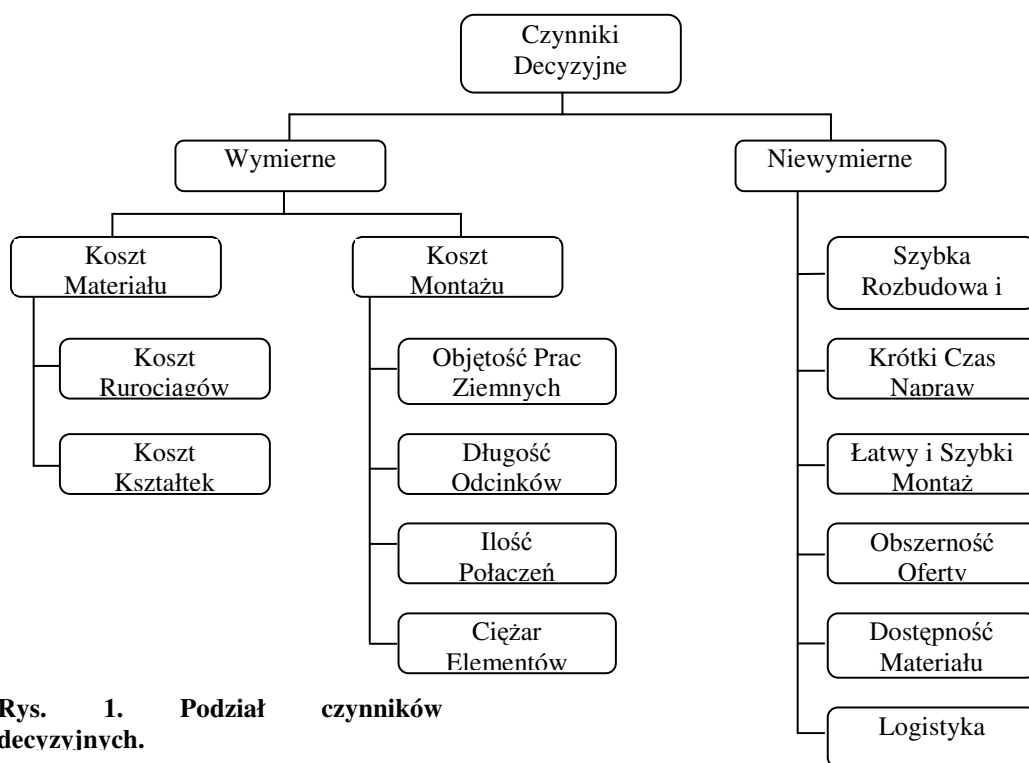


PORÓWNANIE ASPEKTÓW EKONOMICZNYCH STOSOWANIA SYSTEMÓW Z TWORZYW SZTUCZNYCH Z SYSTEMAMI WYKONANYMI Z MATERIAŁÓW TRADYCYJNYCH (KAMIONKA) W KANALIZACJI GRAWITACYJNEJ.

Aspekty ekonomiczne to najistotniejsze, ale należy pamiętać, że nie jedyne kryteria, które przesądzą o wyborze danego produktu przez decydenta. W przypadku dużych zadań projektowych, rzetelna analiza cen zakupowych i rzeczywistych kosztów wykonania danej inwestycji w sposób precyzyjny pozwala oszacować koszt planowanego zadania. Prezentowany referat opisuje czynniki wpływające na końcową wartość budżetu inwestycji i ma na celu zwrócić Państwa uwagę w przyszłości na często niedoszacowane, ale jakże istotne czynniki porównania aspektów ekonomicznych zastosowania systemów kanalizacyjnych z tworzyw sztucznych i materiałów tradycyjnych (na przykładzie kamionki). Postęp techniczny, jaki ma miejsce w ostatnich latach, w znacznej mierze przyczynił się do opracowania wielu systemów tworzywowych do kanalizacji grawitacyjnej z PP, PE i PVC. Oferowane rozwiązania to systemy strukturalne jedno oraz wielowarstwowe ze ścianką gładką oraz tzw. systemy 'korugowane'. Ilość kombinacji oraz możliwych porównań jest wiele, jednakże do celów poniższej analizy przyjęto dwa konkretne przykłady jako systemy kanalizacyjne reprezentujące znaczną część rynku w Polsce i znajdujące się w ofercie większości producentów systemów kanalizacyjnych z tworzyw sztucznych oraz system kanalizacyjny z kamionki. Poniższa analiza skierowana jest między innymi do inwestorów, którzy ostatecznie finansują i eksploatują sieć kanalizacyjną.

1. Charakterystyka czynników decyzyjnych.

Przy wyborze systemu kanalizacyjnego, czynniki decyzyjne możemy podzielić na dwie grupy (patrz rys. 1). Pierwsza z nich to czynniki wymierne, które w trakcie oceny mają bezpośredni oraz widoczny wpływ na koszt inwestycji. Druga grupa to czynniki niewymierne, które stanowią zbiór cech danego systemu. Wpływ czynników niewymiernych na ekonomikę naszego wyboru obserwujemy w dłuższej perspektywie, choć ich wymiar praktyczny ma nieoceniony wpływ na podjęcie końcowej decyzji.



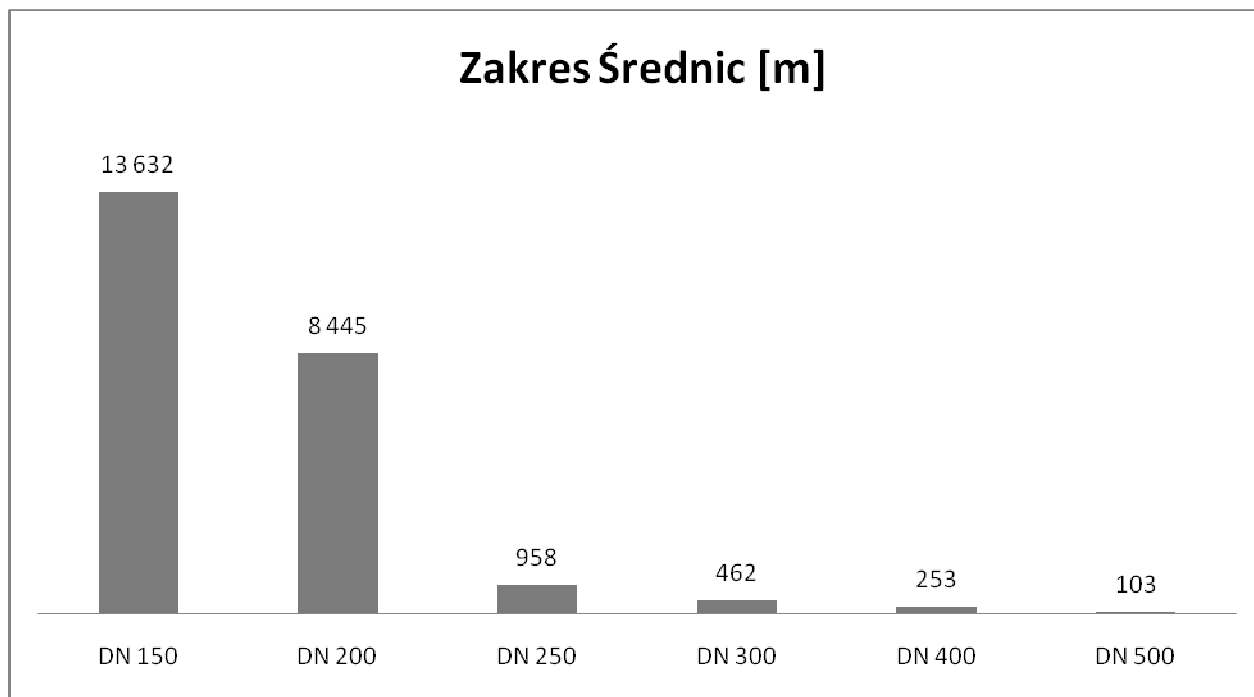
Rys. 1. Podział czynników decyzyjnych.

1.1. Kryteria porównawcze analizy.

Dla celów analizy przyjęto rzeczywiste i aktualne opracowanie kosztorysowe systemu kanalizacji sanitarnej dla dużej wielkości zadania projektowego, zrealizowanego na terenie południowej Polski w zachodniej części województwa dolnośląskiego. Podstawą dla poniższego porównania jest koszt materiału (rury i kształtki z tworzywa sztucznego systemów dwóch typów, oznaczonych w niniejszym opracowaniu skrótami: TW_A i TW_B oraz z kamionki – oznaczonej skrótami KAM), a także koszt prac montażowych. W analizie nie ujęto kosztów wykonania wykopów tj. wytyczenia trasy, prac geologicznych, odwodnienia wykopów, wywózki gruntu oraz pozostałych prac ziemnych. Nie jest także przedmiotem tej analizy ilość i koszt połączeń do studni oraz koszty wykonania studni kanalizacyjnych, gdyż uznano, iż powyższe nie wpływają znacząco na wybór materiału pomiędzy systemem z tworzywa sztucznego a systemem z kamionki oraz w przypadku obydwu stanowią porównywalny koszt.

1.2. Zakres zadania projektowego.

Przedstawione zadanie obejmuje swym zakresem ułożenie głównych kolektorów sanitarnych oraz indywidualnych przyłączy. Na poniższym wykresie (patrz rys. 2) przedstawiono zakres średnic oraz długości poszczególnych rurociągów występujących w omawianym projekcie. Przedział średnic obejmuje zakres od DN150 do DN500.



Rys. 2. Długości rurociągów z rozbiem na średnice.

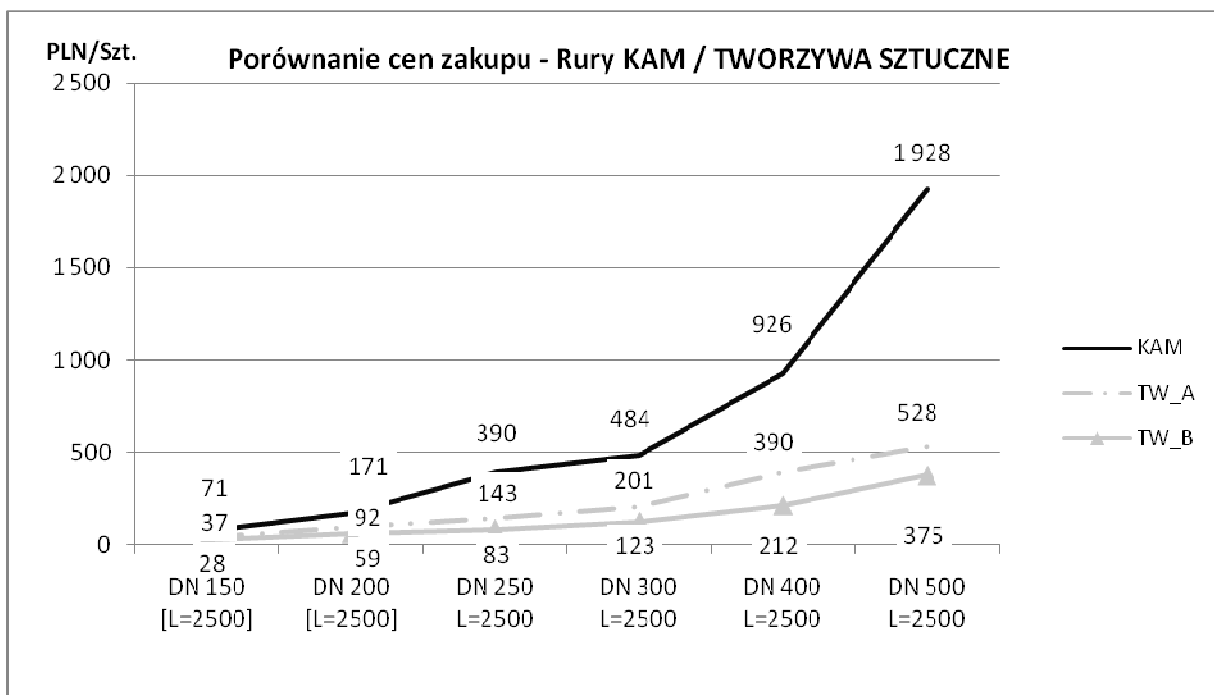
Jak wynika z powyższego wykresu, analizowany projekt to łącznie ok. 24 kilometrów rurociągów wraz z kształtkami, za pomocą których realizowane będzie podłączenie dopływów bocznych oraz 'przykanalików'. Z doświadczeń wynika, iż koszt kształtek w podobnych zadaniach szacuje się na poziomie do 10% kosztów rurociągów, stąd ich uwzględnienie w analizie jest dość istotne biorąc pod uwagę końcową kalkulację.

2. Czynniki Decyzyjne – Wymierne.

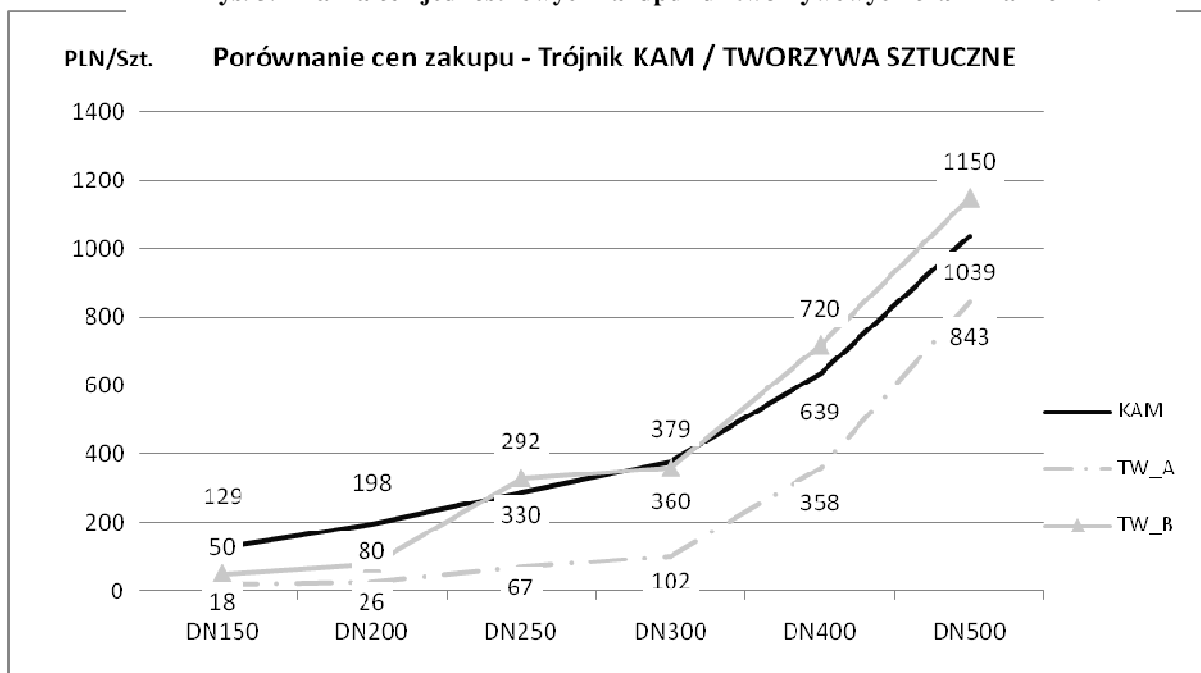
2.1. Koszt materiału – rury i kształtki.

Przy analizie kosztów zakupu systemu kanalizacyjnego, opracowania kosztorysowe najczęściej opierają się na dostępnych bazach cen materiałów budowlanych. Rozpatrując te ceny, często popełniamy błąd niedoszacowania różnicy cen zakupu systemu kanalizacyjnego z tworzywa sztucznego i materiałów tradycyjnych – kamionki. Biorąc rzeczywiste ceny zakupu, ale z uwzględnieniem udzielanych przez producentów / dystrybutorów rabatów, inwestor w bardzo łatwy sposób zauważy, iż ceny rur kamionkowych stanowią dwu i wyższą krotność cen adekwatnych rur z tworzyw sztucznych. Jeżeli przeanalizujemy ceny kształtek, okaże się, iż w wielu przypadkach cena zakupu kształtek z kamionki jest kilkukrotnie wyższa od kształtek tworzywowych, choć w największych średnicach różnica ta się zmniejsza.

Na poniższych wykresach przedstawiono średnie jednostkowe ceny zakupu rur i kształtek z rozpatrywanych tworzyw oraz z kamionki. Poniższa analiza opiera się na aktualnych cenach netto (po udzieleniu średnich rabatów inwestycyjnych) dwóch krajowych producentów dwóch różnych systemów tworzywowych (TW_A i TW_B) oraz producenta kamionki (KAM). Dla celów analizy założono porównanie rur tworzywowych w najczęściej stosowanej klasie sztywności obwodowej SN8 oraz rur kamionkowych o standardowej wytrzymałości, co jest wyborem mniej korzystnym dla tworzyw sztucznych. Odcinki rur przyjęte do porównania ustalono w oparciu o program produkcji rur kamionkowych czyli DN150 L=1500mm oraz DN200, DN250; DN300; DN400 i DN500 L=2500mm. W przypadku kształtek, do porównania wybrano trójniki redukcyjne z dopływem bocznym DN 150 pod kątem 45°. Wszystkie typy rur ujęte w poniższej analizie przyjęto jako łączone z kolejną rurą lub kształtką na wcisk (kielich z uszczelką).



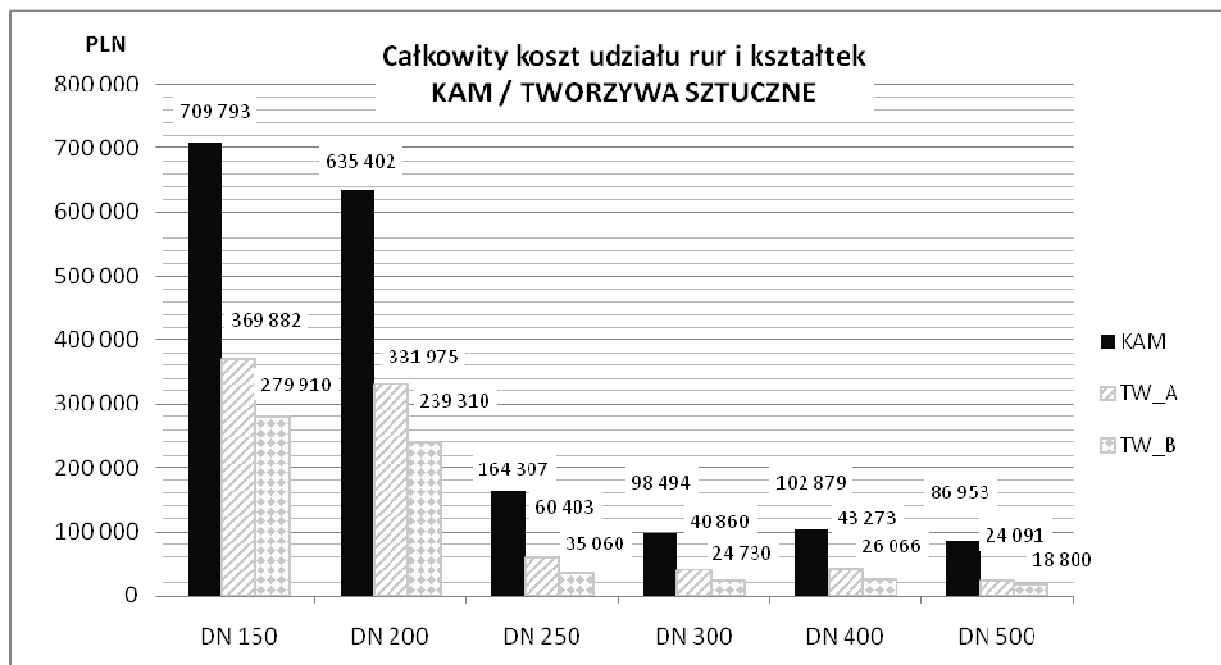
Rys. 3. Analiza cen jednostkowych zakupu rur tworzywowych oraz z kamionki.



Rys. 4. Analiza cen jednostkowych zakupu kształtek (trójnik redukcyjny dopływ 160mm, kąt 45°) z tworzywa sztucznego oraz z kamionki.

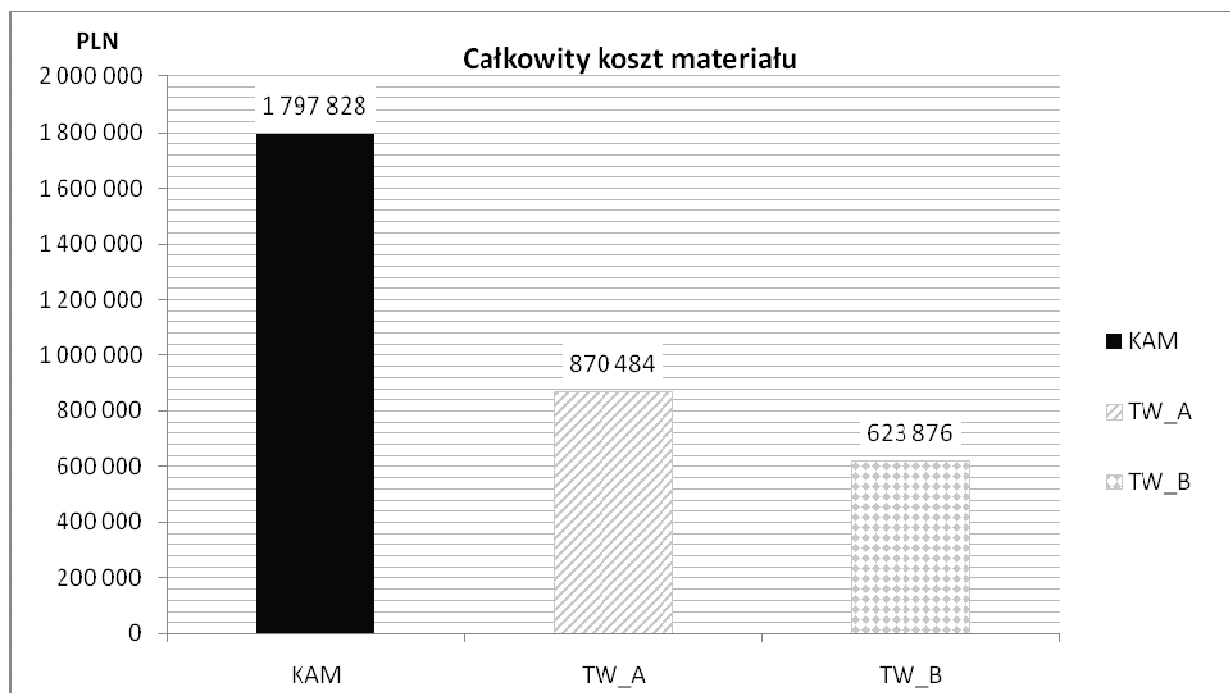
Śledząc powyższe wykresy, łatwo zauważyć, jak duża jest różnica w rzeczywistych cenach zakupu obydwu rodzajów systemów. Zarówno ceny rur jak i kształtek systemu z kamionki często stanowią wielokrotność cen adekwatnych produktów w systemach tworzywowych TW_A i TW_B. Jeżeli przyjęlibyśmy zastosowanie rur kamionkowych o podwyższonej klasie odporności widoczne znaczne różnice okazałyby się jeszcze większe.

Najlepszym porównaniem omawianych cen jest ich odniesienie do rozpatrywanego w niniejszym opracowaniu zadania inwestycyjnego. Poniższy wykres przedstawia całkowity koszt zakupu materiału po udzieleniu średnich rabatów rynkowych (rury i kształtki), biorąc pod uwagę zakres średnic oraz całkowitą długość rur w poszczególnych średnicach przedstawionych w punkcie 1.2. Przy kalkulacji założono ułożenie kanalizacji z tworzywa sztucznego TW_A i TW_B z rur o długości L=6000mm oraz kamionkowych w jedynych



Rys. 5. Analiza cen zakupu rur i kształtek z tworzyw sztucznych oraz z kamionki na omawianej inwestycji.

dostępnych długościach odcinków DN150 L=1500mm oraz DN200; DN250; DN300; DN400 i DN500 L=2500mm.



Rys. 6. Całkowita analiza cen zakupu rur tworzywowych oraz z kamionki z uwzględnieniem 10% udziału kosztu kształtek.

Jak widać na wykresie całkowitego kosztu materiału (patrz rys. 6), średnia różnica w zakupie systemu z tworzywa sztucznego, a systemu wykonanego z kamionki waha się pomiędzy kwotą 927 tys. a 1 mln. 173 tys. złotych i wynosi średnio 1 mln 50 tys. złotych. Taka oszczędność na omawianej inwestycji, pozwoliłaby na zakup materiału na podobną, a nawet większą zadaniowo inwestycję przy założeniu wykonania jej z rur i kształtek z tworzywa sztucznego. Każdy inwestor znający zakres inwestycji przewidywanych w danym roku, łatwo może obliczyć oszczędności, a co za tym idzie pozyskanie środków na nowe inwestycje skanalizowania miast i wsi w danym regionie kraju.

Kanalizowanie miast i wsi to w dzisiejszych czasach niezmiernie ważna i obszerna część inwestycji infrastrukturalnych, gdzie na pierwszym miejscu zdolności ich wykonania, stawia się pozyskanie środków oraz ich zagospodarowanie. Nie bez znaczenie jest więc kryterium najniższej ceny.

2.2. Koszt montażu – ułożenie oraz wykonanie systemu kanalizacyjnego.

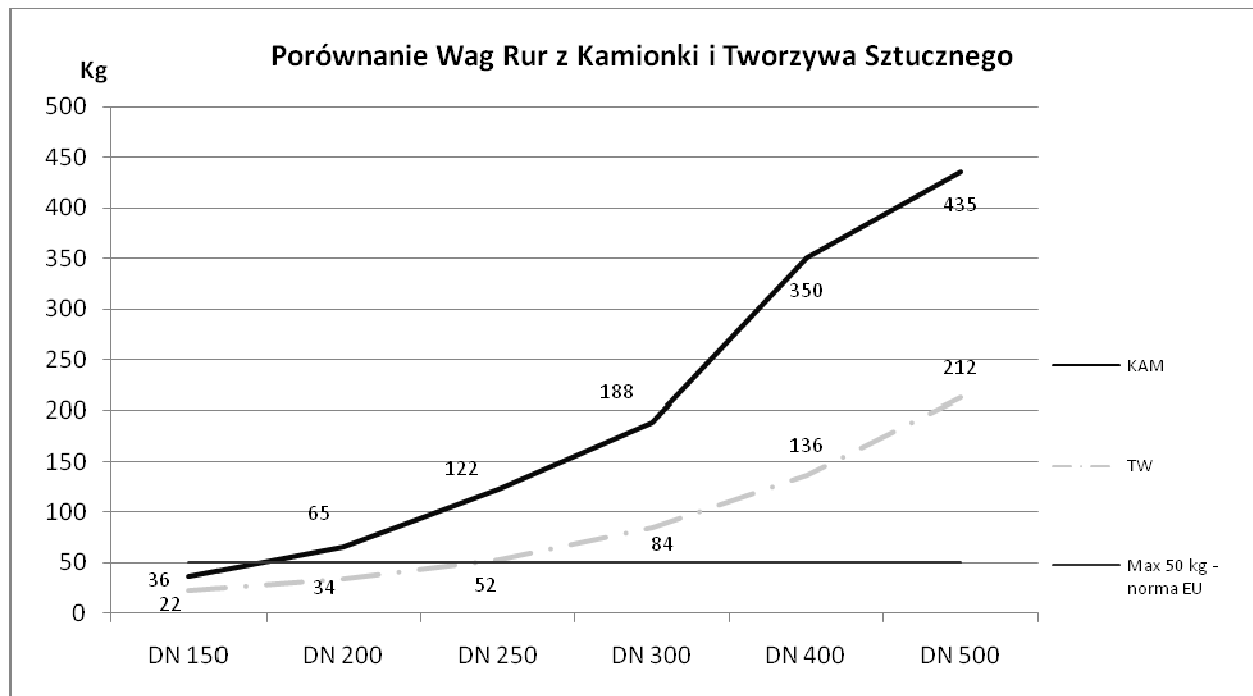
Kalkulacja powyżej wymienionych kosztów montażu i ułożenia to drugi po kosztach materiału istotny czynnik mający wpływ na rzeczywistą kalkulację wykonania zadania inwestycyjnego.

Poniżej przeanalizowano, jakie czynniki oraz w jakim stopniu mają wpływ na przytoczoną kalkulację wykonania systemu kanalizacyjnego przy porównaniu dwóch materiałów: tworzywa sztucznego oraz kamionki.

2.2.1. Ciężar elementów.

To bardzo istotny i ważny element przygotowania i wykonania prac montażowych. Wysoka waga elementów oznacza dłuższy czas prowadzenia prac, stosowanie się do europejskich norm operowania maksymalnymi ciężarami materiałów na placach budów, a

także niejednokrotnie dodatkowy koszt wykorzystania sprzętu do ich przenoszenia (dźwigów). Na poniższym wykresie, przedstawiono porównanie ciężarów rur systemów tworzywowych oraz kamionki. Zestawiono wagi rur tworzywowych - wszystkie średnice od DN150 do DN 500 o długości odcinków L=6000mm oraz kamionkowych w jedynych dostępnych długościach odcinków DN 150 L=1500mm oraz DN 200; DN 250; DN 300; DN 400 i DN 500 L=2500mm.



Rys. 7. Analiza porównawcza wag rur na omawianym zadaniu inwestycyjnym.

Jak wynika z powyższego wykresu oraz założeń analizy wnioski przedstawiają się następująco:

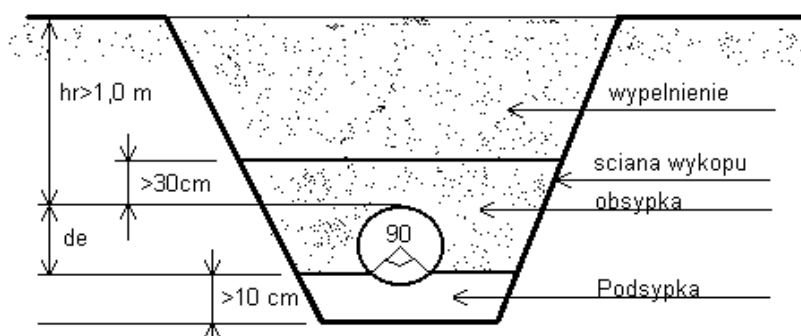
- Ciężar rur kamionkowych jest ok. 2,5 razy wyższy od ciężaru rur tworzywowych przy stosunku długości rura kamionkowa L= 2,5m do rury TW L= 6,0 m
- Układając jedną rurę tworzywową o długości L= 6 m, taki sam odcinek musimy ułożyć z 2,5 sztuk rur kamionkowych o długości L = 2,5 m każda.
- Jak wynika z przepisów Unii Europejskiej, pracownik budowlany nie może podnieść jednorazowo ciężaru większego od 50 kg (praca dorywcza) oraz 30 kg (praca ciągła), co w systemie rur kamionkowych oznacza, iż od średnicy DN 200, każda rura powinna być transportowana i układana przy pomocy sprzętu budowlanego (np.: dźwigu).
Idąc dalej i zakładając, że rury z tworzywa sztucznego możemy układać w odcinkach o długości od L=1 m do L=6 m, a rury kamionkowe przeważnie w odcinkach L=2,5 m, od długości L=3 m rury tworzywowe będą stanowić krotność rur kamionkowych. W sytuacji możliwości wykonania wykopów i układania rur o długości L=6 m, ten sam odcinek kanalizacji układamy z 2,5 sztuki rury kamionkowej o długości L= 2,5 każda. Powoduje to wydłużenie czasu montażu tego samego odcinka kanalizacyjnego do ok. 2 – krotnie dłuższego. Oznacza to, że w przypadku rur z tworzywa sztucznego, czas montażu i ułożenia rurociągu będzie znacznie krótszy (szczególnie w odcinkach L=3 m i dłuższych), co obniży koszty pracy ekip montażowych oraz sprzętu budowlanego.
- Zauważmy również, iż w miejsce wykonania jednego połączenia kielichowego w systemie rur z tworzywa, wykonujemy 2,5 połączenia w systemie z rur kamionkowych, co stanowi

2,5 – krotnie większe prawdopodobieństwo popełnienia błędu montażowego, a co za tym idzie wystąpienia w późniejszej perspektywie przecieku. Opierając się ponownie na naszym zadaniu inwestycyjnym ilość połączeń w rurach tworzywowych DN 200 to 1408 sztuk, a w rurach kamionkowych to 3378 sztuk. Tak wygląda stosunek prawdopodobieństw popełnienia wspomnianych błędów, które w skali całej inwestycji i wszystkich średnic uległoby kilkukrotnemu zwiększeniu.

2.2.2. Wykonanie podbudowy pod rurociągi.

Podbudowa pod układane rurociągi to kolejna istotna rzecz, jaką należy wziąć pod uwagę przy kalkulacji kosztów omawianych dwóch systemów.

Instrukcja układania rur kamionkowych określa sposób ich podbudowy przy układaniu w wykopie. Biorąc wszystkie średnice do DN 400, pod każdą rurę należy wykonać podbudowę piaskowo-żwirową (granulat max. 20 mm) o grubości jak na poniższym rysunku i wzorze:



$$c = 100\text{mm} + 1/10DN$$

Przy obliczeniu standardowej podbudowy pod rury tworzywowe i w/w podbudowy pod rury kamionkowe, przyjmuje się tą drugą wyższą o 30 %. Ta różnica choć niezauważalna na 1 m bieżącym rurociągu ma znaczny wpływ na cenę wykonania całej inwestycji.

3. Całkowita kalkulacja materiału oraz prac montażowych i ułożenia rurociągów.

Globalne opracowania kosztorysowe, na podstawie których potencjalny inwestor kalkuluje koszty wykonania inwestycji kanalizacji sanitarnej zawierają dwa podstawowe elementy. **Koszt zakupu** materiału oraz **koszt robocizny (R)**. Pierwszy element został już

Rys. 8. Schemat wykonania podbudowy pod rurociąg.

any w powyższym opracowaniu, natomiast drugi został scharakteryzowany pod kątem czynników, jakie mają na niego wpływ choć często są one niedoszacowywane.

Koszt robocizny przy kalkulacji ułożenia w gotowym wykopie na podsypce systemu kanalizacyjnego wyliczany jest z poniższego wzoru:

$$R = r - g \times 15\text{PLN} \times 1,7 \times 1,12 \times Lc$$

gdzie:

r-g - roboczogodzina – czas potrzebny do ułożenia 1 m rury o danej średnicy (różna dla różnych materiałów np. tworzywo sztuczne, kamionka, beton)

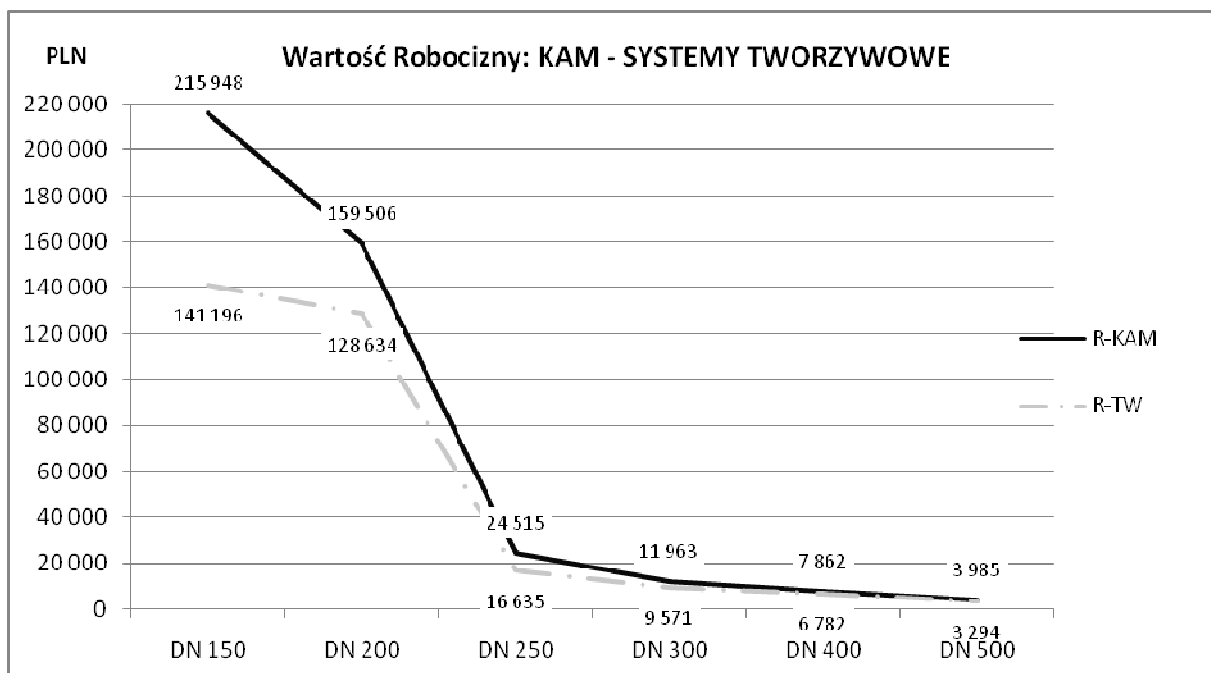
15 PLN - to stawka 1 roboczo-godziny (15 PLN)

1,7 - to mnożnik zawierający koszty ogólne firmy (zwykle KO przyjmuje się na poziomie 65-75%)

1,12 - to mnożnik zawierający zysk firmy (zwykle zysk waha się 12-20%)

Lc - to całkowita długość rurociągu o danej średnicy wykonanego z danego materiału [m]

Zazwyczaj koszt ogólny oraz zysk firmy przyjmuje się jako wartości stałe, stąd stawka roboczogodziny oraz ich ilość stanowią podstawę do wyliczenia robocizny. Mając na uwadze powyższy sposób kalkulacji oraz wcześniejsze uwagi, co do czynników niedoszacowywanych w kalkulacjach, poniższy wykres przedstawia koszt robocizny na omawianej inwestycji w rozbiciu na poszczególne średnice w systemie tworzywowym TW_A oraz w kamionce.



Rys. 9. Analiza kosztów robocizny ułożenia kanalizacji z tworzywa sztucznego oraz kamionki.

Jak pokazuje wykres całkowity koszt ułożenia kanalizacji w gotowym wykopie w całym przekroju średnic z tworzywa sztucznego w prównaniu z systemem kamionkowym jest o ok. 118 tys. niższy. Istotną informacją jest również fakt, iż największe różnice generują średnice DN150 oraz DN200, co wynika w oczywisty sposób z ich największego udziału w całkowitym zakresie długości rur i średnic na omawianym i większości innych zadań inwestycyjnych.

Aby finalnie podsumować analizę omawianej inwestycji do pełnego jej obrazu należy oszacować całkowity koszt zakupu materiału i ułożenia poszczególnych systemów. Koszt całkowity będzie zawierał koszt robocizny i materiału w poszczególnych średnicach systemu tworzywowego oraz kamionki.

$$Kc[DN] = Cc[DN] + Rc[DN]$$

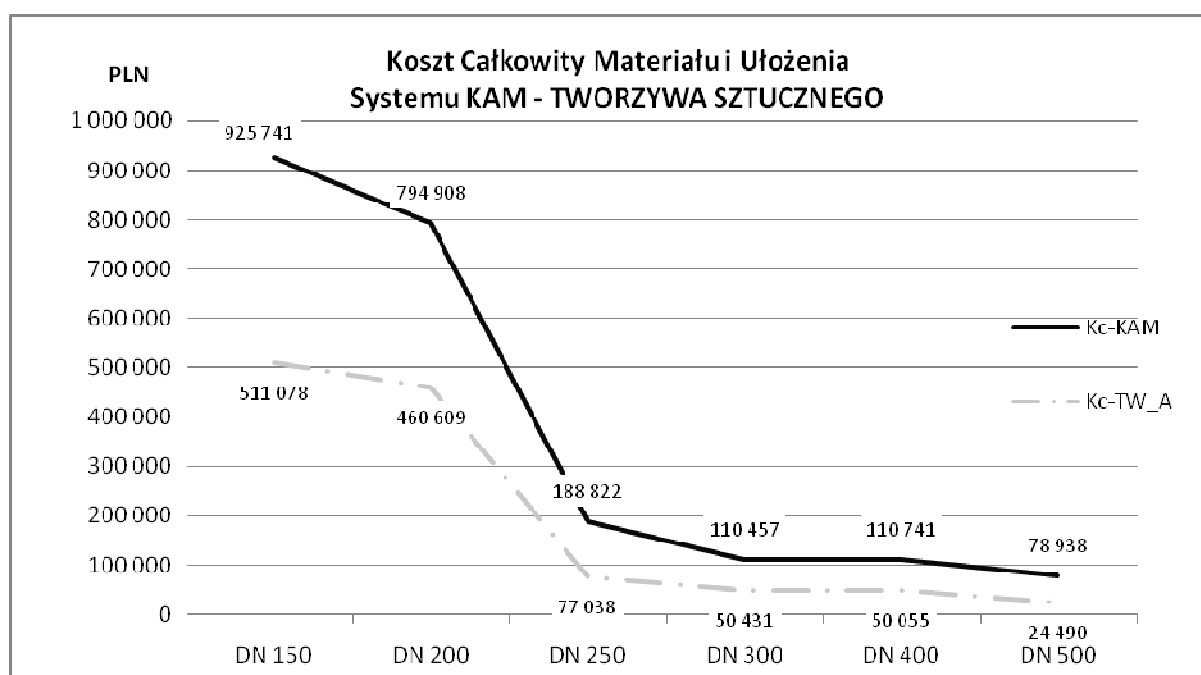
gdzie:

Kc [DN] - koszt całkowity materiału i ułożenia oraz montażu w danej średnicy

Rc [DN] - koszt całkowity robocizny i ułożenia oraz montażu w danej średnicy

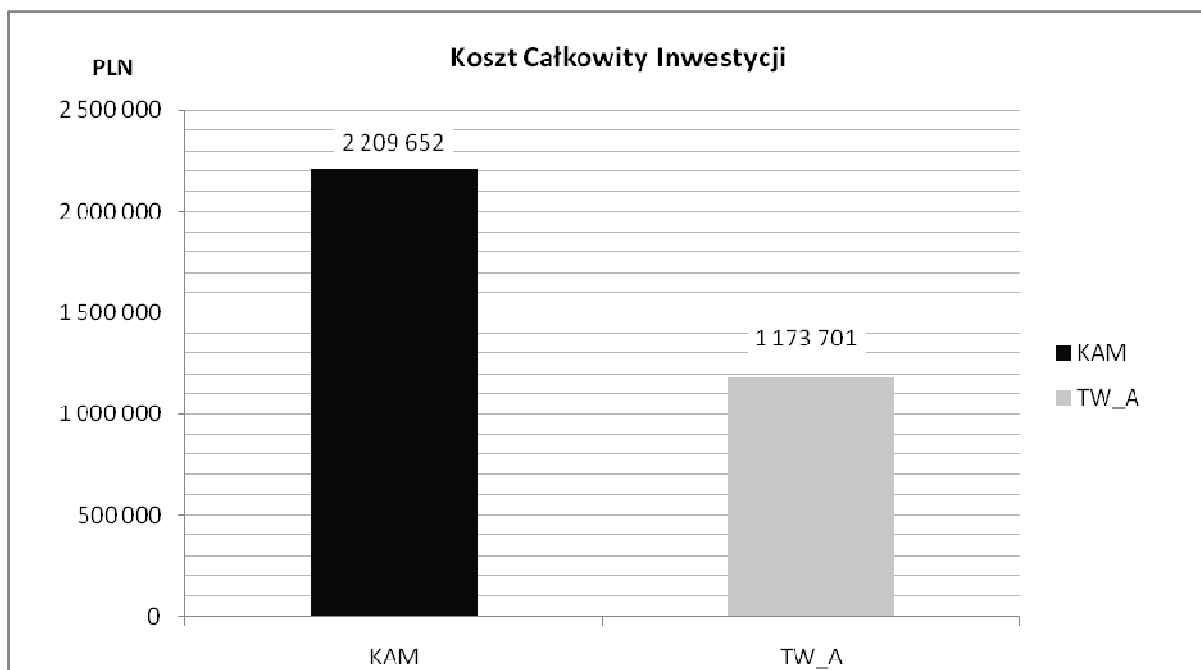
Cc [DN] - koszt całkowity materiału w danej średnicy

W oparciu o rozpatrywany wzór na poniższym wykresie przedstawiono porównanie kosztów całkowitych zakupu materiału oraz ułożenia i montażu na poszczególnych średnicach w wersji systemu z tworzywa sztucznego (zawężając go do systemu TW_A jako wariantu droższego) oraz wykonanego z kamionki.



Rys. 10. Analiza kosztów materiału oraz robocizny ułożenia kanalizacji z tworzywa sztucznego oraz kamionki w rozbiciu na poszczególne średnice w omawianym zadaniu inwestycyjnym.

Również i na tym wykresie widać, iż główne różnice generowane są na średnicach DN150 i DN200. Dopełnieniem powyższej analizy jest całkowity koszt zakupu materiału oraz prac montażowych i ułożenia systemów z tworzywa sztucznego i kamionki po zsumowaniu kosztów całkowitych na poszczególnych średnicach.



Rys. 11. Analiza kosztu całkowitego - materiału oraz robocizny ułożenia kanalizacji z tworzywa sztucznego oraz kamionki w omawianym zadaniu inwestycyjnym.

Reasumując powyższe zadanie projektowe oraz kalkulację kosztów jego wykonania okazuje się, że całkowity koszt zakupu materiału oraz ułożenia i montażu systemu kanalizacyjnego w wykonaniu z tworzywa sztucznego TW_A jest o ok. 1 mln 40 tys. niższy niż z kamionki. Przyjmując wnioski wynikające z powyższych rozważań, należałoby w powyższej kalkulacji uwzględnić wykazane wcześniej oszczędności na wynajęciu sprzętu do podnoszenia elementów, wykonania dodatkowych nakładów przy budowie podsypki piaskowo żwirowej, wynajmu ciężkich maszyn do cięcia elementów, dodatkowej siły roboczej do rozładunku i transportu na palcu budowy itp. W takiej wersji kalkulacji różnica sięgnęłaby znacznie ponad 1 mln złotych.

4. Czynniki Decyzyjne - Niewymierne

Po dokonaniu analizy ekonomicznej powyższego zadania, warto zwrócić uwagę na czynniki niewymierne, które mają wpływ na końcowy efekt inwestycji, a także późniejszej eksploatacji, jak niżej.

4.1. Szybka rozbudowa i przebudowa.

Każdy system kanalizacyjny jest przewidziany w fazie projektowej, a potem wykonawczej na jego ewentualną rozbudowę i przebudowę. Przy zastosowaniu obszernej na rynku oferty oraz dużej różnorodności rozwiązań montażowych rur i kształtek z tworzyw sztucznych, rozbudowa i przebudowa systemu kanalizacyjnego jest łatwa i krótka w czasie.

4.2. Krótki czas napraw.

To cecha bardzo istotna w trakcie prac montażowych, ale i także w czasie eksploatacji. Każda awaria to łatwość jej usunięcia za pomocą typowych kształtek lub muf

'naprawczych' w krótkim czasie, co powoduje skrócenie do minimum utrudnienia w użytkowaniu sieci kanalizacyjnej.

4.3. Łatwy i szybki montaż.

Zaletą tą wynika przede wszystkim z precyzyjnie wykonanych elementów łączących rury i kształtki oraz ich tolerancji wymiarowej. Gdy dodać to tego wcześniej przytoczone: niski ciężar elementów i swobodę operowania nimi przy montażu, cechy te sprawiają, iż montaż rur i kształtek z tworzyw sztucznych przebiega sprawnie i szybko.

4.4. Obszerność oferty, dostępność materiału i logistyka.

Wystarczy zajrzeć do oferty jednego z wielu dobrych producentów rur i kształtek z tworzyw sztucznych, aby się przekonać, jak obszerna jest gama rur w różnych długościach i kształtek w różnych kątach w porównaniu z ofertą systemu produkowanego z materiałów tradycyjnych. Różnica w cenie, obszerność oferty oraz łatwość transportu i składowania elementów czyni, iż dystrybutorzy posiadają regularne i właściwie zaopatrzone stany magazynowe systemów tworzywowych. Powoduje to dobrze zorganizowaną logistykę oraz możliwość zaopatrzenia dowolnie zlokalizowanej inwestycji w jak najkrótszym czasie.

Przedstawiona analiza opiera się na rzeczywistych cenach oraz średnich rabatach inwestycyjnych producentów omawianych systemów kanalizacyjnych. Ze względu na tajemnicę handlową ich nazwy w powyższym referacie nie zostały wymienione.