

INZNAK





Projekt **INZNAK**: opracowanie inteligentnych znaków drogowych

Andrzej Czyżewski

Józef Kotus, Piotr Szczuko, Grzegorz Szwoch, Kazimierz Jamroz,

Politechnika Gdańska

Andrzej Dziech, Wojciech Chmiel, AGH

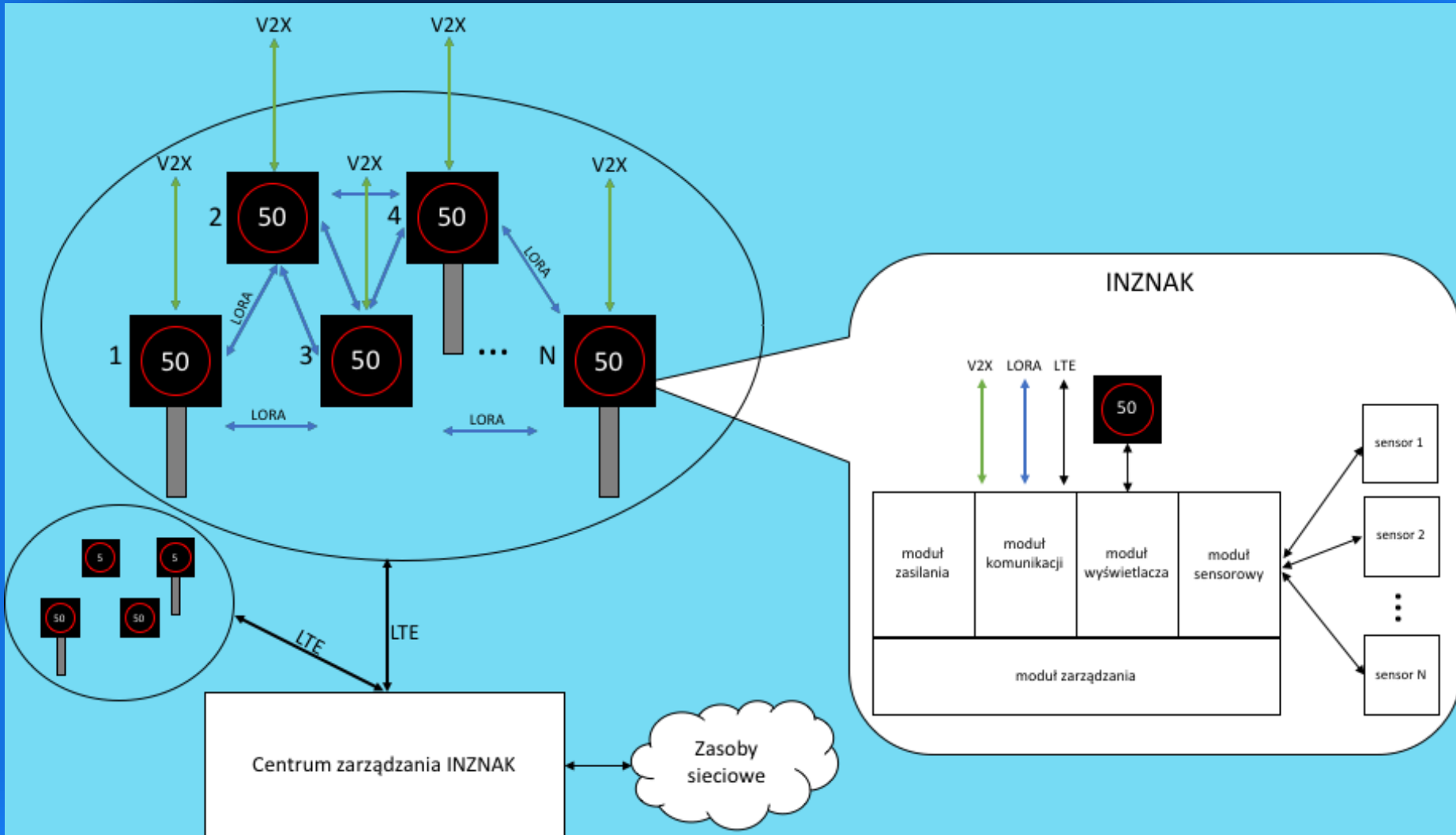
Andrzej Sroczyński, Tomasz Śmiałkowski, Siled sp. z o.o

Piotr Hoffmann, Microsystem sp. z o.o.

INTELIGENTNY ZNAK DROGOWY

- ▶ Opracowywany inteligentny znak drogowy komunikuje prędkość obliczoną w odniesieniu do informacji otrzymanych z ciągu podobnych znaków umieszczonych wzdłuż odcinka autostrady, połączonych ze sobą za pośrednictwem sieci bezprzewodowej, opcjonalnie z możliwością wykorzystania sterowania zdalnego
- ▶ Rozwój konstrukcji wymaga skupienia uwagi na szeregu zagadnieniach badawczych i technologicznych, takich jak:
 - efektywne i niezależne od warunków pogodowych szacowanie parametrów ruchu;
 - metoda obliczania gradientu prędkości dla różnych sytuacji drogowych z uwzględnieniem topologii drogi;
 - budowa niezawodnej sieci bezprzewodowej;
 - badanie innowacyjnych wyświetlaczy i autonomicznych urządzeń zasilających;
 - **przeprowadzenie testów prototypów w warunkach ruchu drogowego**

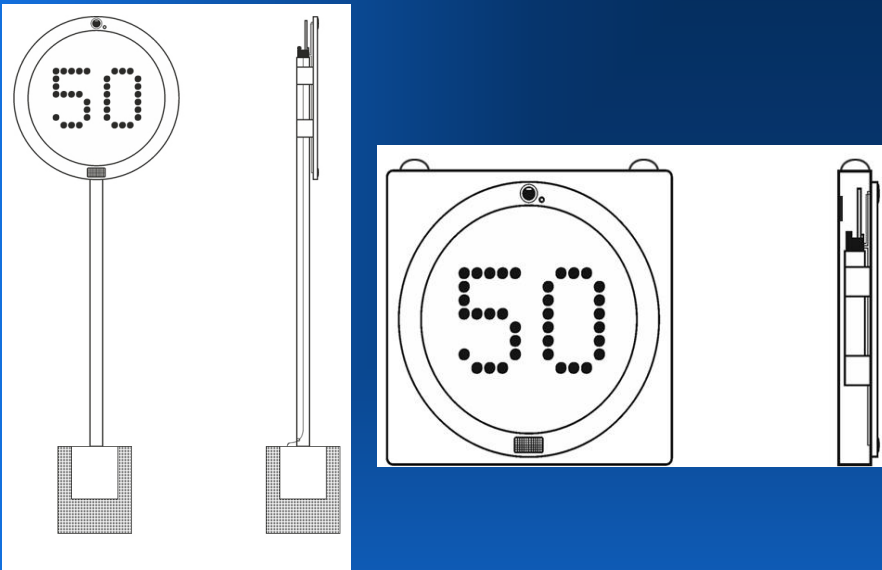
ILUSTRACJA KONCEPCJI



WARIANTY ZASTOSOWANIA SYSTEMU

PRAKTYCZNA WERYFIKACJA
ZAPROPONOWANYCH KONCEPCJI WYMAGA
SZCZEGÓLOWYCH USTALEŃ ORGANIZACYJNO-
PRAWNYCH Z ZARZĄDAMI DRÓG.

GŁÓWNY CEL – ZAPOBIEGANIE KOLIZJOM I
ZATŁOCZENIOM W RUCHU DROGOWYM

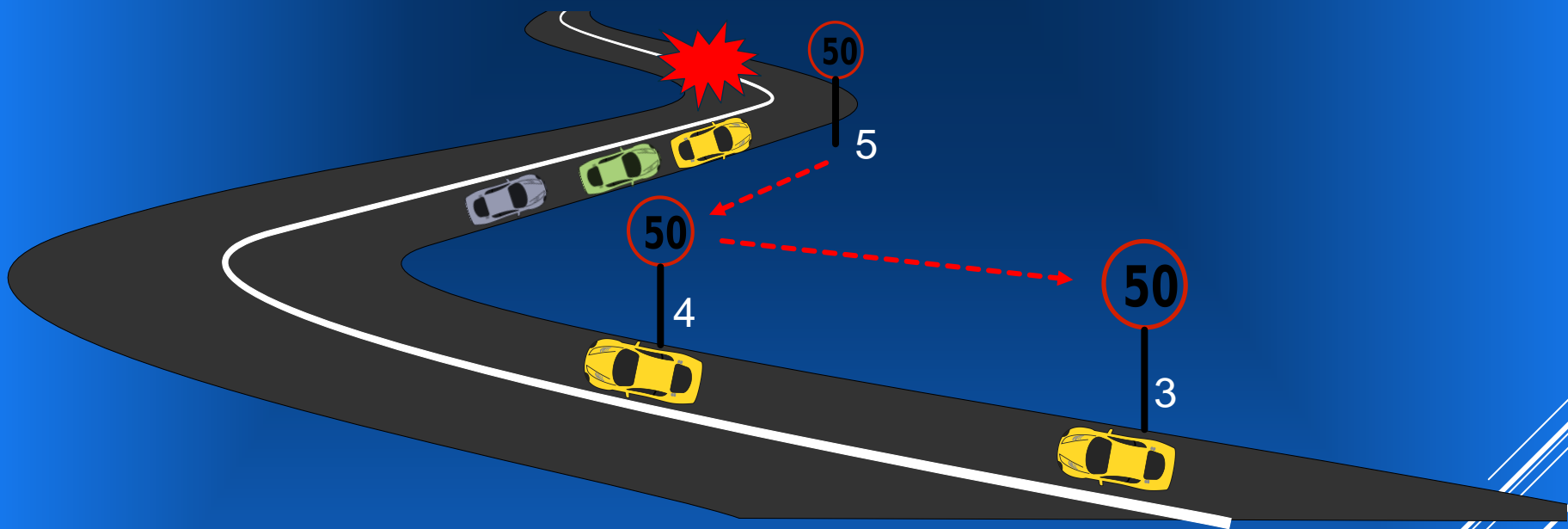


© Politechnika Gdańska

"Wolnostojący inteligentny znak drogowy"
zgł. U. Pat. nr W.125160 zgł. 19.05.2016 r.

"Wolnostojący inteligentny znak drogowy"
zgł. U. Pat. nr W.125160 zgł. 19.05.2016 r.

PODSTAWOWY SCENARIUSZ UŻYCIA



Dodatkowe scenariusze zastosowania systemu



Wyprzedzanie w martwej strefie, zator za zakrętem



Sugestie objazdów

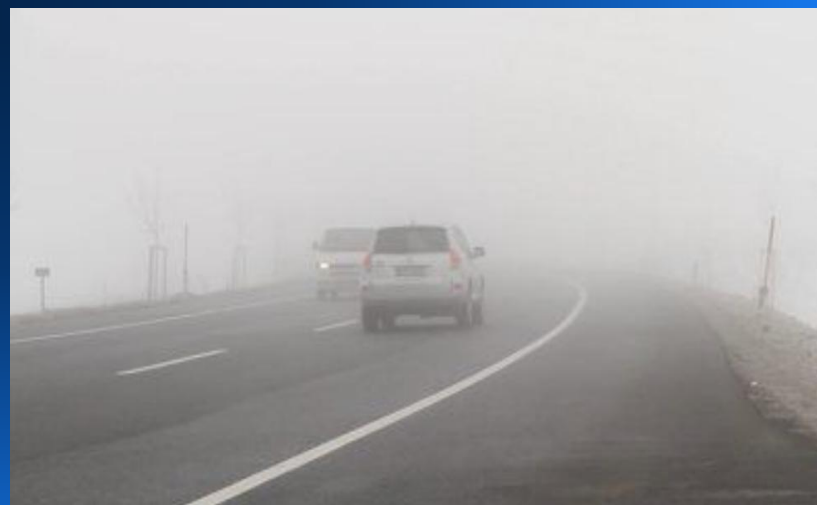


Przeszkody w warunkach niskiej widoczności



Człowiek lub zwierzy na drodze

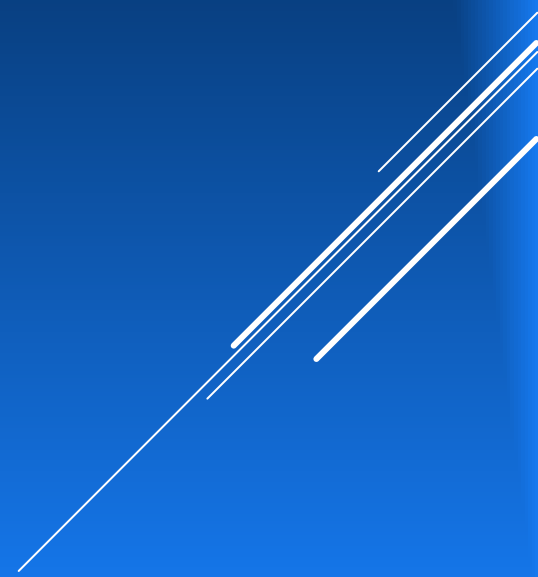
Dodatkowe scenariusze zastosowania systemu



Źródło przykładowych obrazów: Internet

*Inteligentny znak drogowy jako
terminal systemu komunikowania się
pojazdów z infrastrukturą drogową*

UWARUNKOWANIA KOMUNIKACJI ZNAKÓW

- ▶ Rozproszona i skalowalna budowa systemu inteligentnych znaków
 - ▶ Komunikacji na wielu płaszczyznach
 - ▶ Wymiana danych Centrum Zarządzania INZNAK – grupa znaków
 - ▶ Wymiana danych znak \leftrightarrow znak
 - ▶ Wymiana danych z pojazdami
- 

SYSTEMY V2X (IEEE 802.11 B/G WI-FI)

TECHNOLOGIA

- ▶ system oparty o Wireless Local Area Networks (WLAN)
- ▶ połączenia bezpośrednie
- ▶ sieci tworzone ad-hoc
- ▶ US: 1999r. - 75 MHz in the spectrum of 5.850-5.925 GHz
EU 2008r. - 5 875 - 5 905 MHz
- ▶ trzy rodzaje wiadomości:
 - Common Awareness Messages (CAM)
 - Decentralised Notification Messages (DENM)
 - Basic Safety Message (BSM)





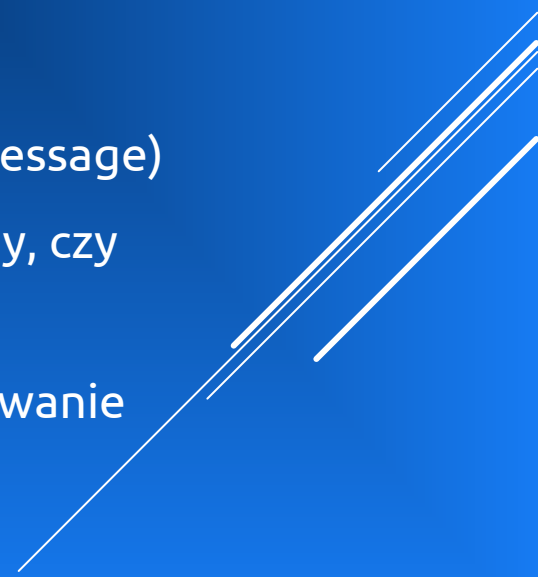
SYSTEMY V2X

PRYWATNOŚĆ

- ▶ wymiana informacji między jednostkami w najbliższym otoczeniu
- ▶ przetwarzanie danych innych jednostek z sąsiedztwa
- ▶ przetwarzanie większej ilości anonimowych informacji w specjalnie zaprojektowanych do tego punktach
- ▶ konieczność uwierzytelnienia każdej wiadomości przy jednoczesnym zachowaniu anonimowości jednostek
- ▶ system pseudonimów



WIADOMOŚCI CAM ORAZ WIADOMOŚCI DENM

- CAM (Common Awareness Messages):
 - Zawierają informację o konkretnych zdarzeniach związanych z ruchem drogowym
 - Wysyłają informacje między innymi o hamowaniu awaryjnym, wypadkach czy o warunkach pogodowych na drodze
 - Nie zawierają informacji pozwalających na zidentyfikowanie pojazdu
 - ▶ DENM (Dedicated Short Range Communication):
 - ▶ Zwane także wiadomościami BSM (ang. Basic Safety Message)
 - ▶ Zawierają informacje takie jak prędkość, kierunek jazdy, czy dokładne położenie pojazdu
 - ▶ Nie zawierają informacji pozwalających na zidentyfikowanie pojazdu
- 

TESTOWA IMPLEMENTACJA WIADOMOŚCI DENM

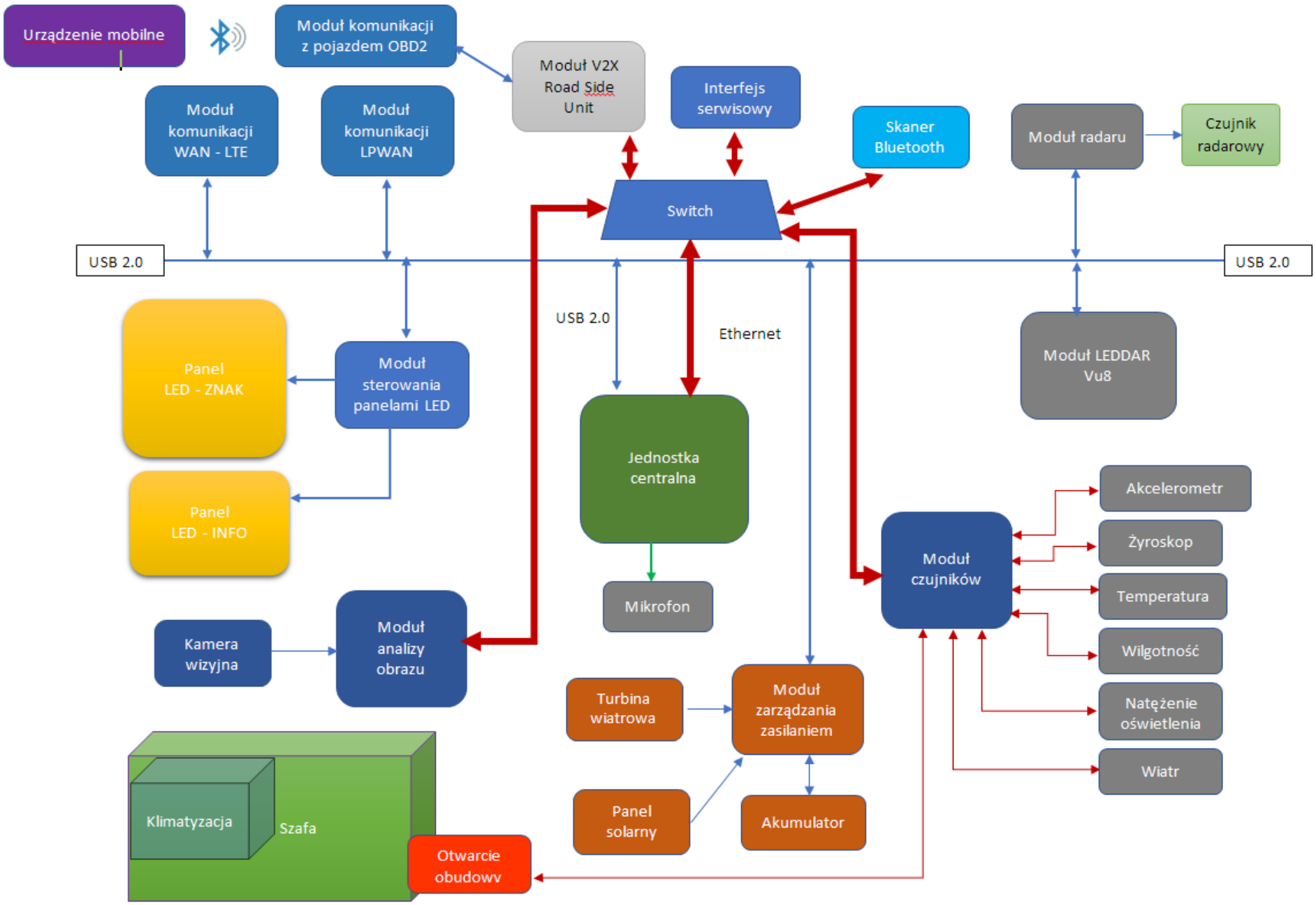
- ▶ Faza odbioru –
denm_event_recv <czas odbioru
w milisekundach>
- ▶ Faza nadawania -
denm_event_send <czas
powtarzania wiadomości w
milisekundach> <czas interwału
pomiędzy wiadomościami> <typ
stacji> <zakładany dystans>
<zakładany kierunek>

```
cmdReceiving command executed successfully.
ate>
ate> denm_event_recv
denm_event_recv <recv_duration>
-- usage --
<recv_duration> duration of receiving denm event. (msec)
example :
denm_event_recv 8000
ate>
ate> denm_event_recv 8000
[DENM] Service init successfully.
-----Received DENM Data-----
recv denm count:1
detection time: 1525398534950 millisecond (start of 1970)
repeat duration: 10 second
event position latitude:514715371
event position longitude:5639277
event position ellipse semiMajorConfidence:90
event position ellipse semiMinorConfidence:90
event position ellipse semiMajorOrientation:10
event position elevation value:800000
event position elevation confidence:10
station type: bus
relevance distance: lessThan500m
relevance direction: upstreamTraffic
[DENM] Service terminate successfully.
ate>
```

WIADOMOŚCI CAM

- ▶ Faza odbioru –
camReceiving <czas odbioru
w milisekundach>
- ▶ Faza nadawania –
camSendingMandatory
<czas nadawania w
milisekundach>

```
COM3-DATV
ata> camReceiving 1000
resting camreceiving command.....
(CAM LOG) Prepare to add rcv cb
-----Received CAN Message-----
header.protocol_version: 1
header.message_id: 2
header.station_id: 16
generation_delta_time: 59995
station_type: 5
reference_position.latitude: 52199325
reference_position.longitude: 127315997
reference_position.semi_major_confidence: 1
reference_position.semi_minor_confidence: 1
reference_position.semi_major_orientation: 1903
reference_position.altitude_value: 0
reference_position.altitude_confidence: 4
high_frequency_container_choice: 0
basic_heading_value: 511
basic_heading_confidence: 10
basic_speed_value: 16383
basic_speed_confidence: 100
drive_direction: 0
vehicle_length_value: 1
vehicle_length_confidence: 0
vehicle_width: 61
longitudinal_acceleration_value: -1
longitudinal_acceleration_confidence: 1
curvature_value: -30000
curvature_confidence: 0
curvature_calculation_mode: 0
yaw_rate.value: -1
yaw_rate.confidence: 2
-----
send CAN. T_GeoCam_last = 1525397951535.
camReceiving command executed successfully.
ata>
```



Schemat blokowy eksperymentalnej wersji Inteligentnego Znaku Drogowego

KOMUNIKACJA ZNAK \leftrightarrow ZNAK

▶ System autonomiczny

- ▶ Zastosowanie LPWAN (*Low-Power Wide-Area Network*)
- ▶ Zasięg ok. 20 km w terenie otwartym, ok. 2 km w mieście
- ▶ Prędkość transmisji od 250 bps do 5,5 kbps
- ▶ Niski pobór energii
- ▶ Każdy Inteligentny Znak musi być wyposażony w nadajnik/odbiornik LoRa

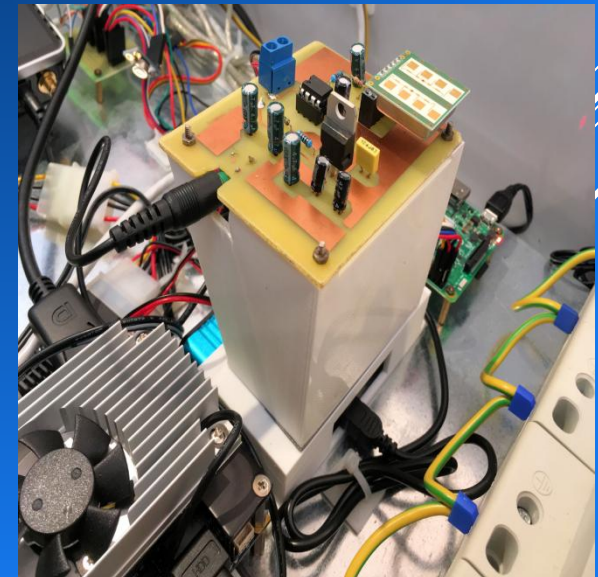


▶ System scentralizowany

- ▶ nie jest budowana specjalna sieć
- ▶ każdy znak łączy się jedynie z serwerem
- ▶ komunikacja między znakami odbywa się z udziałem serwera
- ▶ łączność zapewniona przez zewnętrznego operatora, np. LTE

INSTALACJA TESTOWA

- ▶ prototypowa skrzynka zawierająca:
 - ▶ stację pogodową - pomiar temperatury, ciśnienia i wilgotności
 - ▶ czujnik natężenia oświetlenia
 - ▶ czujnik opadów
 - ▶ czujnik temperatury wnętrza
 - ▶ skaner urządzeń Bluetooth
 - ▶ czujnik radarowy
 - ▶ router z modemem LTE
 - ▶ Raspberry Pi – służący do obsługi czujników
 - ▶ mikrokomputer Kontron – do zarządzania pracą stacji,
w tym przesyłaniem informacji do serwera
- ▶ pobór mocy – ok. 15-20 W



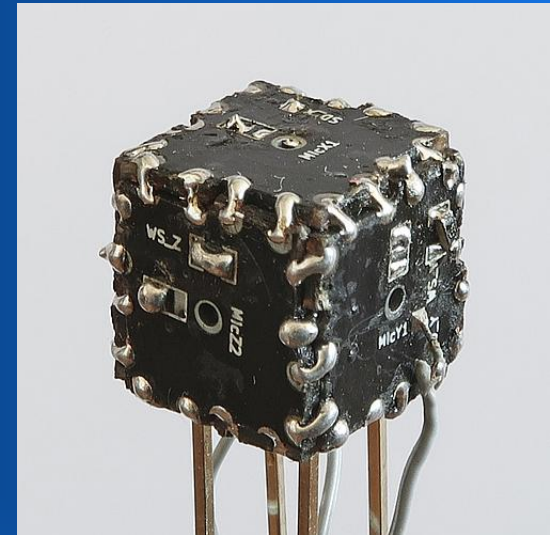
Pierwszy model testowy



K

MONTAŻ AKUSTYCZNEJ SONDY NATEŻENIOWEJ

- ▶ przygotowane oprogramowanie do rejestracji danych pomiarowych z sondy akustycznej
- ▶ testy prototypu sondy - działa poprawnie w systemie Kontron (10 kanałów, 48kHz, 24 bity)

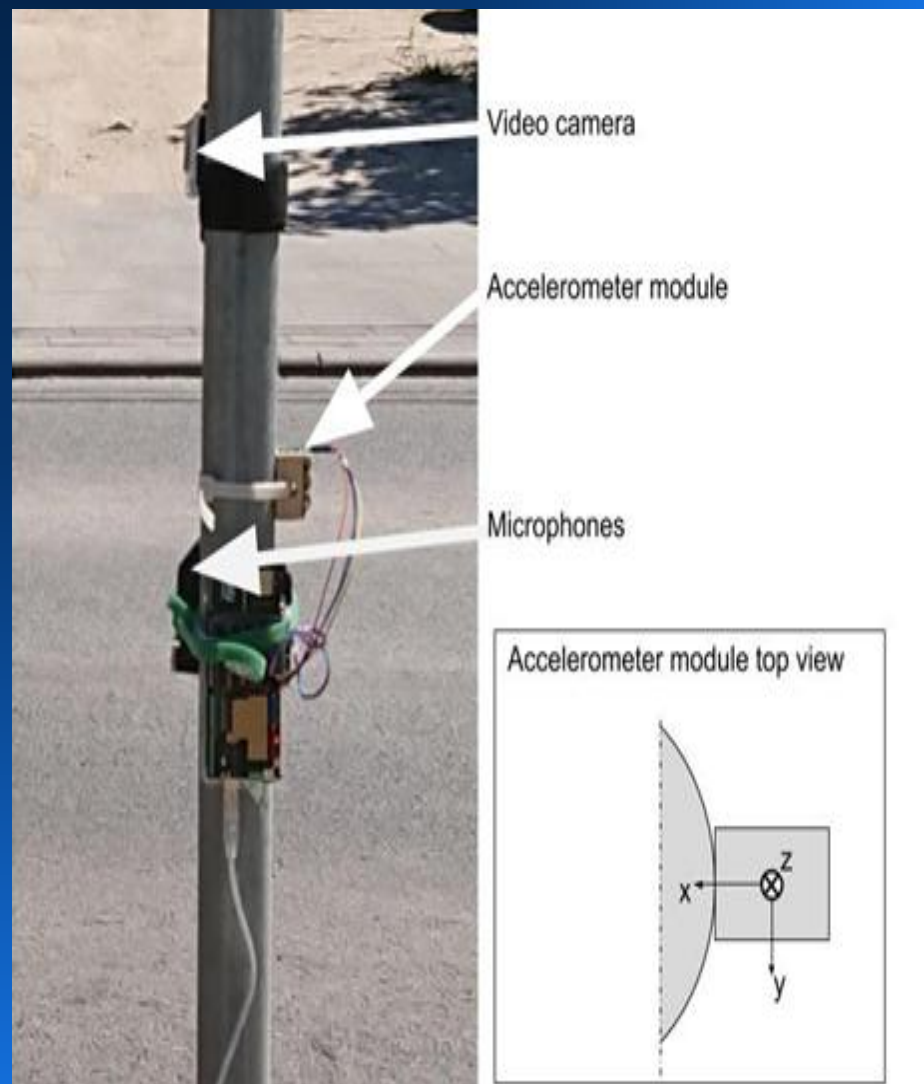


EKSPERYMENT WIBROAKUSTYCZNY

Arteria (droga przelotowa)
Góra: słup znak drogowy,
na wysokości 1 m nad
ziemią

Częstotliwość próbkowania
300 S / s

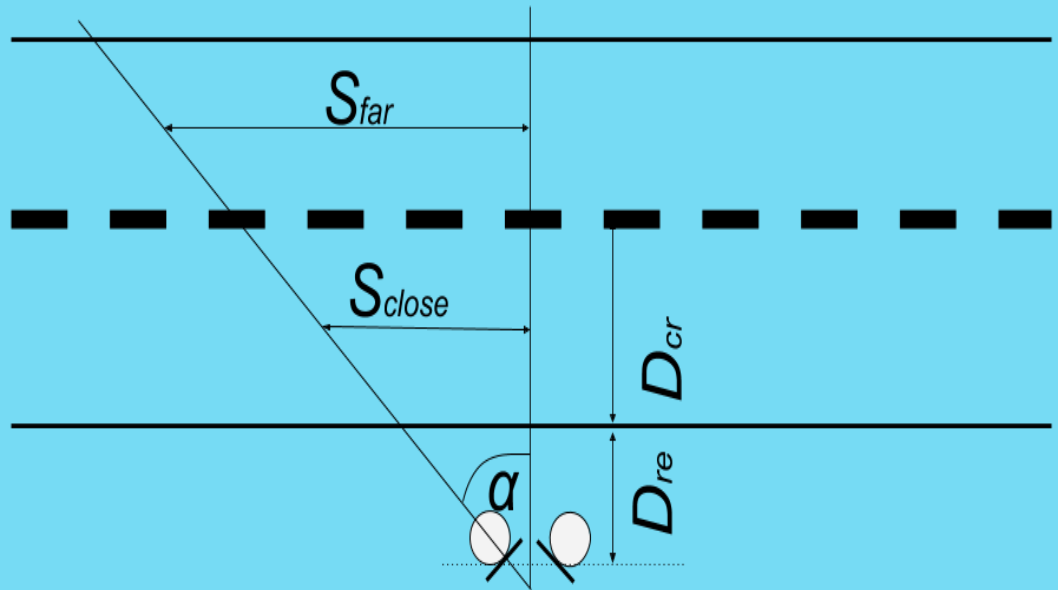
Pojazdy przejeżdżające (na
podstawie nagrania wideo)
Wykrywanie ciężkich
pojazdów



ANALIZOWANY PROBLEM AKUSTYCZNY

Czasy pomiędzy mikrofonami
(rozdzielczość czasowa):

$$\begin{cases} t_{far} = \frac{V}{2 \cdot S_{far}} \\ t_{close} = \frac{V}{2 \cdot S_{close}} \end{cases}$$

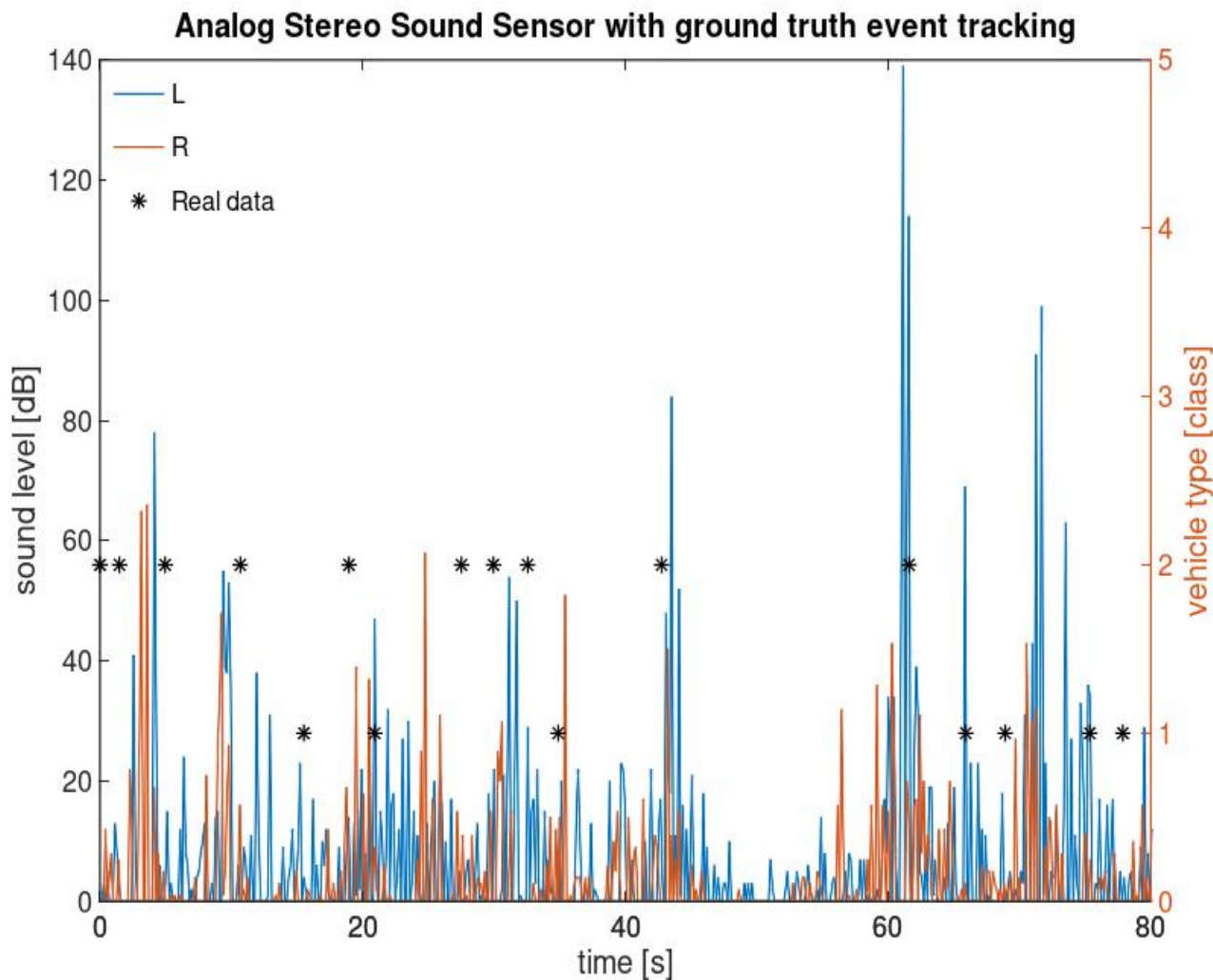


Rozdzielczość dla $\frac{1}{2}$
szerokości jezdni:

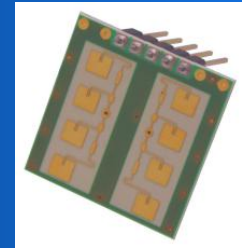
$$\begin{cases} S_{far} = \operatorname{tg} \alpha \cdot (D_{re} + \frac{3}{2} D_{cr}) \\ S_{close} = \operatorname{tg} \alpha \cdot (D_{re} + \frac{1}{2} D_{cr}) \end{cases}$$

AKUSTYCZNE LICZENIE POJAZDÓW

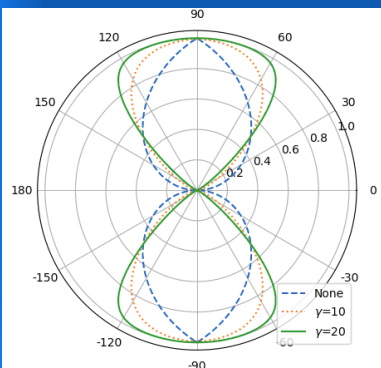
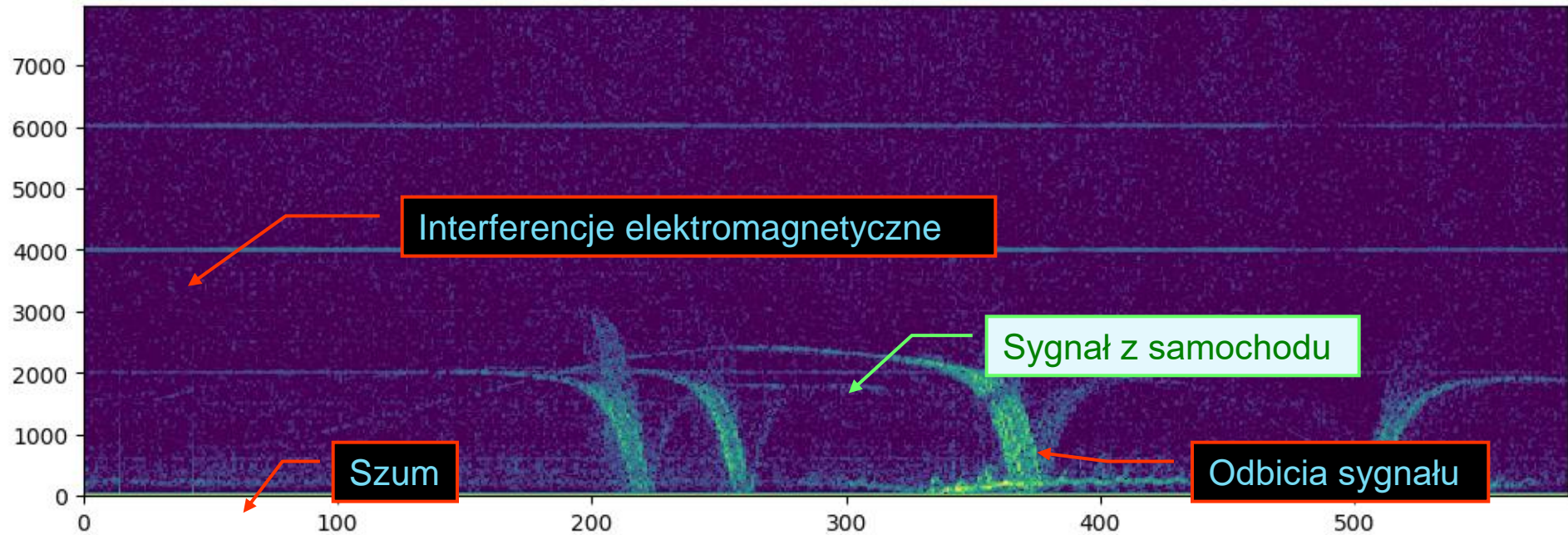
Niektóre małe pojazdy mogą zachowywać się jak ciężkie w reprezentacji akustycznej



SPEKTROGRAM SYGNAŁÓW Z CZUJNIKA MIKROFALOWEGO

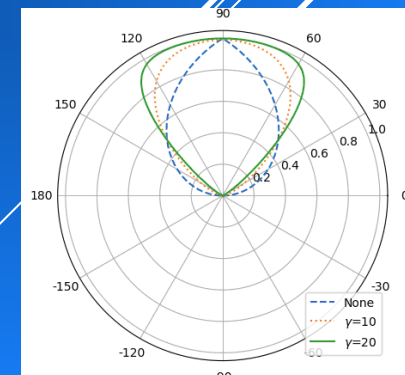


► Problemy:

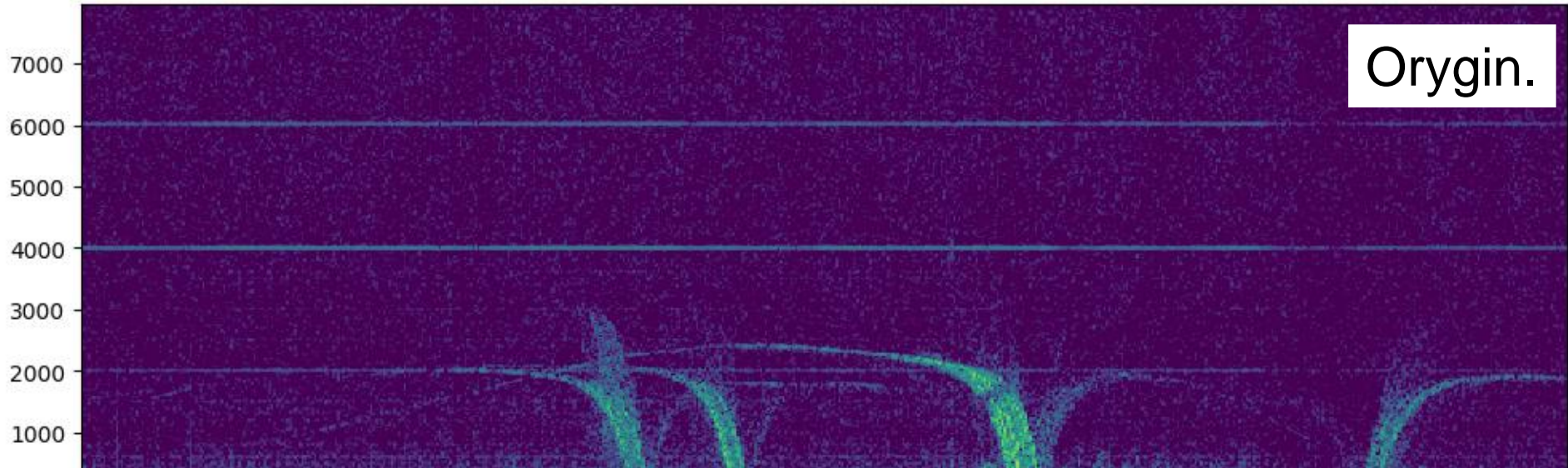


$$w(f) = 1 - \left| \frac{\Delta_\varphi(f)}{\pi/2} - 1 \right|$$

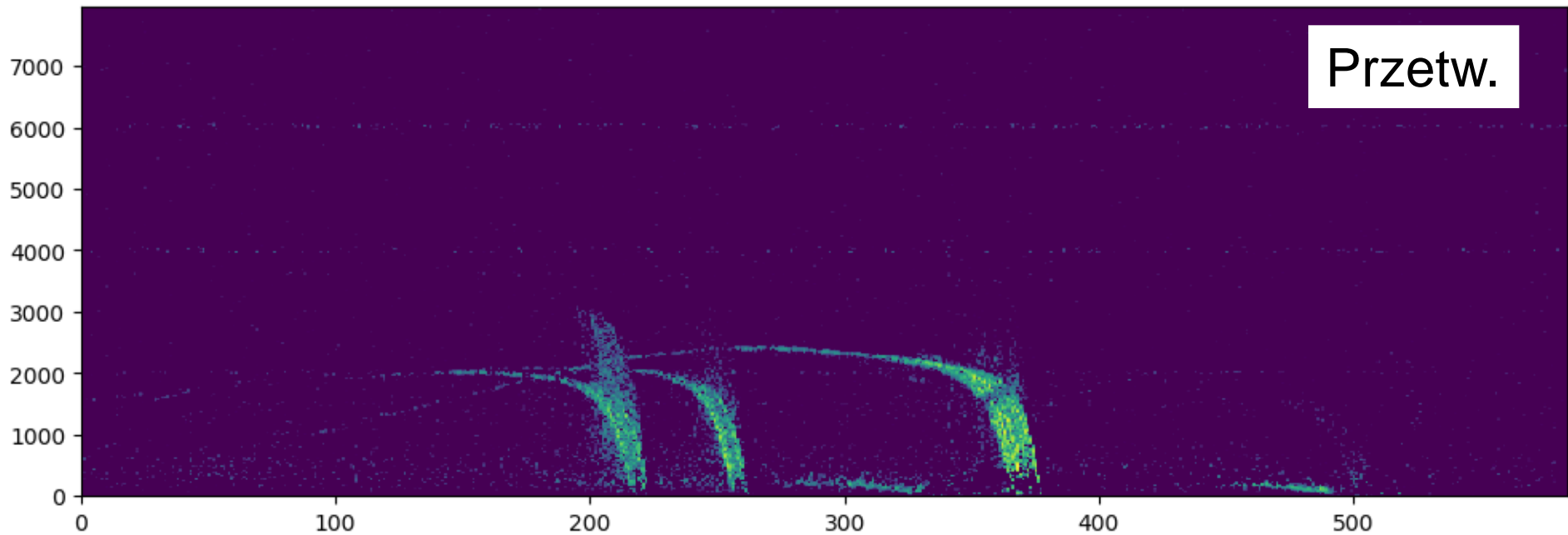
$$w'(f) = \frac{1}{1 + e^{-\gamma(w(f)-0.5)}}$$



Orygin.

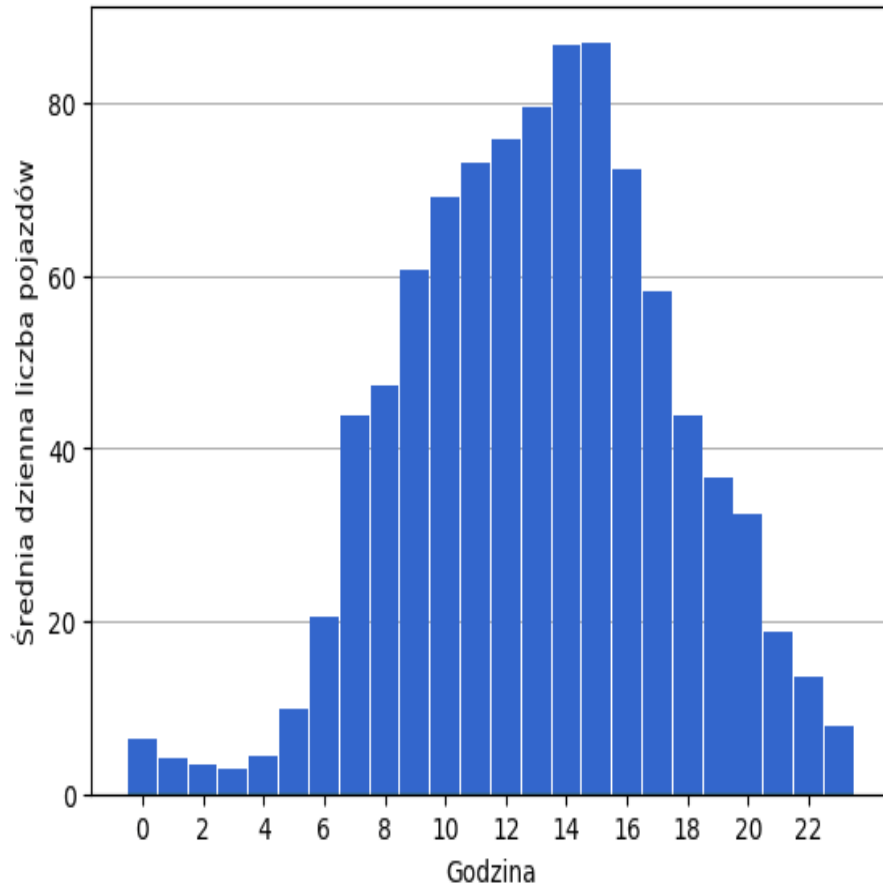


Przetw.

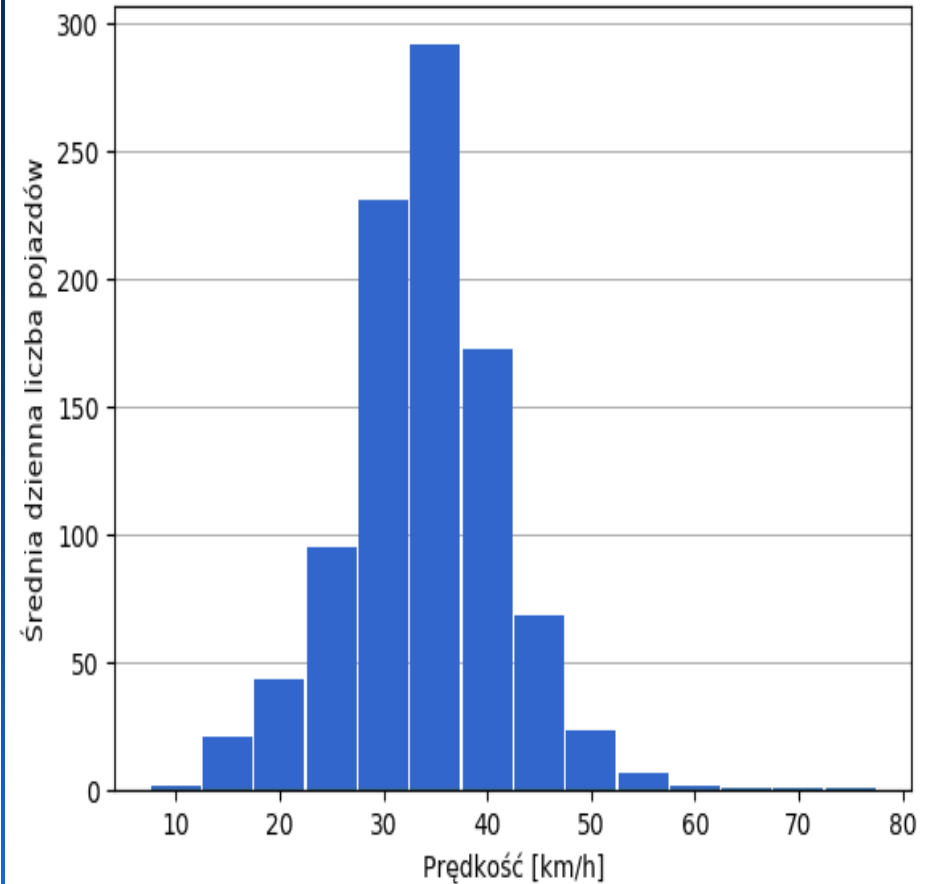


CZUJNIK MIKROFALOWY – WSTĘPNE WYNIKI

Histogram godzinowej liczby pojazdów

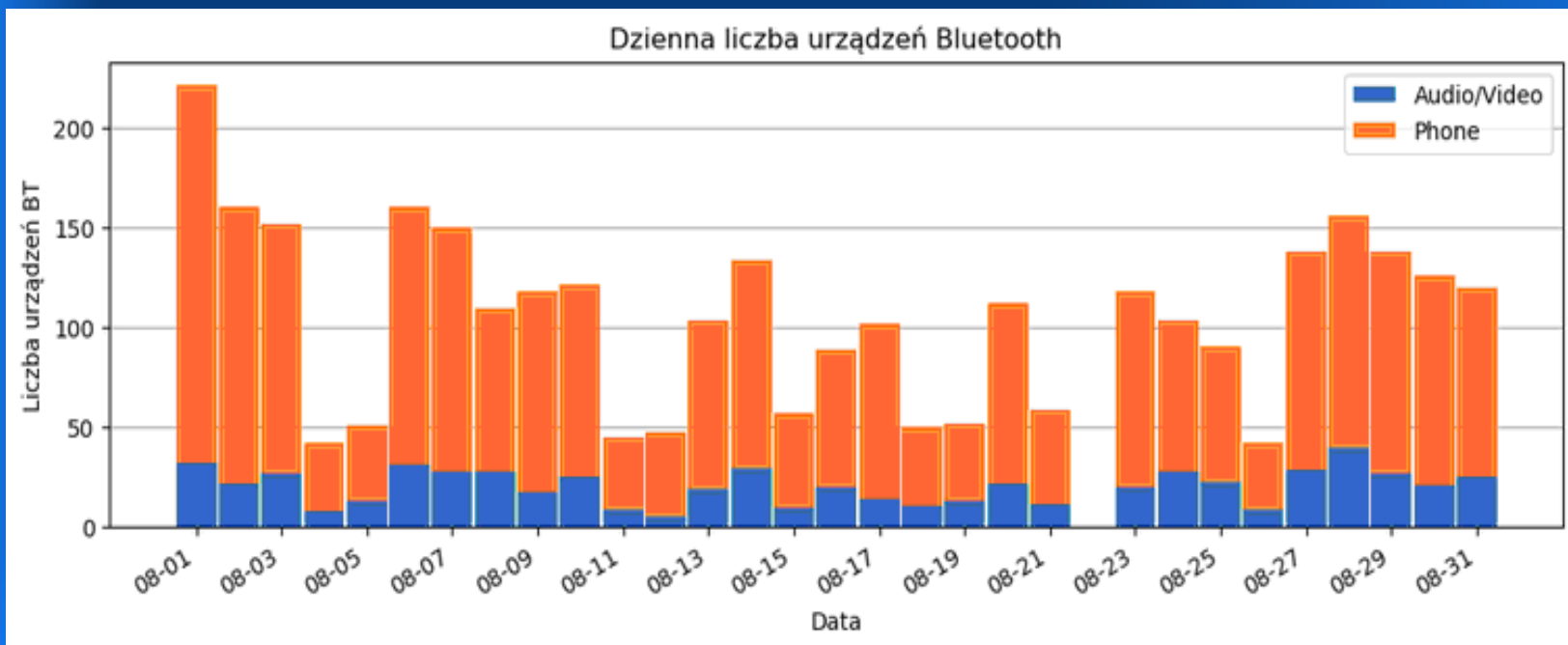


Histogram prędkości pojazdów



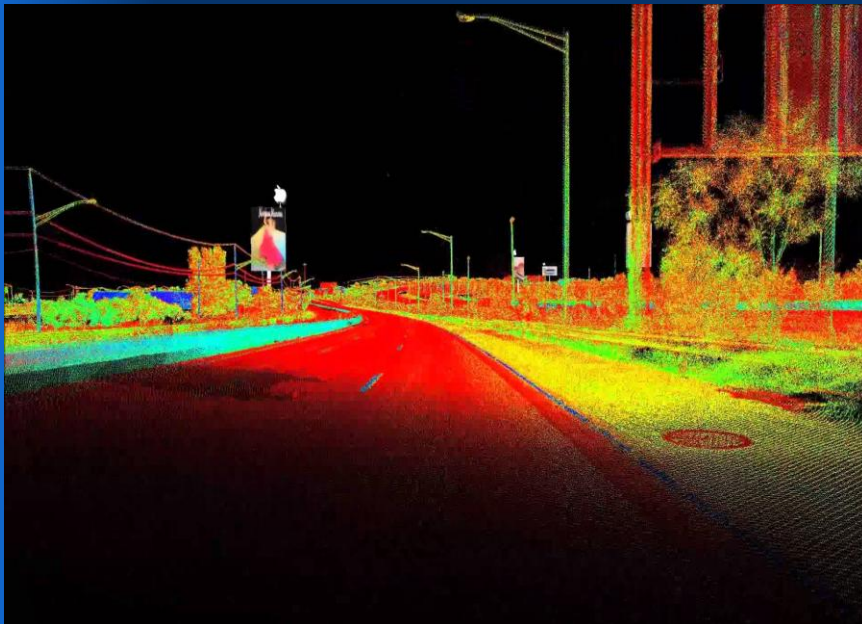
CZUJNIK BLUETOOTH

- ▶ Urządzenia są rejestrowane.
- ▶ Większość to smartfony.
- ▶ Wiele urządzeń należy do pracowników Techno-Serwisu (rekordzista: 182x).
- ▶ Niewiele urządzeń typu car audio wykrywanych w ciągu dnia.

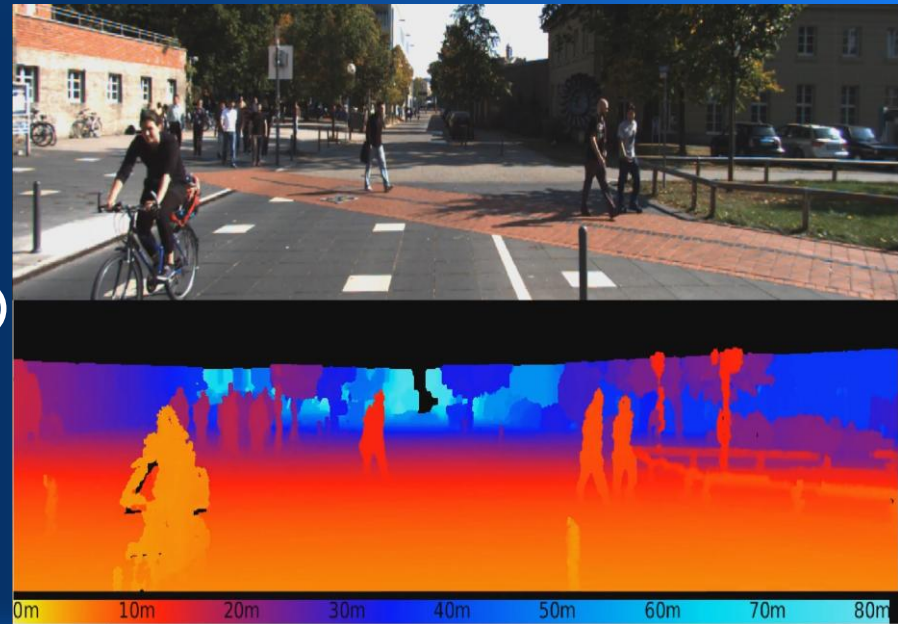


CZUJNIKI LASEROWE

- ▶ Monitorowanie ruchu pojazdów w bezpośrednim otoczeniu znaku
- ▶ Możliwość zobrazowania sceny 3D wokół znaku dzięki pomiarowi odległości



<https://www.youtube.com/watch?v=U8b62vr9EJQ>



http://ipi.ugent.be/ipi/drupal/intel_yeh

CZUJNIKI LIDAROWE WYKORZYSTYWANE W PROJEKCIE



Basler ToF640-20gm



Leddar VU8

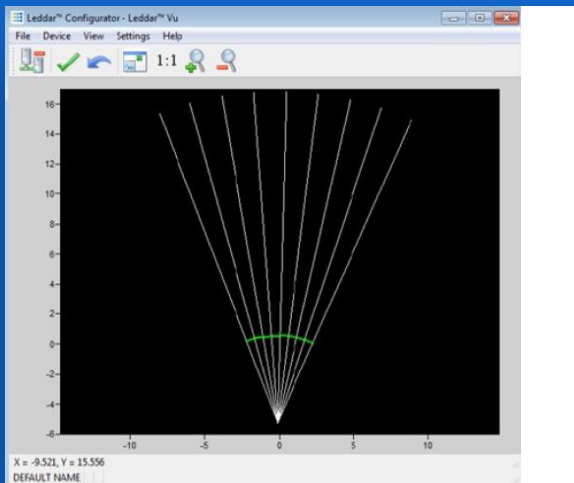


Leddar One

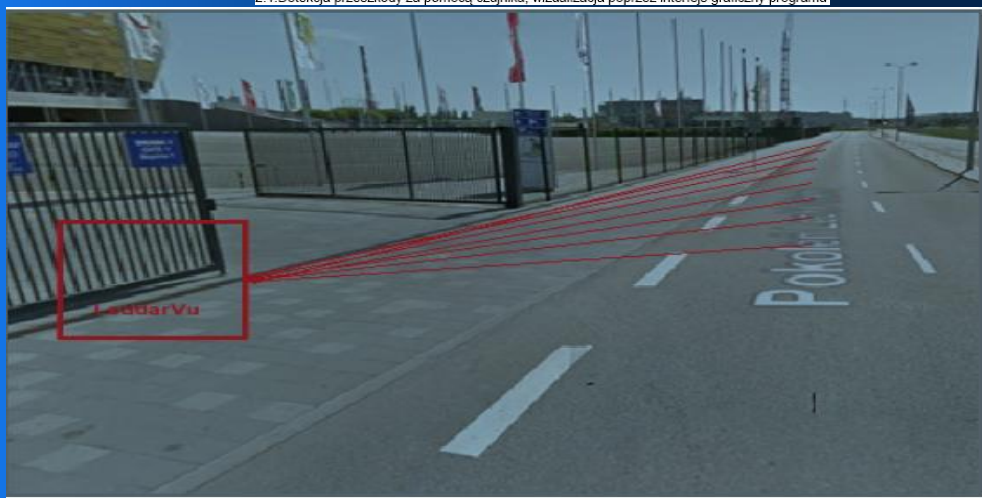


DeLidar TF02

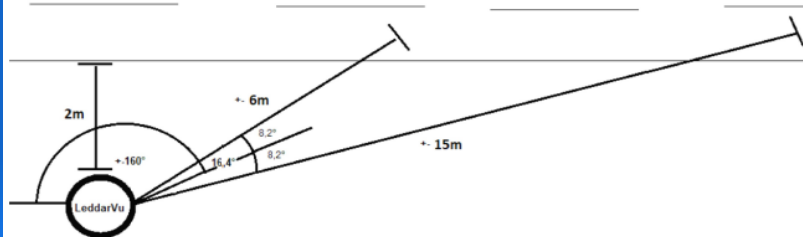
Modalność optyczna (laserowa, ToF)



2.1. Detekcja przeszkody za pomocą czujnika, wizualizacja poprzez Interfejs graficzny programu



Rvs.5.1.2. Miejsce pomiaru obok stadionu Energa Gdańsk



Rys.4.2.2. Ułożenie czujnika LeddarVu względem drogi

Porównanie prędkości wskazanych przez GPS, a wartości obliczonej

prędkość Gps	wyliczona
27	27,2
38	38,3
50	48,2
50	51,8
50	48,28
55	55,06
60	57,7
60	54,6
65	63,29
69	65,88
69	67,04
70	70,94
74	67,71
80	79,34
80	82,99
80	75,99
84	78,18
88	74,28
90	87,23
91	82,23
95	84,08
97	96,6
100	95,07

LICZENIE POJAZDÓW W OBRAZIE WIDEO

Analityka wideo stanowi ważną część inteligentnych systemów monitorowania ruchu

Wykonywane przy użyciu algorytmów wykrywania obiektów

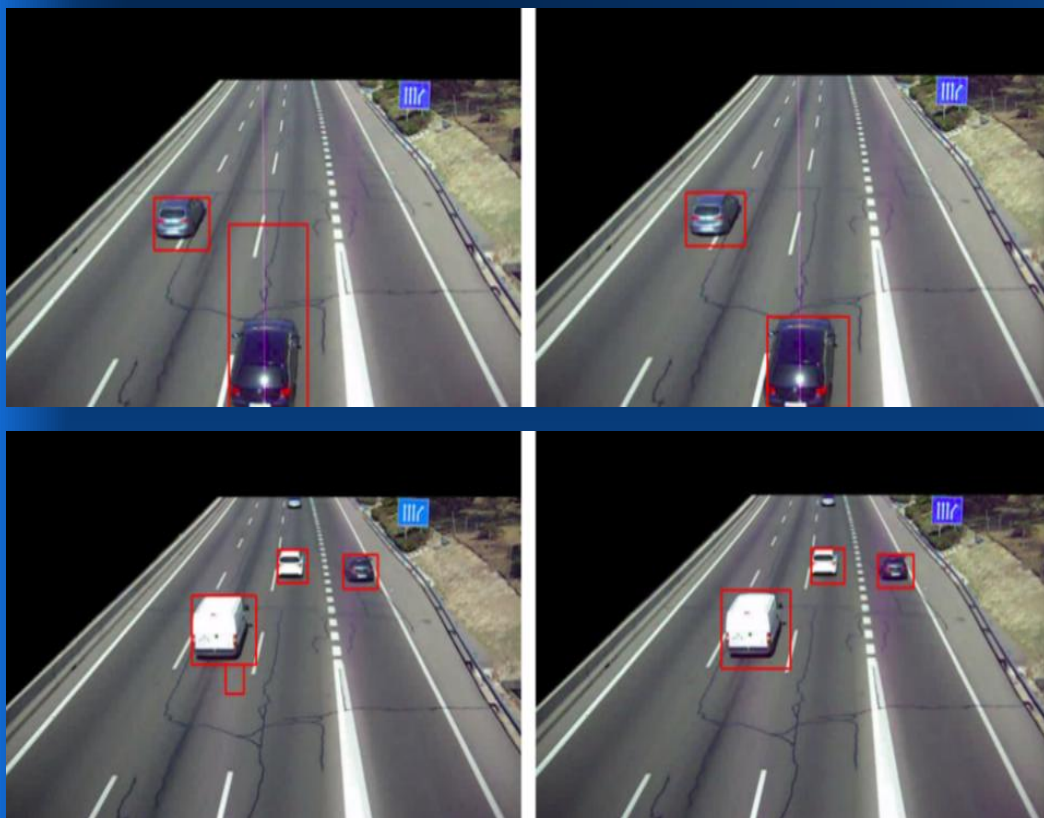
Uczące się systemy wykrywania obiektów (Deep Learning) wymagają ogromnej ilości danych z adnotacjami

Dostępne, wstępnie wyselekcjonowane modele nadal wymagają pewnego dostrojenia, aby dobrze działały z danymi obserwowanymi

Jak dostroić modele bez nadzoru?

Użycie klasycznych algorytmów odejmowania tła, do treningu DNN, przy wykorzystaniu wielkiej ilości danych

WIZJA Z INTELIGENTNEGO ZNAKU

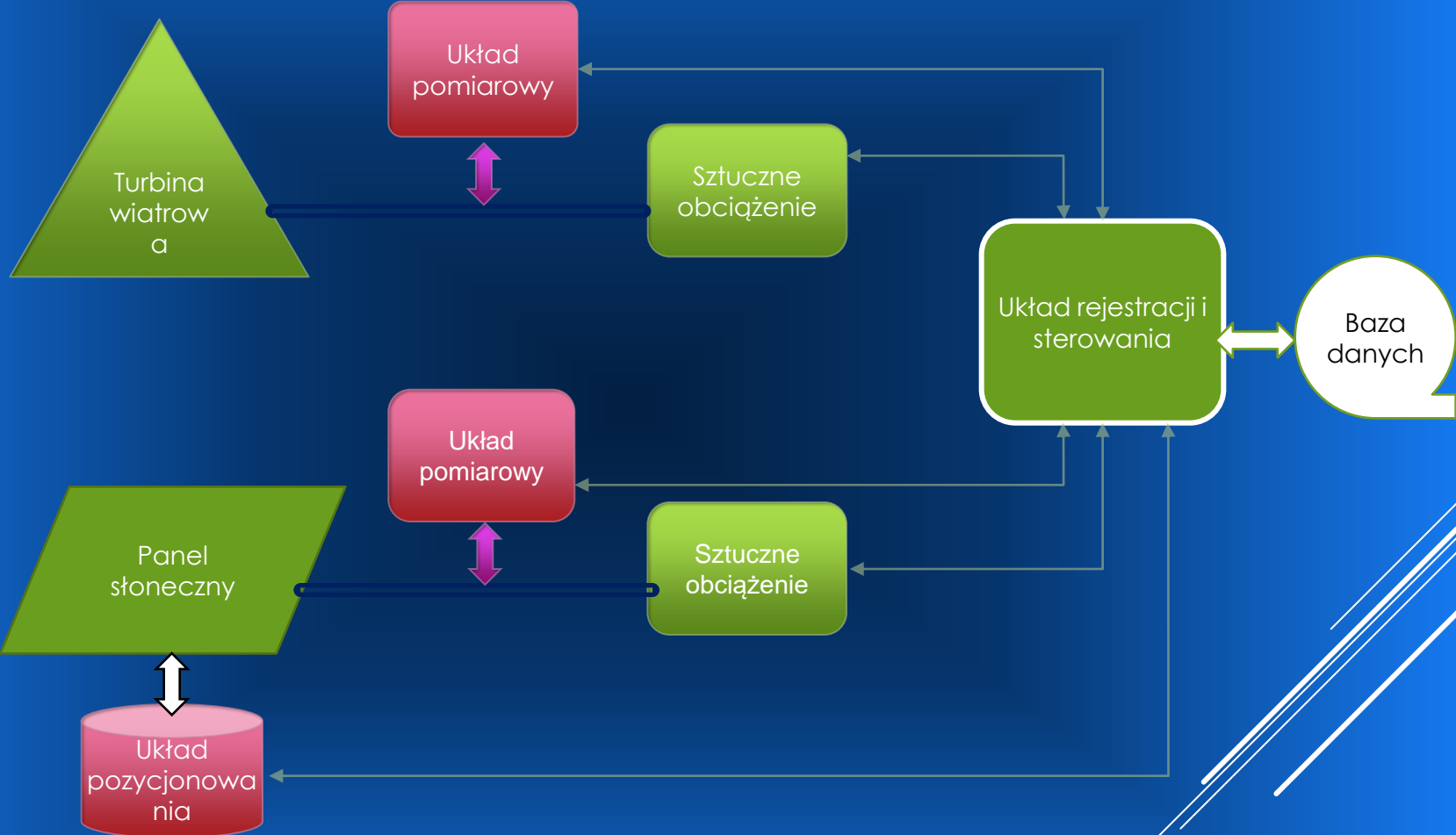


- Sieć neuronowa zapewnia bardziej stabilne i dokładniejsze wyniki niż deterministyczne algorytmy odejmowania tła

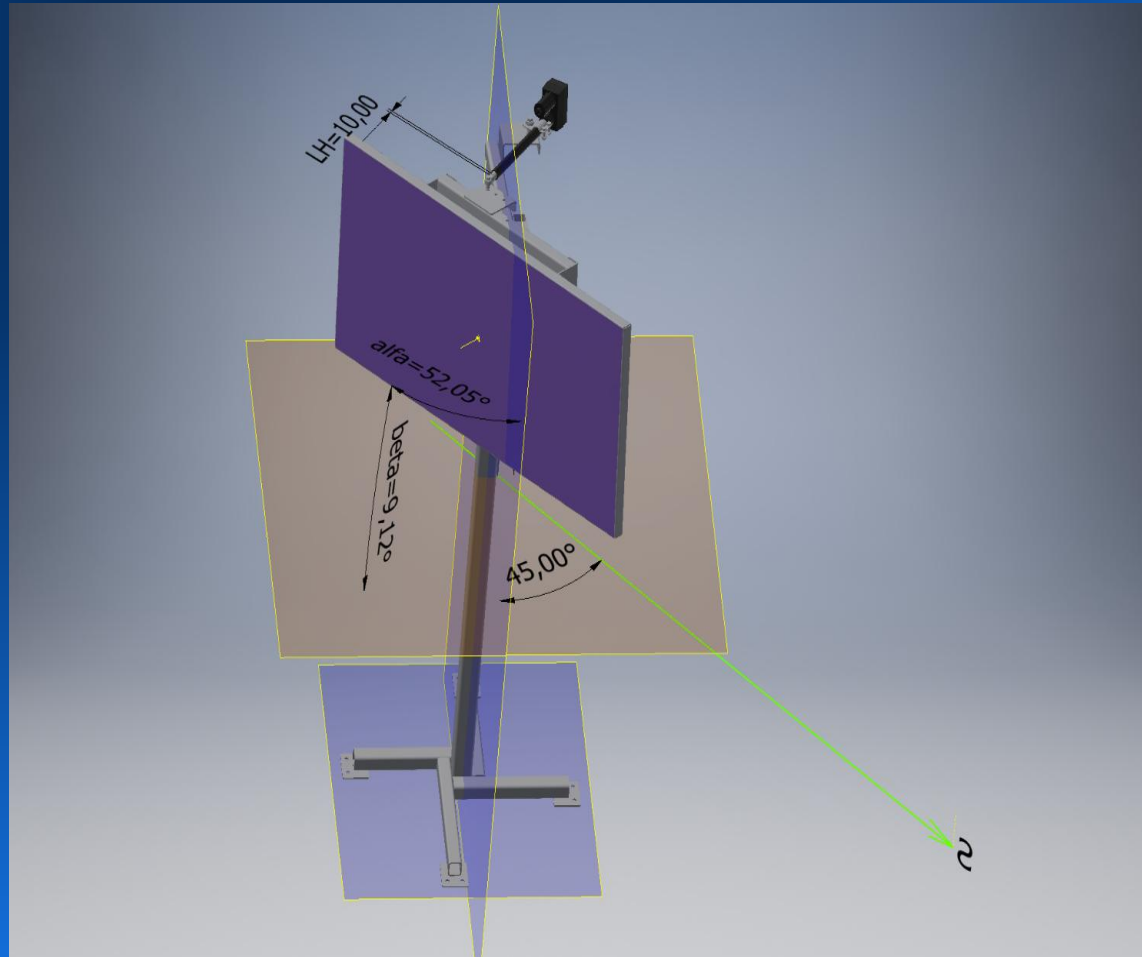
[aaa_Inznak.avi](#)

Odejmowanie tła (po lewej), sieć neuronowa (po prawej)

Układ testowania bilansu energetycznego zasilania autonomicznego

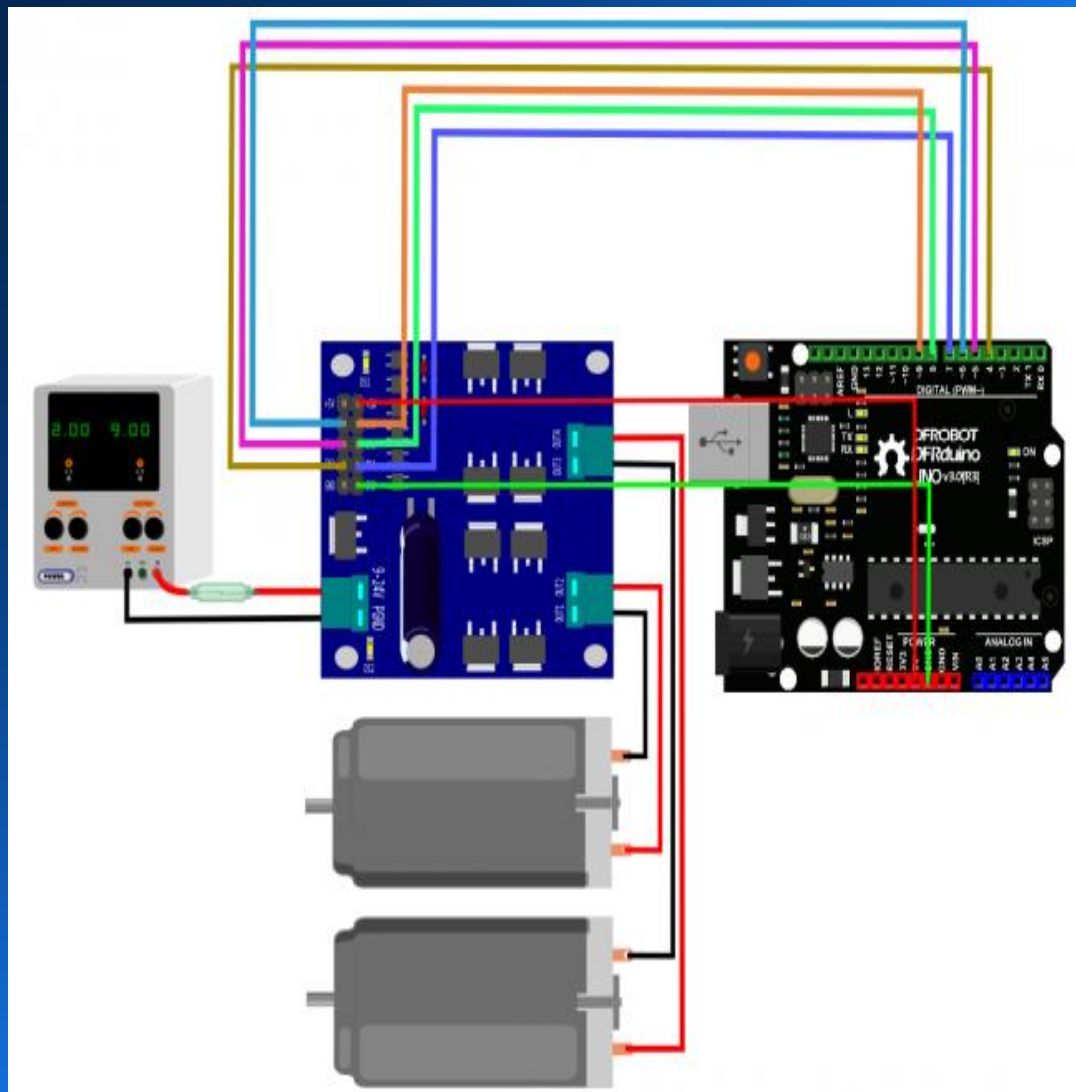


UKŁAD MECHANICZNY



UKŁAD POZYCJONOWANIA

Układ pozycjonowania zrealizowany jest przez dwa siłowniki elektryczne 12 V oraz dwukanałowy sterownik silników prądu stałego – DFROBOT (A Dual DC Motor Driver SKU: DRI0041). Dzięki temu sterownikowi można sterować siłownikami bezpośrednio przez porty GPIO komputera sterującego.



WIDOK INSTALACJI




WYLICZANIE POZYCJI SŁOŃCA

Do wyliczania pozycji wykorzystano algorytm opisany w artykule:

„Low-precision formulae for planetary positions”, van Flandern, T. C.; Pulkkinen, K. F., *Astrophysical Journal Supplement Series*, vol. 41, Nov. 1979, p. 391-411.

Algorytm jest zaimplementowany w wielu rozwiązaniach, m.in. w on-line kalkulatorach pozycji słońca. Dla nas referencyjna implementacja jest zrobiona przez Earth System Research Laboratory agencji NOAA

Algorytm wymaga operacji zmiennoprzecinkowych ale nie jest zbyt obciążający dla procesorów. Przykładowo - zaimplementowaliśmy go na procesorze 32 bit'owym o wydajności 32 MIPS bez koprocatora zmiennoprzecinkowego.



Location: Latitude: 54.343388 Longitude: 18.7542783 Time Zone: 1 DST?

Date: Day: 20 Month: Sep Year: 2018 Local Time: 13:15:00 PM Use Current Time

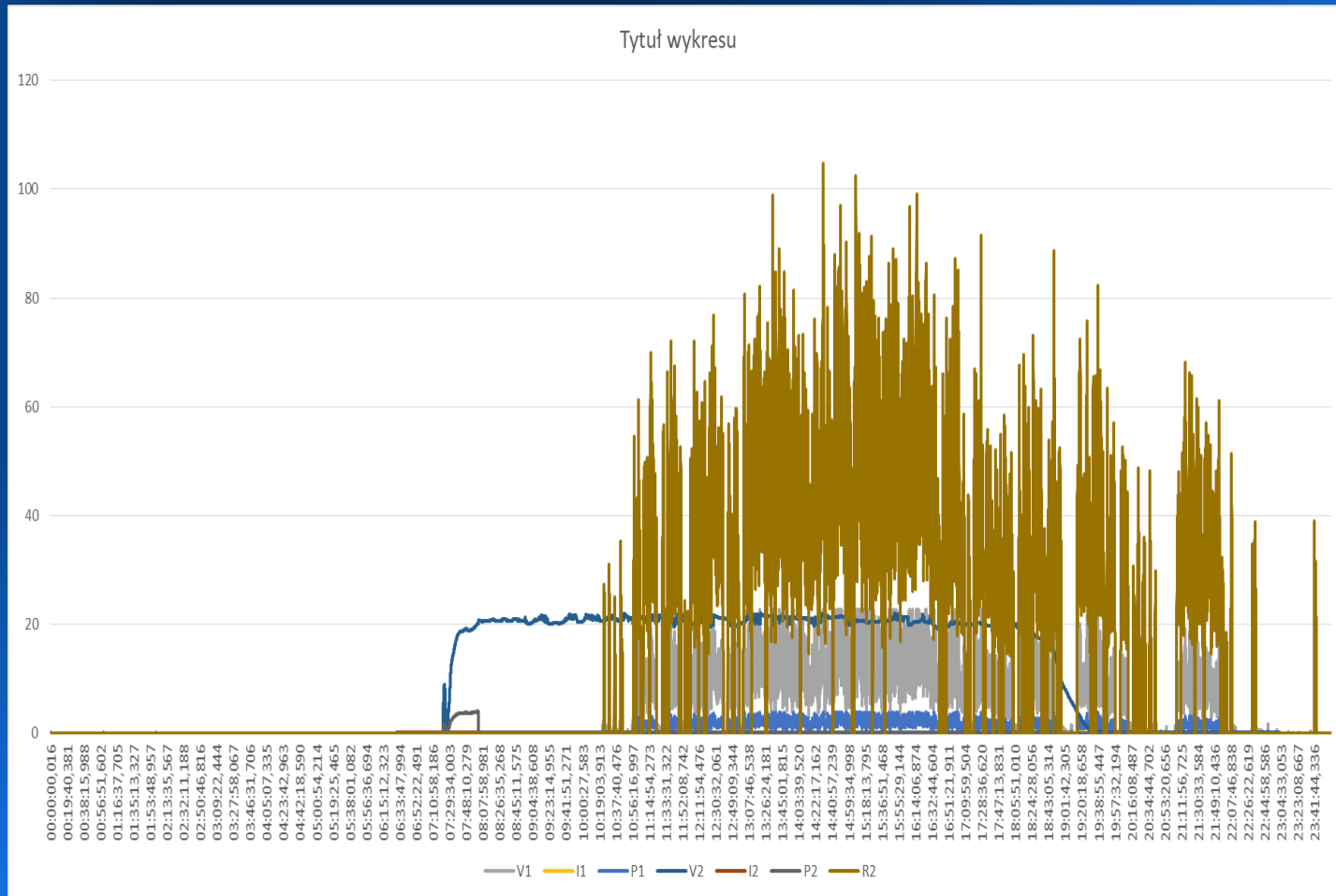
Save Location

Result

Equation of Time (minutes):	Solar Declination (°):	Apparent Sunrise (hh:mm):	Solar Noon (hh:mm:ss):	Apparent Sunset (hh:mm):	Az (°) at Local Time:
6.54	1	05:27	11:38:28	17:49	209.21

Show Sunrise Show Sunset Show Azimuth

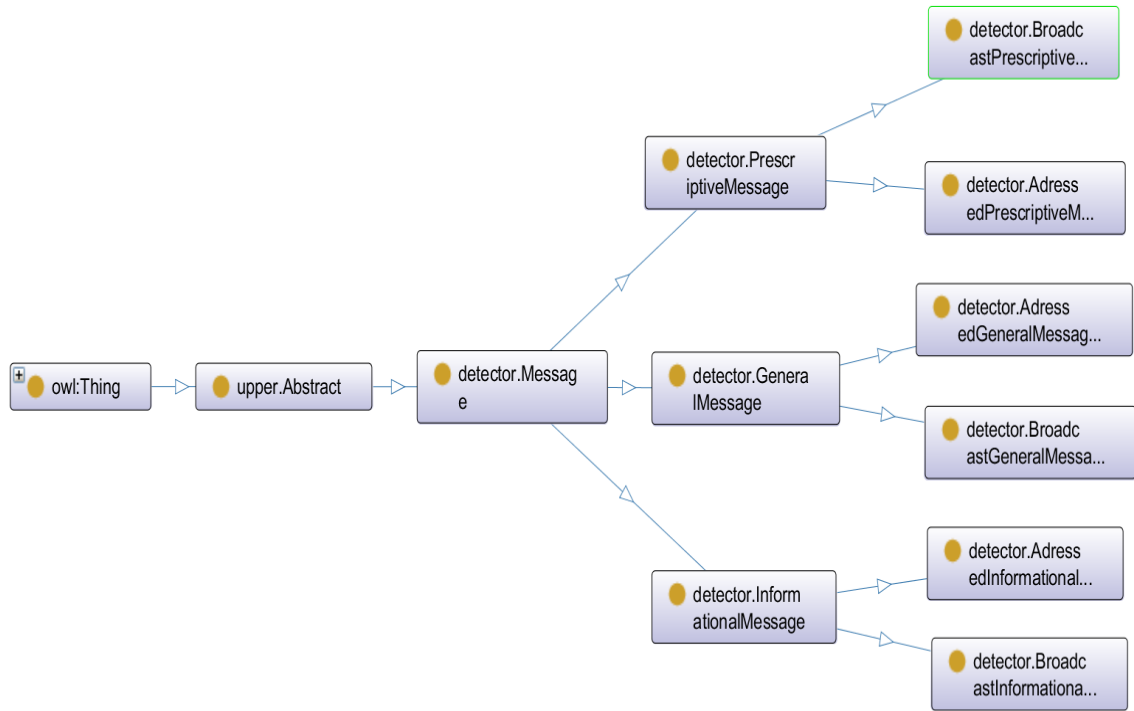
POMIARY ZASILANIA AUTONOMICZNEGO



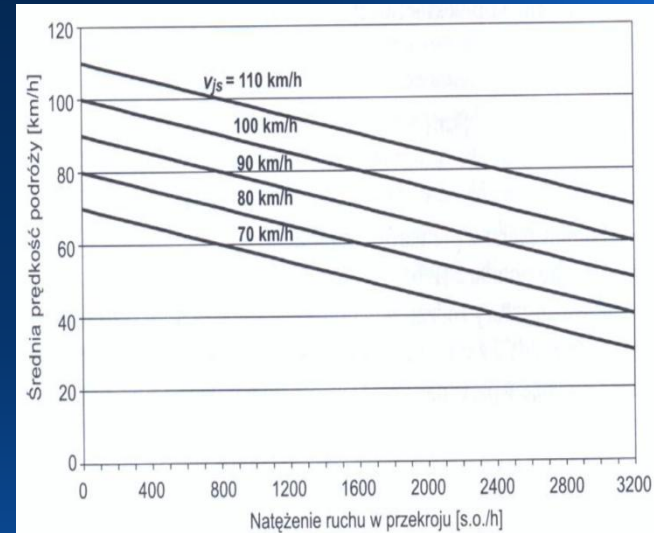
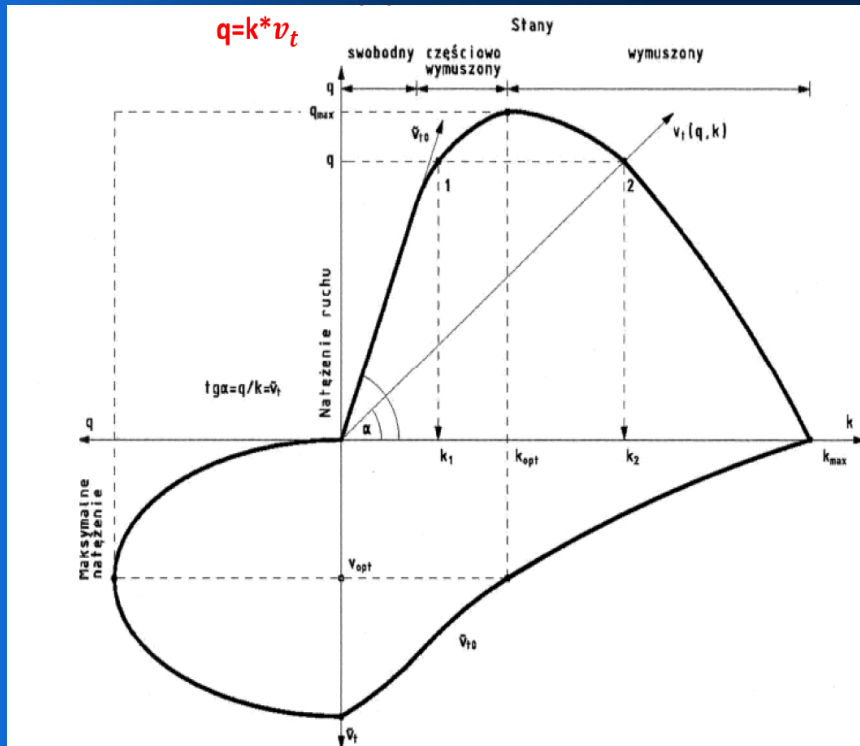
Model ontologiczny opisuje środowisko działania systemu INZNAK uwzględniając wszystkie obiekty, np. fizyczne elementy architektury systemu, obiekty logiczne i występujące relacje pomiędzy nimi.

Do tego typu ontologii zaliczono następujące grupy:

- ontologie o charakterze ogólnym, opisujące z reguły abstrakcyjne pojęcia, jak jednostki, cechy pojazdów
- ontologie opisujące cechy ruchu
- ontologie opisujące zdarzenia i wykrywane sytuacje
- ontologie opisujące elementy infrastruktury drogowej
- ontologie opisujące elementy systemu INZNAK



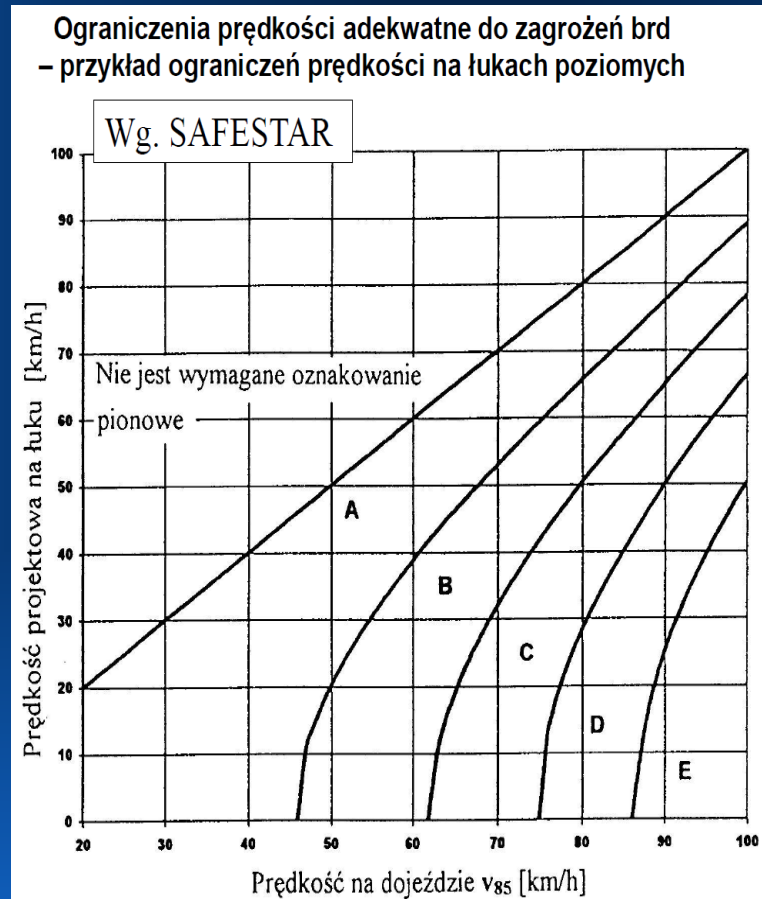
METODY STEROWANIA RUCHEM – ZAPEWNIENIE PŁYNNOŚCI RUCHU



Model zależności przepustowości od prędkości i gęstości pojazdów* - zastosowanie w miejscach zagęszczenia ruchu (zjazdy, wyjazdy – aglomeracje)

*Teoria i praktyka Inżynieria ruchu drogowego, S. Gaca, W. Suchorzewski, M. Tracz.

METODY STEROWANIA RUCHEM - PRĘDKOŚĆ NA ŁUKU



Klasy ryzyka wypadków na łuku wg metody SAFESTAR* -
dodatkowe uwzględnienie czynników pogodowych

*źródło: S. Gaca: ROZWIĄZANIA INŻYNIERSKIE ZWIĘKSZAJĄCE BEZPIECZEŃSTWO NA DROGACH .

METODY STEROWANIA RUCHEM – STOPNIOWANIE PRĘDKOŚCI

Prędkość dotychczasowa	Prędkość pośrednia	Prędkość, która ma być wprowadzona
130	100 i 70	40
130	100 i 80	50
130	100 i 80	60
130	100	70
130	100	80
130	110	90
110	80 i 60	40
110	80	50
110	80	60
110	90	70
100	70	40
100	70	50
100	80	60
90	60	40
90	70	50
80	60	40

Wartości prędkości [km/h] przy jej stopniowaniu – uwzględnienie czynników pogodowych i widoczności (np. miejsce wypadku - odległość)

*aktualne zalecenia

PODSUMOWANIE

Na obecnym etapie projektu trwają prace dotyczące następujących funkcji Inteligentnego Znak Drogowego:

- ▶ metody pomiaru prędkości pojazdów,
- ▶ zliczanie pojazdów, statystyki ruchu drogowego,
- ▶ zbieranie danych meteorologicznych,
- ▶ komunikacja pomiędzy Inteligentnymi Znakami
- ▶ Badanie bilansu energetycznego i wydajności zasilania autonomicznego,
 - ▶ Istotną cechą IZD do opracowania jest zapewnienie funkcjonalności komunikacji z pojazdami, które wyposażone będą w systemy V2X
 - ▶ Wyzwaniem wymagającym wsparcia organizacyjnego ze strony Zarządców Dróg są testy drogowe

DZIĘKUJĘ ZA UWAGĘ

- ▶ Projekt finansowany przez Narodowe Centrum Badań i Rozwoju (NCBR) z Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego w ramach Programu Operacyjnego Innowacyjna Gospodarka Nr POIR.04.01.04-00-0089/16

**POLSKI KONGRES DROGOWY
V WARMIŃSKO-MAZURSKIE FORUM DROGOWE**
24.09.2018 - 25.09.2018