

Romuald Sztukiewicz, dr hab. inż., prof. nadzw.

Paweł Rydzewski, dr inż., adiunkt

Instytut Inżynierii Lądowej
Politechnika Poznańska
Polska

DIAGNOSTYKA NAWIERZCHNI W SYSTEMIE WSPOMAGANIA ZARZĄDZANIA SIECIĄ ULIC

PAVEMENT DIAGNOSTICS IN THE STREET NETWORK MANAGEMENT SUPPORT SYSTEM

Streszczenie

W systemach zarządzania siecią ulic diagnostyka nawierzchni należy do jednych z najważniejszych zagadnień. Dla celów budowanego dla Zarządu Dróg Miejskich w Poznaniu „Systemu wspomagania zarządzania siecią ulic miasta Poznania” zasadniczą, zrealizowaną i realizowaną funkcją systemu jest diagnoza nawierzchni jezdni ulic miejskich. Diagnoza - czyli ocena stanu nawierzchni jest jedną ze składowych diagnostyki nawierzchni. Diagnoza nawierzchni dróg w granicach miasta Poznania jest opracowywana corocznie na koniec września danego roku. Ocenie podlega układ podstawowy dróg miasta obejmujący ponad 330 km dróg publicznych. Łączna powierzchnia jezdni ulic układu podstawowego wynosi obecnie 3879 tys. m², co stanowi prawie 50% powierzchni jezdni dróg miasta Poznania.

W referacie zostaną przedstawione również pozostałe składowe diagnostyki nawierzchni do których należą: geneza – czyli określenie przyczyn zaistnienia obecnego stanu oraz prognoza – to określenie okresu czasu przyszłej zmiany stanu nawierzchni. Prognozowanie stanu technicznego nawierzchni jest również podstawowym problemem w planowaniu utrzymania sieci drogowej. Niezbędne jest bowiem określenie horyzontu czasowego przyszłej zmiany stanu technicznego nawierzchni. Na podstawie prognozy stanu technicznego ustala się zakres potrzeb, ich koszty i strategię prowadzenia robót utrzymaniowych.

Summary

Pavement diagnostics is one of the key issues in a street network management system. The principal, previously and currently implemented, function of the “Support system for the street network management in Poznań” which is being developed for the City Roads Authority (ZDM) in Poznań is the diagnosis of the city streets pavement. The diagnosis - meaning the pavement condition assessment is one of the components of the pavement diagnostics. For the streets within the limits of the city of Poznań pavement diagnosis is undertaken every year at the end of September. It covers the primary grid of roads within the city including over 330 km of public roads. The total surface of the primary grid roadways is currently 3,879,000 m² this accounting for almost 50% of the total roadway area in the city.

The paper describes also the other components of the pavement diagnostics, namely the genesis – i.e., determining of the causes of the present condition and the prognosis – determining of the time of the future change in pavement condition. Forecasting of the pavement condition is also the principal issue in the planning of road network maintenance, as it is necessary to determine the time horizon for future changes in the pavement condition. The prognosis of pavement condition is a basis for determining the scope of necessary maintenance works, their cost and working strategy.

1. Wprowadzenie

W systemach zarządzania (PMS – Pavement Management System) ocena stanu nawierzchni należy do jednych z najważniejszych zagadnień. Ocena stanu nawierzchni może być realizowana na poziomie sieci dróg lub na poziomie odcinka. Każdy z poziomów oceny stanu wymaga stosowania odpowiednich metod badawczych, które na poziomie sieci oceniają globalnie stan nawierzchni, natomiast na poziomie odcinka pozwolą na zaprojektowanie konstrukcji nawierzchni drogowej dostosowanej do wymagań Unii Europejskiej.

Na terenach zabudowy są realizowane systemy zarządzania siecią ulic, w których również zagadnienia oceny stanu technicznego nawierzchni należą do ważnych zagadnień nie lekceważąc oceny stanu pozostałych elementów pasa drogowego.

Zagadnieniami szeroko pojętej oceny stanu nawierzchni drogowej zajmuje się diagnostyka nawierzchni drogowej. Ogólne pojęcie diagnostyki (z greckiego "umiejący rozpoznawać") wiąże się z rozeznaniem jakiegoś stanu rzeczy i jego tendencji rozwojowych na podstawie objawów (symptomów) znajomości ogólnych prawidłowości celów planowego działania. Pojęcie "diagnostyka podatnej nawierzchni drogowej" zostało zastosowane już w 1991 roku [1]. Specyficzne warunki pracy i zużywania się nawierzchni drogowej nie pozwalały na adaptację doświadczeń zdobytych w diagnostyce komputerowej czy diagnostyce maszyn. W dziedzinach tych można przewidzieć następstwo stanów funkcjonalnych, świadczących o poprawności działania określonego urządzenia. Zbudowanie i eksploatacja nawierzchni ma charakter ciągły, nie dając podstaw do naturalnego rozgraniczenia stanów. Ponadto nawierzchnia drogowa charakteryzuje się dużym rozrzutem właściwości nabytych na etapie wytwarzania. Ta nieoznaczoność i ciągłość procesu zużycia, stwarza zupełnie inne problemy w kontroli właściwości i ocenie stanu nawierzchni. W związku z powyższym w diagnostyce nawierzchni drogowej wypracowano odmienny zbiór metod i środków diagnozowania.

Na praktyczne zastosowania diagnostyki nawierzchni składają się następujące zadania:

- diagnoza - to określenie bieżącego stanu technicznego,
- geneza - to określenie przyczyn zaistnienia obecnego stanu,
- prognoza - czyli określenie okresu czasu przyszłej zmiany stanu nawierzchni.

Rola nauki w diagnostyce sprowadza się do dostarczenia metod i środków

realizacji postawionych zadań. Podstawy do obiektywnej oceny stanu nawierzchni wynikają z badań. Diagnostyka od strony wykonawczej sprowadza się do pomiarów dostępnych dla obserwacji symptomów stanu technicznego i do wnioskowania na podstawie uzyskanego zbioru danych. Badania i obserwacje diagnostyczne pozwalają analizować wpływ oddziaływania ruchu drogowego oraz wpływ środowiska zewnętrznego na nawierzchnię drogową. Wymienione czynniki stanowią tylko część wpływów i oddziaływań na nawierzchnię drogową. W większości przypadków diagnostyki, procedura określenia stanu technicznego przez pomiar różnych cech (symptomów stanu) musi z góry uwzględniać nieznaną nieznajomość wszystkich wpływów i oddziaływań na nawierzchnię drogową [2,3].

2. Diagnoza nawierzchni drogowej

Dla celów budowanego dla Zarządu Dróg Miejskich w Poznaniu „Systemu wspomagania zarządzania siecią ulic miasta Poznania” zasadniczą, zrealizowaną i realizowaną funkcją systemu jest diagnoza nawierzchni jezdni ulic miejskich. Diagnoza - czyli ocena stanu nawierzchni jest jedną ze składowych diagnostyki nawierzchni. Diagnoza nawierzchni dróg w granicach miasta Poznania jest opracowywana corocznie na koniec września danego roku. Ocenie podlega układ podstawowy dróg miasta obejmujący ponad 330 km dróg publicznych. Łączna powierzchnia jezdni ulic układu podstawowego wynosi obecnie 3879 tys. m², co stanowi prawie 50% powierzchni jezdni dróg miasta Poznania.

Dla celów „Systemu wspomagania zarządzania siecią ulic miasta Poznania” opracowano metodę diagnozy nawierzchni z uwzględnieniem kwantyfikacji parametrów stanu oraz z uwzględnieniem dowolnej ilości pomierzonych czy określonych cech elementów jezdni [4]. Dla potrzeb „Systemu...” wprowadzono model nawierzchni przyjmujący podział na elementy jednorodne pod względem konstrukcji i stanu nawierzchni, ograniczone do szerokości pasa ruchu i długości określonej kolejnymi skrzyżowaniami. Długość elementu podlegającego diagnozie nie powinna być mniejsza niż 5 m. Pasy ruchu w obrębie skrzyżowania stanowią wydzielone elementy podlegające diagnozie. Diagnozę przeprowadza się oddzielnie dla każdego wydzielonego elementu nawierzchni.

W opracowanej metodzie oceny stanu jezdni ulic w wyniku wizualnej inwentaryzacji i pomiarów urządzeniami mechanicznymi uzyskuje się wskaźniki poszczególnych parametrów stanu elementów jezdni. Wskaźniki te porównuje się

z kryteriami w rezultacie czego, poszczególnym odcinkom dróg przypisane zostają klasy stanu nawierzchni:

- A - stan dobry,
- B - stan zadowalający,
- C - stan niezadowalający,
- D - stan zły.

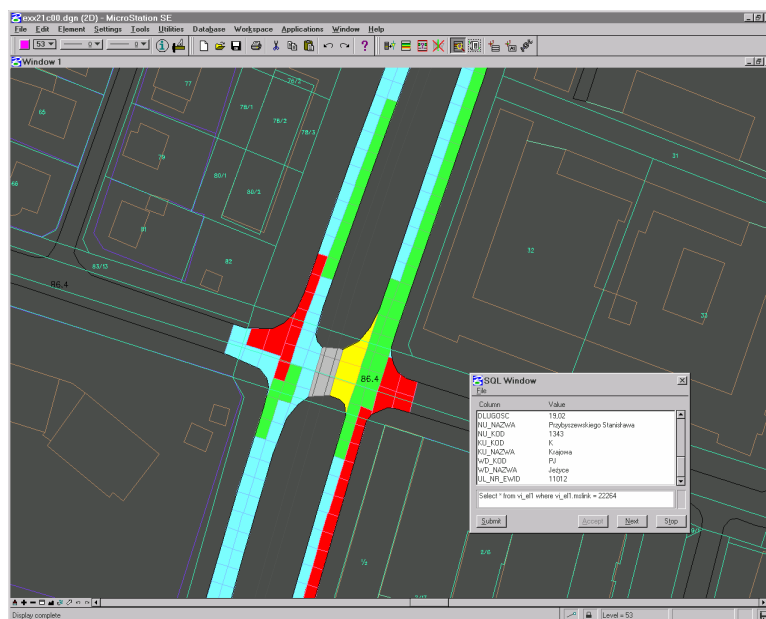
Przyjęte klasy stanu nawierzchni są zgodne z Systemem oceny stanu nawierzchni (SOSN) z 1989 roku. Kryteria oceny zostały opracowane z uwzględnieniem warunków miejskich i zapisane w dokumentacji „Systemu wspomaganie zarządzania siecią ulic miasta Poznania”.

Wyniki oceny stanu nawierzchni mogą być przedstawiane dla poszczególnych parametrów stanu technicznego nawierzchni lub dla wskaźnika globalnego. W metodzie oceny stanu nawierzchni przyjęto funkcję kompromisu uwzględniającą formułę multiplikatywną. Polega ona na tym, że jeżeli którykolwiek z parametrów osiągnie wartość krytyczną - klasa D - to wskaźnik globalny jest w klasie D.

Ocena stanu nawierzchni jest przeprowadzana corocznie. Wizualną inwentaryzację wykonuje się dla 200 km pasów ruchu nanosząc wyniki na 400 arkuszach Mapy Miejskiej w skali 1: 500. Równocześnie jest realizowany program badań urządzeniami mechanicznymi na ciągach pomiarowych o długości 100 km. Laboratorium Drogowe Generalnej Dyrekcji Dróg Krajowych i Autostrad Oddział w Poznaniu wykonuje badania:

- równości podłużnej i poprzecznej - profilografem laserowym LPR,
- nośności - urządzeniem FWD,
- właściwości przeciwpoślizgowych - urządzeniem SRT-3.

W wyniku wizualnej inwentaryzacji i pomiarów urządzeniami mechanicznymi uzyskuje się wskaźniki poszczególnych parametrów stanu elementów jezdni. Wskaźniki te porównuje się z kryteriami w rezultacie czego, jednorodnym elementom nawierzchni zostają przypisane klasy stanu. W celu wizualizacji wyników oceny stanu nawierzchni, poszczególnym klasom przydzielono następujące kolory: klasa A - niebieski, klasa B - zielony, klasa C - żółty, klasa D - czerwony. Przykładowe wyniki wizualizacji wskaźnika globalnego dla nawierzchni jednej z dróg układu podstawowego pokazano na rysunku 1.



Rys. 1. Przykładowe wyniki wizualizacji wskaźnika globalnego dla nawierzchni jezdni dróg układu podstawowego miasta Poznania

Wyniki syntetycznej oceny stanu nawierzchni dróg układu podstawowego miasta Poznania zamieszczono w tablicy 1.

Tablica 1

Wskaźnik globalny dla odcinków dróg i skrzyżowań nawierzchni dróg układu podstawowego miasta Poznania*

Klasa stanu	km	%	tys. m ²	%
A - stan dobry	35	10	473	12
B - stan zadowalający	137	41	1657	43
C - stan niezadowalający	43	13	487	13
D - stan zły	120	36	1262	32
RAZEM	335	100	3879	100

* bez odcinka autostrady A2 przebiegającego przez Poznań

Prowadzona w ramach „Systemu wspomaganie zarządzania siecią ulic miasta Poznania” diagnoza zapewnia możliwość oceny każdego z elementów pasa ulicznego osobno, jak również pewnych grup elementów w sposób łączny (na przykład diagnoza nawierzchni całej jezdni czy całej ulicy) [5].

3. Geneza nawierzchni drogowej

Wybór technologii zabiegu utrzymaniowego powinien być poprzedzony określeniem przyczyn zaistnienia obecnego stanu i zasięgu zniszczeń konstrukcji drogi. W diagnostyce nawierzchni drogowej ta faza zwana jest genezą problemu. Wśród przyczyn zniszczenia nawierzchni bitumicznych należy wyróżnić:

- brak odporności warstw bitumicznych na obciążenie ruchem w wysokiej temperaturze, powodujący powstanie deformacji trwałych o charakterze lepkoplastycznym w przekroju poprzecznym i podłużnym,
- brak odporności na naprężenia rozciągające o charakterze termicznym, powodujący spękania poprzeczne w warstwie ścieralnej i postępujące w głąb konstrukcji,
- brak odporności na naprężenia rozciągające, będący skutkiem nieciągłości struktury niżej położonej warstwy (zwłaszcza warstw podbudowy związanej spoiwami hydraulicznymi), w wyniku czego pojawiają się pęknięcia poprzeczne w spodzie warstw bitumicznych i postępują ku górze konstrukcji, tak zwane spękania odbite,
- zmęczenie materiału warstw bitumicznych, powodowane wielokrotnym powtarzaniem obciążeń (naprężeń i odkształceń), objawiające się charakterystycznymi spękaniem siatkowymi,
- brak powierzchniowej odporności na destrukcyjne działanie czynników zewnętrznych: ruchu pojazdów, wody, soli, niskiej temperatury, powodujących utratę szorstkości lub/i utratę szczelności warstwy ścieralnej.

W skrócie sposoby zniszczenia nawierzchni można zestawić jako: deformacje trwałe, spękania poprzeczne termiczne, spękania poprzeczne odbite, zmęczenie, zniszczenie powierzchniowe.

Z przedstawionego zestawienia wynika, że różne mogą być przyczyny zniszczenia nawierzchni drogowej i jak różny może być ich zasięg w głąb konstrukcji. Zatem rozpoznanie charakteru i przyczyny zniszczenia ma znaczenie dla wyboru właściwego zabiegu utrzymaniowego [6,7]. Przedstawione założenia do opracowania sposobu wyboru zabiegów utrzymaniowych wskazują na konieczność zebrania dużej ilości informacji o nawierzchni drogowej i jej stanie oraz możliwych do stosowania zabiegach utrzymaniowych. Konieczne jest opracowanie szczegółowego algorytmu przetwarzania danych. Będzie to przedmiotem prac realizowanych w kolejnych etapach

systemu wspomagania zarządzania siecią ulic miasta Poznania.

4. Prognoza nawierzchni drogowej

Prognoza czyli określenie okresu czasu przyszłej zmiany stanu nawierzchni jest elementem niezbędnym w planowaniu strategii utrzymaniowych czy przewidywaniu potrzeb w zakresie przyszłego utrzymania dróg. W literaturze najczęściej można spotkać następujący schemat klasyfikacyjny prognoz:

Tablica 2

Klasyfikacja prognoz

Kryterium podziału	Rodzaje prognoz
• horyzont czasowy	prognozy długo-, średnio- i krótkoterminowe, perspektywiczne i ponadperspektywiczne, operacyjne i strategiczne
• charakter lub struktura	prognozy proste i złożone, ilościowe i jakościowe
• stopień szczegółowości	prognozy ogólne i szczegółowe
• zakres ujęcia	prognozy całościowe i częściowe, globalne i odcinkowe, kompleksowe i fragmentaryczne
• zasięg terenowy	prognozy światowe, międzynarodowe, krajowe, regionalne, lokalne
• metoda opracowania	prognozy indukcyjne, dedukcyjne, minimalne, średnie, maksymalne, czyste (pierwotne), weryfikowane, modelowe
• cel lub funkcja	prognozy ostrzegawcze, badawcze, normatywne, aktywne, pasywne i inne

Najważniejszą przesłanką rozróżniania wydaje się być horyzont prognozy, czyli okres, na który została ona skonstruowana. Dlatego umownie przyjęto uważać, że :

- prognoza krótkoterminowa nie przekracza 1 roku,
- prognoza średnioterminowa dotyczy 2 - 5 lat,
- prognoza długoterminowa obejmuje ponad 5 lat.

Podział ten jest w pewnym sensie umowny, uzależniony jest bowiem od charakteru badanego zjawiska. W każdym przypadku jednak, im horyzont prognozy dalszy, tym prawdopodobieństwo zaistnienia przewidywanego stanu maleje, a więc zmniejsza się pewność prognozy.

Istnieje więc wiele możliwości zwiększenia pewności prognozy, do których zalicza się:

- stosowanie kilku metod prognozowania i porównanie ich wyników ze sobą,
- porównanie otrzymanej prognozy z innymi podanymi wcześniej w literaturze przedmiotu, a odnoszącymi się do tego samego zagadnienia,

- potwierdzenie otrzymanych wyników poprzez logiczne lub matematyczne wyprowadzenie wniosków ze znanych już prognoz,
- przeprowadzenie weryfikacji merytorycznej.

Zagadnienia prognozowania stanu technicznego ze szczególnym uwzględnieniem zmian równości poprzecznej nawierzchni asfaltowej zostały przedstawione w pracach [8,9,10].

5. Podsumowanie

W systemach zarządzania siecią ulic zagadnienia związane z diagnostyką nawierzchni powinny uwzględniać nie tylko diagnozę lecz również pozostałe składowe diagnostyki nawierzchni do których należą: geneza – czyli określenie przyczyn zaistnienia obecnego stanu oraz prognoza – to określenie okresu czasu przyszłej zmiany stanu nawierzchni.

Literatura

1. Sztukiewicz R., Diagnostyka warstwy wierzchniej podatnej nawierzchni drogowej, *Drogownictwo*, 1991, nr 7-8, s.113-115.
2. Sztukiewicz R., Wprowadzenie do diagnostyki nawierzchni drogowej, *Zeszyty Nauk. Polit. Pozn.*, nr 35, Poznań, 1992, s.219-228.
3. Sztukiewicz R., Zadania diagnostyki nawierzchni drogowej, *Seminarium Nauk.- Techn. „Diagnostyka i ocena stanu dróg”*, Polit. Szczec., 1997, t.1, s.123-128.
4. Sztukiewicz R., Rydzewski P., Metoda oceny stanu jezdni dróg miejskich, *Transport Miejski*, 1997, nr 11, s. 25-30.
5. Sztukiewicz R., Rydzewski P., System wspomaganie zarządzania siecią ulic miasta Poznania, *Polskie Drogi*, Warszawa, 2002, nr 6, s. 34 – 38.
6. Sybilski D., Problemy utrzymania nawierzchni drogowych w Polsce w latach 90-tych, *Drogownictwo*, nr 5, 1994.
7. Sztukiewicz R., Rydzewski P., Założenia do wyboru zabiegów utrzymaniowych nawierzchni w systemie wspomaganie zarządzania siecią dróg miejskich, I Międzynarodowa Konferencja Nauk. - Techn. „Nowoczesne technologie w budownictwie drogowym”, Poznań, 1998, s. 246-256.
8. Sztukiewicz R., Płatkiewicz A., Metody prognozowania stanu nawierzchni, I Międzynarodowa Konferencja Nauk. - Techn. „Nowoczesne technologie w budownictwie drogowym”, Poznań, 1998, s. 235-245.
9. Płatkiewicz A., Sztukiewicz R., Zastosowanie metody prognozowania szeregów czasowych do przewidywania zmian równości poprzecznej nawierzchni asfaltowej, *Pięćdziesiąta Konferencja Naukowa KILiW PAN - KN PZITB*, Krynica 2004, t. V, s. 217 - 224.
10. Płatkiewicz A., Sztukiewicz R., Ocena dopuszczalności prognozy stanu równości poprzecznej nawierzchni asfaltowej, III Międzynarodowa Konferencja Nauk. - Techn. „Nowoczesne technologie w budownictwie drogowym”, Poznań, 2005, s. 214 - 221.