

Vaitinaron lisäkaistan vaikutus Rantatunnelin pääsyneätelyyn



Ammattikorkeakoulututkinnon opinnäytetyö
Liikenneala, insinööri (AMK), Riihimäen kampus

Kevät, 2021

Frans Anttonen

Tekijä	Frans Anttonen	Vuosi 2021
Työn nimi	Vaitinaron lisäkaistan vaikutus Rantatunnelin pääsystäätelyyn	
Ohjaajat	Ville Turunen (Hämeen ammattikorkeakoulu) Eero Sauramäki (Fintraffic Tie Oy)	

TIIVISTELMÄ

Tässä opinnäytetyössä syvennyttään tutkimaan, miten Vaitinaron lisäkaista on parantanut liikenteen sujuvuutta Tampereen Paasikiventiellä, joka on osa valtatieta 12 ja kantatieta 65. Ongelmana ennen lisäkaistahankkeen valmistumista oli Rantatunnelin useat pääsystäätelyn tarpeet iltapäiväruuhkien aikana ja Paasikiventien huono palvelutaso liikenteen välityskyvyn ylittyessä. Ongelma ratkaistiin rakentamalla lisäkaista Vaitinaron valo-ohjattuun risteykseen, joka valmistui lokakuussa 2020.

Työn alussa käydään läpi Pirkanmaan ELY-keskuksen toimenpideselvitys ongelman ratkaisemiseksi. Seuraavassa vaiheessa avataan pääsystäätelyn toiminnan periaate ja esitellään tarkemmin automaattinen pääsystäätely, joka on käytössä Rantatunnelissa. Lopuksi kerrotaan vertailu- ja seurantajaksolta kerätyt havainnot sekä pohditaan saatujen tuloksien vaikuttavuutta.

Työn tulokset jäivät kuitenkin vajaaksi koronapandemiasta seuranneen liikennemäärien vähenemisen takia, jonka seurauksena ei voida tehdä tarkkoja johtopäätöksiä siitä, kuinka hyvin liikenteen sujuvuus on parantunut Vaitinaron lisäkaistan ansiosta. Pääsystäätelyn määrät putosivat lisäkaistan valmistuessa edellisvuosiin verratessa, mutta huipputunnin liikenne ei yltänyt edellisvuosien tasolle.

Avainsanat Liikenteenhallinta, lisäkaista, pääsystäätely, ruuhka, tietunneli

Sivut 21 sivua

Author	Frans Anttonen	Year 2021
Subject	Impact of Vaitinara extra lane on traffic flow control in Rantatunneli	
Supervisors	Ville Turunen (Häme University of Applied Sciences) Eero Sauramäki (Fintraffic Road Ltd)	

ABSTRACT

The objective of this project was to study how the extra lane at Vaitinara has improved traffic flow on Paasikiventie in Tampere. Paasikiventie is part of the National Road 12 and the Main Road 65. The problem before the extra lane was built, was that traffic flow control was frequently needed during the afternoon rush. Also when traffic capacity was exceeded, Paasikiventie was not able to provide the needed service level. The problem was fixed by building an extra lane at Vaitinara crossroads. The extra lane was ready for use in October 2020.

In the beginning of this thesis there is a familiarization to Operation Clearance made by Pirkanmaa ELY Centre. Operation Clearance was conducted to solve the problem with the frequent need for traffic flow control in Rantatunneli. In the thesis there is also more information about traffic flow control and how automatic traffic flow control works in Rantatunneli. Finally, at the end of this thesis there are the observations collected during a comparison and a monitoring period and also deliberation of the results.

Exact conclusions on how the extra lane at Vaitinara has improved the traffic flow could not be made in this study, because the Covid-19 pandemic has had an impact on the traffic volume. When compared the data collected with previous years, the need for traffic flow control has clearly decreased after the extra lane was built. However, the peak hour traffic flow was not as high as before the Covid-19 pandemic.

Keywords Extra lane, traffic flow control, traffic jam, traffic management, tunnel

Pages

21 pages

Sisälllys

1	Johdanto	1
2	Vaitinaron lisäkaistan toimenpideselvitys	2
2.1	Hankkeen tausta	2
2.2	Vaihtoehtotarkastelut	4
2.2.1	Vaihtoehto 1, Lokkiliittymä	4
2.2.2	Vaihtoehto 2, Kolmas kaista välille Santalahti – Enqvistinkatu	5
2.2.3	Vaihtoehto 3, Kolmas kaista liittymän kohdalle	5
3	Pääsystäätely	6
3.1	Pääsystäätelyn tarpeen lähtökohdat	6
3.2	Pääsystäätelyn toiminta	7
3.3	Rantatunnelin automaattinen pääsystäätely	9
4	Vaitinaron lisäkaista	12
5	Seurantajakson havainnot	14
6	Pohdinta	20
	Lähteet	21

Kuvat ja taulukot

Kuva 1 Suunnittelualue (Tampereen kaupunki, n.d., muokattu).....	3
Kuva 2 Puskurialue (Väylävirasto, 2018, s. 42).....	8
Kuva 3 Pääsystäelyn toteuttaminen kahdella pistemäisellä liikenneilmaisimella (Väylävirasto, 2018, s. 42).	8
Kuva 4 Pääsystäelyn toimintaperiaate.	10
Kuva 5 Liikenteen pysäytyspaikka Rantatunnelin B-tunneliputken suuaukolla.....	12
Kuva 6 Vaitinaron lisäkaista.....	13
Kuva 7 Pääsystäely B-tunneliputki (Nodeon Oy, 2021).....	16
Kuva 8 Pysäytyspäivien liikennemäärät huipputunnin aikana (Väylävirasto, 2021).....	17
Kuva 9 Liikenteen jonoutuminen Santalahdessa, Liikennekamera -kuva (Fintraffic Oy, 2021).	18
Kuva 10 Liikenteen pysäytys suuaukolle, Liikennekamera -kuva (Fintraffic Oy, 2021)...	19
Taulukko 1 Vuoden keskimääräinen arkivuorokausiliikenne, Vt12 Paasikiventie S2 (Väylävirasto, 2021).....	14
Taulukko 2 Havainnekuva liikenteenhallinnan lokitiedoista (Nodeon Oy, 2021).	15

1 Johdanto

Vaitinaron lisäkaista rakennettiin vuonna 2020 helpottamaan Tampereella valtatie 12 Paasikiventien pohjoisen ajoradan ruuhkia, jotka syntyivät iltapäivän työmatkaliikenteen seurauksena. Lisäkaistan rakentamisen tarve syntyi, kun Rantatunnelin pääsystäätely aktivoitui säännöllisesti ruuhka-aikoina. Työn taustalla on Pirkanmaan ELY-keskuksen toimenpideselvitys, joka on laadittu vuonna 2018. Työssä avataan pääsystäätelyn toimintaperiaate ja syvennyttään automaattiseen pääsystäätelyyn, joka on käytössä Tampereen Rantatunnelissa. Pääsystäätely ei itsessään kuulu tietunneleiden peruspalvelutasoon, vaan on palvelutasoa nostattava tekijä.

Opinnäytetyön tavoitteena on tutkia Tampereen Rantatunnelin pääsystäätelyn määrän muutosta Vaitinaron lisäkaistahankkeen valmistumisen jälkeen ja vertailla tuloksia edellisvuosien vastaavaan ajankohtaan. Tutkimustapana on vertailla liikenteen pysäytyksien määrän muutosta, jotka ovat kerätty Rantatunnelin liikenteenhallinnan lokitiedoista. Tuloksien analysoinnin apuna hyödynnetään valtatie 12 Paasikiventiellä olevaa liikenteen automaattista mittauspistettä (LAM-piste), joka on tutkimusalueella. Työn tarkoituksena on selvittää, miten Vaitinaron lisäkaista parantaa liikenteen sujuvuutta ja välityskykyä sekä näin ollen nostattaa liikenteen palvelutasoa kyseisellä tieosuudella. Työn toisena tarkoituksena on syventää opinnäytetyön tekijän osaamista ja ymmärrystä käsiteltävästä aiheesta, josta on hyötyä liikennepäivystäjän työssä.

Työ toteutettiin työsuhteessa Fintrafficin Tieliikennekeskuksen kanssa, jossa toimin opinnäytetyöprosessin aikana liikennepäivystäjän tehtävässä. Liikennepäivystäjänä olen aloittanut kesällä 2019 harjoittelijana ja tammikuussa 2020 jatkoin Tieliikennekeskuksen liikennepäivystäjänä vakituisena työntekijänä. Työpaikalla ohjaajana toimi liikennekeskuspäällikkö Eero Sauramäki ja Hämeen ammattikorkeakoululta työtä ohjasi liikennealan lehtori Ville Turunen.

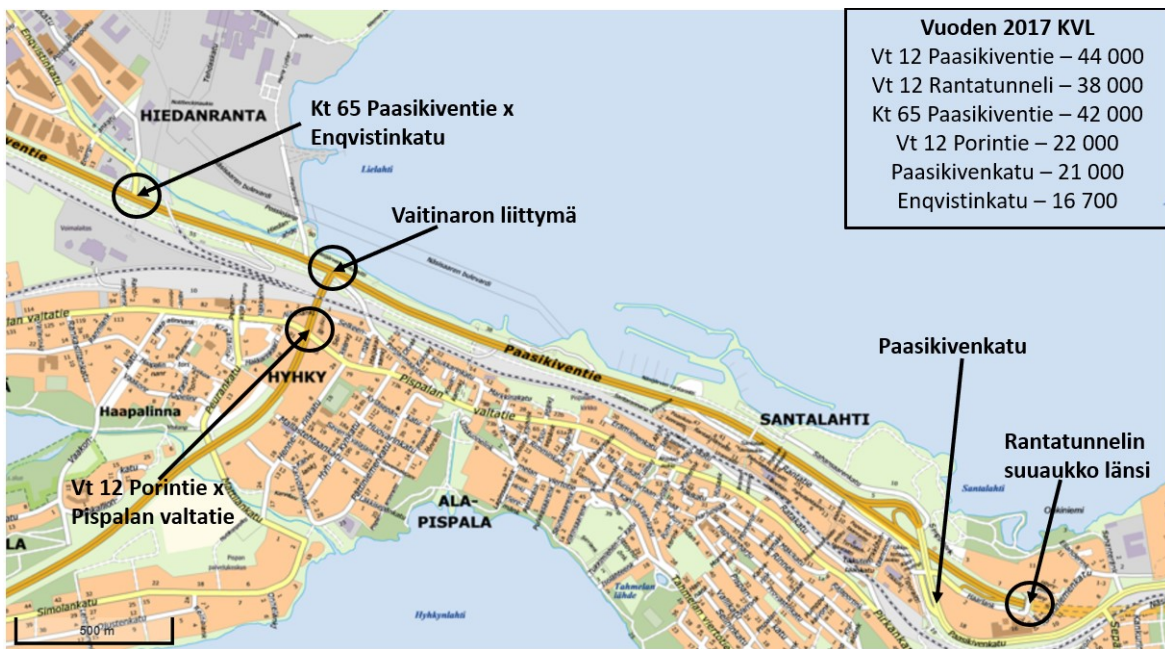
2 Vaitinaron lisäkaistan toimenpideselvitys

Tampereen Rantatunneli avattiin liikenteelle marraskuussa 2016. Tämän jälkeen Paasikiventien liikennemäärä Santalahdessa on kasvanut merkittävästi ja Rantatunnelin pohjoisen ajoradan B-tunneliputki on jouduttu sulkemaan useasti iltapäiväruuhkan aikaan. Rantatunnelin sulkemiset ovat johtuneet Vaitinaron valo-ohjatusta liittymästä (vt 12 x kt 65). Pirkanmaan ELY-keskus käynnisti toimenpideselvityksen vuonna 2018, jonka laati konsulttityönä A-Insinöörit Suunnittelu Oy. Toimenpideselvitystä ei asetettu nähtäville, vaan se toimi jatkosuunnittelun lähtökohtana. Toimenpideselvityksessä etsittiin keinoja, joilla ruuhkautumista voidaan helpottaa tien kaistajärjestelyin niin, ettei Rantatunnelin B-tunneliputkea tarvitsisi sulkea iltapäiväruuhkan aikana. Toimenpideselvityksessä esitettiin ratkaisuksi kolmannen ajokaistan rakentamista Vaitinaron liittymään idästä suoraan ajaville. (Pirkanmaan ELY-keskus, 2018, s. 2)

2.1 Hankkeen tausta

Suunnittelualue koostui valtatiestä 12 ja kantatiestä 65. Suunnittelualueeseen kuului Paasikiventien pohjoinen ajorata. Santalahdesta Vaitinaron liittymään asti Paasikiventie on osa valtatiestä 12. Vaitinarosta valtatie 12 jatkaa Nokian suuntaan Porintienä. Vaitinaron valo-ohjatun liittymän eteläpuolella noin 200 metrin päässä on toinen valo-ohjattu risteys, kun valtatie 12 risteää katuverkolle kuuluvan Pispalan valtatieen kanssa. Vaitinaron ja Enqvistinkadun liittymän välillä Paasikiventie on osa kantatiestä 65. Tarkastelujakson pituus oli noin 2,5 km. Kuvassa 1 on esitetty suunnittelualue. Pohjoisen ajoradan nopeusrajoitus on 60 km/h, mikä on voimassa myös Rantatunnelissa normaalitilanteessa. (Pirkanmaan ELY-keskus, 2018, s. 5)

Kuva 1 Suunnittelualue (Tampereen kaupunki, n.d., muokattu).



Vuoden 2017 LAM-pistetietoihin ja tierekisteritietojen mukaan Paasikiventie on vilkas työmatkaliikenteen reitti. Tämä näkyy liikennemäärissä, kun verrataan keskimääräistä arkivuorokausiliikennettä (KAVL) ja keskimääräistä vuorokausiliikennettä (KVL) keskenään. KVL tarkoittaa vuoden kaikkien päivien liikennemäärien summaa jaettuna päivien lukumäärällä. KAVL tarkoittaa samaa, mutta huomioon otetaan vain arkipäivät maanantai, tiistai, keskiviikko ja torstai, joista on poistettu arkipyhät. Suunnittelualueella KAVL on 8-10 % KVL:ää suurempi. Santalahden eritasoliittymän ja Vaitinaron liittymän välisellä osuudella KVL on suurin liikennemäärän ollessa 44 000 ajoneuvoa vuorokaudessa, josta raskaan liikenteen osuus on 3 %. Tällä tieosuudella iltahuipputunnin (IHT) aikana palvelutaso on liikennetiheyden perusteella arvioituna huono – erittäin huono eli liikennevirta on epätasaista, nopeustaso on alhainen ja kaistan vaihtaminen on vaikeaa. Iltahuipputunnilla tarkoitetaan suurinta yhden tunnin aikana esiintynyttä liikennemäärää, joka yleensä osuu alkuillan kello 15 – 18 välille (Pirkanmaan ELY-keskus, 2018, s. 6)

Toimenpideselvityksessä avattiin Vaitinaron (vt 12 x kt 65) sekä Paasikiventien (kt 65) ja Enqvistinkadun liittymien kaistakohtaisia liikennemäärätietoja iltahuipputunnin aikaan 16.1.2018. Vaitinaron liittymässä suurin liikennevirta tulee Rantatunnelista ja keskustan suunnasta länteen päin kohti Ylöjärveä ja Nokiaa. Nokian (vt 12 Porintie) suuntaan liittymästä kääntyy noin kolmasosa idästä tulevasta liikenteestä. Pahimmillaan idän

suunnasta tulevan liikenteen jonopituus kasvaa yli 300 metriksi, jolloin vasemmalle (vt 12 Porintielle) kääntymiskaistoille kääntyminen kohti Nokiaa on estynyt. Näin ollen jonoutuminen voimistuu Paasikiventiellä. Paasikiventien ja Enqvistinkadun liittymässä 40 % idästä tulevasta liikenteestä kääntyy Lielahden suuntaan Enqvistinkadulle iltahuipputunnin aikana. Enqvistinkadulle kääntyminen on liikennevalo-ohjauksen ulkopuolella eli niin sanottu vapaa oikea. (Pirkanmaan ELY-keskus, 2018, ss. 7, 10)

Toimenpideselvityksen ongelma-analyysissä nostettiin esille neljä eri kohtaa.

Tarkastelualueen linjaosuuden palvelutaso on iltaruuhkan aikaan huono, Santalahden eritasoliittymän liittymiskaistoja ei käytetä täysimääräisesti, Vaitinaron liittymä ruuhkautuu, jolloin idästä suoraan ajavien jono estää kääntymiskaistalle pääsyn ja välillä Santalahti – Enqvistinkatu on kohonnut onnettomuusriski. (Pirkanmaan ELY-keskus, 2018, s. 8)

2.2 Vaihtoehtotarkastelut

Toimenpideselvityksessä tuotiin esille kolme vaihtoehtoa tarkastelualueen parantamiseksi. Näistä vaihtoehtoista valittiin esitettäväksi vaihtoehto 3 (ve3) eli kolmannen kaistan rakentamista Vaitinaron liittymän ja Enqvistinkadun välille. Ve3 voidaan toteuttaa nopeasti ja edullisesti, sekä se jättää mahdollisuuden rakentaa kolmannen kaistan koko Santalahti-Enqvistinkadun välille, jos se todetaan myöhemmin tarpeelliseksi ja kustannustehokkaaksi ratkaisuksi. (Pirkanmaan ELY-keskus, 2018, s. 11)

2.2.1 Vaihtoehto 1, Lokkiliittymä

Vaihtoehtona 1 Vaitinaron liittymässä kaistojen määrää ei lisättäisi, vaan idästä suoraan ajaville rakennettaisiin liittymän ohitus ja heille näytettäisiin pysyvästi vihreää valoa. Tällaista liittymää kutsutaan niin sanotusti lokkiliittymäksi. Lokkiliittymässä idästä suoraan ajavat eivät joudu pysähtymään, joten liikenne ei ruuhkaudu liittymän kohdalla. Rantatunnelin suunnasta tullessa oikeaa ajokaista pitkin on Enqvistinkadun liittymää ennen vaihdettava kaistaa jatkaessaan liittymästä länteen päin kohti Ylöjärveä. (Pirkanmaan ELY-keskus, 2018, s. 9)

Ongelmaksi lokkiliittymässä muodostuu Porintieltä vasemmalle kääntyminen. Vasemmalla kääntyville on noin 350 metrin matkalta mahdollisuus vaihtaa kaistaa oikeanpuoleisimmalle ajokaistalle, jos haluaa kääntyä Enqvistinkadulle. Järjestelmän toimivuutta arvioitiin liittymis- ja sekoittumisalueiden liikennetiheyden mukaan. Valo-ohjauksen jaksottumisen takia liittymis- ja sekoittumisalueiden liikennetiheys on tuntiliikennemäärään nähden liian suuri. Liikennemäärän kasvaessa palvelutaso putoaa nopeasti erittäin huonoksi, jolloin osuus ruuhkautuu. Enqvistinkadulle suuntautuva liikenne joutuu vaihtamaan kaistaa vähintään kaksi kertaa Porintieltä tultaessa, mikä heikentää liikenteen sujuvuutta. (Pirkanmaan ELY-keskus, 2018, s. 9)

2.2.2 Vaihtoehto 2, Kolmas kaista välille Santalahti – Enqvistinkatu

Vaihtoehto 2 oli tutkituista vaihtoehtoista tehokkain ratkaisemaan sujuvuusongelman välillä Santalahti – Enqvistinkatu. Vaihtoehdossa esitettiin ratkaisua, jossa Tampereen keskustasta liikenne pääsisi ajamaan Lielahteen asti vaihtamatta kaistaa. Santalahden eritasoliittymästä Paasikivenkadulta liittymiskaista jatkuisi Enqvistinkadulle kääntyvään kaistaan asti. Vaitinaron liittymässä olisi näin ollen kolme ajokaistaa suoraan meneville, joista uutta kaistaa olisi noin kahden kilometrin matkalta. Ratkaisu pienentäisi keskimääräisen jonopituuden nykyisestä noin 40 %:iin, jolloin se olisi noin 95 metriä. Maksimijonopituus jäisi noin 110 metriin, jolloin suoraan ajavien jono ei enää estäisi kääntymistä vasemmalle kääntymiskaistoille. (Pirkanmaan ELY-keskus, 2018, s. 10)

2.2.3 Vaihtoehto 3, Kolmas kaista liittymän kohdalle

Vaihtoehdossa 3 rakennetaan kolmas kaista suoraan ajaville vain Vaitinaron liittymän kohdalle. Kolmas kaista alkaisi noin 300 metriä ennen liittymää. Liittymän pohjoispuolella sijaitsevien voimalinjapylväiden sijainti ratkaisee kaistan pituuden, koska on suunniteltu, että voimalinjaa ei tarvitse siirtää. Kolmas kaista päättyisi Enqvistinkadulle johtavaan kääntymiskaistaan, jossa on vapaa oikealle kääntyminen. Uuden kaistan pituus olisi noin 850 metriä. Ve3 parantaisi Vaitinaron liittymän sujuvuutta, mutta ei tuo lisäkapasiteettia vilkkaimmalle osuudelle Santalahti – Vaitinara, joten alkuperäinen ongelma ei poistu kokonaan. Vaitinaron liittymän välityskyvyn parantuessa punaisia päin ajamisen riski ja

risteämisonnettomuuksien todennäköisyys pienenee. (Pirkanmaan ELY-keskus, 2018, ss. 10-12,15)

3 Pääsystäätely

Pääsystäätelyllä pyritään estämään seisovan jonon muotoutuminen niissä kohteissa missä tunnelin jälkeen on häiriöpiste. Häiriöpiste aiheuttaa liikenteen ruuhkautumisen esimerkiksi liikennevaloliittymän tai kaistanpäättymisen vuoksi. Alun perin pääsystäätely luotiin tunneleihin, jotka sijaitsivat kaupungeissa missä häiriöpisteet aiheuttivat toistuvasti jonoutumiseen liittyvää ilmiötä tunneleissa. Pääsystäätely ei kuulu peruspalvelutasoon, sitä käytetään palvelutasoa nostattavana, niissä tapauksissa missä ruuhkautuminen ja liikenteen jonoutuminen on toistuvaa jonkin häiriöpisteen vuoksi. Ensisijaisena toimenpiteenä kuitenkin on pyrkiä poistamaan häiriöpiste erinäisillä toimenpiteillä esimerkiksi heti tunnelin jälkeen tai tunnelin välittömässä läheisyydessä olevien liikennevalojen ruuhkanpurkutoiminnolla. (Väylävirasto, 2015, s. 24)

Automaattisella pääsystäätelyllä pyritään siihen, että järjestelmä hoitaa automaattisesti säätelyn pohjautuen sen hetkiseen liikennetilanteeseen. Tämä helpottaa liikennepäivystäjän työtä sillä, että resurssit eivät ole sidottuja pääsystäätelyn seurantaan. Vaihtoehtoisesti pääsystäätely voidaan toteuttaa kevennettynä, joka tarkoittaa sitä, että liikennepäivystäjä saa herätteen jonoutumisesta ja säännöstely tapahtuu tieliikennekeskuksesta manuaalisesti. Jos jonoutumisen muodostuminen tunneleissa voidaan katsoa olevan säännöllistä, kevennettyä ratkaisua ei tulisi käyttää. (Väylävirasto, 2015, s. 24)

3.1 Pääsystäätelyn tarpeen lähtökohdat

Pääsystäätelyn perimmäisenä ajatuksena on säännöstellä suurien liikennemäärien pääsy tunneliputkeen ja näin välttää sen seurauksena tulevia epätoivottuja tilanteita. Epätoivottuja tilanteita ovat säännöllisesti syntyvät jonot ja liikenneruuhkat. Tämän lisäksi ilmanlaatu tunnelin sisällä on syy säännöstellä liikennemääriä sen sisällä. Tosin näissä tapauksissa toimenpiteinä käytetään myös kaistansulku- ja normaalisulkusekvenssejä. (Väylävirasto, 2018, s. 41)

Tarpeen pääsystäelylle muodostaa tieympäristön rakenteelliset ongelmat. Tämän tyyppisiä ongelmia ovat:

- Runtasliikenteiset tunnelit, joissa tunnelin loputtua pääsuunnan kaistamäärä pienenee aiheuttaen näin ruuhkautumista.
- Pääsuunnan koko kaistakapasiteetti on käytössä. Tämä aiheuttaa omalta osaltaan pysähtelevää jonoa.
- Runtasliikenteisen tunnelin jälkeen tai sen läheisyydessä on runtasliikenteinen ramppi.
- Tunnelin jälkeen liikenne saapuu valo-ohjatulle risteysalueelle tai tiejaksolle. Ongelmaksi tilanne koituu siinä kohtaa, kun välityskykyä sisääntuloväylän tulosuunnalla ei voida parantaa minkäänlaisin toimenpitein.

Ensisijaisena toimenpiteenä ennen pääsystäelyn käyttöönottoa on pyrkiä poistamaan häiriöpiste, joka aiheuttaa liikenteen ruuhkautumista ja jonoutumista. Häiriöpiste pyritään poistamaan erinäisillä toimenpiteillä esimerkiksi heti tunnelin jälkeen tai tunnelin välittömässä läheisyydessä olevien liikennevalojen ruuhkanpurkutoiminnolla. (Väylävirasto, 2018, s. 41)

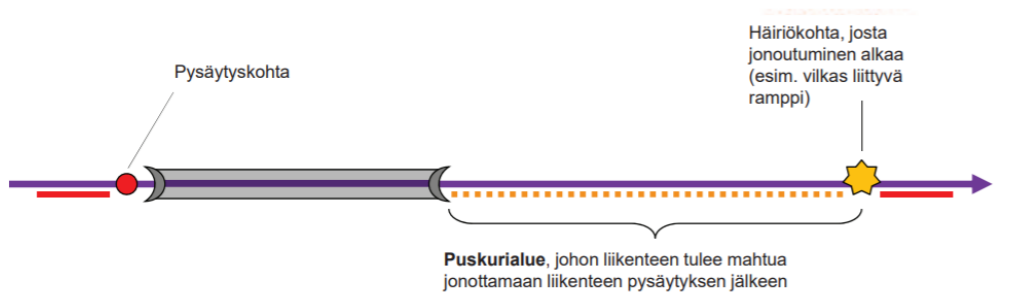
3.2 Pääsystäelyn toiminta

Kun tunnelin päättymisen jälkeen olevalla tieosuudella havaitaan tilanne missä liikenne uhkaa muodostaa seisovan jonon tunneliin, pysäytetään liikenne tunnelin sisäänmenoaukulle. Liikenne pysäytetään liikennevaloilla pysäytykseen suunnitellulla sekvenssillä tai tieliikennekeskuksen päivystäjä tekee pysäytyksen manuaalisesti. Liikenne pysyy pysäytettynä siihen asti, että ulosmenoaukon jälkeen tulevalle tieosuudelle voidaan päästää liikennettä. Liikenteen pysäyttäminen toistetaan niin monta kertaa, kun tilanne uhkaa näyttäytyä liikenteen seisomisena tunnelissa. (Väylävirasto, 2018, s. 41)

Liikenteen ohjaaminen ja tunnelissa olevien autojen ruuhkautuminen perustuu ulosmenoaukon jälkeisen puskurialueen liikennetilanteen aktiiviseen seurantaan. Seuranta ja tarpeen vaatiessa toiminta tapahtuu tieliikennekeskuksesta käsin. Puskurialueella tarkoitetaan tunnelin ulosmenoaukon ja häiriöpisteen välistä tieosuutta. Tunnelissa ja

puskurialueella olevien ajoneuvojen tulee mahtua jonottamaan, kun pääsääntely käynnistyy eli liikenne joudutaan pysäyttämään. Tunnelin kokonaispituus määrää sen, kuinka pitkä tavoitetilassa puskurialueen tulee olla. Useimmiten lähimmän häiriöpisteen paikka määrittää sen, kuinka pitkä puskurialue käytännössä saavutetaan. Alhaalla kuva 2 havainnollistamassa asiaa. (Väylävirasto, 2018, ss. 41,42)

Kuva 2 Puskurialue (Väylävirasto, 2018, s. 42).



Puskurialueen liikennetilannetta voidaan seurata erilaisin menetelmin. Yksi niistä on, että puskurialueelle tehdään pistemäisiä silmukkailmaisimia, jotka seuraavat liikennemääriä ja mittaavat varausastetta. Ilmaisimet asennetaan puskurialueelle eli ulosmenoaukon ja häiriöpisteen välille. Siitä havainnollistava kuva 3 alempana.

Kuva 3 Pääsääntelyn toteuttaminen kahdella pistemäisellä liikenneilmaisimella (Väylävirasto, 2018, s. 42).



Ilmaisimien toiminta perustuu siihen, että pääsääntely kytkeytyy päälle, kun kauempana oleva A havaitsee liikenteen jonoutumista. Jokaiselle silmukalle on asetettu omat määritelmät siitä, milloin kaistakohtaisesti varausaste ylittää asetetun rajan. Pääsääntely kytkeytyy päälle myös ilmaisimen B kohdalla, vaikka jonoutuminen todellisuudessa havaitaan aina ensin A ilmaisimen kohdalla. Pääsääntely kytkeytyy pois päältä siinä kohtaa, kun liikenne on ilmaisimen A ja B kohdalla riittävän sujuvaa. (Väylävirasto, 2018, s. 42)

Ilmaisimen sijoittaminen määräytyy sen mukaan, kuinka pitkä tunneli on ja missä sijaitsee lähin häiriöpiste, joka aiheuttaa liikenteen merkittävää jonoutumista. Ilmaisimet sijoitetaan alle kilometrin mittaisille tunneleille tarkkojen ohjeistuksien perusteella. Pitkissä tunneleissa, kuten esimerkiksi Rantatunneli, ilmaisimen sijoitus on tarkasteltu tapauskohtaisesti. (Väylävirasto, 2018, s. 43)

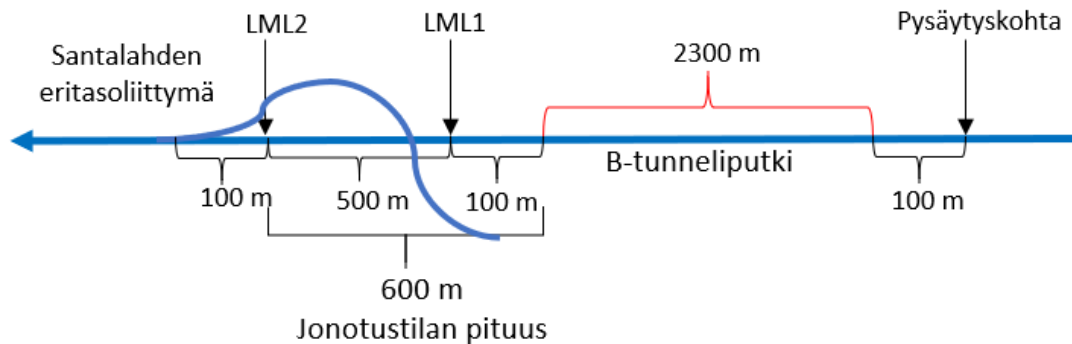
Pääsynsäätelyn toimintaa erilaisissa liikennetilanteissa on vaikea ennakoida suunnitteluvaiheessa. Tämän vuoksi järjestelmän tulee olla mahdollisimman monipuolinen ja muokattavissa käyttöönoton jälkeenkin. Kaikki parametrit ja mielellään myös ehtolauseiden operaattorit asetetaan säädettäväksi tunnelin omasta käyttöliittymästä. Käyttöönottovaiheen aikana eli säätöjaksolla on keskeinen merkitys oikeiden parametrien löytymisessä. (Väylävirasto, 2018, s. 44)

3.3 Rantatunnelin automaattinen pääsynsäätely

Rantatunnelia operoidaan Fintraffic Tie Oy:n Tieliikennekeskuksesta. Tieliikennekeskus toimii 24/7 periaatteella ja heidän vastuullensa kuuluvat liikenteen ja kelin seuranta, liikenteen ohjaaminen, tilannekuvan ylläpito sekä häiriönhallinta yhdessä viranomaisten ja tienpidon urakoitsijoiden kanssa.

Rantatunnelin operointi tapahtuu Vijeo Citect valvomo-ohjelmisto SCADA:lla (Supervisory Control And Data Acquisition), joka on suomalaisen teknologiatoimittaja Nodeon Oy:n tuottama. Rantatunnelissa on toteutettu automaattinen pääsynsäätely, jonka lähtökohtana on, että tunnelissa ja 300 metrin matkalla ulosmenoaukon jälkeen ei sallita seisovaa jonoa samanaikaisesti molemmilla ajokaistoilla. Jos molemmille ajokaistoille syntyy seisovaa jonoa, käynnistyy kriittisestä liikenneruuhkasta pääsynsäätely, joka toteutuu sekvenssillä. Sekvenssillä tarkoitetaan automaattiohjausta, jossa tarvittavat liikenteenohjauslaitteet ohjataan haluttuun ohjaustilaan. Kriittinen liikenneruuhka havaitaan LML-jonoilmaisimelta, joita on kaksi molempien tunneliputkien A ja B jälkeen. Tässä työssä keskitytään B-tunneliputkeen, jossa liikenne kulkee lännen suuntaan. Kuvassa 4 on esitetty Rantatunnelin pääsynsäätelyn toimintaperiaate.

Kuva 4 Pääsynsäätelyn toimintaperiaate.



LML-jonoilmaisimet ovat asennettuna poikkileikkauksessa molempien ajokaistojen kohdalle, jolloin saadaan kaistakohtaista tietoa kerättyä. LML1 on lähellä ulosmenoaukkoa ja LML2 ennen Santalahden eritasoliittymää, jotta liittymä ei aiheuta ylimääräistä häiriötä järjestelmän toimintaan. Ulosmenoaukkoa kauempi ilmaisimien (LML2) havaitsee alkavan liikennemuutoksen. Lähemmän ilmaisimen (LML1) tarkoituksena on havaita mahdolliset ongelmatilanteet tunnelin ja LML2-jonoilmaisimen välillä. Tarkoituksena on estää tässä tilanteessa syntyvä pysähtelevä jono tunnelissa.

Kriittinen liikennemuutos todetaan LML-ilmaisimien varausasteesta. Varausaste on ilmaisimen varausaika jaettuna laskentajakson pituudella. Laskenta päivittyy valitulla päivitystaajuuksella. Rantatunnelissa on käytössä 60 sekunnin laskentajakson pituus ja varausasteen päivitystaajuus on 10 sekuntia. Varausasteen yksikkö on prosentti. Varausasteen laskenta sekä jonoilmaisimien asetuksia voidaan muuttaa käyttöliittymästä käsin. LML1 on asetettu käynnistämään pääsynsäätelystä, jos toinen kaistakohtaisista jonoilmaisimista ylittää varausasteen. Käytössä oleva varausasteen sulkuraja on 50 %. Varausasteen ylittyminen LML2 kohdalla vaatii, että poikkileikkauksessa molempien ajokaistojen varausaste ylittävät 50 %, jotta pääsynsäätelystä käynnistyy. Pääsynsäätelystä sulkuraja on asetettu 20 %:iin jokaisen jonoilmaisimen kohdalle. Valvomo-ohjelmiston käyttöliittymän asetuksista on asetettu myös aikaraja pääsynsäätelystä päällä ololle, joka on 200 sekuntia. Tämän rajan ylittyessä käyttöliittymän hälytysriville tulee ilmoitus ”pääsynsäätelystä päällä liian kauan”. Hälytyksen tarkoituksena on herättää liikennepäivystäjää tarkistamaan liikennetilanne. Liikenteen ohjauksessa ei tapahdu automaattisesti tämän seurauksena muutoksia, vaan liikenne pysyy pysäytettynä suuaukolla.

Rantatunnelin pääsääntelyn aktivoituessa automaattisesti tai liikennepäivystäjän käynnistäessä sen käyttöliittymästä käsin alkaa maastossa tapahtua muutoksia liikenteenohjauslaitteissa. Liikenteen pysäytys -sekvenssi eli pääsääntely toteutetaan muuttuvilla liikenteenohjauslaitteilla. Rantatunnelin itäpuolella Naistenlahdessa muuttuvia liikenteenohjauslaitteita, joilla toteutetaan Liikenteen pysäytys -sekvenssi ovat:

- tiedotusopasteet, joita on kaksi kappaletta
- nopeusrajoitusmerkit, joita on kaksi paria sekä laskurampilla on yksi nopeusrajoitusmerkki
- kolmiaukkoisia liikennevalo-opastimia on kolme
- ajokaistaopastimia on jokaisella ajokaistalla neljässä poikkileikkauksessa ennen tunnelia.

Muita liikenteenohjauslaitteita ovat liikennepuomit, keskikaistapuomit, laskuramppien alkupäässä olevat kaksiaukkoiset liikennevalo-opastimet ja niiden yhteydessä lisäksi lisäkilvälliset tiedotusopastetaulut. Kuvassa 5 on osa liikenteenohjauslaitteista, muun muassa liikennevalo-opastimet, jonka takana ovat liikennepuomit, nopeusrajoitusmerkkipari, tiedotusopaste ja ajokaistaopasteita. Tunnelin ollessa auki liikennevalo-opastimet ovat pimeä tilassa.

Kuva 5 Liikenteen pysäytyspaikka Rantatunnelin B-tunneliputken suuaukolla.



Liikenteen pysäytys -sekvenssin kesto on noin 10 sekuntia sen aktivoinnista. Ensimmäisenä maastossa vaihtuvat tiedotusopasteeseen teksti ”Liikenteen pysäytys” sekä Muu vaara -merkki. Tiedotusopaste sijaitsee noin 300 metriä ennen tunnelin suuaukkoa. Nopeusrajoitus alennetaan 50 km/h ja liikennevalo-opastimet alkavat keltavilkkumaan. Sekvenssin seuraavassa vaiheessa tunnelin suuaukolla olevat ajokaistaopastimet muuttuvat punaiseksi, jolloin tunneliin ajaminen on kielletty. Tämän vaiheen jälkeen vaihtuvat liikennevalo-opastimet punaiseksi ja suuaukon tiedotusopasteessa on teksti ”Liikenne pysäytetty odota” sekä Muu vaara -merkki. Liikenteen pysäytys -sekvenssi on valmis. Pääsynsäätely tilanteessa ei suljeta liikennepuomeja tai estetä kaksiaukkoisella liikennevalo-opastimella laskurampille pääsyä, liikennevalo-opastin ennen ramppia jää pimeäksi. Rampilla oleva kolmiaukkoinen liikennevalo-opastin pysäyttää liikenteen ennen tunnelia.

4 Vaitinaron lisäkaista

Vaitinaron lisäkaista valmistui lokakuussa 2020. Lisäkaista osuus alkaa uittotunnelin jälkeen ja päättyy Enqvistinkadun kääntymiskaistaan. Voimalinjapylvään sijainti vaikutti lisäkaistan

alkamiskohtaan. Uuden ajokaistan pituus on noin 1,2 km ja rakentamiskustannus noin miljoona euroa. Uittotunnelilta Hiedanraittiin asti uusi ajokaista on rakennettu tien pohjoispuolelle. Välillä Hiedanraitti – Enqvistinkatu levennys rakennettiin tien keskialueen puolelle. Ajokaista rakennettiin 3,5 metriä leveäksi ja sitä reunustaa tiekaide. Hankkeeseen kuului myös valaistuksen uusiminen koko suunnitteluvälillä. Portaaleista kolme uusittiin kokonaan ja yksi siirrettiin sekä opasteet uusittiin. Linja-autopysäkki rakennettiin 3,5 metriä syväksi ja pysäkkikatos siirrettiin toiseen paikkaan. Samalla pyörille rakennettiin uusi katos. (Pirkanmaan ELY-keskus, 2020, s. 4)

Kuva 6 Vaitinaron lisäkaista.



Vaitinaron ruuhkautuminen ennen lisäkaistaa vaikutti koko Tampereen kaupungin liikenteen ruuhkautumiseen. Lisäkaistan rakentaminen vähentää liikeneruuhkia myös keskustan alueella ja vaikuttaa myönteisesti myös Rantatunnelin liikenneturvallisuuteen, koska onnettomuusriski tunnelissa pienenee, kun tunneli ei ruuhkaudu. Liikenteen sujuvuuden parantaminen on yksi Fintrafficin tehtävistä, koska se on yhteiskunnalle merkityksellistä. Luotettavuus ja toimintavarmuus liikenteessä ohjaa käyttämään samoja väyliä jatkossakin. Ympäristön kannalta liikenteen sujuvuus on myös tärkeä asia. Liikenteen sujuvuuden kannalta myös liikenneturvallisuuden näkökulma on tärkeä, joka on kasvanut tehdyillä rakenteellisilla muutoksilla. Lisäkaista on tuonut nopeasti merkittävät edut Tampereen alueelle ja sen seurannan vaikutukset jatkuvat pitkälle aikavälille koko valtatie 12 liikennöintiin. Fintraffic edistää niitä toimia, jotka lisäävät liikenteen sujuvuutta, koska se luo

luotettavan pohjan kaikille toimijoille. (E. Sauramäki, henkilökohtainen tiedonanto, 16.3.2021)

5 Seurantajakson havainnot

Opinnäytetyössä valitsin kolme vertailu- tai seurantajaksoa missä vertailin Vaitinaron lisäkaistan vaikutusta pääsyntäätelyn määriin. Seurantajakset valittiin vuodelta 2018 ja 2019 samoilta kuukausilta, jolloin lisäkaista oli valmistunut vuonna 2020 eli lokakuu – tammikuu. Vaitinaron lisäkaista valmistui keskellä koronapandemiaa, jonka seurauksena Vt12 Paasikiventien liikenteen automaattisella mittauspisteeltä kerätyn datan mukaan liikennemäärät vähenivät noin 7 % arkivuorokausina edellisvuodesta (Taulukko 1). Liikennemäärän vähentyminen vaikuttaa suoraan iltahuipputunnin liikenteeseen, jolloin Rantatunnelin pääsyntäätely on normaalisti aktivoitunut. Pääsyntäätelyn tarpeeseen vaikuttaa liikennemäärän lisäksi ajokeli ja muut häiriötekijät. Muita häiriötekijöitä on muun muassa onnettomuudet ja tietyt.

Taulukko 1 Vuoden keskimääräinen arkivuorokausiliikenne, Vt12 Paasikiventie S2 (Väylävirasto, 2021).

<i>Vuosi</i>	2016	2017	2018	2019	2020
<i>KAVL</i>	22 343	23 752	24 546	24 781	23 116
<i>Muutos%</i>	-	6,3 %	3,3 %	1,0 %	-6,7 %

Tunnelin avaamisesta liikennemäärä nousi lännen suuntaan Vt12 Paasikiventiellä lähes 10 % arkivuorokausina vuoteen 2019 mennessä. Taulukosta 1 voidaan huomata keskimääräisen arkivuorokauden liikennemäärän pudonneen koronapandemian aikana lähelle vuoden 2016 tasoa, jolloin Rantatunnelin rakennustyöt olivat vielä käynnissä.

Seurantajakson aikana pääsyntäätelyn määrät kerättiin käyttöliittymän liikenteenhallinnan lokitiedoista. Lokitiedoista löytyvät kaikki Rantatunnelin sekvenssiohjukset aikaleimoittain. Pääsyntäätelyiden tiedot kerättiin valitsemalla halutut sekvenssit näkyviin. Taulukko 2 on kuvakaappaus liikenteenhallinnan lokitiedoista. Havainnekuvassa on pääsyntäätely tilanne ennen lisäkaistan valmistumista. Esimerkissä pääsyntäätelyn tarve on ollut melko

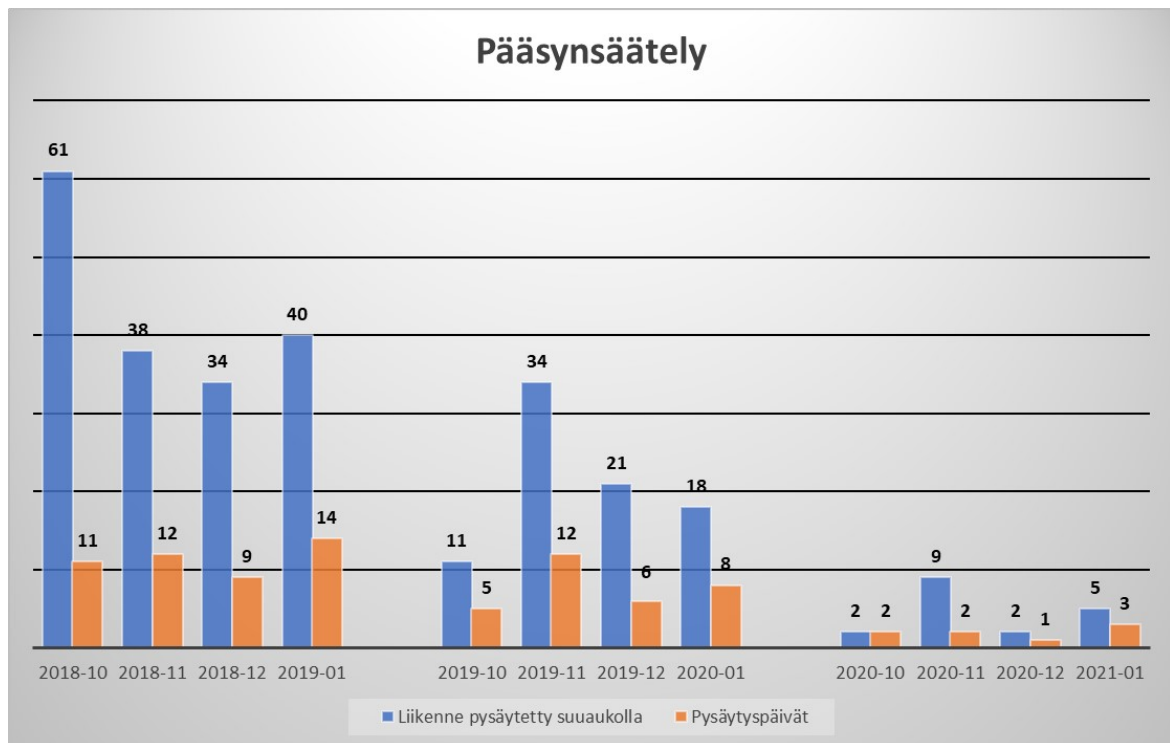
tavanomainen, koska ensimmäinen liikenteen pysäytys on tapahtunut iltahuipputunnin aikana kello 15:59 ja pysäytyksiä on ollut yhteensä kolme.

Taulukko 2 Havainnekuva liikenteenhallinnan lokitiedoista (Nodeon Oy, 2021).

Sekvenssi	Alkuaika
B: Tunneli/kaistat auki	2020-01-20 16:49:51
B: Liikenne pysäytetty suuaukolla	2020-01-20 16:45:02
B: Tunneli/kaistat auki	2020-01-20 16:23:11
B: Liikenne pysäytetty suuaukolla	2020-01-20 16:15:11
B: Tunneli/kaistat auki	2020-01-20 16:03:51
B: Liikenne pysäytetty suuaukolla	2020-01-20 15:59:02

Ennen lisäkaistan rakentamista Rantatunnelin pääsääntely aktivoitui noin kymmenenä päivänä, 32 kertaa kuukauden aikana. Tästä voidaan todeta, että pääsyä Rantatunneliin on säännelty kuukaudessa noin kolme kertaa joka toinen arkipäivä. Liikenteen pysäytyksen kesto on ollut yleensä noin viisi minuuttia kerrallaan, jolloin liikenne on joutunut odottamaan tunnelin itäpuolella Naistenlahdessa. Pääsääntelyn kesto on keskimäärin ollut noin 45 minuuttia, kun lasketaan ensimmäisen pysäytyksen ja viimeisen avauksen välinen aika yhteen. Tavanomainen aktivoituminen pääsääntelylle on osunut kello 15:45 ja 16:30 väliin arkipäivisin. Kuvassa 7 on esitetty seurantajaksolta pääsääntelyn ja pysäytyspäivien määrät, jotka ovat kerätty liikenteenhallinnan lokitiedoista. Kuvassa sininen palkki kuvaa kuukausitasolla liikenteen pysäytyksien määrää B-tunneliputken suuaukolla ja oranssi palkki pysäytyspäivien määrää. Yhdeksi pysäytyspäiväksi lasketaan, jos kyseisenä päivänä on pääsääntely aktivoitunut kertaalleen tai useammin.

Kuva 7 Pääsystäätely B-tunneliputki (Nodeon Oy, 2021).



Liikenteen hallinnan eri keinoin on saatu pysäytyksien määrää laskettua vuoden 2018 ja 2019 välillä, mutta suuren iltahuipputuntiliikenteen takia pääsystäätelyä ei saatu poistettua kokonaan tai merkittävästi vähenemään. Lisäkaistan valmistumisen jälkeen pääsystäätelyn tarvetta ei ole syntynyt kuin muutamia kertoja. Käyttöliittymän liikenteen hallinnan lokitiedoista selviää, että useimmat liikenteen pysäytykset ovat tapahtuneet iltahuipputuntiliikenteen ulkopuolella. Tilanteet ovat johtuneet muista liikenteenhäiriötekijöistä, esimerkiksi Rantatunnelin huolto- ja kunnossapitotyön tai Santalahden raitiotietyömaan liikennejärjestelyjen vuoksi.

Paasikivientien LAM-pisteeltä kerätyn datan mukaan vertailujakson liikennemäärät huipputunnin aikana pääsystäätelyn käynnistyessä on ollut noin 2700 – 3100 ajoneuvoa tunnin aikana. Lännen suuntaan kulkevan liikenteen huipputunti on sama kuin iltahuipputuntiliikenne, joka osuu kello 15 – 16 tai 16 – 17 väliin kyseisellä tieosuudella. Kuvassa 8 on esitetty kuvaajassa liikennemäärien muutosta huipputunnin aikana eri pysäytyspäiviltä. Vertailu- ja seurantajakson aikana pysäytyspäiviä oli yhteensä 85.

Kuva 8 Pysäytyspäivien liikennemäärät huipputunnin aikana (Väylävirasto, 2021).



Punaiset pystyviivat kuvaajassa osoittaa vertailujakson vaihtumisen, vasemmalla puolella kuvaajaa on ajanjakso väliltä lokakuu 2018 – tammikuu 2019, keskimääräinen väli on lokakuu 2019 – tammikuu 2020 ja oikeanpuoleinen osuus siltä ajalta, kun lisäkaista on ollut käytössä eli lokakuu 2020 – tammikuu 2021. Kuvaajan jääpiikeistä huomataan, että pääsystäätely aktivoituu välillä todellista välityskykyä alemmista liikennemääristä. Kyseessä on näissä tapauksissa yleensä onnettomuudesta, tietyömaasta, huonosta ajokelistä tai Rantatunnelin huollosta, jolloin liikenne on voitu pysäyttää hetkellisesti, kun testataan tunneliteknikan toimivuus. Rantatunnelissa tehdään huoltoja kuukausittain, joissa on tarkoituksena varmistaa laitteiden toimintavarmuus Näistä johtuvat tilastomerkinnot vääristävät hieman sitä, mikä on pääsystäätelyn tarve todellisuudessa ollut kyseisinä päivinä.

Liikenteenhallinnan lokitiedoista saadaan selville, että lisäkaistan valmistumisen jälkeen 21.1.2021 iltapäiväruuhkan aikana tapahtui pääsystäätelyn aktivoituminen.

Liikennemäärässä mitattuna välityskyky Paasikiventiellä ei ylittynyt, mutta ajokeli tapahtuma-aikana oli huono lumisateen takia. Liikennemäärä huipputuntina oli kyseisenä päivänä 2445 ajoneuvoa. Pääsystäätelyyn vaikutti raitiotietyömaa, koska työmaan takia yksi ajokaista Paasikivenkadun laskurampilla oli suljettu liikenteeltä sekä päätien ajokaistoille oli tehty sivusiirto sekä nopeusrajoitus laskettu 50 km/h. Liikenteen sujuvuus Vaitinaron valo-

ohjatussa risteyksessä oli sujuvaa. Liikenne ruuhkautui tilanteessa Santalahden eritasoliittymän kohdalla, joka näkyy kuvassa 9.

Kuva 9 Liikenteen jonoutuminen Santalahdessa, Liikennekamera -kuva (Fintraffic Oy, 2021).



Kuvasta huomataan, että laskurampin liittymiskaistaa ei käytetä täysimääräisesti. Tilanne mahdollisesti johtui ajokaistalle kertyneen lumen takia ja tämän seurauksena liikenne pyrki liittymään päätielle heti, kun se oli mahdollista. Myös Pirkanmaan ELY-keskuksen toimenpideselvityksessä asia nousi esille, että tienkäyttäjät pyrkivät liittymään Santalahden eritasoliittymän laskurampilta tunnelista tulevaan liikennevirtaan liian aikaisin, vaikka liittymiskaistat jatkuvat noin 200 ja 500 metriä. Toimenpideselvityksessä ehdotettiin sujuvuuden parantamiseksi sulkuviivan pidentämistä 30-40 metrillä, mutta arvioitiin hyödyn jäävän vajavaiseksi, koska osa tienkäyttäjistä ajaisi sulkuviivan yli. (Pirkanmaan ELY-keskus, 2018, s. 11)

Tieliikennekeskuksen liikennepäivystäjien tekemän havainnon mukaan, pitkäkestoisissa pääsynsäätely tilanteissa tienkäyttäjät lähtevät etsimään vaihtoehtoisia reittejä mieluummin kuin jäävät odottamaan tunnelin suuaukolle pysähdyksiin. Tämän seurauksena Tampereen keskustan katuverkon kapasiteetti ruuhka-aikana ylittyy. Suurien liikennemäärien siirtyminen katuverkolle aiheuttaa kohonneen onnettomuusriskin, etenkin pyöräilijöiden ja kävelijöiden suhteen. Alhaalla oleva kuva 10 havainnollistaa liikenteen jonoutumisen ruuhka-aikana pääsynsäätely tilanteessa.

Kuva 10 Liikenteen pysäytys suuaukolle, Liikennekamera -kuva (Fintraffic Oy, 2021).



Onnettomuustilanteissa tai tunnelin huoltotilanteissa voidaan sulkea tunneli ja liikenne ohjata varareitille, joka kulkee katuverkon kautta. Katuverkolla olevat liikennevalot kytketään sekvenssin avulla antamaan pidempi aikaista vihreää valoa varareitillä kulkeville. Tampereen seudun muuttuvan reitinopastusjärjestelmän avulla liikenne ohjataan kiertämään Rantatunneli pääteiden kautta jo ennen tunnelin suuaukolle ajamista. Huolto- ja kunnossapitotöiden takia tunnelia ei suljeta kokonaan kuin hiljaisen liikenteen aikana, yöaikaan.

6 Pohdinta

Vaitinaron lisäkaista parantaa palvelutasoa Vt12 Paasikiventiellä, mutta seurantajakson vähäisen liikennemäärän vuoksi ei voida todeta todellista välityskykyä ja lisäkaistan yhteiskunnallista hyötyä. Seurantajaksoa pitäisi jatkaa siihen saakka, että liikennemäärät palautuvat vuoden 2019 tasolle iltapäiväruuhkan aikana. Myös Santalahden raitiotietyömaa vaikutti seurantajakson aikana liikenteen sujuvuuteen. Toisaalta raitiotien rakentamisen ajankohta on paras mahdollinen, koska liikennemäärät ovat vähentyneet huipputunnin aikana ja näin ollen työmaasta johtuva palvelutason aleneminen ei ole vaikuttanut merkittävästi Rantatunnelin ja Santalahden alueen liikennöintiin. Jos liikennemäärät olisivat seurantajaksolla pysyneet ennallaan vuoden 2019 tasolla, olisi liikenne luultavasti ruuhkautunut pahoin arki-iltapäivien aikana ja pääsyä Rantatunneliin jouduttu säätelemään toistuvasti ennen työmaan valmistumista.

Toimenpideselvityksessä oli kolme vaihtoehtoa, joista toteutettiin vaihtoehto 3, jossa lisäkaista rakennetaan Vaitinaron risteyksen kohdalle. Toteutuneessa ratkaisussa lisäkaista alkoi hieman aikaisemmin, uittotunnelin jälkeen ja lisäkaistan pituudeksi tuli noin 1,2 kilometriä. Yhtenä vaihtoehtona oli toteuttaa lisäkaista alkamaan vielä aikaisemmin, Santalahden eritasoliittymästä lähtien. Tämä vaihtoehto olisi mielestäni tuonut lisää toimintavarmuutta Santalahden alueen liikennöintiin, koska erilaiset häiriötekijät vaikuttaisivat näin ollen vähemmän liikenteen sujuvuuteen ja eritasoliittymän sekoittumisalueen liikennöinti olisi parantunut. Nykyisessä ratkaisussa katuverkolta tulevan liikenteen täytyy vaihtaa ajokaistaa, mikä lisää onnettomuusriskiä.

Opinnäytetyö oli onnistunut, vaikka tutkimustulos jäi vajavaiseksi. Opinnäytetyöprosessin aikana onnistuin syventämään liikennepäivystäjän työssä tarvittavia ominaisuuksia ja yhden operoitavan tunnelin toiminnallisuuksiin tarkempi perehtyminen toi uutta tietotaitoa operointiin. Opinnäytetyöprosessin aikana Rantatunnelin käyttöliittymästä havaitsin toiminnallisuuden, mikä poikkeaa uudemmissa tunnelijärjestelmistä ja vaatii päivityksen käyttöliittymään.

Lähteet

Fintraffic Oy. (2021). Liikennekamera -kuva.

Nodeon Oy. (2021). Rantatunnelin lokitiedot.

Pirkanmaan ELY-keskus. (2018). Toimenpideselvitys. *Vt 12 ja kt 65 Paasikiventien sujuvuuden parantaminen välillä Santalahden ETL – Enqvistinkatu, Tampere.*

Pirkanmaan ELY-keskus. (2020). Hankekohtainen työselustus. *Vt 12 ja kt 65 Paasikiventien lisäkaista Vaitinarossa.*

Tampereen kaupunki. (n.d., muokattu). *Suunnittelualue*. <https://kartat.tampere.fi/oskari/>

Väylävirasto. (2015). *Tietunneleiden liikenteenhallinnan palvelutasot*. Liikenneviraston toimintalinjoja 2/2015: https://julkaisut.vayla.fi/pdf8/lto_2015-02_tietunneleiden_liikenteenhallinnan_web.pdf

Väylävirasto. (2018). *Tietunnelien liikenteenhallinnan toimintaperiaatteen laadinta*.

Liikenneviraston ohjeita 20/2018: https://julkaisut.vayla.fi/pdf8/lo_2018-20_tietunnelien_liikenteenhallinnan_web.pdf

Väylävirasto. (2021). Analytiikkaportaali. *LAM-pistetiedot*.