

NAWIERZCHNIE ŚCIEŻEK ROWEROWYCH

asfalt vs. betonowa galanteria drogowa

Niniejszy artykuł jest odpowiedzią na próby dyskredytowania betonowych nawierzchni brukowych – płytek i kostek, jako materiałów przeznaczonych do budowy nawierzchni dla kołowego ruchu drogowego



FOT. DEPOSITPHOTOS

dr inż. Grzegorz Śmierka

*Dyrektor ds. produkcji ZPB
Kaczmarek*

**mgr Dominika
Kaczmarek-Kalisz**

*Z-ca dyrektora finansowego
ZPB Kaczmarek*

ostatnimi laty głosy na temat wyższości nawierzchni asfaltowych pojawiają się poza prasą branżową, w środkach masowego przekazu, takich jak fora internetowe oraz „nietechniczne” strony internetowe. Pracownicy Generalnej Dyrekcji Dróg Krajowych i Autostrad przedstawiają swoje opinie, jako wykładnię stanowiska instytucji państwowej, w zakresie nieprzydatności do stosowania w szeroko pojętym budownictwie drogowym wyrobów betonowej galanterii drogowej.

A wszystko to wbrew zapisom aktualnych norm PN-EN 1338:2005 oraz PN-EN 1339:2005.

PARAMETRY TECHNICZNE

Przeciwnicy nawierzchni brukowych na ścieżkach rowerowych twierdzą, że opory toczenia na nawierzchni z betonowej kostki brukowej niefazowanej są o 30% wyższe od oporów toczenia na nawierzchni asfaltowej [1, 2]. Stoi to w całkowitej sprzeczności z podstawową wiedzą z zakresu fizyki. Im twardszy materiał



FOT. ZPB KACZMAREK

Fot. 1. Wygląd nawierzchni z betonu wibroprasowanego



Fot. 2. Wygląd nawierzchni z asfaltobetonu

koła i podłoża, tym tarcie toczne jest mniejsze. Moduł odkształcenia nawierzchni z asfaltobetonu jest mniejszy od modułu odkształcenia – sztywności, nawierzchni z betonowej kostki brukowej. Oznacza to, iż toczące się koło będzie doznawało większego oporu tocznego na nawierzchni asfaltowej.

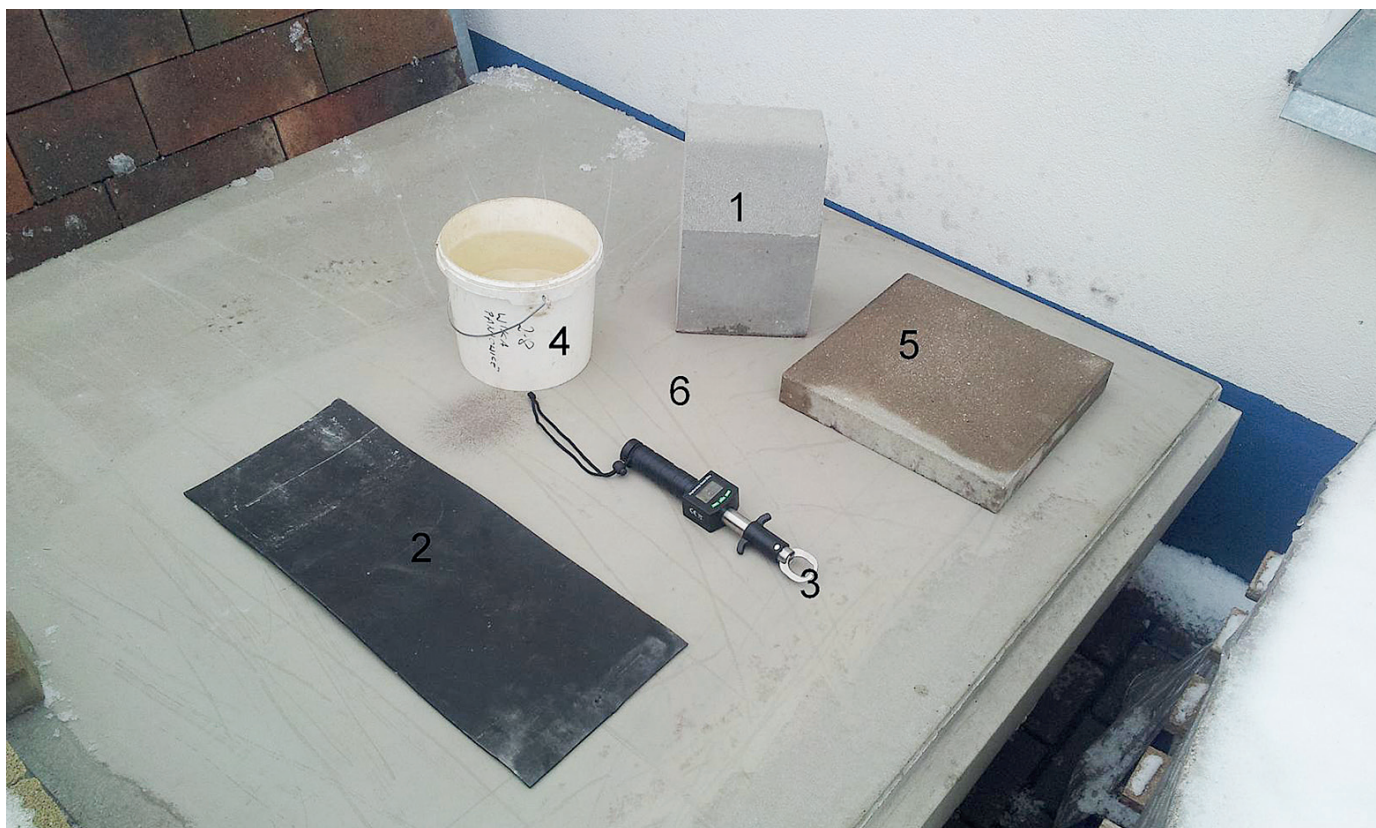
Oczywiście analizowanie tych wielkości na nawierzchniach z wyrobów fazowanych wyglądałoby inaczej. Jednak powyższe rozważania ich nie dotyczą. Technologie produkcji wibroprasowanej galanterii drogowej umożliwiają wyprodukowanie gładkich i równych prefabrykatów, a co ważniejsze w zastrzonej tolerancji wymiarowej wysokości, co przy profesjonalnym wykonawstwie gwarantuje ułożenie nawierzchni o „równości” porównywalnej z nawierzchniami asfaltowymi.

Jako kontrargument na tezę o 30% wzroście wysiłku rowerzysty podczas poruszania się po nawierzchni z niefazowanej betonowej kostki brukowej, należy przytoczyć fakt braku zauważalnego wzrostu zużycia paliwa w samochodach przejeżdżających z odcinków autostrad o nawierzchni asfaltowej na odcinki betonowe. Gdyby taka zależność istniała, materiał ten nie byłby wykorzystywany

w polskim i światowym budownictwie drogowym.

„Szorstkość” nawierzchni z asfaltobetonu, podobnie jak i z betonu, zależy od składu mieszanki, a dokładniej pisząc – stosu okruszowego użytego kruszywa. Im kruszywo jest grubsze, tym tarcie o gotową powierzchnię jest większe. W przypadku betonowych prefabrykatów drogowych do wierzchniej warstwy ścieralnej stosuje się kruszywo o uziarnieniu maksymalnie 4 mm, co gwarantuje estetyczny wygląd (fot. 1.) W przypadku asfaltobetonu można uzyskać nawierzchnie idealnie gładkie, lecz z uwagi na dużą zawartość lepiszcza będą one narażone na znaczne odkształcenia plastyczne w okresach letnich. Stosowane obecnie na polskich drogach nowe mieszanki, zaprojektowane jako odporne na koleinowanie, charakteryzuje duża zawartość frakcji 8/11 (zazwyczaj bazaltowej), która znacznie zwiększa chropowatość nawierzchni (fot. 2). W związku z powyższym, podczas prowadzenia badań opisanych w [3] należałoby podać dodatkowo składy nawierzchni asfaltobetonowej oraz betonowych prefabrykatów drogowych. Oczywiście jest również to, że rodzaj opony (analogicznie jak w pojazdach samochodowych) wpływa na wiel-

RÓWNE
NAWIERZCHNIE
BETONOWE
CHARAKTERYZUJĄ
SIĘ WIĘKSZYM
WSPÓŁCZYNNIKIEM
TARCIA
ŚLIZGOWEGO
NIŻ NAWIERZCHNIE
ASFALTOWE,
CO MA DECYDUJĄCE
ZNACZENIE
W BEZPIECZEŃSTWIE
UŻYTKOWNIKÓW
ŚCIEŻEK
ROWEROWYCH



FOT. ZPB KACZMAREK

kości tarcia tocznego na nawierzchni i pomierzonych drgań. Analiza przedstawionych w [3] wyników pozwala stwierdzić, iż nawierzchnie z prefabrykatów nefazowanych (współczynnik przyspieszenia $VTV = 4,6 \text{ m/s}^2$) spełniają wymagania dyrektywy europejskiej EU 2002/44/EC ($VTV < 5,0$). Co jednak ciekawsze, nawet wynik nawierzchni asfaltobetonowej ($VTV = 3,4$) powinien, zgodnie z wymogami unijnymi, być ograniczany poniżej poziomu $VTV = 2,5$. Pozostając w kręgu parametrów technicznych nawierzchni drogowych, należy zwrócić – poza drganiami i oporami toczenia – uwagę na inny parametr. Mianowicie na tarcie ślizgowe T. Zagadnienie to było analizowane w firmie ZPB Kaczmarek podczas badań nad przydatnością do stosowania betonowych kostek brukowych w Ośrodkach Szkolenia Kierowców, na torach do kontrolowanego poślizgu samochodów ciężarowych. Obiekty takie służą testowaniu reakcji oraz podnoszeniu kwalifikacji zawodowych kierowców podczas manewru wymuszonego poślizgu pojazdu na mokrej nawierzchni.

Do badań porównawczych przygotowano trzy rodzaje nawierzchni w dwóch odmianach:

- sucha nawierzchnia z betonu wibroprasowanego,

Fot. 3. Stanowisko do badań szacowania odporności na poślizg nawierzchni betonowej

- mokra nawierzchnia z betonu wibroprasowanego,
- sucha nawierzchnia z betonu samozagęszczalnego,
- mokra nawierzchnia z betonu samozagęszczalnego,
- sucha nawierzchnia asfaltowa,
- mokra nawierzchnia asfaltowa.

Badanie (fot. 1) polegało na ułożeniu stałego obciążenia, w postaci fragmentu krawężnika o wadze 20 kg (1), na pasku z gumy o twardości około 50° Shore'a (2). Całość celem sprawdzenia zamocowano do cyfrowej (3), a następnie analogowej wagi, poprzez którą wymuszano ruch. W trakcie jednostajnego przesuwu kontrolowano średnią wielkość siły w kg, potrzebnej do przesunięcia próbki po trzech typach nawierzchni (4, 5, 6) w dwóch odmianach – suchej i wilgotnej na długości około 0,5 m.

W PRZYPADKU PRAWDŁOWEGO WYKONANIA
PODBUDOWY, NAWIERZCHNIA Z BETONOWEJ KOSTKI
BRUKOWEJ JEST O WIELE TRWAŁSZA OD NAWIERZCHNI
BITUMICZNYCH

FOT. ZPB KACZMAREK



Wyniki badań wykazały, iż najmniejszą siłę, a tym samym tarcie zanotowano na mokrej nawierzchni asfaltowej, dla której celem odniesienia do reszty wyników przyjęto wartość 100%. Pozostałe wielkości tarcia oszacowano na odpowiednio:

- sucha nawierzchnia z betonu wibroprasowanego – 182%,
- mokra nawierzchnia z betonu wibroprasowanego – 159%,
- sucha nawierzchnia z betonu samozagęszczalnego – 124%,
- mokra nawierzchnia z betonu samozagęszczalnego – 112%,
- sucha nawierzchnia asfaltowa – 112%.

Podsumowując, można stwierdzić, iż z powodu powierzchniowej budowy strukturalnej, równe nawierzchnie betonowe charakteryzują się większym współczynnikiem tarcia ślizgowego niż nawierzchnie asfaltowe, co ma decydujące znaczenie w bezpieczeństwie użytkowników ścieżek rowerowych, gdyż ten parametr odpowiada za ich bezpieczeństwo. Bezpośrednio przekłada się na znacznie krótszą drogę hamowania.

Należy też zauważyć, iż z powodu większej nasiąkliwości strukturalnej, nawierzchnie betonowe podczas opadów atmosferycznych, dzięki nasiąkliwości betonu i (zwykle) dwumilimetrycznym spoinom pomiędzy prefabrykatami wchłaniają część wód opadowych, utrzymu-

jąc tym samym dłużej wyższy współczynnik tarcia ślizgowego dla nawierzchni suchej. Na nawierzchniach asfaltowych podczas opadów wartość współczynnika tarcia ślizgowego maleje o wiele szybciej z powodu niższej nasiąkliwości tego rodzaju materiału, doprowadzając tym samym do poślizgu na mokrej nawierzchni.

Kolejnym argumentem na korzyść nawierzchni z betonowych wyrobów prefabrykowanych jest możliwość ich poziomego oznakowania, nie wpływającego na współczynnik tarcia nawierzchni, poprzez stosowanie kostek lub płytek o innej barwie (fot. 4). Ten sposób oznakowania pasów dla pieszych, linii wydzielenia, itd. jest o wiele bezpieczniejszy od nanoszenia powłok malarskich, na których podczas opadów atmosferycznych o poślizg niezwykle łatwo.

Ekologia i trwałość

Porównywanie obu typów technologii wykonania nawierzchni w zakresie ich proekologicznego charakteru z założenia wydaje się bezcelowe, lecz chcąc wyargumentować wszystkie za i przeciw, należy i ten temat poruszyć.

Asfalt jako efekt przetworzenia ropy naftowej nie jest produktem obojętnym dla środowiska naturalnego. Nawierzchnie wykonane z tego surowca przez cały rok kalendarzowy są niezwykle podatne na uszkodzenia. W okresie letnim, wysokie temperatury mogą doprowadzić nawierzchnie asfaltowe do powstawania

Fot. 4. Sposób znakowania poziomego na betonowych nawierzchniach z kostki wibroprasowanej

W PRZYPADKU
KALKULOWANIA
KOSZTÓW
W JEDYNE
RACJONALNYM,
RACHUNKU
CIĄGNIONYM,
JEDNOZNACZNIE
MOŻNA WYKAZAĆ
PRZEWAGĘ
TECHNOLOGII
BAZUJĄCYCH
NA SPOIWIE
CEMENTOWYM
NAD TECHNOLOGIA
SPOIWA
ASFALTOWEGO

trwałych odkształceń, spowodowanych uplastycznieniem materiału nawierzchni pod obciążeniem zewnętrznym. Pomijany często fakt nadmiernych naprężeń pod kołem roweru można w łatwy sposób zobrazować prostymi wyliczeniami. Średnie sumaryczne obciążenie roweru i rowerzysty wynosi około 100 kg. Standardowy rozkład obciążeń w rowerze wynosi około 33% na przednie koło i 67% na tylne koło. Dodatkowo ślad typowej opony wynosi około 36 cm² (3 cm x 12 cm). Oznacza to, iż maksymalne naprężenie pod tylnym kołem roweru wynosi około 2,0 kg/cm². Przyjmując analogiczne założenia dla pojazdów kołowych, można wyliczyć, iż dla samochodu osobowego z kierowcą rozkład obciążeń wynosi około 45% na przednią oś i 55% na tylną oś. Dla samochodu z kierowcą, o ciężarze wynoszącym około 1500 kg, powierzchnia śladu jednego koła – około 200 cm² (20 cm x 10 cm) – generuje naprężenia na podłożu o wielkości około 2,0 kg/cm². Z tego prostego porównania można wyciągnąć wniosek, iż problem trwałych odkształceń w asfaltowych ścieżkach rowerowych nie powinien być pomijany, tym bardziej w przypadku o wiele uboższej nawierzchni (zwykle jedna warstwa dywaniku asfaltowego o grubości 5 cm) w stosunku do nawierzchni dróg kołowych (z dwoma warstwami dywaniku asfaltowego – konstrukcyjną i ścieralną o łącznej grubości około 10 cm), o sztywności warstw podbudowy nie wspominając.

Ponadto nawierzchnie asfaltowe w okresie letnim, przy wysokich temperaturach „oddają” zapach asfaltu, który do przyjemnych nie należy. A zimą niedylatowane nawierzchnie asfaltowe doznają uszkodzeń, spowodowanych nadmiernym skurczem termicznym, co dodatkowo wpływa na ich końcową trwałość i mniejszy komfort użytkowania (fot. 5).

Głównymi składnikami dymów wydzielających się podczas termicznego uplastycznienia mas bitumicznych – D-200, D-175, D-50, D-70, PS-40, PS-85/25, lepik OK-4 – są wielkocząsteczkowe węglowodory alifatyczne (alkany, alkeny, cykloalkany, cykloalkeny), zawierające do 32 atomów węgla w cząsteczce. W mieszaninie ponad 200 substancji chemicznych stwierdzono obecność kilkunastu, dla których są ustalone w przepisach krajowych wartości normatywów higienicznych.

Chcąc analogicznie odnieść się do nawierzchni z betonowej kostki brukowej, należy stwierdzić, iż w przypadku prawidłowego wykonania pod-



FOT. ZPB KACZMAREK

Fot. 5. Widok typowego uszkodzenia (pęknięcia) nawierzchni asfaltobetonowej

budowy, nawierzchnia ta jest o wiele trwalsza od nawierzchni bitumicznych. Fachowe wykonawstwo, bez większych problemów w przypadku kostek lub płyt bezfazowych jest w stanie ułożyć równą nawierzchnię, na której podczas eksploatacji nie będą odczuwalne jakiejkolwiek nierówności. Beton jest materiałem ekologicznym, powstałym z naturalnych surowców. Nawet emisja CO₂, którą nieliczni podnoszą jako negatywny efekt produkcji cementu, powstaje nie poprzez spalanie, a w procesie uwalniania dwutlenku węgla, podczas reakcji chemicznej. Materiał ten, co ważne jest obojętny dla organizmów żywych, pozytywnie oddziałuje na środowisko naturalne. Naturalny proces karbonatyzacji betonu, poprzez wychwytywanie na

powierzchni CO₂, powoduje oczyszczanie powietrza. Rozwój współczesnej technologii pozwolił na jeszcze większe wykorzystanie betonu (a dokładnie cementu) w procesie oczyszczania środowiska naturalnego.

Firma ZPB Kaczmarek jako pierwsza w Polsce wprowadziła do swojej produkcji fotokatalityczną kostkę brukową w technologii TX Active® [4]. Pozwala ona na redukcję zanieczyszczeń w powietrzu, dzięki fotokatalitycznie aktywnym nawierzchniom betonowym.

Zachodzące reakcje chemiczne redukują szkodliwe związki zanieczyszczające powietrze (negatywnie oddziałujące na organizmy żywe), takie jak tlenki azotu NO_x lub lotne substancje organiczne VOC, pochodzące ze spalin silników samochodów, zakładów przemysłowych oraz indywidualnych instalacji grzewczych, do substancji nieszkodliwych dla środowiska naturalnego. Zanieczyszczenia te są szczególnie niebezpieczne, gdyż uczestniczą w procesie tworzenia ozonu, przy powierzchni ziemi, który jest głównym składnikiem smogu, będącego przyczyną chorób układu oddechowego.

W celu potwierdzenia samego procesu utleniania przed wprowadzeniem do sprzedaży betonowych prefabrykatów brukowych, w firmie ZPB Kaczmarek na próbnej partii wyrobów przeprowadzono badania sprawdzające. Powierzchnie próbek wyprodukowanych na „tradycyjnym” cemencie oraz TioCem’ie® zabarwiono rodaminą, czyli organiczną substancją. Porównawcze partie wyrobów naświetlano następnie przez 24 h. Po zakończeniu badania zaobserwowano na powierzchni betonu z cementu TioCem całkowite utlenienie rodaminy. Na powierzchni betonu wyprodukowanego na „tradycyjnym” cemencie, bez właściwości fotokatalitycznych, nie zaobserwowano zmniejszenia ilości zanieczyszczenia organicznego (odbarwienia). Dodatkowe, specjalistyczne testy laboratoryjne na wyrobach ZPB Kaczmarek wykonał dostawca cementu, firma Heidelberg Cement w swoim laboratorium Heidelberg Technology Center w Leimen. Otrzymane wyniki, redukcja NO_x w powietrzu o 24%, zgodnie z włoską normą UNI 11247:2007 „NO_x degradation”, potwierdziły wysoką aktywność fotokatalityczną kostki brukowej w zakresie redukcji zanieczyszczeń powietrza.

KOSZTY

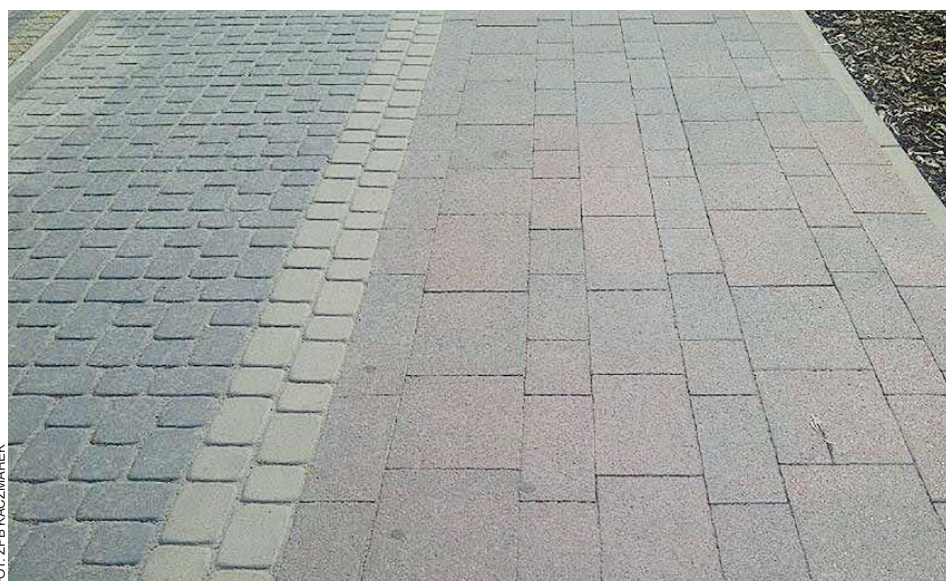
W tekstach przywoływanych kilkakrotnie artykułów [1, 2] podniesiono aspekt niższych



kosztów budowy nawierzchni asfaltowych w porównaniu z nawierzchniami betonowymi. Jest to często popełniany błąd przy wyliczaniu „całkowitych” kosztów różnego rodzaju inwestycji. Założony tok rozumowania zakłada, iż jedynym poniesionym kosztem przy realizacji zadania inwestycyjnego jest bezpośredni koszt jego realizacji, tzn. budowy. A co z kosztami obsługi, konserwacji bądź ewentualnych remontów, które należy ponieść po deklarowanym przez producenta okresie gwarancji?

W przypadku kalkulowania kosztów w jedynie racjonalnym, rachunku ciągnionym, jednoznacznie można wykazać przewagę technologii bazujących na spoiwie cementowym nad technologią spoiwa asfaltowego. Betonowe budownictwo ko-

Fot. 6. Typowe postępujące uszkodzenia nawierzchni asfaltobetonowej



Fot. 7. Widok ścieżki rowerowej z nawierzchnią z betonowej fotokatalitycznej kostki brukowej, Zielona Góra



FOT. FOTOLIA

munikacyjne, w postaci dróg ekspresowych bądź autostrad, pozwala na o wiele dłuższe użytkowanie nawierzchni bez konieczności ponoszenia kosztownych prac remontowych, zawierających poza kosztami surowców, sprzętu oraz robocizny, dodatkowe, często nie uwzględnianie, takie jak: zmęczenie społeczeństwa objazdami, korkami.

Należy również stwierdzić, iż podnoszony często argument nierówności nawierzchni z betonowych kostek brukowych jest bezzasadny, gdyż zależy on jedynie od jakości stosowanego materiału i profesjonalizmu wykonawstwa. Różnica tkwi w szczegółach, tzn. chęci poniesienia wyższych kosztów na materiały lepszej jakości oraz wykonawstwo z większym doświadczeniem.

Biorąc pod uwagę aspekt ekonomiczny, który nigdy nie powinien być jedynym i najważniejszym, należałoby porównać koszt ułożenia 1 m² betonowej kostki brukowej (oczywiście, dla komfortu rowerzystów – bez fazowej) z 1 m² nawierzchni asfaltowej. Już tutaj widać przewagę kostki brukowej nad asfaltem, gdyż analizując koszty wykonania ścieżki rowerowej o powierzchni 1000 m², w dwóch technologiach, na takiej samej konstrukcji podbudowy, można stwierdzić, iż przy wykonaniu nawierzchni z:

- betonowej kostki brukowej gr. 8 cm, przy wartości materiału około 40 PLN/m² (oferty polskich producentów prefabrykacji betonowej) oraz robociznie (samego ręcznego ułożenia kostki i zasypania piaskiem) około 25 PLN/m², łączny koszt wykonania nawierzchni wynosi około 65 PLN/m²,
- asfaltobetonu gr. 8 cm (2 warstwy po 4 cm), przy wartości materiału około 60 PLN/m² (bitumy – cennik polskiej rafinerii, bazalt – cennik producenta tego rodzaju kruszyw), robociznie około 20 PLN/m² i koszcie sprzętu około 30 PLN/m², łączny koszt wykonania nawierzchni wynosi około 110 PLN/m².

Wobec powyższego, koszt wykonania nawierzchni z asfaltobetonu jest około 70% wyższy od kosztu nawierzchni o analogicznej grubości z betonowej kostki brukowej bezfazowej.

RYZYKO KRADZIEŻY

Jako jedną z najważniejszych wad nawierzchni z betonowej kostki brukowej wymienia się [3, 4] małą odporność tego rodzaju materiału na kradzieże. Nawierzchnie z betonowych

prefabrykatów po swobodnym ułożeniu są wibrowane oraz zasypywane piaskiem celem uzupełnienia szczelin pomiędzy sąsiednimi elementami. W tym momencie ułożona nawierzchnia zaczyna się naturalnie klinować, a materiał obsypki dodatkowo wprowadza siły tarcia pomiędzy boczne powierzchnie prefabrykatów. Oczywiście, tak ułożony materiał zawsze można rozebrać, lecz z doświadczenia autora wynika, że proces rozbiórki nie jest łatwy i bez specjalnych narzędzi trudny do wykonania w krótkim okresie czasu.

Poza tym cena betonowych prefabrykatów brukowych nie stanowi już problemu dla większości prywatnych inwestorów, a tym samym nie są one zbyt atrakcyjnym łupem dla potencjalnych złodziei.

ŁATWY DOSTĘP DO INFRASTRUKTURY PODZIEMNEJ

Z drugiej strony modułowa budowa nawierzchni daje możliwość dowolnego rozebrania jej fragmentów – wymiany instalacji przebiegających w konstrukcji ciągu, naprawy usterek spowodowanych nadmiernym osiadaniem podbudowy bądź mechanicznym zniszczeniem poszczególnych elementów. Po wykonaniu niezbędnych prac przez wykwalifikowanych brukarzy, umiejscowienie remontowanego fragmentu nawierzchni będzie trudne do zlokalizowania. W przypadku naprawiania nawierzchni na spoiwie asfaltowym, miejsca styków z dotychczasową nawierzchnią należy powierzchniowo zabezpieczyć lepiszczami, które nie wnikają w przekrój nawierzchni. Z czasem prowadzi to do efektu domina, tzn. uszkodzeniom ulegają większe sąsiadujące powierzchnie (fot. 6). Podczas naprawy nawierzchni z kostki brukowej docelowo układa się wcześniej zdemonstrowany materiał. W przypadku nawierzchni asfaltowych, w zależności od pory roku ubytki uzupełnia się masami układanymi na zimno (w zimie) bądź gorąco (w lecie). Efekty tych prac można zauważyć na polskich drogach.

Argumentacja, iż koszty ewentualnych prac budowlanych, polegających na przekładaniu lub remontowaniu sieci układanych nie po-

CENA BETONOWYCH PREFABRYKATÓW BRUKOWYCH NIE STANOWI JUŻ PROBLEMU DLA WIĘKSZOŚCI PRYWATNYCH INWESTORÓW, A TYM SAMYM NIE SĄ ONE ZBYT ATRAKCYJNYM ŁUPEM DLA POTENCJALNYCH ZŁODZIEI

winny interesować właściciela drogi rowerowej, przebiegającej nad siecią, lecz jedynie właścicieli samej sieci, po krótkim zastanowieniu się wydaje się co najmniej nielogiczna. W większości zakłady – przedsiębiorstwa wodno-kanalizacyjne w miastach i gminach – są spółkami tychże miast i gmin, nastawionymi zgodnie z wolnorynkowymi zasadami na zysk. Na jego wielkość wpływają wszystkie koszty poniesione przez firmę na utrzymanie sieci, takie jak między innymi kosztowne roboty odtworzeniowe (na otwartych wykopach) pod asfaltowymi nawierzchniami ścieżek rowerowych. Poniesione nakłady, z uwagi na konieczność realizacji planów finansowych przedsiębiorstw, zwyczajowo zostają przerzucane w formie podniesionych opłat na końcowych użytkowników. Wobec powyższego brak konstruktywnego dialogu pomiędzy stronami, tj. właścicielem infrastruktury podziemnej i nadziemnej, na temat najlepszych dla wszystkich rozwiązań materiałowych, skutkuje w końcowym efekcie przerzuceniem poniesionych kosztów na lokalnego użytkownika sieci – cyklistę.

PODSUMOWANIE

Część czytelników po lekturze powyższego tekstu może stwierdzić, iż niektóre argumenty przejawiają nadinterpretację ich znaczenie, a na temat części informacji czegoś niepowiedziano. Być może to i prawda, lecz jak na wstępie zaznaczono, przyczynkiem powstania niniejszego tekstu nie było jedynie wychwalanie betonowych prefabrykatów drogowych, lecz wykazanie tych ich parametrów, zalet i atutów, których innym autorom zabrakło odwagi uczciwie w dialogu społecznym przytoczyć. ■

LITERATURA

1. Pawłowski S.: *Kostka brukowa na ścieżkach rowerowych*. „Brukbiznes”, nr 1/2012.
2. Kopta T.: *Standardy dla dróg rowerowych – dobre i złe rozwiązania*. Prezentacja GDDKiA.
3. Kawałek P.: *Kostka brukowa jest szkodliwa dla zdrowia rowerzystów*. <http://www.gp24.pl/apps/pbcs.dll/article?AID=/20100324/kraj/882151963>, dostęp – 30.05.2012.
4. Sokołowski M., Kaczmarek K., Szezeń K.: *Praktyczne zastosowanie cementu TloCem w produkcji kostki brukowej*. Konferencja Dni betonu, Wista 2010.