

Olivia Merska, Eurovia Polska S.A., Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie

# Dobór technologii utrzymaniowych ze względu na specyfikę uszkodzeń nawierzchni

Drogi jako liniowe obiekty budowlane cechują się dużą różnorodnością w zakresie pełnionych funkcji i występujących na nich obciążeniach ruchem, dzięki nim możliwe jest dotarcie z i do miejsca zamieszkania, wsparcie procesów urbanizacji oraz rozwój mikro- i makroregionów, jak również rozwój turystyki i lokalnej społeczności. Dlatego tak ważne jest, aby sieć drogowa była w dobrym stanie technicznym. Wszyscy jesteśmy użytkownikami dróg bądź jako kierowcy, bądź jako pasażerowie. To, co jest dla nas najważniejsze, to komfort i bezpieczeństwo. Dlatego oczekujemy, że nasze drogi będą równe, o odpowiednich właściwościach przeciwpoślizgowych, kiedy przyjdzie nam hamować, oraz że ruch po nich nie będzie generował nadmiernego hałasu. Drugim aspektem są wymagania związane z ochroną środowiska, np. generowanie małych emisji podczas ruchu pojazdów czy możliwość recyklingu materiałów użytych do budowy dróg. I finalnie mamy jeszcze wymagania związane z trwałością drogi związane m.in. z jej nośnością czy trwałością zmęczeniową, które szczególnie interesują zarządców sieci drogowej, ponieważ prawidłowo zaprojektowana, wybudowana i eksploatowana konstrukcja drogowa znacząco wpływa na wydłużenie okresów międzyremontowych.

**W** każdym roku budżetowym nasze państwo przekazuje na budowę i remonty dróg określone środki, dysponenci tych środków finansowych, tj. powiaty, gminy czy województwa, doskonale wiedzą, że są to pieniądze niewystarczające na wszystkie zaplanowane inwestycje, dlatego tak ważne jest dobranie właściwej technologii utrzymaniowej, która spełni oczekiwania w zakresie trwałości, ceny oraz czasu trwania inwestycji. Wybór zabiegu utrzymaniowego oprócz tego, że zapewni nam wcześniej wspomniane wymagania (komfort, trwałość, bezpieczeństwo) i będzie odpowiadał naszym założeniom ekonomicznym, musi być jednocześnie ade-

## Selection of maintenance technologies due to the specificity of damage to the pavement

The aim of the article is to collect the most common damages to asphalt pavements and to indicate their potential causes, along with the repair technology. Knowledge of the factors influencing the durability of the pavement and the way of dealing with defects allows for taking well-thought-out and comprehensive actions to maintain the existing road infrastructure in proper technical condition.

### Keywords:

maintenance technologies, damage, pavement

Summary

kwatny do występujących uszkodzeń nawierzchni, a tych na naszych drogach mamy wiele rodzajów. W odpowiedzi na wspomniane potrzeby zarządcy dróg mogą posłużyć się systemem zwanym PMS (*Pavement Management System*). Jest to system, którego celem jest wspieranie zarządcy drogi przy podejmowaniu decyzji w zakresie wielkości środków finansowych niezbędnych do utrzymania danego odcinka drogi w danym czasie oraz wyboru konkretnego zabiegu utrzymaniowego w perspektywie czasowej. PMS opiera się na założeniu, aby zabiegi utrzymaniowe wykonywano w takim zakresie oraz momencie, aby koszty utrzymania nawierzchni w dłuższej perspektywie czasowej były jak najniższe [1].

### Czynniki wpływające na uszkodzenia nawierzchni

Systematyczne zarządzanie siecią drogową wymaga znajomości kluczowych czynników wpływających na trwałość konstrukcji nawierzchni. Pogorszenie stanu nawierzchni pojawiające się wraz z upływem czasu obejmuje złożone interakcje między wieloma składowymi, tj. charakterystyką istniejącej konstrukcji (grubość, liczba i rodzaj warstw itp.), czynnikami atmosferycznymi, obciążeniem ruchem, efektywnością odwodnienia oraz ewentualnymi wcześniejszymi zabiegami utrzymaniowymi. Trwałość dróg jest głównie związana z odpornością na działanie ruchu drogowego oraz odpornością na zmienność klimatu. Mówiąc o ruchu drogowym, mamy na myśli jego natężenie, charakterystykę obciążeń (obciążenia dynamiczne i statyczne), jak również powstające w nawierzchni naprężenia. Na znaczną eksploatację nawierzchni od ruchu mają wpływ pojazdy przeciążone. Jak wynika z literatury, zmniejszenie udziału pojazdów przeciążonych z 15% do 5% powoduje wzrost okresu eksploatacji nawierzchni o 1/3 [2]. Odporność na działanie warunków atmosferycznych rozumiemy przede wszystkim jako odporność na zmieniające się temperatury oraz wodę. Zalegająca w konstrukcji woda zmniejsza nośność nawierzchni, niszcząc warstwy niezwiązane i związane, a finalnie w połączeniu z mrozem przyczynia się do destrukcji każdej drogi w okresie zimowym. Ostatnim czynnikiem mogącym mieć wpływ na uszkodzenia lub przyspieszone zużycie konstrukcji drogowej są błędy powstałe na etapie projektowania, wykonawstwa lub utrzymania.

### Dobór technologii utrzymaniowych ze względu na specyfikę uszkodzeń

Jak już wcześniej wspomniano, uszkodzenia nawierzchni mogą być generowane w wyniku działania czynników klimatycznych, ruchu pojazdów, jak również mogą powstawać na skutek błędów projektowych, wykonawczych czy utrzymaniowych. Rodzaje uszkodzeń nawierzchni były już wielokrotnie omawiane na łamach naszego czasopisma.



Fot. 1. Deformacja lepkoplastyczna o głębokości 22 mm



Fot. 2. Spękania krawędziowe



Fot. 3. Wyrwanie ziaren kruszywa

Niektóre rodzaje uszkodzeń ograniczają się do powierzchni, inne sięgają w głąb konstrukcji lub ich przyczyna leży głęboko pod powierzchnią (spękania odbite, deformacje strukturalne), dlatego w dalszej części przyjrzymy się szczegółowo poszczególnym typom uszkodzeń nawierzchni w kontekście przyczyn powstałych destrukcji i technologii naprawczych im dedykowanym. Możemy je sklasyfikować wg trzech głównych grup: ▶



Fot. 4. Ubytki mieszanki mineralno-asfaltowej

- ▷ a) Deformacje trwałe
  - lepkoplastyczne warstw asfaltowych
  - strukturalne – odkształcenie podłoża
  - sfalowania, odciski
- b) Spękania
  - zmęczeniowe
  - termiczne
  - odbite
- c) Uszkodzenia powierzchniowe
  - ubytki lepiszcza/kruszywa
  - ubytki mieszanki z warstwy
  - plamy lepiszcza
  - polerowanie ziaren kruszywa
  - łaty i wyboje

Dobrze zaprojektowana nawierzchnia powinna spełniać wymagania trwałości funkcjonalnej, jak i strukturalnej w zakładanym okresie eksploatacji. Mówiąc o utracie trwałości funkcjonalnej nawierzchni, mamy na myśli pojawienie się wybojów, uszkodzeń powierzchniowych czy kolein lepkoplastycznych. Są to najczęściej te problemy, które bezpośrednio przekładają się na komfort i bezpieczeństwo jazdy. Z kolei utrata trwałości strukturalnej ściśle wiąże się ze zniszczeniem struktury nawierzchni i charakteryzuje się pojawieniem kolein strukturalnych czy spękań zmęczeniowych.

## Deformacje trwałe

Nawierzchnia bitumiczna pod wpływem ruchu ulega odkształceniom, które mają charakter odwracalny (odkształcenia sprężyste) i trwałe (nieodwracalny). Odkształcenia trwałe pojawiają się na naszych drogach w postaci nie tylko dobrze nam znanych kolein, ale również spływów, sfalowań, fałd czy odcisków. Deformacje strukturalne dotyczą przede wszystkim niedostosowania układu konstrukcyjnego nawierzchni do nośności podłoża gruntowego oraz przewidywanego obciążenia ruchem. W skraj-

nych przypadkach mogą być też efektem utraty nośności podłoża, np. na skutek niesprzyjających warunków gruntowo-wodnych. Deformacje te charakteryzują się dużym promieniem krzywizny, małą głębokością, nieprzekraczającą 20 mm, a ich krawędzie są łagodnie zarysowane. Przyczyna ich powstawania leży przede wszystkim w błędnie przyjętych założeniach projektowych w kontekście rozpoznania podłoża, określenia warunków gruntowo-wodnych oraz analizy warunków ruchowych w stanie istniejącym i prognozowanym.

W przypadku wystąpienia kolein strukturalnych konieczne są przebudowa i wzmocnienie całej konstrukcji nawierzchni.

Koleiny plastyczne powstają w wyniku kumulowania się odkształceń trwałych w warstwie ścieralnej lub w wyjątkowych przypadkach również w warstwie wiążącej. Pogłębianie się kolein jest szczególnie nasilone w okresach letnich. Jak więc rozróżnić deformacje lepkoplastyczne od deformacji strukturalnych? Koleiny plastyczne mają często dość duże głębokości (sięgające nawet warstwy wiążącej), małe promienie i jednocześnie wyraźnie zarysowane krawędzie, a poruszający się po drodze pojazd ma wrażenie jazdy w torze. Przyczyn powstawania deformacji lepkoplastycznych upatrujemy przede wszystkim w:

- źle dobranym szkielecie mieszanki mineralnej (np. zbyt mała zawartość frakcji grysowych, a nadmierny udział kruszywa drobnego);
- niewłaściwym rodzaju lepiszcza asfaltowego;
- nadmiernej zawartości lepiszcza asfaltowego;
- niewłaściwie dobranej grubości warstwy do rodzaju mieszanki mineralno-asfaltowej;
- zbyt dużej ilości lepiszcza zastosowanej przy skropieniu międzywarstwowym;
- niedogęszczeniu warstw asfaltowych.

Deformacje lepkoplastyczne mogą pojawić się w warstwie ścieralnej nawet w przypadku właściwego wykonaw-

stwa i przy prawidłowo zaprojektowanej i wyprodukowanej mieszance mineralno-asfaltowej. Przyczyna może leżeć w warunkach eksploatacji nawierzchni. Szczególnie niebezpieczny jest okres około 2 tygodni od momentu oddania warstwy i dotyczy szczególnie letniej pory roku, gdy w wyniku wysokich temperatur powietrza i warstwy przy jednoczesnym działaniu długotrwałego obciążenia dochodzi do deformacji.

Jeżeli ocena stanu nawierzchni nie wskazuje na konieczność wzmocnienia konstrukcji, a nawierzchnia wykazuje jedynie deformacje lepkoplastyczne, to zabiegi utrzymaniowe powinny dotyczyć warstw asfaltowych wykazujących zbyt małą odporność na odkształcenia. W celu wyeliminowania wad materiałowych zaleca się wymienić „górne” warstwy asfaltowe (cienkie warstwy na gorąco, jednowarstwowa SMA 16 JENA). W tym przypadku można rozpatrzyć również zasadność zastosowania zabiegu recyklingu na gorąco na miejscu (termoprofilowanie, remixing, remixing plus).

## Spękania

Spękania to kolejna grupa uszkodzeń nawierzchni, którą można spotkać na naszych drogach. Czytelnik pewnie niejednokrotnie miał okazję zauważyć, że różnią się one między sobą zarówno kształtem, zakresem, kierunkowością czy lokalizacją. Zastanówmy się zatem, czy charakter występujących spękań może wskazywać nam na przyczyny ich powstania.

Spękania zmęczeniowe (siatkowe) to najprawdopodobniej najczęściej występujące uszkodzenia nawierzchni, są wynikiem utraty nośności konstrukcji nawierzchni i pojawiających się problemów strukturalnych. Są łatwe do rozpoznania, ponieważ na nawierzchni pojawiają się wzajemnie przecinające się, nieregularnie rozmieszczone, poprzeczne, podłużne i ukośne pęknięcia tworzące wieloboki. Widok tych spękań przypomina łuski aligatora, stąd inna ich nazwa to spękania aligatorowe. Niezareagowanie w porę z przeprowadzeniem zabiegu remontowego skutkuje tym, że ten rodzaj spękań rozprzestrzenia się w znacznym tempie, a jest to spowodowane przede wszystkim wnikaniem wody w powstałe nieszczelności. W przypadku dróg samorządowych częstym zjawiskiem są spękania krawędziowe. Występują one przeważnie przy braku oporu, np. w postaci krawężnika. Ich przyczyną może być również zbyt mała szerokość jezdni, która wymusza na kierowcach najjeżdżanie kołami na krawędź w przypadku mijania się dwóch aut. Obszar przykrawędziowy jest często gorzej zagęszczony i bardziej podatny na pęknięcia. Już pierwsze pojawiające się spękania krawędziowe powinny być sygnałem do podjęcia zabiegów utrzymaniowych, ponieważ zlekceważenie problemu szybko spowoduje degradację całej nawierzchni.

Jak zatem poradzić sobie z powstałymi już spękaniami siatkowymi? Przed podjęciem decyzji o sposobie remontu

należy przede wszystkim sprawdzić stan warstw niżej leżących, aż do podbudowy. W praktyce wymieniamy wszystkie warstwy, które uległy uszkodzeniu, ale jeżeli warstwy spodnie nie wykazują zniszczeń, można ograniczyć się do sfrezowania warstwy ścieralnej i wbudowania cienkiej warstwy na gorąco czy wykonania nakładki z nawierzchni jednowarstwowej SMA 16 JENA. W tym rodzaju uszkodzeń nawierzchni bardzo dobrze sprawdzą się wszelkie technologie wzmocnień geowłóknami.

Spękania termiczne zmęczeniowe, których nie należy mylić ze spękaniami zmęczeniowymi siatkowymi nawierzchni, są również bardzo często występującym uszkodzeniem na polskich drogach. Czynnikiem zmęczeniowy w tym przypadku jest nie tylko ruch pojazdów, ale również powtarzające się serie wahań temperatury i częstych przejść przez 0°C. Zmęczeniowe spękania termiczne mają kształt bloków. Ich szczególnym rodzajem są spękania niskotemperaturowe powstałe na skutek gwałtownych spadków temperatury do bardzo niskich wartości w okresie zimy. Gwałtowny spadek temperatury powoduje gwałtowne zwiększenie sztywności nawierzchni i duży skurcz temperaturowy generujący naprężenia, na skutek których powstają spękania poprzeczne biegnące przez całą szerokość przekroju poprzecznego drogi. Takie zjawisko wymaga, aby do MMA przeznaczonych do budowy nawierzchni stosować asfalty odporne na niskie temperatury. Kluczową sprawą jest odpowiedni dobór ilości i rodzaju lepiszcza w MMA w zależności od lokalnie występujących warunków klimatycznych. Wszelkiego rodzaju pęknięcia, ubytki trzeba naprawić w jak najkrótszym okresie po ich identyfikacji. Nawet krótki okres oddziaływania wody może przyczynić się do wielokrotnienia wielkości uszkodzeń oraz ich skutków, które w połączeniu z innymi czynnikami (ruch samochodowy, ▶



Fot. 5. Wypływy lepiszcza

► promieniowanie UV, mróz) mogą w sposób znaczący obniżyć żywotność nawierzchni. Do najbardziej skutecznych technologii napraw należą wypełnienie pęknięć metodą pasmową z lub bez frezowania albo zastosowanie taśm uszczelniających. Wskazane jest również zabezpieczenie całej powierzchni od góry poprzez wykonanie cienkich warstw na gorąco lub na zimno (*slurry seal, microsurfacing*, powierzchniowe utrwalenie).

Spękania odbite dotyczą warstwy powierzchniowej nawierzchni i stanowią odwzorowanie istniejących pęknięć i nieciągłości warstw niżej leżących. Spękania odbite dotyczą głównie nawierzchni o konstrukcji półsztywnej, w której warstwy bitumiczne są wbudowane na sztywnej podbudowie z betonu cementowego, chudego betonu lub gruntów/kruszyw związanych spoiwem hydraulicznym. Wystąpienia spękań odbitych możemy się również spodziewać w miejscu występowania niezabezpieczonych spoin podłużnych i poprzecznych w warstwach niżej leżących, np. na wykonywanych poszerzeniach jezdni, połączeniach działek roboczych, połączeniach z ulepszonym podłożem. Jeżeli na warstwie ścieralnej pojawi się spękanie odbite, to będzie ono sięgać całej grubości pakietu bitumicznego i z łatwością zdiagnozujemy to po wykonaniu odwiertu przez całą konstrukcję nawierzchni. Istnieje kilka metod minimalizacji spękań odbitych w nawierzchni, o których warto sobie przy tej okazji wspomnieć:

- ograniczenie skurczu podbudowy związanej spoiwem hydraulicznym, zarówno co do wielkości, jak i szybkości narastania, poprzez umiejętne projektowanie składu mieszanki zastosowanej w podbudowie oraz przestrzeganie zasad wykonania warstwy związanej spoiwem hydraulicznym,
- wykonywanie szczelin w podbudowach związanych spoiwami hydraulicznymi, warstw pośrednich lub wprowadzanie mikrospekkań i spekkań w czasie wykonywania nawierzchni,
- właściwa pielęgnacja warstwy związanej spoiwem hydraulicznym, ograniczająca rozwarcie i ilość spekkań skurczowych oraz uzyskanie zakładanej wytrzymałości przez mieszankę,
- zastosowanie warstw pośrednich, których rolą jest absorbowanie naprężeń (membrana SAM, membrana SAMI, cienkie warstwy z drobnoziarnistych i bogatych w asfalt modyfikowany mieszanek mineralno-asfaltowych, kompozyty na bazie geowłóknin, kruszywowe warstwy pośrednie o gr. min. 10 cm).

## Uszkodzenia powierzchniowe

Przyczyny uszkodzeń powierzchniowych mogą być zróżnicowane. Mogą być one efektem niewłaściwego składu mieszanki, źle prowadzonego procesu wbudowywania, niewłaściwych warunków atmosferycznych, nieodpowiednio przygotowanego podłoża czy też niewłaściwie dobra-

nych materiałów. Zniszczenia powierzchniowe mogą polegać na ubytkach kruszywa, ubytkach całych fragmentów mieszanki mineralno-asfaltowej, wypływach lepiszcza czy polerowaniu ziaren. Mają one większy wpływ na estetykę i komfort jazdy aniżeli na właściwości mechaniczne konstrukcji nawierzchni. Reasumując, jak wiele jest typów uszkodzeń powierzchniowych nawierzchni, tak wiele jest przyczyn ich powstawania. Zastanówmy się zatem, jakie zabiegi utrzymaniowe możemy dobrać do danych uszkodzeń powierzchniowych. Utratę właściwości przeciwpoślizgowych, która pojawia się w wyniku nadmiaru lepiszcza czy polerowania ziaren kruszywa, możemy przywrócić poprzez wykonanie zabiegu mikrofrezowania lub ułożenia cienkiej warstwy na gorąco lub na zimno. W tym przypadku bardzo dobrze sprawdzą się mikrodywaniki. Jako zabieg utrzymaniowy przywracający szorstkość warstwy ścieralnej i uszczelniający warstwę przed przenikaniem wody, nadając jej jednolity, estetyczny wygląd, dobrze sprawdzi się powierzchniowe utrwalenie. Ubytki nawierzchni, lepiszcza lub ziaren kruszywa niwelujemy poprzez wykonanie remontów cząstkowych, aby przywrócić nawierzchnię do stanu początkowego. Należy pamiętać, że wszystkie zabiegi utrzymaniowe przeznaczone do redukcji uszkodzeń powierzchniowych wykonujemy na drogach o zadawalającej nośności.

## Wnioski

Dobrze zaprojektowana nawierzchnia powinna spełniać wymagania trwałości funkcjonalnej, jak i strukturalnej w zakładanym okresie eksploatacji. Decydują o tym zastosowane materiały, projekt konstrukcji, jakość wykonania, ale również odpowiednie utrzymanie, diagnostyka stanu nawierzchni oraz dobór technologii napraw. Niezależnie od dostępności środków, rodzaju drogi, obciążenia ruchem planowane, a później wykonywane zabiegi utrzymaniowe powinny mieć na celu przede wszystkim zapewnienie bezpiecznego korzystania z sieci drogowej dla jej użytkowników. Celem artykułu było zebranie najczęściej występujących uszkodzeń nawierzchni asfaltowych i wskazanie ich potencjalnych przyczyn z jednoczesnym wskazaniem technologii napraw. Wiedza na temat czynników wpływających na trwałość nawierzchni i sposób radzenia sobie z usterkami pozwala na podejmowanie przemyślnych i kompleksowych działań w zakresie utrzymania istniejącej infrastruktury drogowej w odpowiednim stanie technicznym. □

### Piśmiennictwo

1. Andrasz A.: *Zastosowanie systemu PMS na poziomie sieci dróg miejskich*. III Krakowska Ogólnopolska Konferencja Naukowa Transportu „KOKONAT”, Kraków, 21-22 kwietnia 2016 r.
2. Ryś D., Judycki J., Jaskuła P.: *Wpływ pojazdów przeciążonych na trwałość nawierzchni asfaltowych*. „Logistyka”, 6/2014, 9318-9328.
3. *Katalog Przebudów i Remontów Nawierzchni Podatnych i Półsztywnych KPRNPP - 2013*. Warszawa 2013.