)](-1,8) = 8,33$  lat. Zatem procent odpisu wartości początkowej jest równy 19,43%.

$$r = 1 - T \sqrt{\frac{W_k}{W_p}} = 1 - 8,33 \sqrt{\frac{5000}{30250}} = 0,1943399.$$

Tabela 5. Plan amortyzacji statku kosmicznego, który po drugim roku istnienia wyrusza w podróż z prędkością 290 000 km/s

Rok	Saldo na początek roku	Procent odpisu	Kwota amortyzacji	Suma umorzenia
1	100 000	45,00	45 000	45 000
2	55 000	45,00	24 750	69 750
3	30 250	19,43	5 878	5 878
4	24 372	19,43	4 736	10 613
5	19 637	19,43	3 815	14 429
6	15 821	19,43	3 074	17 503
7	12 747	19,43	2 477	19 979

<sup>4</sup> Planeta Erra, pobranie 2007-11-27, <http://www.karinya.com/PlanetErra.html>

cd. tabeli 5

Rok	Saldo na początek roku	Procent odpisu	Kwota amortyzacji	Suma umorzenia
8	10 271	19,43	1 996	21 975
9	8 275	19,43	1 608	23 583
10	6 667	19,43	1 295	24 878
10,33	5 372	19,43	345	25 223
	5 027			

Źródło: obliczenia własne.

## 6. Czynniki relatywistyczny a termodynamiczna strzałka czasu. Dyskusja

W opracowaniu posługiwałem się czynnikiem relatywistycznym w postaci  $1 + v^2/2c^2$ , czyli różniącym się od znanego czynnika wyprowadzonego po raz pierwszy przez G. Fitzgeralda w 1894 r. [Dewdney 2004, s. 55]. Czynniki relatywistyczny stosowany w przedstawionych obliczeniach został wyprowadzony naturalnie przez sumowanie masy bezwładnościowej i energii kinetycznej, natomiast czynniki wyprowadzony przez G. Fitzgeralda pod koniec XIX w., a odnoszący się do skracania się długości poruszającego się obiektu, jest nieco inny. Czynniki G. Fitzgeralda przyjął nieco później H. Lorentz jako miernik spowalniania czasu przy wzrastającej prędkości obiektu. Czynniki relatywistyczny jest jednakowy dla długości, upływu czasu i masy bezwładnościowej i jest jednym z fundamentów teorii względności.

Jeśli ograniczy się prędkość  $v$  do 70 000 km/s, to przy tej lub mniejszych prędkościach poniższe trzy czynniki relatywistyczne są prawie równe. Ostatni z prawej stanowi czynniki G. Fitzgeralda i jest stosowany także w szczególnej teorii względności (STW) A. Einsteina.

$$\left(1 + \frac{v^2}{2c^2}\right) = e^{\frac{v^2}{2c^2}} = \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

Przykładowe obliczenia dylatacji:

$$v = 70\,000 \text{ km/s: } 1,02722 \approx 1,02759 \approx 1,02838.$$

$$v = 295\,000 \text{ km/s: } 1,48347 \neq 5,50019.$$

Jak wiadomo, czynniki stosowany w STW został wyprowadzony przy zastosowaniu twierdzenia Pitagorasa, dlatego można wątpić w jego poprawność. Twierdzenie Pitagorasa obowiązuje w absolutnie płaskiej przestrzeni, której modelem jest kartka papieru na płaskim stole lub tablica, na której pisane są wzory. Nieznana rzeczywistość ma swoją niezerową krzywiznę zmieniającą się wraz ze

wzrostem prędkości różnych obiektów, dlatego twierdzenie Pitagorasa nie musi być spełnione. Sumowanie zaś energii potencjalnej i kinetycznej, wielkości skalar-nych, nie wymaga żadnych założeń i także prowadzi do wzoru określającego sumę energii jako  $E = mc^2$ , przy czym masa w tym wzorze jest masą relatywistyczną, a nie spoczynkową.

Warto zauważyć, że upływ czasu wyznaczony przez termodynamiczną strzałkę czasu pozwala na łatwe i proste wyjaśnienie paradoksu bliźniąt. Jeśli jedno z bliźniąt (premier) zarządza skutecznie polityką na Ziemi, a drugie (prezydent) wyruszyło w podróż, aby złożyć wizytę na planecie Erra w gwiazdozbiornie Plejad, w statku kosmicznym poruszającym się z prędkością 295 000 km/s i powróciło po 20 ziemskich latach, to jest następująca sytuacja. Premier postarzał się o 20 lat, co przy osiągniętym stanie odnowy biologicznej, było prawie niezauważalne, prezydent natomiast nie postarzał się wcale, ponieważ przekraczając 120 000 km/s, zniwelował tempo upływu ludzkiego czasu (8%). Dla  $v = 120\,000$  km/s czynnik relatywistyczny = 0,08. Nie odmłodził się także, ponieważ wszędzie obowiązuje druga zasada termodynamiki. Spowolnienia upływu czasu doświadczył tylko prezydent, jego świta i statek kosmiczny.

Nie wprowadzając tempa upływu czasu, wytłumaczenie paradoksu bliźniąt nastęrcza trudności. Jeśli bliźniak powraca z podróży po 20 ziemskich latach, to minęło 20 lat mierzonych obiegami Ziemi wokół Słońca dla obojga bliźniąt. I nie ma żadnego paradoksu. Jeśli nie istnieje czas absolutny, a tylko wewnętrzny czas związany z danym obiektem, to postrzegamy go przez upływ czasu wyznaczony fundamentalnym drugim prawem termodynamiki. W sposób oczywisty nie istnieje problem równoczesności, co także stwierdza STW, ale można koordynować działania według umownego czasu Greenwich lub innego. W paradoksie bliźniąt wyjaśnieniem jest upływ wewnętrznego czasu każdego z nich. Podobnie wyjaśnia się ten paradoks na gruncie STW, twierdząc, że zegar bliźniaka podróżującego z dużą prędkością wolniej chodzi, czyli spowolnił się miernik wewnętrznego czasu obiektu, którym jest układ: zegar i bliźniak. Skąd jednak wiadomo, że zegar mierzy czas bliźniaka, a nie tylko upływ czasu zegara? W STW zakłada się istnienie czasu absolutnego, który mierzy się rotacją cząstek elementarnych, co uogólnia się na wszystkie obiekty.

W STW kategoria czasu sprowadza się do systematycznego tykania. Takie tykanie wyznacza na przykład Ziemia, dokonując stałych obrotów według swojej stałej osi lub też Ziemia, obiegając systematycznie Słońce. Czynią to także nasze zegary domowe. Wymiar czasowy w czasoprzestrzeni rozważanej w STW jest określony wielkością  $ct$ , czyli iloczynem tyknięć  $t$  i prędkości światła  $c$ . Jest to więc droga, którą przebywa światło w liczbie tyknięć  $t$ . Dokonując uogólnienia, uczeni uznali, że w iloczynie  $ct$  wielkość  $c$  należy traktować jako stały mnożnik wyznaczający jednostkę miary czasu. Faktycznie w STW czas mierzy się

w metrach i jednostkach pochodnych metra. Jedna sekunda jest to 300 000 km czasu, zatem metr czasu jest równy  $3 \cdot 10^{-9}$  sekundy. Czasoprzestrzeń stanowi blok, w którym zawierają się wszystkie zdarzenia wyznaczone trzema współrzędnymi przestrzennymi i jedną zwaną czasową. Dowodzi się, że w czasoprzestrzeni nie istnieje równoczesność zdarzeń, zatem nie istnieje absolutny czas. To stwierdzenie jest oczywiste na gruncie pojmowania czasu w perspektywie fundamentalnej drugiej zasady termodynamiki, ale w STW stanowi załączek sprzeczności, skoro przyjmuje się, że to zegar wyznacza upływ czasu bliźniaka. W wersji termodynamicznej spowolnienie upływu czasu przy poruszaniu się z dużą prędkością jest naturalne. Przyrost energii kinetycznej czyni atomy i cząstki obiektu bardziej energetycznymi, a zatem bardziej trwałymi, które wolniej się zmieniają.

Czas postrzegany w teorii względności ma niewiele wspólnego z termodynamiczną strzałką czasu. Teoria względności należy do grona teorii klasycznych, wywodzących się od I. Newtona, w którego formułach opisujących ruch ciał, czas jest jakby odwracalny. O ile jednak czas u I. Newtona jest absolutny, podobnie jak przestrzeń, to w teorii względności czas traci swój absolutny byt i zależy od prędkości. Podobnie koncepcja równoczesności zdarzeń traci absolutny wymiar skoro zegary tykają inaczej dla obserwatora w spoczynku i obserwatora w ruchu. A. Einstein odkrył ponadto, że zegary tykają wolniej, jeśli są bliżej wielkiej masy, czyli szybciej na szczycie góry, niż u jej podnóża. Jednak znowu powstaje pytanie: czy wolniejsze tykanie zegarów jest równoznaczne z wolniejszym starzeniem się organizmu żywego, czy jego strzałka czasu staje się mniejsza? Na to pytanie nie znajduje się odpowiedzi w teorii względności.

Teoria strzałki czasu, czyli faktycznie drugiej zasady termodynamiki, jest potężną teorią wyjaśniającą wiele kwestii, w szczególności zagadnienia życia i jego ewolucji, jak to znakomicie opisują P. Coveney i R. Highfield [1991]. Czas termodynamiczny jest nieodwracalny i jednoznacznie ukierunkowany, ale nie absolutny. Już w niniejszej pracy zauważyć można różne wymiary strzałki czasu dla różnych obiektów. Termodynamiczna strzałka czasu jest podstawą wielu teorii, jak na przykład fascynującej cybernetycznej teorii charakteru polskiego uczonego M. Mazura [1976], ale leży także u podstaw teorii kosmologicznych opisujących powstanie i ewolucję wszechświata [Hawking 1990]. Jak piszą wspomniani autorzy [Coveney, Highfield 1991, s. 35]: „Jest coś magicznego w drugiej zasadzie termodynamiki, co umożliwia zaistnienie kreatywnej (raczej niż destruktywnej) ewolucji. L. Boltzman dojrzał tę cechę już w 1878 r., ale pełniejsze opracowanie tej idei musiało poczekać do niedawnego przewartościowania „drugiej zasady”, które pokazało, że z niej nie wynika tylko jednostajne dążenie do nieporządku, lecz wszechświat może użyć termodynamiki do tworzenia, ewoluowania i rozwijania. To nadaje termodynamicznej strzałce czasu wyższą pozycję naukową i wzmacnia zaufanie do niej” (tłum. autor).

## 7. Zakończenie

W niniejszej pracy zwrócono uwagę na naturę czasu postrzeganą jako proces starzenia się, w związku z czym upływ czasu może być znaczącą zmienną w pomiarze amortyzacji. Dotyczy to środków trwałych, których zdolność do wykonywania pracy maleje wraz z upływem czasu. Ponieważ wielu uczonych twierdzi, że upływ czasu nie istnieje, konieczne jest uzgodnienie tych kwestii. Próba wyjaśnienia zagadnienia upływu czasu i wynikającej z tego metody amortyzowania stanowi znaczną część opracowania. Rozważania prowadzą do wniosku, że metoda zmniejszającego się salda jest najbardziej właściwa do określania kwot amortyzacji w korelacji z upływem czasu.

## Literatura

- Arnett B., Last updated: 2006 Aug 25 <http://www.nineplanets.org/sol.html>
- Atkins P. [2005], *Palec Galileusza. Dziesięć wielkich idei nauki*, Dom Wydawniczy Rebis, Poznań.
- Bonham M. i in. [2003], Międzynarodowe Standardy Sprawozdawczości Finansowej w interpretacjach i przykładach, LexisNexis, International GAAP, 2005.
- Brut O.R. [1972], *A Unified Theory of Depreciation*, „Journal of Accounting Research”, Spring.
- Cieślak I., Dobija M. [2007], *Teoretyczne podstawy rachunkowości kapitału ludzkiego*, Zeszyty Naukowe Akademii Ekonomicznej w Krakowie, Kraków, nr 735.
- Comments [1959], *Declining Balance Depreciation Acquires Added Tax Advantages*, Stanford Law Review, July, vol. II.
- Coveney P., Highfield R. [1991], *The Arrow of Time*, Flamingo, London.
- Davidson S., Drake D. [1964], *The “BEST” Tax Depreciation Method – 1964*, „The Journal of Business”, vol. 37, nr 3.
- Deutsch D. [2000], *Struktura rzeczywistości*, Prószyński i S-ka, Warszawa.
- Dewdney A.K. [2005], *Granice rozumu. Osiem wielkich problemów, które ujawniają ograniczenia nauki*, Wydawnictwo Amber, Warszawa.
- Dobija M. [2007a], *Dobro ukryte w wolnorynkowej gospodarce towarowo-pieniężnej* [w:] *Oblicza Dobra*, t. 2, Uniwersytet Ekonomiczny w Krakowie, Kraków.
- Dobija M. [2007b], *Abstract Nature of Capital and Money* [w:] *New Developments in Banking and Finance*, ed. L.M. Cornwall, Nova Science Publishers, Inc., New York.
- Feltham A.G., Ohlson A.J. [1996], *Uncertainty Resolution and the Theory of Depreciation Measurement*, „Journal of Accounting Research”, vol. 34, nr 2.
- Hawking W.S. [1990], *Krótką historia czasu – od wielkiego wybuchu do czarnych dziur*, Wydawnictwo Alfa, Warszawa.
- Lev B., Theil H. [1978], *A Maximum Entropy Approach to the Choice of Asset Depreciation*, „Journal of Accounting Research”, vol. 16, nr 2.
- Mazur M. [1976], *Cybernetyka i charakter*, Państwowy Instytut Wydawniczy, Warszawa.

## **The Nature of Time and Depreciation Rates of Fixed Assets**

The problem of fixed asset depreciation remains an object of major academic research, which results from the need for more precise economic information and from the development of comprehensive knowledge about economic phenomena. This paper approaches depreciation plans by taking into account the thermodynamic arrow of time. As the argument shows, this concept leads to the conclusion that the declining balance method finds theoretical justification in regard to groups of fixed assets whose use potential diminishes with time.

