



Nawierzchnie betonowe na rondach Bezpieczeństwo i Trwałość

OAT Sp. z o.o.

Opracowanie: mgr inż. Piotr Heinrich

Plan prezentacji

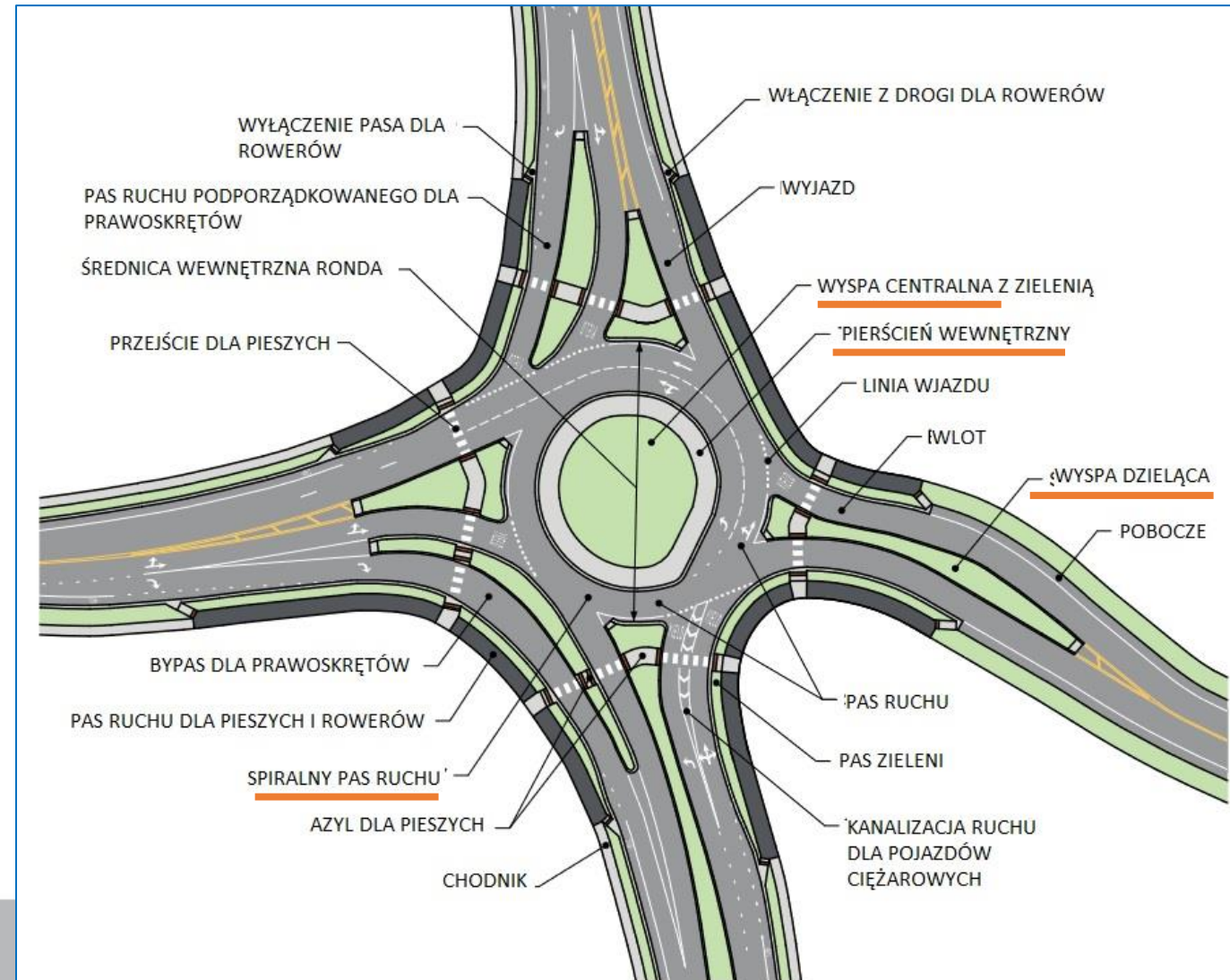
- Charakterystyka
- Bezpieczeństwo
- Oświetlenie
- Projektowanie
- Detale – krawężniki, odwodnienie
- Wykonawstwo - etapowanie
- Połączenie z naw. asfaltową
- Podsumowanie



Źródło: „Strassenbau Heute. Band 1 Betondecken” Schriftreihe der Zement- und Betonindustrie, Oesterheld, Peck, Villaret, Verlag Bau+Technik GmbH 2018

Elementy charakterystyczne

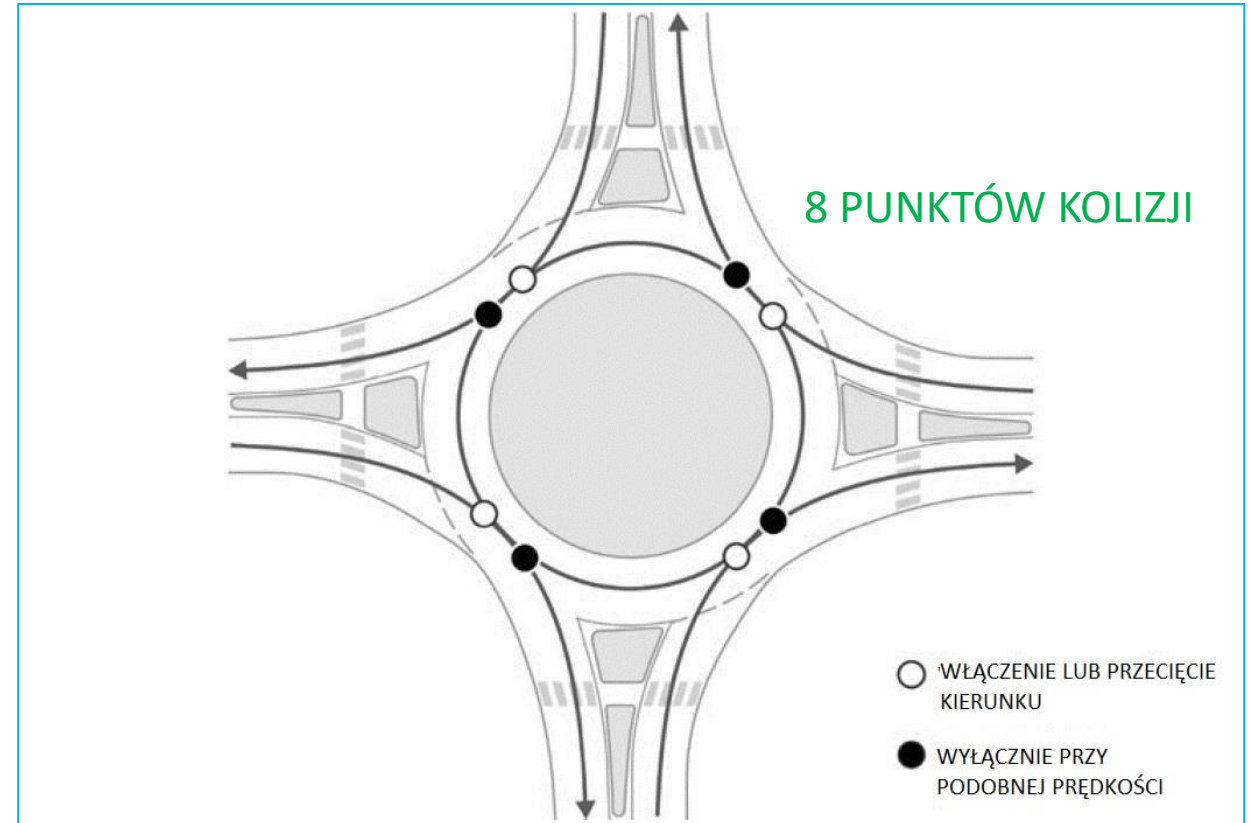
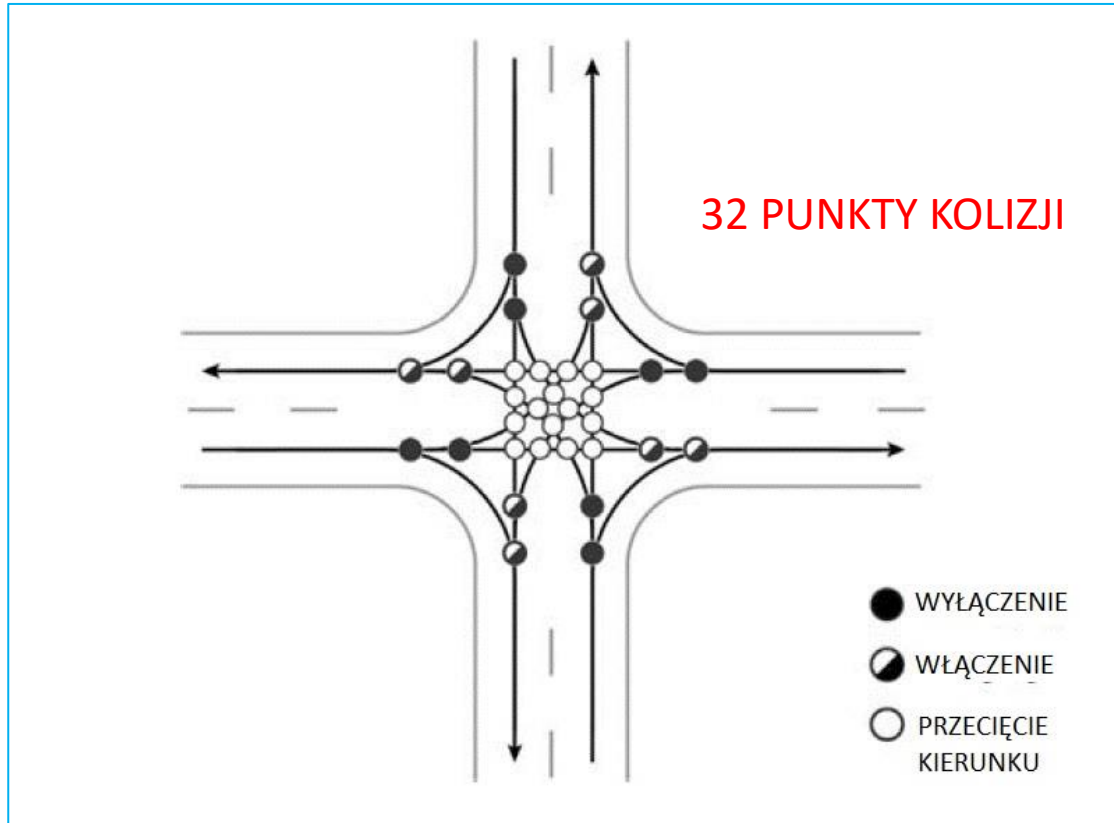
- Podporządkowanie ruchu na wlocie
- Ruch jednokierunkowy
- Prędkość poniżej 30 km/h
- Niezabudowana wyspa centralna



Źródło: Concrete Roundabout Design & Construction, Dan King P.E., Iowa State University, ACPA 2024

Bezpieczeństwo

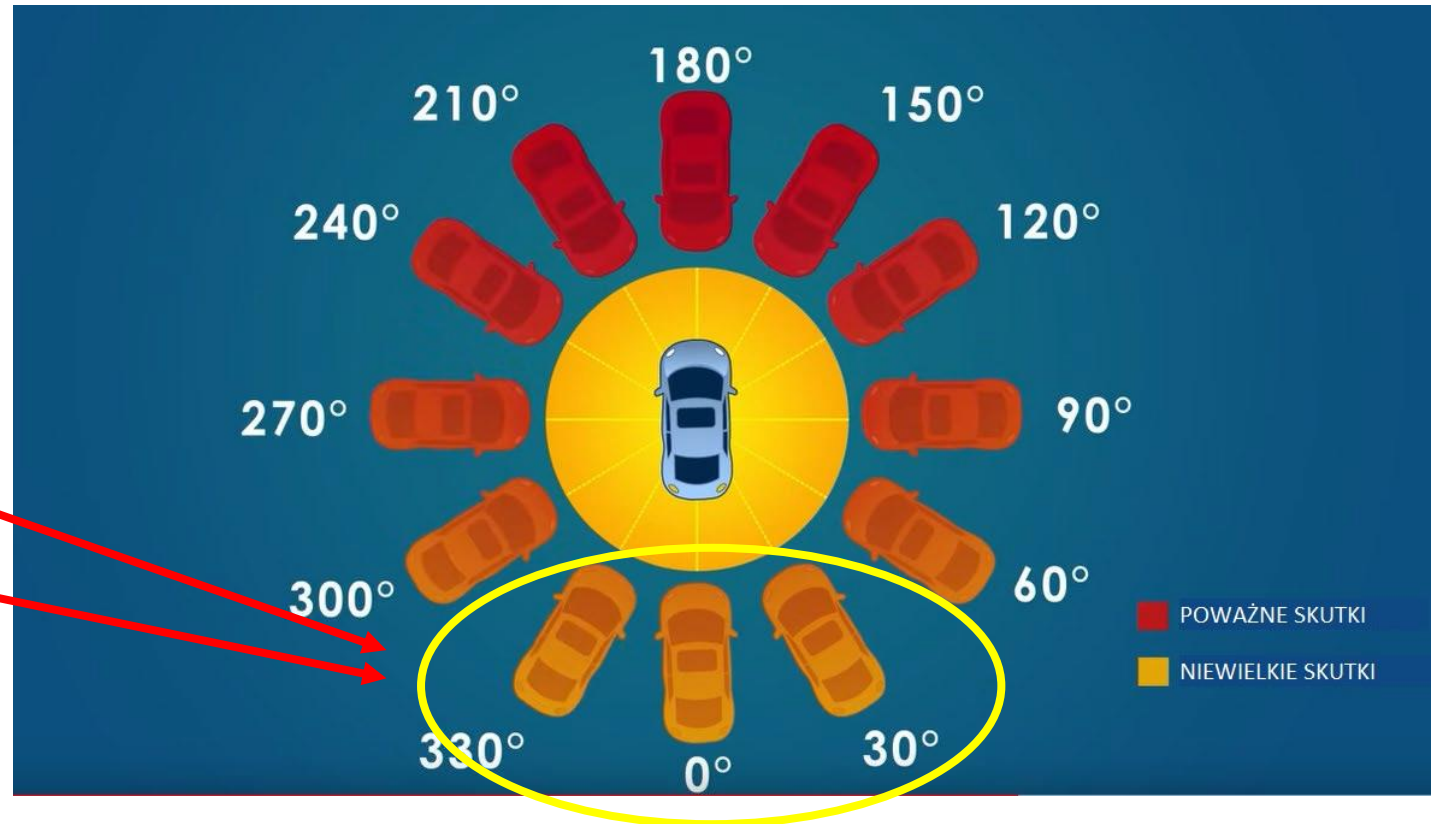
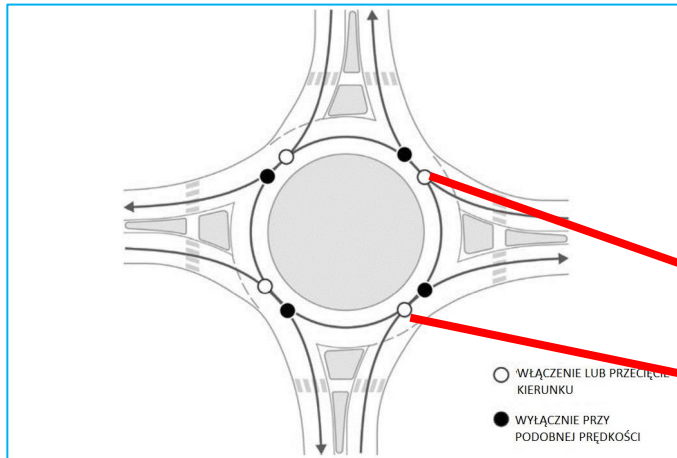
- Redukcja liczby punktów kolizji



Źródło: Concrete Roundabout Design & Construction, Dan King P.E., Iowa State University, ACPA 2024

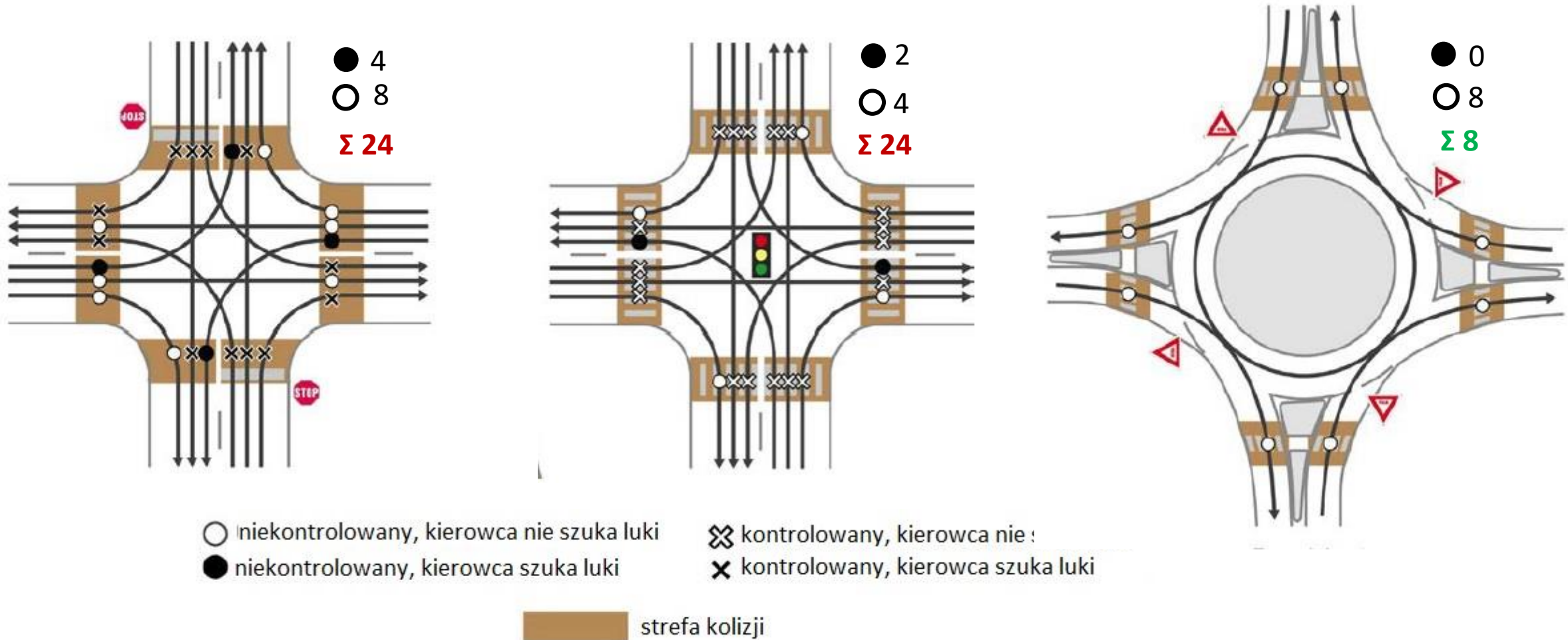
Bezpieczeństwo

- Zmniejszenie kąta = redukcja skutków kolizji



Źródło: Concrete Roundabout Design & Construction, Dan King P.E., Iowa State University, ACPA 2024

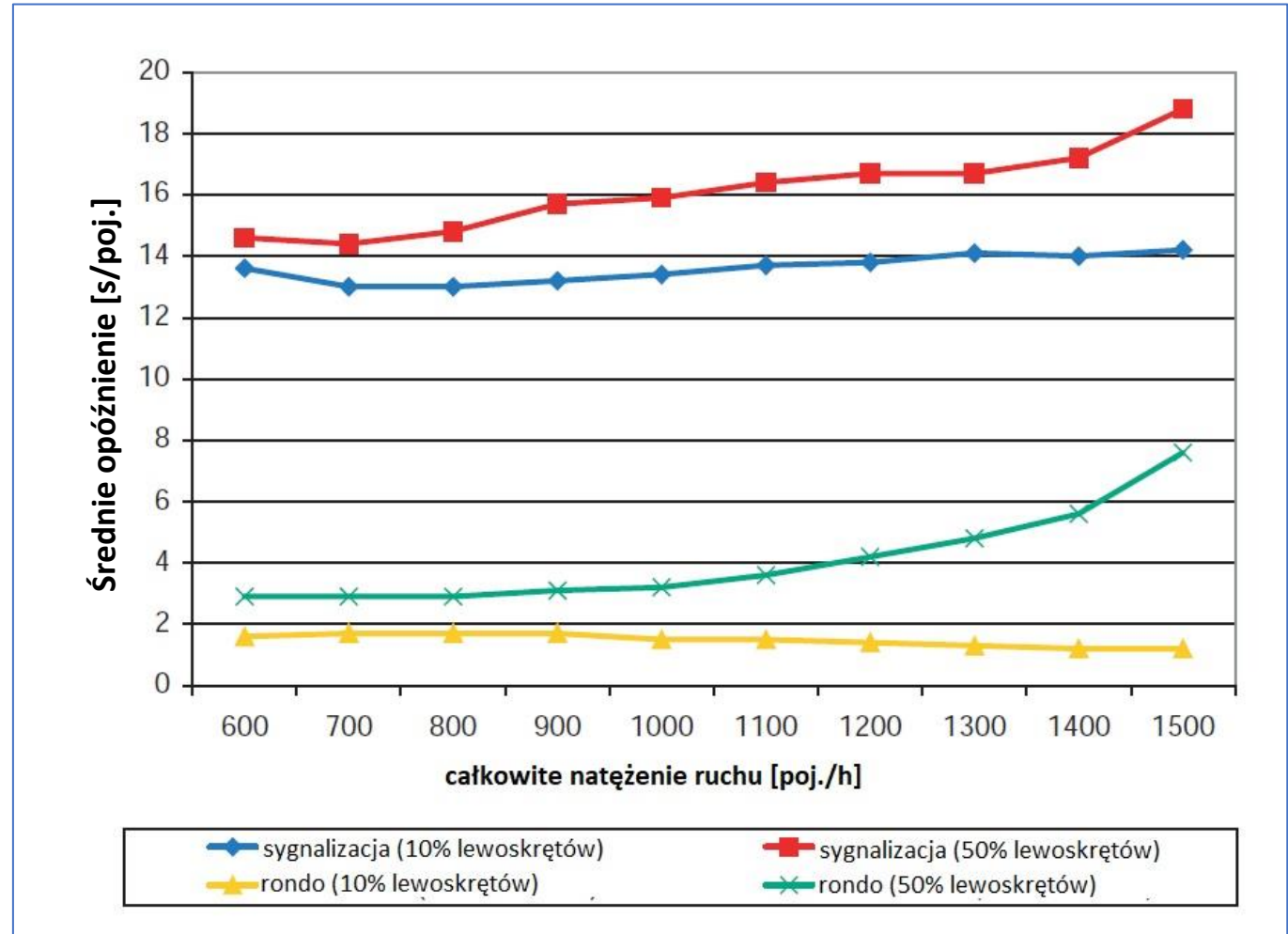
Bezpieczeństwo pieszych



Źródło: NCHRP Report 1043 Guide for Roundabouts, National Academies, TRB Washington DC 2023

Bezpieczeństwo

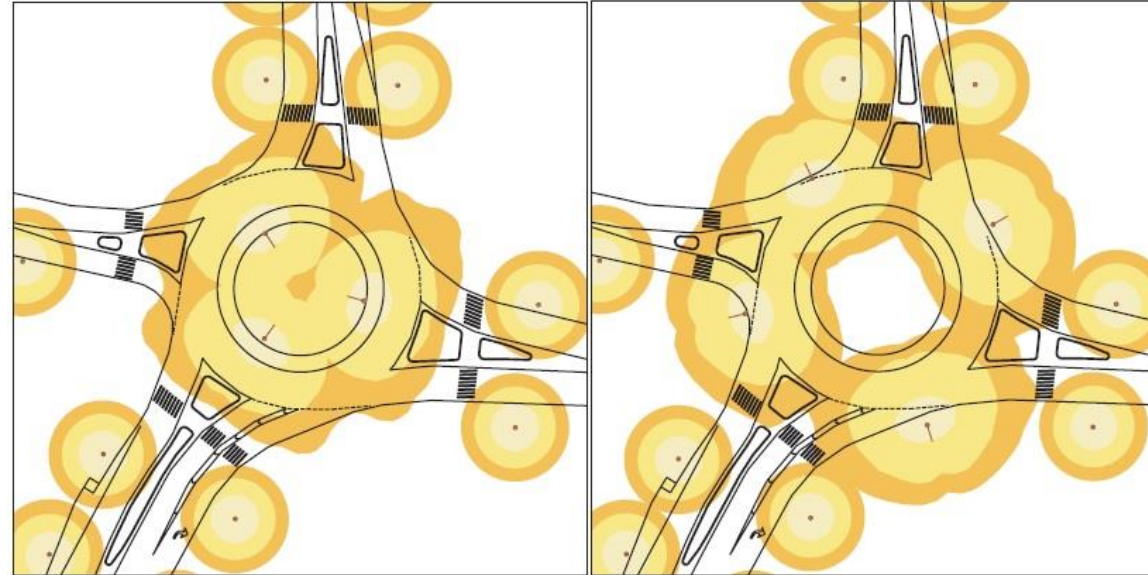
- Ronda zapewniają większe bezpieczeństwo poprzez obniżenie:
 - o 77,7% liczby wypadków z rannymi
 - o 47,8% wszystkich kategorii wypadków
- ... oraz zmniejszenie strat czasu przejazdu w ruchu miejskim



Źródło: NCHRP Report 672 Roundabouts: An Informational Guide 2nd Edition, TRB Washington DC 2010

Oświetlenie rond

- Wcześniejsza rozpoznawalność ronda
- Mniejsza liczba słupów oświetleniowych
- Słupy poza krytycznymi obszarami kolizji
- Oznakowanie wyjazdów w strefie najwyższego doświetlenia



Oświetlenie centralne

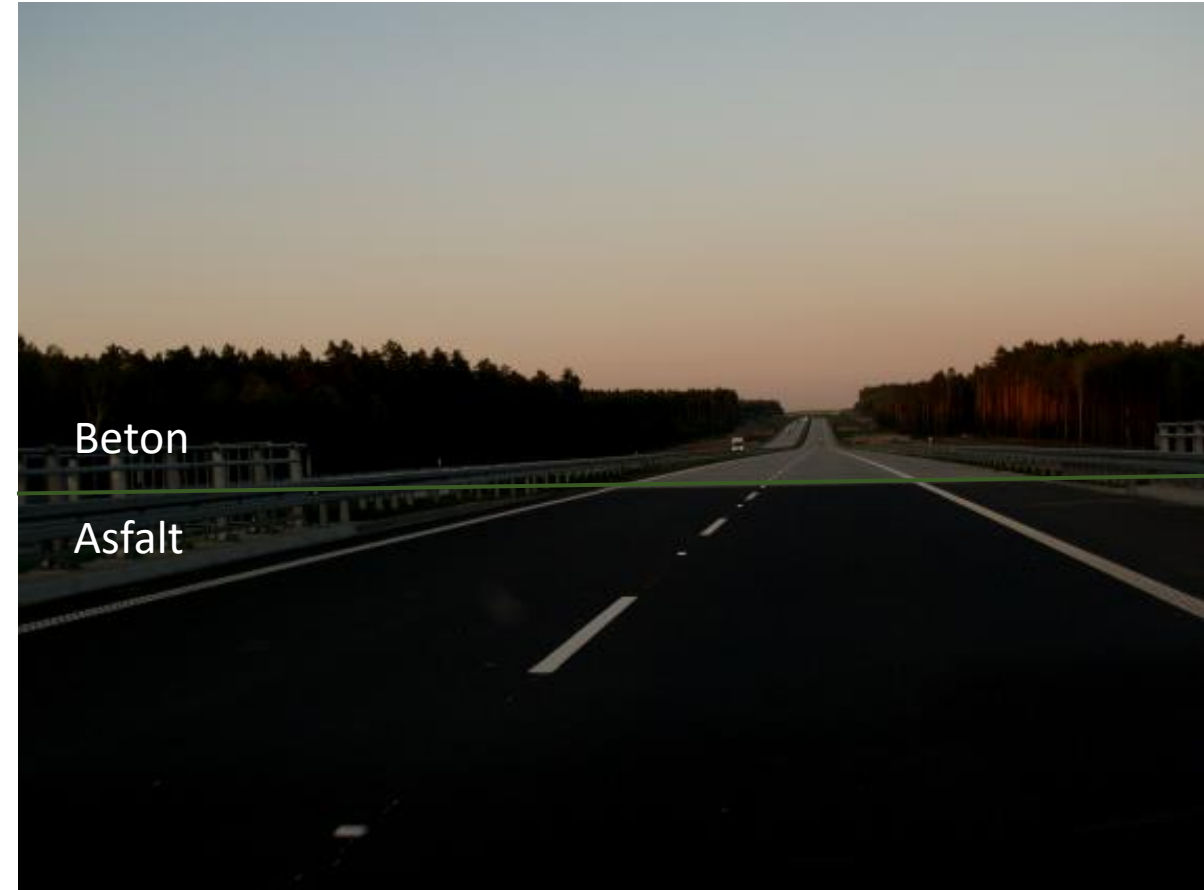
Oświetlenie obwodowe

- Lepsze doświetlenie strefy dla pieszych i rowerów
- Kontynuacja doświetlenia toru jazdy przed i w obrębie ronda
- Oznakowanie wjazdów znajduje się w strefie najlepszego kontrastu
- Łatwiejsze utrzymanie urządzeń oświetleniowych

Źródło: NCHRP Report 672 Roundabouts: An Informational Guide 2nd Edition, TRB Washington DC 2010

Widoczność i ekologia

- Koszty oświetlenia nawierzchni betonowej stanowią 43% kosztów oświetlenia nawierzchni asfaltowej
- Albedo – parametr wyrażony w %, określający zdolność odbijania światła przez powierzchnię wynosi dla:
 - betonu 20% – 40%
 - asfaltu 5% – 15%
 - dla śniegu 65% – 0,88%
 - łąki 10% – 0,20%
- Wyższe albedo nawierzchni betonowych (w porównaniu z asfaltowymi) pozwala w miastach zmniejszać efekt tzw. „wysp ciepła”
- Beton jest materiałem, który w 100% podlega recyklingowi



Źródło: „Wyniki pomiarów oświetleniowych nawierzchni asfaltowych i betonowych”, Piotr Kijowski SPC,
 Krzysztof Wandachowicz, Politechnika Poznańska,
 Mikołaj Przybyła GL Optic Polska Sp. z o.o. Sp. k., Prezentacja VII Krakowskie Dni BRD Kraków 2021

Projektowanie geometryczne

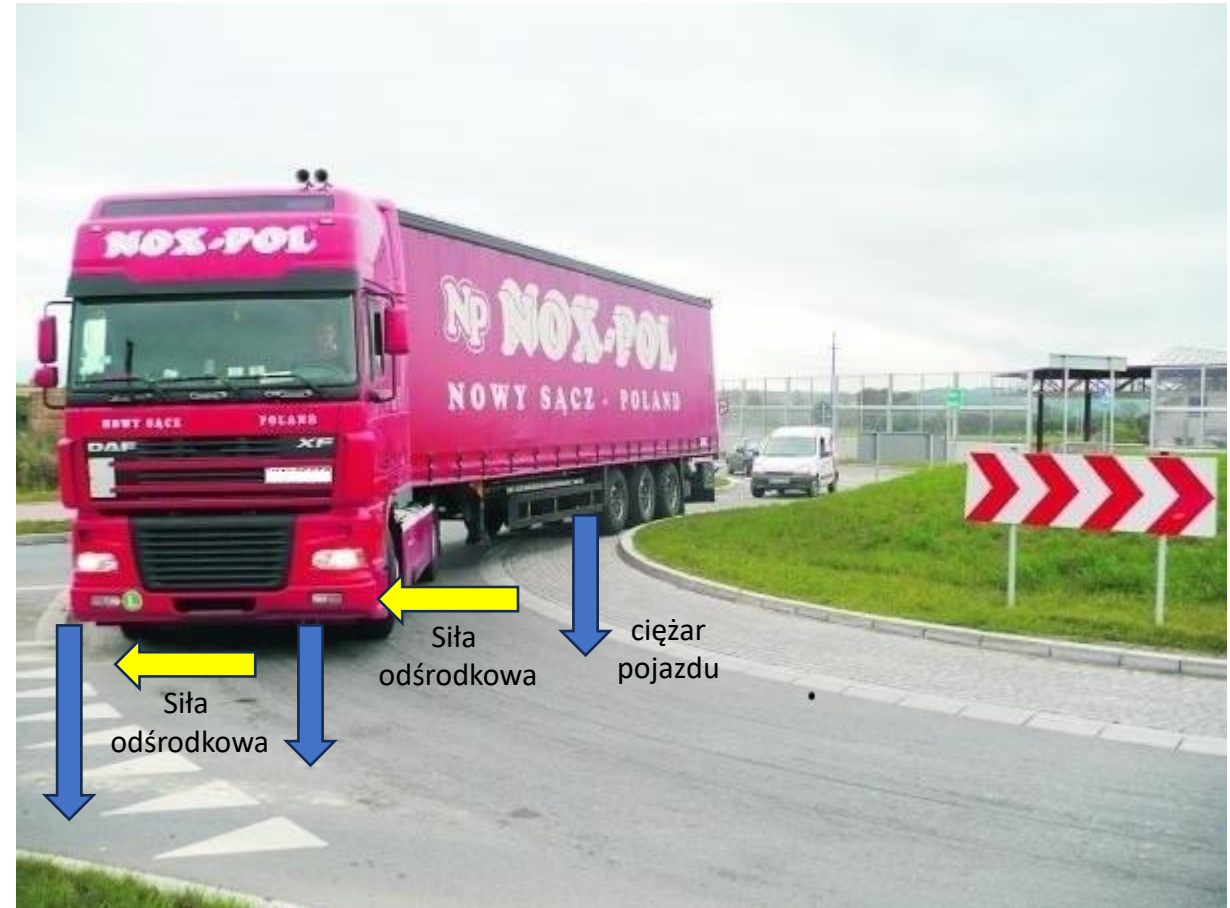
- WR-D-31-3 Wytyczne projektowania skrzyżowań drogowych Cz. 3 Ronda
 - Rozwiązania geometryczne
 - Widoczność i przejezdność
 - Szerokości pasów ruchu
 - Jezdnia i pierścień wewnętrzny
 - Geometria wlotów i wylotów
 - Kształtowanie wyspy centralnej
 - Separatory ruchu
 - Infrastruktura dla pieszych i rowerów
 - ...a technologia ?



Obciążenie nawierzchni

Na rondach występują czynniki powodujące szybszą degradację nawierzchni:

- zwiększenie nacisku na koła:
 - od siły odśrodkowej:
+ 30% do +50%
 - od pochylenia poprzecznego:
ok. + 2%
 - od siły hamowania i przyspieszania:
ok. + 10%
- obciążenia wynikające z ruchu powolnego
- ruch „skanalizowany”



Obciążenie nawierzchni a konstrukcja

- Brak krajowych wymagań dedykowanych do projektowania konstrukcji rond betonowych

- W KTKNS¹⁾ o rondach nie ma mowy, ale:
w pkt. 6.21. „W przypadku projektowania skrzyżowań kategorię ruchu należy dobierać jak do projektowania konstrukcji nawierzchni najbardziej obciążonego ruchem wlotu drogi.”

- Według WR-D-63²⁾ :
rozdz. 5.5.(4) W przypadku ronda kategoria ruchu przyjęta w celu określania konstrukcji nawierzchni pierścienia jest taka sama, jak kategoria ruchu jezdni.

- Według RStO³⁾ / „Niemieckie wytyczne standaryzacji nawierzchni komunikacyjnych” / na rondach wymagane jest zastosowanie konstrukcji nawierzchni dla kategorii ruchu o **jedną klasę wyższej** od konstrukcji najbardziej obciążonego wlotu.⁴⁾

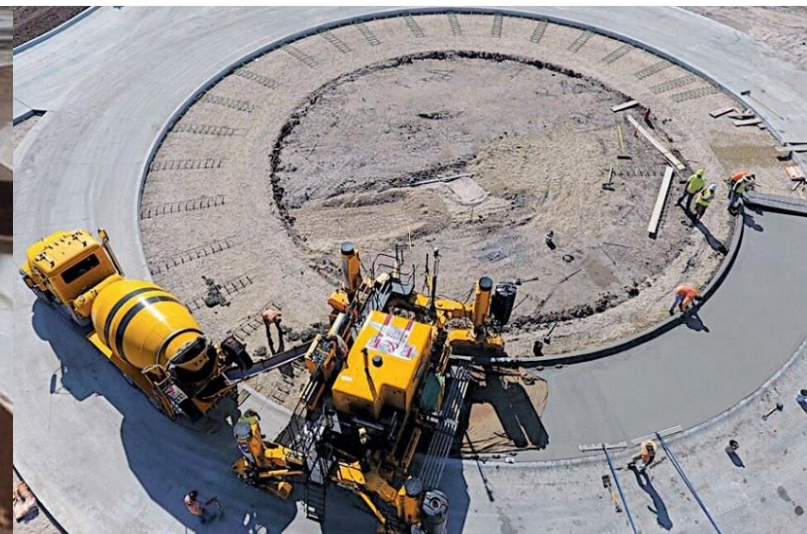


Źródło: FGSV

1) Katalog Typowych Konstrukcji Nawierzchni Sztucznych, zał do zarz. Nr 30 GDDKiA z dn. 16.06.2014, Wrocław 2014
2) Katalog typowych konstrukcji nawierzchni jezdni przeznaczonych do ruchu bardzo lekkiego oraz innych części dróg. Wzorce i Standardy Rekomendowane przez Ministra właściwego ds. transportu. Ministerstwo Infrastruktury, Departament Dróg Publicznych, Warszawa 2022
3) Richtlinien für die Standardisierung des Oberbaus von Verkehrsflächen“, Ausgabe 2012/Fassung 2024 (RStO 12/24), FGSV Verlag 2024
4) wg: „Strassenbau Heute. Band 1 Betondecken“ Schriftreihe der Zement- und Betonindustrie, Oesterheld, Peck, Villaret, Verlag Bau+Technik GmbH 2018

Projektowanie konstrukcji

- **M VaB** Merkblatt für Planung, Konstruktion und Bau von Verkehrsflächen aus Beton”
Instrukcja planowania, konstruowania i budowy nawierzchni komunikacyjnych z betonu cementowego
Część 1: Ronda, nawierzchnie autobusowe parkingi (MOP-y)
- **FHWA Tech Brief** „Jointed Concrete Pavement (JCP) Roundabouts”
Streszczenie techniczne Federalnej Agencji Drogowej „Ronda o nawierzchni z płyt z betonu cementowego”



Źródło: ACPA 2015, GOMACO 2020

Specyficzne wymagania dla rond betonowych

- nawierzchnia betonowa ronda musi obejmować swym zakresem obszar przynajmniej **do punktu rozdzielenia jezdni**
- optyczne rozróżnienie nawierzchni wysp ronda od pierścienia i wlotów (wjazdów) i wylotów (zjazdów) **można wykonać w betonie barwionym**
- **spadek poprzeczny** nawierzchni w obrębie pierścienia powinien być skierowany **na zewnątrz**
- drogi rowerowe i piesze powinny być umieszczone **w rejonie rozdzielenia jezdni** wjazdu/zjazdu



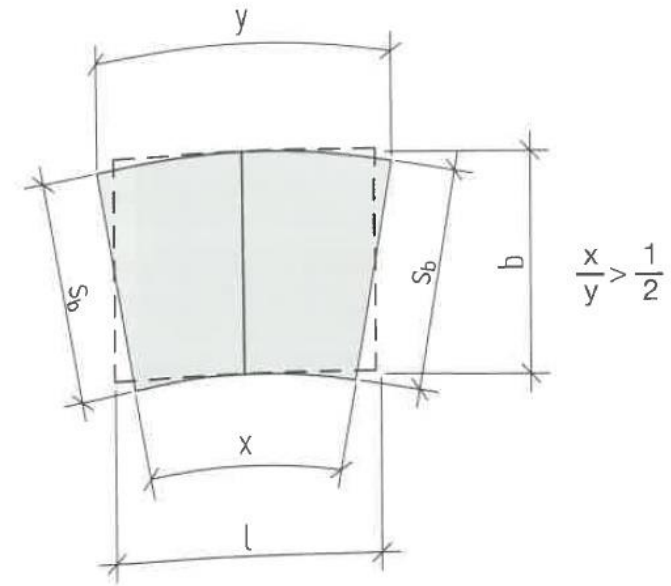
Zdjęcie: „Concrete Roundabout Design and Construction” Iowa Concrete Lunch and Learn Program 2024, Dian King P.E.

Źródło: **M VaB** Merkblatt für Planung, Konstruktion und Bau von Verkehrsflächen aus Beton”, Teil 1. FGSV Verlag 2013

Układ płyt i dylatacje

Geometria płyt

- płyty na rondzie są wycinkami pierścienia
- w celu oszacowania właściwej grubości należy je przeliczyć na prostokąty zastępcze według podanego schematu
- pierścień wewnętrzny w betonie o odmiennym kolorze lub fakturze (np. z prefabrykatów)



Zdjęcie: „Strassenbau Heute. Band 1 Betondecken” Schriftreihe der Zement- und Betonindustrie, Oesterheld, Peck, Villaret, Verlag Bau+Technik GmbH 2018

Źródło: **M VaB** Merkblatt für Planung, Konstruktion und Bau von Verkehrsflächen aus Beton”, Teil 1. FGSV Verlag 2013

Specyficzne wymagania dla rond betonowych

- Ronda z betonu cementowego można budować na dowolnym podłożu spełniającym wymagania katalogu¹⁾
- w podbudowie** (nośnej) może zostać zastosowana warstwa **asfaltowa**,

Kategoria ruchu	KR1	KR2	KR3	KR4	KR5	KR6	KR7
Ruch projektowy (mln osi 100 kN)	≤ 0,15	0,15 - 0,75	0,75 - 6,39	6,39 - 15,99	15,99 - 42,63	42,63 - 125	> 125
Ruch projektowy (mln osi 115 kN)	≤ 0,06	0,06 - 0,28	0,28 - 2,40	2,40 - 6,00	6,00 - 16,00	16,00 - 38,00	> 38,00
Typ II							
	niedyblowana	niedyblowana	dyblowana i kotwiona	dyblowana i kotwiona	dyblowana i kotwiona	dyblowana i kotwiona	dyblowana i kotwiona

- warstwa **podbudowy** - podłoże dla płyty betonowej oraz konstrukcji zewnętrznych (krawężniki, koryta odwodnienia) **powinna być ≥ 20 cm szersza**



Zdjęcie: „Das M VaB Teil 1 – ein Erstes Resümee nach 5 Jahren”, Dipl. Ing. Martin Peck, Straße & Autobahn 01.2021, Kirchbaum Verlag

Źródło: 1) Katalog Typowych Konstrukcji Nawierzchni Sztucznych, zał do zarz. Nr 30 GDDKiA z dn. 16.06.2014, Wrocław 2014

Specyficzne wymagania dla rond betonowych

■ warstwa z kruszywa stabilizowanego mechanicznie

Kategoria ruchu	KR1	KR2	KR3	KR4	KR5	KR6	KR7
Ruch projektowy (mln osi 100 kN)	$\leq 0,15$	0,15 - 0,75	0,75 - 6,39	6,39 - 15,99	15,99 - 42,63	42,63 - 101,25	$> 101,25$
Ruch projektowy (mln osi 115 kN)	$\leq 0,06$	0,06 - 0,28	0,28 - 2,40	2,40 - 6,00	6,00 - 16,00	16,00 - 38,00	$> 38,00$
Typ I	h [cm]	h [cm]	h [cm]	h [cm]	h [cm]	h [cm]	h [cm]
	niedyblowana	niedyblowana	dyblowana i kotwiona	dyblowana i kotwiona	dyblowana i kotwiona	dyblowana i kotwiona	dyblowana i kotwiona

■ związanego spoiwem hydraulicznym

Kategoria ruchu	KR1	KR2	KR3	KR4	KR5	KR6	KR7	
Ruch projektowy (mln osi 100 kN)	≤ 0,15	0,15 - 0,75	0,75 - 6,39	6,39 – 15,99	15,99 – 42,63	42,63 – 101,25	> 101,25	
Ruch projektowy (mln osi 115 kN)	≤ 0,06	0,06 - 0,28	0,28 – 2,40	2,40 – 6,00	6,00 – 16,00	16,00 – 38,00	> 38,00	
Typ III								
	-	-	-	dyblowana i kotwiona	dyblowana i kotwiona	dyblowana i kotwiona	dyblowana i kotwiona	o ciągłym zbrojeniu



Zdjęcie: BUDPOL Sp. z o.o.

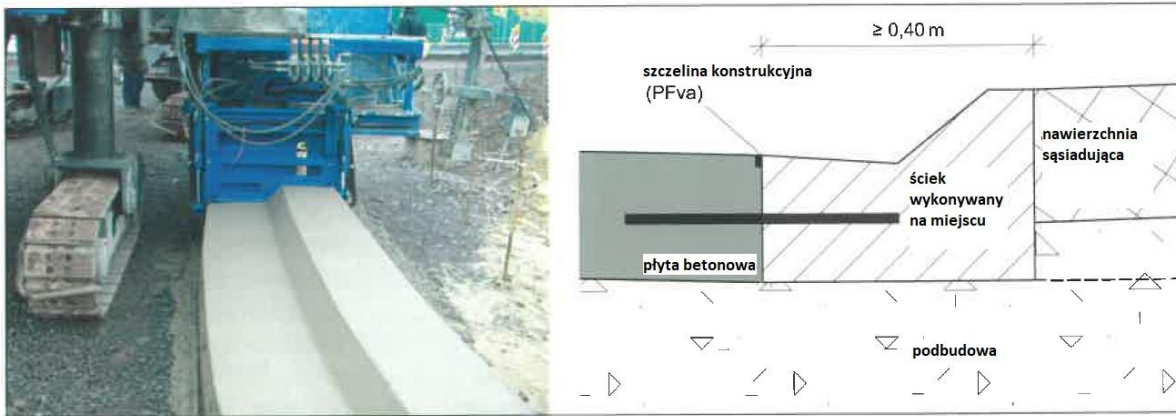
Zdjęcie: „Das M VaB Teil 1 – ein Erstes Resümee nach 5 Jahren”, Dipl. Ing. Martin Peck, Straße & Autobahn 01.2021, Kirchbaum Verlag

Źródło: **M VaB** Merkblatt für Planung, Konstruktion und Bau von Verkehrsflächen aus Beton”, Teil 1. FGSV Verlag 2013

1) Katalog Typowych Konstrukcji Nawierzchni Sztucznych, zał do zarz. Nr 30 GDDKiA z dn. 16.06.2014, Wrocław 2014

Detale - krawężniki

Krawężniki (ze ściekiem) w technologii ślizgowej:



Krawężnik klejony:

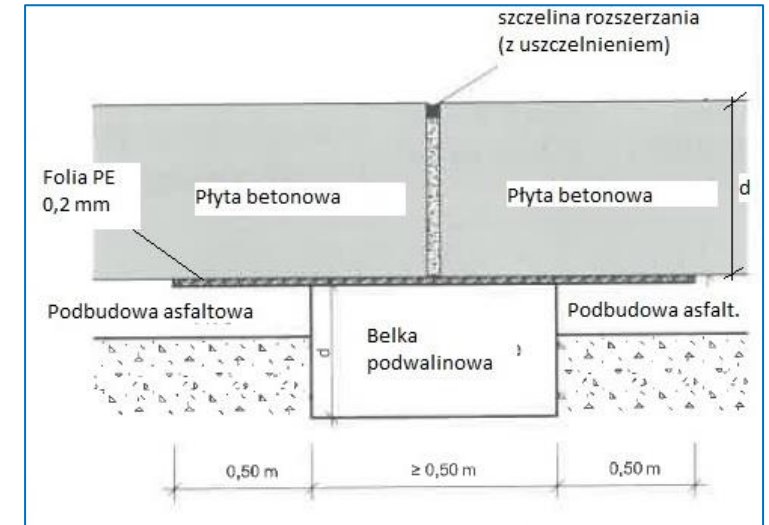


Zdjęcie: „Das M VaB Teil 1 – ein Erstes Resümee nach 5 Jahren”, Dipl. Ing. Martin Peck, Straße & Autobahn 01.2021, Kirchbaum Verlag

Źródło: **M VaB** Merkblatt für Planung, Konstruktion und Bau von Verkehrsflächen aus Beton”, Teil 1. FGSV Verlag 2013

Wykonawstwo

- We wszystkich możliwych przypadkach należy układać nawierzchnię w jednej warstwie.
- Stosuje się z reguły w szalunki stałe.
- Dyble i kotwy umieszcza się w koszach mocowanych do podłoża
- Szczeliny rozszerzania umieszcza się na belkach podwalinowych
- Konsystencja mieszanki betonowej powinna być dostosowana do technologii wbudowania.



Źródło: **M VaB** Merkblatt für Planung, Konstruktion und Bau von Verkehrsflächen aus Beton", Teil 1. FGSV Verlag 2013

Wykonawstwo - etapowanie

Integralne elementy projektu:

- harmonogram budowy
- przerwy technologiczne
- tymczasowa organizacja ruchu (objazdy)



- | | |
|--|-------------------|
| | Faza 1-A |
| | Faza 1-B |
| | Faza 1-C |
| | Faza 2-A |
| | Faza 2-B |
| | Faza 3-A |
| | Faza 3-B |
| | Belka podwalinowa |



Źródło: **M VaB** Merkblatt für Planung, Konstruktion und Bau von Verkehrsflächen aus Beton", Teil 1. FGSV Verlag 2013

Połączenie asfalt / beton

- należy unikać połączeń prostopadłych do osi jezdni – korzystne jest połączenie ukośne (pod kątem ok. 70-75°)
- przy łączeniu nawierzchni asfaltowej z betonową o różnych grubościach dopasowanie wykonuje się po stronie nawierzchni asfaltowej.
- kolejność wbudowania jest ważna: np. asfalt/odcięcie/beton
- gdy spadki przebiegają w kierunku połączenia nawierzchni, należy zapewnić odwodnienie szczeliny konstrukcyjnej
- na związanych warstwach podbudowy stosuje się dreny pod szczeliną konstrukcyjną



Źródło: **M VaB** Merkblatt für Planung, Konstruktion und Bau von Verkehrsflächen aus Beton", Teil 1. FGSV Verlag 2013

Podsumowanie

Nawierzchnia betonowa dobrze sprawdza się w konstrukcji rond:

- jest odporna na powolny ruch i skręcanie pojazdów (szczególnie ciężarowych, autobusów)
- nie wymaga kosztownych zabiegów utrzymaniowych w przyszłości
- zapewnia najniższe koszty eksploatacji w długiej perspektywie (LCC - life cycle cost)
- jasna nawierzchnia betonowa = oszczędność w zakresie kosztów oświetlenia
- ronda są bezpieczniejsze niż skrzyżowania



Zdjęcie: „Concrete Roundabout Design and Construction” Iowa Concrete Lunch and Learn, Dian King P.E.



Dziękuję za uwagę

www.oat.pl

piotr.heinrich@oat.pl