

Mikko Vanhala

ARCLOGISTICS-OHJELMA LOGISTIIKAN OPTIMOINNISSA:  
PORIN KAUPUNGIN PIENTAVARAKULJETUKSET

Logistiikan koulutusohjelma  
2011

ARCLOGISTICS-OHJELMA LOGISTIIKAN OPTIMOINNISSA: PORIN  
KAUPUNGIN PIENTAVARAKULJETUKSET

Vanhala, Mikko  
Satakunnan ammattikorkeakoulu  
Tekniikka ja merenkulku Rauma  
Logistiikan koulutusohjelma  
Maaliskuu 2012  
Yritys: Porin kaupunki  
Valvoja yrityksessä: Leinonen, Jari  
Ohjaaja: Tempakka, Riitta  
Sivumäärä: 47  
Liitteitä: 2

Asiasanat: kuntalogistiikka, kuljetukset, kuljetusten optimointi, pientavarakuljetukset

---

Tässä opinnäytetyössä kartoitettiin Porin kaupungin postin ja pientavarakuljetusten optimointimahdollisuuksia. Työ tehtiin Porin kaupungin koulutoimen toimeksiantona. Työn tavoitteena oli tutkia kaupungin pientavarakuljetuskenttää ulkopuolisen silmin ja löytää mahdollisia säästökohteita.

Työn teoriaosuuden pääpaino oli kuljetuksissa ja kuljetusten optimointiin liittyvien kokonaisuuksien käsittelyssä. Tutkimustehtävä toteutettiin ArcLogistics-optimointiohjelmalla. Erilaisten optimointimallinnusten avulla pyrittiin löytämään kustannustehokkaampia kuljetusvaihtoehtoja nykytilanteeseen verrattuna.

Tutkimuksessa todettiin nykyisten kuljetusreittien olevan kuljetusten näkökulmasta puutteellisia. Optimoinnin avulla kokonaiskilometrejä saatiin huomattavasti pienennettyä. Tutkimuksen perusteella optimoinnin tarve oli nähtävissä. Suurimpina ongelmina olivat jakeluautojen määrä ja ajoneuvokapasiteetin hyödyntäminen.

Tämä opinnäytetyö tarjoaa Porin kaupungille ideoita pientavarakuljetusten tehostamiseen ja antaa selkeän kuvan nykyisistä jakelureiteistä. Työssä esitetyjä ratkaisuja kaupunki voi hyödyntää oman kuljetussuunnittelun tukena. Työ on myös esimerkki siitä, kuinka tietokonepohjainen optimointiohjelmisto tarjoaa mahdollisuuksia kehittää ja tehostaa kuljetusjärjestelyitä.

# OPTIMIZATION SOFTWARE IN LOGISTICS: THE SMALLGOODS TRANSPORTATION IN THE CITY OF PORI

Vanhala, Mikko

Satakunnan ammattikorkeakoulu, Satakunta University of Applied Sciences

School of Technology Rauma

Comissioned by city of Pori

March 2012

Supervisor: Leinonen, Jari

Tutor: Tempakka, Riitta

Number of pages: 45

Appendices: 2

Keywords: public sector logistics, transportation, route optimization, smallgoods transportation

---

This thesis was commissioned by city of Pori. The purpose of this thesis was to research possibilities of smallgoods transport optimization in the city of Pori. Aim of this thesis was to exam the smallgoods delivery system of the city and try to find potential saving and development chances.

Transport and route optimization covers most part of theory in this thesis. The actual research was made with the optimization software ArcLogistics. Different optimization models were made with software to search more cost-efficient transport solutions compared to present.

The result of this thesis was that present transport delivery solutions are not efficient. Created optimization models show savings in total kilometres, number of vehicles and number of routes. The research indicates need for route optimization regarding the smallgoods delivery sector in the city of Pori. The main problems at the present state are based the number of vehicles and exploited vehicles capacity.

This thesis provides a good picture of present transport solutions and offers ideas and models for the city of Pori to improve smallgoods transport delivery system. City can use presented solutions as support for the transport planning and logistics decisions. This thesis is also example about the potential of IT-based transport optimization to improve transport palnning.

# SISÄLLYS

## TIIVISTELMÄ

## ABSTRACT

1	JOHDANTO.....	6
2	KUNTALOGISTIIKKA .....	7
2.1	Logistiikan käsite .....	7
2.2	Kuntalogistiikan ominaispiirteet.....	9
2.3	Kuntalogistiikan kehityskohteet.....	11
3	PORIN KAUPUNKI .....	13
3.1	Koulutoimi .....	13
3.2	Porin kaupungin optimointitarve .....	14
4	KULJETUKSET LOGISTIIKAN OSANA .....	15
4.1	Kuljetukset yleisesti .....	15
4.2	Kuljetusten suunnittelu ja ohjaus .....	17
5	KULJETUSTEN OPTIMOINTI .....	18
5.1	Optimoinnin matematiikka .....	20
5.2	Optimointiohjelmistot .....	21
5.3	Optimoinnin hyödyt kuntalogistiikassa .....	22
6	PIENTAVARAKULJETUSTEN OPTIMOINTI.....	25
6.1	Tutkimustehtävän toimintaympäristö .....	25
6.2	Tutkimustehtävän vaiheet ja toimintatapa .....	27
6.3	ArcLogistics-ohjelmisto ja datan käsittely.....	28
6.4	Tutkimustehtävän tavoitteet.....	30
7	PIENTAVARAKULJETUSTEN NYKYTILAMALLINNUS.....	31
7.1	Kaupungin omana työnä tehtävät pientavarakuljetukset .....	32
8	UUDET OPTIMOINTIMALLINNUKSET .....	35
8.1	Nykyisten kuljetusreittirunkojen optimointi .....	36
8.2	Pientavarakuljetusten optimointi eri vaihtoehtoja käyttäen .....	37
8.2.1	Mallinnus A - Yhdistetyt kuljetukset .....	38
8.2.2	Mallinnus B - Kuljetukset kolmella autolla .....	40
8.2.3	Mallinnus C - Kuljetukset kahdella autolla.....	41
8.3	Erillisajo järjestelmän luominen .....	42
8.4	Optimointi koulutus kaupungin työntekijöille .....	42
9	YHTEENVETO JA JOHTOPÄÄTÖKSET .....	42

9.1	Optimointi tulokset .....	43
9.2	Yhteenveto eri optimointiskenaarioista .....	44
9.3	Tulosten hyödyntäminen.....	46
LÄHTEET .....		48

## LIITTEET

LIITE 1 Porin kaupungin kuljetus selvitys

LIITE 2 Jakelureittiprosessin mallinnus

## 1 JOHDANTO

Porin kaupungin sisäinen posti ja pientavarakuljetukset muodostavat yhdessä suurehkon kokonaisuuden kaupungin sisäisistä kuljetuksista. Kuljetuksista vastaa koulutoimi, joka on osa Porin koulutusvirastoa. Sisäinen posti ja pientavarakuljetukset kuljetetaan alueen kunnallisiin päiväkoteihin, kouluihin, terveyskeskuksiin, sairaalaan, kirjastoihin ja kaupungin eri virastoihin.

Koulutoimi hoitaa tällä hetkellä kuljetukset neljällä jakeluautolla Porin kaupungissa ja lähi alueilla. Kuljetukset hoidetaan ennalta sovittujen reittien ja aikataulujen mukaisesti. Porin kaupungin pientavarakuljetuskenttä ei ole erityisen sekava, mutta kehityskohteita löytyy. Kuljetusreittejä on paljon ja vuotuiset kustannukset ovat suuret. Porin kaupungissa on tehty suunnitelma, jonka mukaan lähitulevaisuudessa tavarakuljetuksia ja henkilökuljetuksia pyritään tehostamaan. Jakelureittien ja henkilökuljetusreittien optimoinnilla oletetaan saavutettavan merkittäviä kustannussäästöjä lähitulevaisuudessa.

Tämän opinnäytetyön tarkoitus on kartoittaa Porin kaupungin pientavarakuljetusten optimointimahdollisuuksia käyttäen Esri Finlandin kehittämää ArcLogistics-ohjelmistoa. Ohjelmisto on tarkoitettu optimoitujen reittien ja kuljetusaikataulujen suunnitteluun. Erialaisten optimointimallinnusten avulla työssä pyritään havainnollistamaan pientavarakuljetusten kenttää ja löytämään uusia malleja kuljetusten tehokkaampaan järjestämiseen.

Lähdemateriaalina tutkimukselle toimii nykyiset Porin kaupungin kuljetusreitit sekä kuljettajien antamat haastattelut. Opinnäytetyö toteutetaan koulutoimen toimeksiantona, joka on osa Porin kaupungin koulutusvirastoa.

Opinnäytetyökokonaisuus muodostuu tutkimusosion lisäksi teoriaosuudesta. Teoriaosuudessa käsitellään logistiikkaa kunnallisesta näkökulmasta ja käsitellään kuljetuksia ja optimointia yleisesti. Tutkimusosiossa käydään yksityiskohtaisesti läpi pientavarakuljetusten optimointitehtävä ja kuljetusten optimointiohjelmisto

ArcLogisticsin hyödyntäminen erilaisten optimointimallinnusten luomisessa. Työn loppuosassa saavutetut tulokset yhdistetään ja analysoidaan.

Opinnäytetyön pohjalta Porin kaupunki voi havaita paremmin pientavarakuljetusten optimointitarpeensa. Työn tuloksia ja optimointimalleja Porin kaupunki voi käyttää kuljetussuunnitteluun.

## 2 KUNTALOGISTIikka

### 2.1 Logistiikan käsite

Sanana logistiikka periytyy kreikan kielen termistä ”logistikos”. Aikoinaan tällä sanalla tarkoitettiin käytännön laskutaitoa ja myöhemmin sana johdettiin tarkoittamaan päättely- ja ajattelutaitoa. ( Hokkanen, Karhunen & Luukkainen 2004, 11.) 1670-luvulla logistiikka-termiä käytti Ranskan armeija. Termin sisältöön kuului joukkojen materiaalihuolto ja muu huoltotoiminta sekä majoitus. Myöhemmin termi hävisi käytöstä pitkäksi aikaa. ( Mäkelä, Mäntynen & Vanhatalo 2005, 7.) Logistiikka-termin palautti käyttöön amerikkalainen kapteeni. Vuodesta 1918 alkaen Yhdysvaltain armeija on käyttänyt logistiikka-termiä kuvaamaan taisteluvälineosaston ja huoltojoukkojen toimintoja. Siviilimaailmaan logistiikka sana levisi 1950-luvulla, kun asiakaspalvelusta tuli logistisen hallinnon peruspilari. Tuohon aikaan logistiikka nähtiin lähinnä kuljetus- ja varastotoimintojen ja niiden synnyttämien kustannusten näkökulmasta, jolloin sen rinnalla käytettiin myös termiä materiaalihallinta. ( Hokkanen, Karhunen & Luukkainen 2004, 11–12. )

Logistiikan sisältöä on määritelty monin eri tavoin määrittelijän lähtökohdista ja näkökulmasta riippuen, eikä yksikäsitteistä logistiikan määritelmää ole olemassa. Yhteistä nykyajan logistiikkamääritelmille on kokonaisvaltainen ajattelumalli, jossa pyritään hallitsemaan tilaus- toimitusketjuja, unohtamatta materiaali-, informaatio- ja tietovirtoja. Logistiikan tarkoitus on luoda toiminnoista tehokas, yhtenäinen ja toimiva kokonaisuus, joka huomio myös toimittajien ja asiakkaiden tarpeet.

## Logistiikan määritelmiä:

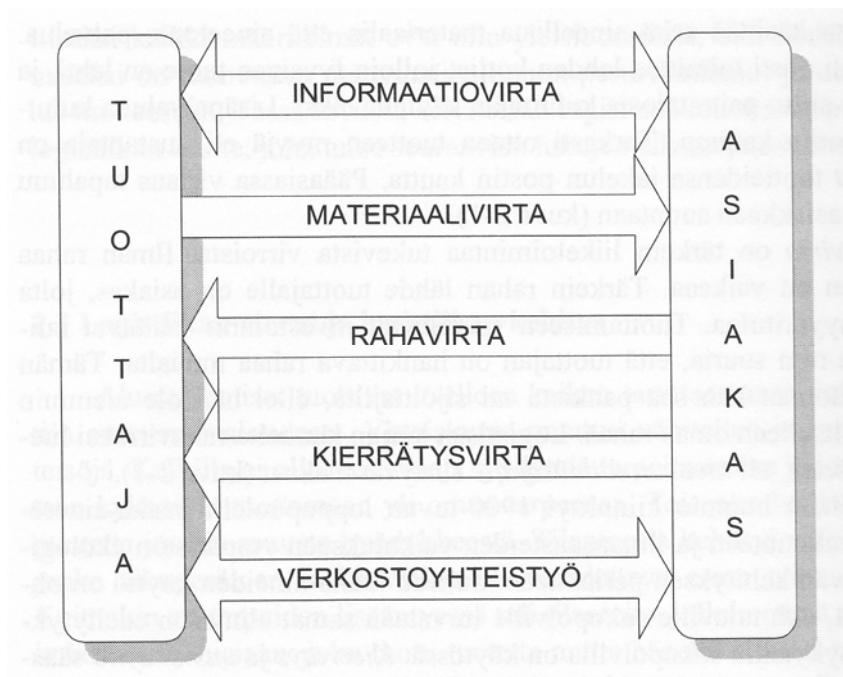
Businesslogistiikka käsittää ne toiminta- ja ohjaustavat, joilla toimitusketjuja toteutetaan ja hallitaan raaka-ainetoimittajilta jalostuksen kautta asiakkaille. Logistiikan kohteina ovat materiaali-, tuote- sekä tieto- ja rahavirrat. ( Pouri 1997, 1.)

Logistiikka on prosessi, jonka avulla hallitaan materiaalivirtaa ja siihen liittyvää palvelua sekä tietovirtaa siten, että toiminnan laatu ja kustannustehokkuus maksimoituvat. ( Sartjärvi 1992, 14.)

Logistiikka on tavaran hankintaan, tuotantoon ja jakeluun liittyvä strategisesti johdettu materiaali-, tieto- ja pääomavirtojen integroitu prosessi, jonka päämääränä on parantaa yrityksen tuottoa oikeilla valinnoilla, kehittämällä asiakkaille lisäarvoja, parantamalla materiaalitoimintojen kustannustehokkuutta sekä lisäämällä kierrätystä. ( Mäkelä, Mäntynen & Vanhatalo 2005, 7)

Yrityksen näkökulmasta katsottuna logistiikka on keskeinen kilpailutekijä, jota on vaikea tai liki mahdotonta erottaa erilliseksi osatoiminnokseen. Logistiikka sisältää materiaali-, informaatio- ja pääomavirran. Lisäksi on olemassa kierrätys- ja organisaatiovirta. Logistiikka määritellään siksi näiden viiden osa-alueen integroiduksi kokonaisuudeksi, ja se ulottuu materiaalien hankintalähteistä aina lopulliselle asiakkaalle saakka. ”Oikea tuote, oikeassa paikassa, oikeaan aikaan, oikealla palvelulla, oikealla kustannuksella ja hinnalla” kuvaa hyvin nykypäivän tavoitteita mitä logistiikalle on asetettu. Logistiikkaa siis säätelevät asiakkaan tarpeet ja toiveet, ja sen mukaisesti määritellään optimaalinen palvelutaso. ( Mäkelä, Mäntynen & Vanhatalo 2005, 8-9.)





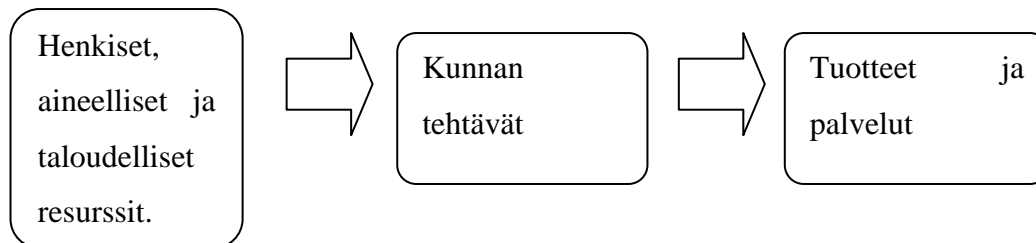
Kuva 1. Logistiset päävirrat ( Hokkanen ym. 2004, 14)

Yrityksille kustannustehokkuus on tärkeä kilpailutekijä, mutta nykyään logistiikalla yritetään yhä enemmän vaikuttaa asiakaspalveluun ja tilausten läpimenoaikoihin. Tämä käytännössä ilmenee esimerkiksi tavoitteena luoda eri asiakkaille heidän haluamansa logistinen palvelu. Yrityksen tavoitteena voi olla myös toimitusaikojen lyhentäminen tai nostetaan reagointi- ja jakelunopeutta. Logistiikka on siis tärkeä osa asiakaslähtöistä palvelua. ( Sartjärvi 1992, 9-12, 42.) Tärkeintä on, että logistiikkaa kehitetään oman toiminnan ohella myös yhteistyössä eri toimittajien ja asiakkaitten kanssa. Yhteistyöllä on merkittävä rooli yrityksen palvelutasoon ja kustannuksiin. ( Reinikainen, Mäntynen, Rantala 1997, 79–52.) Nykyään logistiikasta on tullut merkittävä strateginen tekijä yritys maailmassa. Logistiikkastrategia vaikuttaa merkittävästi nykyaikaisen yrityksen menestykseen. ( Mäkelä, Mäntynen & Vanhatalo 2005, 14–18.)

## 2.2 Kuntalogistiikan ominaispiirteet

Kunnat, kuntaliitokset ja liikepalvelulaitokset ovat suuria palveluiden tuottajia ja tarjoajia, jotka myös huoltavat ja rakentavat infrastruktuuria edistääkseen kuntalaisten hyvinvointia. Voimassa olevan vuoden 1995 kuntalain mukaan kunta hoitaa lainmukaiset tehtävänsä ja voi ottaa muita tehtäviä, jotka liittyvät kunnan

asukkaihin ja jotka eivät ole lainsäädännössä määrätty muille tahoille. Kunnalla on suuri harkintavalta mitä palveluita kunnan asukkaille tarjotaan ja millä keinoin palveluja tarjotaan.



Kuva 2. Kunnan toiminta tuotantoprosessina (Kivelä 2002, 4).

Kuntalogistiikan tavoite on aikaansaada kunnan tavaravirtoja palveleva logistinen järjestelmä, joka toimii laadukkaasti ja tehokkaasti kunnan yleisiä ja palvelu- ja taloustavoitteita tukien. Kuntalogistiikan hoitamiseen ja kehittämiseen ovat varsin erilaiset verrattuna yksityisen sektorin logistiikan hoitamiseen. Esimerkiksi kunnan logistiikkaa säätelevät lainsäädäntö ja monimutkainen päätöksenteko. ( Kivelä 2002, 4 ; Lindroth 2007 ; Lehmusvaara, Asikainen, Miettinen, Oittinen & Leino 1997, 7-8; Seinäjoen logistiikka selvitys 2002, 7.)

Vuosittain valtio ja kunnat hankkivat erilaisia tavaroita, palveluita ja tarvikkeita tai teettävät monenlaisia eri rakennushankkeita noin 20 miljardilla eurolla. Hankintakustannukset ovat kuntien logistiikkakustannusten näkyvin ja suurin yksittäinen kustannuserä. Hankintatoimintaa säätelevät kunnissa hankintalait. Lait edellyttävät tiettyjen toimintapojen ja ohjeistusten noudattamista. Hankintojen kilpailuttaminen on olennainen osa kuntien hankintotoimintaa. Periaatteena hankinnoissa on toimittajien tasapuolinen ja syrjimätön kohtelu. Kuntien hankkimien tavaroiden ja palveluiden määrä on todella laaja. Esimerkiksi laitoksiin hankittavat toimistotarvikkeet, peruspalveluiden tarjoaminen tai ajoneuvokaluston hankkiminen katujen siivoukseen ja kunnossapitoon. Pääperiaatteena hankinnoissa kuitenkin on, että hankintoja tehdään taloudellisten ja tarvittavien eräkokojen mukaan. Kuntien on myös muistettava huomioida laatu ja luotettavuus tavaroissa ja palveluissa. Kokonaistaloudellisesti edullisimmassa hankinnassa on siis otettu huomioon hinnan lisäksi, käyttökustannukset, laatu ja luotettavuus, toimintaominaisuudet ja

ympäristövaikutukset. ( Kuntaliitto ja TEMin julkisten hankintojen neuvontayksikkö 2011; Lehmusvaara, Asikainen, Miettinen, Oittinen & Leino 1997,13-16.)

Varastointi ja kuljetukset muodostavat yhdessä kuntien toiseksi suurimman kuluerän hankintakustannusten jälkeen. Erityisesti ajoneuvokalusto ja varastot sitovat suuria pääomia. Sitoutunutta pääomaa voidaan pienentää varaston kiertonopeutta muuttamalla ja varastojen kokoa muuttamalla. Kuljetuksia uudelleen järjestämällä ja yhdistelemällä saavutetaan kustannussäästöjä. Kuntien kuljetukset koostuvat pääasiassa henkilö- ja tavarakuljetuksista. Henkilökuljetuksista valtaosa on sosiaali- ja terveyssektoreiden asiakaskuljetuksia sekä henkilökunnan matkoja. Henkilökuljetuksiin myös kuuluvat koulukuljetukset. Tavarakuljetukset tehdään usein hankintoihin liittyvissä kuljetuksissa, teknisen sektorin kuljetuksissa sekä erilaisissa huoltokuljetuksissa. Esimerkiksi posti- ja ruokakuljetuksissa. ( Lehmusvaara, Asikainen, Miettinen, Oittinen & Leino 1997, 22-23,29.)

On siis selvää, logistiikka on kokonaisuuden hallintaa, mutta logistiikkaprosessi muodostuu pienistä ja hajallaan olevista osista. Logististen toimintojen hallitseminen ja hoitaminen mahdollisimman hyvin tukee tehokasta logistiikan kehittämistä, millä on taas vaikutusta kuntien talouteen ja kuntalaisten hyvinvointiin.( Lehmusvaara, Asikainen, Miettinen, Oittinen & Leino 1997, 7.)

Nykyisen hallituksen ja hallinto- ja kuntaministerin ajamat kuntauudistukset voivat vaikeuttaa Porin kaupungin logistisia toimintoja. Uusien kuntien liittyminen Porin kanssa samaan kuntayhtymään voi aiheuttaa kuljetusten uudelleen järjestämistä. Jos kuljetuspalvelut tulevat Porin kaupungin puolesta, kuten Noormarkun tapauksessa, jossa Porin kaupungin koulutoimi hoitaa postikuljetuksia ja pientavarakuljetuksia Söörmarkun ja Noormarkun alueille, niin kuljetuksia joudutaan uudelleen järjestämään koko kuntayhtymän alueelle. Kuntauudistuksen odotetaan olevan valmis näillä näkymin vuoden 2014 lopussa. ( Valtionvarainministeriö 2012.)

### 2.3 Kuntalogistiikan kehityskohteet

Kuntasektorin logistiikan kehittäminen on varsin uutta ja sen tuomia mahdollisuuksia on vasta viime aikoina alettu tutkimaan ja hyödyntämään laajassa mittakaavassa. Varsinkin keskisuuret ja suuret kaupungit ovat tiedostaneet tehokkaan logistisen hallinnan tuomat mahdollisuudet. Kunnat ovat huomanneet, että hankintoihin, kuljetuksiin ja varastointiin kuluu huomattava määrä rahaa vuositasolla. Logistiikalla onkin suora vaikutus kuntien talouteen. ( Manialehti 2010,2; Lehmusvaara, Asikainen, Miettinen, Oittinen & Leino 1997, 4-7.) Kuntien tilaamat ja tuottamat kuljetuspalvelut ovat hajanainen kokonaisuus. Kuntien kuljetuksia säätelevät kuntien hallinnolliset rajat, jonka vuoksi kunnan osuus kuljetusten järjestäjänä voi jäädä pieneksi. Kunnat hakevat säästöjä logistiikkakustannuksiinsa tiivistämällä yhteistyötä toisten kuntien kanssa ja tehostamalla omia toimintojaan. Kunnat ovatkin perustaneet seudullisia hankintarenkaita joiden tehtävänä on ostaa useamman kunnan hankintanimikkeitä keskitetysti. Hankintarenkaiden ja logistiikkayhteistyöverkostojen kautta voidaan suunnitella kuljetuksia laajemmin ja tehokkaammin ja voidaan ylittää kuntarajat.( Manialehti 2010,2; Lehmusvaara, Asikainen, Miettinen, Oittinen & Leino 1997, 7,15,29-31; Kivelä 2002, 50.)

Hankintatoimintojen keskittämisen jälkeen kunnat ovat tarkastelleet varastojen keskittämisestä saatavia hyötyjä. Kunnat ovat vähentäneet varastojen määrää ja sitä kautta ovat saaneet varastointi kustannukset ja varaston kiinteät kustannukset vähenemään. Turussa onkin aloitettu varastojen vähentäminen. Tavoite on tehdä nykyisestä 18 varastosta kaksi varastoa. Perustarvikkeiden varastointia on järjeistetty luomalla kaupungille valikoima, jota pidetään yllä keskusvarastosta. Näin pystytään tilaamaan kerralla suurempia tilauksia kilpailutuksella valitulta toimittajalta ja kustannukset voidaan minimoida. ( Manialehti 2010,2; Lehmusvaara, Asikainen, Miettinen, Oittinen & Leino 1997, 22-23.)

Tulevaisuudessa kuntalogistiikan kehittämistoimenpiteet painottuvat voimakkaammin logistiikan tietojärjestelmiin, sähköisen asioinnin kehittämiseen ja kilpailuttamisen tehostamiseen. ( Kivelä 2002, 51.) Kunnat tulevat tulevaisuudessa keskittämään yhä enemmän omia sisäisiä logistisia toimintojaan ja pyrkivät kehittämään logististayhteistyötä muiden kuntien kanssa.

Yksi merkittävä kehitysalue kuntalogistiikassa on kuljetusten optimointi, jossa on erittäin suuret säästöpotentiaali. Kaupallisella sektorilla useat logistiikkayritykset hyödyntävät optimointityökalua, koska kovat vaatimukset alalla asettavat tietyt rajat. Kunnallissektorilla optimoinnin hyödyntäminen vuonna 2007 oli melko harvinaista, mutta nykyään kunnat jo hyödyntävät isommassa mittakaavassa optimointiohjelmistoja. (Bräysy 2007,5-6.)

Myöhemmin tässä työssä tullaan käsittelemään kuljetusten optimointia: aluksi teoria pohjalta ja lopuksi tutkimustehtävän, Porin kaupungin koulutoimen pientavarakuljetusten optimoinnin kannalta.

### 3 PORIN KAUPUNKI

Porin kaupunki sijaitsee Suomen Länsirannikolla Kokemäenjoen suulla. Kaupunki on perustettu 1558 ja oli silloin yhdeksäs Suomeen perustettu kaupunki. Asukkaita Porissa vuoden 2010 lopussa oli 83032. Kaupungin pinta-ala on 834,1km<sup>2</sup>. (Poritieto, Tilastokeskus.)

Pori on sijaintiinsa nähden merkittävä kaupp- ja satamakaupunki. Porista on hyvät logistiset yhteydet jokaiseen ilmansuuntaan. Porin seutu tarjoaa erinomaiset yhteydet maailman markkinoille ja kaikkiin Suomen keskeisiin kauppakeskuksiin. Sijainti maantie- ja rautatieverkoston keskellä sekä lentoliikenne ja sataman läheisyydessä luovat toimivan ympäristän logistiikalle ja yritystoiminnalle. Porin Tahkoluodossa on Suomen syvin väylä 13,5m. Se mahdollistaa kaikkien Itämerellä liikkuvien alusten lastin käsittelyn satamassa. Mäntyluodon satama on syvennetty 12-metriseksi, mikä mahdollistaa entistä suurempien lastien käsittelyn. Satamassa on myös paljon laajentumistilaa noin 100 hehtaaria. Porin lentokenttä tarjoaa rahti- ja matkustaja liikennettä säännöllisesti kotimaahan ja lomakohteisiin Euroopassa. Rautatieyhteydet alkavat satamista ja päättyvät Suomen keskeisiin kasvukeskuksiin, tarjoten matkustaja- ja rahtiliikennettä. (Porin seudun kehittämiskeskus 2011.)

### 3.1 Koulutoimi

Porin koulutusviraston osana toimiva koulutoimi hoitaa ja järjestää pientavara kuljetuksia Porin kaupungin ja seutukuntien alueilla. Koulutoimi myös hoitaa virastojen, päiväkotien, koulujen, terveyskeskusten, kirjastojen ja vanhainkotien sisäiset postit ja pientavara kuljetukset. Koulutoimen palvelu kattaa noin 150-200 toimitusosoitetta. Yhdessä osoitteessa voi sijaita useiden eri yksiköiden toimipisteitä. Tavarannoutopaikkoja on kolme suurempaa ja muutama pienempi paikka. Pääsääntöisesti tavarat haetaan opetusteknologiakeskuksesta, pääkirjastosta tai pääterveysasemalta. Tavara lähetykset voivat olla postia tai pieniä tavaraeriä, kuten tuoleja, pöytiä, koulutarvikkeita, tietokoneita ja lipastoja. Koulutoimi myös korjaa koulujen rikkiäisiä tuoleja ja pöytiä yms. Korjatut tuotteet lähtevät takaisin asiakkaille koulutoimen omilla autoilla.

Säännöllisten vakioreittien lisäksi koulutoimi hoitaa paljon kiireellisiä kuljetuksia ympäri seutukuntaa. Usein kiireelliset kuljetukset hoitaa se auto, jonka jakelureitillä tavarannuovutuspaikka on. Koulutoimi myös kuljettaa kaupungin tapahtumiin erilaisia tarvikkeita, kuten tuoleja ja pöytiä. Jakeluautoja koulutoimella on neljä ja kuljettajia on neljä - viisi. Verstaalla työskentelee neljä - kuusi korjaajaa. ( Porin kaupunki 2011.)

### 3.2 Porin kaupungin kuljetusten optimointitarve

Porissa on päätetty tehostaa kaikkia kaupungin kuljetuksia nykyaikaisen logistiikan optimointiohjelmiston avulla. Päätöksen taustalla vaikuttivat tekijät, jotka ovat ajankohtaisia myös monissa muissa kaupungeissa. Porissa kulkee ajoneuvoja päivittäin suuret määrät ilman, että mietitään, mitä tehdään ja kuka tekee. Tavoitteena on vain saada ihmiset ja tavarat liikkumaan paikasta toiseen. Eri hallintokuntien välillä ei ole juurikaan logistista yhteistyötä. Kaikki hoitavat omat kuljetuksensa omilla ajoneuvoillaan, esimerkiksi perusturvapalveluissa saattaa käydä samana päivänä siivoja, ateriankuljettaja ja kotisairaanhoidtaja kukin omalla ajoneuvollaan. Kaupungilla on ajoneuvoinvestoinneissa kiinni miljoonia euroja. Silti

jonkun hallintokunnan ajoneuvot ovat käyttämättöminä, kun taas toinen hallintokunta käyttää omilla ajoissaan samanlaista kalustoa. Tämä johtuu siitä, kun ei tiedetä mitä toinen hallintokunta tekee. Tämä tilanne on jatkunut vuodesta toiseen, osittain myös muutosvastarinnan vuoksi.

Samaan aikaan kunnissa haetaan säästöjä ja ympäristöpäästöjäkin olisi tarkoitus vähentää. Kuljetusten optimointi antaa merkittäviä mahdollisuuksia vähentää kustannuksia ja päästöjä. Porissa on tarkoitus kehittää kaupunkilogistiikkaa. Siinä kohteina ovat katujen kunnossapito, vanhusten kotihoitopalvelut, kotisairaankuljetukset, koulukuljetukset, julkinen liikenne ja ateria-, metriaali- ja postikuljetukset. Nämä kaikki alueet yhteen laskettuna aiheuttavat kaupungille miljoonien eurojen vuotuiset kustannukset. Kun kaikki kuljetuskohteet saadaan optimoituksi, on siis selvää, että kaupunki pääsee merkittäviin kustannussäästöihin. (Esri Finland 2011, 8.)

## 4 KULJETUKSET LOGISTIIKASSA

Suomi on pitkien etäisyyksien maa. Suomessa tehdään enemmän tavarankuljetustyötä asukasta kohti kuin muissa Euroopan maissa. Tieliikenteen tavarankuljetuksissa Suomi on myös Euroopan kärkipäässä. Tieliikenteen osuus kotimaan kuljetussuoritteesta on noin 70%. Tämä asettaa haasteita kuljetusyrityksille, jotka joutuvat pohtimaan kuljetuksia osana logistista ketjua ja miettimään kuljetusten hallintaa ja kuljetusten ohjausta. Tässä kappaleessa pohditaan juuri kuljetustensuunnittelun ja ohjauksen merkitystä. (Pöllänen ym. 2007, 12-13.)

### 4.1 Kuljetukset yleisesti

Logistiikka sisältää tuotteiden, kuten raaka-aineiden ja valmiiden tuotteiden liikkeen alkulähteestä asiakkaalle asti. Kuljetuksen tarkoituksena on toteuttaa mahdollisimman tehokkaasti siirto, jossa tavara siirretään paikkaan, missä se

halutaan kuluttaa. Vasta tällöin sillä on paikkaan sidottu arvo. ( Reinikainen ym. 1997, 53.)

Kuljetuksilla siis tarkoitetaan materiaalin siirtämistä kahden tai useamman paikan välillä. Kuljetukset voidaan ryhmitellä karkeasti kolmeen eri luokkaan. Tavallisemmin käytettyjä ovat esimerkiksi: kuljetuspaikan mukainen jako (ulkoinen kuljetus / sisäinen kuljetus), kuljetusetäisyyden mukainen jako (kaukokuljetus / lähikuljetus) ja kuljetusalan mukainen jako (esi-, tuotanto- ja jälkituotannolliset kuljetukset.) ( Hokkanen ym. 2004, 100-101 ; Mäkelä ym. 2005, 37)

Kuljetukset ovat liiketoiminnan kannalta elintärkeitä, koska kuljetukset antavat tuleville ja lähteville tuotteille ajan ja paikan. Kuljetukset siis luovat tuotteelle liikkeen, joka luo arvoa tai paikkaan sidottua hyötyä tuotteelle. Aikaan sidottu hyöty luodaan varastoimalla tuote siihen asti kunnes sitä taas tarvitaan. Myös kuljetus on eräänlainen aikahyöty, koska se määrää kuinka nopeasti jokin tuote liikkuu paikasta toiseen. Jos tuotetta ei ole saatavilla silloin kun asiakas sitä tarvitsee, voi seuraukset olla kalliit, kuten tuotannon seisomista, asiakastyytymättömyyttä ja menetettyä myyntiä. Asiakastyytyväisyys on merkittävä osa liiketoimintaa. Asiakastyytyväisyys saadaan pidettyä parantamalla kuljetusten palvelutasoa. Se tuo lisäarvoa asiakkaille ja parantaa toimitusvarmuutta ja –täsmällisyyttä. Myös asiakkaan tarpeet huomioidaan toimittamalla tuotteet täsmällisesti, purkamalla suoraan käyttöpisteeseen ja ottamalla pakkausjäte paluukuljetuksiin. Kuljetusten riittävyys, saatavuus ja kustannukset vaikuttavat moni eri tavoin liiketoiminnan päätöksiin, jotka eroavat täysin itse kuljetuksista. Keskeisimmät liiketoiminnan päätökset joihin kuljetukset vaikuttavat ovat osto- ja hinnoittelu päätökset, tuotepäätökset ja toimipisteiden sijoittelupäätökset. ( Reinikainen ym. 1997,53-54; Mäkelä ym. 2005, 38; Pouri 1997, 137.)

Kuljetusten järjestämiseen on tarjolla runsaasti erilaisia vaihtoehtoja. Perinteisten ilma-, tie-, rautatie-, ja vesikuljetusten lisäksi on myös muita erilaisia kuljetusvälineitä, kuten kaasuputket, polkupyörät ja moottoripyörät. Kuljetusvälineen valintaan vaikuttaa eniten kuljetustarve eli mitä kuljetetaan ja missä kuljetetaan. Myös muita tärkeitä kuljetusmuodon valintaan vaikuttavia tekijöitä ovat toimitusvarmuus, kuljetuskustannukset ja toimitusnopeus. Kuljetettavan tuotteen



paino, koko, määrä tai särkyvyys asettavat omia ehtojaan kuljetusmudon valitsemiselle. Valintaan vaikuttavat myös kuljetusyrityksen vakavaraisuus ja odotettavissa olevan liikesuhteen pituus. Erityiskalustoa vaativat kuljetukset ovat oma alueensa, kuten suurten laitteiden ja esineiden kuljetukset, nesteiden ja elintarvikkeiden kuljetukset. Näihin hyvin erilaisiin kuljetustarpeisiin on jouduttu kehittämään hyvin erilaisia kuljetustapoja. (Pouri 1997,37; Pöllänen ym. 2007, 14.)

Kuljetukset ovat rahallisesti mitattuna tärkeä osa logistiikkaa. Suomalaisten yritysten logistiikkakustannukset olivat vuonna 2005 noin 13 prosenttia liikevaihdosta ja kuljetuskustannusten osuus noin 4 prosenttia. Vuonna 2008 yritysten logistiikkakustannukset olivat nousseet verrattuna vuoden 2005 tilastoihin. Kuljetuskustannusten osuus oli noin 5,5 prosenttia liikevaihdosta ja logistiikkakustannukset 14,2 prosenttia. Tämä ilmiö johtui talouden korkeasuhdanteesta mikä vaikutti kustannustasoon. Vuoden 2008 lopussa alkanut talouden taantuminen vaikutti puolestaan vuoden 2009 kustannustilastoihin. Yritysten logistiikkakustannukset olivat liikevaihdosta 11,9 prosenttia ja kuljetuskustannusten osuus oli 3,8 prosenttia. Talouden taantuma on kestänyt muutamia vuosia ja näyttää jatkuvan. Valtion elvytystoimet iskevät pahasti kuljetusyrityksiin polttoaine verotuksen osalta, mikä on nousemassa. Se lisää tuntuvasti yritysten kuljetuskustannuksia ja kasvattaa myös logistiikkakustannuksia. (Pöllänen ym. 2007, 16; Logistiikkaselvitys 2010, 73.)

#### 4.2 Kuljetusten suunnittelu ja ohjaus

Kuljetustoiminnan suunnittelua ja ohjausta voidaan lähestyä kahdesta eri näkökulmasta, strategisesta ja operatiivisesta. Nämä kaksi näkökulmaa antavat selkeän lähestymistavan, kun pohditaan kuljetusten suunnittelua ja ohjausta.

Strateginen suunnittelu ja ohjaus on laajin muoto ja se kattaa koko yrityksen kuljetustoiminnan. Strategisen suunnittelun lähtökohtana on ympäristöanalyysin tekeminen. Sen avulla yritys selvittää itselleen toimintaympäristön ja kilpailuympäristön ominaisuudet. Käytännössä tavoitteena on selvittää yrityksen vahvuudet, heikkoudet, mahdollisuudet ja uhat SWOT-analyysi. Analyysiin avulla

y yrityksissä pystytään hyödyntämään vahvuuksia mahdollisimman hyvin ja pystytään kääntämään heikoudet vahvuuksiksi. ( Pöllänen ym. 2007, 83-85.)

Strategisen suunnittelun tavoitteet ovat laajoja ja ne vaikuttavat yrityksen koko logistiikkaketjun toimivuuteen. Strateginen taso määrittelee yrityksen varastojen ja terminaalien sijaintipaikat, yksiköiden toiminta-alueet, kuljetusalueet ja tavaravirtojen hallinan. Strateginen suunnittelu ja ohjaus perustuvatkin yhä enemmän tavaravirtojen ohjailuun ja tiedonhallintaan. Tavoitteena on tuottaa mahdollisimman toimiva ja kustannustehokas jakelupalvelu, joka on liitetty kuljetusverkkoon. Tyypillisesti strateginen suunnittelu liitetään yrityksen vuosisuunnitteluun ja budjointiin.( Pöllänen ym. 2007, 83-85.)

Operatiivinen suunnittelu ja ohjaus on kuljetusreittien suunnittelua ja kuljetuskaluston hallintaa. Isommissa yrityksissä tätä hoitaa ajojärjestelijä. Ajojärjestelijä suunnittelee kuljetusten ohjaus- ja ajojärjestelukeskuksissa päivän kuormat ja ajoreitit. Ajojärjestelyihin liittyy monia ongelmia kuten, ajoreittien valinta ja oikean kuljetuskaluston valinta. Reaaliajassa tapahtuviin muutoksiin pitää voida myös vastata. Tilausten muutokset, kaluston hajoaminen ja reittimuutokset hankaloittavat suunnittelua. Ajojärjestelyn pitää ratkaista ongelmatilanteet ja antaa uudet ohjeet eteenpäin. ( Pöllänen ym. 2007, 83-85.)

Kuljetusten ohjaus on toiminto, jonka avulla kuljetukset toteutetaan yrityksen logistiikkastrategian mukaisesti. Tämä tarkoittaa, että kuljetukset pyritään suorittamaan täsmällisillä toimitusajoilla, oikeilla kuljetusvälineillä ja henkilöresursseilla, jotka toteuttavat yrityksen palvelutaso- ja kustannustavoitteet. Kuljetussuunnittelu on hankalaa ja vaikeaa mitä enemmän on muuttuvia osia logistiikkaketjussa. Suunnittelua helpottaakseen yritykset ovat ottaneet käyttöön erilaisia seurantajärjestelmiä, jotka keräävät tietoa palvelutasosta ja kustannuksista. Yritykset ovat myös panostaneet tieto- ja viestintäteknologiaan, jotka tukevat kuljetusten suunnittelua ja kehittämistä.( Pöllänen ym. 2007, 85-88.)

## 5 KULJETUSTEN OPTIMOINTI

Kuljetusreitin optimoinnilla tarkoitetaan parhaimman vaihtoehdon tai ratkaisun löytämistä kyseessä olevaan ongelmaan. Helpoimmillaan optimointi voi tarkoittaa lyhimmän reitin löytämistä kahden pisteen välillä, mutta yleensä optimointiongelmat ovat paljon laajempia. Nykyään on saatavilla paljon erilaisia optimointiohjelmistoja, jotka helpottavat ratkaisun etsimistä. Optimointi perustuu käyttäjän tekemiin valintoihin tietokoneen avulla. Parhaimman vaihtoehdon löytäminen optimointiongelmaan tuo mahdollisesti merkittäviäkin säästöjä. On muistettava, että rahallisten säästöjen lisäksi optimointi tuo myös paljon muitakin säästöjä. Optimoinnilla voidaan pienentää ympäristön kuormistusta, ruuhkat ja meluhaitat vähentyvät, liikenneturvallisuus kohenee ja kuljetuskaluston energiankulutus pienenee. Esimerkiksi kuntien kotihoidossa jää enemmän aikaa asiakaspalveluun, kun matkan teko vie vähemmän aikaa. Optimointi siis tuottaa yksilöllisempää ja luotettavampaa palvelua asiakkaille. Edellä mainitut kohdat ovat yhä tärkeämpiä palasia tulevaisuudessa. Nämä vaikuttavat suuresti organisaatioiden logistiseen kilpailukykyyn. (Bräysy, Porkka 2007, 6.)

Pääsääntöisesti kuljetusten optimointiongelmat voidaan jakaa muutamiin perusluokkiin. Näitä ovat kauppatkustajan ongelma, lyhimmän reitin ongelma ja kaluston reititysongelma. Kauppatkustajan ongelma on varmaan tunnetuin optimointiongelma. Ongelmana on löytää lyhin mahdollinen reitti, joka lähtee pisteestä A, käy monessa käyntipaikassa ja pakaa takaisin pisteeseen A eli tavoitteena löytää optimaalinen käyntijärjestys käyntipaikkojen välillä. (Reinikainen, Mäntynen, Rantala 1997, 68.) Lyhimmän reitin ongelma on pelkistetympi ongelma kuin kauppatkustajan. Tavoitteena lyhimmän reitin ongelmassa on löytää lyhin reitti kahden pisteen välillä. Kaluston reititysongelma on näistä perusluokista haastavin. Kuljetuskaluston hallinta koostuu lukuisista haastavista osatehtävistä. Kilpailukykyinen asiakaspalvelu vaatii samanaikaisesti sekä pienempiä ja täsmällisempiä toimituksia sekä ympäristöhaittojen minimoimista. Jakelukeskuksiin saapuvat toimitus- ja hakupyynnöt reaaliaikaistuvat, ja jokainen pyyntö pitää kohdistaa ajoneuvokohtaiselle reitille. Kullakin reitillä voi olla useita tarkkaan kellotettuja ja eri tavoin määriteltyjä toimituksia ja hakuja. Ajoneuvokohtaista

kapasiteettia ei saa ylittää, mutta kapasiteetin vajaakäyttöäkin on yritettävä välttää. Välillä lasti vaatii erikoiskalustoa. Työaikasäädäntöäkin on muistettava noudattaa. Myös tieverkon kunto ja ruuhkat on huomioitava. Nopeasti muuttuvissa tilanteissa suunnitelmat ja ajo-ohjeet on pystyttävä päivittämään nopeasti ja kustannustehokkaasti. ( Bräysy, Porkka 2007, 6.)

## 5.1 Optimoinnin matematiikkaa

Tiekuljetusten optimointi matemaattisesti on erittäin haastava ongelma. Usein ratkaisuvaihtoehtoja voi olla rajaton määrä. Optimalgoritmit ovat luonteeltaan enumeratiivisia eli ne laskevat lähes kaikki eri vaihtoehdot ja valitsevat niistä parhaan. Koska vaihtoehtojen määrä kasvaa eksponentiaalisesti, ne eivät tule kysymykseen isoissa ongelmissa. Esimerkiksi jätekuljetuksissa yhteen kuormaa saattaa kuulua satoja tilauksia, jolloin ajojärjestyksen haku kestää heuristisellakin menetelmällä liian kauan. (Reinikainen, Mäntynen, Rantala 1997,71.) Optimointiongelmien pohjalta on kehitelty heuristisia optimointimenetelmiä. Heuristisissa malleissa ongelma ratkaistaan kokeilemalla tai itse keksimällä. Niissä ei pyritä löytämään optimiratkaisua asetettuun ongelmaan, vaan tyydytään ns. hyvään ratkaisuun. Malleissa luodaan kriteerit, joiden suhteen vaihtoehtoja vertaillaan ja joiden perusteella valinta suoritetaan. Mallien etuna on suhteellisen pieni työmäärä ja halpuus verrattuna esimerkiksi simulointimalliin. Heuristisia malleja sovelletaan mm. kuljetusreitien optimointiin, kuljetussuunnitelmiin sekä jakelu- ja nouto-ongelmiin. Mahdollisimman optimaalisia ratkaisuita etsitään tietokoneen avulla esimerkiksi aikaisimmin mainittuun kauppamatkustajan ongelmaan.

Algoritmit jaetaan yleensä kolmeen ryhmään:

- parantaviin menetelmiin
- rakentaviin menetelmiin
- ja näiden molempien yhdistelmiin

Ratkaisua parantavat algoritmit saavat käyvän ratkaisun syötteenä ja yrittävät parantaa ratkaisua muokkaamalla reittiä. Jos löydetään parempi ratkaisu, sitä

käytetään uutena alkuratkaisuna ja jatketaan, kunnes muokkaus ei enää paranna ratkaisua. Tällöin ollaan paikallisessa optimissa, jota ei voi enää parantaa kyseisellä algoritmilla. Ratkaisua parantavat algoritmit yrittävät lyhentää reittiä korvaamalla kaksi tai useampia reitin viivoja uusilla reittiin kuulumattomilla viivoilla. Jokin vaihto saattaa tilapäisesti pidentää reittiä, mutta kokonaisuudessa vaihto tehdään vain, jos reitin pituus pienenee. ( Reinikainen, Mäntynen, Rantala 1997, 77.)

Rakentavat heuristiset algoritmit aloittavat joko yhdestä tai useammasta pisteestä tai alipiiristä ja lisäävät reitille pisteitä jonkin heuristisen periaatteen mukaan. Ensimmäinen yksinkertainen algoritmi on lähin naapuri- menetelmä. Siinä aloitetaan satunnaisesti valitusta kaupungista ja lisätään nykyisen reitin loppuun aina se kaupunki, joka on lähimpänä reitin viimeistä kaupunkia. Muita menetelmiä ovat lähin liitos, halvin liitos, kaukaisin liitos, lähin lomitus ja konveksiverho. ( Reinikainen, Mäntynen, Rantala 1997, 73–76.)

Yhdistetyissä algoritmeissa käytetään ensin rakentavaa algoritmia ensimmäisen ratkaisun löytämiseen ja sitten yritetään optimoida sitä parantavalla algoritmilla. Tällä tavalla saadaan parempia ratkaisuja varsinkin, kun generoidaan useita erilaisia alkuratkaisuja, sovelletaan parantavaa algoritmia niihin ja valitaan paras lopputulos. Yhdistetty algoritmi voidaan muodostaa myös jostakin heuristisesta menetelmästä ja optimialgoritmista. Yhdistetyn algoritmin osina voidaan käyttää kaikkia rakentavia ja parantavia algoritmeja. Rakentava algoritmi, joka tuottaa lyhyimpiä alkuratkaisuja, ei välttämättä ole paras mahdollinen yhdistetyn algoritmin kannalta. Tällainen algoritmi saattaa usein löytää jonkin paikallisen optimin, jota ei enää pystytä parantamaan muutamia viivoja vaihtamalla. ( Reinikainen, Mäntynen, Rantala 1997, 79.)

## 5.2 Optimointiohjelmistot

Jakelureittien optimointi on ollut merkittävä kehityskohde ja kaupallisten ohjelmistojen tarjonta on lisääntynyt. Lisäksi ohjelmistot kehittyvät yhä käytännönläheisemmiksi. ( Reinikainen, Mäntynen, Rantala 1997, 68.) Nykyiset kuljetusoptimointiohjelmistot ovat kokonaisvaltaisia logistiikan hallintaan tarkoitettuja tuotteita, jotka sopivat perinteisen operatiivisen

reittioptimointisuunnittelun ohella myös pitkän ja keskipitkän aikavälin suunnittelun apuvälineeksi. Ohjelmistoilla on myös mahdollista turvallisesti ja edullisesti virtuaaliympäristössä analysoida, testata ja vertailla erilaisten palveluverkko-, kapasitetti-, palvelutaso- ja asiakasrakenteiden ristikkäisvaikutuksia sekä vaikutuksia organisaation kustannusrakenteeseen. Ohjelmiston tehokkaan hyödyntämisen edellytyksenä on, että ohjelmisto liitetään muihin toimitusketjun hallinnan ohjelmistoihin, kuten varastohallintaan, tuotannon ohjaukseen ja tilausten järjestelyyn. Sen lisäksi on tärkeää liittää reitinoptimointi organisaation muiden tietojärjestelmien kanssa, kuten laskutuksen. ( Bräysy, Porkka 2007, 6.)

Koska reititysongelmat koskevat kaikkea liikkuvaa, oli se sitten kalustoa, ihmisiä tai informaatiota on reittioptimointiohjelmistoilla sovelluksia lähes kaikilla merkittävillä elinkeinoelämän alueilla. Merkittävintä ohjelmistojen hyödyntäminen on kaupan, teollisuuden ja julkisen sektorin alueella sekä kuljetuspalveluita tarjoavissa yrityksissä. Henkilöliikenteen, rakennusteollisuuden ja terveydenhuollon puolella aletaan vahitellen tiedostamaan optimoinnin tuomia mahdollisuuksia. ( Bräysy, Porkka 2007, 6.)

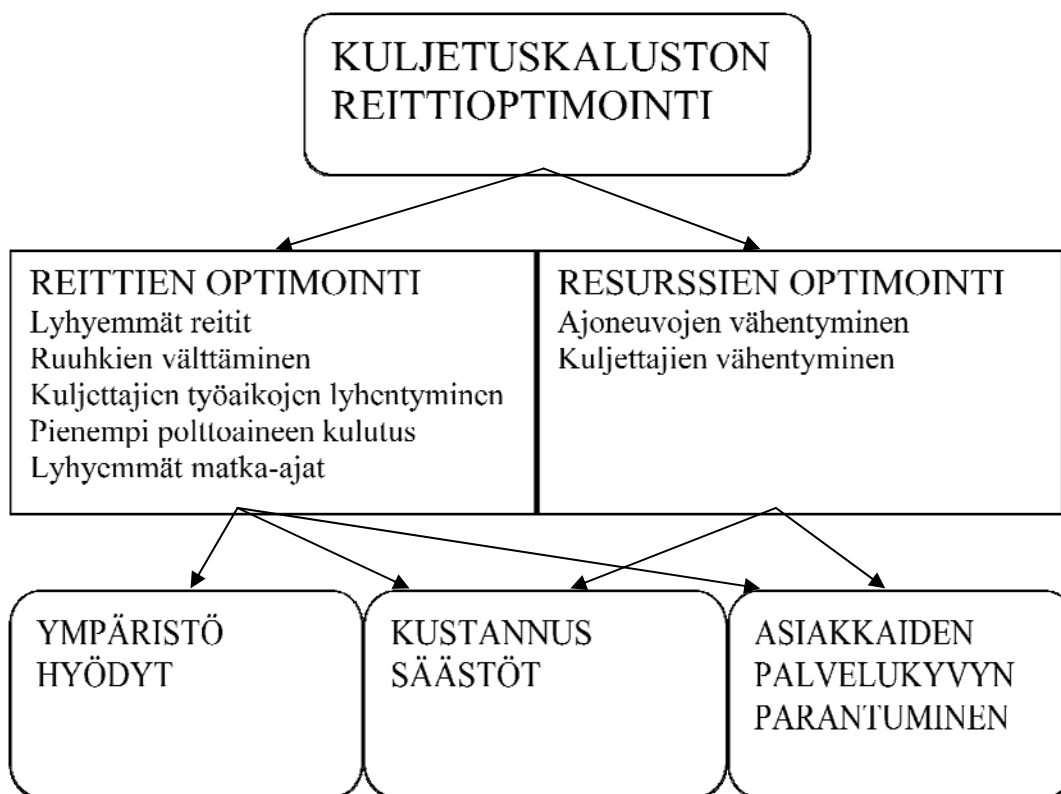
Muutamia ohjelmistotoimittajia ja kuljetusten optimointiohjelmiä:

- Esri Finland Oy – ArcLogistics
- Procomp Solutions - R<sup>2</sup> Optimointi
- Ecomond Oy – TCS-opti

### 5.3 Optimoinnin hyödyt kuntalogistiikassa

Optimoinnilla saavutetaan monenlaisia hyötyjä. Yritysten kannalta merkittävin optimointiohjelmistojen käytön hyödyistä 5 - 60 % välillä liikkuvat kustannussäästöt. Joissakin tapauksissa liikutaan 50 - 70 % välillä. Esimerkiksi jätteiden keräyksessä on saavutettu jopa 70 prosentin kustannussäästöjä pelkästään yksittäisen reitin keräysjärjestyksen optimoinnilla verrattuna aiempiin käsin tehtyihin suunnitelmiin. Eniten kustannuksia laskee yleensä ajomatkan lyhentyminen, mikä taas vaikuttaa

polttoainekustannusten pienentymiseen. Ajomatkan lyhentymisen vaikuttaa myös kaluston käyttöön ja kulumiseen, kuljettajien työaikoihin ja joskus tarvittavien ajoneuvojen ja kuljettajien määrään. Merkittäviä kustannussäästöjen aiheuttajia ovat suunnittelutyön ja hallinnon kustannusten pienentyminen, ylitöiden vähentyminen ja ajoneuvokaluston käyttöasteen parantuminen. Kustannussäästöjen lisäksi optimoinnilla voidaan vähentää ympäristön kuormitusta ja saavuttaa muita hyötyjä, kuten asiakkaiden palvelukyvyen parantumisena. Kuljetusten tarve lisääntyy tulevaisuudessa merkittävästi, joten kuljetusten optimoinnilla on entistä tärkeämpi rooli kuntien energiatehokkuuden parantamisen vuoksi. Kuljetukset muodostavat alueen, jolla energiatehokkuus voi parantua. Väestön ikääntyessä kotihoidon ja vanhusten kuljetuspalveluiden määrä kasvaa, mikä luo kysyntää optimoinnin hyödyntämiselle. Koulujen lakkautukset puolestaan lisäävät koulukuljetuksia, koska koulumatkat pidentyvät. Kuntaliitokset ja seudullinen yhteistyö vaativat suurempien kokonaisuuksien hallintaa myös kuljetusten osalta. Kuntien kuljetuksissa ja palveluissa piilee yli 500 miljoonan euron säästöpotentiaali, jos mm. koulukuljetuksissa, ateriakuljetuksissa, sisäpostikuljetuksissa, jätteiden keräyksessä, katujen kunnossapidossa, vanhusten kuljetuksissa ja materiaalikuljetuksissa käytettäisiin hyväksi tietokonepohjaista reitioptimointia. ( ESRI Finland 2008; Bräysy, Porkka 2007, 6. )



Kuva 3. Optimoinnilla saavutettavat hyödyt ja säästöt.

Merkittävin mahdollisuus vähentää kuljetusten ympäristökuormitusta on suunnitteluvaiheessa, ennen kuin kilometriäkään on ajettu. Kuljetusten optimoinnilla on mahdollista vähentää kuljetussuoritteiden kokonaismäärää ja tätä kautta pakokaasupäästöjä, ruuhkia ja meluhaittoja. Kunnilla on mahdollista tuottaa esimerkiksi vanhustenkuljetuksissa yksilöllisempää ja luotettavampaa palvelua reittioptimoinnilla. Kunnat voivat paremmin reagoida asiakkaiden toiveisiin, vähentää inhimillisiä virheitä ja mahdollistaa paremman informaatio kulun sekä parantaa kuljettajien työskentelyolosuhteita. (Bräysy, Porkka 2007, 6.)

Operatiivisen tason kaluston reittioptimointiohjelmat ovat nykyisellään jo erittäin hyviä suunnittelun apuvälineitä, jotka mahdollistavat merkittäviä säästöjä ja hyötyjä. Siten ne ovat välttämätön edellytys kilpailukykyyn ylläpitämiseksi. Reittioptimointiohjelmistojen kehittäjien haasteena on kehittää laajempia ja monipuolisemmin toimitusketjua integroivia sovelluksia sekä reaaliaikaisten kuljetusten ja tilausten hallintaa. Nykyisellään optimointiohjelmistot eivät pysty tarjoamaan ratkaisua näihin ongelmiin, joten kehitettävää riittää ohjelmistojen



tuottajilla, jotta kunnat ja muut organisaatiot saisivat parempia ohjelmistoja käyttöönsä. ( Bräysy, Porkka 2007, 6.)

## 6 PIENTAVARAKULJETUSTEN OPTIMOINTI

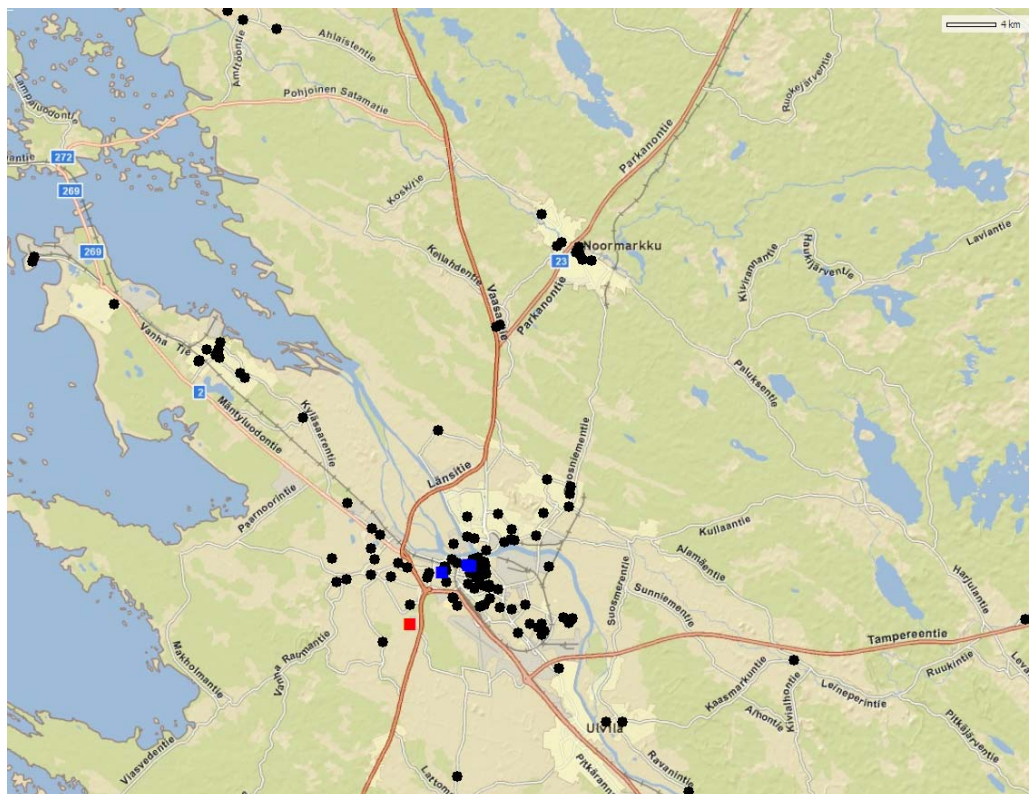
Idea ja aihe tähän opinnäytetyöhön syntyivät yhteistyössä Porin kaupungin ja Satakunnan ammattikorkeakoulun kanssa. Porin kaupungin tietopalveluasiantuntija Timo Widbom ja Satakunnan ammattikorkeakoulun tutkimusjohtaja Cimmo Nurmi ehdottivat opinnäytetyöksi kaupungin sisäisen postikuljetuksiin ja pientavarakuljetuksiin liittyvää tutkimustyötä. ArcLogistics-optimointiohjelman avulla tutkittaisiin kaupungin alueen pientavarakuljetuskenttää ja postikenttää sekä etsittäisiin mahdollisia säästämiskohteita ja kehityskohteita.

Käydyissä keskusteluissa ja palavereissa kävi ilmi, että kaupungille on hankittu optimointiohjelmisto, mutta sitä ei oltu päästy hyödyntämään ja käyttämään kuljetusten suunnittelussa. Ohjelmiston käyttö oli jäänyt vähälle. Opinnäytetyön pohjaksi valikoitui pientavarakuljetukset, koska kuljetuskenttä on suhteellisen pieni verrattuna julkiseen liikenteeseen. Toiseksi ohjelmistosta ei ollut käyttökokemuksia. Tämän työn tuloksia ja optimointiohjelmasta saatavia käyttökokemuksia olisi tarkoitus käyttää hyväksi kaupungin muissa optimointiprojekteissa, kuten julkisen liikenteen projektissa.

### 6.1 Tutkimustehtävän toimintaympäristö

Porin pientavarakuljetukset ovat jakautuneet eri puolille kaupunkia alueen kunnallisiin toimipisteisiin: päiväkoteihin, virastoihin, kouluihin, terveysasemiin ja kirjastoihin. Porin koulutoimi vastaa kuljetuksista ja hallinnoi kuljetusverkostoa.

Kuljetukset ja jakeluverkosto koostuvat tavaroiden noutopisteistä ja jakelupisteistä. Pientavarakuljetuksia toimitetaan noutopisteistä jakelupisteisiin.



Kuva 4. Koulutoimen kuljetusverkko 2011.

Pientavarakuljetukset ovat levittäytyneet laajasti ympäri Poria ja sen lähialueita. Kuvassa 4 kartalle on sijoitettu Porin kaupungin Koulutoimen autovarikko (punainen), tavarán noutopaikat (siniset) sekä jakopaikat (mustat). Kuljetusverkko kattaa noin. 140 kohdetta.

Porin kaupungissa pientavarakuljetuksia ei ole ulkoistettu muille kuljetusyrittäjille vaan kuljetukset hoidetaan kaupungin oman henkilökunnan toimesta. Kuljetukset hoidetaan neljällä jakeluautolla arkisin. Jokaisella autolla on oma vakioireitti, joka ajetaan maantaista perjantaihin, paitsi yksi jakeluauto ajaa maanantaina, keskiviikkona ja perjantaina. Yhteensä vakioireittejä on 18 kappaletta.

Tämän opinnäytetyön tutkimustehtävää varten on kerätty taustamateriaalia nykyisistä jakelureiteistä. Taustamateriaalin kerääminen tapahtui haastattelemalla kuljettajia ja olemalla heidän mukanaan jakelureiteillä. Reiteistä käy ilmi kuljetuskohteet, toimitusosoitteineen ja toimitusaikoineen.

Porin kaupungin pientavarakuljetusverkko on varsin laaja. Kuljetusverkko elää muutoksessa. Uusia toimituskohteita lisätään tai vanhoja poistetaan ja kesäisin useat toimipisteet sulkevat ovensa. Lisäksi toimituskohteilla on omia erityisvaatimuksia, jotka tulee ottaa huomioon pientavarakuljetusten suunnittelussa.

## 6.2 Tutkimustehtävän vaiheet ja toimintatapa

Opinnäytetyössä esitetyt tutkimukset perustuvat reitti- ja paikkatietoihin, jotka on kerätty ja havainnoitu kaikkien jakeluautojen jakoreiteiltä. Porin kaupungin pientavarakuljetuksia tarkastellaan yhtenä kokonaisuutena, kuljetusten optimoinnin näkökulmasta.

Opinnäytetyön tutkimustehtävä koskee Porin kaupungin sisäisen postin- ja pientavarakuljetuksia, joiden toimitusaika jakelukohteisiin on arkipäivisin aikavälillä 07.00-15.30, viikonloppureittejä ei ole. Jokaisen kuljetusreitit päätteeksi ajoneuvot palaavat takaisin autovarikolle, josta ne myös lähtevät seuraavan päivän reitille.

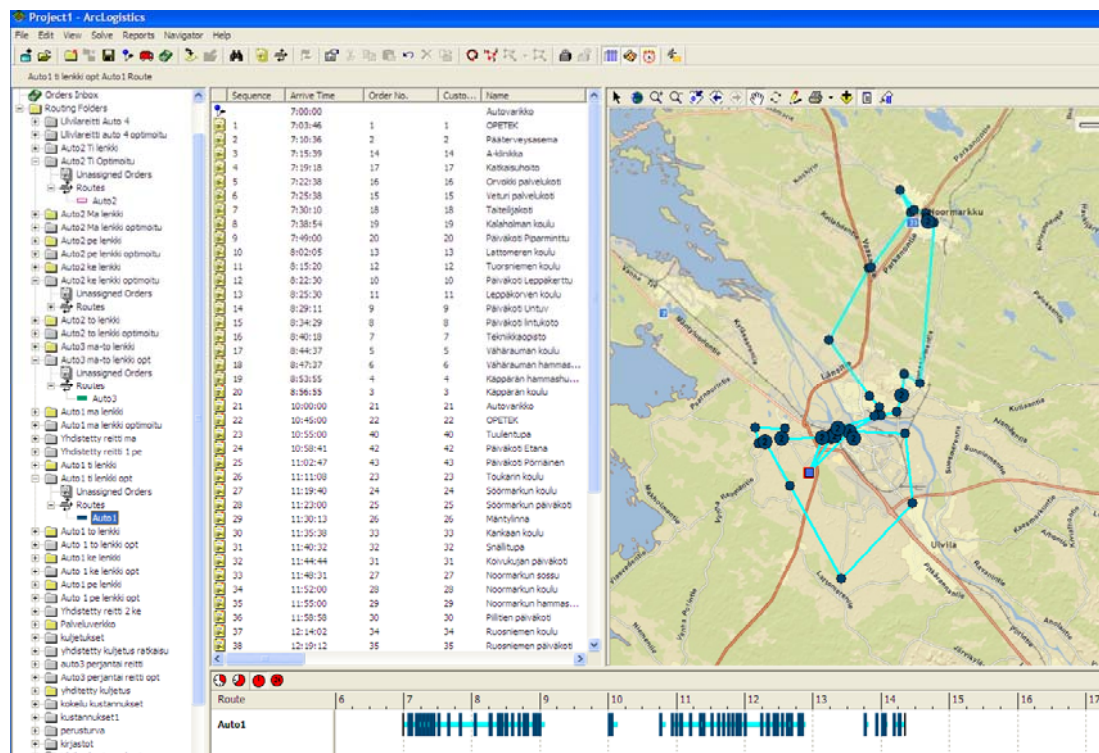
Ennen kuljetusten optimointia luodaan nykytilanne, jossa pientavara- ja sisäisen postin kuljetukset mallinnetaan kartalle ja optimointiohjelman avulla kerätään tietoa vertailupohjaksi varsinaista optimointia varten. Nykytilamallinnuksen jälkeen sisäisen postin kuljetukset ja pientavarakuljetusten optimointimahdollisuuksia tutkitaan ArcLogistics-optimointiohjelmistolla erilaisten vaihtoehtoisten mallinnusten kautta.

Ensimmäisessä optimointimallinnuksessa selvitetään, että onko jakelureiteistä huomattavissa optimaalisempia reittivaihtoehtoja, kun reittien käyntikohteiden järjestys optimoidaan uudelleen. Toisessa optimointimallinnuksessa käytetään kaikkia Porin kaupungin tavarantoimituskohteita. Tässä tapauksessa pyritään laajempaan optimointiin, jossa pientavarakuljetukset mallinnetaan optimointiohjelman avulla koko kaupungin alueelle kokeillen erilaisia kuljetusyhdistelmiä. Tutkimusosion loppuosassa saavutetuista tuloksista tehdään yhteenveto ja arvioidaan niiden hyödynnettävyyttä.

### 6.3 ArcLogistics-ohjelmisto ja datan käsittely

Tämä tutkimustehtävä tehdään Esri Finlandin kehittämän kuljetusten optimointiohjelman, ArcLogisticsin avulla. ArcLogistics on kuljetusten optimointiin ja hallintaan suunniteltu ohjelmisto. Tutkimustehtävässä käytetään ArcLogisticsin ohjelmistoversioita 9.3 ja karttamateriaalina ohjelmiston pohjalla on Suomen tie- ja katuverkko 2010-aineisto. ArcLogisticsia on mahdollista hyödyntää monenlaisissa kuljetuksiin liittyvissä optimointitehtävissä. Kuljetusten sovellusalueita ovat lähetti- ja jakelupalvelut, elintarvike- ja tavarakuljetukset ja henkilökuljetukset. ArcLogistics on helppokäyttöinen ja kustannustehokas ratkaisu **reitityksiin ja kuljetusaikataulujen suunnitteluun**. Kuljetusten optimointi tehostaa toimintaa, pienentää kuljetuskustannuksia ja vähentää päästöjä sekä parantaa asiakaspalvelua. (Esri Finland 2011.)

Ennen kuin ohjelmalla pystytään optimoimaan kuljetuksia, on ArcLogistics-ohjelmalle annettava perustiedot lähtöpaikoista ja tilauksista sekä määritettävä minkälaista kuljetuskalustoa halutaan käyttää. Valmiita tilauskantoja voidaan tuoda ohjelmaan erilaisina tiedostoina, joista ohjelma osaa lukea halutut tiedot. Tietoja voivat olla tilausten osoitteet, tilausnumerot, tilaajatiedot ja kuljetettavat määrät. Tilauskantoihin voidaan asettaa erilaisia ehtoja ja vaatimuksia, jotka voidaan tuoda ohjelmaan. Ehtoja ja vaatimuksia voivat olla toimitusten aikaikkunat (toimitukset tietyn aikavälin sisällä) tai palveluajat (lastaus ja purku) kussakin kohteessa. Ohjelma huomioi ehdot ja vaatimukset rakentaessaan optimaalista reittiä. Kaikkia perustietoja on mahdollista muokata jälkeenpäin, joka on tärkeää erilaisten optimointimallinnusten luomisessa. Optimoiduista ratkaisuista on mahdollista tulostaa erilaisia raportteja niitä tarvitseville henkilöille.



Kuva 5. ArcLogistics yleisnäkymä.

Kuvassa 5 on nähtävissä ArcLogistics-ohjelman yleisnäkymä: Vasemmalla sivulla on kansiot kuljetusten perustiedoille ja itse kuljetuskeikoille. Kansioihin on määritelty lähtöpisteet, tilauskanta ja kuljetuskalusto. Ohjelmisto on optimoinut karttapohjaan kuljetusreitit ja alaruudukossa näkyvät autojen kuljetusaikataulut. ArcLogistics on varsin selkeä ja helppokäyttöinen ohjelmisto, vaikka ohjelmiston käyttöliittymä on englanninkielinen. Ohjelmistolla voidaan tehdä erilaisia valintoja ja muokkauksia varsin paljon.

Kuva 6. Yleisnäkyä tilausikkunasta, jossa voi tehdä halutut muokkaukset ja asettaa ehdot tilaukselle.

Opinnäytetyön tutkimustehtävän taustamateriaaliksi saatua dataa pientavarakuljetuksista ei voitu sellaisenaan käsitellä ArcLogisticsissa. Tiedot kerättiin jakelureiteiltä ja yhdistettiin yhdeksi tiedostoksi. Manuaalisen käsittelyn jälkeen tiedosto muokattiin ohjelman vaatimusten mukaiseksi Excel-tiedostoksi. Nyt ohjelma pystyi lukemaan tiedoston automaattisesti. Kuljetusten lähtöpiste eli tässä tapuksessa autovarikko piti asettaa karttapohjaan manuaalisesti samoin kuin kuljetuskalusto.

#### 6.4 Tutkimustehtävän tavoitteet

Opinnäytetyön tutkimustehtävän tavoitteena on tarkastella ulkopuolisen silmin Porin kaupungin pientavarakuljetuksia yhtenä isona kokonaisuutena ja löytää mahdollisia kehitys- ja säästökohteita kuljetusten näkökulmasta. Erilaisten optimointimallinnusten kautta pyritään löytämään tehokkaampia ja parempia kuljetusratkaisuita verrattuna nykytilanteeseen. Opinnäytetyössä pyritään tuomaan esille erilaisia kehitysideoita Porin kaupungin pientavarakuljetuksiin ulkopuolisen logistiikka opiskelijan kautta. Tavoitteena on myös näyttää tietokonepohjaisen optimointiohjelmiston tehokkuus ja hyötypotentiaali kuntalogistiikassa, tämän tutkimustehtävän kautta. Tutkimustehtävästä saatuja ideoita, malleja, kehitysratkaisuja ja uusia optimoituja ratkaisumalleja Porin kaupunki voi halutessaan käyttää omaan kuljetussuunnitteluunsa.

## 7 PIENTAVARAKULJETUSTEN NYKYTILAMALLINNUS

Nykytilanteen mallintamisessa kuvataan ja hahmotetaan Porin kaupungin pientavarakuljetukset sellaisinaan kuin ne toteutetaan tällä hetkellä. Tarkastelunkohteina ovat arkipäivän pientavarakuljetukset.

Pientavarakuljetukset koostuvat pelkästään koulutoimen kuljetuksista, ulkoistettuja kuljetuksia ei ole. ArcLogisticsin avulla jakelureitit luodaan kartalle sekä selvitetään kustakin reitistä kokonaiskilometrit, reittien ja jakelukohteiden määrä sekä palveluaika. Varsinaista optimointia varten kaikkien kuljetusreittien tuloksista tehdään kappaleen lopussa yhteenveto. Nykytilamallinnus perustuu opiskelijan keräämiin reittilistauksiin jakelureiteiltä.

Ennen mallintamisen toteuttamista ArcLogistics-ohjelmistoon määritettiin seuraavat asetukset: jokaiselle pientavaratoimitukselle annettiin 3-10 minuutin palveluaika, riippuen jakelukohteesta. Aikaan sisältyy lastaus ja purku. Kuljetusreitit päätteksi autot palauttivat palautuvat jakeet ja pientavarat lastauspaikkaan ja palasivat sen jälkeen autovarikolle. Kalustoa on käytössä reittien lukumäärän verran eli jokaiselle reitille on oma auto.

## 7.1 Kaupungin omana työnä tehtävät pientavarakuljetukset

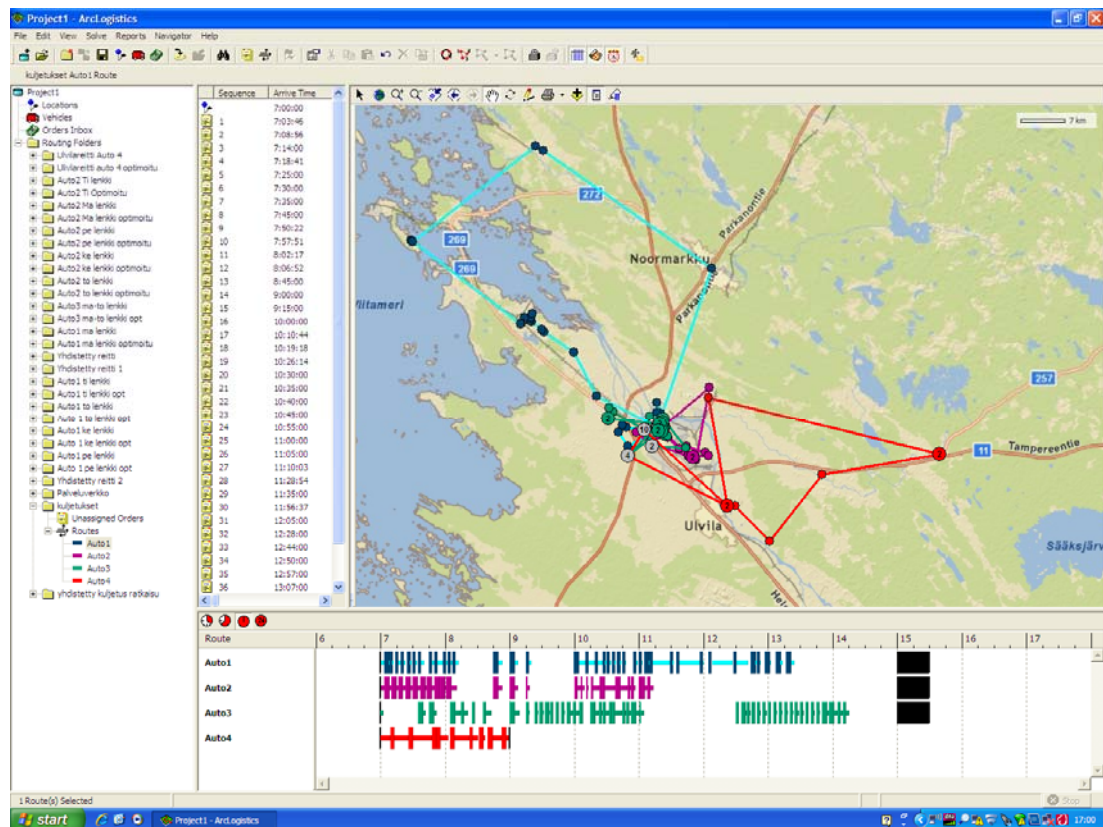
Porin kaupunki järjestää itse pientavarakuljetukset ja sisäisen postinkuljetukset. Reitit ajetaan nykytilan mukaan neljällä ajoneuvolla. Kuljetuksia hoidetaan säännöllisesti kolmesta eri tavarantoimipisteestä ja toimitetaan 573 eri jakelupisteeseen ja palautuvat tavarat toimitetaan takaisin noutopisteeseen, jossa ne lajitellaan seuraavaa autoa varten. Siitä seurauksena suuri käyntikohteiden määrä. Kokonaisuudessaan sisältyvät myös lakisääteiset kahvitauot ja ruokatauot. Kahvitaukoja on yleensä kaksi, jotka ovat aikavälillä 09.00-09.15 ja 13.30-13.45. Ruokatauko pidetään yleensä 11.00-11.30. Usein kuitenkin kuljettajat pitävät joustavasti tauot tai pitävät pidempiä taukoja ja jättävät taukoja pitämättä. Usein ajettava reitti määrää miten kuljettaja haluaa pitää tauot. Kuljettajien työaika 07.00-15.30

Taulukko 1. Kaupungin tekemät kuljetukset viikossa.

<u>Yhteenveto - kaikki kuljetusreitit (arkipäivät)</u>				
Reittien määrä	18			
Jakelupisteet	573 keskimäärin 32 tilausta/reitti			
	Matka-aika (min)	Palveluaika (min)	Kokonaisaika (min)	Kilometrit
Yhteensä	3737	2292	6029	1479,1
Keskiarvo/reitti	207,61	127,33	334,94	82,17

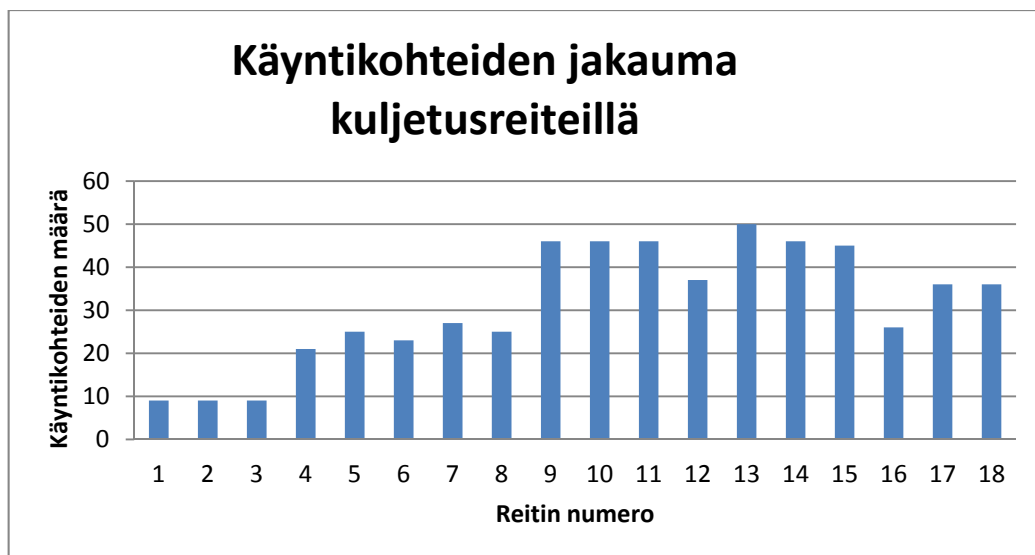
ArcLogistics-ohjelman avulla mallinnettiin reitit ja saavutetut tulokset näkyvät ajankäytön ja kilometrin osalta taulukossa 1. Taulukkoon 1 on kerätty tiedot kaikista kuljetusreiteistä. Kilometrejä kertyy viikossa 1479,1 kilometriä, mikä on tärkein tieto. Pisimmän reitin kesto 556 minuuttia ja lyhimmän reitin kesto on 120 minuuttia. Pisin reitti on pituudeltaan 134 kilometriä ja lyhin reitti on pituudeltaan 40,2 kilometriä. On siis huomioitava, että reittikohtaisia eroja on huomattavasti. Kuvassa 7 nähdään miten esimerkiksi maanantain reitit ovat sijoittuneet kartalle.





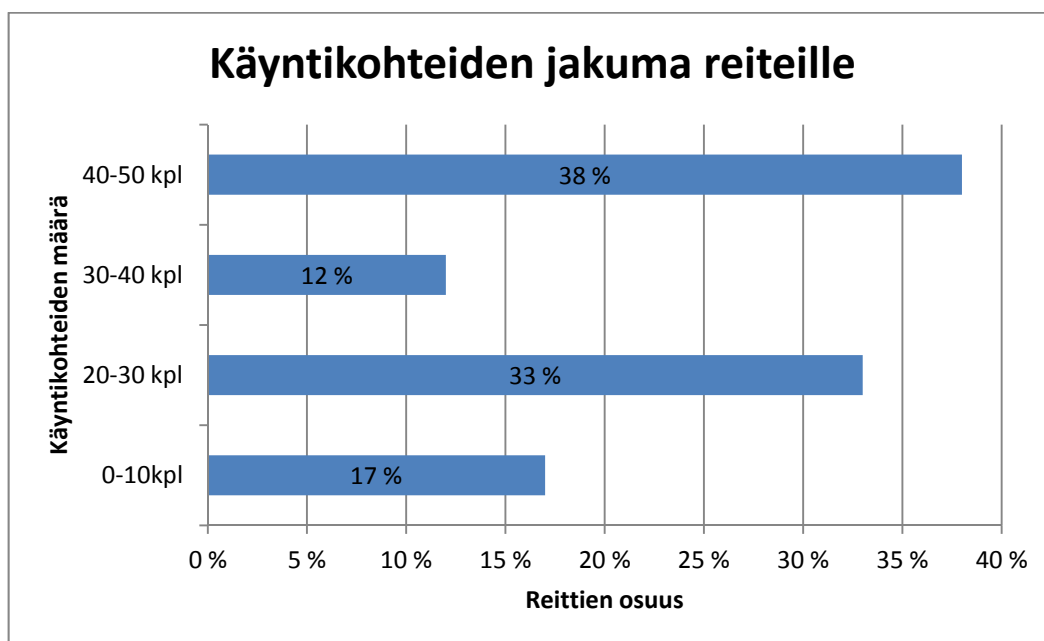
Kuva 7. Maanantain kuljetusreitit.

Työhön ei liitetty kuvaa kaikista 18 kuljetusreitistä, koska kuvasta olisi tullut liian sekava ja suttuinen, varsinkin kaupungin keskustan alue olisi ollut erittäin sekava, jos kaikki 18 reittiä olisi mallinnettu kuvaan. Kuvasta myös huomataan, että reitit menevät osittain päällekkäin ja ristiin. Kuvassa näkyy neljä eri jakelureittiä.



Kuvio 1. Käyntikohteiden jakauma kuljetusreiteille.

Kuljetusreittejä ei ole määrällisesti paljon, mikä selittyy käyntikohteiden määrällä. Kuviossa 1 on havainnollistettu miten käyntikohteet jakautuvat eri reiteille. 0-10 käyntikohteiden reittejä on kolme, 20-30 jakelupisteen reittejä on kuusi, 30-40 käyntipisteen reittejä on kaksi ja 40-50 käyntipisteen reittjä on seitsemän. Kuviosta 2 nähdään miten käyntikohteet ovat jakautuneet reiteille.



Kuvio 2. Käyntikohteiden prosentuaalinen jakauma reiteille.

Kuviosta nähdään, että käyntipisteiden määrä on hajaantunut varsin monelle eri reitille. 20-30 jakelupisteen reitit ja 40-50 jakelupisteen reitit muodostavat suurimman osan kuljetusreiteistä, 71%. Loput 29 % reiteistä sisältävät 0-10 ja 30-40 käyntikohteiden reiteistä.

Reittien keskimääräisen kokonaisajan olessa noin 335 minuttia, voidaan käyttää huomattavasti pidempiä ja enemmän käyntikohteita sisältäviä ja kustannustehokkaampia reittejä. Nykyiset reitit ovat osin hyvin suunniteltu, mutta pientä korjauksen varaa reiteistä myös löytyy.

## 8 UUDET OPTIMOINTIMALLINNUKSET

Tässä kappaleessa esitellään ArcLogistics-optimointiohjelmistolla mallinnetut pientarakuljetukset ja esitetään saavutetut tulokset. Kappale muodostuu kahdesta osaluueesta: nykyisten reittien optimointi ja erilaisia mallinnuksia kokeillen.

### 8.1 Nykyisten kuljetusreittirunkojen optimointi

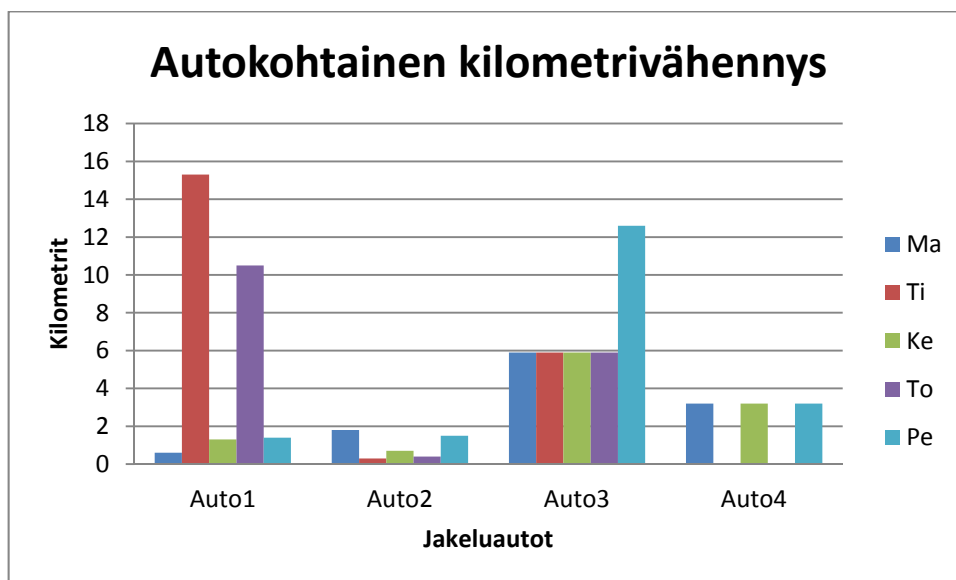
Nykytilamallinnuksen jälkeen jokainen 18 jakelureitistä optimoitiin uudelleen ArcLogisticsin avulla. Reittien lähtöpisteet, tavarankoutopisteet ja jakelupisteet pysyivät ennallaan, ainoastaan reittien käyntikohdejärjestystä tutkittiin ja muokattiin. Nykyisiä toimitusaikatauluja ei otettu huomioon, vaan tarkoitus oli löytää mahdollisimman tehokas, optimoitu ja lyhin jakelureitti kuljetusten näkökulmasta.

Taulukko 2. Nykyisten jakelureittien jakelujärjestyksen optimointi

#### Kokonaiskilometrit

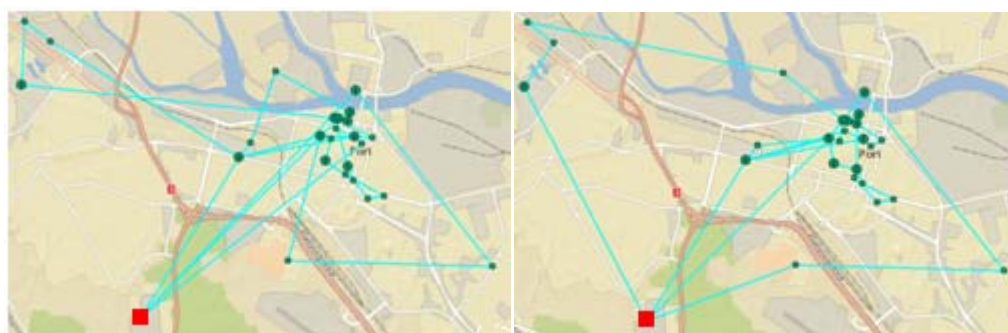
Alkuperäiset	Optimoidut	Vähennys	%
1479,1	1399,5	79,6	5,4

Optimoinnin tuloksena ArcLogistics rakensi kaikille nykyreiteille tehokkaamman ja optimaallisemman jakelujärjestyksen. Kokonaiskilometrien osalta tulokset ovat esitetty taulokssa 2. Tulokset osoittavat, että optimoinnilla saavutettiin noin 80 kilometrin eli 5,4 % vähennys alkuperäisiin kilometreihin verrattuna. Kuviosta 3 nähdään reittikohtainen kilometrivähennys.



Kuvio 3. Autokohtainen kilometrivähennys / reitti.

Kuten kuviosta 3 huomataan, että joillekin reiteille optimoinnin tarvetta on ollut. Suurimmat vähennykset vaihtelevat 10 - 25 kilometrin välillä, kun taas pienimmät vähennykset vaihtelevat 0,3 - 3,2 kilometrin välillä. Sovittuja toimitusaikoja muuttamalla saadaan nykyisistä reiteistä tehokkaampia ja reitit sisältävät vähemmän kilometrejä.



Kuva 8. Vertailuesimerkki ei-optimoidusta ja optimoidusta.

Esimerkki optimoinnin avulla löydetystä lyhyemmästä ja tehokkaammasta jakelureitistä. Kuvassa 8 on esitetty aluperäinen reitti ja optimoitu reitti. Vasemmalla on alkuperäinen reitti, joka on 63,4 kilometriä pitkä. Oikealla on ArcLogistics-optimointiohjelmalla luotu reitti, jonka kokonaiskilometrit ovat 57,5 kilometriä. Kuten kuvasta huomataan, jakelujärjestystä muuttamalla reitiltä voidaan karsia turhat päällekkäis- ja ristiinajot. Tämän reitin kohdalla optimoinnilla saavutettu hyöty on 5,9 kilometriä (9,3%) vähentynyt kokonaiskilometrimäärästä.

Kokonaisuutta tarkastellen, nykyisten jakelureittien optimoinnilla saavutetut reilun viiden prosentin kilometrisäästöt eivät ole päivätasolla kovinkaan merkittävät. Vuositasolla kuitenkin pienetkin säästöt kannattaa huomioida. Säästöillä on vaikutusta eri kustannuksiin ja ympäristöön leviävät päästöt vähenevät.

## 8.2 Pientavarakuljetusten optimointi eri vaihtoehtoja käyttäen

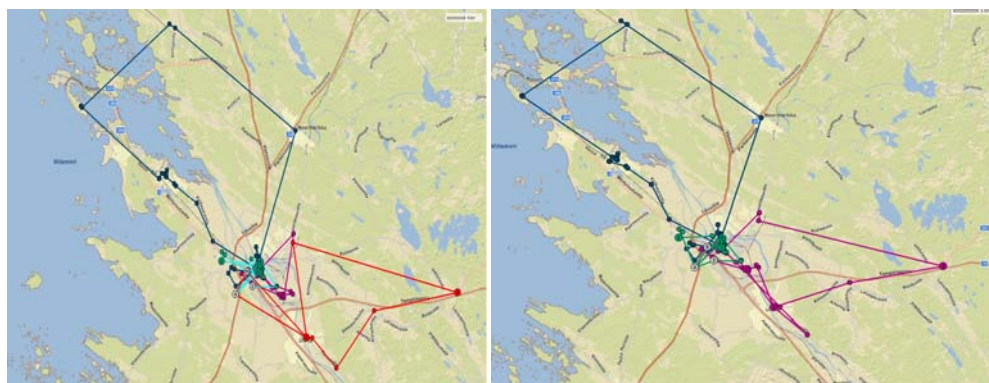
Tutkimusosion toinen optimointimallinnus perustuu reiteiltä kerättyihin tietoihin. Kerätty aineisto sisältää tiedot eri jakelu- ja noutopisteistä. Aineistoon on kerätty jakelupisteiden logistisia tietoja (Liite1).

Ennen varsinaista optimointia ArcLogisticsilla paikannettiin kaikki jakelu- ja noutopisteet kartalta. Pysyväksi lähtötilanteeksi asetettiin seuraavat tekijät: Kaikki ajoneuvot lähtevät samasta pisteestä ja palaavat reitin päätyttyä samaan pisteeseen. Ajoneuvojen lähtöajaksi asetettiin 07.00-07.10. Toimituksille annettiin 8,5 tunnin aikaikkuna (07.15-15.30), jonka sisällä toimitusten on oltava perillä. Aikaikkunoissa huomioitiin lakisääteiset kahvitauot ja ruokatauko, jotka ovat 09.00-09.15, 11.00-11.30 ja 13.30-13.45. Jokaisen jakelupisteen palveluaika täytyi asettaa erikseen, koska erittäin suurta palveluajan vaihtelua esiintyi reiteillä, toimitukset eri kerroksiin, portaat ja hissit. Palveluaikaan sisältyy tietysti lastaus ja purku.

### 8.2.1 Mallinnus A – Kuljetukset kolmella jakeluautolla

Yhdistettyjen kuljetusten optimointimallin tavoite on selvittää miten jakelureitit rakentuvat ArcLogistics-ohjelmassa kun ajoneuvokapasiteettia vähennetään ja eri

ajoneuvojen tilauskantoja yhdistellään. Optimointimallissa A selvisi, että ainoa toteuttamiskelpoinen mallinnus oli ajoneuvo 2 ja ajoneuvo 4 tilausten yhdistäminen, eli ajoneuvo 4:n maanantain, keskiviikon ja perjantain tilaukset annettiin ajoneuvo 2:n hoidettavaksi. Muitakin tilausten yhdistelyä kokeiltiin, mutta ne eivät olleet käytännössä toteuttamiskelpoisia.



Kuva 9. Neljän jakeluaton kuljetusratkaisu verrattuna kolmen auton kuljetusratkaisuun.

ArcLogisticsin rakentama maanantain reitit neljällä ajoneuvolla ja kolmella ajoneuvolla. Kuvassa 9 vasemmalla on neljän kuljetusauton malli, jossa on neljä jakelureittiä. Oikealla on kolmen auton kuljetusmalli, jossa on kolme reittiä. Optimoinnin tuloksena ohjelma poisti yhden ajoneuvon ja lisäsi poistetun ajoneuvon tilaukset toiselle ajoneuvolle. Tämä toistettiin myös keskiviikon ja perjantain kuljetusreiteille. Nykyisen maanantain neljän kuljetusauton jakelureitit muodostavat 334,6 kilometrin mittaisen kuljetusverkoston. Optimoidun kolmen auton reitit muodostavat 308,3 kilometrin lenkin. Vähennystä on tullut 7,8 %, keskiviikolta 0,96 % (341km – 337,7km) ja perjantailta 16 % (361km – 303km.)

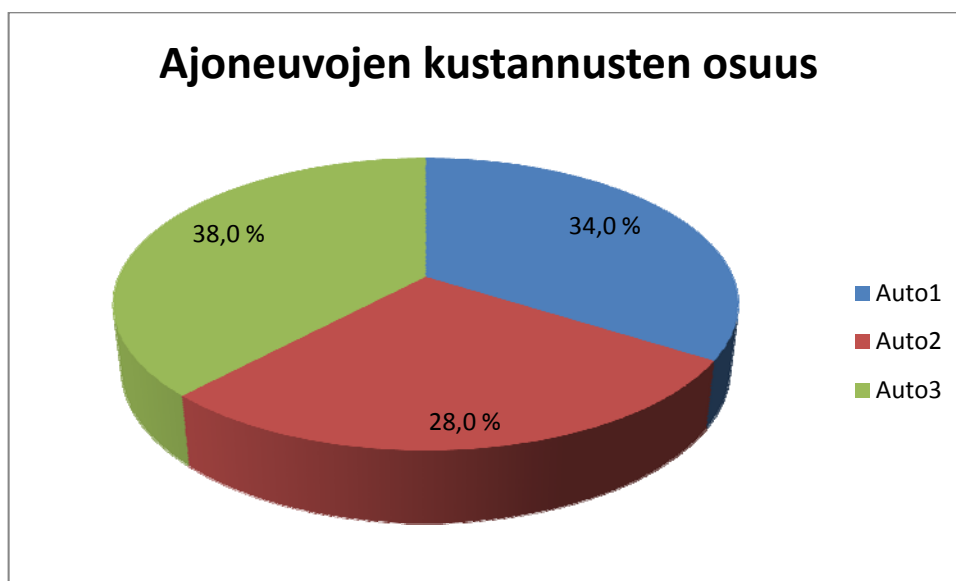
Tärkeimmät havainnot optimoinnin tuloksista viikkotasolla. (nykytilanne – optimoitu):

- Kuljetusreitit väheni kolmella, 16,6 % (18 – 15)
- Kuljetuskalusto väheni yhdellä, 25 % (4 – 3)
- Kokonaiskilometripituus väheni viikossa noin 126 km eli 8,5 % (1479km – 1353km)
- Vuositasolla kokonaiskilometri vähennys on 6552 kilometriä

Jakelureittejä muokkaamalla ja kuljetuskaluston määrää vaihtamalla päästään huomattavasti parempiin tuloksiin kuin optimoimalla vain nykyiset reittirungot. Kuljetusten näkökulmasta optimointimallinnus on järkevä, ja realistisesti toteuttavissa. Nykytilanteeseen verrattuna säästöt ovat merkittävät.



Kuvio 4. Ajoneuvojen osuudet kilometreistä.



Kuvio 5. Ajoneuvojen kustannusten osuus.

Kuvio 4 ja 5 vertailemalla huomataan, että kuvioista löytyy huomionarvoisia informaatiota. Esimerkiksi auto 3 käyttää kilometrejä vähiten, mutta tuottaa kustannuksia eniten. Kun kaupunki laskuttaa hallintokuntia, on tärkeää huomata kilometriperusteisen ja aikaperusteisen laskuttamisen ero ja valita tilanteen mukaan oikea laskutusperuste. Auton kustannukset muodostuvat ajetuista kilometreistä, kuljettajan palkasta, auton kuluista kuten, voitelu-, polttoaine-, vakuutus-, rengaskuluista. Lisäksi on huomioitava hallintokulut ja lomakulut. Lyhyet ajomatkat laskutetaan aikaperusteisesti ja pitkätajomatkat kilometrien mukaan.

### 8.2.2 Mallinnus B – Avoin optimointi

Avoimen optimointimallinnuksen tavoite on selvittää kuinka pientavarakuljetusreitit muokkaantuvat optimointiohjelmassa kun kuljetuskalustolla ei ole lainkaan kapasiteettirajoituksia. Yhdellä ajoneuvolla, oletuksena on käytetty kuorma-autoa, on teoriassa mahdollista kuljettaa ja toimittaa suuri määrä toimituksia yhdellä reitillä. Skenaarion tuloksena saadaan vaihtoehto, missä jakelureittejä on määrällisesti mahdollisimman vähän.

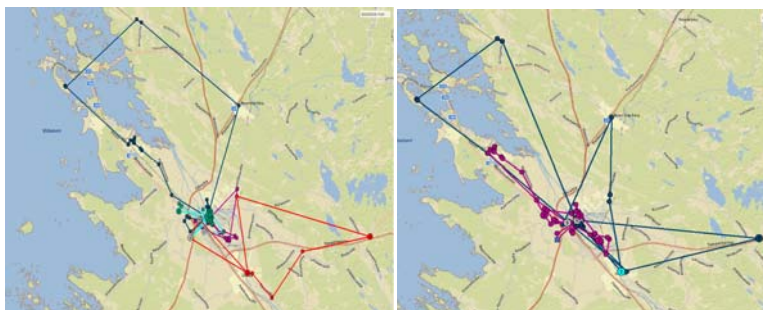


Toimitusten määrää kuitenkin rajoittaa lajittelukeskus, joka lajittelee saapuvat toimitukset jakelupisteistä lokeroihin, joista muiden reittien kuljettajat ottavat toimitukset mukaan omille jakelureiteilleen. Myös ajoneuvokapasiteetin hyödyntäminen on hankalaa, koska usein toimitettavana on erilaisia kirjeitä, postia ja kevyitä pientavaroita. Toimituksia myös rajoittaa se, että useat jakelupisteet ovat logistisesti hankalissa paikoissa mihin kuorma-autoilla ei pääse ajamaan, kuten ahtaat piha-alueet ja kapeat portit. Näistä syistä kyseistä optimointimallinnusta ei toteutettu, vaikka se olisi ollut teoriassa mahdollista. Käytännössä tämä optimointimallinnus ei olisi ollut toteutettavissa.

### 8.2.3 Mallinnus C – Kuljetukset kahdella jakeluautolla

Mallinnus C:ssä neljän jakeluauton tilauskannat yhdistettiin ja jaettiin tilaukset kahden jakeluauton kesken. Tuloksena saatiin 10 jakelureittiä kahdelle autolle nykyisten 18 jakelureitin ja neljän jakeluauton sijaan. Tämä mallinnus on käytännössä mahdollista toteuttaa, vaikka maanataina ja keskiviikkona aikataulut ovatkin kireitä. Kahta jakeluautoa käyttäen saavutetaan merkittäviä säästöjä verrattuna nykytilanteeseen.

- Jakelureitit vähenivät kahdeksalla, 44,4 % (18 – 10)
- Kuljetuskalusto väheni kahdella, 50 % (4 – 2)
- Kokonaiskilometri pituus väheni noin 126 km (1479km – 1353km)



Kuva 10. Neljän jakeluauton kuljetusratkaisu verrattuna kahden jakeluauton kuljetusratkaisuun.

### 8.3 Erillisajo järjestelmän luominen

Työssä myös luotiin kaupungille erillisajo järjestelmä. Erillisajo tarkoittaa sitä, että usein vakioreitit aikana kuljettajalle tulee lisäajoa vakioreitit lisäksi. Usein kuljettajalle soitetaan ja kerrotaan mitä viedään ja minne videään. Tämä käytäntö on hankalaa, joten kaupungille luotiin sähköinen järjestelmä puhelimen rinnalle mikä helpottaa ajoa. Koulut, laitokset yms voivat lähettää tilaukset sähköpostiin, mistä ne välitetään kuljettajille. Tulevaisuudessa, kuljettajille on mahdollisesti tulossa navigaattorit ajoneuvoihin. Tämä helpottaa ajoa, jos vakiokuljettajan tilalla on osa-aikainen kuljettaja, joka ei tiedä jakelupisteitä.

Lisäksi erillisajolle muodostettiin tunti hinnoittelu mitä aikaisemmin ei ollut. Hinta muodostuu kuljettajan palkasta, ajoneuvon kuluista, kuten rengas-, vakuutus-, polttoaine- ja voitelukuluista. Myös vuosittain indeksikorotus prosentteissa, hallintokulut ja lomakulut ja sairauslomat.

### 8.4 Optimointi koulutus kaupungin työntekijöille

Opinnäytetyön tekijä järjesti ArcLogistics-optimointiohjelmiston koulutustilaisuuden henkilöille, jotka hoitavat kuljetuksia. Koulutus kesti päivän. Tilaisuudessa opetettiin ohjelmiston tärkeimmät ominaisuudet. Koulutuksen pääpaino oli tilausten hallinnoimisessa, kuten tilausten lisäys, poisto ja muokkaus. Lisäksi harjoiteltiin ajoneuvojen lisäämistä ja poistamista. Koulutuksessa jaettiin kaupungin työntekijöille PowerPoint - esitys ja Word – dokumentti, joista voi vielä katsoa apua ongelma tilanteissa. Koulutuksen järjestäminen oli tärkeää, koska jatkossa kaupungin työntekijät voivat itsenäisesti käyttää ArcLogisticsia.

## 9 YHTEENVETO JA JOHTOPÄÄTÖKSET

Tämä tutkimustyö rakentui Porin kaupungin sisäisen postin- ja pientavarakuljetusten nykytilan mallintamisesta ja erilaisten optimointimallinnusten kokeilemisesta parempien ja tehokkaampien kuljetusratkaisujen löytämiseksi. Kaupungin kuljetuksia tutkittiin ArcLogistics-optimointiohjelmistolla.

### 9.1 Optimointitulokset

Nykytilannemallinnuksella kaikki nykyiset kuljetusreitit rakennettiin ja mallinnettiin kartalle. Näin saatiin hyödyllistä ja arvokasta tietoa reittien ajan- ja kalustonkäytöstä sekä kokonaiskilometreistä. Saatua tietoa voidaan hyödyntää kuljetusten tehostamisen ja optimoinnin näkökulmasta. Nykytilannemallinnuksesta voidaan myös paremmin huomata, minkälaisista kuljetusratkaisuista Porin kaupunki maksaa tällä hetkellä. Kaupunki maksaa noin 50,000 - 100,000 euroa pientavarakuljetuksista vuosittain. Pientavarakuljetusten arvo ei ole huomattava verrattuna muihin kuljetuksiin kuten, joukkoliikenteeseen, opetustoimen kuljetuksiin, sosiaalitoimenkuljetuksiin ja terveydenhuollon kuljetuksiin, joiden yhteenlaskettu hankinta-arvo on 6 400 000 euroa. Tehdyssä mallinnuksessa huomattiin, että nykyisissä pientavarareiteissä oli parantamisen varaa. Reiteiltä löytyi paljon ylimääräistä aikaa, jonka voisi käyttää tehokkaammin. Nykyiset reitit, jotka ajetaan neljällä autolla voidaan ajaa jopa kahdella autolla. Optimointiohjelmalla voidaan siis saavuttaa huomattavia kustannussäästöjä.

Varsinaista reittien optimointia kokeiltiin erialisilla mallinnoilla. Tietokonepohjaisella optimointiohjelmalla saadut tulokset näyttivät 5,4 – 8,5 prosentin säästöä jakelureittien kokonaiskilometreissä verrattuna nykyiseen tilanteeseen. Reittien määrää saatiin pudotettua 44,4 prosenttia. Ajoneuvojen määrä putosi jopa 50 prosenttia. Optimoinnin avulla Porin kaupunki saa huomattavasti kilpailukykyisemmät kuljetushinnat jakelureiteille. Tästä hyötyvät kaikki kaupungin sisäiset hallintokunnat. Nämä tulokset on saatu, kun on optimoitu vain 4 ajoneuvon kuljetusreitit. On siis huomionarvoista miettiä, että mitä mahdollisuuksia optimointiohjelmisto tarjoaa, kun optimoitavana on esimerkiksi yli 20 ajoneuvoa ja

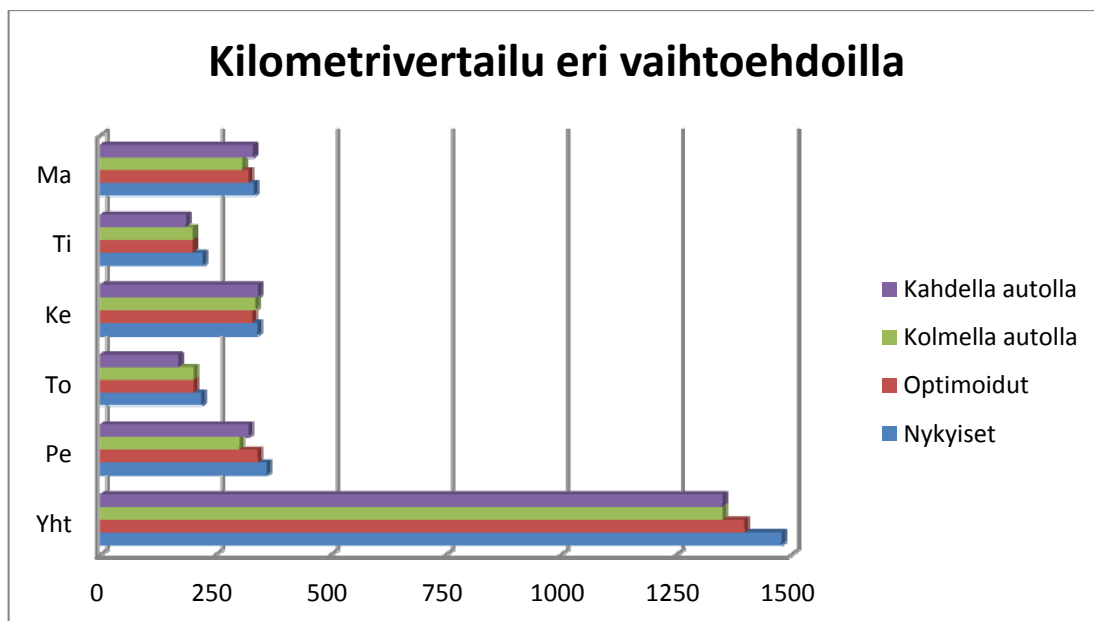
niiden kuljetusreitit esimerkiksi koulukuljetuksissa tai sosiaalikuljetuksissa. Nämä tulokset kertovat tietokonepohjaisen optimoinnin avulla saatavasta mahdollisuudesta tehostaa nykytilanteen kuljetuksia.

## 9.2 Yhteenveto eri optimointiskenaarioista

Lopuksi vielä yhteenveto eri optimointiskenaarioista. Taulukosta ja kuvioista on nähtävillä, että jokaisella optimointiskenaariolla saadaan parannusta nykytilanteeseen. Varsinkin kolmen- ja kahden ajoneuvon optimointiskenaariolla saadaan huomattavia kustannussäästöjä nykytilanteeseen. Reittien määrä putoaa 16,6 – 44,4 prosenttia ja ajoneuvojen määrä putoaa 25 – 50 prosenttia. Kilometrit putoavat noin 79 – 128 kilometriä, riippuen eri optimointiskenaariosta. Ympäristöön tulevat päästötkin vähenevät huomattavasti. Optimointi tarjoaa Porin kaupungille merkittäviä kustannussäästöjä. Optimoinnin negatiivisena asiana voidaan nähdä työpaikkojen menetys. Optimoinnin seurauksena työpaikkoja häviää yksi – kaksi.

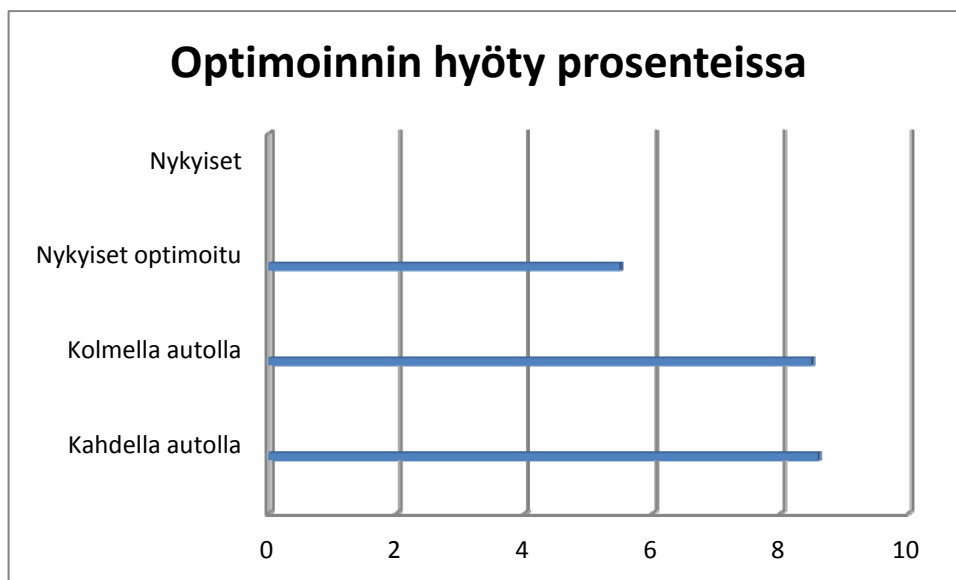
### Kilometrit

	Nykyiset	Optimoidut	Kolmella autolla	Kahdella autolla
Ma	335	323	308	331
Ti	223	202	202	186
Ke	341	330	338	343
To	219	202	202	169
Pe	361	342	302	322
Yht	1479	1400	1352	1351
% km		5	9	9
% auto			25	50



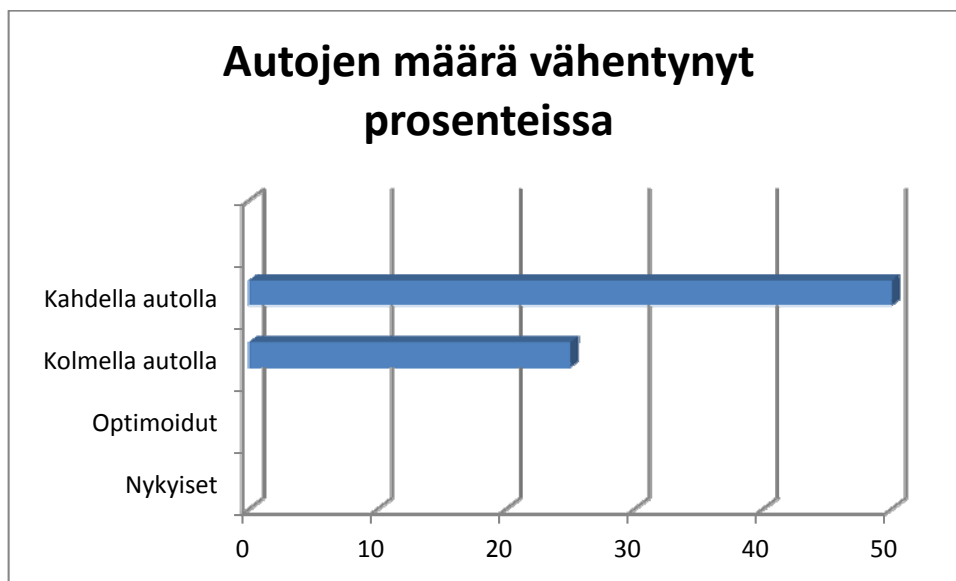
Kuvio 5. Eri optimointiskenaarioiden vertailu.

Kuviosta 5 nähdään, kuinka kilometrit käyttäytyvät eri optimointiskenaarioissa. Kilometrit vähentyvät jokaisessa optimointiskenaariossa verrattuna nykytilanteeseen. Optimointimallista riippuen kilometrit vähentyvät 79 – 128 kilometriin viikossa. Vuositasolla vähennystä siis tulisi noin 4100 – 6600 kilometriä.



Kuvio 2. Prosentuaalinen vähennys eri optimointiskenaarioissa.

Kuvio 6 kertoo, kuinka paljon vähennystä on tullut prosenteissa verrattuna nykytilanteeseen. Optimoinnilla saavutettu hyöty on noin 5 – 9 prosentin luokkaa. Parhaimmat tulokset tulevat kolmen jakeluatuon ja kahden jakeluauton optimoinnilla, joissa kummankin saavutettu hyöty on noin 9 prosenttia. Optimoimalla nykyiset jakelureititkin, päästään reilu 5 prosentin vähennykseen kokonaiskilometreissä.



Kuvio 7. Ajoneuvojen määrän vaihtelu prosenteissa.

Kuviosta nähdään ajoneuvojen määrän vähentyminen. ArcLogisticsilla voidaan saavuttaa jopa 25 – 50 prosentin säästö. Suurimmat kulut tulevat juuri ajoneuvoista ja kuljettajista. 50 prosentin säästö verrattuna nykytilanteeseen on merkittävä. Optimointiohjelmistojen tuoma potentiaali kuljetustensuunnittelussa on valtava.

### 9.3 Tulosten hyödyntäminen

Opinnäytetyön tarkoitus ei ole siis antaa suoria vastauksia Porin kaupungin pientavarakuljetusten uudelleen järjestämiseen, vaan antaa erilaisia vaihtoehtoja optimointimallinnusten kautta. Esimerkiksi kuinka kuljetuksia olisi mahdollista tehostaa ja minkälaisia kustannussäästöjä on mahdollista saada.

Työssä jo aiemmin mainittiin, että Porin pientavarakuljetuskenttä ei ollut kovinkaan sekava, vain pieniä muokkauksia vaadittiin. Tosin muuttuvia, kuljetusten optimointiin vaikuttavia tekijöitä on paljon. Kuljetusten järjestäminen optimaaliseksi vaatiikin paljon resursseja kuljetussuunnitteluun. On siis selvää, että esitettyjen optimointimallinnusten tulokset ovat vain suuntaa-antavia.

Opinnäytetyön tuloksia Porin kaupunki voi käyttää halutessaan kuljetussuunnittelussa ja kuljetuksiin liittyvissä päätöksissä. Opinnäytetyön pohjalta on havaittavissa, että Porin kaupungin pientavarakuljetuksissa on ollut suuri optimoinnin tarve. Kuitenkin optimoinnilla saavutetut pienemmätkin säästöt ovat merkittäviä pidemmällä aikavälillä. Optimointia tulisikin käyttää enemmän erilaisissa kunnan kuljetustehtävissä, kuten joukkoliikenteessä ja sosiaalikuljetuksissa. Tietokonepohjaista kuljetusten optimointia voidaan siis suositella hyödynnettäväksi kaupungin strategisessa kuljetussuunnittelussa.

Kuljetusten ulkoistaminen ulkopuolisille yrityksille ei missään nimessä vähennä optimoinnin tarvetta. Optimointiohjelmiston avulla on mahdollista rakentaa kustannuksiltaan parhaimmat reitit, jotka palvelevat kokonaisuutta kaupungin omassa kuljetusorganisaatiossa. Tämä mahdollistaa ulkopuolisten toteuttamien kuljetusten paremman valvomisen ja kontrolloimisen.

Työssä on käytetty ArcLogistics-optimointiohjelma on vain yksi vaihtoehto monesta käyttökelpoisesta ohjelmasta erilaisten optimointimallinnusten apuvälineeksi. Ohjelma onkin parhaimmillaan erilaisten reititysten parissa.

Tarkemmat tiedot ja tulokset reiteistä ja eri optimointimallinnuksista ovat työn tilajaan hallussa.

## LÄHTEET

Bräysy, Olli 2007. Optimoinnin hyödyt kunnallisissa kuljetuksissa ja palveluissa. [verkkodokumentti] Viitattu 14.8.2011.  
<http://www.kaks.fi/sites/default/files/1134-BRAYSY.pdf>

Bräysy, O & Porkka, P. Kaluston reitinoiminnalla tehokkuutta logistiikkaan. [verkkodokumentti]. Viitattu 27.7.2011.  
<http://research.jyu.fi/optlog/Pasi.pdf>

Esri Finland. 2011. Asiakaslehti 1, 6-8

Esri Finland. Ratkaisutuotteet:ArcLogistics. [verkkodokumentti]. Viitattu 21.5.2011.  
[http://www.esri.fi/esrin\\_arcgis\\_tuotteet/esrin-ratkaisutuotteet/arclogistics/](http://www.esri.fi/esrin_arcgis_tuotteet/esrin-ratkaisutuotteet/arclogistics/)

Esri Finland. Reitinoimintavuoksi. [verkkodokumentti]. Viitattu 19.6.2011.  
<http://www.esri.fi/toimialat/kunnat/kuntien-logistiikka/reitinoimintavuoksi/index.html>

Hankinnat. Julkiset hankinnat. [verkkodokumentti]. Viitattu 4.5.2011.  
[http://hankinnat.fi/k\\_etusivu.asp?path=1;161;120419](http://hankinnat.fi/k_etusivu.asp?path=1;161;120419)

Hokkanen, S., Karhunen, J. & Luukkainen, M. 2004. Logistisen ajattelun perusteet. Jyväskylä. Kopijyvä Oy.

Inkiläinen, Aimo 2009. Logistinen päätöksenteko. Helsinki: Edita Prima Oy.

Karrus, Kaij 2001. Logistiikka. Juva: WS Bookwell Oy.

Karrus, Kaij 1998. Logistiikka. Porvoo: WSOY.

Kivelä, Susanna 2002. Kuntien hankintatoimen organisointi ja seudulliset hankintarenkaat. [verkkodokumentti]. Viitattu 10.11.2011.  
<http://hosted.kuntaliitto.fi/intra/julkaisut/pdf/p040209143615W.pdf>

Kunnat 2007. Kunnan tehtävät. [verkkodokumentti]. Viitattu 25.7.2011.  
[http://www.kuntaportaali.org/k\\_peruslistasivu.asp?path=1;29;69557;103069;112014;112016](http://www.kuntaportaali.org/k_peruslistasivu.asp?path=1;29;69557;103069;112014;112016)

Lehmusvaara, A., Asikainen, J., Miettinen, H., Oittinen, R & Leino, P. 1997. Kuntalogistiikka, tutkimus kunnallishallinnon logistiikan nykytilasta ja kehittämisestä. Lappeenranta.

Mania. 2010. Näkökulmia työ- ja talouselämään 2. [verkkodokumentti]. Viitattu 4.10.2011.  
[http://www.manialehti.fi/fi/images/PDF/mania\\_2\\_10\\_nettiin.pdf](http://www.manialehti.fi/fi/images/PDF/mania_2_10_nettiin.pdf)

Mäkelä, T., Mäntynen, J. & Vanhatalo, J. 2005. Logistiikka ja kuljetusjärjestelmät. Tampere.



Polemiikki. Logistiikka – mutkat suoriksi. [verkkodokumentti]. Viitattu 15.8.2011.  
<http://www.polemiikki.fi/lehdet/2007/numero-3/logistiikka--mutkat.aspx>

Pori. Porin kaupunki. [verkkodokumentti]. Viitattu 26.6.2011.  
<http://www.pori.fi/koulutusvirasto.html>

Pori. Porin kaupunki. [verkkodokumentti]. Viitattu 26.6.2011.  
<http://www.pori.fi/tpk/organisaatio/ajoneuvokeskus.html>

Porin seudun kehittämiskeskus. Yhteydet kunnossa maailmalle. [verkkodokumentti]  
Viitattu 16.8.2011.  
<http://www.posek.fi/sivu2.aspx?taso=0&id=52>

Pouri, Reijo 1997. Businesslogistiikka. Helsinki: WSOY.

Pöllänen, M., Mäntynen, J. & Laitinen, K. 2007. Tiekuljetukset. Tampere.

Reinikainen, P., Mäntynen, J. & Rantala, J. 1997. Logistiikan perusteet. Tampere.

Sartjärvi, Timo 1992. Logistiikka kilpailutekijänä. Nurmijärvi.

Tampereen logistiikka 2010. Tampereen logistiikka asiakslehti. [verkkodokumentti]  
Viitattu 6.6.2011.  
[http://www.tampere.fi/material/attachments/tarjouspyynnot/5ug1nRbeS/4\\_2010.pdf](http://www.tampere.fi/material/attachments/tarjouspyynnot/5ug1nRbeS/4_2010.pdf)

Tilastokeskus 2010. Tilastot. Kuntien avainluvut. [verkkodokumentti]. Viitattu 17.7.2011.  
<http://tilastokeskus.fi/tup/kunnat/kuntatiedot/609.html>

Työ- ja elinkeinoministeriö 2010. Suomen aluekehittämisstrategia 2020.  
[verkkodokumentti]. Viitattu 27.6.2011.  
[http://www.tem.fi/files/27071/23\\_2010\\_web.pdf](http://www.tem.fi/files/27071/23_2010_web.pdf)

PORIN KAUPUNKI / Kuljetuspalvelut		JAKELUREITITSELVITYS											
		Käyntipaikat											
1	Jakeluauto / sallittu koko	A = pieni pakettiauto, kantavuus alle 2tn A = pieni pakettiauto, kokonaispaino alle 3,5tn	B = pieni kuorma-auto, kantavuus 2,1-6tn B = kevyt k-auto, kokonaispaino alle 12 tn	C = kuorma-auto, kantavuus yli 6tn C = kuorma-auto, kokonaispaino max. 26tn								D = jokin muu selitys	
2	Laituri / Maahan purku	A = Laituripurku, kork. 0,8-1,2m	B = Laituripurku; 0,3-0,79m	C = maahan purku								D = jokin muu selitys	
3	Purku / Lastausovi	A = Leveät ovet (toimitukset mahd. laivoilla)	B = kapeat ovet; rullakkoivien mahdollinen	C = tavarat kannettava, ei kuoromarkantajilla								D = jokin muu selitys	
4	Sisälogistiikka	A = kellarin tai kerroksiin portaita pitkin	B = hisillä toimitukset	C = samaan kerrokseen, kausi purkuovesta > 50m								D = jokin muu selitys	
5	Piha-alue, ahdas	A = h-autojen parkkipaikka	B = portti/tunneli/seinät, ei suurta tilaa kääntää	C = korkeus, leveys, pituus (auton kokoluokkamerkintä)								D = jokin muu selitys	
6	Piha-alue, aikarajoitteita	A = aamupäivällä ahtautta (klo 8-12)	B = iltaapäivällä ahtautta (klo 12-16)	C = ei vastaanottoa paikalla (klo ____ - ____)								D = jokin muu selitys	
7	Ahdas katu	A = kääntäminen yli vastaantulevan kaistan	B = h-autoja pysäköitynä kadun varteen lähelle sisäänajoporttia	C = aikarajoitteita ahtauden takia (klo ____ - ____)								D = jokin muu selitys	
8	Ajosuunta	A = yksisuuntainen katu, purkupaikka Av=vasemmalla / Ao= oikealla puolella	B = 2-suuntainen, ahtaus, yli kaistan tulosuunnasta Bv = vas. / Bo = oik. puolelle	C = 2-suuntainen katu, purkupaikka Cv= vasemmalla / Co = oikealla puolella								D = jokin muu selitys	
9	Palautuvat jakeet	A = kuomankantaja kuten lauja, rullakkoita tai muita vastaavia palautuu viennin yhteydessä	B = kuomankantajat tyhjenetään samantien ja otetaan mukaan	C = muuta palautuvaa kuten pahvit, posti, koneet jne.								D = jokin muu selitys	
Paikan nro	Paikan nimi	Osoite	Postinumero	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
Lähtö	Verstas/autovarikko	Savipajakatu 20	28610	klo 07.00									
1	Opetusteknologiakeskus	Otavankatu 3	28100	A		C		A					
2	Kallelan koulu	Gallen-Kallelankatu 19	28100	A		C		A				C	
3	Lyseon koulu	Annankatu 5	28100	A		C		A					
4	Päiväkot Päämäinen	Maantiekatu 31	28120	A		C		A				C	
5	Päiväkot Lemmikki	Ojuntie 4	28610	A		C		A		B			
6	Länsi-Porin koulu	Aatuntie 6	28600	A		C		A				C	
7	Päiväkot Mesikämmen	Vellikellontie 1	28610	A		C		A					
8	Päiväkot Pääskylinna	Salavatie 1	28610	A		C		A				C	
9	400-uoitiskoti	Päämäistenkatu 26	28120	A		C		B					
10	Isosanan päiväkot	Isosananpuistikatu 19	28100	A		C		A				C	
11	Päiväkot Pohjatuli	Messukatu 2	28190	A		C		A					
12	Kaarisillan koulu	Isosananpuistikatu 23	28190	A		B						C	
13	Opetusteknologiakeskus	Otavankatu 3	28100										
	Kahvi / autovarikko	Savipajakatu 20	28610	klo 09.00									
14	Pääteneysasema	Maantiekatu 31	28120									C	
15	Opetusteknologiakeskus	Otavankatu 3	28100										
16	Pääkirjasto Satakunta	Gallen-Kallelankatu 12	28100	A		C	B	B			vastaanoto klo 10.00		
17	Viikari-Koti	Säikkäntie 24	28600	A									
18	Kyläsaaren koulu	Mörintie 6	28760	A		C		A				C	
19	Enäjärven koulu	Koulutie 42	28800	A		C						C	
20	Enäjärven päiväkot	Koulutie 32	28800	A		C							
21	Onnenkiven päiväkot	Päretie 5	28800	A		C				B		C	
22	Pihlavan teneysasema	Päretie 2	28800	A		C		A				C	
23	Päiväkot pihlajanmarja	Pihlavan kirkkotie 3	28800	A		C				B			
24	Pihlakoti	Ahlströmintie 6	28800	A		C		A				C	
25	Pihlavan koulu	Vanha maantie 2	28800	A		C		A				C	
26	Meri-Porin lukio	Rieskalantie	28800	A		C		A					
27	Meri-Porin yläaste	Rieskalantie	28800	A		C		A				C	
28	Pihlavan kirjasto	Rieskalantie 8	28800	A		C		A				C	
29	Reposaaren koulu	Kirkkokatu 31	28900	A		C		B				C	
30	Reposaaren kirjasto	Kirkkokatu 20	28900	A		C		B				C	
31	Ahlaisten kirjasto	Nahkurinkuja 2	29700	A		C		B				C	
32	Ahlaisten koulu	Ahlaistentie 732	29700	A		C		A				C	
33	Noomarkun kirjasto	Finpyyntie 4	29600	A		C		B				C	
34	Opetusteknologiakeskus	Otavankatu 3	28100										
35	Pääkirjasto Satakunta	Gallen-Kallelankatu 12	28100	A		C	B	B				C	
36	Porin sosiaalitoimisto	Antinkatu 16	28100	A		C		B		B		C	
37	Opetusteknologiakeskus	Otavankatu 3	28100										
38	Pääteneysasema	Maantiekatu 31	28120	A		C		A					
Paluu	Autovarikko	Savipajakatu 20	28610	klo 13.45									

## JAKELUREITTIPROSESSIN MALLINTAMINEN

