

DOI: 10.37105/enex.2021.1.02

ENGINEERING EXPERT RZECZOZNAWCA



Analiza wybranych parametrów mających wpływ na czas trwania realizacji inwestycji infrastrukturalnych

Magdalena DĄBROWSKA¹ (ORCID ID: 0000-0002-0275-0935)

¹Contract Advisory Services Sp. z o. o., ul. Pańska 98/7, 00-837 Warszawa, Polska

Adres do korespondencji: magdalena.dabrowska@caservices.pl

Streszczenie: Celem niniejszej analizy jest przedstawienie czynników przyczyniających się do opóźnień w realizacjach inwestycji drogowych oraz wskazanie zestawu cech, na podstawie których, w najbardziej prawidłowy sposób, można przewidzieć rzeczywisty czas trwania budowy autostrady lub drogi ekspresowej. Wszystkie oceniane cechy kontraktu są znane przed dniem podpisania umowy. Dotyczą one między innymi uwarunkowań lokalizacyjnych czy projektu budowlanego. Do przeprowadzenia analizy zebrano bazę 69 kontraktów drogowych dla których postępowanie przetargowe zostało wszczęte w latach 2009 – 2014. Wybrane kontrakty zrealizowano w Polsce i oddano do użytkowania do końca roku 2020.

Słowa kluczowe: opóźnienia, planowany czas trwania, drogi ekspresowe, autostrady, korelacja

Oficjalną wersją publikacji jest wersja angielskojęzyczna – posiada DOI. Niniejszy plik jest polskojęzyczną wersją.

Zacytuj ten artykuł w następujący sposób:

Dąbrowska M., Analysis of selected parameters affecting the duration of infrastructure investments, Engineering Expert, p. 9-16, No. 1, 2021, DOI: 10.37105/enex.2021.1.02

1. Wprowadzenie

„Czas to pieniądź” szczególnie jeśli chodzi o długoterminowe inwestycje budowlane. Parafrazując tę sentencję można stwierdzić, że opóźnienie to koszty, które ponosi zamawiający lub wykonawca w związku z wydłużeniem czasu trwania budowy. Z powodu tych dodatkowych kosztów, temat terminowej realizacji zamówień jest bardzo istotny, zarówno dla inwestora jak i dla wykonawcy. Zwłaszcza aktualnie, gdy infrastruktura drogowa w Polsce rozwija się bardzo dynamicznie. Od momentu wejścia państwa do Unii Europejskiej, wybudowano w Polsce wiele nowych dróg klasy A oraz dróg klasy S, które stanowią ważne połączenia międzymiastowe, korytarze europejskie czy obwodnice dużych miast.

Nie wszystkie autostrady czy drogi ekspresowe zrealizowane były zgodnie z planem, jeśli chodzi o terminowość oddania drogi do użytku. Wykonanie części z nich trwało znacznie dłużej niż przewidywano na etapie przetargu. Taka sytuacja miała miejsce, mimo iż we wszystkich przypadkach zamawiającym była jedna instytucja publiczna, czyli Generalna Dyrekcja Dróg Krajowych i Autostrad. Powstaje zatem pytanie czy GDDKiA stosuje schematy i kalkulacje na podstawie których wyznacza wykonawcy termin zakończenia realizacji? Jeśli tak, to na podstawie jakich danych określany jest planowany czas trwania inwestycji? Generalna Dyrekcja nie udostępnia na swoich stronach internetowych informacji na ten temat. W dostępnej obecnie literaturze trudno znaleźć badania, które analizowałyby sposób wyznaczania planowanego czasu trwania inwestycji drogowych. Większość dostępnej literatury skupia się głównie na badaniu opóźnień.

2. Opóźnienia w inwestycjach infrastrukturalnych

Inwestycje budowlane, a w szczególności długotrwałe inwestycje infrastrukturalne (liniowe) są bardzo podatne na wiele czynników zewnętrznych, które mogą wpłynąć na opóźnienia w realizacji robót. W literaturze wymienia się trzy główne grupy czynników. Są to między innymi czynniki makroekonomiczne (stopa bezrobocia oraz inflacja), które wynikają z ogólnoswiatowej kondycji rynku. Kolejną grupą są czynniki związane z unikalnymi parametrami inwestycji, do których, oprócz projektu, zalicza się także warunki atmosferyczne oraz relacje pomiędzy stronami w trakcie trwania budowy czy etapu projektowania. Ostatnia grupa to czynniki związane z wykonawcą, który dane przedsięwzięcie realizuje. Tutaj wymienia się wielkość, specjalizację i doświadczenie firmy realizującej [1]. Za główne przyczyny opóźnień uznaje się przede wszystkim błędy w przekazywanej dokumentacji technicznej, które są źródłem niedomówień i sporów pomiędzy stronami. Często wiąże się to ze złą współpracą zamawiającego z wykonawcą co pogłębia problemy, na przykład podczas wyjaśniania niejasności w dokumentacji. Zbyt duża liczba podwykonawców także nie sprzyja terminowości w realizacji. Być może również chodzi tutaj o brak właściwej współpracy. Ponadto, negatywny wpływ mają też czynniki atmosferyczne oraz terminowość dostaw materiałów budowlanych [2].

Samo wskazanie przyczyn opóźnień nie jest jednak wystarczające, aby im zapobiegać. Ponadto, wymienione wyżej okoliczności zakłócające realizację uwidaczniają się dopiero po podpisaniu umowy pomiędzy stronami, przez co nie ma możliwości, aby na ich podstawie dostosować planowany okres realizacji. Dlatego od wielu lat trwają badania nad możliwością prognozowania rzeczywistego czasu trwania, jeszcze przed rozpoczęciem budowy. Wiedza ta pozwoliłaby na organizację i zarządzanie inwestycją w sposób bardziej świadomy, dzięki czemu można by uniknąć wielu, nie do końca przemyślanych decyzji (podejmowanych pod presją czasu), które nie zawsze są najlepszym (najtańszym) możliwym rozwiązaniem.

3. Dane do analizy

Badaniu poddano 69 kontraktów drogowych dla których postępowanie przetargowe zostało wszczęte w latach 2009 – 2014. Umowy, na ogłoszone w tych latach inwestycje, podpisywane były w okresie od 2009 do 2017 roku. Wybrane kontrakty zrealizowano w Polsce i oddano do użytkowania do końca roku 2020. Poniżej przedstawiono tabelę, pokazującą ile kontraktów podpisanych w danym roku, w danym województwie, zostało uwzględnionych w analizie. Inwestycje, które przebiegały przez dwa województwa, zostały pokazane w oddzielnych kolumnach.

Tabela 1. Zestawienie lokalizacyjne i terminowe wybranych do analizy kontraktów (opracowanie własne)

Rok podpisania umowy	dolnośląskie	dolnośląskie / wielkopolskie	kujawsko-pomorskie	lubelskie	lubuskie	łódzkie	małopolskie	mazowieckie	podkarpackie	podlaskie	pomorskie / warmińsko mazurskie	śląskie	świętokrzyskie	warmińsko mazurskie	wielkopolskie	wielkopolskie / dolnośląskie	wielkopolskie / łódzkie	zachodniopomorskie	Suma wybranych
2009						1	1	2	2						2				8
2010						3	2		2			2		1		1			11
2011		1		1		1											1		4
2012						3				1									4
2013															1				1
2014	3			1	1		1	1	1				1		2				11
2015	3		2	2				1		1	1	3	1	4				5	23
2016							1	2				1			2				6
2017													1						1
Suma	6	1	2	4	1	8	5	6	5	2	1	6	3	5	7	1	1	5	69

Przedstawione w Tabeli nr 1 kontrakty zostały zrealizowane przez 25 różnych wykonawców. 14 z nich realizowało po jednym kontrakcie, pozostali zostali wybierani przez GDDKiA kilkakrotnie. Tylko jeden z wykonawców realizował więcej niż 10 inwestycji.

4. Analiza wybranych parametrów

Badaniu poddano 6 parametrów które mogą mieć wpływ na czas realizacji inwestycji budowlanej. W tabeli nr 2 przedstawiono badane parametry oraz ich współczynnik korelacji Pearsona z planowanym czasem trwania:

Tabela 2. Korelacja poszczególnych parametrów z planowanym czasem trwania (opracowanie własne)

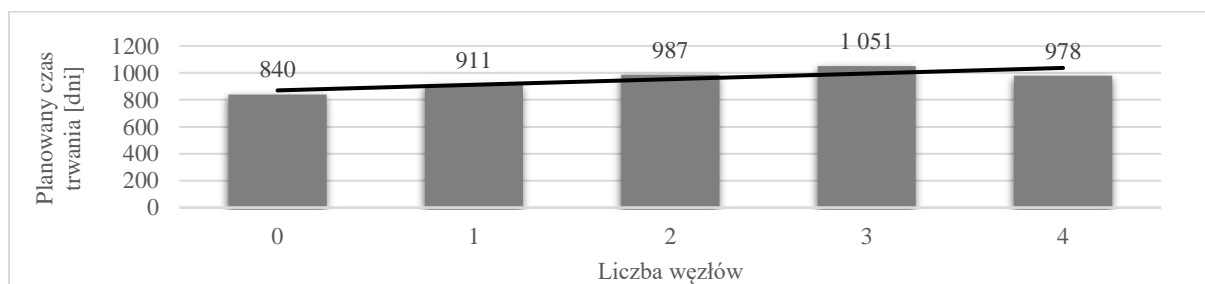
L.p.	Parametr	Współczynnik korelacji
1	Liczba węzłów	0,19
2	Długość [km]	0,09
3	Łączna liczba obiektów inżynierskich	0,04
4	Strefa przemarzania gruntu	-0,09
5	Liczba MOP-ów	-0,16
6	Średnia wysokość nad poziomem morza	-0,20

Na podstawie powyższej tabeli można stwierdzić, że żadna z badanych cech nie wykazuje silnej korelacji z planowanym czasem trwania. Oznacza to, że prawdopodobnie żaden z tych czynników nie jest brany pod uwagę przez GDDKiA przy wyznaczaniu terminu realizacji inwestycji. Aby potwierdzić powyższe przypuszczenia sporządzono wykresy (nr 1, nr 3, nr 5, nr 7, nr 9 i nr 11) każdej z wymienionych cech oraz planowanego czasu trwania.

Dodatkowo, skonfrontowano otrzymane wyniki z wykresami (nr 2, nr 4, nr 6, nr 8, nr 10 i nr 12) dotyczącymi danych cech i opóźnienia badanych kontraktów. W analizie wykorzystano opóźnienie w stosunku do planowanego czasu trwania. Samo opóźnienie nie daje jednoznacznej odpowiedzi na pytanie, jak bardzo kontrakt był opóźniony. Dlatego obliczone opóźnienie zostało odniesione do planowanego czasu trwania, aby uzyskać procentową wartość, która umożliwia porównywanie opóźnień na kontraktach między nimi. Należy jednak zaznaczyć, że opóźnienie jest liczone na podstawie daty oddania realizowanego odcinka do użytku. Termin zakończenia realizacji robót objętych umową jest zwykle inny, ponieważ niektóre prace wykończeniowe wykonywane są, gdy możliwy jest już ruch samochodów po danym odcinku.

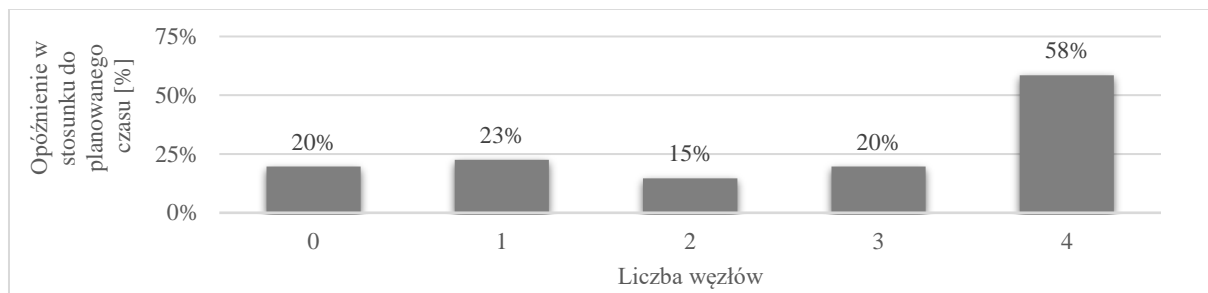
W punktach 3.1-3.6 przedstawiono wykresy zależności danego parametru od planowanego czasu realizacji oraz od opóźnienia względnego.

4.1. Liczba węzłów



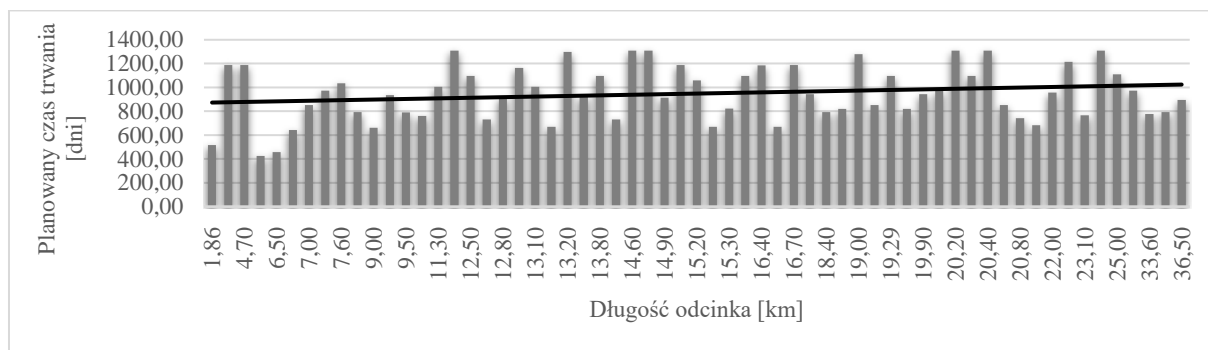
Rys. 1. Zależność pomiędzy liczbą węzłów a planowanym czasem trwania (opracowanie własne)

Na podstawie wykresu liczby węzłów (rys. 1) można zaobserwować, że ma ona wpływ na planowany czas trwania inwestycji, mimo że współczynnik korelacji Pearsona wynosi tylko 0,19. Odchylenie przy liczbie 4 może wynikać ze zbyt małej ilości danych na podstawie których została policzona średnia planowanego czasu. Na poniższym wykresie nr 2 widać, że przy maksymalnej liczbie węzłów średnie opóźnienie jest prawie trzykrotnie większe niż na pozostałych. Wynik ten może wiązać się ze skalą i złożonością inwestycji, która im jest większa (obejmuje więcej węzłów), tym rzadziej oddawana do użytku w terminie umownym. Dlatego słusznym jest uzależnienie planowanego czasu trwania od liczby węzłów przewidzianych na danej trasie.



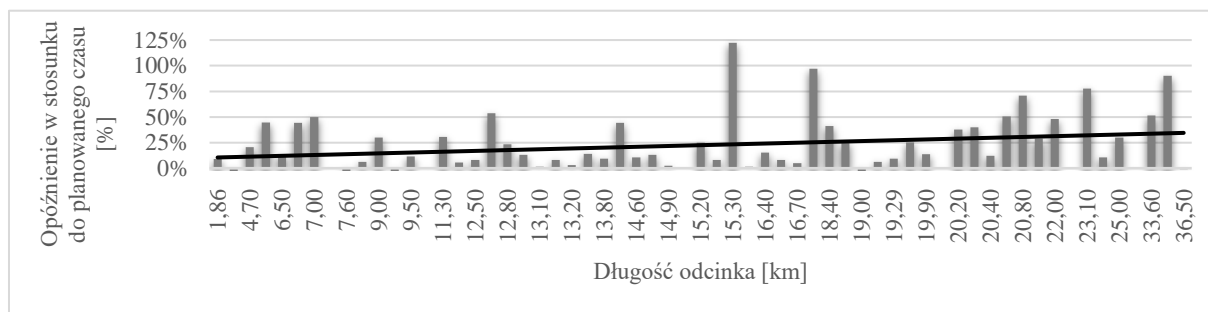
Rys. 2. Zależność pomiędzy liczbą węzłów a średnim opóźnieniem (opracowanie własne)

4.2. Długość odcinka



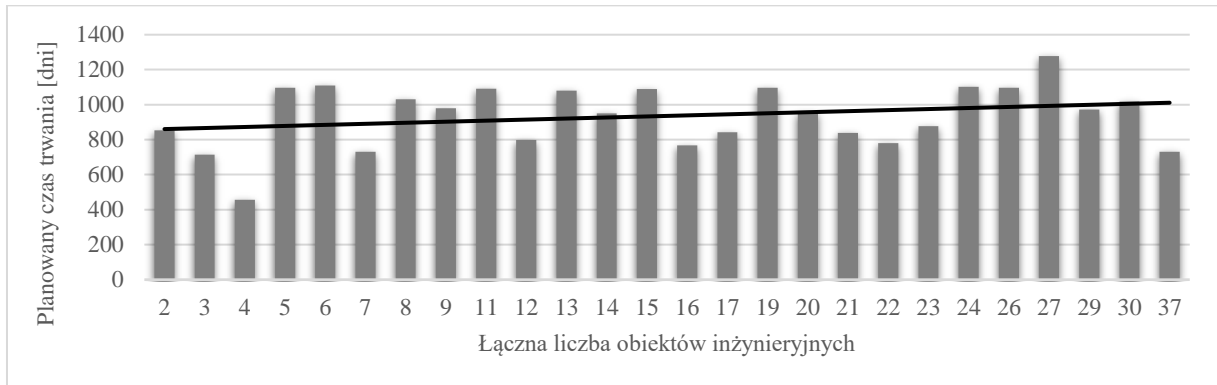
Rys. 3. Zależność pomiędzy długością odcinka a planowanym czasem trwania (opracowanie własne)

Na powyższym wykresie widać, że długość odcinka nie ma wyraźnego znaczenia przy określeniu czasu trwania realizacji inwestycji. Linia trendu co prawda wskazuje na lekkie wydłużenie czasu wraz ze wzrostem długości, jednak patrząc na pojedyncze kontrakty można mieć wrażenie, że czas trwania był ustalany niezależnie od tego parametru. Na podstawie wykresu nr 4, można zaobserwować, że dla krótkich odcinków występują opóźnienia sięgające maksymalnie 50 % planowanego czasu trwania. Powyżej długości 15 km, występuje znacznie więcej kontraktów opóźnionych o ponad 50%. Można zatem wnioskować, że opóźnienie kontraktu może zależeć od długości odcinka, w związku z czym parametr ten powinien być brany pod uwagę przy wyznaczaniu planowanego czasu trwania.



Rys. 4. Zależność pomiędzy długością odcinka a średnim opóźnieniem (opracowanie własne)

4.3. Liczba obiektów



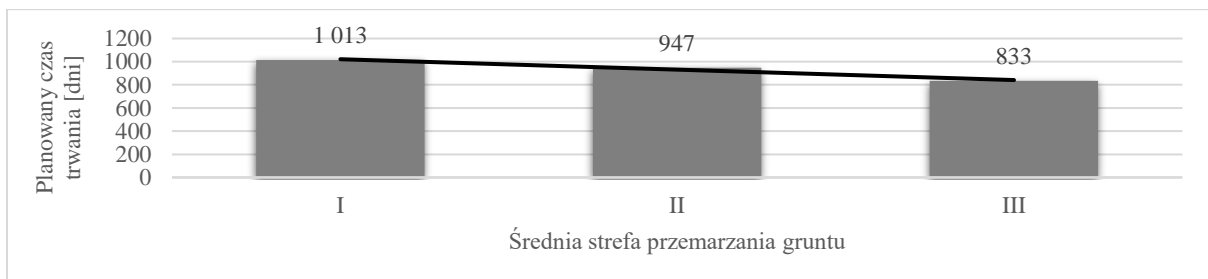
Rys. 5. Zależność pomiędzy łączną liczbą obiektów a planowanym czasem trwania (opracowanie własne)

Podobnie jak dla długości odcinka (rys. 3), na powyższym wykresie (rys. 5) widać, że liczba obiektów inżynierskich nie ma wyraźnego wpływu na określenie czasu trwania realizacji inwestycji. Na podstawie wykresu nr 6 można zaobserwować jednak, że liczba zaplanowanych obiektów ma silny wpływ na rzeczywistą datę oddania trasy do użytkowania. Powodem takiego stanu rzeczy może być fakt, że obiekty w ciągu drogi silnie oddziałują na możliwość prowadzenia robót na całej trasie. Ponadto mosty czy estakady prowadzone są często nad obszarami z cennymi walorami przyrodniczymi, które wymagają szczególnej ostrożności podczas robót. Dlatego parametr ten niewątpliwie powinien być brany pod uwagę przy wyznaczaniu czasu trwania realizacji.



Rys. 6. Zależność pomiędzy łączną liczbą obiektów a średnim opóźnieniem (opracowanie własne)

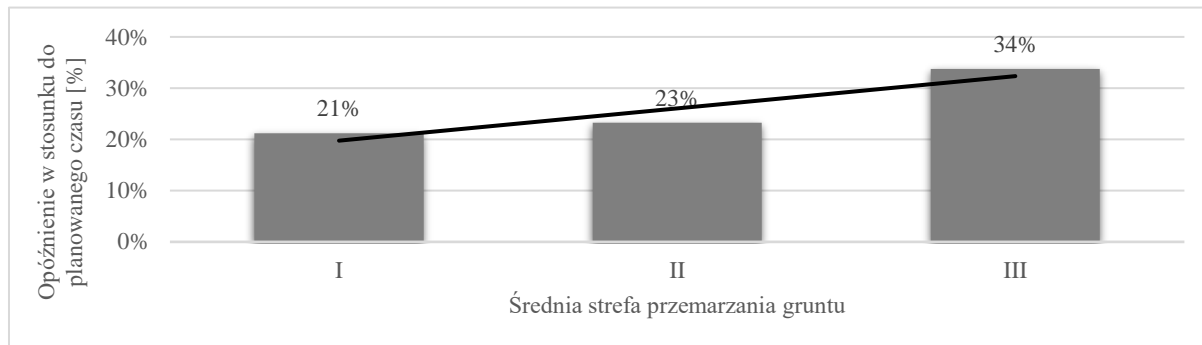
4.4. Strefa przemarzania gruntu



Rys. 7. Zależność pomiędzy strefą przemarzania gruntu a planowanym czasem trwania (opracowanie własne)

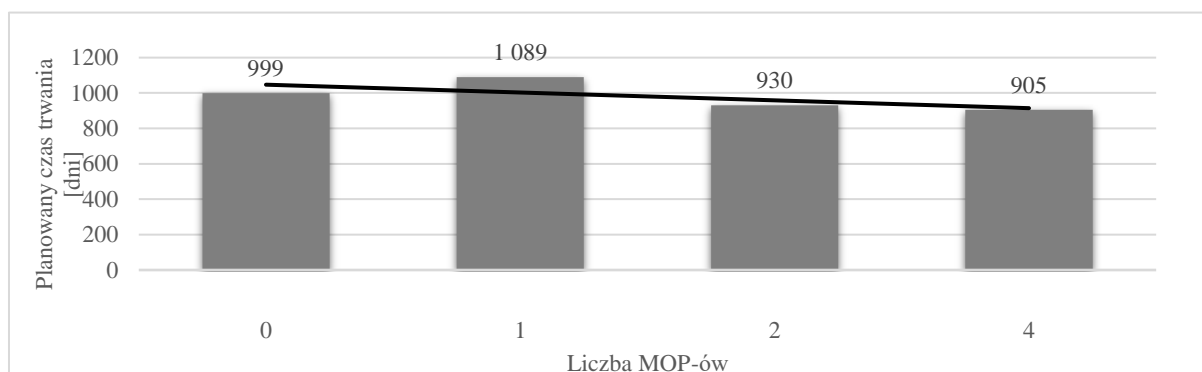
Strefa przemarzania gruntu oddaje w pewnym przybliżeniu charakter warunków atmosferycznych panujących na danym obszarze. Oczywiście jest, że niesprzyjająca pogoda może opóźnić nawet najlepiej zorganizowane przedsięwzięcie drogowe. W przypadku tego parametru, na wykresie nr 7 widać jednak, że planowany czas trwania jest zazwyczaj krótszy na obszarach z trudniejszymi warunkami

atmosferycznymi. Na podstawie wykresu nr 8, można stwierdzić, że w kwestii opóźnień tendencja jest odwrotna: im wyższa strefa przemarzania (większa głębokość przemarzania) tym średnie opóźnienie jest większe. Można zatem przypuszczać, że jeśli GDDKiA uwzględniłaby strefę przemarzania gruntu przy ustaleniu czasu trwania, to zmniejszyłyby się opóźnienia względne w III strefie.



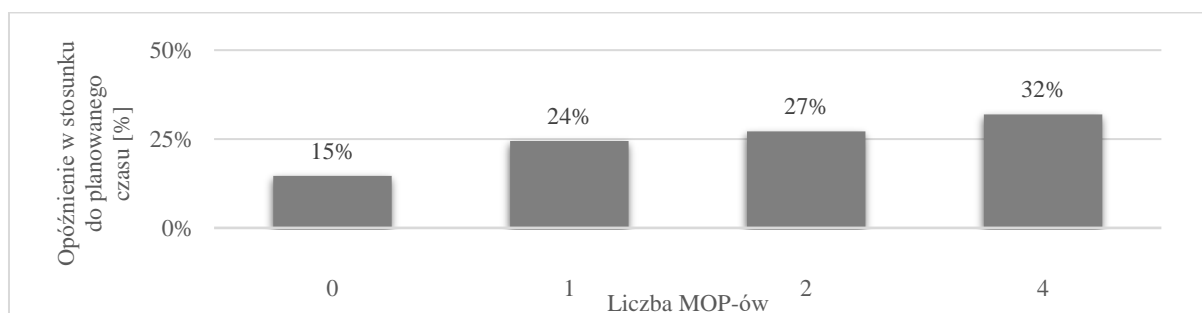
Rys. 8. Zależność pomiędzy strefą przemarzania gruntu a średnim opóźnieniem (opracowanie własne)

4.5. Liczba Miejsc Obsługi Podróżnych



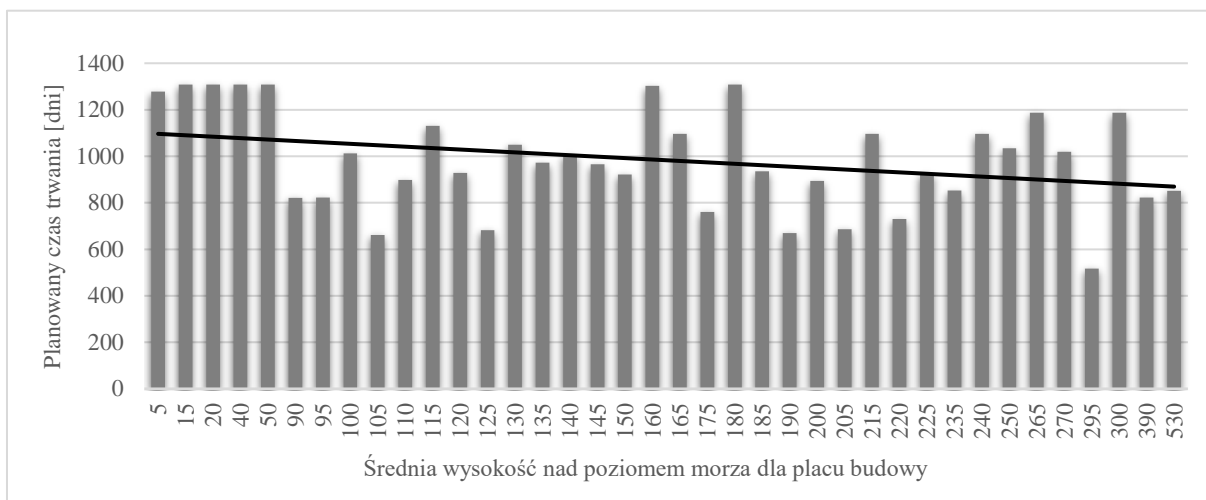
Rys. 9. Zależność pomiędzy liczbą MOP-ów a planowanym czasem trwania (opracowanie własne)

Na podstawie wykresu nr 9, widać tendencję zmniejszania planowanego czasu trwania wraz ze wzrostem zaplanowanej liczby MOP-ów. Wydaje się to być działaniem nielogicznym. Różnice w średnich czasach są jednak na tyle niewielkie, że można stwierdzić, iż ten parametr prawdopodobnie nie był brany pod uwagę przy ustalaniu czasu realizacji inwestycji. Z drugiej strony, podobnie jak przy strefie przemarzania gruntu, w analizie liczby MOP-ów, na wykresie nr 10 widać, że wraz ze wzrostem liczby zaplanowanych Miejsc Obsługi Podróżnych wydłuża się okres rzeczywistej realizacji w stosunku do tej zaplanowanej. Można zatem przypuszczać, że jeśli GDDKiA uwzględniłaby liczbę MOP-ów przy ustaleniu czasu trwania, to zmniejszyłyby się opóźnienia względne na inwestycjach z większą liczbą miejsc obsługi podróżnych.



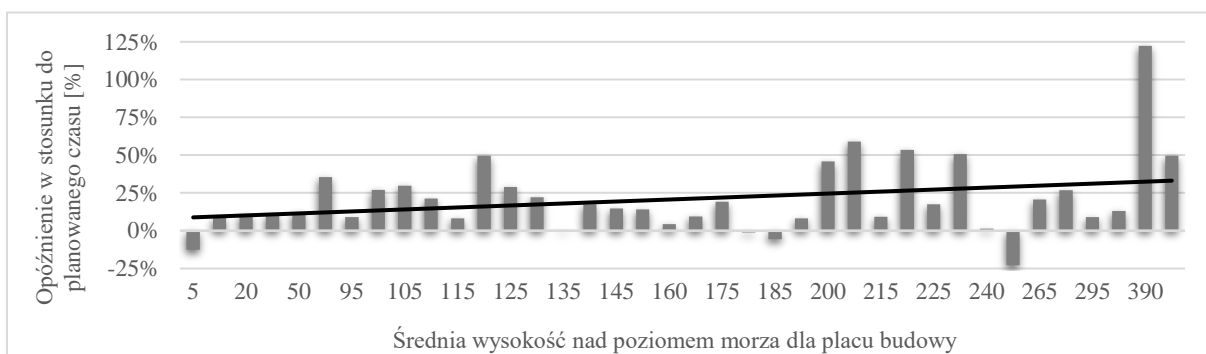
Rys. 10. Zależność pomiędzy liczbą MOP-ów a średnim opóźnieniem (opracowanie własne)

4.6. Średnia wysokość nad poziomem morza



Rys. 11. Zależność pomiędzy średnią wysokością nad poziomem morza a planowanym czasem trwania (opracowanie własne)

Na podstawie wykresu nr 11 można zauważyć, że planowany czas trwania ma tendencję do zmniejszania się wraz ze wzrostem średniej wysokości nad poziomem morza dla placu budowy. Odwrotnie wyglądają wyniki dla opóźnienia. Na wykresie nr 12 wyraźnie widać korelację pomiędzy tymi zmiennymi: im wyżej położony jest teren budowy, tym większe opóźnienia powstają na kontrakcie. Są także wyjątki od tej reguły, jednak ogólny trend jest dosyć wyraźnie rosnący. Przyczyną takich wyników może być rodzaj podłoża jaki występuje na danych wysokościach. Im wyżej położona budowa tym prawdopodobnie trudniejsze i bardziej nieprzewidywalne warunki gruntowe, które mogą powodować problemy w terminowym zakończeniu realizacji inwestycji.



Rys. 12. Zależność pomiędzy średnią wysokością nad poziomem morza a średnim opóźnieniem (opracowanie własne)

5. Wnioski

Sporządzone w punkcie 3 wykresy pokazują, że wszystkie wybrane cechy kontraktu mają wpływ na wynik terminowy przedsięwzięcia. Jednak nie wszystkie z nich wskazują na związek z planowanym czasem trwania. Jedynie liczba węzłów oraz liczba obiektów inżynierskich wykazała zależność z wyznaczonym terminem realizacji. Co ciekawe długość odcinka drogi, mimo iż linia trendu jest rosnąca nie wydaje się mieć związku z wyznaczonym czasem na realizację.

Na podstawie wykresów nr 8 i 12 można stwierdzić, że proste parametry określające lokalizację, takie jak na przykład strefa przemarzania gruntu czy średnia wysokość nad poziomem morza, mogą zasugerować skalę opóźnienia. Jednak są one ściśle powiązane z cechami technicznymi i projektem

dopasowywanym do terenu planowanej inwestycji. Pojedynczy parametr może występować w zależności od drugiej cechy i przez to zmieniać się równoległe z nią. W takiej sytuacji nie jest możliwe określenie, który z nich ma rzeczywisty wpływ na termin realizacji, a który parametr jest jedynie pochodną. Jednak nawet znajomość relacji parametru będącego pochodną do rzeczywistego czasu trwania, może pozwolić na wskazanie inwestycji, dla których planowany czas trwania powinien być dłuższy.

Należy jednak pamiętać, że powyższa analiza oparta jest na średnich opóźnieniach grupy kontraktów, które to opóźnienia w pewien sposób pokazują oddziaływanie cech, jednak nie jest to precyzyjne. Średnia dla jednej wartości może być policzona na podstawie kontraktów o opóźnieniu 0% i 100% dając wartość 50%.

Przedstawione badania pokazały, że możliwe jest wskazanie, że istnieją cechy kontraktów, które jeszcze przed rozpoczęciem realizacji inwestycji, mogą determinować terminowość oddania drogi do użytkowania. W tym miejscu warto zaznaczyć, że aby możliwe było wskazanie konkretnych reguł, konieczne jest przeprowadzenie badań na większej ilości danych. Wykorzystana w niniejszej analizie baza, składająca się z 69 kontraktów, jest jedynie ułamkiem doświadczenia zebranego na setkach budów, które już zostały zrealizowane. Większa liczba rekordów, pozwoliłaby na osiągnięcie wyników przewidywań, które lepiej generalizować będą uzyskane na małą skalę zależności i pozwolą na wdrożenie zasad minimalizujących ryzyko opóźnienia, poprzez odpowiednie założenie planowanego czasu trwania dla przyszłych inwestycji. Takie działanie pozwoli na wprowadzenie lepszej organizacji pracy, która będzie mogła przynosić pozytywne wyniki przedsięwzięcia, zarówno terminowe jak i kosztowe.

Podziękowania

Dane do niniejszego opracowania zostały pozyskane ze stron internetowych Generalnej Dyrekcji Dróg Krajowych i Autostrad oraz ze stron Wykonawców czy Projektantów. Część danych uzyskana została dzięki uprzejmości GDDKiA, która udostępniła je w wyniku korespondencji email, bądź w ramach udzielenia informacji publicznej. Parametry wybrane do przeprowadzenia niniejszej analizy pochodzą z pracy magisterskiej pt. „Ocena wpływu wybranych parametrów budowy na opóźnienia w realizacji, z wykorzystaniem uczenia maszynowego” napisanej na Politechnice Warszawskiej pod opieką dr inż. Huberta Anysza.

Literatura

- [1] H. Anysz, „Prognozy ostrzegawcze wystąpienia opóźnienia terminu zakończenia budowy uzyskane za pomocą sztucznych sieci neuronowych,” w Inżynieria Przedsięwzięć Budowlanych. Problemy, Modele. Metody, Komitet Inżynierii Lądowej i Wodnej PAN, 2018, pp. 135-158
- [2] GDDKiA, „Podsumowanie 2020,” [Online]. Dostęp: <https://www.gddkia.gov.pl/pl/a/40629/Podsumowanie-2020-roku>. [Data uzyskania dostępu: 04 2021]
- [3] H. Anysz i M. Książek, „Wpływ cech własnych przedsiębiorstwa wykonawcy na możliwość dotrzymania terminu zakończenia budowy”, 2012
- [4] H. Anysz i A. Zbiciak, „Przyczyny powstawania opóźnień w realizacji kontraktów budowlanych - analiza wstępnych wyników badania ankietowego”, 2013
- [5] M. Dąbrowska „Ocena wpływu wybranych parametrów budowy na opóźnienia w realizacji, z wykorzystaniem uczenia maszynowego” praca magisterska, wydział Inżynierii Lądowej Politechniki Warszawskiej, 2021
- [6] H. Anysz i B. Buczkowski, „The association analysis for risk evaluation of significant delay occurrence in the completion date of construction project”, International Journal of Environmental Science and Technology, 2018