

Nawierzchnie dróg rowerowych z betonowych kostek i płyt brukowych w porównaniu z nawierzchniami asfaltowymi

Pojawiające się ostatnimi laty, między innymi w środkach masowego przekazu, głosy nt. szkodliwości stosowania betonowych bruków na nawierzchnie ścieżek rowerowych, podsycane są niestety nieświadomie przez projektantów i wykonawców tego rodzaju robót budowlanych. Ci pierwsi, projektując ścieżki rowerowe z kostek fazowanych, automatycznie zniechęcają przyszłych użytkowników do korzystania z ich nawierzchni, gdyż idealnymi do tego celu są jedynie wyroby niefazowane. Drugi, częściowo poprzez swoje doświadczenie, zapisy dokumentacji budowlanych bądź SST, nieświadomie zaniżają końcową jakość nawierzchni poprzez przyjęcie złej technologii układania, niegwarantującej uzyskania na końcu zamierzonego efektu. Można by rzec – sami jesteśmy sobie winni. Chcąc więc uczciwie podejść do możliwości wykorzystania betonowych bruków na nawierzchnie ścieżek rowerowych, autor zaprezentował wyniki zewnętrznych badań laboratoryjnych, jak i wskazał najczęściej występujące błędy projektowo-wykonawcze. Odniósł się również do przejawianych wad, betonowych bruków jak i „przemilczanych mankamentów” nawierzchni asfaltowych.

1. Wstęp

Niniejszy artykuł powstał jako próba merytorycznej odpowiedzi na coraz częstsze próby dyskryminowania betonowych nawierzchni brukowych – płytek i kostek, tj. prefabrykatów przeznaczonych na nawierzchnie pod kołowy ruch drogowy [1, 2]. Ostatnimi laty głosy nt. wyższości nawierzchni asfaltowych nad betonowymi pojawiają się poza prasą branżową [3] w środkach masowego przekazu. Publikowane są najgorsze przykłady projektów jak i realizacji tych drugich, co należy jednakże uczciwie stwierdzić, takie obiekty istnieją, a za ich jakość odpowiadają projektanci jak i wykonawcy robót brukarskich. Można więc by rzec – sami jesteśmy sobie winni obecnemu stanowi rzeczy. Przydatność betonowych kostek i płytek brukowych do stosowania w budowlach ścieżek rowerowych zostanie wykazana na podstawie dostępnej wiedzy technicznej, zapisów aktualnych norm zharmonizowanych PN-EN 1338:2005 oraz PN-EN 1339:2005 oraz przykładów zrealizowanych inwestycji.

2. Obecny stan prawny

Obowiązującymi w Polsce przepisami, dotyczącymi nawierzchni ścieżek rowerowych, jest rozporządzenie Ministra i Transportu i Gospodarki Morskiej z dnia 2 marca 1999 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać drogi publiczne i ich usytuowanie. Zawarto w nim dwie zalecane konstrukcje, a mianowicie składające się z:

- warstwy ścieralnej z asfaltu lanego lub asfaltu piaskowego o gr. 3 cm, wraz z podbudową za-

sadniczą z kruszywa łamanego lub naturalnego stabilizowanego mechanicznie lub tłuczni kamiennego gr. 10 cm

- warstwy ścieralnej z kostki betonowej o gr. 8 cm, na warstwie piasku średnio lub drobnoziarnistego gr. 5 cm.

Oba typy ścieżek mają więc grubość 13 cm.

3. Wysiłek energetyczny podczas jazdy rowerem

Jak podają zwolennicy opracowania Niemieckiego Instytutu Prognoz i Środowiska, opory toczenia na nawierzchni z betonowej kostki brukowej niefazowanej są o 30% wyższe od oporów toczenia na nawierzchni asfaltowej [4]. Tzw. tarcie toczone zależne jest od momentu tarcia M_t zwanego tocznym, a dalej od współczynnika tarcia f , analogicznie również zwanego tocznym. Analizując tabele powyższych wielkości dla różnych materiałów, uogólniając, można stwierdzić, iż im twardszy materiał podłoża, tym tarcie toczone jest mniejsze. Moduł odkształcenia nawierzchni z asfaltu jest mniejszy od modułu odkształcenia nawierzchni betonowej, co oznacza, iż toczące się koło będzie doznawało większego oporu toczonego na nawierzchni asfaltowej. **Innym aspektem jest oczywiście analizowanie tych wielkości na nawierzchniach z wyrobów fazowanych, których to powyższe rozważania nie dotyczą.**

W tym miejscu należy dodać, iż analiza wyników przedstawionych w [5] pozwala dodatkowo stwierdzić, iż nawierzchnie z prefabrykatów niefazowanych (wartość przyspieszenia drgań oddziałujących na człowieka $VTV = 4,6$ [m/s^2]), spełniają wymagania dyrektywy europejskiej EU 2002/44/EC w zakresie dopuszczalnych drgań ($VTV < 5,0$), jednakże nawet wynik nawierzchni asfaltowej ($VTV = 3,4$) powinien, zgodnie z wymogami unijnymi, być ograniczany poniżej poziomu $VTV = 2,5$.

Technologie produkcji wibroprasowanej galanterii drogowej umożliwiają wyprodukowanie równych i prostych prefabrykatów, co ważniejsze w zastrzeżonej tolerancji wymiarowej wysokości, co przy profesjonalnym wykonawstwie gwarantuje ułożenie nawierzchni o „gładkości” porównywalnej z nawierzchniami asfaltowymi. Skąd więc te różnice w otrzymanych wartościach? Zastanawiającym jest fakt braku zauważalnego wzrostu zużycia paliwa w samochodach przejeżdżających z odcinków autostrad z nawierzchnią asfaltową na odcinki z nawierzchnią betonową. Gdyby taka zależność istniała, beton nie byłby wykorzystywany w polskim i światowym budownictwie drogowym.

Effekt makrostruktury. W tym miejscu należy podać analizie wpływ prędkości jazdy na odczuwalność zaburzeń w nawierzchniach betonowych, jakimi niewątpliwie są dylatacje konstrukcyjne. Jedynym elementem mogącym mieć wpływ na zwiększoną odczuwalność drgań są poprzeczne cięcia dylatacyjne, a dokładnie ich szerokość oraz rozstaw. Zgodnie z obecnymi przepisami jak

i zaleceniami Zespołu ds. Ścieżek Rowerowych GDDKiA, prędkością projektową dla analizowanego typu nawierzchni jest 30 km/h. Analogicznymi na drogach kołowych – drogach ekspresowych i autostradach, obowiązującymi obecnie w naszym kraju dopuszczalnymi prędkościami jest odpowiednio 120 km/h oraz 140 km/h. Najczęściej stosowanym rozstawem dylatacji na nawierzchniach betonowych dróg kołowych jest moduł 5,0 m. Analizując więc wpływ drgań (ich częstotliwość) na użytkowników autostrady i przyrównując go do użytkowników ścieżek rowerowych, można stwierdzić, iż optymalnym rozstawem łączeń, betonowych prefabrykatów drogowych na ciągach rowerowych, jest 1,0 m, wyliczony z zależności: $(30 \text{ km/h} \times 0,005 \text{ km}) / 130 \text{ km/h}$ (wartość średnia) = 0,0011 km. Co niezwykle ważne, szerokość fug (dylatacji) pomiędzy betonowymi prefabrykatami brukowymi wynosi tylko 2 mm, podczas gdy w nawierzchniach betonowych autostrad sięga 14 mm (10 mm dylatacja i 2 milimetrowe dwustronne fazowania), czyli ponad 7 razy więcej. Ma to wpływ na komfort jazdy, szczególnie z uwagi na fakt porównywalnych odwodów kół rowerowych i samochodowych (średnica około 0,6 m), wynoszących około 2,0 m.

Poza sztywnością nawierzchni, znaczący wpływ na komfort jazdy rowerem ma, o czym rzadko się wspomina, rodzaj bieżnika opony roweru. Różnica w komforcie jazdy na rowerze typu: kolarskiego, trekkingowego oraz terenowego jest bezdyskusyjna, tak więc powinna być uwzględniona w wynikach prowadzonych badań. Oczywiście najbardziej odczuwalne wibracje będą podczas jazdy tzw. kolarką, lecz ten typ roweru nie jest idealnym do jazdy po ścieżkach rowerowych, gdyż umożliwia rozwijanie o wiele wyższych prędkości od tych zalecanych przez przepisy szczegółowe.

4. Błędy projektowo-wykonawcze przy pracach brukarskich

Jak wcześniej podano, aktualnymi normami, dotyczącymi produkcji betonowych kostek i płyt brukowych są [1, 2]. W tabelicy 1 obu normatywów autorzy podali dopuszczalne odchyłki, między innymi wysokości kostek o gr. do 10 cm oraz płyt w 1 i 2 klasie dokładności, jako +/- 3 mm. Można więc na przykładzie najpopularniejszego kształtu betonowej kostki brukowej typu Holland stwierdzić, iż przy deklarowanym przez Producenta wymiarze wysokości 80 mm dopuszczalne są skrajne wymiary 77 mm jak i 83 mm. Wydawałoby się, iż są to rozbieżności nie do zaakceptowania w trakcie prac brukarskich, a jednak przy właściwym podejściu wykonawcy do technologii układania dające się pogodzić. Przyjęcie takiej tolerancji wysokości wymusza na wykonawcach stosowanie odpowiedniej technologii układania, umożliwiającej ułożenie płaskiej i równej nawierzchni z wyrobów pochodzących z różnych partii produkcyjnych.

Zgodnie z definicjami cytowanych norm „betonowa kostka (lub płyta) brukowa, jako materiał nawierzchni, przeznaczona jest dla ruchu pieszego i kołowego, tj. (...) ścieżek rowerowych, parkingów samochodowych, dróg, autostrad, (...)”. Betonowe prefabrykaty drogowe, ułożone na warstwie podsypki, pełnią jedynie funkcję nawierzchni. Chcąc więc



Rys. 1. Schemat właściwie przygotowanej podsypki – równa nawierzchnia



Rys. 2. Schemat niewłaściwie przygotowanej podsypki – nierówna nawierzchnia

zapewnić wymaganą nośność ciągu komunikacyjnego, należy właściwie przygotować podbudowę, na której następnie rozściela się dywanik luźno rozsypanego piasku. Jego podstawową funkcją jest przejęcie, podczas wibrowania ułożonych kostek lub płyt betonowych, dopuszczalnych odchyłek w tolerancji wykonania ich wysokości, zgodnie z rys. 1.

Luźna podsypka daje wykonawcy szansę wykonania równej nawierzchni, podczas gdy jej wstępne zawibrowanie bądź też rozłożenie listwą wibracyjną całkowicie uniemożliwia właściwe wykonanie nawierzchni. Zagęszczona podsypka nie poddaje się wibracjom przenoszonym przez kostkę/płytę betonową, co wielokrotnie doprowadza do strukturalnego zniszczenia betonu – nadmiernego przetarcia zaczynu, zgodnie z rys. 2 oraz fot. 1.

5. Bezpieczeństwo jazdy – poślizg/poślizgnięcie

„Szorstkość” nawierzchni z asfaltobetonu, podobnie jak i z betonu, zależy od składu mieszanek, a dokładniej mówiąc, stosu okruszowego użytego kruszywa. Im kruszywo jest grubsze, tym tarcie o finalną powierzchnię jest większe. W przypadku betonowych prefabrykatów drogowych do wierzchniej warstwy ścieralnej stosuje się kruszywo łamane o uziarnieniu do 4 mm, co gwarantuje estetyczny wygląd oraz przy odpowiednio dobranej krzywej przesiewu wysoką odporność na poślizg/poślizgnięcie.

Effekt mikrostruktury. W celu przeanalizowania wielkości współczynnika USRV, dla dwóch typów nawierzchni – betonowej i asfaltowej, w roku 2014 zlecono Instytutowi Badawczemu Dróg i Mostów – Oddział w Żmigrodzie, przebadanie 5 próbek betonowych kostek brukowych oraz 5 próbek z asfaltu, zgodnie z załącznikiem I normy PN-EN 1338. Kost-

Fot. 1. Widok przewibrowanej nawierzchni betonowej – nadmierne przetarcie zaczynu



foto. Archiwum autora

Tab. 1. Wyniki badań odporności powierzchni próbek betonowych i asfaltowych na poślizg

Rodzaj materiału	Właściwość	Nr próbki	Wartość USRV	Metoda badania
Asfalt	Badanie odporności na poślizg	TW-2/177/2014/1	81	PN-EN 1338:2005P, załącznik 1
		TW-2/177/2014/2	81	
		TW-2/177/2014/3	80	
		TW-2/177/2014/4	79	
		TW-2/177/2014/5	80	
		Średnia	80	
Beton	Badanie odporności na poślizg	TW-2/177/2014/1	88	PN-EN 1338:2005P, załącznik 1
		TW-2/177/2014/2	91	
		TW-2/177/2014/3	89	
		TW-2/177/2014/4	87	
		TW-2/177/2014/5	89	
		Średnia	89	



Fot. 2. Przykład kolorystyki nawierzchni ścieżki i przyległego chodnika – teren zabudowany

foto. Archiwum autora

ki bezfazowe posiadały typ nawierzchni przeznaczony do zastosowania w nawierzchniach ścieżek rowerowych, natomiast próbki asfaltu lanego, pobrano z materiału wykorzystanego do budowy ścieżki rowerowej w okolicach Wrocławia. Oba typy próbek przebadano wg tej samej procedury badawczej, w celu odniesienia do siebie otrzymanych wyników. Wyniki badań przedstawiono w tabeli 1.

Dla sześciu próbek asfaltowych średnia wartość współczynnika odporności na poślizg wyniosła 80, przy wartości minimalnej 79 oraz maksymalnej 81. Z sześciu próbek betonowych średnia wartość współczynnika USRV wyniosła 89, przy wartości

Fot. 3. Przykład kolorystyki nawierzchni ścieżki – teren niezabudowany



foto. Archiwum autora

minimalnej 87 oraz maksymalnej 91 – [6, 7]. Można więc stwierdzić, iż przy właściwie zaprojektowanej mieszance betonowej do warstwy wierzchniej betonowych prefabrykatów brukowych ich odporność na poślizg może być większa od nawierzchni asfaltowych, co bezpośrednio przekłada się na bezpieczeństwo użytkowania ścieżek rowerowych.

Innym aspektem odporności na poślizg jest wpływ nasiąkliwości powierzchniowej na stan nawierzchni w okresach późnojesiennych oraz wczesnowiosennych, kiedy to temperatury otoczenia wielokrotnie wahają się w okolicy 0°C. Wczesnym porankiem bądź późnym popołudniem opady atmosferyczne zawilgacają nawierzchnie komunikacyjne. Beton bez do-mieszek hydrofobizujących naturalnie wchłania przez górną powierzchnię wody opadowe, uwidaczniając tym samym porowatą strukturę materiału, wystarczającą, zgodnie z zapisami norm [1, 2], „do zapewnienia zadowalającej odporności na poślizg/poślizgnięcie (...)”. Struktura asfaltu, o zdecydowanie niższej nasiąkliwości, stanowi barierę dla wód opadowych. W przypadku minimalnych spadków bądź ich błędnego wykonania „krople wody”, zamarzając, tworzą niebezpiecznie śliską nawierzchnię. Jedynym skutecznym sposobem właściwego utrzymania takiej powierzchni w okresach późnojesiennych oraz wczesnowiosennych jest regularne stosowanie środków odladzających, nie stychnące szkodliwie oddziałujących na środowisko naturalne – pobliską zieleni.

6. Kolor nawierzchni

Analizując aktualny stan kolorystyki nawierzchni asfaltowych ścieżek rowerowych, można stwierdzić, iż w zdecydowanej większości są one wykonywane w kolorze czarnym, a w przypadku łączenia ich nawierzchni z chodnikiem, ten drugi ma odmienną kolorystykę (szarą, żółtą, czerwoną).

W tym miejscu należy zwrócić uwagę na szereg wynikających z tego faktu problemów.

6.1. Kolor

Tradycyjny kolor nawierzchni asfaltobetonowych pochłania najwięcej światła, ograniczając do minimum promieniowanie odbite. Nawierzchnie betonowe w zależności od rodzaju użytego cementu (nie wielki koszt wykorzystania cementu białego z uwagi na zastosowanie jedynie w warstwie wierzchniej) odbijają natomiast zdecydowanie więcej światła. Oczywiście jest fakt, iż niewielka liczba tego rodzaju inwestycji poza obszarami miejskimi „wzbożona jest” o oświetlenie uliczne. W takiej sytuacji cyklistom powinno wystarczyć niewielkie przednie oświetlenie roweru, które na szarych nawierzchniach zdecydowanie lepiej zdaje egzamin w porównaniu do czarnych powierzchni asfaltowych [8].

Najlepszym jednakże rozwiązaniem w takich sytuacjach są płyty w kolorze... białym, maksymalnie odbijające widzialne promieniowanie słoneczne, co zdecydowanie poprawia komfort, prędkość jak i bezpieczeństwo jazdy.

6.2. Oznakowanie

Kolejnym, dodatkowym argumentem przemawiającym na korzyść nawierzchni z betonowych bruków jest możliwość ich poziomego oznakowania, nie wpływającego na współczynnik tarcia nawierzchni,

poprzez stosowanie kostek lub płytek o innej barwie. Ten sposób oznaczenia pasów dla pieszych, linii wydzielenia, itd. jest o wiele bezpieczniejszy od nanoszenia powłok malarskich, na których podczas opadów atmosferycznych o poślizg niezwykle łatwo. Dostępność w ostatnich latach tzw. bezbarwnych polimerów umożliwiła producentom mas bitumicznych uzyskanie nawierzchni wierniej oddających zakładane przez projektantów barwy, jednakże należy wspomnieć, iż jednostkowa cena takiej nawierzchni przekracza cenę nawierzchni betonowej o porównywalnej paletce kolorów. Dodatkowo, wykonanie w jednokolorowej nawierzchni asfaltowej „znaków drogowych” o innym kolorze jest o wiele trudniejsze niż w przypadku ułożenia kostek o innym, kontrastowym kolorze w nawierzchni z betonowych prefabrykatów drogowych.

6.3. Temperatura

W ślad za większym pochłanianiem światła w okresach letnich czarne nawierzchnie asfaltowe nagrzewają się do znacznie wyższych temperatur niż ich szare odpowiedniki, co w konsekwencji może doprowadzać do trwałych odkształceń nawierzchni.

Należy jednakże w tym miejscu stwierdzić, iż poruszające się pojazdy samochodowe naturalnie obniżają temperaturę nawierzchni (ruch powietrza) o około 10°C. Chcąc oszacować możliwą do uzyskania temperaturę nawierzchni asfaltowej, podczas sporadycznego jej użytkowania, w sierpniu 2014 r. przeprowadzono badanie próbek betonowych i asfaltowych, poddanych intensywnemu promieniowaniu słonecznemu (temperatura powietrza 35°C). Pomiary wykonane termometrem cyfrowym INFRARED DT8380 wykazały maksymalną temperaturę powierzchni asfaltowej 60,6°C. Analogiczne próbki niebarwionych kostek betonowych osiągały temperatury około 15°C niższe.

6.4. Trwałe odkształcenia

Asfalt, jako efekt przetworzenia ropy naftowej, nie służącej najlepiej środowisku naturalnemu, nie jest produktem obojętnym dla natury. Dodatkowo nawierzchnie wykonane z tego surowca przez cały rok kalendarzowy są niezwykle podatne na uszkodzenia. W okresie letnim wysokie temperatury mogą doprowadzić nawierzchnie asfaltowe (szczególnie dzięki ciemnej kolorystyce, zwiększającej tempo nagrzewania się) do powstawania trwałych odkształceń, spowodowanych uplastycznieniem materiału nawierzchni pod obciążeniem zewnętrznym. Pomijalny 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 roweru trekkingowego 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 typowego samochodu osobowego rozkład obciążeń wynosi około 45% na przednią oś i 55% na tylną oś. Dla średniego ciężaru samochodu klasy średniej z kierowcą, wynoszącego około 1500 kg, powierzchnia śladu jedne-



fol. Archiwum autora

go typowego 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 w łatwy sposób wyciągnąć wnioski, iż problem trwałych odkształceń w asfaltowych ścieżkach rowerowych nie powinien być pomijany, tym bardziej w aspekcie o wiele uboższej nawierzchni (zwykle jedna warstwa dywaniku asfaltowego o grubości od 3 cm do 5 cm).

7. Ekologia

Niezwykle ważnym w aspekcie komfortu użytkowania ścieżek rowerowych jest kwestia doznań narządu powonienia.

7.1. Asfalt

Nawierzchnie asfaltowe w okresie letnim przy wysokich temperaturach „oddają” zapach asfaltu, który łatwo można wyczuć bez większych starań. Nie dla wszystkich użytkowników jest to pozytywny i przyjemny efekt korzystania z tego rodzaju nawierzchni podczas czynnego wypoczynku. W tzw. temperaturze pokojowej zapach lepszycy w nowych nawierzchniach asfaltowych jest odczuwalny w przypadku ich bliskiego kontaktu. Zupełnie inaczej sytuacja wygląda w ciepłe letnie popołudnia przy temperaturze powietrza rzędu 35°C, kiedy to asfalt może nagrzać się do około 60°C. Zapach lepszycy w tym momencie jest odczuwalny podczas normalnej eksploatacji ciągów komunikacyjnych. Dla porównania, szare bruki betonowe w analogicznych warunkach eksploatacji osiągną temperatury około 25% niższe. Co dotyczy samej technologii układania nawierzchni asfaltowych, a tym samym identyfikacji substancji chemicznych

Fot. 4. Przykład zastosowania kostek brukowych o różnej kolorystyce w jednej lokalizacji

Fot. 5. Przykład różnicy temperatur pomiędzy temperaturą powietrza i nawierzchni asfaltowej autostrady A-4 – sierpień 2014



fol. Archiwum autora



Fot. Archiwum autora

Fot. 6. Pomiar temperatury powierzchni próbki asfaltowej

występujących w powietrzu. Głównymi składnikami dymów wydzielających się podczas termicznego uplastycznienia mas bitumicznych – D-200, D 175, D-50, D-70, PS-40, PS-85/25, lepek 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. Są to: tetrachlorek węgla, heptan, metylocykloheksan, toluen, ksylen, etylobenzen, trimetylobenzen, acetaldehyd, aceton, cykloheksanon, heptan-2-on, pentan-2-on, heksan-2-on, naftalen oraz WWA – acenaften, fluoren, fluoranten, fenantren, antracen, chryzen, piren, benzo[a]piren, benzo[e]piren, perylen, benzo[g,h,i]perylene, benzo[k]fluoranten, dibenzo[a,h]antracene ... – [9].

7.2. Beton

Beton jest materiałem ekologicznym powstałym z naturalnych surowców. Nawet emisja CO₂, którą niektórzy 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, dodatkowo pozytywnie oddziałując 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 [10]. Jako pierwsza w Polsce, firma ZPB Kaczmarek wprowadziła do swojej produkcji fotokatalityczną kostkę brukową w technologii TX Active® [11]. Pozwala ona na redukcję zanieczyszczeń w powietrzu, dzięki fotokatalitycznym aktywnym nawierzchniom betonowym. Zachodzące reakcje chemiczne redukują szkodliwe związki zanieczyszczające powietrze, takie jak tlenki azotu NO_x lub lotne substancje organiczne VOC, pochodzące ze spalin silników samochodów, zakładów przemysłowych oraz indywidualnych instalacji grzewczych, negatywnie oddziałujące na organizmy żywe, do substancji nieszkodliwych dla środowiska naturalnego. W celu potwierdzenia samego procesu utleniania przed wprowadzeniem do sprzedaży betonowych prefabrykatów brukowych w firmie ZPB Kaczmarek na próbnej partii wyrobów przeprowadzono badania sprawdzające [12].

Powierzchnie próbek wyprodukowanych na „tradycyjnym” cemencie oraz TioCemie®, 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, redukcji NO_x w powietrzu o 24%, zgodnie z włoską normą UNI 11247:2007 „NOx degradation”, potwierdziły wysoką aktywność fotokatalityczną kostki brukowej w zakresie redukcji zanieczyszczeń powietrza [13]. Kraje Europy Zachodniej fotokatalityczne nawierzchnie betonowe stosują w szczególności w okolicach szkół, przedszkoli oraz miejsc, w których przebywa najmłodsza część społeczeństwa [14]. Polskim przykładem wykorzystania tego rodzaju technologii jest budowa, między innymi, ścieżki rowerowej w Zielonej Górze, na której nawierzchnię dla rowerzystów wykonano z elementów niefazowanych, a sąsiedni ciąg pieszy w innej kolorystyce z kostek fazowanych, na bazie spoiwa TioCem® – fot. 7.

Inwestycja ta jest przykładem, iż nie zawsze jedynym kryterium, decydującym o wyborze finalnego produktu, jest cena, ale jakość, gwarantująca finalną trwałość.

8. Koszty

Analiza dostępnych ofert na wykonanie nawierzchni ścieżek rowerowych pozwala stwierdzić, iż nieprawdą jest teza o zdecydowanie wyższych kosztach inwestycyjnych w technologii betonowej kostki brukowej w porównaniu do asfaltobetonu. Przewaga cenowa waha się na korzyść jednej lub drugiej technologii, w zależności od mikro- jak i makrolokalizacji inwestycji (tereny zurbanizowane czy też nie, obszary z dostępem do odpowiednich kruszyw jak i spoiw). Pomijając powyższe, należy dodatkowo stwierdzić, iż wycenie kosztów inwestycji tylko na podstawie „suchych” kosztów budowy, z czym mamy do czynienia na co dzień, jest typowym błędem, popełnianym przez osoby niezajmujące się analizami ekonomicznymi. Założony tok rozumowania, iż jedynym poniesionym kosztem przy realizacji zadania inwestycyjnego jest bezpośredni koszt jego realizacji, tzn. budowy jest błędem. 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 wykażać przewagę technologii bazujących na spoiwie cementowym nad technologią spoiwa asfaltowego. Betonowe budownictwo komunikacyjne, w postaci dróg ekspresowych bądź autostrad pozwala, na o wiele dłuższe użytkowanie nawierzchni bez konieczności ponoszenia kosztownych prac remontowych.

9. Wymagana odporność na kradzież?

Jako jedną z kilku najważniejszych wad nawierzchni z betonowej kostki brukowej przeciwnicy ich stosowania podają małą odporność tego rodzaju materiału na kradzież. Z całą pewnością, chcąc sprawdzić liczbę wykroczeń z „udziałem” wyrobów betonowej galanterii drogowej w policyjnym archiwum, udało by się znaleźć przypadki tego rodzaju przestępstw, jednakże 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 bezpośredniego doświadczenia (próba laboratoryjna) autor stwierdza, iż proces rozbiórki nie jest łatwy i bez specjalnych narzędzi trudny do wykonania w krótkim czasie.

Dodatkowo należy zauważyć, iż dostępne w naszym kraju dane nt. ilości m² betonowej kostki brukowej, wyprodukowanych w przeliczeniu na głowę 1 mieszkańca, plasują nas na II miejscu w Europie, co pozwala stwierdzić, iż przy tak wielkiej popularności i tym samym upowszechnieniu tego rodzaju nawierzchni, cena betonowych prefabrykatów brukowych nie stanowi już problemu dla większości prywatnych inwestorów [15]. W chwili obecnej wyroby tego rodzaju dostępne są w cenie około 25 PLN brutto za m², co nie wydaje się wygórowaną kwotą.

10. Ułatwiona demontowalność

Jako jedną z ważniejszych zalet powierzchni z betonowych kostek lub płytek brukowych należy przedstawić, dzięki modułowej budowie nawierzchni, możliwość dowolnego rozebrania jej fragmentów **przez wykwalifikowanych brukarzy**, celem wymiany instalacji przebiegających w konstrukcji ciągu, naprawy usterek spowodowanych nadmiernym osiadaniem podbudowy, bądź mechanicznym zniszczeniem poszczególnych elementów. Po wykonaniu niezbędnych prac 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. Podczas naprawy nawierzchni z kostki brukowej docelowo układa się dokładnie ten sam wcześniej zdemontowany materiał. W przypadku nawierzchni asfaltowych, w zależności od pory roku ubytki uzupełnia się masami układanymi na zimno (zimną) bądź gorąco (latem). Efekty tych prac, można co roku na wiosnę zauważyć na naszych polskich drogach.

Argumentacja, iż koszty ewentualnych prac budowlanych, polegających na przekładaniu lub remontowaniu sieci układanych, nie powinny interesować właściciela ścieżki 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 (intereselem swoich właścicieli)

na zysk. Na wielkość jego 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 przerzucone w formie podniesionych opłat na końcowych użytkownikach. Wobec powyższego brak konstruktywnego dialogu pomiędzy stronami, tj. właścicielem infrastruktury podziemnej i nadziemnej, nt. najlepszych dla wszystkich rozwiązań materiałowych skutkuje w końcowym efekcie przerzuceniem poniesionych kosztów na lokalnego użytkownika sieci.

11. Wnioski – podjęte działania

Chcąc wyjść naprzeciw podnoszonym problemom, firma ZPB Kaczmarek w zakresie produkcji prefabrykatów, betonowej galanterii drogowej, zamierza wprowadzić do stałej oferty betonowe płyty brukowe bez fazy o grubości 12 cm i wymiarze w rzucie 100 cm x 75 cm oraz 120 cm x 75 cm. Połączenie długości płyt wraz z odbojnikami o wymiarze 2 mm, pozwoli do minimum ograniczyć wpływ drgań komunikacyjnych na organizmy rowerzystów. Płyty dodatkowo wzbogacą stałą ofertę produktów, z warstwą wierzchnią, wytwarzaną na bazie cementu TIOCEM®. Można bez nadużycia stwierdzić, iż rozwiązanie to obali wszystkie podnoszone wady nawierzchni betonowych, a mianowicie:

- ograniczy do minimum wpływ zaburzeń spowodowanych poprzecznymi dylatacjami nawierzchni, na komfort jazdy rowerem – rozstaw dylatacji zgodny z nawierzchniami dróg szybkiego ruchu
- dodatkowo zabezpieczy nawierzchnię przed kradzieżą z uwagi na wagę prefabrykatów (odpowiednio 200 kg oraz 240 kg)
- zwiększy prędkość montażu mechanicznego oraz umożliwi brygadam brukarskim łatwą demontowalność w przypadku awarii infrastrukturalnych, dzięki systemowi vacuum
- zwiększy sztywność nawierzchni, dzięki znacznym wymiarom, zabezpieczając tym samym przed punktowym osiadaniem podbudowy
- umożliwi produkowanie w dowolnej kolorystyce jak i na ekospoiwie, tj. TIOCEM®ie®,
- podniesie bezpieczeństwo jazdy na nawierzchni z wysokim współczynnikiem USRV.

dr inż. Grzegorz Śmiertka
dyrektor ds. produkcji ZPB Kaczmarek

Literatura

- 1 PKN. PN-EN 1338:2005+AC:2007. *Betonowe kostki brukowe. Wymagania i metody badań*
- 2 PKN. PN-EN 1339:2005+AC:2007. *Betonowe płyty brukowe. Wymagania i metody badań*
- 3 Pawłowski S., *Kostka brukowa na ścieżkach rowerowych*, „*Bruk biznes*” 1/2012, str. 40-41
- 4 Kopta T., *Standardy dla dróg rowerowych – dobre i złe rozwiązania*, *Prezentacja GDDKiA*
- 5 Kawatek P., *Strona internetowa: <http://www.gp24.pl/apps/pbcs.dll/article?AID=/20100324/kraj/882151963-05/2012>*
- 6 IBDiM. *Sprawozdanie z badań nr 177/14/TW-2. Badanie odporności na poślizg próbek z asfaltobetonu*
- 7 IBDiM. *Sprawozdanie z badań nr 179/14/TW-2. Badanie odporności na poślizg kostek brukowych*
- 8 Szydło A., Mackiewicz P., *Nawierzchnie betonowe na drogach gminnych*, „*Polski Cement*” 2005
- 9 *Strona internetowa: www.wiki.maszynuzywane.pl/ukladanie-asfaltu,57,11.html*
- 10 *Strona internetowa: www.heidelbergcement.com/pl/pl/country/g-cement/produkt/inowosci/tiocem.htm – 05/2012*
- 11 Sokołowski M., Kaczmarek K., Szerszeń K., *Praktyczne zastosowanie cementu TioCem w produkcji kostki brukowej*, *Dni betonu*, *Wisła* 10/2010
- 12 *Strona internetowa: www.zpbkaczmarek.pl/technologie-tx-activer-05/2012*
- 13 *Laboratorium Heidelberg Technology Center w Leimen. Wyniki badań fotokatalitycznej, betonowej kostki brukowej produkcji ZPB Kaczmarek*, 09/2008.
- 14 Sokołowski M., *Fotokatalityczna betonowa kostka brukowa TX Active®*. *Bruk biznes*, 2/2012, str. 46-47
- 15 Polok A. *Jesteśmy drugim rynkiem w Europie*. *Bruk biznes*, 1/2012, str. 8-11.

Fot. 7. Przykład realizacji ciągu pieszo-jezdnego z bruków fotokatalitycznych – ścieżka rowerowa z płyt bezzfazowych i chodnik z kostek fazowanych

