



WITOLD ZAPAŚNIK

Generalna Dyrekcja Dróg Krajowych i Autostrad
wzapasnik@gddkia.gov.pl

Metody pomiarowe i sprzęt stosowany do oceny szorstkości (współczynnika tarcia) nawierzchni sieci dróg w Norwegii

Norwegia jest usytuowana na północnym zachodzie Półwyspu Skandynawskiego i ma powierzchnię nieco większą od Polski, ok. 385 000 km², lecz znacznie mniejszą liczbę mieszkańców, tzn. około 5 200 tys.

Kraj ten, będący jednym z najbardziej wysuniętych na północ krajów świata, charakteryzuje się zimnym i ostrym klimatem, zwłaszcza w północnej części, a także tym, że jego obszar ma bardzo wydłużony kształt (odległość ok. 2 800 km z północy na południe), ale jest wąski – szerokość w najwęższym miejscu nie przekracza 50 km (zaprezentowano to na rysunku nr 1). Przejechanie z południa na północ Norwegii samochodem zajmuje ok. 40 godzin jazdy, co jest porównywalne do pokonania dystansu samochodem z Bilbao w Hiszpanii do Kopenhagi w Danii (2 132 km), ale poświęca się na to wtedy tylko ok. 20 godzin jazdy.

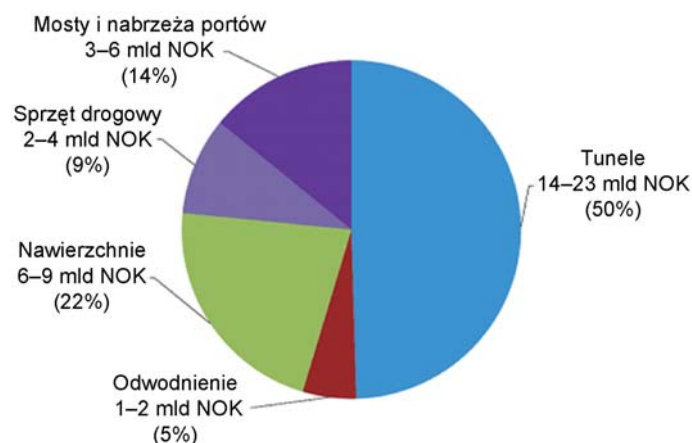


Rys. 1. Usytuowanie, powierzchnia i wymiary Norwegii w stosunku do innych krajów Europy [6]

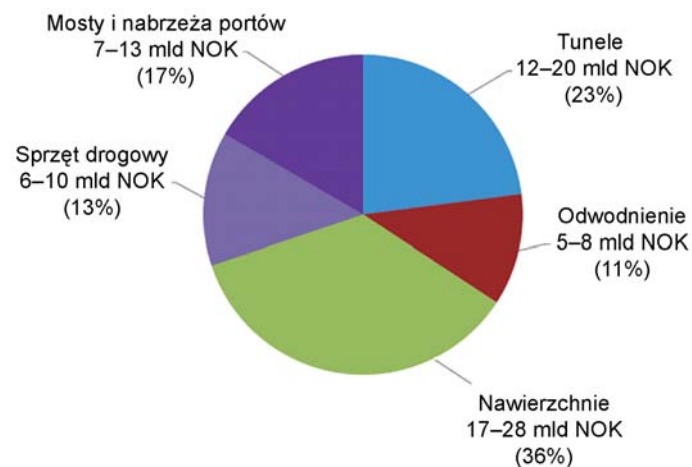
W Królestwie Norwegii sieć dróg publicznych liczy ok. 93 000 km. Sieć została sklasyfikowana w trzech podstawowych kategoriach: drogi krajowe 10 500 km, drogi regionalne (prowincjonalne) 44 000 km oraz drogi lokalne 38 500 km. Po sieci dróg jeździ ok. 2 600 tys. samochodów (z czego ok. 70 000 to pojazdy o napędzie elektrycznym). W Norwegii jest aktualnie 1 000 tuneli drogowych (w tym najdłuższy na

świecie tunel drogowy o długości 24,5 km) i 18 200 obiektów mostowych. Sieć kolejowa w tym kraju liczy ok. 4 000 km, ponadto czynnych jest 50 lotnisk oraz 30 portów morskich.

Norwegia obecnie koncentruje się raczej nie na budowie nowych dróg, lecz na utrzymaniu sieci istniejącej. Diagramy na rysunkach 2 i 3 ilustrują środki finansowe planowane do wydania na utrzymanie sieci dróg publicznych (krajowych i regionalnych) w Norwegii w latach 2018–2027.



Rys. 2. Środki finansowe planowane na utrzymanie sieci dróg krajowych w okresie 2018–2027 w Norwegii w podziale na poszczególne asortymenty



Rys. 3. Środki finansowe planowane na utrzymanie sieci dróg regionalnych w okresie lat 2018–2027 w Norwegii – w podziale na poszczególne asortymenty

Aktualnie do pomiarów stanu technicznego nawierzchni drogowych w Norwegii stosuje się następujące systemy:

- System ViaPPS (*Pavement Profiling System*) – służący do pomiarów profilu podłużnego i poprzecznego nawierzchni drogowych;
- System VIAIRI (*Texture Measuring System*) – służący do pomiarów równości podłużnej nawierzchni oraz tekstury nawierzchni drogowych;
- System ViaPhoto – służący do ciągłego fotografowania nawierzchni i tuneli drogowych, który zapewnia ciągłą rejestrację stanu technicznego pasa drogowego oraz obiektów i tuneli drogowych w ramach zastosowanej technologii skaningu laserowego i wideorejestracji;
- System ViaFriction – służący do pomiarów współczynnika tarcia nawierzchni drogowych.

Wszystkie wymienione systemy opierają się na sprzęcie pomiarowym opracowywanym i rozwijanym przez firmy norweskie (względnie skandynawskie), z zastosowaniem nowoczesnej technologii (*high-tech*). Firmy opracowujące sprzęt produkują nie tylko urządzenia do pomiarów drogowych, ale także uczestniczą w zaawansowanych badaniach i procesach produkcyjno-rozwojowych w sektorze inżynierskim, zbrojeniowym, telekomunikacyjnym, aeronautycznym, morskim i innych.

Według zapisów zawartych w dokumentach Norweskiej Administracji Drogowej (NPRA) N200 [1] i R610 [2], współczynnik tarcia w warunkach letnich na drogach krajowych, mierzony na nawierzchni mokrej przy 18% blokadzie koła pomiarowego powinien spełniać następujące kryteria:

- $V = 0-80 \text{ km/h}$, $\mu > 0,40$,
- $V > 80 \text{ km/h}$, $\mu > 0,50$.

Pomiary współczynnika tarcia są wykonywane na podstawie ogólnego planu, sporządzonego z wyprzedzeniem przez NPRA przed letnim sezonem pomiarowym. Realizacja pomiarów następuje zgodnie z podziałem kraju na 5 obszarów (regionów) i w zależności od klasy technicznej drogi, jej wieku, kategorii ruchu oraz prędkości uwzględnia następujące odcinki dróg krajowych:

- na odcinkach, na których jest podejrzenie zbyt niskiego współczynnika tarcia,
- na nawierzchniach nowych,
- na odcinkach, na których stwierdzona tekstura nawierzchni jest mniejsza niż 0,5 mm (MTD),
- na nawierzchniach betonowych (w warunkach norweskich uważa się, że nawierzchnie z betonu cementowego szybciej zmniejszają swoje własności przeciwpoślizgowe niż nawierzchnie asfaltowe).

Wyniki pomiarów szorstkości są gromadzone w banku danych drogowych, który jest podstawowym elementem zintegrowanego systemu zarządzania drogami (PMS).

Historia pomiarów współczynnika tarcia i sprzęt stosowany w Norwegii

Pomiary szorstkości na sieci dróg krajowych w Norwegii są wykonywane już od lat 60 ubiegłego stulecia, kiedy to stosowano wahadło angielskie oraz inne typy urządzeń mierzące

opóźnienia i przyspieszenia, jakim podlega pojazd pomiarowy w czasie hamowania na nawierzchni drogowej.

W latach 70 i 80 zeszłego wieku w Norwegii stosowano powszechnie urządzenie pod nazwą Mu-Meter, wykorzystujące tzw. trzecie koło pomiarowe.

W latach 90, w kooperacji z firmą Norsemeter, Norweska Administracja Drogowa (NPRA) opracowała urządzenie OSCAR (1992 r.) do pomiarów i wzorcowania innych urządzeń wykorzystywanych do badań współczynnika tarcia. W 1995 r. NPRA zakupiła również 3 urządzenia ROAR Mk-1 do pomiarów współczynnika tarcia w poszczególnych regionach kraju. W 1997 r. dokonano modernizacji urządzenia do wersji Mk-2 i Mk-3. W wyniku tych prac od 2005 r. NPRA dysponuje 5 zestawami ROAR Mk-3, umożliwiającymi pomiary współczynnika tarcia na sieci w 5 regionach kraju, które z kolei są pojazdami kalibracyjnymi dla pozostałych urządzeń (jak np. przyczepki ViaFriction) – fotografie 1 i 2.



Fot. 1. Urządzenie ROAR Mk-3 stosowane przez NPRA do pomiarów współczynnika tarcia na sieci drogowej



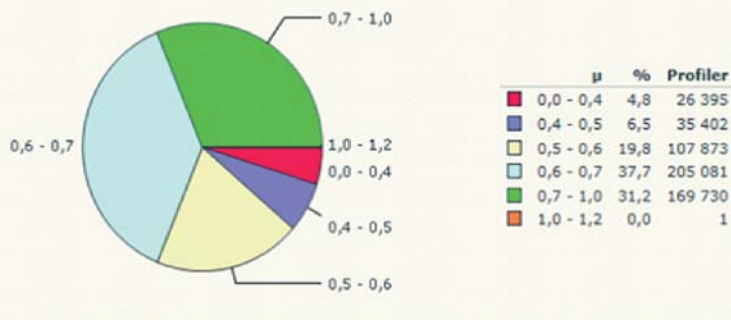
Fot. 2. Urządzenie ViaFriction stosowane przez NPRA do pomiarów współczynnika tarcia na sieci drogowej

Wyniki pomiarów na sieci dróg krajowych w 2015 r.

Rysunek nr 4 przedstawia wyniki pomiarów współczynnika tarcia na wybranej sieci dróg krajowych, wykonanych w sezonie letnim 2015 r. Wynika z nich, że przyjmując ustalone kryterium współczynnika tarcia $\mu > 0,40$, ponad 95% nawierzchni dróg krajowych w Norwegii spełnia wymagania, natomiast ponad 88% spełnia drugie kryterium $\mu > 0,50$.

W 2016 r. zaplanowano pomiary współczynnika tarcia na zbliżonej długości dróg krajowych.

Utstyr	Fylke	Sum [m]
1R51	01	57 269
1R51	02	62 063
1R51	03	77 193
1R51	04	130 808
1R51	05	26 701
2R51	06	45 121
2R51	07	83 626
2R51	08	45 618
2R51	09	41 033
2R51	10	48 531
3R51	11	181 639
3R51	12	105 513
3R51	14	47 065
4R51	04	4 596
4R51	05	5 042
4R51	15	507 391
4R51	16	921 405
4R51	17	215 928
5R51	18	200 465
5R51	19	89 632
TOTAL		2 896 639



Rys. 4. Rozkład pomiarów współczynnika tarcia na wybranej sieci dróg krajowych w sezonie letnim 2015 [1]

Referencyjny zestaw OSCAR stosowany do pomiarów współczynnika tarcia

W latach 90 zeszłego wieku NPRA rozpoczęła prace nad kilkoma dużymi projektami badawczymi, finansowanymi ze środków budżetu państwa. Wśród tematów były badania zjawiska koleinowania się nawierzchni drogowych, pomiary równości w sezonie letnim oraz pomiary współczynnika tarcia zarówno latem, jak i zimą. W połączeniu z tymi badaniami oraz korzystając z doświadczeń duńskiej administracji drogowej (Vejdirektoratet), w 1991 r. administracja drogowa zdecydowała, że rozpoczyna prace związane z zaprojektowaniem i stworzeniem uniwersalnego zestawu do pomiarów współczynnika tarcia, umożliwiającego pomiary zarówno w okresie letnim, jak i zimowym. W efekcie powstał zestaw pomiarowy do badania współczynnika tarcia OSCAR. Początkowo zamierzano do każdego z 5 regionów pomiarowych przypisać jeden zestaw OSCAR, jednakże w wyniku wprowadzenia do stosowania zestawów ROAR, pozostał tylko jeden wzorcowy

OSCAR. Stanowi on obecnie urządzenie wzorcujące do dokonywania kalibracji 5 eksploatowanych w terenie zestawów pomiarowych ROAR (fot. 3).

Zestaw OSCAR charakteryzuje się następującymi parametrami technicznymi:

- pionowy nacisk na koło pomiarowe – do 6000 N,
- grubość uzyskiwanego filmu wodnego na badanej nawierzchni drogowej 0,5 i 1,0 mm,
- zastosowanie zwykłej felgi z samochodu osobowego,
- prędkości pomiarowe na pasach startowych lotnisk wykonywane do 100 km/h,
- zastosowanie hydraulicznego układu hamulcowego.

W 2014 r. zostały dokonane kolejne modyfikacje elektroniki zestawu oraz systemu przetwarzania sygnału, a także układu hydraulicznego.

Walidacja i kalibracja urządzeń do pomiaru współczynnika tarcia w Norwegii (badania porównawcze)

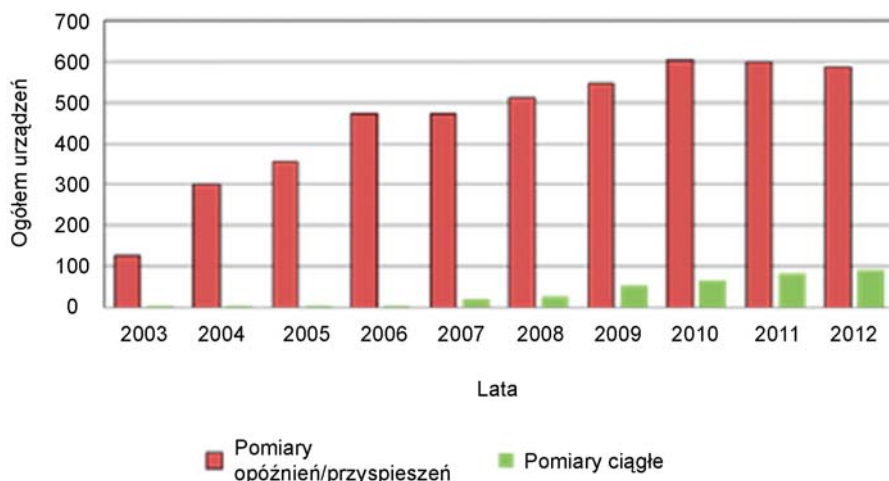
W Norwegii wszystkie urządzenia i aparaty do pomiaru szorstkości/współczynnika tarcia nawierzchni (w 2015 r. flota tych urządzeń liczyła ok. 600 egzemplarzy pracujących na zasadzie pomiarów opóźnień/przyspieszeń oraz ok. 150 egzemplarzy do pomiarów ciągłych, rys. 5) są kalibrowane i podlegają walidacji przynajmniej raz do roku w odniesieniu do 5 stosowanych regionalnych referencyjnych urządzeń ROAR.

Proces walidacji i kalibracji sprzętu pomiarowego do badań współczynnika tarcia w Norwegii przebiega wg następującego schematu: „1 → 5 → 750”:



Fot. 3. Wzorcowy zestaw pomiarowy do badania współczynnika tarcia OSCAR

Pomiary zimowe współczynnika tarcia na nawierzchniach drogowych



Rys. 5. Flota urządzeń stosowanych do pomiarów zimowych współczynnika tarcia na nawierzchniach drogowych w Norwegii

1. Kalibracja i walidacja wzorca sprzętowego OSCAR raz do roku (1 urządzenie);
2. Kalibracja 5 regionalnych urządzeń pomiarowych ROAR w stosunku do OSCARA dwa razy w roku;
3. Kalibracja wszystkich pozostałych urządzeń pomiarowych w stosunku do jednego z 5 urządzeń ROAR raz do roku dla 750 urządzeń.

W powyższym procesie szczególną uwagę przykładana się do kalibracji i właściwego funkcjonowania zestawu OSCAR, jako ogólnokrajowego wzorca do kalibracji i harmonizacji innych zestawów pomiarowych.

W trakcie badania szorstkości nawierzchni, zestaw OSCAR dokonuje bezpośredniego pomiaru sił pionowych i poziomych występujących w systemie i następnie dokonuje bezpośredniego obliczenia współczynnika tarcia zgodnie z równaniem:

$$\text{Współczynnik tarcia } \mu = \frac{\text{Pomierzona siła pozioma}}{\text{Pomierzona siła pionowa}}$$



Fot. 4. Rutynowe pomiary porównawcze na terenie testowym z udziałem urządzenia OSCAR oraz 5 zestawów regionalnych ROAR

Pod względem technicznym walidacja zestawu OSCAR polega na sprawdzaniu i wzorcowaniu czujników pomiaru sił poziomych i pionowych, a także na kalibracji prędkości pomiarowej, kalibracji grubości filmu wodnego oraz sprawdzeniu kontroli wartości poślizgu koła pomiarowego (również raz do roku). Równocześnie raz do roku na zlecenie administracji, prywatna firma dokonuje technicznego serwisu zestawu OSCAR, sprawdzając i rutynowo konserwując m.in. następujące elementy:

- części mechaniczne,
- system pomiarowy (elektronika, hardware i software systemu),
- zespół silnika, skrzyni biegów i układu przeniesienia napędu,
- układ hamulcowy z ewentualną wymienną tarcz względnie innych elementów podlegających zużyciu.

Po zapewnieniu technicznej sprawności elementów, zestaw OSCAR jest kalibrowany zgodnie z obowiązującymi normami i procedurami w ten sposób, aby mógł służyć jako wzorzec do kalibracji i walidacji dalszych urządzeń pomiarowych (ROAR, urządzenia lokalne w jednostkach NPRA i w laboratoriach). Służą temu tzw. badania porównawcze, które przeprowadza się na terenie nieczynnego lotniska i na specjalnie wybudowanych do tego celu odcinkach nawierzchni testowych (fot. 4).

Stan obecny i przyszłość pomiarów współczynnika tarcia w Norwegii – budowa nowego zestawu OSCAR oraz wdrożenie nowych urządzeń ViaFriction

Obecnie w Norwegii trwają prace nad budową nowego zestawu wzorcowego OSCAR, realizowane na podstawie decyzji NPRA. Nowy zestaw ma być zamontowany na specjalnie do tego celu wyprodukowanym i dostarczonym samochodzie firmy VOLVO, a całość prac i odbiór zestawu są przewidywane w lecie 2016 r.

Również na potrzeby NPRA, w wyniku rozstrzygniętego przetargu rządowego, opracowano i wdrożono nowy zestaw pomiarowy ViaFriction (fot. 5). Po przejściu serii pomiarów porównawczych w kraju oraz w wyniku pozytywnych rezultatów międzynarodowego eksperymentu drogowego ROSANNE w Nantes (kwiecień 2015 r.), zestaw ten jest obecnie stosowany przez jednostki administracji drogowej krajowej i regionalnej w Norwegii.

Urządzenie ViaFriction w swej najnowszej wersji charakteryzuje się następującymi cechami:

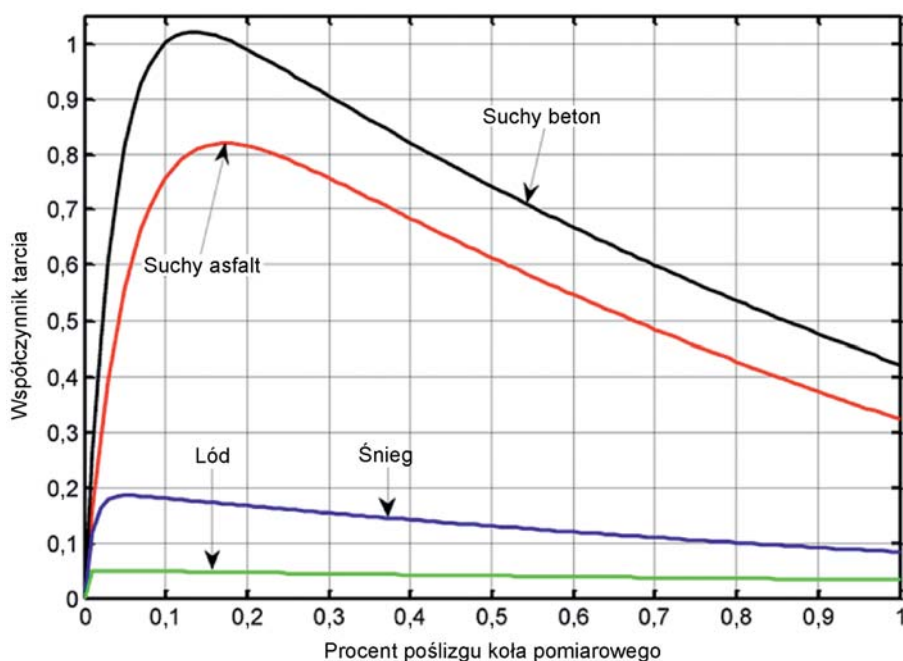
1. Łatwość eksploatacji poprzez zastosowanie dotykowego ekranu komputera pokładowego oraz zastosowanie interfejsu Windows dla użytkownika.
2. Wyniki pomiarów mogą być przedstawione jako pliki tekstowe i następnie importowane do arkusza EXCEL; mogą być dostarczane w czasie rzeczywistym poprzez łączność internetową.



Fot. 5. Najnowsza wersja urządzenia do pomiaru współczynnika tarcia ViaFriction

3. Kierowca pojazdu może równocześnie pełnić funkcję operatora systemu pomiarowego.
4. Możliwość wszechstronnego sprawdzania systemu podczas wykonywania pomiarów.
5. Możliwość wszechstronnego i łatwego wykonania samotestu sprawdzającego poprawne działanie systemu.
6. Możliwe pomiary ruchu przy normalnej prędkości ruchu i w warunkach kontrolowanego wypływu wody; grubość filmu wodnego można regulować w przedziale 0,5–1,0 mm.
7. 1000 l zbiornik wodny przyczepy pomiarowej zapewnia ok. 30 km ciągłego pomiaru współczynnika tarcia na nawierzchni drogowej.
8. Zbiornik przyczepy pomiarowej o pojemności 1000 l może być automatycznie napełniany ze zbiornika samochodu ciągnącego.

9. Obciążenie pionowe na koło pomiarowe wynosi obecnie 100 kg (w poprzedniej wersji 50 kg); mniejsza zmienność obciążenia niż w poprzednim modelu.
10. Układ hamulcowy umożliwia dwa razy większą siłę hamowania.
11. Urządzeniem można dokonywać pomiarów współczynnika tarcia na nawierzchni przy prędkości 20 km/h.
12. Możliwość wykonywania pomiarów w warunkach zmiennego poślizgu w zakresie 1–75%, zwykle pomiar jest wykonywany w zakresie 15–20%; zmiana zakresu pomiarowego przez software zajmuje tylko ok. 30 sek. (rys. 6).
13. Urządzenie może prowadzić pomiary współczynnika tarcia w lewym, prawym lub w obu śladach kół na pasie ruchu.
14. W przyczepce zastosowano wentylator o dużej mocy do odprowadzania ciepła, powstającego w wyniku tarcia opony pomiarowej o nawierzchnię.
15. Urządzenie zapewnia dobrą powtarzalność wyników i utrzymuje skalibrowane parametry przez długi okres czasu.
16. Urządzenie jest łatwe w utrzymaniu oraz w diagnozowaniu i usuwaniu potencjalnych usterek (możliwość zdalnej diagnostyki i serwisu).
17. Urządzenie opcjonalnie może być wyposażone w czujniki pomiaru temperatury, wilgotności, tekstury i położenia (GPS), jak również posiadać system rejestracji obrazów ViaPhoto.



Rys. 6. Pomiar urządzeniem ViaFriction zgodnie z krzywą zmiennego poślizgu w zakresie 0–100% na różnych rodzajach powierzchni

Podsumowanie

1. Norwegia z powodu swojego położenia geograficznego oraz klimatu posiada bogate doświadczenia w prowadzeniu pomiarów współczynnika tarcia na sieci dróg publicznych, co stanowi nieodłączny element zapewnienia przez władze drogowe bezpieczeństwa i komfortu jazdy dla użytkowników dróg.
2. Pomiary współczynnika tarcia (w okresie letnim i zimowym) zostały zapoczątkowane w tym kraju już w latach 60 zeszłego wieku, początkowo wahadłem angielskim, następnie urządzeniami mierzącymi przyspieszenia/opóźnienia układu zawieszenia pojazdu podczas hamowania na nawierzchni.
3. We współpracy z Duńską Administracją Drogową, Norweska Administracja Drogowa (NPRA) opracowała koncepcję kryteriów pomiarowych oraz urządzeń wykonujących pomiary sił występujących na styku opona/

nawierzchnia podczas procesu hamowania pojazdów samochodowych, w kontrolowanych warunkach wilgotnościowo/klimatycznych oraz obciążenia.

4. Od lat 90 ubiegłego wieku prowadzone są przez NPRA (we współpracy z innymi administracjami drogowymi oraz firmami prywatnymi) badania nad cechami powierzchniowymi nawierzchni drogowych oraz rozwijany jest sprzęt pomiarowy do oceny tych cech.
5. W wyniku ww. działań wypracowano proste i przejrzyste kryteria oraz procedury pomiarowe współczynnika tarcia nawierzchni, a istniejący w Norwegii sprzęt do badań należy obecnie do najbardziej zaawansowanych w Europie i na świecie – potwierdzeniem tego faktu jest aprobata techniczna Komitetu Normalizacyjnego UE-CEN, wydana w lutym 2016 r. dla metody pomiarowej oraz urządzenia.
6. Prawidłowe działanie urządzenia potwierdził przeprowadzony w kwietniu 2015 r. eksperyment o nazwie ROSANNE, w ramach którego zostały wykonane badania porównawcze współczynnika tarcia dziesięcioma zestawami pomiarowymi z różnych krajów europejskich.

Eksperyment wykazał dobrą korelację wyników pomiędzy poszczególnymi zestawami (z wyjątkiem jednego zestawu), jak również dobrą powtarzalność wyników w ramach prób wykonywanych zestawem pomiarowym.

Bibliografia

- [1] Haavard Farstad – „Kryteria pomiarowe oraz urządzenia do badania cech powierzchniowych nawierzchni drogowych, stosowane w Norwegii” – prezentacja 18.03.2016, Warszawa.
- [2] Norwegian Public Roads Administration, ROSANNE Experiment, Nantes, April 2015, NPRA research report.
- [3] CEN/TS 15901-14 – Technical Specification “Road and airfield surface characteristics – part 14: procedure for determining the skid resistance of a pavement surface using a device with longitudinal controlled slip (LFCN): VIA FRICTION Road Analyser and Recorder of VIATECH AS).
- [4] Norwegian Road Administration Håndbok R610: Standard for drift og vedlikehold av riksveger.
- [5] Norwegian Road Administration Håndbok N200: Vegbygging.
- [6] <https://pl.wikipedia.org/wiki/Norwegia>.

Serwis GDDKiA • Aktualności

Ogłoszono przetarg na realizację tunelu łączącego wyspy Uznam i Wolin w Świnoujściu

GDDKiA ogłosiła przetarg na zaprojektowanie i budowę tunelu, który połączy wyspy Uznam i Wolin w Świnoujściu. Stało się to możliwe po podpisaniu aneksu do porozumienia z 2007 roku pomiędzy Ministerstwem Infrastruktury i Budownictwa, Generalną Dyrekcją Dróg Krajowych i Autostrad oraz Prezydentem Świnoujścia w sprawie realizacji stałego połączenia wysp Uznam i Wolin. Na jego mocy

GDDKiA będzie się zajmowała realizacją tej inwestycji, natomiast jej finansowanie i późniejsze utrzymanie będzie leżało w gestii Miasta Świnoujście (z wykorzystaniem środków UE). Obecnie komunikację centrum Świnoujścia z resztą Polski zapewniają promy kursujące przez cieśninę Świna. Czas oczekiwania na przeprawę często wynosi wiele godzin, szczególnie w okresie wakacyjnym, dodatkowo kursowanie promów jest uzależnione od warunków pogodowych. Powstanie tunelu zlikwiduje te niedogodności, dotarcie do Świnoujścia będzie zajmować kilka minut. Tunel powinien być gotowy w 2022 roku.

Ogłoszony przetarg jest postępowaniem ograniczonym, w pierwszym etapie będą sprawdzane wnioski o dopuszczenie do udziału w postępowaniu. Następnie podmioty spełniające warunki uczestnictwa w postępowaniu zostaną zaproszone do składania ofert cenowych. Kryteriami w przetargu są cena w 90% i czas realizacji w 10% (od 47 do 50 miesięcy). Wykonawca



wybrany w przetargu będzie miał 50 miesięcy na realizację zadania, w tym 15 miesięcy na prace projektowe i uzyskanie decyzji o zezwoleniu na realizację inwestycji drogowej (ZRID), z czasu realizacji robót budowlanych są wyłączone okresy zimowe (od 15 grudnia do 15 marca).

Stała przeprawa w Świnoujściu zgodnie z uzyskaną w 2010 roku decyzją środowiskową będzie tunelem drążonym w korytarzu północnym. Całkowita długość inwestycji wyniesie około 3,4 kilometra, w tym 1,44 kilometra jednorurowego tunelu drążonego, który zostanie wykonany w technologii tarczy drążonej TBM (*ang. Tunnel Boring Machine*). Średnica wewnętrzna tunelu będzie wynosić 12 metrów, zostanie w nim wykonana dwukierunkowa jezdnia z pasami ruchu o szerokości 3,5 m, poniżej jezdni powstanie również tunel ewakuacyjny.

15-04-2016

(TS)