

1. Podstawa opracowania

Podstawą opracowania ekspertyzy jest umowa nr IR-V.272.1.16.2017 (nr rejestru PK: L-2/180/2017/P), zawarta w dniu 03.03.2017 r. z terminem wykonania: 30.07.2017 r., pomiędzy Miastem GORLICE, ul. Rynek 2, 38-300 GORLICE a Politechnika Krakowską im. Tadeusza Kościuszki, ul. Warszawska 24, 31-155 Kraków.

2. Cel i zakres opracowania

Celem opracowania ekspertyzy jest określenie przyczyn powstania uszkodzeń nawierzchni kamiennych i betonowych w obszarze rewitalizowanej Starówki M. Gorlice. Obszar uszkodzeń obejmuje Rynek (płyty piaskowcowe), ciągi piesze (chodniki) wokół Rynku (płyty granitowe), przejścia dla pieszych wokół Rynku (płyty granitowe), ul. Mickiewicza i Stróżowska (kostka granitowa), ul. Piekarska (płyty granitowe- ciąg pieszo-jezdny) i plac Dworzysko (płyty betonowe). W oparciu o analizę aktualnego stanu nawierzchni i przyczyn jej uszkodzeń, w ekspertyzie podana została także koncepcja naprawy przedmiotowych nawierzchni.

W realizacji opracowania oparto się na:

- 1) Wynikach lokalnej wizji uszkodzeń nawierzchni kamiennych w Gorlicach, przeprowadzonej w dniu 5 kwietnia 2017 r., w sprawozdaniu z wizji lokalnej podano opis stanu nawierzchni oraz dołączono dokumentację fotograficzną (Zał.1),
- 2) Analizie dostarczonych dokumentów związanych z przedmiotową inwestycją wraz z oceną ich poprawności i kompletności (wykaz dokumentów dotyczących rewitalizacji Starówki Miasta Gorlice, dostarczonych przez Zleceniodawcę vide pkt.3), wynikach laboratoryjnych badań materiałów nawierzchni i gruntu podłoża pobranych z 10 otworów badawczych wykonanych w dniu 5 kwietnia 2017. Były to otwory: 2 na płycie Rynku, 2 na ul. Mickiewicza, 2 na ciągach pieszych wokół Rynku, 2 na jezdniach wokół rynku, 1 na ul. Stróżowskiej, 1 na ul. Piekarskiej. W zakresie nawierzchni z betonu cementowego placu Dworzysko zrezygnowano z wykonania otworów badawczych i pobrania próbek, oceniając uszkodzenia jako powierzchniowe, wymagające tylko lokalnej wymiany płyt,
- 3) Badania laboratoryjne obejmowały: badania gruntu podłoża rodzimego, materiału warstwy odsączającej, materiału podbudowy zasadniczej i pomocniczej, materiału podsypki, płyt piaskowcowych i kostki granitowej.
- 4) Wynikach polowych badań nośności płytą dynamiczną na poziomie podłoża gruntowego i podbudowy z kruszywa, w wykonanych otworach badawczych nawierzchni,
- 5) Normach i zarządzeniach związanych z tematyką opracowania (aktualnych w czasie przygotowywania i wykonywania Inwestycji) oraz własnych doświadczeniach. Między innymi wzięto pod uwagę:
[1] Ustawę o wyrobach budowlanych, Dz.U. Nr 92, poz.881 z dnia 16 kwietnia 2004 r.
[2] Rozporządzenie Ministra Infrastruktury dot. Systemów oceny materiałów budowlanych, Dz.U. Nr 195, poz. 2011, z dnia 11.08.2004 r.
[3] Katalog Typowych Konstrukcji Nawierzchni Sztywnych GDDP, 2001 r.

- [4] Rozporządzenie w sprawie warunków technicznych jakim powinny odpowiadać drogi publiczne i ich usytuowanie, D.U. nr 43/1999.
- [5] Katalog Typowych Konstrukcji Nawierzchni Podatnych i Półsztywnych, Załącznik do zarządzenia Nr 31 Generalnego Dyrektora Dróg Krajowych i Autostrad z dnia 16.06.2014 r.
- [6] WT-4, Mieszanki niezwiązane do dróg krajowych, 2010, GDDKiA
- [7] PN-EN ISO 14688-1 Badania geotechniczne. Oznaczanie i klasyfikowanie gruntów. Część 1: Oznaczanie i opis.
- [8] PN-EN 933-8 Badania geometrycznych właściwości kruszyw. Ocena zawartości drobnych cząstek. Badanie wskaźnika piaskowego.
- [9] PN-EN 933-1 Badania geometrycznych właściwości kruszyw. Oznaczanie składu ziarnowego.
- [10] PN-EN 1097-2 Badania mechanicznych i fizycznych właściwości kruszyw. Metody oznaczania odporności na rozdrabnianie.
- [11] PN-EN 1367-1 Badania właściwości cieplnych i odporności kruszyw na działanie czynników atmosferycznych. Część 1: Oznaczanie mrozoodporności.
- [12] ZTVE - StB 94 - Dodatkowe Techniczne Warunki Umowy i Wytyczne dla Robót Ziemnych obejmujących Budowę Dróg (przepisy niemieckie w zakresie stosowania płyty dynamicznej).
- [13] PN-EN 1341:2013-05 „Płyty z kamienia naturalnego do zewnętrznych nawierzchni drogowych. Wymagania i metody badań.
- [14] PN-EN 1342:2013-05 „Kostka brukowa z kamienia naturalnego do zewnętrznych nawierzchni drogowych. Wymagania i metody badań.
- [15] PN-S/97-06102 Podbudowy z kruszyw stabilizowanych mechanicznie.

3. Materiały i dokumenty dostarczone przez Zleceniodawcę

W harmonogramie prac stanowiącym załącznik do umowy przewidziano analizy:

- dokumentacji geologiczno- inżynierskiej,
- dokumentacji projektowej,
- dokumentacji odbiorczej.

Od Zleceniodawcy otrzymano:

- 3.1. Profile sondowania gruntu w rejonie Rynku – pawilonu INFO z poziomów posadowienia Nr 1 i Nr 2, badania wykonała Firma GEOSOL z Nowego Sącza w sierpniu 2011,
- 3.2. TOM IV D Projektu Budowlano-Wykonawczego, DROGI, zawierający opisową treść projektowanych rozwiązań,
- 3.3. Specyfikacje Techniczne do projektu Budowlano-Wykonawczego (PBW) „Rewitalizacja Starówki Miasta Gorlice”
 - 3.3.1. Wymagania ogólne
 - 3.3.2. D-91.01.01. Roboty pomiarowe str. 13,
 - 3.3.3. Rozbiórka elementów dróg str. 17,
 - 3.3.4. Wykonanie wykopów w gruntach nieskalistych str. 20,
 - 3.3.5. Koryto z profilowaniem i zagęszczeniem, str. 25,
 - 3.3.6. Warstwa z kruszywa naturalnego – mrozochronna oraz odsączająca str. 28,**

3.3.7. CPV 45233329-8 Podbudowy z kruszywa łamanego stabilizowanego mechanicznie str. 33,

3.3.7. D.04.06.01. Podbudowa z chudego betonu, str. 40,

3.3.8. D 05.03.04. Nawierzchnie z kostki kamiennej str. 49,

3.3.9. Nawierzchnie z płyt kamiennych, str .59,

3.3.10. D 05.03.04. Nawierzchnie betonowe, str .63,

3.3.11. Nawierzchnie z kostki betonowej brukowanej str. 78,

3.3.12. Ścieki, krawężniki, obramowania.

Uwaga: Wytłuszczonym drukiem zaznaczono Specyfikacje związane z analizowanymi uszkodzeniami rewaloryzowanej nawierzchni i materiałem pobranym do badań.

3.4. Wyniki badań piaskowca Radków przeprowadzonych przez Przedsiębiorstwo Geologiczne PROXIMA SA, Wrocław, pismo z dnia 14.06.2005 r.

3.5. Deklaracja Zgodności WE 011/01/12 wydana przez IMPESTIR OPERATIONS Sp. z o.o. Sp. k., 62-850 Lisków, Koźłatków 20, 04.01.2012 r., dotycząca płyt z piaskowca

3.6. Krajowa Deklaracja Zgodności wydana przez IMPESTIR OPERATIONS Sp. z o.o. Sp. k., 62-850 Lisków, Koźłatków 20, 12.12.2012 r., dotycząca kostki brukowej z kamienia naturalnego o wymiarach 4x6cm

3.7. Krajowa Deklaracja Zgodności wydana przez IMPESTIR OPERATIONS Sp. z o.o. Sp. k., 62-850 Lisków, Koźłatków 20, 12.12.2012 r., dotycząca płyt granitowych z kamienia naturalnego o wymiarach 50x50x8cm

3.8. Orzeczenie o Jakości Kruszywa z Barcic opracowane przez Przedsiębiorstwo Projektowo-Wdrożeniowe „BIPROSKAL” sp. z o.o. Laboratorium badania Skał i Kruszyw, 53-332 Wrocław, ul. Powstańców Śląskich 5, 04.07.2010 r., dotyczące mieszanki 0/63 mm i 0/31,5 mm z piaskowca magurskiego produkcji Zakładu Budowlanego SZAREK, 33-300 Nowy Sącz, ul. Grottgera 47,

3.9. Wyniki badań odbiorczych podbudowy z kruszywa łamanego w ramach zadania: „Rewitalizacja starówki w mieście Gorlice”,

3.10. Instrukcję użytkowania nawierzchni dróg i placów objętych przebudową w ramach zadania: „Rewitalizacja Starówki Miasta Gorlice”.

4. Uwagi dotyczące dokumentów dostarczonych przez Zleceniodawcę

4.1. Profile sondowania gruntu w rejonie Rynku – pawilonu INFO z poziomów posadowienia Nr 1 i Nr 2,

Warunki geotechniczne podłoża pod przedmiotowe nawierzchnie w dostarczonych przez Zleceniodawcę dokumentach są reprezentowane przez dwa profile geotechniczne podłoża w rejonie Rynku, pawilonu INFO, wykonane przez Firmę GEOSOL Nowy Sącz, sierpień 2011 r. Wynika z nich że w podłożu bezpośrednio pod nawierzchnią zalegają grunty spoiste: gliny piaszczyste, pyły i gliny zwięzłe, przewarstwione pyłem lub piaskiem, a więc grunty bardzo wysadzinowe, w stanie twardoplastycznym i plastycznym. Obecności wody gruntowej nie stwierdzono, nie mniej istnieje prawdopodobieństwo, że za stan plastyczny gruntu mogą odpowiadać wkładki piaskowe, prowadzące wodę. Warunki posadowienia

konstrukcji nawierzchni które powinny być podane przez geologa, zostały scharakteryzowane przez Autora Projektu jako G3 (Opis Techniczny pkt.5 Nawierzchnia), jednakże ze względu na występujący lokalnie także stan plastyczny gruntu bardzo wysadzinowego, zdaniem autorów ekspertyzy należało ocenić je indywidualnie, lub co najmniej jako G4. W Opisie Technicznym do Projektu brak jest opisu warunków geotechnicznych.

4.2. TOM IV D Projektu Budowlano-Wykonawczego, DROGI, zawierający opisową treść projektowanych rozwiązań.

Jak wspomniano, obszar uszkodzeń nawierzchni obejmuje Rynek (KR1, G3, płyty piaskowcowe), ul. Mickiewicza i ul. Stróżowska (KR2, G3, kostka granitowa), ciągi pieszojezdne - ul. Piekarska (KR2, G3, płyty granitowe) i plac Dworzysko (KR1, G3, beton cementowy).

4.2.1. Konstrukcja nawierzchni płyty Rynku z płyt piaskowcowych Radków

- Grubość płyt równa 8 cm jest przyjęta prawidłowo, płyty zaprojektowano na podsypce żwirkowej 2/5 grubości 3 cm,
- Do fizykomechanicznych własności płyt wyszczególnionych w Orzeczeniu o jakości materiału kamiennego Nr 81/2005/1 z dnia 14.06.2005 r., (pkt.3.4. niniejszej ekspertyzy) autorzy ekspertyzy zgłaszają uwagi (pkt.4.3). Przyjęcie płyt Radków jako wykładziny Rynku obarczone było dużym ryzykiem.
- Łączna grubość warstw podbudowy z kruszywa łamanego wynosi 40 cm. Własności zastosowanego w podbudowie kruszywa z Barcic przebadane w PK są zamieszczone w pkt.7.3. Ocena jest negatywna.
- Zastosowanie w projekcie warstwy odsączającej grubości 10 cm z piasku drobnoziarnistego jest uzasadnione, niemniej należało przewidzieć także zastosowanie warstwy odcinającej, spełniającej znany warunek nieprzenikania:

$$\frac{D_{15}}{d_{85}} \leq 5$$

względnie zastosowanie warstwy geowłókniny, pełniącej funkcję separacyjno-filtrującą.

- Uwzględniając obecność w podłożu gruntów bardzo wysadzinowych, a lokalnie także plastycznych, spełnienie warunku mrozoodporności jest wątpliwe. Zdaniem opiniodawców kategoria gruntu podłoża powinna być zaklasyfikowana jako G4, a więc dla KR1 i G4 minimalna grubość nawierzchni z podłożem ulepszonym powinna wynosić 72 cm, a nie jak zaprojektowano 60 cm, natomiast dla KR2 i G4 powinna wynosić 78 cm a nie 66 cm. Materiały **wszystkich** warstw powinny być mrozoodporne.

4.2.2. Konstrukcja nawierzchni ulic Mickiewicza i Stróżowskiej, jezdni Rynku z kostki granitowej

Typ kostki jest wątpliwy. Zapis kostka 10/10 cm sugeruje że zaprojektowano kostkę regularną, podczas gdy w rzeczywistości jest to kostka nieregularna 9/11 cm.

- Łączna grubość podbudowy z kruszywa łamanego wynosi 45 cm. Własności zastosowanego w podbudowie kruszywa z Barcic przebadane w PK są zamieszczone w pkt 4.4. Ocena jest negatywna.
- Zastosowanie w projekcie warstwy odsączającej grubości 10 cm z piasku drobnoziarnistego jest uzasadnione, niemniej należało przewidzieć także zastosowanie warstwy odcinającej, spełniającej znany warunek nieprzenikania:

$$\frac{D_{15}}{d_{85}} \leq 5$$

względnie zastosowanie warstwy geowłókniny, pełniącej funkcję separacyjno-filtrującą.

- Obecność warstwy odsączającej stwierdzono jedynie w otworach Nr7 (ul. Mickiewicza) i 9 Rynek).
- Uwzględniając obecność w podłożu gruntów bardzo wysadzinowych, także plastycznych, sprawdzenie i spełnienie warunku mrozoodporności budzi wątpliwości. Dla KR2 i G4 minimalna grubość nawierzchni z podłożem ulepszonym powinna wynosić 78 cm, a nie jak zaprojektowano 66 cm. Materiały wszystkich warstw powinny być mrozoodporne.

4.2.3. Konstrukcja nawierzchni ul. Piekarskiej (ciąg pieszo-jezdny)

- Grubość płyt granitowych GRANIT STRZEGOM jezdni wynosi 8 cm,
- Łączna grubość warstw podbudowy z kruszywa wynosi 45 cm. Uwagi do kruszywa z Barcic, warstwy odsączającej oraz warunku mrozoodporności – vide pkt.4.2.2.

4.2.4. Konstrukcja ciągów pieszych (chodników) w otoczeniu ulic Rynek, Stróżowska fragment:

- Grubość płyt granitowych GRANIT STRZEGOM wynosi 5 cm,
- Grubość podbudowy z kruszywa łamanego 0/31.5 wynosi 15 cm.

4.2.5. Konstrukcja nawierzchni placu Dworzysko z betonu cementowego

- Minimalna grubość płyty betonowej dla KR1 wg Katalogu Typowych Konstrukcji Nawierzchni Sztywnych [3] wynosi 17 cm a nie 15 cm jak zostało zaprojektowane,
- Łączna grubość warstw podbudowy z kruszywa wynosi 35 cm. Uwagi do kruszywa z Barcic oraz warstwy odsączającej – vide pkt.4.2.1.

4.3. **Specyfikacje Techniczne do Projektu Budowlano-Wykonawczego (PBW) „Rewitalizacja Starówki Miasta Gorlice”**

Autorka Szczegółowych Specyfikacji Technicznych legitymująca się uprawnieniami budowlanymi do projektowania bez ograniczeń w specjalności drogowej dość bogato powołuje się na normy z ubiegłego wieku, bez dostatecznej świadomości uczestnictwa Polski od 2004 roku w Unii Europejskiej i wynikających z tego zmian w normach i przepisach. Oto kilka przykładów odnoszących się do konstrukcji nawierzchni:

1). Warstwa z kruszywa naturalnego – mrozochronna oraz odsączająca (SST str. 28),

Tytuł Specyfikacji odnosi się do warstwy mrozochronnej (pominiętej w Opisie Technicznym) oraz warstwy odsączającej. Brak jest zaprojektowania warstwy odcinającej co jest już poważnym niedopatrzeniem. W Katalogu Typowych Konstrukcji Nawierzchni Podatnych i Półsztywnych 1997 istnieje zapis dotyczący znanego warunku szczelności warstw określonego z wyżej przytoczonej zależności:

$$\frac{D_{15}}{d_{85}} \leq 5$$

„Jeżeli warunek ten nie jest spełniony należy ułożyć między warstwami warstwę odcinającą z odpowiednio uziarnionego gruntu lub wykonać warstwę pośrednią z geowłókniny”. Brak warstwy odcinającej spowodował wymieszanie się warstwy odsączającej z podłożem, co stwierdzono podczas wykonywania otworów badawczych.

2). CPV 45233329-8 Podbudowy z kruszywa łamanego stabilizowanego mechanicznie s. 37,

Ponieważ w roku opracowywania projektu brak było jeszcze krajowych wymagań technicznych dla podbudów z kruszyw niezwiązanych, wymagania dla materiału i gotowej warstwy podbudowy w Specyfikacjach przytoczono wg normy BN-70/8931-06 natomiast jako normy czynnościowe zalecono już normy zharmonizowane PN-EN, jakkolwiek w niektórych procedurach badawczych np. w badaniu odporności na rozdrabnianie w bębnie Los Angeles są istotne różnice w procedurze badań. Podane wymagania skonfrontowano z wynikami własnych badań kruszywa (pkt. 7.2). Ocena jakości kruszywa jest negatywna.

3). D05.03.04. Nawierzchnie z kostki kamiennej (SST str. 49),

Specyfikacje Szczegółowe dla kostki kamiennej odnoszą wymagania do normy PN-60/B-11100 Materiały kamienne. Kostka drogowa, 1960. Są to wymagania następujące:

- wytrzymałość na ściskanie w stanie powietrzno-suchym dla I klasy kostki min. 160 MPa, dla II klasy 120 MPa, wg PN-B-04110,
- minimalna nasiąkliwość odpowiednio 0.5 % i 1.0 %, wg PN-B-04101,
- maksymalna ścieralność na tarczy Boehmego odpowiednio 2 mm i 4 mm
- mrozoodporność: całkowita.

Powyższa norma z roku 1960 została wycofana, we wrześniu 2003 została wprowadzona norma PN-EN 1342:2001 ”Kostka brukowa z kamienia naturalnego do zewnętrznych nawierzchni drogowych. Wymagania i metody badań” [14].

Wg wymienionej normy przeprowadza się następujące badania:

- Wymiary wg PN-EN 1341:2001, Załącznik A,
- Odporność na zamrażanie – odmrażanie (także po nasyceniu solą), wg PN-EN 12371:2002, Oznaczanie mrozoodporności, 48 cykli,
- Wytrzymałość na ściskanie wg PN-EN 1826, Oznaczanie wytrzymałości na ściskanie, wg PN-EN 1926:2001. Producent powinien deklarować wytrzymałość na ściskanie jako minimalną wartość oczekiwaną w odniesieniu do pojedynczych próbek do badania. Norma ta została zaktualizowana w roku 2006, sposób oceny wytrzymałości został podany niżej.
- Odporność na ścieranie wg PN-EN 1341:2001, Załącznik B
- Odporność na poślizg PN-EN 1341:2001, Załącznik C

- Wygląd wg PN-EN 1341:2001, pkt.4.6.
- Nasiąkliwość wg PN-EN 13755:2002 Oznaczanie nasiąkliwości przy ciśnieniu atmosferycznym,
- Opis petrograficzny wg PN-EN 12407:2001, Badania petrograficzne.

W roku 2013 norma PN-EN 1342 została zaktualizowana powtórnie, jednak badanie wytrzymałości na ściskanie zostało w niej odniesione do normy PN-EN 1926:2006.

Zgodnie z normą PN-EN 1926:2006 parametrem charakteryzującym wytrzymałość na ściskanie nie jest wartość średnia, lecz najniższa oczekiwana wartość (lower expected value E), obliczona jako 5 % kwantyl dla rozkładu logarytmiczno-normalnego przy poziomie ufności 75 %.

Obligatoryjność stosowania norm jest w Polsce przedmiotem kontrowersji, nie mniej doświadczenie wskazuje, że ze względu na liczne przedwczesne uszkodzenia nawierzchni, stosowanie aktualnych norm, uwzględniających najnowszy stan wiedzy drogowej, stawia Projektanta po bezpieczniejszej stronie niż w przypadku stosowania norm dawno wycofanych, nieaktualnych (np. z przed przeszło 50 lat).

4). Nawierzchnie z płyt kamiennych, (SST str. 59).

Szczegółowe Specyfikacje Techniczne dla nawierzchni z płyt kamiennych piaskowcowych i granitowych przewidują dla obydwu rodzajów materiałów fakturę opcjonalnie jako łupaną, piłowaną lub groszkowaną, bez wskazania na fakturę projektowaną. W Opisie Technicznym jedynie dla płyt granitowych placu Dworzysko przewidziano fakturę płomieniową i polerowaną (polerowana jest śliska). Jest to dość duże niedopatrzenie, ponieważ potraktowanie tych faktur jako równoważnych nie jest obojętne dla użytkowników ze względu na bezpieczeństwo poruszania się ich po nawierzchni. Wymagania dla płyt odniesiono do normy branżowej BN-86/6747-06, a więc normy wycofanej i zastąpionej normą PN-EN 1341” Płyty z kamienia naturalnego do zewnętrznych nawierzchni drogowych. Wymagania i metody badań, wrzesień 2003”, którą Autorka Specyfikacji powinna była w roku 2008 już zastosować. W normie tej przewidziane jest bardzo istotne wymaganie odnoszące się do badania wskaźnika szorstkości powierzchni płyty. W roku 2013 norma ta została również zaktualizowana.

W porównaniu do wymagań dla nawierzchni z kostki kamiennej w normie PN-EN 1341 wrzesień 03 zróżnicowane jest tylko badanie wytrzymałości. Dla płyt kamiennych badanie wytrzymałości na ściskanie zastąpiono badaniem wytrzymałości na zginanie. Odporność na zginanie bada się wg normy PN-EN 12372 jako minimalną wartość przewidywaną w odniesieniu do pojedynczych próbek.

Zaktualizowana w roku 2013 norma dla płyt kamiennych w zakresie badania wytrzymałości na zginanie powołuje się na normę PN-EN 12 372 : 2010; „Oznaczanie wytrzymałości na zginanie pod działaniem siły skupionej”, w której wytrzymałością na zginanie jest 5 % kwantyl dla rozkładu logarytmiczno-normalnego przy poziomie ufności 75 %.

5). D 05.03.04. Nawierzchnie betonowe, (SST str. 63)

Dla betonu Autorka Specyfikacji słusznie cytuje w spisie norm (SST str. 75) normę zharmonizowaną PN-EN 206-1: 2003 Beton. Część 1: Wymagania, właściwości, produkcja i zgodność, natomiast w treści Specyfikacji powołuje się na normę już nieaktualną PN-88/B-

06250 z roku 1988, podając z niej wymagania dla betonu klasy B30 do B50. W normie dla betonu PN-EN 206-1:2003 takie klasy już nie istnieją, aktualna norma wprowadziła klasy wytrzymałości na ściskanie betonu- beton dla przedmiotowej nawierzchni placu może tutaj odpowiadać klasie wytrzymałości na ściskanie C35/45. Badania własności betonu do nawierzchni betonowych powinny odnosić się **do aktualnych od 2005 roku norm PN-EN 13877-1:2005 (U) i PN-EN 13877-2:2005(U)** z uwzględnieniem klasy ekspozycji na agresywne oddziaływanie zamrażania- odmrażania XF4.

W załączniku do niniejszej ekspertyzy autorzy podali pełny wykaz badań dla betonu do nawierzchni betonowych wg norm:

- a) PN-EN 13877-1:2005 (U) Nawierzchnie betonowe. CZEŚĆ 1: MATERIAŁY,
- b) PN-EN 13877-2:2005 (U) Nawierzchnie betonowe. Część 2: WYMAGANIA FUNKCJONALNE DLA NAWIERZCHNI.

Dla betonowej nawierzchni placu Dworzysko w Specyfikacji należało wybrać najbardziej istotne badania i zastosować aktualne normy czynnościowe, np. dla badania mrozoodporności, gdzie w Specyfikacji przewidziano normę nieaktualną PN-B-06250, zamiast EN 12390-9 (metoda zgodna z metodą wg PN-EN 1338:2005 z tym, że badanie obejmuje 56 cykli badawczych.

Ze względu na uszkodzenia jedynie powierzchniowe, próbek betonu nawierzchniowego nie pobrano do badań.

Jakie są konsekwencje stosowania norm i przepisów już nieaktualnych?

Zgodnie z wymaganiami Dyrektywy UE Wyroby budowlane, każdy produkt wprowadzany na rynek budowlany podlega procedurze uzyskania dostępu wyrobu na rynek, tj. w omawianym przypadku procedurze określenia zgodności płyt, kostek brukowych oraz krawężników, z wymaganiami odpowiednich norm zharmonizowanych. Wg Rozporządzenia Ministra Infrastruktury w sprawie sposobów deklarowania zgodności wyrobów budowlanych oraz sposobu znakowania ich znakiem budowlanym z dnia 11 sierpnia 2004 (Dz. U. Nr 198, poz.20) dla wyrobów określanych jako sztywne wyroby posadzkowe, tj. m.in. kostki brukowe, płyty i krawężniki z kamienia naturalnego do zewnętrznych nawierzchni drogowych dla ruchu pojazdów i pieszych), wymagany jest 4-ty system atestacji zgodności, obejmujący: deklarowanie zgodności wyrobu przez producenta na podstawie:

- a) wstępnego badania typu prowadzonego przez producenta,
- b) zakładowej kontroli produkcji.

Zgodnie z ustawą [1], wyrób budowlany nadaje się do stosowania przy wykonywaniu robót budowlanych, jeżeli jest:

1. oznakowany znakiem CE, co oznacza, że dokonano oceny jego zgodności z normą zharmonizowaną albo europejską aprobatą techniczną bądź krajową specyfikacją techniczną państwa członkowskiego Unii Europejskiej lub Europejskiego Obszaru Europejskiego, uznaną przez Komisję Europejską za zgodną z wymaganiami podstawowymi, albo:

2. umieszczony w określonym przez Komisję Europejską wykazie wyrobów mających niewielkie znaczenie dla zdrowia i bezpieczeństwa, dla których producent wydał deklarację zgodności z uznanymi regułami sztuki budowlanej, albo:
3. oznakowany znakiem budowlanym B.

Certyfikacja zakłada więc że dany wyrób budowlany został przebadany wg aktualnych norm polskich zharmonizowanych z normami europejskimi PN-EN. Jak już wspomniano wyżej, obligatoryjność stosowania norm jest w Polsce przedmiotem kontrowersji, nie mniej doświadczenie wskazuje, że ze względu na liczne przedwczesne uszkodzenia nawierzchni stosowanie aktualnych norm, uwzględniających najnowszy stan wiedzy drogowej, stawia Projektanta po bezpieczniejszej stronie niż w przypadku stosowania norm dawno wycofanych, nieaktualnych (np. z przed przeszło 50 lat). Projektant przy opracowywaniu Specyfikacji powinien opierać się na aktualnych normach, wytycznych i przepisach funkcjonujących w drogownictwie już od kilkunastu lat.

Pewnym wyjątkiem mogą być tutaj wymagania dla wytrzymałości materiałów kamiennych, dla których powinno się brać pod uwagę także własne doświadczenie projektantów z różnymi rodzajami materiałów kamiennych.

Normy PN-EN wprowadzają badania własności dotychczas nie uwzględnianych dla materiałów drogowych, np. odporność na poślizg (bezpieczeństwo jazdy w ruchu drogowym), wytrzymałość na zginanie (rzeczywiste warunki pracy płyt kamiennych), odporność na zamrażanie – odmrażanie także po nasyceniu solą (praca nawierzchni w warunkach zimowych).

4.4. Wyniki badań piaskowca Radków przeprowadzonych przez Przedsiębiorstwo Geologiczne PROXIMA SA, Wrocław, pismo z dnia 14.06.2005 r.

Dostarczone przez urząd Miasta Gorlice wyniki badań piaskowca Radków, pochodzą z roku 2005, nie ma więc pewności czy dotyczą one surowca skalnego z pokładu złoża wykorzystanego do produkcji płyt w roku 2011. Badanie przeprowadziło Laboratorium Przedsiębiorstwa Geologicznego we Wrocławiu PROXIMA częściowo wg norm PN-EN a częściowo wg norm PN. Zastrzeżenia autorów ekspertyzy dotyczą tutaj:

- 1) badania mrozoodporności wg nieaktualnej normy PN-85/B-04102, która przewiduje tylko 25 cykli zamrażania – odmrażania, podczas gdy aktualna norma PN-EN 1341” Płyty z kamienia naturalnego do zewnętrznych nawierzchni drogowych. Wymagania i metody badań, **wrzesień 2003” [13], przewiduje 48 cykli.**
- 2) własności wytrzymałościowe są niskie za co prawdopodobnie odpowiedzialne jest spoiwo krzemionkowo-ilaste. Dane dla piaskowca Radków wg badań PROXIMY są następujące:
 - Porowatość całkowita: **15.1%**
 - Wytrzymałość na ściskanie: **53.5 MPa**, (na sucho), **53.5 MPa** (na mokro) **oraz 45.5 MPa** (po badaniu mrozoodporności)
 - Wytrzymałość na zginanie: **4.7 MPa** (na sucho), **3.8 MPa** (na mokro) **oraz 3.2 MPa** (po badaniu mrozoodporności),
 - Ścieralność (Boehme): **4.3 mm** (na sucho), **4.8 mm** (na mokro),
 - Nasiąkliwość: **4.0%**,
 - Mrozoodporność pełna (25 cykli),

- ubytek wytrzymałości na ściskanie po mrozoodporności: **15%**,
 - ubytek wytrzymałości na zginanie po mrozoodporności: **32%**.
- 3) nie wiadomo też czy Laboratorium PROXIMY podało wyniki badań wytrzymałości na ściskanie jako średnie czy jako najniższe.
- 4) W konkluzji orzeczenie PROXIMY o jakości badanego materiału kamiennego wskazuje na jego przydatność do produkcji podokienników zewnętrznych, płyt do okładzin pionowych, kształtek budowlanych klasy III i elementów łupanych do licowania ścian.

Zdaniem autorów ekspertyzy, przydatność płyt Radków (o własnościach określonych przez Laboratorium PROXIMY) do nawierzchni placu reprezentacyjnego jest wątpliwa, z uwagi na ponadnormatywny spadek wytrzymałości na zginanie po badaniu mrozoodporności, tj. powyżej dopuszczalnych 20% (pomimo wykonania 25 cykli zamrażania-rozmrażania zamiast 48 cykli jak wymaga aktualna norma [13]).

4.5. Orzeczenie o jakości kruszywa wydane przez Przedsiębiorstwo Projektowo-Wdrożeniowe „BIPROSKAL” Sp. z o.o., Laboratorium Badania Skał i Kruszyw Wrocław, z dnia 07.04.2010 r., Miejsce pobrania: Kopalnia Barcice

- 1) Jakkolwiek data badania to kwiecień 2010 r., w Orzeczeniu powołana jest norma PN-B-06102, 1997, zamiast istniejącej już od 2002 roku normy PN-EN 13242 Kruszywa do niezwiązanych i hydraulicznie związanych materiałów, stosowanych w obiektach budowlanych i budownictwie drogowym, mającej status Polskiej Normy. Również zastosowane normy czynnościowe są już nieaktualne. Dla przykładu: ważne badanie wskaźnika piaskowego w Orzeczeniu przeprowadzono wg normy **BN-64/8931-08**, podczas gdy od 2001 istnieje norma **PN-EN 933-8** Badania geometrycznych właściwości kruszyw, Część 8: Ocena zawartości drobnych cząstek – Badanie wskaźnika piaskowego.
- 2) Podobnie sytuacja wygląda z badaniem ścieralności (norma PN-EN z roku 2000, w Orzeczeniu powołano się na normę PN-79/-06714.42) i mrozoodporności (norma PN-EN z roku 2001, w Orzeczeniu powołano się na normę PN-78/B-6714.19).

4.6. Instrukcja użytkowania nawierzchni dróg i placów objętych przebudową w ramach zadania: „Rewitalizacja Starówki Miasta Gorlice”.

Do Instrukcji użytkowania nawierzchni dróg i placów jw. nie wnosimy zastrzeżeń. Została opracowana profesjonalnie, poprawnie i należało by tylko sobie życzyć aby była w pełni stosowana. Na szczególną uwagę zasługuje tutaj zalecenie, aby utrzymanie zimowe dokonywane było wyłącznie przy użyciu materiałów uszarstniających (piasek, grys), tj. jak się rozumie, bez użycia soli. Jak wykazały doświadczenia dla krakowskich nawierzchni wykonanych z elementów kamiennych ze skał osadowych, oddziaływanie soli może być tutaj wysoce szkodliwe zarówno dla materiału kamiennego jak i wypełnienia spoin. Również ważne jest zalecenie dla ręcznego zmiatania nawierzchni, tj. nie stosowania zamiatarek mechanicznych, uszkadzających wypełnienie spoin.

4.7. Podsumowanie analizy dostarczonych dokumentów

4.6.1. Dokumentacja geotechniczna jest bardzo skromna, została częściowo uzupełniona przez badania własne gruntu podłoża.

4.6.2. Własności piaskowca RADKÓW przedstawione w orzeczeniu Laboratorium Firmy PROXIMA nie dają całkowitej pewności co do trwałości tych płyt. Własności te będą skontrolowane w badaniach PK. Kruszywo z Barcic wg Orzeczenia przebadane wg norm z ubiegłego wieku ma właściwości dobre, co zostanie również skontrolowane w badaniach PK.

4.6.4. W projekcie konstrukcji nawierzchni są błędy:

- Pod warstwą odsączającą nie zastosowano warstwy odcinającej,
- Grunt podłoża bardzo wysadzinowy (gliny, gliny pylaste, piaszczyste, gliny zwięzłe w stanie także plastycznym) zakwalifikowano do grupy nośności G3, a więc wyższej niż wynikało to z badań makroskopowych, co skutkowało brakiem odpowiedniej grubości ulepszonego podłoża. Zdaniem autorów ekspertyzy grupę nośności podłoża należało zakwalifikować jako G4. Dla tak ważnego zadania dokumentacja w zakresie konstrukcji i użytych materiałów powinna była być zweryfikowana przez kompetentnych inżynierów drogowych.

4.6.5. W Specyfikacjach Technicznych w szeregu przypadkach odniesiono się do norm już dawno nieaktualnych (m.in. także z przed 50 lat). Specyfikacje powinny były być także zweryfikowane przez kompetentnych inżynierów drogowych.

4.6.6. Autorzy ekspertyzy stwierdzają tutaj dość wyraźny brak znajomości aktualnych norm u Projektanta, a także pewną niefrasobliwość Inspektora Nadzoru, przyjmującego dokumentację wykonawczą bez szczegółowego zaznajomienia się z jej kompletnością i poziomem opracowania.

4.6.7. Instrukcja użytkowania nawierzchni dróg i placów opracowana jest poprawnie.

5. Opis stanu przedmiotowych nawierzchni

Oceny wizualnej stanu nawierzchni dla przedmiotowych powierzchni komunikacyjnych dokonano w dniu wizji lokalnej tj. 5 kwietnia 2017 r. Równocześnie w tym dniu wykonano 10 odkrywek nawierzchni (w tym 8 do poziomu podłoża), pobrano próbki materiałów do badań laboratoryjnych i przeprowadzono polowe badania nośności podłoża gruntowego, przy pomocy płyty dynamicznej. Całość rozpoznania nawierzchni i jej stan udokumentowano na fotografiach w załączniku nr 1. Przykładowe rodzaje uszkodzeń pokazano na fot. poniżej tj.:

1. Złuszczenia powierzchni płyt piaskowcowych na Rynku – (fot. 1),
2. Spękania i nierównomierne osiadania płyt granitowych na ciągach pieszych (chodnikach) wokół Rynku – (fot. 2),
3. Popękane płyty granitowe na przejściach dla pieszych wokół Rynku – (fot. 3)
4. Popękane i zapadnięte płyty granitowe na ul. Piekarskiej – (fot. 4),
5. Koleiny na nawierzchni z kostki granitowej na ul. Mickiewicza (fot.5) i ulicy Stróżowskiej (fot. 6),
6. Ubytki wypełnienia spoin w nawierzchni z kostki granitowej na ul. wokół Rynku – (fot. 7),

7. Złuszczenia i spękania nawierzchni z betonu cementowego na placu Dworzysko – (fot. 8).



Fot. 1. Złuszczenia powierzchni płyt piaskowcowych na Rynku



Fot. 2 - Spękania i nierównomierne osiadania płyt granitowych na ciągach pieszych (chodnikach) wokół Rynku



Fot. 3 - Popękane płyty granitowe na przejściu dla pieszych przy Rynku



Fot. 4 - Popękane i zapadnięte płyty granitowe na ul. Piekarskiej



Fot. 5 - Koleiny na nawierzchni z kostki kamiennej na ul. Mickiewicza



Fot. 6 - Koleina na nawierzchni z kostki granitowej na ul. Stróżowskiej



Fot. 7 - Ubytki wypełnienia spoin w nawierzchni z kostki kamiennej, przykład: ul. Mickiewicza



Fot. 8 - Złuszczenia i spękania nawierzchni z betonu cementowego na placu Dworzysko

6. Wyniki badań polowych

6.1. Opis otworów

Otwór Nr 1, na płycie Rynku w okolicach kiosku:

- 8 cm – płyta piaskowcowa
- 5 cm - podsypka żwirkowa 5/8 mm, niezwiązana, luźna,
- 22 cm - podbudowa z kruszywa łamanego, dynamiczny moduł odkształcenia na powierzchni podbudowy (po zdjęciu podsypki) $E_{VD} = 36,1$ MPa
- 22 cm – dolna warstwa podbudowy z mieszaniny kruszywa łamanego i niełamanego + gruz ceglany, łączna grubość warstw nawierzchni wynosi 57 cm
- Niżej występuje grunt rodzimy z korzeniami, dynamiczny moduł odkształcenia na powierzchni gruntu $E_{VD} = 13,8$ MPa (pomiar na głębokości 70 cm)

Otwór Nr 2, na płycie Rynku po stronie pawilonu Info:

- 8 cm – płyta piaskowcowa
- 11 cm - podsypka żwirkowa 5/8 mm, niezwiązana, luźna,
- 49 cm - podbudowa z kruszywa łamanego, dynamiczny moduł odkształcenia na powierzchni podbudowy (po zdjęciu podsypki) $E_{VD} = 36,8$ MPa, łączna grubość warstw nawierzchni wynosi 68 cm
- Niżej występuje grunt rodzimy (glina zwięzła plastyczna), dynamiczny moduł odkształcenia na powierzchni gruntu $E_{VD} = 13,7$ MPa (pomiar na głębokości 80 cm)

Otwór Nr 3, na ul. Wróblewskiego przy przejściu dla pieszych od strony Rynku:

- 8 cm – płyta granitowa,
- Niżej podsypka związana cementem

Otwór Nr 4, przed Urzędem Miasta – ciąg pieszy:

- 5 cm – płyta granitowa, pęknięta
- 9 cm - podsypka związana cementem,
- 26 cm - podbudowa z kruszywa łamanego – brak zagęszczenia (koparka wybierała kruszywo bardzo lekko, nie było ono zupełnie zaklinowane), dynamiczny moduł odkształcenia na powierzchni podbudowy (po zdjęciu podsypki) $E_{VD} = 20,1$ MPa, łączna grubość warstw nawierzchni wynosi 40 cm
- Niżej występuje grunt rodzimy, dynamiczny moduł odkształcenia na powierzchni gruntu $E_{VD} = 15,3$ MPa (pomiar na głębokości 65 cm)

Otwór Nr 5, na ul. Stróżowskiej (w połowie jej długości, na środku przekroju):

- 8 cm – kostka granitowa nieregularna,
- 5 cm - podsypka niezwiązana,
- 40 cm - podbudowa z kruszywa łamanego, dynamiczny moduł odkształcenia na powierzchni podbudowy (po zdjęciu podsypki) $E_{VD} = 63,7$ MPa,
- 32 cm – dolna warstwa podbudowy z kruszywa niełamanego o uziarnieniu do 100 mm, łączna grubość warstw nawierzchni wynosi 85 cm

- Niżej występuje grunt rodzimy z pojedynczymi kamieniami o wymiarach do 25 cm, dynamiczny moduł odkształcenia na powierzchni gruntu $E_{VD} = 13,8$ MPa (pomiar na głębokości 120 cm)

Otwór Nr 6, na ul. Piekarskiej (w połowie jej długości, na środku przekroju), 2 m od studni kanalizacyjnej:

- 8 cm – płyta granitowa pęknięta,
- 8 cm - zaprawa betonowa związana cementem,
- 43 cm - podbudowa z kruszywa łamanego, łączna grubość warstw nawierzchni wynosi 59 cm
- Niżej występuje grunt rodzimy, dynamiczny moduł odkształcenia na powierzchni gruntu $E_{VD} = 11,0$ MPa (pomiar na głębokości 70 cm)

Otwór Nr 6A, na ul. Piekarskiej 4 m dalej, z drugiej strony studni kanalizacyjnej:

- 8 cm – płyta granitowa pęknięta,
- 9 cm – zaprawa betonowa związana cementem,
- Pod warstwą zaprawy betonowej **pustka o grubości 6 cm!**
- Niżej leżąca podbudowa z kruszywa łamanego jest zupełnie luźna, dynamiczny moduł odkształcenia na powierzchni tej podbudowy wynosi: $E_{VD} = 7,9$ MPa

Otwór Nr 7, na ul. Mickiewicza (pod kładką dla pieszych), 0.8 m od lewej krawędzi ulicy:

- 8 cm – kostka granitowa nieregularna,
- 9 cm - podsypka niezwiązana,
- 13 cm - podbudowa z kruszywa łamanego, dynamiczny moduł odkształcenia na powierzchni podbudowy (po zdjęciu podsypki) $E_{VD} = 80,9$ MPa,
- 4 cm – przewarstwienie betonu
- 26 cm – dolna warstwa podbudowy z kruszywa łamanego,
- 12 cm warstwy odsączającej z piasku, łączna grubość warstw nawierzchni wynosi 72 cm
- Niżej występuje grunt rodzimy, dynamiczny moduł odkształcenia na powierzchni gruntu $E_{VD} = 33,6$ MPa (pomiar na głębokości 80 cm)

Otwór Nr 8, na ul. Mickiewicza (za przejściem dla pieszych w okolicach Rynku), 0.8 m od lewej krawędzi ulicy:

- 8 cm – kostka granitowa nieregularna,
- 9 cm - podsypka niezwiązana (występują wizualnie 2 warstwy podsypki: górna grubości 5 cm i dolna grubości 4 cm),
- 14 cm - podbudowa z kruszywa łamanego 0/31,5 mm, dynamiczny moduł odkształcenia na powierzchni podbudowy (po zdjęciu podsypki) $E_{VD} = 80,4$ MPa,
- 19 cm – dolna warstwa podbudowy z kruszywa łamanego 0/63 mm,
- 30 cm – warstwa kruszywa niełamanego 0/100 mm, łączna grubość warstw nawierzchni wynosi 80 cm
- Niżej występuje grunt rodzimy, dynamiczny moduł odkształcenia na powierzchni gruntu $E_{VD} = 20,3$ MPa (pomiar na głębokości 80 cm)

Otwór Nr 9, na ulicy z kostki granitowej na rogu Rynku (przy aptece Alba):

- 9 cm – kostka granitowa nieregularna,
- 8 cm - podsypka żwirkowa niezwiązana,
- 54 cm - podbudowa z kruszywa łamanego, dynamiczny moduł odkształcenia na powierzchni podbudowy (po zdjęciu podsypki) $E_{VD} = 39,5$ MPa,
- 7 cm – warstwa odsączająca z piasku z ziarnami żwiru, łączna grubość warstw nawierzchni wynosi 77 cm
- Niżej występuje grunt rodzimy, dynamiczny moduł odkształcenia na powierzchni gruntu $E_{VD} = 10,9$ MPa (pomiar na głębokości 80 cm)

Otwór Nr 10, na chodniku z płyt granitowych – róg Rynku od strony ul. Piekarskiej:

- 5 cm – płyta granitowa, ruchoma,
- Niżej podsypka związana cementem.

W zakresie nawierzchni z betonu cementowego placu Dworzysko zrezygnowano z wykonania otworów badawczych i pobrania próbek, oceniając uszkodzenia jako powierzchniowe, wymagające lokalnej wymiany płyt.

6.2. Wyniki i ocena badań polowych

Ocenie poddano:

- 1) rodzaj materiału i grubości warstw nawierzchni (opis inwentaryzacyjny - pkt.6.1),
- 2) nośności warstw na poziomie powierzchni podbudowy po zdjęciu podsypki pod płytą/kostką oraz na poziomie podłoża gruntowego, badane płytą dynamiczną. Wyniki modułów dynamicznych i przeliczone wartości modułów statycznych E_2 (dla płyty VSS) podano w tabeli 1.

ad 1) Elementy kamienne to: płyty piaskowcowe i granitowe oraz kostka granitowa:

- Grubość płyt w miejscach przeznaczonych dla ruchu samochodowego i pieszego wynosi 8 cm, dla ruchu wyłącznie pieszego 5 cm, a więc jest zgodna z projektowaną.
- Grubość kostki wynosi 9 cm, wg projektu powinna być to kostka 10 (regularna), a podczas gdy w rzeczywistości jest to kostka nieregularna 9/11 cm.

Grubość podsypki żwirkowej pod płytami piaskowcowymi i kostką granitową jest zmienna i wynosi 5-11 cm. W miejscach zastosowania grubych warstw podsypki związanej cementem, tj. ok. 9 cm, płyty granitowe są pęknięte.

Grubości podbudowy są dla tej samej kategorii ruchu również są zmienne: dla kategorii ruchu KR2 łączna grubość warstwy kruszywa w podbudowie zmienia się w granicach od 39 cm (otwór Nr 7), do 63 cm (otwór Nr 8). Ponadto w projekcie jako materiał podbudowy przewidziane jest kruszywo łamane, w otworach spotyka się kruszywo niełamane a także gruz ceglany.

ad 2) Do pomiaru nośności zastosowano płytę dynamiczną typu ZORN ZFG-02. Dla odniesienia wyników E_{VD} do wartości wymaganej dla modułu statycznego E_2 , zastosowano orientacyjny wzór:

$$E_2 = 2 \times E_{VD}$$

Tabl.1. Wyniki pomiaru nośności podbudowy i podłoża

Nr otworu	Wyniki pomiaru nośności na powierzchni podbudowy		Wyniki pomiaru nośności na powierzchni podłoża			
	Moduł dynamiczny E_{VD} [MPa]	Moduł statyczny E_2 [MPa]	Głębokość pomiaru nośności podłoża od poziomu nawierzchni	Moduł dynamiczny E_{VD} [MPa]	Moduł statyczny E_2 [MPa]	Wymagana wartość E_2 [MPa] podłoża wg Katalogu[]
1	36.1	72.2	70 cm	13.8	27.8	Dla KR1 i KR 2: G2 \geq 50 G3 \geq 35 G4 \geq 25
2	36.8	73.6	80 cm	13.7	27.4	
4	20.1	40.2	65 c m	15.3	30.6	
5	63.7	127.4	120 cm	13.8	27.6	
6	--	--	70 cm	11.0	22.0	
6A	7.9	15.8	--	--	--	
7	80.9	161.8	80 cm	33.6	67.2	
8	80.4	160.8	80 cm	20.3	40.6	
9	39.5	79.0	80 cm	10.9	21.8	

Jak więc można zauważyć, za wyjątkiem otworów Nr 7 i 8 (ul. Mickiewicza), nośność podłoża w pozostałych otworach odpowiada grupie nośności G4, a więc przyjęta w projektowaniu nawierzchni grupa G3 jest zbyt wysoka, czego konsekwencją jest niewystarczająca z uwagi na mrozoodporność grubość podłoża ulepszanego.

Nośność podbudowy z kruszywa łamanego w świetle wymagań Specyfikacji Technicznych ($E_2 \geq 180$ MPa - str. 37) jest dalece niewystarczająca, jedynie w otworach nr 7 i 8 nośność podbudowy jest nieznacznie niższa od wymagań.

7. Wyniki laboratoryjnych badań gruntów i kruszyw

7.1. Wyniki badań gruntów podłoża

Dla gruntu pobranego z podłoża nawierzchni wykonano badania wilgotności naturalnej oraz badania makroskopowe granicy plastyczności celem określenia rodzaju i stanu gruntów. Szczegółowe wyniki badań gruntów podano w załączniku nr 2.

Badania te pokazały, że w podłożu zalegają następujące grunty:

- Gлина (otwór nr 1)
- Gлина zwięzła (otwory nr 2, 5, 7 i 8)
- Gлина piaszczysta zwięzła (otwór nr 4)
- Gлина pylasta (otwór nr 6)

Stan gruntów był zmienny od półzwałowego (otwory nr 7 i 8) przez twardoplastyczny (otwory nr 4 i 9) do plastycznego (otwór nr 1, 2, 5) i miękoplastycznego (otwór nr 6).

7.2. Wyniki badań warstwy odsączającej

Warstwę stwierdzono w otworze nr 7 na ul. Mickiewicza, na głębokości 60-72 cm, oraz w otworze 9 na głębokości 70 cm, Wyniki badań uziarnienia oraz wskaźnika piaskowego zestawiono w tablicy Nr 2.

Tablica 2. Wyniki analizy granulometrycznej i wskaźnika piaskowego warstwy odsączającej na ul. Mickiewicza

Nr otworu	Rozmiar sita	Masa [g]	%	Krzywa uziarnienia
7	11,2	0	0.0	100.0
	8,0	16.7	3.0	97.0
	5,6	12.6	2.2	94.8
	4	14	2.5	92.3
	2	99.9	17.7	74.6
	1	131.1	23.2	51.4
	0,5	136.6	24.2	27.2
	0,25	93.3	16.5	10.7
	0,125	26.9	4.8	6.0
	0,075	12.5	2.2	3.7
	<0,075	21.1	3.7	
Łącznie		564.7	100.0	
wskaźnik piaskowy, WP		WP₁=76, WP₂=81, WP_{gr}=78		

Uzyskane wyniki wskazują, że badany piasek z warstwy odsączającej nie jest zanieczyszczony nadmiernie cząstkami pylasto-ilastymi, badanie wskaźnika piaskowego potwierdziło, że jest to materiał niewysadzinowy.

7.3. Wyniki badań podbudowy

Kruszywo pobrane z podbudowy z uwagi na zawartość cząstek pylasto-ilastych poddano analizie sitowej na mokro. Przeprowadzona analiza sitowa wg [9] miała na celu porównanie krzywej uziarnienia materiału pobranego z podbudowy z krzywymi granicznymi dobrego uziarnienia wg PN-S-06102 [15], a zwłaszcza ocenę zawartości drobnych części, poniżej 0.075 mm. Dodatkowo dla oceny jakości pyłów, które determinują potencjalną wysadzinowość kruszywa, wykonano badania wskaźnika piaskowego wg [8]. Zbiorcze wyniki badań uziarnienia i wskaźników piaskowych kruszywa zestawiono w tablicach 3-4, szczegółowe raporty z badań zestawiono w załączniku nr 3.

Tablica 3. Wyniki badań uziarnienia i wskaźników piaskowych kruszywa górnej warstwy podbudowy.

Rozmiar sita [mm]	Krzywa uziarnienia dla kruszywa z otworu								Krzywa dolna wg [15]	Krzywa górna wg [15]
	1	2	4	5	6	7	8	9		
63	100	<u>85.5</u>	100	<u>93.8</u>	100	100	100	100	100	100
31,5	84.7	<u>50.3</u>	<u>68.1</u>	<u>61.5</u>	89.0	84.1	91.1	<u>75.3</u>	76	100
16	69.1	<u>36.1</u>	<u>49.7</u>	<u>43.2</u>	<u>54.5</u>	66.3	<u>55.3</u>	<u>51.5</u>	56	93
8	52.8	<u>25.3</u>	<u>32.0</u>	<u>33.3</u>	40.3	53.9	<u>38.3</u>	<u>34.8</u>	40	75
4	41.0	<u>19.7</u>	<u>24.6</u>	<u>26.8</u>	33.4	42.6	30.4	<u>26.1</u>	28	58
2	34.5	<u>17.0</u>	22.2	23.1	30.0	36.4	26.0	22.0	19	41
0,5	26.0	13.2	17.7	17.8	<u>23.6</u>	<u>29.0</u>	20.9	15.7	9	23
0,075	10.0	5.9	8.0	7.2	9.7	<u>12.4</u>	<u>11.2</u>	6.6	2	10
Wskaźnik piaskowy, WP	35	<u>24</u>	37	<u>26</u>	<u>23</u>	<u>20</u>	<u>17</u>	38	30 – 70	

Tablica 4. Wyniki badań uziarnienia i wskaźników piaskowych kruszywa z warstwy dolnej podbudowy.

Rozmiar sita [mm]	Kruszywa uziarnienia dla kruszywa z otworu							Kruszywa dolna wg [15]	Kruszywa górna wg [15]
	1	2	5	7	8	8-cd	9		
63	<u>93.6</u>	<u>94.2</u>	<u>85.1</u>	<u>87.1</u>	<u>88.8</u>	<u>86.3</u>	100	100	100
31,5	65.8	70.5	<u>50.6</u>	<u>38.6</u>	<u>55.2</u>	<u>64.8</u>	78.4	76	100
16	49.5	<u>55.8</u>	<u>34.6</u>	<u>29.9</u>	<u>39.6</u>	<u>41.6</u>	56.3	56	93
8	35.9	46.2	<u>27.3</u>	<u>23.9</u>	<u>32.4</u>	<u>24.9</u>	42.2	40	75
4	28.4	36.4	<u>23.8</u>	<u>19.8</u>	28.6	<u>16.6</u>	34.2	28	58
2	24.2	30.4	21.3	<u>17.5</u>	26.5	<u>11.9</u>	27.7	19	41
0,5	15.9	21.0	11.7	13.3	22.7	<u>6.1</u>	9.9	9	23
0,075	5.4	8.1	3.9	5.1	<u>10.5</u>	<u>1.5</u>	2.1	2	10
Wskaźnik piaskowy, WP	35	<u>29</u>	-	-	-	40	-	30 - 70	

Oprócz badań uziarnienia i wskaźnika piaskowego dla materiału podbudowy wykonano testy mrozoodporności kruszywa wg PN-EN 1367-1 [11] na frakcji 4/8 mm oraz odporności na rozdrabnianie w bębnie Los Angeles wg PN-EN 1097-2 [10] na frakcji 10/14, wyniki przedmiotowych testów zestawiono w tablicach 5 i 6.

Tablica 5. Wyniki badania mrozoodporności kruszywa

L.p.	M ₁ [g]	M ₂ [g]	M ₁ – M ₂ [g]	F [%]
1	1000,0	760,2	239,8	25,8
2	999,9	722,7	277,2	
3	1000,0	742,3	257,7	
suma	2999,9	2225,2	774,7	

Tablica 6. Wyniki badania odporności kruszywa na rozdrabnianie (wskaźnik Los Angeles)

M ₁ [g]	M ₂ [g]	M ₁ – M ₂ [g]	LA [%]
5000,0	2485,3	2514,7,4	51

Ocena wyników badań kruszywa z podbudowy

Kruszywo z górnej warstwy podbudowy w 8 na 9 badanych próbek (za wyjątkiem otworu nr 1) nie spełnia wymagań w zakresie uziarnienia do stabilizacji mechanicznej, co warunkuje poprawne zagęszczenie i nośność tej warstwy. Dodatkowo w pięciu otworach wskaźnik piaskowy jest poniżej wartości wymaganej, co wskazuje na wysadzinowy charakter zastosowanego kruszywa. Należy podkreślić, że najgorsze właściwości posiada kruszywo pobrane z podbudowy na ul. Mickiewicza.

Kruszywo z dolnej warstwy podbudowy również w 6 na 7 przypadków (za wyjątkiem otworu nr 9) nie spełnia wymagań dotyczących uziarnienia.

Ubytek masy kruszywa po badaniu mrozoodporności wynosi 25,8% przy dopuszczalnej wartości dla podbudowy wg WT-4 [6] poniżej 4% tj. badane kruszywo nie spełnia przedmiotowych wymagań.

Ubytek masy kruszywa po badaniu w bębnie Los Angeles wynosi 51% przy dopuszczalnej wartości dla podbudowy wg WT-4 [6] poniżej 35% tj. badane kruszywo nie spełnia przedmiotowych wymagań.

Ostatecznie badane kruszywo należy ocenić jako materiał nie spełniający wymagań przepisów technicznych [6], [15] dla kruszywa do podbudów nawierzchni drogowej, przede wszystkim z uwagi na wysadzinowy charakter tego materiału oraz niewystarczającą mrozoodporność i zbyt niską odporność na rozdrabnianie.

7.4. Wyniki badań podsypki

Materiał pobrany z warstwy podsypki poddano analizie sitowej na mokro oraz wykonano badania wskaźnika piaskowego wg [8]. Dodatkowo na podstawie przesiewu wyznaczono średnice charakterystyczne d_{10} , d_{30} i d_{60} co pozwoliło obliczyć wskaźniki oceny zagęszczalności tego materiału tj.:

- wskaźnik różnoziarnistości - $U = \frac{d_{60}}{d_{10}}$
- wskaźnik krzywizny uziarnienia - $C = \frac{(d_{30})^2}{d_{60} \times d_{10}}$

Wyniki badań podsypki zestawiono w tablicy 7.

Tablica 7. Wyniki badań uziarnienia i wskaźników piaskowych podsypki

Rozmiar sita [mm]	Krzywa uziarnienia dla kruszywa z otworu						
	1	2	5	7	8	8-cd	9
416,0			100	100			100
11,2	100	100	97.3	96.5	100	100	99.8
8.0	96.2	96.8	94.3	94.2	98.4	98.2	98.1
5.6	67.2	69.8	82.1	82.1	79.4	79.2	75.7
4.0	36.2	41.5	66.7	66.3	53.4	56.5	53.8
2.0	6.6	7.5	42.7	43.6	19.2	26.0	24.9
1.0	3.7	2.8	33.6	36.0	11.5	19.0	18.5
0.5	2.5	1.8	27.3	30.4	9.2	17.1	14.0
0.25	1.7	1.1	20.3	23.6	6.6	15.5	8.7
0.125	1.2	0.8	14.3	18.3	3.9	13.8	5.9
0.075	1.0	0.6	9.8	15.0	2.1	12.5	4.5
Wskaźnik piaskowy – WP	88	98	<u>28</u>	<u>24</u>	69	47	77
Wskaźnik różnoziarnistości - U	<u>2,1</u>	<u>2,0</u>	60,0	76	7,4	86	14,3
Wskaźnik krzywizny uziarnienia - C	<u>0,3</u>	<u>0,3</u>	1,9	1,3	2,5	24,6	4,9

Badane podsypki różnią się bardzo istotnie w zakresie uziarnienia co warunkuje ich zagęszczalność tj.:

- zawartość pyłów wynosi 0.6 – 15.0 %, przy zalecanej 3-8 %,
- wartość wskaźnika różnoziarnistości U wynosi 2,0 – 86 przy zalecanej wartości $U_{min.} = 5$,
- wartość wskaźnika krzywizny uziarnienia C wynosi 0,3 - 24,6 przy zalecanej wartości wskaźnika $C_{min.} = 1$.

W świetle powyższych wyników należy ocenić, że podsypka pod płytami piaskowcowymi (otwory nr 1 i 2) jest materiałem trudno zagęszczalnym i zawiera zbyt małą zawartość cząstek pylasto ilastych, co może się w przyszłości powodować nierówne osiadania płyty Rynku.

Podsypka pod kostką kamienną na ul. Stróżowskiej i Mickiewicza (otwory nr 5 i 7) charakteryzuje się podwyższoną zawartością cząstek pylasto-ilastych oraz niskimi wartościami wskaźnika piaskowego, wskazującymi na wysadzinowy charakter tego materiału.

8. Wyniki laboratoryjnych badań elementów kamiennych

Badaniom laboratoryjnym poddano próbki płyt piaskowcowych grubości 8 cm oraz kostki granitowej nieregularnej 9/11 cm, pobrane z przedmiotowych nawierzchni. Szczegółowe zestawienia wyników zestawiono w załączniku nr 4. Poniżej, w tablicach 8 i 9, przedstawiono podsumowanie badań oddzielnie dla każdego asortymentu materiałów kamiennych.

8.1. Płyty z piaskowca

Program badań płyt piaskowcowych wraz ze zbiorczym zestawieniem wyników podano w tablicy nr 8.

Tablica 8. Zestawienie wyników badań płyt piaskowcowych

Lp.	Właściwość	Jednostka miary	Wyniki badań PROXIMY	Wyniki badań PK	
				Wartość średnia	Wskaźnik zmienności [%]
1.	Gęstość	[kg/m ³]	2590	2640	-
2.	Gęstość objętościowa	[kg/m ³]	2200	2180	1,5
3.	Porowatość całkowita	[%]	15,1	17,5	6,3
4.	Nasiąkliwość	[%]	4,0	4,6	11,5
5.	Wytrzymałość na zginanie pełnych płyt Siła niszcząca	[MPa] [kN]	- -	3,2 12,3	15,5 32,4
6.	Wytrzymałość na zginanie: - w stanie suchym, - po mrozoodporności w wodzie (48 cykli) - po mrozoodporności w NaCl (48 cykli)	[MPa]	4,7 3,2 -	4,5 3,4 2,9	10,8 13,5 13,7
7.	Wytrzymałość na ściskanie: - w stanie suchym, - po nasyceniu wodą - po mrozoodporności w wodzie (48 cykli)	[MPa]	53,5 53,5 45,5	48 45 39	18,4 23,9 26,0
8.	Mrozoodporność – 48 cykli (w wodzie) - ubytek wytrzymałości na ściskanie - ubytek wytrzymałości na zginanie	[%]	15* 32*	19,5 25,7	-
9.	Mrozoodporność – 48 cykli (w 2% NaCl) - ubytek wytrzymałości na zginanie	[%]	-	35,8	
10.	Ścieralność na tarczy Boehmego - na sucho - na mokro	[mm]	4,3 4,8	4,4 4,7	- -
11.	Odporność na polerowanie USRV: - na sucho - na mokro	[-]	- -	89 65	8,8 8,5

* badanie mrozoodporności obejmowało 25 cykli zamrażania-rozmrażania

Ocena wyników badań płyt piaskowcowych

Wyniki badań płyt piaskowcowych uzyskane na PK są zbliżone do tych przedstawionych w orzeczeniu PROXIMY, należy podkreślić stosunkowo dużą zmienność wyników uzyskanych w bieżących badaniach, zwłaszcza w zakresie wytrzymałości na ściskanie oraz wytrzymałości na zginanie całych płyt (wskaźniki zmienności przekraczają tutaj 15%), co świadczy o niejednorodności badanego materiału.

Materiał płyt piaskowcowych (zarówno wg badań bieżących jak i orzeczenia PROXIMY) nie spełnia normowych wymagań mrozoodporności, wg których spadek wytrzymałości na zginanie po mrozoodporności nie powinien być większy od 20 %.

8.2. Kostki granitowe

Program badań i zbiorcze zestawienie wyników badań kostek granitowych zestawiono w tablicy nr 9:

Tablica 9. Zestawienie wyników badań kostek granitowych

Lp.	Właściwość	Jednostka Miary	Wartość średnia	Wskaźnik zmienności [%]
1.	Gęstość	[kg/m ³]	2650	-
2.	Gęstość objętościowa	[kg/m ³]	2610	-
3.	Porowatość całkowita	[%]	1,7	-
4.	Nasiąkliwość	[%]	0,4	7,0
5.	Wytrzymałość na ściskanie: <ul style="list-style-type: none">• w stanie suchym,• po nasyceniu wodą• po mrozoodporności w wodzie (48 cykli)	[MPa]	163 157 144	9,5 4,0 12,0
6.	Mrozoodporność - 48 cykli (w wodzie) – ubytek wytrzymałości na ściskanie	[%]	11,7	-

Ocena wyników badań kostki granitowej

Materiał kostek granitowych spełnia wymagania i jest właściwy do zastosowania w nawierzchniach drogowych.

9. Przyczyny uszkodzeń nawierzchni kamiennych

Zidentyfikowano następujące rodzaje uszkodzeń:

- 1) Złuszczenia powierzchni płyt piaskowcowych na Rynku,
- 2) Nierównomierne osiadania i spękania płyt granitowych na ciągach pieszych (chodnikach), oraz przejściach dla pieszych na jezdni wokół Rynku,
- 3) Popękane i zapadnięte płyty granitowe na ciągu pieszo-jezdnym na ul. Piekarskiej,
- 4) Koleiny na nawierzchni z kostki granitowej na ul. Mickiewicza i ulicy Stróżowskiej,
- 5) Ubytki wypełnienia spoin w nawierzchniach z kostki granitowej wokół Rynku,
- 6) Złuszczenia płyt betonowych na placu Dworzysko.

Ad 1). Przyczyną złuszczeń powierzchni płyt z piaskowca RADKÓW jest słaba jakość materiału tych płyt. Materiał płyt piaskowcowych w zakresie normowego badania mrozoodporności w warunkach wytrzymałości na zginanie nie spełnia wymagań, wg których spadek nie powinien być większy od 20 %. Ponieważ trwałość tych płyt jest niewystarczająca, nie powinny być one układane na powierzchniach reprezentacyjnych placów.

Ad 2) i 3). Za nierównomierne osiadania i spękania płyt na ciągu pieszo-jezdnym (ul. Piekarska) i chodnikach odpowiedzialne jest niewłaściwe przygotowanie podłoża gruntowego i warstw podbudowy. Zdaniem opiniodawców grupa nośności rozpatrywanego podłoża powinna zostać zaklasyfikowana jako G4, co jest związane z rodzajem gruntu, jego wilgotnością i pomierzonymi wartościami wtórnego modułu odkształcenia, odpowiadającymi w większości przypadków grupie nośności G4. Przygotowanie tego podłoża polega na

zapewnieniu jego odwodnienia, zagęszczenia, nośności i dzięki odpowiedniej grubości, spełnienia warunku mrozoochronności, dla całej konstrukcji nawierzchni. W konstrukcji nawierzchni chodnika z uwzględnieniem parkowania samochodów wymagania rozporządzenia [4] przewidują minimalną wartość wtórnego modułu odkształcenia pod warstwą płyt równą 80 MPa, co warstwa kruszywa złej jakości grubości 15 cm (wg założeń dokumentacji projektowej) na podłożu G4 nie mogła zapewnić.

Warstwa odsączająca występuje tylko w 2 otworach (nr 7 - ul. Mickiewicza i nr 9 Rynek), nieznane jest miejsce odprowadzenia wody z tej warstwy.

Górna warstwa podbudowy z kruszywa z Barcic nie spełnia wymagań przepisów technicznych [6], [15] dla kruszywa do podbudów nawierzchni drogowej, przede wszystkim z uwagi na wysadzinowy charakter tego materiału (większość wskaźników piaskowych zawiera się w granicach 17-26), oraz niewystarczającą mrozoodporność i zbyt niską odporność na rozdrabnianie. Poza tym w otworze na ul. Piekarskiej Nr 6 A stwierdzono obecność luźnego, niezagęszczonego kruszywa, a wtórny moduł odkształcenia E_2 oszacowany na podstawie pomiaru płytą dynamiczną na powierzchni podbudowy był równy zaledwie 15.8 MPa, tj. był ponad 10-krotnie niższy od wymaganego w Specyfikacji Technicznej. Należy podkreślić, że we wszystkich otworach nośność na powierzchni podbudowy wyrażona wtórnym modułem odkształcenia była niższa od wymaganej (min. $E_2 \geq 180$ MPa), przy czym poza otworami Nr 7 i Nr 8 (ul. Mickiewicza) nośność ta była znacznie niższa od wymagań.

W tabelicy 10 zestawiono grubości warstw leżących poniżej warstwy ścieralnej z elementów kamiennych i porównano rzeczywiste grubości nawierzchni z grubościami wymaganymi ze względu na warunek mrozoodporności dla grup nośności podłoża G3 i G4.

Tabl.10. Zestawienie wymaganych grubości nawierzchni z uwagi na warunek mrozoochronności

Nr otworu	Grubość podsypki [cm] (grubość proj. = 3 cm)	Łączna grubość warstw kruszywa [cm]	KR(i)	Wymagana grubość dla KR1/2 i G3 Hz = 1.2 m [cm]	Wymagana grubość dla KR1/2 i G4 Hz=1.2 m [cm]	Rzeczywista, łączna grubość warstw nawierzchni [cm]
1 /Rynek	5	44 *	KR1	60	72	57
2/Rynek	11	49	KR1	60	72	68
3/Wróblewskiego		-	-	-	72	-
4/Rynek: Urząd Miasta	9	26**)	KR1	60	72	40
5/Stróżowska	5	72*)	KR2	66	78	85
6/Piekarska	8	43	KR2	66	78	59
6A/Piekarska	9	**)	KR2	66	78	-
7/Mickiewicza	9	55***)	KR2	66	78	72
8/Mickiewicza	9	63***)	KR2	66	78	80
9/Rynek	8	61	KR2	66	78	77

*) kruszywo o ziarnach okrągłych, lub gruz ceglany

**)

***) górna warstwa zagliniona (wskaźniki piaskowe WP=17-26)

Przy prawidłowym przyjęciu grupy nośności podłoża jako G4, warunek mrozoochronności spełniony byłby tylko w otworach 5 i 8, z zastrzeżeniem że zastosowane kruszywo z Barcic ma charakter wątpliwy lub nawet wysadzinowy, a więc nie mrozoodporny.

Ponadto warstwa odsączająca występuje tylko w 2 otworach (nr 7 - ul. Mickiewicza i nr 9 Rynek), nieznane jest miejsce odprowadzenia wody z tej warstwy.

Ad 4) Istotną przyczyną występowania kolein na ul. Mickiewicza i ul. Stróżowskiej jest zastosowanie warstwy podsypki o grubości dochodzącej do 9 cm a więc istotnie przekraczającej grubość projektowaną 3 cm. Prawdopodobnie warstwa podsypki służyła również do regulacji wysokościowego usytuowania elementów kamiennych. Ponadto, podsypka pod kostką kamienną na ul. Stróżowskiej i Mickiewicza (otwory nr 5 i 7) charakteryzuje się podwyższoną zawartością cząstek pylasto-ilastych oraz niskimi wartościami wskaźnika piaskowego, wskazującymi na wysadzinowy charakter tego materiału. Spowodowało to niestabilne osadzenie kostek w podsypce i deformację powierzchni jezdni. Ponadto kruszywo zastosowane w podbudowie również mogło się przyczynić do powstania kolein ponieważ jego uziarnienie odbiega od krzywych granicznych dobrego uziarnienia a także ma wysadzinowy charakter (wartości wskaźników piaskowych wynoszą 17-26), ma podwyższoną ścieralność i nie jest mrozoodporne.

Ad 5) Niestabilne osadzenie kostek w podsypce w pewnym stopniu przyczyniło się też do utraty wypełnienia spoin pod działaniem sił ssących za kołami pojazdów. Wadą wypełnienia spoin materiałem niezwiązanym (piaskiem lub żwirem) jest mała trwałość, wskutek czego zachodzi konieczność uzupełniania jej w czasie eksploatacji nawierzchni. Stan wypełnienia należy kontrolować i uzupełniać.

Ad 6). Złuszczenia płyt z betonu cementowego są spowodowane prawdopodobnie zastosowaniem betonu o nieodpowiednich własnościach cementu (powinien być niskoalkaliczny i niskoskurczowy), a więc wrażliwego na korozję solną (krystalizacja soli Friedla).

10. Koncepcje naprawy uszkodzeń

Jak wspomniano uprzednio, obszar uszkodzeń obejmuje plateau Rynku (płyty piaskowcowe), jezdnie wokół Rynku (brak wypełnienia w nawierzchni z kostek granitowych), ciągi piesze (chodniki - płyty granitowe) i przejścia dla pieszych na jezdni wokół Rynku (płyty granitowe), ul. Piekarska (płyty granitowe), ul. Mickiewicza i ul. Stróżowska (kostka granitowa), plac Dworzysko (płyty betonowe).

10.1. Naprawa plateau Rynku

W chwili obecnej powinna być przeprowadzona jedynie lokalna wymiana uszkodzonych (złuszczonych) płyt. Uszkodzone płyty RADKÓW należy zastąpić nowymi płytami o wyższych parametrach technicznych, zgodnie z aktualną normą PN-EN 1341 „Płyty z kamienia naturalnego do zewnętrznych nawierzchni drogowych. Wymagania i metody badań, **wrzesień 2003**” [13]. Powinny to być płyty z Kamieniołomu innego niż RADKÓW, o barwie nie odbiegającej od płyt sąsiadujących z naprawą. Żwirkowa podsypka pod płyty powinna mieć grubość maksymalnie 5.0 cm. Wypełnienia spoin należy dokonać grubym piaskiem.

W przypadku występowania dalszych uszkodzeń w postaci osiadań lub spękań płyt konieczna będzie lokalna, głęboka przebudowa całej konstrukcji. Razem z płytą należy wówczas usunąć podbudowę oraz warstwę odsączającą i zastąpić ją nowymi materiałami o sprawdzonych, potwierdzonych certyfikatami właściwościach. Dla wyrównania nośności słabego podłoża zaleca się ułożyć na podłożu warstwę filtrująco-separacyjno-wzmacniającą tj. geotkaninę o odpowiednich parametrach, m.in. wytrzymałości na rozciąganie min.120kN/m. Ze względu na konieczność odpowiedniego dostosowania geotkaniny do podłoża i nadania jej naciągu zaleca się naprawą objąć również powierzchnię sąsiadujących płyt. Warstwę odsączającą należy zastosować powtórnie. Kruszywo z Barcie należy zastąpić kruszywem o własnościach zgodnych z Wymaganiami Technicznymi WT-4 [6].

10.2. Nierównomierne osiadania i spękania płyt granitowych na ciągu pieszo-jezdnym (ul. Piekarska) i chodnikach oraz przejściach dla pieszych na jezdni wokół Rynku

W miejscach osiadań i spękań płyt granitowych należy przeprowadzić naprawę głęboką do spodu konstrukcji, stosując na podłożu warstwę wzmacniającą z geotkaniny jw. o odpowiednich parametrach, m.in. wytrzymałości na rozciąganie min.120kN/m. Ze względu na konieczność odpowiedniego dostosowania geotkaniny do podłoża i nadania jej naciągu zaleca się naprawą objąć również powierzchnię sąsiadujących płyt. Warstwę odsączającą należy zastosować powtórnie. Kruszywo z Barcie należy zastąpić kruszywem o własnościach zgodnych z Wymaganiami Technicznymi WT-4 [6]. Płyty granitowe nie uszkodzone można użyć powtórnie, płyty spękane należy zastąpić płytami nowymi. Podsypka żwirowa powinna charakteryzować się następującymi cechami: ziarna o wymiarach do 8 mm, zawartość części pylastych do 8 %, grubość podsypki dla płyt powinna wynosić 5 cm. Wypełnienie spoin należy dokonać grubym piaskiem.

10.3. Naprawa kolein na ul. Mickiewicza i ul. Stróżowskiej

Ponieważ jako przyczynę kolein zdefiniowano wady w materiale i wykonaniu podbudowy i podsypki naprawa powinna iść w kierunku ich wymiany. Obejmować to będzie następujące czynności:

- a) Zdjęcie warstwy kostki, całkowitej warstwy podsypki (ok. 9 cm) i górnej warstwy podbudowy z kruszywa wysadzinowego,
- b) Uzupełnienie wysokościowe podbudowy nowym kruszywem o własnościach zgodnych z Wymaganiami Technicznymi WT-4 [6] o grubości warstwy 20 cm, staranne zagęszczenie warstwy i kontrola nośności ($E_2 \geq 180$ MPa),
- c) Rozłożenie warstwy podsypki żwirkowej grubości 5 cm, ziarna o wymiarach do 8 mm, zawartość części pylastych do 8 %,
- d) Ułożenie kostki,
- e) Wypełnienie spoin w nawierzchni z kostki granitowej.

Ponieważ podsypka ma charakter drobnego żwiru, zatem wypełnienie spoin powinno być dokonane tym samym materiałem, ew. grubym piaskiem. Ułożoną kostkę posypuje się żwirem 0/4 mm lub też grubym piaskiem i polewa obficie wodą, wcierając równocześnie żwir lub piasek szczotkami do spoin. Po pierwszym ubiciu należy uzupełnić wypełnienie spoin, polewając bruk obficie, po czym bruk ubija się powtórnie. Po ostatecznym ubiciu należy

jeszcze raz zamulić spoiny, stosując obfite polewanie wodą, po czym całą nawierzchnię należy pokryć 1 cm grubą warstwą żwiru lub piasku. Dobre rezultaty osiąga się zalewając spoiny wodą zmieszaną ze żwirem lub piaskiem.

10.4. Ubytki wypełnienia spoin w nawierzchni z kostki granitowej na ul. Mickiewicza

Należy uzupełnić spoiny wg sposobu opisanego powyżej w pkt.10.3.

10.5. Naprawa uszkodzonych płyt z betonu cementowego na placu Dworzysko

Naprawa ogranicza się do wymiany uszkodzonych płyt na nowe, z zastrzeżeniem że nowy beton cementowy powinien spełniać wymagania jak dla betonu nawierzchniowego wg normy EN 12390, a cement portlandzki użyty do wykonania mieszanki powinien być niskoalkaliczny i niskoskurczowy.



Fot. 1. Widok spękanych płyt granitowych na chodniku wokół Rynku



Fot. 2. Widok uszkodzonych płyt granitowych na ciągach pieszych



Fot. 3. Osiadania i spękania płyt granitowych na ciągach pieszych



Fot. 4. Osiadania płyt granitowych na ciągach pieszych



Fot 5. Popękane i obluzowane płyty granitowe na przejściu dla pieszych



Fot. 6. Luźna płyta granitowa na podsypce związanej – róg Rynku od ul. Piekarskiej (otwór10)



Fot. 7. Zapadnięte i połamane płyty granitowe na ul. Piekarskiej (otwór nr 6)



Fot. 8. Płyta uszkodzona podczas odstrzału wbudowana w nawierzchnię ul. Piekarskiej (otwór nr 6)



Fot. 9. Pustka grubości do 6 cm i luźne kruszywo pod podsypką związaną na ul. Piekarskiej (otwór nr 6A)



Fot. 10. Widok ogólny na otwory w ul. Piekarskiej (nr 6 i 6A)



Fot. 11. Niezagęszczone kruszywo pod pękniętą płytą granitową przed Urzędem Miasta (otwór nr 4)



Fot. 12. Złuszczona płyta piaskowcowa na Rynku przy schodach



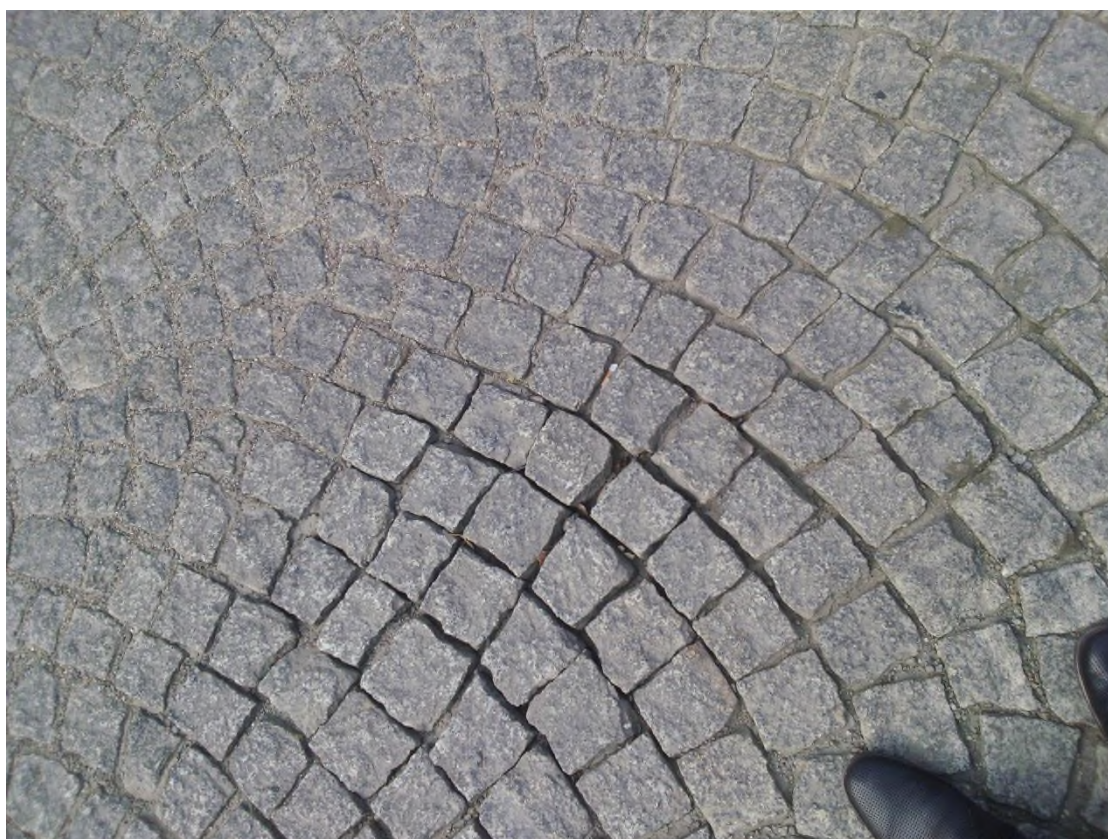
Fot. 13. Widok złuszczonych płyt piaskowcowych



Fot. 14. Złuszczenia płyt piaskowcowych na płycie Rynku



Fot. 15. Koleiny w nawierzchni z kostki granitowej na ul. Mickiewicza



Fot. 16. Ubytki wypełnienia spoin w nawierzchni z kostki granitowej



Fot. 17. Ubytki wypełnienia spoin w nawierzchni z kostki granitowej



Fot. 18. Widok odkrywki nawierzchni na ul. Mickiewicza (otwór nr 8)



Fot. 19. Odkrywka nawierzchni z kostki na ul. Stróżowskiej (otwór nr 5)



Fot. 20. Widok urobku z otworu nr 5



Fot. 21. Pęknięte płyty betonowe na placu Dworzysko



Fot. 22. Złuszczone płyty betonowe na placu Dworzysko

Załącznik nr 2

Określenie rodzaju i stanu gruntów pobranych z podłoża nawierzchni Starówki Miasta Gorlice

Numer otworu	Opis wizualny a. Miejsce pobrania/ głębokość b. Stan gruntu c. Rodzaj gruntu	Badanie wilgotności					Badanie granicy plastyczności				
		Nr parownicy	G _w [g]	G _s [g]	T [g]	W [%]	Nr parownicy	G _w [g]	G _s [g]	T [g]	W [%]
NR 1.	a. Rynek, kiosk 0.7-1.2 m b. liczba wałeczków: 3-4, plastyczny c. glina	2	99.4	92.5	53.0	17.5	1	71.0	68.5	52.7	15.8
NR 2.	a. Rynek, paw. Info, 0.80 m b. liczba wałeczków: 3-4, plastyczny c. glina zwięzła	4	117.1	107.6	54.0	17.7	3	76.1	73.6	57.0	15.1
NR 4.	a. Urząd Miasta, ciąg pieszy, 0.65 m b. stan twardoplastyczny c. glina piaszczysta zwięzła	10	93.3	88.8	55.3	13.4	9	67.4	66.1	56.0	12.9
NR 5.	a. ul. Stróżowska, 1.20 m b. liczba wałeczków: 3-4, plastyczny c. glina zwięzła	6	100.1	93.2	54.2	17.7	5	64.0	62.0	48.6	14.5
NR 6.	a. ul. Piekarska 0.7-1.0 m b. liczba wałeczków: 7, miękkoplastyczny c. glina pylasta	8	100.0	92.3	55.6	21.0	7	68.9	66.9	55.6	17.7
Nr 7.	a. ul. Mickiewicza 0.8 – 1.0 m b. stan półzwarty c. glina zwięzła	2	115.2	107.6	53.0	13.9	11	33.9	32.4	22.5	15.2
NR 8.	a. ul. Mickiewicza 0.8-1.20 m b. stan półzwarty glina zwięzła	4	113.0	105.7	54.0	14.1	12	37.0	35.6	26.2	14.9
NR 9.	a. Róg Rynku, apteka Alba, 0.80 m b. stan twardoplastyczny c. glina zwięzła	3	131.1	121.9	57.0	14.2	5	63.3	61.4	48.6	14.8

Załącznik nr 3

Badania próbek kruszywa pobranych z warstw nawierzchni Starówki Miasta Gorlice

I. Podsypka

Tablica 3.1. Wyniki analiz uziarnienia i badań wskaźników piaskowych podsypki na Rynku

Nr otworu	Rozmiar sita	Masa [g]	%	Krzywa uziarnienia
1	11,2	0	0.0	100.0
	8	34.5	3.8	96.2
	5,6	264.9	29.0	67.2
	4	283.5	31.0	36.2
	2	270.5	29.6	6.6
	1	26.9	2.9	3.7
	0,5	10.6	1.2	2.5
	0,25	7.7	0.8	1.7
	0,125	3.9	0.4	1.2
	0,075	2.5	0.3	1.0
	<0,075	8.7	1.0	
Σ		913.7	100.0	
wskaźnik piaskowy, WP		WP₁=89, WP₂=88, WP_{sr}=88		
Nr otworu	Rozmiar sita	Masa [g]	%	Krzywa uziarnienia
2	11,2		0,0	100,0
	8	34,8	3,2	96,8
	5,6	289,3	27,0	69,8
	4	303,6	28,3	41,5
	2	364,5	34,0	7,5
	1	49,9	4,7	2,8
	0,5	10,7	1,0	1,8
	0,25	8,5	0,7	1,1
	0,125	3,7	0,3	0,8
	0,075	1,9	0,2	0,6
	<0,075	6,0	0,6	
Łącznie		1072,9	100,0	
wskaźnik piaskowy, WP		WP₁=99, WP₂=98, WP_{sr}=98		

Tablica 3.2. Wyniki analiz uziarnienia i badań wskaźników piaskowych podsypki na ul. Stróżowskiej

Nr otworu	Rozmiar sita	Masa [g]	%	Krzywa uziarnienia
5	16	0,0	0,0	100,0
	11,2	19,9	2,7	97,3
	8,0	22,3	3,0	94,3
	5,6	90,0	12,2	82,1
	4	113,7	15,4	66,7
	2	177,3	24,0	42,7
	1	67,4	9,1	33,6
	0,5	46,7	6,3	27,3
	0,25	51,7	7,0	20,3
	0,125	44,0	6,0	14,3
	0,075	33,6	4,5	9,8
	<0,075	67,8	9,8	
Łącznie		739,1	100,0	
wskaźnik piaskowy, WP		WP₁=26, WP₂=31, WP_{sr}=28		

Załącznik nr 3
Badania próbek kruszywa pobranych z warstw nawierzchni Starówki Miasta Gorlice

Tablica 3.3. Wyniki analiz uziarnienia i badań wskaźników piaskowych podsypki na ul. Mickiewicza

Nr otworu	Rozmiar sita	Masa [g]	%	Krzywa uziarnienia
7	16	0,0	0,0	100,0
	11,2	36,2	3,5	96,5
	8,0	23,5	2,3	94,2
	5,6	125,8	12,1	82,1
	4	163,7	15,8	66,3
	2	235,6	22,7	43,6
	1	79,4	7,7	36,0
	0,5	57,9	5,6	30,4
	0,25	70,6	6,8	23,6
	0,125	55,5	5,3	18,3
	0,075	33,7	3,2	15,0
	<0,075	155,8	15,0	
Łącznie		1037,7	100,0	
wskaźnik piaskowy, WP		WP₁=25, WP₂=24, WP_{sr}=24		
Nr otworu	Rozmiar sita	Masa [g]	%	Krzywa uziarnienia
8 8-13 cm	11,2	0,0	0,0	100,0
	8,0	15,7	1,6	98,4
	5,6	188,3	19,0	79,4
	4	257,9	26,0	53,4
	2	339,7	34,2	19,2
	1	76,9	7,7	11,5
	0,5	23,0	2,3	9,2
	0,25	26,1	2,6	6,6
	0,125	26,2	2,7	3,9
	0,075	17,7	1,8	2,1
	<0,075	21,0	2,1	
	Łącznie	992,5	100,0	
wskaźnik piaskowy, WP		WP₁=69, WP₂=69, WP_{sr}=69		
Nr otworu	Rozmiar sita	Masa [g]	%	Krzywa uziarnienia
8 13-17 cm	11,2	0,0	0,0	100,0
	8	13,3	1,8	98,2
	5,6	139,1	19,0	79,2
	4	165,7	22,7	56,5
	2	22,5	30,5	26,0
	1	51,0	7,0	19,0
	0,5	14,1	1,9	17,1
	0,25	11,8	1,6	15,5
	0,125	12,1	1,7	13,8
	0,075	9,4	1,3	12,5
	<0,075	91,3	12,5	
	Łącznie	730,6	100,0	
wskaźnik piaskowy, WP		WP₁=46, WP₂=49, WP_{sr}=47		

Załącznik nr 3
Badania próbek kruszywa pobranych z warstw nawierzchni Starówki Miasta Gorlice

II. Górna warstwa podbudowy

Tablica 3.4. Wyniki analiz uziarnienia i badań wskaźników piaskowych podbudowy na Rynku

Nr otworu głębokość	Rozmiar sita [mm]	Zostaje na sicie		Krzywa uziarnienia
		[g]	[%]	
1 13-35 cm			0.0	100.0
	63	0	0.0	100.0
	31,5	777.1	15.3	84.7
	20	592.3	11.7	73.0
	16	201.5	4.0	69.1
	14	215	4.2	64.8
	11,2	243.1	4.8	60.0
	10,0	152.2	3.0	57.0
	8,0	213.9	4.2	52.8
	5,6	355.9	7.0	45.8
	4	247.4	4.9	41.0
	2	328.3	6.5	34.5
	1	190.7	3.8	30.7
	0,5	241.2	4.7	26.0
	0,25	363.4	7.2	18.8
	0,125	291	5.7	13.1
	0,075	157.2	3.1	10.0
	<0,075	508	10.0	
	Łącznie	5078.2	100.0	
wskaźnik piaskowy, WP		WP₁=33, WP₂=37, WP_{sr}=35		
Nr otworu głębokość	Rozmiar sita [mm]	Zostaje na sicie		Krzywa uziarnienia
		[g]	[%]	
2 19-49 cm			0.0	100.0
	63	853.5	14.5	85.5
	31,5	2065.1	35.2	50.3
	20	621.6	10.6	39.7
	16	209.9	3.6	36.1
	14	160	2.7	33.4
	11,2	221.4	3.8	29.6
	10,0	117.8	2.0	27.6
	8,0	136	2.3	25.3
	5,6	201.4	3.4	21.9
	4	125.4	2.1	19.7
	2	159.8	2.7	17.0
	1	101.2	1.7	15.3
	0,5	121.7	2.1	13.2
	0,25	171	2.9	10.3
	0,125	156.6	2.7	7.6
	0,075	101.3	1.7	5.9
	<0,075	347.5	5.9	
	Łącznie	5078.2	100.0	
wskaźnik piaskowy, WP		WP₁=24, WP₂=25, WP_{sr}=24		

Załącznik nr 3
Badania próbek kruszywa pobranych z warstw nawierzchni Starówki Miasta Gorlice

Tablica 3.5. Wyniki analiz uziarnienia i badań wskaźników piaskowych podbudowy na ciągu pieszym (przed Urzędem Miasta Gorlice)

Nr otworu głębokość	Rozmiar sita [mm]	Zostaje na sicie		Krzywa uziarnienia
		[g]	[%]	
4 14-40 cm			0.0	100.0
	63		0.0	100.0
	31,5	1111.2	31.9	68.1
	20	515	14.8	53.3
	16	123.5	3.5	49.7
	14	199.6	5.7	44.0
	11,2	166.2	4.8	39.2
	10,0	122.5	3.5	35.7
	8,0	128.9	3.7	32.0
	5,6	169.5	4.9	27.1
	4	86.8	2.5	24.6
	2	86	2.5	22.2
	1	65.5	1.9	20.3
	0,5	90.6	2.6	17.7
	0,25	138.2	4.0	13.7
	0,125	125.3	3.6	10.1
	0,075	73.2	2.1	8.0
	<0,075	279	8.0	
	Łącznie	3481	100.0	
wskaźnik piaskowy, WP		WP=37		

Tablica 3.6. Wyniki analiz uziarnienia i badań wskaźników piaskowych podbudowy na ul. Stróżowskiej

Nr otworu głębokość	Rozmiar sita [mm]	Zostaje na sicie		Krzywa uziarnienia
		[g]	[%]	
5 13-53 cm				100.0
	63	283.9	6.2	93.8
	31,5	1486.8	32.3	61.5
	20	686.8	14.9	46.6
	16	157.5	3.4	43.2
	14	133.5	2.9	40.3
	11,2	102.4	2.2	38.0
	10,0	105.1	2.3	35.7
	8,0	110.3	2.4	33.3
	5,6	168.3	3.7	29.7
	4	131	2.8	26.8
	2	170.9	3.7	23.1
	1	120.5	2.6	20.5
	0,5	122.3	2.7	17.8
	0,25	167.7	3.6	14.2
	0,125	192.5	4.2	10.0
	0,075	127.8	2.8	7.2
	<0,075	332.7	7.2	
	Łącznie	4600	100.0	
wskaźnik piaskowy, WP		WP ₁ =26, WP ₂ =26, WP _{sr} =26		

Załącznik nr 3*Badania próbek kruszywa pobranych z warstw nawierzchni Starówki Miasta Gorlice*

Tablica 3.7. Wyniki analiz uziarnienia i badań wskaźników piaskowych podbudowy na ul. Piekarskiej

Nr otworu głębokość	Rozmiar sita [mm]	Zostaje na sicie		Krzywa uziarnienia
		[g]	[%]	
6 16-59 cm			0.0	100.0
	63	0	0.0	100.0
	31,5	527.9	11.0	89.0
	20	213.9	4.4	84.6
	16	1451.5	30.1	54.5
	14	303.9	6.3	48.2
	11,2	119.4	2.5	45.7
	10,0	138	2.9	42.9
	8,0	123.1	2.6	40.3
	5,6	210.2	4.4	35.9
	4	124.1	2.6	33.4
	2	163.1	3.4	30.0
	1	125.4	2.6	27.4
	0,5	180.3	3.7	23.6
	0,25	254.6	5.3	18.4
	0,125	253.4	5.3	13.1
	0,075	163.1	3.4	9.7
	<0,075	468.3	9.7	
	Łącznie	4820.2	100.0	
wskaźnik piaskowy, WP		WP₁=23, WP₂=23, WP_{sr}=23		

Tablica 3.8. Wyniki analiz uziarnienia i badań wskaźników piaskowych podbudowy na ul. Mickiewicza

Nr otworu głębokość	Rozmiar sita [mm]	Zostaje na sicie		Krzywa uziarnienia
		[g]	[%]	
7 17-30 cm			0.0	100.0
	63	0	0.0	100.0
	31,5	664.1	15.9	84.1
	20	535.9	12.8	71.3
	16	211.4	5.1	66.3
	14	175.9	4.2	62.1
	11,2	135.4	3.2	58.8
	10,0	94.9	2.3	56.6
	8,0	112.7	2.7	53.9
	5,6	262.4	6.3	47.6
	4	209.5	5.0	42.6
	2	261.7	6.3	36.4
	1	139.3	3.3	33.0
	0,5	168.5	4.0	29.0
	0,25	283.2	6.8	22.2
	0,125	264.9	6.3	15.9
	0,075	148.4	3.5	12.4
	<0,075	517.1	12.4	
	Łącznie	4185.3	100.0	
wskaźnik piaskowy, WP		WP₁=20, WP₂=21, WP_{sr}=20		

Załącznik nr 3

Badania próbek kruszywa pobranych z warstw nawierzchni Starówki Miasta Gorlice

Tablica 3.9. Wyniki analiz uziarnienia i badań wskaźników piaskowych podbudowy na ul. Mickiewicza

Nr otworu głębokość	Rozmiar sita [mm]	Zostaje na sicie		Krzywa uziarnienia
		[g]	[%]	
8 17-31 cm			0.0	100.0
	63		0.0	100.0
	31,5	400.6	8.9	91.1
	20	1329.1	29.5	61.7
	16	287.3	6.4	55.3
	14	186	4.1	51.2
	11,2	159.3	3.5	47.6
	10,0	170.4	3.8	43.9
	8,0	248.8	5.5	38.3
	5,6	207.4	4.6	33.7
	4	150.4	3.3	30.4
	2	199.9	4.4	26.0
	1	112.4	2.5	23.5
	0,5	115	2.5	20.9
	0,25	166	3.7	17.3
	0,125	166.5	3.7	13.6
	0,075	105.2	2.3	11.2
	<0,075	506.7	11.2	
	Łącznie	4511	100.0	
wskaźnik piaskowy, WP		WP₁=17, WP₂=17, WP_{sr}=17		

Tablica 3.10. Wyniki analiz uziarnienia i badań wskaźników piaskowych podbudowy na Rynku (apteka Alba)

Nr otworu głębokość	Rozmiar sita [mm]	Zostaje na sicie		Krzywa uziarnienia
		[g]	[%]	
9 16-70 cm	63	0	0.0	100.0
	31,5	1161.6	24.7	75.3
	20	184.4	3.9	71.4
	16	937.2	19.9	51.5
	14	262.4	5.6	45.9
	11,2	182.2	3.9	42.0
	10,0	179	3.8	38.2
	8,0	161.1	3.4	34.8
	5,6	247.2	5.3	29.5
	4	160.7	3.4	26.1
	2	193	4.1	22.0
	1	137	2.9	19.1
	0,5	158.2	3.4	15.7
	0,25	173.9	3.7	12.0
	0,125	164.4	3.5	8.5
	0,075	94	2.0	6.6
	<0,075	308.2	6.6	
	Łącznie	4704.5	100.0	Σ
wskaźnik piaskowy, WP		WP₁=38, WP₂=37, WP_{sr}=38		

Załącznik nr 3
Badania próbek kruszywa pobranych z warstw nawierzchni Starówki Miasta Gorlice

III. Dolna warstwa podbudowy

Tablica 3.11. Wyniki analiz uziarnienia i badań wskaźników piaskowych podbudowy na Rynku

Nr otworu głębokość	Rozmiar sita [mm]	Zostaje na sicie		Krzywa uziarnienia
		[g]	[%]	
1 35-57 cm			0.0	100.0
	63	325.7	6.6	93.4
	31,5	1419.9	28.7	64.7
	20	662.4	13.4	51.3
	16	170.8	3.5	47.8
	14	211.3	4.3	43.6
	11,2	184.8	3.7	39.8
	10,0	138.9	2.8	37.0
	8,0	159.3	3.2	33.8
	5,6	214.1	4.3	29.5
	4	165.3	3.3	26.1
	2	214.6	4.3	21.8
	1	181	3.7	18.1
	0,5	240.7	4.9	13.2
	0,25	264.4	5.3	7.9
	0,125	174.8	3.5	4.4
	0,075	99.6	2.0	2.3
	<0,075	116.1	2.3	
	Łącznie	4943.7	100.0	
wskaźnik piaskowy, WP		WP₁=35, WP₂=35, WP_{sr}=35		
Nr otworu głębokość	Rozmiar sita [mm]	Zostaje na sicie		Krzywa uziarnienia
		[g]	[%]	
2 19-49 cm			0.0	100.0
	63	317.4	5.8	94.2
	31,5	1300.6	23.7	70.5
	20	662.1	12.1	58.4
	16	145.6	2.7	55.8
	14	133	2.4	53.3
	11,2	166.2	3.0	50.3
	10,0	87.2	1.6	48.7
	8,0	137.8	2.5	46.2
	5,6	294.8	5.4	40.8
	4	240.8	4.4	36.4
	2	334.1	6.1	30.4
	1	238.1	4.3	26.0
	0,5	274.2	5.0	21.0
	0,25	323.9	5.9	15.1
	0,125	258	4.7	10.4
	0,075	127.6	2.3	8.1
	<0,075	442.9	8.1	
	Łącznie	5484.3	100.0	
wskaźnik piaskowy, WP		WP₁=29, WP₂=29, WP_{sr}=29		

Załącznik nr 3*Badania próbek kruszywa pobranych z warstw nawierzchni Starówki Miasta Gorlice*

Tablica 3.12. Wyniki analiz uziarnienia podbudowy na ul. Stróżowskiej

Nr otworu głębokość	Rozmiar sita [mm]	Zostaje na sicie		Krzywa uziarnienia
		[g]	[%]	
5 53 - 86 cm			0.0	100.0
	63	686.1	14.9	85.1
	31,5	1583.2	34.5	50.6
	20	604.9	13.2	37.4
	16	130	2.8	34.6
	14	102.2	2.2	32.4
	11,2	99.7	2.2	30.2
	10,0	57.3	1.2	29.0
	8,0	76.6	1.7	27.3
	5,6	92.5	2.0	25.3
	4	67.1	1.5	23.8
	2	118.4	2.6	21.3
	1	151.3	3.3	18.0
	0,5	288.6	6.3	11.7
	0,25	230	5.0	6.7
	0,125	85.6	1.9	4.8
	0,075	42.5	0.9	3.9
	<0,075	178.8	3.9	
	Łącznie	4594.8	100.0	

Tablica 3.13. Wyniki analiz uziarnienia podbudowy na ul. Mickiewicza

Nr otworu głębokość	Rozmiar sita [mm]	Zostaje na sicie		Krzywa uziarnienia
		[g]	[%]	
7 34-60 cm				100.0
	63	936.2	12.9	87.1
	31,5	3517.7	48.5	38.6
	20	434.1	6.0	32.6
	16	196.7	2.7	29.9
	14	228.4	3.1	26.8
	11,2	5.9	0.1	26.7
	10,0	94	1.3	25.4
	8,0	110.6	1.5	23.9
	5,6	167.4	2.3	21.6
	4	129.9	1.8	19.8
	2	164.9	2.3	17.5
	1	128.1	1.8	15.7
	0,5	174.9	2.4	13.3
	0,25	259.1	3.6	9.7
	0,125	211.8	2.9	6.8
	0,075	125.2	1.7	5.1
	<0,075	369.8	5.1	
	Łącznie	7254.7	100.0	

Załącznik nr 3

Badania próbek kruszywa pobranych z warstw nawierzchni Starówki Miasta Gorlice

Tablica 3.14. Wyniki analiz uziarnienia i badań wskaźników piaskowych podbudowy na ul. Mickiewicza

Nr otworu głębokość	Rozmiar sita [mm]	Zostaje na sicie		Krzywa uziarnienia
		[g]	[%]	
8 31-50 cm			0.0	100.0
	63	627.3	11.2	88.8
	31,5	1887	33.6	55.2
	20	749.8	13.4	41.9
	16	129.6	2.3	39.6
	14	119.1	2.1	37.4
	11,2	126.2	2.2	35.2
	10,0	97.5	1.7	33.5
	8,0	58.7	1.0	32.4
	5,6	126.9	2.3	30.2
	4	89.5	1.6	28.6
	2	116.6	2.1	26.5
	1	84	1.5	25.0
	0,5	128.4	2.3	22.7
	0,25	232.3	4.1	18.6
	0,125	278.7	5.0	13.6
	0,075	172	3.1	10.5
	<0,075	591.6	10.5	
	Łącznie	5615.2	100.0	
Nr otworu głębokość	Rozmiar sita [mm]	Zostaje na sicie		Krzywa uziarnienia
		[g]	[%]	
8 50-80 cm			0.0	100.0
	63	749	13.7	86.3
	31,5	1172.2	21.5	64.8
	20	1085.3	19.9	45.0
	16	186.9	3.4	41.6
	14	300.1	5.5	36.1
	11,2	234.2	4.3	31.8
	10,0	193.5	3.5	28.2
	8,0	183.2	3.4	24.9
	5,6	268.8	4.9	20.0
	4	183.3	3.4	16.6
	2	258.5	4.7	11.9
	1	174.6	3.2	8.7
	0,5	141.2	2.6	6.1
	0,25	125.1	2.3	3.8
	0,125	74.7	1.4	2.4
	0,075	51.3	0.9	1.5
	<0,075	81.7	1.5	
	Łącznie	5463.6	100.0	
wskaźnik piaskowy, WP		WP₁=39, WP₂=41, WP_{sr}=40		

Załącznik nr 3
Badania próbek kruszywa pobranych z warstw nawierzchni Starówki Miasta Gorlice

Tablica 3.15. Wyniki analiz uziarnienia podbudowy na Rynku (apteka Alba)

Nr otworu głębokość	Rozmiar sita [mm]	Zostaje na sicie		Krzywa uziarnienia
		[g]	[%]	
9 70-77 cm	63	0	0.0	100.0
	31,5	394.6	21.6	78.4
	20	270.3	14.8	63.6
	16	134.6	7.4	56.3
	14	91.5	5.0	51.3
	11,2	88.2	4.8	46.4
	10,0	26.2	1.4	45.0
	8,0	51.4	2.8	42.2
	5,6	85.9	4.7	37.5
	4	60.7	3.3	34.2
	2	119.3	6.5	27.7
	1	144.7	7.9	19.7
	0,5	179.8	9.8	9.9
	0,25	90.1	4.9	5.0
	0,125	34.5	1.9	3.1
	0,075	17.9	1.0	2.1
	<0,075	38.5	2.1	
	Łącznie	1828.2	100.0	

I. Badanie gęstości, gęstości objętościowej i porowatości (wg PN-EN 1936)

I.1. Piaskowiec

Tablica 4.1. Wyniki badań gęstości objętościowej (na belkach wyciętych z płyt)

Nr belki (płyty)	Wymiary belki			Objętość V [cm ³]	Masa m _d [g]	Gęstość obj. ρ _b [kg/m ³]	ρ _b śr. [kg/m ³]
	[cm]						
	l	b	h				
1.	300	9,6	8,2	3681600	5276	2200	2200
2.	454	9,95	8,15	3609255	8197	2240	
3.	446	9,75	8,3	3617348	7875	2210	
4.	447	9,75	8,3	3584056	8032	2220	
5.	446	9,8	8,2	3780742	7767	2150	
6.	446	9,8	8,65	3738708	8491	2200	
7.	447	10,2	8,2	3652740	7995	2200	
8.	446	9,75	8,4	3715750	8153	2220	
9.	445	10,0	8,35	3715026	7957	2150	
10.	449	9,85	8,4	3744384	8061	2150	
11.	448	9,95	8,4	3472524	8000	2160	
12.	444	9,9	7,9	3485400	7652	2230	
13.	444	10,0	7,85	3498720	7559	2250	
14.	444	9,85	8,0	3681600	7881	2250	

Tablica 4.2. Wyniki badań gęstości (piknometr helowy) i gęstości objętościowej (próbki 50³ mm)

Nr próbki (płyty)	Gęstość ρ_r [kg/m ³]	ρ_r śr. [kg/m ³]	Wymiary próbki			Objętość V [mm ³]	Masa m_d [g]	Gęstość obj. ρ_b [kg/m ³]	ρ_b śr. [kg/m ³]
			[mm]						
			a	b	h				
1.	2630	2640	48,2	49,2	49,2	116675	253,72	2180	2180
2.	2640		49,5	49,1	49,4	120064	265,37	2210	
3.	2640		49,3	50,1	49,2	121521	264,03	2170	
4.	2660		49,3	48,4	49,0	116920	257,70	2200	
5.	2640		49,1	49,2	49,0	118370	251,18	2120	
6.	2640		50,2	50,0	50,1	125751	272,98	2170	
7.	2640		49,7	49,0	50,0	121765	266,82	2190	
8.	2630		50,0	49,0	49,4	121030	265,15	2190	
9.	2630		50,0	51,9	50,6	131307	280,16	2130	
10.	2640		50,0	49,5	49,5	122513	263,00	2150	
11.	2630		50,0	48,0	49,6	119040	255,28	2140	
12.	2650		49,0	51,5	49,0	123652	272,41	2200	
13.	2650		49,0	49,6	49,0	119090	265,37	2230	
14.	2650		49,0	50,1	50,0	122745	272,60	2220	

Tablica 4.3. Wyniki oznaczenia porowatości

Nr próbki (płyty)	Gęstość ρ_r [kg/m ³]	Gęstość obj. ρ_b [kg/m ³]	Porowatość p [%]	Porowatość p_{sr} [%]
1.	2630	2180	17,1	17,5
2.	2640	2210	16,3	
3.	2640	2170	17,8	
4.	2660	2200	17,3	
5.	2640	2120	19,7	
6.	2640	2170	17,8	
7.	2640	2190	17,0	
8.	2630	2190	16,7	
9.	2630	2130	19,0	
10.	2640	2150	18,6	
11.	2630	2140	18,6	
12.	2650	2200	17,0	
13.	2650	2230	15,8	
14.	2650	2220	16,2	

I.2. Granit

Tablica 4.4. Wyniki badań gęstości (piknometr helowy) i gęstości objętościowej

Nr próbki	Gęstość ρ_r [kg/m ³]	ρ_r śr. [kg/m ³]	Wymiary próbki			Objętość V [mm ³]	Masa m _d [g]	Gęstość obj. ρ_b [kg/m ³]	ρ_b śr. [kg/m ³]
			[mm]						
			a	b	h				
1.	2660	2650	49,6	49,5	49,7	122023	319,83	2620	2610
2.	2640		50,0	50,7	50,6	128271	332,12	2590	
3.	2640		49,4	49,5	49,7	121531	315,03	2590	
4.	2640		50,9	51,2	50,9	132649	343,24	2590	
5.	2650		50,1	50,9	50,6	129035	335,10	2600	
6.	2650		50,6	51,1	50,9	131610	342,42	2600	
7.	2660		49,8	50,3	49,9	124997	327,72	2620	
8.	2660		49,5	49,3	49,2	120065	314,26	2620	
9.	2660		50,9	51,9	51,1	134991	353,65	2620	
10.	2650		50,6	50,6	50,8	130066	337,36	2600	

Tablica 4.5. Wyniki oznaczenia porowatości

Nr próbki	Gęstość ρ_r [kg/m ³]	Gęstość obj. ρ_b [kg/m ³]	Porowatość p [%]	Porowatość p_{sr} [%]
1.	2660	2620	1,5	1,7
2.	2640	2590	1,9	
3.	2640	2590	1,9	
4.	2640	2590	1,9	
5.	2650	2600	1,9	
6.	2650	2600	1,9	
7.	2660	2620	1,5	
8.	2660	2620	1,5	
9.	2660	2620	1,5	
10.	2650	2600	1,9	

II. Badanie nasiąkliwości (wg PN-EN 13755)

II.1. Piaskowiec

Tablica 4.6. Wyniki badań nasiąkliwości (próbki 50³ mm)

Nr próbki (płyty)	Masa próbki [g]		Nasiąkliwość [%]	
	wysuszonej m_d	nasyconej m_s	A_b	A_b śr.
1.	264,22	276,68	4,72	4,6
2.	272,41	283,91	4,22	
3.	262,1	274,08	4,57	
4.	262,35	273,28	4,17	
5.	252,01	266,32	5,68	
6.	268,84	281,34	4,65	
7.	270,18	282,2	4,45	
8.	265,38	276,52	4,20	
9.	283,21	298,82	5,51	
10.	265,62	278,92	5,01	
11.	260,86	274,08	5,07	
12.	280,43	292,27	4,22	
13.	272,04	282,72	3,93	
14.	271,41	282,78	4,19	

II.2. Granit

Tablica 4.7. Wyniki badań gęstości objętościowej (próbki 50³ mm)

Nr próbki	Masa próbki [g]		Nasiąkliwość [%]	
	wysuszonej m_d	nasyconej m_s	A_b	A_b śr.
1.	338,94	340,12	0,35	0,4
2.	303,19	304,36	0,39	
3.	339,67	340,82	0,34	
4.	319,99	321,18	0,37	
5.	342,90	344,22	0,38	
6.	322,80	324,12	0,41	

III. Badanie mrozoodporności w 2% roztworze NaCl (wg PN-EN 12371)

Stany próbek oceniono ważąc ubytki materiału i szacując wizualnie próbki po badaniu, wg następującej normowej skali próbek:

Stan 0 – próbka do badania nienaruszona

Stan 1 – bardzo małe zniszczenie (nieznaczne zaokrąglenia naroży i krawędzi), które nie powodują dezintegracji próbki do badania

Stan 2 – jedno lub kilka małych pęknięć (≤ 0.1 mm szerokości) lub oddzielenie małych fragmentów (każdy fragment ≤ 10 mm²)

Stan 3 – jedno lub kilka pęknięć, otwory lub oddzielenie fragmentów większych niż zdefiniowane w pkt.2 niniejszej skali, określonych dla spoiwa wzorca lub zwietrzałego materiału w żyłach,

Stan 4 – próbka do badań przełamana na dwie części lub ze znacznymi pęknięciami

Stan 5 – próbka do badania w kawałkach lub zdeintegrowana.

III.1. Piaskowiec

Tablica 4.8. Wyniki badania mrozoodporności na belkach wyciętych z płyt

Nr próbki (płyty)	Masa próbki [g]		Ilość cykli	Stan zachowania próbki (skala 0 ÷ 5)
	przed badaniem M_{s0}	po badaniu M_{sn}		
1.	5485	5478	48	0
2.	8616	8606	48	1
3.	8320	8309	48	1
4.	8435	8432	48	0
5.	8200	8191	48	1
6.	8820	8816	48	0
7.	8570	8558	48	1
8.	8445	8441	48	0
9.	8415	8406	48	1
10.	8415	8408	48	1
11.	8505	8500	48	0
12.	8090	8088	48	0
13.	8065	8061	48	0
14.	8165	8160	48	0

Tablica 4.9. Wyniki badania mrozoodporności na kostkach 50³ mm wyciętych z płyt

Nr próbki (płyty)	Masa próbki [g]		Ilość cykli	Stan zachowania próbki (skala 0 ÷ 5)
	przed badaniem M _{s0}	po badaniu M _{sn}		
1.	273,72	273,78	48	0
2.	279,93	279,98	48	0
3.	274,45	274,49	48	0
4.	272,32	272,37	48	0
5.	271,28	271,33	48	0
6.	283,47	283,53	48	0
7.	284,85	284,91	48	0
8.	280,67	280,73	48	0
9.	294,59	294,64	48	0
10.	282,06	282,12	48	0
11.	280,07	280,07	48	0
12.	288,13	288,18	48	0
13.	280,41	280,46	48	0
14.	277,15	277,19	48	0

III.1. Granit

Tablica 4.10. Wyniki badania mrozoodporności na kostkach 50³ mm

Nr próbki	Masa próbki [g]		Ilość cykli	Stan zachowania próbki (skala 0 ÷ 5)
	przed badaniem M _{s0}	po badaniu M _{sn}		
1.	303,70	303,71	48	0
2.	331,81	331,83	48	0
3.	321,38	321,40	48	0
4.	332,23	332,24	48	0
5.	317,83	317,85	48	0
6.	342,56	342,58	48	0
7.	302,89	302,90	48	0
8.	327,15	327,17	48	0
9.	329,60	329,62	48	0
10.	347,68	347,70	48	0
11.	313,28	313,30	48	0
12.	324,84	324,85	48	0

IV. Badanie wytrzymałości na zginanie pod działaniem siły skupionej (wg PN-EN 12372)

IV.1. Piaskowiec

Tablica 4.11. Wyniki badania wytrzymałości na zginanie na pełnych płytach (w stanie pow.-suchym)

Nr płyty	Średnie wymiary płyt [mm]			Wymiary płyty w miejscu przełomu [mm]		Rozstaw podpór [mm]	Siła niszcząca F [N]	Wytrzymałość na zginanie [MPa]	
	Dług.	Szer.	Grub.	Szer.	Grub.			R _{tf}	R _{tf} śr.
1.	500	300	82/83	300	82,5	400	10400	3,06	3,2
2.	500	425/465	81	450	81,0	400	15800	3,21	
3.	600	500	83	500	83,0	500	12400	2,70	
4.	600	500	83/84	500	83,5	500	17600	3,79	
5.	600	500	83	500	83,0	500	11200	2,44	
6.	600	500	86/87	500	86,5	500	20200	4,05	
7.	600	500	81/83	500	82,5	500	14400	3,17	
8.	735/688	500	84	500	84,0	500	16600	3,53	
9.	900	500	83	500	83,0	800	8300	2,89	
10.	900	500	84	500	84,0	800	8500	2,89	
11.	900	500	84	500	84,0	800	7600	2,59	
12.	900	500	80/81	500	80,5	800	9800	3,63	
13.	900	500	78	500	78,0	800	9200	3,63	
14.	900	500	78/80	500	79,0	800	9800	3,77	

Tablica 4.12. Wyniki badania wytrzymałości na zginanie na belkach wyciętych z płyt (w stanie suchym)

Nr płyty (belki)	Wymiary płyty w miejscu przełomu [mm]		Rozstaw podpór [mm]	Siła niszcząca F [N]	Wytrzymałość na zginanie [MPa]	
	Szerokość	Grubość			R _{tf}	R _{tf} śr.
1.	98,0	82,0	250	7900	4,50	4,5
2.	96,5	81,5	400	5300	4,96	
3.	96,5	83,0	400	4400	3,97	
4.	97,5	83,0	400	5900	5,27	
5.	98,5	82,0	400	4800	4,35	
6.	100,0	86,5	400	6650	5,33	
7.	99,0	82,0	400	5350	4,82	
8.	97,5	84,0	400	4800	4,19	
9.	100,0	83,5	400	4800	4,13	
10.	99,0	84,0	400	4650	3,99	
11.	98,5	84,0	400	4750	4,10	
12.	98,0	79,0	400	4600	4,51	
13.	96,5	78,5	400	5100	5,15	
14.	98,5	80,0	400	4300	4,09	

Tablica 4.13. Wyniki badania wytrzymałości na zginanie na belkach wyciętych z płyt (po badaniu mrozoodporności w wodzie - 48 cykli)

Nr płyty (belki)	Wymiary płyty w miejscu przelomu [mm]		Rozstaw podpór [mm]	Siła niszcząca F [N]	Wytrzymałość na zginanie [MPa]	
	Szerokość	Grubość			R _{tf}	R _{tf śr.}
1.	98,0	82,0	250	6500	3,70	3,4
2.	99,0	81,5	400	3600	3,28	
3.	97,0	83,0	400	3150	2,83	
4.	99,0	83,0	400	4250	3,74	
5.	99,0	82,0	400	3250	2,93	
6.	98,0	86,5	400	5100	4,17	
7.	100,0	82,0	400	4300	3,84	
8.	99,0	84,0	400	3400	2,92	
9.	101,0	83,5	400	3250	2,77	
10.	99,0	84,0	400	3400	2,92	
11.	98,0	84,0	400	3550	3,08	
12.	98,0	79,0	400	3800	3,73	
13.	99,0	78,5	400	3650	3,59	
14.	99,0	80,0	400	3750	3,55	

Tablica 4.14. Wyniki badania wytrzymałości na zginanie na belkach wyciętych z płyt (po badaniu mrozoodporności w 2% roztworze NaCl - 48 cykli)

Nr płyty (belki)	Wymiary płyty w miejscu przelomu [mm]		Rozstaw podpór [mm]	Siła niszcząca F [N]	Wytrzymałość na zginanie [MPa]	
	Szerokość	Grubość			R _{tf}	R _{tf śr.}
1.	96,0	82,0	250	6050	3,51	2,9
2.	99,5	81,5	400	3500	3,18	
3.	97,5	83,0	400	2650	2,37	
4.	97,5	83,0	400	3650	3,26	
5.	98,0	82,0	400	2550	2,32	
6.	98,0	86,5	400	3800	3,11	
7.	102,0	82,0	400	3450	3,02	
8.	97,5	84,0	400	3050	2,66	
9.	100,0	83,5	400	2850	2,45	
10.	98,5	84,0	400	3000	2,59	
11.	99,5	84,0	400	3000	2,56	
12.	98,5	79,0	400	3350	3,27	
13.	100,0	78,5	400	3400	3,31	
14.	98,5	80,0	400	3200	3,05	

V. Badanie wytrzymałości na ściskanie (wg PN-EN 1926)

V.1. Piaskowiec

Tablica 4.15. Wyniki badania wytrzymałości na ściskanie ma próbkach 50³ mm wyciętych z płyt
(w stanie suchym)

Nr plyty	Nr próbki	Powierzchnia próbki A [mm ²]	Siła niszcząca F [N]	Wytrzymałość na ściskanie [MPa]	
				R	R _{śr.}
1.	1.	2445	127960	52,3	48
	2.	2381	133380	56,0	
2.	1.	2430	134050	55,2	
	2.	2485	119400	48,1	
3.	1.	2475	83340	33,7	
	2.	2490	73800	29,6	
4.	1.	2411	119630	49,6	
	2.	2386	131940	55,3	
5.	1.	2445	91670	37,5	
	2.	2510	85420	34,0	
6.	1.	2510	131620	52,4	
	2.	2495	149980	60,1	
7.	1.	2500	122910	49,2	
	2.	2435	146990	60,4	
8.	1.	2435	134940	55,4	
	2.	2450	150710	61,5	
9.	1.	2600	124990	48,1	
	2.	2625	112730	42,9	
10.	1.	2475	103000	41,6	
	2.	2475	97320	39,3	
11.	1.	2490	109510	44,0	
	2.	2475	102340	41,4	
12.	1.	2400	130670	54,5	
	2.	2499	122350	49,0	
13.	1.	2524	105280	41,7	
	2.	2530	105910	41,9	
14.	1.	2435	146790	60,3	
	2.	2450	134600	54,9	

Tablica 4.16. Wyniki badania wytrzymałości na ściskanie ma próbkach 50³ mm wyciętych z płyt (w stanie nasycenia wodą - po badaniu nasiąkliwości)

Nr próbki (płyty)	Powierzchnia próbki A [mm ²]	Siła niszcząca F [N]	Wytrzymałość na ściskanie [MPa]	
			R	R _{śr.}
1.	2515	111530	44,4	45
2.	2430	145460	59,9	
3.	2475	69270	28,0	
4.	2426	136440	56,3	
5.	2475	76880	31,1	
6.	2484	129810	52,3	
7.	2465	73880	30,0	
8.	2460	119370	48,5	
9.	2590	131850	50,9	
10.	2515	89940	35,8	
11.	2425	87350	36,0	
12.	2549	130850	51,3	
12.	2450	116060	47,4	
14.	2450	137820	56,3	

Tablica 4.17. Wyniki badania wytrzymałości na ściskanie ma próbkach 50³ mm wyciętych z płyt (po badaniu mrozoodporności w wodzie - 48 cykli)

Nr próbki (płyty)	Powierzchnia próbki A [mm ²]	Siła niszcząca F [N]	Wytrzymałość na ściskanie [MPa]	
			R	R _{śr.}
1.	2510	145920	58,1	39
2.	2435	82040	33,7	
3.	2475	59960	24,2	
4.	2475	117470	47,5	
5.	2426	92760	38,2	
6.	2560	125970	49,2	
7.	2490	85500	34,3	
8.	2430	94470	38,9	
9.	2540	81120	31,9	
10.	2515	65900	26,2	
11.	2485	74750	30,1	
12.	2498	126900	50,8	
12.	2435	82500	33,9	
14.	2401	111560	46,5	

V.1. Granit

Tablica 4.18. Wyniki badania wytrzymałości na ściskanie ma próbkach 50³ mm
(w stanie suchym)

Nr próbki	Powierzchnia próbki A [mm ²]	Siła niszcząca F [N]	Wytrzymałość na ściskanie [MPa]	
			R	R _{śr.}
1.	2622	401370	153,08	163
2.	2585	476260	184,24	
3.	2570	377180	146,76	
4.	2583	483200	187,07	
5.	2599	390700	150,33	
6.	2597	471380	181,51	
7.	2625	395520	150,67	
8.	2620	400840	152,99	
9.	2617	426370	162,92	
10.	2586	415440	160,65	

Tablica 4.19. Wyniki badania wytrzymałości na ściskanie ma próbkach 50³ mm
(w stanie nasycenia wodą - po badaniu nasiąkliwości)

Nr próbki	Powierzchnia próbki A [mm ²]	Siła niszcząca F [N]	Wytrzymałość na ściskanie [MPa]	
			R	R _{śr.}
1.	2548	406540	159,55	157
2.	2376	364630	153,46	
3.	2581	397780	154,12	
4.	2450	410210	167,43	
5.	2627	420210	159,96	
6.	2475	370000	149,49	

Tablica 4.20. Wyniki badania wytrzymałości na ściskanie ma próbkach 50³ mm
(po badaniu mrozoodporności w wodzie - 48 cykli)

Nr próbki	Powierzchnia próbki A [mm ²]	Siła niszcząca F [N]	Wytrzymałość na ściskanie [MPa]	
			R	R _{śr.}
1.	2550	407840	159,94	144
2.	2450	391110	159,64	
3.	2525	336780	133,40	
4.	2472	421920	170,68	
5.	2500	373270	149,31	
6.	2575	424290	164,77	
7.	2509	341610	136,14	
8.	2475	353570	142,86	
9.	2573	352690	137,10	
10.	2450	364960	148,96	
11.	2524	257110	101,89	
12.	2652	312090	117,68	
12.	2491	356400	143,08	
14.	2525	427430	169,31	
15.	2500	342550	137,02	
16.	2500	366530	146,61	
17.	2500	313490	125,40	
18.	2525	333650	132,16	
19.	2426	370500	152,75	
20.	2525	378200	149,78	

VI. Określenie odporności na poślizg (wg PN-EN 1341)

Badanie odporności na poślizg wykonano dla płyt piaskowcowych.

Tablica 4.21. Wyniki pomiarów wskaźnika USRV wg PN-EN 1341

Próbka nr 1				
Numer pomiaru	metoda „na sucho"		metoda „na mokro"	
	kierunek badania		kierunek badania	
	←	→	←	→
1.	80	80	61	59
2.	81	80	60	59
3.	81	81	60	58
4.	82	81	60	58
5.	82	82	60	58
średnia	81	81	60	58
Średnia dla obu kierunków	81		59	
Próbka nr 2				
Numer pomiaru	metoda „na sucho"		metoda „na mokro"	
	kierunek badania		kierunek badania	
	←	→	←	→
1.	89	89	63	61
2.	89	90	61	61
3.	89	91	61	60
4.	90	91	61	60
5.	90	91	60	60
średnia	89	90	61	60
Średnia dla obu kierunków	90		61	
Próbka nr 3				
Numer pomiaru	metoda „na sucho"		metoda „na mokro"	
	kierunek badania		kierunek badania	
	←	→	←	→
1.	100	99	70	69
2.	100	99	72	69
3.	102	100	72	69
4.	103	101	72	69
5.	103	101	72	68
średnia	102	100	72	69
Średnia dla obu kierunków	101		71	
Próbka nr 4				
Numer pomiaru	metoda „na sucho"		metoda „na mokro"	
	kierunek badania		kierunek badania	
	←	→	←	→
1.	82	83	66	63
2.	83	84	66	63
3.	84	84	66	64
4.	85	84	66	63
5.	85	84	65	64
średnia	84	84	66	64
Średnia dla obu kierunków	84		65	
Średnia dla wszystkich próbek	89		65	
Zakres zmienności	80 - 103		58 - 72	

VII. Ścieralność na tarczy Boehmego (wg PN-EN 1340)

Badanie ścieralności na tarczy Boehmego wykonano dla płyt piaskowcowych.

Tablica 4.22. Wyniki badań ścieralności na tarczy Boehmego wg PN-EN 1340

Nr próbki	Wymiary próbki [mm]			Objętość V [mm ³]	Masa [g]		Δm [g]	ΔV [mm ³]	ΔV przeliczone do pow. 5000 mm ² [mm ³]	S [mm]
	a	b	h		przed	po				
Badanie na sucho										
1.	69.4	69.8	83.2	403030.8	895.2	848.8	46.4	20.9	21.6	4.3
2.	69.3	69.1	83.4	399371.7	895.0	847.1	47.9	21.4	22.3	4.5
3.	69.4	69.7	85,0	411160.3	911.4	865.5	45.9	20.7	21.4	4.3
średnia									21.8	4.4
Badanie na mokro										
1.	69.3	69.7	82.7	399458.4	920.5	871.6	48.9	22.1	22.9	4.6
2.	69.1	69.4	83.3	413434.6	931.5	882.6	48.9	22.6	22.8	4.6
3.	69.4	69.3	85.8	425842.6	958.4	906.5	51.9	24.1	24.3	4.9
średnia									23.3	4.7