



Politechnika Krakowska
im. Tadeusza Kościuszki



Szkoła Doktorska
Politechniki Krakowskiej



Zarząd Dróg Wojewódzkich w Krakowie
INSTYTUCJA WOJEWÓDZTWA MAŁOPOLSKIEGO

Przyszłość oznakowania poziomego i materiałów do tego wykorzystywanych w odniesieniu do rozwoju urządzeń stosowanych w pojazdach autonomicznych

mgr inż. Jacek Bartusiak

KONGRES

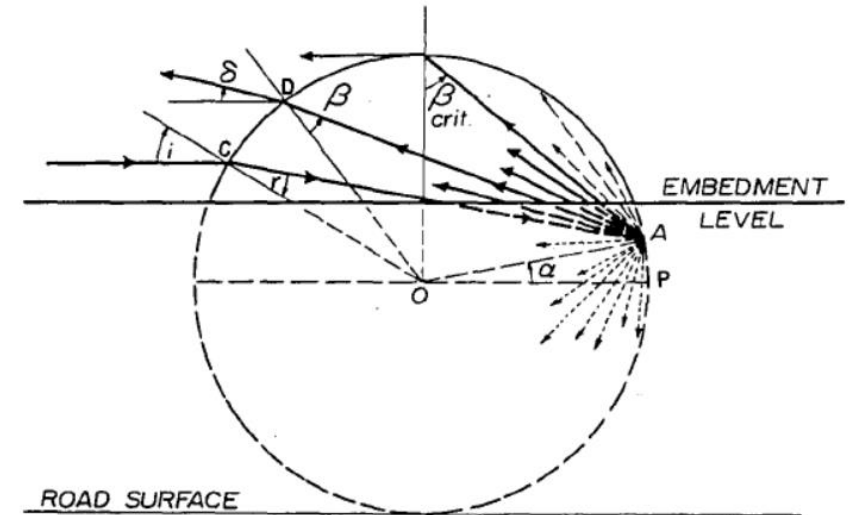
BEZPIECZEŃSTWA RUCHU DROGOWEGO 2024

Kraków, 13-15 marca 2024 r.

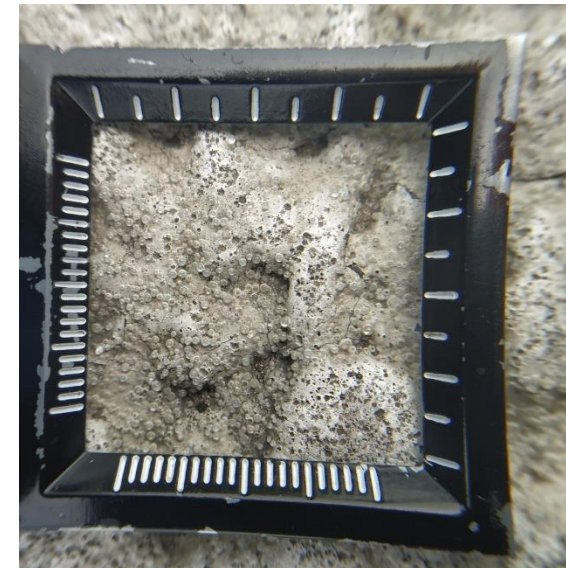
www.konferencjespecjalistyczne.pl

Oznakowanie poziome

- ważny element bezpieczeństwa ruchu drogowego,
- obecnie nie można zastąpić go żadnym innym środkiem,
- powinno gwarantować widoczność w różnych warunkach,
- składa się z warstwy podstawowej (kolor), oraz warstwy szklanych mikrokul (odblaskowość i widoczność w nocy oraz ochrona warstwy podstawowej przed ścieraniem),
- przy pomocy materiałów odblaskowych znaki odbijają światło,
- istnieją kulki szklane o różnych wartościach RI (*Refractive Index* – współczynnik załamania światła),
- w ciągu dnia wystarczająca jest barwa kontrastowa, mierzona jako współczynnik luminancji przy oświetleniu rozproszonym (Qd),
- dla widoczności przy reflektorach pojazdów podczas jazdy w nocy niezbędna jest refleksyjność, mierzona jako współczynnik luminancji odbitej (RL).



Vedam, K., Stoudt, M. D. (1978). Retroreflection from spherical glass beads in highway pavement markings.

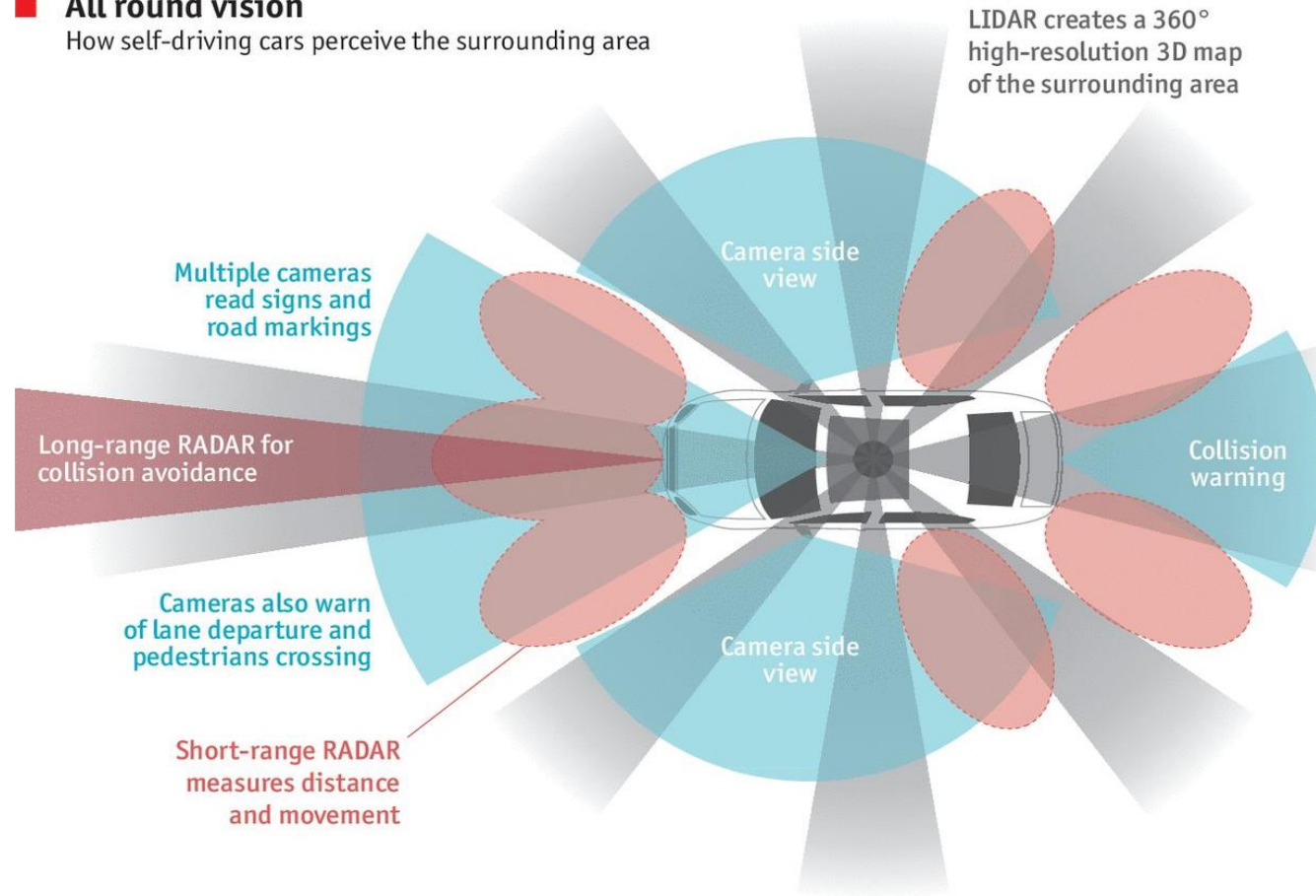


Mikrokule zatopione w farbie.

Pojazd autonomiczny

■ All round vision

How self-driving cars perceive the surrounding area



Podstawowe urządzenia w pojazdach autonomicznych:

- kamera,
- LiDAR,
- radar.

LiDAR – co to jest?

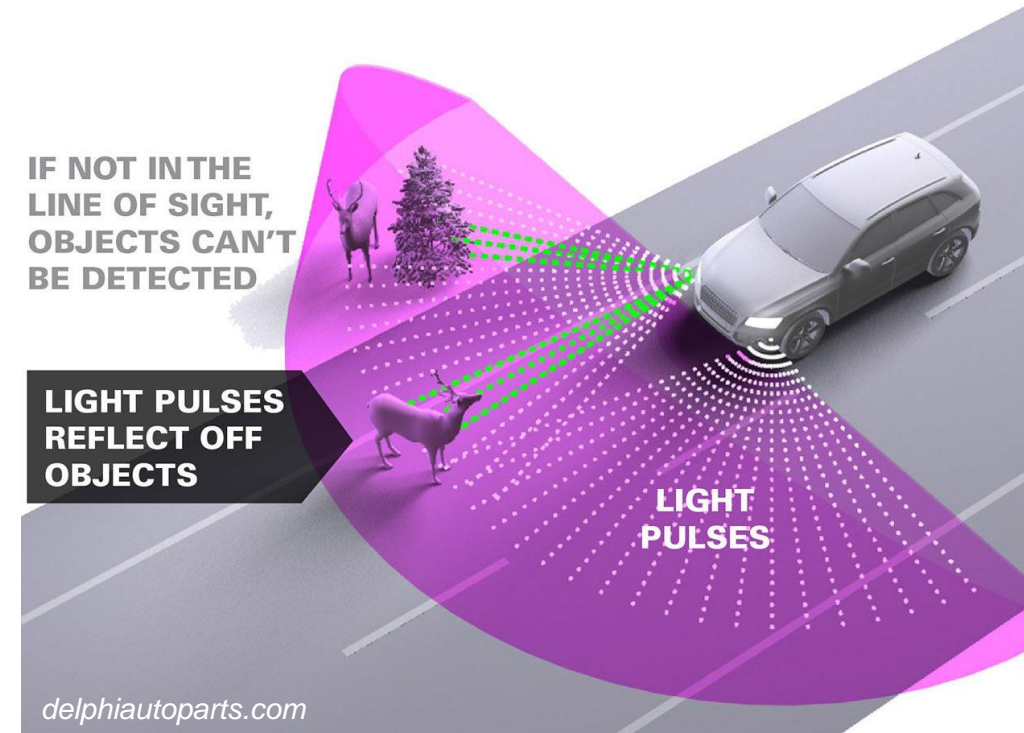
- LiDAR (Light Detection And Ranging) to technologia pozwalająca na dokładną ocenę odległości, wielkości i kształtu obiektu,
- dwa podstawowe typy LiDAR: 905 nm i 1550 nm,
- większa moc oznacza większy zasięg wykrywania, odporność na zakłócenia i lepszą jasność,
- liczba kanałów: 16, 32, 64, 128; liczba wiązek wpływa na ilość wykrywanych punktów i dokładność odzwierciedlenia rzeczywistości,
- obrotowe lustro służy do zmiany kierunku impulsu laserowego, osiągając poziome pokrycie 360 stopni,
- urządzenia przydatne np. do mapowania i rozpoznawania oznakowania drogowego, niezależnie od warunków oświetleniowych,
- w zakresie jazdy autonomicznej i wspomaganej LiDAR jest jednym z podstawowych czujników realizujących percepcję otoczenia.



Urządzenie LiDAR.

LiDAR – jak to działa?

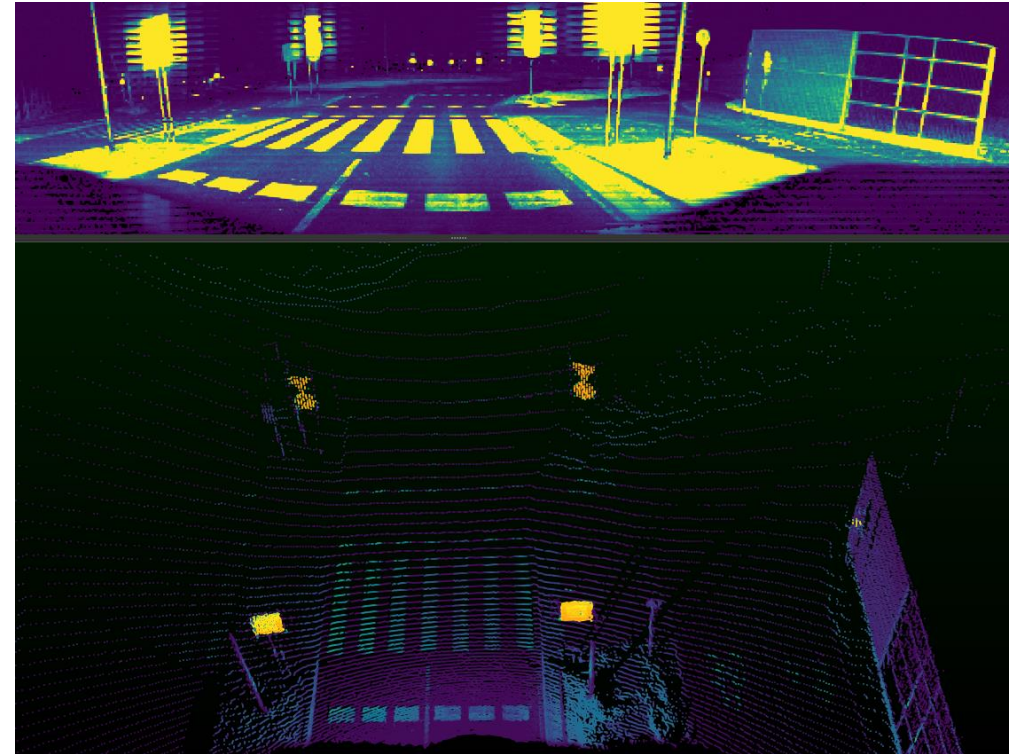
- Impulsy świetlne są wysyłane, odbijane od obiektów i odbierane w celu interpretacji,
- urządzenie na podstawie współrzędnych oblicza odległość do obiektów mierząc czas podróży impulsu światła laserowego w obie strony,
- LiDAR może wykrywać informacje o otaczającym środowisku w czasie rzeczywistym i tworzyć grafikę 3D w wysokiej rozdzielczości,
- jego zalety to szybkość działania, duża odległość wykrywania i wysoka dokładność pomiaru,
- w porównaniu z kamerą LiDAR ma potężną trójwymiarową rozdzielczość przestrzenną,
- jest mniej czuły na warunki oświetleniowe i pogodowe.



Wykrywanie obiektów.

Oznakowanie poziome w LiDAR

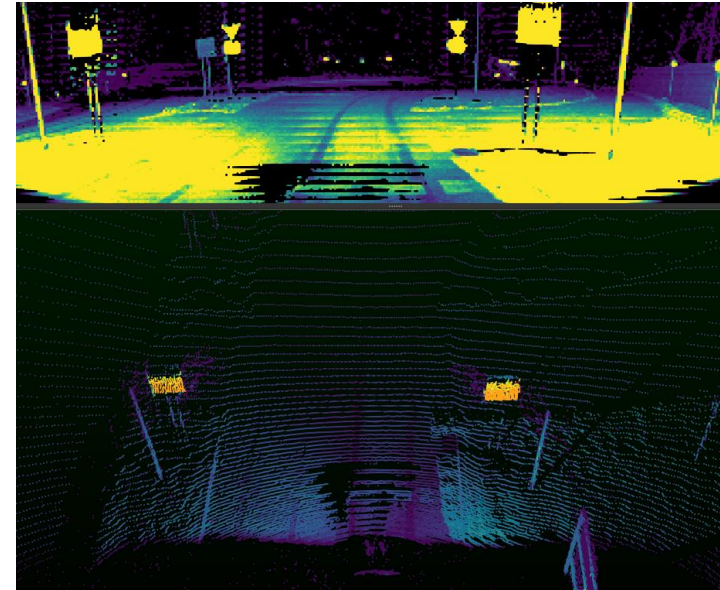
- Kulki szklane odpowiadają za retrorefleksję,
- odbite wiązki lasera od oznakowania na drodze wraca do LiDAR jako punkty, które tworzą chmurę punktów,
- każdy punkt ma określoną wartość intensywności odbicia,
- umożliwia wykrycie oznakowania poziomego poprzez różnicę w intensywności linii i tła,
- umożliwia jednoczesną obserwację kilku pasów ruchu,
- pomocny podczas inwentaryzacji oznakowania,
- umożliwia generowanie miejsc degradacji oznakowania drogowego poprzez wizualizację komputerową (monitorowanie stanu/ zużycia oznakowania).



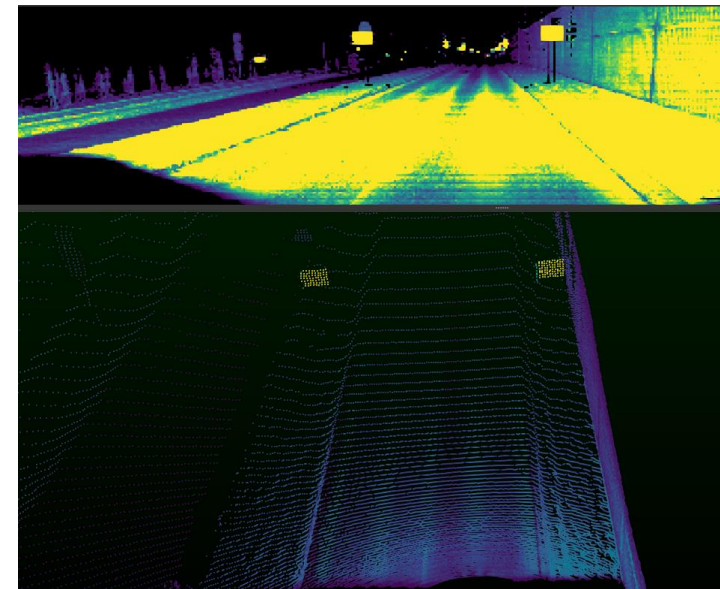
Przykład widoku drogi w LiDAR.

LiDAR – wpływ pogody

- Istnieją badania zautomatyzowanych pojazdów w deszczu, mgle i śniegu,
- badania głównie na zamkniętych obszarach,
- spadek wydajności LiDAR podczas opadu śniegu,
- płatki śniegu swoją powierzchnią mogą blokować linię detekcji innych obiektów i przeszkód,
- liczba punktów w chmurze jest znacznie mniejsza z powodu odbicia lasera od płatków śniegu zamiast od obserwowanego obiektu,
- śnieg może powodować anomalię w chmurze punktów LiDAR i skrócić zasięg działania,
- gęsty opad może zostać wykryty jako przeszkoda.



Przykład widoku drogi podczas opadu śniegu.

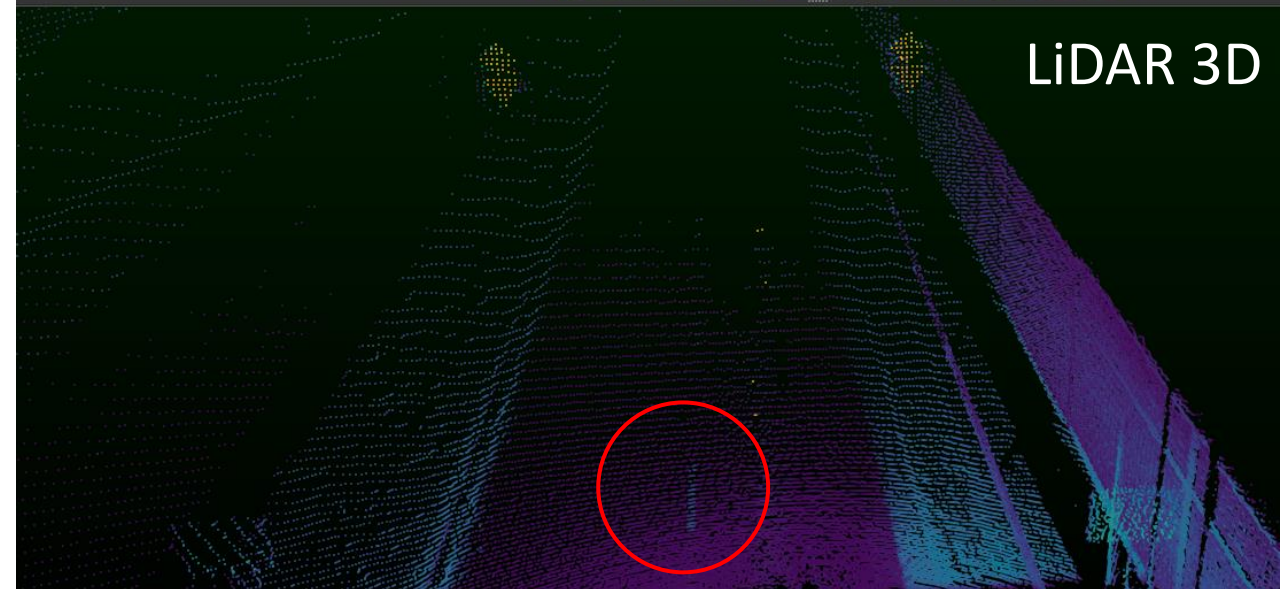


Przykład widoku drogi pokrytej solą drogową.

Opad deszczu i olśnienie słoneczne

- Oznakowanie poziome jest słabo widoczne w czasie deszczu,
- zmiana załamania światła w mikrokulach podczas pokrycia oznakowania warstwą wody,
- częściowo można tego uniknąć:
 - stosowanie znakowania grubowarstwowego strukturalnego, umożliwiającego lepszy odpływ wody,
 - użycie mikrokul o zwiększonym RI.
- Niebezpiecznym zjawiskiem jest też olśnienie słoneczne (olśnienie),
- przewaga LiDAR nad kamerą:
 - mniejsza czułość na zmianę oświetlenia,
 - mniejsza czułość na warstwę wody.

15.03.2024



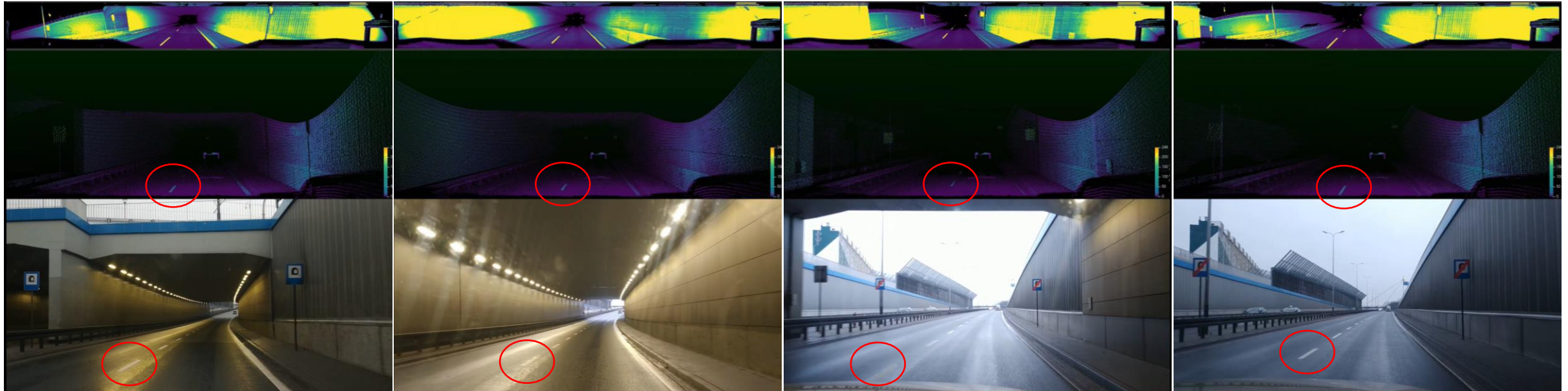
Olśnienie w tunelu

Wjazd

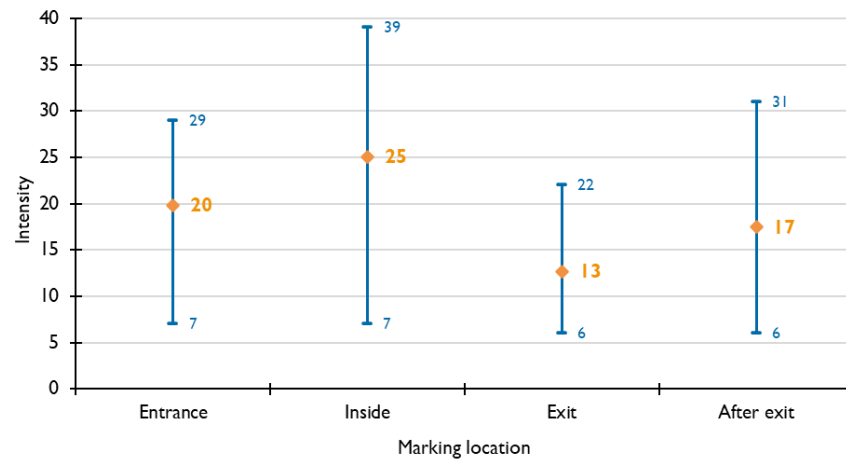
Wewnątrz tunelu (oświetlenie sztuczne)

Wyjazd (olśnienie słoneczne)

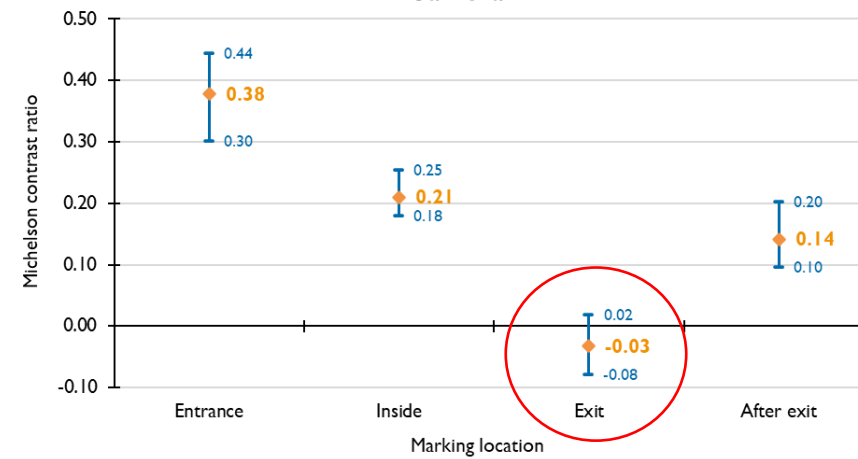
Za wyjazdem



LiDAR



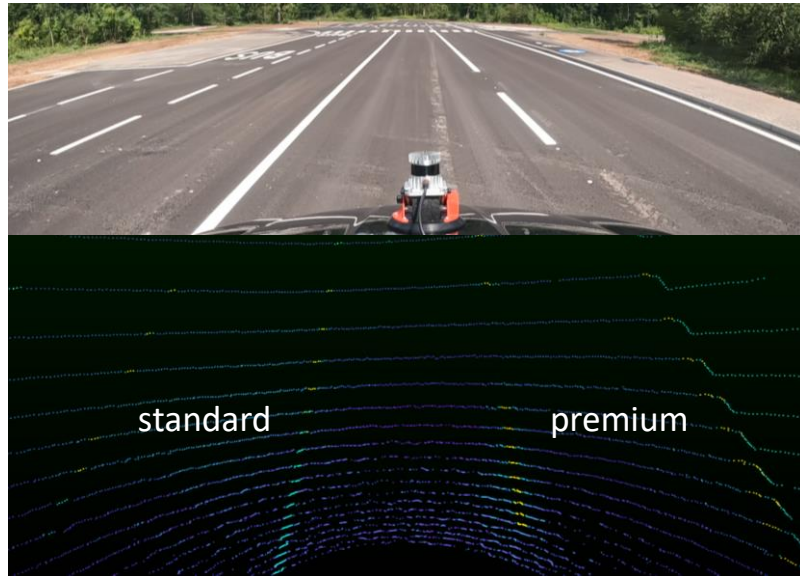
Camera



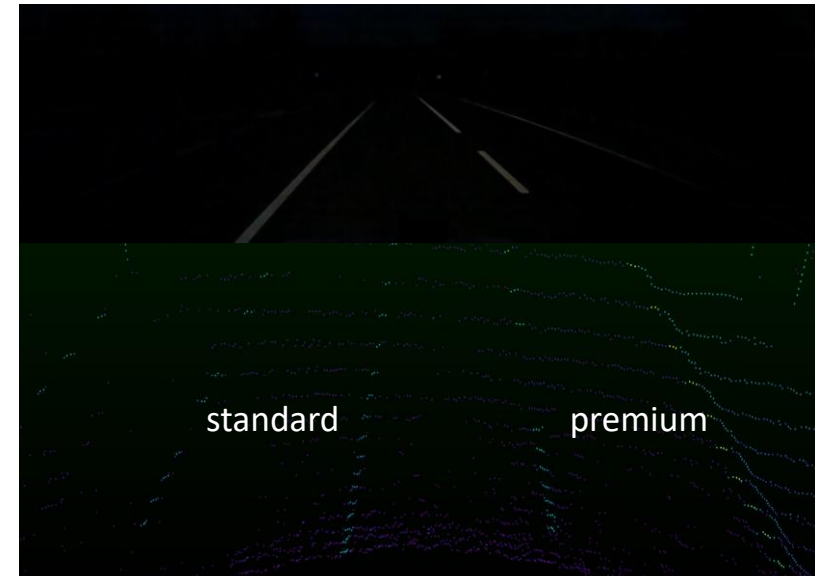
wartość ujemna –
mokre tło
jest jaśniejsze
od oznakowania
drogi

Mikrokule: standard vs. premium

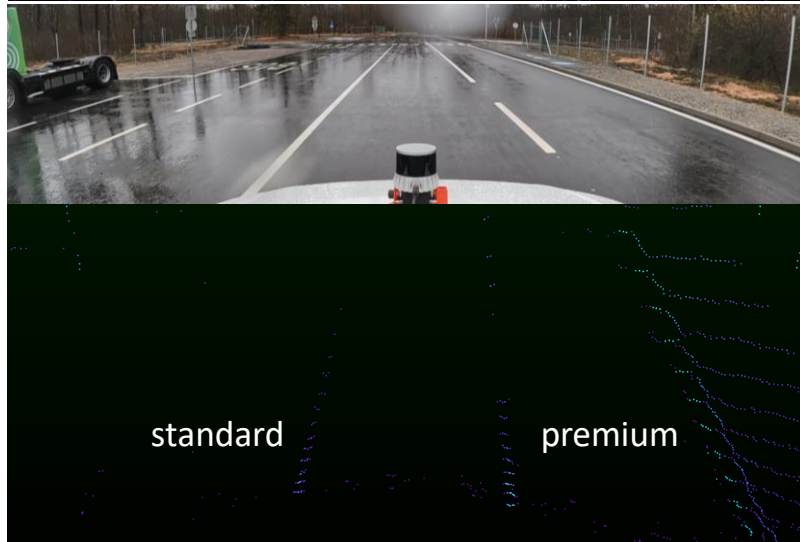
Sunny



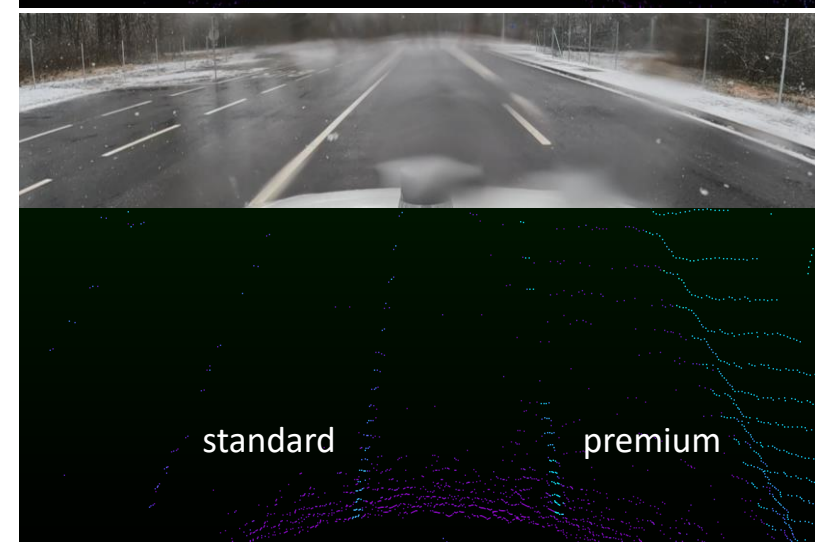
Night



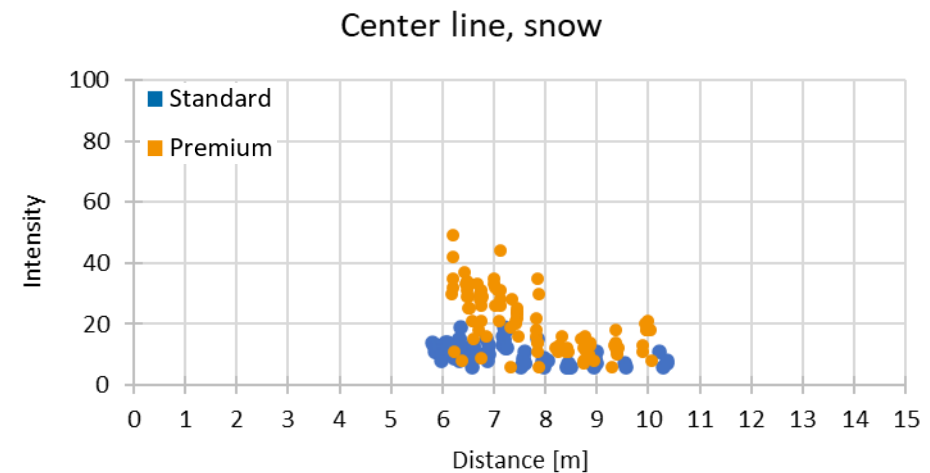
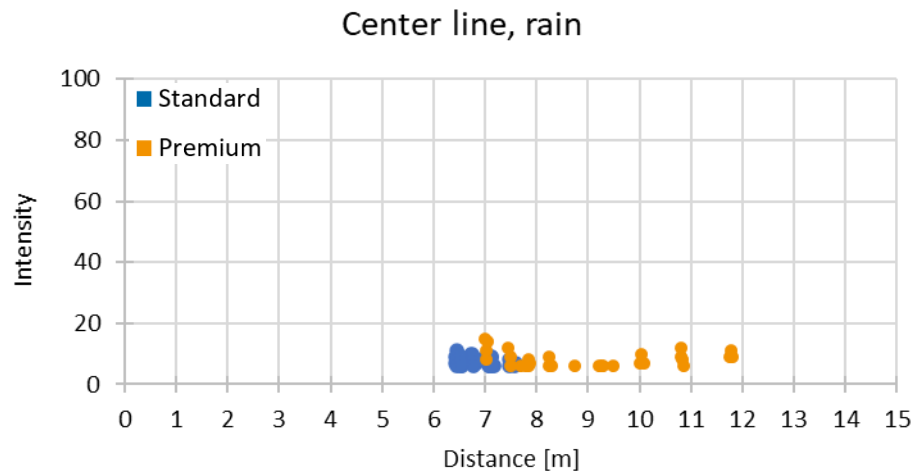
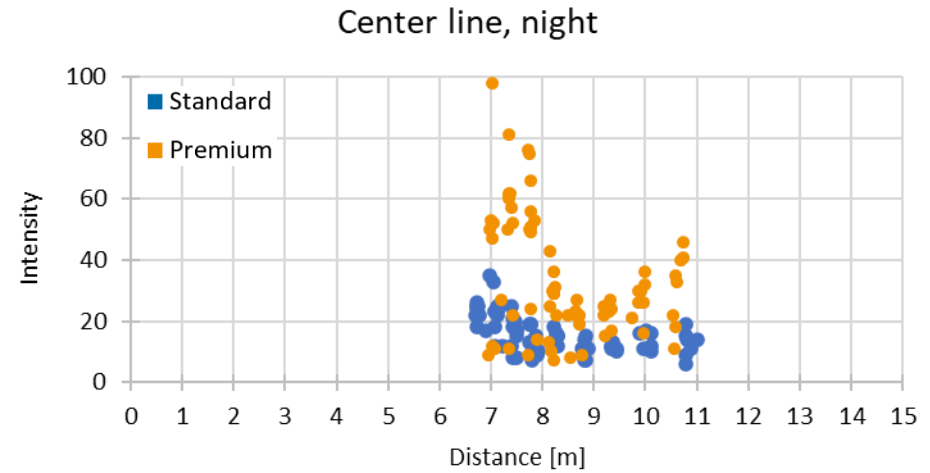
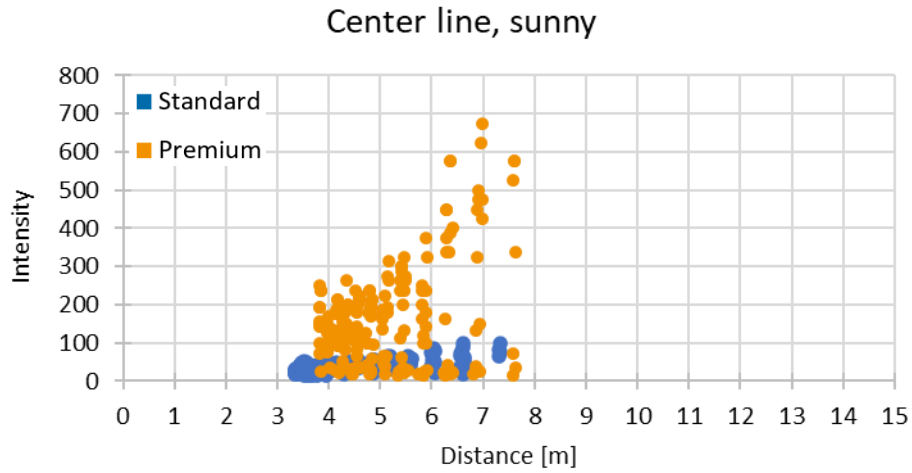
Rain



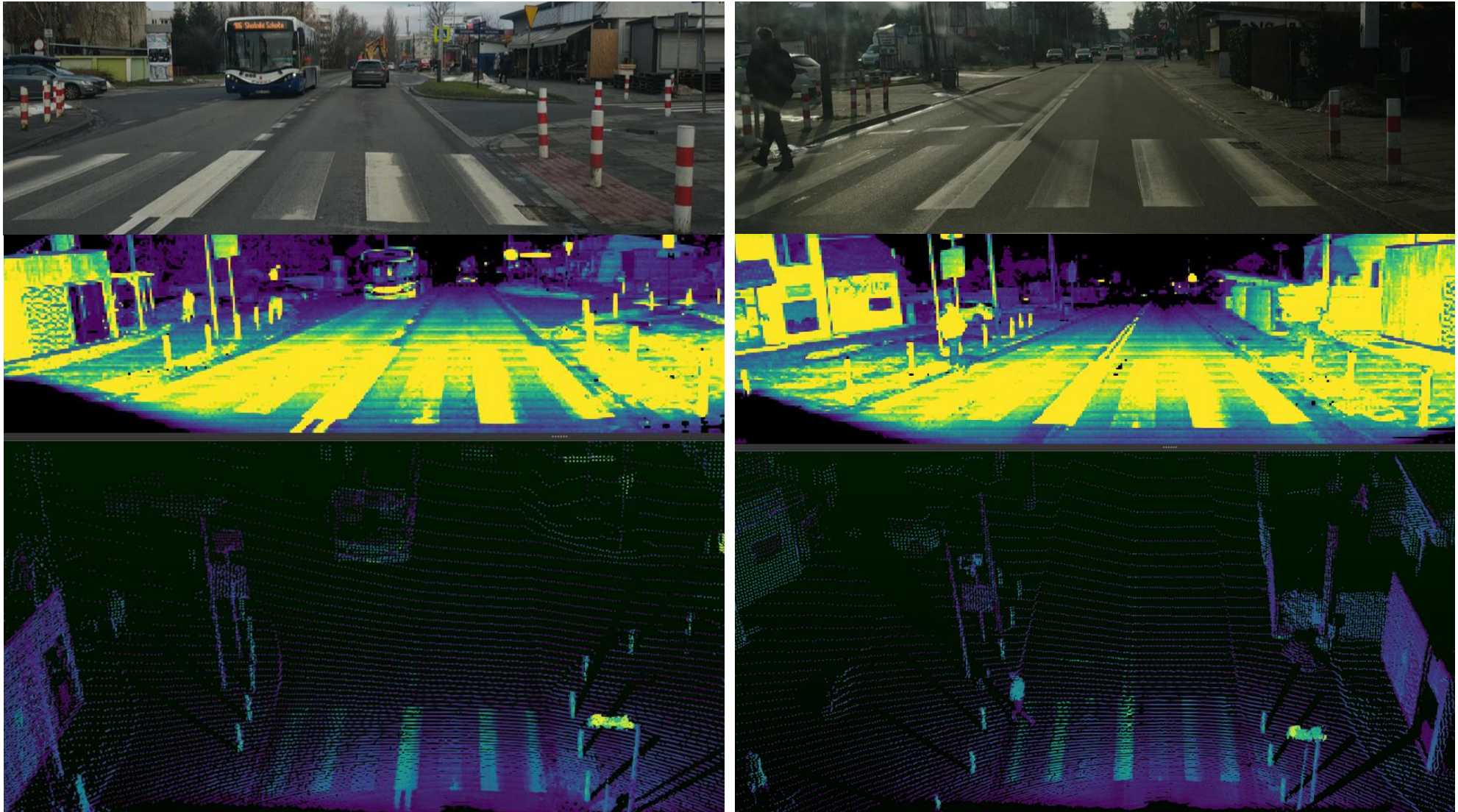
Snow



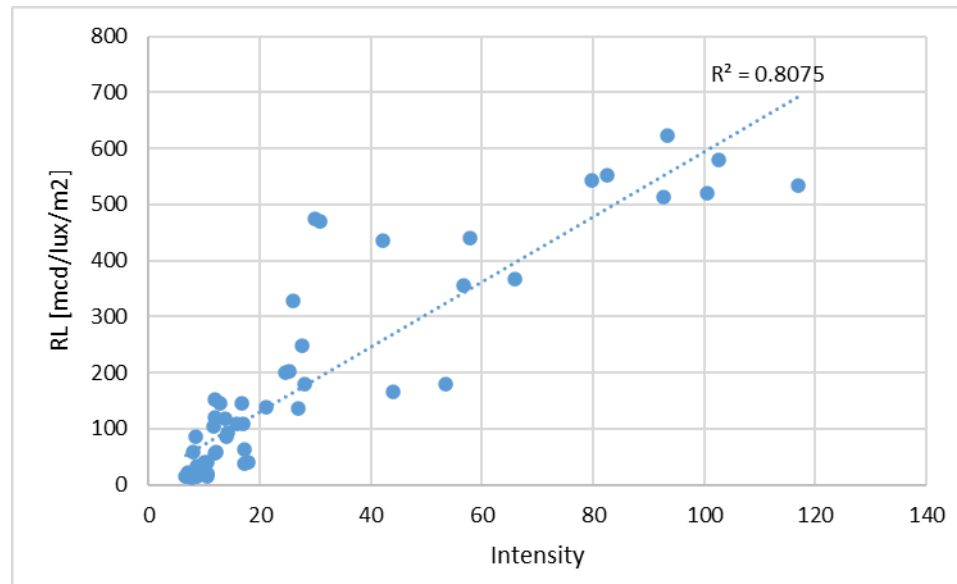
Mikrokule: standard vs. premium



Korelacja z danymi rzeczywistymi



Korelacja z danymi rzeczywistymi



Wnioski

- wyniki przeglądu literatury: istnieje pilna potrzeba określenia cech jakościowych zarówno samego urządzenia, jak i obserwowanych obiektów oraz zweryfikowania jego działania w rzeczywistych warunkach drogowych,
- potrzeba dalszych analiz działania urządzenia LiDAR pod kątem szczegółowej charakterystyki i odbioru różnych typów oznakowania drogowego,
- porównanie intensywności punktów (LiDAR), kontrastu (kamera) i pomiarów rzeczywistych (retroreflektometr),
- badania w różnych warunkach pogodowych (deszcz, śnieg, mgła, oślepienie) i porach dnia (dzień, noc, wschód, zachód, zmierzch); przewaga LiDAR nad kamerą,
- testowanie wpływu różnych typów oznakowania (struktury oznakowania, współczynnik odbicia mikrokul),
- testowanie różnych cech materiałów do oznakowania dróg (głębokość osadzenia mikrokul, kolory, kształt/szerokość/grubość oznakowania).



Politechnika Krakowska
im. Tadeusza Kościuszki



Szkoła Doktorska
Politechniki Krakowskiej



Zarząd Dróg Wojewódzkich w Krakowie
INSTYTUCJA WOJEWÓDZTWA MAŁOPOLSKIEGO

Dziękuję za uwagę

mgr inż. Jacek Bartusiak

Szkoła Doktorska Politechniki Krakowskiej im. T. Kościuszki
ul. Warszawska 24, 31-155 Kraków
jacek.bartusiak@doktorant.pk.edu.pl

Zarząd Dróg Wojewódzkich w Krakowie
ul. Głowackiego 56, 30-085 Kraków
j.bartusiak@zdw.krakow.pl

KONGRES **BEZPIECZEŃSTWA RUCHU DROGOWEGO 2024**

Kraków, 13-15 marca 2024 r.

www.konferencjespecjalistyczne.pl