

**ZASADY KONSTRUKCJI NAWIERZCHNI
Z ELEMENTÓW BRUKOWYCH:
obciążenie powyżej 3,5 t.
ZALECENIA PRODUCENTA**



1. WSTĘP:

1.1. Przedmiot opracowania

Przedmiotem niniejszego opracowania są zasady konstrukcji nawierzchni z betonowych kostek brukowych oraz płyt brukowych.

1.2. Zakres zastosowania:

Opracowanie zawiera zasady konstrukcji nawierzchni z kostki brukowej oraz prefabrykowanych płyt brukowych dla ruchu pojazdów o dopuszczalnej masie powyżej 3,5T.

1.3. Określenia podstawowe:

1.3.1. Betonowa kostka brukowa – drobnowymiarowy prefabrykat betonowy stosowany do budowy warstwy ścieralnej nawierzchni, wykonany metodą wibroprasowania z betonu niezbrojonego, niebarwionego lub barwionego jedno- lub dwuwarstwowo.

1.3.2. Betonowa płyta brukowa - prefabrykat betonowy stosowany do budowy warstwy ścieralnej nawierzchni, wykonany metodą wibroprasowania z betonu niezbrojonego, niebarwionego lub barwionego jedno- lub dwuwarstwowo, którego długość jest mniejsza niż 1 m, a długość całkowita płyty podzielona przez grubość jest większa niż 4.

1.3.3. Nawierzchnia z betonowych elementów brukowych - nawierzchnia, której warstwa ścieralna jest wykonana z betonowych kostek brukowych lub płyt brukowych.

1.3.4. Krawężnik - prosty lub łukowy element budowlany oddzielający jezdnię od chodnika, charakteryzuje się stałym lub zmiennym przekrojem poprzecznym i długością nie większą niż 1,0 m

1.3.5 Ściek - umocnione zagłębienie, poniżej krawędzi jezdni, zbierające i odprowadzające wodę.

1.3.6. Obrzeże - element budowlany, oddzielający nawierzchnie chodników i ciągów pieszych od terenów nieprzeznaczonych do komunikacji.

1.3.7. Spoina - odstęp pomiędzy przylegającymi elementami (płytami) wypełniony określonymi materiałami wypełniającymi.

2. MATERIAŁY

2.1. Betonowe płyty i kostki brukowe

Betonowe płyty brukowe powinny spełniać wymagania techniczne określone w PN-EN1339. Betonowa kostka brukowa powinna spełniać wymagania techniczne określone w PN-EN 1338.

2.1.1. Składowanie kostek i płyt brukowych.

Betonowe płyty brukowe oraz kostki zaleca się pakować na paletach. Palety mogą być składowane na otwartej przestrzeni, przy czym podłoże powinno być wyrównane i odwodnione.

2.2. Materiały na podsypkę i do wypełnienia spoin oraz szczelin w nawierzchni:

a) na podsypkę piaskową pod nawierzchnię należy stosować:

- piasek naturalny wg PN-EN 13242,
- piasek łamany (0,075÷2) mm wg PN EN 13242,

b) na podsypkę cementowo-piaskową pod nawierzchnię
- mieszankę cementu i piasku w stosunku 1:4 z piasku naturalnego spełniającego wymagania PN-EN 13242, cementu powszechnego użytku spełniającego wymagania PN-EN 197-1 i wody odpowiadającej wymaganiom PN-EN 1008.

c) do wypełniania spoin w nawierzchni
- piasek naturalny spełniający wymagania PN-EN 13242,
- piasek łamany (0,075÷2) mm wg PN EN 13242,

Składowanie kruszywa, nieprzeznaczonego do bezpośredniego wbudowania po dostarczeniu na budowę, powinno odbywać się na podłożu równym, utwardzonym i dobrze odwodnionym, przy zabezpieczeniu kruszywa przed zanieczyszczeniem i zmieszaniem z innymi materiałami kamiennymi.

Wymagania pod względem uziarnienia dla materiału na podsypkę i do fugowania przedstawiono w tabelicy 1.

Tablica 1 - Wymagania uziarnienia dla materiału na podsypkę i do fugowania

Lp.	Wyszczególnienie właściwości	Wartość
1.	Skład ziarnowy	
	a) zawartość ziarn mniejszych niż 0,075 mm, nie więcej niż	5 %
	b) zawartość nadziarna powyżej 2 mm, nie więcej niż	15% ¹⁾
	c) wskaźnik piaskowy SE ₄ , większy niż	40
¹⁾ Nie dopuszcza się w nadziarnie ziarn większych niż 4mm		

2.3. Krawężniki, obrzeża i ścieki.

Do obramowania nawierzchni z płyt brukowych lub kostki brukowej można stosować:

- krawężniki betonowe wg PN-EN 1340,
- obrzeża betonowe wg PN-EN 1340,
- krawężniki kamienne wg PN-EN 1343.

Krawężniki, obrzeża i ścieki mogą być ustawiane na podsypce cementowo-piaskowej wg 2.2. b) lub ławie betonowej z betonu C8/10 lub C12/15 zgodnie z PN-EN 206+A1:2016-12.

3. WYKONANIE ROBÓT

3.1. Podłoże i koryto

Grunty podłoża powinny być niewysadzinowe, jednorodne i nośne oraz zabezpieczone przed nadmiernym zawilgoceniem i ujemnymi skutkami przemarzania, zgodnie z dokumentacją projektową. Wskaźnik zagęszczenia podłoża powinien wynosić $I_s > 0.98$. W przypadku podłoża z gruntów wysadzinowych lub wątpliwych należy wykonać warstwę mrozoochronną. Warstwa mrozoochronna może być wykonana z gruntów niewysadzinowych lub z gruntów wątpliwych czy wysadzinowych stabilizowanych spoiwami hydraulicznymi. Nośność podłoża określona modułem odkształcenia E wg PN-S-02205 powinna wynosić:

- 60 Mpa - dla chodników, alei spacerowych, ścieżek, pasaży i ścieżek rowerowych, i elementów małej architektury drogowej,

- 80 Mpa - dla ciągów pieszo-jezdných.

W przypadku niespełnienia tych wymagań należy wykonać wymianę gruntów lub stabilizację gruntów spoiwem.

Koryto pod podbudowę lub nawierzchnię powinno być wyprofilowane zgodnie z projektowanymi spadkami. Koryto musi mieć skuteczne odwodnienie, zgodnie z dokumentacją projektową.

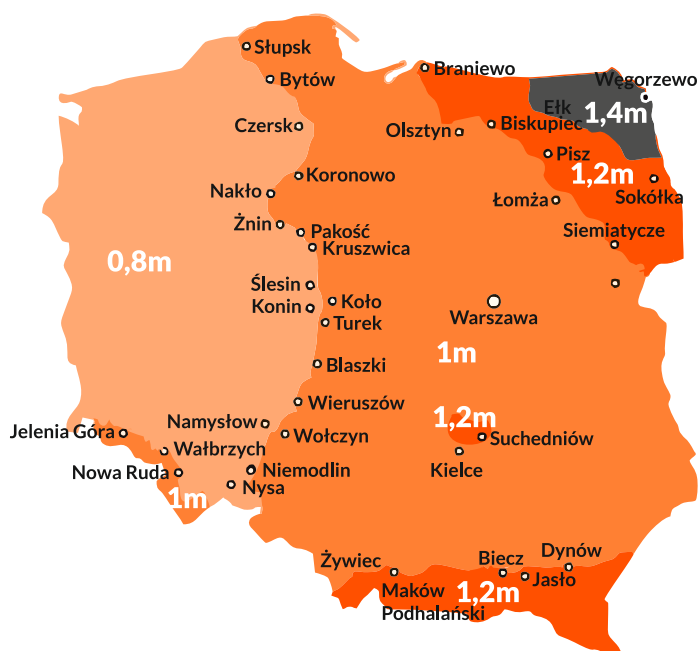
3.2. Klasyfikacja podłoża gruntowego:

Tablica 2. Podział gruntów pod względem wysadzinowości PN-S-02205

Właściwość	Grupa gruntów		
	Niewysadzinowy	Wątpliwy	Wysadzinowy
Rodzaj gruntu	rumosz niegliniasty (KR) żwir (Ż) pospółka (Po) piasek gruby (Pt) piasek średni (Ps) piasek drobny (Pd) żużel nierozpadowy	piasek pylasty (Pw) zwierzelina gliniasta (Kwg) rumosz gliniasty (Krg) żwir gliniasty (Żg) pospółka gliniasta (Pog)	grunty mało wysadzinowe : głina piaszczysta zwięzła(Gpz) głina zwięzła (Gz) ił (I) ił piaszczysty (Ip) ił pylasty (Ił) grunty bardzo wysadzinowe: piasek gliniasty (Pg) pył piaszczysty (łp) pył (ł) głina piaszczysta (Gp) głina (G) głina pylasta (Gł) ił warwowy
Zawartość cząstek wg PN-88/B-04481, % ≤ 0,063 mm ≤ 0,02 mm	< 15 < 3	15 ÷ 30 3 ÷ 10	> 30 > 10
Wskaźnik piaskowy wg wg PN-EN 933-8 zał.A, [%], SE ₄	> 35	25 ÷ 35	< 25

3.3. Mrozoodporność podłoża

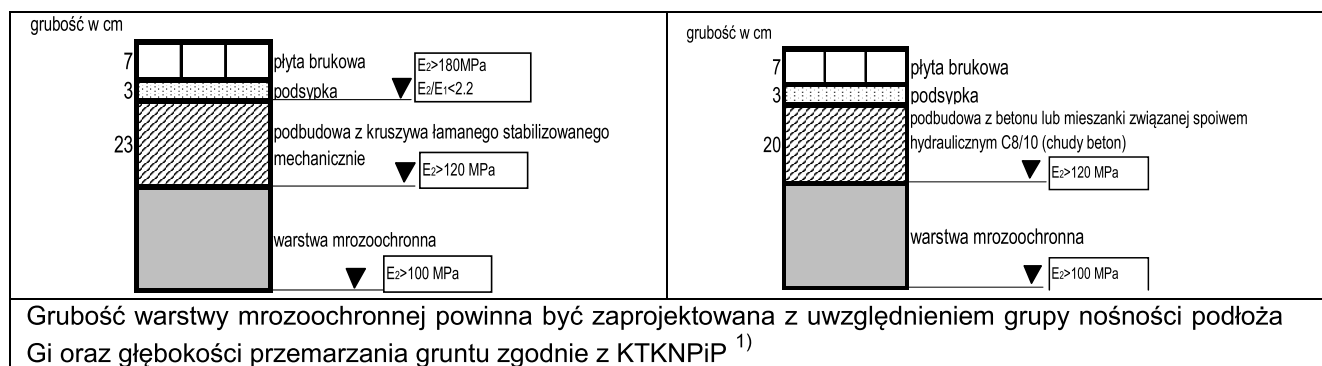
W wypadku, gdy w podłożu występują grunty wysadzinowe lub wątpliwe, należy sprawdzić, czy rzeczywista grubość wszystkich warstw zaprojektowanej konstrukcji nie jest mniejsza niż 0,4 h gdzie h oznacza głębokość przemarzania gruntów w rejonie projektowanej konstrukcji (Rys.1). Jeżeli warunek ten nie jest spełniony, to pod konstrukcją należy wykonać warstwę mrozochronną o grubości zapewniającej spełnienie tego warunku.



Rys.1 Głębokość przemarzania gruntu wg PN-81/B-03020

3.4. Konstrukcja nawierzchni

Konstrukcja nawierzchni powinna być zgodna z dokumentacją projektową. Przykłady konstrukcji nawierzchni podano poniżej.



3.4.1. Podbudowa

Rodzaj podbudowy przewidzianej do wykonania powinien być zgodny z dokumentacją projektową. Materiały do wykonania podbudowy powinny odpowiadać:

- PN-EN 206+A1:2016-12 "Beton. Wymagania, właściwości, produkcja i zgodność"
- PN-EN 13285:2018-08 "Mieszanki niezwiązane. Specyfikacja"
- PN-EN 13242 "Kruszywa do niezwiązanych i związanych hydraulicznie materiałów stosowanych w obiektach budowlanych i budownictwie drogowym"
- PN-EN 14227-1:2013-10 "Mieszanki związane spoiwem hydraulicznym - Specyfikacje - Część 1: Mieszanki związane cementem"
- PN-EN 14227-2:2013-10 "Mieszanki związane spoiwem hydraulicznym - Specyfikacje - Część 2: Mieszanki żuźlowe"
- PN-EN 14227-3:2013-10 "Mieszanki związane spoiwem hydraulicznym - Specyfikacje - Część 3: Mieszanki związane popiołami lotnymi"
- PN-EN 14227-5:2013-10 "Mieszanki związane spoiwem hydraulicznym - Specyfikacje - Część 5: Mieszanki związane spoiwem drogowym"
- PN-EN 14227-15:2015-12 "Mieszanki związane spoiwem hydraulicznym - Specyfikacje - Część 15: Grunty stabilizowane hydraulicznie"
- "Mieszanki związane spoiwem hydraulicznym do dróg krajowych" Wymagania techniczne WT5, 2010; IBDiM, GDDKiA
- "Mieszanki niezwiązane do dróg krajowych" Wymagania techniczne WT4, 2010; IBDiM, GDDKiA

Inne rodzaje podbudów powinny odpowiadać wymaganiom norm, wytycznych IBDiM, GDDKiA. Szczegółowe wymagania powinny zostać określone w dokumentacji projektowej.

3.4.2. Warstwa mrozochronna

- PN-EN 13285:2018-08 "Mieszanki niezwiązane. Specyfikacja"
- PN-EN 13242 "Kruszywa do niezwiązanych i związanych hydraulicznie materiałów stosowanych w obiektach budowlanych i budownictwie drogowym"
- PN-EN 14227-15:2015-12 "Mieszanki związane spoiwem hydraulicznym - Specyfikacje - Część 15: Grunty stabilizowane hydraulicznie"
- Grunty niewysadzinowe wg tablicy 2.

Szczegółowe wymagania powinny zostać określone w dokumentacji projektowej.

3.5. Podsypka

Rodzaj podsypki i jej grubość powinny być zgodne z dokumentacją projektową.

Grubość podsypki powinna wynosić w zagęszczeniu 3÷5 cm, a wymagania dla materiałów na podsypkę powinny być zgodne z pkt 2.2. Dopuszczalne odchyłki od zaprojektowanej grubości podsypki nie powinny przekraczać ±1 cm.

Podsypkę piaskową należy zwilżyć wodą, równomiernie rozścielić i zagęścić lekkimi walcami (np. ręcznymi) lub zagęszczarkami wibracyjnymi w stanie wilgotności optymalnej.

Podsypkę cementowo-piaskową przygotowuje się w betoniarkach a następnie rozściela się na uprzednio zwilżonej podbudowie, przy zachowaniu:

- współczynnika wodno-cementowego od 0,25 do 0,35

- wytrzymałości na ściskanie nie mniejszej niż $R = 10 \text{ Mpa}$, $R = 14 \text{ Mpa}$.

W praktyce wilgotność układanej podsypki powinna być taka, aby po ściśnięciu podsypki w dłoni podsypka nie rozsypywała się i nie było na niej śladów wody, a po naciśnięciu palcami podsypka nie rozsypywała się. Rozścielenie podsypki cementowo-piaskowej powinno wyprzedzać układanie nawierzchni od 3 do 5 m. Rozścielona podsypka powinna być wyprofilowana i zagęszczona w stanie wilgotnym zagęszczarkami wibracyjnymi. Całkowite ubicie nawierzchni na podsypce cementowo-piaskowej musi być zakończone przed rozpoczęciem wiązania cementu w podsypce.

Jeśli podsypka jest wykonana z suchej zaprawy cementowo-piaskowej to po zawałowaniu nawierzchni należy ją polać wodą w takiej ilości, aby woda zwilżyła całą grubość podsypki. Rozścielenie podsypki z suchej zaprawy może wyprzedzać układanie nawierzchni o około 20 m.

3.6. Układanie nawierzchni z płyt brukowych lub kostki brukowej

3.6.1. Kształt, wymiary, barwę i inne cechy charakterystyczne elementów brukowych wg pkt. 2.1 powinny być zgodne z dokumentacją projektową, a w przypadku braku wystarczających ustaleń Wykonawca przedkłada odpowiednie propozycje do zaakceptowania Inżynierowi.

3.6.2. Warunki atmosferyczne

Ułożenie nawierzchni z płyt brukowych lub kostki brukowej na podsypce cementowo-piaskowej zaleca się wykonywać przy temperaturze otoczenia nie niższej niż $+5^{\circ}\text{C}$. Dopuszcza się wykonanie nawierzchni, jeśli w ciągu dnia temperatura utrzymuje się w granicach 0°C do $+5^{\circ}\text{C}$, przy czym jeśli w nocy spodziewane są przymrozki, nawierzchnię należy zabezpieczyć materiałami o niskim przewodnictwie ciepła (np. matami ze słomy, papą itp.). Nawierzchnię na podsypce piaskowej zaleca się wykonywać w dodatnich temperaturach otoczenia.

3.6.3. Ułożenie nawierzchni

Warstwa nawierzchni powinna być wykonana z elementów jednakowej grubości. Na większym fragmencie robót zaleca się stosować płyty dostarczone w tej samej partii materiału. Układanie nawierzchni powinni wykonywać przyuczeni brukarze. Dzienną działkę roboczą nawierzchni na podsypce cementowo-piaskowej zaleca się zakończyć prowizorycznie około półmetrowym pasem nawierzchni na podsypce piaskowej w celu wytworzenia oporu dla ubicia nawierzchni ułożonej na stałe. Przed dalszym wznowieniem robót, prowizorycznie ułożoną nawierzchnię na podsypce piaskowej należy rozebrać i usunąć wraz z podsypką.

3.6.4. Spoiny

3.6.4.1. Spoiny

Szerokość spoin pomiędzy betonowymi elementami brukowymi powinna wynosić od 3 mm do 5 mm.

Po ułożeniu elementów brukowych spoiny należy wypełnić:

a) piaskiem, spełniającym wymagania pkt. 2.2 c), jeśli nawierzchnia jest na podsypce piaskowej

b) zaprawą cementowo-piaskową, jeśli nawierzchnia jest na podsypce cementowo-piaskowej.

Wypełnienie spoin piaskiem polega na rozsypaniu warstw piasku i wmięceniu go w spoiny na sucho lub, po obfitym polaniu wodą - wmięceniu papki piaskowej szczotkami względnie rozgarniaczkami z piórami gumowymi.

4. KONTROLA JAKOŚCI ROBÓT

4.1. Badania przed przystąpieniem do robót

Przed przystąpieniem do robót Wykonawca powinien:

- uzyskać wymagane dokumenty, dopuszczające wyroby budowlane do obrotu i powszechnego stosowania (aprobaty techniczne, certyfikaty zgodności, deklaracje zgodności i ew. badania materiałów wykonane przez dostawców itp.),

- wykonać badania właściwości materiałów przeznaczonych do wykonania robót, określone w pkt. 2, Wszystkie dokumenty oraz wyniki badań Wykonawca przedstawia Inżynierowi do akceptacji.

4.2. Badania w czasie robót

Częstotliwość oraz zakres badań i pomiarów w czasie robót nawierzchniowych podaje tablica 3.

Tablica 3. Częstotliwość oraz zakres badań i pomiarów w czasie robót

Lp.	Wyszczególnienie badań i pomiarów	Częstotliwość badań	Wartości dopuszczalne
1	Sprawdzenie podłoża i koryta	Wg pkt.3	
2	Sprawdzenie ew. podbudowy	Wg norm, wytycznych, wymienionych w pkt. 3.4.1	
4	Sprawdzenie podsypki (przymiarem liniowym lub metodą niwelacji)	Bieżąca kontrola w 10 punktach dziennej działki roboczej; grubości, spadków i cech konstrukcyjnych w porównaniu z dokumentacją projektową i specyfikacją	Wg pkt. 3.5; odchyłki od projektowanej grubości ± 1 cm
5	Badania wykonywania nawierzchni		
	a) zgodność z dokumentacją projektową	Sukcesywnie na każdej działce roboczej	-
	b) położenie osi w planie (sprawdzone geodezyjnie)	Co 100 m i we wszystkich punktach charakterystycznych	Przesunięcie od osi projektowanej do 2 cm
	c) rzędne wysokościowe (pomierzone instrumentem pomiarowym)	Co 25 m w osi i przy krawędziach oraz we wszystkich punktach charakterystycznych	Odchylenia: +1 cm; -2 cm
	d) równość w profilu podłużnym (łata czterometrowa)	Jw.	Nierówności do 8 mm
	e) równość w przekroju poprzecznym (sprawdzona łata profilową z poziomnicą i pomiarze prześwitu klinem cechowanym oraz przymiarem liniowym względnie metodą niwelacji)	Jw.	Prześwity między łata a powierzchnią do 8 mm
	f) spadki poprzeczne (sprawdzone metodą niwelacji)	Jw.	Odchyłki od dokumentacji projektowej do 0,3%
	g) szerokość nawierzchni (sprawdzona przymiarem liniowym)	Jw.	Odchyłki od szerokości projektowanej do ± 5 cm
	h) szerokość i głębokość wypełnienia spoin i szczelin (ogłędziny i pomiar przymiarem liniowym po wykruszeniu dług. 10 cm)	W 20 punktach charakterystycznych dziennej działki roboczej	Wg pkt. 3.6.4

4.3. Badania wykonanych robót

Zakres badań i pomiarów wykonanej nawierzchni z płyt brukowych podano w tablicy 4.

Tablica 4. Badania i pomiary po ukończeniu budowy nawierzchni

Lp.	Wyszczególnienie badań i pomiarów	Sposób sprawdzenia
1	Sprawdzenie wyglądu zewnętrznego nawierzchni, krawężników, obrzeży, ścieków	Wizualne sprawdzenie jednorodności wyglądu, prawidłowości desenia, spękań, plam, deformacji, wykruszeń, spoin i szczelin
2	Badanie położenia osi nawierzchni w planie	Geodezyjne sprawdzenie położenia osi co 25 m i w punktach charakterystycznych (dopuszczalne przesunięcia wg tab. 3, lp. 5b)
3	Rzędne wysokościowe, równość podłużna i poprzeczna, spadki poprzeczne i szerokość	Co 25 m i we wszystkich punktach charakterystycznych (wg metod i dopuszczalnych wartości podanych w tab. 3, lp. od 5c do 5g)
4	Rozmieszczenie i szerokość spoin i szczelin w nawierzchni, pomiędzy krawężnikami, obrzeżami, ściekami oraz wypełnienie spoin i szczelin	Wg pkt. 3.6.4