



Fundusze Europejskie
dla Rozwoju Społecznego



Rzeczpospolita
Polska

Dofinansowane przez
Unię Europejską



Materiały dydaktyczne

BUDOWNICTWO KOMUNIKACYJNE

Spis treści:

- 1. Historia rozwoju budownictwa drogowego. Klasyfikacja techniczna i funkcjonalna dróg i ulic. Problemy bezpieczeństwa ruchu drogowego.*
- 2. Parametry techniczne projektowania. Zasady kształtowania geometrycznego dróg kołowych – droga w planie, przekroju podłużnym i poprzecznym. Charakterystyka skrzyżowań i węzłów drogowych.*
- 3. Komunikacja zbiorowa. Ruch pieszego i rowerowego. Podstawowe zagadnienia z inżynierii ruchu drogowego.*
- 4. Odwodnienie powierzchniowe i wgłębne dróg i ulic.*
- 5. Klasyfikacja materiałów drogowych. Mieszanki mineralno-bitumiczne. Konstrukcje jezdni drogowych i ogólne zasady ich wymiarowania. Nawierzchnie bitumiczne i betonowe – technologia wykonania. Wykorzystanie materiałów pochodzących z recyklingu. Materiały pochodzące z recyklingu nawierzchni betonowych i asfaltowych – destruktu i granulatu asfaltowego.*
- 6. Ogólna charakterystyka transportu kolejowego i lotniczego oraz jego infrastruktury w Polsce. Elementy drogi kolejowej. Nawierzchnia kolejowa. Linie kolejowe dużych prędkości.*
- 7. Transport lotniczy - podstawowe elementy i klasyfikacja lotnisk.*

Opracowanie: dr inż. Marta Mazewska

Łomża, 30.11.2024



1. Historia rozwoju budownictwa drogowego. Klasyfikacja techniczna i funkcjonalna dróg i ulic. Problemy bezpieczeństwa ruchu drogowego

Historia budownictwa drogowego rozpoczyna się wraz z pierwszymi plemionami ludzkimi. Pierwsze trakty komunikacyjne tworzyli ludzie pierwotni. Były to pieszkie ścieżki wydeptywane w pierwotnych puszczech. Pokonywane odległości były wówczas ograniczone do pieszej wędrówki. Około III-tysiąclecia p.n.e. nastąpiło prawdopodobnie udomowienie konia i od tego czasu ścieżki pieszkie zaczęły przekształcać się w trakty konne. Wzdłuż szlaków komunikacyjnych zaczęła tworzyć się infrastruktura obejmujące wsie, a także karczmy, stajnie, kuźnie itp.

Rozwój budownictwa drogowego ma swój początek w momencie wynalezienia koła. Drogi kołowe obok szlaków wodnych, stanowiły w czasach starożytnych i średniowiecza podstawową sieć komunikacyjną. Asyryjczycy i Egipcjanie budowali drogi kamienne. Bez wątpienia podwaliny dla budowy dróg w Europie zachodniej położyło Imperium Rzymskie. Cesarze rzymscy docenili rolę sieci drogowych, które ułatwiały utrzymanie władzy na ogromnym obszarze, w skład którego wchodziły tereny zachodniej Europy. Najśłynniejszą rzymską drogą, fragmenty której zachowały się do naszych czasów, jest Via Appia wybudowana w 312 r. p.n.e., łącząca Rzym z Kapuą. Nawierzchnię drogi stanowiły płyty kamienne o nieregularnym kształcie, układane na podłożu z tłuczonego kamienia. Via Appia jest do dnia dzisiejszego jednym z ważniejszych szlaków drogowych we Włoszech, łącząc Rzym z Neapolem.

Pierwsze drogi o gładkiej nawierzchni z drobnego kamienia powstały w połowie XVII w. we Francji i Anglii. W XIX w. obok dróg kołowych i szlaków żeglugowych, pojawiły się także linie kolejowe i transport powietrzny. Dynamiczny rozwój dróg kołowych nastąpił z chwilą pojawienia się samochodów. Zwiększenie szybkości poruszania się pojazdów, spowodowało konieczność udoskonalenia szlaków komunikacyjnych i unormowania zasad ich użytkowania. W 1922 roku wybudowano we Włoszech pierwszą autostradę, czyli drogę przeznaczoną wyłącznie dla samochodów. Autostrady powstawały wówczas w dużej ilości również w USA i Niemczech.

Podstawowy podział dróg określa Ustawa o drogach publicznych:

„(...) Drogi publiczne ze względu na funkcje w sieci drogowej dzielą się na następujące kategorie:

- 1) drogi krajowe;
- 2) drogi wojewódzkie;
- 3) drogi powiatowe;
- 4) drogi gminne.

(...) Drogi publiczne ze względów funkcjonalno-technicznych dzielą się na drogi zamiejskie i ulice oraz klasy (...). Drogi publiczne ze względu na ich dostępność dzielą się na:

- 1) drogi ogólnodostępne;
- 2) drogi o ograniczonej dostępności, w tym autostrady i drogi ekspresowe”.

Klasyfikacja dróg określona została w Rozporządzeniu Ministra Infrastruktury z dnia 24 czerwca 2022 r. w sprawie przepisów techniczno-budowlanych dotyczących dróg publicznych:

„Drogi dzielą się na klasy, które są oznaczone symbolem literowym lub opisowo:

- A - autostrada;
- S - ekspresowa;
- GP - główna ruchu przyspieszonego;
- G - główna;
- Z - zbiorcza;



L - lokalna;

D - dojazdowa.

(...) Droga klasy A lub S jest drogą zamiejską.

(...) Droga klasy GP, G, Z, L lub D jest drogą zamiejską lub ulicą.”

Droga, w zależności od kategorii w rozumieniu przepisów o drogach publicznych, powinna mieć klasę:

- 1) kategorii krajowej – standardowo klasę A, S lub GP, w trudnych warunkach dopuszcza się – G;
- 2) kategorii wojewódzkiej – standardowo klasę G, dopuszcza się – GP, w trudnych warunkach – Z;
- 3) kategorii powiatowej – standardowo klasę Z, dopuszcza się – G lub GP, w trudnych warunkach – L;
- 4) kategorii gminnej – standardowo klasę D lub L, dopuszcza się – Z, G lub GP.”

Bezpieczeństwo ruchu drogowego – BRD, jest dziś jednym z ważniejszych tematów poruszanych w ramach analiz ruchu drogowego, kształtowania sieci drogowej i budownictwa komunikacyjnego. Głównym czynnikiem kształtującym bezpieczeństwo ruchu drogowego jest człowiek i to jego zachowanie powoduje wypadki drogowe. Sprawcami wypadków przede wszystkim są kierujący, następnie piesi oraz pasażerowie. Inne czynniki mają zdecydowanie mniejsze znaczenie. W 2020 roku z winy kierujących powstało 89,2% ogólnej liczby wypadków, w których śmierć poniosło ponad 2 tys. osób, a ponad 24 tys. zostały ranne. Główne przyczyny wypadków to nieustąpienie pierwszeństwa przejazdu i niedostosowanie prędkości do warunków ruchu. Drugą w kolejności najliczniejszą grupą sprawców wypadków drogowych byli piesi, którzy łącznie spowodowali 1385 wypadków, w wyniku których śmierć poniosło 301 osób.

Najczęstsze przyczyny wypadków z winy pieszych to:

- wejście na jezdnię bezpośrednio przed jadącym samochodem (ponad 50%),
- przekraczanie jezdni w miejscu niedozwolonym,
- wejście na jezdnię przy czerwonym świetle,
- wejście na jezdnię zza pojazdu, przeszkody.

W celu zapewnienia bezpieczeństwa w ruchu drogowym, należy prawidłowo zorganizować przemieszczanie się pojazdów, co jest wykonywane poprzez:

- oznakowanie poziome i pionowe,
- sygnalizację świetlną,
- sygnały podawane przez upoważnione osoby.

Prawidłowe zachowanie na drogach zapewnia przestrzeganie przepisów Prawa o ruchu drogowym.

2. Parametry techniczne projektowania. Zasady kształtowania geometrycznego dróg kołowych – droga w planie, przekroju podłużnym i poprzecznym. Charakterystyka skrzyżowań i węzłów drogowych.

Podstawowe definicje dotyczące dróg podano w *Ustawie o drogach publicznych* oraz w *Rozporządzeniu Ministra Infrastruktury z dnia 24 czerwca 2022 r. w sprawie przepisów techniczno-budowlanych dotyczących dróg publicznych*:

- **Pas drogowy** – wydzielony liniami rozgraniczającymi grunt wraz z przestrzenią nad i pod jego powierzchnią, w którym jest lub będzie usytuowana droga;
- **Droga** – budowla składająca się z części i urządzeń drogi, budowli ziemnych, lub drogowych obiektów inżynierskich, określonych w przepisach wydanych na podstawie art. 7 ustawy z dnia 7 lipca 1994 r. – Prawo budowlane, stanowiąca całość techniczno-



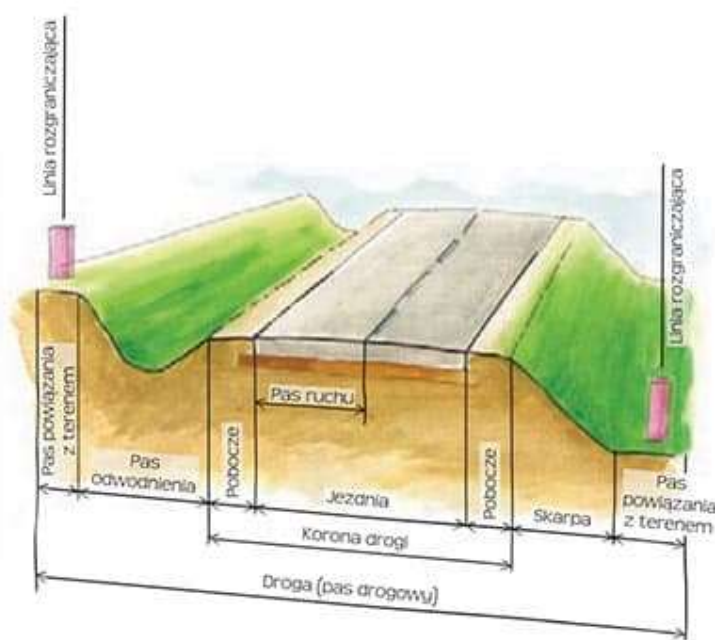
użytkową, usytuowaną w pasie drogowym i przeznaczoną do ruchu lub postoju pojazdów, ruchu pieszych, ruchu osób poruszających się przy użyciu urządzenia wspomagającego ruch, jazdy wierzchem lub pędzenia zwierząt;

- **Urządzenie drogi** – obiekt lub urządzenie, w tym obiekt lub urządzenie budowlane, związane funkcjonalnie z drogą lub ruchem drogowym, w tym kanał technologiczny;
- **Urządzenie obce** – obiekt lub urządzenie, w tym obiekt lub urządzenie budowlane, w szczególności wodociągowe, kanalizacyjne, gazowe, ciepłne, telekomunikacyjne lub elektroenergetyczne, niezwiązane funkcjonalnie z drogą lub ruchem drogowym, z wyjątkiem kanału technologicznego;
- **Jezdnia** – część drogi przeznaczona do ruchu pojazdów, składająca się z pasa albo pasów ruchu, z wyjątkiem torowiska wydzielonego z jezdni;
- **Zjazd** – część drogi publicznej łącząca jezdnię z nieruchomością gruntową usytuowaną poza pasem drogowym, stanowiącą bezpośrednie miejsce dostępu do drogi publicznej w rozumieniu przepisów o planowaniu i zagospodarowaniu przestrzennym;
- **Skrzyżowanie** – część drogi publicznej będącą połączeniem dróg publicznych albo jezdni jednej drogi publicznej w jednym poziomie;
- **Węzeł** – część drogi publicznej będącą połączeniem dróg publicznych na różnych poziomach;
- **Kanał technologiczny** – ciąg osłonowych elementów obudowy, studni kablowych oraz innych obiektów lub urządzeń służących umieszczeniu lub eksploatacji: urządzeń infrastruktury technicznej związanych z potrzebami zarządzania drogami lub potrzebami ruchu drogowego, linii telekomunikacyjnych wraz z zasilaniem oraz linii elektroenergetycznych, niezwiązanych z potrzebami zarządzania drogami lub potrzebami ruchu drogowego;
- **Budowa drogi** – wykonywanie połączenia drogowego między określonymi miejscami lub miejscowościami, a także jego odbudowę i rozbudowę;
- **Przebudowa drogi** – wykonywanie robót, w których wyniku następuje podwyższenie parametrów technicznych i eksploatacyjnych istniejącej drogi, niewymagających zmiany granic pasa drogowego;
- **Remont drogi** – wykonywanie robót przywracających pierwotny stan drogi, także przy użyciu wyrobów budowlanych innych niż użyte w stanie pierwotnym;
- **Nawierzchnia** – warstwa lub zespół warstw, których celem jest rozłożenie obciążeń od kół pojazdów lub ruchu pieszych oddziałujących na podłoże gruntowe lub konstrukcję drogowego obiektu inżynierskiego oraz zapewnienie bezpieczeństwa i komfortu ruchu, przy czym: nawierzchnia gruntowa – nawierzchnia z gruntu rodzimego lub nasypowego, ulepszona mechanicznie lub chemicznie, w której dopuszcza się wykonanie wierzchniej warstwy z kruszywa naturalnego, sztucznego lub pochodzącego z recyklingu, nawierzchnia twarda – nawierzchnia niebędąca nawierzchnią gruntową;
- **Prędkość do projektowania** – parametr wyznaczający standard drogi, z uwzględnieniem jej funkcji, któremu przyporządkowane są graniczne parametry części drogi oraz zakres jej wyposażenia, w tym: prędkość do projektowania odcinków, dróg, prędkość do projektowania dróg dla rowerów, prędkość do projektowania dróg dla pieszych i rowerów, prędkość do projektowania w obszarze skrzyżowania i prędkość do projektowania części drogi w obszarze węzła.



Zgodnie z w/w Rozporządzeniem droga składa się co najmniej:

- z jezdni;
- z poboczy lub usytuowanych w ich miejscu innych części drogi, jeżeli spełniają one co najmniej jedną z funkcji poboczy określoną w przepisach o ruchu drogowym;
- z urządzeń do odwodnienia;
- ze znaków drogowych, sygnalizatorów drogowych lub urządzeń bezpieczeństwa ruchu drogowego, jeżeli konieczność ich umieszczenia na drodze wynika z przepisów o ruchu drogowym.



Rys. 1 Podstawowe elementy przekroju drogowego.

Źródło: betonowedrogi.pl/technologie-i-badania/

Podstawowym parametrem do projektowania dróg jest prędkość. Drogę zamiejską projektuje się w taki sposób, że prędkość do projektowania przyjmuje się w zależności od klasy drogi:

- dla kl. A – standardowo 140 km/h, w trudnych warunkach dopuszcza się 130 lub 120 km/h;
- dla klasy S – standardowo 130 km/h, w trudnych warunkach dopuszcza się 120, 110, 100 lub 90 km/h;
- dla klasy GP – standardowo 110 km/h, w trudnych warunkach dopuszcza się 100, 90 lub 80 km/h;
- dla klasy G – standardowo 100 km/h, w trudnych warunkach dopuszcza się 90, 80, 70 lub 60 km/h;



- dla klasy Z – standardowo 80 km/h, w trudnych warunkach dopuszcza się 70, 60, 50 lub 40 km/h;
- dla klasy L – standardowo 60 km/h, w trudnych warunkach dopuszcza się 50 lub 40 km/h;
- dla klasy D – 40 km/h lub 30 km/h.

Ulicę projektuje się w taki sposób, że prędkość do projektowania przyjmuje się w zależności od klasy drogi:

- dla klasy GP – standardowo 70 km/h, dopuszcza się 60 lub 80 km/h;
- dla klasy G – standardowo 60 km/h, dopuszcza się 50 lub 70 km/h;
- dla klasy Z – standardowo 50 km/h, dopuszcza się 30 lub 40 km/h;
- dla klasy L – standardowo 40 km/h, dopuszcza się 30 lub 50 km/h;
- dla klasy D – 30 km/h.

Ukształtowanie drogi w planie powinno zapewniać bezpieczeństwo oraz efektywność użytkowania. Oznacza to zapewnienie:

- a) wymaganej widoczności,
- b) stateczności pojazdu na mokrej i oblodzonej nawierzchni,
- c) płynności i jednorodności układu geometrycznego, tzn. zbliżonych wartości parametrów geometrycznych na całym ciągu, a w przypadku konieczności ich zmian, stopniową ich modyfikację,
- d) powiązania z otoczeniem przez węzły, skrzyżowania, zjazdy, wyjazdy lub wjazdy.

Łuk kołowy w planie projektuje się w taki sposób, aby zapewnić bezpieczeństwo ruchu pojazdów z prędkością do projektowania, w szczególności przez wzajemne dostosowanie wartości promienia łuku kołowego w planie i pochylenia poprzecznego na tym łuku.

Zmianę pochylenia poprzecznego jezdni wykonuje się na krzywej przejściowej, prostej przejściowej lub na łuku w planie o większym promieniu, jeżeli ten łuk jest elementem krzywej kosztowej. Ukształtowanie jezdni musi wówczas zapewniać sprawny spływ wody oraz płynny przebieg krawędzi jezdni.

Szerokość pasa ruchu na jezdni z co najmniej dwoma pasami ruchu, w zależności od klasy drogi, wynosi:

- 1) standardowo 3,75 m, w trudnych warunkach dopuszcza się 3,50 m – w przypadku klasy A;
- 2) standardowo 3,50 m, dopuszcza się 3,75 m, w trudnych warunkach 3,25 m – w przypadku klasy S;
- 3) standardowo 3,50 m, w trudnych warunkach dopuszcza się 3,25 m – w przypadku klasy GP;
- 4) standardowo 3,50 m, w trudnych warunkach dopuszcza się 3,25 lub 3,00 m – w przypadku klasy G;
- 5) standardowo 3,00 m, dopuszcza się 3,25 lub 3,50 m, w trudnych warunkach 2,75 m – w przypadku klasy Z;
- 6) standardowo 2,75 m, dopuszcza się 3,00, 3,25 lub 3,50 m, w trudnych warunkach 2,50 m – w przypadku klasy L;
- 7) standardowo 2,50 m, dopuszcza się 2,75, 3,00, 3,25 lub 3,50 m, w trudnych warunkach 2,25 m – w przypadku klasy D.

Szerokość pasa ruchu na łuku kołowym w planie powinna umożliwiać przejazd pojazdu miarodajnego z zachowaniem bezpiecznej odległości między wymijającymi się pojazdami.

Pochylenie poprzeczne jezdni musi umożliwiać sprawny spływ wody, a zatem musi wynosić nie mniej niż:



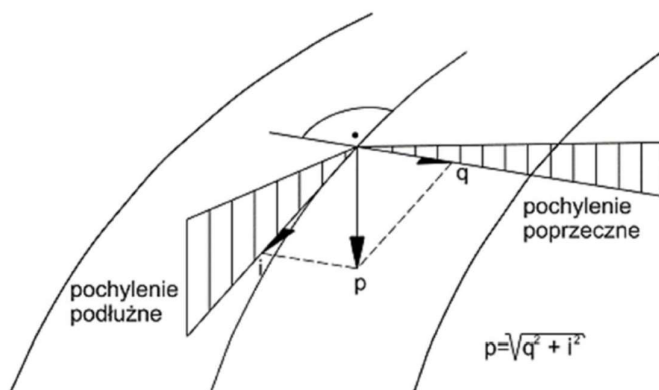
- a) 2,0% – w przypadku nawierzchni twardej na drodze klasy G, Z, L lub D,
- b) 2,5% – w przypadku nawierzchni twardej na drodze klasy A, S lub GP oraz na drodze klasy G, Z, L lub D o szerokości części nawierzchni z jednospadowym pochyleniem przekraczającej 10,00 m,
- c) 3,0% – w przypadku nawierzchni twardej z utrudnionym spływem wody, np. z bruku,
- d) 4,0% – w przypadku nawierzchni gruntowej.

Niweleta drogi to rozwinięta na płaszczyźnie rysunku krawędź przechodząca przez oś podłużną drogi, której położenie pionowe jest odniesione do powierzchni terenu.

Niweletę drogi projektuje się w taki sposób, aby zapewnić warunki widoczności, skuteczne odwodnienie oraz ograniczyć wartości pochyłeń podłużnych. Załamania niwelety wyokrągla się krzywymi. Dopuszcza się rezygnację z wpisywania krzywej, o ile nie pogarsza to bezpieczeństwa i wygody ruchu. Pochylenie podłużne jezdni, w zależności od prędkości projektowej, powinno wynosić nie więcej niż:

- standardowo 4%, a w trudnych warunkach na odcinku nie dłuższym niż 500 m dopuszcza się 5%, jeżeli prędkość do projektowania wynosi 140 lub 130 km/h;
- standardowo 5%, a w trudnych warunkach na odcinku nie dłuższym niż 500 m dopuszcza się 6%, jeżeli prędkość do projektowania wynosi 120 lub 110 km/h;
- standardowo 6%, a w trudnych warunkach dopuszcza się 7%, jeżeli prędkość do projektowania wynosi 100 lub 90 km/h;
- standardowo 7%, a w trudnych warunkach dopuszcza się 8%, jeżeli prędkość do projektowania wynosi 80 lub 70 km/h;
- standardowo 8%, a w trudnych warunkach dopuszcza się 10%, jeżeli prędkość do projektowania wynosi 60 km/h;
- standardowo 9%, a w trudnych warunkach dopuszcza się 11%, jeżeli prędkość do projektowania wynosi 50 km/h;
- standardowo 10%, a w trudnych warunkach dopuszcza się 12%, jeżeli prędkość do projektowania wynosi 40 lub 30 km/h.

Pochylenie ukośne jezdni powinno być nie mniejsze niż 0,7% i nie większe niż 12,0%. W trudnych warunkach dopuszcza się zwiększenie pochylenia ukośnego jezdni przy zastosowaniu dodatkowych rozwiązań zapewniających bezpieczeństwo ruchu i stateczność pojazdów (na podstawie *Rozporządzeniu Ministra Infrastruktury z dnia 24 czerwca 2022 r. w sprawie przepisów techniczno-budowlanych dotyczących dróg publicznych*).



Rys. 2 Pochylenie podłużne i poprzeczne jezdni



Źródło: WR-D-22-2

Przekrój drogi	Klasa drogi						
	A	S	GP	G	Z	L	D
Dwie jezdnie główne							
2/4	○	○	◆	◆	◆	◆	◆
2/3	○	○	○	○	◆	◆	◆
2/2	○	○	●	○	○	◆	◆
Jedna jezdnia główna							
↔ 1/2+1	◆	◆	○	○	◆	◆	◆
↔ 1/2	◆	◆	○	●	●	●	●
↔ 1/2-1	◆	◆	◆	◆	◆	○	○
↔ 1/1	◆	◆	◆	◆	◆	◆	○
● przekrój standardowy ○ przekrój dopuszczalny ◆ przekrój niedopuszczalny ↔ przekrój dwukierunkowy							

Tab. 1 Zalecane przekroje dróg

Źródło: WR-D-22-2

Rodzaj pojazdu	Symbol pojazdu	Długość pojazdu $L_{\text{poł}}$ [m]	Szerokość pojazdu $W_{\text{poł}}$ [m]	Zewnętrzny promień korytarza wyjściowego ruchu [m]	Minimalny zewnętrzny promień skrętu [m]	Wewnętrzny promień korytarza wyjściowego ruchu [m]	Projektowy promień skrętu [m]
Pojazd osobowy	PO	5,10	1,85	7,75	7,35	4,85	6,00
Pojazd komunalny (np. śmieciarka)	PK	9,90	2,55	10,00	9,15	5,75	8,00
Pojazd ciężarowy z naczepą	PN	16,50	2,55	12,50	12,00	6,00	10,00
Pojazd ciężarowy bez przyczepy	PP0	12,00	2,55	11,80	11,00	6,00	9,00
Pojazd ciężarowy z przyczepą	PP1	18,75	2,55	12,75	12,25	6,75	10,00
Ciągnik rolniczy z dwiema przyczepami	CR2	22,00	2,55	7,50	7,25	–	9,00
Autobus dwuosowy	A2	13,50	2,55	12,00	10,50	5,00	9,00
Autobus trzyosowy	A3	15,00	2,55	12,00	10,50	4,50	9,00
Autobus przegubowy	AP	18,75	2,55	13,35	12,00	7,00	12,00

Tab. 2 Pojazdy miarodajne

Źródło: WR-D-22-1



Skrzyżowanie to część drogi publicznej będącą połączeniem dróg publicznych albo jezdni jednej drogi publicznej w jednym poziomie.

Elementami sytuacyjnego rozwiązania skrzyżowania podlegającymi projektowaniu są:

- a) osie dróg i kąt ich przecięcia, w tym naprowadzenie wlotów podporządkowanych,
 - b) wloty i ich poszerzenia (skosy załamania krawędzi jezdni i wyokrąglenia załamów),
 - c) pasy ruchu:
 - pasy ruchu (szerokości pasów ruchu dla relacji na wprost i relacji skrętnych, w tym korytarzy ruchu ograniczonych krawężnikami),
 - dodatkowe pasy ruchu (długości odcinków zmiany pasa ruchu, zwalniania i akumulacji),
 - d) korytarze relacji skrętnych,
 - e) wyspy dzielące i wyspy kanalizujące (kształt i wymiary, z uwzględnieniem potrzeb pieszych oraz kierujących rowerami),
 - f) wyspy środkowe w przypadku mini rond i rond jednopasowych lub skrzyżowań o rozsuniętych wlotach i wylotach z wyspą centralną (kształt i wymiary),
 - g) szerokości jezdni i pierścienia wokół wyspy środkowej ronda jednopasowego,
 - h) konstrukcja geometryczna wyspy środkowej i pasów ruchu na jezdni ronda turbinowego (liczba pasów i ich szerokość),
 - i) infrastruktura dla pieszych i rowerów oraz infrastruktura transportu zbiorowego:
 - przejścia dla pieszych (ich usytuowanie i szerokości),
 - pasy ruchu dla rowerów i przejazdy dla rowerów (sposób prowadzenia przez skrzyżowanie i szerokości),
 - pasy ruchu dla autobusów, trolejbusów, torowiska tramwajowe, przystanki komunikacyjne (ich usytuowanie i wymiary),
 - j) wyposażenie skrzyżowania:
 - znaki pionowe i poziome, sygnalizacja świetlna i urządzenia bezpieczeństwa ruchu drogowego,
 - urządzenia do oświetlenia (rozmieszczenie punktów świetlnych).
- Ze względu na wymagania techniczne i użytkowe skrzyżowania dzieli się na:
- zwykłe – niezawierające na żadnym wlocie wyspy dzielącej kierunki ruchu lub środkowego pasa dzielącego,
 - skanalizowane – zawierające co najmniej na jednym wlocie wyspę dzielącą kończącą się w pobliżu krawędzi drogi poprzecznej (wyodrębnioną z jezdni lub w wyjątkowych przypadkach wyznaczoną oznakowaniem poziomym) lub środkowy pas dzielący. Nie tworzy skrzyżowania skanalizowanego powierzchnia wyłączona z ruchu oznakowaniem poziomym lub wyspa usytuowana tylko w obszarze klina naprowadzającego przed dodatkowym pasem do skrętu w lewo na wlocie skrzyżowania. Do skrzyżowań skanalizowanych zalicza się skrzyżowanie o rozsuniętych wlotach i wylotach z wyspą centralną,
 - ronda – zawierające wyspę środkową, wokół której odbywa się ruch okrężny; w określonym przypadku wyspa może być przejezdna.
- Ze względu na organizację ruchu skrzyżowania można podzielić na:
- a) bez sygnalizacji świetlnej – z regulacją ruchu za pomocą znaków pierwszeństwa i podporządkowania albo na których żadnej z dróg nie nadano pierwszeństwa,
 - b) z sygnalizacją świetlną.



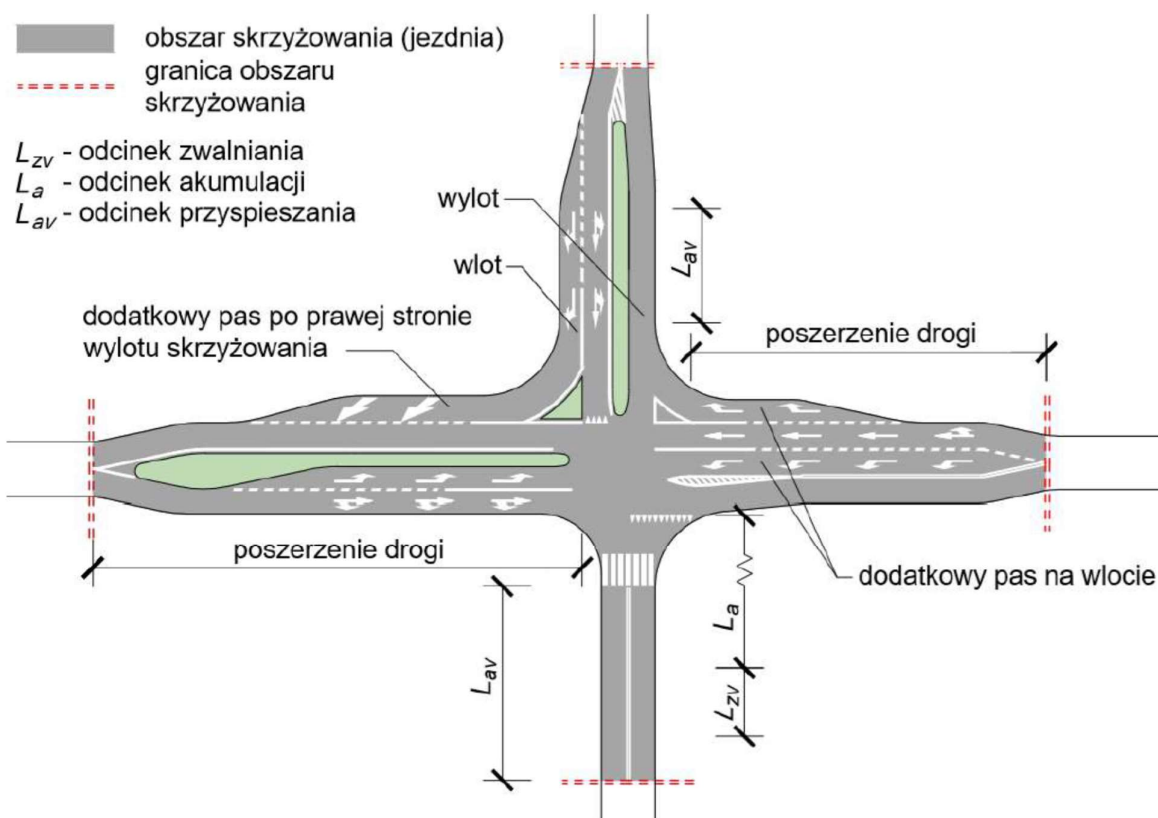
Ze względu na usytuowanie skrzyżowania dzieli się na:

- a) usytuowane poza obszarem zabudowanym (na drogach zamiejskich),
- b) usytuowane w obszarze zabudowanym (na ulicach) (na podstawie WR-D-31-1).

Węzeł drogowy to część drogi publicznej będącą połączeniem dróg publicznych na różnych poziomach.

W obszarze węzła wyróżnia się następujące elementy:

- a) jezdnie główne – krzyżujące się na różnych poziomach lub dochodzące do siebie,
- b) wyjazdy – miejsca wyłączania się potoku ruchu z jezdni głównej, jezdni zbierająco-rozprowadzającej lub łącznicy,
- c) wjazdy – miejsca włączania się potoku ruchu do jezdni głównej, jezdni zbierająco-rozprowadzającej lub łącznicy,
- d) pasy wyłączenia – dodatkowe pasy ruchu umożliwiające redukcję prędkości i wyjazd z jezdni głównych, łącznic lub jezdni zbierająco-rozprowadzających,
- e) pasy włączenia – dodatkowe pasy ruchu umożliwiające zwiększenie prędkości i wjazd na jezdnie główne, łącznice lub jezdnie zbierająco-rozprowadzające,
- f) łącznice – odcinki jezdni łączących wyjazdy z wjazdami (pasy włączenia lub wyłączenia),
- g) odcinki przeplatania potoków ruchu – w obszarze których przecinają się potoki pojazdów: wjeżdżających i wyjeżdżających oraz poruszających się na wprost jezdnią główną, jezdnią zbierająco-rozprowadzającą lub łącznicą,
- h) jezdnie zbierająco-rozprowadzające – umożliwiające wjazd i wyjazd potoków pojazdów poza jezdnią główną,
- i) drogowe obiekty inżynierskie – umożliwiające krzyżowanie się potoków ruchu na różnych poziomach,
- j) skrzyżowania (dot. węzłów typu WB i WC) – zapewniające możliwość wyboru kierunku jazdy,
- k) wyposażenie dodatkowe – urządzenia bezpieczeństwa ruchu drogowego, urządzenia do oświetlenia, urządzenia do odwodnienia, urządzenia organizacji ruchu i inne – niezbędne do sprawnego i bezpiecznego funkcjonowania węzłów.



Rys. 3 Elementy skrzyżowania

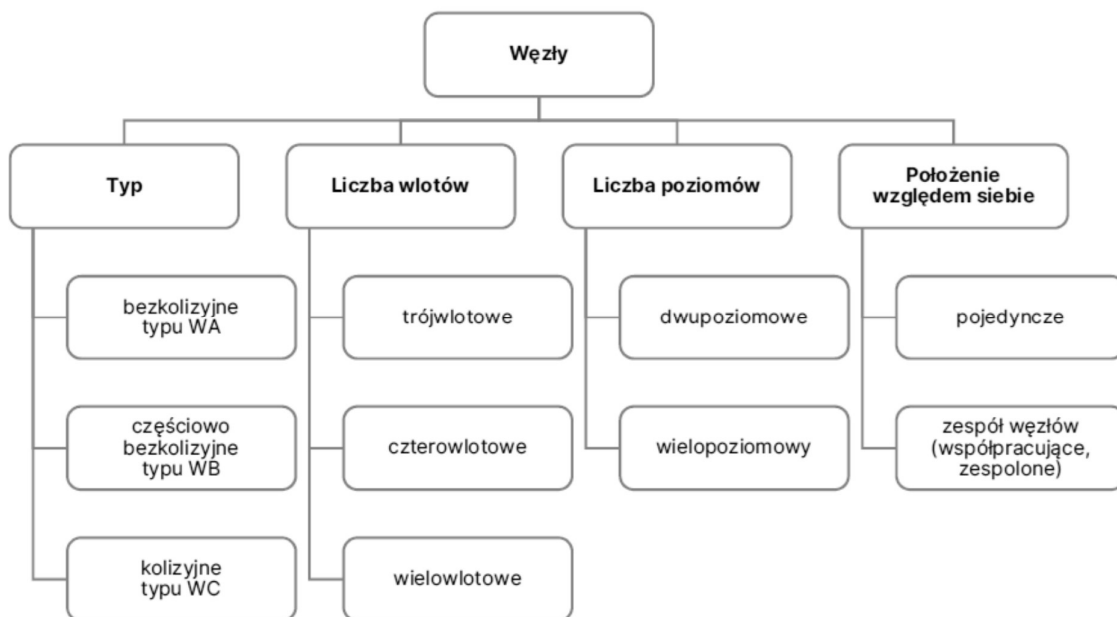
Źródło: WR-D-31-1

Elementami sytuacyjnego rozwiązania węzła, podlegającymi projektowaniu, są:

- osie dróg i kąt ich przecięcia,
- jezdnie główne,
- łącznice (pośrednie, półbezpośrednie, bezpośrednie),
- jezdnie zbierająco-rozprowadzające,
- wjazdy na i wyjazdy z jezdni głównych, jezdni zbierająco-rozprowadzających oraz łącznic,
- pasy ruchu:
 - podstawowe pasy ruchu (szerokości pasów ruchu dla relacji na wprost i relacji skrętnych),
 - pasy włączenia i wyłączenia (długości odcinków zmiany pasa ruchu oraz długości odcinków zwalniania i przyspieszania),
- skosy załamania krawędzi jezdni zbierająco-rozprowadzających oraz łącznic i wyokrąglenia tych załamów,
- skrzyżowania w obszarze węzła wraz z infrastrukturą dla pieszych, rowerów i transportu zbiorowego,
- wyposażenie węzła:
 - urządzenia organizacji i sterowania ruchem,
 - urządzenia bezpieczeństwa ruchu drogowego, w szczególności drogowe bariery ochronne i osłony energochłonne,
 - rozmieszczenie i rodzaj urządzeń do odwodnienia,



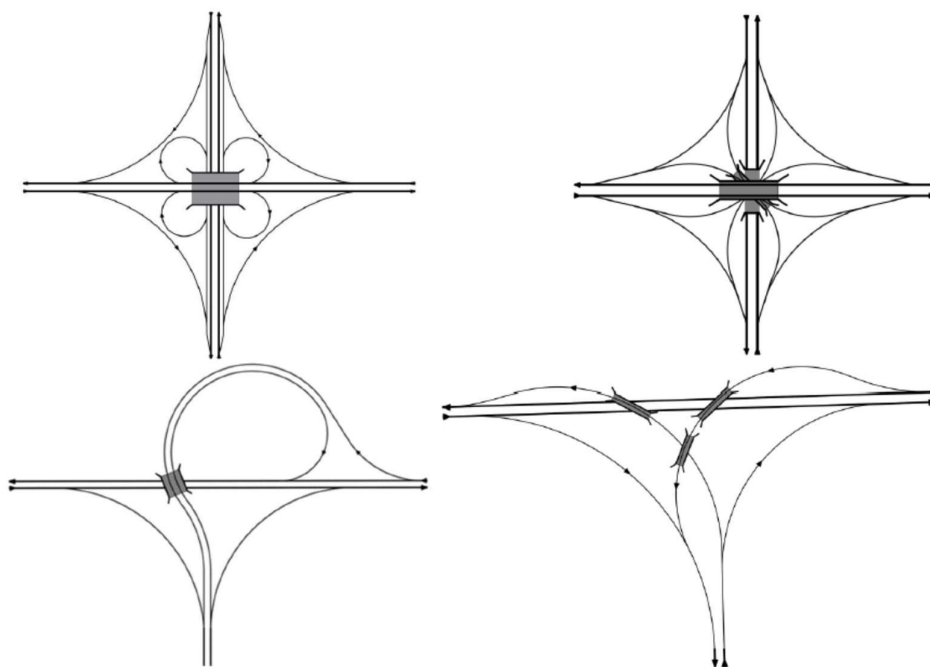
- rozmieszczenie i rodzaj urządzeń do oświetlenia,
- miejsca poboru opłat albo urządzenia służące do poboru lub kontroli prawidłowości uiszczenia opłaty,
- infrastruktura w zakresie obsługi i utrzymania technicznego (obwody, zjazdy techniczne, dostępność do terenów zamkniętych elementami węzła, zbiorniki, pasy technologiczne),
- infrastruktura w zakresie ochrony środowiska (ekrany akustyczne, przejścia dla zwierząt),
- ogrodzenia (na podstawie WR-D-32-1).



Rys. 4 Klasyfikacja węzłów drogowych.

Źródło: WR-D-32-1

Węzły bezkolizyjne typu WA to węzły, na których nie występuje przecinanie torów jazdy, a relacje skrajne są realizowane tylko jako manewry wyłączania, włączania i przeplatania się potoków ruchu. Stosuje się je przede wszystkim na połączeniach autostrad i dróg ekspresowych. Węzły częściowo bezkolizyjne typu WB, na których występuje przecinanie torów jazdy niektórych relacji na jednej z dróg; w ramach węzła funkcjonuje wówczas na tej drodze skrzyżowanie lub zespół skrzyżowań, jednak relacje o dominujących natężeniach są prowadzone bezkolizyjnie. Stosuje się je głównie na połączeniach dróg głównych i dróg głównych ruchu przyspieszonego. Węzły kolizyjne typu WC to węzły, na których tylko jezdnie główne krzyżują się w różnych poziomach, natomiast relacje skrajne na obu drogach odbywają się na skrzyżowaniach.



Rys. 5 Przykładowe węzły typu WA.

Źródło: WR-D-32-1

3. Komunikacja zbiorowa. Ruch pieszy i rowerowy. Podstawowe zagadnienia z inżynierii ruchu drogowego.

Transport - (*transportare* – przenieść, przewieźć) – przemieszczanie ludzi, ładunków (przedmiot transportu) w przestrzeni przy wykorzystaniu odpowiednich środków.

Klasyfikacja transportu ze względu na środowisko, w którym dany rodzaj transportu się odbywa, obejmuje:

- transport powietrzny – lotniczy,
- transport lądowy,
- transport wodny (transport śródlądowy, transport morski),
- transport przesyłowy.

Zgodnie z *Ustawą o publicznym transporcie zbiorowym*, publiczny transport zbiorowy to powszechnie dostępny regularny przewóz osób wykonywany w określonych odstępach czasu i po określonej linii komunikacyjnej, liniach komunikacyjnych lub sieci komunikacyjnej. W celu uprzywilejowania transportu zbiorowego, czego skutkiem ma być zwiększenie częstotliwości korzystania z niego, stosuje się różne metody, do których zaliczyć można:

- wydzielanie dodatkowych pasów ruchu przeznaczonych tylko dla pojazdów komunikacji zbiorowej,
- stosowanie priorytetów w programach sygnalizacji świetlnej,
- koordynację sygnalizacji,
- redukcję miejsc parkingowych w centrach,
- budowę parkingów P+W,



- stosowanie skoordynowanych metod płatności za przejazdy różnymi środkami transportu, itd.

Elementem wspierającym ograniczenie transportu indywidualnego, jest rozwój infrastruktury przeznaczonej dla ruchu pieszych i rowerów. *Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 24 czerwca 2022 r. w sprawie przepisów techniczno-budowlanych dotyczących dróg publicznych* określa, że dla ruchu pieszych projektuje się drogę dla pieszych, drogę dla pieszych i rowerów lub pobocze. Droga dla pieszych składa się co najmniej z chodnika przeznaczonego wyłącznie do ruchu pieszych i osób poruszających się przy użyciu urządzenia wspomagającego ruch. Szerokość chodnika projektuje się w zależności od funkcji trasy dla pieszych oraz miarodajnego natężenia ruchu pieszych. Zgodnie z zapisami rozporządzenia „szerokość chodnika powinna być nie mniejsza niż 1,80 m.(...) W trudnych warunkach dopuszcza się szerokość chodnika nie mniejszą niż 1,00 m, pod warunkiem zaprojektowania miejsc do wymijania się osób ze szczególnymi potrzebami, o długości nie mniejszej niż 2,00 m i szerokości nie mniejszej niż 1,80 m. Odległość między tymi miejscami powinna umożliwiać wzajemną widoczność osób ze szczególnymi potrzebami oraz zapewniać optymalny czas oczekiwania na wyminięcie się, wynikający w szczególności z możliwości poruszania się tych osób, pochylenia podłużnego drogi dla pieszych oraz natężenia ruchu pieszych i osób poruszających się przy użyciu urządzenia wspomagającego ruch.(...) Do przekraczania drogi przez pieszych projektuje się przejście dla pieszych, urządzenia alternatywne, tunel lub wiadukt dla pieszych albo pieszych i rowerów.” Z kolei „do ruchu rowerów i hulajnóg elektrycznych projektuje się drogę dla rowerów, drogę dla pieszych i rowerów lub jezdnię. (...) Podstawową częścią drogi przeznaczoną do ruchu rowerów, hulajnóg elektrycznych i urządzeń transportu osobistego jest droga dla rowerów.” Zgodnie z zapisami w/w rozporządzenia drogę dla rowerów projektuje się w taki sposób, aby przyjęta prędkość do projektowania wynosiła 20, 30 lub 40 km/h. Jeśli jest to droga dla pieszych i rowerów - w taki sposób, aby przyjęta prędkość do projektowania wynosiła 20 km/h. W trudnych warunkach dopuszcza się przyjęcie prędkości do projektowania wynoszącej 12 km/h. Szerokość jednokierunkowej drogi dla rowerów nie powinna być mniejsza niż 1,50 m. Dopuszcza się szerokość nie mniejszą niż 1,20 m - jeżeli różnica wysokości pomiędzy nawierzchnią drogi dla rowerów, a jej wyniesionym otoczeniem jest nie większa niż 0,05 m, w trudnych warunkach albo na moście lub wiadukcie lub 1,00 m - na odcinku nie dłuższym niż 20 m - jeżeli ograniczenie ruchu do jednego kierunku wynika z konieczności zapewnienia segregacji kierunków ruchu. Dwukierunkowa droga dla rowerów powinna mieć szerokość nie mniejszą niż 2,50 m. Dopuszcza się szerokość nie mniejszą niż 2,00 m, jeżeli różnica wysokości pomiędzy nawierzchnią drogi dla rowerów a jej wyniesionym otoczeniem jest nie większa niż 0,05 m, w trudnych warunkach albo na moście lub wiadukcie. Do przekraczania drogi przez rowery, hulajnogi elektryczne, urządzenia transportu osobistego lub osoby poruszające się przy użyciu urządzenia wspomagającego ruch projektuje się przejazd dla rowerów, tunel lub wiadukt dla rowerów albo pieszych i rowerów.

Inżynieria ruchu to dziedzina nauki zajmująca się badaniem ruchu drogowego, jego organizacją, planowaniem systemów komunikacji drogowej i geometrycznym projektowaniem dróg i ulic. Podstawowym celem IR jest zapewnienie bezpiecznego, sprawnego i ekonomicznego transportu osób i towarów.

Inżynieria ruchu uwzględnia planowanie, projektowanie, realizację i eksploatację urządzeń komunikacyjnych oraz systemów transportu, a w szczególności organizację i sterowanie ruchem.

Do zadań inżynierów należy m.in.:

- projektowanie sygnalizacji stałoczasowych,

„UPSKILLING - wsparcie studentów i pracowników prowadzących kształcenie na wybranych kierunkach studiów w Międzynarodowej Akademii Nauk Stosowanych w Łomży”

Nr. FERS.01.05-IP.08-0278/23



- projektowanie skoordynowanych sygnalizacji,
- systemowe sterowanie ruchem,
- organizacja ruchu dla pojedynczego skrzyżowania lub wybranego obszaru,
- uspokojenie ruchu na wybranym odcinku drogi,
- planowanie sieci transportowej w wybranym obszarze,
- planowanie alternatywnego systemu transportowego.

Inżynieria ruchu zajmuje się zarówno organizacją ruchu stałego, jak i czasowego np. w przypadku remontów dróg lub innych prac ziemnych czy budowlanych, które bezpośrednio wpływają na wybrane drogi.

Podstawowe określenia IR to natężenie ruchu (czyli liczba pojazdów lub pieszych przemieszczających się przez określony przekrój drogi w jednostce czasu), rodzajowa struktura ruchu (procentowy udział poszczególnych kategorii pojazdów w potokach ruchu), przepustowość (czyli największa liczba pojazdów lub pieszych mogąca przemieścić się przez przekrój drogi, ulicy, wlotu na skrzyżowanie, przejście dla pieszych itd.).

4. Odwodnienie powierzchniowe i wglębne dróg i ulic.

System odwodnienia korpusu drogowego ma za zadanie jak najszybsze i możliwie całkowite ujęcie wód spływających z poboczy, skarp, pasa dzielącego, jezdni i innych części drogi, a także w niektórych przypadkach z przyległego terenu. System odwodnienia ma również za zadanie odprowadzenie wód przenikających do korpusu drogi wskutek przesiąkania, podciągania kapilarnego z poziomu wody gruntowej lub przenikających do korpusu drogi w inny sposób. Ujęte wody mogą być zagospodarowane na kilka sposobów, przy czym wybór ten zależy od wielu czynników, np. od warunków gruntowych czy poziomu wód.

Główne cele funkcjonowania systemu odwodnienia to:

- zapewnienie bezpieczeństwa i komfortu poruszania się użytkowników dróg,
- zapewnienie bezpieczeństwa i trwałości konstrukcji dróg,
- ochrona terenów przed negatywnymi skutkami oddziaływania wód z pasa drogowego,
- ochrona istniejących systemów gospodarki wodnej przed zakłóceniami ich równowagi w wyniku spływów powierzchniowych,
- ochrona wód powierzchniowych przejmujących spływy ze zlewni drogowej przed zanieczyszczeniami pochodzącymi z pasa drogowego.

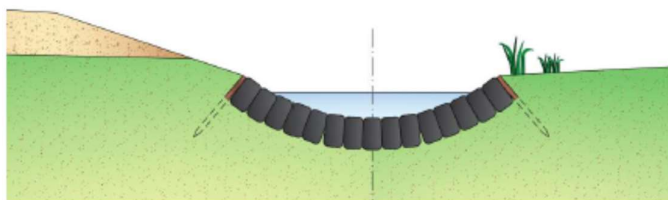
Zgodnie z *WR-D-71-I* możliwe są następujące rozwiązania w zakresie zastosowanych rozwiązań odwodnienia dróg:

- odwodnienie powierzchniowe do odprowadzenia wód opadowych i roztopowych z powierzchni pasa drogowego, w tym kanalizacja deszczowa,
- odwodnienie powierzchniowe do odprowadzenia wód opadowych i roztopowych z terenów przyległych do pasa drogowego,
- odwodnienie powierzchniowe odprowadzające wody opadowe i roztopowe łącznie z powierzchni pasa drogowego i terenów przylegających do niego,
- odwodnienie wglębne w strefie przemarzania - urządzenia służące do odprowadzenia wody infiltracyjnej przedostającej się w głąb konstrukcji nawierzchni drogowej,
- odwodnienie wglębne poniżej strefy przemarzania - urządzenia służące do przejmowania i odprowadzania wody podziemnej,



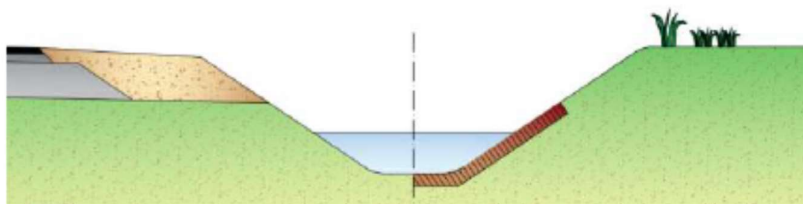
- urządzenia zabezpieczające przed napływem wód podziemnych bez odprowadzania tych wód i bez ingerencji w poziom tych wód,
- urządzenia służące infiltracji wód opadowych i roztopowych,
- urządzenia służące retencji wód opadowych i roztopowych, w tym zbiorniki awaryjne,
- urządzenia łączące funkcje retencji i infiltracji wód opadowych i roztopowych,
- urządzenia do redukcji zanieczyszczeń wód opadowych i roztopowych przed ich odprowadzeniem do odbiornika powierzchniowego lub wód podziemnych.

Odwodnienie powierzchniowe, służące do odprowadzenia wód opadowych i roztopowych z powierzchni pasa drogowego, jest realizowane przez nadanie powierzchniom nawierzchni pochyłeń ułatwiających grawitacyjne odprowadzenie wody. Odwodnienie powierzchniowe służące do odprowadzenia wód z terenów przyległych do pasa drogowego może być realizowane przez urządzenia zatrzymujące wodę na granicy pasa drogowego i niestanowiące elementów odwodnienia tego pasa. Do takich urządzeń należą rowy i ścieki projektowane niezależnie od odwodnienia pasa drogowego.



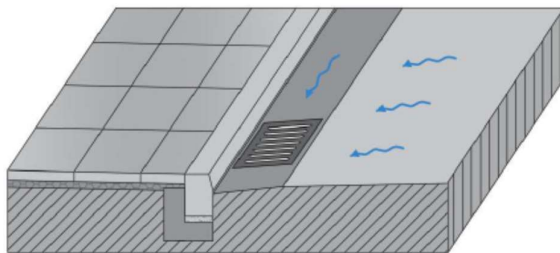
Rys. 6 Urządzenie do odwodnienia powierzchniowego - mulda.

Źródło: WR-D-71-1



Rys. 7 Urządzenie do odwodnienia powierzchniowego – rów trapezowy.

Źródło: WR-D-71-1

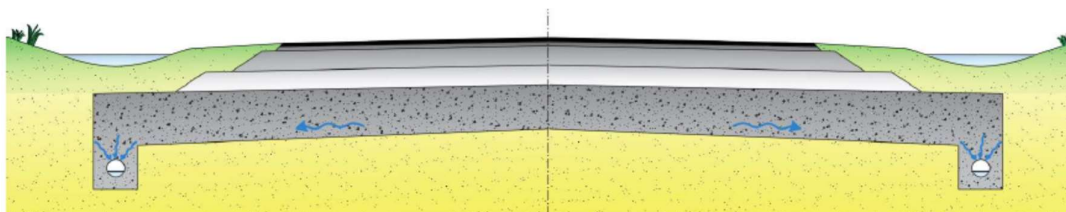


Rys. 8 Urządzenie do odwodnienia powierzchniowego – ściek przykrawężnikowy.

Źródło: WR-D-71-1

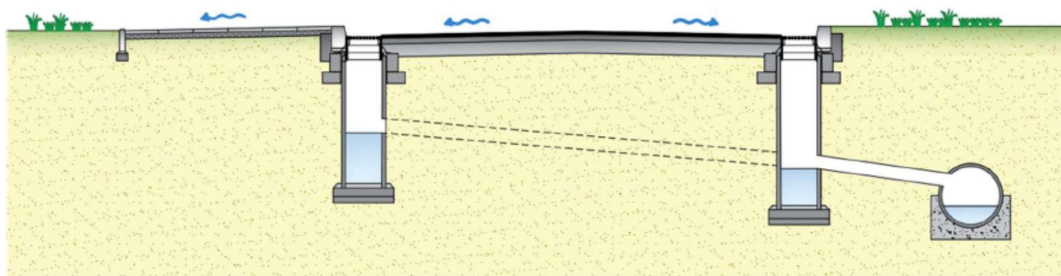


Odwodnienie wgłębne poniżej strefy przemarzania stanowi na ogół drenaż przejmujący wody gruntowe. Kanalizacja deszczowa może służyć zarówno do zbierania i odprowadzania wód powierzchniowych, jak też niekiedy wód gruntowych. Wody opadowe są przejmowane za pomocą wpustów deszczowych i przykanalikami kierowane są do kanałów deszczowych. Kanały mogą też przejmować wody z rowów poprzez studnie oraz wody z drenażu wgłębного.



Rys. 9 Drenaż w warstwie mrozochronnej.

Źródło: WR-D-71-1



Rys. 10 Schemat kanalizacji deszczowej.

Źródło: WR-D-71-1

5. Klasyfikacja materiałów drogowych. Mieszanki mineralno-bitumiczne.

Konstrukcje jezdni drogowych i ogólne zasady ich wymiarowania. Nawierzchnie bitumiczne i betonowe – technologia wykonania. Wykorzystanie materiałów pochodzących z recyklingu. Materiały pochodzące z recyklingu nawierzchni betonowych i asfaltowych – destruktu i granulatu asfaltowego.

Nawierzchnia jest to warstwa elementów pasa drogowego przeznaczonych do ruchu pojazdów lub pieszych, której zadaniem jest rozkładanie obciążeń od ruchu na podłoże oraz zapewnienie odpowiedniego komfortu użytkowania.

Ze względu na odkształcalność pod wpływem obciążeń wyróżnia się nawierzchnie:

- sztywne – odkształcają się sprężysto (np. nawierzchnie z betonu cementowego),
- podatne – mogą odkształcać się plastycznie i wykazywać odkształcenia trwałe pod wpływem obciążenia (np. nawierzchnie tłuczniowe),
- półsztywne – z warstwą ścierną bitumiczną na podbudowie sztywnej (betonowej lub z gruntu stabilizowanego).



Zgodnie z *WR-D-63-01*, liczba i rodzaj warstw występujących w danej konstrukcji nawierzchni zależy od przeznaczenia nawierzchni, warunków gruntowo-wodnych, obciążenia ruchem, warunków klimatycznych, a także od materiałów użytych do warstw nawierzchni.

Tab. 3 Schemat warstw konstrukcji nawierzchni podatnej lub półsztywnej z asfaltową warstwą ścieralną oraz warstwy ulepszonego podłoża

Źródło: *WR-D-63-01*

Konstrukcja nawierzchni (nawierzchnia)	Warstwy górne konstrukcji nawierzchni	Warstwa ścieralna	
		Warstwa wiążąca	
		Podbudowa zasadnicza	Górna warstwa podbudowy zasadniczej
			Dolna warstwa podbudowy zasadniczej
	Warstwy dolne konstrukcji nawierzchni	Warstwa podbudowy pomocniczej	
		Warstwa mrozoochronna	
Podłoże gruntowe nawierzchni		Warstwa ulepszonego podłoża	
		Grunt rodzimy w wykopie lub grunt nasypowy w nasypie, zakwalifikowany do jednej z grup nośności podłoża od G1 do G4.	

Tab. 4 Schemat i nazwy warstw konstrukcji nawierzchni sztywnej oraz warstwy ulepszonego podłoża

Źródło: *WR-D-63-01*

Konstrukcja nawierzchni (nawierzchnia)	Warstwy górne konstrukcji nawierzchni	Warstwa nawierzchniowa (płyta niedyblowana, dyblowana i kotwiona, zbrojona)
		Warstwa poślizgowa
		Warstwa podbudowy zasadniczej
	Warstwy dolne konstrukcji nawierzchni	Warstwa podbudowy pomocniczej
		Warstwa mrozochronna
Podłoże gruntowe nawierzchni		Warstwa ulepszanego podłoża
		Grunt rodzimy w wykopie lub grunt nasypowy w nasypie, zakwalifikowany do jednej z grup nośności podłoża od G1 do G4.

Podbudowa pomocnicza to warstwa umożliwiająca prawidłowe wbudowanie podbudowy zasadniczej, a także wspomagająca warstwy górne konstrukcji nawierzchni w rozłożeniu naprężeń



od kół pojazdów oraz ochronę nawierzchni przed wysadzinami powodowanymi przez szkodliwe działanie mrozu. Materiałami używanymi do podbudowy pomocniczej mogą być mieszanki niezwiązane, mieszanki związane spoiwami hydraulicznymi, a także grunty stabilizowane spoiwami hydraulicznymi. Podbudowa zasadnicza to jedna lub dwie warstwy konstrukcji nawierzchni, które mają za zadanie rozłożyć naprężenia od kół. Materiałami do wykonania podbudowy zasadniczej mogą być beton asfaltowy, mieszanki niezwiązane, mieszanki związane spoiwem hydraulicznym, grunty stabilizowane spoiwem hydraulicznym, mieszanki wykonane w technologii recyklingu na zimno. Warstwa mrozoochronna to warstwa, której głównym zadaniem jest ochrona nawierzchni przed wysadzinami. Materiałami stosowanymi do warstwy mrozoochronnej mogą być: mieszanki niezwiązane, mieszanki związane spoiwami hydraulicznymi, grunty niewysadzinowe, grunty stabilizowane spoiwami hydraulicznymi czy grunty stabilizowane wapnem. Warstwa ulepszanego podłoża jest wierzchnią warstwą podłoża gruntowego nawierzchni ulepszona w celu np. zwiększenia nośności gruntu rodzimego w wykopie lub właściwego wbudowania i zagęszczenia wyżej leżących warstw konstrukcji nawierzchni. Mogą to być mieszanki niezwiązane, grunty rodzime w wykopie lub grunty w nasypie stabilizowane spoiwami hydraulicznymi lub wapnem, grunty niewysadzinowe, o właściwościach odpowiednich do warstwy ulepszanego podłoża. Warstwa wiążąca to warstwa konstrukcji nawierzchni podatnej i półsztywnej, znajdująca się pomiędzy warstwą ścieralną a podbudową zasadniczą, zapewniająca lepsze rozłożenie naprężeń. Warstwa odcinająca separuje dolne warstwy konstrukcji nawierzchni. Mogą to być geotekstylia (geowłókniny i geotkaniny separacyjne). Warstwa odsączająca zapewnia odprowadzenie wody przedostającej się do spodu nawierzchni. Rolę warstwy odsączającej może pełnić warstwa mrozoochronna albo warstwa ulepszanego podłoża. Podsypka to warstwa z piasku, żwiru lub kruszywa łamanego. Warstwa poślizgowa znajduje się pomiędzy płytą betonową a podbudową zasadniczą. Warstwa nawierzchniowa jest wierzchnią warstwą konstrukcji nawierzchni sztywnej lub konstrukcji nawierzchni podatnej i półsztywnej, np. z kostki kamiennej, kostki betonowej itd. Warstwa ścieralna to wierzchnia warstwa konstrukcji nawierzchni podatnej i półsztywnej, wykonana z MMA, poddana bezpośredniemu oddziaływaniu ruchu i czynników atmosferycznych. Nawierzchnie podatne i półsztywne wykonuje się z mieszanek mineralno-asfaltowych (MMA). Jest to mieszanka składników kamiennych (grysy, miały, wypełniacze) i lepiszcza.

Tab. 5 Podział mieszanek mineralnych do wykonywania nawierzchni

Źródło: opracowanie własne

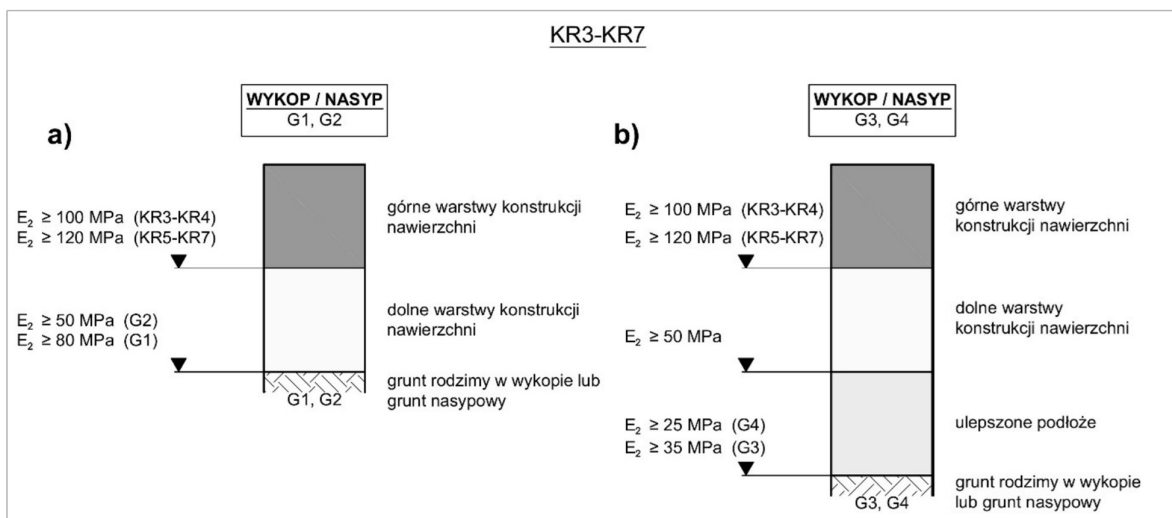
Mieszanki mineralne		
betonowe	makadamowe	typu pośredniego
beton asfaltowy, asfalt lany	wykonane z tłuczni	mastyks grynowy SMA beton asfaltowy

W zależności od kategorii ruchu (KR0-KR7), projektuje się odpowiednią konstrukcję elementów drogi. Projektowanie konstrukcji nawierzchni na przykładzie jezdni dróg obciążonych bardzo lekkim ruchem (KR0) przebiega następująco:

1. Zebranie danych wejściowych do projektowania, dotyczących warunków geotechnicznych, obciążenia nawierzchni ruchem i warunków klimatycznych,



2. Obliczenie ruchu projektowego i potwierdzenie kategorii ruchu przy założeniu wymaganego okresu projektowego,
3. Ustalenie warunków gruntowo-wodnych i grupy nośności podłoża gruntowego nawierzchni,
4. Przyjęcie rozwiązania warstwy ulepszonego podłoża oraz dolnych warstw konstrukcji nawierzchni, zapewniającego uzyskanie wymaganej wartości wtórnego modułu odkształcenia E_2 równego 80 MPa,
5. Sprawdzenie potrzeby zastosowania warstwy odsączającej i w razie takiej potrzeby nadanie tej funkcji warstwie mrozoochronnej lub warstwie ulepszonego podłoża,
6. Sprawdzenie potrzeby zastosowania warstwy odcinającej i w razie takiej potrzeby zaprojektowanie tej warstwy,
7. Wybór typowego rozwiązania górnych warstw konstrukcji nawierzchni w zależności od projektowanego materiału, podbudowy zasadniczej oraz warstwy ścieralnej (nawierzchniowej),
8. Sprawdzenie warunku wymaganej odporności nawierzchni na wysadzinę,
9. W przypadku niespełnienia warunku wymaganej odporności nawierzchni na wysadzinę odpowiednie zwiększenie grubości warstwy mrozoochronnej lub warstwy ulepszonego podłoża i ponowne sprawdzenie warunku wymaganej odporności nawierzchni na wysadzinę,
10. Określenie podstawowych wymagań materiałowych dotyczących wykonania poszczególnych warstw konstrukcji nawierzchni.



Rys. 11 Przykładowy schemat układu warstw konstrukcji nawierzchni.

Źródło: WR-D-63-01

Prawidłowe wykonanie trwałej nawierzchni drogowej nie jest łatwym zadaniem. W czasie robót oraz po ich wykonaniu przeprowadza się badania kontrolne. Materiały użyte do wykonania warstw muszą spełniać określone parametry. Do podstawowych badań kontrolnych należą:

- a) badanie wskaźnika zagęszczenia,
- b) badanie wskaźnika odkształcenia,

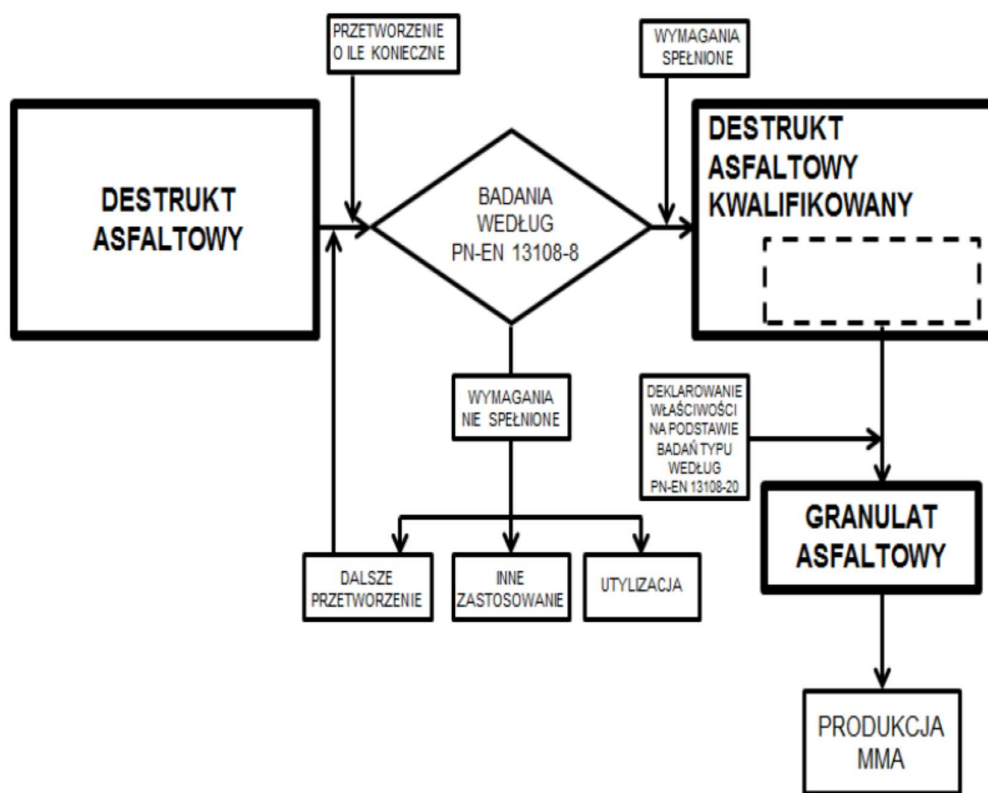


c) ocena zgodności składu wykonanej warstwy z receptą,

d) kontrola wilgotności optymalnej i grubości warstwy.

Ważnym zagadnieniem w budowie dróg jest możliwość ponownego wykorzystania materiału asfaltowego ze zużytych nawierzchni. Można tu zastosować metodę recyklingu na zimno, na ciepło lub na gorąco. Może to odbywać się bezpośrednio na drodze przy pomocy recyklerów albo w wytwórni.

Materiał asfaltowy z recyklingu można podzielić na destruk asfaltowy, destruk asfaltowy kwalifikowany oraz granulát asfaltowy. Destrukt asfaltowy to materiał przeznaczony do recyklingu, w postaci sfrezowanych warstw asfaltowych lub fragmentów zerwanych z nawierzchni asfaltowej lub mieszanki mineralno-asfaltowej np. pozostałej po procesie produkcji. Destrukt asfaltowy kwalifikowany to przetworzony destruk asfaltowy, przydatny i gotowy do zastosowania jako materiał składowy mieszanki mineralno-asfaltowej. Z kolei granulát asfaltowy to destruk asfaltowy kwalifikowany, o odpowiednich właściwościach, gotowy do zastosowania jako materiał składowy w produkcji mieszanki mineralno-asfaltowej.



Rys. 12 Schemat procesu oceny materiału przeznaczanego do recyklingu na gorąco.

Źródło: RID-I-06, załącznik nr 9.2.1. Wytyczne pozyskania i oceny przydatności destruktu i granulatu asfaltowego do recyklingu na gorąco w otaczarkach. Wykorzystanie materiałów pochodzących z recyklingu. GDDKiA. Warszawa 2019



Zgodnie z aktualnymi przepisami po spełnieniu pewnych warunków, destrukta asfaltowy, tj. materiał z recyklingu nawierzchni podatnych i półsztywnych, przestaje być traktowany jako odpad.

Możliwe jest także wykorzystanie destrukta betonowego, czyli materiału mineralno-cementowego z kruszenia warstw konstrukcyjnych z betonu cementowego nawierzchni drogowych. Do kruszenia betonu można stosować kruszarki stacjonarne, kruszarki mobilne oraz kruszarki mocowane do ramienia koparki. Przed przystąpieniem do robót należy wykonać wiercenia w celu oceny parametrów demontowanej warstwy. Kruzywo z recyklingu nawierzchni betonowych zastosować można w warstwach podbudowy pomocniczej i podłoża ulepszonego, w mieszankach z kruszywem naturalnym, lub samodzielnie.



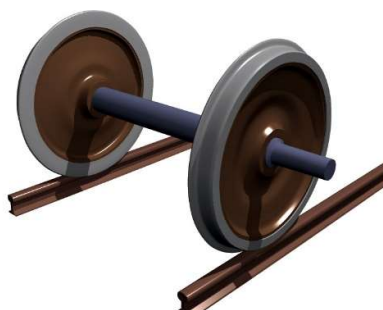
Zdj. 1 Kruszarka samojezdna na podwoziu gąsienicowym.

Źródło: komatsupoland.pl/

6. Ogólna charakterystyka transportu kolejowego i lotniczego oraz jego infrastruktury w Polsce. Elementy drogi kolejowej. Nawierzchnia kolejowa. Linie kolejowe dużych prędkości.

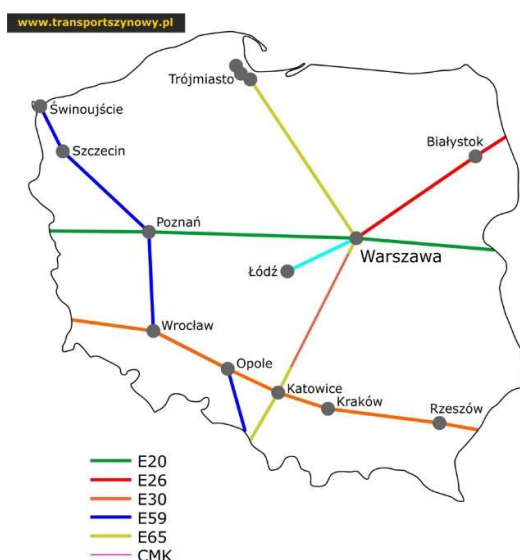
Pierwsza linia kolejowa w Polsce powstała w połowie XIXw. Równocześnie powstawać zaczęły wówczas inne elementy infrastruktury kolejowej, jak np. dworce. Obecnie Polska ma jedną z lepiej rozwiniętych sieci kolejowych w Europie. Łączna długość linii kolejowych w Polsce to ok. 20 000 km.

Do infrastruktury kolejowej zalicza się linie kolejowe, zaplecze techniczne i elementy obsługi podróży (stacje, przystanki). Kolej służy przede wszystkim do przemieszczania pasażerów lub towarów, ale także do dostarczania surowców, żywności, paliw i innych strategicznych zasobów. Do zalet transportu kolejowego zaliczyć można efektywność (możliwość masowego przemieszczania zasobów), ekologiczność, zwiększenie dostępności różnych obszarów, redukcja zatorów drogowych, stabilność dostaw.



Rys. 13 Rozwiązanie techniczne kolei konwencjonalnej.

Źródło: wikipedia.pl



Rys. 14 Główne korytarze kolejowe w Polsce.

Źródło: transportzynowy.pl

Najnowocześniejszą gałęzią transportu jest niewątpliwie transport lotniczy. Początek przewozów powietrznych (również w Polsce) nastąpił około pół wieku po powstaniu pierwszej linii kolejowej w Polsce. Zdecydowane znaczenie w rozwoju lotnictwa miały I i II wojna światowa. Środkami transportu powietrznego są: samoloty, śmigłowce, szybowce, balony, sterowce. W skład cywilnego systemu lotniczego w Polsce wchodzi obecnie 15 portów lotniczych.



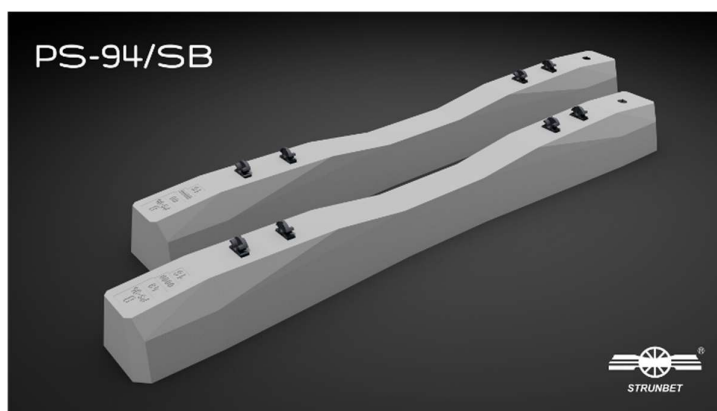
Mapa polskich portów lotniczych



Rys. 15 Porty lotnicze w Polsce.

Źródło: ulc.gov.pl

Droga kolejowa składa się z toru kolejowego i podtorza. Podtorze to budowla geotechniczna, czyli nasyp lub wykop wraz urządzeniami odwadniającymi itp. Również w przypadku drogi szynowej występuje pojęcie nawierzchni. Jest to konstrukcja przystosowana do przenoszenia na grunt obciążeń od pojazdów kolejowych, składająca się z toru, elementów podporowych, elementów łączących oraz podsypki. Podstawowym elementem są tutaj szyny. Zadaniem szyn jest umożliwienie toczenia się kół pojazdu i przekazywanie nacisków kół na podkłady. Kształt przekroju poprzecznego szyny jest zbliżony do belki dwuteowej. Szyny są przymocowywane do podkładów za pomocą złączek. Podkłady ułożone są w ustalonych odstępach poprzecznie do osi toru i przenoszą obciążenia na warstwę podsypki. Podkłady kolejowe najczęściej wykonuje się z drewna lub betonu.



Rys. 16 Podkłady kolejowe.



Fundusze Europejskie
dla Rozwoju Społecznego



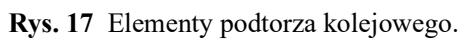
Rzeczpospolita
Polska

Dofinansowane przez
Unię Europejską



Źródło: www.strunbet.pl/

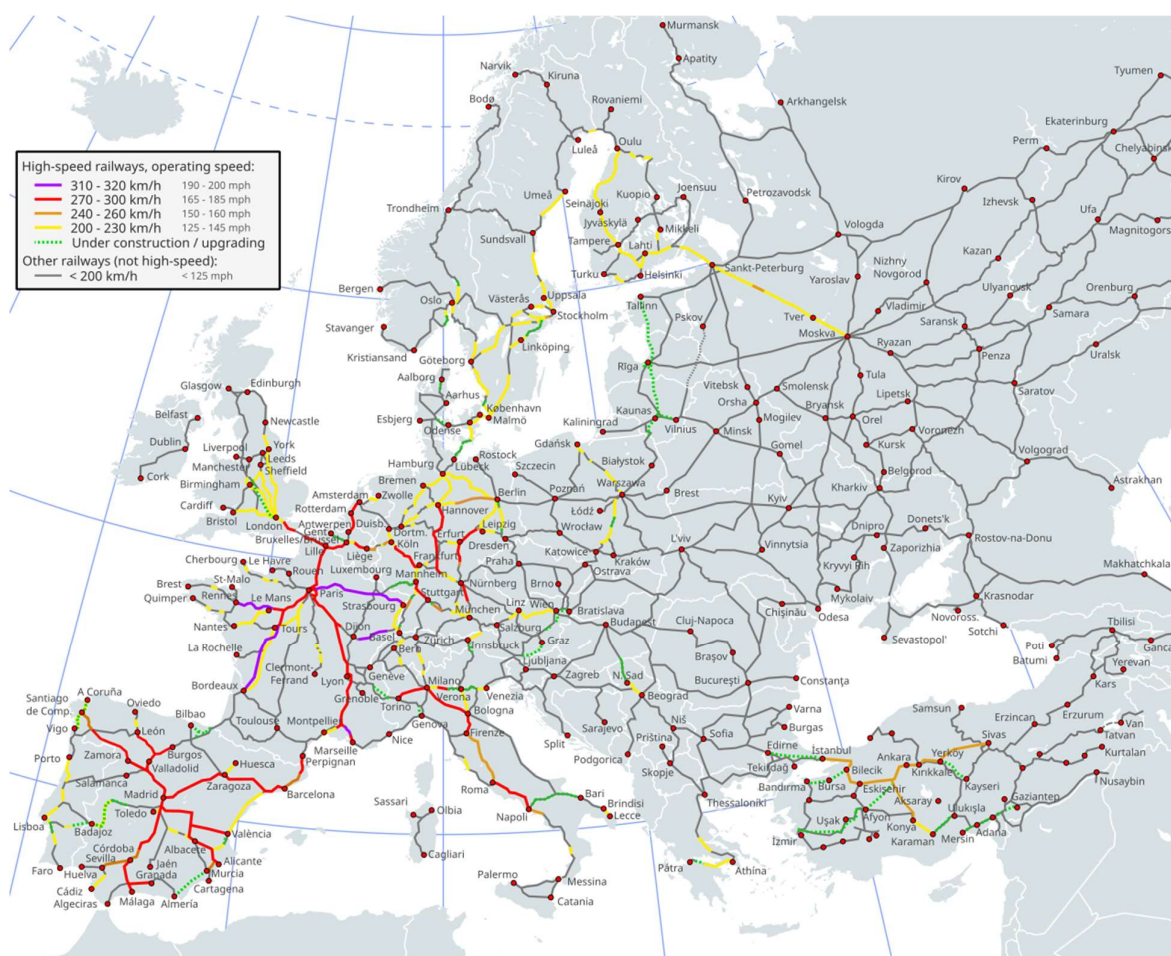
Linie kolejowe można sklasyfikować z uwagi na parametry techniczne, funkcję itd. Przede wszystkim wyróżnić można kolej konwencjonalną i niekonwencjonalną. Koleje niekonwencjonalne to te, w których ruch pojazdu jest niekonwencjonalny, np. kolej linowa, linowo-terenowa, magnetyczna. W zależności od prześwitu (szerokości) toru rozróżnia się koleje: normalnotorowe - o szerokości 1435mm, szerokotorowe - o szerokości większej niż 1435mm i wąskotorowe - o szerokości mniejszej niż 1435 mm. W zależności od ilości torów głównych rozróżnia się koleje: jednotorowe, dwutorowe i wielotorowe. W zależności od znaczenia: magistralne - charakteryzuje je bardzo szybki ruch osobowy i szybki tranzytowy towarowy, pierwszorzędne - charakteryzuje je szybki ruch osobowy i tranzytowy towarowy, drugorzędne - o mniejszym natężeniu i szybkości jazdy pociągów oraz znaczenia miejscowego, które obsługują miejscowe trasy.





Źródło: Rozporządzenie Ministra Transportu i Gospodarki Morskiej z dnia 10 września 1998 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budowle kolejowe i ich usytuowanie.

Kolej dużych prędkości dostosowana jest do przewozów pasażerskich przy dużych prędkościach wynoszących poza terenami zabudowanymi ponad 200 km/h. Pierwszą kolej dużych prędkości wybudowano w Japonii w latach 60-tych XX w. W Polsce linią kolejową przystosowaną do dużych prędkości jest Linia kolejowa nr 4 łącząca Grodzisk Mazowiecki z Zawierciem. Linia otwierana była etapami w latach 1974–1977. Linia dostosowana jest do prędkości 250 km/h, a obiekty inżynierskie są przebudowywane, aby dostosować je do prędkości 300 km/h.



Rys. 18 Kolej dużych prędkości w Europie.

Źródło: pl.wikipedia.org

7. Transport lotniczy - podstawowe elementy i klasyfikacja lotnisk.

„UPSKILLING - wsparcie studentów i pracowników prowadzących kształcenie na wybranych kierunkach studiów w Międzynarodowej Akademii Nauk Stosowanych w Łomży”

Nr. FERS.01.05-IP.08-0278/23



Droga lotnicza to wydzielony w przestrzeni powietrznej korytarz. Lotniskiem jest wydzielony obszar na lądzie, wodzie lub innej powierzchni w całości lub w części przeznaczony do wykonywania startów, lądowań i naziemnego lub nawodnego ruchu statków powietrznych, wraz ze znajdującymi się w jego granicach obiektami i urządzeniami budowlanymi o charakterze trwałym, wpisany do rejestru lotnisk. Lądowiskiem jest wydzielony obszar na lądzie, wodzie lub innej powierzchni w całości lub w części przeznaczony do wykonywania startów, lądowań i naziemnego ruchu statków powietrznych, ujęty w ewidencji lądowisk. Płyta lotniskowa to obszar wydzielony na lotniku na lądzie. Płyty lotniskowe są przeznaczone do załadunku towarów, postoju lub obsługi samolotów, obsługi pasażerów. Droga startowa to powierzchnia na lotniku, która jest przystosowana do lądowań i startów samolotów.

Ze względu na obsługiwany rodzaj ruchu powietrznego można wyróżnić lotniska międzynarodowe i krajowe. Z uwagi na dostępność dla użytkowników: użytku publicznego i użytku wyłącznego. Według kryteriów technicznych lotniska dzielą się na naziemne, nawodne i na obiektach. Ze względu na rodzaj drogi startowej - o nawierzchni sztucznej i bez nawierzchni sztucznej. Z uwagi na rodzaj przyjmowanych statków powietrznych wyróżnia się lotniska przeznaczone dla samolotów, dla śmigłowców oraz dla samolotów i śmigłowców.



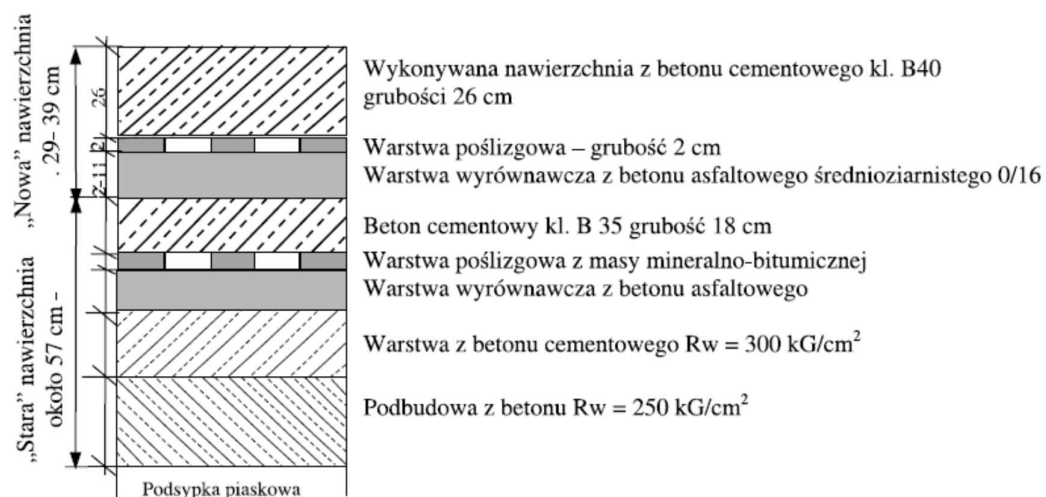
Rys. 19 Schemat lotniska Modlin.

Źródło: modlinairport.pl

Podstawowym budulcem do wykonania powierzchni lotnisk jest beton cementowy. Często wykorzystywanym materiałem jest także beton asfaltowy. Nawierzchnię układa się na wcześniej przygotowanej podbudowie, w przypadku modernizacji korzysta się z istniejącego rozwiązania. Nawierzchnie betonowe wykonuje się jako z płyt monolitycznych dzielonych szczelinami podłużnymi i poprzecznymi przy zachowaniu określonego modułu podziałowego. Również podbudowy wykonywane z użyciem spoiwa muszą być dzielone na płyty. Obecnie używa się do



wykonywania nawierzchni szalunków ślizgowych. Wówczas nie łączy się płyt na pióro i wpust, jak w tradycyjnej technologii, a używa się do tego celu dybli i kotew.



Rys. 20 Przekrój modernizowanej nawierzchni lotniska.

Źródło: Nita Piotr, Poświata Adam: „Współczesne betonowe nawierzchnie lotniskowe w Polsce”-
dnibetonu.com



Opracowano na podstawie:

- *Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 24 czerwca 2022 r. w sprawie przepisów techniczno-budowlanych dotyczących dróg publicznych*
- *Ustawa o drogach publicznych*
- *Katalog Typowych Konstrukcji Nawierzchni Podatnych i Pólsztywnych, GDDP, 2014*
- *Edel R.: Odwodnienie dróg. WKiŁ, Warszawa 2006*
- *Marszałek Jan i in.: Budownictwo komunikacyjne, Warszawa 2008*
- *Wytyczne projektowania dróg WR-D*
- *RID-I-06, załącznik nr 9.2.1. Wytyczne pozyskania i oceny przydatności destruktu i granulatu asfaltowego do recyklingu na gorąco w otaczarkach. Wykorzystanie materiałów pochodzących z recyklingu. GDDKiA. Warszawa 2019*
- *RID-I-06, załącznik nr 9.6. Wytyczne wykorzystania materiałów pochodzących z recyklingu nawierzchni betonowych. GDDKiA. Warszawa 2018*
- *pl.wikipedia.org*
- *Rozporządzenie Ministra Transportu i Gospodarki Morskiej z dnia 10 września 1998 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budowle kolejowe i ich usytuowanie*
- *transportszynowy.pl*