

Mirosław Herman, Paweł Korobłowski

Analiza i ocena nowych projektów inwestycyjnych (2)

Szczegółowa analiza przyczyn zapaści finansowej, a w skrajnych przypadkach bankructwa wielu przedsiębiorstw, pozwala wyciągnąć zaskakujący wniosek. Przyczyny upadku tkwią często w przeprowadzonych projektach inwestycyjnych, a do finansowej destrukcji nie doprowadziły żadne niekorzystne czynniki zewnętrzne, ani drapieżna konkurencja, ale sami menedżerowie podejmujący błędne decyzje inwestycyjne.

Przedmiotem niniejszego cyklu artykułów są różne znane, wykorzystywane w gospodarce rynkowej syntetyczne metody oceny efektywności inwestycji rzeczowych.

Analiza opłacalności projektu

Mając oszacowane niezbędne do uruchomienia projektu przepływy ujemne i generowane przez niego przepływy dodatnie oraz ustaloną właściwą stopę dyskontową, pozostaje poddanie projektu szczegółowej analizie mającej na celu podjęcie decyzji o realizacji lub odrzuceniu projektu. Analizę tę można podzielić na dwa etapy:

- 1) filtrowanie projektów za pomocą określonych kryteriów, mające na celu odrzucenie projektów nieopłacalnych,
- 2) poddanie projektów analizie wrażliwości, prognozy rentowności i analizie typu „co, jeśli...?” w celu odrzucenia projektów nie spełniających określonych wymagań.

Jeżeli kilka projektów przeszło pomyślnie przez założone kryteria, a firma nie chce lub nie może realizować ich wszystkich, konieczna jest analiza typu „który lepszy?”, wymagająca nieco innego podejścia.

Do przeprowadzenia pierwszego filtrowania, w celu odrzucenia projektów nieopłacalnych oraz ewentualnego wyłonienia projektów najatrakcyjniejszych, stosuje się różne kryteria oceny. Najpopularniejsze z nich, to [2]:

- okres zwrotu – *PP* (ang. *Payback Period*),
- księgową stopę zwrotu – *ARR* (ang. *Accounting Rate of Return*),
- wartość bieżąca netto – *NPV* (ang. *Net Present Value*),
- wskaźnik rentowności – *PI* (ang. *Profitability Index*),
- wewnętrzną stopę zwrotu – *IRR* (ang. *Internal Rate of Return*).

Okres zwrotu *PP*

Okres zwrotu *PP* (ang. *Payback period*) projektu inwestycyjnego jest miarą mówiącą o tym, po jakim okresie dodatnie przepływy generowane przez projekt pokryją koszty jego uruchomienia i ewentualne przepływy ujemne.

Okres zwrotu to najmniejsza N , dla którego spełniona jest nierówność:

$$\sum_{i=0}^N CF_i \geq 0 \quad (6)$$

gdzie:

N – liczba okresów trwania projektu,

CF_i – przepływ gotówkowy generowany przez projekt w i -tym roku.

Okres zwrotu informuje o tym, jak szybko odzyskane zostaną poniesione nakłady inwestycyjne.

Jedno z zastosowań tego kryterium polega na tym, że akceptuje się do dalszej analizy projekty o okresie zwrotu nie dłuższym niż pewien arbitralnie wyznaczony punkt krytyczny i odrzuca projekty, których okres zwrotu przekracza ten punkt. Jest to więc wybór typu „przyjąć – odrzucić”. Innym zastosowaniem może być użycie okresu zwrotu do porównywania potencjalnej atrakcyjności różnych projektów (wybór typu „który lepszy”). Wówczas przyjmuje się, że atrakcyjniejszy jest ten projekt, który ma krótszy okres zwrotu.

Najważniejsze wady omawianej metody, to:

- a) ignorowanie zmiennej wartości pieniądza w czasie (nadawanie wszystkim przepływom jednakowej wagi),
- b) dopuszczanie samowolnego sposobu dobierania wartości punktu krytycznego,
- c) ignorowanie przepływów występujących po punkcie krytycznym,
- d) brak możliwości zastosowania do porównywania projektów z różnych klas ryzyka.

Wersja zmodyfikowana, oparta na przepływach zdyskontowanych, jest pozbawiona wad a) i d), ale nadal obciążona wadami b) i c).

Okres zwrotu nie nadaje się do zastosowania jako podstawowe kryterium oceny i wyboru projektów [2].

Zdyskontowany okres zwrotu

Sposobem na zniwelowanie a) i d), tj. nieuwzględnianie zmiennej wartości pieniądza w czasie i ryzyka projektu, jest sprowadzenie przepływów występujących w różnym czasie do jednego punktu (najwygodniej do momentu zerowego) poprzez zdyskontowanie przed zsumowaniem (ryzyko związane z danym projektem jest odzwierciedlane w wartości stopy dyskontowej) [2].

Zdyskontowany okres zwrotu to najmniejsza wartość N , dla której spełniona jest nierówność:

$$\sum_{i=1}^N \frac{CF_i}{(1+k)^i} \geq 0 \quad (7)$$

gdzie:

N – liczba okresów trwania projektu,

CF_i – przepływ gotówkowy generowany przez projekt w i -tym roku,

k – właściwa dla danego projektu stopa dyskontowa.

Księgowa stopa zwrotu *ARR*

Księgowa stopa zwrotu (ang. *Accounting Rate of Return*) z inwestycji jest wskaźnikiem prezentującym średni zysk księgowy w stosunku do wielkości poniesionej inwestycji. Jest to zatem średnioroczny zysk netto (suma zysków netto podzielona przez liczbę lat trwania projektu) podzielony przez średnioroczną inwestycję rozumianą jako suma wartości początkowej i końcowej księgowej wartości netto inwestycji (czyli po uwzględnieniu amortyzacji) podzielonej przez dwa:

$$ARR = \frac{\frac{\sum_{i=1}^N \text{zysk}_i}{N}}{\frac{WPI + WKI}{2}} \quad (8)$$

gdzie:

- ARR* – księgowy stopa zwrotu,
- N* – liczba okresów trwania projektu,
- zysk_i* – zysk netto w *i*-tym okresie,
- WPI* – wartość początkowa inwestycji,
- WKI* – wartość końcowa netto inwestycji.

Wzór (8) zakłada liniową amortyzację nakładów inwestycyjnych. Jeżeli jest stosowana amortyzacja nieliniowa, w mianowniku ułamek należy zastosować taką konstrukcję jak w liczniku, czyli sumę wartości inwestycji netto w poszczególnych latach podzieloną przez liczbę lat.

Najważniejsze wady omawianej metody, to:

- a) oparcie na nominalnym zysku netto, a nie na realnych przepływach gotówkowych, co może doprowadzić do podjęcia błędnych decyzji inwestycyjnych,
- b) ignorowanie zmiennej wartości pieniądza w czasie,
- c) brak możliwości zastosowania do porównywania projektów z różnych klas ryzyka.

Księgowa stopa zwrotu nie nadaje się do zastosowania jako podstawowe kryterium oceny i wyboru projektów [2].

Wartość bieżąca netto *NPV*

Wartość bieżąca netto (ang. *Net Present Value – NPV*) jest jedynym kryterium oceny projektów inwestycyjnych w pełni zgodnym z podstawowym celem działania firmy, czyli maksymalizacją dochodów właścicieli osiąganą poprzez maksymalizację wartości firmy. Obliczana jest jako różnica między sumą zdyskontowanych przyszłych przepływów gotówkowych generowanych przez projekt a wartością nakładów niezbędnych do jego uruchomienia. Jako stopę dyskontową należy zastosować koszt kapitału użytego do sfinansowania projektu, skorygowany o ryzyko związane z danym projektem.

Tak więc:

$$NPV = \sum_{i=1}^N \frac{CF_i}{(1+k)^i} - CF_0 \quad (9)$$

gdzie:

- N* – liczba okresów trwania projektu,
- CF_i* – przepływ gotówkowy generowany przez projekt w *i*-tym roku,
- CF₀* – suma nakładów inwestycyjnych niezbędnych do uruchomienia projektu.

Wynik rachunku *NPV* informuje inwestora o dodatnich wpływach netto lub korzyściach finansowych netto z projektów w postaci wielkości absolutnej. Tym samym nie informuje o różnicach w stanie rentowności rozważanych sposobów wykorzystania kapitałów. Dlatego też wskazane jest posługiwanie się wskaźnikiem wartości zaktualizowanej *NPVR* (ang. *net present value ratio*) i wyraża się wzorem:

$$NPVR = \frac{NPV}{PVI} \geq 0 \quad (10)$$

gdzie:

- NPVR* – zdyskontowana stopa zysku,
- NPV* – zdyskontowana wartość netto,
- PVI* – bieżąca wartość wymaganego nakładu inwestycyjnego.

Kryterium wyboru projektu inwestycyjnego jest maksymalizacja wskaźnika *NPVR*, czyli maksymalizacja bieżącej zdyskontowanej stopy nadwyżki finansowej. Wydaje się, że to kryterium wyznaczające bieżącą wartość nadwyżki netto z jednostki kapitału może pełnić w wielu sytuacjach decyzyjnych rolę rozstrzygającą.

Jeżeli projekt nie jest typowy, od sumy wartości bieżącej przepływów dodatnich odejmuje się sumę wartości bieżącej wszystkich przepływów ujemnych projektu. Przy czym jako projekt typowy określa się taki projekt, w którym w momencie zerowym następuje przepływ ujemny spowodowany nakładami niezbędnymi do uruchomienia, a w następnych okresach występują już wyłącznie przepływy dodatnie.

Zasady stosowania kryterium *NPV* są następujące.

1. Jeżeli *NPV* < 0, to projekt należy odrzucić; ujemna wartość *NPV* oznacza, że nie zostanie pokryty koszt kapitału, zaś realizacja projektu prowadzi do zmniejszenia wartości firmy.
2. Jeżeli *NPV* = 0, to projekt może zostać zaakceptowany (po dokonaniu dalszej analizy), gdyż koszt kapitału zostanie pokryty; nie uzyska się jednakże dodatkowej premii, dzięki której wzrosła by wartość firmy realizującej projekt; jeżeli koszt kapitału traktuje się jako koszt utraconych korzyści, wówczas można stwierdzić, że projekt rozpatrywany i projekt alternatywny przynoszą takie same korzyści.
3. Jeżeli *NPV* > 0, to projekt można zaakceptować (po dokonaniu dalszej analizy); dodatnia wartość *NPV* oznacza, że dzięki realizacji projektu nie tylko zostanie pokryty koszt kapitału, ale uzyska się dodatkową premię, dzięki której wzrośnie wartość firmy realizującej projekt.
4. Spośród projektów wzajemnie się wykluczających należy wybierać projekty charakteryzujące się najwyższą *NPV*.

Podstawowe zalety omawianej metody, to:

- a) uwzględnianie zmiennej wartości pieniądza w czasie,
- b) poprzez zastosowanie właściwej stopy dyskontowej umożliwienie porównywania wszelkich projektów, w tym także projektów nietypowych oraz projektów z różnych klas ryzyka,
- c) przestrzeganie zasady addytywności, dzięki czemu nie trzeba analizować wszystkich potencjalnych kombinacji projektów oddzielnie.

Do wad tej metody zalicza się następujące jej cechy:

- a) założenie o płaskiej krzywej rentowności jest podejściem nieprawidłowym, w sytuacji, gdy choć jeden komponent kapita-

tów finansujących projekt ma koszt zmienny lub stopy podatkowe zmieniają się w czasie,

- b) założenie, że stopa reinwestycji przepływów dodatnich jest równa przyjętej stopie dyskontowej,
- c) brak informacji na temat marginesu ryzyka.

Wady a) i b) dają się z łatwością skorygować, natomiast wada

- c) wymaga dodatkowego zastosowania wskaźnika rentowności, wewnętrznej stopy zwrotu lub (w praktyce) pełnej analizy wrażliwości.

Należy wyraźnie stwierdzić, że wartość bieżąca netto jest najważniejszym i nadrzędnym w stosunku do wszystkich innych kryterium oceny projektu inwestycyjnego i jedynym w pełni zgodnym z zasadą maksymalizacji wartości firmy. Oznacza to, że wybór projektu charakteryzującego się najwyższą *NPV* powinien spowodować największy wzrost wartości firmy [2].

Zmodyfikowana wartość bieżąca netto *NPV**

NPV obliczana według wzoru (13) zakłada, że przepływy zarówno dodatnie, jak i ujemne, pojawiające się w kolejnych okresach, będą reinwestowane ze stopą zwrotu równą stopie dyskontowej, co wyraźnie wynika ze wzoru:

$$NPV = \sum_{i=1}^N \frac{CF_i}{(1+k)^i} - CF_0 = \frac{\sum_{i=1}^N CF_i (1+k)^{N-i}}{(1+k)^N} - CF_0 \quad (11)$$

Przepływy w kolejnych okresach nie są więc dyskontowane i później sumowane, lecz najpierw kapitalizowane (reinvestowane) na koniec czasu trwania projektu ze stopą *k*, następnie sumowane (w liczniku ułamka) i dopiero suma skapitalizowanych przepływów jest sprowadzana do momentu zerowego poprzez zdyskontowanie (mianownik ułamka). Przepływ w okresie 1. jest zatem reinwestowany przez *N-1* okresów, przepływ w okresie 2. przez *N-2* okresów itd.

Licznik ułamka (suma skapitalizowanych na koniec przepływów) to nic innego, jak wartość przyszła (ang. *Future Value*) albo krańcowa (ang. *Terminal Value*). Wartość krańcowa odzwierciedla stan środków pieniężnych, którymi powinna dysponować firma dzięki uruchomieniu projektu w momencie jego zakończenia (z pewnym uproszczeniem), jeżeli przepływy będą rzeczywiście reinwestowane ze stopą zwrotu równą stopie dyskontowej. Ponieważ założenie takie zwykle odbiega od rzeczywistości, wzór (11) należałoby skorygować do następującej postaci:

$$NPV^* = \frac{\sum_{i=1}^N CF_i (1+rei)^{N-i}}{(1+k)^N} - CF_0 \quad (12)$$

gdzie:

- NPV** – zmodyfikowana *NPV* (ang. *Modified Net Present Value*),
- rei* – przewidywana stopa reinwestycji przepływów.

Jeżeli stopa reinwestycji będzie niższa niż stopa dyskontowa projektu, rzeczywiście zrealizowana *NPV** będzie niższa od teoretycznej *NPV*, i na odwrót.

Zmodyfikowana *NPV** i zwykła *NPV* mogą dać sprzeczne odpowiedzi na pytanie typu „który lepszy?” i na pytanie typu „przyjąć – odrzucić?”.

Ze względu na to, że w rzeczywistości przepływy z projektu będą na ogół reinwestowane ze stopą inną niż stopa dyskontowa,

zmodyfikowana *NPV** jest lepszym kryterium oceny projektów inwestycyjnych niż zwykła *NPV* [2].

Uwzględnienie kształtu krzywej rentowności

Jedną z nielicznych wad *NPV* (oprócz braku informacji o marginesie bezpieczeństwa) jest założenie o płaskim kształcie, tzw. krzywej rentowności (ang. *Yield Curve*). *NPV* niejako automatycznie zakłada, że krzywa rentowności jest płaska, a więc we wszystkich kolejnych okresach będzie obowiązywała ta sama stopa dyskontowa. Założenie to na ogół odbiega od realiów, szczególnie w krajach charakteryzujących się wysoką i zmienną stopą inflacji. Jest jednak co najmniej jeden prosty sposób zniwelowania tej wady. Wystarczy uwzględnić kształt krzywej rentowności (który jest szacowany dla różnych klas ryzyka inwestycji i publikowany na dojrzałych rynkach kapitałowych przez większość pism specjalizujących się w tematyce finansowej) w każdej stopie dyskontowej dla kolejnych okresów w następujący sposób:

$$NPV = \frac{CF_1}{(1+k_1)} + \frac{CF_2}{(1+k_1)(1+k_2)} + \frac{CF_3}{(1+k_1)(1+k_2)(1+k_3)} + \frac{CF_N}{(1+k_1)\dots(1+k_N)} - CF_0 \quad (13)$$

Jak widać, podnoszenie tej samej stopy dyskontowej *k* do potęgi odpowiadającej numerowi okresu zastąpiono odpowiednimi iloczynami. Każdy przepływ jest więc dyskontowany za pomocą stopy będącej iloczynem stóp dyskontowych obowiązujących w okresach poprzednich i tym, w którym dany przepływ występuje [2].

Wskaźnik rentowności *PI*

Wskaźnik rentowności (ang. *Profitability Index – PI*) jest miarą podobną do wartości bieżącej netto, jednak w przeciwieństwie do niej nie oblicza zysku wygenerowanego przez projekt w wartościach bezwzględnych (w złotych, dolarach itp.), lecz w stosunku do wielkości poniesionych nakładów inwestycyjnych, i tak:

$$PI = \frac{\sum_{i=1}^N \frac{CF_i}{(1+k)^i}}{CF_0} \quad (14)$$

Jest to więc bieżąca (po zdyskontowaniu właściwą stopą dyskontową) wartość przyszłych przepływów dodatnich, podzielona przez wartość nakładu początkowego. Jeżeli projekt nie jest typowy i w trakcie jego trwania pojawiają się również przepływy ujemne, w mianowniku ułamka wystąpi wartość bieżąca (po zdyskontowaniu) wszystkich przepływów ujemnych:

$$PI = \frac{\sum_{i=0}^N \frac{CF_i^{(+)}}{(1+k)^i}}{\sum_{i=0}^N \frac{CF_i^{(-)}}{(1+k)^i}} \quad (15)$$

gdzie:

- CF_i⁽⁺⁾* – dodatni przepływ w okresie *i*-tym,
- CF_i⁽⁻⁾* – ujemny przepływ w okresie *i*-tym.

Uwaga: wzoru (15) nie można stosować mechanicznie. W każdym okresie wzór jest warunkowy; jeżeli przepływ w danym okresie jest dodatni – występuje w liczniku, jeżeli jest ujemny – w mianowniku.

Interpretacja ekonomiczna wskaźnika PI jest stosunkowo prosta, mianowicie informuje on o tym, ile jednostek wartości bieżącej przepływów dodatnich przypada na jedną jednostkę wartości bieżącej przepływów ujemnych. Jeżeli wartość wskaźnika PI danego projektu wynosi np. 1,47, a przepływy są wyrażone np. w złotychkach, można stwierdzić, że na jedną złotówkę wartości bieżącej wydatków przypada 1 zł 47 gr wartości bieżącej wpływów.

Zasady stosowania kryterium PI (podejmowania decyzji przy użyciu PI) są następujące:

1. Jeżeli $PI < 1$, to projekt należy odrzucić (zakładając, że stopa dyskontowa i inne zmienne decyzyjne zostały oszacowane właściwie); oznacza to, że nie zostanie pokryty koszt kapitału, zaś realizacja projektu prowadzi do zmniejszenia wartości firmy.
2. Jeżeli $PI = 1$, to projekt może zostać zaakceptowany (po przeprowadzeniu bardziej szczegółowej analizy), gdyż koszt kapitału zostanie pokryty, nie uzyska się jednakże dodatkowej premii, dzięki której wzrosłaby wartość firmy realizującej projekt; jeżeli koszt kapitału traktowany jest jako koszt utraconych korzyści, wówczas można stwierdzić, że projekt rozpatrywany i projekt alternatywny przynoszą takie same korzyści.
3. Jeżeli $PI > 1$, to projekt może zostać zaakceptowany (po przeprowadzeniu bardziej szczegółowej analizy); oznacza to, że dzięki realizacji projektu nie tylko pokryty zostanie koszt kapitału, ale istnieje możliwość uzyskania dodatkowej premii, dzięki której wzrosnie wartość firmy realizującej projekt.
4. Spośród większej liczby projektów za atrakcyjniejszy uważa się ten, który charakteryzuje się wyższą wartością wskaźnika.

Do zalet omawianej metody zalicza się następujące cechy:

- a) uwzględnienie zmiennej wartości pieniądza w czasie;
- b) poprzez zastosowanie właściwej stopy dyskontowej umożliwia porównywanie wszelkich projektów, w tym także projektów nietypowych i projektów z różnych klas ryzyka;
- c) zawiera informację na temat marginesu ryzyka, co powoduje, że jest dobrym uzupełnieniem NPV.

Wady wskaźnika PI są następujące:

- a) założenie o płaskim przebiegu krzywej rentowności;
- b) założenie, że stopa reinwestycji przepływów dodatnich jest równa przyjętej stopie dyskontowej;
- c) jako miara relatywna nie nadaje się do porównywania projektów o różnej wartości bieżącej koniecznych nakładów.

Wady a) i b) dają się z łatwością skorygować, natomiast wada c) powoduje, że jeżeli wskaźnik PI jest mechanicznie stosowany jako kryterium podstawowe w analizie porównawczej typu „który lepszy?”, konieczne jest przeprowadzenie dodatkowych obliczeń dla projektu różnicowego [2].

Zmodyfikowany wskaźnik rentowności PI^*

Podobnie jak wartość bieżąca netto NPV , również indeks rentowności zakłada niejako, że dodatnie przepływy generowane przez projekt będą reinwestowane ze stopą równą stopie dyskontowej użytej do obliczania wartości obecnej przepływów. Ponieważ na ogół założenie takie nie odpowiada rzeczywistości, wzór (15) należałoby skorygować do postaci:

$$PI^* = \frac{\sum_{i=1}^N \frac{CF_i (1 + rei)^{N-i}}{(1 + k)^N}}{CF_0} \quad (16)$$

gdzie:

- PI^* – zmodyfikowany wskaźnik rentowności,
- rei – przewidywana stopa reinwestycji przepływów,
- k – stopa dyskontowa.

Natomiast wzór (15) należałoby skorygować do postaci:

$$PI^* = \frac{\sum_{i=0}^N \frac{CF_i^{(+)} (1 + rei)^{N-i}}{(1 + k)^N}}{\sum_{i=0}^N \frac{CF_i^{(-)}}{(1 + k)^i}} \quad (17)$$

Uwaga: wzoru (17) nie można stosować mechanicznie. W każdym okresie wzór jest warunkowy; jeżeli przepływ w danym okresie jest dodatni – występuje w liczniku, jeżeli jest ujemny – w mianowniku.

Jak widać zarówno we wzorze (16), jak i (17) dodatnie przepływy generowane przez projekt są sprowadzane (poprzez skapitalizowanie) do ostatniego okresu ze stopą reinwestycji rei (licznik licznika), a następnie sprowadzane (poprzez zdyskontowanie) do momentu zerowego, z użyciem właściwej stopy dyskontowej. Z kolei przepływy ujemne, jeżeli występują także w innych okresach niż początkowy, są zgodnie ze wzorem (15), bezpośrednio zdyskontowane za pomocą stopy dyskontowej k w celu sprowadzenia do momentu zerowego.

Większość uwag dotyczących zmodyfikowanej NPV^* można przez analogię przenieść na zmodyfikowany wskaźnik rentowności PI^* .

1. Jeżeli stopa reinwestycji dodatnich przepływów $rei >$ stopy dyskontowej k , to zmodyfikowany $PI^* >$ zwykły PI , i na odwrót.
2. Jeżeli firma przewiduje, że dodatnie przepływy generowane przez projekt będą reinwestowane ze stopą inną niż stopa dyskontowa k , należy zastosować zmodyfikowany PI^* , zamiast zwykłego PI , gdyż jest on wówczas lepszym miernikiem relatywnej rentowności nakładów.
3. Firma powinna być konsekwentna, tzn. jeżeli stosuje zwykłą NPV , jako uzupełnienie powinna stosować zwykły PI , jeżeli stosuje zmodyfikowaną NPV^* – analogicznie powinna stosować zmodyfikowany PI^* [2].

Wewnętrzna stopa zwrotu IRR

Wewnętrzna stopa zwrotu (ang. *Internal Rate of Return – IRR*) jest to taka stopa dyskontowa, która użyta do zdyskontowania przepływów przyszłych powoduje, że suma ich wartości bieżącej jest równa wartości przepływu występującego w momencie zerowym:

$$\frac{CF_1}{(1 + IRR)^1} + \dots + \frac{CF_2}{(1 + IRR)^N} = \sum_{i=1}^N \frac{CF_i}{(1 + IRR)^i} = CF_0 \quad (18)$$

czyli

$$\sum_{i=1}^N \frac{CF_i}{(1 + IRR)^i} - CF_0 = 0 \quad (19)$$

gdzie:

- CF_i – przepływ w i -tym okresie,
- N – całkowita liczba okresów.

Porównując to wyrażenie ze wzorem (9), definiującym wartość bieżącą netto, widać że *IRR* jest tą stopą dyskontową *k*, która powoduje, że wartość bieżąca netto *NPV* jest równa zero.

Należy zapamiętać, że jeżeli:

$$IRR > k \Rightarrow NPV > 0 \quad (20)$$

$$IRR < k \Rightarrow NPV < 0 \quad (21)$$

Wewnętrzna stopa zwrotu *IRR* jest prawdopodobnie najpopularniejszym kryterium oceny relatywnej rentowności projektów trwających dłużej niż rok. Jest ona szeroko stosowana nie tylko przy ocenie projektów inwestycyjnych, lecz również przy obliczaniu kosztu kapitału z różnych źródeł finansowania, a także przy podejmowaniu innych decyzji finansowych.

W interpretacji ekonomicznej *IRR* jest kryterium podobnym do wskaźnika rentowności *PI* (oba kryteria to przecież miary relatywnej rentowności nakładów).

1. Jeżeli *IRR* projektu jest większy od właściwej stopy dyskontowej *k*, to projekt nadaje się do akceptacji (po przeprowadzeniu dalszej analizy); oznacza to, że dzięki realizacji projektu nie tylko pokryty zostanie koszt kapitału, ale uzyska się dodatkową premię, dzięki której wzrośnie wartość firmy realizującej projekt.

2. Jeżeli *IRR* projektu równy jest właściwej stopy dyskontowej *k*, to projekt może zostać zaakceptowany (po przeprowadzeniu dalszej analizy), gdyż koszt kapitału zostanie pokryty; nie uzyska się jednakże dodatkowej premii, dzięki której wzrosłaby wartość firmy realizującej projekt; jeżeli koszt kapitału traktuje się jako koszt utraconych korzyści, można stwierdzić, że projekt rozpatrywany i projekt alternatywny przynoszą takie same korzyści.

3. Jeżeli *IRR* projektu jest mniejszy od właściwej stopy dyskontowej *k*, to projekt należy odrzucić.

4. W przypadku analizy typu „który lepszy?” należy wybrać ten projekt, który charakteryzuje się wyższą wewnętrzną stopą zwrotu *IRR*.

Do zalet omawianej metody zalicza się następujące cechy:

- uwzględnianie zmiennej wartości pieniądza w czasie,
- w niektórych sytuacjach zawiera w sobie informację na temat marginesu ryzyka, co powoduje, że w pewnych projektach może być dobrym uzupełnieniem *NPV*.

Wady omawianej metody, to:

- założenie o płaskim przebiegu krzywej rentowności;
- założenie, że stopa reinwestycji przepływów projektów i stopa dyskontowa projektu są równe *IRR*, co powoduje np., że nie nadaje się do porównywania projektów różnych klas ryzyka;
- nieprzestrzeganie zasady addytywności, co powoduje, że nie można rozpatrywać poszczególnych projektów oddzielnie, ale należy analizować wszystkie potencjalne kombinacje;
- w projektach „odwrotnych od typowych” (tj. takich, dla których następuje lub następują przepływy dodatnie, a następnie wyłącznie przepływy ujemne), kryterium *IRR* ulega odwróceniu;
- w projektach całkowicie nietypowych (tj. takich, w których więcej niż jeden raz następuje zmiana znaku przepływów, np. najpierw następuje wypływ związany z konieczną inwestycją, a następnie projekt generuje przepływy dodatnie, po czym ponownie przepływy ujemne) mogą wystąpić liczne wewnętrzne

stopy zwrotu, z których żadna nie ma interpretacji ekonomicznej;

- jako miara relatywna nie nadaje się do porównywania projektów o różnej wartości bieżącej koniecznych nakładów.

Należy przy tym wyraźnie stwierdzić, że w projektach typu „przyjąć – odrzucić?” *IRR* w najlepszym razie da wynik identyczny, jak *NPV* (w przypadku projektów typowych), nie wnosząc nic nowego, natomiast w przypadku projektów nietypowych *IRR* może dać odpowiedź sprzeczną z *NPV*.

W projektach typu „który lepszy?” *IRR* może dać odpowiedź sprzeczną z *NPV*, co może doprowadzić do podjęcia błędnej decyzji inwestycyjnej.

IRR nie nadaje się do zastosowania jako podstawowe kryterium oceny i wyboru projektów [2].

Zmodyfikowana wewnętrzna stopa zwrotu *IRR**

W celu wyeliminowania wady *IRR*, polegającej na automatycznym zakładaniu stopy reinwestycji równej *IRR*, przyjmuje się konstrukcję zmodyfikowaną, polegającą na:

- sprowadzeniu wszystkich przepływów dodatnich do momentu ostatniego przez skapitalizowanie za pomocą przewidywanej stopy reinwestycji;
- sprowadzeniu wszystkich przepływów ujemnych do momentu zerowego przez zdyskontowanie za pomocą właściwej dla projektu stopy dyskontowej;
- znalezieniu stopy dyskontowej, która użyta do zdyskontowania sumy skapitalizowanych przepływów dodatnich (p. 1) spowoduje równość ich wartości obecnej ze zdyskontowanymi przepływami ujemnymi (p. 2);
- sprowadzeniu otrzymanej wielkości do skali okresu bazowego przez spierwiastkowanie.

Wzór definiujący zwykłą *IRR*:

$$CF_0 = \sum_{i=1}^N \frac{CF_i (1 + IRR)^{N-1}}{(1 + IRR)^N} \quad (22)$$

zostaje zatem zastąpiony wzorem definiującym zmodyfikowaną *IRR**:

$$\sum_{i=0}^N \frac{CF_i^{(-)}}{(1 + k)^i} = \frac{\sum_{i=0}^N CF_i^{(+)} (1 + rei)^{N-1}}{(1 + IRR^*)^N} \quad (23)$$

który przekształca się do postaci bezpośredniej:

$$IRR^* = \sqrt[N]{\frac{\sum_{i=0}^N CF_i^{(+)} (1 + rei)^{N-1}}{\sum_{i=0}^N \frac{CF_i^{(-)}}{(1 + k)^i}}} - 1 \quad (24)$$

gdzie:

$CF_i^{(+)}$ – dodatni przepływ w okresie *i*-tym,

$CF_i^{(-)}$ – ujemny przepływ w okresie *i*-tym,

rei – przewidywana stopa reinwestycji przepływów,

k – właściwa dla danego projektu stopa dyskontowa.

Uwaga: wzory (23) i (24) mają charakter warunkowy; przepływ w danym okresie, w zależności od znaku, jest albo kapitalizowany w liczniku, albo zdyskontowany w mianowniku.

Zmodyfikowana IRR^* jest pozbawiona kilku wad zwykłej IRR . Przede wszystkim można ją stosować do każdego rodzaju projektów (zarówno „odwrotnych” do typowych, jak i całkowicie nietypowych), a dzięki zastosowaniu właściwej stopy reinwestycji i właściwej stopy dyskontowej prawidłowo podchodzi do problemu kapitalizacji przepływów dodatnich i dyskontowania przepływów ujemnych.

NPV i IRR^* mogą dać odpowiedzi sprzeczne, co w dużym stopniu będzie uzależnione od przyjętej stopy reinwestycji.

Jeżeli jednak firma, postępując konsekwentnie, stosuje zmodyfikowane zarówno NPV^* , jak i IRR^* , używając tej samej stopy reinwestycji przepływów dodatnich, kryteria NPV^* i IRR^* dadzą zawsze jednakową odpowiedź na pytanie „przyjąć – odrzucić?”. Formalnie można stwierdzić, że:

$$NPV^* > 0 \Leftrightarrow IRR^* > k \quad (25)$$

gdzie:

k – właściwa dla danego projektu stopa dyskontowa [2].

Analiza wrażliwości

Analiza wrażliwości (ang. *Sensitivity Analysis*) polega na badaniu wpływu wyróżnionych parametrów rachunku na efektywność projektu, a więc powinna dać odpowiedź na pytanie, w jaki sposób NPV (lub inna charakterystyka projektu) zależy od danego parametru wejściowego? W pewnym sensie jest to zatem rozszerzenie analizy typu „co, jeśli...?”, bowiem w stosunku do każdej zmiennej decyzyjnej należy zadać kilkadziesiąt pytań „co, jeśli...?” dla najbardziej prawdopodobnych wartości, jakie może przyjąć dany parametr.

Podstawowym i zarazem najważniejszym celem analizy wrażliwości jest dokonanie swoistej symulacji oceny projektu inwestycyjnego poprzez stworzenie jego wariantów opartych na doborze zmiennych charakterystycznych dla warunków realizacji i eksploatacji inwestycji.

Mogą to być warunki przyjmujące postać „korzystnych” lub zakładające istnienie rezerw możliwych do wykorzystania np. zdolności produkcyjnych. Analiza wrażliwości pozwala na dokładną, w przyjętym do badań zakresie, identyfikację czynników, które spełniają najważniejszą rolę w ocenie projektu. Na podstawie analizy istnieje realna szansa na określenie rzeczywistych możliwości substytucji tych czynników dla poprawy efektywności projektu, toteż analiza ta pozwala zmniejszyć ryzyko do minimum, ponieważ można obliczyć margines bezpieczeństwa realizacji konkretnego projektu.

Metody analizy wrażliwości, z uwagi na ich statyczność, cechuje znaczne uproszczenie. Stąd w sposobach oceny efektywności są one instrumentem pomocniczym dla bardziej złożonych i dynamicznych metod oceny projektów inwestycyjnych, wykorzystujących rachunek prawdopodobieństwa, roczną stopę zwrotu, NPV i IRR .

Dla najważniejszych zmiennych decyzyjnych należy obliczyć współczynnik wrażliwości, rozumiany jako kąt nachylenia krzywej wyznaczającej profil NPV przy różnych wartościach danej zmiennej. Ponieważ jednak wartości parametru wejściowego mogą być w skrajnie innej skali, obliczenia powinny być procentowe, a nie bezwzględne. Konstrukcja takiego współczynnika wrażliwości przedstawia się następująco:

$$ww = \frac{\frac{NPV_2 - NPV_1}{NPV_1}}{\frac{Z_2 - Z_1}{Z_1}} \quad (26)$$

gdzie:

ww – współczynnik wrażliwości NPV na zmiany wartości zmiennej decyzyjnej Z ,

Z_i – i -ta wartość zmiennej Z ,

NPV_i – NPV przy i -tej wartości zmiennej Z .

W liczniku ułamka mamy więc procentową zmianę wartości NPV , w mianowniku zaś procentową zmianę wartości zmiennej Z . Współczynnik wrażliwości mówi zatem, ile punktów procentowych zmiany NPV przypada na jeden punkt procentowy zmiany zmiennej Z , lub, mówiąc jeszcze inaczej, jak silna będzie odpowiedź w procentowej zmianie NPV na 1% zmianę wartości zmiennej Z . W matematyce to, co określamy tu jako współczynnik wrażliwości, to nic innego jak po prostu iloraz różnicowy.

Jeżeli zależność NPV od danej zmiennej jest liniowa, dla wszystkich wartości zmiennej decyzyjnej, to wartość współczynnika wrażliwości jest stała. Tak też jest w przypadku większości zmiennych. Zmienne, które liniowo zmieniają przychody lub koszty bądź inne przepływy, w przybliżeniu również liniowo wpływają na zmiany NPV . Zmienne, które powodują zmianę stopy dyskontowej (np. koszt kapitału obcego, koszt kapitału własnego, struktura finansowania) lub oddziałują jednocześnie na kilka pozycji przychodowych lub kosztowych w różnych kierunkach będą zwykle powodowały inne niż proporcjonalne zmiany NPV (zależność nieliniowa). Przykładem zmiennej, która działa w różnych kierunkach jednocześnie na kilka pozycji przychodowych i kosztowych, może być poziom inflacji: jeżeli projekt jest analizowany w kategoriach nominalnych, wzrost inflacji powoduje jednocześnie wzrost prognozowanych przychodów, prognozowanych kosztów i szacowanego kosztu kapitału.

W przypadku zależności nieliniowej mamy do czynienia z granicą ilorazu różnicowego, czyli pochodną i należy ją liczyć w tym punkcie, który reprezentuje najbardziej prawdopodobną wartość zmiennej decyzyjnej.

Interpretacja współczynnika wrażliwości jest prosta:

- jeżeli wartość współczynnika wrażliwości $ww = 0$, to NPV w ogóle nie zależy od danej zmiennej, nie ma więc potrzeby uwzględniania jej w analizie (choć należy jeszcze sprawdzić, czy współczynnik nie jest przypadkiem różny od zera w innych prawdopodobnych punktach);
- jeżeli wartość współczynnika wrażliwości $ww < 0$, to dana zmienna wpływa na wartość NPV , przy czym kierunek zmian NPV jest przeciwny do kierunku zmian zmiennej;
- jeżeli wartość współczynnika wrażliwości $ww > 0$, to dana zmienna wpływa na wartość NPV , przy czym kierunek zmian NPV jest taki sam, jak kierunek zmian zmiennej;
- wyższa wartość bezwzględna współczynnika wrażliwości świadczy o silniejszym wpływie danej zmiennej na NPV .

Powinno się więc obliczyć współczynniki wrażliwości dla wszystkich zmiennych w punktach reprezentujących wartości najbardziej prawdopodobne i przeanalizować szczegółowo przynajmniej te zmienne, które charakteryzują się najwyższą wartością współczynnika wrażliwości ww [2].

Analiza progów rentowności BEP

Nieodłączną cechą inwestycji jest ryzyko. W ocenie opłacalności projektów inwestycyjnych przyjmowane są parametry (wielkości) oczekiwane przez inwestora. W rzeczywistości, nakłady i efekty inwestycyjne zwykle różnią się od zakładanych w projekcie. W realizacji i eksploatacji większości inwestycji występują różnorodne, zarówno pozytywne, jak i negatywne zmiany w stosunku do przyjętych założeń. Wśród czynników zakłócających projektowany przebieg zamierzeń można wyróżnić następujące grupy:

- techniczne – zawodność maszyn i urządzeń, trudności w oparowaniu nowoczesnych technologii itp.;
- rynkowe – zmienność popytu i cen na wyroby finalne firmy, zmiany cen surowców i półfabrykatów, działanie konkurencji itp.;
- polityczne – zmienna polityka krajowa, sytuacja międzynarodowa, stosunki walutowe itp.;
- losowe – związane przede wszystkim ze zjawiskami przyrodniczymi.

W związku z tym, przy ocenie przedsięwzięć rozwojowych powinny być brane pod uwagę ewentualne przyszłe zmiany warunków działania. W procesie podejmowania decyzji inwestycyjnych, w warunkach niepewności szczególnie wnikliwej analizie powinny być poddane zmienne mające decydujący wpływ na rentowność danego projektu, mianowicie: wielkość produkcji, wartość sprzedaży, koszty i ceny produkcji. Jednym z narzędzi badania relacji między zmianami produkcji a zmianami kosztów i ich wpływu na wynik finansowy jest analiza progów rentowności, zwana też analizą punktu krytycznego (ang. *Break Even Point Analysis*), która jest w pewnym sensie jednocześnie wycinkiem analizy wrażliwości i szczególną wersją analizy typu „co, jeśli...?”

Analiza progów rentowności projektów inwestycyjnych powinna być stosowana we wstępnej fazie ich oceny. W analizie tej szczególnie istotna jest informacja o tym, kiedy koszty produkcji projektowanego przedsięwzięcia inwestycyjnego pokryte zostaną przychodami ze sprzedaży wyrobów i usług oraz kiedy zaczną one przynosić zysk. Punkt wyrównania, w którym realizowane przychody ze sprzedaży dokładnie pokrywają poniesione koszty, nosi nazwę progu rentowności. Firma osiąga zatem próg rentowności w stosunku do takiej wartości poziomu wolumenu sprzedaży, przy której przychody operacyjne są równe kosztom operacyjnym (zysk brutto ze sprzedaży jest równy zero) lub przychody pokrywają wszystkie koszty (zysk netto jest równy zero).

Próg rentowności dla danej zmiennej wpływającej na przepływy lub na stopę dyskontową (zmiennej decyzyjnej), to taka wartość tej zmiennej, przy której pewna zmienna wynikowa projektu (np. *NPV*, *PI*, czy *IRR*) przyjmuje pewną wartość uznaną za progową.

Próg rentowności może być wyrażony ilościowo lub wartościowo. Ilościowy próg rentowności oznacza taką liczbę sprzedanych produktów, przy której przychody ze sprzedaży zrównają się z poniesionymi na ich wytworzenie kosztami. Wartościowy próg rentowności oznacza taki poziom przychodów ze sprzedaży, który pokrywa wszystkie koszty produkcji.

Próg rentowności jest też zwany punktem wyrównania *BEP* (ang. *Break Even Point*). Przez analogię można jednak przenieść określenie progów rentowności na każdą zmienną i w stosunku do każdej miary. Przyjmując *NPV* za podstawową miarę opłacalności projektu inwestycyjnego, można powiedzieć, że próg rentowności

danej zmiennej, to taka jej wartość, przy której *NPV* projektu wynosi zero.

Analiza progów rentowności polega zatem na ustaleniu wartości progów dla wszystkich zmiennych decyzyjnych modelu i ustaleniu prawdopodobieństwa, że rzeczywista wartość danej zmiennej istotnie spadnie do wartości progów lub poniżej.

*Uwaga: jeżeli model danego projektu został opracowany w arkuszu kalkulacyjnym EXCEL, ustalenie wartości progów rentowności jest bardzo proste. Wystarczy uruchomić opcję „Szukaj wyniku...”, jako komórkę docelową wskazać komórkę zawierającą formułę obliczającą *NPV*, jako wartość docelową podać zero i jako komórkę zmienianą (decyzyjną) wskazać komórkę zawierającą daną zmienną.*

Analiza progów rentowności zakłada, że koszty całkowite mogą być rozdzielone na dwie części: koszty stałe i koszty zmienne. Koszty stałe są niezależne od wielkości produkcji (np. amortyzacja budynków fabrycznych, płace kierownictwa, opłaty za dzierżawę samochodów dostawczych). Koszty zmienne zmieniają się proporcjonalnie do wielkości produkcji, tzn. podwojenie wielkości produkcji powoduje podwojenie poziomu całkowitych kosztów zmiennych. Kosztami zmiennymi są np. koszty surowców i materiałów bezpośrednich, robocizny bezpośredniej, energii zużytej do produkcji.

W standardowej analizie progów rentowności zakłada się, że produkuje się i sprzedaje pojedynczy wyrób (produkcja jednoasortymentowa). Przy wyznaczaniu progów rentowności przyjmuje się pewne upraszczające założenia, mianowicie:

- dane liczbowe powinny dotyczyć normalnego okresu eksploatacji inwestycji przy pełnym wykorzystaniu zdolności produkcyjnej;
- wielkość produkcji (która jest równa wielkości sprzedaży) jest funkcją kosztów produkcji;
- stałe koszty produkcji są jednakowe dla każdej wielkości produkcji;
- jednostkowe koszty zmienne są stałe, w związku z czym całkowite koszty zmienne produkcji zmieniają się proporcjonalnie do wielkości produkcji;
- jednostkowe ceny sprzedaży wyrobu nie ulegają zmianie w miarę upływu czasu i nie ulegają zmianie również wraz ze zmianą skali produkcji; oznacza to, że wartość sprzedaży jest liniową funkcją jednostkowej ceny sprzedaży i ilości sprzedanych wyrobów;
- poziom jednostkowych kosztów zmiennych i stałych kosztów produkcji pozostaje niezmienny w całym badanym okresie [3].

Podsumowanie

1. Metodologia planowania i oceny opłacalności inwestycji należy do grupy decyzji o charakterze długoterminowym.
2. Występuje wieloznaczność pojęcia inwestycje. Najczęściej uważa się, że inwestycje to nakłady finansowe ponoszone na odzwieranie i przyrost majątku przedsiębiorstwa oraz na zwiększenie tempa wzrostu, rozwoju oraz zyskowności firmy.
3. Podstawowe przesłanki decyzji inwestycyjnych to wzrost produkcji i zysków, ulepszenie majątku trwałego i restrukturyzacja przedsiębiorstwa.
4. W podejmowaniu decyzji inwestycyjnych postępujemy się najczęściej analizą prognozowanych przepływów pieniężnych.

5. Metody oceny projektów inwestycyjnych dzielą się na proste i dyskontowe. Do prostych zalicza się okres zwrotu, prostą stopę zwrotu i księgową stopę zwrotu nakładów inwestycyjnych *ARR*. Podstawowe metody dyskontowe to wartość obecna netto *NPV*, wewnętrzna stopa zwrotu *IRR*, zmodyfikowana wewnętrzna stopa zwrotu *IRR**.

6. Metody okresu zwrotu oraz prostej stopy zwrotu nie zyskały akceptacji w teorii finansów. Pozostałe, tzw. metody dyskontowe, uznawane są przez tę teorię za znacznie efektywniejsze kryteria podejmowania decyzji inwestycyjnych, przy czym metoda wartości obecnej netto *NPV* uznawana jest za wykazującą najmniej mankamentów.

7. Stopa dyskontowa stosowana w analizie projektów inwestycyjnych zazwyczaj odpowiada kosztowi kapitału finansującego przedsięwzięcia.

8. Ryzyko w ocenie inwestycji jest związane z tym, czy planowane przepływy pieniężne z inwestycji osiągną poziom zgodny z przewidywaniami.

9. Ocena ryzyka prowadzona jest na podstawie metod statystycznych, takich jak odchylenie standardowe i współczynnik zmienności.

10. Inwestycje różnią się znacznie od bieżących wydatków. Po pierwsze – są to nakłady wymagające stosunkowo znacznego, jednorazowego wydatkowania środków, po drugie – wydłużony jest okres między poniesionymi nakładami początkowymi a osiąganymi dzięki temu korzyściami.

11. Podjęcie zatem prawidłowej decyzji powinno poprzedzać preliminowanie inwestycji, co wymaga:

- sformułowania długookresowego celu, jaki zamierza się osiągnąć dzięki inwestycji;
- ustalenia wariantów możliwych rozwiązań;
- kalkulacji nakładów inwestycyjnych oraz przyszłych strumieni gotówki z inwestycji;
- odrzucenia projektów niespełniających wymogów opłacalności oraz nie nadających się do realizacji ze względu na niedostateczne źródła finansowania.

12. W analizie projektów inwestycji rzeczowych przedsiębiorstwa zastosowanie znajduje kilka podstawowych metod oceny projektu inwestycyjnego, mianowicie: okres zwrotu, prosta stopa zwrotu, księgową stopa zwrotu, wartość bieżąca netto *NPV*, wewnętrzna stopa zwrotu *IRR*, zmodyfikowana wewnętrzna stopa zwrotu, indeks zyskowności oraz zdyskontowany okres zwrotu.

13. Ryzyko w planowaniu i analizie inwestycji rzeczowych jest związane z niepewnością, czy planowane przepływy pieniężne, możliwe do osiągnięcia w wyniku realizacji inwestycji, zostaną wygenerowane w rzeczywistości z taką wartością.

14. Do oszacowania ryzyka związanego z projektowaną inwestycją menedżer finansowy może zastosować następujące metody: analizy scenariuszowej, wrażliwości, symulacyjnej Monte Carlo, korekty stopy dyskontowej, ekwiwalentu pewności, korekty przewidywanych przepływów pieniężnych.

15. Istotnym w ocenie projektów inwestycyjnych jest zapoznanie się z wpływem inflacji na wartość przepływów pieniężnych oraz na ustaloną, oczekiwaną stopę zysku – stopę dyskontową. □

Literatura

- [1] *Projekty inwestycyjne - finansowanie, metody i procedury oceny* (pod redakcją Teresy Gostkowskiej-Drzewickiej). Ośrodek Doradztwa i Doskonalenia Kadr. Gdańsk 1999.
- [2] Machała R.: *Praktyczne zarządzanie finansami firmy*. PWN. Warszawa 2001.
- [3] Sobczyk M.: *Matematyka finansowa*. Agencja Wydawnicza „Placet”. Warszawa 2000.

Autorzy

mgr inż. Mirosław Herman, EUR ING
główny specjalista Wydziału Strategii i Inwestycji
w PKP ENERGETYKA Spółka z o.o. – Centrala

dr inż. Paweł Korobłowski
naczelnik Wydziału Strategii i Inwestycji
w PKP ENERGETYKA Spółka z o.o. – Centrala

VI Międzynarodowa Konferencja

MET 2003

Nowoczesna trakcja elektryczna w zintegrowanej Europie XXI w.

Warszawa, 25–27 września 2003 r.

Tematyka

Modelowanie i symulacja systemów trakcji elektrycznej ■ Systemy elektromechaniczne w transporcie ■ Automatyka i sterowanie pojazdami i urządzeniami infrastruktury ■ Kompatybilność w systemach trakcji elektrycznej ■ Zelektryfikowany transport w zintegrowanej Europie – problemy techniczne, ekologiczne i organizacyjne

Organizatorzy

Centrum Doskonałości – Ekologiczne i Wysokosprawne Systemy Elektromechanicznego Przetwarzania Energii EESEMC, działające w ramach V Programu Ramowego UE przy Instytucie Maszyn Elektrycznych PW i Zakład Trakcji Elektrycznej PW
■ Polska Akademia Nauk, Komitet Elektrotechniki – Sekcja Trakcji Elektrycznej ■ IEE, Sekcja Polska, Oddział Warszawski
■ Instytut Elektrotechniki Warszawa

Sponsorzy

Komisja Europejska, V Program Ramowy UE ■ Komitet Badań Naukowych ■ Politechnika Warszawska

Informacje – sekretariat MET 2003

EESEMC Centrum Doskonałości – MET 2003, Instytut Maszyn Elektrycznych, Zakład Trakcji Elektrycznej
00-661 Warszawa, Plac Politechniki 1
tel.:(48-22) 660 76 16; 660 75 51 fax: 660 75 51; 629 98 17
e-mail: aszelag@nov.iem.pw.edu.pl ■ www.ztu.ime.pw.edu.pl