



Kaur Kotkas

**Intelligentsete transpordisüsteemide
(ITS) arendamine ja rakendamine
Eestis: ülevaade ja
tulevikusuundumused**

LÕPUTÖÖ

Logistikainstituut

LO2022

Juhendaja: Rene Maas, *MSc*

Tallinn 2026

Lihtlitsents lõputöö reprodutseerimiseks ja lõputöö üldsusele kättesaadavaks tegemiseks

Mina, Kaur Kotkas, annan Tallinna Tehnikakõrgkoolile (edaspidi kõrgkool) tasuta loa (lihtlitsentsi) enda loodud teose

INTELLIGENTSETE TRANSPORDISÜSTEEMIDE (ITS) ARENDAMINE JA RAKENDAMINE
EESTIS: ÜLEVAADE JA TULEVIKUSUUNDUMUSED

1) reprodutseerimiseks eesmärgiga seda säilitada ja teha üldsusele kättesaadavaks Tallinna Tehnikakõrgkooli digiarhiivi DSpace kaudu;

2) reprodutseerimiseks pärast piirangu lõppu juhul, kui instituudi direktori korraldusega on kehtestatud lõputöö avaldamisele tähtajaline piirang.

Olen teadlik, et nimetatud õigused jäävad alles ka autorile ja kinnitan, et lihtlitsentsi andmisega ei rikuta teiste isikute intellektuaalomandi ega isikuandmete kaitse seadusest tulenevaid ega muid õigusi.

Autorideklaratsioon

Mina Kaur Kotkas tõendan, et lõputöö on minu kirjutatud. Töö koostamisel kasutatud teiste autorite, sh juhendaja ja iseenda varasematele teostele on viidatud õiguspäraselt.

Kõik isiklikud ja varalised autoriõigused käesoleva lõputöö osas kuuluvad autorile ainuisikuliselt ning need on kaitstud autoriõiguse seadusega.

(allkirjastatud digitaalselt)

Juhendaja Rene Maas

Töö vastab lõputööle esitatavatele nõuetele.

(allkirjastatud digitaalselt)

Lõputöö on kaitsmisele lubatud instituudi direktori korraldusega.

SISUKORD

SISSEJUHATUS	3
1. INTELLIGENTSETE TRANSPORDISÜSTEEMIDE PÕHIMÕISTED JA ARENGUSUUNAD ..	5
2. INTELLIGENTSED TRANSPORDISÜSTEEMID ÜHISTRANSPODIS.....	8
3. ITS-i arengusuunad naaberriikides.....	10
4. PEAMISED LIIKLUSÕNNETUSTE TÜÜBID EESTIS.....	13
5. METOODIKA.....	15
5.1 Dokumentide analüüs.....	17
5.2 Ekspertintervjuu	18
6. JÄRELDUSED JA ETTEPANEKUD	20
KOKKUVÕTE	23
SUMMARY.....	24
KASUTATUD ALLIKAD	25
LISA 1:	27

SISSEJUHATUS

Tänapäeva kiiresti arenevas ühiskonnas on tõhus, turvaline ja keskkonnasäästlik transpordisüsteem oluline nii linnade kui ka maapiirkondade jätkusuutliku arengu tagamiseks. Kasvav liikluskoormus, suurenevad ohutusnõuded ning keskkonnamõjude vähendamise eesmärgid on loonud olukorra, kus traditsioonilised transpordikorralduse lahendused ei ole enam piisavalt efektiivsed. Seetõttu on intelligentsete transpordisüsteemide (ITS) arendamine kujunenud üheks olulisemaks suunaks kaasaegse transpordivõrgustiku tõhustamisel. ITS hõlmab infotehnoloogia, sidetehnoloogia ja andmeanalüüsi rakendamist transpordisektoris, võimaldades tõhusamat liikluskorraldust, ennetavat hooldust ning operatiivsemat otsustusprotsessi.

Teedeehituses võimaldavad ITS-lahendused rakendada nutikaid tehnoloogiaid juba infrastruktuuri planeerimise, projekteerimise ja ehitamise etapis. Andurite, kaamerate ning seiresüsteemide abil kogutakse andmeid teekatte seisukorra, liiklusvoogude ja keskkonningimuste kohta, mis parandab teede kvaliteeti, hoolduse tõhusust ja liiklusohutust. Ühistranspordis suurendavad ITS-tehnoloogiad teenuse töökindlust ja kasutajamugavust GPS-põhise sõidukite jälgimise, dünaamiliste sõiduplaanide, nutikate maksesüsteemide ning ühistranspordi prioriteedisüsteemide kaudu.

Kuigi ITS-tehnoloogiate areng on kiire ning nende potentsiaal transpordisüsteemide tõhustamisel märkimisväärne, on nende praktiline rakendamine sageli ebaühtlane. Peamisteks väljakutseteks on andmete killustatus, süsteemide piiratud koostalitlusvõime, piirkondlikud erinevused digivõimekuses ning ebapiisav koostöö riigi, kohalike omavalitsuste ja erasektori vahel. Sellest tulenevalt on oluline hinnata, kui tõhusalt ITS-lahendusi Eestis kasutatakse ning millised tegurid mõjutavad nende edukat rakendamist.

Käesoleva lõputöö eesmärk on analüüsida intelligentsete transpordisüsteemide rolli ja rakendusvõimalusi Eestis ning hinnata nende mõju liiklusohutusele. Lisaks käsitletakse ITS-i arengusuundi naaberriikides, et selgitada välja, milliseid kogemusi ja lahendusi oleks võimalik Eestis tulemuslikumalt rakendada.

Töö käigus otsitakse vastuseid järgmistele uurimisküsimustele:

- Millised on peamised intelligentsete transpordisüsteemide tehnoloogilised lahendused liiklusohutuse parandamisel fookusriikides ning kuidas mõjutavad need transpordisüsteemide tõhusust?
- Millised on peamised tehnoloogilised, organisatsioonilised ja strateegilised väljakutsed intelligentsete transpordisüsteemide rakendamisel Eestis?

- Millised intelligentsed transpordisüsteemid ja tehnoloogilised lahendused võiksid Eestis kõige tõhusamalt panustada liiklusõnnetuste vähendamisse ning liiklusohutuse parandamisse?

1. INTELLIGENTSETE TRANSPORDISÜSTEEMIDE PÕHIMÕISTED JA ARENGUSUUNAD

Intelligentsed transpordisüsteemid on üks olulisemaid arengusuundi kaasaegses transpordi- ja logistikasektoris, kus digitaliseerimine ja tehnoloogiline innovatsioon kujundavad järjest enam liikuvuse tulevikku. ITS-i peamine eesmärk on integreerida transporditaristu, sõidukid, liikluskorraldajad ja liiklejad ühtsesse infovahetusel põhinevasse süsteemi, mis võimaldab transpordivõrke juhtida oluliselt tõhusamalt kui traditsiooniliste lahendustega. ITS loob aluse andmepõhisele transpordikorraldusele, kus otsused tuginevad reaalsele liiklus- ja keskkonnaandmetele, parandades süsteemi tõhusust, liiklusohutust ning toetades säästvat ja kasutajakesksemat liikuvust.[1]

ITS-i areng sai alguse 20. sajandi lõpul, kui ilmnis, et üksnes füüsilise taristu laiendamine ei suuda lahendada kasvava liikluskoormuse probleeme. 1990. aastatel alustati Euroopa Liidus ja Ameerika Ühendriikides ITS-i strateegiate, standardite ja arenguprogrammide loomist. Esialgsed lahendused keskendusid peamiselt liiklusvoogude seirele, valgusfooride juhtimisele ja elektroonilistele infotahvlitele, kuid tänaseks on ITS-ist kujunenud laiaulatuslik valdkond, mis ühendab infotehnoloogia, telekommunikatsiooni, automatiseerimise, andmeteaduse ja sõidukitehnoloogia. See areng on loonud aluse transpordisüsteemide muutumisele traditsioonilistest juhtimismudelitest terviklikeks nutikateks võrgustikeks.[2]

ITS-i keskseks tunnuseks on võime koguda, töödelda ja rakendada andmeid reaajas. Liikluskaamerad, radarid, LIDAR-sensorid, induktsioonsilmad, sõidukite pardaseadmed ning mobiiliandmed moodustavad ulatusliku andmeallikate võrgustiku, mis võimaldab luua täpse ülevaate liiklusolukorrast ning toetada operatiivset otsustamist. Nende andmete põhjal juhitakse liiklusvooge, optimeeritakse hooldust, jagatakse liiklejatele ajakohast teavet ning parandatakse ühistranspordi töökindlust. Selline lähenemine võimaldab kiiremini reageerida ummikutele, õnnetustele ja muutuvatele teeoludele.[3]

Olulist rolli ITS-i arengus mängivad ka võrgustikulised kommunikatsioonitehnoloogiad. Kui varasemad süsteemid keskendusid peamiselt infrastruktuuri ja juhtimiskeskuste vahelisele infovahetusele, siis tänapäeval on järjest suurema tähtsusega sõidukitevaheline ning sõidukite ja infrastruktuuri vaheline kommunikatsioon. V2X-tehnoloogiad, sealhulgas V2V (Vehicle-to-Vehicle) ja V2I (Vehicle-to-Infrastructure), võimaldavad sõidukitel ja taristul reaajas suhelda, parandades liiklusohutust, suurendades liikluse sujuvust ning luues eeldused autonoomsete transpordilahenduste arenguks.[4]

Lisaks kommunikatsioonitehnoloogiatele on ITS-i oluline osa algoritmipõhine otsustustugi, mis põhineb suurandmete analüüsil ja tehisintellektil. Kaasaegsed süsteemid võimaldavad prognoosida liikluskoormust, tuvastada ummikute tekkemustreid, optimeerida ühistranspordigraafikuid ning kohandada liikluskorraldust vastavalt tegelikele tingimustele. Tehisintellekti kasutamine võimaldab luua adaptiivseid süsteeme, mis parandavad transpordisüsteemide tõhusust ning muudavad juhtimisotsused ennetavamaks ja täpsemaks.[5]

ITS-i edukas rakendamine sõltub lisaks tehnoloogiale ka standardiseerimisest ja regulatiivsest raamistikust. Euroopa Liit on loonud direktiive ja tehnilisi standardeid, mille eesmärk on tagada süsteemide koostalitlusvõime, turvalisus ja ühtne andmevahetus. Standardiseerimine võimaldab erinevate tehnoloogiliste lahenduste tõhusat koostööd ning loob aluse ITS-i süsteemsemaks kasutuselevõtuks kogu transpordivõrgustikus.[1]

ITS-i rakendamine erineb riigiti sõltuvalt olemasolevast taristust, rahastusest, tehnoloogilisest valmisolekust ja geograafilistest tingimustest. Eestis toetab ITS-i arengut tugev digiriigi raamistik ja kõrge tehnoloogiline valmisolek, kuid väljakutseid loovad hajaasustus, väiksemad liiklusmahud ning piirkondlikud erinevused. Seetõttu sõltub ITS-i edasine areng Eestis lisaks tehnoloogilistele võimalustele ka strateegilisest planeerimisest, regionaalsest koostööst ja investeeringute tõhusast suunamisest.[6]

Keskkonnamõjude vähendamine on samuti üks ITS-i arengut suunavaid võtmetegureid. Reaalajas liiklusjuhtimine, adaptiivsed valgusfoorisüsteemid ja optimeeritud marsruudiplaneerimine aitavad vähendada seisakuid, kütusekulu ning süsinikdioksiidi heitkoguseid. ITS-i kaudu on võimalik toetada ka elektritranspordi, jagatud liikuvuse ja roheliste transpordilahenduste tõhusamat toimimist, pakkudes kasutajatele täpsemat teavet laadimistaristu, sõidukite saadavuse ja ühistranspordi ühenduste kohta. Seeläbi muutub ITS oluliseks tööriistaks Euroopa rohepöörde eesmärkide saavutamisel ning säästva liikuvuse arendamisel.

Tulevikusuundadena nähakse ITS-is üha suuremat automatiseerituse taset, kus süsteemid liiguvad osaliselt autonoomsest juhtimisest täielikult autonoomsete transpordilahenduste suunas. Autonoomsed sõidukid, targad teed, digitaalsed kaksikud ning tehisintellektil põhinevad juhtimissüsteemid kujundavad järgnevatel kümnenditel transpordisektorit märkimisväärselt ümber. Selline areng eeldab aga ulatuslikke investeeringuid küberturvalisusse, andmekaitmesse ja õigusraamistikku, kuna süsteemide keerukus suurendab ka tehnoloogilisi riske. Seetõttu ei seisne ITS-i areng üksnes tehnoloogilises innovatsioonis, vaid ka võimes tagada süsteemide turvalisus, usaldusväarsus ja ühiskondlik aktsepteeritus. Eestis võib just digitaalse taristu tugevus anda eelise uute ITS-

lahenduste piloteerimisel ning rahvusvaheliselt konkurentsivõimeliste
transpordilahenduste arendamisel.

2. INTELLIGENTSED TRANSPORDISÜSTEEMID ÜHISTRANSPODIS

Intelligentsete transpordisüsteemide kasutamine ühistranspordis on viimase kümnendi jooksul kujunenud üheks olulisemaks arengusuunaks Euroopa liikuvuspoliitikas ning sama trend on selgelt nähtav ka Eestis. ITS-lahenduste peamine väärtus seisneb nende võimes muuta ühistransport kiiremaks ja kasutajakeskseks. Kui varasemalt põhines ühistranspordi planeerimine suurel määral staatilistel sõiduplaanide siis tänapäeval tugineb süsteem üha enam reaalaja andmetele. Selline lähenemine võimaldab paindlikumat teenusekorraldust, täpsemat graafikuhaldust ning kiiremat reageerimist muutuvatele liiklusoludele ja kasutajate vajadustele.[7]

Eestis on reaalajas positsioneerimistehnoloogiad kujunenud ühistranspordi standardseks osaks. Bussid, trammid ja trollid on varustatud GPS-seadmetega, mis edastavad sõidukite täpse asukoha transpordikorralduskeskustele ning avalikele infosüsteemidele. See võimaldab reisijatel jälgida sõidukite liikumist reaalajas. Lisaks pakuvad süsteemid täpset teavet hilinemiste kohta, suurendades teenuse usaldusväärsust ja kasutajasõbralikkust. [8]

ITS-lahendused võimaldavad oluliselt parandada ka liinivõrgu planeerimist ja ressursikasutust. Automaatne reisijate loendamine, kontaktivabad piletisüsteemid ning täituvusandmete kogumine võimaldavad analüüsida liinide tegelikku kasutusintensiivsust, tuvastada üle- või alakasutatud marsruute ning kohandada teenust vastavalt nõudlusele. Selline andmepõhine planeerimine loob aluse paindlikumatele ja nõudepõhistele ühistranspordilahendustele, mis on eriti olulised hajaasustusega piirkondades.[8]

ITS mängib olulist rolli ka ühistranspordi ohutuse ja teenuse kvaliteedi tagamisel. Sõidukitesse integreeritud jälgimissüsteemid võimaldavad tuvastada riskantseid sõidumustreid, näiteks järske pidurdusi või kiirendusi, mis võivad viidata vajadusele täiendava juhikoolituse järele. Suuremates linnades kasutatavad nutikad liiklusfoorid ja ühistranspordi prioriteedisüsteemid võimaldavad vähendada ooteaega ning parandada sõidugraafikute täpsust, suurendades ühistranspordi konkurentsivõimet.[7]

Oluline aspekt ITS-lahenduste rakendamisel on ka nende keskkonnamõju. Elektriliste ühistranspordivahendite puhul aitab ITS optimeerida laadimist, energiakasutust ja sõidukite töörežiime, vähendades energiakulusid ning toetades säästva transpordisüsteemi arengut.[7]

Ühistranspordi digitaliseerimine loob tugeva aluse ka MaaS-lahenduste arenguks, kus erinevad transpordiliigid ühendatakse ühtsesse digitaalsesse platvormi. Selline süsteem võimaldab kasutajatel planeerida kogu teekonda, valida sobivaid transpordiviise, osta pileteid ja jälgida marsruuti reaalajas ühe tervikliku teenusena. Eestis on MaaS-lahenduste areng olnud kiire, kuid nende täielikuks rakendamiseks on vajalik veelgi parem andmete avatus, tehniliste standardite ühtlustamine ning teenusepakkujate süsteemide suurem koostalitlusvõime.[7]

Kokkuvõttes on intelligentsed transpordisüsteemid kujunenud ühistranspordi arengu üheks keskseks mõjuteguriks, muutes kogu valdkonna, tõhusamaks. Reaalajas andmete kasutamine, sõidukite positsioneerimine ja integreeritud liikuvuslahendused parandavad teenuse kvaliteeti, töökindlust ja liiklusohutust. ITS-i roll ühistranspordis ulatub kaugemale üksikutest tehnoloogilistest lahendustest, kujundades ümber kogu transpordisüsteemi toimimispõhimõtted ning toetades kaasaegse, säästva ja konkurentsivõimelise liikuvuskeskkonna arengut.[7]

Samuti võimaldavad digitaalsed ühistranspordisüsteemid kriisiolukordades oluliselt kiiremat reageerimist. Liiklusõnnetused, ilmastikust tingitud häired või ootamatud infrastruktuuriprobleemid saab tänu reaalajas andmetele ja kesksetele juhtimissüsteemidele kiiremini tuvastada ning reisijatele operatiivselt edastada alternatiivseid marsruute või muudatusi teenuses. Selline paindlikkus suurendab kogu transpordisüsteemi vastupidavust ning aitab säilitada teenuse toimivust ka keerulistes olukordades.

Tulevikus suureneb ITS roll ühistranspordis veelgi seoses autonoomsete ühissõidukite, tehisintellektil põhineva graafikuholduse ning täielikult integreeritud liikuvusplatvormide arenguga. Eestis loob tugev digitaalse taristu olemasolu head eeldused innovaatiliste lahenduste piloteerimiseks ning ühistranspordi jätkuvaks moderniseerimiseks. Seetõttu võib öelda, et ITS ei kujunda üksnes ühistranspordi tehnilist toimimist, vaid mõjutab otseselt kogu ühiskonna liikuvusvõimalusi, regionaalset arengut ning keskkonnasäästlikkust.

3. ITS-i arengusuunad naaberriikides

Intelligentsete transpordisüsteemide areng Põhja- ja Baltimaades on viimastel aastatel olnud kiire, kuid riigiti erineva fookuse ja küpsusastmega. Soome, Rootsi ja Läti pakuvad Eesti jaoks olulist võrdlusbaasi, kuna nende transpordisüsteemid arenevad sarnases kliima- ja regionaalses kontekstis, kuid erineva tehnoloogilise valmisoleku ning investeerimisvõimekusega.

Soome

Soome on üks Euroopa juhtivaid riike intelligentsete transpordisüsteemide rakendamisel ning liiklusohutuse parandamisel. Riigi ITS-strateegia keskendub tugevalt transpordi digitaliseerimisele, automatiseeritud süsteemide kasutamisele ning reaalajas andmetel põhinevale liiklusjuhtimisele. Soome keerulised ilmastikuolud, eriti pikad talvised perioodid, on loonud vajaduse väga täpsete teeolude seire- ja hooldussüsteemide järele. Seetõttu kasutatakse laialdaselt teeilmajaamu, mis koguvad pidevalt andmeid teepinna temperatuuri, niiskuse ja ilmastiku kohta. Need süsteemid võimaldavad hooldusmeeskondadel reageerida kiiresti ning rakendada ennetavaid meetmeid enne ohtlike olukordade tekkimist.[9]

Lisaks teeolude seirele on Soome oluline arengusuund V2X-tehnoloogiate kasutamine, kus sõidukid suhtlevad reaalajas nii teiste sõidukite kui ka infrastruktuuriga. Selline kommunikatsioon võimaldab autojuhtidele varakult edastada hoiatusi ohtlike teeolude, liiklusõnnetuste või ummikute kohta. Samuti kasutatakse dünaamilisi kiiruspiiranguid, mis kohanduvad automaatselt vastavalt ilmaoludele ja liikluskoormusele.[10]

Rootsi

Rootsi ITS-areng on tugevalt seotud riigi pikaajalise liiklusohutuse poliitikaga, mille keskmes on Vision Zero strateegia. Selle strateegia eesmärk on viia liiklussurmade arv võimalikult nulli lähedale ning kujundada transpordisüsteem selliselt, et inimlikud eksimused ei põhjustaks raskeid tagajärgi. Olulisel kohal on nutikad liiklusfoorid, automaatsed kiiruskaamerad, dünaamilised kiiruspiirangud ning riskianalüüsisüsteemid. Lisaks kasutatakse tarku valgustussüsteeme ning jalakäijate ja ratturite ohutust suurendavaid sensorlahendusi. Rootsi arendab aktiivselt ka elektritranspordi infrastruktuuri ja autonoomsete transpordilahenduste testkeskkondi.[11]

Läti

Läti ITS-areng on võrreldes Soome ja Rootsi tehnoloogiliselt tagasihoidlikum, kuid viimastel aastatel on toimunud märkimisväärne areng transporditaristu digitaliseerimisel

ja liiklusohutuse parandamisel. Läti keskendub peamiselt teeolude seirele, liikluskaameratele, muutuvatele liiklusmärkidele ning ühistranspordi GPS-põhiste süsteemide arendamisele.[12]

Liiklusohutuse seisukohast kasutatakse peamiselt teeolude monitooringut, elektroonilisi hoiatussüsteeme ja liiklusjuhtimise põhifunktsioone. Suur osa arengust toimub Euroopa Liidu rahastuse toel.[13]

Eesti positsioon nende riikide võrdluses on mitmetahuline. Ühelt poolt toetab Eesti ITS-i arengut tugev digiriigi infrastruktuur, kõrge interneti levik, hästi arenenud e-teenused ning võimekus integreerida erinevaid andmesüsteeme suhteliselt paindlikult. See loob head eeldused uuenduslike lahenduste, nagu Targa Tee süsteemi, ühistranspordi reaalaajateenuste ja digitaalsete liiklusjuhtimislahenduste arendamiseks. Teisalt on Eesti väiksem turumaht ja piiratumad investeerimisvõimalused põhjustanud olukorra, kus mitmed lahendused ei ole veel sama laiaulatuslikud kui Soomes või Rootsis. Eesti tugevuseks on kiire kohanemisvõime ja tehnoloogiline paindlikkus, kuid väljakutseks jääb süsteemide regionaalne ühtlustamine ning laiem strateegiline investeerimine.

Põhja- ja Baltimaade võrdlus näitab selgelt, et edukas ITS-areng sõltub lisaks tehnoloogilistele lahendustele ka riiklikust strateegiast, pikaajalisest poliitilisest prioriteedist ning investeeringute järjepidevusest. Soome puhul domineerib tugevalt teeohutuse ja ilmastikupõhise hoolduse fookus, Rootsis liiklusohutuse ja nullvisiooni põhimõtted ning Lätis järkjärguline taristu moderniseerimine. Eesti saab nende kogemuste põhjal arendada tasakaalustatud mudelit, mis ühendab digitaalse innovatsiooni, regionaalse kohandatavuse ning kulutõhusa rakendamise.

Oluline õppetund Eesti jaoks on ka koostalitlusvõime ja piiriülene andmevahetus. Kuna Baltimaade ja Põhjamaade transpordivõrgustikud on üha enam seotud rahvusvaheliste kaubavoogude, reisijate liikumise ja Euroopa transpordikoridoridega, suureneb vajadus standardiseeritud süsteemide järele. Ühtsed andmevahetusstandardid, V2X-tehnoloogiate ühilduvus ning koordineeritud liiklusjuhtimine võivad tulevikus parandada kogu regiooni transpordisüsteemide tõhusust.

Tulevikusuundadena on kogu piirkonnas näha üha suuremat rõhku automatiseeritud liikuvusele, tehisintellekti kasutamisele liiklusproгноosides, elektritranspordi juhtimissüsteemidele ning kestliku liikuvuse lahendustele. Eestis võib just paindlik digikeskkond anda võimaluse võtta kasutusele uusi tehnoloogiaid kiiremini kui suuremates süsteemides, kuid selle eelduseks on järjepidev investeerimine, teaduspõhine arendus ning regionaalse koostöö tugevdamine. Kokkuvõttes näitab rahvusvaheline võrdlus, et Eesti

ITS-arengul on tugev potentsiaal, kuid selle täielik realiseerimine sõltub suutlikkusest ühendada tehnoloogiline innovatsioon strateegilise juhtimise ja pikaajalise planeerimisega.

4. PEAMISED LIIKLUSÕNNETUSTE TÜÜBID EESTIS

Eesti liiklusõnnetuste statistika näitab, et kõige sagedamini toimuvad liikluses ühesõidukiõnnetused, mootorsõidukite omavahelised kokkupõrked ning järjest kasvavas mahus ka jalgratturite ja kergliikuritega seotud õnnetused. Transpordiameti 2024. aasta liiklusaasta ülevaate põhjal moodustavad suurima osa inimkannatanuga õnnetustest just ühesõidukiõnnetused, mille hulka kuuluvad teelt väljasõidud ja kokkupõrked takistustega. Selliste õnnetuste peamisteks põhjusteks on enamasti valesti valitud sõidukiirus, juhi tähelepanematus, joobeseisund ning keerulised tee- ja ilmastikuolud. Eriti sageli esineb selliseid õnnetusi maapiirkondades, kus suuremad kiirused ja keerulisemad teeolud suurendavad raskete tagajärgede riski. Teiseks suuremaks liiklusõnnetuste kategooriaks Eestis on mootorsõidukite omavahelised kokkupõrked, sealhulgas tagant otsasõidud, möödasõiduvedad ja laupkokkupõrked. Nende juhtumite peamisteks põhjusteks on liiklusreeglite rikkumine, tähelepanematus ning liigne kiirus.[14]

Viimastel aastatel on märkimisväärselt kasvanud ka jalgratturite, elektritõukerataste juhtide ja teiste kergliiklejatega seotud liiklusõnnetuste arv. Selle põhjuseks on eelkõige mikromobiilsuse kiire levik, suurenenud liikluskoormus linnakeskkondades ning kohati ebapiisav või killustunud kergliiklularistu. Jalakäijatega seotud õnnetusi toimub küll koguarvult vähem, kuid nende tagajärjed on sageli raskemad, eriti pimedal ajal, halva nähtavuse korral ning piirkondades, kus liikluskorraldus ei taga piisavat ohutust.[15]

Üldiselt näitavad Eesti liiklusõnnetuste andmed, et peamisteks riskiteguriteks on jätkuvalt juhtide riskikäitumine, liigne kiirus, joobes juhtimine, tähelepanematus ning muutuvad ilmastikuolud. Kõige rohkem õnnetusi registreeritakse Harjumaal ja suuremates linnades, kuid kõige raskemate tagajärgedega juhtumid esinevad sageli just hajaasustusega piirkondades.[16]

Lisaks statistilistele näitajatele peegeldavad liiklusõnnetuste mustrid ka laiemat vajadust süsteemsete ennetusmeetmete järele. Eesti puhul on selgelt näha, et traditsioonilised liiklusohutuse meetmed, nagu järelevalve ja infrastruktuuri parendamine, vajavad üha enam tuge intelligentsetelt transpordisüsteemidelt. Reaalajas teeolude monitooring, dünaamilised kiiruspiirangud, nutikad hoiatussüsteemid ning sõidukitesse integreeritud juhiabisüsteemid võivad aidata vähendada just neid õnnetusliike, mis on seotud ootamatute teeolude, juhi eksimuste või reageerimisviivitustega. Näiteks võivad teeilmajaamad ja automaatsed hoiatused libeduse, nähtavuse halvenemise või loomade liikumise kohta oluliselt vähendada maapiirkondades toimuvate raskete ühesõidukiõnnetuste arvu.

Linnakeskkonnas muutub järjest olulisemaks kergliiklejate ohutuse parandamine. ITS-lahendused, nagu nutikad ülekäigurajad, sensoritega liiklusfoorid, kergliiklejate liikumise seiresüsteemid ning mikromobiilsuse juhtimisplatvormid, võivad aidata vähendada konflikte erinevate liiklejate vahel. Kuna elektritõukerataste ja jalgrataste kasutamine kasvab kiiresti, muutub vajalikuks ka liikluskorralduse kohandamine, et tagada uute liikuvusvormide turvaline integreerimine olemasolevasse transpordisüsteemi.

Olulise arengusuunana tuleb käsitleda ka andmepõhist riskianalüüsi. ITS võimaldab koguda ja analüüsida detailseid liiklusandmeid, mille põhjal saab tuvastada kõrge riskiga piirkondi, korduvaid ohuolukordi ning ajaperioode, mil õnnetuste tõenäosus on suurem. Selline lähenemine võimaldab liikluskorraldajatel rakendada sihitud meetmeid, näiteks muuta liiklusskeeme, täiustada märgistust või suurendada automaatset järelevalvet just probleemsetes kohtades.

Kokkuvõttes näitab Eesti liiklusõnnetuste statistika, et kuigi üldised liiklusohutuse näitajad on paranenud, püsivad tõsised riskid nii maanteedel kui linnakeskkonnas. Seetõttu on ITS-i roll liiklusohutuse suurendamisel järjest olulisem, võimaldades liikuda reaktiivselt probleemide lahendamiselt ennetava ja prognoosiva liiklusohutuse mudeli suunas. Eestis võib just intelligentsete transpordilahenduste laialdasem rakendamine kujuneda võtmeteguriks, mis aitab vähendada raskete liiklusõnnetuste arvu, parandada liiklejate turvalisust ning toetada kaasaegse ja kestliku transpordikeskkonna arengut.

5. METOODIKA

Empiiriline uurimisosa keskendus intelligentsete transpordisüsteemide rakendamise analüüsimisele Eestis ning nende praktiliste tulemuste hindamisele. Uurimuse eesmärk oli saada terviklik ülevaade sellest, kuidas ITS-lahendusi Eestis kasutatakse, millist mõju need avaldavad transpordikorralduse tõhususele, liiklusohutusele ning millised on peamised arengusuunad ja kitsaskohad nende süsteemide rakendamisel. Andmete kogumiseks kasutati kombineeritud uurimismetoodikat, mis ühendas dokumentide analüüsi, ekspertintervjuu ning võrreldi naaberriikide arengut Eestiga. Selline mitmetasandiline lähenemine oli vajalik, kuna ITS-i rakendamine on tehnoloogiliselt keerukas ning hõlmab mitmeid omavahel seotud valdkondi, alates teedeinseneeriast ja liikluskorraldusest kuni telemaatika ja infosüsteemide arendamiseni.[6]

Andmekogumise esimene etapp põhines ametlike strateegiliste ja valdkondlike dokumentide analüüsil. Uurimuses käsitleti Kliimaministeriumi transpordi- ja liikuvusprogramme, Eesti riiklike transpordi arengukavasid, Transpordiameti ITS-i tegevusaruandeid ning kohalike omavalitsuste transpordi- ja liikuvusstrateegiaid. Analüüsi eesmärk oli kaardistada Eestis kasutusel olevad ITS-lahendused, hinnata nende rakendamise ulatust ning selgitada välja peamised arengusuunad nii riiklikul kui ka kohalikul tasandil. Dokumentide analüüs võimaldas hinnata, kuidas ITS on integreeritud Eesti pikaajalistesse transpordipoliitilistesse eesmärkidesse ning milliseid lahendusi on juba rakendatud või arendamisel.[17]

Teises etapis kasutati kvalitatiivse andmekogumismeetodina ekspertintervjuud. Intervjuu eesmärk oli koguda praktilist teavet transpordivaldkonna spetsialistilt, kes tegeleb otseselt ITS-lahenduste arendamise, rakendamise ja haldamisega. Intervjuu viidi läbi struktureeritud vormis, võimaldades käsitleda eelnevalt määratletud teemavaldkondi ning saada põhjalikumad ülevaadet praktilistest kogemustest, tehnilistest väljakutsetest ja arengusuundadest. Intervjueeritavaks oli Teede Tehnokeskuse ITS-i ja tee infosüsteemide projektijuht, kelle praktiline kogemus võimaldas hinnata ITS-tehnoloogiate rakendamist Eesti reaalses töökeskkonnas. Intervjuu kaudu koguti teavet süsteemide toimivuse, andmekogumise probleemide, tehnoloogiliste piirangute ning laiemat rakendamist mõjutavate tegurite kohta.

Andmeanalüüsis kasutati peamiselt temaatilist sisuanalüüsi, mis võimaldas süstemaatiliselt tuvastada ITS-i rakendamisega seotud peamisi probleeme, korduvad mustrid, arengusuunad ja kitsaskohad. See meetod sobis hästi strateegiliste dokumentide, ekspertintervjuu ja süsteemianalüüside tõlgendamiseks ning võimaldas koondada erinevatest allikatest pärineva teabe terviklikuks ülevaateks.

Kvalitatiivne analüüs hõlmas ITS-seadmete kogutud liiklus-, asukoha- ja teeolude andmete hindamist, keskendudes süsteemide kasutusmustritele, praktilisele töökindlusele ning nende rollile transpordikorralduslike otsuste toetamisel.[6]

Lisaks tehnoloogilistele aspektidele käsitleti empiirilises uurimuses ka organisatsioonilisi ja majanduslikke tegureid. ITS-lahenduste edukas rakendamine sõltub suurel määral investeeringute mahust, spetsialistide kompetentsist, hooldussuutlikkusest ning poliitilisest prioriteetsusest. Uurimus näitas, et Eestis on tehnoloogiline valmisolek üldiselt kõrge, kuid süsteemide pikaajaline jätkusuutlikkus eeldab järjepidevat rahastamist ja strateegilist koordineerimist.

5.1 Dokumentide analüüs

Empiirilise uurimuse esimese etapina viidi perioodil september–november 2025 läbi dokumentide analüüs, mille eesmärk oli kaardistada intelligentsete transpordisüsteemide strateegiline areng, rakendussuunad ning praktiline kasutuselevõtt Eestis. Dokumentide analüüs võimaldas hinnata, millised ITS-lahendused on kasutusel riiklikul ja regionaalsel tasandil, millised arengueesmärgid on seatud ning kuidas poliitilised ja tehnilised raamistikud toetavad süsteemide edasist arengut.

Tabel 1. Anlüüsitud dokumendid

Dokument / allikas	Aasta	Fookus	Peamised leiud
Eesti transpordi arengukava 2021–2035 [30]	2021	ITS strateegia, liiklusohutus, digitaliseerimine	ITS on riiklik prioriteet, rõhk andmepõhisel juhtimisel
Transpordiameti ITS tegevusaruanded [31]	2022–2024	Teeilmajaamad, Targa Tee, hoolduse digitaliseerimine	Reaalajas seiresüsteemid toetavad tõhusamat hooldust
Kliimaministeeriumi transpordi- ja liikuvusprogramm [32]	2023	Säästev liikuvus, CO2 vähendamine	ITS toetab keskkonna- ja transpordieesmäärke
Kohalike omavalitsuste arengukavad (Tallinn, Tartu, Pärnu) [33]	2021–2024	Regionaalne ITS rakendamine	Rakendustase sõltub piirkondlikest investeringutest ja võimekusest

Dokumentide analüüs näitas, et Eestis käsitletakse intelligentseid transpordisüsteeme järjest enam tervikliku transpordipoliitika osana, mitte üksnes eraldiseisvate tehniliste lahendustena. Riiklikud strateegiad rõhutavad digitaliseerimise, andmepõhise juhtimise ja süsteemide integreerimise olulisust, kuid praktiline rakendamine sõltub suurel määral rahastusest, tehnilisest valmisolekust ning regionaalsest võimekusest.

Analüüs kinnitas, et kuigi strateegilisel tasandil on ITS-i arengusuunad Eestis selgelt määratletud, esineb süsteemide tegelikus rakendamises piirkondlikke erinevusi ning mitmeid tehnoloogilisi ja organisatsioonilisi väljakutseid. Seetõttu lõi dokumentide analüüs uurimusele tugeva strateegilise ja institutsionaalse raamistiku, mille alusel oli võimalik hinnata ITS-i tegelikku arengutaset ning võrrelda teoreetilisi eesmäärke praktiliste rakendustega Eesti transpordisüsteemis.

5.2 Ekspertintervjuu

Empiirilise uurimuse raames läbiviidud poolstruktureeritud ekspertintervjuu andis uurimistööle olulise praktilise mõõtmekohaga, võimaldades hinnata intelligentsete transpordisüsteemide rakendamist Eestis valdkondliku spetsialisti kogemuse ja hinnangute põhjal. Intervjuu viidi läbi 23.10.2025 ning keskendus ITS-lahenduste tehnilisele toimivusele, rakendustasemele, peamistele probleemidele ja tulevikusuundadele.

Ekspertintervjuu tulemused kinnitasid dokumentide analüüsi ja ITS-andmestike käsitlemise põhjal kujunenud üldist järeldust, et intelligentsete transpordisüsteemide areng Eestis on viimastel aastatel olnud kiire ning süsteemid liiguvad üksiklahendustelt järjest terviklikuma ja strateegilisema rakendamise suunas. Eksperti hinnangul on ITS-i roll kasvanud nii teedehituses, teehoolduses kui ka ühistranspordis, kuid arengutase erineb valdkonniti märkimisväärselt.

Ühistranspordi valdkonnas hinnati ITS-lahenduste arengut märksa küpsemaks. GPS-põhised jälgimissüsteemid, reaaliajase reisijainfo platvormid, digitaalsed piletisüsteemid ning dünaamiline graafikuhaldus on Eestis üldiselt hästi juurdunud ning moodustavad ühistranspordi igapäevase korralduse loomuliku osa. Samas esineb ka selles valdkonnas tehnilisi probleeme, sealhulgas andmelünki, sidehäireid ning operaatorite vahelise koordineerimise puudujääke, mis võivad mõjutada süsteemide töökindlust.

Intervjuu üks kesksemaid järeldusi puudutas andmekvaliteedi olulisust. Eksperti hinnangul sõltub ITS-süsteemide tegelik väärtus otseselt kogutavate andmete täpsusest, järjepidevusest ja ajakohasusest. Vananenud tehnilised lahendused, ebapiisav hooldus ning ebaühtlane regionaalne rakendamine võivad oluliselt vähendada süsteemide praktilist kasutegurit. Seetõttu rõhutati vajadust süsteemide pidevaks tehniliseks uuendamiseks, ühtsete standardite kehtestamiseks ning tervikliku andmehalduse arendamiseks.

Rahastuse ja organisatsioonilise valmisoleku osas tõi ekspert välja, et ITS-i areng Eestis sõltub lisaks tehnoloogilistele võimalustele suurel määral investeeringute järjepidevusest, riiklikust strateegiast ning personali digipädevusest. Tehnoloogia üksi ei taga süsteemide tõhusust, kui organisatsioonid ei suuda kogutud andmeid praktiliste juhtimisotsuste tegemisel efektiivselt kasutada.

Kokkuvõttes näitas ekspertintervjuu, et ITS-lahenduste areng Eestis liigub suurema integratsiooni, standardiseerimise ja andmepõhisuse suunas, kuid süsteemide täieliku potentsiaali saavutamise eeldab jätkuvaid investeeringuid, tehnilist moderniseerimist ning tugevamat valdkonnaülest koostööd.

Tabel 2. Ekspertintervjuul käsitletud teemad

Käsitletud teema	Põhiküsimus	Eksperti peamised vastused / järeldused	Seos uurimistöö tulemustega
ITS-i üldine areng Eestis	Millises arengufaasis on ITS-lahendused Eestis?	ITS on liikunud üksiklahendustelt järjest süsteemsema ja strateegilisema rakendamise suunas, kuid arengutase erineb valdkonniti.	Kinnitas dokumentide analüüsi järeldusi ITS-i kasvavast strateegilisest rollist
Ühistranspordi ITS-lahendused	Kui küpsed on ITS-lahendused ühistranspordis?	GPS-süsteemid, reaajas infosüsteemid ja piletiplatvormid on Eestis hästi juurdunud ja tehniliselt küpsed.	Kinnitas ühistranspordi kõrgemat arengutaset võrreldes teiste valdkondadega
Andmekvaliteet	Millised probleemid esinevad kogutud andmete kvaliteedis?	Suurimad kitsaskohad on andmelüngad, vananenud seadmed ja süsteemide ebaühtlane tehniline tase.	Tõi esile tehnilised piirangud ja regionaalsed erinevused
Süsteemide integratsioon	Kas olemasolevad süsteemid toimivad ühtse tervikuna?	Süsteemide killustatus ja piiratud koostalitlusvõime vähendavad maksimaalset efektiivsust.	Toetas vajadust terviklikuma andmehalduse järele
Rahastus ja investeeringud	Mis piirab ITS-i kiiremat arengut?	Rahastuse ebastabiilsus ja investeeringute regionaalne ebaühtlus aeglustavad arengut.	Seletas arengutaseme erinevusi Eestis
Tulevikusuunad	Millised arengud on lähiaastatel prioriteetsed?	Standardiseerimine, süsteemide integratsioon, andmekvaliteedi parandamine ja AI-põhine prognoosimine.	Aitas kujundada töö järeldusi ja ettepanekuid
Organisatsiooniline valmisolek	Kui oluline on personali digipädevus?	Tehnoloogia väärtus sõltub otseselt sellest, kui hästi organisatsioon suudab andmeid kasutada.	Rõhutas inimressursi rolli ITS edukuses

6. JÄRELDUSED JA ETTEPANEKUD

Uurimistöö eesmärk oli analüüsida intelligentsete transpordisüsteemide arendamist ja rakendamist Eesti transpordisektoris ning hinnata nende mõju transpordikorralduse tõhususele, liiklusohutusele ja kasutajakogemusele. Empiirilise analüüsi põhjal selgus, et ITS-lahendused on Eestis kujunemas järjest olulisemaks osaks nii taristuhalduses kui ka transporditeenuste korralduses, kuid süsteemide täielik potentsiaal eeldab jätkuvat strateegilist ja tehnoloogilist arendamist.

1. ITS-i mõju Eesti transpordisüsteemile:

Uurimuse põhjal on ITS-lahenduste rakendamine oluliselt parandanud Eesti transpordisüsteemi tõhusust, ohutust ja teenuste kvaliteeti.

- ITS-lahendused on parandanud transporditaristu haldamise tõhusust;
- suurenes andmepõhine otsustamine teehoolduses ja liikluskorralduses;
- paranes liiklusohutus tänu reaalajas seirele ja ennetavale hooldusele;
- ühistranspordis tõusis teenuse kvaliteet, täpsus ja kasutajamugavus;
- suurenes transpordisüsteemi üldine töökindlus.

2. Peamised kitsaskohad Eestis:

Vaatamata ITS-lahenduste positiivsele arengule esineb Eestis jätkuvalt mitmeid olulisi kitsaskohti, mis piiravad süsteemide täielikku potentsiaali ja ühtlast rakendamist kogu transpordivõrgustikus.

- süsteemide omavahelise integratsiooni puudujäägid;
- andmevahetuse killustatus;
- regionaalne ebaühtlus süsteemide rakendamises;
- väiksemate teede piiratud tehniline katvus;
- vananev tehniline taristu;
- ebastabiilne rahastus;
- standardiseerimise puudulikkus;
- vajadus suurema organisatsioonilise koostöö järele.

3. ITS-i kõige tõhusamad rakendused teetaristu haldamises:

Teetaristu haldamises on kõige tõhusamaks osutunud ITS-lahendused, mis võimaldavad reaalajas andmekogumist, täpsemat seisukorra hindamist ning ennetavat hooldust.

- teeilmajaamad;
- mikroilmajaamad;
- teekatte seisukorra monitooring;
- Targa Tee süsteemid;
- reaalajas teeolude seire;
- ennetav hooldusmudel.

4. ITS-i kõige tõhusamad rakendused ühistranspordis:

Ühistranspordis on ITS-lahendused kõige tõhusamad teenuse kvaliteedi, täpsuse ja kasutajamugavuse parandamisel läbi reaajas juhtimise ja digitaliseeritud teenuste.

- GPS-põhine sõidukite jälgimine;
- reaajas reisijainfo süsteemid;
- automaatne reisijate loendamine;
- digitaalsed piletisüsteemid;
- dünaamiline graafikuhaldus;
- nutikad liiklusfoorid;
- MaaS-lahendused.

5. ITS-i kõige tõhusamad rakendused veonduses:

Veondussektoris suurendavad ITS-lahendused kõige enam tööefektiivsust, kulude optimeerimist ja logistiliste protsesside läbipaistvust läbi digitaliseeritud juhtimissüsteemide.

- GPS-jälgimine;
- marsruudi optimeerimine;
- sõidukipargi haldussüsteemid;
- logistika digitaliseerimine;
- digitaalsed kaubaveoplatvormid;
- tulevikus V2X ja autonoomsed süsteemid.

6. Liiklusohutuse parandamiseks kõige perspektiivikamad ITS-lahendused Eestis:

Liiklusohutuse parandamisel peetakse Eestis kõige perspektiivikamaks ITS-lahendusi, mis võimaldavad ennetavat seiret, kiiremat reageerimist ning targemat liikluskorraldust.

- teilmajaamade ja mikroilmajaamade võrgustiku laiendamine;
- dünaamilised kiiruspiirangud;
- nutikad hoiatussüsteemid;
- automaatne liiklusjärelvalve;
- nutikad ristmikud;
- jalakäijate ja kergliiklejate sensorlahendused;
- V2X-kommunikatsioon;
- ühistranspordi prioriteedisüsteemid.

7. Peamised strateegilised arendusvajadused:

ITS-i edasise arengu tagamiseks Eestis on vajalik keskenduda strateegilistele arendussuundadele, mis toetavad süsteemide ühtlustamist, töökindlust ja pikaajalist jätkusuutlikkust.

- ühtse riikliku andmeplatvormi loomine;

- süsteemide standardiseerimine;
- andmekvaliteedi parandamine;
- tehnilise taristu moderniseerimine;
- sensorvõrkude uuendamine;
- regionaalse rakendamise ühtlustamine;
- spetsialistide täiendkoolitus;
- investeringute stabiilsuse tagamine;
- valdkonnaülene koostöö.

KOKKUVÕTE

Käesoleva lõputöö eesmärgiks oli analüüsida intelligentsete transpordisüsteemide arendamist ja rakendamist Eestis ning hinnata nende mõju transpordikorralduse tõhususele, liiklusohutusele ja kasutajakogemusele. Uurimus näitas, et ITS on muutumas keskselt komponendiks Eesti transpordisüsteemi kujundamisel ning selle roll kasvab järgnevatel aastatel veelgi seoses digipöörde ja rohepöörde eesmärkidega.

Ühistranspordi valdkonnas on ITS-lahendused jõudnud küpsemasse arengufaasi. Reaalajas toimivad infosüsteemid, sõidukite positsioneerimine ja dünaamiline graafikuhaldus on parandanud teenuse täpsust, suurendanud kasutajate rahulolu ning toetanud ühistranspordi konkurentsivõimet võrreldes isikliku sõiduga. Uurimus näitas, et usaldusväärne ja läbipaistev info on üks olulisemaid tegureid, mis mõjutab ühistranspordi kasutamist ning toetab säästvate liikumisviiside eelistamist.

Empiirilise osa tulemused kinnitasid, et ITS-i rakendamine Eestis on õigustatud ja perspektiivikas arengusuund. Samas vajab valdkond edasist süsteemset arendamist, eriti andmete ühtlustamise, sensorvõrkude moderniseerimise ja operaatoritevahelise koostöö tugevdamise osas. Töö käigus esitatud ettepanekud pakuvad võimalusi, kuidas ITS-lahendusi veelgi tõhusamalt rakendada ning suurendada nende mõju kogu transpordisüsteemi toimimisele.

Kokkuvõttes võib järeldada, et intelligentsed transpordisüsteemid ei ole enam tulevikulahendus, vaid Eesti transpordikorralduse lahutamatu osa. Nende järjepidev arendamine toetab liiklusohutuse parandamist, keskkonnamõjude vähendamist ja ühistranspordi atraktiivsuse suurendamist ning loob aluse nutikama ja kestlikuma liikuvuskeskkonna kujunemisele Eestis.

SUMMARY

The aim of this thesis was to analyze the development and implementation of intelligent transport systems (ITS) in Estonia and to assess their impact on transport efficiency, traffic safety, and user experience. The study demonstrated that ITS is becoming a central component in shaping Estonia's transport system, and its role is expected to grow further in the coming years in connection with digital transformation and green transition objectives.

In the field of public transport, ITS solutions have reached a more mature stage of development. Real-time information systems, vehicle positioning, and dynamic schedule management have improved service accuracy, increased user satisfaction, and strengthened the competitiveness of public transport compared to private car use. The study showed that reliable and transparent information is one of the most important factors influencing public transport usage and supporting the adoption of sustainable mobility options.

The results of the empirical section confirmed that the implementation of ITS in Estonia is both justified and перспективна as a development direction. However, the sector still requires further systematic development, particularly in terms of data standardization, modernization of sensor networks, and strengthening cooperation between operators. The recommendations presented in this thesis provide opportunities for more effective implementation of ITS solutions and for increasing their impact on the overall functioning of the transport system.

In conclusion, intelligent transport systems are no longer merely future solutions but have become an integral part of Estonia's transport management. Their continuous development supports improvements in traffic safety, reduction of environmental impacts, and increased attractiveness of public transport, thereby creating the foundation for a smarter and more sustainable mobility environment in Estonia.

KASUTATUD ALLIKAD

- [1] R. Smith, „Directive 2010/41/EU of the European Parliament and of the Council of 7 July 2010“, *Core EU Legislation*, London: Macmillan Education UK, 2015, lk 352–355. doi: 10.1007/978-1-137-54482-7_33.
- [2] M. Kiss, „Intelligent road transport systems“, veebr 2024.
- [3] CROW Platform, „Real Time Traffic Information“. Vaadatud: 14. aprill 2026. [Online]. Available at: https://crowplatform.com/wp-content/uploads/2024/04/D397_Real-Time-Traffic-Information_EN_web-gecomprimeerd_1.pdf
- [4] European Commission, „ITS Directive and Action Plan - Mobility and Transport“. Vaadatud: 4. jaanuar 2026. [Online]. Available at: https://transport.ec.europa.eu/transport-themes/smart-mobility/road/its-directive-and-action-plan_en
- [5] A. Goel, „How Data Analytics Is Transforming Transportation Management Training“, koenig-solutions. Vaadatud: 4. jaanuar 2026. [Online]. Available at: <https://www.koenig-solutions.com/blog/transportation-management-training>
- [6] AS Teede Tehnokeskus / OÜ Stratum, „Eesti maanteetranspordi intelligentsete transpordisüsteemide kontseptsioon“. Vaadatud: 4. jaanuar 2026. [Online]. Available at: https://transpordiamet.ee/sites/default/files/documents/2021-11/ma_2010-23_2_its_kontseptsioon.pdf
- [7] United Nations Economic Commission for Europe, *Intelligent Transport Systems (ITS) for Sustainable Mobility, Second Edition*. United Nations, 2024. doi: 10.18356/9789213586969.
- [8] Transpordiamet, „Ühistransport“. Vaadatud: 4. jaanuar 2026. [Online]. Available at: <https://www.transpordiamet.ee/uhistransport>
- [9] ITS Finland, „Activity - ITS Finland“, <https://its-finland.fi/>. Vaadatud: 7. mai 2026. [Online]. Available at: <https://its-finland.fi/en/activity/>
- [10] Finnish Transport Infrastructure Agency, „Transport system planning“, Finnish Transport Infrastructure Agency. Vaadatud: 7. mai 2026. [Online]. Available at: <https://vayla.fi/en/transport-network/transport-system/transport-system-planning>
- [11] Trafikverket, „ITS along the Road“, Trafikverket. Vaadatud: 7. mai 2026. [Online]. Available at: <https://bransch.trafikverket.se/en/startpage/operations/Operations-road/ITS/ITS-along-the-Road/>
- [12] Ministry of Transport Republic of Latvia, „Transport logistics | Satiksmes ministrija“. Vaadatud: 7. mai 2026. [Online]. Available at: <https://www.sam.gov.lv/en/transport-logistics>
- [13] Latvian State Roads, „Road classification and length“, Latvijas Valsts ceļi. Vaadatud: 7. mai 2026. [Online]. Available at: <https://lvceli.lv/en/road-network/statistical-data/classification-of-roads/>
- [14] Transpordiamet, „Liiklusaasta ülevaade 2024 | Transpordiamet“. Vaadatud: 7. mai 2026. [Online]. Available at: <https://www.transpordiamet.ee/liiklusaasta-ulevaade-2024>

- [15] Transpordiamet, „Liiklusohutusprogramm 2026–2035 | Transpordiamet“. Vaadatud: 14. aprill 2026. [Online]. Available at: <https://www.transpordiamet.ee/liiklusohutusprogramm>
- [16] Eesti Statistikaamet, „Statistika andmebaas“. Vaadatud: 7. mai 2026. [Online]. Available at: https://andmed.stat.ee/et/stat/majandus__transport__liiklusennetused
- [17] Majandus -ja Kommunikatsiooniministeerium, „Transpordi ja liikuvuse arengukava 2021-2035“. Vaadatud: 4. jaanuar 2026. [Online]. Available at: <https://www.mkm.ee/sites/default/files/documents/2022-04/Transpordi%20ja%20liikuvuse%20arengukava%202021-2035.pdf>

LISA 1.

Joonis X. Intelligentsete transpordisüsteemide areng Eestis

Arenguetapp	Ajavahemik	Peamised ITS-lahendused Eestis	Mõju transpordisüsteemile
Traditsiooniline taristu	1990ndad - 2000ndate algus	Liiklusloendurid, automaatsed valgusfoorisüsteemid, visuaalsel kontrollil põhinev teehoodus	Esmane digitaliseerimine, piiratud andmekasutus, traditsiooniline hoolduskorraldus
Digitaliseerimise etapp	2000-2010	Teeilmajamade võrgustiku areng, elektroonilised liiklumärgid, GPS-lahendused ühistranspordis, Targa Tee süsteemi arendamine	Reaalajas teolude jälgimise algus, parem liiklusinfo, suurem operatiivsus
Integreeritud ITS-süsteemid	2010-2020	BIM-projekteerimine, nutikad ühistranspordi infosüsteemid, digitaalsed piletisüsteemid, reaalajas reisijainfo, ITS strateegiline integreerimine	Süsteemne andmepõhine juhtimine, parem teenuse kvaliteet, tõhusam hooldus
Nutikas taristu ja automatiseerimine	2020-tänapäev	V2X-tehnoloogiad, AI-põhine liiklusanalüüs, ennustav teehoodus, sensorvõrkude laienemine, SMART E67 projektid	Kõrgem automatiseerituse tase, parem liiklusohutus, tõhusam ressursikasutus
Tulevikusuund	Tulevik	Autonoomsed transpordilahendused, ühtsed andmeplatvormid, täielikult integreeritud transpordivõrgustik	Jätksuutlik, nutikas ja kasutajakeskne transpordisüsteem

Intelligentsete transpordisüsteemide areng Eestis aastatel 1990–tänapäevani ning peamised arenguetapid transporditaristu digitaliseerimisel, integreerimisel ja automatiseerimisel. (autori koostatud)

Joonis annab ülevaate intelligentsete transpordisüsteemide arengust Eestis, kajastades peamisi tehnoloogilisi ja strateegilisi etappe alates esmastest digitaliseerimislahendustest kuni tänapäevaste integreeritud ja automatiseeritud süsteemideni. Esialgsete ITS-lahendused keskendusid peamiselt liikluskorralduse lihtsustamisele ja teolude seirele, kuid tehnoloogia areng on võimaldanud liikuda terviklikuma, andmepõhise ja kasutajakeskse transpordikorralduse suunas. Joonis illustreerib, kuidas ITS-i roll on ajas laienenud üksikutest tehnilistest tööriistadest strateegiliseks osaks kogu transpordisüsteemi planeerimisel, haldamisel ja arendamisel. Selline areng kinnitab ITS-i kasvavat tähtsust Eesti transporditaristu tõhususe, liiklusohutuse ja jätkusuutlikkuse tagamisel.