

TALLINNA RINGTEE E265 ITS

Riigitee nr 11 Tallinna ringtee km 0-30
dünaamilise liiklusjuhtimise ja veoautode
parkla ITS uuring



Kaasrahastatav ELi Euroopa
ühendamise rahastust



MAANTEEMET

Riigitee nr 11 Tallinna ringtee km 0-30 dünaamilise liiklusjuhtimise ja veoautode parkla ITS uuring

Tellijaja:

Maanteeamet

Address: Teelise 4, 10916 Tallinn

Kontaktisik: Mari-Liis Sepp, email:mari-liis.sepp@mnt.ee

Teostaja:

Warren Concrete OÜ

Address: Järvekaldade tee 1, Harkujärve küla, Harku vald, 76912 Harju maakond

Kontaktisik: Andres Nurme, email: andres@warren.ee

Uuringu meeskond:

Kimmo Liivak – Warren Concrete OÜ

Andres Nurme – Warren Concrete OÜ

Koostamise aeg: Veebruar - Juuli 2020.a.

Sisukord

Sissejuhatus.....	6
1. Liikluse monitoorimise süsteem (TMS)	7
1.1. Radarsensorid	8
1.1.1. Pikisuunaline radarsensor Smartmicro UMRR-12 type 48 Forward+	8
1.1.2. Sõiduteed risti jälgiv radarsensor ImageSensing RTMS Echo	10
1.1.3. Sõiduteed risti jälgiv radarsensor Wavetronic SmartSensor HD	13
1.2. Induktsioon ja piesoelektrilised sensorid	14
1.2.1. Kistler KiTraffic Statistics System	14
1.2.2. Vialis ViaVDS.....	16
1.3. Video põhised masinnägemise lahendused	16
1.3.1. Citilog SmartCam-AID.....	17
1.4. LIDAR sensorid	19
1.4.1. Lidarsensor Sick TIC102.....	19
1.4.2. Lidarsensor Sick TIC501.....	20
1.5. Multisensorid.....	22
1.5.1 Adec Technologies TDC-3.....	22
1.6. Liidestamine Maanteeameti süsteemidega	26
1.7. Maksumus.....	26
1.8. Kokkuvõte	27
2. V2I/I2V terminalid ja nende sagedusalad.....	29
2.1. Tehnoloogiad	29
2.2. Terminalid ja tarkvara ning maksumused	31
2.3. E265 raames sobilik I2V/V2I tehnoloogia tänases ja tuleviku perspektiivis	34
2.3.1. Paigalduskohad E265 ITS projekti raames ja katvus	35
2.3.2. I2V/V2I tarkvara kiht	36
2.3.3. C-Roads organisatsioon.....	36
3. Liikluse ümbersuunamise süsteem (ABGS)	37

3.1.	Ümbersuunamise lahendused	38
3.2.	Ülestõstetavad süsteemid	42
3.3.	Sissesõitvad süsteemid	43
3.4.	Küljele avatavad süsteemid	44
3.5.	Täislahendused	45
3.6.	Süsteemide maksumused ja nende võrdlus	46
3.7.	ABGS kokkuvõte.....	47
4.	Parkla tõkkepuude süsteem ja parkimisandurid	48
4.1.	Võimalikud lahendused tõkkepuude juhtimiseks, et parklasse pääseksid veokid.....	48
4.2.	Parkimisandurid.....	52
4.2.1.	Intuvision video põhine parklalahendus	54
4.2.2.	Mobilisis IOT anduritega täislahendus	55
4.3.	Võrdlus ja optimaalseim lahendus	55
5.	Liikluse ümbersuunamise stsenaarium	59
6.	Maanteeameti liiklusjuhtimiskeskuse ja Tallinna linna foorijuhtimiskeskuse automatiseeritud informatsiooni ristkasutuse võimalused, et Tallinna ringteele sisenevaid ja väljuvaid liiklusvoogusid paremini juhtida.....	63
7.	ITS arhitektuur	66
7.1	E265 ITS süsteemide kirjeldus ja otstarve.....	66
7.2	E265 ITS üldvaade	67
7.3	E265 ITS andmevood	68
7.4	E265 ITS süsteemi kasutajanõuded.....	69
7.5	E265 ITS süsteemi funktsionaalsus vastavalt defineeritud kasutaja nõuetele	77
	Kokkuvõte	80
	Joonis 1.1 Smartmicro UMRR-12 radar.....	8
	Joonis 1.2 Smartmicro UMRR-12 tuvastusala ulatused erinevate liiklejate puhul ja lugemistsoonid.....	8
	Joonis 1.3 ImageSensing RTMS Echo radar.....	10

Joonis 1.4	ImageSensing RTMS Echo haldusliides	11
Joonis 1.5	RTMS Echo radari paigutus portaali korral ja tuvastusala	12
Joonis 1.6	Wavetronix SmartSensor HD radar	13
Joonis 1.7	Wavetronix SmartSensor HD asetus külj ja pealtvaates	13
Joonis 1.8	Kistler KiTraffic kontrolleri	14
Joonis 1.9	KiTraffic andurite asetus ühel sõidureal	15
Joonis 1.10	Vialis ViaVDS lahendus	16
Joonis 1.11	Citilog SmartCam-AID kuvatõmmis	17
Joonis 1.12	Sick TIC102 seadmetüübid ja kooslus	19
Joonis 1.13	Sick TIC102 asetus sõiduridade kohal	20
Joonis 1.14	Sick TIC501 seadmekomplekt	21
Joonis 1.15	Sick TIC501 asetus sõiduridade kohal	21
Joonis 1.16	Adec TDC-3 sensor	23
Joonis 1.17	Adec TDC-3 andurite asetus	23
Joonis 2.1	Cohda terminalid MK5 RSU ja MK6 RSU EVK	31
Joonis 2.2	Commsignia RS-4 terminal	32
Joonis 2.3	Siemens SiTraffic RSU	32
Joonis 2.4	Cohda esmane hinnang terminalide paiknemise kohta 99% katvuse korral	35
Joonis 3.1	Võimalikud ümbersuunamise asukohad Tallinna Ringteel	37
Joonis 3.2	Sõidusuuna sulgemine eraldusribaga teel. Suletud lõigu algus	38
Joonis 3.3	Skemaatiline liikluse rahustamine enne põiget	39
Joonis 3.4	Liiklusmärkide ja ohutuslampidega varustatud füüsiline tõkend	39
Joonis 3.5	Võimalik värava lahendus	40
Joonis 3.6	Ettevõtte Rusthoven Verkeerstechneik B.V. välja töötatud automaatsed lahendused	40
Joonis 3.7	Paigaldatavad väravad peavad võimaldama nii parema kui vasaku sõiduraja sulgemist ja avamist	41
Joonis 3.8	Paigaldatud tõkkepuud Mäo liiklussõlmes	42
Joonis 3.9	Maanteeameti nõue tõkkepuude paiknemise osas	42
Joonis 3.10	Juuliku liiklussõlmes kasutuses olev sissesõitev väravasüsteem	43
Joonis 3.11	Prantsuse ettevõtte Aximum sissesõitev väravasüsteem, mis on testitud vastavalt EN1317 nõuetele.	43
Joonis 3.12	Prantsuse ettevõtte Aximum küljele avatav väravasüsteem	44
Joonis 3.13	Hispaania ettevõtte Duero küljele avatav väravasüsteem	44
Joonis 3.14	Juhtpult süsteemi käivitamiseks	45
Joonis 3.15	SPIE VEVA3 väravate süsteem	45
Joonis 4.1	Lidarsensori kasutamine sõidukite tuvastamiseks ning parklasse lubamiseks	49
Joonis 4.2	Võimalik veoki- ja numbrituvastusega parklalahendus	49

Joonis 4.3 Kuvatõmmis CaMMRa tarkvarast	50
Joonis 4.4 Intuvision kuvatõmmis.....	52
Joonis 4.5 Erinevad IOT andurid, Wuhan Turbo, Parkdroid, Bosch ja Mobilisis	53
Joonis 4.6 IOT andurite paigaldusviisid: sama andur, pinnapealne ja täielikult süvistatud	54
Joonis 4.7 Intuvision kuvatõmmis.....	54
Joonis 4.8 Telia NB-IOT leviala. Allikas: telia.ee.....	55
Joonis 4.9 Telia mastid ja lähima saatja rakkude seadistus Veneküla piirkonnas. Allikas cellmapper.net.....	56
Joonis 4.10 IOT parkimisanduritel baseeruva ja tõkkepuu lahenduste toimimisskeem	58
Joonis 6.1 Tallinna piiril asuvad seirepunktid	64
Joonis 7.1 E265 ITS üldvaade	67
Tabel 1.1 Lahenduse poolt vaikumisi antavad hõivatuse tasemed	18
Tabel 1.2 TMS seadmete tehniliste omaduste võrdlustabel	24
Tabel 1.3 TMS seadmete eeliste ja puuduste võrdlustabel.....	27
Tabel 2.1 Terminalide ja tarkvara võrdlustabel	33
Tabel 3.1 Seadmete maksumused	46
Tabel 3.2 Seadmete hind süsteemis	46
Tabel 3.3 Süsteemide maksumused	46
Tabel 4.1 Tõkkepuude juhtimise süsteemide võrdlused ja maksumused	51
Tabel 4.2 Parkimislahenduste ja andurite võrdlus	56

Sissejuhatus

Tallinna ringtee E265 ITS on dünaamilise liiklusjuhtimise ja nutika veoautode parkla rajamise projekt. Projekti käigus paigaldatakse TEN-T võrgus olevale Tallinna ringtee kilomeetritele 0-30 targa tehnoloogia (ITS, Intelligent Transport Systems) lahendused liikluse juhtimiseks, seireks ja liiklejate teavitamiseks ning rajatakse nutikas (tark ja turvaline) veoautode parkimisala. Tallinna ringteele tulevad juba liiklejatele tuttavad infotablood, muutteabega kiirusmärgid ja hoiatusmärgid. Lisaks paigaldatakse liiklusloenduspunkte, õnnetuste tuvastamise süsteem, teeilmajaamasid, liikluskaameraid. Uudsete lahenduste hulgast tuleb kasutusele liikluse ümbersuunamise süsteem ja V2I/I2V (*vehicle to infrastructure/infrastructure to vehicle*) seadmed, mille kaudu toimub sõiduki ja taristu vaheline suhtlus. V2I/I2V sidesüsteemid parandavad juhi teadlikkust võimalikest ohtudest ja aitavad vähendada liiklusõnnetuse toimumise tõenäosust, mille tulemuseks on ohutum liikluskeskkond. Lisaks suurendab see tehnoloogia liikluse tõhusust, pakkudes hoiatusi eelseivate liiklusummikute kohta, võimaldades alternatiivseid marsruute ja tagades keskkonnasõbralikumat sõitu. Kuigi täna on sarnasteks abivahenditeks Waze'i, Google'i jt rakendused, siis selle tehnoloogiaga jääb inimlülil vahelt ära ning sõiduk hangib ise informatsiooni otsuste tegemiseks. Samuti rajatakse Tallinna ringteele Tallinn linna ja Veneküla piirile (km 1,5) nutikas 100-kohaline veoautode parkimisala.

Käesoleva uuringu eesmärgiks on koostada detailne ülevaade, et välja selgitada Tallinna ringtee kilomeetritele 0-30 dünaamilise liiklusjuhtimise ning veoautode parkla parkimissüsteemi tarbeks vajalike seadmete/lahenduste valik. Iga seadmetüübi osas pakutakse välja optimaalseim lahendus, mis oleks integreeritud Maanteeameti liiklusjuhtimiskeskusega.

Uuring on jaotatud ITS süsteemide lõikes 7 osaks:

1. Liikluse monitoorimise süsteem
2. V2I/I2V (auto-taristu/taristu-auto) kommunikatsiooniseadmed
3. Liikluse ümbersuunamise süsteem (ABGS)
4. Parkla tõkkepuude juhtimise süsteem ja parkimisandurid
5. Ümbersuunamis stsenaariumid
6. MNT liiklusjuhtimiskeskuse ja Tallinna foorijuhtimiskeskuse info vahetus
7. ITS lahenduste arhitektuur ja koostoime

1. Liikluse monitoorimise süsteem (TMS)

Eesmärk

Liikluse monitoorimise süsteem on andmehõive lahendus. See on riist- ja tarkvaraliste vahendite kooslus, mille eesmärk on läbi reaalajas kogutavate andmete ning tuvastatud sündmuste anda võimalikult tõetruu operatiivne ülevaade toimuvast jälgitavates punktides teedel või teelõikudel ning pakkuda kvaliteetseid baasandmeid hilisemate kalkulatsioonide, plaanide, prognooside, analüüside ja otsuste tegemiseks. Süsteemi väljundiks on järgmised andmed:

- Baasandmed – iga sõiduki kohta kogutavad baasväärtused, milleks ajatempel, kiirus, pikkus, suund, sõidurada ja klass. Osad andurid annavad ka sõiduki massi, laiuse, telgede arvu ja 3D kujutise. Baasandmete põhjal arvutatakse anduris või anduri kontrollerarvutis intervall andmed.
- Agregeeritud intervall ja sündmusandmed – sõidukite arv ja liigitus, sõidukite pikivahe, keskmine kiirus ja selle muutus, tee hõivatuse tase etteantud ajavahemikul ning intsidendid. Agregeeritud ja sündmusandmete põhjal antakse sisendit nii TMC-le kui ka otse sõidukitele läbi V2I/I2V sensorite sõiduteel toimunud muutustest (nt ilmastiku muutus, ummik, avarii jm). TMS väljastab infot ABGS-i ehk liikluse ümbersuunamissüsteemi rakendamiseks seal, kus täna ümbersõidud ei ole võimalikud ega mõistliku pikkusega.

Avaandmed. TMS süsteemi poolt ei koguta otseselt ega kaudselt isikustamist võimaldavaid andmeid, mistõttu peaks need andmed olema kättesaadavad ka läbi Eesti Avaandmete portaali, mis võimaldaks kolmandatel osapooltel neid kasutada.

Erinevad tehnoloogiad

TMS lahenduste valik on suhteliselt lai ning kasutuse on erinevad tehnoloogiad, kuidas andmeid saadakse. Tehnoloogiliselt võib jagada lahendused kahte suuremasse gruppi: ühed, mis mõõdavad andmeid ühes punktis ja teised, mis teevad seda lõigul. Loenduseandmeid see ei mõjuta, kuid sündmuste puhul on neil tehnoloogiatel, mis teevad seda lõigu, selge eelis.

Tehnoloogia näideteks valitud tootja, kes andsid kõige rohkem ja detailsemat tehnilist infot oma lahenduste kohta.

1.1. Radarsensorid

Mikrolaine diapsoonis töötavad aktiivseadmed, mis mõõdavad enda poolt ümbrusse kiiratud raadiolainete peegelduste põhjal objektide kiiruse, kauguse, suuna ja kuju. Asetuse osas jagunevad kaheks: ühed, mis mõõdavad teega pikisuunas ning teised, mis mõõdavad risti teega.

Töötavad 24 GHz või 77 Ghz sagedustel.

Tootjad: SmartMicro, Icoms, Geolux, ImageSensing, Wavetronix

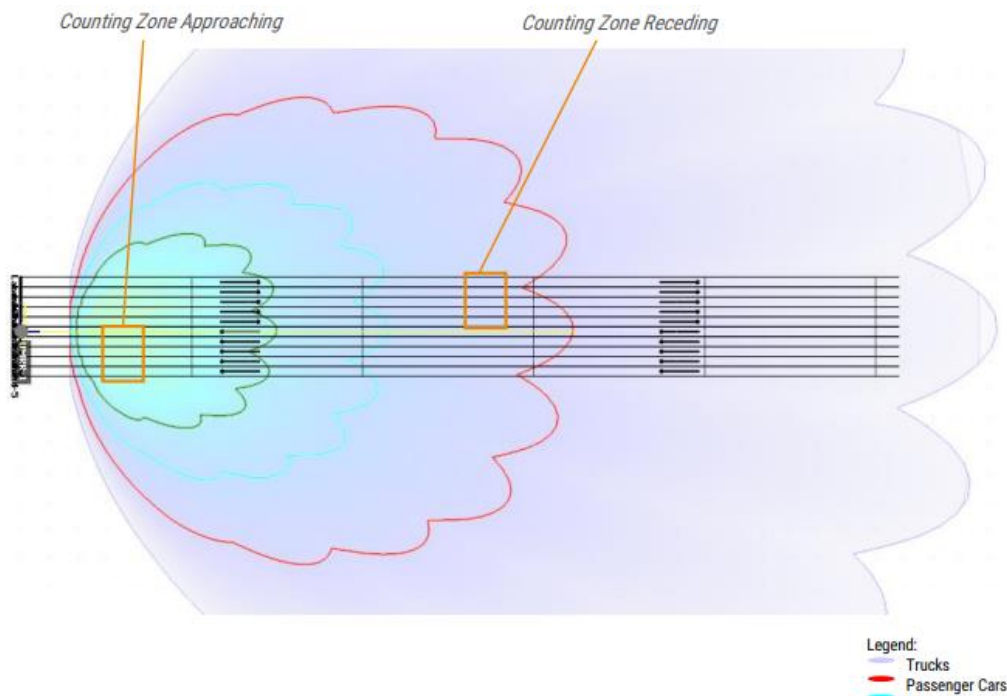
1.1.1. Pikisuunaline radarsensor Smartmicro UMRR-12 type 48 Forward+

Kuni 10 sõidurada ning korraga 256 liiklejat jälgida suutev 24 GHz töötav Doppler radar, mille maksimaalne tehniline tuvastusaugus:

- veokid 300 m
- sõiduautode 200 m
- mootorrattad 130 m
- jalakäijad 90 m



Joonis 1.1 Smartmicro UMRR-12 radar



Joonis 1.2 Smartmicro UMRR-12 tuvastusala ulatused erinevate liiklejate puhul ja lugemistsoonid.

Antud radari mudelit on saadaval kolmes erinevas seadistuses:

- Forward+ - liikluse monitoorimine ja loendus
- Stop+Advance – ristmike, tagasi- ja vasakpöörde jne puhul kasutatav seadistus, mis tuvastab stoppjoone taga, pöörete ootel ja ootele saabuvaid sõidukeid
- Enforcement /RL – sertifitseeritud mõõtetäpsusega kiiruse ületamiste ja punase fooritule eiramiste tuvastus

Tüüpilised seaded ja paigaldus loenduse ning intsidentuvastuse režiimis

Optimaalsed väärtused, sulgudes võimalikud vahemikud:

- Paigalduskõrgus: 6 m (1 – 10 m)
- Sensori asetus tee telgjoone suhtes: 10°(-25° - +25° kraadi)
- Lähenevate sõiduradade lugemiskaugus: 30 m (20-90 m)
- Kaugenevate sõiduradade lugemiskaugus: 120 m (70 – 130 m)
- Liiklejate lugemistäpsus: >95%
- Liiklejate klassifitseerimistäpsus: >80%
- Klassifikatsioon: jalakäija, jalgratas, mootorratas, sõiduauto, kaubik, veok/buss, pikk veok.
- Skaneerimistsükli aeg: 75 ms ehk 13 korda sekundis

Agregeeritud andmed: sõidukite hulk, hõivatus, keskmine kiirus, 85 protsentiil kiirus, pikivahe, vastassuunas liikuja.

Toimimine pimedal ajal ja ilmastikuolude mõju

Radarsensor on immuunne valgustingimuste muutusele ja ilmastikuoludest põhjustatud mõjudele.

Paigaldusviis ja asetus

Radarsensor paigaldatakse kas posti, konsooli, portaali vms konstruktsiooni külge 1-10m kõrgusele. Soovituslikult 6m või kõrgemale sõidukite üksteise varjamisest tingitud lugemisandmete ebatäpsuse minimeerimiseks. Paigaldusasukoha puhul ei tohi radari kiirte keskelje ja tee telgjoone vaheline nurk ületada 25°.

Kommunikatsiooniliidesed ja -protokollid

Ethernet 10/ 100Mbps (arendamisel), CAN v.2.0 passive, RS485 full duplex, Smartmicro Transport Protocol.

Liidestamine muude süsteemidega

Tootja poolt on olemas tarkvara seadistamiseks ja haldamiseks, mis võimaldab hallata ühe installatsiooniga soovitatavalt kuni 20 seadet. Loendus- ja sündmusandmete kogumiseks ning töötamiseks on vajalik arendada tarkvaraline vahend, mis on paigaldatud radari läheduses asuvasse tööstuslikku

kontrollerarvutisse. See tagaks paindlikkuse ning võimaluse süsteeme lokaalselt ühendada juhuks, kui see peaks vajalikuks osutama.

Regulaarse hoolduse vajadus

Seade on hooldusvaba.

Vastavus

EN 300 440 (EVS-EN 300 440 Lähitoimeseadmed (SRD); Raadiosagedusallas 1 GHz kuni 40 GHz kasutatavad raadioseadmed; Harmoneeritud standard direktiivi 2014/53/EL artikli 3.2 oluliste nõuete alusel).

Maksumused

UMMR 12 Type 48 Forward+ seadme maksumus koos 5 aastatase tootetoega: ca 6000€

1.1.2. Sõiduteed risti jälgiv radarsensor ImageSensing RTMS Echo

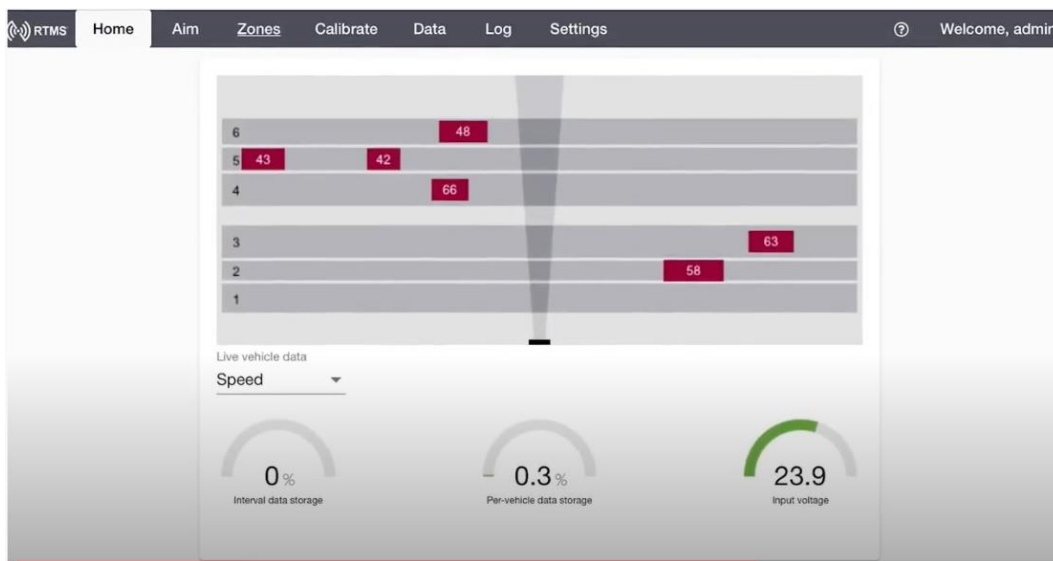
Kuni 12 sõidurida kattev sõiduteed risti jälgiv ning 24 GHz töötav Doppler radar, mille maksimaalne tehniline tuvastuskaugus on kuni 76 m. RTMS Echo on varustatud GPS vastuvõtjaga, mis sünkroniseerib aega ja annab radari täpse asukoha.

Agregeeritud andmed Echo API vahendusel

- Sõiduki pikkuse põhine klassifitseerimine, 8 klassi
- Sõiduki kiirus
- Sõidukite arv
- Keskmine kiirus
- 85 protsentiil kiirus
- Pikivahe
- Iga sõiduki põhised andmed: aja tempel, kiirus, pikkus, suund, klass



Joonis 1.3 ImageSensing RTMS Echo radar



Joonis 1.4 ImageSensing RTMS Echo haldusliides

Lisatarkvara

ImageSensing pakub radaritele lisaks ka kesket IntelliTraffiQ serveritarkvara, mis võimaldab järgmist:

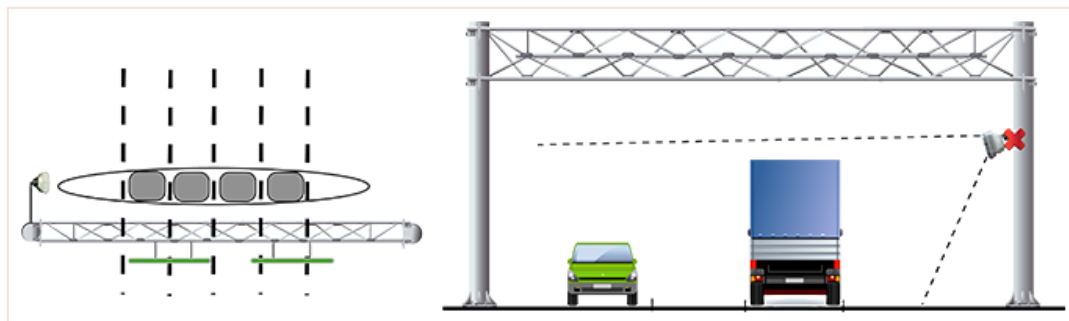
- Interaktiivne kaardirakendus koos reaalajas anduriinfoga
- Andurite haldusmoodul
- Kiiruskaart
- Andmebaasimoodul
- Vastassuunas liikleja tuvastus
- Reisiaja info
- Tarkvara kasutajate haldus
- Analüüsi ja raportite moodul

Toimimine pimedal ajal ja ilmastikuolude mõju

Radarsensor on immuunne valgustingimuste muutusele ja ilmastikuoludest põhjustatud mõjudele.

Paigaldusviis ja asetus

Radarsensor paigaldatakse kas posti või konsooli külge 5-10 m kõrgusele. Kõrgus sõltub vahemaast radari ja kaugeima jälgitava sõidurea vahel. Võimalike häirete tõttu ei saa RTMS Echo radarit paigaldada otse portaalile. RTMS Echo radar peab asetsema portaalist vähemalt 2,5 m kaugusele paigaldatud postil või portaalile kinnitatud horisontaalselt küljele suunatud poomil (vt Joonis 1.5).



Joonis 1.5 RTMS Echo radari paigutus portaali korral ja tuvastusala

Kommunikatsiooniliidesed ja -protokollid

Ethernet 10/ 100Mbps, WiFi.

Liidestamine muude süsteemidega

RTMS Echo-I on integreeritud veebipõhine haldusvahend. Info vahetamiseks on Echo API masinliides. Võimaliku lisatootena pakub tootja ImageSensing RMTS Echo ja teistele sama tootja radari mudelite haldamiseks kesksel haldus- ja andmehõive lahendust ImageSensing IntelliTraffiQ.

Regulaarse hoolduse vajadus

seade on hooldusvaba.

Vastavus

EN 300 440 (EVS-EN 300 440 Lähitoimeseadmed (SRD)); Raadiosagedusalas 1 GHz kuni 40 GHz kasutatavad raadioseadmed; Harmoneeritud standard direktiivi 2014/53/EL artikli 3.2 oluliste nõuete alusel).

Maksumused

ImageSensing RTMS Echo seadme maksumus on:	6000€+km
IntelliTraffiQ Core serveri tarkavara litsents 25 sensorile:	36 000€+km
IntelliTraffiQ Wrong Way Module litsents 25 sensorile:	14 400€+km

1.1.3. Sõiduteed risti jälgiv radarsensor Wavetronic SmartSensor HD

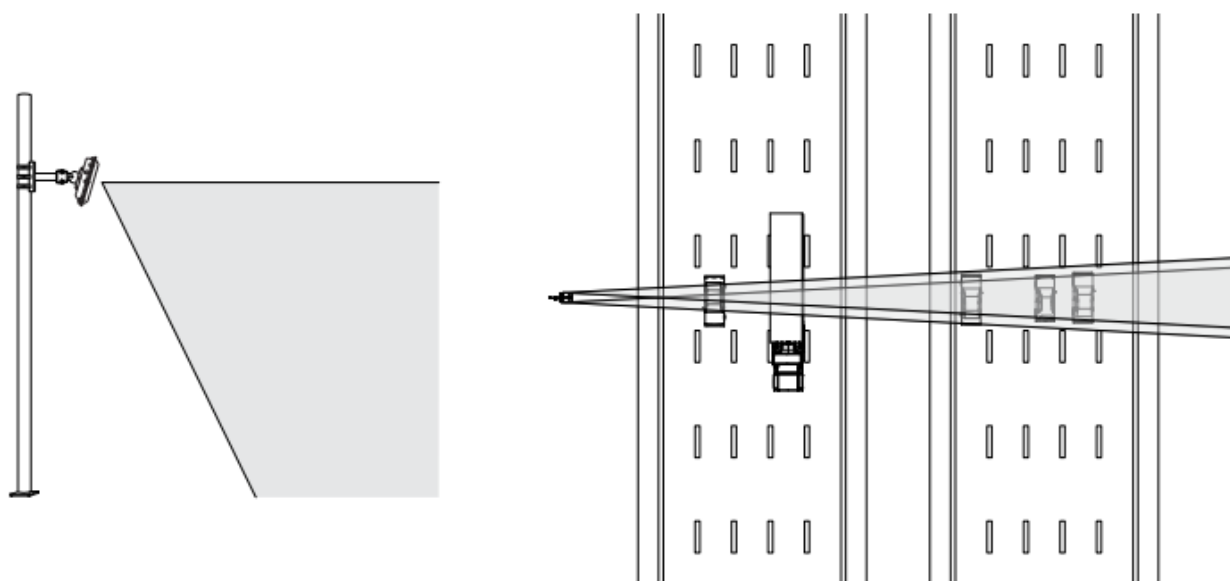
Kuni 22 sõidurida kattev sõiduteed risti jälgiv ning 24 GHz töötav Doppler radar, mille maksimaalne tehniline tuvastuskaugus on kuni 76 m.

Agregeeritud andmed Wavetronic protokolliga vahendusel

- Sõiduki pikkuse põhine klassifitseerimine, 8 klassi
- Sõiduki kiirus
- Sõidukite arv
- Keskmine kiirus
- 85 protsentiil kiirus
- Pikivahe
- Iga sõiduki põhised andmed: aja tempel, kiirus, pikkus, suund



Joonis 1.6 Wavetronic SmartSensor HD radar



Joonis 1.7 Wavetronic SmartSensor HD asetus külj ja pealtvaates

Toimimine pimedal ajal ja ilmastikuolude mõju

Radarsensor on immuunne valgustingimuste muutusele ja ilmastikuoludest põhjustatud mõjudele.

Paigaldusviis ja asetus

Radarsensor paigaldatakse kas posti või konsooli külge 5-12 m kõrgusele. Kõrgus sõltub vahemaast radari ja lähima jälgitava sõidurea vahel. Võimalike häirete tõttu ei saa antud radarit paigaldada portaalile. Radar peab asetsema portaalist ideaalis vähemalt 9 m kaugusele paigaldatud postil või portaalile kinnitatud horisontaalselt küljele suunatud talal/poomil.

Kommunikatsiooniliidesed ja -protokollid

RS232, RS485.

Liidestamine muude süsteemidega

Wavetronix SmartSensor HD puhul on vajalik kohapealne kontrollerarvuti või RS232/485 – Ethernet konverter, mille kaudu toimub suhtlus. Loendus- ja sündmusandmete kogumiseks ning töötamiseks on vajalik arendada tarkvaraline vahend.

Regulaarse hoolduse vajadus

Seade on hooldusvaba.

Vastavus

EN 300 440 (EVS-EN 300 440 Lähitoimeseadmed (SRD); Raadiosagedusala 1 GHz kuni 40 GHz kasutatavad raadioseadmed; Harmoneeritud standard direktiivi 2014/53/EL artikli 3.2 oluliste nõuete alusel).

Maksumused

Wavetronix SmartSensor HD seadme maksumus on 6500€+km

1.2. Induktsioon ja piesoelektrilised sensorid

Üldjuhul teekatenditesse paigaldatavad sensorid. Induktsiooni sensorite puhul mõõdetakse mööduva sõiduki metallosade poolt põhjustatud elektrilisi muutusi induktsioonisilmuses ja vastavalt muutuste signatuurile ning kestusele määratakse sõidukiklass ning kalkuleeritakse kiirus ja muud andmed. Piesoelektriliste andurite korral põhjustab muudatuse elektrilises signaalis aga sõiduki mass andurit kokku surudes. Seetõttu saab piesoelektriliste sensoritega mõõta lisaks muudele andmetele ka liikuva sõiduki massi. Tootjad: Kistler, CaTraffic, Q-Free, ViaVDS

1.2.1. Kistler KiTraffic Statistics System

Kombineeritud induktsioon silmus ja piesoelektriline andur võimaldab lisaks tavapärasele loendusandmetele mõõta ka sõiduki massi. Mõõdetavad andmed: sõiduki kiirus, sõiduki pikkus, pikivahe, vastassuunas liikuja.



Joonis 1.8 Kistler KiTraffic kontrolleri

Sõidukite klassifikatsioon: Euro-13, 13 klassi + 1 tuvastamata.

Sõiduki massi tuvastamine: kogukaal, vasak/parem poole massi erinevused, teljekoormused, telgede arv, teljevahe.

Toimimine pimedal ajal ja ilmastikuolude mõju

Induktsioon ja piesosensordid on immuunsed mistahes valgustingimuste ja ilmastikuoludest tingitud mõjutustele.

Paigaldusviis ja asetus

Andurid paigaldatakse teekatendisse. Vaata Joonis 1.9 tootjapoolset skeemi andurite asetuse kohta ühel sõidureal.

Kommunikatsiooniliidesed ja -protokollid

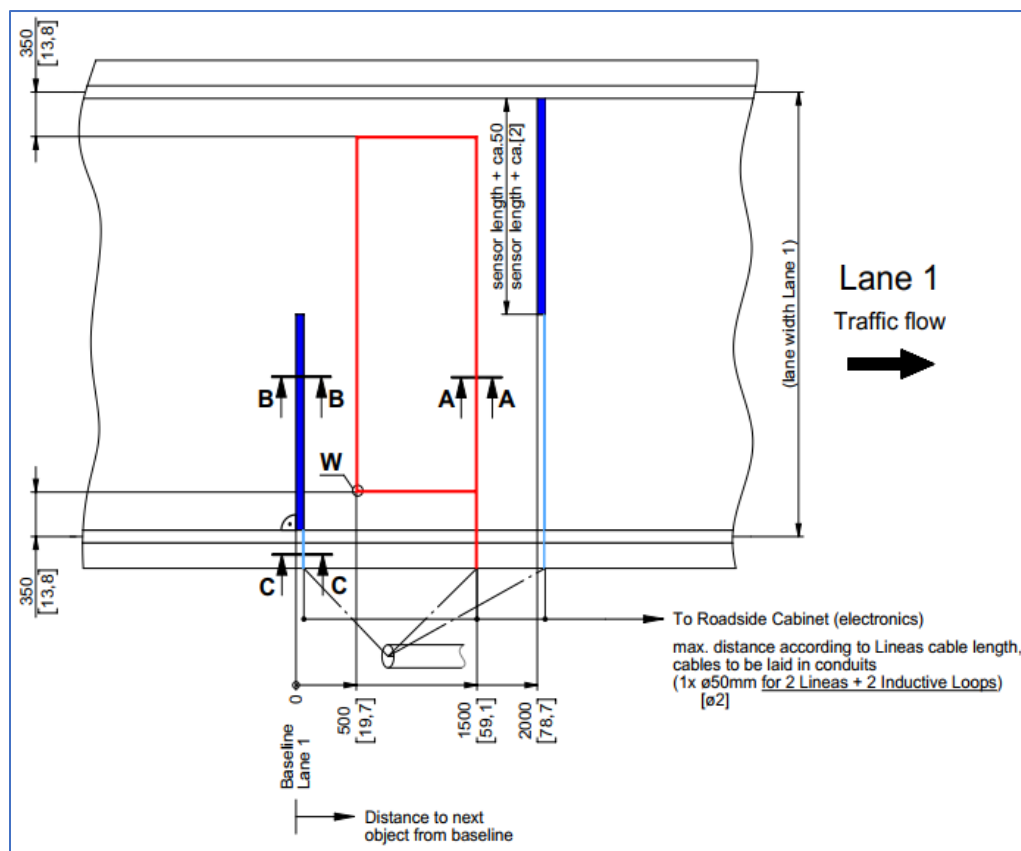
Ethernet 10/ 100Mbps, RS485 full duplex.

Liidestamine muude süsteemidega

Tootja poolt on arendatud RESTful API liides. Olemas DIO väljundid lokaalsete seadmete juhtimiseks. Haldusliides veebipõhine.

Regulaarse hoolduse vajadus

lahendus vajab iga aastast kontrolli ja hooldust.



Joonis 1.9 KiTraffic andurite asetus ühel sõidureal

Maksumused: Seadmekomplekti maksumus 2+2 loenduspunkti korral on ca 55 000€

1.2.2. Vialis ViaVDS

Induktsioonanduritel baseeruv loendus ja intsidentituvastamise lahendus, mis on mõeldud teelõikude täies ulatuses intsidentide tuvastamise võimekusega katmiseks.

Sõidukite klassifikatsioon: 6 klassi

Lisatud valikusse, kui Jüri ja Kurna liiklussõlmede vahelise lõigule tulevate liikluse ümbersuunamise süsteemide täisautomaatse variandi

sensorsüsteem, mis võimaldab täies ulatuses intsidentide tuvastamist ja sõidukite loendust.

Toimimine pimedal ajal ja ilmastikuolude mõju

Induktsioonsensorid immuunsed mistahes valgustingimuste ja ilmastikuoludest tingitud mõjutustele.

Paigaldusviis ja asetus

Andurid paigaldatakse teekatendisse.

Kommunikatsiooniliidesed ja -protokollid

Ethernet 10/ 100Mbps, TCP/IP.

Liidestamine muude süsteemidega

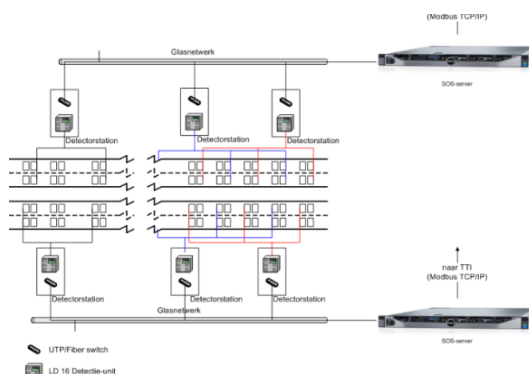
Tootja poolt tulevad süsteemiga kaasa juhtserverid, üle mille toimub liidestamine teiste süsteemidega.

Regulaarse hoolduse vajadus

Lahendus vajab iga aastast kontrolli ja hooldust

Maksumused

Seadmekomplekti maksumus Jüri-Kurna liiklussõlmede vahelise teelõigu täielikuks katmiseks (ca 3,5km) on ca 550 000€



Joonis 1.10 Vialis ViaVDS lahendus

1.3. Video põhised masinnägemise lahendused

Videovalvekaamerates või liiklusjuhtimiskeskuse serverites töötavad tarkvaralised analüütikavahendid, mis töötlevad ja analüüsivad videovalvekaamerate videovooge.

Servandmetöötusega ehk videovalvekaamerates töötav lahenduste tootjad: Citilog/Axis, Aitek/Axis ja Sprinx Technologies/Hanwha Techwin.

Keskse andmetöötusega lahenduste tootjad: Telegra, DataFromSky, IntuVision, GoodVision, IntelliVision, TrafficVision jne. See nimistu on väike valik tuntumatest, sest firmade ja startup-de arv, kes pakuvad serveri põhiseid liikluse automaatanalüüsi ja loenduse lahendusi, on kasvanud peale TensorFlow ning Yolo masinõppe ja masinnägemis teekide turule tulemist plahvatuslikult. Keskse andmetöötusega lahendustel puudub vajalik nõutud autonoomne toimimine juhtudel, kui katkeb ühendus liiklusjuhtimiskeskusega ja neid lahendusi lähemalt ei käsitleta.

1.3.1. Citilog SmartCam-AID

Citilog tarkvaralised videovalvekaamerates töötavad masinnägemise lahendused liiklusloenduseks ja sündmuste tuvastamiseks. Riistvara platvormina kasutatakse AXIS videovalvekaameraid, mis lisaks tavapärastele videovalve funktsionaalsustele, pakuvad ka integratsioonikeskkonda kolmandatele osapooltele mistahes funktsionaalsuses analüütika ja masinnägemise rakenduste loomiseks. Kasutada saab kõiki Axise kaamera mudeleid, millel on kas Artppec-5 või uuem protsessor. Kaameratüüpidest saab kasutada nii fikseeritud, pöörd- kui ka termokaameraid.

Iga sõiduki kohta määratakse: sõiduki klass (vaikimisi 3 klassi: kuni 6 m, 6-12 m ja üle 12 m pikkused sõidukid), sõiduki kiirus, pikivahe.

Arvutatavad andmed: sõidukite arv sõidurea kohta, keskmine kiirus iga sõidurea kohta, pikivahe millisekundites iga sõidurea kohta, radade täituvus protsentuaalselt.



Joonis 1.11 Citilog SmartCam-AID kuvatõmmis

Sündmuste tuvastus

SmartCam-Aid tarkvara võimaldab automaatselt tuvastada järgmisi sündmusi:

- Peatunud sõiduk sujuva liikluse korral
- Peatunud sõiduk tiheda liikluse korral
- Liikluse aeglustumine, ummik
- Vale sõidusuund
- Aeglane sõiduk
- Jalakäija

Kasutades tunnelites on võimalik tuvastada lisaks eelpool loetletule

- Prügi/esemeid sõiduridadel

- Nähtavuse halvenemine, mis on eelkõige põhjustatud suitsust, tolmust või tulekahjust

Tabel 1.1 Lahenduse poolt vaakimisi antavad hõivatuse tasemed

Tase	Kriteerium sõidurea hõivatus + keskmine kiirus
0	< 50%
1	>= 50%
2	>= 50% + keskmine kiirus <= (piirkiirus+10km/h)/2
3	>= 50% + keskmine kiirus <= 20km/h
4	>= 50% + keskmine kiirus <= 10km/h

Töötamine pimedal ajal ja ilmastikuolude mõju

Olenemata teevalgustuse olemasolust või valgustingimustest ööpäeva lõikes, toimib lahendus tõrgeteta, kui kasutatakse kõrge valgustundlikkusega kaameraid. Siiski mõjutavad ilmastikuolud kaamerate nägemisulatust ning seeläbi tarkvara toimimist. Soovituslik on kasutada kaameraid, millel on kõrge valgustundlikkus, udufiltrid ja pildistabilisaator. Citilog tarkvaral on kasutusel CT-ADL Citilog Applied Deep Learning süvaõppe algoritm rasketest ilmastiku ja/või valgusoludest tingitud volehäirete tõkestamiseks.

Paigaldus ja asetused

Kaamera tuleb paigaldada sõiduradade kohale. Täpsete loendustulemuste saavutamiseks on vajalik kaamera paigaldada ühe sõidusuuna telgjoonele.

Kommunikatsiooniliidesed ja -protokollid

TCPIP, Ethernet 10/100Mbps. RSTP videovoog ja XML andmevoog.

Liidestamine muude süsteemidega

Kaamera ja loendustarkvara haldusliidesed on veebipõhised. Axis kaameratel olevate IO väljundite, RS422/485 või IP liideste kaudu saab sündmuste aset leidmisel saata teistele süsteemidele käsklusi ettenähtud tegevuste teostamiseks, sätete rakendamiseks, aktiveerumiseks jne.

Regulaarse hoolduse vajadus

Videovalvekaamera objektiiv tuleb puhastada selle määrdumisel

Maksumused

Citilog kaamerate ja tarkvara litsentside maksumus 2+2 korral (2 kaamerat) on 6000€

1.4. LIDAR sensorid

Lidar mõõdab laserikiire impulsside tagasipeegeldusi objektidelt saades punkt pilve näol kujutise objektidest.

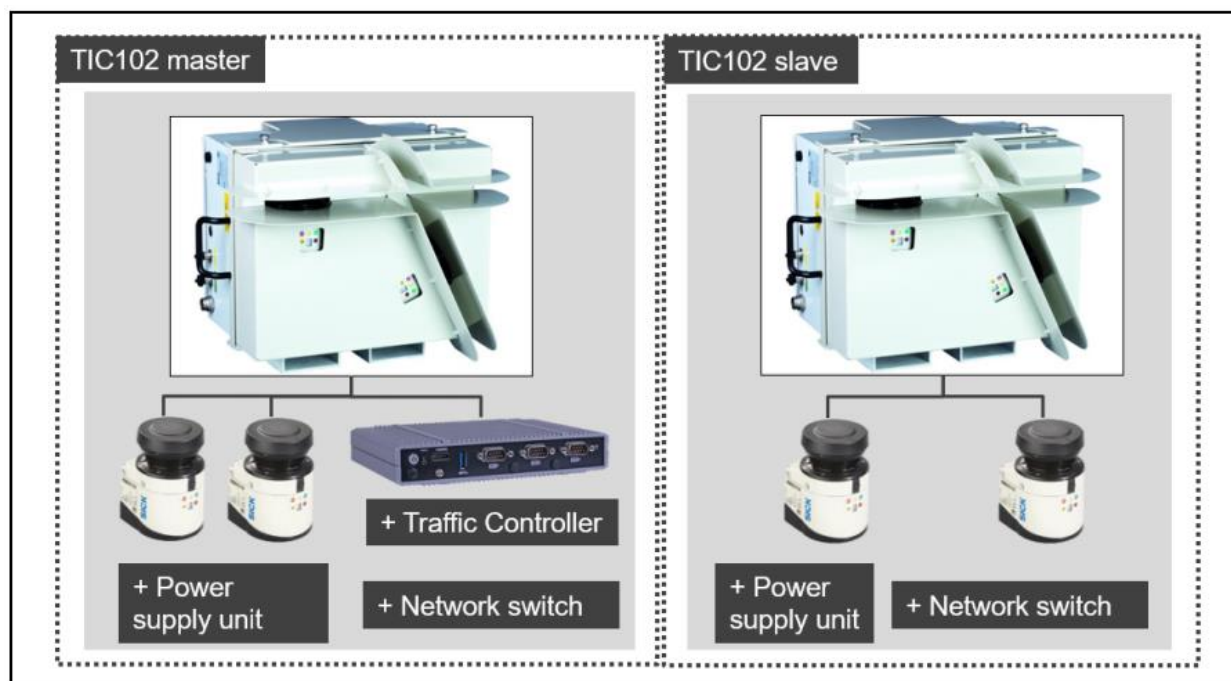
1.4.1. Lidarsensor Sick TIC102

Kahe lidari mooduliga seade ühe sõidurea jälgimiseks. TIC102 on kahte tüüpi: juhtseade, kus lisaks kahele lidari moodulile, on ka juhtarvuti ja võrgulüliti. Juhtseadmega saab ühendada kuni 3 alluvseadet. Seega kokku saab jälgida 4 sõidurida olenemata suunast. TIC102 on komplekteeritud koos ilmastikukindla metallkorpusega.

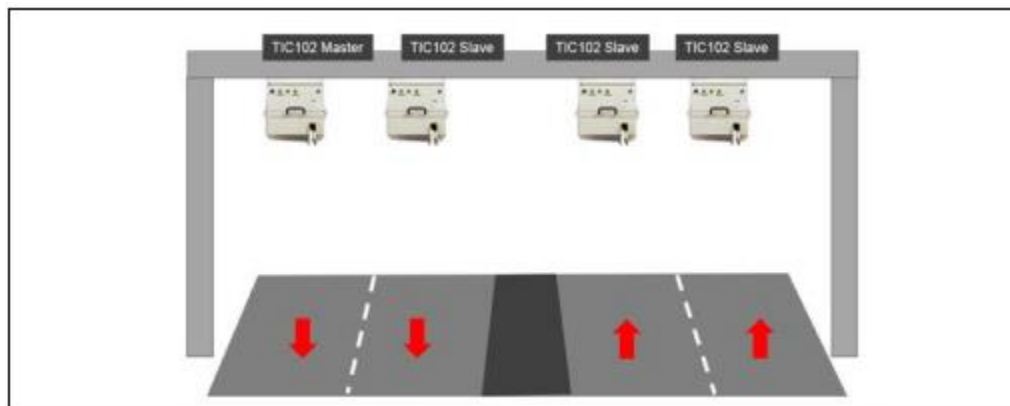
Iga tuvastatud sõiduki kohta väljastatakse järgmised andmed: pikkus, laius, kõrgus, kiirus, 3D kujutis ja sõiduki klass.

Sõiduki võimalikke klasse on kokku kuni 30. Vaikimisi kasutatakse TLS 8+1.

Eraldi vastassuunas liikleja tuvastust ei ole, kuid teoreetiliselt on vastassuunas liiklejaid võimalik tuvastada negatiivse kiiruse lugemi järgi.



Joonis 1.12 Sick TIC102 seadmetüübid ja kooslus



Joonis 1.13 Sick TIC102 asetus sõiduridade kohal

Paigaldus ja asetus

Üks TIC102 seade iga sõidurea kohal.

Kommunikatsiooniliidesed ja -protokollid

TCP/IP, Ethernet.

Liidestamine muude süsteemidega

Iga seadmekomplektiga on kaasas juhtarvuti, mis teostab sensorimoodulistest tulevate andmete analüüsi ja salvestamist ning omab veebipõhist haldusliidest. Andmete edastamiseks kolmandatele süsteemidele on API liides.

Regulaarse hoolduse vajadus

Seadmed ei vaja regulaarset hooldust, siiski on vajadusel vaja puhastada tolmut ja porist, mis optilistele pindadel ladestub.

Ohutus

Laser class 1, (IEC 60825-1:2014) silmale ohutu.

Maksumused

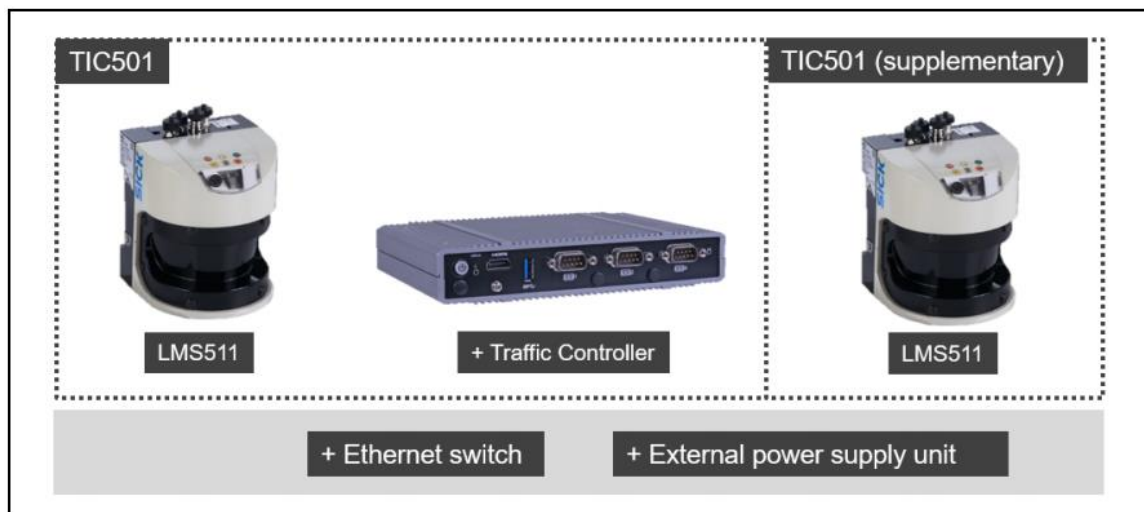
Sick TIC102 juhtseade maksumus koos 5 aastase garantiiga on 15 000€+km

Sick TIC102 alluvseade maksumus koos 5 aastase garantiiga on 12 000€+km

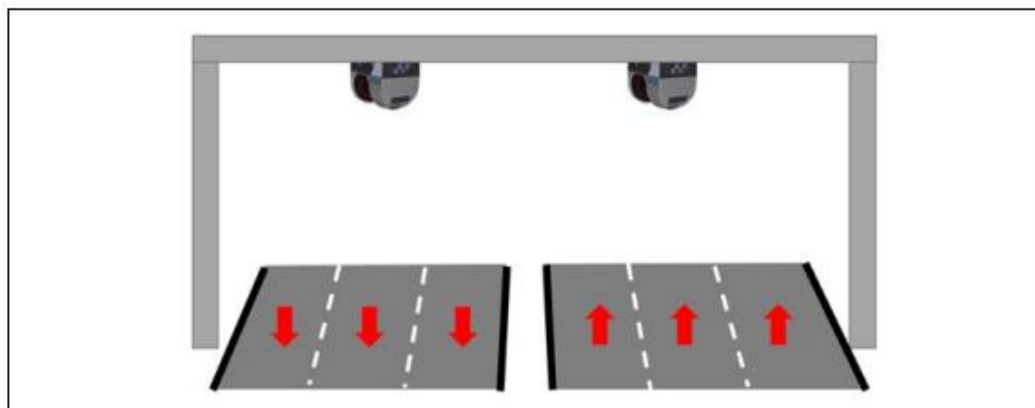
1.4.2. Lidarsensor Sick TIC501

Ühe lidari mooduliga seade kuni kahe samasuunalise sõidurea jälgimiseks. TIC501 seadmekomplekti kuulub juhtarvuti, mis tuleb paigutada teeäärsesse seadmekappi. Süsteemi laiendamiseks on vajalik täiendav seade iga kahe sõidurea kohta. 2+2 ristlõike korral on vajalik TIC501 juhtkomplekt+ üks täiendav andur. Tulenevalt ainult ühest sensorimoodulist, mis mõõtmist teostab, on TIC501 ebatäpsem

sõiduki kiiruse ja pikkuse tuvastamisel. Kui selle süsteemi all tekib ummik, kus liiklus seisab, siis süsteem ei toimi.



Joonis 1.14 Sick TIC501 seadmekomplekt



Joonis 1.15 Sick TIC501 asetus sõiduridade kohal

Iga tuvastatud sõiduki kohta väljastatakse järgmised andmed: pikkus, laius, kõrgus, kiirus, 3D kujutis ja sõiduki klass.

Sõiduki võimalikke klasse on kokku kuni 30. Vaikimisi kasutatakse TLS 8+1.

Eraldi vastassuunas liikleja tuvastust ei ole, kuid teoreetiliselt on vastassuunas liiklejaid võimalik tuvastada negatiivse kiiruse lugemi järgi.

Paigaldus ja asetus

Üks TIC501 seade soovitaval kuni 2 samasuunalise sõiduraja kohal.

Kommunikatsiooniliidesed ja -protokollid

TCP/IP, Ethernet.

Liidestamine muude süsteemidega

Iga seadmekomplektiga on kaasas juhtarvuti, mis teostab sensorimoodulistest tulevate andmete analüüsi ja salvestamist ning omab veebipõhist haldusliidest. Andmete edastamiseks kolmandatele süsteemidele on API liides.

Regulaarse hoolduse vajadus

Seadmed ei vaja regulaarset hooldust, siiski on vajadusel vaja puhastada tolmut ja porist, mis optilistele pindadel ladestub.

Ohutus

Laser class 1, (IEC 60825-1:2014) silmale ohutu.

Maksumused

Sick TIC501 juhtseadme maksumus koos 5 aastase garantiiga on: 11 000€+km

Sick TIC501 lisaseadme maksumus koos 5 aastase garantiiga on 10 700€+km

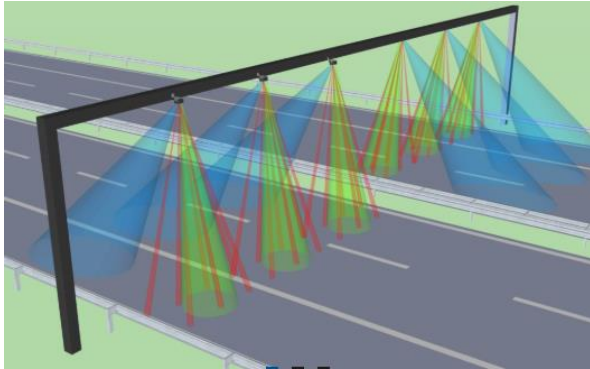
1.5. Multisensorid

Sellesse kategooriasse kuuluvad sensorid, milles on kombineeritud mitu erinevat tehnoloogiat. Uuringu teostajal on teave ainult ühest tootjast: ADEC.

1.5.1 Adec Technologies TDC-3

Adec TDC-3 sensor kombineerib 3 eri tehnoloogiat sõidukite loendamiseks. Mikrolaine radar, infrapuna kardin ja ultraheli sensor tagavad täpse tulemuse, pakkudes induksioonanduritele sarnast sõidukite klassifikatsioonide arvu. Mudelivalik on sõidukite klasside arvu järgi alates 2+0, 2+1, 5+1 ning lõpetades 8+1 (8 klassi pluss tuvastamata).

Iga sõiduki kohta tuvastatakse järgmised andmed: sõiduki klass, kiirus, vahe eelneva sõidukiga, sõiduki pikkus, sõiduki asetus sõidureal (paremal, keskel või vasakul) Sündmuste tuvastamine: vastassuunas liikleja, seisev sõiduk anduri all, mida tõlgendatakse kui järjekorda.



Joonis 1.17 Adec TDC-3 andurite asetus



Joonis 1.16 Adec TDC-3 sensor

Töötamine pimedal ajal ja ilmastikuolude mõju

Andur on immuunne mistahes valgustingimuste ja ilmastikuoludest tingitud mõjutustele.

Paigaldus ja asetus

Üks seade iga sõidurea telgjoone kohale.

Kommunikatsiooniliidesed ja -protokollid

RS485 half duplex. Adec communication protocol.

Liidestamine muude süsteemidega

Seadmetega suhtlemiseks on vajalik kohapealne controllerarvuti. Tootja poolt on olemas seadmete kalibreerimiseks vajalik tarkvara. Seadme haldamiseks ja loendus- ning sündmusandmete kogumiseks on vaja arendada tarkvaraline vahend.

Regulaarse hoolduse vajadus

Seade on hooldusvaba.

Maksumus lugemispunkti kohta

TDC3-8 seadme maksumus koos kinnitustetailidega ning 5 aastatase tootetoega on 2500€.

Tabel 1.2 TMS seadmete tehniliste omaduste võrdlustabel

	Radarsensor			Induktsioon ja pieso		Videopõhine	Lidar		Multisensor
	Smartmicro UMRR-12 Type 48	ImageSensing RTMS Echo	Wavetronix SmartSensor HD	Kistler KiTraffic	CaTraffic Blackcat Compact	Citilog SmartCam-AID	Sick TIC102	Sick TIC501	Adec TDC-3
Klasside arv	7	8, seadistatav sõiduki pikkuse järgi	8, seadistatav sõiduki pikkuse järgi	13	6/13	3	Kuni 30 TLS 8+1	Kuni 30 TLS 8+1	Kuni 8+1
Lugemistäpsus	>95%	>95%	>95%	>99%	>99%	>95%	>99%	>99%	>99%
Keskmise kiiruse muutus	Jah ¹	Jah ¹	Jah ¹	Jah ¹	Jah, tarkvara	Jah	Jah ¹	Jah ¹	Jah ¹
Hõivatuse tase	Jah	Jah	Jah	Jah ¹	Jah, tarkvara	Jah	Jah ¹	Jah ¹	Jah ¹
Intsidendi tuvastus	Jah	Ei	Ei	Ei	Ei	Jah	Ei	Ei	Ei
Vastassuunas liikuja	Jah	Jah, läbi kesktarkvara	Jah ²	Ei	Ei	Jah	Jah ²	Jah ²	Jah
Tuvastab mootorrattaid	Jah	Jah	Jah	Jah	Jah	Jah ³	Jah	Jah	Jah ³
Tuvastab jalakäijaid ja jalgrattureid	Jah	Ei	Ei	Ei	Ei	Jah ⁴	Ei	Ei	Ei
Jälgitava teelõigu pikkus ühe lugemispunkti korral	Kuni 250m	Ainult ristlõige	Ainult ristlõige	Ainult ristlõige	Ainult ristlõige	100-200m olenevalt plaanist ja kaamera objektiivist	Ainult ristlõige	Ainult ristlõige	Ainult ristlõige
Autonoomne side katkemise korral TMC-ga kogub andmed puhvrisse	Jah, kuni 1 kuu	1 mln sõiduki andmed	Jah 2-3h	3 mln sõiduki andmed	400 mln sõiduki andmed	Vähemalt 1 kuu	Jah	Jah	Jah ¹
Paigaldusviis	Tee ääres/ kohal, 1-10m tee pinnast	Tee ääres, 5- 10m tee pinnast	Tee ääres, 5- 12m tee pinnast	Katendisse	Katendisse	Tee kohal, ühe suuna sõiduradade keskel	Tee kohal, iga sõidurea kohal	Tee kohal, ühe suuna sõiduradade keskel	Tee kohal, iga sõidurea kohal

Tabel 1.2 TMS seadmete tehniliste omaduste võrdlustabel järg

	Radarsensor			Induktsioon ja pieso		Videopõhine	Lidar		Multisensor
	Smartmicro UMRR-12 Type 48	ImageSensing RTMS Echo	Wavetronix SmartSensor HD	Kistler KiTraffic	CaTraffic Blackcat Compact	Citilog SmartCam-AID	Sick TIC102	Sick TIC501	Adec TDC-3
Ligipääs baasandmetele	Jah	Jah	Jah	Jah	Ei, krüpteeritud	Jah	Jah	Jah	Jah
Liidesed ja suhtlusprotokoll	RS485, Ethernet, avatud protokoll	Ethernet, WiFi, API liides	RS232/RS485, avatud protokoll	Ethernet, API liides	Ethernet, kinnine protokoll	Ethernet, avatud protokoll, XML	Ethernet, API liides	Ethernet, API liides	RS485, avatud protokoll
Paigaldatav VMS konstruktsiooni külge	Jah	Jah, kui konsool	Jah, kui konsool	Ei	Ei	Jah, kui portaal	Jah, kui portaal	Jah, kui portaal	Jah, kui portaal
Seadme maksumus ilma käibemaksuta	6000€+km	5500€+km	6500€+km	komplekt	-	Axis kaamera 1500-2000€ +km olenevalt mudelist	-	-	2500€+km
Tarkvara litsentsi(de) maksumus ilma KM	-	36 000€+km ⁵	-	-	-	SmartCam-AID litsents 2000€	-	-	-
Garantii pikkus	5	3	3	5	2	5	5	5	5
Vajatavate seadmete arv 2+2 ristlõike korral	1	1	1	1 komplekt (1 keskseade, 8 andurit)	1 komplekt (1 keskseade, 8 silmust)	2 (1 per sõidusuund)	1 komplekt (1 juhtiv andur ja 3 andurit)	2 (1 per sõidusuund)	4
2+2 ristlõike seadmete maksumus sisaldab 5 aasta garantiid ja tootetuge (riist-ja tarkvara)	6000€+km	5500€+km	6500€+km	45 000€+km	4000€+km	7000-8000€+km	46 000€ +km	22 000€+km	12 500€+km

CaTraffic Blackcat Compact on praegu kasutusel olev lahendus, mis on tabelisse kantud võrdluse tekitamiseks

¹ - funktsionaalsus läbi arendamist vajava rakenduse, mis suhtleb anduritega ja kalkuleerib väärtusi.

² - otseselt vastassuunas liiklejaid ei tuvastata, kuid kuna kiiruse lugemid on negatiivse väärtusega, on neid võimalik hiljem andmetest tuvastada

³ - Mootorrattad küll loetakse, kuid lugemisandmed liidetakse sõiduautode klassiga

⁴ - Jalakäijad tuvastatakse intsidendina

⁵ - keskhaldustarkvara kuni 25 radarile

1.6. Liidestamine Maanteeameti süsteemidega

Süsteemi toimimiseks on vajalik andurite liidestamine Maanteeameti kesksüsteemidega. On oluline, et andurid väljastaksid kahte tüüpi andmeid:

- Baasandmed on olulised hilisemaks analüüsiks ning neid hoiustatakse andmeaidas
- Agregeeritud andmed ja sündmused – maanteedel reaajas ülevaade olukorrast

Haldustarkvara poolest erinevad eelpool toodud tootjad suuresti. Osad pakuvad andursüsteeme koos tarkvaraliste lahenduse ja graafiliste liidesteni, mis mõeldud liiklusjuhtimiskeskuses kasutamiseks, samas on osad keskendunud ainult andurite arendusele ja tootmisele ning annavad klientidele vabad käed ise omi keskkondi arendada ja kujundada. Käsitletud tootjatest on tarkvaraline halduslahendus olemas ImageSensing-l ja Citilog-l. Ülejäänutel on liidestamiseks API või avatud protokoll. Täpsustuseks olgu öeldud, et kõigil tootjatel tuleb andurite seadistamiseks ja käikuandmiseks kaasa vajalik tarkvara, kuid millel puudub üldse või on piiratud võimekus andmevoogude vahendamiseks Maanteeameti süsteemidele. Juhul, kui tootja pakub ainult avatud protokoll, on vajalik arendada protokoll liides, mis suudaks anduritega andmeid vahetada ning vajadusel teostada arvutusi baasandmetega saamaks agregeeritud andmeid. Olemuselt ühekordse investeeringuna käsitletav tarkvaralise protokoll liidese arenduse maksumus sõltub anduritest, olemasolevatest tootjapoolsetest tarkvaralahendustest, protokollist ja funktsionaalsusest. Lähtudes uuringu koostaja enese kogemusest Adec TDC-3 tarkvaraliidese loomisel, võib hinnanguliselt töömaht jääda vahemikku 100 - 1000 arendustundi. Ka API liidese puhul on vajalik viimaste liidestamine teiste süsteemidega, kuid töömaht on väiksem võrreldes protokoll toe loomisega. Reaalse maksumuse väljaselgitamiseks on vajalik teostada liidestamise eelanalüüs lähtudes konkreetsest andurist, tootjapoolsetest vahenditest ja kasutaja vajadustest.

1.7. Maksumus

Hinnanguline investeering 2+2 lugemispunkti korral: seadmed koos 5 aastase garantiiga, lisaseadmed (ülepingekaitsmed, serial-ethernet konverterid, jne), paigaldus ja häälestus. Antud projekti raames eeldatakse, et seadmed paigaldatakse olemasolevatele konstruktsioonidele ja/või seadmekappi ning olemas on kommunikatsioon liiklusjuhtimiskeskusega. Investeeringusse ei ole arvestatud ühekordset liidestamise maksumust Maanteeameti süsteemidega.

Tabel 1.3 TMS seadmete eeliste ja puuduste võrdlustabel

	Investeering lugemispunkti kohta	Hoolduskulud	Eeldatav eluiga	Plussid	Miinused
Smartmicro UMRR-12 Type 48	10000€+km	Puuduvad	10 aastat	Jälgitav sõidutee lõik kuni 250m, vastassuunas liikleja ja intsidendi tuvastus, tuvastab jalakäijad ja jalgratturid	Puudub videopilt visuaalseks vaatluseks
ImageSensing RTMS Echo	9500€+km ^{1,2}	Puuduvad	10 aastat	Sisseehitatud GPS, API liides	Ei saa otse portaalile paigaldada
Wavetronix SmartSensor HD	10 500€+km ¹	Puuduvad	10 aastat		Ei saa otse portaalile paigaldada
Kistler KiTraffic	57 000€+km	Katendi kulumisest tulenevad kulud ³	10 aastat	Möödab sõidukite massi, tuvastab telgede arvu	Katendisse paigaldatav Maksumus. Hooldusvajadus
Cattraffic BlackCat Compact ⁴	8000€+km	Katendi kulumisest tulenevad kulud	10 aastat	odav	Krüpteeritud baasandmed, hooldusvajadus
Citilog SmartCam-AID	11 000€+km	Puuduvad	10 aastat	Saab kasutada teekaameraid, puudub vajadus liikluskaamerate järele, kuna pakub ka videopilti, AID süsteem	Väike sõidukiklasside arv
Sick TIC102	61 000€+km	Puuduvad	10 aastat	Täpsus, 3d kujutis	Maksumus
Sick TIC501	30 000€+km	Puuduvad	10 aastat	Täpsus, 3d kujutis	Maksumus
Adec TDC-3	17 000€+km	Puuduvad	10 aastat	Täpsus, Eestis kasutusel 9 aastat	

¹-ei sisalda seadme paigalduseks vajatava posti või portaalist eenduva tala maksumust ja paigaldust.

²-ei sisalda kesket haldustarkvara.

³-kuna Kistler KiTraffic-u andurite paigaldussügavus on 2cm, võib katendi kulumisest tingituna osutada vajalikuks iga-aastane andurite hooldus ja uuesti paigaldamine.

⁴- CaTraffic Blackcat Compact on praegu kasutusel olev lahendus, mis on tabelisse kantud võrdluse tekitamiseks.

1.8. Kokkuvõte

Erinevaid tehnoloogiad, maksumusi, funktsionaalsust ning kasutusvõimalusi võrreldes eristub uuringu koostaja hinnangul selgelt Smartmicro UMRR-12 Type 48 radarsensor järgmiste omaduste tõttu:

- Paigalduse seisukohast kõige rohkem paindlikkust pakkuv lahendus, mida saab paigaldada ühtviisi nii konsoolile, postile kui portaalile, võimaldades seeläbi täiel määral ära kasutada olemasolevaid konstruktsioone.
- Ainus sensor, mis on suuteline tuvastama ja loendama kergliiklejaid.
- Pakub liiklejate liigitamist 7 klassi ning tuvastab vastassuunas liiklejaid ning intsidente.
- Puuduvad hoolduskulud ja seadmekasutusiga on vähemalt 10 aastat.

- 2+2 paigalduskoha investeringu maksumuse osas jääb samasse suurusjärku praegu kasutusel olevate CaTraffic-u Blackcat Compact seadmetega.
- Universaalne - antud radari mudelit on saadaval 3-s erinevas seadistuses erinevate kasutusstsenaariumite tarbeks.
- Lähima poole aasta jooksul on tootjalt tulemas sama mudeli täiustatud versioon, mis on koos integreeritud videosensoriga. Lisaks loendusandmetele, on selle mudeli väljundiks teekaamerale sarnaselt videovoog, mis võimaldaks liiklusjuhtimiskeskuse töötajatel sündmuste korral visuaalset kinnitust saada.

2. V2I/I2V terminalid ja nende sagedusalad

Eesmärk

C-ITS (*Cooperative Intelligent Transport Systems*) ehk koostöö võimelised intelligentsed transpordilahendused on küll iseseisvad toimivad lahendused, kuid kui kommunikatsiooni raadiusse satub mõni teine sarnane süsteem või süsteemid, siis on need süsteemid võimelised automaatselt koos toimima kui üks ühtne süsteem, vahetades ning vahendades kogu neile teadaolevat infot kõikidele omavahel ühendunud üksiksüsteemidega. Lähitulevikus on pea iga müüdav uus sõiduk, olenemata tüübist (sõiduauto, kaubik, veok), varustatud sellise süsteemiga. Info edastamiseks ja vahetamiseks saavad ka teede ääres olema vastavad terminalid, mis sõidukitega suhtlevad. Terminalide kasutusala saab olema väga lai, alates liiklusjuhtimiskeskuse hoiatusteavituse edastamisest nagu libeduse oht, liiklusõnnetus jms ning lõpetades näiteks maksete vahendamise taristu kasutamise eest. Süsteemide omavaheliseks suhtluse toimimiseks on vajalik ühtne kommunikatsiooniprotokoll. Uuringu eesmärk on lähemalt käsitleda ja võrrelda ning seejärel soovitada võimalikke V2I/I2V terminalide sagedusalasid, mida Eestis võiks kasutusele võtta, arvestades praegusi ning tuleviku kohalikke ja globaalseid turuolusid. Auto- ja kommunikatsioonitehnoloogia tootjad jagunenud kahte leeri. Praegusel ajahetkel on maailmas 2 konkureerivat tehnoloogiat: ETSI-G5 (IEEE802.11p/DSRC) ja C-V2X. Siinkohal käsitletakse mõlemaid tehnoloogiaid lähemalt.

2.1. Tehnoloogiad

ETSI ITS-G5

ETSI ITS-G5 on Euroopa Liidus kehtiv WIFI tüüpi kommunikatsiooni standard, mis on välja töötatud sõidukite omavahelise ja teeäärse taristu ning sõidukite vahelise suhtluse tarbeks. ETSI ITS-G5 baseerub rahvusvahelisel IEEE 802.11p standardil. Samuti baseerub sellel IEEE 802.11p Põhja-Ameerikas kasutusel olev DSRC standard, mida võib lugeda ETSI ITS-G5 sõsarversiooniks, kuid samas on neil ka erinevusi.

ETSI ITS-G5 on suhtluseks ainult otseside tüüpi ühendusega liides, mille töösagedus on 5,9 Ghz.

ETSI ITS-G5 maksimaalne toimimiskaugus jääb vahemikku 1000-2000 m olenevalt otsenähtavusest. IEEE 802.11p pooldavate auto- ja telekommunikatsioonitehnoloogia tootjate katuseorganisatsiooniks on Car2Car Communication Consortium (C2C-CC) <https://www.car-2-car.org/>

Esimese autotootjana on Eestis nn „auto-auto“ ja „auto-taristu“ suhtlust võimaldava lisavarustusega varustatud sõiduautomudeliga turul Volkswagen oma uue 8. põlvkonna Golf mudeliga.

IEEE on alustanud ka uue kommunikatsioonistandardi väljatöötamisega, mis tulevikus peaks asendama praeguse 802.11p, kuid samas pakkuma ka tagasiulatuvat kokkusobivust. Uue standardi nimeks 802.11bd ning sellel on kaks töösagedus diapasooni: 5,9 GHz ja 60 GHz.

Arvestades, et eelmise standardi väljatöötamisest kuni esimese selle tehnoloogiaga varustud sõiduki turule tulemiseni Eestis kulus ca 10 aastat, võib reaalse kasutuseni jõudmiseks kuluda aega samas suurusjärgus. Seega, kui IEEE oma plaanidest kinni peab ja 802.11bd standard kinnitatakse vastavalt planeeritule so. detsember 2021.a, siis tõenäoliselt on esimesi seda standardit toetavaid sõidukeid turule oodata alles 2030.a või hiljem. IEEE802.11bd töörühma tegemistel saab silma peal hoida järgmisel lingil: http://www.ieee802.org/11/Reports/tgbd_update.htm

C-V2X

Kui IEEE802.11p standardi loomisega alustati juba 2004.a, siis C-V2X sai alguse 2016.a ning selle väljatöötamiseks löid asutaja liikmed kelleks olid BMW, Daimler, Audi, Ericsson, Intel, Nokia, Qualcomm ja Huawei, 5G Automotive Association katuseorganisatsiooni (5GAA) <https://5gaa.org/>. Uuringu koostamise ajaks on juba enamik auto- ja telekommunikatsiooni tehnoloogia tootjaid antud organisatsiooniga liitunud.

Erinevalt IEEE802.11p baseeruvatele tehnoloogiatele, omab C-V2X kahte iseseisvat ühendusliidest: PC5 lähimaa otseside liides sarnaselt IEEE802.11p standardile ning mobiilioperaatorite UU liides, mis hakkab toimima üle 5G mobiilivõrgu.

C-V2X lähimaa otseside liidese PC5 töösagedus on samuti sarnaselt ETSI-G5-le 5,9 GHz

Samuti on sarnane otseside toimimise kaugus jäädes maksimaalse toimimiskauguse osas vahemikku 1000-2000 m olenevalt otsenähtavusest.

ETSI ITS-G5 ja C-V2X riskasutus .

Detsembris 2019. a ETSI ja 5GAA poolt korraldatud riskasutuse välitestide tulemusel on praegusel hetkel ITS-G5 ja C-V2X tehnoloogiad omavahel 95% ulatuses kokkusobivad. <https://5gaa.org/news/etsi-5gaa-c-v2x-testing-event-in-europe-confirms-high-level-of-interoperability/> Arvestades tehtavaid jõupingutusi, võib eeldada, et tulevikus on nii ETSI ITS-G5 ja C-V2X koostoimimisvõimelised ning sõidukid ning teeäärne taristu suudavad omavahel sujuvat suhelda olenemata kasutusel olevate tehnoloogiate tüübist.

2.2. Terminalid ja tarkvara ning maksumused

Kuna I2V/V2I on standardiseeritud, ei erine eri tootjate terminalid funktsionaalsuse osas väga üksteisest. Ka on füüsiline väljanägemine terminalidel sarnane. Erinevused on eelkõige kasutatavate lisade osas nagu antennid ja toitelahendus ning erinev on ka pakutav tarkvaraliste lahenduste valik.

Cohda Wireless

Pakub kahte terminalimudelit, millest üks on ainult ETSI ITS-G5 ja teine duaalne ETSI ITS-G5/C-V2X versioon. Tarkvaraliste vahendite osas pakub Cohda ainult sõnumirakenduste arendusvahendite komplekti.



Joonis 2.1 Cohda terminalid MK5 RSU ja MK6 RSU EVK

Maksumused

- Cohda MK5 RSU (ETSI ITS-G5) maksumus: 3500€+km
- Cohda MK6C RSU EVK (ETSI ITS-G5/C-V2X, arendusotstarbeline) maksumus : 4000€+km
- Tarkvaraarenduse komplekt SDK (ETSI ITS-G5) maksumus: 4500€+km /töökoht
- Tarkvaraarenduse komplekt SDK (C-V2X) maksumus: 4500€+km /töökoht
- 5 päevane Cohda V2I/I2V süsteemi kohapealne koolitus 5-le inimesele: 9500€+km
Ei sisalda koolitaja reisi-, majutus ja muid kulusid.

Commsignia

Commsignia tootevalikus on samuti olemas ainult ETSI ITS-G5 ja ETSI ITS-G5/C-V2X mudelid. Tarkvara valikus on keskne halduslahendus, mis on võimeline haldama ka teiste tootjate terminale. Lisana on olemas DATEX II ver. 2.3 liides.

Maksumused

- Commsignia ITS-RS4M (ETSI ITS-G5) maksumus : 5600€+km
- Commsignia ITS-RS4D (ETSI ITS-G5/C-V2X) maksumus : 6700€+km
- Haldustarkvara koos SDK -ga: 2300€+km /terminal



Joonis 2.2 Commsignia RS-4 terminal

Siemens

Sarnaselt Commsigniale, pakub ka Siemens nii terminale ja keskset halduslahendust.

Maksumused

- Siemens SiTraffic RSU (ETSI ITS-G5) maksumus: 5500€+km
- Haldustarkvara (sisaldab litsentse 25 terminalile ja riistvara lahenduse käitamiseks): 290 000€+km
- Haldustarkvara laienduslitsentsiga järgneva terminali kohta: 250€
- Lahenduse installatsioon, käikuandmine ja koolitus: 55 000€



Joonis 2.3 Siemens SiTraffic RSU

Võrdlustabel

Tabel 2.1 Terminalide ja tarkvara võrdlustabel

	Cohda MK5 RSU	Cohda MK6 RSU EVK	Commsignia ITS-RS4M	Commsignia ITS-RS4D	Siemens SiTraffic RSU
Tüüp	ITS-G5	ITS-G5/C-V2X	ITS-G5	ITS-G5/C-V2X	ITS-G5
Ühe seadme maksumus	3500€+km	4000€+km	5600€+km	6700€+km	5500€+km
Vajalik terminalide arv 99% katvuse korral, esmane hinnang	22	22	30	30	25
Arendusvahendite komplekt (SDK)	4500€+km	4500€+km	-	-	-
Haldus-tarkvara	-	-	2300€+km ¹	2300€+km ¹	290 000€+km ²
Koolituskulu	9500€+km	9500€+km	-	-	55 000€+km ³
Investeering kokku esmase hinnangu põhjal	91 000€+km ⁴	102 000€+km ⁴	237 000€+km	270 000€+km	482 500€+km

¹ - Litsents iga terminali kohta, sisaldab SDK-d

² - Haldustarkvara ja SDK koos riistvara ja 25 terminali litsentsiga, iga järgnev terminali litsents 250€ +km

³ - Sisaldab terminalide ja haldustarkvara käikuandmist ja koolitust

⁴ - Ei sisalda haldustarkvara arendamist

2.3. E265 raames sobilik I2V/V2I tehnoloogia tänases ja tuleviku perspektiivis

Olenemata muudest erisustes, kasutavad uuringu teostamise ajal mõlemad tehnoloogiad sama töösagedust, milleks on 5,9 GHz.

Erinevalt veel arendusfaasist olevast C-V2X tehnoloogiast, on ETSI ITS-G5 on valmis ja läbitestitud Euroopa Liidus kehtestatud standard. Kui ITS-G5 tehnoloogiaga varustatud esimene sõiduk Volkswagen Golf 8 näol on Eestis juba saadaval, siis kas ja millal lansseeritakse esimesed C-V2X tehnoloogiaga varustatud sõidukid, on siiani lahtine. C-V2X taga on suuresti telekommunikatsioonitehnoloogia ja -teenuse ettevõtete ärihuvid, sest ainult C-V2X tehnoloogia pakub läbi UU liidese ka nendele võimalust osa saada ühendatud sõidukite tohutust äripotentsiaalset.

Milline tehnoloogia prevaleerib, on praegusel hetkel pea võimatu ennustada. Vestluste käigus terminalide tootjatega, ei osanud ka nemad seda ennustada. Selge on see, et vägikaikavedu on oluliselt pidurdanud I2V/V2I tehnoloogia rakendamist ja üldise teadmatus tõttu ei riski paljud autotootjad veel valikuid teha, sest investeering tehnoloogia rakendamiseks on väga suur. Samas on Ameerika Ühendriikides tehtud juba väga suuri investeeringuid DSRC (IEEE802.11p) võrgu välja ehitamiseks kiirteedel ning võib arvata, et niisama ei lasta tehtud taristuinvesteeringuid maha kanda. Samuti on Euroopas siiani välja ehitatud taristu valdavalt ETSI ITS-G5 põhine. On tõenäoline, et mõlemad tehnoloogiad jäävad paralleelselt eksisteerima, võimaldades küll kokkusobivust üksteisega, kuid mis teeb kallimaks nii seadmed kui ka tarkvara. Mõlemat tehnoloogiat toetavad teeäärsete terminalid on küll turul, kuid mõeldud peamiselt arendusotstarbeks, sest C-V2X arendus alles käib ja erinevad C-V2X versioonid pruugi olla ka omavahel koostöövõimelised. Tehnoloogiliselt saab olema 2 varianti terminalide valikul: ainult ETSI ITS-G5 või ETSI ITS-G5/C-V2X kombineeritult toetav terminal.

Olukorras, kus praegusel hetkel on võimatu prognoosida, kas C-V2X hakkab paralleelselt ETSI ITS-G5 eksisteerima või mitte, soovitame järgmist tegevusplaani:

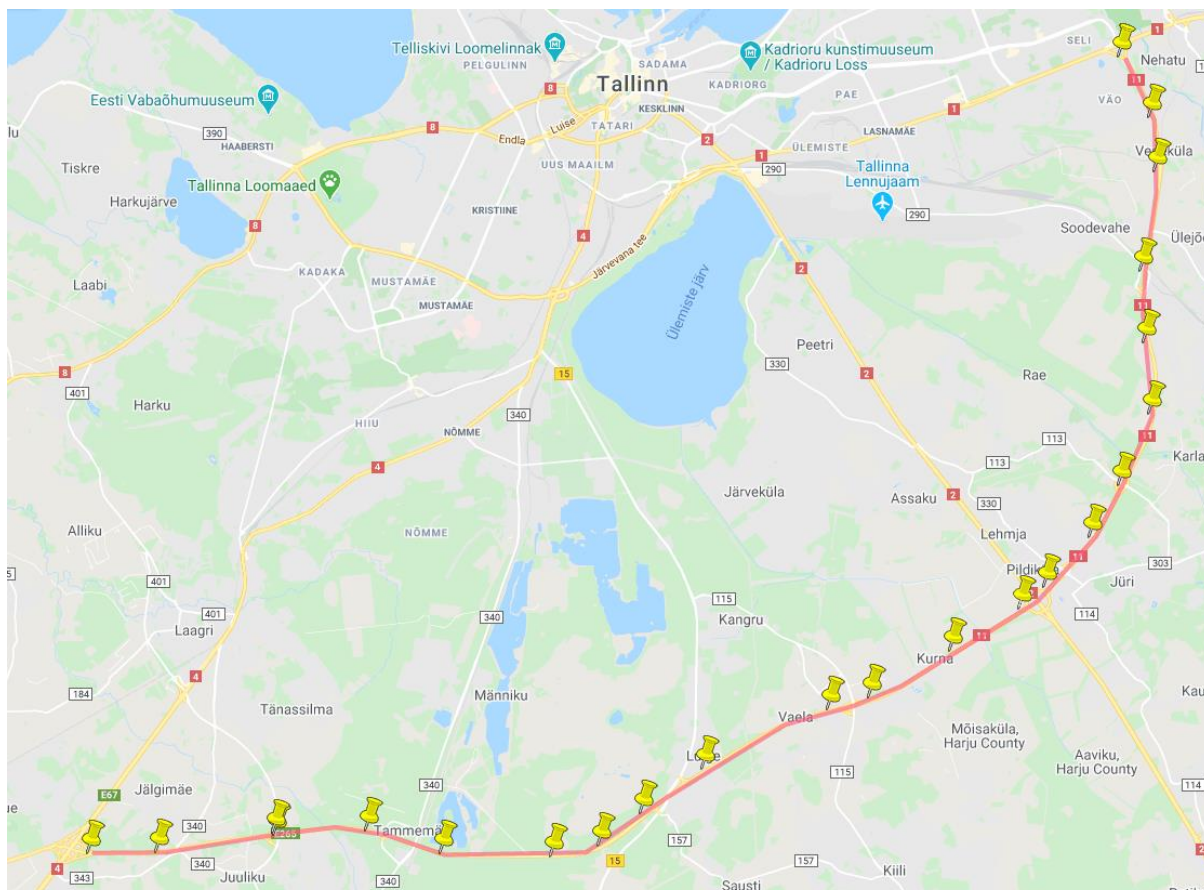
- Teha ettevalmistusi lähtudes ETSI ITS-G5/C-V2X kombineeritud terminalidest
- Teha tehnoloogiline valik vahetult enne terminalide soetamist

Allpool on loetelu RSU (*Road Side Unit*) ehk teeäärsete terminalide tootjatest, kellel juba on tootevalikus või planeerivad lansseerida mõlemat tehnoloogiat toetavaid terminalide mudelid. See loetelu ei ole kindlasti täielik ning peegeldab seisu uuringu teostamise ajal internetist avalikult kättesaadava info põhjal. Need ettevõtted on: Kapsch, Commsignia, Cohda, LaCroix, Savari, Swarco, Siemens.

2.3.1. Paigalduskohad E265 ITS projekti raames ja katvus

Tootjad annavad erinevaid numbreid katvuse saavutamiseks vajatavate terminalide arvu osas. Lähtekohaks valisime täieliku ehk siis 99% katvusega leviala, mida on võimalik teostada olenevalt tootjast ca 22-35 terminaliga. Kuigi terminalide tehniline leviala raadius küündib 2–2,5 km, jääb tegelik raadius pigem vahemikku 300–1000 m. Määravaks on eelkõige füüsilised takistused (mets, sillad, rambid, metallkonstruktsioonid jne), sest 5,9 GHz sageduse puhul on vajalik otsenähtavus.

Sellel põhjusel tuleks parema levi saavutamiseks projekteerimisel tutvuda terminalide paigaldusjuhenditega, mis üldjuhul soovivad optimaalseid paigalduskohti ja -viise. Näiteks soovitavad osad tootjad parema levi saavutamiseks eelistada terminalide paigaldust horisontaalsele poomile. Veelgi parem oleks, kui tootjad ise annaksid esmase hinnangu vajatavate terminalide arvu kohta 99% katvuse korral. Google Earth ja Streetview kaardirakendused on esmase hinnangu teostamiseks piisavad. Vt Joonis 2.2 on näide ühe tootja esmasest hinnangust terminalide paiknemise kohta.



Joonis 2.4 Cohda esmane hinnang terminalide paiknemise kohta 99% katvuse korral

Juhul, kui valida osaline leviga katmine, tuleks lähtuda informatsioonist, mida me liiklejatega jagame ja mida me liiklejatelt saame ning selle informatsiooni kiireloomulisusest. Kuna tegemist on valdavalt 110

km/h alaga, siis iga 30m leviauku tähendab ajaliselt ca 1 sekundit. Optimaalseima katvuse välja selgimiseks tuleks vastaval töögrupil läbi töötada allpool loetletud dokumendid ning selle põhjal kujundada Eestis kasutatav rakenduste koosseis ning edastav ja vastuvõetav informatsioon:

- ETSI TS 101 539-1, ETSI TS 101 539-2, ETSI TS 101 539-3 teavitus ja hoiatusrakenduste definitsioonid
- C-ROAD Harmonized C-ITS Specifications for Europe - Release 1.7

2.3.2. I2V/V2I tarkvara kiht

I2V/V2I toimimiseks vajalik tarkvara kihi võib tinglikult jagada kaheks:

- **SDK – sõnumirakenduste tarkvaraline arendusvahendite komplekt**

Iga teate või hoiatuse (näiteks nagu „Teetööd“, „Seisev sõiduk“, „Kiirusepiirang“ jne) saatmiseks terminalide vahendusel sõidukitele, on vaja luua igast teatest või hoiatusest rakendus, kus määratakse selle mõjuala ulatus ja suund, ajaline kehtivus, juhile kuvatav sõnum, sõidukile edastavad parameetrid jne. Taolise rakenduste kodeerimiseks ja testimiseks on vajalik lisaks terminalidele soetada vastava tootja SDK ehk tarkvara arendusvahendite komplekt. Üldjuhul litsentseeritakse SDK-d töökohapõhiselt ning litsentside vajalik arv on esialgu üks.

- **Haldustarkvara**

Haldustarkvara eesmärk hallata terminalidele saadetavat ja terminalidest saabuvat informatsiooni ning vahendada infot teiste süsteemidega. Keskelt on teostatav terminalide seadistamine, tarkvarauuendamine ja monitoorimine. Samuti pakub graafilist ülevaadet terminalide asukohtade ja kehtivate seadistuste osas. Tootjapoolne haldustarkvara sisaldab sõnumirakenduste kodeerimiseks vajalikku SDK-d.

2.3.3. C-Roads organisatsioon

C-Road on Euroopa teevaldajaid ja vastavaid ametkondi ühendav asutus, mis tegeleb C-ITS rakendamise harmoniseerimisega Euroopa Liidus. Ka on nende poolt koostöös autotootjatega väljatöötatud terminalide taristu ja selle vahendusel sõidukitele edastatava informatsiooni koostalistusvõimekuse spetsifikatsioonid. Ühtsed spetsifikatsioonid on vajalikud, et teeäärne taristu ja sõidukid suudaksid mõista vahetatud informatsiooni sisu üheselt üle kogu Euroopa. Seetõttu on oluline, et ka Maanteeamet oleks C-Roads-ga liitunud. C-Roads koduleht: <https://www.c-roads.eu/platform.html>

3. Liikluse ümbersuunamise süsteem (ABGS)

Olemasoleva olukorra kirjeldus

Tänasel päeval on E265 Tallinna Ringtee lõigus Jüri-Kurna välja ehitatud eraldatud sõidusuundadega 2+2 teelõik. Olukorras, kui liiklusõnnetuse korral võib üks sõidusuund tundideks sulguda, tuleb tagada kas ümbersõidud või liiklus vastassuunas 1+1 teel. Ümbersõitudeks on antud lõigul kaks varianti:

- Põhjapoolne ümbersõit mööda Tallinna linna tänavaid – raskeliikluse Tallinna tänavatele suunamine pole võimalik
- Lõunapoolne ümbersõit mööda riigiteid – ümbersõidu pikkus mitukümmend kilomeetrit.



Joonis 3.1 Võimalikud ümbersuunamise asukohad Tallinna Ringteel

Eeltoodut arvestades jääb kõige optimaalsemaks lahenduseks liikluse suunamine vastassuunda 1+1 režiimile.

3.1. Ümbersuunamise lahendused

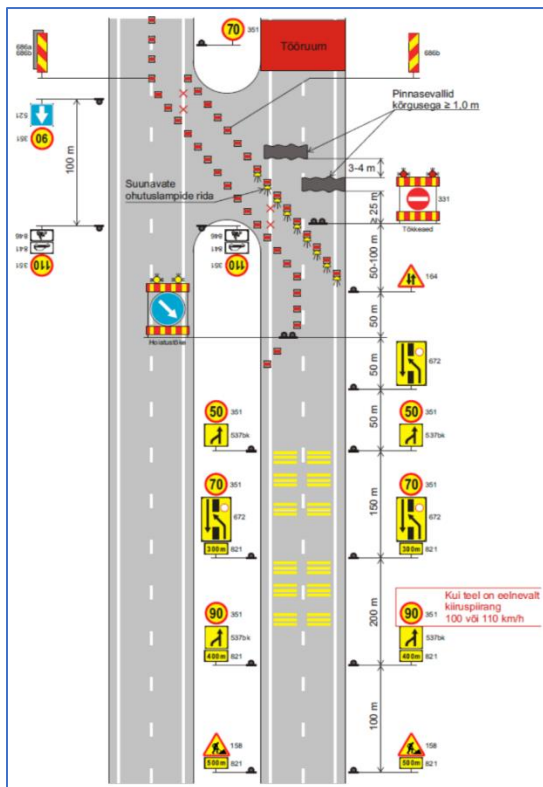
Alljärgnevalt käsitleme erinevaid võimalikke lahendusi ning analüüsime nende sobivust Eesti oludesse. Uuringu eesmärgiks on leida liiklejatele ohutu ja majanduslikult sobilik lahendus, mis võimaldaks õnnetuse korral liiklust suunata.

Toimunud liiklusõnnetusele järgnevad tegevused tuleb liigitada nelja erinevasse etappi:

- a) Õnnetuse tuvastus
- b) Liiklejate teavitamine ja liikluse rahustamine
- c) Liikluse põimimine
- d) Autode füüsiline suunamine

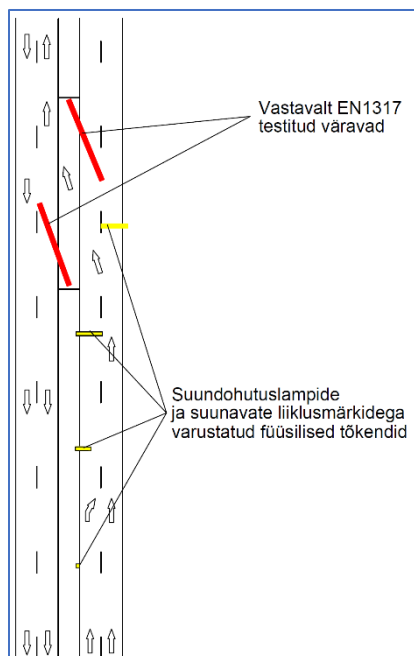
Uurimustöö antud osas käsitletakse punkte c ja d.

Peale liiklusõnnetuse tuvastamist ning kiiruspiirangutega liikluse rahustamist tuleb liiklus suunata ühele sõidurajale. Põhimõtteline lahendus peab järgima kehtivaid ajutise liikluskorralduse nõudeid (MKM määrus nr 43, 13.07.2018) ning selle lisa 2 joonist 17, kus kõigepealt suunatakse liiklus esimesele sõidurajale ja seejärel teostatakse ümberpöige.



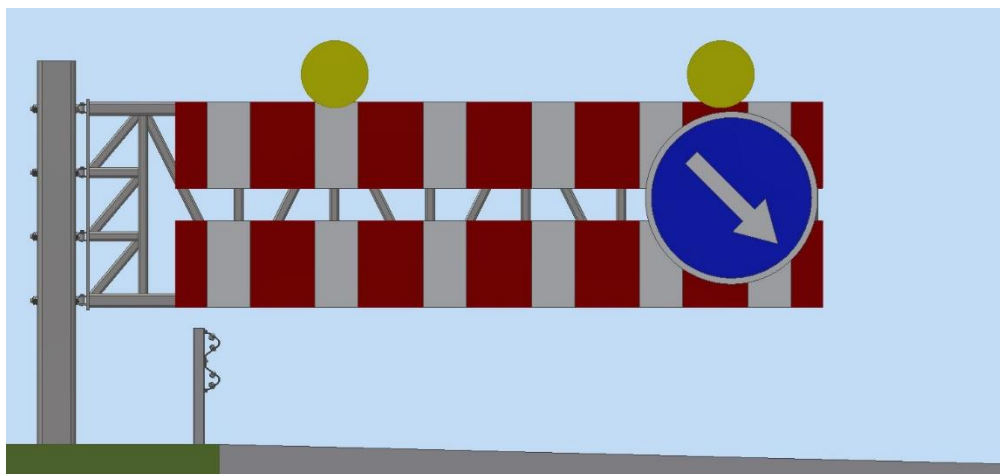
Joonis 3.2 Sõidusuuna sulgemine eraldusribaga teel. Suletud lõigu algus.

Kuna ajutiste liiklusmärkide paigaldamine on aeganõudev, siis peab ehitatav lahendus olema võimalikult sarnane toodud joonisele. Lahendusena on kasutatud füüsilisi tõkendeid, mis on varustatud liiklusmärkide ja vilkuvate suundohutuslampidega. Kirjeldatud füüsilised tõkendid koos suunavate märkidega tagavad kõigile liiklejatele arusaamise, et tuleb ühte sõiduritta reastuda ning see välistab vastassuunda reastudes erineva arusaama liikumisviisist.



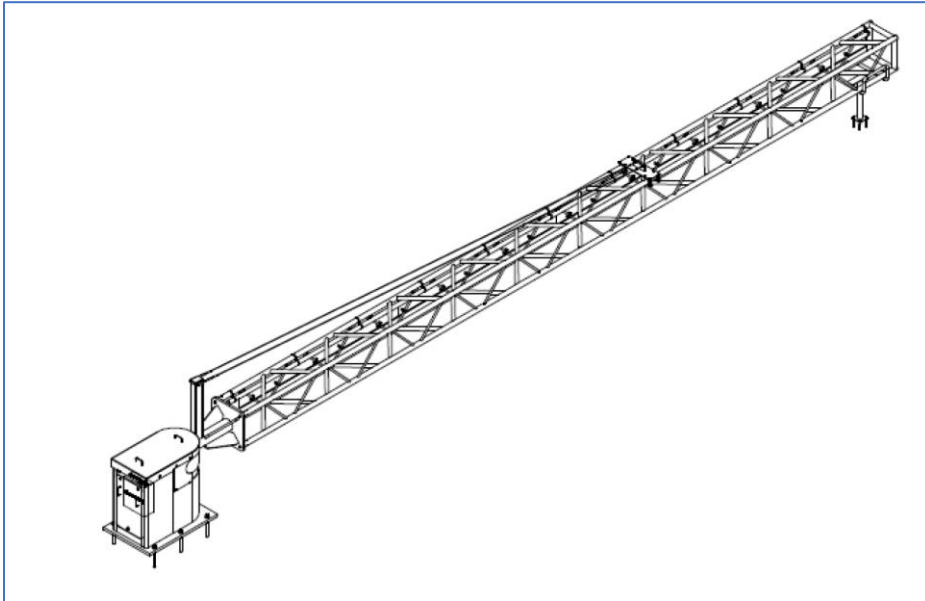
Joonis 3.3 Skemaatiline liikluse rahustamine enne põiget

Füüsilised tõkendid asetsevad tavaolukorras ohutuspiirde taga ning nad ei tekita liiklejatele igapäevaselt lisaohtu.



Joonis 3.4 Liiklusmärkide ja ohutuslampidega varustatud füüsiline tõkend

Üks võimalik lahendus on sõrestiktalast tõkkepuu, mis seisab kas püstises asendis (ja langeb tee peale mootori abil) või horisontaalses asendis (ja on manuaalselt tee peale pööratav).

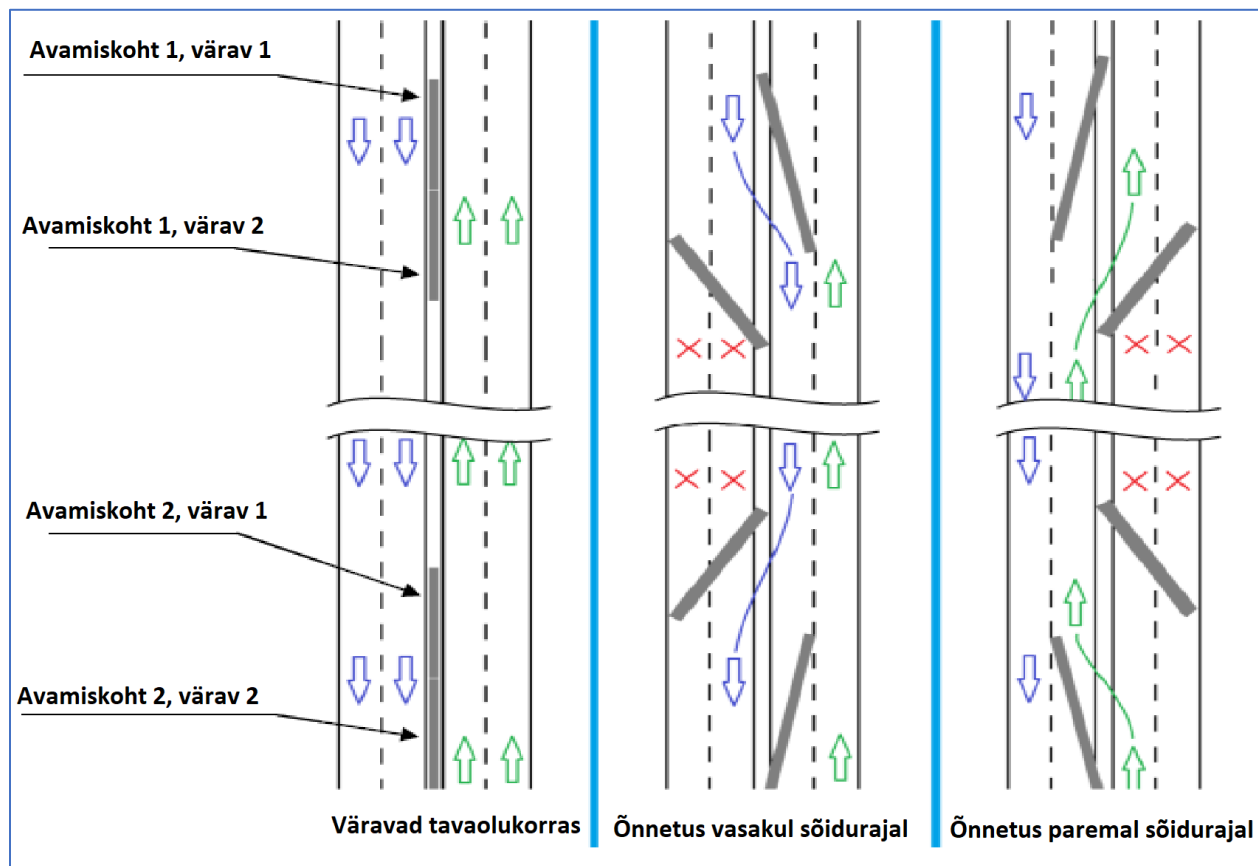


Joonis 3.5 Võimalik värava lahendus



Joonis 3.6 Ettevõtte Rusthoven Verkeertechniek B.V. välja töötatud automaatsed lahendused

Peale liikluse suunamist ühele sõidurajale tuleb see edasi juhtida vastassuunda selleks ettevalmistatud ja asfalteeritud ümbersuunamisraja kaudu. Väravate lahendus peab olema liiklejaile arusadav ning füüsiliselt liiklust ümber suunav ning väravate konstruktsioon peab olema valitud sellisena, et liiklust oleks võimalik vastassuunda suunata nii Jüri-Kurna kui ka Kurna-Jüri suunal.



Joonis 3.7 Paigaldatavad väravad peavad võimaldama nii parema kui vasaku sõiduraja sulgemist ja avamist

Kuna nii füüsilised tõkendid kui ka väravad keeratakse füüsiliselt sõidukite liikumisteele ette siis tuleb nende avamisel veenduda liiklusohutuses ja avamist tuleks alustada järjekorras:

- a) Suletakse üks sõidurada sõidusuunas, kus õnnetust pole toimunud
 - a. Tõkendite avamist tuleks alustada kaugemalt ja liikuda väravate poole veendumaks, et avamine ei tekitaks lisaliiklusohu
- b) Avatakse õnnetusse sattunud sõidusuuna füüsilised tõkendid ja väravad
 - a. Väravate ja tõkendite avamisel tuleb reguleerida ja juhendada ummikusse jäänud sõidukeid, et nad ei takistaks väravate ja tõkendite avamist

Tõkendite ja väravate avamisel tuleb kindlasti jälgida, et avamine ei kahjustataks ummikusse jäänud sõidukeid. Õnnetusse sattunud sõidusuuna väravate ja tõkenditeni jõutakse vastassuunast, millest on eelnevalt üks sõidurida ära võetud. Talvistes olukordades peavad teede hooldusega tegelevad ettevõtted hoidma väravad ja tõkendid lumevabad, et lumi ja jää ei takistaks väravate ja tõkendite avamist.

Väravatena kasutatakse lahendusi, kus füüsilised tõkked avatakse eraldusriba piirdes. Alljärgnevalt valik võimalikest lahendustest.

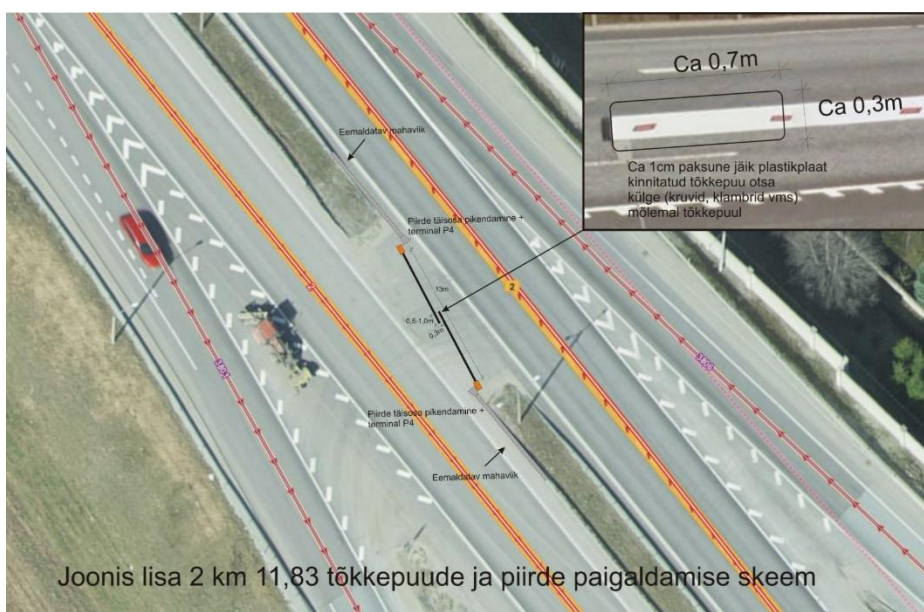
3.2. Ülestõstetavad süsteemid

Eesti 2+2 teedel on laialdaselt kasutusel tavalised ülestõstetavad tõkkepuud. Tõkkepuude kasutamine on kindlasti kõige odavam lahendus, ent nende näol on tegemist ka kõige ohtlikuma lahendusega.



Joonis 3.8 Paigaldatud tõkkepuud Mäo liiklussõlmes

Viimasel ajal on Maanteeamet püüdnud lahendust ohutumaks muuta, andes välja nõudeid, kus tõkkepuud tuleks paigaldada kaldega sõidusuunast välja, kuid ka selle paigutuse puhul on kasutatavate tõkkepuude ohutus tõendamata ning realsuses saame selle ohutuses/ohtlikkuses veenduda alles peale esimesi liiklusõnnetusi.



Joonis lisa 2 km 11,83 tõkkepuude ja piirde paigaldamise skeem

Joonis 3.9 Maanteeameti nõue tõkkepuude paiknemise osas

3.3. Sissesõitvad süsteemid

- a) Skandinaavias kasutusel olevad väravate süsteemid. Tegemist on samuti testimata lahendustega ja seega ei ole võimalik nende ohutuses kindel olla



Joonis 3.10 Juuliku liiklussõlmes kasutusel olev sissesõitev väravasüsteem

- b) H2W5 nõuetele vastav sissesõitev väravasüsteem



Joonis 3.11 Prantsuse ettevõtte Aximum sissesõitev väravasüsteem, mis on testitud vastavalt EN1317 nõuetele.

3.4. Küljele avatavad süsteemid

Maailmas on laialdaselt kasutusele võetud liikluse ümbersuunamise väravaid. Enamik neist on testitud ning selliseid väravaid on laialdaselt saadaval ka Euroopa turul (seega vastavuses ka EN1317 nõuetega). Enamik tootjaid pakub vaid mehaaniliselt avatavaid väravaid, kus väravad on võimalik 2 mehega 5-10 minuti jooksul avada. Paar tootjat on nõus vajadusel lisama oma lahendustele ka elektrimootorid, ent vähese nõudluse tõttu on nende lahendused päris kallid.



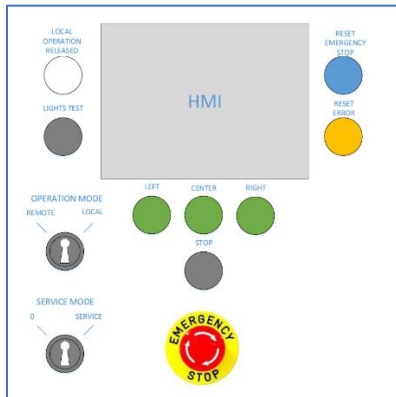
Joonis 3.12 Prantsuse ettevõtte Aximum küljele avatav väravasüsteem



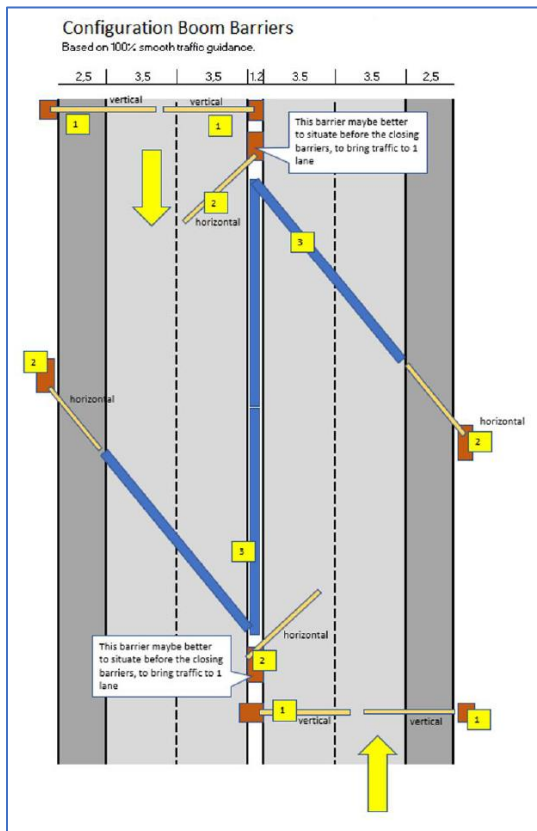
Joonis 3.13 Hispaania ettevõtte Duero küljele avatav väravasüsteem

3.5. Täislahendused

Hollandi ettevõtte SPIE pakub lahendust, kus peale õnnetuse toimumist avatakse liikluse rahustamise poomid ja väravad automaatselt. Selle lahenduse puhul peab õnnetusjuhtumi kohal inimene veenduma, et väravate avamine on vajalik ning et avamise protsess iseenesest liiklejatele ohtu ei valmista. Peale ohutuses veendumist on võimalik kogu liiklus automaatselt ümber suunata.



Joonis 3.14 Juhtpult süsteemi käivitamiseks



Joonis 3.15 SPIE VEVA3 väravate süsteem

3.6. Süsteemide maksumused ja nende võrdlus

Tabel 3.1 Seadmete maksumused

Lahendus	Lahenduse pakkujaid turul	Maksumus, tk	Plussid	Miinused
Füüsilised tõkendid (manuaalsed)	rohkem kui 10	9 500€+km	hind	vajab avamiseks füüsilist jõudu
Füüsilised tõkendid (automaatsed)	vähemalt 1	48 000€+km	lihtsalt avatav	kõrge hind
Tõkkepuud	rohkem kui 10	8 000€+km	hind	tekitavad lisaohu õnnetuse korral
Sisse lükatavad	vähemalt 1	25 000€+km	lihtsalt avatav	Ei suuna, ohutuses pole veendunud
Sisse lükatavad, EN1317	vähemalt 1	45 000€+km	lihtsalt avatav ja ohutu	Ei suuna
Küljele avatavad manuaalsed, EN1317	vähemalt 5	55 000€+km	palju pakkujaid, ohutu	vajab avamiseks 2 inimest
Küljele avatavad automaatselt, EN1317	vähemalt 2	250 000€+km	mugav ja vähese vaevaga avatav	hind

Tabel 3.2 Seadmete hind süsteemis

Artikkel	tk süsteemis	Maksumus
Füüsilised tõkendid (manuaalsed)	8	76 000€+km
Füüsilised tõkendid (automaatsed)	8	384 000€+km
Tõkkepuud	2	16 000€+km
Sisse lükatavad	2	50 000€+km
Sisse lükatavad, EN1317	2	90 000€+km
Küljele avatavad manuaalsed, EN1317	2	110 000€+km
Küljele avatavad automaatselt, EN1317	2	500 000€+km

Tabel 3.3 Süsteemide maksumused

Süsteem	Süsteemi maksumus
Füüsilised tõkendid (manuaalsed) + tõkkepuud	92 000€+km
Füüsilised tõkendid (manuaalsed) + küljele avatavad manuaalsed väravad EN1317	186 000€+km
Füüsilised tõkendid (automaatsed) + küljele avatavad automaatsed väravad EN1317	884 000€+km
Intelligentne täislahendus, mis sisaldab nii automaatikat kui elektrilahendusi	2 500 000€+km

3.7. ABGS kokkuvõte

Uuringus käsitlesime erinevaid võimalikke lahendusi ning analüüsimise nende sobivust E265 Tallinna Ringtee Jüri – Kurna lõigule. Liiklusohutuse seisukohalt tuleks kindlasti kasutada lahendusi, mis on testitud vastavalt standardile EN1317. Testimisel on veendunud, et tegu on ohutute toodetega ning need ei tekita liiklejatele lisaohtu. Ainult majanduslikust vaatest lähtudes võiks eelistada lahendusi, mis ei ole ohutud, ent nende valimisel tuleb kindlasti silmas pidada, et soodne hind tuleb liiklusohutuse arvelt.

Olukorda sobivuse seisukohalt tuleks eelistada lahendusi, mis füüsiliselt suunavad liiklust. Liiklusohutuse seisukohast on kõige turvalisemaks lahendus, kus liikluskorraldus suunab liikleja füüsiliselt vajalikku suunda ja liiklejale ei jäeta valikuvabadust sõidusuuna ja -trajektoori valikul.

Eeltoodust tulenevalt soovime antud projekti raames kasutusele võtta EN1317 järgselt testitud küljele manuaalselt avatavad väravad, mis on kombineeritud füüsilisest avatavate tõkenditega.

4. Parkla tõkkepuude süsteem ja parkimisandurid

Eesmärk

Parkla tõkkepuude süsteemi eesmärk on tagada, et parklasse pääsevad ainult veoautod ja operatiivsõidukid (sh hooldustehnika ja prügiveedu). Parkimisandureid kasutatakse vajadusel üksikute parkimiskohtade hõivatuse tuvastamiseks.

Parklasse pääsevad sõidukid jagunevad järgmiselt:

- Veokid ehk parkla kasutajad, kes pargivad
- Operatiivsõidukid: politsei, kiirabi, päästeamet
- Hooldustehnika. Tegemist on üldjuhul kas veokite (prügiveok) või kaubikutega. Erandiks võivad olla talvist hooldust teostav tehnika, milleks parklates kasutatakse laialdaselt frontaallaaduriga varustatud ratastraktoreid.

Kuna E265 projekti raames rajatav parkla on tõkkepuudega piiratud, siis on võimalik lahendada ülesanne ka parkimisandureid kasutamata. Parkimisandureid käsitletakse allpool juhuks, kui osutub vajalikuks jälgida ka üksikute parkimiskohtade hõivatust.

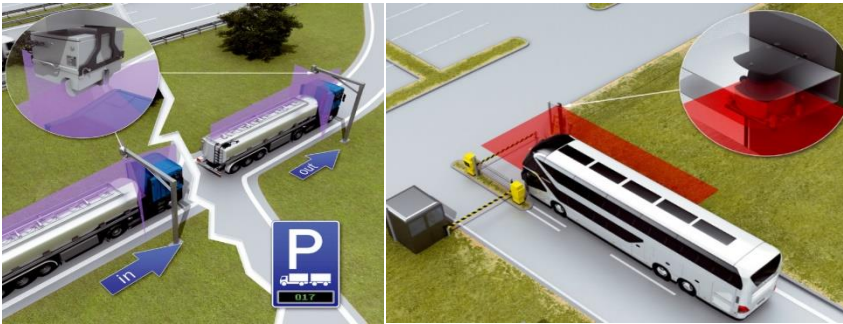
4.1. Võimalikud lahendused tõkkepuude juhtimiseks, et parklasse pääseksid veokid

Sick TIC102 lidarsensor ja ANPR kaamera

Lidar sensorid on võimelised profileerima ning tuvastama eri liiki sõidukeid. Tuvastamisandmete põhjal saab luua juhtimisloogika tõkkepuudele nii, et need avanevad ainult siis, kui on tuvastatud veok. Sick TIC102 täpsus on 99%. Veokitele unikaalse ID loomiseks ning selle põhjal parkise aja arvestamiseks, on vajalik paigaldada ka numbrimärgituvastusega videovalvekaamera (ANPR), mis tuvastab veoki numbrimärgi. Numbrimärgituvastuse teine ülesanne on numbrimärgi nimistu põhjal kontrollida, kellel on lisaks veokitele ligipääs parklasse. See võimaldab ka operatiiv- ja hooldussõidukitele ligipääsu.

Sellise kombinatsiooniga (Lidar + numbrimärgituvastus) lahenduse puhul puudub otsene vajadus eraldi parkimiskohtade hõivatuse jälgimiseks anduritega. Paigaldades lidari koos ANPR kaameraga sissesõidule ja ainult kaamera väljasõidule, saame nende vahendusel piisavalt informatsiooni, et omada igal ajal ülevaadet parkivate veokite arvu ja parkimise kestuse osas. Samuti on kättesaadavad statistilised andmed

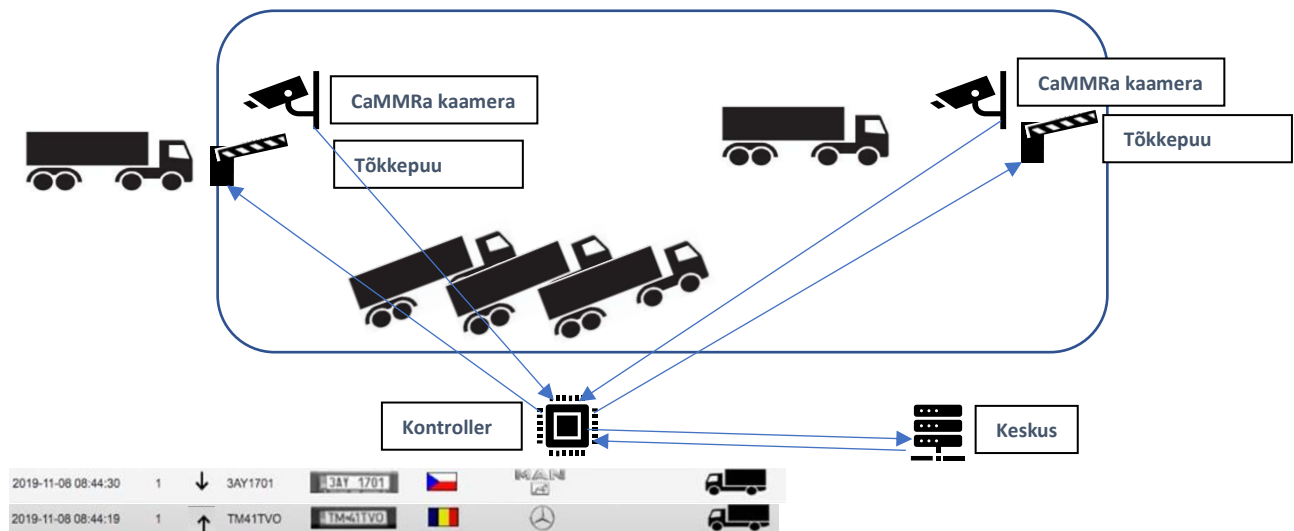
kõigi parkimiste kohta. Lisaks riistvarale on vajalik ka arendada tarkvara, mis antud seadmeid juhiks ja andmeid korjaks ning neid seostaks.



Joonis 4.1 Lidarsensori kasutamine sõidukite tuvastamiseks ning parklasse lubamiseks

FF Group CaMMRa

Sarnaselt eelnevale lahendusel, on ka selle lahenduse üks komponent videovalvekaamera, mis on varustatud võimekama masinnägemise lahendusega ning lisaks numbrimärgile, suudab sõiduki kohta märksa rohkem infot tuvastada. FFGroup CaMMRa on liiklust ja sõidukeid analüüsiv servtöötlemise tarkvara, mis töötab Axis videovalvekaameratel. CaMMRa tuvastab kellaaja, suuna, numbrimärgi, numbrimärgi väljaandja riigi, sõiduki valmistaja ja mudeli, sõiduki tüübi ning sõiduki värvi.



Joonis 4.2 Võimalik veiki- ja numbrituvastusega parklalahendus

Eelnevalt loetletud info on piisav, et selle põhjal tagada pääs parklasse ainult veokitele. Ligipääs operatiiv- ja hooldussõidukitele on tagatud samuti läbi ligipääsu õigust omavate numbrimärkide nimekirja. Seega

kaamera analüüsib nii numbrimärki, kui ka sõidukit ning sissepääs tagatakse, kui nimekirjas on vaste tuvastatud numbrimärgile või kui tuvastati veok.

Numbrimärk on unikaane identifikaator parkimise kestuse ja parkla üldise hõivatuse arvutamiseks. Parkla toimimiseks on vaja kahte kaamerat koos CaMMRa tarkvaraga – üks sissepääsul ja teine väljapääsul. Integratsiooni teostamiseks muude süsteemidega on olemas API liides. Olemasolevat parkla haldustarkvara sellise lahenduse puhul veel ei eksisteeri.

Date/Time	Zone/Direction	Plate	Photo	Country	Brand	Model	Type
2019-11-08 08:44:34	1 ↓	6S30964			DAF		
2019-11-08 08:44:33	1 ↓	FZ1615J			VW	crafter	
2019-11-08 08:44:33	1 ↓	5AB9245				fabia	
2019-11-08 08:44:32	1 ↓	1SV2758			VW	golf	
2019-11-08 08:44:31	1 ↓	K9299AX				1,3,4,5,7	
2019-11-08 08:44:30	1 ↓	3AY1701			IVECO		
2019-11-08 08:44:26	1 ↓	3SV1162					
2019-11-08 08:44:25	1 ↓	AKN2551				octavia	
2019-11-08 08:44:21	1 ↓	5AN0212				superb	
2019-11-08 08:44:19	1 ↓	TM41TVO					
2019-11-08 08:44:18	1 ↓	3SU0138				corolla	
2019-11-08 08:44:17	1 ↓	6AM3062				fabia	
2019-11-08 08:44:16	1 ↓	4SE0604			VW	ducati	
2019-11-08 08:44:16	1 ↓	3SI1501					
2019-11-08 08:44:14	1 ↓	5AS3868				sprinter	

Joonis 4.3 Kuvatõmmis CaMMRa tarkvarast

CaMMRa on täielikult integreeruv ka Milestone Xprotect videovalvekaamerate haldustarkvaraga ning võimaldab videosalvestistest sõidukite otsimist numbrimärgi, värvi, liigi, tootja, mudeli ja riigi alusel.

Numbrimärgituvastuse toimimise seisukohast on oluline, et numbrimärk oleks puhas ja loetav. Seetõttu on vajalik paigaldada parkla sissesõidule vastav teavitustahvel numbrimärgi puhastamise kohta ning seda mitmes eri keeles.

Tabel 4.1 Tõkkepuude juhtimise süsteemide võrdlused ja maksumused

	Lidar Sick TIC102 + ANPR Axis P1445-LE LPR	CaMMRa litsents + Axis Q1700-LE
Täpsus	99%/95%	96%
Tuvastab	Sõiduki liigi, numbrimärgi, profiili, pikkuse	Sõiduki liigi, numbrimärgi, tootja, värvi
Üke sissesõidu/ühe väljasõidu tuvastusseadmete ja tarkvara maksumus 5 a garantiiga ¹	19 000€+km	9000€+km
Paigaldus, kalibreerimine, häälestus	7 000€+km	3000€+km
Tuvastusseadmete hooldus	puudub	puudub
Haldustarkvara arenduse maksumus	-	-

¹ – sisaldab tuvastusseadmeid, kontrolleri riistvara, IO mooduleid, kommunikatsiooniseadmeid ja seadmekappi

Haldustarkvara

Nimekiri ülesannetest, mida kohapealne haldustarkvara peab täitma. Haldustarkvara töötab kohapealses kontrolleris ning teostab järgmisi toiminguid:

- Koondab kaamerate ja lidaritest tulevat tuvastusinformatsiooni ning juhib tõkkepuud vastavalt etteantud stsenaariumitele (kui tuvastatakse veok -> sissepääs, numbrimärgil on vaste lubatute nimekirjas -> sissepääs).
- Peab arvet sisenenud ja väljunud veokite üle ning kalkuleerib täituvust.
- Aktiivsete parkimiste loend ja kestus koos detailse infoga.
- Parkimisstatistika kestuse, numbrimärgi, tootja, riigi järgi.
- Annab reaajas sisendit TMC-le parkla täituvuse kohta, mida oma korda edastaks üle muutuvmärkide haldusmooduli parkla vabu kohti kuvavale muutuvmärgile.
- Kaamerate tulev videovoog suunatakse otse Milestone VMS-i.
- Annab reaajas sisendit „Targa tee“ rakendusele parkla avatuse ja täituvuse kohta.

4.2. Parkimisandurid

Ülevaade

Parkla lahenduste valik on lai, kuid valdav enamus on mõeldud parkimismajades või maa-alustes parklates kasutamiseks.

Tootjate järgi on lahendused jagatavad kahte tüüpi: täislahenduste tootjad ja ainult parkimisandurite tootjad. Ainult andureid pakuvad tootjad, kes kasutavad oma andurites IOT kommunikatsioonilahendusi. Põhjuseks asjaolu, et IOT-st on kujunemas standard ja parkimislaheduse toimimiseks ei ole oluline, et kõik lahenduse komponendid tuleksid ühe ja sama tootja käest. See loob võimaluse kasutada parasjagu neid andureid, mida vaja on ja ei ole piiratud ühe tootja kitsa valikuga. Sõiduki tuvastamismeetodi alusel on andurid jagatava järgmiselt.

Videopõhised masinnägemise lahendused

Videovalve kaamera videovoogu analüüsiv haldusserveril töötav tarkvaraline lahendus. Antud lahenduse eeliseks on asjaolu, kui parklasse on juba turvalisuse tagamiseks ettenähtud videovalvekaamerad on, saab



Joonis 4.4 IntuVision kuvatõmmis

kasutada sama videovoogu ka parkla täituvuse määramiseks. Vajalik on videovalve ja parklaprojekti eelnev kooskõlastamine, et kaamerate paigutus võimaldaks mõlemat funktsiooni täita. Juhul, kui parklasse on planeeritud valgustus, tuleks parkimiskohtade tuvastus ka valgustusprojektiga kooskõlastada, et maksimaalselt ära kasutada valgustuse tarbeks paigaldatavaid poste ja võimalusel ka toidet.

Kui aga videoalvet pole ette nähtud, siis ei ole videotöötlusel baseeruv lahendus mõttekas, sest vajab kohapealset taristut, toidet ja kommunikatsioonilahendust. Lisaks on vajalik paigaldada piisava jämeduse

ja kõrgusega postid, et pilt oleks stabiilne ja ei esineks tuulest tingitud kõikumist. Vältimaks veokite üksteise varjamist, peavad kaamerad asetsema võimalikult kõrgel. Lisaks tuleb hinnata videotöötlaste põhiste lahenduste toimimist pimedal ajal ja vajadust valgustuse järele.

Autonoomse toitega pinnapealsed või süvistatavad magnetilised, radar, infrapuna või magnetiline/radar kombineeritud andurid



Joonis 4.5 Erinevad IOT andurid, Wuhan Turbo, Parkdroid, Bosch ja Mobilisis

Valik on väga lai ja andurite tehnoloogiline areng on tormiline. Andurite maksumused jäävad vahemikku 120-400€. Oma olemuselt on need andurid kõik sarnased, kasutades autonoomseks toiteks üldjuhul suure energiatihedusega ja madalaid töötemperatuure taluvaid liitiumionakumulatoreid.

Erinevad tuvastus- ja kommunikatsiooniviisid

Tuvastusviisidest levinuim on magnetiline, mida osad tootjad kombineerivad infrapuna või radariga. Magnetiline/radar kombinatsioon oleks Eesti tingimustes töökindlam, kus andurit katta võivad lumi ja jää võivad infrapuna häirida.

Kommunikatsiooniviise on kaks:

- 868 MHz vabasagedusel toimivad andurid, mis kasutavad tootja kinnist protokollid ning vajavad kohapealset tugitaristust signaalikontsentraatorite, parkla kesk- ja sideseadme näol. Sellele lisandub haldusserver, mis asub kas kliendi serveriressursil või pilves.
- IOT kommunikatsioon, mis jaguneb kolmeks: NB-IOT, LoraWan ja SigFox. Neist esimene on üle tavamobiilivõrgu toimiv madala energiatarbega kommunikatsioonistandard ning ülejäänud kaks on omaette operaatorvõrgud IOT seadmete ja parklate haldusserveri vahelise kommunikatsiooni vahendamiseks. Kuna IOT näol on tegemist avatud standardite või protokollidega, siis võimaldab see parklate haldusserveri lahendusena kasutada kolmandate osapoolte lahendusi või ise arendada vajalik halduslahendus. Uuringu teostamise hetkel ületab katvuselt NB-IOT leviala ülejäänud kahte tuntavalt.

IOT andurite paigaldus

IOT andureid on võimalik üldjuhul paigaldada pinnapealsena või süvistatuna. Siiski võib tootjate lõikes



Joonis 4.6 IOT andurite paigaldusviisid: sama andur, pinnapealne ja täielikult süvistatud

olla paigalduse osas erisusi, mis tulenevad anduris kasutatavatest tuvastustehnoloogiatest. Näiteks ei saa täielikult süvistada ja katta andureid, mis kasutavad infrapuna.

4.2.1. Intuivision video põhine parklahendus

On serveril töötav lahendus, mis analüüsib videovalvekaamerate videovooge ja tuvastab parkla täituvuse. Üks kaameraga suudab jälgida 5 veoki parkimiskohta, seega on 100 kohalise parkla parkimiste tuvastamiseks vajalik videovalvekaamerate arv 20, millele lisandub tugitaristu ja paigalduskonstruktsioonide. Samuti vajab videotötluse teostamiseks serveriresurssi.



Joonis 4.7 Intuivision kuvatõmmis

Tarkvara sisaldab haldus-, statistika ja reaalaajainfo moodulit ning API liidest muude süsteemidega info vahetamiseks.

Teenusepõhine ühe kaamera litsentsi kumulatiivne 5 aasta maksumus on: 1850€+km

4.2.2. Mobilisis IOT anduritega täislahendus

Mobilisis lahenduses on anduritena kasutusel autonoomse toitega NB-IOT andurid, mis on täielikult sivistatavad ning täiesti immuunsed mistahes talihoolde vahendite ja meetodite suhtes. Andurid edastavad oma staatuse teenusepakkuja andmekeskuses asuvalle haldusserverile üle NB-IOT võrgu. Andurite puhul puudub püsitoite vajadus. Tarkvara sisaldab haldus-, statistika ja reaaliajainfo moodulit ning API liidest muude süsteemidega info vahetamiseks.

Mobilisis parkimisanduri maksumus: 475€ +km

Mobilisis parkimise haldussüsteemi 1 anduri teenuslitsents 5 aasta kumulatiivne maksumus: 160€+km

4.3. Võrdlus ja optimaalseim lahendus

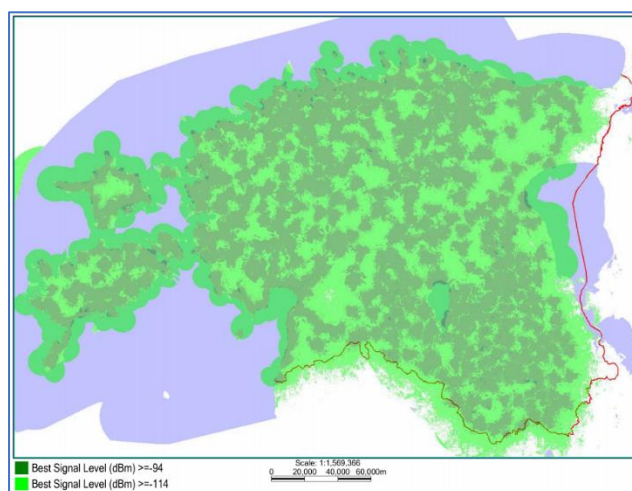
Hooldus- ja käidukulud

Videopõhise parklalahenduse anduritena kasutatavate videovalvekaamerate kasutamisega on vähemalt 10 aastat ja nendega ei kaasne otseseid käidukulusid. Ka ei ole tootjate poolt ettenähtud hooldusi, kuid vajadusel on siiski vajalik puhastada korpuste optilisi pindasid sinna kogunenud mustusest.

IOT andurite kasutamisega sõltub patarei kestusest, mis on tavaliselt 5-7 aastat. Tootjapoolt ettenähtud korralise hoolduse vajadus puudub. Siiski on vajalik teostada iga aastane kontroll veendumaks, et andurid on korralikult paigas. Otseste käidukuludena lisanduvad sidekulud, NB-IOT puhul on igale andurile vajalik omaette liitumine koos SIM kaardiga, mis andurisse paigaldatakse. Olenevalt operaatorist, on sidekulu ühe seadme kohta vahemikus 1,19-1,58 €/kuu, mis teeb 3,57-4,74 €/kuus ning 42,84 - 56,88 €/aastas ühe veoki parkimiskoha kohta.

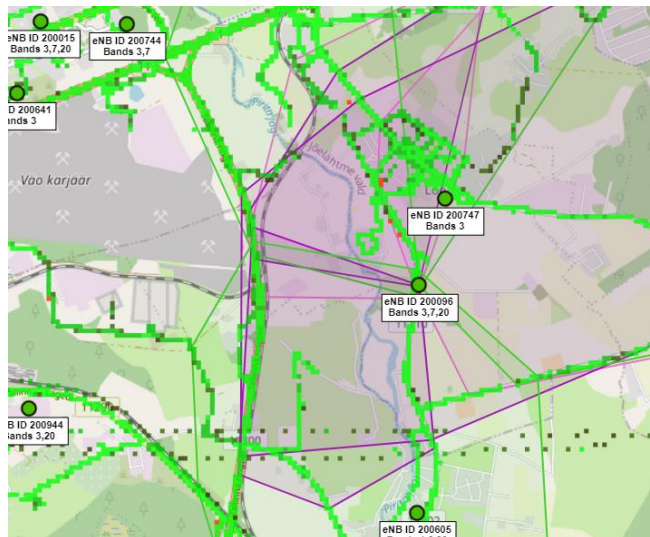
NB-IOT ja selle leviala

NB-IOT ehk Narrow Band Internet of Thing on mõeldud väikesemahuliste masinloetavate sõnumite edastamiseks, kus on oluline, et sideseansi võimalikult madal energiakulu, mis võimaldab sensoritel aastaid töötada. NB-IOT võrk katab peaaegu kogu Eestit, erandina on piirialad Venemaa, mis on tingitud sageduste koordineerimisest viimasega. Mobiilioperaatoritest Elisa NB-IOT leviala katvus on 95% ja Telia katvus on kõrvaloleval joonisel.



Joonis 4.8 Telia NB-IOT leviala. Allikas: telia.ee

Siiski on oluline jälgida, et parklale lähim NB-IOT võimekusega mobiilimast asuks 3-5 km kaugusel. See on tingitud andurite paiknemisest katendis, mis piirab signaali ning vältimaks liigset energiakulu sideseansside teostamisel, mis omakorda võib oluliselt lühendada anduri kasutusiga.



Joonis 4.9 Telia mastid ja lähima saatja rakkude seadistus Veneküla piirkonnas. Allikas cellmapper.net

Tabel 4.2 Parkimislahenduste ja andurite võrdlus

	Intuvision	Mobilisis	Wuhan Turbo	Parkdroid	Bosch Smart Parking	Libelium
Tüüp	Video põhine täislahendus	IOT põhine täislahendus	IOT andur	IOT andur	IOT andur	IOT andur
100 kohalise parkla andurite arv	20 kaamerat	300	300	300	300	300
Anduri eluiga	10 aastat	5-7 aastat	7 aastat	5-7 aastat	5 aastat	10 aastat
Anduri maksumus	800€+km	475€+km	150€+km	120€+km	210€+km	200€+km
Andurite maksumus kokku	16 000€+km	142 500€+km	45 000€+km	36 000€+km	63 000€+km	51 000€+km
Tarkvara maksumus kokku 5 aastat:	37 000€+km	48 000€+km ¹	-2	-2	-2	-2
Lahenduse maksumus	53 000€+km	190 500€+km	45 000€+km ³	36 000€+km ³	63 000€+km ³	51 000€+km ³

¹ – tarkvara teenusena

² – haldustarkvara on vaja arendada

³ – lisandub haldustarkvara maksumus

Optimaalseim lahendus

Tulenevalt omadustest ja maksumustest on optimaalseim variant kasutada kombineeritud lahendust turul saada olevatest anduritest ning projekti tarbeks arendatavast haldustarkvarast. See võimaldaks paindlikust ja vabadust andurite kasutamise osas ning võimaldaks ühe ühtse halduse alla võtta nii tõkkepuude juhtimissüsteemid, kui ka parkimisandurid. Selline lähenemine tagab võimaluse järgnevate parklaprojektide korral otsustada püsitoite puudumisel, kas majanduslikult on otstarbekas ehitada püsitoite või kasutada IOT andureid. Kuna andurite areng on kiire ja valik lai, siis allpool kirjeldatud nõudeid, millele IOT andurid peaksid vastama.

Eesti ilmastikuoludest johtuvad nõuded

- Madalad temperatuurid, kuni -30°C
- Kõrged temperatuurid, suviti võib katendi pinnatemperatuur tõusta +50 - +60°C.
- Vedelikukindlus, klass IP67 vähemalt.
- Toimimine juhtudel, kui andur on kaetud: lumi, lörts, jää jne.
- Võimaldama talihooldust, s.h. lumekoristust olenemata saha tüübist, (näiteks tavaliselt kasutatakse parklates lumekoristuseks frontaallaaduriga varustatud tehnikat).

Muud nõuded

Tulenevalt veokite pikkusest, on vajalik kasutada ühe parkimiskoha kohta kolme andurite, et tuvastada ka ilma haagiseta veokeid.

Andur

Kombineeritud magnetiline /radar andur. Lisaks kahele anduri poolt saadetaavale staatussõnumile, mille võib tinglikult „Hõivatud“ või „Vaba“ nimetada, on oluline, et anduri poolt saadetakse ka seadme olukorra nõ. raport seadme korrasoleku kohta koos patarei taseme näiduga ning seda sagedusega vähemalt 1x ööpäevas.

Haldusserver tegeleb parklatest tulevate andmete töötlemise, hoiustamise, statistika, vahendamisega kolmandatele süsteemidele ning serverib platvormist (PC, tahvel, telefon) sõltumatut veebipõhist haldus- ja kasutajaliidest.

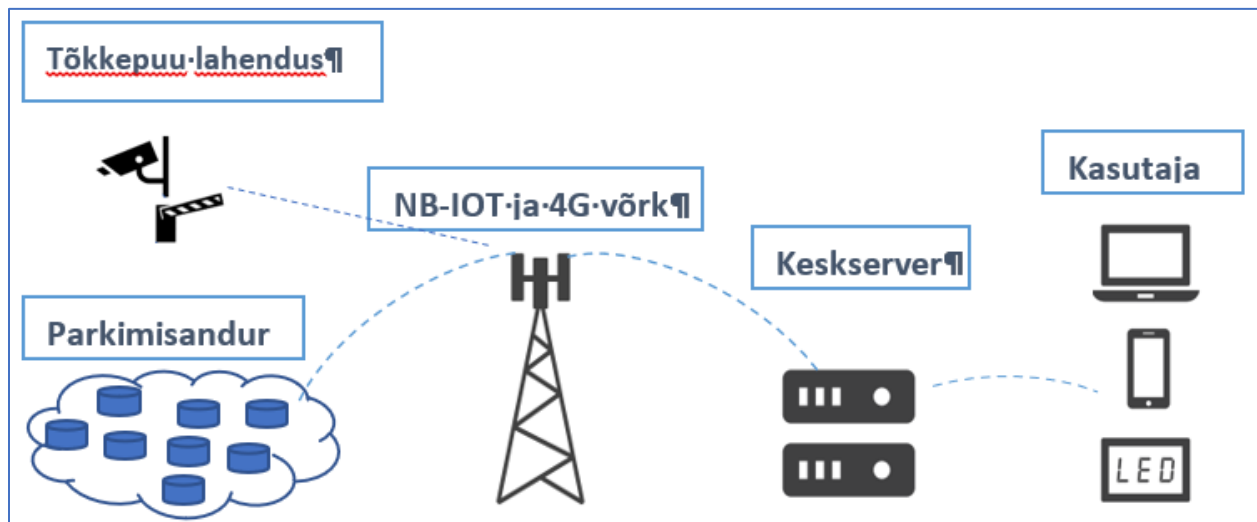
IOT andurite puhul töötab haldustarkvara töötab serveriressursil ning teostab järgmisi toiminguid:

- Koondab erinevatest parklatest tulevat andurite informatsiooni.
- Peab arvet hõivatud ja vabade parkimiskohtade üle ning kalkuleerib täituvust.
- Aktiivsete parkimiste loend ja kestus koos detailse infoga.
- Reaalajas graafiline ülevaade parkla kohta.

- Parkimisstatistika kestuse osas.
- Annab reaalajas sisendit TMC-le parkla täituvuse kohta, mida oma korda edastaks üle muutuvmärkide haldusmooduli parkla vabu kohti kuvavale muutuvmärgile.
- Annab reaalajas sisendit „Targa tee“ rakendusele parkla avatuse ja täituvuse kohta.

Lahenduse toimimisskeem

Olenemata lahenduste tehnilistest erinevustest, on võimalik tõkkepuu ja IOT parkimisandurite lahendusi ühtselt hallata. Vajalik on see juba seetõttu, kuna mõnes parklas võib osutuda vajalikuks mõlema süsteemi rakendamine. Joonisel 4.10 on ühtne toimimisskeem lihtsustatud kujul.



Joonis 4.10 IOT parkimisanduritel baseeruva ja tõkkepuu lahenduste toimimisskeem

5. Liikluse ümbersuunamise stsenaarium

Liikluse ümbersuunamise stsenaarium on ettenähtud Tallinna ringteel rakendamiseks juhul, kui on tarvidus mistahes põhjustel liikluse ümbersuunamiseks ühele niidile. Stsenaarium on koostatud tehnoloogianeutraalselt st. olenemata, millist tehnoloogist lahendust ümbersuunamisel kasutatakse. See on tingitud asjaolust, et juba olemasolevaid väravalahendusi on Tallinna ringteel mitut tüüpi ning tõenäoliselt lisandub Jüri-Kurna vahelisel lõigule veel ühte tüüpi väravalahendus. Liikluse ümbersuunamise stsenaarium peaks olema üks osa üldisest intsidentide tuvastamise, klassifitseerimise ja käsitlemise reeglistikust. Olenemata kasutusel olevast tehnilisest lahendusest, on liiklusohutuse seisukohast kõige ohtlikum nende süsteemide rakendamine, st ajaline periood, mil väravaid avatakse või liigutatakse avatud positsiooni, mistõttu on vajalik lahenduse rakendamisel vastava(te) autoriseeritud isiku(te) viibimine väravate juures, kes reaalselt väravad avavad seejuures veendudes, et see on ohutu. Ilmtingimata on vajalik tagada side kohapeal asuvate autoriseeritud isikute ja TMC vahel. Ka otsuse liiklus ümbersuunata, langetavad kohapeal viibivad autoriseeritud isikud vastavalt olukorrale ja vajadusele ning olenevalt asukohast rakendades sealseid tehnilisi vahendeid.

Dünaamiline stsenaarium

Lähtudes Tallinna ringteele tulevast uuest liikluse monitoorimise süsteemist, mis võimaldab reaajas liiklusvooge jälgida ning E265 ITS projekti piloottüüpi iseloomust, julgustame Tellijat rakendama ning juurutama uuenduslikku dünaamilist ümbersuunamise stsenaariumit. Dünaamilise stsenaariumi korral ei ole järgalt ettemääratud asukohti, millistes asuvate liikluskorraldusvahendite vahendusel (VMS, I2V, jne) teavitatakse liiklejaid toimunud intsidentidest, ümbersuunamistest ja rakendatud sõidukiirustest vaid lähtuvalt intsidendi mõjust tavapärasele liiklusvoole rakendatakse dünaamilisi mõjutsoone ning liiklejatele antakse tsoonidele vastavat infot ja korraldusi. Samuti võimaldab dünaamiline stsenaarium arvestada ajaga, millal ümbersuunamist vajav intsident aset leiab, sest näiteks õhtuse tipptunni ajal toimunud intsidendi puhul on tõenäoline, et mõju on kogu ringteed hõlmav ning infot ja korraldusi tuleb edastada samuti kogu ringtee ulatuses. Samas öisel ajal toimunud intsidendil on vaevumärgatav mõju ning liikluskorralduslikud meetmed on vajalikud ainult ümbersõidu vahetus läheduses.

Intsidendi mõju ja tsoonid

Lähtudes pikaajalisest tavapäraste liiklusvoogude keskmistest näitajatest intsidendi toimumiskohas, tuvastatakse kogu ringtee ulatuses liiklusvoogude kõrvalekalle tavapärasest ning liigitakse vastavalt tsoonideks.

Punane – intsidendist tingitud liiklusseisak, jne

Oranž – tavapärane liiklus tugevalt häiritud

Kollane – keskmine mõju

Roheline – mõju marginaalne või olematu

Eesmärk on visualiseerida intsidendi mõju ja progresseerumist ajas ning mis võimaldaks hilisemas analüüsifaasis paremini muudatusi sisse viia ja ka tulevikus vastavate vahendite olemasolu korral situatsioone simuleerida. Loomulikult eeldab see intsidendi eelse, aegse ja järgse detailse informatsiooni salvestamist.

Tsoonidele vastavad teavitused ja korraldused

Roheline tsoon

- teavitused IVS-EVFT ja VMS infotabloo vahendusel: „LIIKLUSÕNNETUS ... KM“

Kollane tsoon

- teavitused HLN-AZ, IVS-EVFT ja VMS infotabloo vahendusel: „LIIKLUSÕNNETUS ... KM“
„UMMIKU PIKKUS KUNI 5 min“
- korraldused IVS DSLI ja VSL vahendusel sõidukiirus „...“ Km/h
- hoiatus VWS vahendusel: „LIIKLUSÕNNETUS“

Oranž tsoon

- teavitused HLN-AZ, IVS-EVFT ja VMS infotabloo vahendusel: „LIIKLUSÕNNETUS ... KM“
„UMMIKU PIKKUS KUNI 15 min“ „SOOVITUSLIK ÜMBERSÕIT KAUDU“
- korraldused IVS DSLI ja VSL vahendusel sõidukiirus „...“ Km/h
- hoiatus VWS vahendusel: „LIIKLUSÕNNETUS“

Punane tsoon

- teavitused HLN-AZ, IVS-EVFT ja VMS infotabloo vahendusel: „LIIKLUSÕNNETUS ... KM“ „UMMIKU PIKKUS KUNI 15 min“ „..... SUUND SULETUD“
- korraldused IVS-DSLJ ja VSL vahendusel sõidukiirus „...“ Km/h
- korraldused IVS-DLM vahendusel sõidurea vahetamiseks
- hoiatus VWS vahendusel: „LIIKLUSÕNNETUS“
- hoiatus ümbersuunamisele lähimal WVS-I „KAHESUUNALINE LIIKLUS“
- korraldused LCS-i või vahendusel sõidurea vahetamiseks

I2V mõisted:

- IVS – In-vehicle Signage
 - EVFT – Embedded VMS „Free Text“
 - DSLI – Dynamic Speed Limit Information
 - DLM – Dynamic Lane Management
- HLN – Hazardous Location Notification
 - AZ – Accident Zone

Protsessi kirjeldus

1. Üldine intsidentide tuvastamine, klassifitseerimine ja käsitlemine (lihtsustatud kujul)
 - a) toimub muudatus liiklusvoo kiiruse osas – vastavalt väljatöötatud stsenaariumitele alandatakse sõidukiirust olenedes muutuse suuruselt.
 - b) tehakse selgeks, kas tegemist on intsidendiga ning millist tüüpi (kaamerate abil, häirekeskuse vahendusel, jne) – kui on tegemist intsidendiga, mis vajab päästeameti/politsei sekkumist, jätkub skeem punktis 2. Vastasel juhul rakendatakse tavapäraseid liiklusjuhtimise stsenaariume
2. Liikluse ümbersuunamise alajaotus
 - a) TMC alandab kiirust, rakendatakse VWS, kuvatakse vastav teavitus infotabloom ning kõik eelpool kirjeldatu dubleeritakse I2V süsteemis
 - b) sündmuskohale sõidab välja päästeamet/politsei/hooldaja ja kohapeal olukorda hinnates langetatakse otsus, kas on vajalik sõidusuund sulgeda või mitte

- c) kui sõidusuunda on vaja sulgeda, siis käitatakse järgnevalt
 - a. langetatakse otsus, kes toimingutega hakkab tegelema ning teavitatakse TMC-d
 - c) TMC rakendab vastava lõigu ümbersuunamise sätteid, kus alandatakse sõidukiirust veelgi mõlemal suunal ning kuvatakse vastav informatsioon ümbersuunamise kohta (paralleelselt rakendatakse VMS märgid ning I2V sõnumid)
 - d) oleneb tehnilisest lahendusest. Juhul, kui need olemas on, pannakse füüsilistel tõkenditel lambid vilkuma
 - e) juhul, kui need on, hakatakse füüsilisi tõkendeid rakendama
 - a. kõige kaugem tõkend kuni väravale lähedamal asuv tõkend
 - f) autoriseeritud isik veendub ohutuses, et keegi ei sõida teises sõidurajas ning et väravate avamine on ohutu
 - g) avatakse kõigepealt vaba värav (värav, kust peaksid ummikus seisvad sõidukid oma suunale tagasi keerama)
 - h) seejärel avatakse värav, kus asuvad sõidukid seisavad ummikus
 - i) veendutakse, et liiklus toimib ja vajadusel reguleeritakse ummik lahti
 - j) reguleerijate abil reguleeritakse lahti ka õnnetustsooni kinni jäänud sõidukid (ilmselt osad peavad tagurdama)
 - k) TMC jälgib kogu aktiivse perioodi kestel kogu ringtee liiklusvoogusid ja intsidendi mõjutsoone ning korrigeerib vastavalt vajadusele sõidukiirusi ning kuvab infot kas kogu ringtee ulatuses või siis lõiguti tagamaks sujuvat liiklust ning vältimaks liigsete järjekordade tekkimist ümbersõidu otstes
 - l) intsidendi lahendamise/likvideerimise järgselt taastatakse esialgne liikluskorraldus tagurpidises järjekorras (kõigepealt õnnetuses osalenud suund ja siis alles teine)
 - m) kohapealne isik veendub väravasüsteemi täielikus deaktiveerumises ning teavitab TMC, kes rakendab tavatingimustele vastavad liikluskorraldus stsenaariumid
3. Intsidendijärgne analüüs ning parendusmuudatuste sisseviimine

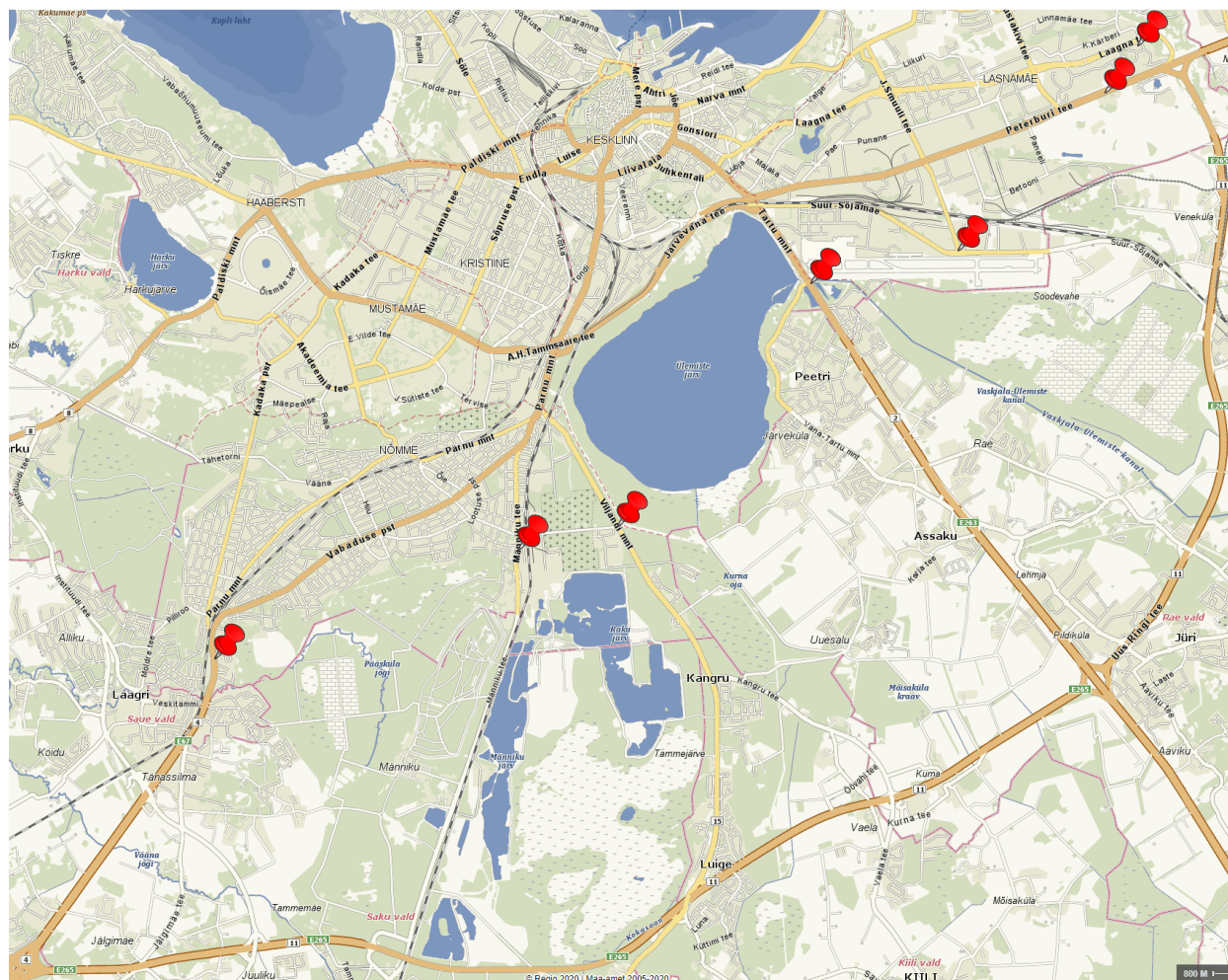
6. Maanteeameti liiklusjuhtimiskeskuse ja Tallinna linna foorijuhtimiskeskuse automatiseeritud informatsiooni ristkasutuse võimalused, et Tallinna ringteele sisenevaid ja väljuvaid liiklusvoogusid paremini juhtida.

Eesmärgiks on parendada Tallinna ringteele sisenevate ja väljuvate liiklusvoogude juhtimist läbi informatsiooni vastastiku jagamise. Et analüüsida Maanteeameti liiklusjuhtimiskeskuse ja Tallinna foorijuhtimiskeskuse informatsiooni automatiseeritud ristkasutuse võimalusi, alustame Tallinna foorijuhtimiskeskuse võimekusest ja informatsioonist, mida kogutakse.

Tallinna foorijuhtimiskeskus puhul on põhirõhk ristmike jälgimise ja nende läbilaskvuse tagamisel. Lisaks jälgitakse ristmikel toimuvat läbi videovalvekaamerate, mis on peamised vahendid intsidentide tuvastamiseks ja salvestamiseks. Kuigi osad foorikontrollerid võimaldavad piiratud kujul ka sõidukeid loendada ja klassifitseerida, on liiklusvoogude seireks Tallinnas eraldi liikluse seiresensorite võrgustik, mis katab tähtsamaid liiklussõlmi Tallinnas. Fooride keskhalduslahendusena on Tallinnas kasutusel Swarco Omnia tarkvara, mis eelkõige kasutusel foorikontrollerite monitoorimise vahendina. Paralleelselt on kasutusel ka vana Omnivue tarkvara, mida kasutatakse eelmise generatsiooni foorikontrollerite monitoorimiseks. Piiratud ulatuses kasutatakse Swarco Omniat eelmisel aastal avatud Reidi teel adaptiivse liiklusjuhtimise tarbeks. Praegusel hetkel puuduvad plaanid Swarco Omnia baasil adaptiivset liiklusjuhtimist laiendada ning ollakse ringi vaatamas, kuidas ja mis vahendeid mujal maailmas kasutatakse. Liikluse seirelahendusena on kasutusel Adec TDC-3 sensorid, mis on sõidutee kohale paigaldatavad seadmed pakkudes samas induktioonsilmustele sarnast lugemistäpsust ja sõidukiklasside arvu. Igas seirepunktis on oma kohalik kontroller, mis kohapealseid sensoreid haldab ja nendest seireandmeid kogub ning need andmed iga 60 sekundi tagant keskserverile edastab. Praegu kasutatakse seireandmeid ainult hilisemate analüüside ja kokkuvõtete tegemiseks.

Maanteeameti liiklusjuhtimiskeskuse vaates on Tallinna ringteele sisenevate liiklusvoogude juhtimiseks on oluline saada reaajas informatsioon Tallinna linna piiril olevatest seirepunktidest.

2019.a lõpus ehitati välja seirepunktid Tallinna põhilistele linnasisenevatele teedel, mis loendavad ning klassifitseerivad sõidukeid, mis kas sisenevad või väljuvad Tallinnast. Need seirepunktid baseeruvad samuti Adec TDC-3 anduritel, mis võimaldavad hõivata täpseid ja usaldusväärseid andmeid. Tallinna ringteele otseselt viivatele teedel asub neist seirepunktidest 7: Pärnu mnt, Männiku tee, Viljandi mnt, Tartu mnt, Suur-Sõjamäe, Peterburi tee ja Laagna tee.



Joonis 6.1 Tallinna piiril asuvad seirepunktid

Kuna praeguse seiresüsteem on kasutusel ainult hilisemate analüüside ja kokkuvõtete tegemiseks, siis tuleks esmajoones analüüsida süsteemi võimekust seirepunktidest tulevaid andmeid reaajas töödelda ja Maanteeameti liiklusjuhtimiskeskusele edastada. Tallinna seireandmete kasutamisel läbi keskserveri lahenduse võib peamiseks takistuseks kujuneda asjaolu, et olgugi, et Tallinn täie määral tasunud

seireandmete kesklahenduse arendus-, käidu- ja hoolduskulude eest, puudub neil antud lahenduse omandiõigus. Seega puudub teadmine, kas ja mis tingimustel on keskserveri lahenduse omanik nõus infovahetust võimaldama. Alternatiiv on panna seirepunktid andmeid otse Maanteeameti liiklusjuhtimiskeskusele edastama.

Tallinna foorijuhtimiskeskuse vaates on oluline saada informatsiooni eelkõige intsidentside ja vahejuhtumite ning ajutist laadi liikluskorraldusmuudatuste ja liikluspiirangute kohta.

Vestluse käigus Tallinna Transpordiameti esindajaga ilmnes, et Tallinna linn on nõus kaasrahastamise vormis arendama vajalikku võimekust andmete ristkasutuse võimaldamiseks.

Kuid pikemas perspektiivis võiks Tallinna foorijuhtimiskeskus ja Maanteeameti liiklusjuhtimiskeskus üks ühtne üksus olla. Eelkõige tähendaks see ühtset süsteemi ja samu aluseid informatsiooni käsitlemisel, kuid mis jätkuvalt kahes erineva geograafilises lokatsioonis asuda võiks. Tugeva ja kindla aluse ühtse süsteemi loomiseks annaks täismahus Frame baseeruva ITS arhitektuuri loomine, kuhu oleks kaasatud ka Tallinna linn.

7. ITS arhitektuur

Eesmärk

Arhitektuuri eesmärk on tagada kõikide olemasolevate ja tulevikus tulevate süsteemide omavaheline laitmatu toimine ja ladus integratsioon. ITS arhitektuur on alati tehnoloogianeutraalne ning põhirõhk funktsionaalsel vaatel.

7.1 E265 ITS süsteemide kirjeldus ja otstarve

Maanteeameti andmeladu – keskne baasandmete hoiustamine ja serverimine analüüside, planeeringute, trendide, prognooside jne teostamiseks.

Tarktee – avalik liiklusinfo rakendus, mis annab teekasutajatele infot liikluspiirangute, teetööde ja teeolude kohta.

VMS haldus (TMC) – Maanteeameti liiklusjuhtimiskeskus, kust juhitakse ja jälgitakse muutuva teabega liiklusmärke.

Milestone Smart Client – politsei Milestone serveri klient lahendus, mis kuvab operaatoritele tee- ja liikluskaamera videopilti. Väline süsteem, mis ei ole ühendatud Maanteeameti süsteemidega.

TMS – liikluse monitoorimise süsteem. Korjab teedel asuvatelt anduritelt baas-, agregeeritud ja sündmusandmeid. Vajadusel agregeerib ning edastab andmed järgmise taseme süsteemidele.

RWS – teeilmajaamade süsteem. Korjab teeilmajaamade baas- ja sündmusandmeid ning edastab need järgmise taseme süsteemidele.

I2V/V2I – lähimaa otsesidel baseeruv „taristu-sõiduk/sõiduk-taristu“ kommunikatsiooni võrk, mis vahendab sõidukitele hoiatusi ja infot ning korjab sõidukiinfot.

ABGS – liikluse ümbersuunamise süsteem. Eraldiseisev süsteem.

Parklad – parklate haldussüsteem, mis annab infot parklate hõivatuse kohta.

CAM – tee- ja liikluskaamerate kogum, mida hallatakse Milestone serveri vahendusel.

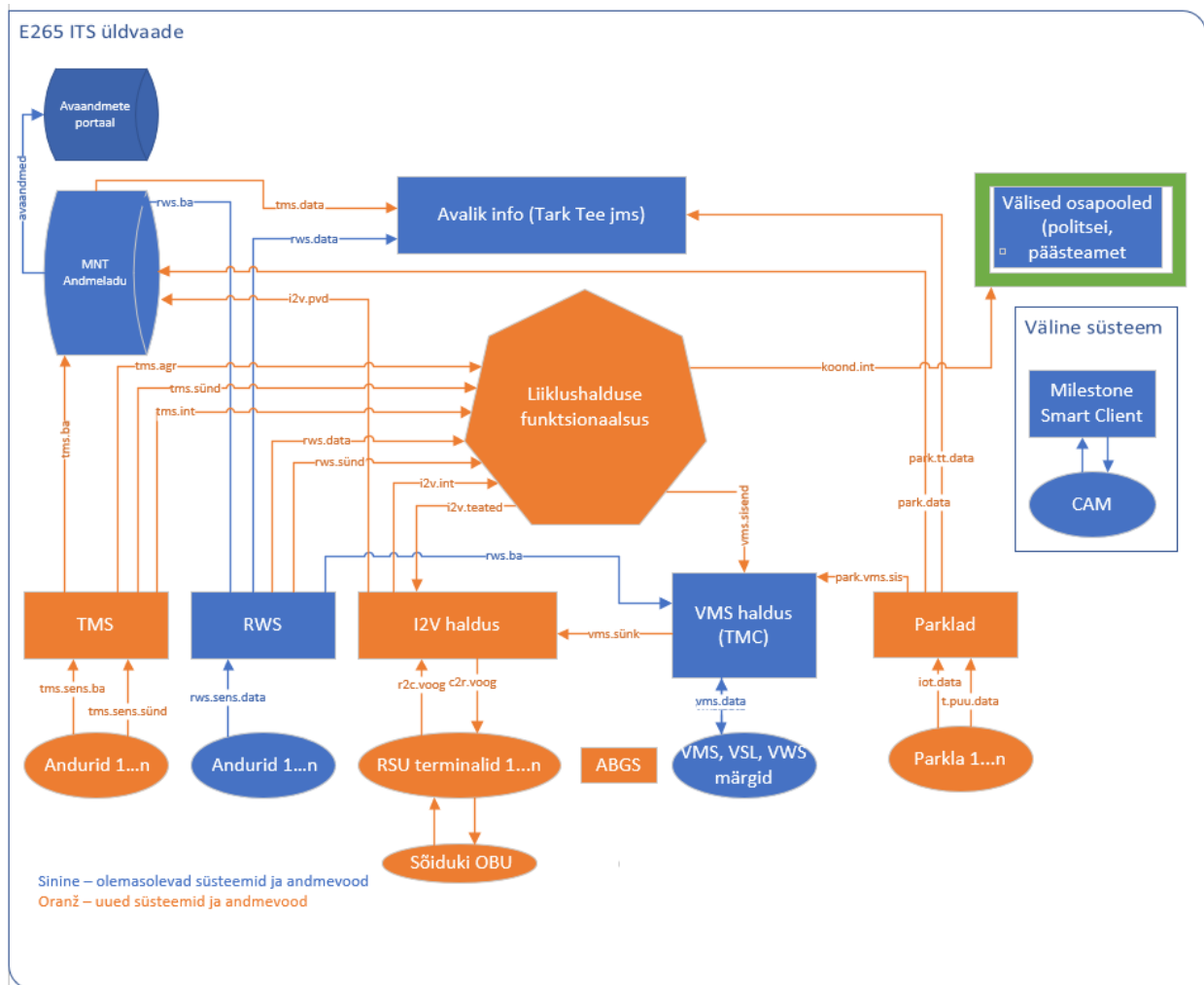
Avaandmete portaal – lüüs, mille kaudu tehakse avalikusele kättesaadavaks avaandmed

Välised osapooled – nt politsei, päästeteenistus ja muud asutused, kes saavad Maanteeameti süsteemidelt informatsiooni.

Liiklushalduse funktsionaalsus – ülemfunktsioon, mis koondab kõiki liiklusejuhtimise alamfunktsioone, mis seotud E265 ITS-ga.

7.2 E265 ITS üldvaade

Üldvaade on olemasolevate süsteemide, uute süsteemide ja liiklushalduse funktsionaalsuse sümbioosne skeem koos nende vaheliste andmevoogudega. Skeemi tegemisel on kohandatud Frame referents- arhitektuuri põhimõtteid. Liiklushalduse funktsionaalsus on koond kõikidest kasutajaõuetest ja nõetelt vastavatest alamfunktsionaalsustest.



Joonis 7.1 E265 ITS üldvaade

7.3 E265 ITS andmevood

TMS andmevood

- a) tms.sens.ba – liikluse monitoorimise süsteemi andurite baasandmete voog
- b) tms.sens.sünd – liikluse monitoorimise süsteemi andurite sündmusandmete voog
- c) tms.ba – liikluse monitoorimise süsteemi baasandmed andmelattu
- d) tms.sünd – liikluse monitoorimise süsteemi sündmusandmed TMC-le
- e) tms.agr – liikluse monitoorimise süsteemi agregeeritud andmed TMC-le
- f) tms.int – liikluse monitoorimise süsteemi intsidentide andmed TMC-le

RWS andmevood

- a) rws.sens.data – teeilmajaamade sensori andmevoog
- b) rws.ba – teeilmajaamade baasandmed andmelattu
- c) rws.data – teeilmajaamade andmevoog
- d) rws.sünd – teeilmajaamade sündmusandmete (must jää, tugev sadu jne) voog

I2V andmevood

- a) r2c.voog – terminalide ja keskuse vaheline andmevoog
- b) c2r.voog – keskuse ja terminalide vaheline andmevoog
- c) v2i.pvd – sõidukitelt saadav info (*Probe Vehicle Data*)
- d) v2i.int – sõidukitelt saadav intsidentide infovoog
- e) i2v.vms.sünk – sõidukite IVS sõnumite parameetrite sünkronisatsioon

Parklate andmevood

- a) iot.data – IOT anduritel saabuv andmevoog
- b) t.puu.data – tõkkepuu lahendustelt saabuv andmevoog
- c) park.vms.sis – parkla hõivatuse andmete sisend VMS-dele
- d) park.data – parkla kasutusandmete voog
- e) park.tt.data – avalikult kajastatav parkla info

Liiklushalduse funktsionaalsuse andmedvood

- a) i2v.teated – I2V vahendusel sõidukitele saadetavad sõnumid
- b) vms.sisend – VMS halduse juhtimisandmed
- c) koond.int – koondatud intsidentside voog välistele osapooltele

7.4 E265 ITS süsteemi kasutajanõuded

1. Transpordi planeerimine		
1.1 Eesmärk		
	1.1.1	Süsteem peab suutma vahetada liiklus- ja reisisiteavet liiklusjuhtimiskeskuste (TIn ja MNT) vahel, et parandada strateegilist planeerimist.
1.2 Informatsiooni haldus		
	1.2.1	Süsteem peab olema võimeline andma liiklejatele teavet kõigi asjakohaste transpordiliikide liiklus- ja reisingimuste kohta.
	1.2.2	Süsteem peab suutma koguda liiklusandmeid teedevõrgu kasutamise analüüsi ja prognoosimisarvutuste jaoks.
1.3 Planeerimine		
	1.3.1	Süsteem peab suutma modelleerida teedevõrku strateegilise planeerimise arvutuste jaoks, et olemasolevat maanteeinfrastruktuuri parimal viisil ära kasutada.
	1.3.2	Süsteem peab olema võimeline arendama ja rakendama liikluskeskkonna juhtimisstrateegiaid, tuginedes praegustele ja prognoositavatele liiklustingimustele.
	1.3.3	Süsteem peab olema võimeline abistama (multimodaalsete) marsruutide kavandamisel.
1.4 Hindamine		
	1.4.1	Süsteem peab olema võimeline mõõtma liiklusjuhtimisstrateegia mõju ja vajadusel seda muutma.
1.5 Raporteerimine		
	1.5.1	Süsteem kogub andmeid ja edastab neid vastavalt seadusega määratud asutustele.
2. Taristu hoolduse haldamine		
2.1 Baasteenused		
	2.2.1	Süsteem peab toetama teehooldust ja taristu haldamist.
	2.2.2	Süsteem peab võimaldama säilitada maanteede kasutusstatistikat, et hinnata võimaliku hoolduse vajadust.
2.2 Aktiveerimine		
	2.2.1	Süsteem peab suutma algatada tegevusi, et leevendada jää ja/või lume mõju maanteede taristule.
2.3 Monitoorimine		
	2.3.1	Süsteem peab saama taristu seadmete olekuandmeid eemalt.
	2.3.2	Süsteem peab toetama teedevõrgu, taristu ja teeäärsete seadmete andmebaasi.
2.4 Hooldusüksus		

	2.4.1	Süsteem peab olema võimeline edastama teavet teeholdusüksustele ja nende vahel.
2.5 Lepingud		
	2.5.1	Süsteem peab suutma toetada hoolduslepingute haldamist ja kontrolli.
3.Reisieelne info		
3.1 Modaaltsuse valikud		
	3.1.1	Süsteem peab suutma pakkuda ulatuslikku reisieavet (hinnad, piletihinnad, marsruudid, prognoos ja praegune liiklusolukord, kohalikud hoiatused, erisündmused, ilmastikuolud, hotellid jne)
3.2 Info käsitlemine		
	3.2.1	Süsteem peab olema võimeline andma reisijatele teavet, et mõjutada nende sihtkoha valikut ja/või reisimisviisi, et nt kaitsta huvipunkti või keskkonda mingis piirkonnas.
	3.2.2	Süsteem peab toetama sündmuste andmebaasi koos seostega sündmuste vahel, mis toimuvad samaaegselt ja samas või lähedalasuvas asukohas.
	3.2.3	Süsteem peab suutma pakkuda maantee- ja liiklusteavet, mis on kohandatud erinevatele kasutajarühmadele (nt reisijad, raadiosaatejuhid, teenusepakkujad jne).
4.Reisiaegne info		
4.1 Info käsitlemine		
	4.1.1	Süsteem peab olema võimeline kohandama teavet erinevatele kasutajarühmadele (nt reisijad, raadiosaatejuhid, teenusepakkujad jne).
5.Liiklusjuhtimine		
5.1 Eesmärk		
	5.1.1	Süsteem peab toetama olemasolevaid ja uusi liikluskorralduse vajadusi, pakkudes paindlikku, ent kõikehõlmavat lähenemisviisi liikluskorralduse strateegiate (sealhulgas silla ja tunneli juhtimine) määratlemiseks.
	5.1.2	Süsteem peab suutma hallata liiklust kogu maanteedevõrgul või selle osas, kasutades maanteedele sobivat meetodikat (ei ole ristmikke ja jalakäijate rajatisi), on vaid sõiduradade kasutamise juhtimine.
	5.1.3	Süsteem peab suutma kasutada erinevaid meetodikaid maanteedevõrgu erinevate alade juhtimiseks.
	5.1.4	Süsteem peab suutma rakendada kindlaksmääratud kontrollstrateegiaid, mis vastavad määratletud poliitikale.
	5.1.5	Süsteem ei tohi vähendada liiklusohutust.
	5.1.6	Süsteem peab korraldama maanteeliiklust võimalikult keskkonnasäästlikult (sh atmosfäär ja müra).

	5.1.7	Süsteem peab korraldama maanteeliiklust nii, et ummikuid (sõiduaega) saaks vähendada.
	5.1.8	Süsteem peab olema võimeline aitama infokeskuste ja juhtimiskeskuste tegevust koordineerida.
	5.1.9	Süsteem peab olema võimeline vahetama teavet infokeskuste ja juhtimiskeskuste vahel, sealhulgas üle riigipiiride.
	5.1.10	Süsteem peab tagama, et liiklejate/reisijatele teabeteenuse pakkujad on teadlikud liikluse korraldamise stsenaariumitest, et nad saaksid pakkuda sellele vastavat teavet.
5.2 Monitoorimine		
	5.2.1	Süsteem peab olema võimeline jälgima maanteevõrgu erinevaid osi, et kuvada liiklustingimusi (nt vood, hõivatused, kiirus ja sõiduajad jne) reaalajas.
	5.2.2	Süsteem peab olema võimeline jälgima ja salvestama ilmastikuolusid (tuul, udu, vihm, lumi, jää jne).
	5.2.3	Süsteem peab olema võimeline mõõtma nähtavuse ulatust ja tuvastama ebasoodsatest ilmastiku- ja saasteoludest (kuid mitte pimedusest) põhjustatud vähenemisi.
5.3 Planeerimine		
	5.3.1	Süsteem peab suutma vajaduse korral kasutada järjepidevaid varasemaid andmeid reaalajas andmete täiendamiseks.
	5.3.2	Süsteem peab suutma vajadusel prognoosandmete täiendamiseks kasutada varasemaid andmeid.
	5.3.3	Süsteem peab suutma analüüsida maantee- ja liiklusandmeid võimalike kriitiliste olukordade ennustamiseks.
	5.3.4	Süsteem peab suutma ennustada ilmastikuolusid, eriti udu ja / või jää tekkimist.
	5.3.5	Süsteem peab olema võimeline pakkuma nii varasemaid kui ka prognoosandmeid.
	5.3.6	Süsteem peab olema suuteline varasemate, praeguste ja prognoosandmete põhjal looma uusi liikluskorralduse plaane/stsenaariume.
5.4 Liiklusjuhtimiskeskus		
	5.4.1	Süsteem peab võimaldama TMC operaatoril kaugjuhtimisega kontrollida taristu elemente (nt foorid, VMS).
	5.4.2	Süsteem võimaldab TMC operaatoril registreerida kõik olulised juhtumid ja salvestada vabas tekstis sõnumeid enne nende edastamist.
	5.4.3	Süsteem peab suutma TMC operaatorile esitada maanteedevõrku graafiliselt sh sündmused, seadmed, liiklusolud jne.
	5.4.4	Süsteem peab suutma aktiveerida juhtimiseseadmeid (nt foorid, VMS) kas eraldi või rühmadena.

	5.4.5	Süsteem peab võimaldama TMC operaatoritel reaalajas teha juhtimisstrateegiates ajutisi muudatusi.
	5.4.6	Süsteem peab olema võimeline rakendama kavandatud juhtimisstrateegiaid kavandatud ürituste (nt sport, kultuur jne) korral.
	5.4.7	Süsteem peab toetama kõigi teadaolevate (tulevaste) sündmuste andmebaasi.
	5.4.8	Süsteem peab TMC operaatoritele tagama kontrollitud juurdepääsu kõigile asjakohastele süsteemidele.
5.5 Liiklusvoo juhtimine		
	5.5.1	Süsteem peab olema võimeline kontrollima kiirteede sisenemist ja sealt väljumist.
	5.5.2	Süsteem peab olema võimeline autojuhtidele soovitusi jagama, kui nad lähenevad parklatele/teenusaladele.
	5.5.3	Süsteem peab suutma tagada eriveoste liikluskorraldust (nt ohtlikud, ülegabariidilised jne).
5.6 Erisuste haldamine		
	5.6.1	Süsteem peab suutma pakkuda meetmeid teehooldustööde ja töötajate turvalisuse tagamiseks.
	5.6.2	Süsteem peab olema võimeline mitmerealistel teedel andma sõidukijuhtidele korraldusi sõiduraja muutmiseks.
	5.6.3	Süsteem peab suutma muuta korrapäraselt liiklusvoo suunda mõnel või kõigil tee sõiduradadel, nii et see ei ohustaks ühegi liikleja ohutust.
	5.6.4	Süsteem peab suutma ummikute vähendamiseks soovitada marsruudi muutmise plaane.
	5.6.5	Süsteem peab nõudma kõigi erandlike meetmete kinnitamist enne nende rakendamist.
5.7 Lähte/sihtkoha arvutused		
	5.7.1	Süsteem peab olema võimeline esitama lähtekoha/sihtkoha reisiaja kalkulatsioone.
5.8 Sõidukiiruste haldamine		
	5.8.1	Süsteem peab olema võimeline näitama sõidukijuhtidele sõidukite maksimaalset lubatud kiirust.
	5.8.2	Süsteem peab suutma seadistada muutuvaid kiirusepiiranguid osadel maantee lõikudel.
	5.8.3	Süsteem peab olema võimeline arvutama soovitatavaid kiirusepiiranguid vastavalt liiklus- ja ilmastikuoludele ning maanteede karakteristikutele.
	5.8.4	Süsteem edastab soovitatud kiirusepiirangud vastavate võimekustega varustatud sõidukitele.
5.9 I2V suhtlus		

	5.9.1	Süsteem peab suutma sõidukile teavet edastada, et ajakohastada sõidukisest andmebaasi.
6.Intsidentide haldamine		
6.1 Eesmärk		
	6.1.1	Süsteem peab tuvastama maanteedel esinevad erinevad vahejuhtumid ja reageerima neile.
	6.1.2	Süsteem ei tohi teha midagi, mis võib vahejuhtumit süvendada või põhjustada.
	6.1.3	Süsteem peab abistama päästetöid vahejuhtumite korral maanteedel.
	6.1.4	Süsteem peab minimeerima viiteaja vahejuhtumi toimumise ja selle avastamise vahel.
	6.1.5	Valehäirete minimeerimiseks peab süsteem suutma kontrollida vahejuhtumi toimumist.
	6.1.6	Süsteem peab suutma välja pakkuda ühe või mitu reageeringut vahejuhtumi lahendamiseks.
	6.1.7	Süsteem peab suutma automaatselt käivitada eeldefineeritud vahejuhtumite leevendamise/lahendamise tegevusi.
6.2 Informatsiooni haldamine		
	6.2.1	Süsteem peab suutma koguda ja salvestada andmeid iga juhtumi kohta, nt asjassepuutuvate sõidukite asukoht, tüüp, raskusaste, arv, vajalikud pääste- ja alarmsõidukid jne.
	6.2.2	Süsteem peab olema võimeline tuvastama ja klassifitseerima kõik maanteedel esinevad vahejuhtumid.
	6.2.3	Süsteem peab olema võimeline andma iga juhtumi kohta teavet infokeskustele, et reisijatele edastada.
	6.2.4	Süsteem peab olema võimeline andma reisijatele teavet konkreetse juhtumi tegevuskava rakendamise põhjuste kohta.
6.3 Raporteerimine		
	6.3.1	Süsteem peab olema võimeline koostama juhtumite andmete statistikat, nt. esinemissagedused aja, tüübi ja asukoha järgi; "kõrge riskiga" asukohtade tuvastamine teudevõrgus; intsidentide tuvastamise süsteemi toimimine.
6.4 Intsidendijärgne haldamine		
	6.4.1	Süsteem peab olema võimeline minimeerima maanteedel toimunud intsidendi mõju nendele liiklejatele, kes pole sellega seotud
	6.4.2	Süsteem peab olema võimeline jälgima vahejuhtumi tagajärgi.
6.5 Intsidentieelne haldamine		

	6.5.1	Süsteem peab suutma tuvastada neid vahejuhtumeid, mis võivad eskaleeruda liiklusõnnetusteks, nt. halvad ilmastikuolud, teel olevad objektid, vastassuunas liikleja jne.
	6.5.2	Süsteem peab suutma anda maanteede ohtlikel lõikudel kohaliku mõjuulatusega hoiatusi.
7.Kooperatiivsed süsteemid		
		(X)FCD - extended floating car data. Otseselt või kaudselt sõidukitelt saadav andmete kogum.
7.1 Ohuhoiatused		
	7.1.1	Süsteem peab suutma hoida teedevõrgu andmebaasi.
	7.1.2	Süsteem peab võimaldama sõidukitest maanteeäärsete seadmete abil saadud andmeid integreerida, analüüsida ja töödelda.
	7.1.3	Süsteem peab võimaldama maanteeäärsetel seadmetel liiklusandmeid TMC-le saata.
	7.1.4	Süsteem peab võimaldama maanteeäärsel seadmel saata ilmastiku- ja keskkonnatingimusi.
	7.1.5	Süsteem peab suutma sulandada teiste sõidukite XFCF andmed vastuvõtva sõiduki andmetega, et saada selle piirkonna tee- ja liiklusoludest täpsem ülevaade.
	7.1.6	Süsteem peab olema võimeline lisama taristu poolt kogutavaid liiklusandmeid (nt induktiivsilmus, radar) maanteeäärse seadme sulandatud XFCF andmetele.
	7.1.7	Hazard Detection - Süsteem peab võimaldama TMC-l kindlaks teha, kas aset on leidnud vahejuhtum.
	7.1.8	Traffic Condition Warning - Süsteem peab suutma liiklejaid sõidukisestest ekraanide vahendusel õigeaegselt hoiatada (nt maantee-/talvehooldussõidukid, eri- ja ohtlikud veosed, kaitseväe sõidukid jne).
	7.1.9	Hazardous Location Notification - Süsteem peab suutma liiklejaid sõidukisestest ekraanide kaudu õigeaegselt hoiatada eespool olevate juhtumite eest (nt teetööd, õnnetused, ummik).
	7.1.10	Hazardous Location Notification - Süsteem peab suutma liiklejaid sõidukisestest ekraanide kaudu õigeaegselt hoiatada rasketest ilmastiku ja teepinna tingimustest.
	7.1.11	Hazardous Location Notification - Süsteem peab sõidukijuhte maanteeäärsete seadmete kaudu teatama sõiduteel esinevatest takistustest ja andma nõu asjakohaste meetmete kohta (nt kiirus ja rada)
	7.1.12	Hazardous Location Notification - Süsteem peab võimaldama maanteeäärsel seadmel valida ja aktiveerida liikluskorralduse plaane vahejuhtumi (sealhulgas halbade sõidutingimuste) korral.

	7.1.13	Hazardous Location Notification - Süsteem peab sõidukijuhile sõidukisisesest ekraanide kaudu igal ajal dubleerima teelõiguga seotud liiklusmärgid (nt kiirusepiirang, liiklusohud jne)
7.2 Vastassuunas liikleja		
	7.2.1	Süsteem peab tuvastama vastassuunas liikuva sõiduki ja hoiatama teisi sõidukeid, mis asuvad sellest sõidukist eespool.
7.3 Sõiduradade haldamine		
	7.3.1	Süsteem peab sõidukijuhile sõidukisisesest kuvari kaudu võimaldama sõiduradade kasutamist käsitlevat teavet.
	7.3.2	Süsteem peab suutma pakkuda sõiduraja piiranguid käsitlevat teavet (nt HGV, HOV) väljastpoolt sõidukit ja kinnitama, et see on kooskõlas teabega, mis on otse sellele sõidukile edastatud.
	7.3.3	Süsteem peab kogu liiklusvoo stabiliseerimiseks suutma anda juhiseid sõidukijuhile sõiduradade muutmiseks sõidukisisesest seadme kaudu. Need juhised võivad kehtida igat tüüpi sõidukitele või osadele.
	7.3.4	Süsteem peab suutma sõidukijuhile sõidukisisesest ekraani kaudu sõiduraja kasutamise kohta teavet anda, kui sõiduraja kasutamisel on ajutised piirangud (nt teetöödel).
	7.3.5	Süsteem peab sõidukisisesest seadmete kaudu juhile nõu andma, millist sõidurada kasutada vahejuhtumi / õnnetuse kohast möödumisel.
7.4 Sõidukiiruste haldamine		
	7.4.1	Süsteem peab suutma soovitada ohutut kiirusepiirangut vastavalt valitsevatele liiklus-, ilmastiku- ja teeoludele.
	7.4.2	Süsteem peab võimaldama TMC-I kuvada sõidukijuhtidele teeäärse seadme kaudu ohutusega seotud teavet (nt kiirusepiirang, soovitatav kiirusepiirang).
	7.4.3	Süsteem peab võimaldama TMC-I kuvada sõidukijuhtidele sõidukisisesest seadme kaudu ohutusega seotud teavet (nt kiirusepiirang, soovitatav kiirusepiirang).
7.5 Pikivahe haldamine		
	7.5.1	Süsteem peab võimaldama TMC-I arvutada praeguste liiklus- ja keskkonnatingimuste jaoks soovituslik pikivahe.
7.6 Kergliikleja		
	7.6.1	Süsteem peab sõidukisisesest seadmete abil saama juhti hoiatada, et tee ääres asuv süsteem on avastanud ohtlikus kohas kergliikleja.
7.7 Alarmsõidukihoiatus		
	7.7.1	Süsteem peab sõidukijuhile sõidukisisesest seadme abil oskama juhatada sobivat sõidurada, mida kasutada alarmsõidukile koridori loomiseks.

8.Kooperatiivsed süsteemid - tõhusus		
8.1 Liiklusvoo optimeerimine		
	8.1.1	Süsteem peab võimaldama liiklejatele osutatava teenuse edastamise jätkamis ka juhul, kui liikleja liigub ühe TMC teeninduspiirkonnast teise TMC teeninduspiirkonda.
	8.1.2	Süsteem peab võimaldama TMC-l juhtidele sõidukisisesel seadme kaudu soovitada alternatiivset marsruuti, mida tuleks järgida (intsidendi vältimiseks).
	8.1.3	Süsteem peab olema võimeline analüüsima liiklusandmeid "off-line" simulatsioonivahendi abil.
	8.1.4	Süsteem peab olema võimeline jälgima hetke maanteeliiklust ja ilmastiku / keskkonnatingimusi, tuvastama intsidendid, hindama nende mõju, tegema lühiajalisi prognoose ning valima ja algatama asjakohase tegevused olukorra parendamiseks.
	8.1.5	Süsteem peab suutma kasutada simuleerimismudelit konkreetse kooperatiivse liikluskorraldamise stsenaariumi rakendamise mõju prognoosimiseks.
	8.1.6	Süsteem peab olema võimeline jälgima praegust maanteeliiklust ja teedevõrgu ilmastiku- / keskkonnatingimusi ning soovitada ja / või kehtestama asjakohase liikluskorralduse stsenaariumi.
	8.1.7	Süsteem peab suutma kohalike poolautonoomsete liikluskorralduslahenduste abil piirkonna liiklust hallata, kuid mille toimimisplaane saab vajadusel muuta.
	8.1.8	Süsteem peab võimaldama TMC-l saada teavet hädaolukordade kohta, nt. eCall jne.
9.Veokid		
9.1 Ohtlikud veosed		
	9.1.1	Süsteem peab võimaldama asjaomasel asutusel tuvastada oma piirkonnas juhtunud intsidendid ja suunata ümber kõik ohtlikke kaupu vedavad sõidukid, mida selle juhtumi tagajärjed mõjutavad.
9.2 Veokite puhkealad		
	9.2.1	Süsteem peab saama teate, et sõiduk väljub puhkealalt.
	9.2.2	Süsteem peab võimaldama veokijuhil taotleda puhkeala parkimiskoha broneerimist. Taotlus sisaldab kavandatud marsruuti, eeldatavat aega, vajalikku kestust, potentsiaalset pindlikkust, võimalikke ohtlikke kaupu ja sõidukitüüpi.

	9.2.3	Süsteem võimaldab puhkeala parkimise reserveerimise teha saadud taotluse alusel või teatada, et sellist pole saadaval ja / või teha ettepanek ja alternatiivne broneerimine ning saata üksikasjad veokijuhile ja/või veokifirma operaatorile.
	9.2.4	Süsteem peab suutma tuvastada puhkealale saabuva sõiduki ning teavitama juhti, millist parkimiskohta kasutada ja kuidas sinna pääseda.

7.5 E265 ITS süsteemi funktsionaalsus vastavalt defineeritud kasutaja nõuetele

Alamfunktsioonide koosseis lähtudes Frame arhitektuurist:

1) liiklusjuhtimine

- a) maanteeliikluse haldamine
 - i) teeinformatsiooni haldamine
 - ii) sõidukitelt kogutav info
 - iii) liiklusinfo väljund
 - iv) loendusandmete hõive
 - v) reaalajas liiklusandmete visualiseerimine
 - vi) liiklusjuhtimise strateegiate haldus
 - (1) operaatorliides
 - (2) sõidukiiruste ja pikivahe haldus
 - (3) käskluste ja sõnumite haldus
 - (4) sõiduradade haldus
 - (5) planeeritud strateegiavahetuse haldus
 - vii) liikluse lühi- ja keskajalised prognoosid
 - viii) andmehõive haldus
 - ix) liiklusjuhtimise strateegiate rakendamine
 - (1) operaatorliides
 - (2) käsklused ja teated
 - (3) piirkiiruse ja sõiduradade info
 - (4) rikkumiste tuvastamine

- b) parklate haldus
 - i) parklates olevate sõidukite arvu monitoorimine
 - ii) parkimiskohta hõivatuse jälgimine
 - iii) parkimiskohtade hõivatuse taseme kalkuleerimine
 - iv) parklate hõivatus ja staatus kalkuleerimine
 - v) parkimiste andmebaasi haldamine
 - vi) parklahalduse operaatorliides
 - vii) parklainfo liides autojuhtidele
- c) liiklusprognoosid
 - i) teeinformatsiooni töötlemine
 - ii) loendusinfo töötlemine
 - iii) liiklusprognooside loomine ja simulatsioon
 - iv) liiklusprognooside andmebaasi haldamine
 - v) liiklusprognooside operaatorliides
 - vi) liiklusprognooside töötlus

2) intsidentside haldus

- a) intsidentside hindamine ja tegevus
- b) intsidentside lahendamine
- c) intsidentide info edastamine välistele osapooltele
- d) intsidentide andmebaasi haldamine
- e) intsidentide operaatorliides
- f) andmevoogudest intsidentide tuvastamine
- g) intsidentide identifitseerimine ja klassifitseerimine
- h) intsidentide info edastamine sõidukitele

3) ilma ja keskkonnainformatsioon

- a) ilmaolude monitoorimine
- b) ilma- ja keskkonnaolude prognoos
- c) ilma- ja keskkonna andmebaasi haldus
- d) ilma- ja keskkonna andmete analüüs ja reaktsioon
- e) ilma- ja keskkonnainformatsiooni väljund kasutajatele

4) teede hooldus

- a) teede hoolduse operaatorliides

- b) teede hoolduse andmebaasi haldus
- c) lühiajaliste hoolduste haldamine ja teavitus
- d) pikaajaliste teetööde haldamine ja teavitus
- e) seadmete hoolduse haldamine ja teavitus
- f) talihoolde haldamine ja teavitus

Kokkuvõte

Tallinna ringtee E265 ITS on dünaamilise liiklusjuhtimise ja nutika veoautode parkla rajamise projekt. Projekti käigus paigaldatakse TEN-T võrgus olevale Tallinna ringtee kilomeetritele 0-30 targa tehnoloogia (ITS, Intelligent Transport Systems) lahendused liikluse juhtimiseks, seireks ja liiklejate teavitamiseks ning rajatakse nutikas (tark ja turvaline) veoautode parkimisala. Tallinna ringteele tulevad juba liiklejatele tuttavad infotablood, muutteabega kiirusmärgid ja hoiatusmärgid. Lisaks paigaldatakse liiklusloenduspunkte, õnnetuste tuvastamise süsteem, teeilmajaamasid, liikluskaameraid. Uudsete lahenduste hulgast tuleb kasutusele liikluse ümbersuunamise süsteem ja V2I/I2V (*vehicle to infrastructure/infrastructure to vehicle*) seadmed, mille kaudu toimub sõiduki ja taristu vaheline suhtlus. V2I/I2V sidesüsteemid parandavad juhi teadlikkust võimalikest ohtudest ja aitavad vähendada liiklusõnnetuse toimumise tõenäosust, mille tulemuseks on ohutum liikluskeskkond. Lisaks suurendab see tehnoloogia liikluse tõhusust, pakkudes hoiatusi eelseivate liiklusummikute kohta, võimaldades alternatiivseid marsruute ja tagades keskkonnasõbralikumat sõitu. Kuigi täna on sarnasteks abivahenditeks Waze'i, Google'i jt rakendused, siis selle tehnoloogiaga jääb inimlülil vahelt ära ning sõiduk hangib ise informatsiooni otsuste tegemiseks. Samuti rajatakse Tallinna ringteele Tallinn linna ja Veneküla piirile (km 1,5) nutikas 100-kohaline veoautode parkimisala.

Käesoleva uuringu raames koostati detailne ülevaade ja valik Tallinna ringtee kilomeetritele 0-30 dünaamilise liiklusjuhtimise ning veoautode parkla parkimissüsteemi tarbeks vajalike seadmete/lahenduste kohta. Iga seadmetüübi osas pakuti välja optimaalseim lahendus, mis oleks integreeritav Maanteeameti liiklusjuhtimiskeskusega.

Uuring on jaotatud ITS süsteemide lõikes 7 osaks:

1. Liikluse monitoorimise süsteem
2. V2I/I2V (auto-taristu/taristu-auto) kommunikatsiooniseadmed
3. Liikluse ümbersuunamise süsteem (ABGS)
4. Parkla tõkkepuude juhtimise süsteem ja parkimisandurid
5. Ümbersuunamis stsenaariumid
6. MNT liiklusjuhtimiskeskuse ja Tallinna foorijuhtimiskeskuse info vahetus
ITS lahenduste arhitektuur ja koostoime