



Wpływ wyposażenia tunelu na funkcjonalność i ograniczenia dla transportu drogowego

IV MIĘDZYNARODOWE FORUM TUNELOWE

Marek RÓŻYCKI (m/d/r/k)

Co to jest bezpieczeństwo?

Definicja

Bezpieczeństwo - stan wolności od nieakceptowanego ryzyka

Ryzyko - wpływ niepewności na cele

Czym jest bezpieczeństwo tunelu?

Wolność od **nieakceptowalnego** wpływu niepewności **na cele**

Co jest celem?

Cele dla bezpieczeństwa w tunelu

Bezpieczeństwo oznacza brak zagrożenia dla osiągnięcia:

- odpowiedniej (np. niższej niż dla drogi objazdowej) liczby ofiar
- odpowiedniej liczby kolizji (rozkład statystyczny)
- oczekiwanej liczby zdarzeń (np. zgodnie z wartościami średnimi dla ruchu drogowego)
- parametrów ruchu (np. czas przejazdu, czas zastoju / korka)
- czasu eksploatacji
- wartości kosztów

Przykładowe cele

Dla ruchu drogowego

- Wypadkowość na drodze (np S7 źródło Raport KGP, publikacje KPP Nidzica) wynosi ok. **0.0468** zdarzeń/ 1 km / 1mln pojazdów. Na 17 kolizji przypada 1 wypadek.

Droga na której jest tunel:

- odcinek między skrzyżowaniami łączącymi ruch - długość 40 km
- roczne średnie natężenie ruchu 10 mln pojazdów

Oczekiwana liczba zdarzeń: $0.0468 \cdot 40 \cdot 10 = 18.72$ zdarzenia /rok

Oczekiwana liczba wypadków: $18.72 / 17 = 1.1$ wypadek / rok

Przykład praktyczny

Tunel w miejscowości X - kalkulacja roczna

Dane statystyczne (oczekiwanie)

Droga, dla której
mamy dane:

- Długość 40 km
- 18.72 zdarzeń
- 1.1 wypadek

Dane oczekiwane (kalkulacja dla tego samego ruchu)

Droga objazdowa dla
tunelu:

- Długość 60 km
- 28.08 zdarzeń
- 1.65 wypadków

Maksymalne wartości dla tunelu

?

Przykład praktyczny

Tunel w miejscowości X - kalkulacja roczna

Dane statystyczne (oczekiwanie)

Droga na której jest tunel:

- Długość 40 km
- 18.72 zdarzeń
- 1.1 wypadek

Dane oczekiwane (kalkulacja dla tego samego ruchu)

Droga objazdowa dla tunelu:

- Długość 60 km
- 28.08 zdarzeń
- 1.65 wypadków

Maksymalne wartości dla tunelu

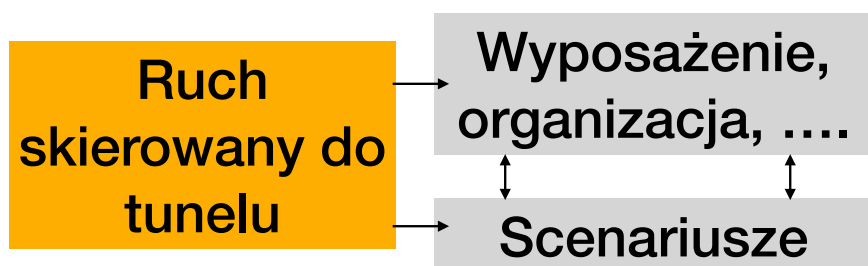
Wartości, które nie mogą zostać przekroczone

- 18.72 - 28.08 zdarzeń
- 1.1 - 1.65 wypadków

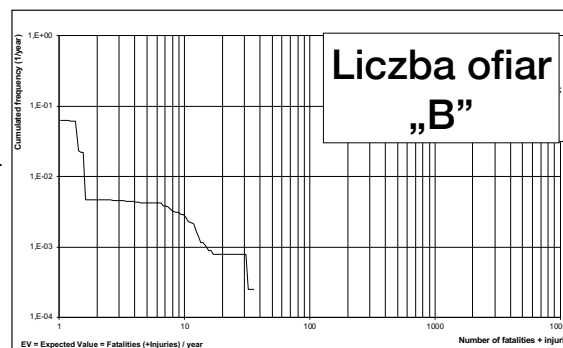
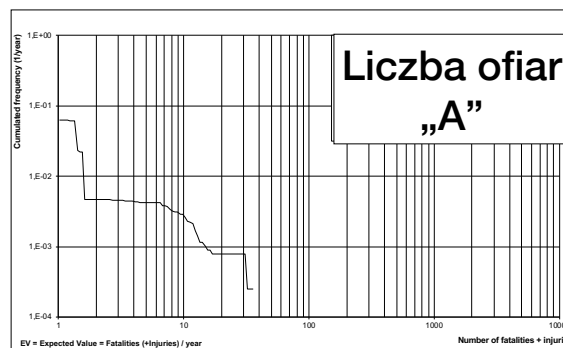
Jeżeli tunel generuje taką samą liczbę zdarzeń co ruch jest **BEZPIECZNY**

Podejście do zarządzania bezpieczeństwem

Model „standardowy”



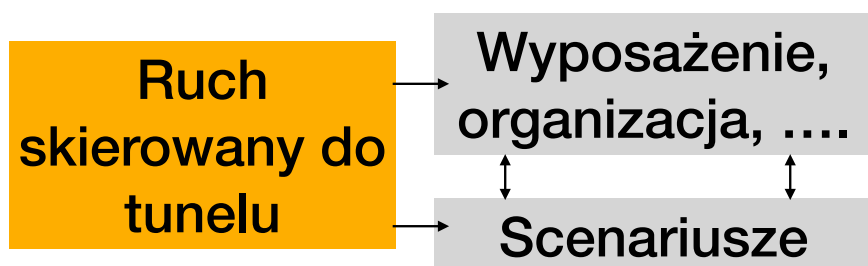
Analiza



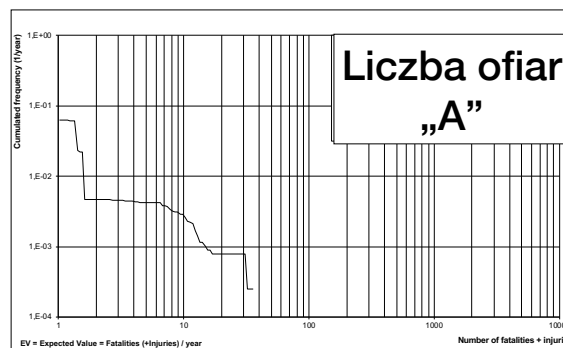
Jeżeli $A < B$
tunel jest
BEZPIECZNY

Podejście do zarządzania bezpieczeństwem

Model „standardowy”



Analiza



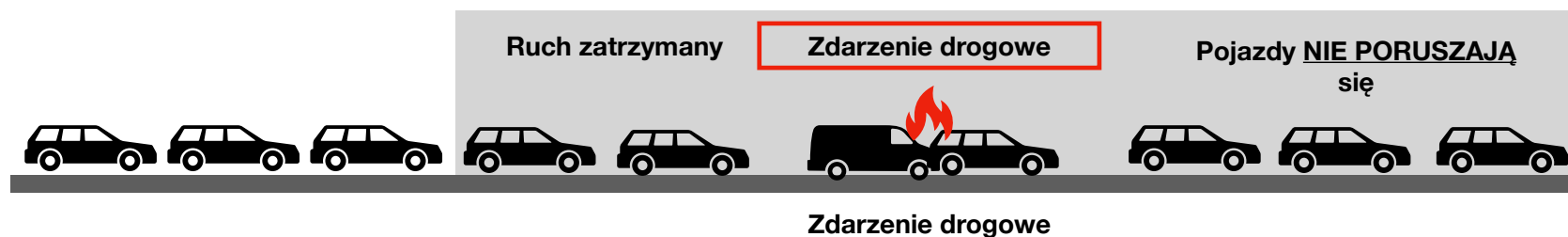
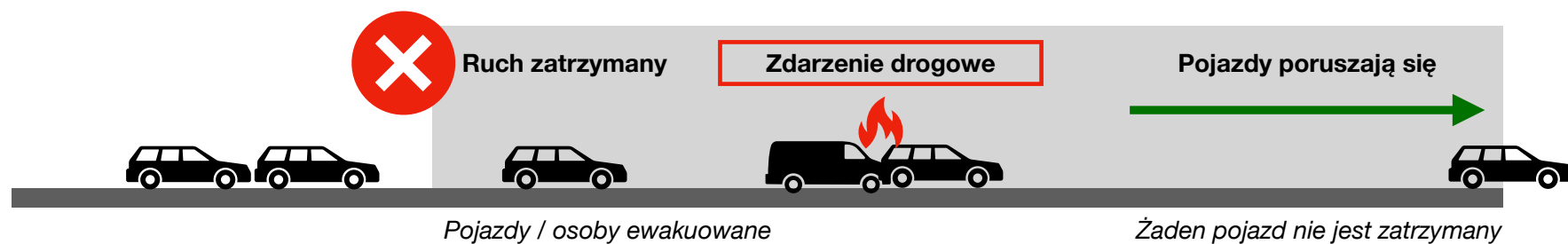
Jeżeli $A < B$
tunel jest
BEZPIECZNY

Ruch alternatywny

W zależności od uzyskiwanych wartości można „ryzykować” przewóz towarów niebezpiecznych

Co się dzieje w tunelu?

Uniwersalny model zdarzeń



Co się dzieje w tunelu?

Uniwersalny model zdarzeń



Osoby poza zdarzeniem opuszczają tunel = liczba ofiar ograniczona do uczestniczących w zdarzeniu



Osoby poza zdarzeniem nie mogą opuścić tunelu = liczba ofiar nie jest ograniczona

Co się dzieje w tunelu?

Uniwersalny model zdarzeń

Jest „BEZPIECZENIE”



Osoby poza zdarzeniem opuszczają tunel = liczba ofiar ograniczona do uczestniczących w zdarzeniu

Jest „NIEBEZPIECZENIE”



Osoby poza zdarzeniem nie mogą opuścić tunelu = liczba ofiar nie jest ograniczona

Klasyfikacja tuneli wg ADR

Rodzaje tuneli wg ADR



B

C

D

E

Kod tunelu	Oznaczenie	Wybuch (duży zasięg)	Działanie trujące	Pożar	Pozostałe zagrożenia*
A	Brak				
B	[B]	X			
C	[C]	X	X		
D	[D]	X	X	X	
E	[E]	X	X	X	X

Klasyfikacja tuneli wg ADR

Rodzaje tuneli wg ADR



Eliminowane zagrożenie Wybuch (duży zasięg)

B

C

D

E

PRZEWODNIK REAGOWANIA AWARYJNEGO	
INSTRUKCJA 115 Gazy łatwopalne - w tym schłodzone	
INSTRUKCJA	
115	Gazy łatwopalne
POTENCJALNE ZAGROŻENIA	
POŻAR LUB WYBUCH	
SKRAJNIE ŁATWOPALNY	
• Łatwo ulegnie zapaleniu pod wpływem ciepła, iskry lub płomieni. • Tworzy wybuchowe mieszaniny z powietrzem. • Gazy skroplonego gazu są początkowo cięższe od powietrza i rozprzestrzeniają się nad ziemią. • UWAGA: Wodor (UN1049), dwutlen węgla (UN1017), wodór, schłodzony skroplony (UN1866), metan (UN1971) oraz mieszanina wodoru i metanu, skroplona (UN2034) są cięższe od powietrza i będą się unosić. Pożary wodoru i deuteru są trudne do wykrycia, ponieważ płoną niewidzialnym płomieniem. Użyj alternatywnej metody wykrywania (kamera termowizyjna, rączka mioty itp.). • Opary mogą przeniknąć do źródła zapłonu i cofać się. • Butle wystawione na działanie ognia mogą wystrzelić i uwalniać łatwopalny gaz przez urządzenia obniżające ciśnienie. • Pojemniki mogą wybuchnąć po podgrzaniu. • Pęknięte butle mogą wystrzelić.	
ZAGROŻENIE ZDROWIA	
• Opary mogą bez ostrzeżenia wywołać zawroty głowy lub uduszenie. • Niektóre mogą działać drażniąco przy wdychaniu w wysokich stężeniach. • Kontakt z gazem lub skroplonym gazem może spowodować oparzenia, poważne obrażenia i / lub odmrożenia. • Ogień może wydzielać szkodliwe / lub toksyczne gazy.	
BEZPIECZEŃSTWO PUBLICZNE	
• Zadzwoń pod numer 112. Następnie zadzwoń pod numer telefonu służb ratunkowych podany na dokumencie przewoźnym. Jeśli dokument przewoźny nie jest dostępny lub brak odpowiedzi, należy skorzystać z odpowiedniego numeru telefonu podanego na wewnętrznej stronie tylnej etykiety. • Odstyż nieopowiadające utrzymywać z dala. • Pozostaw pod wiat, pod gnie / lub pod prąd. • Wiele gazów jest cięższych od powietrza i rozprzestrzeniają się po ziemi i gromadzą w niskich lub zamkniętych obszarach (kanały ściekowe, piwnice, zbiorniki itp.).	
ŚRODKI OCHRONY	
• Nosić autonomiczne aparaty oddechowe (SCBA). • Specjalna odzież ochronna strażaków zapewnia ochronę termiczną, ale tylko ograniczoną ochronę chemiczną. • Podczas pracy z cieczami chłodniczymi / kriogenicznymi należy zawsze nosić specjalną odzież ochronną.	

PRZEWODNIK REAGOWANIA AWARYJNEGO	
INSTRUKCJA	
115	Gazy łatwopalne
Środki natychmiastowe	
Wyznacz i zabezpiecz strefę od rozlania lub rozszczelnienia na co najmniej 100 metrów we wszystkich kierunkach.	
Ewakuacja w przypadku pożaru	
Jeśli cysterna, wagon kolejowy lub cysterna są narażone na pożar, wyznaczyć i zabezpieczyć strefę na odległość 1600 metrów we wszystkich kierunkach; Weź również pod uwagę początkową ewakuację na 1600 metrów we wszystkich kierunkach. W przypadku pożarów z udziałem skroplonych gazów ropopochodnych (LPG) (UN1075), butanu (UN1011), butylenu (UN1012), izobutyleny (UN1055), propylenu (UN1077), izobutanu (UN1969) i propanu (UN1978), należy również sprawdzić rozdział BLEVE - BEZPIECZEŃSTWO ŚRODKI OSTROŻNOŚCI	
REAGOWANIE W SYTUACJACH AWARYJNYCH	
POŻAR	
Uwaga	NIE WYGASZAĆ POŻARU WYCIEKAJĄCEGO GAZU, JEŚLI NIE MOŻNA ZATRZYMAĆ WYCIEKU.
Mały pożar	
Proszek gaśniczy lub CO ₂	
Duży pożar	
• Jeśli można to zrobić bezpiecznie, usunąć nieuszkodzone pojemniki z dala od obszaru wokół pożaru. • UWAGA: W przypadku pożarów rozlań LNG - skroplonego gazu ziemnego (UN1972) NIE WOLNO UŻYWAĆ wody. Użyć suchego środka chemicznego lub piany o dużej rozszerzalności.	
Pożar obejmujący cysterny	
• Gasić pożar z maksymalnej odległości lub używać zdalnie sterowanych / bezałogowych urządzeń strumieniowych lub prądnic monitorujących. • Schładzać pojemniki zalewając je dużą ilością wody, aż do momentu ugaszenia pożaru. • Nie kieruj wody na źródło wycieku lub urządzenia zabezpieczające; może wystąpić oblodzenie. • Wycofać natychmiast w przypadku narastającego dźwięku z odpowietrzających urządzeń zabezpieczających lub przebarwienia zbiornika. • ZAWSZE trzymaj się z dala od płonących zbiorników. • W przypadku dużego pożaru należy używać zdalnie sterowanych / bezałogowych urządzeń strumieniowych lub prądnic monitorujących; jeśli to niemożliwe, wycofaj się z obszaru i pozwól wypalić się pożarowi.	

73

PRZEWODNIK REAGOWANIA AWARYJNEGO	
INSTRUKCJA	
115	Gazy łatwopalne
UWOLNIENIE LUB ROZSZCZELNIENIE	
• WYELIMINOWAĆ wszystkie źródła zapłonu z bezpośredniego otoczenia (zamek palenia, stosowania fajerwerków lub płomieni). • Cały sprzęt używany podczas przetwarzania produktu musi być uziemiony. • Nie dotykać ani nie stać na rozlany materiał. • Zatrzymaj wyciek, jeśli możesz to zrobić bez ryzyka. • Jeśli to możliwe, należy dociąć nieszczelne pojemniki tak, aby zamiast cieczy uwalniał gaz. • Użyj rozpylanej wody, aby zmniejszyć opary lub otworzyć znoszenie chemur gaz. Unikaj kontaktu spływającej wody z rozlany materiał. • Nie kieruj wody na rozlewisko lub źródło wycieku. • UWAGA: W przypadku LNG - skroplonego gazu ziemnego (UN1972) NIE NALEŻY bezpośrednio narażać wody, zwykle lub odpornej na alkohol piany bezpośrednio na wyciek. Jeśli jest dostępna, użyj piany o dużej rozszerzalności, aby zmniejszyć opary. • Zapobiec rozprzestrzenianiu się oparów przez kanały, systemy wentylacyjne i przesłanianie zamknięte. • Odczekać obszar do czasu rozproszenia gazu. • UWAGA: W kontakcie z cieczami schłodzonymi / kriogenicznymi wiele materiałów staje się kruchych i może pęknąć bez ostrzeżenia.	
PIERWSZA POMOC	
• Zadzwoń pod numer 112 lub na pogotowie ratunkowe. • Upewnij się, że personel medyczny jest poinformowany o rodzaju materiału (ów) i przedstawił środki ostrożności w celu ochrony. • Przenieść poszkodowanego na świeże powietrze, jeśli można to zrobić bezpiecznie. • Jeżeli poszkodowany nie oddycha, zastosować sztuczne oddychanie. • Podać tlen, jeśli oddychanie jest utrudnione. • Złóż i odczekaj składowe odzież i buty. • Odstać przymarznął do skóry należy rozmarzać przed zdjęciem. • W przypadku kontaktu ze skroplonym gazem rozmarzać oszronione miejsca letnią wodą. • W przypadku oparzenia natychmiast schłodzić dotkniętą skórę tak długo, jak to możliwe, zimną wodą. Nie zdejmować odzieży, jeśli przylega do skóry. • Używać poszkodowanego w spokoju i ciepła.	

74

Podejście praktyczne

Czy następujący tunel jest bezpieczny?

Jeżeli w tunelu dojdzie do zdarzenia (np ERG 115) i:

- na odcinku 100 m od zdarzenia znajduje się 1 kierowca
- na odcinku 1600 m od zdarzenia wszystkie osoby się ewakuowały

to:

- szacowana liczba oczekiwanych ofiar = 1 osoba

Wnioski

Jak zarządzać ruchem?

1. Dla każdego tunelu można określić wielkość natężenia ruchu, przy którym zastój nie powoduje zwiększenia liczby ofiar (osoby z pojazdów poza zdarzeniem opuszczają tunel). Wielkość zależy od:
 - (1) natężenia ruchu i jego struktury
 - (2) możliwości ewakuacyjnych (droga do pokonania, ilość wyjść)
 - (3) skuteczności środków mitygacji skutków
 - (4) wpływu otoczenia i wpływu na otoczenie

Wnioski

Jak zarządzać ruchem?

2. Dla każdego tunelu można określić w jaki sposób będziemy oddziaływać na zdarzenia (jak mitygujemy skutki)
3. Dla każdego tunelu można określić wpływ wyposażenia na zachowanie się kierowców
4. Zachowanie kierowców na drodze może być określone przez „współczynnik dyskomfortu”
5. Współczynnik dyskomfortu może być mierzony w czasie rzeczywistym na odcinku drogi



Współczynnik dyskomfortu

Troszeczkę teorii

D - miara dyskomfortu związanego z przeszkodą / znakiem / zdarzeniem na drodze

$$D = \frac{\Delta v}{\Delta t} \cdot d \cdot f$$

Δv - zmiana prędkości w [m/s]

Δt - czas, w którym zmieniła się prędkość w [s]

Przykładowe wartości współczynnika (na odcinku pokonywanym w czasie 10 sekund przy prędkości przejazdowej) w Polsce:

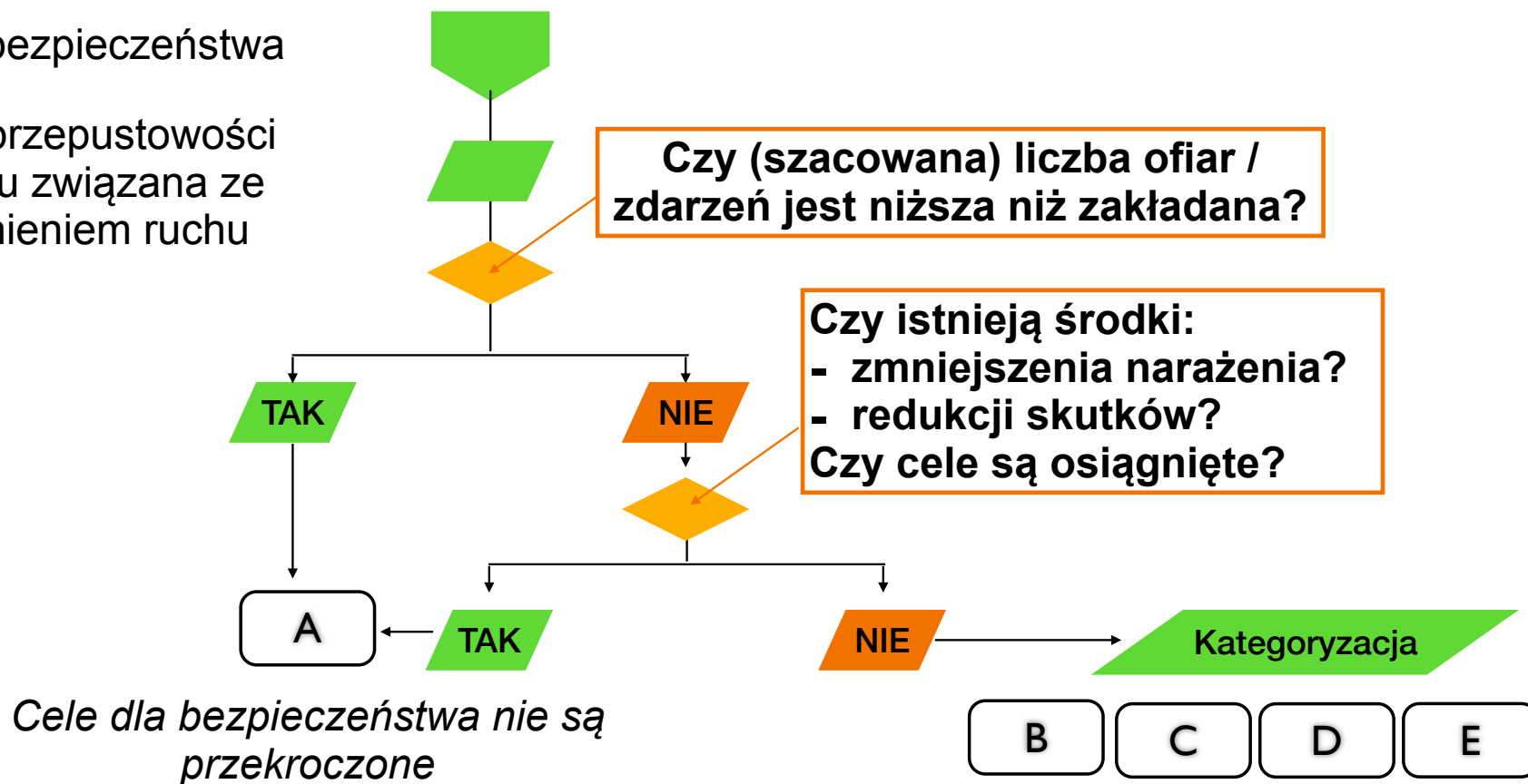
1.11 do 5.56 [m²/s²]

Wniosek

Jak ustalić zakazy związane z przewozem towarów niebezpiecznych

Cele dla bezpieczeństwa

Granica przepustowości dla tunelu związana ze spowolnieniem ruchu



Przykłady (nieoczywistych) rozwiązań

Jak możemy oddziaływać na ruch?

Wymuszenie pożądanego natężenia ruchu (skumulowanie / rozluźnienie)



Przykłady (nieoczywistych) rozwiązań

Jak możemy oddziaływać na ruch?



Zakaz

(wykluczamy możliwość ruchu)

(ruch wahadłowy)



Przykłady (nieoczywistych) rozwiązań

Jak możemy oddziaływać na ruch?

Wymuszenie pożądanego natężenia ruchu (skumulowanie / rozluźnienie)



Przykłady (nieoczywistych) rozwiązań

Jak możemy oddziaływać na ruch?



Wymuszenie zachowania odstępu



Dziękuję za uwagę!

Marek Różycki
tel +48 607 268 497