



EWA OŁDAKOWSKA

Politechnika Białostocka
e.oldakowska@pb.edu.pl

Struktura kosztów wybranych rodzajów podbudów drogowych

Konstrukcja nawierzchni to układ wielu warstw, z których każda pełni nieco inną rolę, przenosząc stopniowo obciążenie od kół pojazdu. Decydującym elementem zapewnia-

jącym trwałość konstrukcji jest podbudowa, w której powstają największe naprężenia wywołane przez pojazdy i w której często rozpoczyna się proces degradacji nawierzchni. Podbudowy są wrażliwe na warunki atmosferyczne, stąd istotny jest sposób ich wykonania i materiały, które się zastosuje. Materiałami zalecanymi do wykonywania podbudów są różne grunty, kruszywa, lepiszcza i spoiwa, a w szczególności ich mieszanki, które dzielimy na mieszanki niezwiązane, mieszanki związane spoiwem hydraulicznym i mieszanki mineralno-asfaltowe.

Mieszanka niezwiązana to ziarnisty materiał o określonym składzie ziarnowym, wytworzona z zastosowaniem kruszywa naturalnego, sztucznego bądź z recyklingu [1].

Mieszanka związana spoiwem hydraulicznym jest to mieszanka składająca się z kruszywa o kontrolowanym uziarnieniu, wymieszana w sposób zapewniający uzyskanie jednorodnej mieszanki, w której proces wiązania i twardnienia następuje na skutek reakcji hydraulicznych [2].

Mieszanka mineralno-asfaltowa jest to mieszanka kruszyw i lepiszcza.

Spośród wymagań dotyczących podbudów szczególne znaczenie ma koszt budowy, trwałość i nośność w długim czasie eksploatacji, możliwie mała wrażliwość na sporadyczne przeciążenia, jednorodność cech, odporność na działanie wody i mrozu, zmiany temperatury i starzenie materiału [3].

Koszty

Koszt to syntetyczna miara wszystkich nakładów rzeczowych poniesionych na wytworzenie danego produktu, określonych za pomocą wartości wyrażonych w jednostkach pieniężnych. Podstawowe nakłady rzeczowe to: nakład pracy ludzi (robocizna), zużycie niezbędnych materiałów oraz nakład pracy maszyn, sprzętu oraz środków transportu technologicznego.

Stawką robocizny kosztorysowej jest koszt pracy jednej roboczogodziny w złotych, do obliczenia którego przyjmuje się średnie statystyczne wynagrodzenie za jedną przepracowaną godzinę obejmujące koszty płacowe i koszty pozapłacowe z uwzględnieniem korekt. Do kosztów płacowych zalicza się wynagrodzenia osobowe i bezosobowe brutto, poza wypłatami z zysku, oraz wszystkie inne składniki ujmowane w płacowych kosztach pracy. Natomiast do kosztów pozapłacowych należą składki płacone przez pracodawcę w celu za-

bezpieczenia pracującym prawa do świadczeń społecznych, podatki związane z zatrudnieniem. Kalkulacja godzinowej stawki robocizny to stawka ustalana na podstawie kalkulacji własnej wykonawcy robót, publikowanych informacji o wysokości stawek, negocjacji stawki pomiędzy stronami.

Wartość zużytych materiałów to zazwyczaj największy składnik kosztów robót budowlanych. Podstawę do obliczenia wartości kosztorysowej materiałów stanowią nakłady rzeczowe i ceny nabycia, które ustala się na podstawie różnych dostępnych źródeł (faktury zakupów, ceny średnie wazone z własnej ewidencji kosztów, cenniki oraz oferty producentów i dostawców lub publikacje urzędowe informacji cenowych).

Kalkulacja kosztów pracy sprzętu budowlanego oraz środków transportu technologicznego, przypadająca na jednostkę produkcji, to iloczyn nakładów pracy sprzętu (w maszynogodzinach) niezbędnych do wykonania produkcji i ceny maszynogodziny pracy sprzętu [4]. Nakłady pracy sprzętu powinny ujmować czas zatrudnienia sprzętu na budowie podczas wykonywania pracy oraz okres gotowości do pracy. Cenę pracy sprzętu ustala się na podstawie: kalkulacji i informacji własnych wykonawcy, publikowanych informacji o cenach najmu sprzętu, negocjacji dwustronnych pomiędzy zamawiającym a wykonawcą.

Założenia do analizy struktury kosztów wykonania podbudowy z mieszanki niezwiązanej i podbudowy z gruntu stabilizowanego spoiwem hydraulicznym

Do oceny kosztów wykonania podbudowy z mieszanki niezwiązanej i podbudowy z gruntu stabilizowanego spoiwem hydraulicznym przyjęto następujące dane i założenia:

- jednostka – 1m² podbudowy,
- grubość warstwy – 20 cm,
- materiały i maszyny do prac stabilizacyjnych metodą „na miejscu”:
materiały: cement portlandzki CEM II 32,5, popiół lotny, wapno palone (spoiwa dostarczane luzem ze względów ekonomicznych oraz ze względu na charakter prowadzonych robót),
maszyny: równiarka samojezdna, walec stalowy wibracyjny samojezdny, zespół do stabilizacji gruntu, ciągnik kołowy, beczkowóz,
- optymalne ilości spoiwa: cement – 0,020 t/m², popiół lotny – 0,020 t/m², wapno palone – 0,015 t/m² i wody: 0,034 m³/m² – stabilizacja gruntu cementem, 0,032 m³/m² – stabilizacja gruntu wapnem i popiołami,

- pielęgnacja warstwy stabilizowanej cementem z wykorzystaniem 5 cm warstwy piasku wraz z polewaniem wodą przez okres 7 dni, założona ilość wody – 0,07 m³/m² zapewniająca utrzymanie warstwy ochronnej z piasku w stanie wilgotnym,
- materiały i maszyny do wykonania podbudowy z mieszanek niezwiązanych:
materiały: kruszywo naturalne i naturalne łamane,
maszyny: równiarka samojezdna i walec stalowy wibracyjny samojezdny,
- godzinowa stawka robocizny oraz ceny pracy sprzętu budowlanego – zaczerpnięte z zeszytu nr 4/2015 „Sekocenbudu” [5],
- ceny materiałów – ustalone na podstawie ofert lokalnych dystrybutorów.

Tabela 1. Zestawienie cen jednostkowych materiałów stosowanych do wykonania podbudowy z gruntu stabilizowanego spoiwami hydraulicznymi i podbudowy z mieszanki niezwiązanej

Materiał	Cena jednostkowa	
	zł/t	zł/m ³
Cement portlandzki CEM II 32,5	285,00	–
Popiół lotny	115,00	–
Wapno	465,00	–
Piasek	29,00	–
Pospółka	46,50	–
Tłuczeń (0÷31,5)	65,00	–
Woda (średnia cena dla miasta białystok)	–	6,41

Tabela 2. Zestawienie cen jednostkowych pracy sprzętu wykorzystanego do wykonania podbudowy z gruntu stabilizowanego spoiwami hydraulicznymi i podbudowy z mieszanki niezwiązanej

Sprzęt	Cena jednostkowa zł/m-g
Równiarka samojezdna o mocy 100 km	89,92
Walec stalowy wibracyjny samojezdny 7,5 t	68,65
Ciągnik kołowy 85 km	48,29
Beczkwóz ciągniony 4000 dm ³	36,50
Zespół do stabilizacji gruntu	97,00

Analiza struktury kosztów wykonania podbudowy z mieszanki niezwiązanej i podbudowy z gruntu stabilizowanego spoiwem hydraulicznym

Zestawienie kosztów wykonania 1 m² podbudowy z gruntu stabilizowanego spoiwem hydraulicznym oraz podbudowy z mieszanki niezwiązanej przedstawiono w tabeli 3. Na podstawie sporządzonych kalkulacji dokonano zestawienia struktury kosztów robocizny, materiałów oraz pracy sprzętu dla założonego 1 m² wykonywanej podbudowy, które przedstawiono na rysunkach 1–4.

Analiza danych zawartych w tabeli 3, obejmującej zestawienie kosztów wykonania 1m² podbudowy z gruntu stabilizowanego spoiwami hydraulicznymi i podbudowy z mieszanki niezwiązanej wskazuje, że zdecydowanie najdroższą spośród rozpatrywanych jest podbudowa z mieszanki kruszyw łamanych. Koszt jej wykonania wynika z ceny samego materiału wynoszącej ponad 27 złotych, co stanowi 85% całkowitego kosztu wykonania 1m² podbudowy.

Tabela 3. Zestawienie kosztów wykonania 1m² podbudowy z gruntu stabilizowanego spoiwami hydraulicznymi i podbudowy z mieszanki niezwiązanej

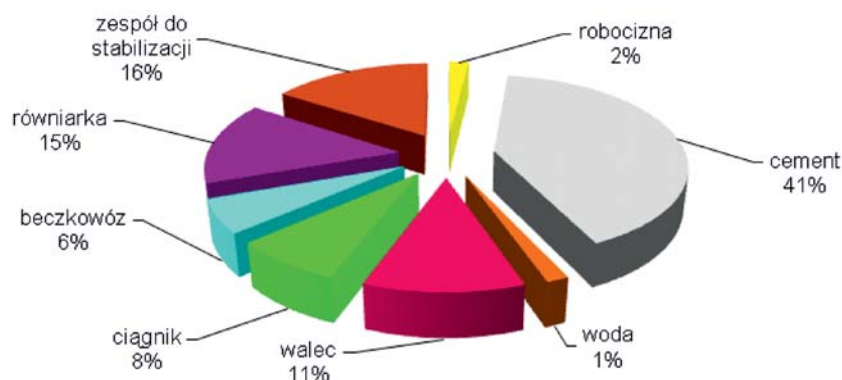
Podbudowa zł/m ²		Cena jednostkowa
Grunt stabilizowany	cementem	13,88 + 2,45 (pielęgnacja) = 16,33
	popiołem	11,84
	wapnem	16,06
Mieszanka niezwiązana	kruszywo naturalne	13,58
	kruszywo naturalne łamane	32,54

Spośród podbudów z gruntów stabilizowanych spoiwami hydraulicznymi najkosztowniejszą okazała się stabilizacja cementem, z uwagi na dodatkowe wydatki związane z pielęgnacją wykonanej warstwy.

Najtańszą w wykonaniu, spośród przedstawionych, jest podbudowa z gruntu stabilizowanego popiołami.

Zaprezentowane w postaci graficznej wyniki przeprowadzonych kalkulacji wskazują na wyraźny wpływ kosztów pracy sprzętu, w przypadku podbudów z gruntów stabilizowanych spoiwami hydraulicznymi oraz materiałów w przypadku podbudów z kruszyw niezwiązanych, na koszty wykonania 1m² podbudowy.

Struktura kosztów wykonania podbudów z gruntów stabilizowanych spoiwami obejmująca robocizną, wartość zużytych materiałów i koszt pracy sprzętu pokazuje, że koszt robocizny w każdym z rozpatrywanych przykładów stanowił około 2% kosztu całkowitego wykonania 1m² podbudowy i wynosił odpowiednio 1,93%, 2,27% i 1,67% – przy stabilizacji cementem,

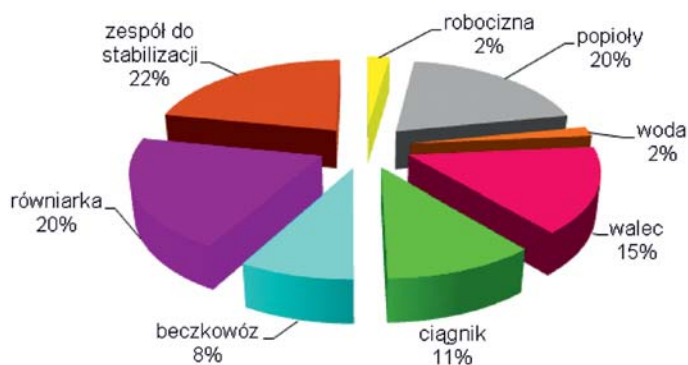


Rys. 1. Struktura kosztów wykonania podbudowy z gruntu stabilizowanego cementem

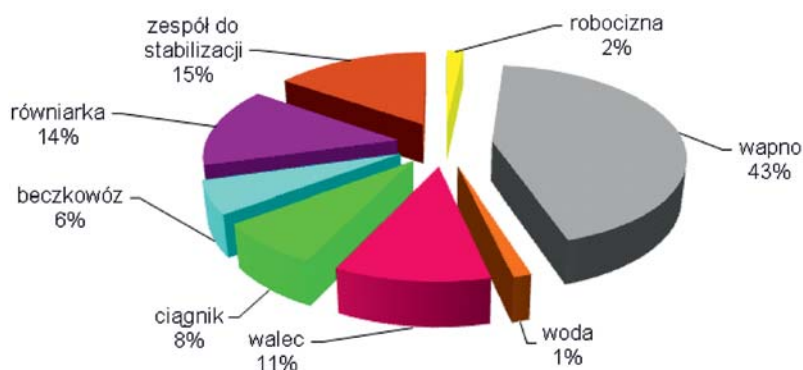
popiołami i wapnem. Zdecydowanie większy udział procentowy w koszcie wykonania 1m² podbudowy ma natomiast wykorzystany materiał, zwłaszcza cement i wapno, z uwagi na ceny jednostkowe na poziomie 285 zł/t i 460 zł/t. Nieco niższa cena popiołów lotnych powoduje, że materiały w przypadku stabilizacji z zastosowaniem tego spoiwa stanowią jedynie 20% ceny wykonania 1m² podbudowy, podczas gdy cement 41%, zaś wapno 43%. Woda niezbędna w procesie stabilizacji (z ceną 6,41 zł/m³) to zaledwie 1÷2% kosztów całkowitych. Należy oczywiście pamiętać, że koszty materiałowe zależą od bardzo wielu czynników, a podane udziały procentowe dotyczą cen ustalonych na podstawie ofert lokalnych dystrybutorów.

Stabilizacja gruntów spoiwami hydraulicznymi to proces, w którym zdecydowaną rolę odgrywa praca wykorzystywanych maszyn. Ich udział decyduje w około 55% (stabilizacja cementem i wapnem) bądź w ponad 75% (stabilizacja popiołami) o koszcie wykonania 1m² podbudowy. Wpływ poszczególnych maszyn na koszt pracy sprzętu podczas stabilizacji cementem przedstawia się następująco: koszt pracy równiarki samojezdnej – 26,42%, koszt pracy walca stalowego wibracyjnego samojezdnego – 20,17%, koszt zespołu do stabilizacji gruntu – 28,50%, koszt pracy ciągnika kołowego – 14,19% i beczkowozu ciągnionego – 10,72%.

Struktura kosztów wykonania podbudów z kruszyw niezwiązanych przedstawia się nieco inaczej – w ich przypadku

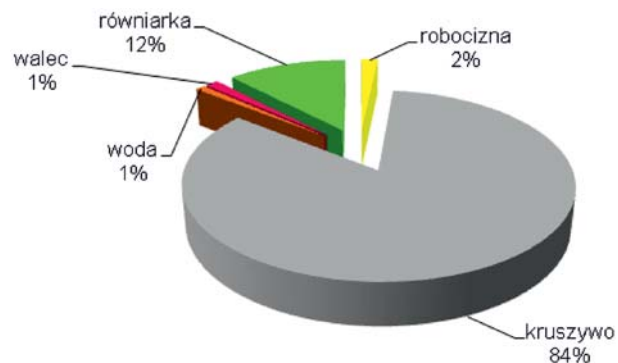


Rys. 2. Struktura kosztów wykonania podbudowy z gruntu stabilizowanego popiołami



Rys. 3. Struktura kosztów wykonania podbudowy z gruntu stabilizowanego wapnem

obserwujemy zdecydowany wpływ ceny materiałów na cenę wykonania 1m² podbudowy wynoszący około 85%; udział robocizny to jedynie 2%, a pracy sprzętu 13%.



Rys. 4. Struktura kosztów wykonania podbudowy z kruszyw niezwiązanych

Wnioski

Przeprowadzone kalkulacje i analizy pozwalają sformułować następujące wnioski:

- (1) Koszt wykonania podbudowy zależy od rozwiązań materiałowo-technologicznych.
- (2) Największy udział w koszcie wykonania 1 m² podbudowy związanej spoiwem hydraulicznym ma koszt pracy sprzętu, natomiast o koszcie wykonania 1 m² podbudowy z kruszyw niezwiązanych decyduje cena materiału.
- (3) Najtańszą w wykonaniu, spośród analizowanych, okazała się podbudowa z gruntu stabilizowanego popiołami, najkosztowniej natomiast podbudowa z mieszanki kruszyw łamanych.
- (4) Najwyższe koszty wykonania podbudowy z gruntu stabilizowanego spoiwami hydraulicznymi, dotyczą stabilizacji cementem, z uwagi na dodatkowe wydatki związane z pielęgnacją wykonanej warstwy.

Bibliografia

- [1] Wymagania Techniczne WT-4 2010. Mieszanki niezwiązane do dróg krajowych. Załącznik Nr 3 do Zarządzenia Nr 102 Generalnego Dyrektora Dróg Krajowych i Autostrad z dnia 19 listopada 2010 r.
- [2] Wymagania Techniczne WT-5 2010. Mieszanki związane spoiwem hydraulicznym do dróg krajowych. Załącznik Nr 4 do Zarządzenia Nr 102 Generalnego Dyrektora Dróg Krajowych i Autostrad z dnia 19 listopada 2010 r.
- [3] Kukiela J., *Nawierzchnie asfaltowe dróg samorządowych*, Politechnika Lubelska, Lublin, 2013
- [4] Kowalczyk Z., Zabielski J., *Kosztorysowanie i normowanie w budownictwie*, Wydawnictwa Szkolne i Pedagogiczne, Warszawa, 2005
- [5] Sekocenbud – Zeszyt nr 4/2015r. Informacja o stawkach robocizny kosztorysowej oraz cenach pracy sprzętu budowlanego w I kwartale 2015 r., Ośrodek Wdrożeń Ekonomiczno-Organizacyjnych Budownictwa „Promocja”, Warszawa, 2015