



SÄHKÖAUTON LATAUSTOLPPIEN YLEISSUUNNITELMA

Antti Järvinen

Opinnäytetyö
Toukokuu 2015
Sähkötekniikka
Sähkövoimatekniikka

TAMPEREEN AMMATTIKORKEAKOULU
Tampere University of Applied Sciences

TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Sähkötekniikka
Sähkövoimatekniikka

ANTTI JÄRVINEN:
Sähköauton lataustolppien yleissuunnitelma

Opinnäytetyö 76 sivua, joista liitteitä 33 sivua
Toukokuu 2015

Työssä laadittiin yleissuunnitelma sähköauton lataustolppien sijoittamisesta Tampereen kaupunkirakenteeseen. Tutkimuksen päätavoitteena oli selvittää lataustolppien sähkönsyötön vaihtoehtoja joko olemassa olevien kiinteistöjen pääkeskuksilta tai jakeluverkkoon rakennettavista uusista sähköliittymistä. Suunnitelma tehtiin Tampereen Sähköverkko Oy:n toimeksiannosta.

Taustaselvityksenä laadittiin katsaus sähköautojen tekniikkaan ja lataustapoihin. Näiden perustietojen avulla määritettiin ja valittiin suunnittelua ohjaavat lähtötiedot. Hinnoittelussa käytettiin Tampereen Sähköverkko Oy:n sähköliittymähinnoittelua. Verkostolaskennalla tutkittiin liittymien ja sähköverkon syöttökapasiteetin riittävyyttä. Lisäksi mallinnettiin lataustolpan paikka kaupunkirakenteeseen ja sähkönsyöttöjohto lataustolpalle sekä laskettiin eri latausverkkosuunnitelmille kustannusarviot.

Työ tuloksena esiteltiin yleisten lataustolppien erilaisia sijoitusvaihtoehtoja ja laadittiin kokonaiskustannusarvio julkiselle latausverkostolle sekä yksityiskohtaiset sähkösuunnitelmat lataustolppien liittämiseksi sähköverkkoon.

Työssä saatiin selvitettyä, että sähköverkon ja kiinteistöjen liittymien kapasiteetit riittävät suunnitellussa laajuudessa. Tuloksia voidaan käyttää arvioitaessa latausverkoston rakentamiskustannuksia ja päätettäessä lopullinen toteutusaikataulu ja toteutuksen laajuus.

ABSTRACT

Tampereen ammattikorkeakoulu
Tampere University of Applied Sciences
Electrical engineering
Electrical power engineering

ANTTI JÄRVINEN:
Principal Plan for Charging Posts of Electric Cars

Bachelor's thesis 76 pages, appendices 33 pages
May 2015

The meaning of this Bachelor's thesis was to make a principal plan for EV charging network in the city of Tampere. Assignment for the work was made by Tampereen Sähköverkko Oy (TSV).

First chapters include information about technology of electric vehicles and different ways of charging them. The main objective of this thesis was to find out the alternative ways of electrical supply to charging posts. Costs of the charging network were estimated by using the pricing of TSV. Sufficiency of input capacity was examined. In addition, a model of placing the charging posts and supply cables was made. Costs of different recharge network alternatives were estimated.

The result of the thesis is to present alternatives of placing public charging posts and costs of them. In addition, detailed plans of connecting posts to electrical grid were performed.

Key words: electric vehicle, charging post, charging

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	6
2	SÄHKÖAJONEUVOT JA NIIDEN LATAUS	7
2.1	Sähköajoneuvot.....	7
2.2	Sähköautojen lataustavat.....	8
2.2.1	Latausasemien tekniikka	10
2.2.2	Hintaluokat	14
3	LATAUSVERKOSTON SUUNNITTELUN LÄHTÖTIETOJEN MÄÄRITTÄMINEN	16
3.1	Tarkasteltavat latauskohteet.....	16
3.2	Sähkötekniset vaatimukset.....	18
3.2.1	Sähköauton latauspiirin vaatimukset.....	18
3.2.2	Latauskuormat	19
3.2.3	Kaapelin ja suojan valinta	20
3.2.4	Liittymisjohdon oikosulkusuojaus	25
3.3	Lataustolppien sijoittaminen.....	26
4	LATAUSTOLPPIEN LIITTÄMISSUUNNITELMAT	30
4.1	Suunnittelumenetelmän yleiskuvaus.....	30
4.2	Verkostolaskenta.....	30
4.2.1	Yksivaiheisen oikosulkuvirran tarkastelu	31
4.3	Lataustolppien paikan valinta	33
4.4	Kustannuslaskelmat	39
5	YHTEENVETO	40
	LÄHTEET	41
	LIITTEET	44
	Liite 1. Lataustolppien sijoitusvaihtoehdot	44
	Liite 2. Lataustolppien hinnat.....	74
	Liite 3. Kiinteistöjen liittymiin liitettyjen lataustolppien hinnat	75
	Liite 4. Uuden liittymän lataustolppien hinnat	76

LYHENTEET JA TERMIT

AC	Alternating current, Vaihtovirta
CHAdeMO	Sähköautonpikalatauspistoke rakennetta AA
CCS	Sähköautonpikalatauspistoke rakennetta FF
DC	Direct current, Tasavirta
EV	Electric vehicle, Sähköauto
EU	Euroopan unioni
HEV	Hybrid electric vehicle, Hybridiauto
Mennekes	Tyypin 2 sähköautonlatauspistokkeen nimitys
PE	Protective earth, Suojamaadoitusjohdin
PEN	Yhdistetty suojamaadoitus- ja nollajohdin
PHEV	Plug-in hybrid electric vehicle, Sähköverkosta ladattava hybridiauto
SFS	Suomen standardisoimisliitto ry
TSV	Tampereen Sähköverkko Oy
Yazaki	tyypin 1 sähköautonlatauspistokkeen nimitys

1 JOHDANTO

Tampereen kaupunki on ottanut tavoitteekseen profiloitua valtakunnalliseksi suunnannäyttäjäksi sähköisessä liikenteessä. (Stenman P, Manelius L, Aho J, Kotakorpi E, 2014.) Tavoite vaatii lähivuosina merkittäviä toimia sähköisen liikenteen edistämiseksi. Kaupungin tavoitteena on kannustaa yksityishenkilöitäkin hankkimaan sähköautoja. Sähköautojen hankintahinnat ovat vielä korkeita verrattaessa polttomoottoriautoihin, mutta hintaeron odotetaan pienenevän, kun sähköautojen markkinat kasvavat ja erityisesti akkujen hinnat laskevat.

Kalliimpaa hintaa ja latausverkon kattavuuden puutetta pidetään merkittävimpinä hidasteina sähköautojen yleistymisessä. Tampereella on tällä hetkellä seitsemän julkista latauspistettä, joissa on yhteensä 17 latauspaikkaa. (sähköinenliikenne.fi, 2015.) Tampereen kaupungin sähköisen liikenteen toteutussuunnitelmassa on varauduttu rakentamaan Tampereen kaupunkialueen kattava latausverkosto vuosien 2015–2017 aikana. (Stenman P ym. 2014.) Latausverkon rakentaminen tekee sähköauton hankinnasta houkuttelevampaa, kun sähköautoa voidaan ladata muun asioinnin aikana auton ollessa pysäköitynä, eikä tarvitse pelätä sähköenergian loppumista kesken matkan. Kaupungin on järkevintä tarjota latauspisteitä paikoissa, joissa autot ovat pysäköitynä julkisilla pysäköintialueilla, tai kaupungin eri palvelupisteiden läheisyydessä.

Tämän työn tarkoitus on laatia yleissuunnitelma Tampereen kaupungin julkisista sähköauton latauspisteistä. Tavoitteena on tehdä sähkötekninen suunnittelu ja laatia kustannusarvio erilaisille latausverkostovaihtoehdoille. Sähköliittymien hinnoittelussa on käytetty Tampereen Sähköverkko Oy:n (TSV) sähköliittymähinnastoa. Työn lopussa on arvioitu lataussuunnitelmien toteuttamiskelpoisuutta.

Tarkastelu rajattiin kaupungin julkisiin lataustolppiin, jotka eivät sijaitse pysäköintitaloissa tai -luolissa. Julkisilla latauspisteillä tarkoitetaan tässä suunnittelutehtävässä kohteita, jotka ovat julkisessa käytössä kaupungin palvelupisteiden tonteilla tai niiden lähialueiden pysäköintipaikoilla. Latauspisteet, jotka palvelevat ensisijaisesti kaupungin omien sähköautojen käyttöä, rajattiin myös tämän työn ulkopuolelle.

2 SÄHKÖAJONEUVOT JA NIIDEN LATAUS

2.1 Sähköajoneuvot

Sähköajoneuvo on auto tai muu ajoneuvo, joka käyttää sähköenergiaa tavalla tai toisella liikkumiseen. Koska työ käsittelee sähköautojen latausta, rajataan raideliikenne, työkooneet ja kevyet kulkuneuvot tarkastelun ulkopuolelle.

Sähköauton ainoa voimanlähde on sähkömoottori, ja moottorin käyttämä energia on varastoitu akkuihin. Sähköauton akkuja ladataan sähköverkosta tai muusta ulkoisesta lähteestä erityistä latauskaapelia käyttäen. Sähköauton toimintasäde täydellä latauksella on perinteiseen polttomoottoriautoon verrattuna lyhyt. Tällä hetkellä Suomessa myynnissä olevien sähköautojen akuston kapasiteetit vaihtelevat 16–85 kWh:n välillä. (Peugeot iOn; 2015; Teslamotors, 2015.) Täydellä latauksella sähköauton toimintasäde on parhaimmillaan jopa 500 km. (Teslamotors, 2015). Muita nimityksiä sähköautolle ovat akkusähköauto ja täyssähköauto.

Hybridiautossa on kaksi tai useampi voimanlähde, yleisimmin polttomoottori ja sähkömoottori. Hybridiautoa ei voi ladata ulkoisesta lähteestä, vaan kaikki energia saadaan polttomoottorista tai jarrutusenergian talteenotosta. Auton idea on käyttää polttomoottoria mahdollisimman hyvällä hyötysuhteella sähkömoottorin ja akuston avustuksella. Liikkeellelähtö ja hidas ajo tapahtuvat yleensä pelkällä sähkömoottorilla. Maantieajossa sähkömoottori voi avustaa, kun tehoa tarvitaan enemmän esimerkiksi ohitustilanteissa.

Hybridit voidaan jakaa rinnakkais- ja sarjahybrideiksi. Rinnakkaishybridissä polttomoottori ja sähkömoottori toimivat rinnakkain, ja auto voi liikkua pelkällä polttomoottorilla, pelkällä sähkömoottorilla tai niiden älykkäällä yhdistelmällä. Sarjahybridissä voimansiirto tapahtuu vain sähkömoottorin välityksellä, ja polttomoottori toimii vain generaattorina.

Ladattava hybridiauto eroaa hybridiautosta siinä, että sitä voidaan ladata ulkoisesta lähteestä kuten sähköautoa. Ladattavan hybridin akkukapasiteetti on tyypillisesti suurempi kuin hybridillä, ja sillä voidaan ajaa pitempään pelkällä sähkömoottorilla. Ladattavalla hybridillä voidaan ajaa pelkällä sähköllä 20–80 km, joka riittää monessa tapauksessa

erityisesti kaupunkiliikenteessä. Suomessa vuosina 2010–2011 henkilöautomatkan keskipituus oli 17,7 kilometriä ja henkilöautolla ajettiin keskimäärin 29,9 kilometriä vuorokaudessa. (Liikennevirasto, 2012.)

Muita sähköautotyyppisiä ovat polttokennoauto ja johdinbussi. Polttokennossa sähköä voidaan tuottaa suoraan jostain nestemäisestä tai kaasumaisesta polttoaineesta, tavallisimmin vedystä. Johdinbussi ottaa sähköenergian tien yläpuolella kulkevista johtimista.

2.2 Sähköautojen lataustavat

Standardi SFS 6000-7-722 (2012) määrittää sähköajoneuvoille neljä eri lataustapaa, joita ovat kevyiden sähköajoneuvojen lataus, tilapäinen sähköajoneuvon lataus, sähköajoneuvon peruslataus sekä sähköajoneuvon pikalataus.

Lataustapa 1: Kevyiden sähköajoneuvojen lataus

Lataustavassa sähköajoneuvo liitetään sähköverkkoon käyttäen korkeintaan 16 A ja 250 V yksivaiheista standardin SFS 5610 (2004) mukaista maadoitettua kotitalouspistorasiaa (schuko) tai 480 V kolmivaiheista standardin SFS 60309 (2000) mukaista voimapistorasiasiaa. Lataustapa edellyttää kiinteästi asennettuja vikavirtasuojia. Ulkopistorasiat on vaadittu suojattavaksi vikavirtasuojalla vuodesta 1997. Ennen vuotta 1997 tehdyissä asennuksissa pitää asennukseen lisätä vikavirtasuojia, jolloin sähkölaitteen pistoke voidaan liittää normaalisti kotipistorasiaan. Standardin SFS 5610 (2004) mukaiset kotitalouspistorasiat eivät sovellu sähköautojen pitkäaikaiseen lataamiseen, koska niitä ei testata täydellä mitoitusvirralla pitkäaikaisesti, ja ne voivat täten aiheuttaa ylikuumenemisen ja tulipalon vaaran. Lataustapaa 1 voidaan käyttää kevyiden sähköajoneuvojen lataukseen, koska niiden latauksessa latausajat ja -virrat ovat pienempiä eivätkä aiheuta liittimien kuumenemista.

Lataustapa 2: Tilapäinen lataus

Lataustavassa 2 sähköajoneuvo liitetään sähköverkkoon käyttäen standardien SFS 5610 ja SFS 60309 (2000) mukaisia pistorasioita kuten tavassa 1. Latauksessa käytetään ajoneuvon valmistajan hyväksymää liitäntäjohtoa, jossa on turvallisuuden varmistavat ohjaus- ja suojalaitteet sisältävä koteloitu yksikkö. Standardin SFS 5610 (2004) mukaista kotitalouspistorasiaa käytettäessä edellytetään, että pitkäaikainen latausvirta on rajoitet-

tu riittävän pieneksi, tavallisimmin 8 A:iin. (SFS 6000-8-813, 2012.) Myös standardin SFS 60309 (2000) mukaista korkeintaan 32 A:n 480 V:n voimapistorasialla voidaan käyttää sähköauton lataamiseen, jos käytössä on ajoneuvon valmistajan hyväksymä liitäntäjohto. Latausjohdon suojalaiteyksikkö on tuettava riittävän tukevasti, jotta se ei aiheuta liian suurta mekaanista kuormitusta pistorasialle. Tilapäistä lataustapaa voidaan käyttää, jos ei ole käytettävissä varsinaisen sähköauton lataustavan 3 mukaista latauspistorasiaa.

Lataustapa 3: Peruslataus

Tämä on varsinainen sähköajoneuvojen lataamiseen suunniteltu lataustapa. Sähköajoneuvossa olevaa laturia syötetään vaihtosähköllä ajoneuvoon kuuluvalla liitäntäjohdolla standardin EN 62196-2 (2011) mukaisesta tyyppin 2 (Mennekes) sähköautopistorasiasta, joka on valittu Euroopassa käytettäväksi yleiseksi pistoketyypiksi. Tämän pistoketyypin yksi- tai kolmivaiheinen mitoitusvirta on 63 A, mutta sitä voidaan käyttää myös pienemmillä virroilla järjestelmää syöttävän verkon käytettävissä olevan tehon mukaan. Latausjohto voi olla myös kiinteästi asennettuna latauspisteeseen. Suuria virtoja 63 A ja 32 A käytetään raskaiden ajoneuvojen lataamiseen. Sähköautoille käytetään pienempiä 10, 13 ja 16 A:n latausvirtoja. Lataustapa on käyttäjälle turvallisin ja helppokäyttöisin vaihtoehto.

Lataustapa 4: Pikalataus

Pikalatauksessa sähköajoneuvon akkuja syötetään tasasähköllä suurella, maksimissaan 200 A:n virralla auton ulkopuolella olevasta tasasähkölaturista Lataustavalla päästään käytännössä 22–50 kW lataustehoon. Ohjaus- ja valvontatoiminnot sijaitsevat kiinteästi latauspisteessä. Liitäntäjohto on kiinteästi latauspisteessä, ja pistoke on standardin IEC 62196-3 mukaista rakennetta AA tai FF. Pistokkeet tunnetaan nimillä CHAdeMO ja CCS. Lataustapaa kutsutaan myös pika- ja tehollataukseksi ja sillä saadaan ladattua 24 kWh akusto 15–30 minuutissa noin 80 %:n varausasteeseen. Lataustapa on tarpeellinen pidemmällä matkoilla, kun matkan varrella pitää saada nopeasti lisää toimintamatkaa. Se myös täydentää hitaampia lataustapoja, jos autolla ajetaan paljon saman vuorokauden aikana.

Sähköauton lataus luokitellaan usein myös latausajan mukaan hitaaseen, keskinopeaan ja pikalataukseen, sen mukaan, kuinka suurella teholla ja kuinka nopeasti lataus tapahtuu. Hitaalla latauksella tarkoitetaan 10–16 A:n yksivaiheista syöttöä, keskinopealla tarkoitetaan 16–32 A:n kolmivaiheista syöttöä ja pikalatauksella lataustavan 4 mukaista

tasasähkölatausta. Latausajat riippuvat latausvirrasta, akuston koosta ja vaurastilasta. Latausajat ovat hitaalla latauksella tyypillisesti 5–20 tuntia, puolinopealla tunnista viiteen tuntiin ja pikalatauksella alle tunnin.

2.2.1 Latausasemien tekniikka

Sähköautojen lataukseen liittyy useita termejä, mutta niiden käyttö ei ole vakiintunutta, ja termejä käytetäänkin usein eri yhteyksissä eri merkityksissä.

Latauslaitteella tarkoitetaan sähköauton lataamiseen tarkoitettua kiinteästi asennettua laitetta esimerkiksi lataustolppaa. Latauslaitteessa voi olla yksi tai useampi latauspistoke. (Salonen N, Poskiparta L, Kumpula T, 2015.)

Latauspisteellä tarkoitetaan sähköajoneuvoa lataavaa laitetta ja ajoneuvon pysäköintiin lataustapahtuman ajaksi varattua aluetta. Latauspisteellä voidaan ladata yhtä autoa kerrallaan. (Salonen N ym. 2015.)

Latausasema on yhden tai useamman latauspisteen muodostama kokonaisuus. Latausasema voi muodostua yhdestä tai useammasta latauspisteestä sekä latauslaitteesta. (Salonen N ym. 2015.)

Latauspistoke on kiinteästi asennetun latauskaapelin päässä oleva pistoke, joka liitetään latauksen ajaksi auton latausliittimeen. Latauspistokkeiksi kutsutaan myös latausjohdon liittimiä. (Salonen N ym. 2015.)

Latausliitin on latauspistokkeen vastakappale autossa tai latauslaitteessa. (Salonen N ym. 2015.)

Lataustolppa on omalla jalustalla seisova latauslaite. Julkisessa latauksessa on useimpien järkevintä käyttää lataustolppaa seinään kiinnitettävän mallin sijaan, koska silloin latausaseman sijoittaminen on vapaampaa.

Standardi SFS-6000-7-722 (2012) antaa latauslaitteen suojuukselle seuraavia vaatimuksia. Ulos sijoitettu latauspiste pitää suojata roiskeilta niin, että kotelointiluokka on vä-

hintään IPX4. Se tulee suojata myös pieniltä vierailta esineiltä niin, että kotelointiluokka on vähintään IP4X. Julkisille paikoille ja pysäköintialueille asennetut laitteet on suojattava mekaaniselta vahingoittumiselta. Suojaus pitää toteuttaa yhdellä tai useammalla seuraavista kolmesta tavasta:

1. Paikka tai sijoitus toteutetaan niin, että vältetään kohtuullisesti ennakoitavien iskujen aiheuttamat vahingot.
2. Käytetään paikallista tai yleistä mekaanista suojausta.
3. Asennetaan laite siten, että se kestää vähintään IK08 luokan mukaisen ulkoisen iskun.

Jokainen latauspiste pitää erikseen suojata mitoitusvirraltaan enintään 30 mA:n vikavirtasuojalla. Valittavien laitteiden on kytkettävä kaikki jännitteiset johtimet mukaan luettuna nollajohdin. Latauspistettä suojaavan vikavirtasuojan on oltava vähintään A-tyyppiä. Monivaiheisessa syötössä, jossa kuormituksen ominaisuuksia ei tiedetä, on suojauduttava tasasähkövioilta esimerkiksi käyttämällä B-tyypin vikavirtasuojaa. Jokainen latauspistettä syöttävä piiri on suojattava erikseen ylivirtasuojalla. Sähköajoneuvojen lataustavoissa 3 ja 4 on oltava sähköinen tai mekaaninen järjestelmä, jolla estetään kytkemästä ja irrottamasta pistotulppaa, ellei pistorasia tai pistoke ole kytketty irti syötöstä. Julkisessa latauksessa tulisi käyttää peruslatausta (lataustapa 3) tai pikalatausta. (Salonen N ym. 2015.)

Peruslatauslaitteessa on suojakannen alla oleva standardin EN 62196-2 (2011) mukainen tyyppin 2 sähköauton latauspistoke, joka on valittu eurooppalaiseksi standardiksi, ja sitä tulee käyttää. Tätä liitintyyppiä käytetään eurooppalaisissa autoissa. Kuvassa 1 oleva tyyppin 2 latauspistoke tunnetaan nimellä Mennekes. (plugit.fi, 2015.)



KUVA 1. Tyypin 2 Mennekes-latauspistoke (plugit.fi, 2015)

Japanilaisissa ja yhdysvaltalaisissa autoissa käytetään kuvan 2 mukaisia tyypin 1 liittimiä, jotka tunnetaan nimellä Yazaki. (plugit.fi, 2015.)



KUVA 2. Tyypin 1 Yazaki-latauspistoke (plugit.fi, 2015)

Tyypin 1 liittimillä varustettuihin sähköautoihin on saatavissa latauskaapeli, jossa johdon autoon tulevassa päässä on tyypin 1 pistoke ja lataustolppaan tulevassa päässä tyypin 2 pistoke. Latausvirta voi olla 6–63 A, jolla saavutetaan 1,4–43 kW:n latausteho. (Sesko, 2015.)

Latauspisteessä on usein merkkivaloja, joilla ilmaistaan latauksen tilaa, laitteen toimintavalmiutta ja mahdollinen häiriötilanne. Latauspiste voi olla myös kytketty etävalvontaan tai -ohjaukseen, jolloin ongelmatilanteissa apu on helposti ja nopeasti saatavissa. Julkisessa käytössä käyttäjiltä vaaditaan usein tunnistautumista, joka voidaan tehdä matkapuhelimen tai RFID-kortin avulla. (Motiva, 2015.)

Pikalatausasemalla on kiinteästi asennettu latausjohto, jonka pistoke liitetään autossa olevaan liittimeen. Pikalatausasemalla tasasähkölaturi sekä ohjaus- ja valvontalaitteet sijaitsevat latauslaitteessa ja autoon syötetään tasasähköä. Kaikki ladattavat autot eivät sovellu pikaladattaviksi. Käytössä on kaksi liittintyyppiä: kuvan 3 mukainen japanilainen CHAdeMo.



KUVA 3. CHAdeMo-pikalatauspistoke (blugit.fi, 2015)

Toinen pikalatauspistoketyyppi on CCS Combo (kuva 4), joka on valittu eurooppalaisten autojen pikalataustoteutukseksi tulevaisuudessa.



KUVA 4. CCS Combo-pikalatauspistoke ja vastakappale (blugit.fi, 2015.)

2.2.2 Hintaluokat

Latausaseman hankintahintaan vaikuttavat latauspisteen teho, sijainti ja laitteen valinta sekä asennuskustannukset. Hitaan latausaseman hinta-arvio on 800–5000 € keskinopean latausaseman 8000–15000 € ja pikalatausaseman 30000–50000 € (Lemminkäinen, 2015). Julkiseen käyttöön suunnitellun Mennekes-liittimellä varustetun lataustolpan hinnat vaihtelevat ominaisuuksien mukaan. Lataustolpan hintaan vaikuttavat latauspisteiden määrä, maksuominaisuudet ja muut lisäominaisuudet sekä käytetyt materiaalit. Julkiseen käyttöön on järkevintä rakentaa keskinopeita lataustolppia ja pikalatausasemia.

Keskinopeaan lataukseen tarkoitettujen lataustolpan hinta on halvimmillaan noin 2000 € ja jos tolpan yhteyteen halutaan esimerkiksi mainostaulu hinta voi nousta yli 6000 euroon. Perustamiskustannuksiin vaikuttaa sähköliittymän teho. Latauskäyttöön sopiva 3x35 A liittymä, joka mahdollistaa kahden auton yhtäaikaisen latauksen 11 kW teholla tai yhden auton latauksen 22 kW:n teholla, maksaa 1685 € (TSV, 2015.) Jos olemassa olevan sähköliittymän kapasiteetti riittää ja siihen on mahdollista liittää latausasema, säästyy liittymismaksu. Kaapelointikulut ovat noin 95 €/m (Kastemaa Paavo, 2015.), joten niiden osuus on suuri. Lisäksi lataustolppa tai sen sähkönsyöttöpiste tulee varustaa verkkoyhtiön edellyttämällä sähkömittauksella, mikä tulee huomioida latauspaikan suunnittelussa.

Hitaan latauksen tolpatkin on varustettava standardin mukaisella Mennekes-liittimellä ja suojalaitteilla, joten tolpan hinta on samaa luokkaa kuin keskinopean latauksen tolpan. Hitaaseen lataukseen tarkoitettu latausasema voidaan yleensä liittää olemassa olevaan sähköliittymään, jolloin liittymiskustannuksia ei tule. Julkiseen käyttöön hitaan latauksen pisteitä ei ole järkevää rakentaa kuin ehkä liityntäpysäköinnin yhteyteen, koska latausajat ovat yleensä vähintään viisi tuntia.

Pikalataukseen tarkoitettujen latausasemat ovat huomattavasti kalliimpia, ja niissä käytetään suurempia latausvirtoja. Pikalatausasema vaatii vähintään 3x63 A:n sähköliittymän, jolla päästään 40 kW:n lataustehoon (TSV:n liittymähinta 2301 €). Käytännössä kannattaa varautua vähintään 50 kW:n lataustehoon, joka vaatii 3x100 A:n liittymän (TSV:n liittymähinta 4924 €). Asennuskustannuksissa kaapeloinnin osuus on pikalatausasemillakin suuri.

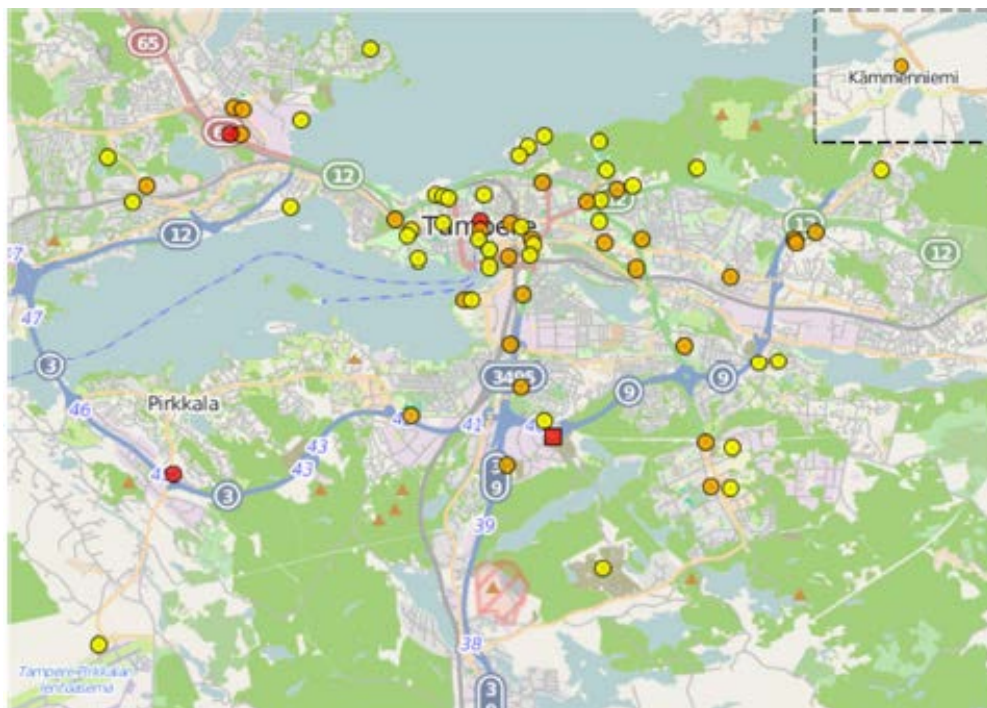
Lataaminen kotipistorasiasta ei välttämättä vaadi investointeja, jos latausjärjestelmä on vaatimukset täyttävä. Lataustavan 2 mukainen liitäntäjohto on kuitenkin tarkoitettu tilapäiseen käyttöön. Autonvalmistajat suosittelevat asennuttamaan kotikäyttöönkin erityisen sähköauton latauslaitteen, koska sen käyttö lisää sähköturvallisuutta ja pidentää akuston käyttöikää. Kotikäyttöön tarkoitettujen latauslaitteiden hinnat ovat noin 1500 € (BlugIt, 2015; Fortum, 2015.)

3 LATAUSVERKOSTON SUUNNITTELUN LÄHTÖTIETOJEN MÄÄRITÄMINEN

3.1 Tarkasteltavat latauskohteet

Tarkasteltavat latauskohteet on valittu Tampereen kaupungin sähköisen liikenteen toteutussuunnitelman perusteella. Suunnitelmassa varaudutaan rakentamaan Tampereen kaupungin alueelle kattava latauspisteverkosto vuosina 2015–2017. Lataustolppien paikat on valittu arvioidun käyttötarpeen, asioinnin, turismin ja autoliikenteen kannalta keskeisten paikkojen perusteella (Stenman P ym. 2014). Lataustolppia on sijoitettu paikkoihin, joissa sähköautot olisivat pysäköityinä riittävän pitkään. Suunnitelmassa on pyritty ottamaan huomioon lataustarpeeseen vaikuttavia tekijöitä. Sähköautojen määrän kasvulle on esitetty erilaisia skenaariota riippuen siitä, miten autojen teknologia, tarjonta ja hinta kehittyvät. Myös öljyn riittävyys polttoaineena voi vaikuttaa kehitykseen, samoin erilaiset kannustimet, kuten verohelpotukset.

Kuvassa 5 on esitetty kartta, johon on sijoitettu Tampereelle suunnitellut uudet latauspisteet vuosina 2015–2017. Kartalla punaiset pisteet ovat pikalatausasemia, oranssit pisteet ovat keskinopeita lataustolppia ja keltaiset pisteet hitaita lataustolppia.



KUVA 5. Tampereen uudet latauspaikat vuosina 2015–2017 (Stenman ym. 2014.)

Latauspistesuunnitelma perustuu tämän hetkiseen arvioon tarvittavasta latauskapasiteetista ja nykyisiin latausstandardeihin. Jokaiselle paikalle on suunniteltu yksi kahdella latauspisteellä varusteltu tolppa. Sen on arvioitu riittävän lähitulevaisuuden tarpeisiin. Muutamassa kohteessa on varauduttu useampaan tolppaan.

Tämän työn suunnittelukohteiksi valittiin ne latauspaikat, jotka sijaitsevat yleisillä alueilla tai kaupungin palvelupisteiden tonteilla. Kaupungin omien autojen lataamiseen suunnitellut latauspisteet jätettiin tarkastelun ulkopuolelle. Tässä työssä julkiset lataus- tolpat päätettiin suunnitella kustannustehokasta keskinopeaa lataustapaa käyttäen. Hitaat yksivaihetolpat arvioitiin poistuvaksi tekniikaksi julkisessa latauksessa. Tarkasteltavat latauskohteet on esitetty taulukossa 1, jossa kohteille on annettu numerointi sekä ilmoitettu latausaseman tyyppi ja lataustolppien määrä.

TAULUKKO 1. Latauspisteiden paikat.

	Kohde	pikalataus- asema	lataus- tolppa
1	Tampere-talo		1
2	Tampereen messu- ja urheilukeskus		1
3	Särkänniemi		1
4	Keskustori (Frenckellin pysäköintialue)	1	
5	Laukontori		1
6	Hakametsän jäähalli		2
7	Kaupin urheilupuisto		1
8	Pyynikin uimahalli		1
9	Hatanpään sairaala		1
10	Tipotien terveysasema		1
11	Pyynikin näkötorni		1
12	Mustalahti		1
13	Lapinniemi		1
14	Raholan liikuntakeskus		1
15	Tesoman uimahalli		1
16	Kalevan uimahalli		1
17	Rauhaniemen uimaranta		1
18	Hervannan vapaa-aikakeskus		1
19	Lielahden terveysasema (Lielähtikeskus)		1
20	Linnainmaan terveysasema		1
21	Pyynikin kesäteatteri		1
22	Jänissaaren pienenvenesatama		1
23	Pyynikin palloiluhalli		1
24	Nääshallin parkkipaikka		1
25	Ratinan stadion		1
26	Pispan palvelutalo		1
27	Koukkuniemi		1
28	Atalan terveysasema (Atalan ala-aste)		1
29	Kaukajärven terveysasema		1
30	Kämmenniemen terveysasema		1

3.2 Sähkötekniset vaatimukset

3.2.1 Sähköauton latauspiirin vaatimukset

Sähköajoneuvojen liittämiseen pitää olla oma virtapiiri. Sähköauton latauspiireihin saa liittää vain sähköautojen lataamiseen ja lämmittämiseen tarkoitettuja piirejä. Yhtä ajoneuvoa syötettäessä on varauduttava sen täyden tehon syöttämiseen, jolloin on käytettävä tasoituskerrointa 1. Tehonrajoituksen avulla voidaan käyttää pienempää tasoituskerrointa, jos syötetään useampaa latauspistettä. Kuormanohjauksen avulla voidaan käytävissä oleva teho jakaa latauspisteiden kesken. (SFS 6000-7-722, 2012; Sesko, 2015.)

Kaapelointi on suojattava mekaanisilta vaurioilta. Maakaapelit asennetaan suojaputkeen, jolloin ne voidaan helposti vaihtaa suurempiin. (Kuronen J, 2013.) Suojalaitteet, kaapelit ja pistokytkimet mitoitetaan niin, että ne kestävät pitkäaikaisen lataamisen täydellä kuormalla lämpimään aikaan. Mitoituksen tulee perustua vähintään 30 °C ulkoilman ja 20 °C maan lämpötilaan. (SFS 6000-7-722, 2012; Sesko, 2015.)

Latausverkko suunnitellaan niin, että latauspistekohtainen ohjaus ja mittaus on mahdollista. Euroopan unioni todennäköisesti tulee edellyttämään sitä, että kaikki julkiset latauspisteet on varustettava älykkäällä sähkönenergian mittauksella. (SFS 6000-7-722, 2012; Sesko, 2015.)

Jokainen latauspiste on suojattava vikavirta- ja ylivirtasuojilla. Vikavirtasuojan on oltava vähintään tyypin A mitoitustoimintavirraltaan enintään 30 mA. Kolmivaiheisessa syötössä, jossa kuormituksen ominaisuuksia ei tiedetä, on suojauduttava tasasähkövioltilta käyttämällä B-tyypin vikavirtasuojaa. Lisäksi on käytettävä erillisiä nolla- ja suoja-maadoitusjohtimia (N- ja PE- johtimet). Yhteistä nolla- ja suoja-maadoitusjohdinta (PEN) ei saa käyttää, koska yliaallot voivat aiheuttaa jännitteen suoja-maajohtoon. (SFS 6000-7-722, 2012; Sesko, 2015.)

3.2.2 Latauskuormat

Lataustolpan mitoituslataustehoksi on valittu 22 kW, jolloin voidaan ladata kahta autoa samanaikaisesti kumpaakin 11 kW:n teholla tai yhtä autoa 22 kW:n teholla. Sähköliittymän kapasiteetin riittävyyttä tutkittaessa käytetään tehontarpeen laskennassa kerrointa 1,15, jolloin vapaata siirtokapasiteettia tulee olla vähintään 25,3 kW. Pikalatausaseman mitoituslataustehoksi on valittu 50 kW ja liittymän kapasiteetikertoimenä käytetään samaa kerrointa 1,15, jolloin vapaata siirtokapasiteettia tarvitaan vähintään 57,5 kW.

Liittymän tehokapasiteetti lasketaan kaavalla 1. Kun loisteho on suurempi kuin 20 %, siitä laskutetaan, ja siksi tehokertoimenä on 0,98, joka vastaa noin 20 % loistehokuormaa.

$$P_n = \sqrt{3} \cdot U_p \cdot I_n \cdot \cos\varphi \quad (1)$$

missä:

P_n = liittymän nimellispäteho

U_p = pääjännite

I_n = pääsulake

$\cos\varphi$ = tehokerroin

Esimerkkinä on laskettu 3×200 A liittymän tehokapasiteetti.

$$P_n = \sqrt{3} \cdot 400 \text{ V} \cdot 200 \text{ A} \cdot 0,98 = 135,793 \text{ kW} \approx 135,8 \text{ kW}$$

Liittymän vapaa kapasiteetti saadaan lasketun nimellispätehon ja mitatun huipputehon erotuksena. Huipputehot on kerätty liittymien tuntisarjojen mitatuista maksimitehoista. Saatua vapaata kapasiteettia verrataan lataustolpan tehokapasiteettivaatimukseen. Vapaan kapasiteetin tulee olla vähintään lataustolpan mitoitus-teho. Kaavalla 2 voidaan todeta, onko liittymissä riittävästi vapaata kapasiteettia uuden lataustolpan liittämiseksi.

$$P_n - P_{\max} > P_t \quad (2)$$

missä:

P_{\max} = liittymän mitattu maksimiteho

P_t = lataustolpan tehovaatimus

Esimerkiksi 3×200 A liittymän maksimitehon arvo saa olla korkeintaan 110,5 kW, alla olevan esimerkki laskelman mukaisesti.

$$\begin{aligned} P_n - P_{\max} &> P_t \\ P_{\max} &< P_n - P_t \\ P_{\max} &< 135,8 \text{ kW} - 25,3 \text{ kW} \\ P_{\max} &< 110,5 \text{ kW} \end{aligned}$$

Yhtä lukuun ottamatta kaikissa yleissuunnitelmaan valituissa latauskohteissa, joissa lataustolppa on tarkoitus liittää suoraan kiinteistön olemassa olevaan sähköliittymään, liittymän kapasiteetti riittää. Poikkeuksen tekee ainoastaan Mustalahden sataman liittymä, jossa meneillään olevan saneeraustyön yhteydessä kannattaa liittymisluokka suurentaa samalla, jotta siirtokapasiteetti riittäisi myös uudelle lataustolpalle.

3.2.3 Kaapelin ja suojan valinta

Johdot tulee suojata ylivirtasuojalla (SFS-6000-4-43, 2012) ylikuormitukselta ja oikosululta sekä sähköautonlatauspiirit vikavirtasuojalla (SFS-7-722, 2012). Pienjänniteverkossa ylivirtasuojaus toteutetaan yleensä gG-tyypin sulakkeilla, joissa on ylikuormitus- ja oikosulkusuojaus. Uusissa liittymissä liittymän pääsulakkeet voivat toimivat ylikuormitussuojina. (SFS 6000-8-801, 2012.)

Standardi SFS-6000-4-43 (2012) määrittelee kaavan 3 mukaisen epäyhtälön avulla kriteerit suojalaitteen ja johtimen mitoitukselle.

$$I_B \leq I_n \leq I_z \quad (3)$$

missä:

I_B = piirin suunniteltu virta

I_z = johtimen jatkuva kuormitettavuus

Kaavan 3 mukaan kaapelin ylikuormitussuojan nimellisvirran I_n on oltava suurempi kuin piirin suunniteltu virta ja pienempi kuin johdon jatkuva kuormitettavuus.

Lataustolpan pääsulakkeen I_n valinnassa käytetty piirin suunniteltu virta I_B laskettiin kaavalla 4.

$$I_B = \frac{P_1}{\sqrt{3} \cdot U_p \cdot \cos\varphi} \quad (4)$$

missä:

P_1 =latausteho

Tehokertoimenä $\cos\varphi$ käytettiin arvoa 0,85, koska arvioitiin sen olevan mahdollinen sähköauton laturilla. Tasauserrointa ei käytetä, koska sähköauton latauksessa oletetaan latauspisteitä käytettävän mitoitusvirrallaan.

$$I_B = \frac{P_1}{\sqrt{3} \cdot U_p \cdot \cos\varphi} = \frac{22 \text{ kW}}{\sqrt{3} \cdot 400 \text{ V} \cdot 0,85} = 37,358 \text{ A} \approx 37,4 \text{ A}$$

Suunnitelluksi virraksi saadaan 37,4 A. Valittujen sulakkeiden on kestettävä suunniteltu virta, joten sulakkeiden nimellisvirta on oltava suurempi kuin 37,4 A. Uudessa liittymässä liittymisloukaksi on valittava suunnitellusta virrasta seuraava sulakekoko, joka on 50 A, ja liittymisloukaksi tulee 3×50 A. Hakametsän jäähallilla, jonne on suunniteltu kaksi lataustolppaa yhteisteholtaan 44 kW, suunniteltu virta on kaksinkertainen 74,7 A, ja siellä ylikuormitussuojaksi valitaan 3×100 A:n sulakkeet.

Pikalatausaseman suunniteltu virta laskettiin kaavalla 5.

$$I_B = \frac{P_1}{\sqrt{3} \cdot U_p \cdot \cos\varphi \cdot \eta} \quad (5)$$

missä:

η = hyötösuhde

Suunnitellun virran laskemisessa käytetään Terra 53 CJ pikalatausaseman teknisiä tietoja. Latausteho on 50 kW, hyötysuhde η on 0,94 ja tehokerroin $\cos\varphi$ on 0.96. (ABB, 2015)

$$I_B = \frac{P_1}{\sqrt{3} \cdot U_p \cdot \cos\varphi \cdot \eta} = \frac{50 \text{ kW}}{\sqrt{3} \cdot 400 \text{ V} \cdot 0,96 \cdot 0,94} = 79,974 \text{ A} \approx 80 \text{ A}$$

Pikalatausaseman suunnitelluksi virraksi saadaan 80 A, jonka perusteella liittymisloukaksi voidaan valita $3 \times 100 \text{ A}$.

Johtimen mitoitukselle standardi SFS-6000-4-43 (2012) määrittelee kaavan 6 mukaisen epäyhtälön avulla kriteerit.

$$I_2 \leq 1,45 \cdot I_z \quad (6)$$

missä:

I_2 = virta, joka varmistaa suojalaitteen toimimisen suojalaitteelle määritellyssä tavanomaisessa toiminta-ajassa

Kaavan 6 mukaan saadaan laskettua johtojen jatkuvalle kuormitettavuudelle minimiarvot. Virran, joka varmistaa suojalaitteen toimimisen suojalaitteelle määritellyssä tavanomaisessa toiminta-ajassa, on oltava pienempi tai yhtäsuuri kuin johdon jatkuva kuormitettavuus kerrottuna 1,45:llä. Taulukossa 2 on esitetty sulakkeiden toimintarajavirrat.

TAULUKKO 2. gG sukkeen toimintarajavirrat (Harsia P. 2007).

Nimellisvirta	Alempi toimintarajavirta	Ylempi toimintarajavirta	aika
$I_n \leq 4 \text{ A}$	$1,5 I_n$	$2,1 I_n$	1 h
$4 \text{ A} < I_n \leq 16 \text{ A}$	$1,5 I_n$	$1,9 I_n$	1 h
$16 \text{ A} < I_n \leq 63 \text{ A}$	$1,25 I_n$	$1,6 I_n$	1 h
$63 \text{ A} < I_n \leq 160 \text{ A}$	$1,25 I_n$	$1,6 I_n$	2 h
$160 \text{ A} < I_n \leq 400 \text{ A}$	$1,25 I_n$	$1,6 I_n$	3 h
$400 \text{ A} < I_n$	$1,25 I_n$	$1,6 I_n$	4 h

Toimintarajavirta I_2 valituille 50 A:n ja 100 A:n sulakkeille saadaan laskettua, kun kerrotaan sulakkeen nimellisvirta I_n taulukosta 2 saadulla kertoimella 1,6. Saatu toimintara-

javirta I_2 sijoitetaan kaavaan 6, ja saadaan laskettua johdoin jatkuvalla kuormitettavuudelle minimiarvo kaavalla 7

$$I_z \geq \frac{1,6}{1,45} \cdot I_n \quad (7)$$

Johdon jatkuvalla kuormitettavuuden minimiarvo saadaan laskettua kaavalla 7, kun kaavaan sijoitetaan sulakkeen nimellisvirta I_n . 50 A:n sulakkeella suojatun johdon jatkuva kuormitettavuus on oltava vähintään 55 A.

$$I_z \geq \frac{1,6}{1,45} \cdot 50 \text{ A}$$

$$I_z \geq 55,172 \text{ A}$$

100 A:n sulakkeella suojatun johdon jatkuva kuormitettavuus on oltava vähintään 110 A.

$$I_z \geq \frac{1,6}{1,45} \cdot 100 \text{ A}$$

$$I_z \geq 110,345 \text{ A}$$

Kaapelin valinnassa huomioidaan vielä olosuhteet ja asennustapa. Mitoituksen pitää perustua vähintään 30 °C ilman ja 20 °C maan lämpötilaan (Sesko, 2015). On otettava huomioon kaapelin vierellä kulkevat muut kaapelit, yliaaltojen esiintyminen ja mahdollinen tehon kasvu. Standardissa SFS-6000-5-52 (2012) taulukossa B.52.3 on esitetty johtimien jatkuvat kuormitettavuudet poikki-pinnan ja asennustavan mukaan. Standardissa on erilaisia korjauskertoimia olosuhteiden ja asennustapojen mukaan. Asennustavan mukaan kaapelin mitoituksessa käytettävä jatkuvan kuormitettavuuden minimiarvo lasketaan kaavalla 8.

$$I_z = \frac{I_n}{k_1 \cdot k_2 \cdot k_3} \quad (8)$$

missä:

k_1 = lämpötilan korjauskerroin

k_2 = viereisistä johtimista aiheutuva korjauskerroin

k_3 = yliaalloista johtuva korjauskerroin

Maahan asennettavien kaapeleiden asennustapa on D, ja määrittämisessä käytetään seuraavia korjauskertoimia. Kertoimet on otettu standardin SFS-6000-5-52 (2012) taulukoista B.52.15, B.52.19 ja E.52.1. Lämpötila 20 °C maassa antaa korjauskertoimen 0,96. Useimmat kohteista ovat alueilla, jossa vierekkäisiä putkia on useita. Neljällä vierekkäisellä putkella korjauskerroin on 0,65, kun putkien väli on 70 mm. Jos kolmannen yliaallon osuus vaihevirrasta on 15–33 %, joka on latauskäytössä mahdollinen, korjauskerroin on 0,86. Maahan asennettavien kaapeleiden jatkuvan kuormitettavuuden minimiarvo saadaan, kun kaavaan 8 sijoitetaan arvot.

$$I_z = \frac{I_n}{k_1 \cdot k_2 \cdot k_3} = \frac{50 \text{ A}}{0,96 \cdot 0,65 \cdot 0,86} = 93,1723 \text{ A} \approx 93,2 \text{ A}$$

Kaapelin mitoituksessa käytettäväksi jatkuvan kuormitettavuuden minimiarvoksi saadaan 93,2 A. Pienin alumiinikaapeli, joka täyttää vaatimukset, on poikkipinnaltaan 25 mm². Sen jatkuva kuormitettavuus asennustavalla D on 100 A standardin SFS-6000-5-52 (2012.) taulukon B.52.3. mukaan. Hakametsän jäähallilla, jonne on suunniteltu kaksi lataustolppaa, jatkuvan kuormitettavuuden minimiarvo on 186,3 A. 95 mm² on poikkipinnaltaan pienin alumiinikaapeli, jonka jatkuva kuormitettavuus riittää.

Osa kaapeleista joudutaan asentamaan rakennuksiin sisälle, ja silloin asennustapa on B. Kertoimet on otettu standardin SFS-6000-5-52 taulukoista B.52.15, B.52.17 ja E.52.1. Sisälle asennettaessa lämpötilan korjauskerroin on 1. Asennustavasta seinälle saadaan korjauskerroin 0,75, jos johtoja oletetaan olevan neljä rinnakkain. Yliaalloille käytetään samaa kerrointa 0,86. Edellä mainituilla korjauskertoimilla saadaan laskettua mitoituksessa käytettävä jatkuvan kuormitettavuuden minimiarvo.

$$I_z = \frac{I_n}{k_1 \cdot k_2 \cdot k_3} = \frac{50 \text{ A}}{1 \cdot 0,75 \cdot 0,86} = 77,5194 \text{ A} \approx 77,5 \text{ A}$$

Kaapelin mitoituksessa käytettäväksi jatkuvan kuormitettavuuden minimiarvoksi saadaan 77,5 A. Pienin alumiinikaapeli, jonka jatkuva kuormitettavuus riittää, on poikkipinnaltaan 25 mm². Hakametsän jäähallilla jatkuva kuormitettavuus on 155 A. 70 mm² on poikkipinnaltaan pienin alumiinikaapeli, jonka jatkuva kuormitettavuus riittää.

Kaapeleiden asennustavoista saadut mitoitusarvot ovat suurempia, joten niitä käytetään kaapelin valinnassa. Lataustolppien kaapeliksi valitaan AXMK95, jonka jatkuva kuormitettavuus on 220 A asennustavalla D ja 195 A asennustavalla B. Paksummalla kaapelilla tehon kasvattaminen on mahdollista ilman kaapelin vaihtoa yhden lataustolpan kohteissa, ja sama kaapeli riittää myös jäähallilla.

Pikalatausaseman kaapelin mitoituksessa käytetään samoja korjauskertoimia. Lataustolppien kaapelin mitoituksen yhteydessä todettiin asennustavan D olevan rajoittava tekijä, ja siksi lasketaan jatkuvan kuormitettavuuden minimiarvo vain asennustavalla D. Mitoituksessa käytettävä kuormitusvirta lasketaan kaavalla 8.

$$I_z = \frac{I_n}{k_1 \cdot k_2 \cdot k_3} = \frac{100 \text{ A}}{0,96 \cdot 0,65 \cdot 0,86} = 186,3447 \approx 186,3 \text{ A}$$

Kaapelin jatkuvan kuormitettavuuden minimiarvoksi saadaan 186,3 A. 95 mm² on poikkipinnaltaan pienin alumiinikaapeli, jonka jatkuva kuormitettavuus riittää. Valitaan kaapeliksi sama AXMK95, joka on valittu lataustolppienkin kaapeliksi.

3.2.4 Liittymisjohdon oikosulkusuojaus

Oikosulkusuoja on sijoitettava sellaiseen kohtaan, jossa johtimen poikkipinta pienenee tai ominaisuudet muutoin muuttuvat (SFS-6000-4-43, 2012). Liittymisjohto on jakeluverkon pienjännitekeskuksen (jakokaappi) ja liittymän pääkeskuksen (pääsulakkeiden) välinen johto, joka syöttää liittymää jakeluverkosta. Liittymisjohdon suojauksessa voidaan käyttää johdon alkupäähän sijoitettua ylivirtasuojaa. Oikosulku on kytkettävä pois alle viidessä sekunnissa (SFS 6000-8-801, 2012). Uudessa liittymässä oikosulkusuoja on johdon alkupäässä jakokaapilla tai muuntamon pienjännitekeskuksessa. Vanhaan liittymään kytkettäessä oikosulkusuoja on kiinteistön pääkeskuksella.

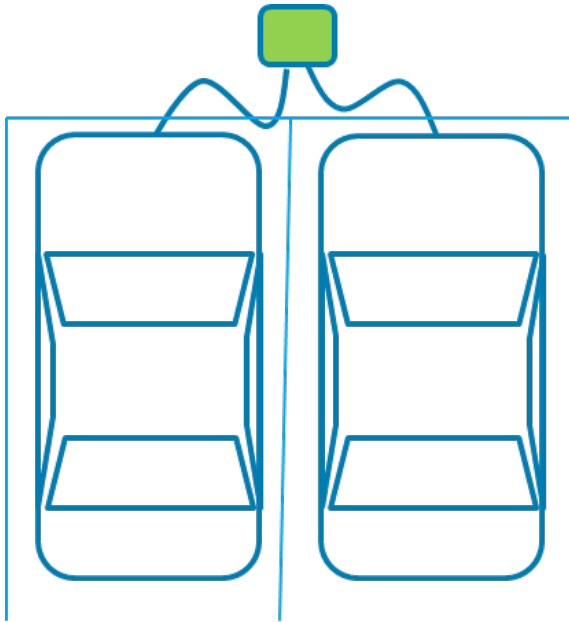
3.3 Lataustolppien sijoittaminen

Sähköauton lataustolppia kannattaa sijoittaa paikkoihin, joissa autot ovat pysäköitynä latauksen kannalta riittävän pitkän ajan. Suomen olosuhteissa lataustolpat altistuvat lumen ja sen käsittelyn aiheuttamille vaaroille talvella. Lataustolpat tuleekin sijoittaa siten, että lumityöt eivät vahingoittaisi lataustolppia. Parhaita paikkoja lataustolpille ovat pysäköintihallit ja -luolat, joissa tolpat ovat säältä suojassa. Pihoissa ja pysäköintialueilla pitää ottaa huomioon lumen auraus ja lumikasojen paikat. Myös kadun varsilla tolpat ovat talvella alttiita lumitöiden aiheuttamille vaaroille.

Kaupungin julkisia lataustolppia on sijoitettu kaupungin palvelupisteiden tonteille ja lähialueille sekä yksi pikalatausasema Frenckellin pysäköintialueelle. Lataustolpat on pyritty sijoittamaan kaupungin kiinteistöjen tonteille kaikissa niissä kohteissa, joissa se on ollut mahdollista. Kiinteistön tontille sijoitetussa lataustolpassa voidaan sähkön syöttö ottaa kiinteistön sähköliittymästä, jolloin säästetään sähköverkon liittymismaksu. Kaikissa kohteissa ei ole pysäköintipaikkoja tai tilaa tontilla, sekä joissain kohteissa ei ole sähköliittymää lainkaan. Tällöin suunnittelussa on noudatettu seuraavia periaatteita: Jos lataustolppa on sijoitettu tontille, sähkönsyöttö otetaan kiinteistön liittymästä. Jos lataustolppa on julkisella pysäköinti- tai katualueella, suunnitellaan jakeluverkolta lataustolpalle uusi sähköliittymä.

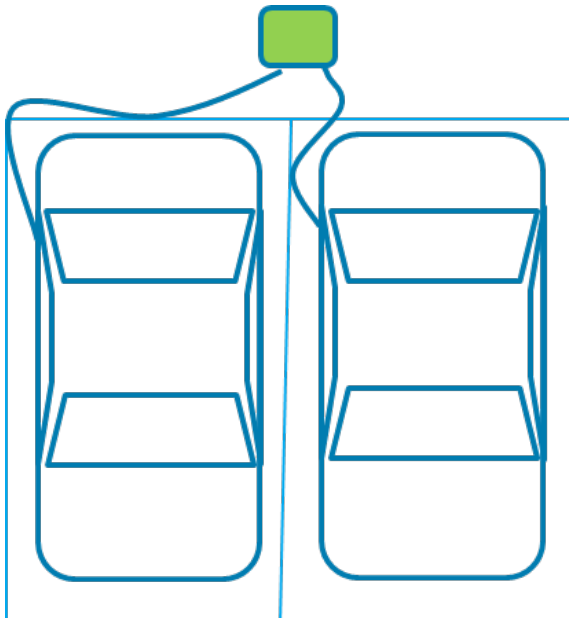
Yksittäisten lataustolppien sijoittamisessa on pyritty huomioimaan kokonaiskustannukset ja mahdollisimman näkyvä ja toimiva sijoitus. Kohteissa, joissa lataustolpan sijoitus on kustannuksiltaan edullisin ja toimivin ratkaisu, on valittu vain yksi vaihtoehto lataustolpan paikaksi. Kaikissa suunnitelmissa on varattu kaksi pysäköintiruutua lataustolppaa kohden, millä varaudutaan kahden auton samanaikaiseen latausmahdollisuuteen.

Kahta autoa samanaikaisesti ladattaessa lataustolppa voidaan sijoittaa kahden vierekkäisen pysäköintiruudun etupuolelle, jos ruudut ovat rinnakkain tai vinottain. Ruutujen ollessa peräkkäin voidaan lataustolppa sijoittaa ruutujen vierelle. Useimmat suunnitelluista lataustolpista on sijoitettu pysäköintiruutujen etupuolelle. Kuvassa 6 on esitetty kahden sähköauton lataus, kun lataustolppa on ruutujen etupuolella ja autojen latauspistokkeet autojen etuosassa.



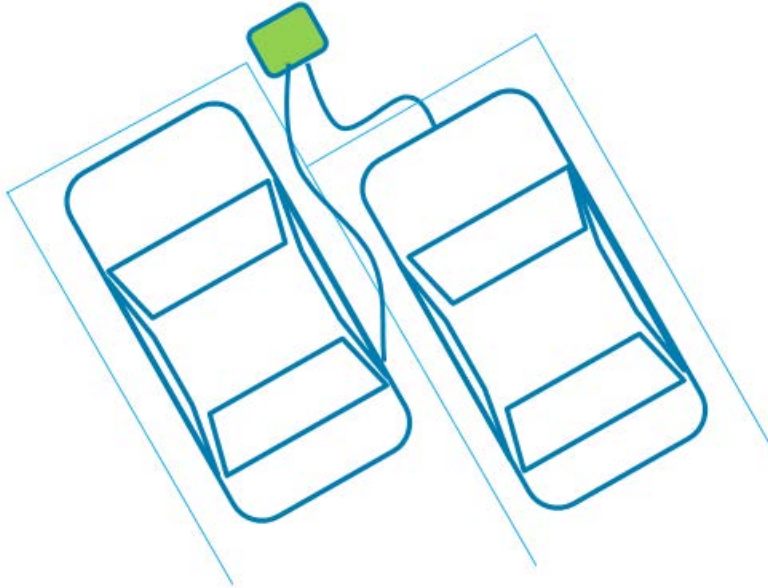
KUVA 6. Kaksi autoa vierekkäisissä pysäköintiruuduissa, latauspistokkeet autojen etuosassa.

Jos latauspistoke sijaitsee auton takaosassa, voi latausjohdon pituus pakottaa ajamaan ruutuun takaperin. Turvallisuudenkin kannalta voi olla parempi pysäköidä takaperin, jotta latausjohto ei ole vaarassa jäädä renkaiden alle. Kuvassa 7 autot on ajettu takaperin pysäköintiruutuun ja latauspistokkeet sijaitsevat autojen takaosissa.



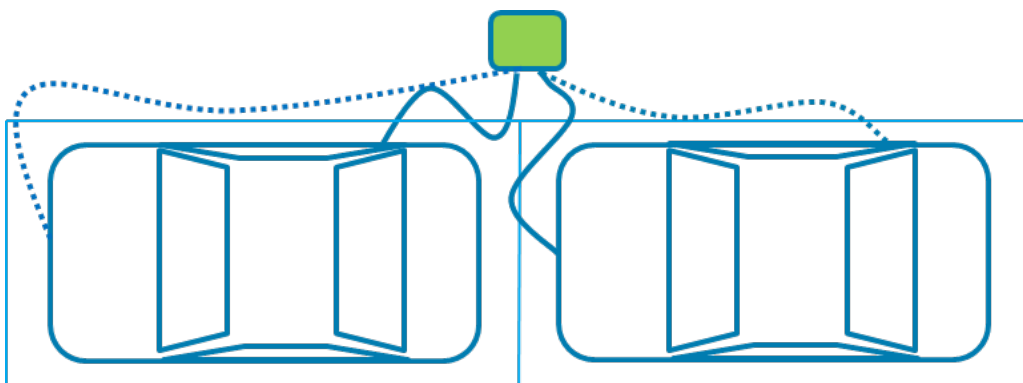
KUVA 7. Kaksi autoa vierekkäisissä pysäköintiruuduissa, latauspistokkeet autojen takaosassa.

Jos tilaa ei ole riittävästi rinnakkaisille parkkiruuduille, käytössä voi olla vinoparkki. Vinoparkkiin täytyy yleensä ajaa etuperin, ja siksi esimerkkikuvassa molemmat autot on ajettu etuperin ruutuihin. Kuvassa 8 autot ovat vinoparkissa, ja silloinkin lataustolppa sijaitsee ruutujen etupuolella.



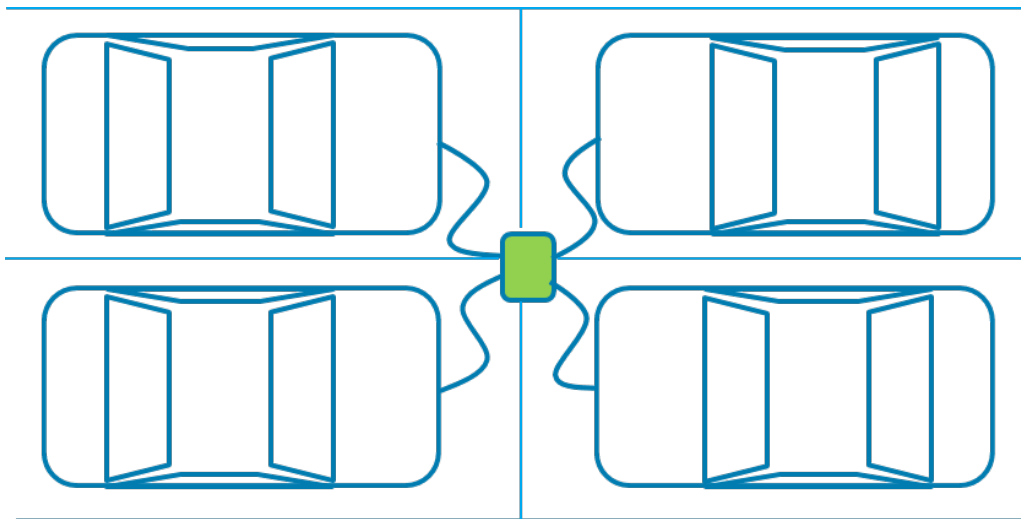
KUVA 8. Kaksi autoa vinoparkissa. Latauspistokkeet sijaitsevat autojen etu- ja takaosassa.

Lataustolppa voidaan sijoittaa myös pysäköintiruutujen vierelle, jos pysäköintiruudut ovat peräkkäin. Suunnitelman kohteista vain Tampere-talolla ruudut ovat peräkkäin. Kuvassa 8 lataustolppa on kahden peräkkäisen pysäköintiruudun vieressä.



KUVA 9. Kaksi autoa peräkkäisissä pysäköintiruuduissa.

Jos latauspisteiden tarve kasvaa ja paikalla on tilan puolesta mahdollista lisätä samaan lataustolppaan latauspisteitä, voidaan latauspisteiden määrää lisätä neljään. Käytännössä neljä autoa on maksimimäärä yhdelle lataustolpalle, muuten johtojen pituudet ja tolpan latausteho kasvavat liikaa. Lataustolpassa voi olla tilaa uusille latauspistokkeille, mutta todennäköisesti latauspisteitä lisätessä täytyy vaihtaa tolppa. Laajentaessa kustannussäästöä tulee ainakin kaapelointikuluissa, kun voidaan käyttää olemassa olevia kaapeleita tai ainakin putkituksia. Kuvassa 10 on esitetty neljän auton yhtäaikainen lataus yhdessä tolpasta.



KUVA 10. Neljän auton lataus yhtäaikaisesti.

4 LATAUSTOLPPIEN LIITTÄMISSUUNNITELMAT

4.1 Suunnittelumenetelmän yleiskuvaus

Suunnittelu tehtiin Tampereen Sähköverkko Oy:n verkonsuunnitteluohjelmistoja (Trimble NIS) käyttäen voimassa olevan liittämishjeistusten mukaisesti. Suunnittelussa tutkittiin yleisten lataustolppien eri sijoitusvaihtoehtoja. Lähtötiedot saatiin Tampereen sähköisen liikenteen toteutussuunnitelmasta. Kohteita tutkittiin Google Maps ja Bing Maps -karttapalveluiden avulla ja selvitettiin, missä voisivat olla parhaat paikat lataustolpille. Muutamissa keskustan alueella olevissa kohteissa käytiin myös paikan päällä tekemässä havaintoja. Verkkotietojärjestelmän avulla selvitettiin, missä kohteissa olisi mahdollista ottaa lataustolpan sähkönsyöttö kiinteistön pääkeskukselta. Liittymien vapaa kapasiteetti laskettiin liittymisluokan maksimitehon ja asiakastietojärjestelmästä saatujen liittymien tuntisarjojen maksimiarvojen erotuksena. Saatua tehoa verrattiin lataustolpan ottamaan tehoon, ja todettiin riittääkö liittymän kapasiteetti lataustolpan lisäämiseen. Mallinnettiin sähkön syöttö jakokaapeilta tai muuntamoiden pienjännitekeskuksilta uuteen liittymään. Trimble NIS:n avulla mallinnettiin lataustolppien sijoitusvaihtoehtoja. Samalla ohjelmalla tehtiin myös verkostolaskenta.

4.2 Verkostolaskenta

Verkostolaskennassa käytettiin Trimble NIS -verkkotietojärjestelmän laskentasovellusta. Laskentatuloksista tarkasteltiin yksivaiheisia minimioikosulkuvirtoja ja viiden sekunnin poiskytkentäehdon täyttymistä. Lataustolpat sijaitsevat kaupunkialueella, jossa on vahva sähköverkko. Jännitteenalenema ei ole ongelma jäykässä kaapeliverkossa, ja siksi sitä ei tarkemmin tutkittu. Kaapeleiden kuormitettavuus todettiin riittäväksi mitoituksen yhteydessä. Verkostolaskentaohjelman tuloksien mukaan kaapeleiden kuormitettavuudessa on hyvin vapaata siirtokapasiteettia. Verkkoon mitoitettu kasvunvara riittää muillakin johto-osilla.

4.2.1 Yksivaiheisen oikosulkuvirran tarkastelu

Uuden sähköliittymän liittyessä aiemmin rakennettuun jakeluverkkoon saa sen pääsulakkeet mitoittaa taulukon 3 mukaisesti pienimmän oikosulkuvirran perusteella. Perusvaatimus on 5 sekunnin palamisaika. Aikaisemmin rakennetulla jakeluverkolla tarkoitetaan muita kuin kokonaan uuden pienjänniteverkon ja muuntamon käsittäviä muuntopii-
rejä (Partanen J. 2011).

TAULUKKO 3. Liittymän pääsulakkeen nimellisvirran suhde pienimpään yksivaiheiseen oikosulkuvirtaan (Partanen J. 2011.)

Liittymän pääsulake	pienin yksivaiheinen oikosulkuvirta
$I_N \leq 63 \text{ A}$	$3,5 \times I_N$
$I_N > 63 \text{ A}$	$4,5 \times I_N$

Taulukon 3 mukaan lataustolpan liittymässä riittäisi 3,5-kertainen oikosulkuvirta suhteessa pääsulakkeen mitoitusvirtaan, mutta oikosulkuvirran on oltava vähintään 250 A liittymän pääsulakkeilla (SFS 6000-8-801, 2012). Pikalatausaseman liittymässä täytyy käyttää 4,5-kertaista suhdetta pääsulakkeen mitoitusvirtaan. Ehto täyttyy, kun oikosulkuvirta on vähintään 450 A. Taulukossa 4 on esitetty verkkoyhtiön ohjeiden mukaiset tiukemmat raja-arvot yksivaiheisille oikosulkuvirroille. Oikosulkuvirtojen riittävyttä verrattiin taulukon 4 mitattuihin minimiarvoihin.

TAULUKKO 4. Yksivaiheisen oikosulkuvirran minimiarvo liittymällä (TSV, 2015).

Liityntäluokka	Pääsulake	Oikosulkuvirta min (5 s)	Mitattu min (5 s)
A	A	A	A
L025	3x25	250(110)	313(138)
L035	3x35	250(110)	313(207)
L050	3x50	250	313
L063	3x63	320	725
L080	3x80	425	725
L100	3x100	580	725
L125	3x125	715	894
L160	3x160	950	1188
L200	3x200	1250	1563

Taulukossa 5 on liittymisjohdon yksivaiheisen minimioikosulkuvirran laskentatulokset eri kohteissa ja eri sijoitusvaihtoehdoille. Taulukon arvoista nähdään, että vikavirtasuojauksen ehdot täyttyvät kaikissa kohteissa.

TAULUKKO 5. Liittymien yksivaiheiset minimoikosulkuvirrat.

	Kohde	Lataustolpan sijoitusvaihtoehto	yksivaiheinen oikosulkuvirta	5 sekunnin ehdon täyttävä yksivaiheinen oikosulkuvirta
3	Särkänniemi	A	642	313
4	Keskustori (Frenckellin pääty)	A	3848	725
		B	4308	725
5	Laukontori	A	7195	313
		B	4908	313
7	Kaupin urheilupuisto	A	2732	313
		B	1226	313
8	Pyynikin uimahalli	A	22386	313
		B	10202	313
11	Pyynikin näkötorni	A	3033	313
13	Lapinniemi	A	7170	313
		B	7904	313
14	Raholan liikuntakeskus	A	1710	313
		B	1227	313
16	Kalevan uimahalli	A	5977	313
17	Rauhaniemen uimaranta	A	1412	313
21	Pyynikin kesäteatteri	A	2984	313
		B	2561	313
22	Jänissaren pienevenesatama	A	793	313
24	Näashallin parkkipaikka	A	6801	313
		B	5287	313
25	Ratinan stadion	A	6392	313
		B	2655	313

Kiinteistöjen liittyisiin kytkettyjen lataustolppien yksivaiheiset oikosulkuvirrat ovat taulukossa 6. Tampereen messu- ja urheilukeskuksen, Lielahden terveysaseman (Lielah-tikeskus), Tipotien terveysaseman ja Koukkuniemen kohdalta puuttuvat oikosulkuvirta laskelmien tulokset, mutta niissä on oma muuntaja, ja oikosulkuvirrat ovat riittävän suuria.

TAULUKKO 6. Lataustolppien yksivaiheiset minimioikosulkuvirrat.

	Kohde	sijoitus vaihtoehto	yksivaiheinen oikosulkuvirta
1	Tampere-talo	A	11787
2	Tampereen messu- ja urheilukeskus	A	-
		B	-
		C	-
3	Särkänniemi	A	1543
4	Keskustori (Frenckell)	A	4527
6	Hakametsän jäähalli	A	2902
		B	7113
		C	1615
9	Hatanpään sairaala	A	3147
10	Tipotien terveysasema	A	-
12	Mustalahti	A	1661
		B	1332
15	Tesoman uimahalli	A	3864
18	Hervannan terveysasema vapaa-aikakeskus	A	3469
		B	2147
19	Lielahden terveysasema (Lielahdi- keskus)	A	-
20	Linnainmaan terveysasema	A	5598
23	Pyynikin palloiluhalli	A	3077
26	Pispan palvelutalo	A	2754
		B	5201
27	Koukkuniemi	A	-
		B	-
28	Atalan terveysasema	A	1648
29	Kaukajärven terveysasema	A	3240
		B	2669
30	Kämmenniemen terveysasema	A	2086

4.3 Lataustolppien paikan valinta

Lataustolppien sijoittamisessa on pyritty huomiomaan mahdollisimman näkyvä paikka, edulliset asennuskustannukset ja etäisyys asioimiskohteeseen. Kohteissa, joissa kaikki valintakriteerit täyttyvät yhdessä paikassa tai muut vaihtoehdot on arvioitu toteutuskelvottomiksi, on suunniteltu vain yksi sijoitusvaihtoehto. Muissa kohteissa on pyritty valitsemaan pääsääntöisesti kaksi eri vaihtoehtoa: halvin toteutussuunnitelma tai liikenteellisesti parempi vaihtoehto. Seuraavaksi on esitelty ohjeistus ja perusteet lataustolppien sijoituspaikkojen valintaan. Yksityiskohtaiset suunnitelmat lataustolppien paikoiksi on esitetty liitteessä 1.

1. **Tampere-talo:** Sähkön syöttö otetaan liittymästä. Suunnitelmassa on yksi lataustolppa näkyvällä paikalla pääoven lähellä. Toinen lataustolppa kannattaa sijoittaa tulevaan pysäköintilaitokseen, joka on suunnitteilla ja valmistunee lähivuosina. Pääovien läheisyydessä ei ole tilaa toiselle lataustolpalle ja tulevan parkkilaitoksen kohdalle ei kannata rakentaa. Suunnitelmat vaatisivat pysäköintin uudelleen järjestelyjä, koska kyseiset paikat ovat nykyisellään lipunmyynnin asiointipaikkoja. Valittu paikka mahdollistaa kahden auton lataamisen. Tampere-talolla järjestetään paljon tilaisuuksia, joissa asiakkaina on potentiaalisia käyttäjiä.
2. **Tampereen messu- ja urheilukeskus:** Sähkön syöttö otetaan liittymästä. A-vaihtoehto on suunniteltu läntiselle parkkipaikalle. B-vaihtoehto pohjoispuolella olisi kustannuksiltaan edullisin, mutta paikka ei ole kovin näkyvä. C-vaihtoehto on parhaalla paikalla pääovien lähellä, mutta paikat ovat nykyisellään invapysäköintipaikkoja ja toisaalta etäisyys kiinteistön sähkökeskukseen on pitkä. Pääoven lähellä lataustolpan näkisi mahdollisimman moni asiakas.
3. **Särkänniemi:** A-vaihtoehdossa sähkön syöttö otetaan liittymästä. Parkkialueella on lämmitystolppapaikkoja, mutta ei ole pysäköintiä rajoittavaa liikennemerkkiä. Tämä olisi parempi vaihtoehto huvipuiston asiakkaille. B-vaihtoehto sijaitsee parkkipaikalla Kortelahden pohjoispuolella Särkänniemen ulkopuolella yleisellä parkkialueella. Tälle paikalle tarvitaan uusi liittymä ja sähkön syöttö otetaan jakokaapilta A0696. Kustannuksia lisää kadunalitus.
4. **Keskustori:** Latausasema on sijoitettu yleiselle parkkialueelle, tarvitaan uusi liittymä. Kaksi vaihtoehtoa on sijoitettu yleiselle alueelle ja yksi omalle tontille. A-vaihtoehdossa sähkön syöttö otetaan jakokaapilta A2226, joka on pysäköintialueen reunalla. B-vaihtoehdossa syöttö otetaan muuntamolta M0268. B-vaihtoehdossa kaapeli pitää vetää kadun ali, mikä aiheuttaa lisäkustannuksia. On mahdollista sijoittaa latausasema myös omalle tontille, jolloin sähkön syöttö otetaan liittymästä. Paikka omalla tontilla on piilossa ja vaikeasti tavoitettavissa, joten se ei sovellu pikalatausaseman paikaksi.
5. **Laukontori:** Tälle alueelle tarvitaan uusi liittymä, koska latauspaikka sijaitsee yleisellä parkkialueella. A-vaihtoehto on lähellä parkkialueen reunalla sijaitse-

vaa jakokaappia A0104. B-vaihtoehto sijaitsee alueen eteläreunalla, mutta se voi olla aurasvallin takia vaarassa vahingoittua. Molemmat vaihtoehdot ovat näkyvällä paikalla, mutta A-vaihtoehto olisi lähempänä jakokaappia ja siten halvempi toteuttaa.

6. **Hakametsän jäähalli:** Sähkön syöttö otetaan liittymästä ja lataustolpat sijoittuivat tontille. A-vaihtoehto on hallin länsipuolella ja palvelee jäähallin yleisöä parhaiten. C-vaihtoehto itäpuolella olisi halvin toteuttaa, mutta ei sijaitse näkyvällä paikalla. B-vaihtoehto on lähellä Hervannan valtavyylää, ja se palvelisi parhaiten suurempaa käyttäjäryhmää. Jäähallille on suunniteltu kaksi kahden latauspisteen tolppaa.
7. **Kauppi:** Paikka sijaitsee yleisellä parkkialueella, ja sähkön syöttö otetaan muuntamolta M1443. A-vaihtoehto alueen eteläreunalla olisi parempi vaihtoehto. B-vaihtoehto alueen toisella reunalla on toteutukseltaan paljon kalliimpi eikä kuitenkaan sijainniltaan oleellisesti parempi.
8. **Pyynikin uimahalli:** Parkkialueella Puutarhakadun pohjoispuolella syöttö otetaan muuntamolta M1728. A-vaihtoehto on parkkialueen reunalla lähempänä muuntamoaa. B-vaihtoehto on kauempana muuntamosta keskemällä aluetta, ja laajentaminen neljään latauspisteeseen olisi mahdollista. Se on samalla myös näkyvämpi paikka.
9. **Hatanpään sairaala:** Lataustolpan syöttö otetaan tontin kiinteistön liittymästä. Paras vaihtoehto olisi Hatanpäänkadun puoleisella parkkipaikalla. Tässä kohteessa on käynnissä rakennusurakka, minkä vuoksi paikka täytyy tarkentaa vielä lataustolpan rakentamisen yhteydessä.
10. **Tipotie:** Lataustolpan syöttö otetaan tontin kiinteistön liittymästä. Perusvaihtoehto sijaitsee alaparkkipaikalla. Yläparkkipaikalla olisi näkyvämpi paikka, mutta kaapelinveto voisi olla haasteellista jyrkän rinteiden ja betonikannen vuoksi.
11. **Pyynikin näkötorni:** Yleiselle pysäköintialueelle tarvitaan uusi liittymä näkötornin muuntamosta M0018. Lataustolpalle paras sijoitusvaihtoehto olisi mahdollisimman lähellä näkötornia näkyvällä paikalla.

12. **Mustalahti:** Tässä kohteessa suositellaan liittymän suurentamista ja syöttö otetaan kiinteistön liittymästä. Kohteessa on saneeraus meneillään, jonka yhteydessä pysäköintijärjestelyt voivat muuttua.
13. **Lapinniemi:** Lataustolppa on suunniteltu Käpytien pysäköintialueelle. Kohteeseen tarvitaan uusi liittymä jakokaapilta A2237. Jakokaapilta viiden metrin päässä olisivat lähimmät ruudut, jotka ovat myös näkyvällä paikalla pysäköintirivin päässä. Toinen vaihtoehto, jossa olisi laajentamisvara neljään latauspisteeseen, sijaitsee keskeemmällä pysäköintialuetta. Kahdelle latauspisteelle A-vaihtoehto on parempi. Lapinniemen kylpylän alue voisi olla myös vaihtoehto, mutta siellä on julkisia pysäköintipaikkoja niukasti.
14. **Raholan liikuntakeskus:** Liikuntakeskus on yksityinen alue, joten sen pihaan rakentaminen vaatii yhteistyötä. Kadun toisella puolella on yleinen parkkialue, jonne tarvitaan uusi liittymä. Lataustolpalle on kaksi sijoitusvaihtoehtoa. A-vaihtoehto on lähempänä muuntamoaa, mutta kauempana liikuntakeskuksen pääovista. B-vaihtoehto on lähempänä pääovia. Sähkön syöttö otetaan muuntamolta M0273.
15. **Tesoman uimahalli:** Lataustolpan syöttö otetaan tontin kiinteistön liittymästä. Paras sijoituspaikka on lähellä uimahallin ja jäähallin ovia.
16. **Kalevan uimahalli:** Kohde on erillinen pysäköintialue, jonne tarvitaan uusi liittymä. Sähkön syöttö otetaan uimahallin muuntamolta M0747. Paikka mahdollistaa lisäksi toiset kaksi latauspistettä kohteeseen.
17. **Rauhaniemen uimaranta:** Kohteeseen tarvitaan uusi liittymä ja sähkön syöttö otetaan jakokaapilta A1803, joka sijaitsee 150 metrin päässä. Lataustolpan sijoitukselle on vain yksi vaihtoehto, jota voi käyttää kustannusten arvioinnissa. Paras vaihtoehto olisi uusi liittymä ja sieltä jako kulutuspaikoille, joita tontilla on useita. Ennen toteutusta kannattaa selvittää yhteistyömahdollisuus kaapeloinnista verkkoyhtiön kanssa.
18. **Hervannan terveysasema:** Terveysaseman tontilla ei ole parkkipaikkoja, joten sinne ei voida sijoittaa latauspaikkaa. Vapaa-aikakeskus vieressä olisi paljon pa-

rempi paikka, ja siellä on parkkipaikkoja tontilla. Sähkön syöttö otetaan kiinteistön liittymästä. Suunnitelmassa on kaksi eri vaihtoehtoa. A- vaihtoehto lähellä rakennusta olisi halvempi toteuttaa, mutta B-vaihtoehto parkkialueen kaivimmaisella reunalla palvelisi terveysaseman asiakkaita paremmin.

19. **Lielahden terveysasema (Lielahtikeskus):** Kohteessa tontille rakennettaessa sähkön syöttö on otettava yksityisen kiinteistön liittymästä. Lataustolpalle on vain yksi vaihtoehto, koska pihassa on vähän parkkiruutuja ja parempi paikka lataustolpalle olisi pysäköintihallissa. Kaupungin pitää erikseen sopia omistajan kanssa järjestelyistä.
20. **Linnainmaan terveysasema:** Lataustolpan syöttö otetaan tontin kiinteistön liittymästä. Lataustolpalle on vain yksi vaihtoehto, koska piha on pieni ja siellä on toistaiseksi vain invapaikkoja. Viereinen Prisma voi tulevaisuudessa rakentaa alueelleen lataustolpan.
21. **Pyynikin kesäteatteri:** Kohteessa on yleinen parkkialue, jonne tarvitaan uusi liittymä. Sähkön syöttö otetaan jakokaapilta A1949. Lataustolppa voisi sijaita Jalkasaarentien parkkipaikalla, jonne on esitetty kaksi eri sijoitusvaihtoehtoa. A- vaihtoehto on parkkialueen reunalla, ja se olisi halvempi toteuttaa. B- vaihtoehto on keskemällä parkkialuetta, ja sitä on mahdollisuus laajentaa neljään latauspisteeseen. Tämä parkkialue palvelisi paremmin myös uimarannalla kävijöitä ja se voisi tarjota latausmahdollisuuden myös hotellin asiakkaille.
22. **Jänissaaren pienenvenesatama:** Kohde sijaitsee yleisellä alueella, jonne tarvitaan uusi liittymä. Sähkön syöttö otetaan viereisestä ilmajohdosta. Lataustolpan talvikäyttö voi olla vähäistä, mutta kesäaikaan taas voi olla paljonkin käyttöä. Tälle paikalle voisi olla perusteltua rakentaa pienempitehoinen lataustolppa, koska autot ovat tavallisesti pysäköitynä usean tunnin ajan.
23. **Pyynikin palloiluhalli:** Lataustolpan syöttö otetaan tontin kiinteistön liittymästä. Sisäpihalla on vaihtoehto seinän vieressä, mutta paikka sijaitsee piilossa. Paremmat paikat on arvioitu toteutuskelvottomiksi, koska niihin kaapelin vetäminen on vaikeaa.

24. **Näëshallin parkkipaikka:** Kohde sijaitsee yleisellä alueella, jonne tarvitaan uusi liittymä. Sähkön syöttö otetaan jakokaapilta A3276. Alueella on kaksi vaihtoehtoa lataustolpan paikaksi. Sijoitusvaihtoehto A on parkkialueen reunalla mahdollisimman lähellä jakokaappia. Kevyenliikenteenväylä kulkee vieressä, joten lumien aeraus saattaa olla vaaraksi lataustolpalle. B-vaihtoehto on keskemällä aluetta, ja sitä on mahdollisuus laajentaa neljään latauspisteeseen. Koska jakokaappi sijaitsee kadun toisella puolella, tulee kadun alitus lisäämään kustannuksia.
25. **Ratinan stadion:** Kohde sijaitsee yleisellä alueella, jonne tarvitaan uusi liittymä. Sähkön syöttö otetaan jakokaapilta A0271. Lataustolpalle on kaksi sijoitusvaihtoehtoa. A-vaihtoehto jakokaapin vieressä olisi edullinen toteuttaa. B-vaihtoehto on kauempana, mutta se olisi liikenteellisesti parempi paikka. Koskikeskuksen ja tulevan Ratinan kauppakeskusten parkkihallit sijaitsevat lähellä, ja niissä olisi paremmat paikat lataustolpalle.
26. **Pispan palvelutalo:** Lataustolpan syöttö otetaan tontin kiinteistön liittymästä. Lataustolpalle on kaksi sijoitusvaihtoehtoa. A-vaihtoehto on lähellä pääovia ja oletettavasti parempi vaihtoehto. B-vaihtoehto olisi toisella parkkialueella kauempana liittymiskohdasta.
27. **Koukkuniemi:** Sähkön syöttö otetaan tontilla Ateriakeskuksen pienjännitekeskuksesta. Lataustolpalle on kaksi vaihtoehtoa. A-vaihtoehto olisi ihan muuntamon vieressä, ja kohteessa on kaksi leveää parkkiruutua, invapaikka ja toinen leveä kahden tunnin kiekkopaikka. Paikalle voisi mahtua myös kaksi latausruutua ja vielä riittävän leveä invapaikka. B-vaihtoehto sijaitsee lähimmällä isolla parkkialueella.
28. **Atalan terveysasema (Atalan ala-aste):** Lataustolpan syöttö otetaan tontin kiinteistön liittymästä. Lataustolpalle on esitetty yksi sijoitusvaihtoehto.
29. **Kaukajärven terveysasema:** Lataustolpan syöttö otetaan tontin kiinteistön liittymästä. Sijoitusvaihtoehtoja on kaksi. A-vaihtoehto olisi halvempi rakentaa ja lähellä sisäänkäyntiä. B-vaihtoehto olisi näkyvämmällä paikalla mutta kauempana sisäänkäynnistä.

30. **Kämmenniemen terveystasema:** Lataustolpan syöttö otetaan tontin kiinteistön liittymästä. Lataustolpalle on esitetty yksi sijoituspaikka.

4.4 Kustannuslaskelmat

Lataustolppien ja pikalatauspisteen kokonaishinta muodostui kaapelointi-, liittymis- ja asennuskustannuksista sekä latausaseman hinnasta. Kaapelointikustannusten laskennassa käytettiin seuraavia hintoja: kaapeli 40 €/ m, asfaltointi 40 €/ m, kaapeli 10 €/ m ja suojaputki 5 €/ m. Asfaltoinnissa arvioitu neliöhinta oli 40 €/ m², ja siitä saatiin hinta metriä kohti, kun oletettiin kaivanto metrin levyiseksi.

Kiinteistön pääkeskukselle kytkettäessä kaapelin alkuosa täytyy asentaa rakennuksen sisälle, joten siltä osin laadittuihin kustannusarvioihin saattaa liittyä epävarmuutta. Jos keskus on mitoitettu niin, ettei siellä ole tilaa uudelle lähdölle, tulee lisäkustannuksia; keskuksia ei käyty tutkimassa. Joissain kohteissa on myös katukiviä, joiden uudelleen asennukselle ei ole huomioitu asfaltoinnista poikkeavaa hintaa. Ei ole myöskään tarkempaa arviota paljonko kiveyksiä on. Koko kaapelireitille käytettiin samaa kaapelin yksikköhintaa 95 €/ m riippumatta siitä, minkälaisesta asennustavasta on kyse. Lisäksi laskentamallissa kaapelin kokonaispituuteen lisättiin viisi metriä asennusvaraa. Uusien sähköliittymien hintoina on käytetty Tampereen Sähköverkko Oy:n hintoja. Lataustolpan hintana käytettiin 5000 € ja pikalatausaseman hintana 40 000 €, jotka sisältävät laitteen hinnan ja asennuksen sekä paikkojen merkitsemisestä koituvat kustannukset. Näin laskettiin kokonaishinta jokaiselle vaihtoehdolle.

Lataustolppien sijoitusvaihtoehdot on esitetty liitteessä 1. Lataustolppien ja pikalatausaseman hinnat on esitetty liitteessä 2. Liitteissä 3 ja 4 on tarkemmin lataustolppien hinnan muodostuminen. Liitteessä 3 on kiinteistöjen liittymiin liitettyjen lataustolppien hinnat ja liitteessä 4 uuteen sähköliittymään liitettyjen tolppien hinnat.

5 YHTEENVETO

Latausverkoston riittävyttä pidetään sähköautojen määrän yhtenä rajoittavana tekijänä. Kaupunki voi omalta osaltaan olla luomassa kattavaa sähköisen liikenteen latausverkostoa Tampereen alueelle ja edistää sähköautojen yleistymistä.

Tässä työssä laadittiin sähköautojen julkisten lataustolppien yleissuunnitelma Tampereelle. Suunnitelma sisältää kustannusarviot lataustolppien rakentamisesta. Lisäksi tutkittiin sähköverkon ja kiinteistöjen liittymien kapasiteetin riittävyttä lataustolppien aiheuttamalle lisäkuormalle. Työn alussa perehdyttiin sähköautoihin ja niiden lataustekniikkaan. Seuraavaksi määriteltiin lähtötietoja latausverkon suunnittelulle. Lataustolppien paikat saatiin kaupungin toteutussuunnitelmasta. Kohteita tutkittiin kartoista, ilmapuvista ja paikan päällä. Päättyönä tehtiin suunnitelmat lataustolppien liittämisestä ja sijoittamisesta sekä laskettiin kustannusarviot eri vaihtoehdoissa. Tarkemmat kustannukset voidaan selvittää vasta rakennussuunnitelmia laadittaessa, kun kaupunki on päättänyt lataustolppien lopulliset paikat ja valinnut lataustolppien toimittajat.

Tätä suunnitelmaa voidaan käyttää arvioitaessa latausverkoston rakentamiskustannuksia ja päätettäessä lopullinen toteutusaikataulu ja toteutuksen laajuus. Sähköverkon kannalta merkittävin tulos oli, että sekä sähköverkon että kiinteistöjen liittymien kapasiteetti riittää nyt suunnitellussa toteutuslaajuudessa. Jatkotoimenpiteeksi ehdotetaan yksityiskohtaisen rakennussuunnitelman tekoa, jossa vielä täsmennetään yhdessä kaupungin eri organisaatioiden kanssa parhaimmat, toteutuskelpoisimmat latauspaikat ja käynnistetään latausverkoston rakentamishanke.

LÄHTEET

ABB, Electric Vehicle Charging Infrastructure Terra multi – standard DC charging station 53, luettu 18.3.2015

[http://www08.abb.com/global/scot/scot344.nsf/veritydisplay/67fec26aa8fea552c1257d690039af2d/\\$file/4EVC204305-LFEN_Terra53C-CT-CJ-CJG.pdf](http://www08.abb.com/global/scot/scot344.nsf/veritydisplay/67fec26aa8fea552c1257d690039af2d/$file/4EVC204305-LFEN_Terra53C-CT-CJ-CJG.pdf)

BlugIt, Latauspistoketyypit sähköautoille, luettu 25.2.2015

<http://plugit.fi/fi-fi/article/etusivu/latauspistoketyypit-sahkoautoille/135/>

BlugIt, verkkokauppa, luettu 23.2.2015

<http://kauppa.plugit.fi/>

EN 62196-2, Plugs, socket-outlets, vehicle connectors and vehicle inlets - Conductive charging of electric vehicles - Part 2: Dimensional compatibility and interchangeability requirements for a.c. pin and contact-tube accessories

Fortum, Sähköauton kotilatauspisteen Hankkiminen on helppoa, luettu 23.2.2015

<http://www.fortum.com/countries/fi/yksityisasiakkaat/energiansaasto/latauspisteet/pages/kotiin-asennettava-latauspiste.aspx>

Harsia Pirkko, Johtimien ja suojalatteiden yhteen sovittaminen, 2007, TAMK,

http://www.oamk.fi/~pekkar/kevat_2015_aineisto/Kiinteiston_sahkoverkko/Johdon_yli_kuormitussuojaus2008_epayhtalot.pdf

IEC 62196-3, Plugs, socket-outlets, vehicle connectors and vehicle inlets - Conductive charging of electric vehicles - Part 3: Dimensional compatibility and interchangeability requirements for d.c. and a.c./d.c. pin and contact-tube vehicle couplers.

Kuronen Jarkko, ST 51.90 Sähköauton lataaminen ja latauspisteiden toteutus, Sähkötieto ry, 2013

Kronström, K., Jansson, K., Järventausta, P., Rautiainen, A., Partanen, J., Pyrhönen, J., Honkapuro, S., Lassila, J., Kosonen, I., Kari, T. Sähköajoneuvot Suomessa – selvitys. 2009, Biomeri Oy. 92 s. + liitt. 38 s.

Lemminkäinen, Sähköautojen latausjärjestelmä – meiltä kaikki tarvittava, luettu 25.2.2015

<http://www.electrictraffic.fi/wp-content/uploads/2013/04/Sahkoautojen-latausjarjestelma.pdf>

Liikennevirasto, Henkilöliikennetutkimus 2010 – 2012 SUOMALASTEN LIIKKUMINEN, luettu 23.2.2015

http://www2.liikennevirasto.fi/julkaisut/pdf3/lr_2012_henkiloliikennetutkimus_web.pdf

Motiva, Sähköauton lataustekniikka ja turvallisuus, luettu 26.2.2015

http://www.motiva.fi/liikenne/henkiloautoilu/valitse_auto_viisaasti/autotyyppi/sahkoauton_lataustekniikka_ja_turvallisuus

Mäkinen Jukka, electroMobility, 19.12.2013, ABB, 2013

Partanen Jarmo, Pienjänniteverkot, 9.1.2011, LUT, luettu 26.3.2015,

<https://noppa.lut.fi/noppa/opintojakso/bl20a0500/.../pienjanniteverkot.pdf>

Peugeot iOn tekniset tiedot, luettu 10.4.2015,

<http://www.peugeot.fi/media/deliacms/media/6/697-9d71f8.pdf>

Salonen Noora, Poskiparta Laura, Kumpula Tiina, Sähköautojen julkiset latauspisteet – selvitys ja suosituksia, 2015, Kuntaliitto 61 s. + liitt. 11 s.

Sesko, Sähköajoneuvojen lataaminen kiinteistöjen sähköverkoissa, luettu 25.2.2015

http://www.sesko.fi/portal/fi/standardointikomiteat/komitealista_ja_komiteasivut/sk_69_sahkoautot_lataussuositus2014/

5610, Kotitalouksien ja vastaaviin käyttöihin tarkoitettut pistokytkimet. Osa 1: Yleiset vaatimukset, 2004, SESKO ry

SFS-6000-4-43, Pienjännitesähköasennukset. Osa 4-43: Suojausmenetelmät. Ylivirtasuojaus, 2012, SESKO ry

SFS-6000-5-52, Pienjännitesähköasennukset. Osa 5-52: Sähkölaitteiden valinta ja asentaminen. Johtojärjestelmät, 2012, SESKO ry

SFS 6000-7-722, Pienjännitesähköasennukset. Osa 7-722: Erikoistilojen ja – asennusten vaatimukset, 2012, SESKO ry

SFS 6000-8-801, Pienjännitesähköasennukset. Osa 8-801: Eräitä asennuksia täydentävät vaatimukset, Jakeluverkot, 2012, SESKO ry

SFS 6000-8-813, Pienjännitesähköasennukset. Osa 8-813: Täydentävät vaatimukset. Pistokytkimien valinta ja asentaminen, 2012, SESKO ry

SFS 60309-1, Teollisuuskäyttöön tarkoitetut voimapistokytkimet. Osa 1: Yleiset vaatimukset, 2000, SESKO rySFS

Stenman Pekka, Hänninen Timo, Kahilaniemi Sini, Lumiaho Aki, TAMPEREEN KAUPUNGIN SÄHKÖISEN LIIKENTEEN STRATEGIA – KÄYTTÖÖNOTTOSELVITYS, 2014

Stenman Pekka, Manelius Leena (Ramboll Finland Oy), Aho Jaakko (AC2SG Software Oy), Kotakorpi Elli (Tampereen kaupunki), TAMPEREEN KAUPUNGIN SÄHKÖISEN LIIKENTEEN TOTEUTUSSUUNNITELMA, 2014

Sähköinen liikenne.fi, luettu 24.2.2015,

<http://www.sahkoinenliikenne.fi/suomen-julkiset-latauspisteet>

Tampereen Sähkölaitos, Sähköverkon liittymismaksut, luettu 25.2.2015

<https://www.tampereensahkolaitos.fi/sahkoverkkopalvelut/sahkoverkkoonliittyminen/Documents/S%C3%A4hk%C3%B6verkonliittymismaksut01072011.pdf>

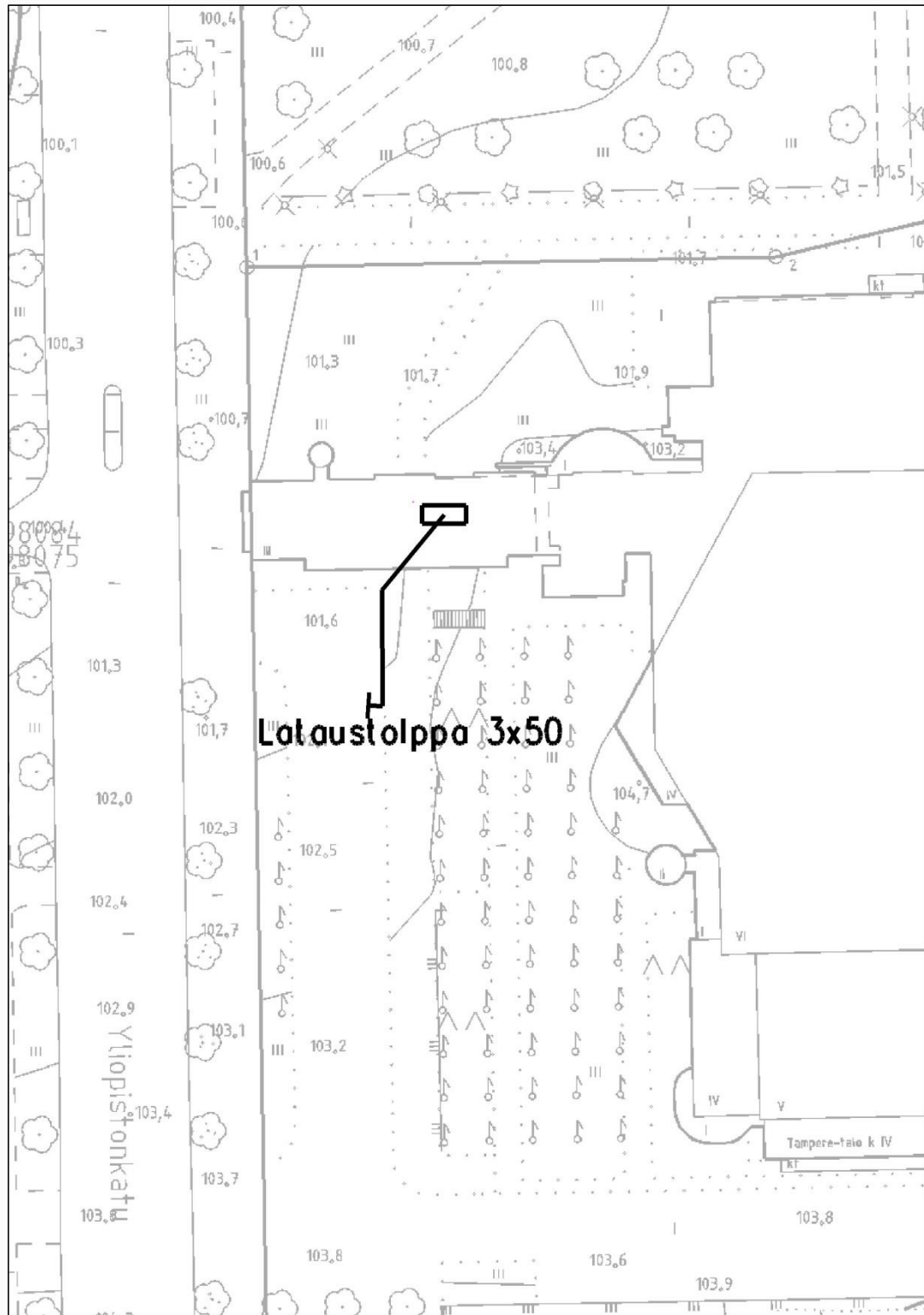
Teslamotors, luettu 10.4.2015, <http://www.teslamotors.com/models>

LIITTEET

Liite 1. Lataustolppien sijoitusvaihtoehdot

1 (30)

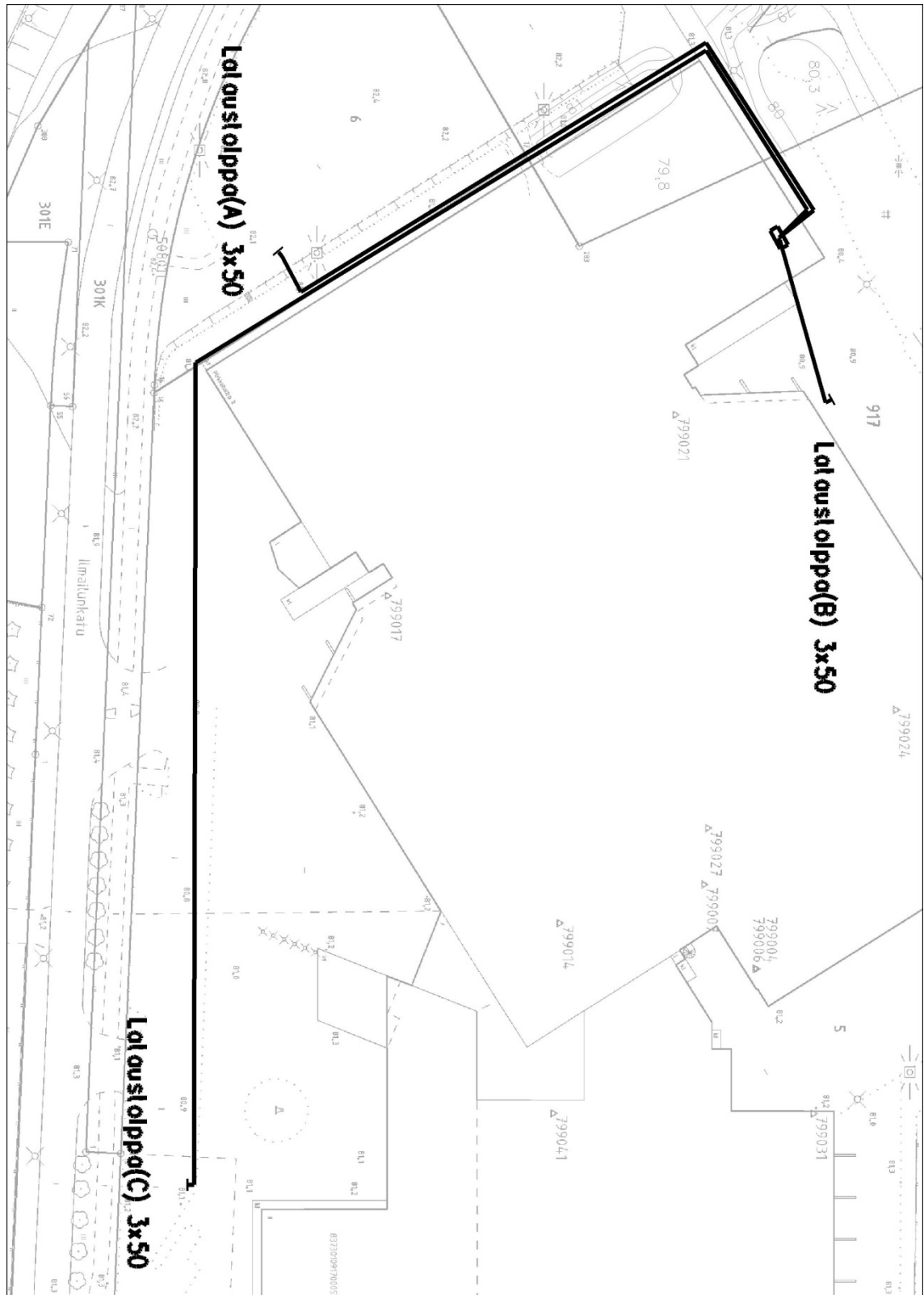
1. Tampere-talo



Liite 1. Lataustolppien sijoitusvaihtoehdot

2 (30)

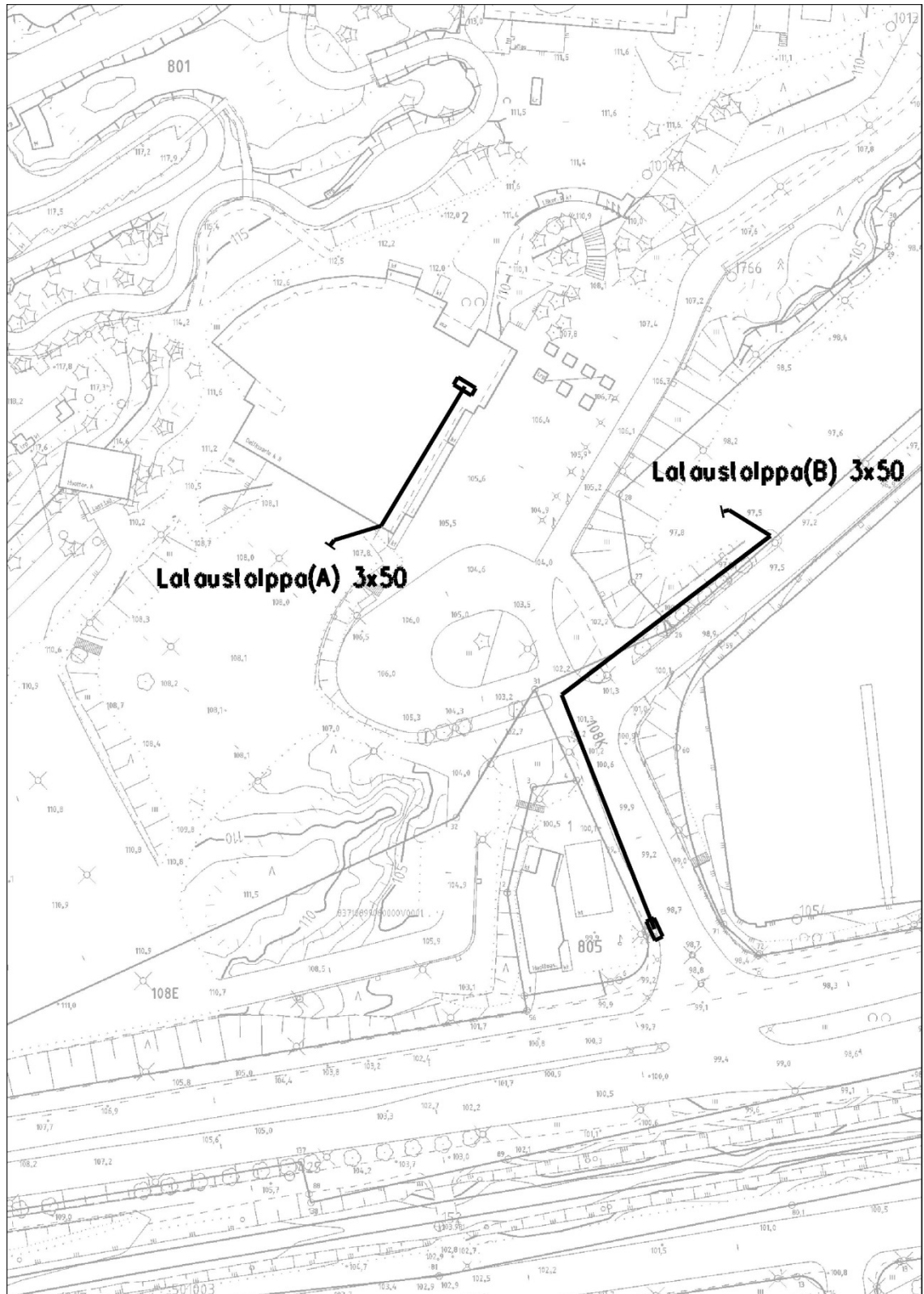
2. Tampereen messu- ja urheilukeskus



Liite 1. Lataustolppien sijoitusvaihtoehdot

3 (30)

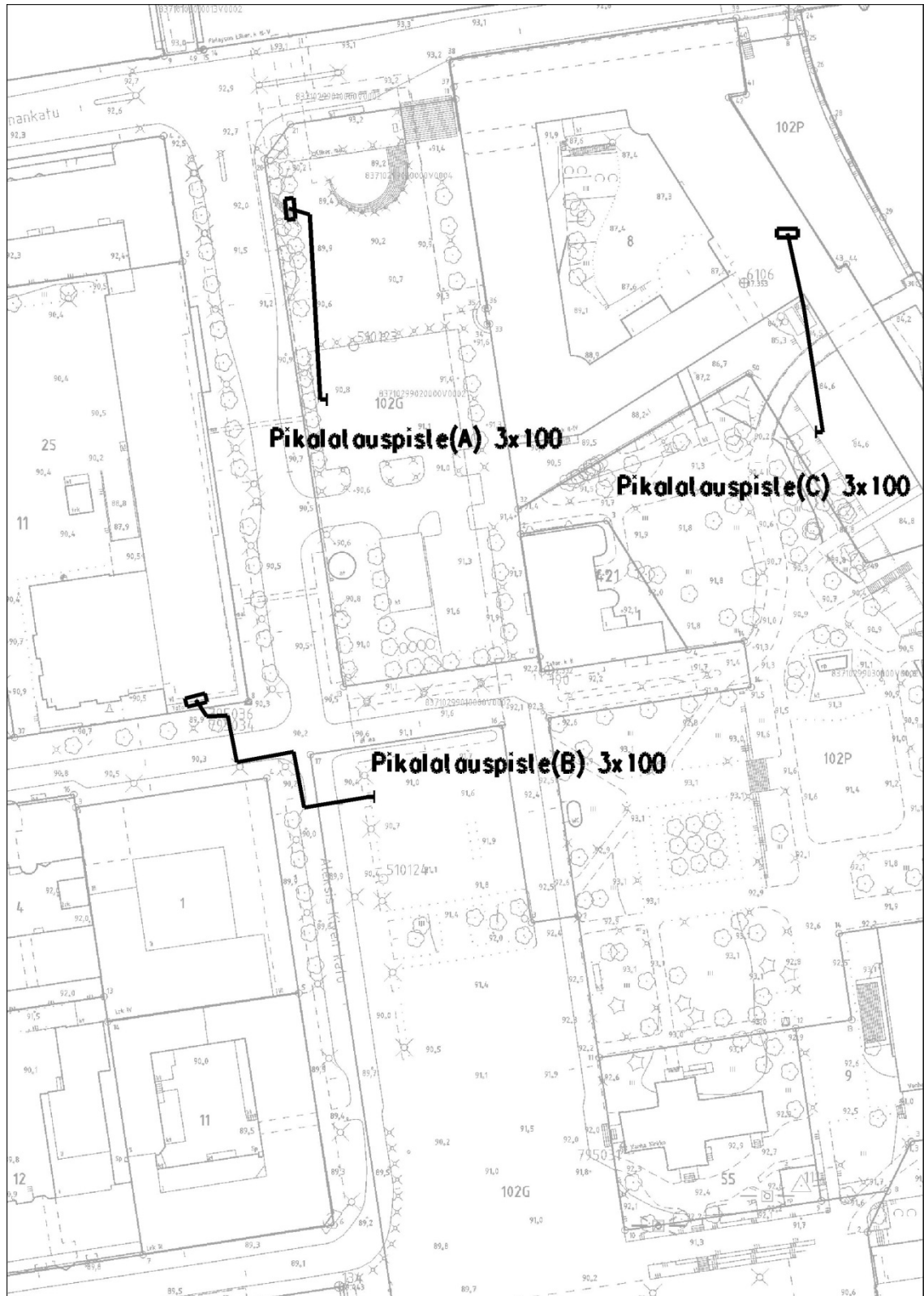
3. Särkänniemi



Liite 1. Lataustolppien sijoitusvaihtoehdot

4 (30)

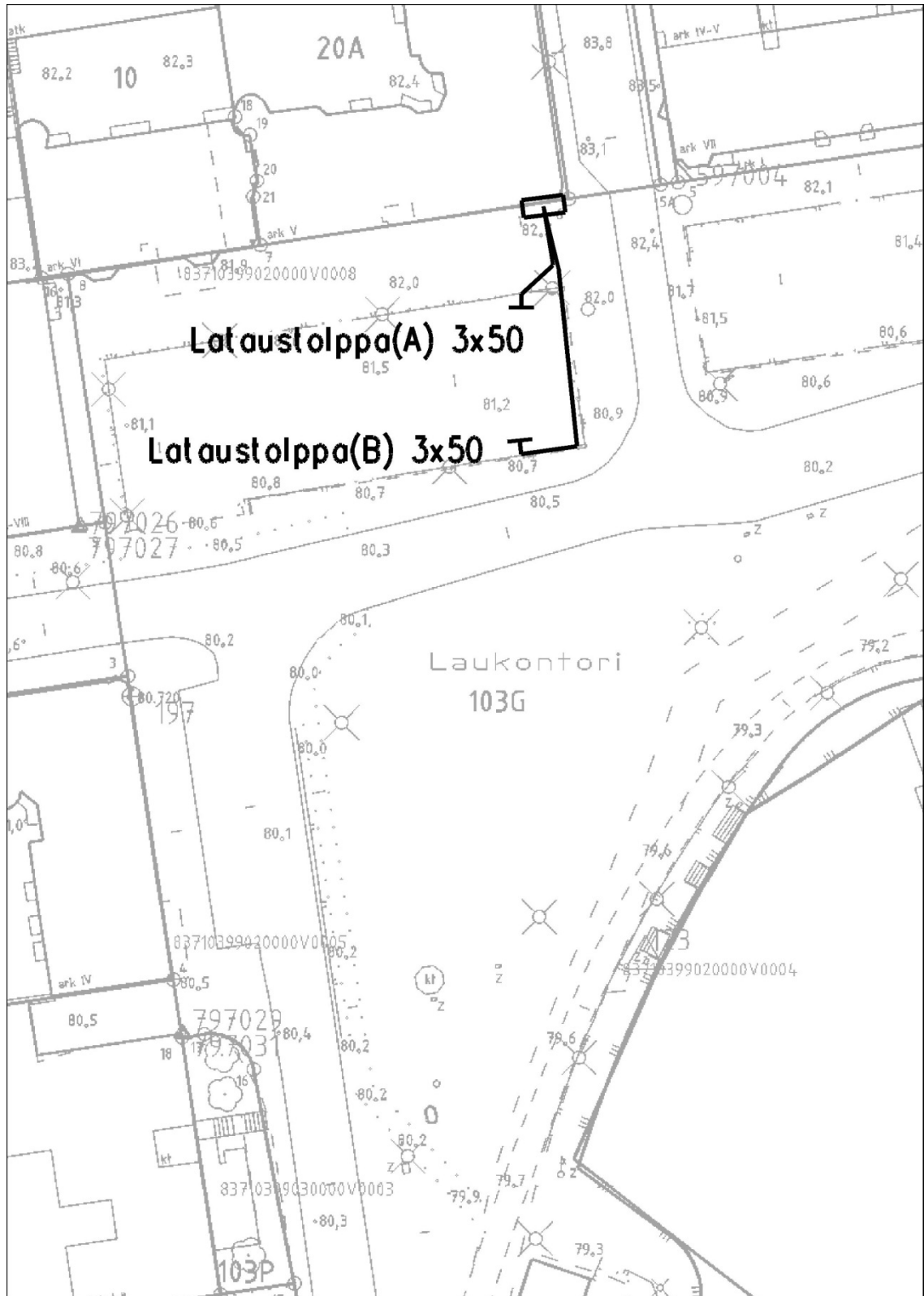
4. Keskustori



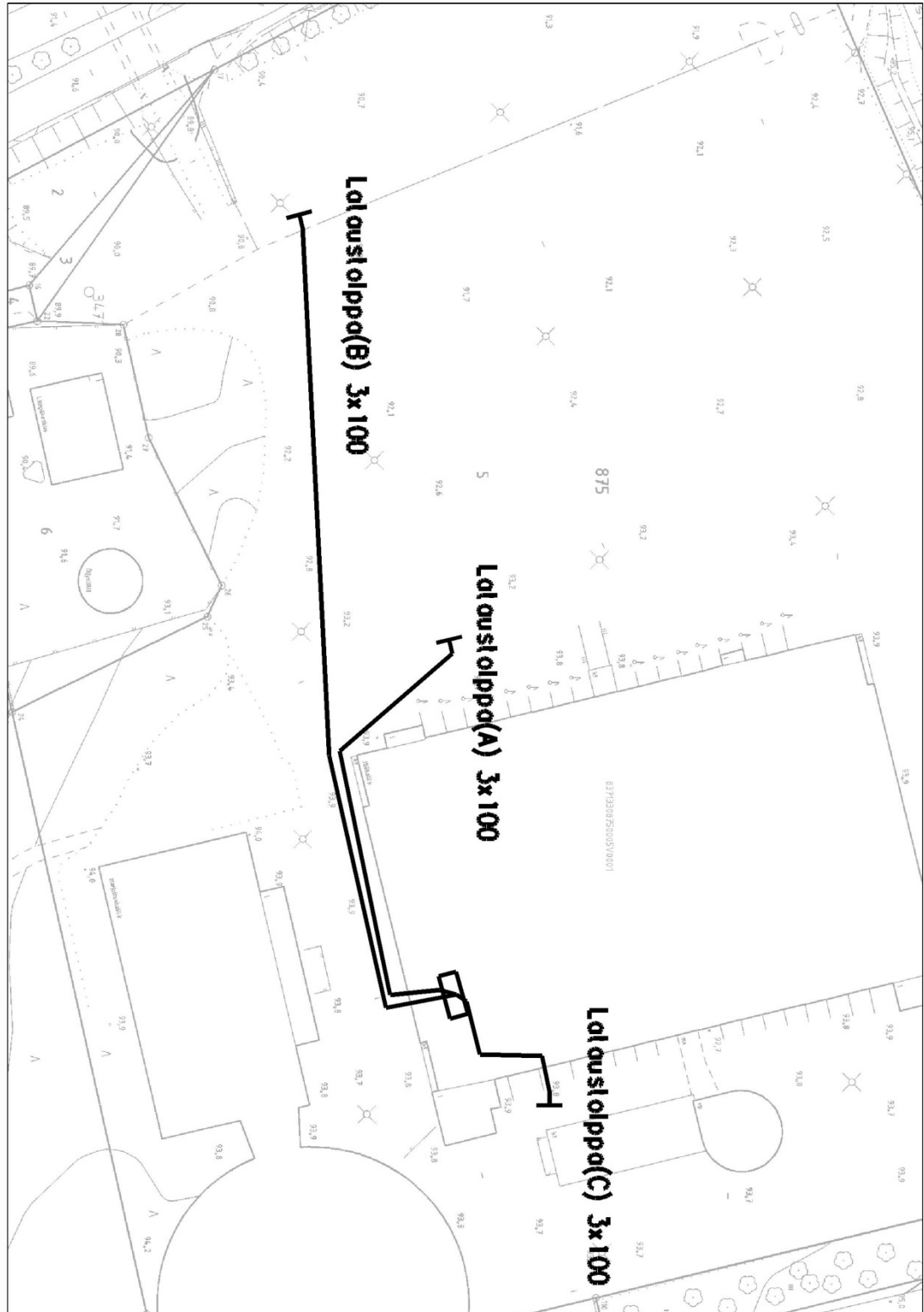
Liite 1. Lataustolppien sijoitusvaihtoehdot

5 (30)

5. Laukontori



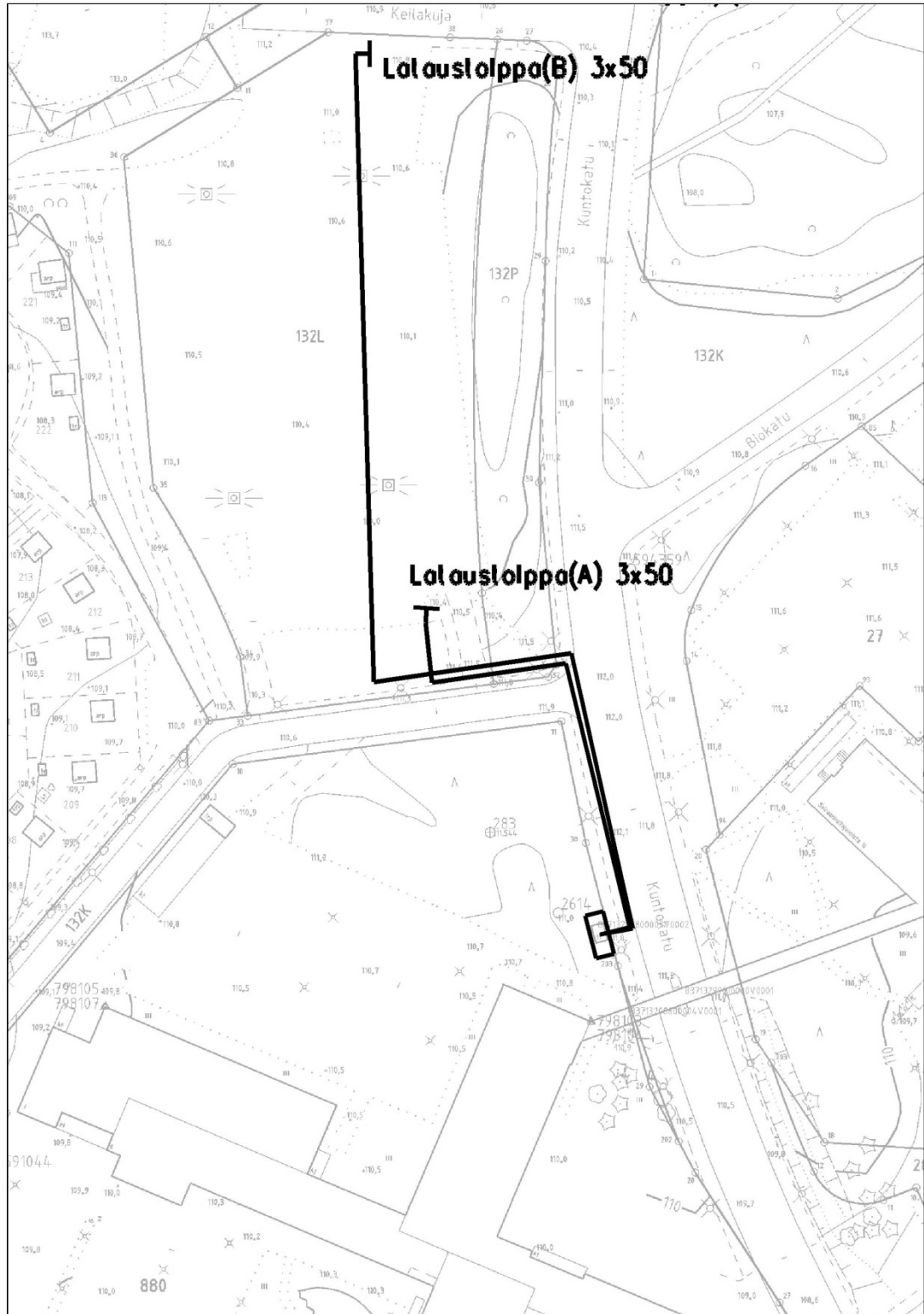
6. Hakametsän jäähalli



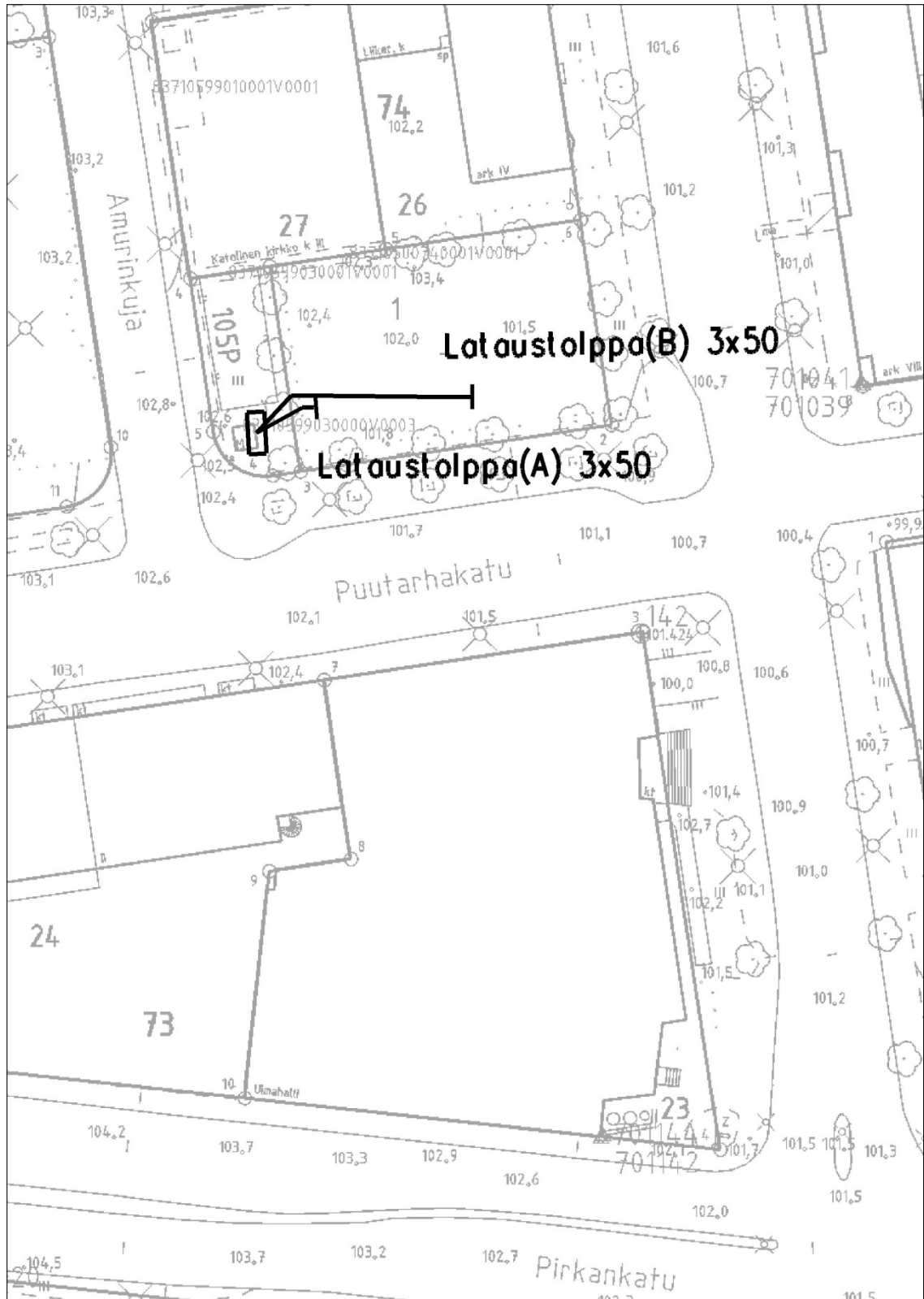
Liite 1. Lataustolppien sijoitusvaihtoehdot

7 (30)

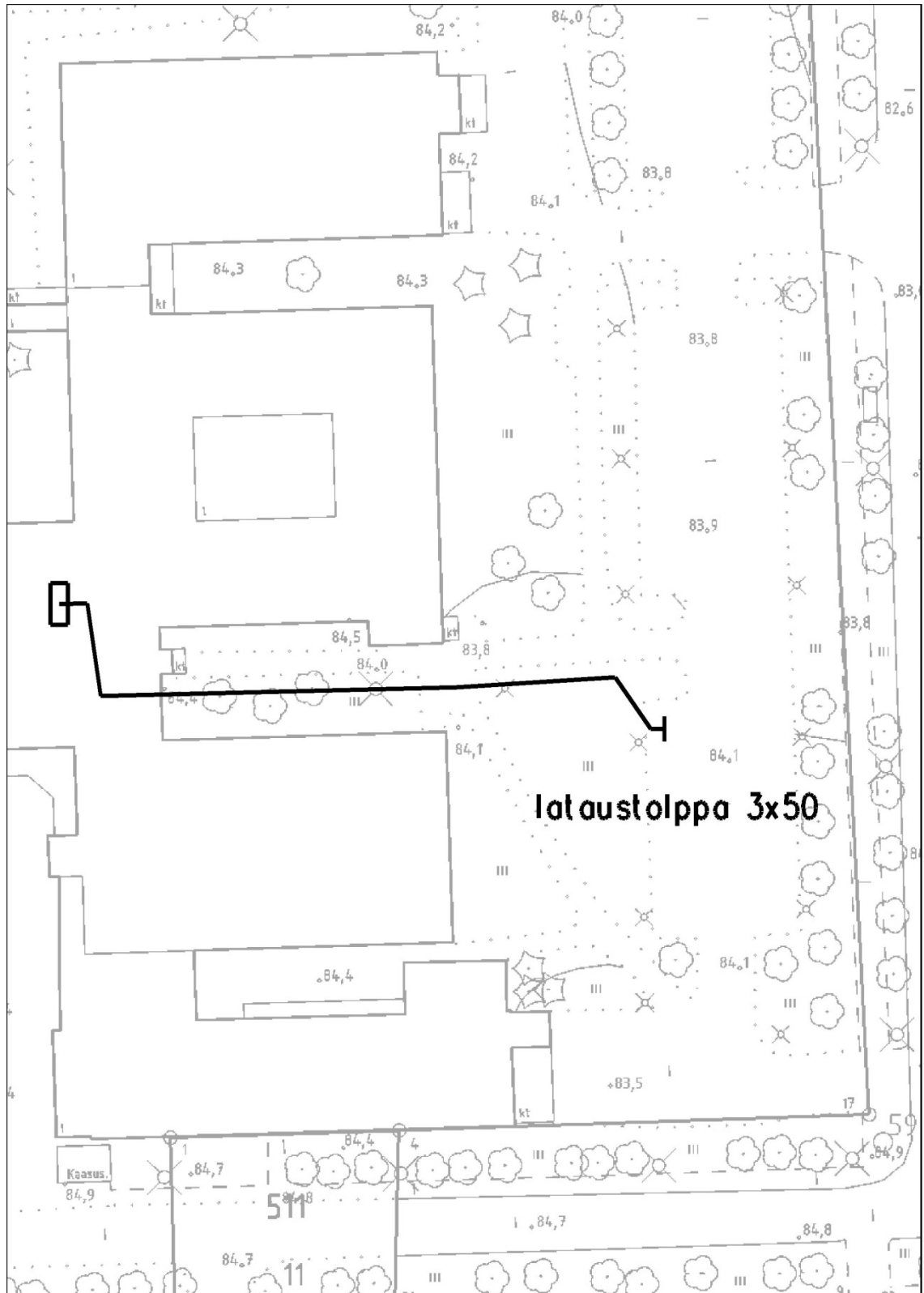
7. Kaupin urheilupuisto



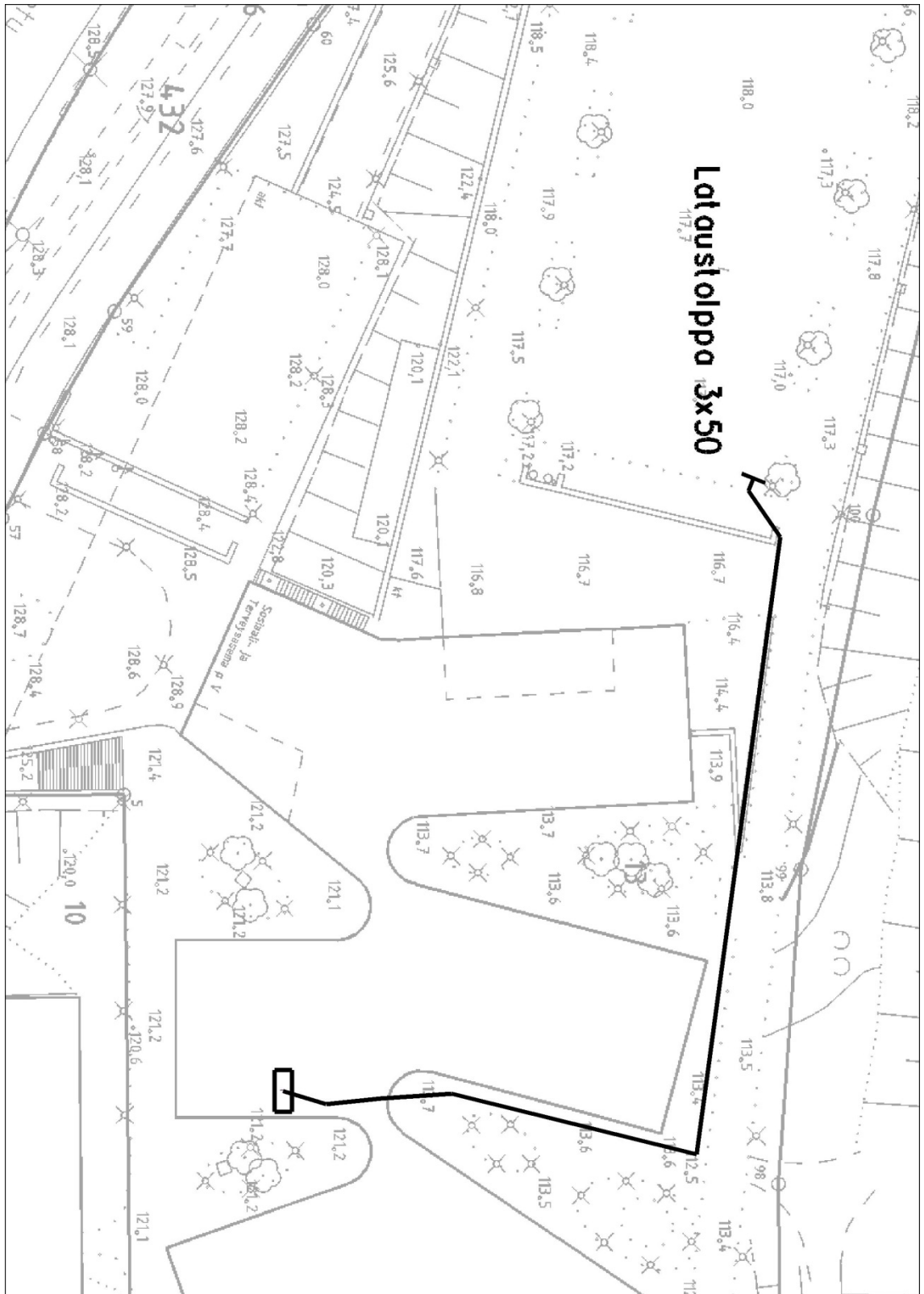
8. Pyynikin uimahalli



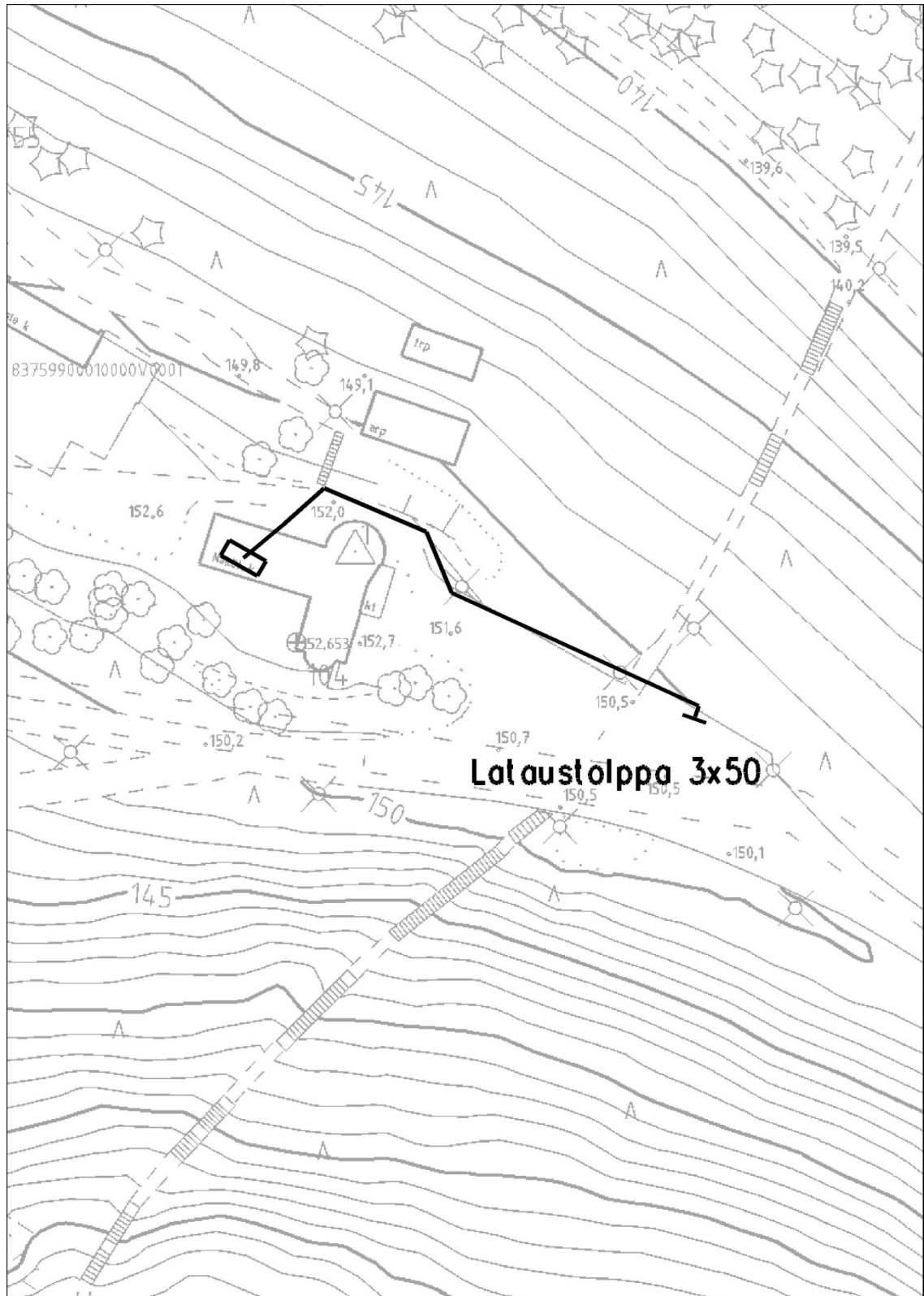
9. Hatanpään sairaala



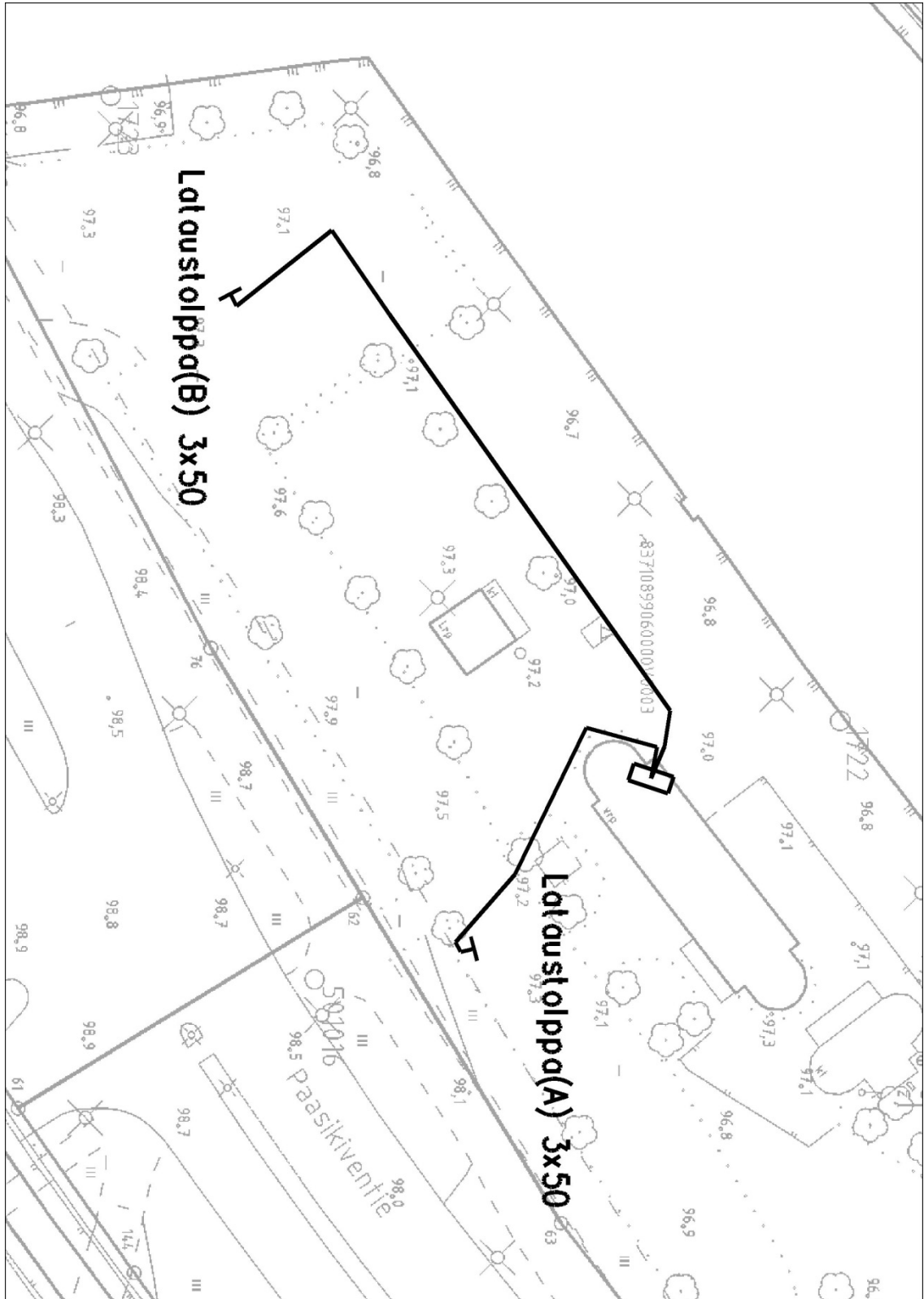
10. Tipotien terveysasema



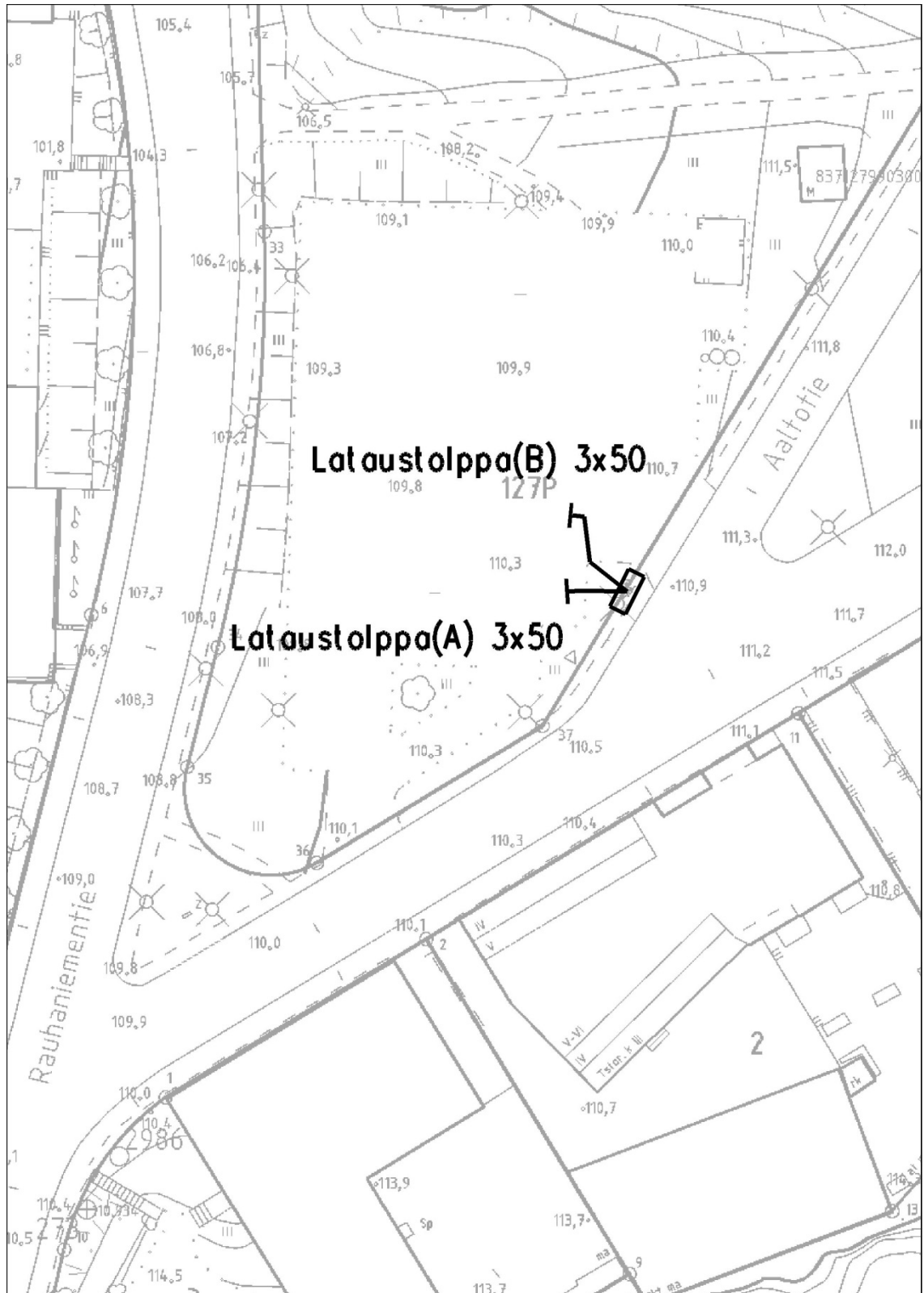
11. Pyynikin näkötorni



12. Mustalahti



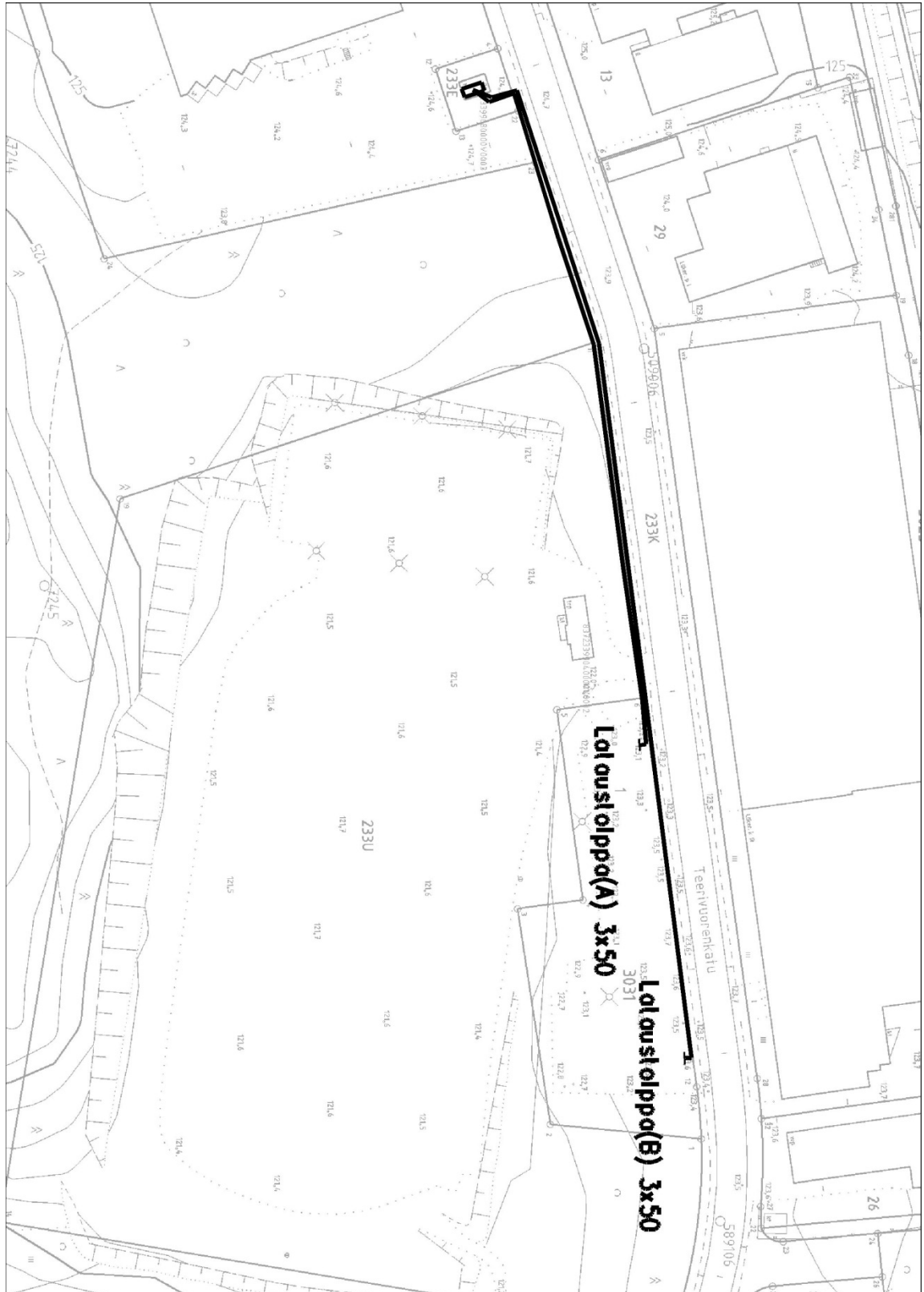
13. Lapinniemi



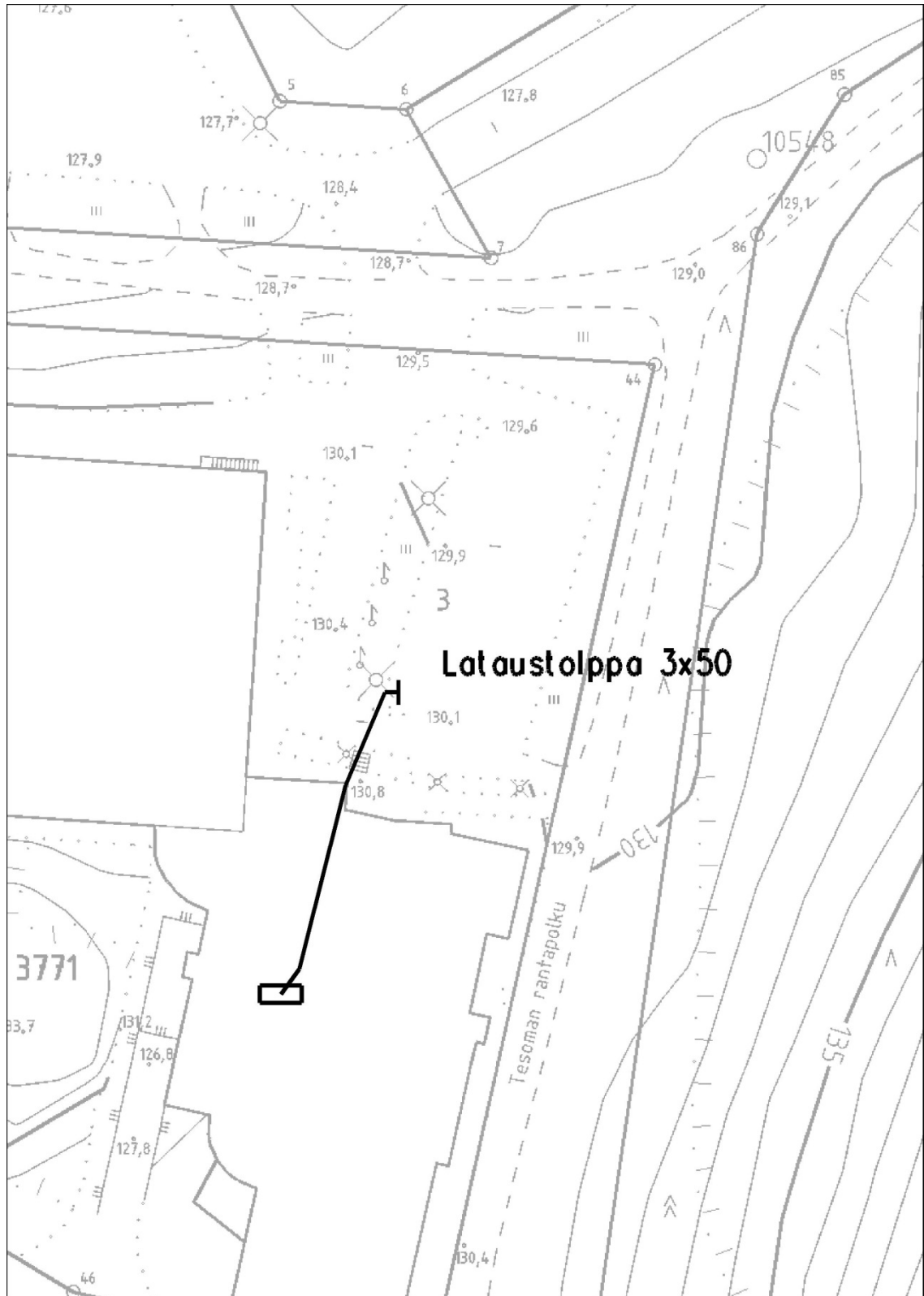
Liite 1. Lataustolppien sijoitusvaihtoehdot

14(30)

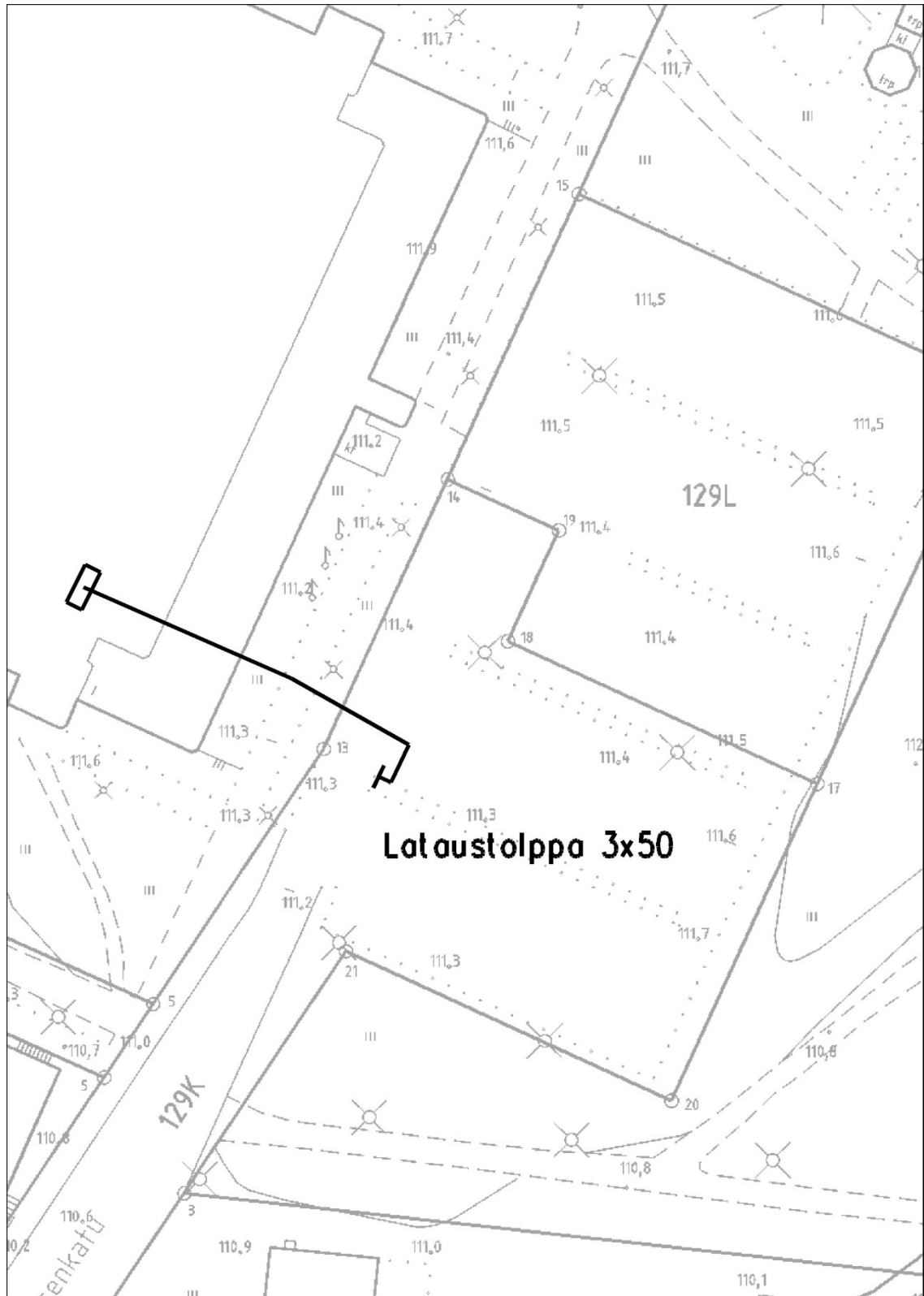
14. Raholan liikuntakeskus



15. Tesoman uima-/jäähalli



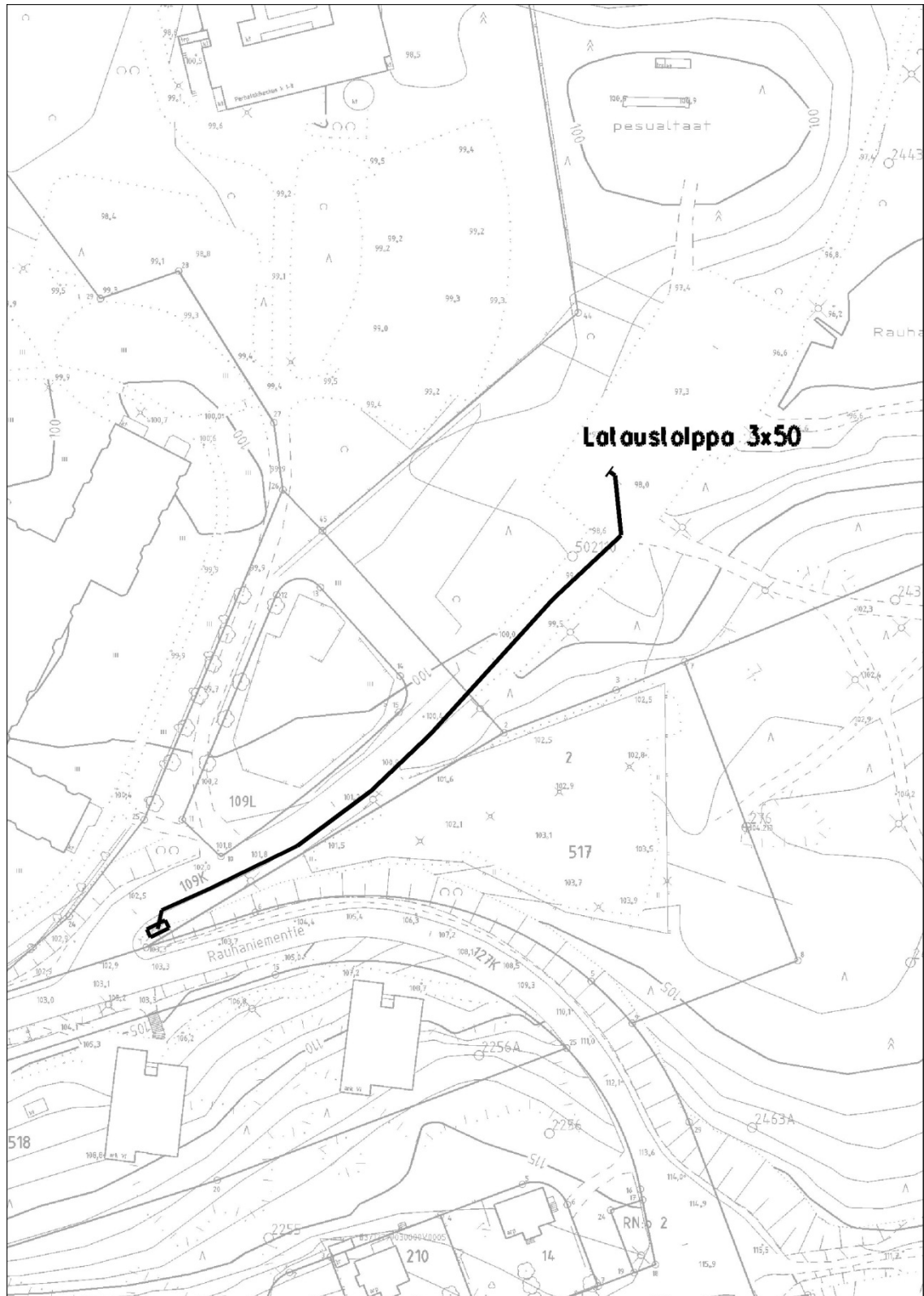
16. Kalevan uimahalli



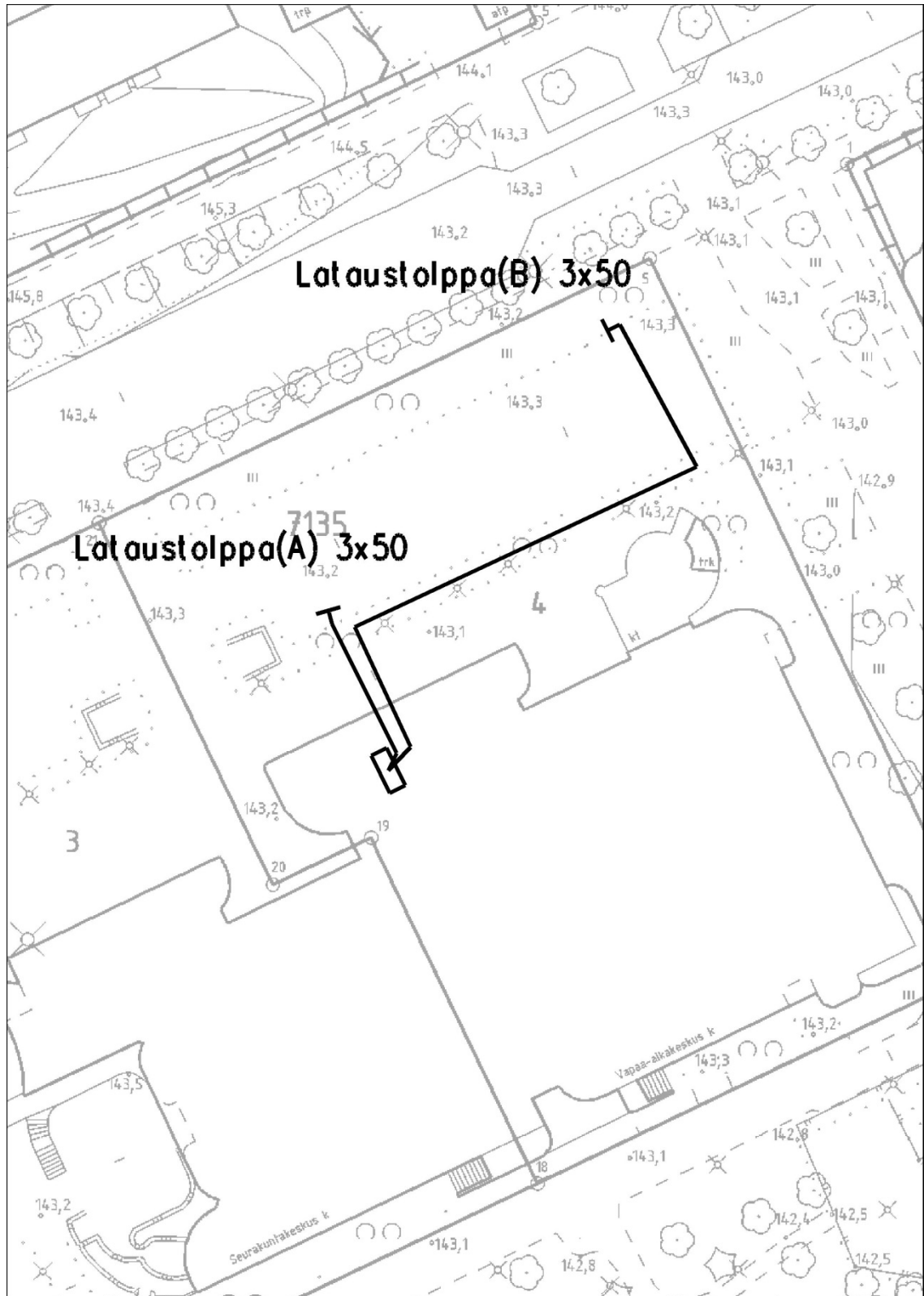
Liite 1. Lataustolppien sijoitusvaihtoehdot

17(30)

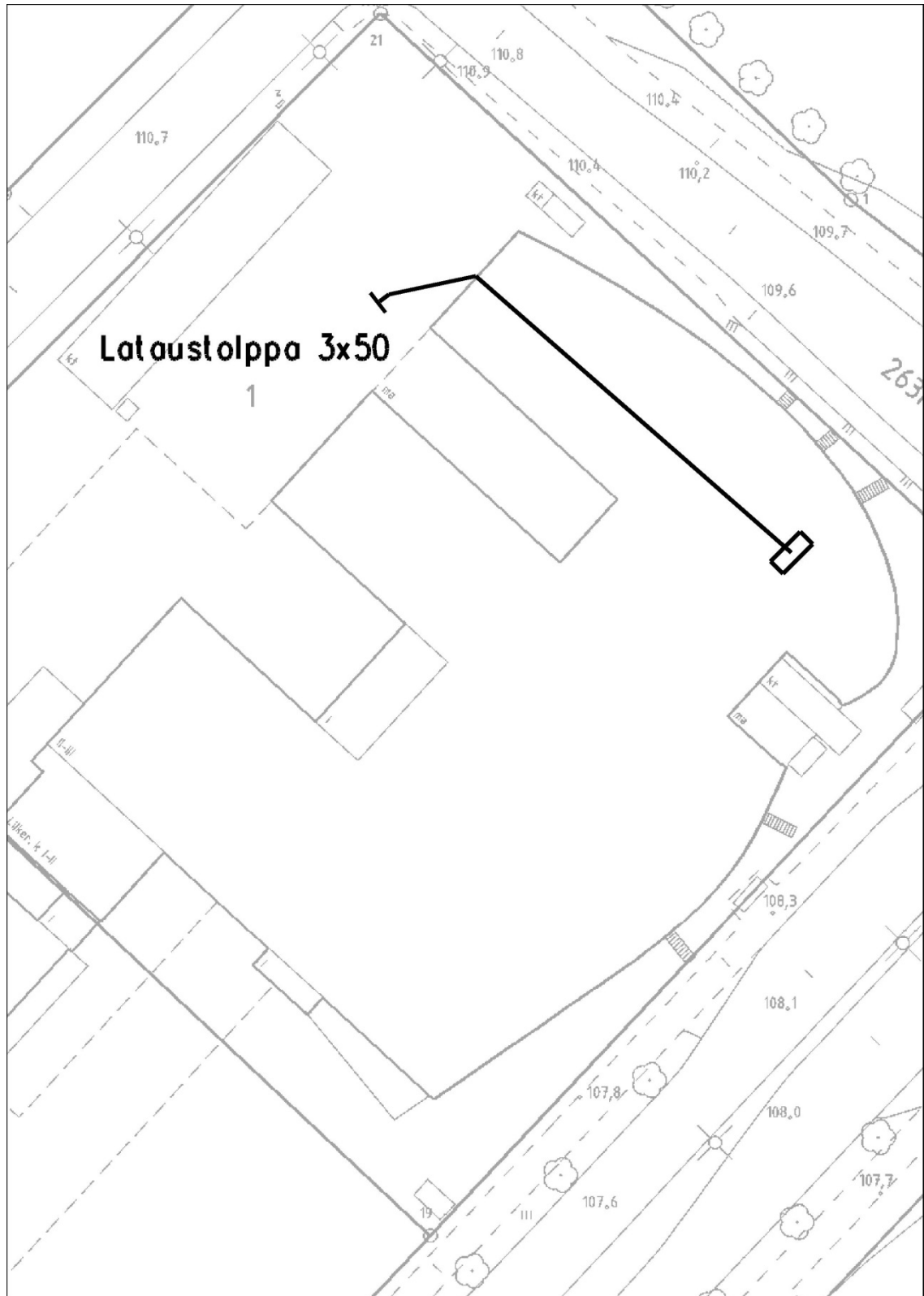
17. Rauhaniemen uimaranta



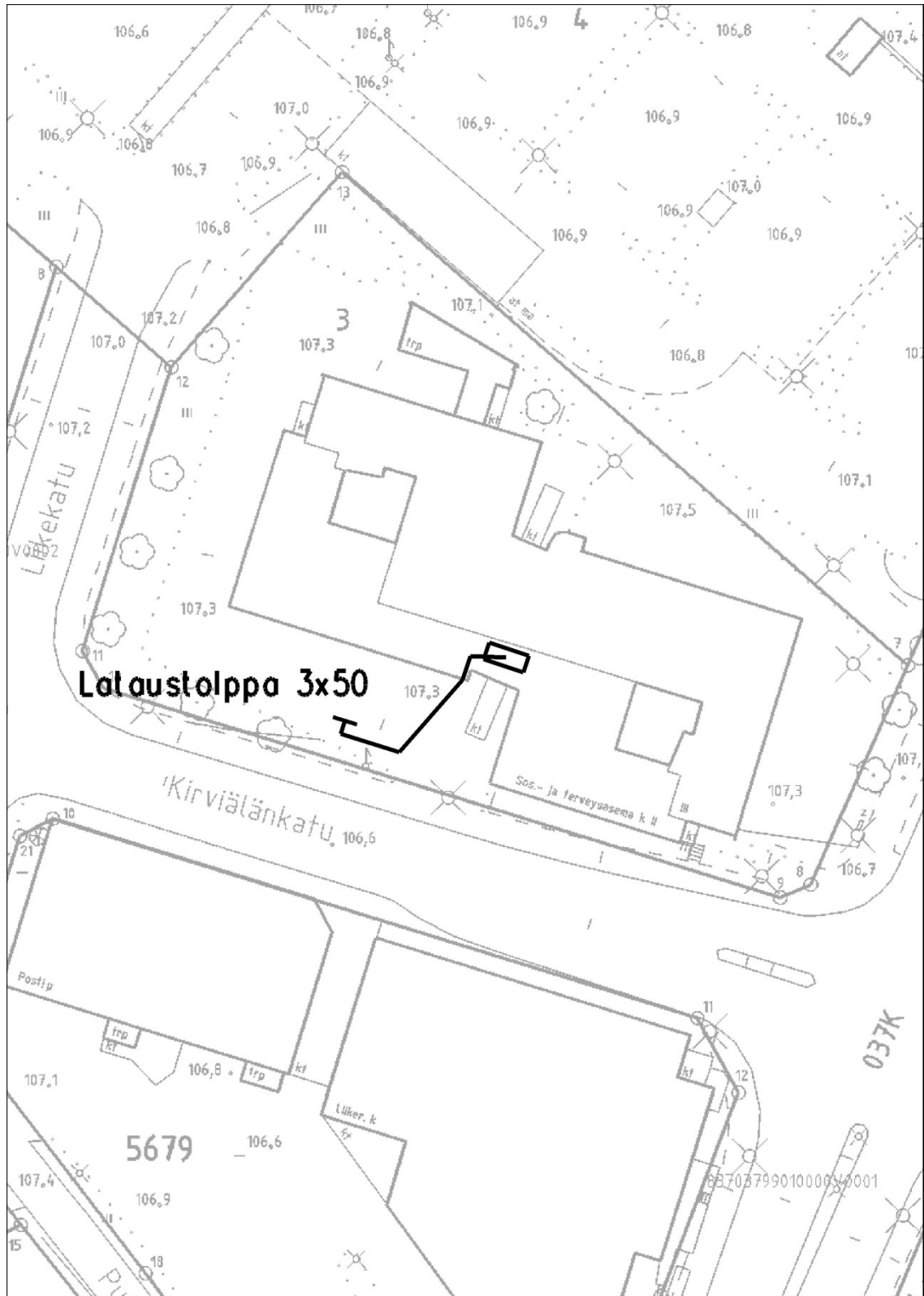
18. Hervannan vapaa-aikakeskus



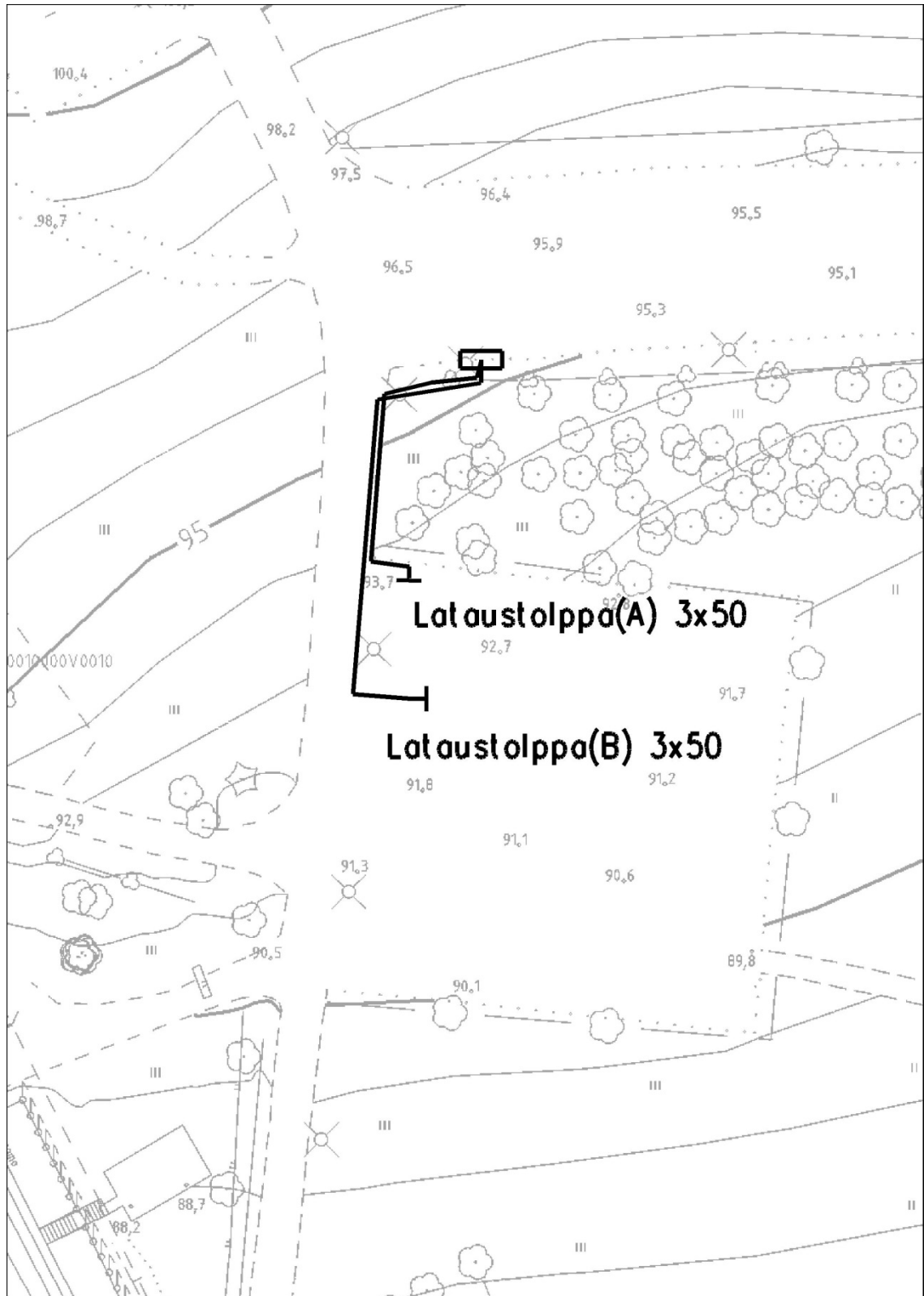
19. Lielahden tarveysasema



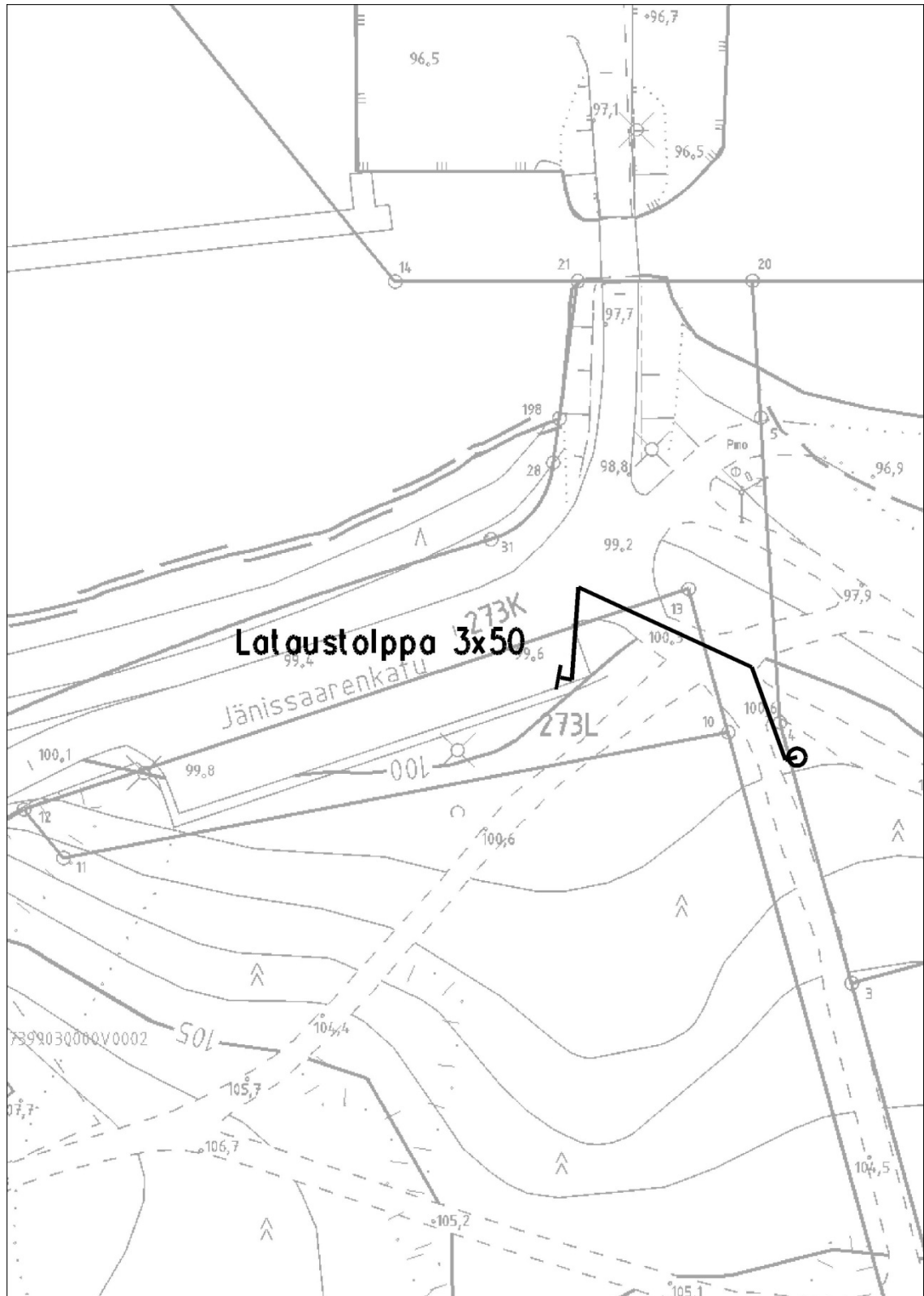
20. Linnainmaan terveysasema



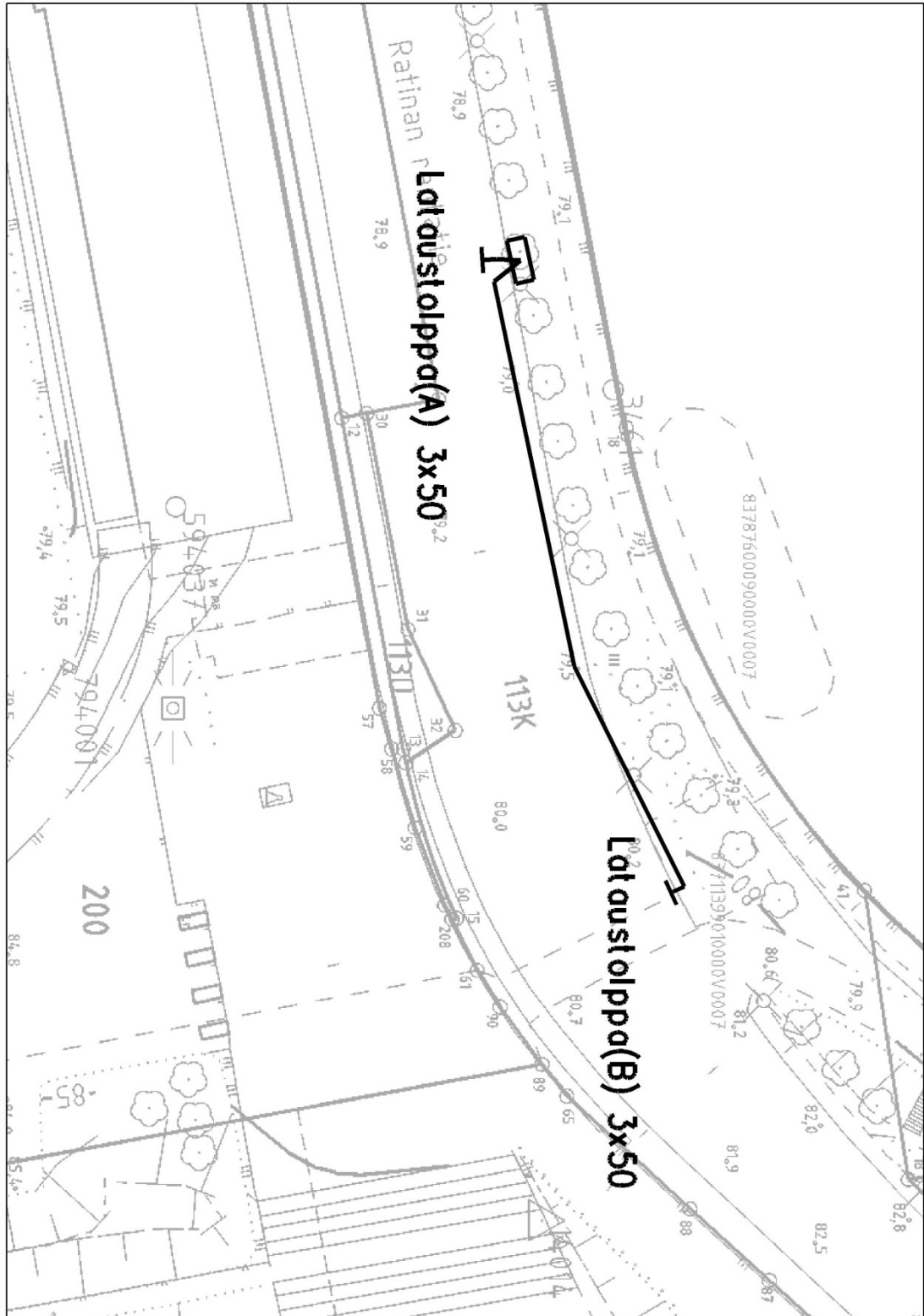
21. Pyynikin kesäteatteri



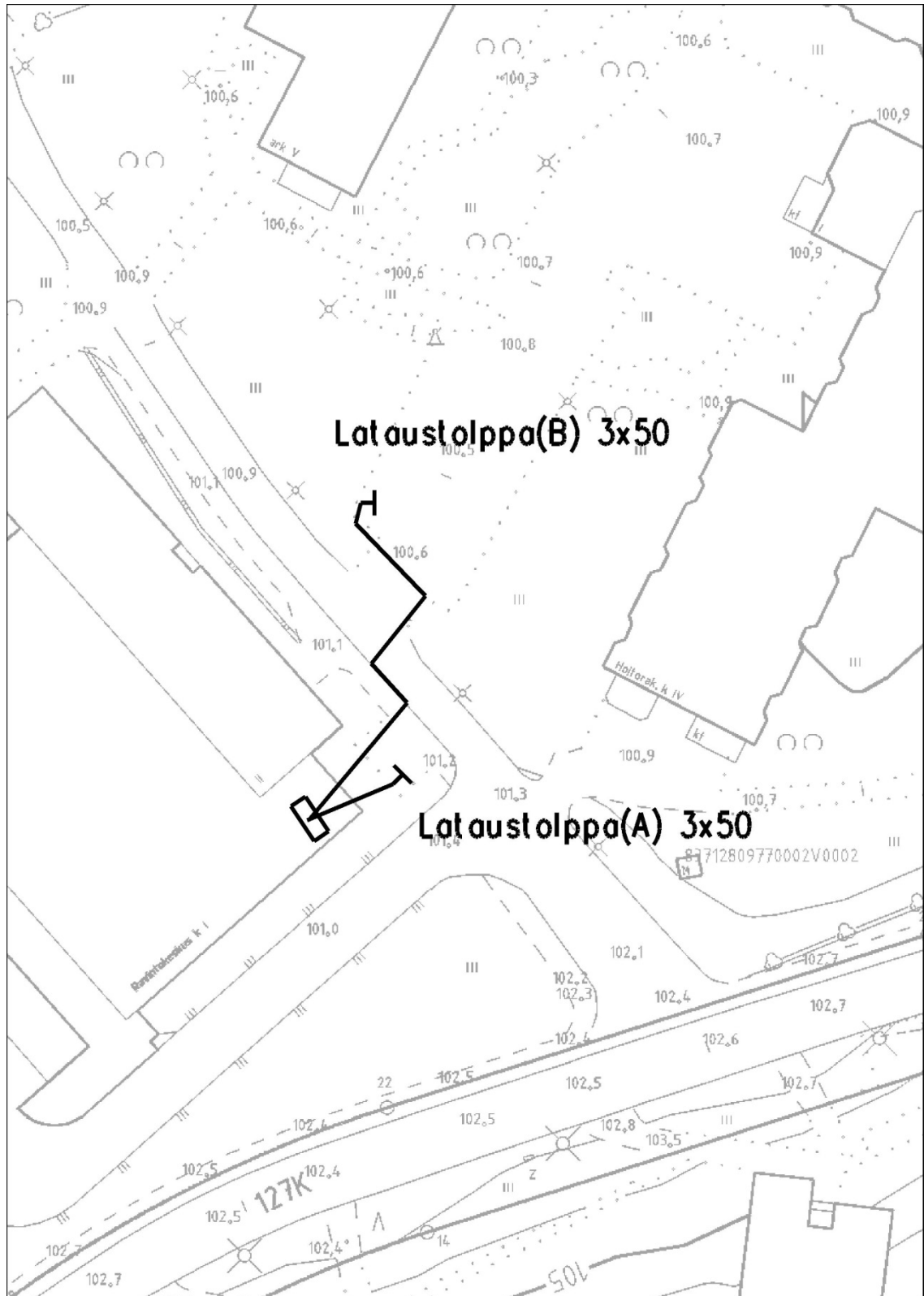
22. Jänissaaren pienvenesatama



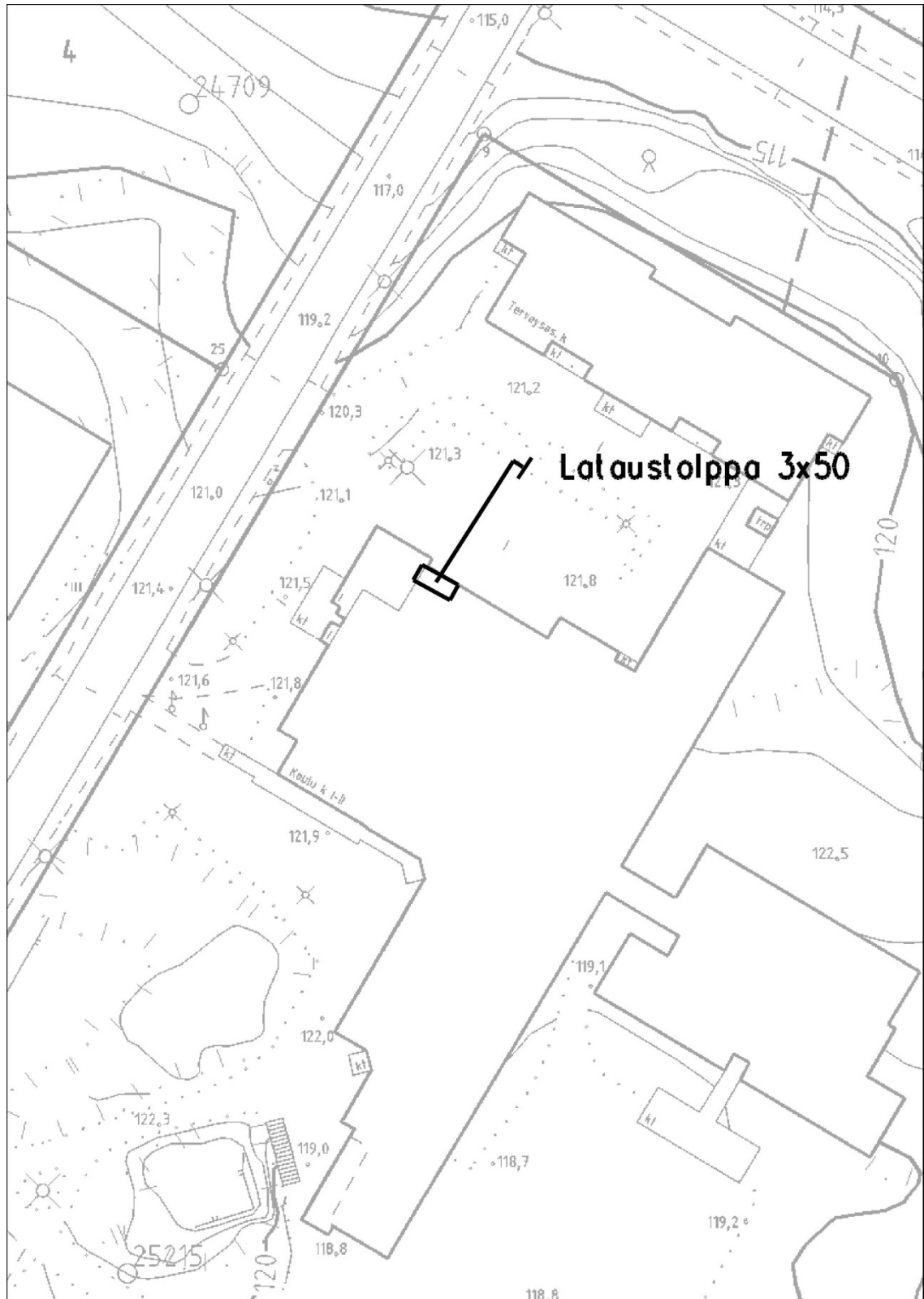
25. Ratinan stadion



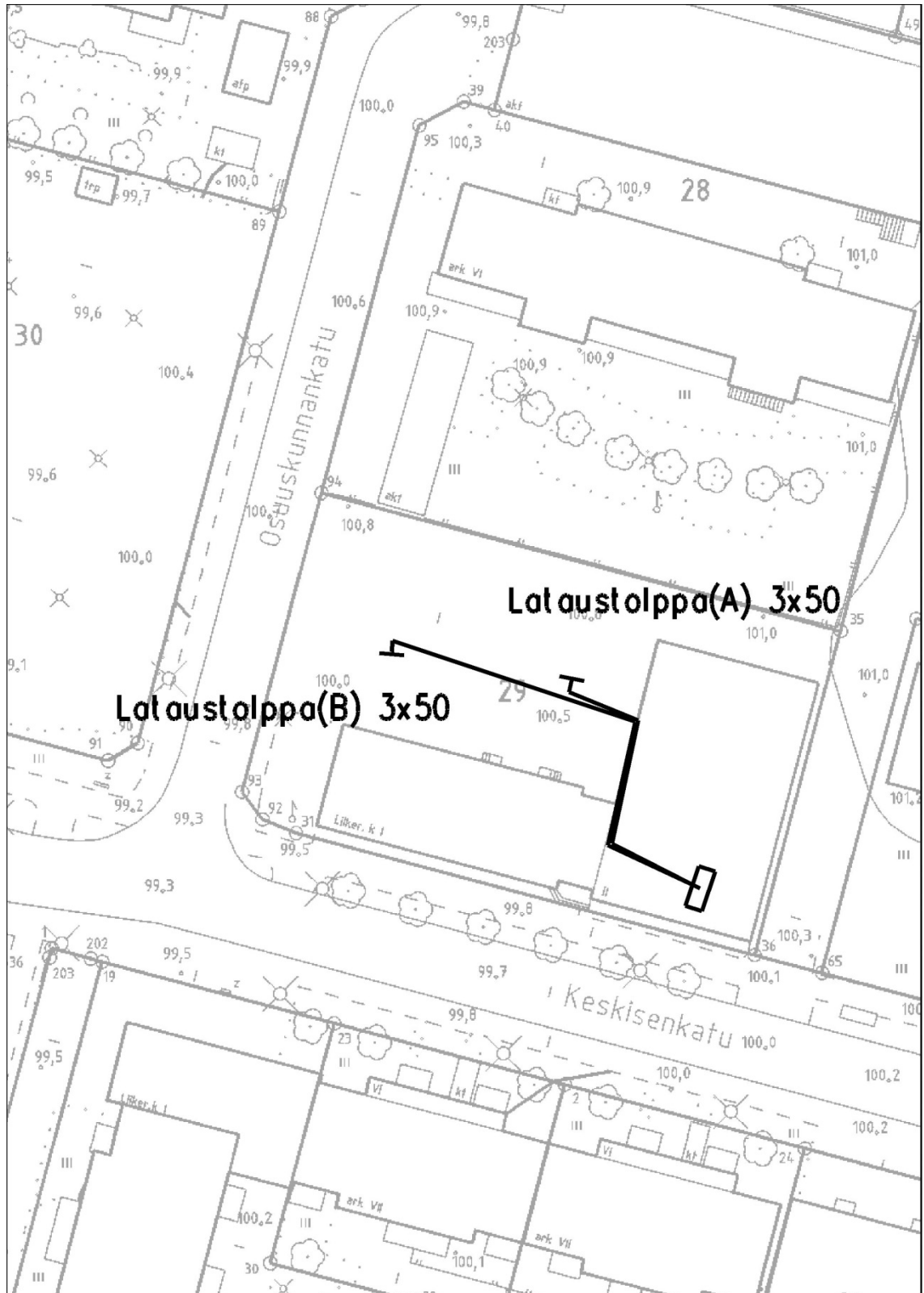
27. Koukkuniemi



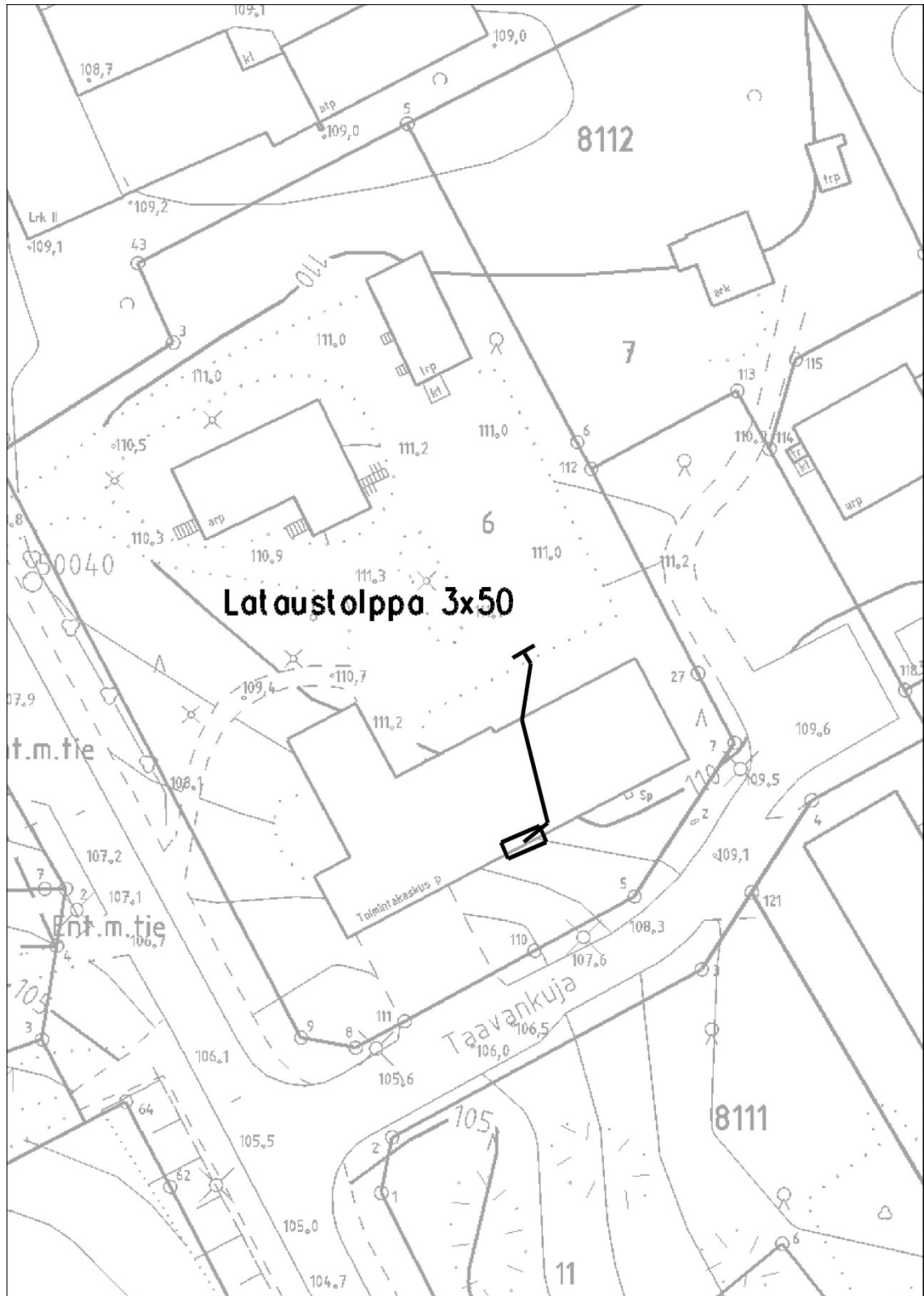
28. Atalan terveysasema (Atalan ala-aste)



29. Kaukajärven terveysasema



30. Kämmenniemen terveysasema



Liite 2. Lataustolppien hinnat

	Kohde	sijoitusvaihtoehto	Halvimman vaihtoehdon hinta	vaihtoehdon hinta
1	Tampere-talo	A	7 660 €	
2	Tampereen messu- ja urheilukeskus	A B C	9 180 €	21 625 € 41 575 €
3	Särkänniemi(delfinaarion liittymä) Särkänniemi	A B	10 035 €	20 030 €
4	Keskustori (Frenckellin pääty)	A B C	49 864 €	51 194 € 44 845 €
5	Laukontori	A B	8 535 €	10 720 €
6	Hakametsän jäähalli	A B C	13 895 €	20 070 € 28 240 €
7	Kaupin urheilupuisto	A B	17 750 €	31 145 €
8	Pyynikin uimahalli	A B	8 060 €	9 865 €
9	Hatanpään sairaala	A	13 075 €	
10	Tipotien terveysasema	A	17 350 €	
11	Pyynikin näkötorni	A	13 095 €	
12	Mustalahti	A B	9 465 €	13 930 €
13	Lapinniemi	A B	7 965 €	8 440 €
14	Raholan liikuntakeskus	A B	22 975 €	29 910 €
15	Tesoman uima-/jäähalli	A	8 895 €	
16	Kalevan uimahalli	A	10 055 €	
17	Rauhaniemen uimaranta	A	22 215 €	
18	Hervannan terveysasema vapaa-aikakeskus	A B	7 185 €	13 075 €
19	Lielahden terveysasema (Lielähtikeskus)	A	11 175 €	
20	Linnainmaan terveysasema	A	7 755 €	
21	Pyynikin kesäteatteri	A B	10 910 €	12 715 €
22	Jänissären pienevenesatama	A	11 765 €	
23	Pyynikin palloiluhalli	A	6 140 €	
24	Näashallin parkkipaikka	A B	10 055 €	11 385 €
25	Ratinan stadion	A B	7 680 €	14 425 €
26	Pispan palvelutalo	A B	9 180 €	14 310 €
27	Koukkuniemi	A B	6 425 €	9 940 €
28	Atalan terveysasema(Atalan ala-aste)	A	6 995 €	
29	Kaukajärven terveysasema	A B	8 705 €	10 700 €
30	Kämmenniemen terveysasema	A	7 565 €	
	yhteensä		361 604 €	

Liite 3. Kiinteistöjen liittymiin liitettyjen lataustolppien hinnat

	Kohde	latausteho	vapaa kapasiteetti riittää	kaapelityyppi	kaapelipituus (m)	kaapelipituus (m)	Kaapeloinnin hinta	halvemman vaihtoehdon hinta	toisen vaihtoehdon hinta
1	Tampere-talo	22 kW	KYLLÄ	AXMK95	23	28	2 660 €	7 660 €	
2	Tampereen messu- ja urheilukeskus	22 kW	KYLLÄ KYLLÄ KYLLÄ	AXMK95 AXMK95 AXMK95	39 170 380	44 175 385	4 180 € 16 625 € 36 575 €	9 180 €	21 625 € 41 575 €
3	Särkänniemi	22 kW	KYLLÄ	AXMK95	48	53	5 035 €	10 035 €	
4	Keskustori (Frenckellin pääty)	50 kW	KYLLÄ	AXMK95	46	51	4 845 €		44 845 €
6	Hakametsän jäähalli	44 kW	KYLLÄ KYLLÄ KYLLÄ	AXMK95 AXMK95 AXMK95	101 36 187	106 41 192	10 070 € 3 895 € 18 240 €	13 895 €	20 070 € 28 240 €
9	Hatanpään sairaala	22 kW	KYLLÄ	AXMK95	80	85	8 075 €	13 075 €	
10	Tipotien terveysasema	22 kW	KYLLÄ	AXMK95	125	130	12 350 €	17 350 €	
12	Mustalahti	22 kW	EI EI	AXMK95 AXMK95	42 89	47 94	4 465 € 8 930 €	9 465 €	13 930 €
15	Tesoman uimahalli	22 kW	KYLLÄ	AXMK95	36	41	3 895 €	8 895 €	
18	Hervannan terveysasema vapaa-aikakeskus	22 kW	KYLLÄ KYLLÄ	AXMK95 AXMK95	18 80	23 85	2 185 € 8 075 €	7 185 €	13 075 €
19	Lielahden terveysasema	22 kW	KYLLÄ	AXMK95	60	65	6 175 €	11 175 €	
20	Linnainmaan terveysasema	22 kW	KYLLÄ	AXMK95	24	29	2 755 €	7 755 €	
23	Pyynikin palloiluhalli	22 kW	KYLLÄ	AXMK95	7	12	1 140 €	6 140 €	
26	Pispan palvelutalo	22 kW	KYLLÄ KYLLÄ	AXMK95 AXMK95	93 39	98 44	9 310 € 4 180 €	9 180 €	14 310 €
27	Koukkuniemi	22 kW	KYLLÄ KYLLÄ	AXMK95 AXMK95	10 47	15 52	1 425 € 4 940 €	6 425 €	9 940 €
28	Atalan terveysasema	22 kW	KYLLÄ	AXMK95	16	21	1 995 €	6 995 €	
29	Kaukajärven terveysasema	22 kW	KYLLÄ KYLLÄ	AXMK95 AXMK95	34 55	39 60	3 705 € 5 700 €	8 705 €	10 700 €
30	Kämmenniemen terveysasema	22 kW	KYLLÄ	AXMK95	22	27	2 565 €	7 565 €	
	yhteensä	447 kW						160 680 €	

Liite 4. Uuden liittymän lataustolppien hinnat

	Kohde	lataus- teho	kaapeli- tyyppi	Sähköverkon uusi liittymä	liittymän hinta	kaapelin pituus / m	kaape- loinnin hinta	latausasema (hinta-arvio)	Halvemman vaihtoehdon hinta	Toisen vaih- toehdon hinta
3	Särkänniemi	22 kW	AXMK95	3x50A	2 015 €	137	13 015 €	5 000 €		20 030 €
4	Keskustori (Frenckellin pää- ty)	50 kW	AXMK95	3x100A	4 924 €	52	4 940 €	40 000 €	49 864 €	51 194 €
			AXMK95	3x100A	4 924 €	66	6 270 €	40 000 €		
5	Laukontori	22 kW	AXMK95	3x50A	2 015 €	16	1 520 €	5 000 €	8 535 €	10 720 €
			AXMK95	3x50A	2 015 €	39	3 705 €	5 000 €		
7	Kaupin urheilupuisto	22 kW	AXMK95	3x50A	2 015 €	113	10 735 €	5 000 €	17 750 €	31 145 €
			AXMK95	3x50A	2 015 €	254	24 130 €	5 000 €		
8	Pyynikin uimahalli	22 kW	AXMK95	3x50A	2 015 €	11	1 045 €	5 000 €	8 060 €	9 865 €
			AXMK95	3x50A	2 015 €	30	2 850 €	5 000 €		
11	Pyynikin näkötorni	22 kW	AXMK95	3x50A	2 015 €	64	6 080 €	5 000 €	13 095 €	
13	Lapinniemi	22 kW	AXMK95	3x50A	2 015 €	15	1 425 €	5 000 €	7 965 €	8 440 €
			AXMK95	3x50A	2 015 €	10	950 €	5 000 €		
14	Raholan liikuntakeskus	22 kW	AXMK95	3x50A	2 015 €	241	22 895 €	5 000 €	22 975 €	29 910 €
			AXMK95	3x50A	2 015 €	168	15 960 €	5 000 €		
16	Kalevan uimahalli	22 kW	AXMK95	3x50A	2 015 €	32	3 040 €	5 000 €	10 055 €	
17	Rauhaniemen uimaranta	22 kW	AXMK95	3x50A	2 015 €	160	15 200 €	5 000 €	22 215 €	
21	Pyynikin kesäteatteri	22 kW	AXMK95	3x50A	2 015 €	41	3 895 €	5 000 €	10 910 €	12 715 €
			AXMK95	3x50A	2 015 €	60	5 700 €	5 000 €		
22	Jänissaren pienevenesatama	22 kW	AXMK95	3x50A	2 015 €	50	4 750 €	5 000 €	11 765 €	
24	Näashallin parkkipaikka	22 kW	AXMK95	3x50A	2 015 €	32	3 040 €	5 000 €	10 055 €	11 385 €
			AXMK95	3x50A	2 015 €	46	4 370 €	5 000 €		
25	Ratinan stadion	22 kW	AXMK95	3x50A	2 015 €	7	665 €	5 000 €	7 680 €	14 425 €
			AXMK95	3x50A	2 015 €	78	7 410 €	5 000 €		
	yhteensä	337 kW							200 924 €	