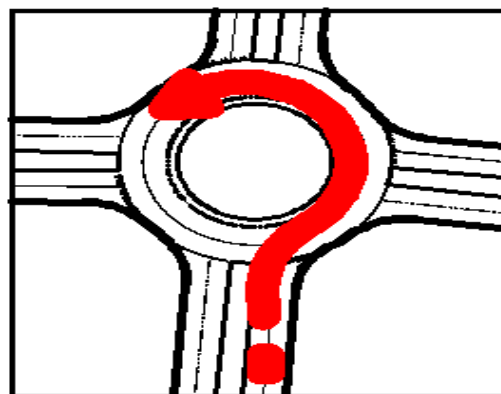


Jakie RONDO



Prezentujemy prezentację, której celem jest podanie informacji przydatnych przy podejmowaniu decyzji jakie rondo należy zastosować w konkretnym przypadku.

W Polsce zrealizowano wiele rond, jednak zdarzają się rozwiązania bardziej kolizyjne i blokujące ruch. Niezależnie od tego, że kolizje powodują kierowcy, nie zawsze jeżdżący zgodnie z przepisami uważamy, że ważną przyczyną problemów na wielu rondach jest ich złe rozwiązanie.

W niniejszej prezentacji opisaliśmy zalety i wady różnych rodzajów rond. Zwięzły tekst zobrazowano rysunkami aby istotne kwestie były lepiej widoczne. Wykorzystaliśmy obserwacje różnych rond, w tym wielu zrealizowanych wg naszych projektów. Szczególną uwagę zwróciliśmy na rondo wielopasowe, gdzie naszym zdaniem jest najwięcej błędów. Pokazaliśmy różnice w funkcjonowaniu rond przy ruchu lewostronnym i kilka uwag, ważnych przy projektowaniu rond jednopasowych.

Można spotkać się z opinią, że niektóre rondo „nie wychodzą”. „Nie wychodzą”, ponieważ zaprojektowano je bez odpowiedniej znajomości rzeczy. Podobnie jak wielu zajmujących się tą problematyką uważamy, iż uzyskane doświadczenia wskazują na konieczność aktualizacji zasad projektowania rond.

Koszalin marzec 2015

Jan Sontowski
Bartosz Sontowski

Spis treści

Krótką prezentacja rond dwupasowych

Ronda tradycyjne dwupasowe o czterech i trzech wlotach

Rondo turbinowe spiralne - ze spiralnym prowadzeniem pasów

Rondo turbinowe proste - z prostym wylotem

Porównanie kolizyjności obu rond turbinowych

Rozwiązania turbinowe na rondach tradycyjnych.

Oznakowanie rond – propozycja

- oznakowanie rond tradycyjnych i jednopasowych
- oznakowanie rond kierunkowych (turbinowych)

Ronda w Polsce, a ronda w Anglii (w GB)

Ronda w Polsce, a ronda w Szwecji

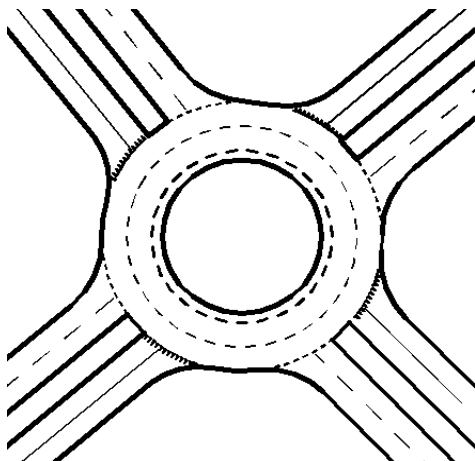
Skrzyżowanie z wyspą centralną

Lokalizacja przejść na rondach

Oznakowanie przejść (nie tylko na rondach)

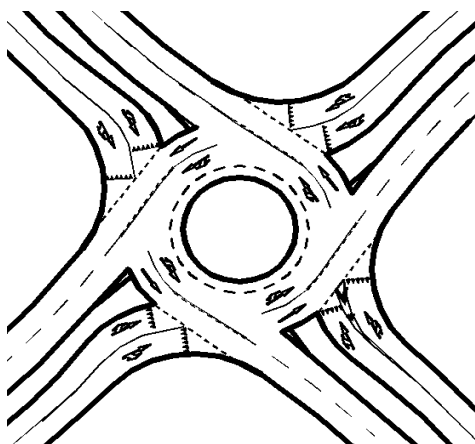
Podsumowanie - wnioski.

Krótką prezentacja rond dwupasowych (przykłady)



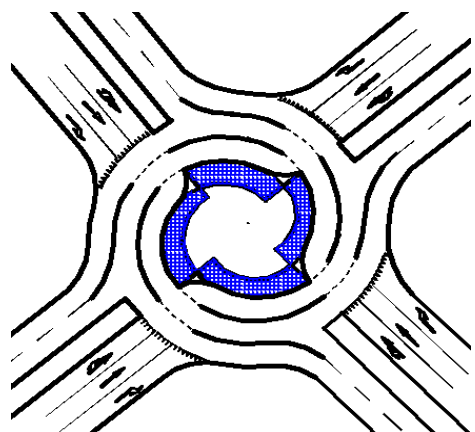
Rondo tradycyjne

Rozwiązanie historyczne, zaletą jest możliwość powiązania na jednym skrzyżowaniu lub placu, większej ilości dróg. Wadą – niemożność zapewnienia bezpiecznego funkcjonowania przy ruchu powyżej 3000 poj./godz. Nawet jazda w pełni zgodna z przepisami nie zapewnia bezpieczeństwa.



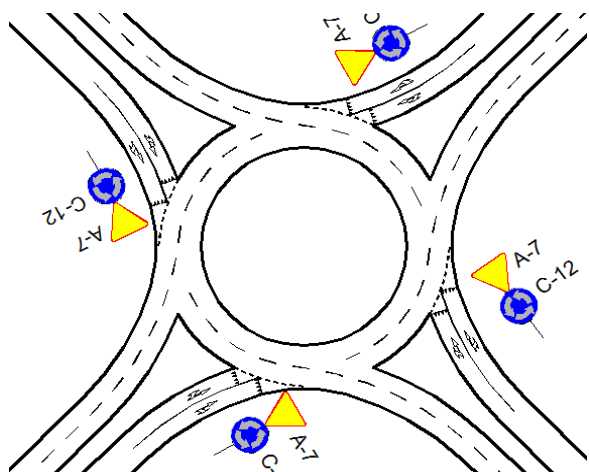
Rondo turbinowe proste (rondo kierunkowe)

Optymalne rozwiązanie dwupasowego ronda na skrzyżowaniach o czterech wlotach. Proste i zrozumiałe. Sprawdzone w warunkach polskich. Może mieć dodatkowe pasy dla skrętów w prawo. Szczególnie przydatne przy przebudowie skrzyżowań z wyspą centralną i prostych wielopasowych z sygnalizacją świetlną.



Rondo turbinowe spiralne

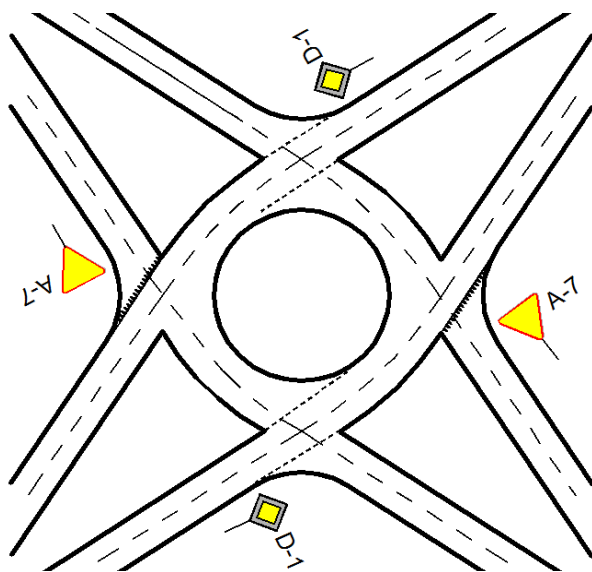
Daje podobny efekt jak rondo turbinowe proste przy bardziej skomplikowanej geometrii. Konieczne są separatory aby „zachęcić” do trzymania się na swoim pasie. Jest trudniejsze dla przejazdu autobusów i samochodów ciężarowych. Rozwiązanie szczególnie przydatne przy usprawnianiu rond tradycyjnych.



Rondo amerykańskie

Rozwiązanie o geometrii podobnej do skrzyżowań z wyspą centralną. Praktycznie nie ma podporządkowania geometrycznego wlotów, a przebieg pasów ruchu przez rondo umożliwia jazdę z większą prędkością.

Powoduje to zagrożenie bezpieczeństwa ruchu, dlatego rozwiązanie nie jest zalecane.



Skrzyżowanie z wyspą centralną o rozsuniętych wlotach.

Korzystne rozwiązanie w przypadku linii tramwajowych prowadzonych środkiem ulic i na głównych ciągach, gdzie może zapewnić dużą przepustowość oczywiście przy zastosowaniu sygnalizacji świetlnej.

Bez sygnalizacji lub oznakowane jako rondo jest bardzo niebezpieczne.

(„rekordzista” miał ponad 300 zdarzeń czyli kolizji i wypadków w ciągu roku)

Rondo tradycyjne dwupasowe o czterech wlotach

Nie stosować.

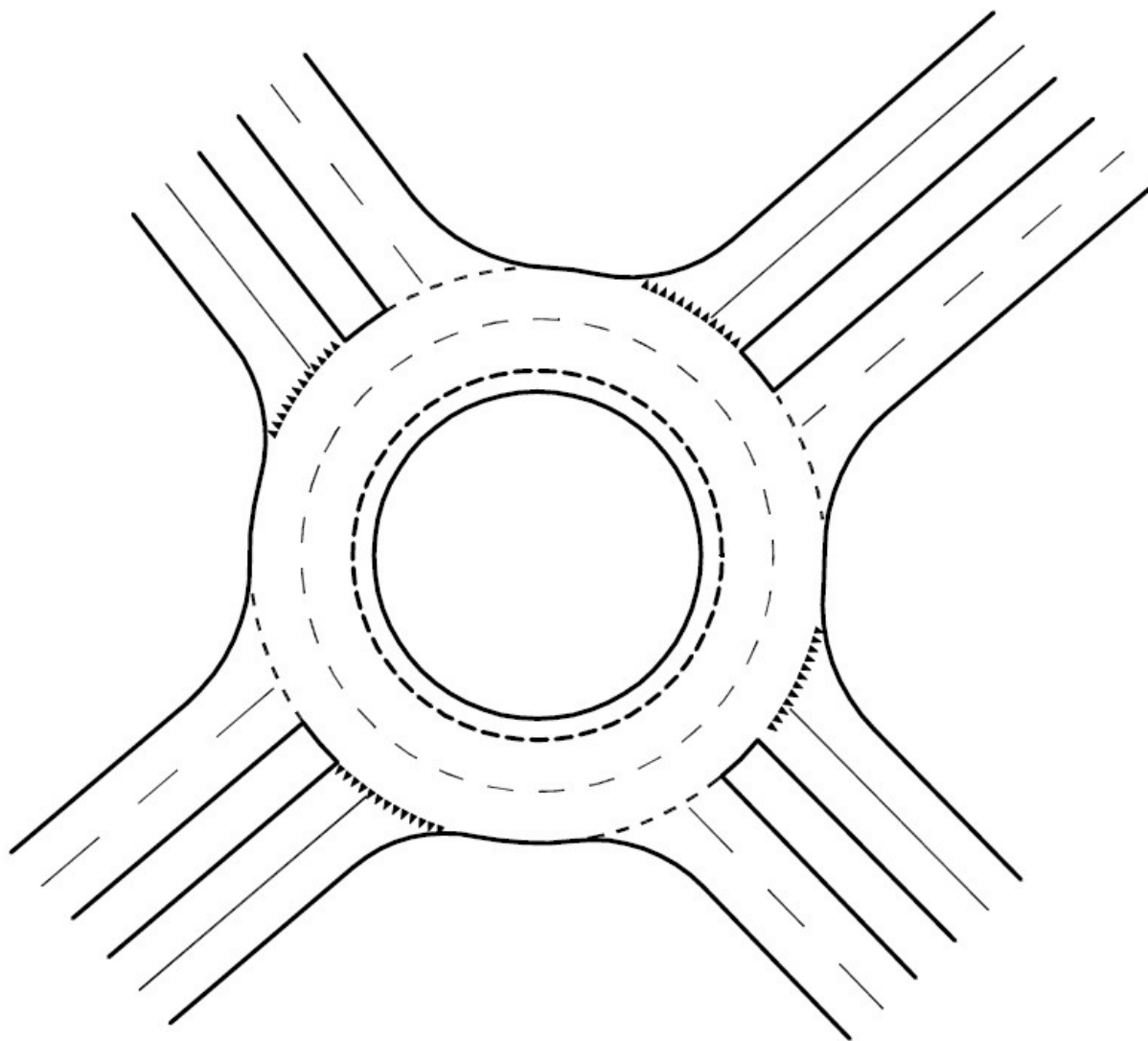
Na rondach tradycyjnych pasy ruchu są wyznaczone wokół wyspy. Rozwiązanie preferuje ruch wokół ronda. W rzeczywistości taka relacja na skrzyżowaniu nie występuje. Na skrzyżowaniach o czterech wlotach dominuje ruch na wprost przez skrzyżowanie. Z tego powodu rondo tradycyjne nie nadaje się do zastosowania na skrzyżowaniu o czterech wlotach (ani na skrzyżowaniu o trzech wlotach)..

Zasady ruchu ustalone dla rond tradycyjnych mają na celu zniwelowanie tej sprzeczności. Zgodnie z tymi zasadami, skręcający w lewo muszą, a jadący na wprost winni korzystać również z pasa lewego (wewnętrznego na rondzie). Przed opuszczeniem ronda należy najpierw zjechać na pas zewnętrzny i z niego opuścić rondo. Niestety przy większym ruchu (powyżej 3000 P/h) zewnętrzny pas ruchu na rondzie jest przeciążony i korzystanie z niego, co jest nakazane dla niektórych relacji, może być niebezpieczne, bowiem trudno jest zjechać z tego pasa aby opuścić rondo. Dlatego przepustowość ronda tradycyjnego jest mniejsza od innych dwupasowych rond, a ilość kolizji i wypadków zdecydowanie większa. Na znanym mi „rekordziście” zaistniało powyżej 300 wypadków i kolizji w ciągu roku pomimo zgodnego z przepisami oznakowania.

Jedyną zaletą rond tradycyjnych jest możliwość połączenia pięciu i więcej dróg na jednym skrzyżowaniu. Należy jednak pamiętać, że przy większym ruchu są one bardziej kolizyjne i blokują się. W przypadku nowych realizacji należy więc dążyć do ograniczenia ilości wlotów do czterech i unikać stosowania rond tradycyjnych.

Na konferencji (*) wielokrotnie wskazywano, że na rondach tradycyjnych jest więcej kolizji i że kierowcy nie korzystają równomiernie z wszystkich pasów ruchu, co obniża przepustowość.

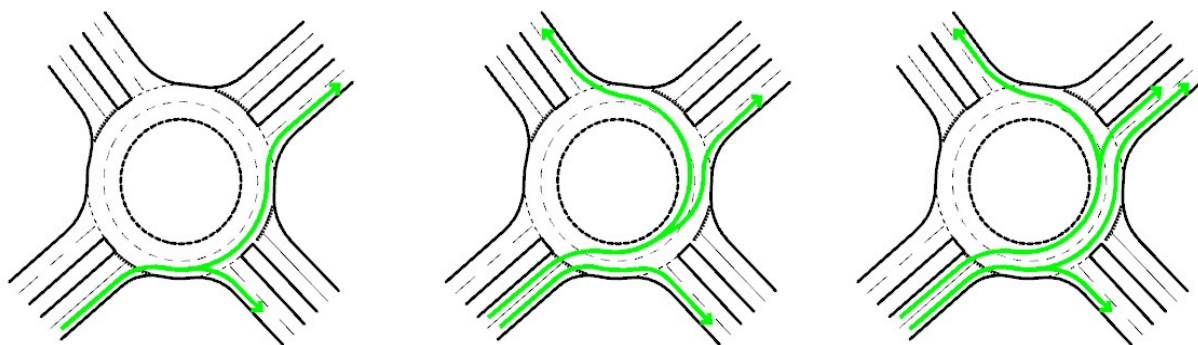
(*) - „Projektowanie rond - doświadczenia i nowe tendencje”, która odbyła się w 2010 roku w Krakowie (staraniem Politechniki Krakowskiej Katedry Budowy Dróg i Inżynierii Ruchu)



Rys. 1.

Rondo tradycyjne dwupasowe o czterech wlotach.

Rozwiązanie geometryczne wydaje się proste i oczywiste, jednak powyżej 3000 P/h rondo jest niebezpieczne, ponieważ utrudnione jest stosowanie ustalonych dla ronda tradycyjnego zasad ruchu.

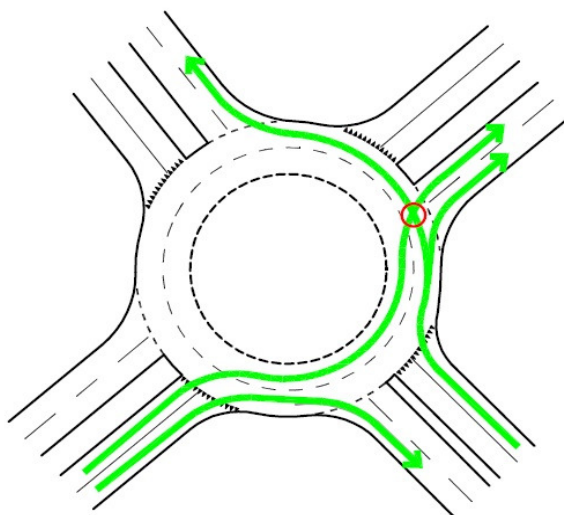


Rys 2

Teoretyczne zasady przejazdu przez tradycyjne rondo o dwóch pasach ruchu:

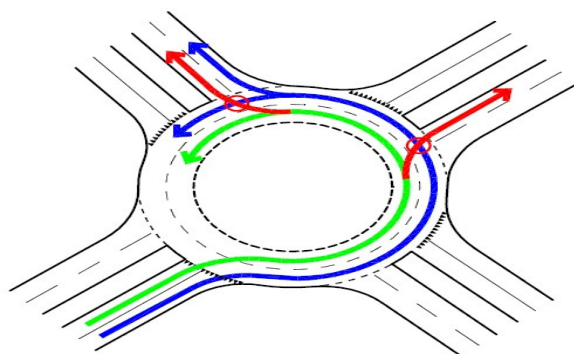
- pasem prawym – na wprost (drugi wylot) i w prawo (pierwszy wylot);
- pasem lewym - na wprost (drugi wylot) i w lewo (trzeci wylot)

Zgodnie z zasadami, opuszczać rondo można tylko z pasa zewnętrznego, na który należy zjechać przed odpowiednim wylotem. Praktyka pokazuje jednak, że przy większym ruchu zjazd z ronda występuje również bezpośrednio z pasa wewnętrznego.



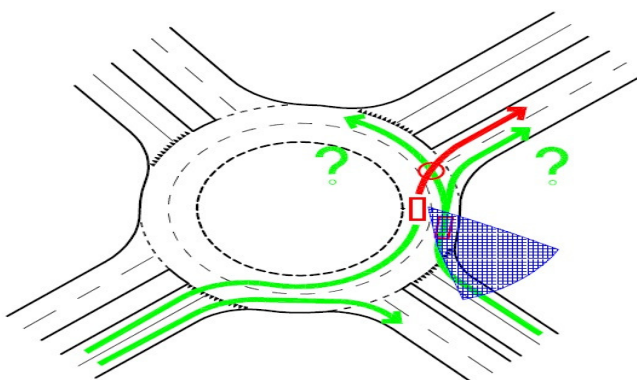
Rys 3

Na rondzie tradycyjnym pojazd jadący zgodnie z ustalonymi zasadami może się zderzyć z innym pojazdem jadącym również zgodnie z tymi samymi zasadami. W każdym miejscu na rondzie pojazdy mogą zmieniać pasy ruchu co stwarza zagrożenie bezpieczeństwa.



Rys 4

Na rondzie tradycyjnym kierowcy często objeżdżają rondo pasem zewnętrznym. Jest to niezgodne z przepisami ale łatwiejsze dla mniej doświadczonych. W przypadku kolizji kierowca, który w ten sposób łamie przepis otrzymuje (zgodnie z taryfikatorem) 6 pkt karnych i 250 zł za jazdę niezgodną z przepisami, a kierowca opuszczający rondo z pasa wewnętrznego otrzymuje 6 pkt karnych i mandat 450 zł za spowodowanie kolizji.



Rys 5

Przy większym ruchu są trudności z opuszczeniem ronda z pasa wewnętrznego.

Są tylko dwie możliwości wykonania tego manewru:

- pojazd jadący równolegle na pasie zewnętrznym również opuszcza rondo;
- pojazd jadący z tyłu na pasie zewnętrznym grzecznościowo zatrzyma się.

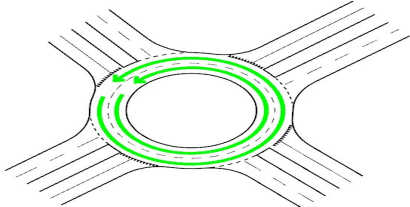
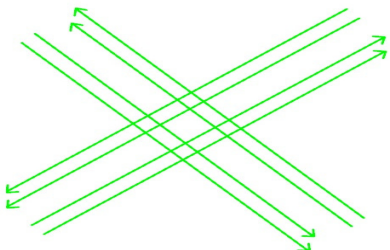
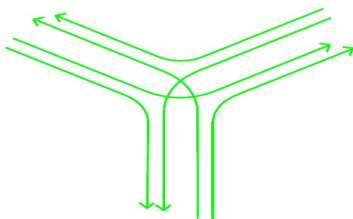
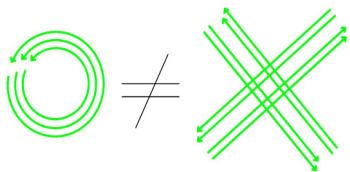
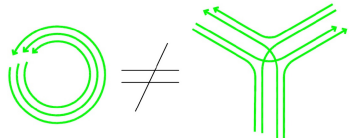
Opuszczając pas wewnętrzny kierujący nie widzi pojazdu z którym może się zderzyć, ponieważ jest on w obszarze braku widoczności. W samochodach osobowych można obrócić głowę i spojrzeć do tyłu (jadąc do przodu !!!), a i tak nie widać kierunkowskazów ponieważ są niżej. Manewr ten jest swoistą loterią ponieważ możliwe jest :

- zderzenie z pojazdem na prawym pasie;
- zderzenie pojazdów na pasie wewnętrznym przy zahamowaniu lub zwolnieniu;

W przypadku kolizji winnym jest opuszczający pas wewnętrzny.

Rys 6.

Relacje preferowane na rondzie tradycyjnym nie występują na skrzyżowaniach o czterech i trzech wlotach :

	Potoki ruchu preferowane na wielopasowym rondzie tradycyjnym - ruch okrężny - jazda dookoła ronda.
	Główne potoki ruchu na skrzyżowaniach o czterech wlotach - jazda na wprost
	Główne potoki ruchu na skrzyżowaniach o trzech wlotach - rozwidlenie potoków na dwa kierunki
	Rondo tradycyjne nie jest dobrym rozwiązaniem na skrzyżowaniu o czterech wlotach
	Rondo tradycyjne nie jest dobrym rozwiązaniem na skrzyżowaniu o trzech wlotach

Porównanie przebiegu głównych relacji na skrzyżowaniach o trzech i czterech wlotach z wielopasowym rondem, pokazuje, że nie nadaje się ono na takie skrzyżowania.

Projektowanie ma na celu znalezienie optymalnego kształtu dla określonego celu.

Podobnie jak taboret nie nadaje się na siedzenia w samochodach, tak wielopasowe rondo tradycyjne nie nadaje się na skrzyżowania o trzech lub czterech wlotach.

Ronda turbinowe

Istnieje kilka różnych rozwiązań rond określanych potocznie jako turbinowe. Najbardziej istotną, wspólną cechą tych rozwiązań jest wykluczenie możliwości objazdu ronda pasem zewnętrznym. Nazewnictwo nie jest ostatecznie ustalone. Poniżej przedstawiam rondo turbinowe ze spiralnym prowadzeniem pasów ruchu i rondo z prostym wyprowadzeniem pasów ruchu, które sprawdziło się w Polsce.

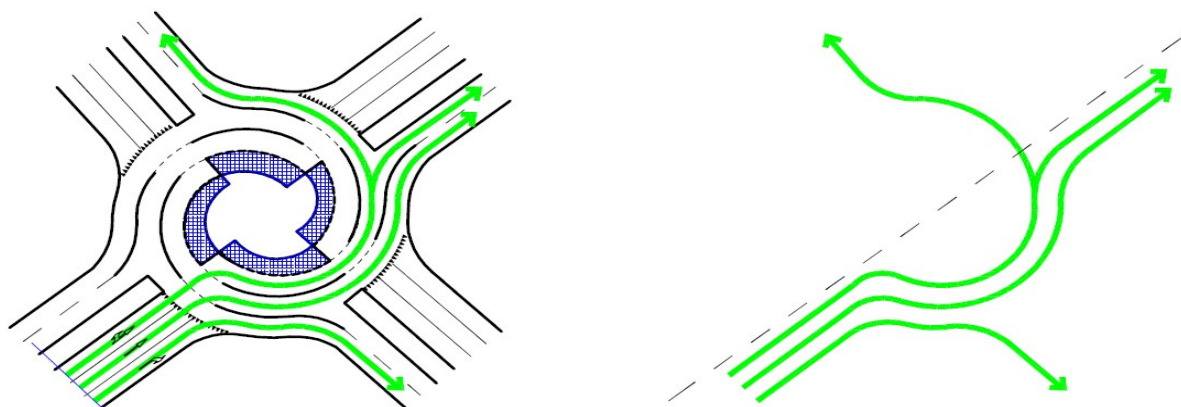
Rondo turbinowe spiralne (ze spiralnym prowadzeniem pasów ruchu)

Stosować w uzasadnionych przypadkach, np. przy większej ilości wlotów jak cztery lub gdy największy potok ruchu zmienia kierunek.

W rozwiązaniu tego ronda wyeliminowano główną wadę rond tradycyjnych – uniemożliwiono objeżdżanie ronda pasem zewnętrznym. Na rondo wjeżdża się pasami ruchu określonymi dla poszczególnych kierunków, przejazd przez rondo odbywa się bez zmiany pasa, bez przeplatania. Ruchem turbinowym (spiralnym) dojeżdża się do odpowiedniego wylotu, gdzie ostrym skrętem w prawo opuszcza się rondo. Taka organizacja ruchu jest podobna do zasad ustalonych dla ronda tradycyjnego z tym, że jest wprowadzona radykalnie. Zmiana pasa ruchu na rondzie jest zabroniona, a specjalne separatory usytuowane na liniach dzielących dodatkowo to utrudniają. Kierujący, który na wlocie zajął niewłaściwy pas (np. ustawił się na prawym, a chce jechać w lewo) nie pojedzie tam gdzie zamierzał. Rondo musi być zaprojektowane odpowiednio do przewidywanej struktury kierunkowej. Mogą być różne rozwiązania np. o dwóch pasach ruchu na każdym wlocie lub o dwóch lub trzech pasach w głównej relacji i mniejszej ilości pasów na wlotach mniej obciążonych itp.

Kręta trasa przejazdu wpływa na zmniejszenie prędkości ruchu lecz utrudnia przejazd większych pojazdów. Z tego powodu na rondach o trzech i czterech wlotach korzystniejsze jest przyjęcie rozwiązania z prostym wylotem, które jest opisane dalej.

Opisany wyżej sposób organizacji ruchu przyjęty na rondach turbinowych może być z powodzeniem wykorzystany przy usprawnianiu istniejących rond tradycyjnych.



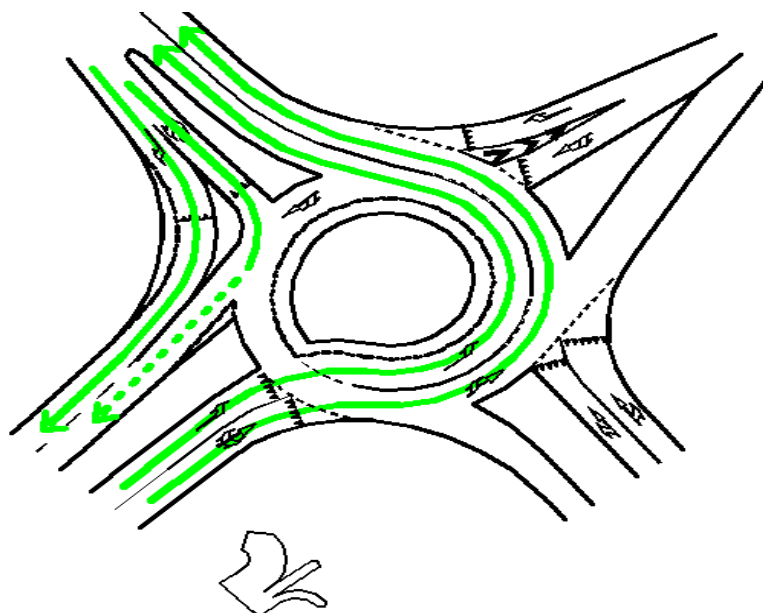
Rys 7 .

Przykładowe rondo turbinowe o czterech wlotach ze spiralnym prowadzeniem pasów.

Na każdym wlocie są trzy pasy ruchu dla określonych relacji. Zależnie od struktury kierunkowej i natężeń ruchu można zastosować różną ilość pasów ruchu (po dwa, trzy) i odpowiednio ukierunkować je na rondzie.

Pojazdy w ruchu na rondzie i opuszczające rondo mają pierwszeństwo.

Na wielu rondach tego typu nie ma możliwości zawracania na rondzie.



Rys 8

Przykładowe rozwiązanie ze zmianą kierunku głównej trasy na rondzie.

Relacja w lewo przez rondo jest poprowadzona dwoma pasami ruchu, relacja w prawo (powrotna) jest poprowadzona pasem poza rondem ale przy małym ruchu wprost i w lewo skręt w prawo może odbywać się też drugim pasem (przez rondo).

Rondo turbinowe z prostym wylotem (rondo kierunkowe)

Najkorzystniejsze rozwiązanie ronda dwupasowego o czterech wlotach.

W rozwiązaniu tego ronda wyeliminowano główną wadę rond tradycyjnych – uniemożliwiono objeżdżanie ronda pasem zewnętrznym. Rondo preferuje ruch w relacjach na wprost, czyli ruch najczęściej dominujący na skrzyżowaniach. Jest podobne do popularnego w Polsce skrzyżowania z wyspą centralną, dzięki czemu jest bardzo czytelne dla kierujących. Zdecydowane podporządkowanie geometryczne wlotów zapewnia bezpieczeństwo ruchu (likwidując w ten sposób główną wadę skrzyżowań z wyspą centralną). Możliwe są różne rozwiązania dostosowane do warunków miejscowych.

W prezentowanym wariantcie podstawowym ruch na wprost poprowadzono dwoma pasami, skręty w prawo i w lewo odpowiednio z prawego i z lewego pasa jak wg ogólnych zasad. W przeciwieństwie do ronda spiralnego, świetnie obsługuje zmienną strukturę kierunkową. Nawet gdy ruch skręcający wzrośnie do 50%, przepustowość wlotu będzie w pełni wykorzystana, ponieważ jadący na wprost mogą wybrać mniej obciążony pas.

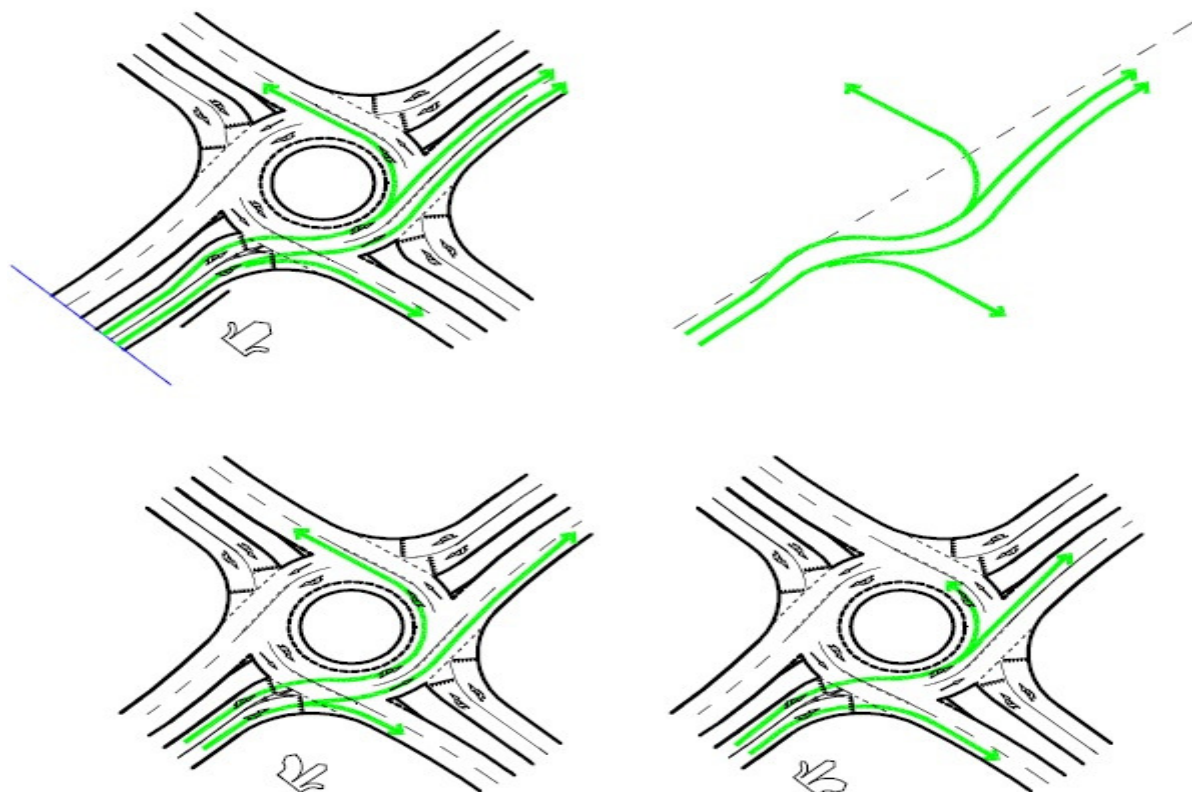
Rondo jest bezpieczne. Zaprojektowałem je na podstawie wzorów szwedzkich, ale organizację ruchu skorygowałem aby dostosować ją do zachowań polskich kierowców. Zamiast spiralnego wyprowadzania pasów zastosowałem pasy równoległe, podobnie jak na tzw. skrzyżowaniach z wyspą centralną (patrz Drogownictwo nr 1/07). Zdecydowane podporządkowanie geometryczne wlotów wymusza zmniejszenie prędkości przed wjazdem na rondo. Trasa przejazdu jest czytelna, geometria rozwiązania preferuje relacje opuszczające rondo. Na wykonanych rondach widać, że taki tor jazdy jest akceptowany, dzięki czemu nie trzeba stosować separatorów między pasami. Obecnie podobne rozwiązania są realizowane w wielu krajach.

Rondo turbinowe z prostym wylotem (kierunkowe), jest najmniej kolizyjne wśród rond dwupasowych (patrz porównanie kolizyjności rond turbinowych Rys. 12 i 13).

Przepustowość ronda o wlotach dwupasowych wynosi 4-5 tys P/h i zależy od wielkości relacji skręcających. Przepustowość można zwiększyć o ok. 2 tys.P/h, dodając na każdym wlocie pas dla skrętu w prawo.

Gdy występuje ruch pieszki, jezdnie na przejściach nie mogą być szersze od dwóch pasów ruchu. Ten warunek winien dotyczyć wszystkich rond, skrzyżowań i przejść bez sygnalizacji świetlnej. Wprawdzie na rozwiązaniach zachodnich można znaleźć przejścia

również przez trzy pasy, jednak w Polsce przy obecnej kulturze uczestników ruchu, lepiej ograniczyć długość przejścia do dwóch pasów. Jest to też korzystne dla przepustowości, ponieważ pieszy krócej jest na przejściu i dzięki temu mniej tamuje ruch pojazdów.



Rys 9

Podstawowy wariant ronda turbinowego prostego (ronda kierunkowego) na skrzyżowaniu o czterech wlotach, po dwa pasy na każdym wlocie.

Rondo zdecydowanie preferuje ruchu na wprost i bardzo dobrze obsługuje zmienne natężenia ruchu skręcającego. Skręcający w prawo lub w lewo ustawiają się na odpowiednich pasach. Jadący na wprost ustawiają się na pasie na którym jest krótsza kolejka. Na rysunkach pokazano rozkład ruchu na pasach przy dominującym ruchu na wprost lub przeciążonym skrećie w lewo lub w prawo.

Podporządkowanie jest tylko na wlotach, pojazdy w ruchu na rondzie i opuszczające rondo mają pierwszeństwo, ich tory jazdy nie przecinają się.

Pojazdy oczekujące na wlotach nie zasłaniają sobie widoczności.

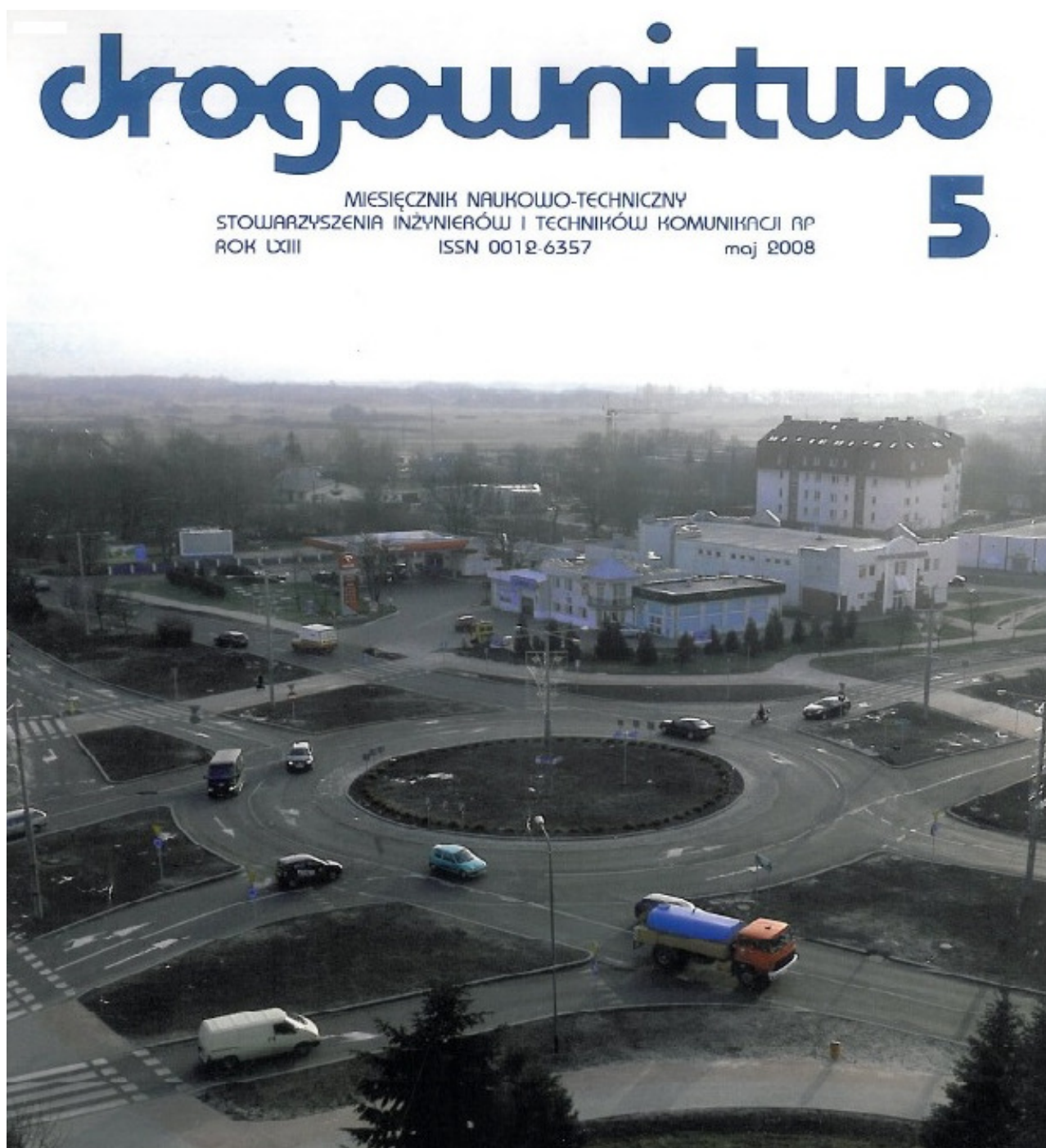


Rys 10

Rondo turbinowe proste (kierunkowe) w Słupsku zrealizowane w 2002 r. na skrzyżowaniu ulic Sobieskiego – 3-go Maja. Zajmuje ono dużo mniejszą powierzchnię jak wcześniejsze skrzyżowanie z sygnalizacją. Jezdnie dla skrętów w prawo z tamtego skrzyżowania służą jako jezdnie parkingowe lub jako droga dla rowerów (na dole zdjęcia).

Na zdjęciu widoczne są ślady po oznakowaniu poziomym jak dla ronda tradycyjnego, „wprowadzonego celem oznakowania takiego jak na rysunkach w poradnikach do nauki jazdy”. Po półrocznym funkcjonowaniu takiej organizacji ruchu, na wniosek policji zlikwidowano ją ze względu na zwiększoną ilość kolizji i wprowadzono oznakowanie zgodne z projektem (jak na zdjęciu). Na podstawie pozytywnych doświadczeń podobnie rozwiązane ronda zastosowano na kilku innych skrzyżowaniach w Słupsku.

Czasowe wprowadzenie na tym rondzie organizacji ruchu jak na rondzie tradycyjnym wykazało, że rondo tradycyjne jest niebezpieczne.



Rys 11 Rondo turbinowe proste (kierunkowe) w Kołobrzegu wykonane w 2005r
na skrzyżowaniu dróg Nr 11 i Nr 163. Dodatkowe pasy dla skrętów w prawo poprawiają przepustowość przy bardzo zmiennym ruchu. Zastąpiło niebezpieczne skrzyżowanie z wyspą centralną. Wykorzystano wyspy i wyloty. Wloty podgięto na wyspę przejścia przez jezdnie o szerokości nie większej jak dwa pasy ruchu. Całość zmieściła się w poprzednim zasięgu nawierzchni jezdni i chodników.. projekt APP Jan Sontowski)

Porównanie kolizyjności obu rond turbinowych

Bezpieczniejsze jest rondo z prostym wylotem

Ocena na podstawie wskaźników wypadków i kolizji

Brak jest badań kolizji i wypadków na rondach krajowych. Dla rond turbinowych prostych wykonanych wg moich projektów (JS), wskaźniki są wyliczone wg statystyki wypadków (z kilku lat) i danych o wielkości ruchu. Dla rond turbinowych spiralnych wskaźniki wypadków pochodzą z referatu przedstawiciela firmy Haskonig w Holandii (z konferencji zorganizowanej przez Politechnikę Krakowską (...)) „Projektowanie rond doświadczenia i nowe tendencje” Kraków 2010)

	Wypadków / rondo / rok	Kolizji / rondo / rok
Rondo turbinowe spiralne wg firmy Haskonig	0,44	6,6
Rondo turbionowe proste (kierunkowe JS)	0.27 - 0,33	3,4 – 7,06

Wskaźniki pokazują, że rondo kierunkowe (turbinowe z prostym wylotem) jest bezpieczniejsze pod względem ilości wypadków i podobne dla kolizji. Trzeba jednak dodać, że badanie obejmowało małą próbę (kilka rond), co mogło nie dać w pełni obiektywnych wyników.

Ocena na podstawie punktów kolizji (rys. 12 i rys. 13))

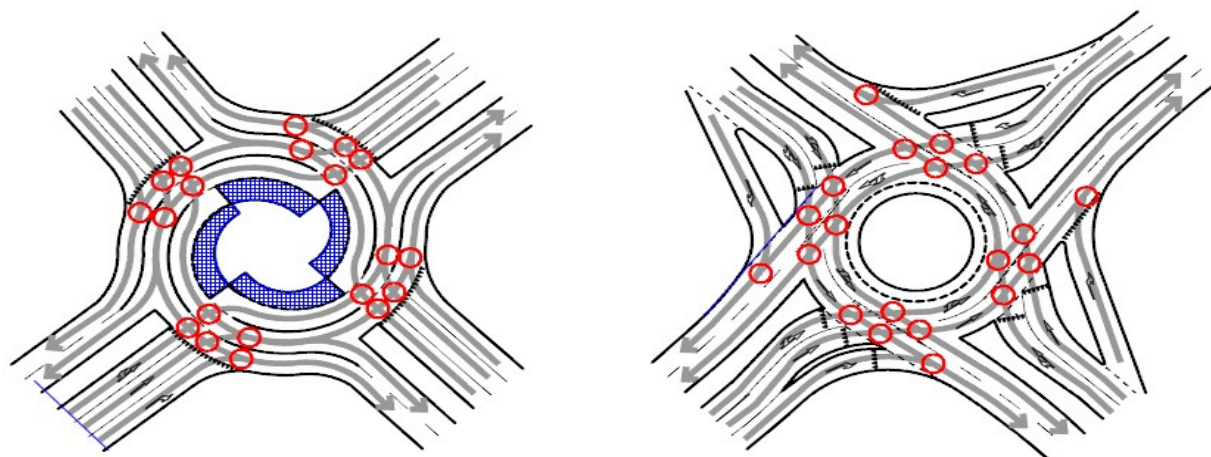
Ilość przecięć potoków ruchu w obu rozwiązaniach rond (rys.12) jest taka sama i wynosi 20. Wyraźną różnicę widać porównując ilość punktów kolizji relacji skręcającej w lewo (rys. 13):

- na rondzie turbinowym występuje 7 punktów kolizji - w tym 5 przecięć i 2 włączenia
- na rondzie z prostym wylotem 5 punktów kolizji - w tym 4 przecięcia i 1 włączenie.

Należy zwrócić uwagę na różnicę między punktami kolizji w obu rozwiązaniach.

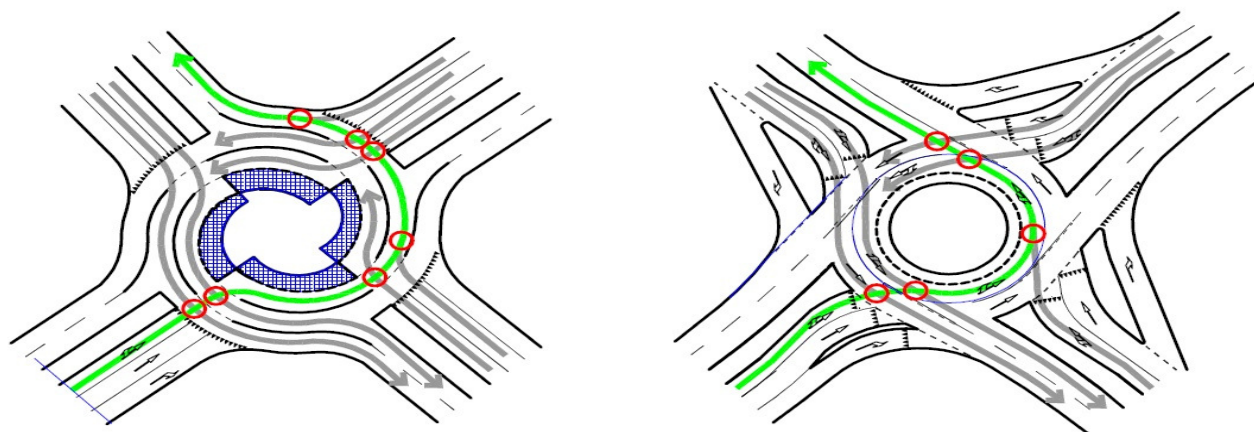
- na rondzie turbinowym występują przecięcia pod kątem prostym;
- na rondzie z prostym wylotem (kierunkowym) są tylko przecięcia ukośne.

Zderzenia pod kątem prostym są groźniejsze, ponieważ następuje czołowe uderzenie w bok pojazdu. Przy ukośnych dochodzi do zderzeń bokami pojazdów jadących w podobnym kierunku, co oznacza, że siła uderzenia jest mniejsza. Poza tym można łatwiej uniknąć zderzenia ukośnego zwalniając i nieco zmieniając tor jazdy. To pokazuje, że podane w tabeli wskaźniki wypadków korzystne dla ronda z prostym wylotem nie są przypadkowe.



Rondo turbinowe spiralne	Rondo turbinowe proste (kierunkowe)
Na każdym wlocie 5 p.k.	Na każdym wlocie 5 p.k.
3 przecięcia pod kątem prostym, 2 włączenia	4 przecięcia ukośne 1 włączenie

Rys. 12 Ilość punktów kolizji (p.k.) na rondach o takiej samej ilości pasów na wlotach
 Na rondzie z prostym wylotem nie ma przecięć pod kątem prostym co jest korzystne dla bezpieczeństwa ruchu.



5 przecięć pod kątem prostym	4 przecięcia ukośne
2 włączenia	1 włączenie

Rys.13 Ilość punktów kolizji na trasie skrętu w lewo
 Na rondzie z prostym wylotem ilość kolizji jest mniejsza i nie występują przecięcia pod kątem prostym. Jest to korzystne dla bezpieczeństwa ruchu i przepustowości ronda.

Rozwiązania turbinowe na rondach tradycyjnych

Ronda tradycyjne można usprawnić przez wprowadzenie organizacji ruchu zapożyczonej z rozwiązań rond turbinowych.

W przypadku niezadowolającego funkcjonowania, na rondach tradycyjnych można zastosować organizację ruchu zapożyczoną z ronda turbinowego.

Najczęściej jest tak, że określone wloty i relacje są dominujące, a na innych ruch jest mniejszy. Jeśli nowa organizacja ruchu będzie odpowiednia dla istniejącego ruchu, można zmniejszyć kolizyjność i ewentualnie poprawić przepustowość.

Rozwiązań może być bardzo wiele. Należy jednak pamiętać o podstawowych zasadach, które na rondach do czterech wlotów winny być zachowane dla wszystkich relacji. Na rondach powyżej czterech wlotów zachowanie tych zasad dla wszystkich relacji nie będzie możliwe, jednak należy je zachować dla relacji o największym natężeniu:

- stosować tylko jedno podporządkowanie dla każdej relacji - na wlocie;
- wyeliminować przeplatanie ruchu na rondzie;
- ilość pasów na wylotach nie mniejsza jak ilość pasów na odpowiednia wlotach;
- ilość pasów dla poszczególnych relacji winna być odpowiednia do wielkości ruchu.

Rys 14

Ostatecznie zrezygnowałem z przykładowej prezentacji usprawnienia ronda tradycyjnego poprzez wprowadzenie rozwiązań turbinowych. Jest bardzo dużo możliwych sytuacji. Rozwiązanie dobre w jednym miejscu, nie sprawdzi się w innym.

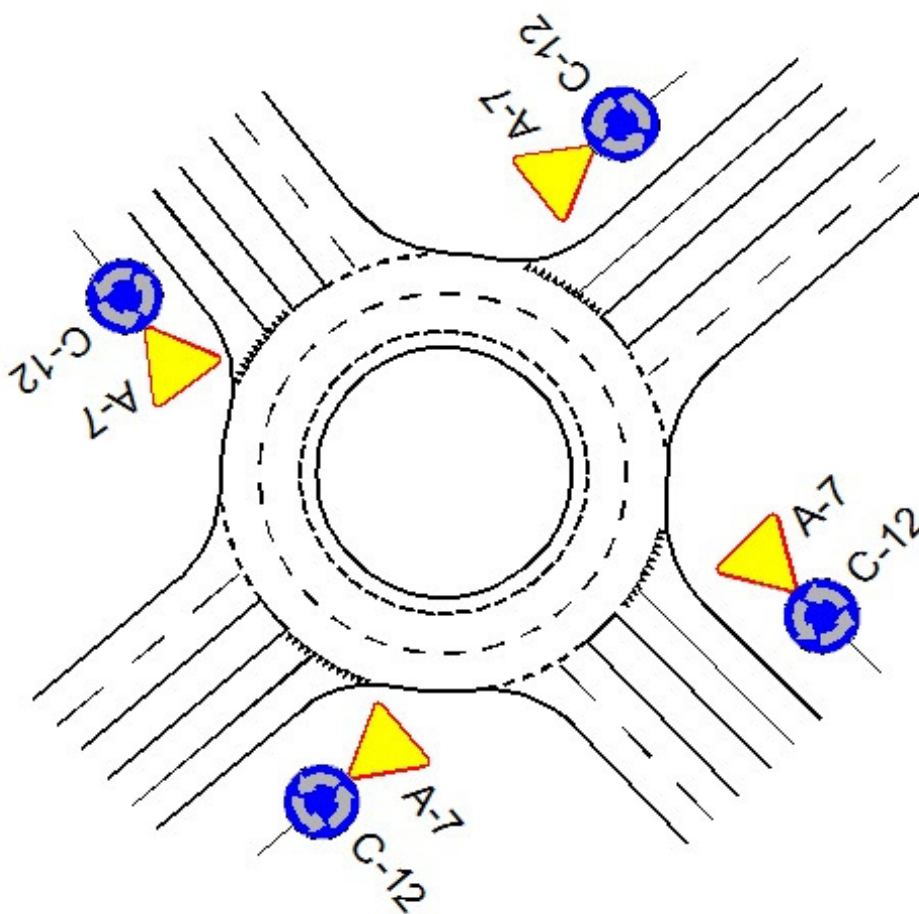
Oznakowanie rond – propozycja.

Jednym z najważniejszych problemów jest takie oznakowanie rond, aby odróżnić rondo tradycyjne od ronda turbinowego (kierunkowego) - przedstawiam propozycję.

Oznakowanie rond tradycyjnych i jednopasowych

Przed rondami jednopasowymi oraz wielopasowymi rondami tradycyjnymi winien być stosowany znak C-12 „ruch okrężny” i A-7 „ustąp pierwszeństwa”. Taki sposób oznakowania jest określony w przepisach.

Na rondach tych występuje ruch okrężny objazd wyspy środkowej ronda odbywa się wszystkimi pasami ruchu wokół ronda i zastosowanie znaku C-12 jest konieczne.



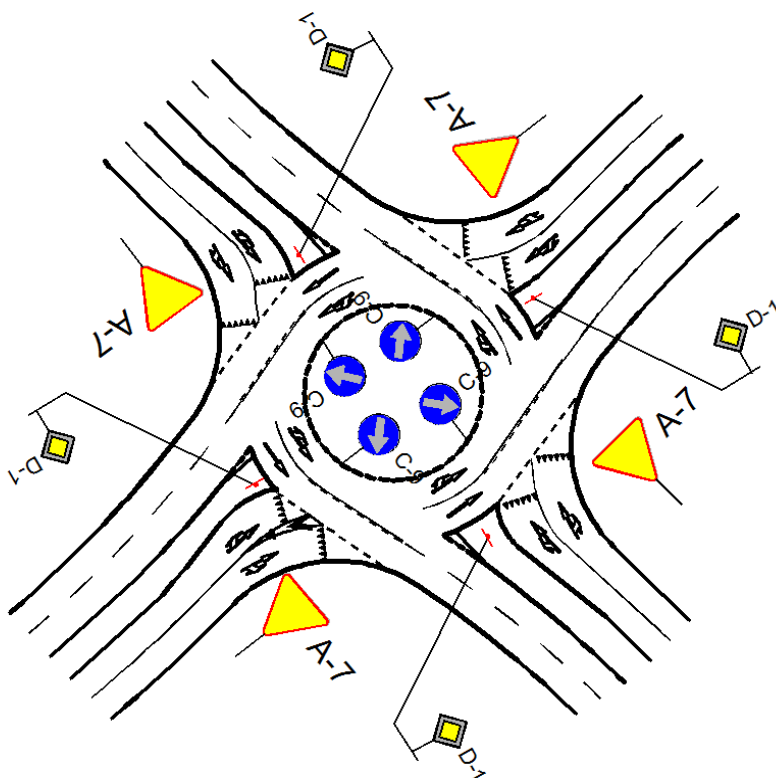
Rys 15

Oznakowanie rond tradycyjnych i rond jednopasowych

Oznakowanie rond kierunkowych (turbinowych)

W oznakowaniu rond turbinowych (kierunkowych) należy:

- na wlotach wyznaczyć oznakowaniem poziomym i ew. znakami F-10 pasy ruchu dla określonych relacji i pokazać ich przebieg przez obszar skrzyżowania (ronda);
- na wlotach ustawić A-7 (i odpowiednio D-1 mini);
- pokazać kierunek objazdu wyspy ronda - naprzeciwko wlotów dać znaki C-9 „nakaz jazdy z prawej strony znaku” (i można dodać D-3)
- nie ustawiać C-12 !!! - nigdzie !!!



Rys 16 Oznakowanie rond kierunkowych (turbinowych)

Uzasadnienie

Na rondach turbinowych (kierunkowych) nie odbywa się ruch okrężny, czyli zgodnie z Dz.U.2002.170.1393 – § 36. 1. „ruch dookoła wyspy lub placu w kierunku wskazanym na znaku”. Rozwiązania rond turbinowych wykluczają ruch okrężny, a na niektórych nie ma nawet fizycznej możliwości zawracania. Obowiązuje jedynie ustalony kierunek objazdu wyspy środkowej ronda, co nie jest tożsame z „ruchem okrężnym”, ponieważ za wyspą należy obowiązkowo opuścić to skrzyżowanie, czyli rondo. Wokół wyspy ronda może odbywać się tylko skręt w lewo - to nie jest ruch okrężny.

Z tego powodu przed rondami kierunkowymi (turbinowymi), na których zgodnie z organizacją ruchu ruch okrężny nie występuje, oznakowanie poziome go nie przewiduje !! , nie należy ustawiać znaku C-12 „ruch okrężny” ani znaku A-8 „skrzyżowanie o ruchu okrężnym”.

Ustawianie znaku C-12 przed tymi rondami powoduje dezinformację i w dalszej konsekwencji zagrożenie bezpieczeństwa, ponieważ są kierowcy, którzy stosują zasady wynikające ze znaku C-12 (ruch okrężny) uznając, że znaki pionowe są nadrzędne nad znakami poziomymi.

Oznakowanie pionowe i poziome musi być wzajemnie zgodne. Rozporządzenie w sprawie znaków wprowadzono zanim pojawiły się ronda bez ruchu okrężnego, jak widać tego nie przewidziano.

Ronda w Polsce, a ronda w Anglii (w GB)

W Polsce jest ruch prawostronny – rondo objeżdżamy w kierunku odwrotnym do ruchu wskazówek zegara. Na rondach (i poza nimi) obowiązuje **pierwszeństwo pojazdu nadjeżdżającego z prawej strony**. Aby nie doprowadzić do zablokowania ruchu na rondzie wloty na rondo są podporządkowane znakami A-7 i C-12.

W Anglii jest ruch lewostronny – rondo objeżdżamy w kierunku zgodnym z ruchem wskazówek zegara. Na rondach obowiązuje **pierwszeństwo pojazdu nadjeżdżającego z prawej strony**. Wloty na rondo są podporządkowane na podstawie tej samej zasady. W Anglii nie wszystkie ronda są „w pełni” oznakowane. Wystarczą przepisy ogólne a czasem tylko drogowskazy z symbolem ronda, lub „sierżanty” na wyspie środkowej . .

W Anglii zasada pierwszeństwa z prawej strony przy ruchu lewostronnym sprawia, że **na rondzie jest preferowany ruch na wprost** – przejazd przez rondo (drugi wylot)

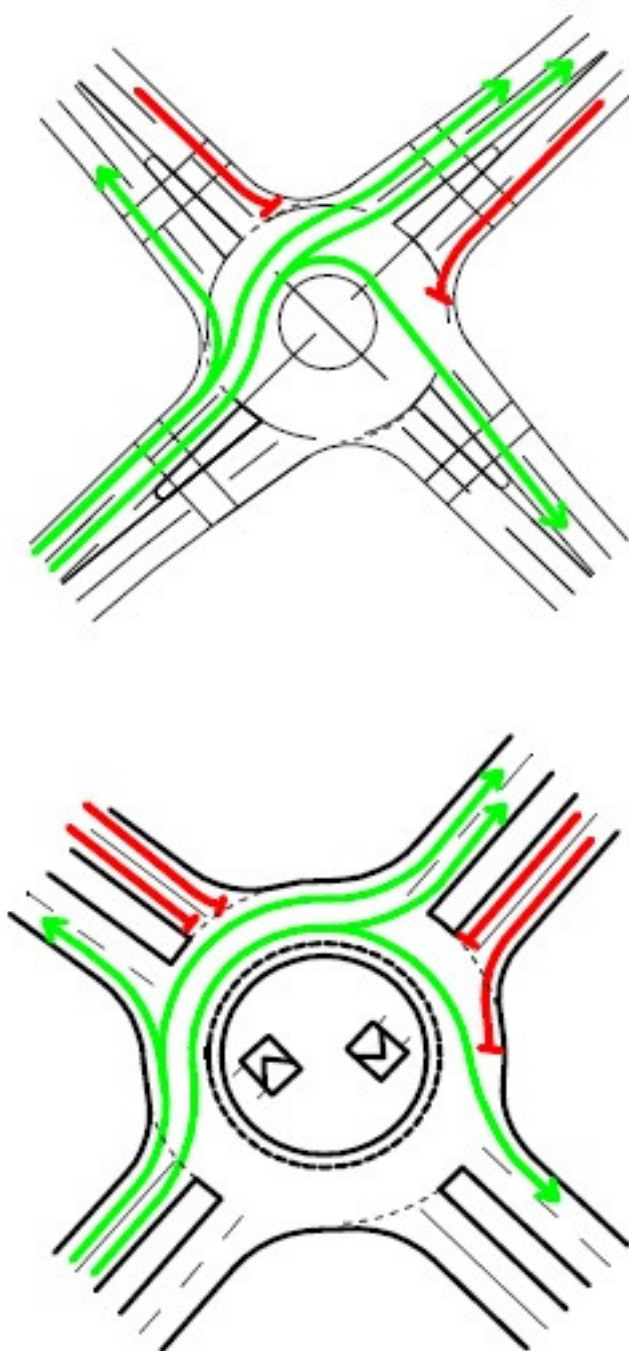
- wloty na rondo są podporządkowane wg ogólnych zasad;
- pojazd opuszczający rondo z pasa wewnętrznego ma pierwszeństwo.

W Polsce zasada pierwszeństwa z prawej strony przy ruchu prawostronnym sprawia, że **jest preferowany ruch wokół ronda** co nie sprzyja bezpieczeństwu ani przepustowości.

W Anglii brak pasów na rondzie ułatwia opuszczenie ronda.

W Polsce na rondzie bez wyznaczonych pasów, pierwszeństwo ma pojazd objeżdżający rondo po zewnętrznej.

Aby w Polsce na rondzie wyeliminować jazdę w kółko po zewnętrznej, konieczne jest odpowiednie oznakowanie poziome. Warunki ruchu najbardziej podobne do angielskich, czyli preferowanie ruchu na wprost, daje rondo turbinowe proste (z prostym wylotem).



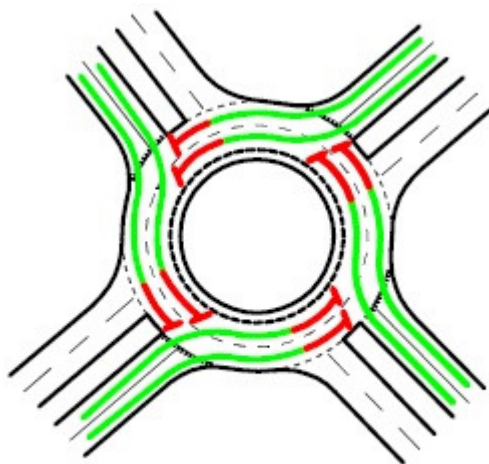
Rys 17

W Anglii na rondzie obowiązuje ruch lewostronny i zasada pierwszeństwa z prawej strony co sprawia, że wloty są podporządkowane i pierwszeństwo ma pojazd opuszczający rondo

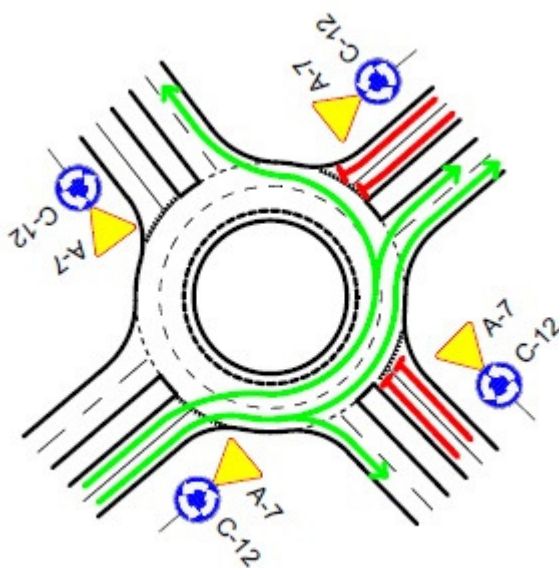
- preferowany jest ruch na wprost (przez rondo)
- preferowany jest ruch opuszczający rondo z pasa wewnętrznego

Rys 18

W Polsce na rondzie obowiązuje ruch prawostronny i pierwszeństwo z prawej strony co sprawia że:

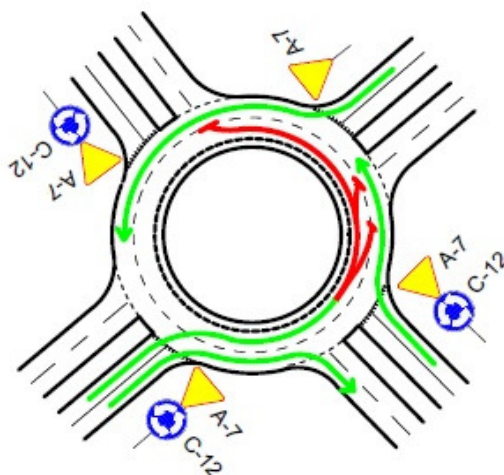


a/ ronda bez dodatkowego oznakowania blokują się;

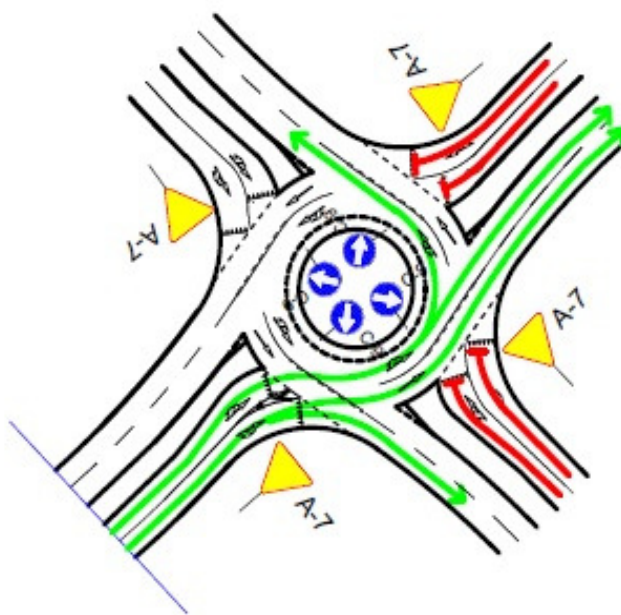


b/ aby wyeliminować blokowanie ronda, na wlotach ustawiane są znaki A-7 i C-12;

- teoretycznie ruch powinien odbywać się jak na rys. b/,
- najczęściej jest tak jak na rys. c/ ;



c/ zasada pierwszeństwa z prawej strony sprawia, że pojazdy na pasie wewnętrznym mają trudności z opuszczeniem ronda tradycyjnego, co występuje przy większym ruchu.



Rys 19

Na rondzie kierunkowym organizacja ruchu daje podobny efekt jak przepisy ruchu na rondach w Anglii,

- podporządkowanie wlotów i wyeliminowanie przeplatania zapewnia oznakowanie;
- pierwszeństwo mają pojazdy opuszczające rondo;
- preferowany jest ruch na wprost - ruch dominujący na prawie każdym skrzyżowaniu;
- punkty kolizyjne (przecięcia torów jazdy) występują tylko przy wjeżdżaniu na rondo, gdzie jest dobra widoczność i czytelne podporządkowanie, dzięki czemu jest bezpiecznie.

Ronda w Polsce, a ronda w Szwecji

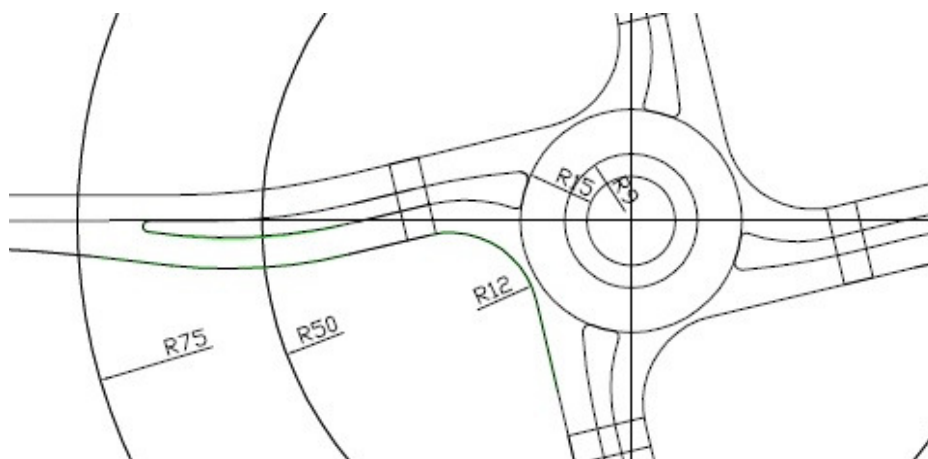
Polskie wytyczne projektowania rond winny być uzupełnione o rozwiązania podobne do stosowanych w Szwecji.

Ronda wg przepisów szwedzkich mają mocno podporządkowane wloty i łagodne wyloty. W Polsce wlot i wylot jest praktycznie symetryczny. Rondo o mocno podporządkowanym wlocie i łagodnym wlocie (jak w przepisach szwedzkich) bardziej sprzyja bezpieczeństwu i jest wygodniejsze dla samochodów ciężarowych. Przepustowość rond jednopasowych w Szwecji to ok. 2800 P/h, a w Polsce 2000 – 2400 P/h.

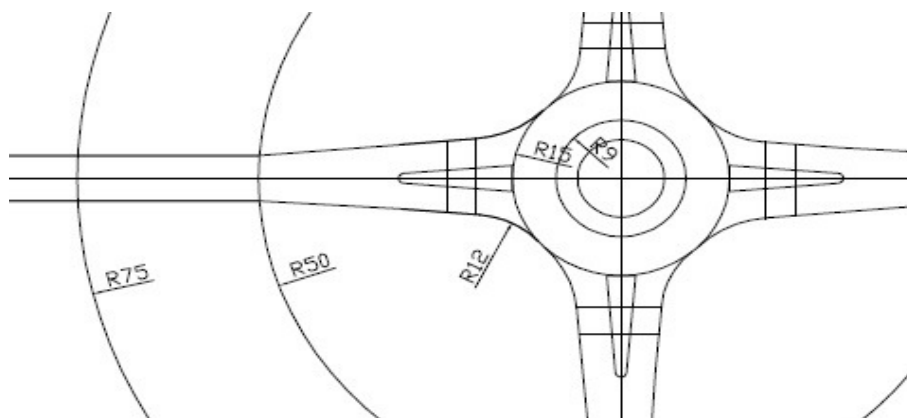
Ronda o geometrii wg zasad szwedzkich winny być stosowane w Polsce zwłaszcza:

- poza obszarem zabudowanym;
- przy większym ruchu ciężarowym - czyli na drogach krajowych i wojewódzkich;
- gdy teren na budowę jest ograniczony - czyli na rondach o małych średnicach;
- na rondach dwupasowych (jak na rys.10 i 11).

Na kolejnych rysunkach łuki $R=50$, $R=75$... podają odległość od środka ronda. Celem porównania zasad geometrii zastosowano na obu rondach promienie 12,0 i 15m jak w polskich wytycznych. W przepisach szwedzkich zaleca się większe promienie m.in. ze względu na dopuszczenie do ruchu większych pojazdów.



Rys. 20 a Przykładowa geometria ronda na podstawie zasad szwedzkich dla $D=30m$



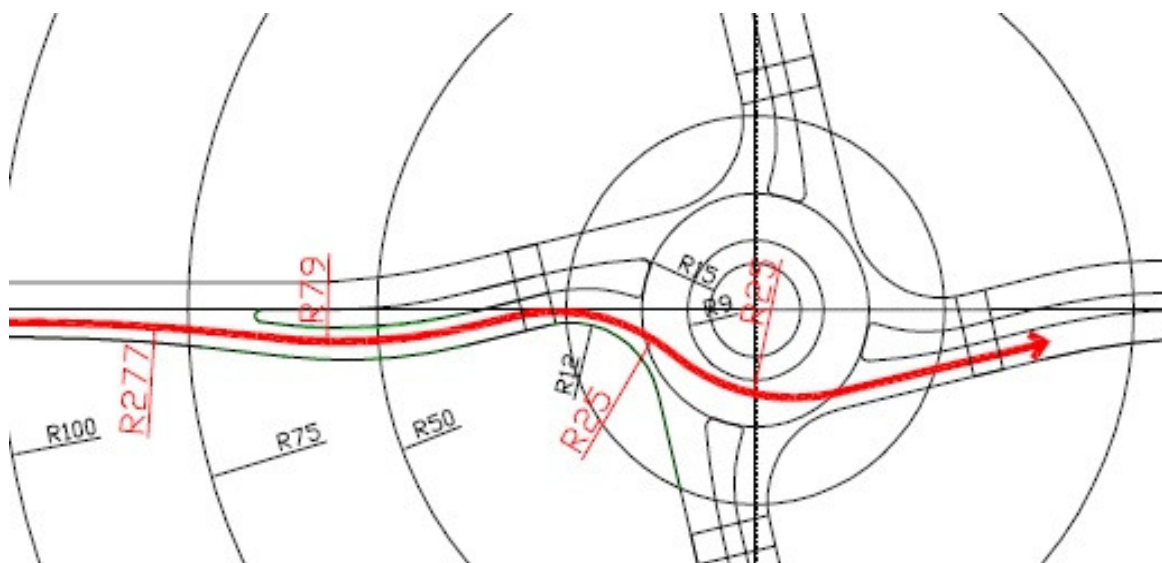
Rys. 20 b Przykładowa geometria ronda wg zasad polskich dla $D = 30m$

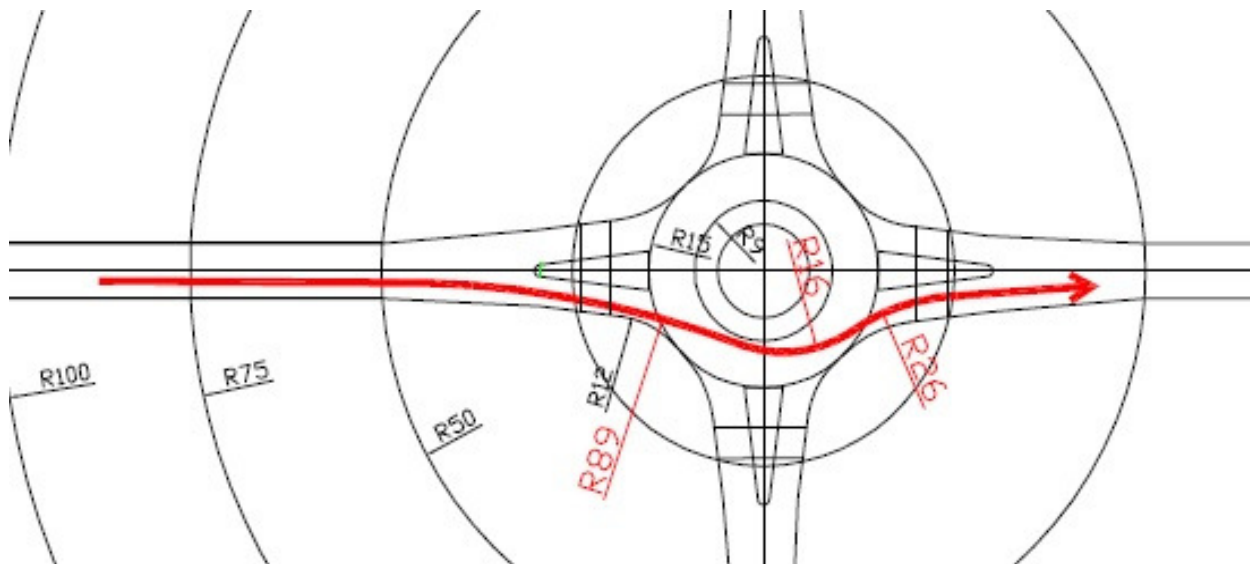
Rys 21 Porównanie przejazdu przez rondo o podobnej wielkości (D=30m) zaprojektowane wg polskich wytycznych z 2001r i zasad szwedzkich.

Przy uwzględnieniu toru jazdy ze ścinaniem zakrętów, geometria wg zasad szwedzkich lepiej wpływa na ograniczenie prędkości przed rondem i na rondzie.

Na rondach zaprojektowanych wg polskich wytycznych 2001 hamowanie jest konieczne dopiero na rondzie co jest niekorzystne dla bezpieczeństwa i przepustowości.

Łuki R=50, R=100 R=150... podają odległość od środka ronda. Celem porównania zasad geometrii zastosowano na obu rondach promienie 12,0 i 15m jak w polskich wytycznych. W przepisach szwedzkich zaleca się większe promienie m.in. ze względu na dopuszczenie do ruchu większych pojazdów.





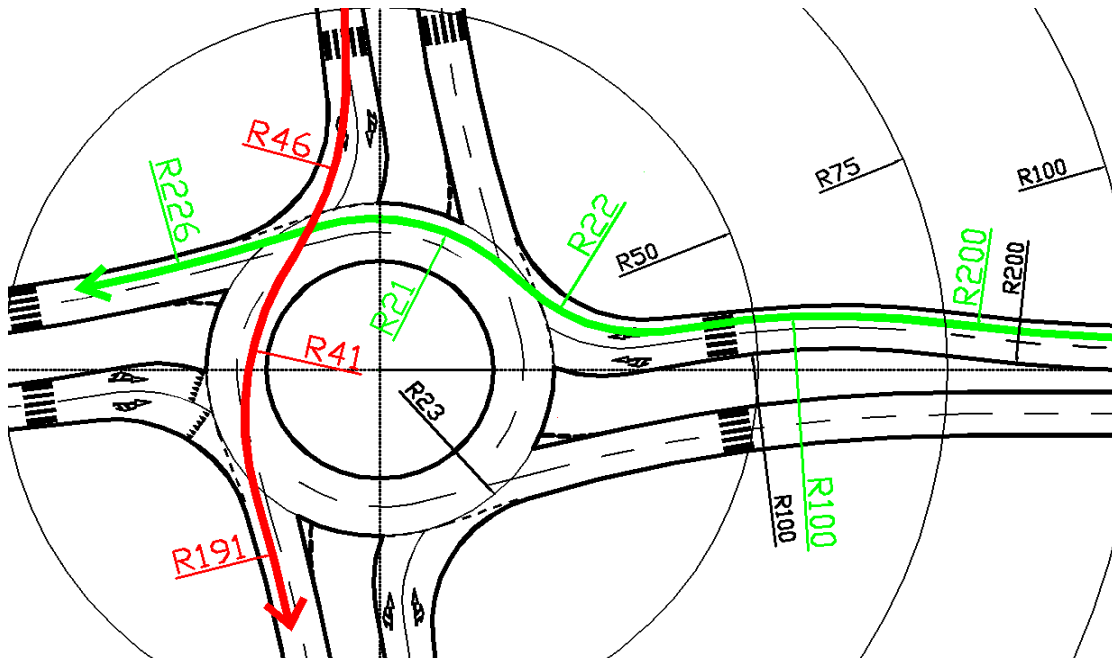
Rys. 21c Przejazd przez rondo wg zasad polskich z wyspami trójkątnymi na wlotach.

Porównanie torów jazdy wskazuje, że rondo wg przepisów polskich, a szczególnie z trójkątnymi wyspami na wlotach praktycznie wymusza zwolnienie prędkości dopiero na rondzie, a gdy kierowca ścina zakręty, to musi zdecydowanie zwolnić przy opuszczaniu ronda. Były przypadki wywrócenia samochodów ciężarowych, gdy kierowca jechał zbyt blisko środkowej wyspy ronda, ale również przy opuszczaniu ronda. Wyspy trójkątne są stosowane ze względu na to, że zapewniają łatwiejszy przejazd dla dużych pojazdów.

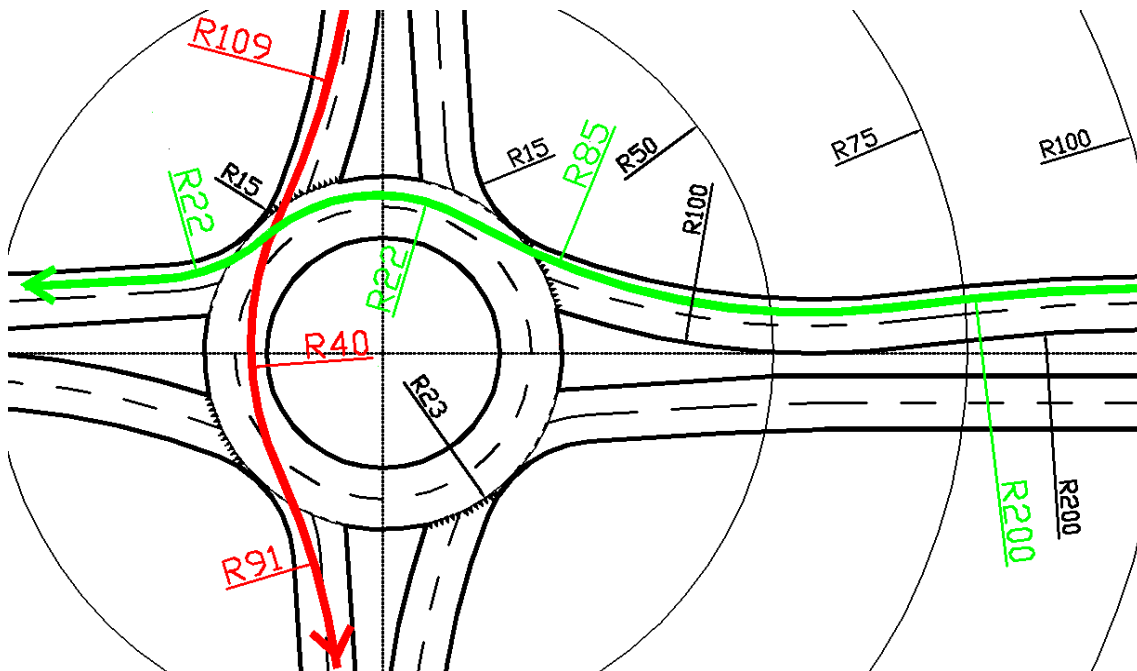
Wykonanie ronda o geometrii wg zasad szwedzkich wymusza zwolnienie prędkości przed wjazdem na rondo i powoduje, że tor przejazdu jest bardziej jednorodny, co jest korzystne dla bezpieczeństwa.

Rys 22 Porównanie przejazdu na różnie zaprojektowanych rondach dwupasowych

Tory jazdy zgodnej z przepisami – zielone, tory jazdy ze „ścinaniem” na łukach - czerwone;

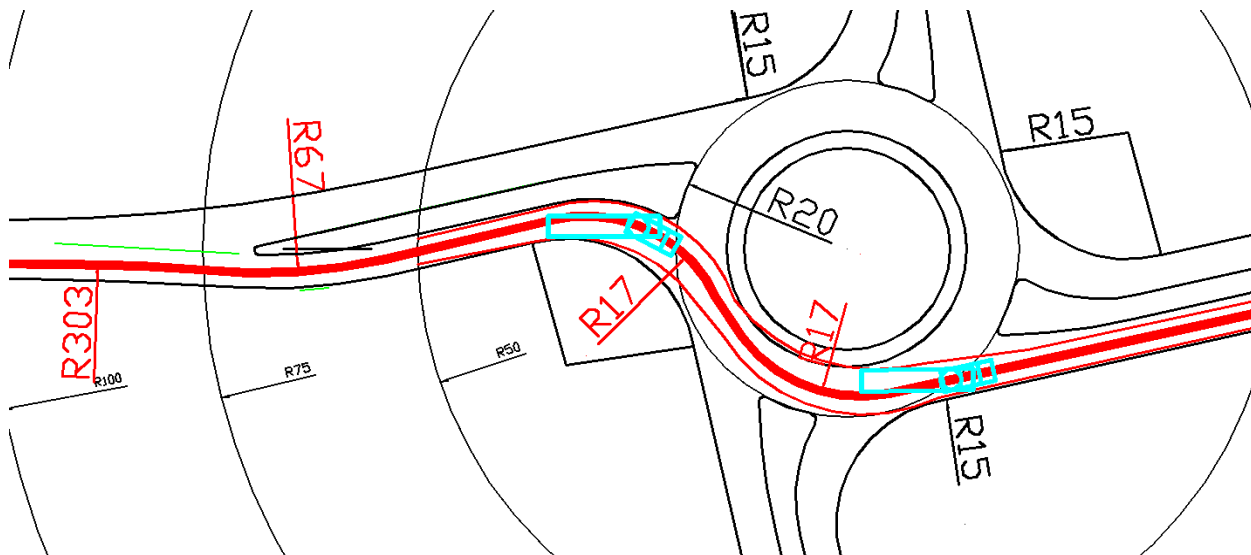


Rys. 22a Rondo turbinowe proste zaprojektowane wg rozwiązań szwedzkich – daje lepsze podporządkowanie wlotu - wymusza zwolnienie przed wjazdem na rondo.

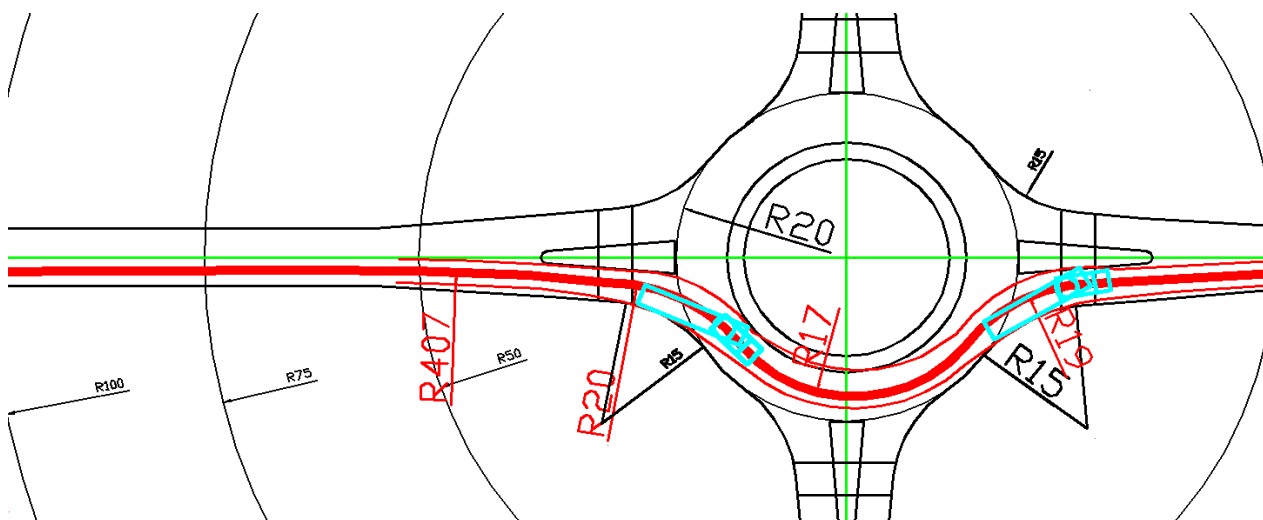


Rys. 22 b Rondo zaprojektowane wg Wytycznych.. 2001r. - z zalecaną krzywą esową p.5.2.3.8. Wymusza zmniejszenie prędkości dopiero na rondzie i na wylocie.

Rys 23 Porównanie przejazdu s. ciężarowym przez rondo o promieniu 20m (D=40m) zaprojektowane wg zasad polskich i szwedzkich.

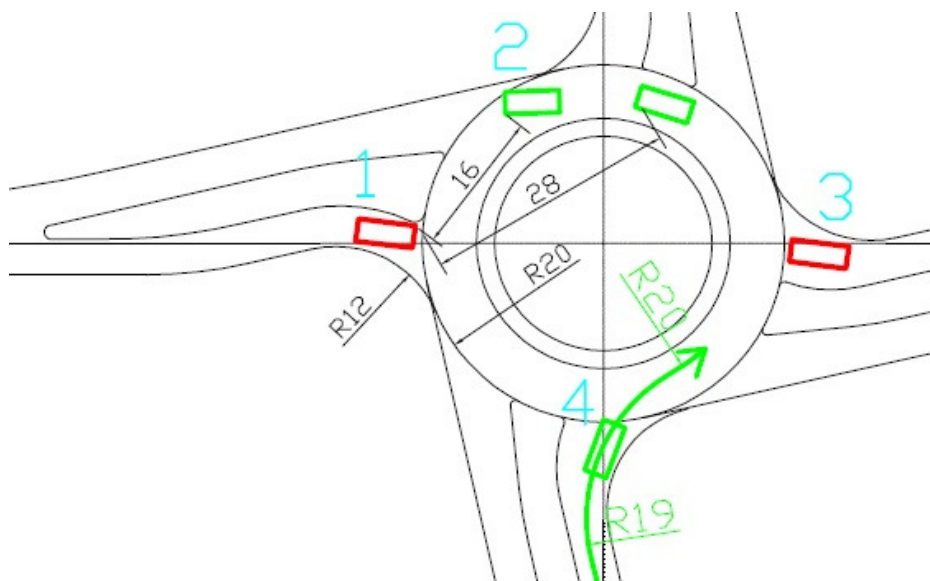


Rys. 23a Rondo wg zasad szwedzkich - na wlocie łuk o promieniu 15m (zal. 18m) i duży kąt zwrotu, wylot po stycznej. Uzyskano zdecydowane podporządkowanie wlotów i dobre warunki dla przejazdu dużych pojazdów ciężarowych. Mniejsze pojazdy mają małe możliwości ścinania zakrętów.



Rys. 23b Na rondzie wg zasad polskich na wlocie i na wylocie są mniejsze promienie (12m wyjątkowo 15m) i mniejsze kąty zwrotu. Małe pojazdy mają spore możliwości ścinania zakrętów, a przejazd dużych pojazdów jest utrudniony. Często występuje najazd na krawędzie. Przejścia w odległości 5.0m są zlokalizowane w miejscach, gdzie duże pojazdy mocno zachodzą na skrętach (były wypadki najechania oczekujących pieszych).

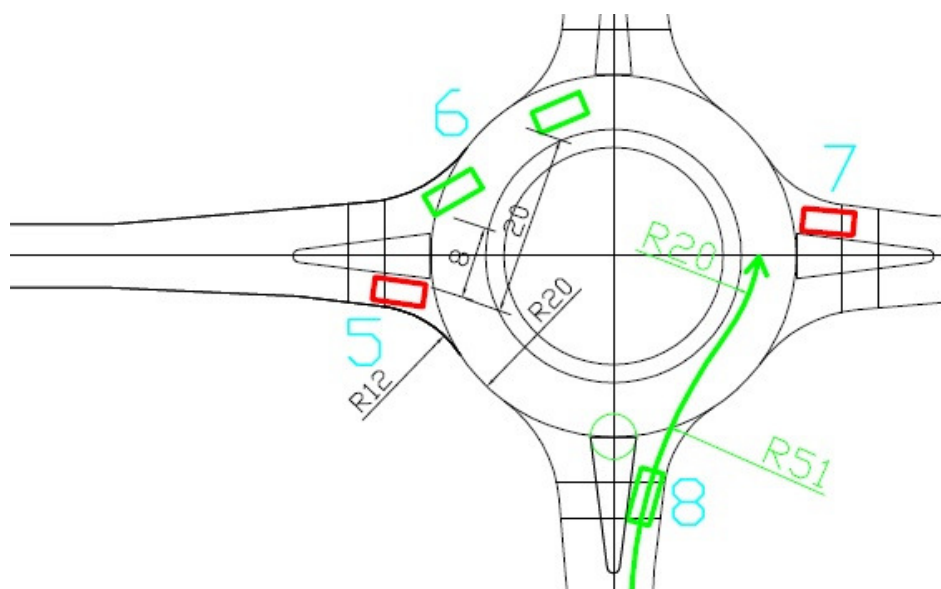
Rys. 24 Porównanie warunków dla przepustowości rond zaprojektowane wg zasad polskich i szwedzkich.



Rys. 24 a Przykładowe rondo wg zasad szwedzkich (przepustowość ok. 2800p/h)

Na rondzie wg zasad szwedzkich pojazd [2] rozpoczyna wcześniej manewr opuszczania ronda i pojazd [1] ma więcej czasu na podjęcie decyzji i na wjazd na rondo.

Pojazd [3] może bezpiecznie wjechać na rondo, bo prędkość pojazdu [4] jest spowolniona.



Rys. 24 b Przykładowe rondo wg zasad polskich (przepustowość ok. 2000P/h)

Do ostatniej chwili trudno ocenić, czy pojazd [6] będzie opuszczał rondo i w rezultacie pojazd [5] nie wykorzystuje wszystkich możliwości wjazdu na rondo. Pojazd 7 obawia się wjechać na rondo ze względu na dużą prędkość pojazdu 8 dojeżdżającego do ronda.

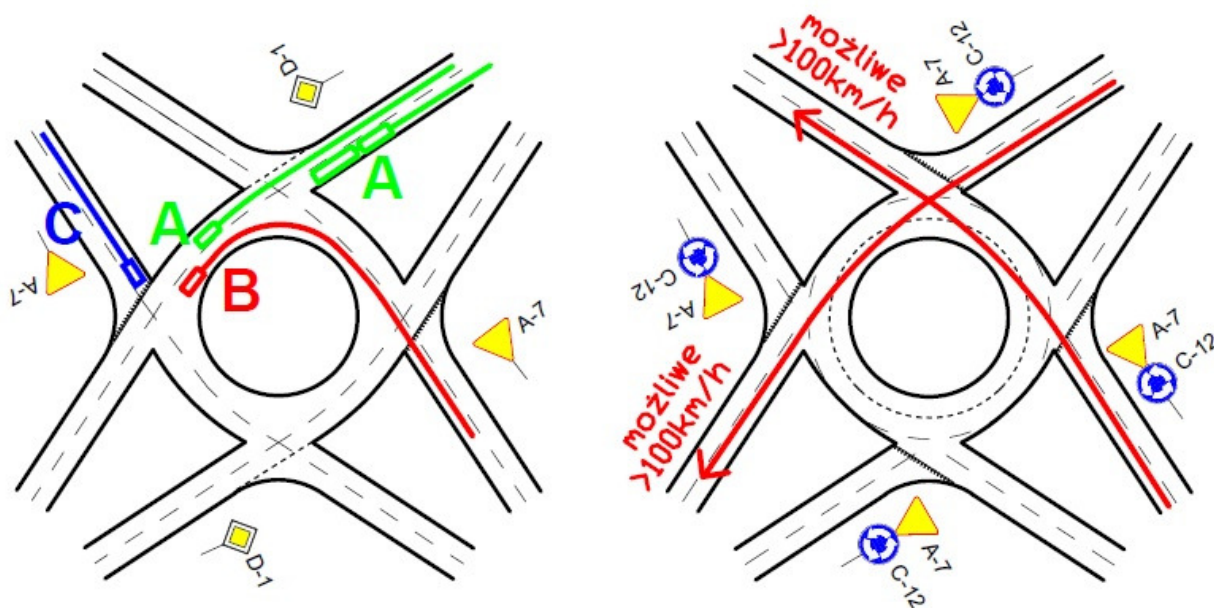
Skrzyżowanie z wyspą centralną (o rozsuniętych wlotach)

Można je małym kosztem przebudować na rondo turbinowe z prostym wylotem

Jest bardzo wiele skrzyżowań z wyspą centralną. Praktyka pokazała, że winny mieć sygnalizację świetlną, bo przepisy ruchu drogowego nie zapewniają bezpieczeństwa.

Gdy wyznaczona jest droga główna i podporządkowana, przy opuszczaniu skrzyżowania pojazd jest podporządkowany lub ma pierwszeństwo, zależnie od tego, z której strony nadjechał. Ponadto geometria tych skrzyżowań pozwala na przejazd z bardzo dużą prędkością co zwiększa zagrożenie.

Bywa, że na skrzyżowaniach z wyspą centralną zastosowano organizację ruchu jak na rondzie tradycyjnym. Takie rozwiązanie może być szczególnie niebezpieczne jeżeli nie zapewniono ograniczenia prędkości na wlotach poprzez oznakowanie z równoczesnym zastosowaniem środków wymuszających zmniejszenie prędkości.



Rys.25 Przepisy ruchu drogowego powodują niebezpieczne sytuacje na skrzyżowaniu z wyspą centralną oznakowanym jw. Oba pojazdy A mają pierwszeństwo ale pojazd B (jako skręcający w lewo) jest podporządkowany wobec pojazdu C.

Oznakowanie jako rondo bez urządzeń ograniczających prędkość jest niebezpieczne.

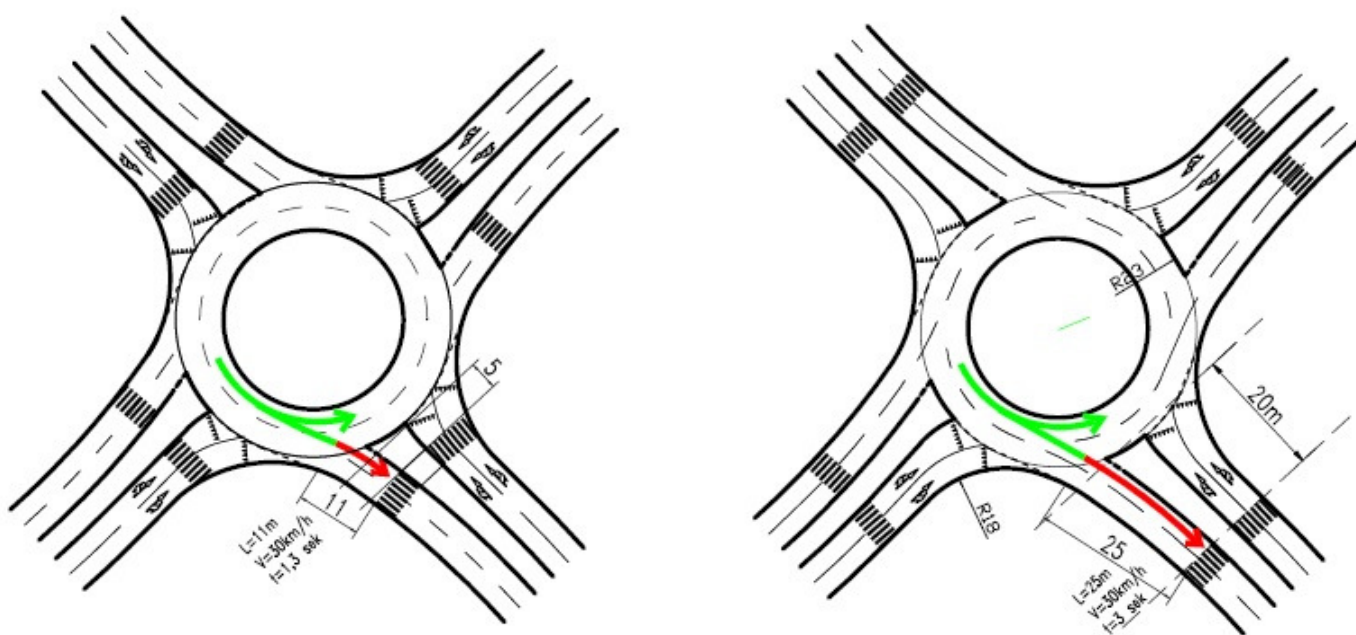
Skrzyżowania z wyspą centralną można małym kosztem przebudować na rondo turbinowe z prostym wylotem, takie jak np na rys. 10 lub 11.

Lokalizacja przejść na rondach

Konieczna jest weryfikacja polskich przepisów dotyczących lokalizacji przejść na rondach. Większa odległość przejść jest korzystna dla bezpieczeństwa pieszych.

W istniejących wytycznych projektowania rond podano, że przejścia dla pieszych należy lokalizować w odległości 5,0m od ronda. Taka lokalizacja przejść winna być stosowana na rondach o mniejszym ruchu i przy małym udziale pojazdów ciężarowych.

Przy dużym ruchu i większym udziale pojazdów ciężarowych przejścia zlokalizowane tak blisko ronda są niebezpieczne. W takich przypadkach przejścia należy lokalizować w odległości 20m. Jest to szczególnie ważne na rondach wielopasowych ale korzystne również na jednopasowych. Odpowiednie rozwiązanie ciągów pieszych (i rowerowych) wokół ronda zminimalizuje ich nadmierne wydłużenie.



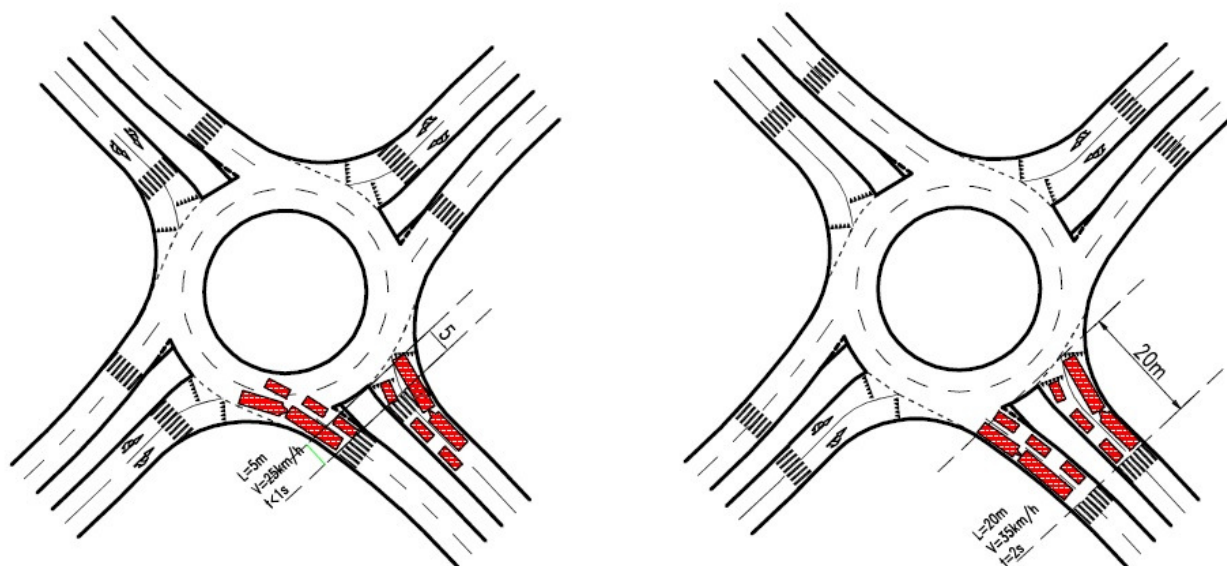
Rys.26 Ocena warunków bezpieczeństwa na przejściu 5m i 20m od ronda

- przy odległości 5m pieszy ma trudności z oceną, czy pojazd będzie zjeżdżał z ronda czy może bezpiecznie przejść jezdnię, kierujący ma mniej jak 10m na ewentualne hamowanie.
- przy odległości 20m pieszy łatwiej oceni, czy nie wejdzie pod samochód opuszczający rondo, a kierujący może zatrzymać się przed przejściem bez gwałtownego hamowania.

Lokalizacja przejść na rondach

*Konieczna jest weryfikacja polskich przepisów dotyczących lokalizacji przejść na rondach.
Większa odległość przejść jest korzystna dla przepustowości.*

W istniejących wytycznych projektowania rond podano, że przejścia dla pieszych należy lokalizować w odległości 5,0m od ronda. Uważam, że taka lokalizacja przejść może być stosowana przy mniejszym ruchu i przy małym udziale pojazdów ciężarowych. Przy dużym ruchu i większym udziale pojazdów ciężarowych przejścia zlokalizowane tak blisko ronda pogarszają przepustowość. Dotyczy to rond jedno i wielopasowych.



Rys. 27 Warunki dla przepustowości zależnie od odległości przejść od ronda

- przy odległości 5m tylko jeden pojazd może wjechać na rondo pozostałe muszą najpierw ustąpić pierwszeństwa pieszym na przejściu, pojazdy opuszczające rondo mogą je często blokować ustępując pieszym na przejściu na wylocie;
- przy odległości 20m większa grupa pojazdów może wjechać równocześnie na rondo, czyli przepustowość wlotów jest lepiej wykorzystana, jest mniejsze zagrożenie blokowania przez pojazdy opuszczające rondo.

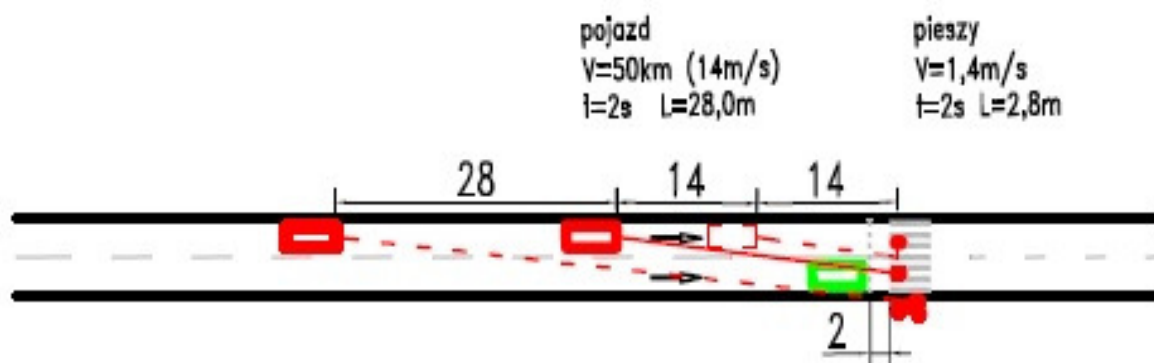
Oznakowanie poziome przejść dla pieszych

Linia warunkowego zatrzymania winna być wyznaczana 4,0m lub 6,0m przed przejściem.

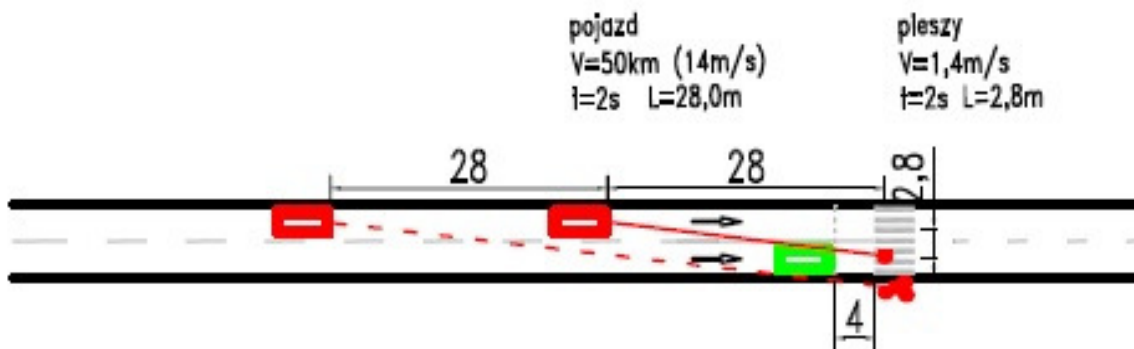
Rys.28 Usytuowanie linii warunkowego zatrzymania (P-14) przed przejściem jest ważne dla bezpieczeństwa ruchu, szczególnie w Polsce, gdzie kierowcy często nie zatrzymują się, gdy przed przejściem zatrzymał się inny samochód.

Na rysunku kierowca czerwonego pojazdu widzi grupę pieszych, która stoi przed przejściem. Nie wie, że zielony (na rysunku) samochód np. dostawczy zasłania pieszego na przejściu. Dojdzie do wypadku, jeśli w porę się nie zauważą.

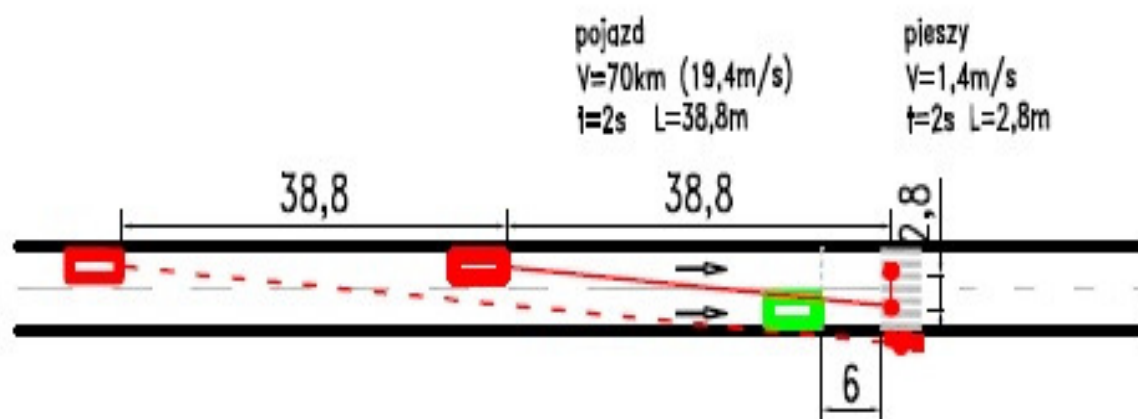
Przeanalizujemy trzy przypadki.



a/ Pojazd zielony stoi przed linią w odległości 2m - w tej odległości (zgodnie z przepisami) malowana jest linia warunkowego zatrzymania. Pieszy na przejściu i pojazd czerwony zobaczą się na 1-2 sek przed zderzeniem – są małe szanse uniknięcia wypadku.



b/ Linia zatrzymania P-14 w odległości 4,0m – pojazd czerwony i pieszy zobaczą się na 2-3 sek przed możliwym wypadkiem, są szanse uniknięcia wypadku dla $V=50\text{ km/h}$. Szczególnie pieszy ma szansę, że w porę zatrzyma się przed pojazdem nadjeżdżającym drugim pasem.



c/ Linia zatrzymania P-14 w odległości 6,0m - są szanse uniknięcia wypadku dla 70km/h.

Przedstawione rozwiązanie zostało potwierdzone w praktyce. Odsunięcie linii P-14 poprawia bezpieczeństwo dzięki lepszej wzajemnej widoczności kierujących i pieszych.

Również na jednopasowych dojazdach do przejścia, wykonanie linii P-14 w odległości 4,0–6,0m jest korzystna dla bezpieczeństwa i także dla przepustowości – pieszy wcześniej rozpocznie przechodzenie przez jezdnię i wcześniej zejdzie z jezdni.

W przepisach należy ustalić odległość linii P-14 od przejścia - min 4,0m (wyjątkowo 2m)

Podsumowanie - wnioski

Przedstawiliśmy uwagi dotyczące projektowania rond.

Prezentacja nie wyczerpuje tematu. np. nie pokazano przykładów zastosowania rond przejazdowych, gdzie stosunkowo małym kosztem można poprawić bezpieczeństwo i przepustowość. Jednak i tutaj dobre rozwiązanie zależy od przyjęcia odpowiedniej dla danego miejsca i ruchu geometrii oraz zastosowania takich środków, aby kierujący w porę dostrzegł i poprawnie ocenił sytuację drogową i dostosował się do wymagań organizacji ruchu.

Jak staraliśmy się pokazać „Wytyczne projektowania skrzyżowań” cz. II z 2001 roku pokazują tylko część możliwych rozwiązań, a informacje na temat projektowania rond wielopasowych winny być zweryfikowane.

Na podstawie obecnych Wytycznych można prawidłowo przyjąć odpowiednie parametry i uzyskać dobre i sprawne rozwiązania pod warunkiem, że Wytyczne nie będą jedynym źródłem wiedzy o rondach, a projektowanie nie sprowadzi się do powielania zamieszczonych tam rysunków, co niestety ma miejsce, zresztą wbrew intencji autorów. Rysunki w Wytycznych pokazują bowiem przykładowe rozwiązania i nie są zestawem projektów do powielania. Można też wskazać nieodpowiednie zastosowania Wytycznych, prowadzące do niebezpiecznych rozwiązań, np. lokalizowania przejść dla pieszych przez szerokie wloty i wyloty w odległości 5,0m na rondach wielopasowych choć odległość tą określono dla rond jednopasowych. Często są niestety przypadki budowy niebezpiecznych rond tradycyjnych i rozwiązań o niedostatecznej przepustowości. Wiele z nich można poprawić i usprawnić mieszcząc się w pasie drogowym lub w istniejącym obrysie jezdni, czasem może wystarczyć odpowiednia korekta organizacji ruchu.

Jak widać temat nie sprowadza się do decyzji „budujemy rondo”. Trzeba jeszcze wiedzieć, czy w danym przypadku rondo będzie rzeczywiście dobrym rozwiązaniem, a jeśli tak, to jakie rondo i jak winno być zaprojektowane.

Jan Sontowski / Bartosz Sontowski

Koszalin marzec 2015