

Dorota Czernek

Asfaltowe polskie drogi – jakość, ekologia, innowacje

NAWIERZCHNIE ASFALTOWE najczęściej kojarzą się polskim kierowcom z koleinami. Specjaliści od wielu lat poszukują innowacyjnych rozwiązań, które pozwolą na budowanie trwałych dróg z mieszanek mineralno-asfaltowych. W Polsce pojawia się sporo nowych technologii, choć ich wdrażanie nie jest łatwe. Po jakich zatem „asfaltówkach” będziemy jeździć w najbliższych latach?

Nawierzchnie asfaltowe zbudowane są z trzech warstw – podbudowy, warstwy wiążącej i warstwy ścieralnej. Mogą one być wykonywane z mieszanek mineralno-asfaltowych (MMA), które składają się z lepiszcza asfaltowego (średnio ok. 5%), kruszywa drobnego i grubego, wypełniacza oraz dodatków. Do warstw podbudowy i wiążącej polskich dróg asfaltowych często stosuje się beton asfaltowy (ZC) oraz beton asfaltowy o wysokim module sztywności (AC WMS). Warstwa ścieralna to zwykle beton asfaltowy (AC), mastyks grysowy (SMA), asfalt lany (MA), beton asfaltowy do cienkich warstw ścieralnych (BBTM) i asfalt porowaty. Dobry asfalt drogowy powinien charakteryzować się szerokim zakresem lepkościowości (od -40 do 80°C), co wymusza wykorzystywanie do produkcji MMA lepiszczy wysokiej jakości. Warstwa ścieralna ok. 20% polskich dróg wykonywana jest z mieszanek zawierających asfalt modyfikowany polimerami, które poprawiają właściwości asfaltu latem pod wpływem wysokiej temperatury, jednocześnie nie pogarszają ich w warunkach zimowych. Jednak w wielu miejscowościach zniszczona, dziurawa nawierzchnia z koleinami lub ekipy starające się szybko załatać ubytki i spękania, to nierzadki widok. Dlatego poszukuje się wciąż innowacyjnych rozwiązań, materiałów i technologii produkcji MMA, by nawierzchnie asfaltowe miały coraz lepsze parametry techniczne i były przyjazne dla środowiska.

Coraz lepsze drogi

Wielu specjalistów twierdzi, że lepiszcza asfaltowe i mieszanki mineralno-asfaltowe będą przez przynajmniej przez najbliższe 30 lat, głównymi materiałami stosowanymi do budowy nawierzchni drogowych i mostowych. Oczywiście ich jakość jest wciąż ulepszana, by zapewnić większą trwałość dróg i spełnić wysokie standardy rynku w zakresie eksploatacji nawierzchni. Eksperti przewidują, że największe zmiany nastąpią w stosowaniu cienkich warstw ścieralnych o poprawionej szorstkości i zmniejszonym poziomie hałasu wywołanym ruchem pojazdów, a także o właściwościach drenujących

i odpornych na spękania niskotemperaturowe. Ważne też będzie stosowanie warstw wiążących o zwiększonej grubości i odporności na odkształcenia trwałe oraz podbudów z dolną warstwą asfaltową o zwiększonej trwałości zmęczeniowej (warstwy przeciwspekaniowe). Częściej stosowane będą lepiszcza asfaltowe z dodatkiem rozdrobnionej gumy ze zużytych opon samochodowych, asfalty wysoko modyfikowane elastomerami o obniżonej lepkości, a także lepiszcza fluksowane z olejami roślinnymi i technologia WMA. Prowadzonych jest wiele projektów badawczych mających na celu opracowanie nowych i ulepszanie stosowa-

nych już technologii produkcji materiałów do wykonywania nawierzchni drogowych. W Polsce, w badania zaangażowanych jest kilka Politechnik, Instytut Badawczy Dróg i Mostów, a także inne ośrodki badawczo-rozwojowe oraz producenci asfaltów i mieszanek mineralno-asfaltowych. GDDKiA i Narodowe Centrum Badań i Rozwoju mają wspólnie wspierać i finansować prace rozwojowe i badania w obszarze drogowictwa, a beneficjentami tych projektów będą jednostki naukowe oraz przedsiębiorstwa z segmentu budowlanego. Wyniki prac przyczynią się m.in. do udoskonalenia rozwiązań w zakresie bezpieczeństwa ruchu drogowego, zarządzania ruchem drogowym, a także technik budowy dróg.

Nowe projekty i badania odcinków próbnych doprowadziły do sprecyzowania wymagań technicznych dotyczących projektowania i wytwarzania nowoczesnych materiałów, zgodnych z PN-EN 13043:2004 Kruszywa do mieszanek bitumicznych i powierzchniowych utwaleń stosowanych na drogach, lotniskach i innych powierzchniach przeznaczonych do ruchu (zatwierdzonej jako zgodna z europejską normą). WT-1 Kruszywa 2013 zawierają zaktualizowane zalecenia, dostosowane do polskich warunków klimatycznych oraz do obciążenia ruchem drogowym. WT-2 Nawierzchnie asfaltowe 2013 dotyczą mieszanek mineralno-asfaltowych produkowanych na gorąco oraz warunków ich produkcji. W wymaganiach technicznych uwzględniono także zapisy norm z serii PN-EN 13108-x Mieszanki mineralno-asfaltowe, dotyczących m.in. betonu asfaltowego, betonu asfaltowego do bardzo cienkich warstw, mieszanki SMA, asfaltu lanego i porowatego oraz destruktu asfaltowego. Oba opracowania nie są dokumentem obowiązującym prawnie, ale rekomendują wytyczne do projektowania i wykonywania nawierzchni – zastępują wymagania z 2010 roku.

Drogi przyjazne środowisku

Nowoczesne technologie produkcji i układania MMA pozwalają na zmniejszenie zużycia energii, paliwa oraz emisji CO₂ i innych związków. Są to np. mieszanki mineralno-asfaltowe o obniżonej temperaturze: na ciepło WAM (*Warm Asphalt Mixture*) – podgrzewane do 110–130°C, i na półciepło Half WAM (do 60–90°C). Wytwarza się je w różnych technologiach i z różnymi dodatkami (np. asfalt spieniony, parafina lub воск, emulsja wodna, lepiszcza roślinne o niskiej lepkości oraz dodatki chemiczne).

Mieszanki asfaltowe modyfikowane gumą (MMGA – mieszanki mineralno-gumowo-asfaltowe) pozyskiwaną ze zużytych

opon gumowych są w stanie konkurować z tradycyjnymi nawierzchniami asfaltowymi. Poza możliwością recyklingu odpadów, „gumowe” drogi mają dodatkowo lepszą przyczepność, ograniczają drgania, są odporne na pęknięcia, a przede wszystkim tłumią hałas. Pozwala to zmniejszyć koszty inwestycji i jej utrzymania, zminimalizować (lub wyeliminować) montaż ekranów akustycznych na terenach przyrodniczo-cennych, a także poprawić bezpieczeństwo użytkowników.

Przyjazne dla środowiska i obniżające koszty produkcji mieszanek mineralno-asfaltowych jest również wykorzystywanie destruktu asfaltowego. Jest to korzystne zwłaszcza w przypadku recyklingu zużytej nawierzchni bezpośrednio na miejscu wbudowania nowej, co jest możliwe przy wykorzystaniu specjalistycznych maszyn. Mogą to być np. mobilne wytwórnie mas na zimno z wykorzystaniem destruktu asfaltowego, którymi dysponuje firma Skanska. Umożliwiają one uzyskanie mieszanki MCE zawierającej destruktu, kruszywo, cement i emulsję asfaltową.

Innowacyjność na polskich drogach

Bez walcowania

Asfalt lany jest stosowany w nawierzchniach drogowych, jednak dotąd używano go zwykle w warstwach dolnych np. do ochrony warstwy izolacji konstrukcji mostowej. W 2013 roku użyto go do wykonania warstwy ścieralnej – po raz pierwszy w Polsce – w nawierzchni nowego mostu drogowego przez Wisłę oraz estakady, tunelu, wiaduktu i ronda w Toruniu. Ma to zwiększyć bezpieczeństwo i trwałość całej konstrukcji. Asfalt lany nie ma wolnych przestrzeni, co zapewnia absolutną szczelność nawierzchni i umożliwia układanie nawierzchni bez walcowania. Materiał układa się za pomocą rozkładarki poruszającej się po wyprofilowanym torowisku, co umożliwia uzyskanie jezdni o maksymalnie równej powierzchni. Wtapiany w powierzchnię asfaltu grys zwiększa szorstkość, która znacznie skraca drogę hamowania i zwiększa bezpieczeństwo ruchu, zwłaszcza na nawierzchni mostowej, bardziej wrażliwej na niskie temperatury i częściej ulegającej oblodzeniu. Prace badawcze nad recepturą dla polskich warunków (opartą na doświadczeniach szwajcarskich) prowadzono w laboratorium TPA koncernu Strabag w Pruszkowie przez ponad dwa lata. Specjalny asfalt zamówiono w rafinerii gdańskiej i aby spełnić najwyższe wymagania co do jakości wykonania (równość nawierzchni) maszyny do układania asfaltu sprowadzono z Niemiec,

a specjalistów ze Szwajcarii. Technologia asfaltu lanego może przedłużyć żywotność nawierzchni nawet do 20 lat, co obniży koszty utrzymania i remontów.

Gumowe drogi

Nawierzchnie drogowe z mieszanek mineralno-asfaltowych z lepiszczem asfaltowym modyfikowanym gumą to rozwiązanie wciąż udoskonalane, które być może zastąpi modyfikację polimerami. Gumę pozyskuje się z przeróbki zużytych opon gumowych, ograniczając zanieczyszczenie środowiska naturalnego. Granulat można wytwarzać metodą kriogeniczną (słabiej łączy się z lepiszczem) lub poprzez rozdrabnianie w warunkach atmosferycznych, co daje produkt o lepszej przyczepności do asfaltu i dlatego jest częściej stosowane. Dodatek miazgi lub granulatu gumowego sprawia, że uzyskiwana nawierzchnia jest znacznie trwalsza niż na bazie asfaltów tradycyjnych. Ma dużą odporność na spękania termiczne i mechaniczne, a także na deformacje trwałe – koleiny. Warstwa ścieralna charakteryzuje się znacznie lepszą przyczepnością z oponami kół pojazdów samochodowych, co umożliwia skrócenie drogi hamowania.

Metody modyfikacji mieszanek mineralno-asfaltowych gumą:

- na sucho (*dry process*) – granulatu gumowy dodawany jest jako jeden ze składników do mieszanki mineralno-asfaltowej podczas jej produkcji – zastępuje część kruszywa o uziarnieniu 1,5–6 mm,
- na mokro (*wet process*) – miazgę lub granulatu gumowy łączony jest z asfaltem jeszcze w rafinerii; po zmodyfikowaniu powstaje lepiszcze gumowo-asfaltowe (guma stanowi wagowo co najmniej 15% ogólnej masy lepiszcza), które dodaje się do mieszalnika w trakcie produkcji mieszanki mineralno-asfaltowej. Tu jednak ważne jest zapewnienie odpowiedniego transportu asfaltu gumowego w temp. 170–190°C. Produkt trzeba magazynować w temp. do 190°C w zbiornikach izolowanych z mieszadłem mechanicznym i utrzymywać asfalt w cyrkulacji zbiornik-pompa-zbiornik, by zapobiec osadzaniu się gumy.

Lepiszczami gumowo-asfaltowymi polscy specjaliści zajmują się od ponad 30 lat. Pierwsze, niestety nieudane próby zastosowania materiału podjęto w 1995 roku. Powrócono do prac nad technologią po 10 latach, co zaowocowało wybudowaniem pierwszych polskich „gumowych dróg”. Prekursorem jest firma Bisek, która w 2006 roku wprowadziła do produkcji mieszanki asfaltowe modyfikowane miazgą gumowym

metodą na mokro. Dokonała tego dzięki kilkuletniej współpracy z Politechniką Wrocławską oraz Uniwersytetem w Clemson z Południowej Karoliny (USA) i nadal udoskonala tę nową technologię.

Modyfikację asfaltu dodatkiem gumy metodą na mokro wytwarzanego bezpośrednio już w rafinerii jako pierwsza w Polsce opracowała i wdrożyła firma Lotos Asfalt. Materiał ten charakteryzuje się rozszerzonym zakresem lepkościowości i podwyższoną odpornością na starzenie. Zwiększa także odporność nawierzchni na niskie temperatury, spękania termiczne i mechaniczne oraz ma właściwości reologiczne, które wpływają na wzrost jej trwałości.

W Polsce przeprowadzano także próby produkcji na skalę przemysłową asfaltów modyfikowanych z niewielkim dodatkiem miazgi gumowej. W ramach projektu badawczego zespół Technologii Materiałów i Nawierzchni Drogowych Wydziału inżynierii Lądowej Politechniki Warszawskiej opracował nowe lepkościowe gumowo-asfaltowe ze znacznie większą ilością miazgi gumowej (15–18%). W 2013 roku TPA Instytut Badań Technicznych, firma Strabag w Polsce i miasto Pruszków wdrożyło tę nową technologię na mokro, uzyskując mieszankę o znacznie lepszych parametrach, tworzącą nawierzchnię bardziej odporną na zmęczenie, spękania i starzenie, a także o wyższej dźwiękochłonności. Doświadczalny odcinek drogi z użyciem asfaltu gumowego pozwoli na rozwój i wdrożenie innowacyjnego materiału nie tylko w warstwie ścieralnej, lecz także w pozostałych – podbudowie i wiążącej.

Asfalt modyfikowany gumą zastosowała także firma Skanska, której laboratorium opracowało w oparciu o doświadczenia własne oraz zespołu z Politechniki Warszawskiej recepturę na mieszankę SMA 11 z asfaltem modyfikowanym gumą. Wykorzystano ją na odcinku drogi dojazdowej do wytwórni mieszanek asfaltowych w Sycowie oraz w ramach kontraktu prowadzonego dla GDDKiA (Kłodawa–Chodów). Zalety tego typu mieszanek również i w tym przypadku się potwierdziły.

Remont raz na 50 lat

Nawierzchnie długowieczne (*perpetual pavements*) to innowacyjna koncepcja technologii budowy opracowana w jednostce badawczo-rozwojowej TPA koncernu Strabag w Polsce. Według pomysłodawcy ma ona wydłużyć żywotność nawierzchni asfaltowych z 20 do 50 lat, co znacznie zmniejszy koszty remontów (ograniczonych jedynie do okresowych napraw uszkodzeń

warstwy ścieralnej). Każda warstwa ma być wykonana z mieszanek mineralno-asfaltowych o właściwościach odpowiednio dobranych do funkcji i oczekiwanych wymagań. Degradacja tradycyjnej nawierzchni rozpoczyna się w najgrubszej, sztywnej warstwie podbudowy, która kumuluje największe naprężenia. Projekt nawierzchni długowiecznej zakłada budowę elastycznej, mniej sztywnej warstwy podbudowy (tzw. warstwy antyzmęczeniowej) bardzo odpornej na zmęczenie od cyklicznego obciążenia ruchem oraz starzenie. Warstwa wiążąca (nośna) ma być odporna na koleinowanie oraz spękania niskotemperaturowe (jak np. Orbiton HIMA firmy Orlen Asfalt) i wykonywana z mieszanek asfaltowych z wysokim modulem sztywności, które od niedawna stosowane są już przy budowie autostrad. Warstwa ścieralna to mieszanki ciche, trwałe i odporne na ścieranie, spękania i starzenie oraz zmienne warunki atmosferyczne.

Pochłaniacze hałasu

Polski krajobraz coraz częściej „urozmaicać” ekrany akustyczne, które skutecznie chronią przed hałasem, ale są drogie i budzą wiele kontrowersji. Nie rozwiązują zatem problemu, co skłania branżę drogową do poszukiwań technologii i materiałów umożliwiających budowę „cichych dróg”. Są to np. mieszanki szczelne (drobnoziarniste SMA), mieszanki modyfikowane gumą, ale przede wszystkim porowate (np. beton asfaltowy porowaty Colsoft), które dają najlepsze efekty. IBDiM opracował także modyfikowaną mieszankę mineralno-asfaltową GUF1 (z dodatkiem granulatu gumowego i włókien polimerowych) do wykonywania warstw nawierzchni o właściwościach przeciwspekaniowych i wygłuszających, która została wyróżniona w konkursie Polski Produkt Przyszłości 2003. Pierwsze odcinki

dróg o nawierzchni porowatej powstały w Poznaniu. Nawierzchnia określana jest w Polsce nazwą tecRoad od zastosowanego w niej granulatu gumowo-asfaltowego produkowanego w technologii szwajcarskiej, który dodaje się w czasie produkcji MMA. Powstaje on z chemicznego i fizycznego połączenia asfaltu i rozdrobnionej gumy oraz dodatkami odpowiednich wypełniaczy i olejów. Rozwiązanie to jest podobne do metody „na mokro”, ale znacznie ułatwia magazynowanie produktu i produkcję mieszanki. Według prowadzonych badań pozwala uzyskać MMA o właściwościach podobnych do polimeroasfaltu modyfikowanego SBS.

CiDro „Innowacyjna technologia nawierzchni drogowych o obniżonej emisji hałasu” to projekt, który zakłada wdrożenie do produkcji mieszanki mineralno-asfaltowej, z której można będzie wykonywać nowy typ nawierzchni drogowych o obniżonej emisji hałasu. W przedsięwzięcie zaangażowane jest konsorcjum Mostostal Warszawa, Wydział Inżynierii Lądowej Politechniki Warszawskiej oraz Zakład Technologii Nawierzchni IBDiM, a realizację oraz dofinansowanie projektu zapewnia Narodowe Centrum Badań i Rozwoju. Porowatą strukturę nawierzchni uzyskuje się przez zwiększenie ilości wolnych przestrzeni (nawet powyżej 22%) w stosunku do innych mieszanek. Cecha ta wpływa na obniżenie hałasu (o 6–7 dB, dla ekranów: 7–10 dB, dla max 6–7 m wys.) powstającego na styku opony z nawierzchnią oraz umożliwia odprowadzenie wody deszczowej z nawierzchni, a także redukuje zjawisko rozprysku wody i powstawania klinu wodnego (Aquaplanning). Prace nad adaptacją technologii do polskich warunków klimatycznych potrwać do kwietnia 2015r. Nie jest to sprawa prosta, ze względu na spe-

cyfkę polskiego klimatu. Ważne jest także opracowanie metod czyszczenia (pory mieszanki mogą się zatykać) i zimowego utrzymania nawierzchni.

24h i gotowe

Nawierzchnia asfaltowa w systemie Densi-phalt (projektowana i wykonywana przez firmę Skanska) sprawdza się zarówno w przypadku nowych, jak i modernizowanych dróg. Wolne przestrzenie w górnej warstwie wypełnione są zaprawą cementową. Projekt mieszanki firma ustala indywidualnie, dopasowując do przewidywanego obciążenia. System ten jest elastyczny, ma bardzo dobrą nośność, odporność na zużycie oraz nie wymaga dylatacji. Jeśli modernizacja dotyczy starych nawierzchni asfaltowych lub wykonanych np. z kostki betonowej, wypełnia się tylko poważniejsze uszkodzenia i układa warstwę Densi-phalt. Nawierzchnia może zostać oddana do użytku już po 24 godzinach.

Ciepło pod kołami

Każdej zimy drogowcy borykają się z odśnieżaniem nawierzchni. Podgrzewane kablami grzejnymi podjazdy, chodniki lub ścieżki rowerowe, a nawet skrzyżowania nie są już czymś zaskakującym. Być może w ten sposób będzie można podgrzewać dłuższe odcinki dróg. Przykładem mogą być przewody grzejne TuffTec™ firmy Elektra (wyróżnione Nagrodą Innowacyjności 2013) oferowane w gotowych do układania zestawach grzejnych (przewód grzejny zakończony przewodem zasilającym). Mają dużą odporność mechaniczną oraz termiczną, co umożliwi ich stosowanie w miejscach narażonych na trudne warunki instalacji lub/i pracy. Bardzo wysoka chwilowa temperatura ekspozycji (240°C) pozwala na instalację przewodów nawet bezpośrednio w asfalcie.

Trendy i poszukiwania

W Polsce prawdopodobnie będzie powstawać coraz więcej dróg z lepiszczami modyfikowanymi gumą. Nieśmiało rozpoczyna się praktyczne zastosowanie innych technologii sprawdzonych w innych krajach, choć często wymaga to żmudnych prac nad dostosowaniem ich np. do naszych warunków klimatycznych. Powstają także rodzime projekty, Trudno jednak wprowadzać w życie innowacyjne technologie, ponieważ polskie prawo nie dopuszcza alternatywnych rozwiązań zaproponowanych przez wykonawcę – tyczy się to zwłaszcza dróg szybkiego ruchu lub autostrad. Bardziej otwarci na innowacje są za-

rzędcy dróg wojewódzkich i powiatowych, dlatego często współpraca z nimi owocuje powstawaniem próbnych odcinków dróg z nowymi nawierzchniami.

Technologie niedalekiej przyszłości

ZycoTherm – alkilo-krzemiany – środki adhezyjne nowej generacji firmy Zydex o rozszerzonym działaniu. To przykład wykorzystania nanotechnologii związków krzemooorganicznych w mieszankach mineralno-asfaltowych na gorąco oraz w mieszankach na zimno. Ich zastosowanie sprawia, że w porównaniu do zwykłego asfaltu drogowego, 10–20 razy większa powierzchnia (85–95%) lepiszczą wiąże chemicznie z powierzchnią kruszywa. Powoduje to całkowite i równomierne otoczenie kruszywa, zwiększenie odporności lepiszczą na starzenie i poprawia urabialność mieszanki.

Smart Highway – testowane w Holandii drogi świecące w ciemności – opracowano specjalny proszek działający na zasadzie lamp solarnych, który może świecić nawet do 10 godzin po zmroku, a także specjalną farbę do malowania pasów zawierającą kryształy gromadzące energię słoneczną, dzięki którym świeci w nocy. Przewidywane są także elementy świetlne na drogach, np. płatki śniegu ostrzegające o tym, że droga jest śliska. Dzięki takim rozwiązaniom lampy drogowe stają się zbędne.

Indukcyjne pasy do ładowania silników elektrycznych w nowoczesnych samochodach to również holenderski projekt. Można sobie tylko wyobrazić – wystarczy jechać takim pasem, by podładować akumulator.

Podgrzewanie nawierzchni energią geotermalną – ścieżki rowerowe w Holandii są już tak budowane – nawierzchni ma 15°C, co uniemożliwia jej oblodzenie i bezpieczną jazdę w chłodne dni. Wykonywane są także większe realizacje, np. podgrzewane nawierzchnie mostu w Niemczech lub Szwecji. **Wayenergy** – portugalski system kryjący pod nawierzchnią małe generatory, które po naciśnięciu przesuwają się o 12mm, co wystarcza do wytworzenia energii kinetycznej, którą zamontowane na chodnikach i ulicach elementy systemu przekształcają w energię elektryczną, wykorzystaną później do zasilania sygnalizacji świetlnej lub tablic informacyjnych komunikacji miejskiej.

Literatura

1. J. Piłat, P. Radziszewski, M. Sarnowski, Politechnika Warszawska, Wydział Inżynierii Lądowej, *Zastosowanie lepiszczy gumowo-asfaltowych do nawierzchni drogowych*, www.inzynierbudownictwa.pl
2. P. Radziszewski, J. Król, Politechnika Warszawska, *Właściwości lepiszczy asfaltowych pro-*

dukowanych w Polsce w nowej perspektywie budowy dróg, materiały z prezentacji, I Ogólnopolskie Forum Specjalistyczne „Asfalty w długowiecznych nawierzchniach drogowych”, 26-27 listopada 2013 r., Kraków

3. W. Zawadzka, *Nawierzchnia mostu w Toruniu z asfaltu lanego*, „Nowoczesne Budownictwo Inżynieryjne”, Listopad–Grudzień 2013
4. W. Teugels, Nynas Bitumen Continental, *Modyfikacja asfaltu – mity i rzeczywistość*, materiały z prezentacji, Seminarium Asfalty 2013 Kraków, 26.11.2013
5. K. Błażejowski, J. Olszanki, H. Peciakowski, *Asfalty specjalne w oiercie Orlen Asfalt*, materiały z prezentacji, Seminarium Asfalty 2013 Kraków, 26.11.2013
6. P. Czajkowski, Lotos, *Asfalty modyfikowane z dodatkiem gumy*, I Ogólnopolskie Forum Specjalistyczne „Asfalty w długowiecznych nawierzchniach drogowych”, 26-27.11.2013, Kraków
7. P. Heinrich, Zydex, *Nanotechnologia w drogownictwie*, materiały z prezentacji „Nanotechnologia – dodatki do asfaltów nowej generacji”, materiały z prezentacji, XXIX Seminarium Techniczne PSWNA – Nowa perspektywa budowy dróg w Polsce do roku 2020 – Wyzwania, 28–30.10.2013r., Jachranka
8. D. Sybilski, IBDiM, *Innowacyjny granulat gumowo-asfaltowy do cichych nawierzchni drogowych*, materiały z prezentacji, Seminarium Asfalty 2013 Kraków, 26.11.2013
9. W. Bańkowski, D. Sybilski, IBDiM, *Proekologiczne nawierzchnie drogowe*
10. D. Sybilski, IBDiM, *Materiały z przeróbki opon w nawierzchniach asfaltowych*, materiały z prezentacji, Ożarów 28 września 2011
11. A. Szydło, H. Koba, Raport serii nr U 156/2009, *Mieszanki mineralno-asfaltowe na bazie asfaltu modyfikowanego gumą redukujące hałas*, Instytut Inżynierii Lądowej Politechniki Wrocławskiej, listopad 2009, Wrocław
12. D. Sybilski, W. Bańkowski, *TN-249: Nawierzchnie asfaltowe długowieczne i tanie w utrzymaniu, Sprawozdanie z realizacji zadania 7*, Instytut Badawczy Dróg i Mostów, Zakład Technologii Nawierzchni, listopad 2012, Warszawa
13. Wymagania Techniczne WT-1 Kruszywa 2013, Kruszywa do mieszanek mineralno-asfaltowych i powierzchniowych utrwaleni na drogach krajowych, GDDKiA, kwiecień 2013, Warszawa
14. Wymagania Techniczne WT-2 Nawierzchnie asfaltowe 2013, GDDKiA, kwiecień 2013, Warszawa
15. A. Chromiec, SKANSKA S.A., *Doświadczenia z zastosowania asfaltu drogowego modyfikowanego gumą*
16. E. Pałys, *Upowszechniamy i wdrażamy innowacje* – rozmowa z prof. D. Sybilskim, Polskie Drogi, listopad-grudzień 2011

notka.

**Dorota
Czernek**