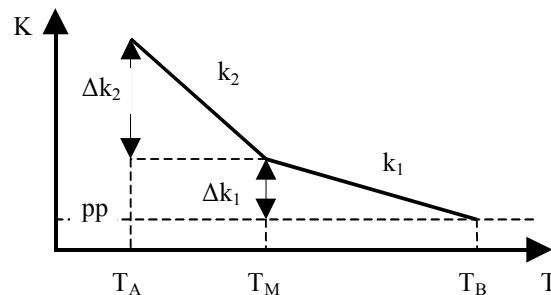


Ostatnim elementem przykładu jest określenie związku pomiędzy czasem trwania robót na planowanym obiekcie a kosztem jego wykonania. Związek ten określa wzrost kosztów wykonania realizacji całego przedsięwzięcia przy przejściu od czasów pesymistycznych  $T_B$  wykonania wszystkich czynności do optymistycznych  $T_A$ . Do wykonania takich obliczeń niezbędne są oprócz dotychczas dostarczonych danych jeszcze parametry wyrażające zmianę kosztu wykonania pojedynczej czynności w zależności od jej czasu, nazywane gradientami wzrostu kosztów. Związek czasu i kosztu wykonania jednej czynności można opisać funkcją przedstawioną na rysunku 4.5.



Rys. 4.5. Wykres kosztów skrócenia pojedynczej czynności

Zakładając, że jest dany koszt wykonania czynności w czasie pesymistycznym (wyrażany w przykładzie jako poziome odniesienia), każde przyspieszenie realizacji tej czynności łączy się z poniesieniem dodatkowych kosztów, przy czym koszty te zazwyczaj nie rosną proporcjonalnie do skrócenia czasu, lecz są tym większe, im większe jest wymagane przyspieszenie jej wykonania. Do celów obliczeniowych funkcja opisująca ten związek została aproksymowana dwoma odcinkami prostymi, od czasu  $T_B$  do  $T_M$  oraz od  $T_M$  do  $T_A$ . Wzrost kosztów na każdym z tych odcinków opisuje gradient:  $k_1$  i  $k_2$ . Gradient  $k_1$  wyznacza wzrost kosztów wykonania czynności przy przejściu z czasu pesymistycznego do najbardziej prawdopodobnego; gradient  $k_2$  przy zmianie czasu z najbardziej prawdopodobnego do optymistycznego. Ponieważ koszty skracania czynności rosną proporcjonalnie do wielkości skrócenia musi być zachowana zależność  $k_1 < k_2$  (gradienty dla poszczególnych czynności w przykładzie zostały podane w tabeli 4.2). Z przyjętych założeń wynika, że całkowite skrócenie jednej czynności kosztuje:

$$\Delta k_{ij} = (T_{Bij} - T_{Mij}) k_{1ij} + (T_{Mij} - T_{Aij}) k_{2ij} = \Delta k_1 + \Delta k_2$$

Ogólny schemat wykonania obliczeń przedstawia się następująco. Analizę należy rozpocząć od określenia najkrótszego możliwego terminu ukończenia całego przedsięwzięcia. Termin ten można obliczyć przyjmując jako czasy wykonania wszystkich czynności w sieci czasy optymistyczne. W ten sposób ustala się krańcową współrzędną wykresu obrazującego wzrost kosztów w miarę skracania cyklu realizacji przedsięwzięcia. Następnie oblicza się najdłuższy termin ukończenia całego przedsięwzięcia przyjmując za czasy wykonania wszystkich czynności czasy pesymistyczne. Dalsze obliczenia prowadzi się w kolejnych krokach, z których każdy prowadzi do skrócenia całego przedsięwzięcia poprzez skrócenie jednej czynności leżącej na ścieżce krytycznej (lub kilku czynności równocześnie, gdy ścieżka krytyczna się rozwidla) oraz obliczenia kosztów tego skrócenia. Skróceniu podlega ta czynność, której skrócenie kosztuje najtaniej, a więc ta, której gradient wzrostu kosztów jest najmniejszy. Po skróceniu wyznaczonej czynności (lub kilku równocześnie) ponawia się obliczenia sieci zależności i wyznacza nowy przebieg ścieżki krytycznej oraz termin zakończenia całego przedsięwzięcia. Nowo wyznaczona ścieżka krytyczna może przebiegać tak samo jak w poprzednim kroku, lub przerzucić się na nowy ciąg czynności. Obliczony

termin zakończenia robót na obiekcie musi w każdym kroku ulec skróceniu. Obliczenia kontynuują się tak długo, aż termin zakończenia prac na obiekcie zostanie skrócony do terminu ustalonego na podstawie czasów optymistycznych na początku analizy. Wyniki obliczeń uzyskane w kolejnych krokach zestawia się w tabeli a po zakończeniu analizy na ich podstawie sporządza się wykres, przedstawiający związek pomiędzy całkowitym kosztem wykonania obiektu a czasem jego zakończenia.

Przedstawiony ogólny schemat obliczeń wymaga przyjęcia jeszcze jednego założenia, a mianowicie należy ustalić ile będzie wynosiło jednorazowe skrócenie czynności. Jeżeli chce się uzyskać dokładny przebieg poszukiwanego wykresu, skrócenie w każdym kroku prowadzonej analizy powinno być równe jednostce czasu, z jaką zostały określone czasy trwania czynności (najczęściej jeden dzień). Obliczenia można również prowadzić w sposób przybliżony, zakładając, że każda czynność będzie skrócona tylko dwa razy: od czasu pesymistycznego do najbardziej prawdopodobnego oraz od najbardziej prawdopodobnego do optymistycznego, niezależnie ile jednostek czasu obejmuje każde skrócenie. Taki sposób wykonania obliczeń znacznie je przyśpiesza, jednak wyniki obliczeń obciążone są pewnym błędem. Pojawia się on w sytuacjach, gdy skrócenie całego przedsięwzięcia w pojedynczym kroku jest mniejsze od skrócenia czynności na ścieżce krytycznej. Sytuacja taka może wystąpić, gdy w kolejnym kroku analizy ścieżka krytyczna zmieni przebieg. Naliczony wówczas koszt skrócenia czynności będzie wyższy od rzeczywiście wymaganego do uzyskania skrócenia przedsięwzięcia. Nieuzasadniony wzrost kosztów w metodzie przybliżonej można ograniczyć, gdy najmniejszy gradient występuje na kilku czynnościach równocześnie. W takiej sytuacji, należy skracać czynność, dla której czas o jaki skracamy  $\Delta t$  jest najmniejszy.

Innym sposobem podejścia jest skracanie czynności, na których jest nie najmniejszy gradient, lecz iloczyn gradientu i czasu o jaki skracamy czynność  $\Delta t$ . W tym przypadku, konsekwentnie przez cały czas obliczeń pod czynnościami nie należy opisywać gradientów, lecz obliczone wcześniej iloczyny gradientów i skróceń  $\Delta t$ . Wydaje się jednak, że jest to sposób na tyle pracochłonny, że lepiej zastosować dokładną metodę obliczeń.

Należy również zauważyć, że nie zawsze wybór czynności, które należy w danym kroku skrócić, jest oczywisty. Sytuacja taka występuje, gdy ścieżka krytyczna zaczyna się rozwidlać, przy czym im więcej jest rozwidleń, tym trudniej jest dokonać właściwego wyboru czynności do skrócenia. Należy wówczas przeanalizować możliwe warianty skróceń i wybrać ten, który jest najtańszy. Dokonując wyboru czynności podlegających skróceniu, trzeba pamiętać, że muszą one spowodować przyśpieszenie realizacji całego obiektu.

Poniżej przedstawiono sposób prowadzenia obliczeń metodą uproszczoną, poszukując najmniejszych gradientów. Czasy trwania czynności ( $t_1$ ,  $t_2$ ) i założone gradienty wzrostu kosztów  $k$  zamieszczono w tabeli 4.2. Na początku wyznaczono termin najszybszego możliwego ukończenia przedsięwzięcia – 31 (rys. 4.6). Następnie po podstawieniu czasów pesymistycznych wyznaczono najdłuższy czas wykonania obiektu – 57 dni (rys. 4.6). Dalsze obliczenia przedstawiono na kolejnych wykresach n rysunku 4.6 i w tabeli 4.6. W każdym kroku po określeniu ścieżki krytycznej skracano czas trwania czynności, leżącej na ścieżce krytycznej i mającej najmniejszy liczbowo gradient wzrostu kosztów. Jeśli był to  $k_1$ , to czas pesymistyczny zastępowano czasem najbardziej prawdopodobnym; jeśli  $k_2$ , to czas najbardziej prawdopodobny - czasem optymistycznym. Raz wykorzystany gradient nie mógł być oczywiście użyty po raz drugi. Koszt skrócenia w danym kroku obliczano mnożąc użyty gradient przez różnicę pomiędzy czasem optymistycznym, a najbardziej prawdopodobnym (dla  $k_2$ ) lub czasem pesymistycznym a najbardziej prawdopodobnym (dla  $k_1$ ). Następnie wyznaczano przebieg nowej ścieżki krytycznej i nowy termin zakończenia całego przedsięwzięcia przy założonym nowym czasie skracanej jednej lub kilku czynności (czasy pozostałych czynności pozostają bez zmian) i obliczenia ponawiano. W ten sposób

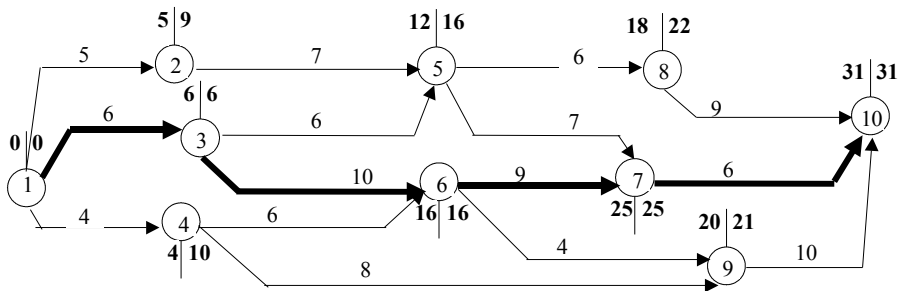
postępowano aż do momentu, w którym termin ukończenia przedsięwzięcia pokrył się z wcześniej obliczonym najkrótszym terminem możliwym do osiągnięcia. Wszystkie obliczenia zestawiono w tabeli 4.6 a na ich podstawie sporządzono wykres, obrazujący zależność pomiędzy kosztem realizacji przedsięwzięcia a długością cyklu jego realizacji (rys. 4.7).

Każda sieć zależności z rysunku 4.6. posiada obliczone terminy zdarzeń i zaznaczoną ścieżkę krytyczną. Nad każdą czynnością wpisany jest aktualny czas jej trwania. Pod czynnościami krytycznymi wypisana jest wartość aktualnego gradientu. Pozwala to na dokładne prześledzenie toku obliczeń. W przypadku gdy ścieżka krytyczna rozwidła się, niezbędne było wykonanie obliczeń pomocniczych, gdyż istnieją dwie drogi postępowania. Można skrócić jedną czynność na odcinku nie rozwidlonym lub po jednej czynności na każdym rozwidlonym ramieniu równocześnie. O wyborze właściwego wariantu decydują mniejsze sumaryczne koszty skrócenia. Za każdym razem, gdy zdarza się taka sytuacja, obok rysunku sieci zależności zamieszczone są obliczenia kosztów skrócenia dla rozważanych wariantów.

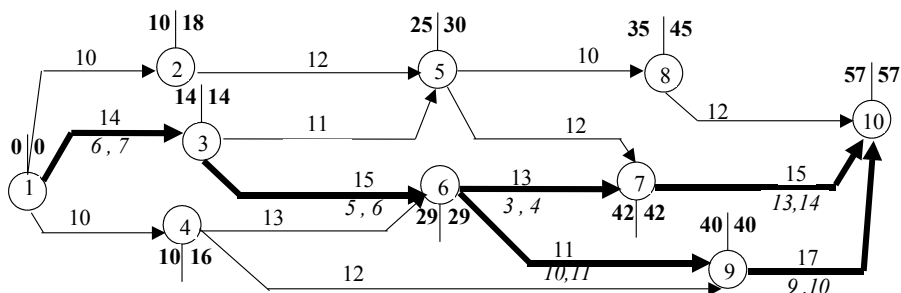
Zakładając określone efekty ekonomiczne z tytułu wcześniejszego oddania obiektu do eksploatacji (w postaci równania liniowego), można określić zysk, jaki otrzyma się z tytułu przyspieszenia realizacji w poszczególnych okresach czasu od terminu najdłuższego do najszybszego. Maksimum zysku określa optymalny termin realizacji obiektu.

Przyjmując, że wcześniejsze oddanie do eksploatacji obiektu przynosi 25 jednostek dochodu każdego dnia, wyznaczono optymalny termin realizacji obiektu (rys. 4.7, tabela 4.6). Wynosi on 44 jednostki czasu. Wymaga to 168 jednostek dodatkowego nakładu, przynosi dochód 325 jednostek, co określa zysk z przyspieszenia realizacji  $325 - 168 = 157$  jednostki. Terminy poszczególnych zdarzeń przy terminie końcowym przedsięwzięcia równym 44 obliczone są na rysunku 4.6 w kroku nr 8.

W celu porównania wyników obliczeń uzyskanych metodą uproszczoną i dokładną w tabeli 4.7 i na rysunku 4.8 zestawiono wyniki obliczeń przeprowadzone tą drugą metodą. Każdy kolejny krok obliczeń zakłada skrócenie dokładnie o jeden dzień. Jak wynika z tych obliczeń optymalny termin realizacji obiektu wynosi 39 dni a maksymalny zysk z przyspieszenia realizacji 178 jednostek.



Obliczenie najkrótszego możliwego czasu trwania przedsięwzięcia na podstawie czasów optymistycznych

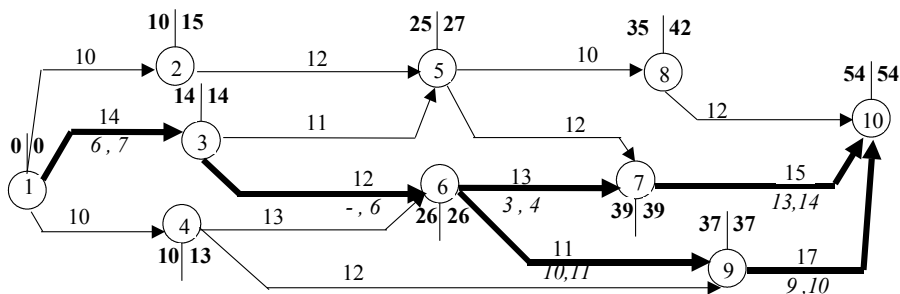


Obliczenie najdłuższego możliwego czasu trwania przedsięwzięcia na podstawie czasów pesymistycznych

Warianty skróceń: I/  $\Delta k_{3-6} = 5(15-12)=15$ ;

II/  $\Delta k_{9-10} + \Delta k_{6-7} = 9(17-13) + 3(13-12)=39$

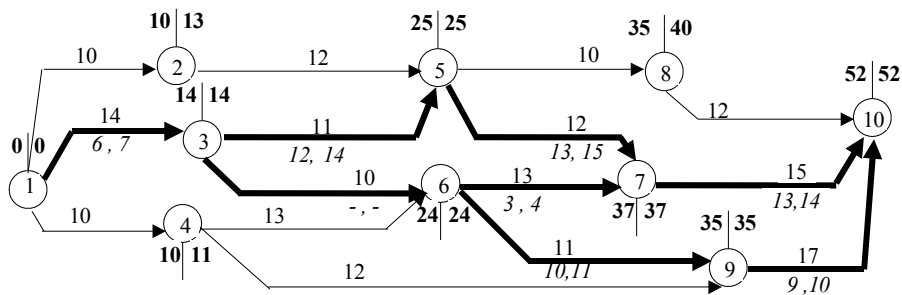
Krok 1. Skrócono czynność 3-6 z 15 do 12 kosztem 15



Warianty skróceń: I/  $\Delta k_{3-6} = 6(12-10)=12$ ;

II/  $\Delta k_{9-10} + \Delta k_{6-7} = 9(17-13) + 3(13-12)=39$

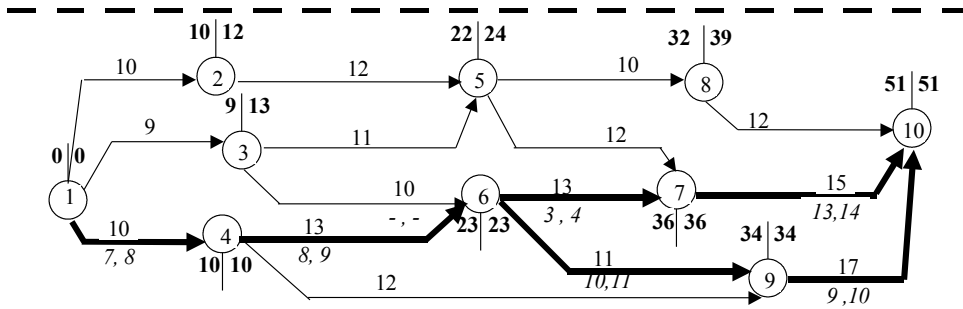
Krok 2. Skrócono czynność 3-6 z 12 do 10 kosztem 12



Warianty skróceń: I/  $\Delta k_{1-3} = 6(14-9)=30$ ;

II/  $\Delta k_{7-10} + \Delta k_{9-10} = 13(15-11) + 9(17-13)=88$

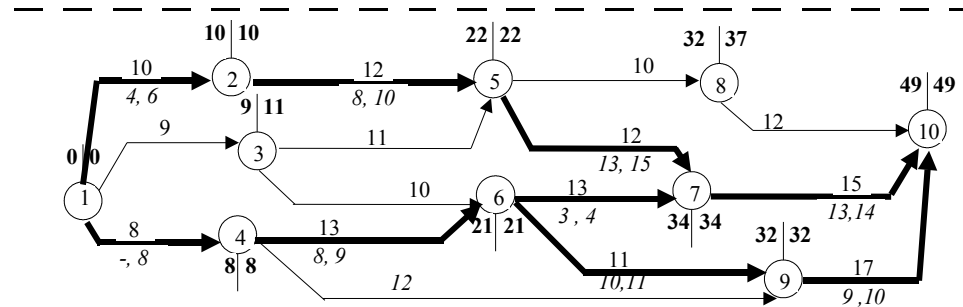
Krok 3. Skrócono czynność 1-3 z 14 do 9 kosztem 30



Warianty skróceń: I/  $\Delta k_{1-4} = 7(10-8)=14$ ;

II/  $\Delta k_{6-7} + \Delta k_{9-10} = 3(13-12) + 9(17-13)=39$

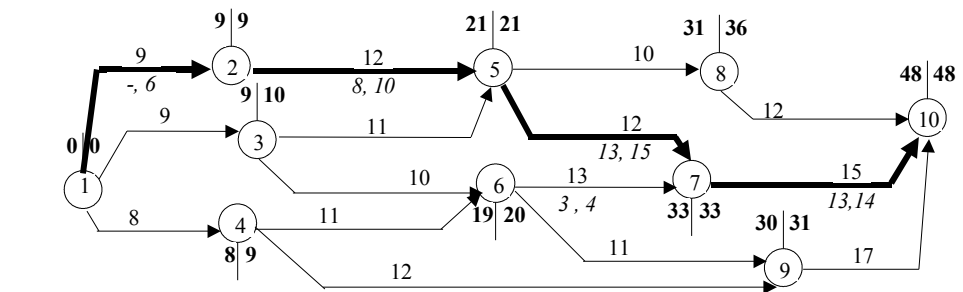
Krok 4. Skrócono czynność 1-4 z 10 do 8 kosztem 14



Warianty skróceń: I/  $\Delta k_{7-10} + \Delta k_{9-10} = 13(15-11) + 9(17-13)=88$

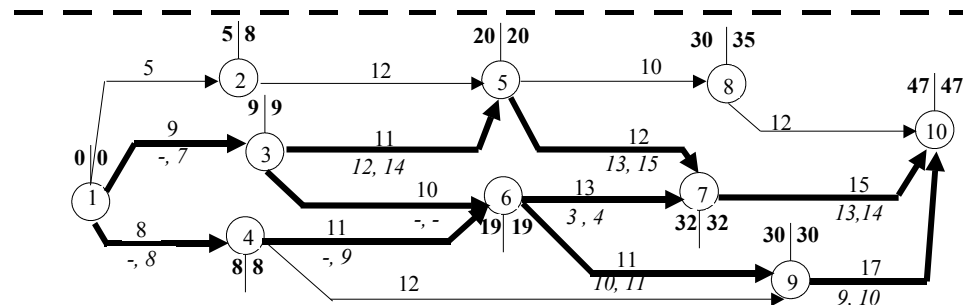
II/  $\Delta k_{1-2} + \Delta k_{4-6} = 4(10-9) + 8(13-11)=20$

Krok 5. Skrócono czynności 1-2 z 10 do 9 kosztem 4 i czynności 4-6 z 13 do 11 kosztem 16



Warianty skróceń: I/  $\Delta k_{1-2} = 6(9-5)=24$

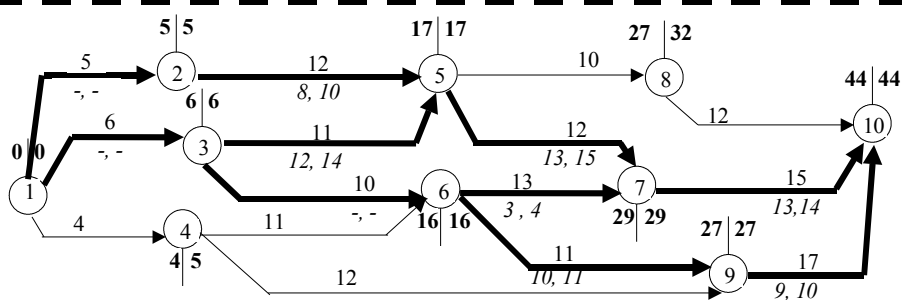
Krok 6. Skrócono czynności 1-2 z 9 do 5 kosztem 24



Warianty skróceń: I/  $\Delta k_{1-3} + \Delta k_{1-4} = 7(9-6) + 8(8-4)=53$

II/  $\Delta k_{7-10} + \Delta k_{9-10} = 13(15-11) + 9(17-13)=88$

Krok 7. Skrócono czynności: 1-3 z 9 do 6 kosztem 21 i 1-4 z 8 do 4 kosztem 32

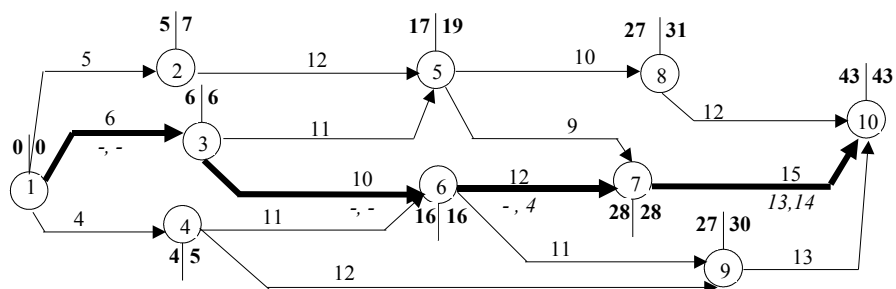


Warianty skróceń: I/  $\Delta k_{7-10} + \Delta k_{9-10} = 13(15-11) + 9(17-13) = 88$

II/  $\Delta k_{5-7} + \Delta k_{6-7} + \Delta k_{9-10} = 13(12-9) + 3(13-12) + 9(17-13) = 78$

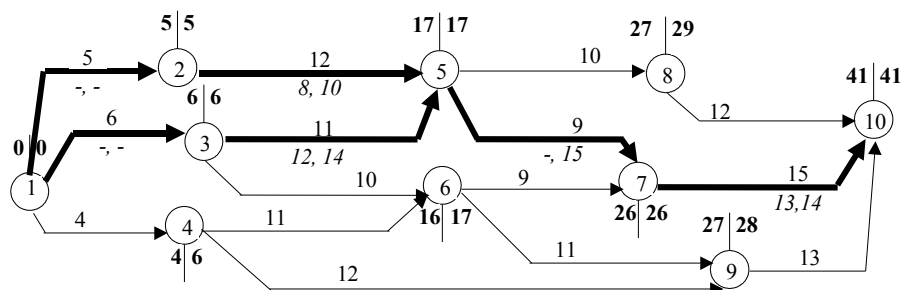
III/  $\Delta k_{2-5} + \Delta k_{3-5} + \Delta k_{6-7} + \Delta k_{9-10} = 8(12-10) + 12(11-9) + 3(13-12) + 9(17-13) = 79$

Krok 8. Skrócono czynności 5-7 z 12 do 9 kosztem 39 i czynności 6-7 z 13 do 12 kosztem 3 i czynności 9-10 z 17 do 13 kosztem 36



Warianty skróceń: I/  $\Delta k_{6-7} = 4(12-9) = 12$

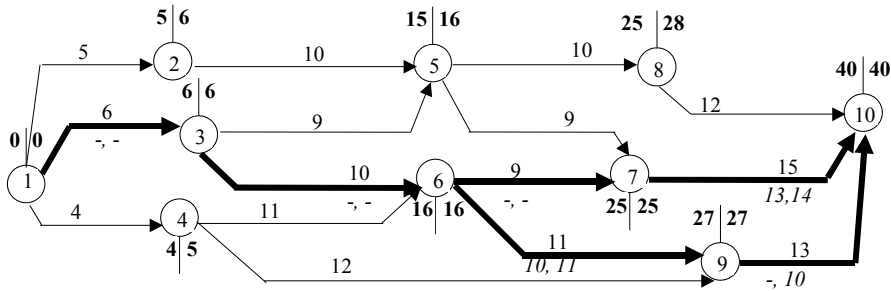
Krok 9. Skrócono czynności 6-7 z 12 do 9 kosztem 12



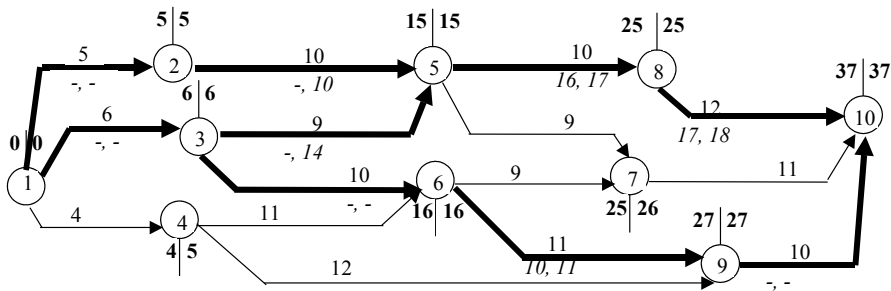
Warianty skróceń: I/  $\Delta k_{2-5} + \Delta k_{3-5} = 8(12-10) + 12(11-9) = 40$

II/  $\Delta k_{7-10} = 13(15-11) = 52$

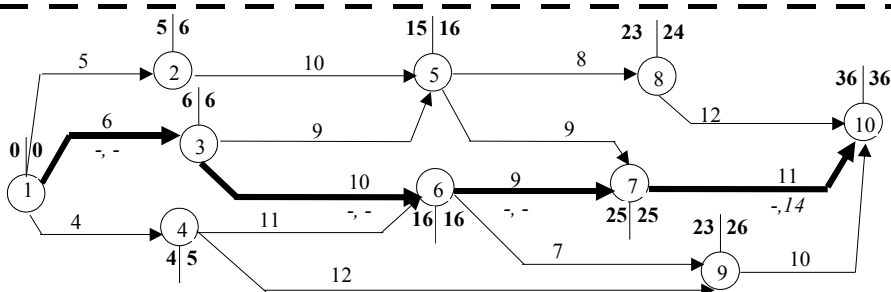
Krok 10. Skrócono czynności 2-5 z 12 do 10 kosztem 16 i 3-5 z 11 do 9 kosztem 24



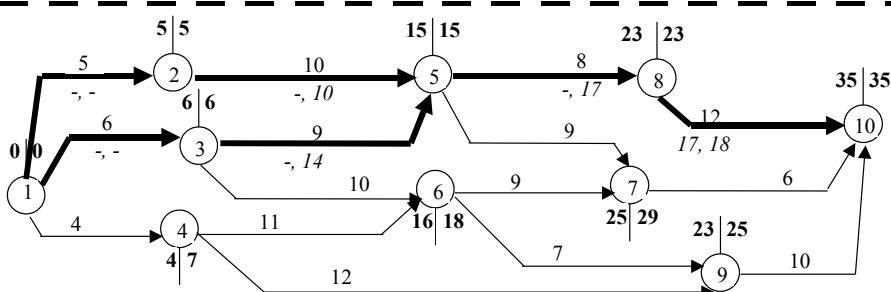
Warianty skróceń: I/  $\Delta k_{7-10} + \Delta k_{9-10} = 13(15-11) + 10(13-10) = 82$   
 Krok 11. Skrócono czynności 7-10 z 15 do 11 kosztem 52 i czynności 9-10 z 13 do 10 kosztem 30



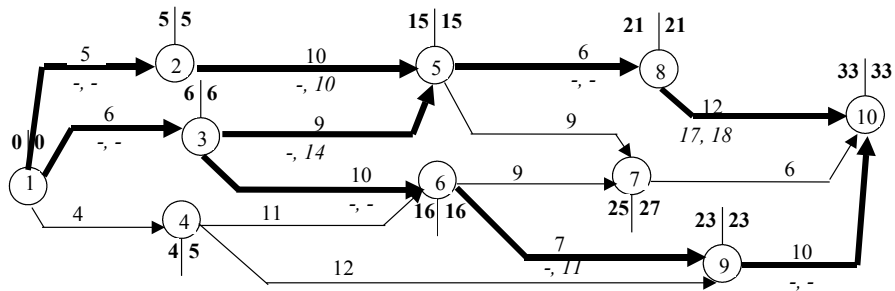
Warianty skróceń: I/  $\Delta k_{5-8} + \Delta k_{6-9} = 16(10-8) + 10(11-7) = 72$   
 II/  $\Delta k_{2-5} + \Delta k_{3-5} + \Delta k_{6-9} = 10(10-7) + 14(9-6) + 10(11-7) = 112$   
 Krok 12. Skrócono czynności 5-8 z 10 do 8 kosztem 32 i czynności 6-9 z 11 do 7 kosztem 40



Warianty skróceń: I/  $\Delta k_{7-10} = 14(11-6) = 70$   
 Krok 13. Skrócono czynności 7-10 z 11 do 6 kosztem 70



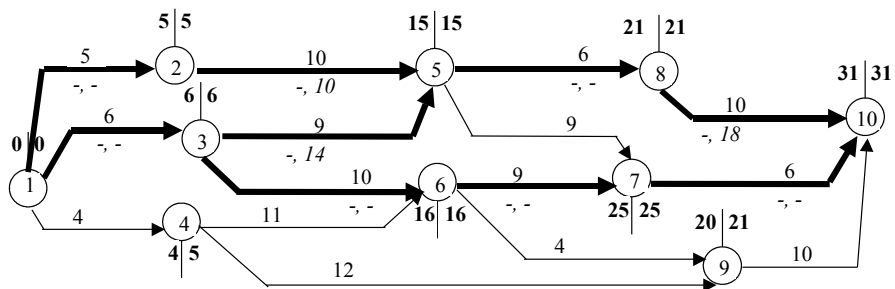
Warianty skróceń: I/  $\Delta k_{2-5} + \Delta k_{3-5} = 10(10-7) + 14(9-6) = 72$   
 II/  $\Delta k_{5-8} = 17(8-6) = 34$   
 Krok 14. Skrócono czynności 5-8 z 8 do 6 kosztem 34



Warianty skróceń: I/  $\Delta k_{8-10} + \Delta k_{6-9} = 17(12-10) + 11(7-4) = 67$

II/  $\Delta k_{2-5} + \Delta k_{3-5} + \Delta k_{6-9} = 10(10-7) + 14(9-6) + 11(7-4) = 105$

Krok 15. Skrócono czynności 8-10 z 12 do 10 kosztem 34 i czynności 6-9 z 7 do 4 kosztem 33



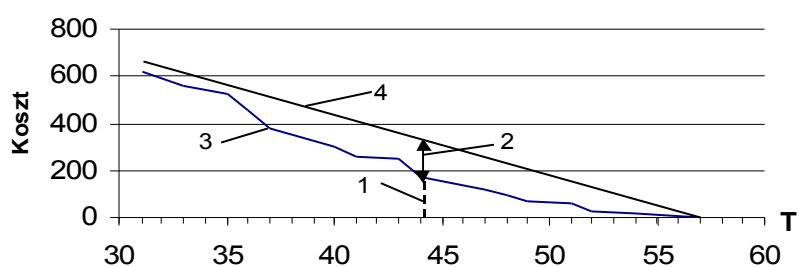
Po piętnastym skróceniu czynności osiągnięto najkrótszy możliwy termin realizacji przedsięwzięcia.

Rys. 4.6. Wyniki obliczeń analizy kosztów metodą uproszczoną



TABELA 4.6. Wyniki obliczeń analizy kosztów metodą uproszczoną

| L p. | Nr czyn. | $t_1$ | $t_2$ | $\Delta t$ | $k$ | $\Delta k = k \cdot \Delta t$ | $T$       | Koszt K $\sum(k \cdot \Delta t)$ | Skrócenie przedsięwzięcia | Zysk ze skrócenia | Zysk – koszt |
|------|----------|-------|-------|------------|-----|-------------------------------|-----------|----------------------------------|---------------------------|-------------------|--------------|
|      |          |       |       |            |     |                               | 57        | 0                                | 0                         | 0                 | 0            |
| 1    | 3-6      | 15    | 12    | 3          | 5   | 15                            | 54        | 15                               | 3                         | 75                | 60           |
| 2    | 3-6      | 12    | 10    | 2          | 6   | 12                            | 52        | 27                               | 5                         | 125               | 98           |
| 3    | 1-3      | 14    | 9     | 5          | 6   | 30                            | 51        | 57                               | 6                         | 150               | 93           |
| 4    | 1-4      | 10    | 8     | 2          | 7   | 14                            | 49        | 71                               | 8                         | 200               | 129          |
| 5    | 1-2      | 10    | 9     | 1          | 4   | 4                             |           |                                  |                           |                   |              |
|      | 4-6      | 13    | 11    | 2          | 8   | 16                            | 48        | 91                               | 9                         | 225               | 134          |
| 6    | 1-2      | 9     | 5     | 4          | 6   | 24                            | 47        | 115                              | 10                        | 250               | 135          |
| 7    | 1-3      | 9     | 6     | 3          | 7   | 21                            |           |                                  |                           |                   |              |
|      | 1-4      | 8     | 4     | 4          | 8   | 32                            | <b>44</b> | <b>168</b>                       | <b>13</b>                 | <b>325</b>        | <b>157</b>   |
| 8    | 5-7      | 12    | 9     | 3          | 13  | 39                            |           |                                  |                           |                   |              |
|      | 6-7      | 13    | 12    | 1          | 3   | 3                             |           |                                  |                           |                   |              |
|      | 9-10     | 17    | 13    | 4          | 9   | 36                            | 43        | 246                              | 14                        | 350               | 104          |
| 9    | 6-7      | 12    | 9     | 3          | 4   | 12                            | 41        | 258                              | 16                        | 400               | 142          |
| 10   | 2-5      | 12    | 10    | 2          | 8   | 16                            |           |                                  |                           |                   |              |
|      | 3-5      | 11    | 9     | 2          | 12  | 24                            | 40        | 298                              | 17                        | 425               | 127          |
| 11   | 7-10     | 15    | 11    | 4          | 13  | 52                            |           |                                  |                           |                   |              |
|      | 9-10     | 13    | 10    | 3          | 10  | 30                            | 37        | 380                              | 20                        | 500               | 120          |
| 12   | 5-8      | 10    | 8     | 2          | 16  | 32                            |           |                                  |                           |                   |              |
|      | 6-9      | 11    | 7     | 4          | 10  | 40                            | 36        | 452                              | 21                        | 525               | 73           |
| 13   | 7-10     | 11    | 6     | 5          | 14  | 70                            | 35        | 522                              | 22                        | 550               | 28           |
| 14   | 5-8      | 8     | 6     | 2          | 17  | 34                            | 33        | 556                              | 24                        | 600               | 44           |
| 15   | 8-10     | 12    | 10    | 2          | 17  | 34                            |           |                                  |                           |                   |              |
|      | 6-9      | 7     | 4     | 3          | 11  | 33                            | 31        | 623                              | 26                        | 650               | 27           |

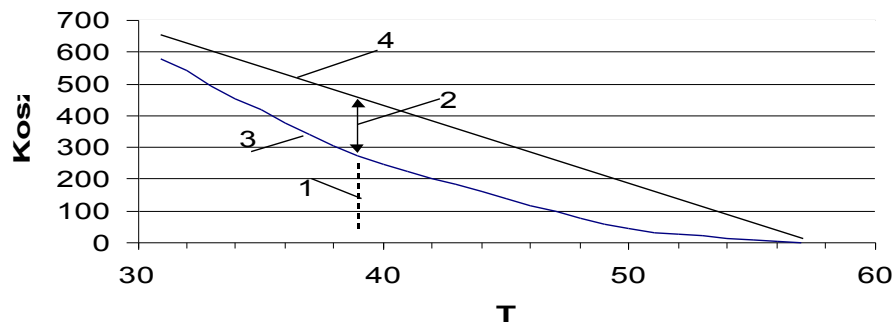


Rys. 4.7. Wykres kosztów wykonania przedsięwzięcia przy przejściu od czasów pesymistycznych do optymistycznych uzyskany metodą uproszczoną: 1 – optymalny termin realizacji obiektu, 2 – maksymalny zysk z przyspieszenia realizacji obiektu, 3 – koszty poniesione na przyspieszenie realizacji, 4 – zysk z tytułu przyspieszenia

TABELA 4.7. Wyniki obliczeń analizy kosztów metodą dokładną

| L p. | Nr czyn.                 | $t_1$                | $t_2$                | $\Delta t$       | $k$                 | $\Delta k = k \cdot \Delta t$ | $T$       | Koszt K $\Sigma(k \cdot \Delta t)$ | Skrócenie przedsięwzięcia | Zysk ze skrócenia | Zysk – koszt |
|------|--------------------------|----------------------|----------------------|------------------|---------------------|-------------------------------|-----------|------------------------------------|---------------------------|-------------------|--------------|
|      |                          |                      |                      |                  |                     |                               | 57        | 0                                  | 0                         | 0                 | 0            |
| 1    | 3-6                      | 15                   | 14                   | 1                | 5                   | 5                             | 56        | 5                                  | 1                         | 25                | 20           |
| 2    | 3-6                      | 14                   | 13                   | 1                | 5                   | 5                             | 55        | 10                                 | 2                         | 50                | 40           |
| 3    | 3-6                      | 13                   | 12                   | 1                | 5                   | 5                             | 54        | 15                                 | 3                         | 75                | 60           |
| 4    | 3-6                      | 12                   | 11                   | 1                | 6                   | 6                             | 53        | 21                                 | 4                         | 100               | 79           |
| 5    | 3-6                      | 11                   | 10                   | 1                | 6                   | 6                             | 52        | 27                                 | 5                         | 125               | 98           |
| 6    | 1-3                      | 14                   | 13                   | 1                | 6                   | 6                             | 51        | 33                                 | 6                         | 150               | 117          |
| 7    | 1-3<br>1-4               | 13<br>10             | 12<br>9              | 1<br>1           | 6<br>7              | 6<br>7                        | 50        | 46                                 | 7                         | 175               | 129          |
| 8    | 1-3<br>1-4               | 12<br>9              | 11<br>8              | 1<br>1           | 6<br>7              | 6<br>7                        | 49        | 59                                 | 8                         | 200               | 141          |
| 9    | 1-2<br>1-3<br>1-4        | 10<br>11<br>8        | 9<br>10<br>7         | 1<br>1<br>1      | 4<br>6<br>8         | 4<br>6<br>8                   | 48        | 77                                 | 9                         | 225               | 148          |
| 10   | 1-2<br>1-3<br>1-4        | 9<br>10<br>7         | 8<br>9<br>6          | 1<br>1<br>1      | 6<br>6<br>8         | 6<br>6<br>8                   | 47        | 97                                 | 10                        | 250               | 153          |
| 11   | 1-2<br>1-3<br>1-4        | 8<br>9<br>6          | 7<br>8<br>5          | 1<br>1<br>1      | 6<br>7<br>8         | 6<br>7<br>8                   | 46        | 118                                | 11                        | 275               | 157          |
| 12   | 1-2<br>1-3<br>1-4        | 7<br>8<br>5          | 6<br>7<br>4          | 1<br>1<br>1      | 6<br>7<br>8         | 6<br>7<br>8                   | 45        | 139                                | 12                        | 300               | 161          |
| 13   | 1-2<br>1-3<br>4-6        | 6<br>7<br>13         | 5<br>6<br>12         | 1<br>1<br>1      | 6<br>7<br>8         | 6<br>7<br>8                   | 44        | 160                                | 13                        | 325               | 165          |
| 14   | 7-10<br>9-10             | 15<br>17             | 14<br>16             | 1<br>1           | 13<br>9             | 13<br>9                       | 43        | 182                                | 14                        | 350               | 168          |
| 15   | 7-10<br>9-10             | 14<br>16             | 13<br>15             | 1<br>1           | 13<br>9             | 13<br>9                       | 42        | 204                                | 15                        | 375               | 171          |
| 16   | 7-10<br>9-10             | 13<br>15             | 12<br>14             | 1<br>1           | 13<br>9             | 13<br>9                       | 41        | 226                                | 16                        | 400               | 174          |
| 17   | 7-10<br>9-10             | 12<br>14             | 11<br>13             | 1<br>1           | 13<br>9             | 13<br>9                       | 40        | 248                                | 17                        | 425               | 177          |
| 18   | 7-10<br>9-10             | 11<br>13             | 10<br>12             | 1<br>1           | 14<br>10            | 14<br>10                      | <b>39</b> | <b>272</b>                         | <b>18</b>                 | <b>450</b>        | <b>178</b>   |
| 19   | 2-5<br>3-5<br>6-7<br>6-9 | 12<br>11<br>13<br>11 | 11<br>10<br>12<br>10 | 1<br>1<br>1<br>1 | 8<br>12<br>3<br>10  | 8<br>12<br>3<br>10            | 38        | 305                                | 19                        | 475               | 170          |
| 20   | 2-5<br>3-5<br>6-7<br>6-9 | 11<br>10<br>12<br>10 | 10<br>9<br>11<br>9   | 1<br>1<br>1<br>1 | 8<br>12<br>4<br>10  | 8<br>12<br>4<br>10            | 37        | 339                                | 20                        | 500               | 161          |
| 21   | 2-5<br>3-5<br>6-7<br>6-9 | 10<br>9<br>11<br>9   | 9<br>8<br>10<br>8    | 1<br>1<br>1<br>1 | 10<br>14<br>4<br>10 | 10<br>14<br>4<br>10           | 36        | 377                                | 21                        | 525               | 148          |
| 22   | 2-5<br>3-5<br>6-7<br>6-9 | 9<br>8<br>10<br>8    | 8<br>7<br>9<br>7     | 1<br>1<br>1<br>1 | 10<br>14<br>4<br>10 | 10<br>14<br>4<br>10           | 35        | 415                                | 22                        | 550               | 135          |
| 23   | 5-8<br>7-10              | 10<br>10             | 9<br>9               | 1<br>1           | 16<br>14            | 16<br>14                      |           |                                    |                           |                   |              |

|    |      |    |    |   |    |    |    |     |    |     |     |
|----|------|----|----|---|----|----|----|-----|----|-----|-----|
|    | 9-10 | 12 | 11 | 1 | 10 | 10 | 34 | 455 | 23 | 575 | 120 |
| 24 | 5-8  | 9  | 8  | 1 | 16 | 16 |    |     |    |     |     |
|    | 7-10 | 9  | 8  | 1 | 14 | 14 |    |     |    |     |     |
|    | 9-10 | 11 | 10 | 1 | 10 | 10 | 33 | 495 | 24 | 600 | 105 |
| 25 | 8-10 | 12 | 11 | 1 | 17 | 17 |    |     |    |     |     |
|    | 7-10 | 8  | 7  | 1 | 14 | 14 |    |     |    |     |     |
|    | 6-9  | 7  | 6  | 1 | 11 | 11 | 32 | 537 | 25 | 625 | 88  |
| 26 | 8-10 | 11 | 10 | 1 | 17 | 17 |    |     |    |     |     |
|    | 7-10 | 7  | 6  | 1 | 14 | 14 |    |     |    |     |     |
|    | 6-9  | 6  | 5  | 1 | 11 | 11 | 31 | 579 | 26 | 650 | 71  |



Rys. 4.8. Wykres kosztów wykonania przedsięwzięcia przy przejściu od czasów pesymistycznych do optymistycznych uzyskany metodą dokładną: 1 – optymalny termin realizacji obiektu, 2 – maksymalny zysk z przyspieszenia realizacji obiektu, 3 – koszty poniesione na przyspieszenie realizacji, 4 – zysk z tytułu przyspieszenia