

## Onnettomuustutkintakeskus

Jätevesien leviämisen simulointi Nokian talousvesiepidemiassa

**Sisällysluettelo**

<b>1</b>	<b>JOHDANTO</b>	<b>2</b>
<b>2</b>	<b>ARVIOINTIMENETELMÄ</b>	<b>2</b>
2.1	Laskentamalli	2
2.2	Tarkastelutilanteet	3
2.3	Tarkasteluajanjakso	3
2.4	Lähtötiedot	3
2.4.1	Automaatiojärjestelmän mittaustiedot	3
2.4.2	Tekninen vesi	5
2.4.3	Juoksutukset	6
2.4.4	Suljetut venttiilit	7
2.4.5	Putkirikot	7
<b>3</b>	<b>ARVIOINTIMENETELMÄN REUNAEHDOT</b>	<b>8</b>
<b>4</b>	<b>LASKENTATULOKSET</b>	<b>10</b>
4.1	Pääskenaario 1: Tilanne, jossa juoksutukset on normaalisti huomioitu	10
4.2	Pääskenaario 2: Tilanne, jossa ei ole juoksutuksia mukana	17
<b>5</b>	<b>JOHTOPÄÄTÖKSET</b>	<b>19</b>

**Liitteet**

Liite 1

Kulutusalueiden ominaiskulutuskäyrät

Liite 2

Teknisen veden osuus verkostossa kolmen tunnin välein

	19.12.2008 / RIL	19.12.2008 / REK	19.12.2008 / REK	Alkuperäinen kopio
Rev.	Päiväys/Laatiija	Päiväys/Tarkastanut	Päiväys/Hyväksynyt	Huomautukset

## 1 JOHDANTO

Nokian vedenjakeluverkkoon virtasi jätevedenpuhdistamon teknistä vettä marraskuussa 2007. Onnettomuudesta aiheutui merkittävä vesiepidemia. Nokian vesikriisin vaikutusten selvittämisessä yhtenä osana on olennaista muodostaa kuva teknisen veden saastuttamasta alueesta ja veden virtauksista kriisin aikana. Mallintamalla täydennetään kuvaa vedenjakeluverkossa tapahtuneista asioista epidemian aikana sekä tehtyjen juoksutusten ja tapahtuneiden putkirikkojen vaikutuksista järjestelmän toimintaan.

Työn tarkoituksena oli selvittää, miten Nokian vedenjakeluverkkoon joutunut tekninen vesi levisi vedenjakeluverkkoon onnettomuuden aikana. Leviämistä tarkastellaan Nokian vedenjakeluverkosta tehdyn hydraulisen laskentamallin avulla siten, että selvitetään teknisen veden osuus verkostossa olevasta vedestä verkoston eri osissa ajan funktiona. Lisäksi tarkastellaan juoksutusten vaikutuksia teknisen veden leviämiseen.

Tarkastelussa keskityttiin teknisen veden osuuden mallinnukseen vesijohtoverkostossa, koska sillä voidaan kuvata käytettävissä olevan aineiston puitteissa teknisen veden leviäminen mahdollisimman hyvin. Teknisen veden kemiallisia ja biokemiallisia reaktioita ei tässä työssä ole tarkasteltu.

## 2 ARVIOINTIMENETELMÄ

### 2.1 Laskentamalli

Mallinnus tehtiin vedenjakeluverkostojen hydrauliseen mallinnukseen tarkoitettulla mallinnusohjelmalla Bentleyyn WaterCAD V8 XM. Laskentaohjelman valintaan vaikutti se, että Nokian vedenjakelujärjestelmän jo aikaisemmin laadittu malli on tehty kyseisellä ohjelmalla. Lisäksi konsultilla on monien vuosien kokemus kyseisen ohjelman käytöstä. Ohjelma mallintaa verkoston toimintaa yleisillä hydrauliiikan peruskaavoilla, joiden avulla ohjelma laskee kyseiselle verkstorakenteelle määritellyssä pumppaus- ja kulutustilanteessa iteroimalla putkikohtaiset virtaamat ja painehäviöt. Menetelmä on samanlainen kuin muissa markkinoilla olevissa verkostolaskentaohjelmissa, joten ohjelmiston valinnalla ei ole vaikutusta laskentatuloksiin.

Laskentamallilla voidaan simuloida verkoston toimintaa siten, että käytetään todellisia verkostossa tehtyjä tuntitaso mittaustietoja verkostoon pumpatuista vesimääristä

Käytetty laskentamalli oli Nokian kaupungin rakentama verkostomalli, jota konsultti on tarkentanut vuonna 2004. Laskentamalli sisältää ulkohalkaisijaltaan 125 mm ja sitä suuremmat runkovesijohdot sekä lisäksi joitain pienempiä verkoston toiminnan kannalta oleellisia vesijohtoja. Pienempien vesijohtojen pois jättäminen ei vaikuta mallinnetun verkoston laskentatuloksiin oleellisesti. Tätä tarkastelua varten verkostoa kuitenkin täydennettiin muutamien pienempien vesijohtojen osalta teknisen veden liitospisteen lähialueella.

Mallia on päivitetty keväällä 2008 vedenkulutusjakauman osalta. Lisäksi laskentamallin kalibrointia tarkennettiin tätä työtä varten, jotta merkittävien vesijohtojen virtaamat saatiin mahdollisimman oikeiksi: vedenjakeluverkoston laskentamallin kalibroinnissa vesijohtojen karkeutta säädetään joko alueellisesti tai yksittäisissä putkissa siten, että laskentatulokset saadaan vastaamaan mitattuja virtaama- tai painetietoja.

## **2.2 Tarkastelutilanteet**

Laskentamalliin rakennettiin eri tilanteita, joiden avulla voitiin vertailla mm. juoksutusten vaikutuksia teknisen veden leviämiseen sekä tutkia mikä merkitys lähtötietojen puutteellisuuden vuoksi tehdyillä oletuksilla on laskentatuloksiin.

Tarkasteltavat pääskenaariot olivat seuraavat:

1. Todelliset tapahtumankulut
2. Sama kuin skenaario 1, mutta ilman tarkastelujakson aikana verkostossa tehtyjä juoksutuksia

Lisäksi vertailtiin verkostoon joutuneen teknisen veden määrän tuntivaihtelun vaikutusta sekä juoksutusvesimäärän vaikutusta tuloksiin tekemällä laskennat muutamilla eri vesimäärillä.

## **2.3 Tarkasteluajanjakso**

Laskentamalliin rakennettujen skenaarioiden tarkasteluajanjaksona oli 27.11 – 8.12.2007. Laskenta alkaa siten 27.11.2007 klo 00. Laskennassa teknistä vettä joutui verkostoon 28.11 klo 12 – 30.11.2007 klo 12 välisenä aikana (eli tunninhetkillä 36 – 83). Laskentamallissa käytetty aika-askel on yksi tunti ja koko laskentajakso on 288 tuntia.

## **2.4 Lähtötiedot**

### **2.4.1 Automaatiojärjestelmän mittaustiedot**

Laskentamallissa käytetyt vedenkulutus- ja pumppaustiedot perustuvat todellisiin kyseisellä ajanjaksolla tehtyihin verkoston automaatiojärjestelmän virtaamamittaustietoihin. Mittaustietojen perusteella Nokian vedenjakeluverkosto voidaan jakaa kolmeen vedenkulutusalueeseen (kuva 2.1: pohjoinen Nokia, Koskenmäki ja Taka-Lauttala). Ominaiskulutuskäyrät tarkastelujaksolla on esitetty liitteessä 1.

Tässä työssä kullekin alueelle on muodostettu koko laskentajakson mittainen ominaiskulutuskäyrä, jossa kulutusvaihtelua verrataan laskentajakson keskimääräiseen kulutukseen. Vedenkulutus lasketaan vesitaselaskelmalla, jolloin huomioidaan verkostoon pumpattu vesimäärä, vesisäiliöiden vesimäärä ja juoksutusten sekä putkirikkojen vesimäärä kullakin ajanhetkellä. Vedenkulutus mallinnetaan kulutussolmuina, joiden keskimääräinen kulutus vaihtelee kulutusalueen ominaiskäyrän mukaisesti. Solmujen välinen painotus on muodostettu malliin koordinaatteihin sidotusta vesilaskutustiedosta.

Vesitaselaskennassa käytetyt tiedot olivat seuraavat:

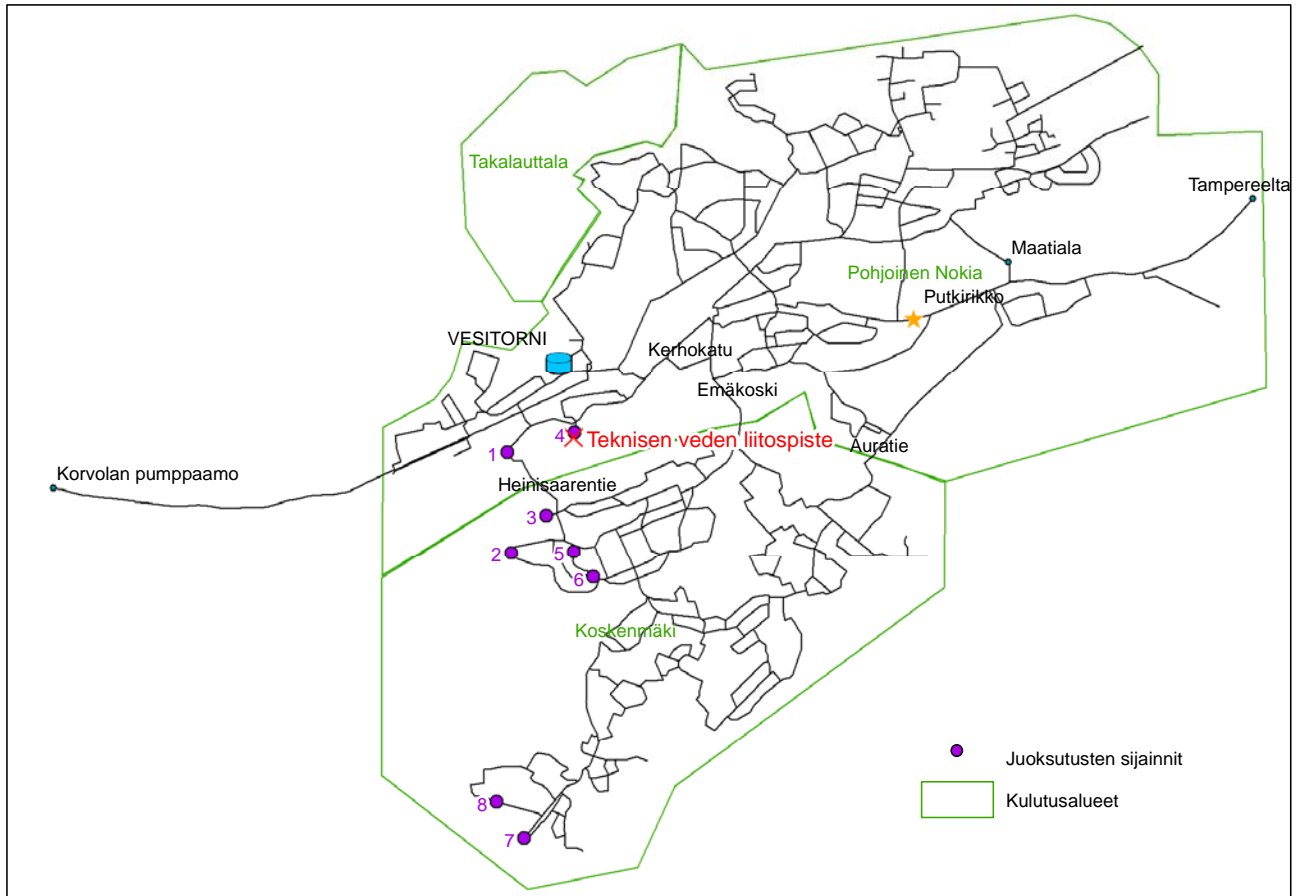
- Korvolan paineenkorotusaseman virtaama
- Maatialan vesilaitokselta pumpattu vesimäärä (Kankaantaka ja Valtatie)
- Auratien, Heinisaarentien ja Emäkosken vesijohtojen virtaamamittaukset
- Taka-Lauttalan paineenkorotusaseman virtaama
- Nokian ylävesisäiliön vesipinnan korkeustieto
- Tampereen Vedeltä pumpattu vesimäärä (Tampereelta saatu erillinen tieto, ei Nokian automaatiojärjestelmässä)
- Teknisen veden virtaama (päivätason mittaustieto)
- Juoksutusvesimäärät (vesimääräarvio)
- Putkirikkojen vesimäärä (vesimääräarvio)

Automaatiojärjestelmän mittaustiedot ovat tuntitason tietoja, jolloin käytetty aika-askel laskennoissa on yksi tunti.

Laskentamallin kalibrointia tarkennettiin tarkastelua varten, jotta Koskenmäen kulutusalueelle menevät virtaamat saatiin mallissa vastaamaan tarkemmin mitattuja virtaamia (Heinisaarentien, Emäkosken ja Auratien vesijohtojen virtaamat). Kalibroinnissa muutettiin vesijohtojen karkeusarvoja.

Nokian vesilaitokselta (Maatiala) pumpatun vesimäärän automaattinen rekisteröinti oli pois päältä 28.11.07 klo 10 – 29.11.07 klo 11. Kyseiseltä ajalta pumppausmääristä on vain vuorokausitason tieto, kun muuten käytetään tuntitason tietoa. Tuntitason vaihtelu kyseiselle ajalle luotiin normaalin päivän tuntivaihtelusta (se ei muutu merkittävästi normaaleina päivinä).

Automaatiojärjestelmän mittaustiedot eivät sisältäneet Tampereen Vedeltä pumpatun veden tietoja vaan kyseiset tiedot saatiin erikseen. Tampereen Veden vedenjakelujärjestelmästä syötettiin vettä 28.11.07 klo 12 – 29.11.07 klo 13 noin 50 m<sup>3</sup>/h ja 29.11.07 klo 13 – 30.11.07 klo 24 noin 20 m<sup>3</sup>/h.



**Kuva 2.1 Nokian vedenjakelujärjestelmän laskentamallin verkosto**

## 2.4.2 Tekninen vesi

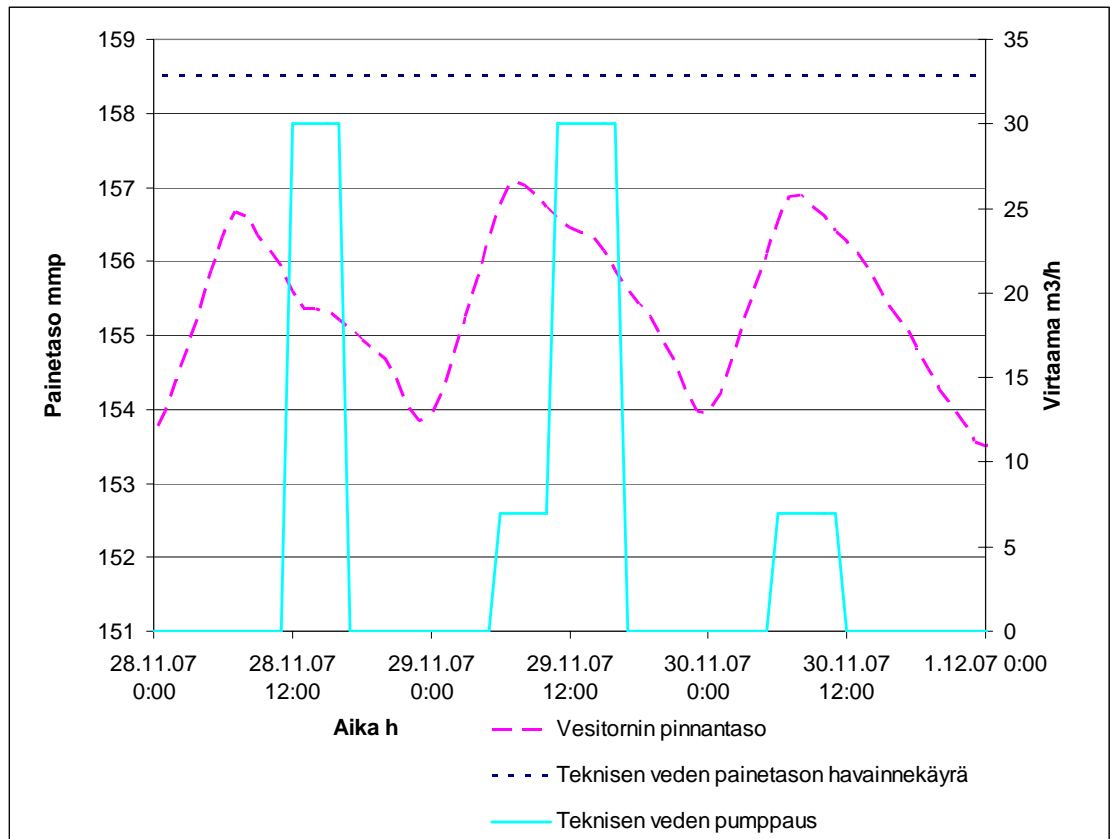
Teknisen veden liitospisteen sijainti vedenjakeluverkostossa on esitetty kuvassa 2.1. Laskennassa teknisen veden venttiili avattiin 28.11.2007 klo 12 ja suljettiin 30.11.2007 klo 12. Teknisen veden pumppaus on käynnissä päivisin klo 06 - 17 ja pumppaus on paineohjattu. Teknisen veden määrä mitataan puhdistamalla päivätason tietona ja vesimäärät olivat seuraavat:

- 28.11.07 145 m<sup>3</sup> klo 12-17 (noin 30 m<sup>3</sup>/h)
- 29.11.07 224 m<sup>3</sup> klo 06-17 (noin 20 m<sup>3</sup>/h)
- 30.11.07 40 m<sup>3</sup> klo 06-12 (noin 7 m<sup>3</sup>/h)

Vesimäärä ei eri tunnin hetkillä ole ollut täysin vakio vaan verkostoon virrannut vesimäärä on vaihdellut vedenjakeluverkoston painetason mukaisesti. Mittaustietojen perusteella laskentamalliin tehtiin kaksi eri vaihtoehtoa pumpatun vesimäärän vaihtelusta, jotta nähtiin mahdollisen vaihtelun merkitys. Kuvassa 2.2 on havainnollistettu teknisen veden määrän vaihtelua: kun painetaso vedenjakeluverkostossa on korkea, teknistä vettä virtaa verkostoon vähemmän.

Vaihtelun merkityksen lisäksi laskentamallilla tarkasteltiin tilannetta, jossa teknisen veden määrä oli 1,5-kertainen todellisuudessa mitattuun vesimäärään nähden. Tällä

tarkastelulla haluttiin nähdä teknisen veden määrän vaikutus leviämiseen siinä tapauksessa, että mittaustieto on ollut virheellinen.



**Kuva 2.2 Teknisen veden määrän vaihtelu verrattuna verkostopaineeseen**

### 2.4.3 Juoksutukset

Verkostossa juoksutettiin vettä kahdeksassa eri pisteessä tarkasteluajanjakson aikana. Verkoston varsinaisia puhdistustoimenpiteitä ei tehty tarkasteluajanjakson aikana. Juoksutusten sijainnit ja ajankohdat ovat tiedossa, mutta vesimäärä ei. Simuloinnissa vesimääräksi on arvioitu perusskenaarioissa 2 l/s (7,2 m<sup>3</sup>/h) kustakin pisteestä. Tällöin ominaisvedenkulutus saadaan vesitaseessa vastaamaan normaalia vuorokausikulutusvaihtelua. Vertailun vuoksi vesimääräksi on arvioitu myös noin 3 l/s (12 m<sup>3</sup>/h). Tällöin joudutaan tekemään yksittäisiä oletuksia vesimäärän vaihtelusta kussakin pisteessä, jotta vedenkäyttö ei menisi negatiiviseksi. Vesimäärän vaihtelulle eri juoksutuspaikkojen kesken ei kuitenkaan ole tiedossa olevia perusteita.

Juoksutusten sijainnit on esitetty kuvassa 2.1 ja ajankohdat olivat seuraavat:

Juoksutus 1: 28.11 klo 21 - 24 ja 29.11 klo 15 eteenpäin

Juoksutus 2: 28.11 klo 21 - 24 ja 29.11 klo 15 eteenpäin

Juoksutus 3: 29.11 klo 15 eteenpäin

Juoksutus 4: 30.11 klo 18 - 1.12 klo 8 ja 1.12 klo 23 eteenpäin

Juoksutus 5: 28.11 klo 21 - 24

Juoksutus 6: 28.11 klo 21 - 24

Juoksutus 7: 30.11 klo 21 - 24

Juoksutus 8: 30.11 klo 20 eteenpäin

Tottijärven alueella Nokian eteläosassa oli mahdollisesti ollut juoksutusta tarkastelujakson alussa, mitä ei ole huomioitu perusolettamuksissa. Vertailuna on tehty tarkastelu, jossa Tottijärvelläkin on oletettu olleen juoksutusta. Tottijärven juoksutuksen vesimääräksi on oletettu 10 m<sup>3</sup>/h klo 08 – 16 ajanjaksolla 27.11 – 30.11.2007.

#### **2.4.4 Suljetut venttiilit**

Verkostossa suljettiin vesiepidemian aikana muutamia eri venttiileitä, jotta juoksutusten vaikutuksia saatiin rajattua tietyille alueella tai jotta vesi ei virtaisi likaantuneelta alueelta vesitornille. Kyseiset venttiilit olivat seuraavat ja ne suljettiin myös laskentamallissa:

- Heinisaarentien vesijohto (suljettu 29.11.2007 klo 20)
- Vesitornin etelänsuunnan syöttö (vettä vain Korvolasta ja pohjoisesta vesitornille, suljettu 29.11.2007)
- Kerhokadun vesijohto (suljettu 4.12.2007)

Nokian vedenjakeluverkostossa on voinut olla myös muita suljettuja venttiileitä, jotka eivät ole kenenkään tiedossa. Suljettuja venttiileitä jää tyypillisesti epähuomiossa avaamatta verkostossa tehtyjen erilaisten huolto- ja kunnostustoimenpiteiden jälkeen. Tällaiset mahdolliset suljetut venttiilit puuttuvat myös laskentamallista.

#### **2.4.5 Putkirikot**

Nokianvaltatie ja Pirkkalaistien risteyksessä oli putkirikko sekä 5.12.07 että 6.12.07 aamuyöllä. Putkirikon ajankohta ja vuotovesimäärä on arvioitu mallinnukseen vesitaseen avulla.



### 3 ARVIOINTIMENETELMÄN REUNAEDDOT

Simuloinnissa käytetty verkostolaskentaohjelma mallintaa verkoston toimintaa yleisillä hydrauliiikan peruskaavoilla. Niiden avulla ohjelma laskee kyseiselle verkostorakenteelle määritellyssä pumppaus- ja kulutustilanteessa iteroimalla putkikohtaiset virtaamat ja painehäviöt. Menetelmä on samanlainen kuin muissa markkinoilla olevissa verkostolaskentaohjelmissa, joten ohjelmiston valinnalla ei ole vaikutusta laskentatuloksiin.

Simuloinnissa käytetty laskentamalli on kalibroitu automaatiojärjestelmän virtaama- ja painemittaustietojen avulla. Kalibroinnissa vesijohtojen karkeusarvoja on säädetty siten, että laskentatulokset ja mittaustulokset vastaavat mahdollisimman hyvin toisiaan. Mitä enemmän mittaustietoja on käytettävissä, sitä tarkemmaksi laskentamalli voidaan kalibroida. Lisäksi kalibroinnin onnistumiseen vaikuttaa vedenkulutuksen jakautumisen tarkkuus, johon vaikuttaa kulutusasteiden määrä ja kulutustiedon täsmällisyys. Nokian laskentamallin kulutusjakauman määrittämisessä on ollut käytettävissä laskutusjärjestelmän vuosikulutustiedot noin 4700 pisteestä, jotka on siirretty laskentamallin 320 kulutusasteeseen. Tällainen kulutusjakauma on tarkka verrattuna useimmiten muutaman sadan kulutustiedon perusteella tehtyihin laskentamallien kulutusjakauksiin. Vesiepidemian simulointia varten tehdyssä kalibroinnin tarkennuksessa oli käytettävissä kolme automaatiojärjestelmän virtaamamittaustietoa ja viisi painemittaustietoa.

Mittaustietojen aika-askel on ollut yksi tunti, mikä on tyypillinen automaatiojärjestelmistä saatava aika-askel. Tuntia lyhyemmän aikavälin virtaama- ja painevaihteluista ei ole ollut tietoja, joten laskentatulosten aikaväli on myös yksi tunti.

Laskentamallin antaman tuloksen luotettavuus on samalla tasolla kuin lähtötietojen luotettavuus. Käytettävissä olleissa lähtötiedoissa oli epätasaisuutta seuraavilta osin:

- Tuotetun teknisen veden määrästä oli olemassa vain päivätason mittaustieto. Teknistä vettä käytettiin jätevedenpuhdistamolla, minkä lisäksi sitä virtasi vedenjakelijärjestelmään. Verkostoon joutuneen teknisen veden määrä on arvioitu luottaen mittaustietoon. Teknisen veden virtaamamittauksen oikeellisuuden merkitystä tarkasteltiin simuloimalla mitatun vesimäärän lisäksi järjestelmä 1,5-kertaisella vesimäärällä. Lisäksi verrattiin kahden erilaisen tuntivaihtelun vaikutuksia laskentatuloksiin.
- Maatilan vesilaitoksen verkostopumppauksesta oli tuntitason tiedon sijaan vain päivätason mittaustieto ajalla 28.11.07 klo 10 – 29.11.07 klo 11. Tuntivaihtelu kyseiselle ajalle on arvioitu simulointiin normaalin päivän tuntivaihtelun mukaan
- Juoksutusten vesimäärät eivät olleet tiedossa vaan ne arvioitiin simulointia varten mm. vesitaselaskennan avulla: juoksutusten määrä asetettiin vakiovirtaamana tasolle, jossa vedenkulutuksen vuorokausivaihtelu asettuu vastaamaan mahdollisimman normaalia vuorokausivaihtelua. Kaikki juoksutusvesimäärät arvioitiin keskenään samansuuruisiksi. Simuloinnissa on verrattu kahden eri vesimäärän vaikutuksia tuloksiin

Vesimäärätietojen epätarkkuus tai virheellisyys vaikuttaa verkoston vesitaselaskentaan, jolla lasketaan mallin syöttötiedot. Siten se vaikuttaa vastaavasti virtaamien ja painetasojen laskentatuloksiin.

Lisäksi verkostotiedoissa saattaa olla virheellisyyttä. Verkostojen rakenne tai putkihalkaisijoiden tiedot voivat poiketa todellisista tiedoista, koska verkostoja on paljon. Verkostot ovat osin ajalta, jolloin kunnossapitojärjestelmien merkitystä ei vielä yleisesti ymmärretty. Lisäksi putkitietojen tarkistaminen systemaattisesti maastossa on kallista.

Verkostossa tehtyjen huolto- ja kunnostustoimenpiteiden aikana kiinni olleet venttiilit saattavat jäädä epähuomiossa avaamatta. Vedenjakelujärjestelmä toimii normaalioloissa tällöin moitteetta, koska vedenjakelujärjestelmään on rakennettu kiertovesiyhteyksiä vedenjakelua varmistamaan. Kiinni jääneet venttiilit vaikuttavat mallinnuksessa veden virtausreitteihin. Mallinnuksessa venttiilien on oletettu olevan auki, mikäli ei ole tietoa sitä, että ne olisivat kiinni. Väärä tieto voi johtaa virhetulkintoihin.

Kokonaisuutena voidaan todeta, että lähtötietojen tarkkuuden rajoissa tulokset antavat täysin luotettavan käsityksen siitä, miten tekninen vesi levisi vedenjakeluverkostoon. Ei ole syytä epäillä, että lähtötietojen epätasaisuudesta johtuen laskentatulokset poikkeaisivat merkittävästi todellisuudesta. Huomioitavaa kuitenkin on, että laskentamallit ovat aina vain tietyillä oletuksilla tehtyjä malleja todellisuudesta ja kaikkia olosuhteita ei koskaan pystytä mallissa huomioimaan.

## 4 LASKENTATULOKSET

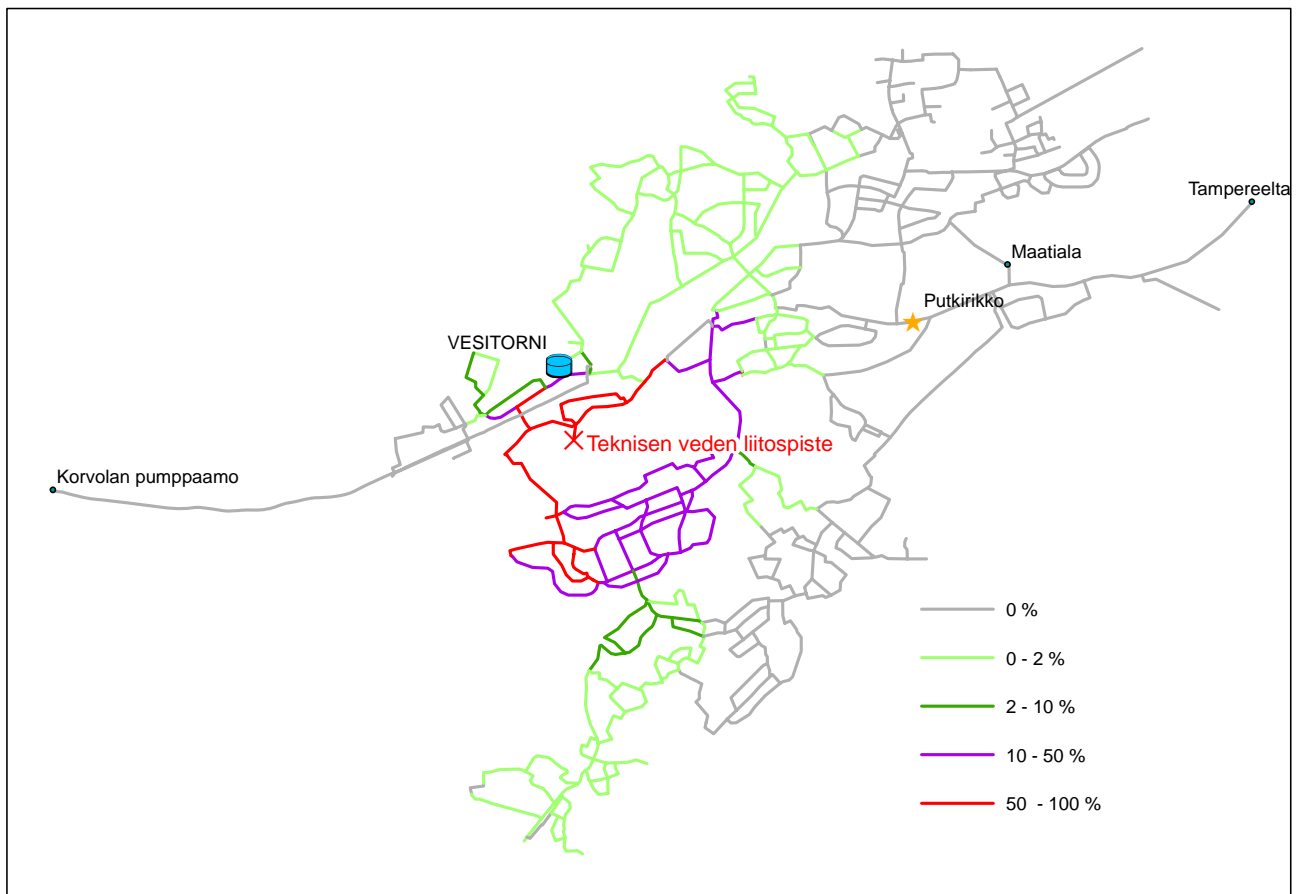
### 4.1 Pääskenaario 1: Tilanne, jossa juoksutukset on normaalisti huomioitu

Liitteessä 2 on esitetty teknisen veden osuus vedenjakeluverkostossa kolmen tunnin välein 28.11.2008 klo 12 – 30.11.2008 klo 21 pääskenaarion 1 mukaisessa tilanteessa.

Teknisen veden osuus vedenjakeluverkoston vedestä oli laskentatulosten mukaan alle 2 % 1.12.2007 eteenpäin. Siten putkirikotilanteen aikaan teknisen veden osuus putkirikon läheisyydessä olevassa verkostossa on ollut pieni ja virtaussuuntien muuttuminen putkirikon aikana ei ole vaikuttanut teknisen veden leviämiseen.

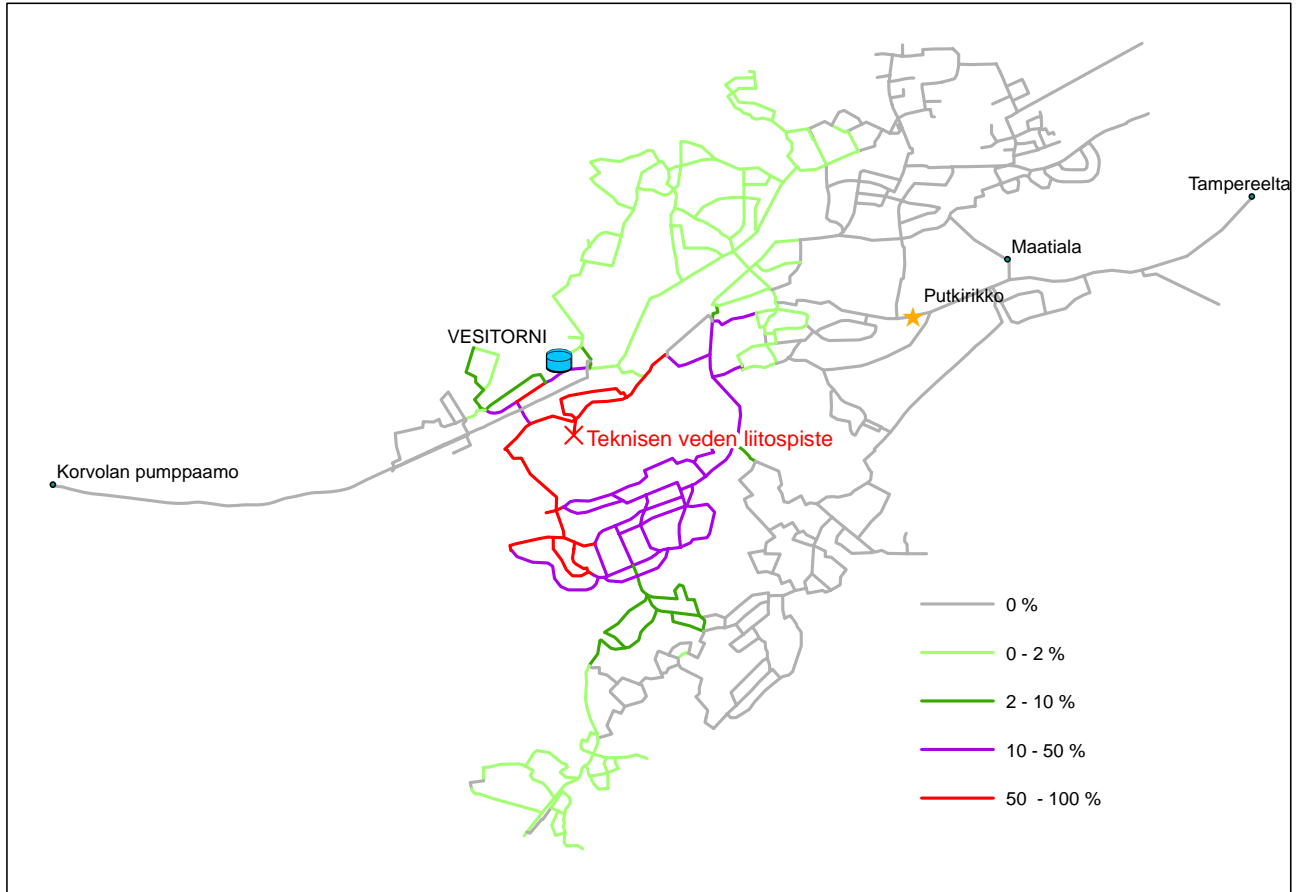
Kuvissa 3.1 – 3.5 on esitetty teknisen veden osuus maksimissaan koko tarkasteluajanjaksolla eri vertailutilanteissa.

Kuvassa 3.6 on esitetty teknisen veden osuus ajan funktiona eri vesijohtoissa pääskenaarion 1 mukaisessa tilanteessa. Tarkasteltujen vesijohtojen sijainti on esitetty kuvassa 3.7.



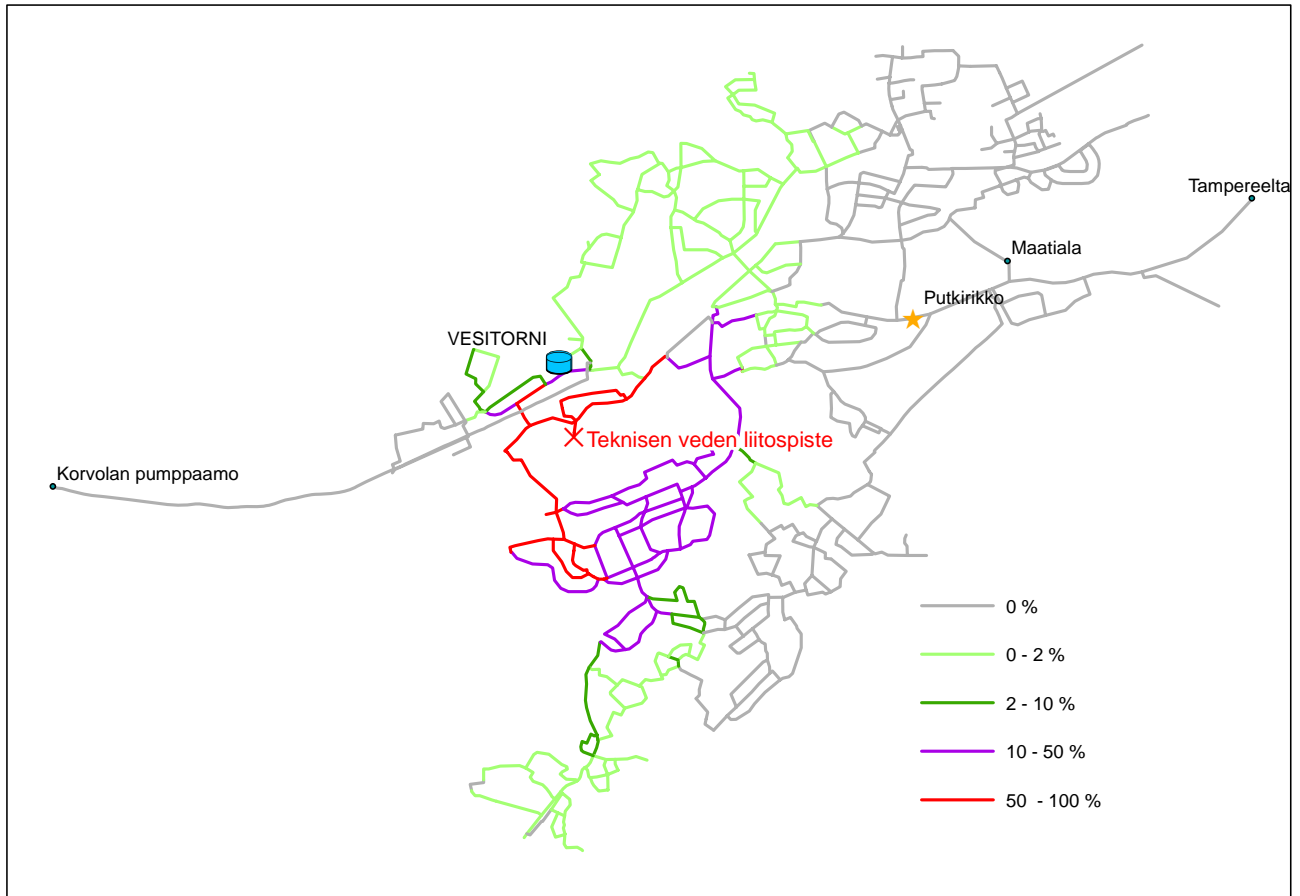
**Kuva 3.1 Teknisen veden osuus maksimissaan tarkasteluajaksolla juoksutusten (2 l/s) mukaisessa tilanteessa.**

Juoksutusvesimäärän ollessa 2 l/s, suurimmat teknisen veden määrät ovat olleet jätevedenpuhdistamon välittömässä läheisyydessä sekä Koskenmäen asuinalueella. Pohjoisessa ja etelässä osuus on ollut alle 2 % ja idässä teknisen veden osuus on ollut laskentatarkkuuden rajoissa nolla prosenttia.

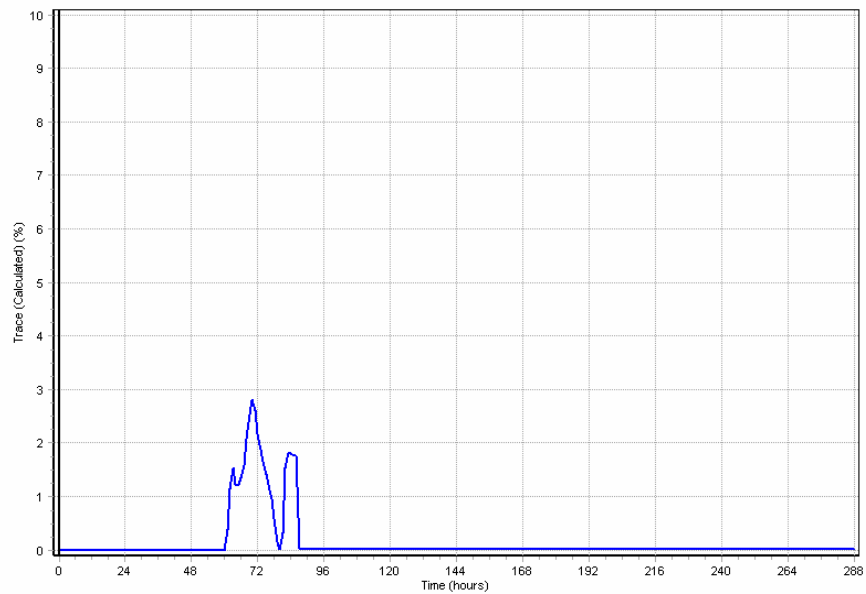


**Kuva 3.2 Teknisen veden osuus maksimissaan tarkastelujaksolla juoksutusten mukaisessa tilanteessa ja juoksutusten vesimäärä noin 3 l/s.**

Juoksutusvesimäärän ollessa 3 l/s teknisen veden osuus pienenee jonkin verran etelässä. Muualla maksimiosuus jakautuu kuten 2 l/s juoksutusten aikana.

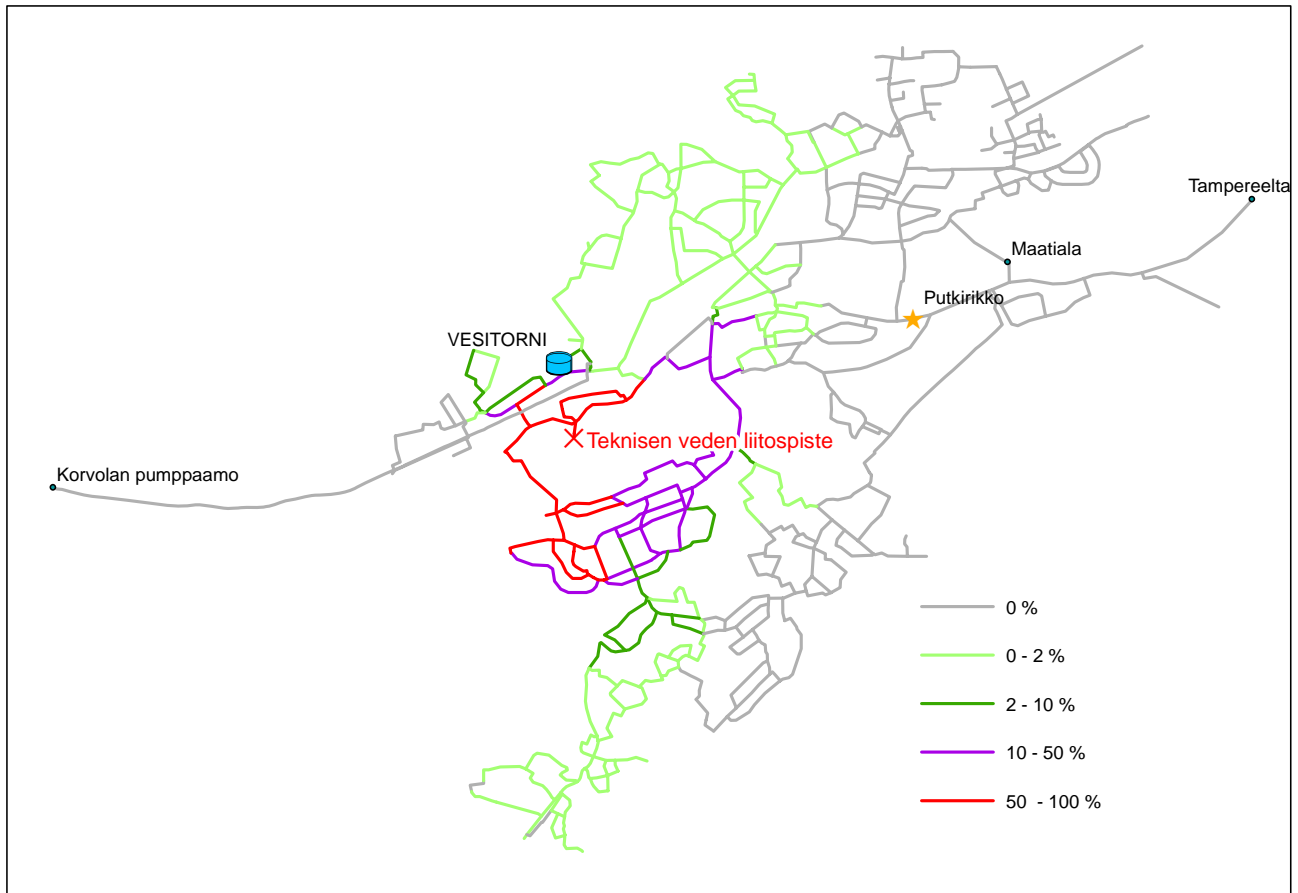


**Kuva 3.3a Teknisen veden osuus maksimissaan tarkastelujaksolla juoksutusten mukaisessa tilanteessa ja lisäksi Tottijärvellä juoksutusta tarkastelujakson alussa**



**Kuva 3.3b Teknisen veden osuus kuvan 3.3a eteläisessä verkostossa olevassa tummanvihreässä vesijohdossa (teknisen veden venttiili on laskennassa ollut auki tunninhetkillä 36 – 83).**

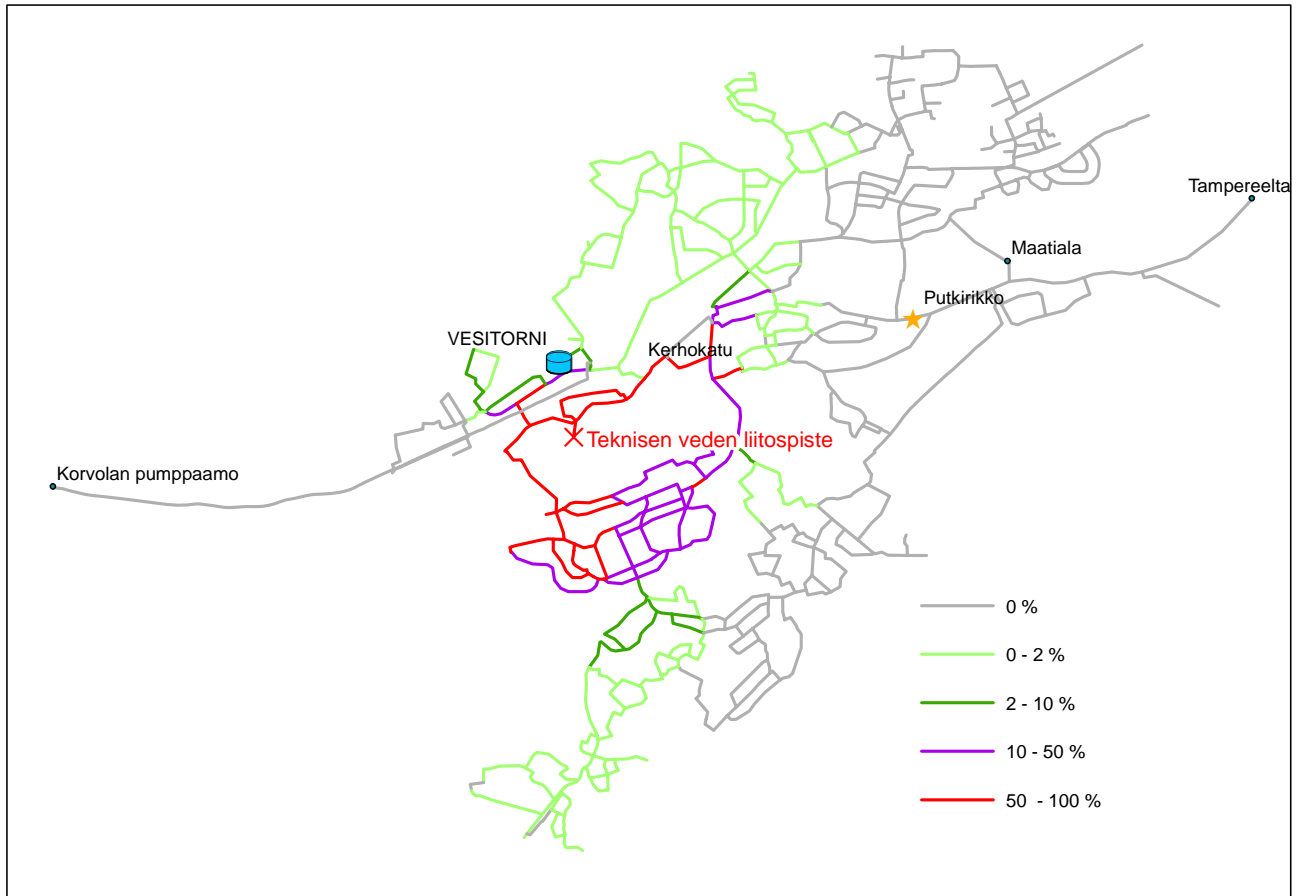
Kun Tottijärvellä on lisätty juoksuettavan veden määrää tarkastelujakson alussa, teknisen veden osuus kasvaa Koskenmäen asuinalueen eteläpuolella. Teknisen veden osuus kuvassa 3.3a tummanvihreäksi muuttuneessa vesijohdossa ajan funktiona on esitetty kuvassa 3.3b. Teknisen veden osuus kyseisessä johdossa on maksimissaan alle 3 %.



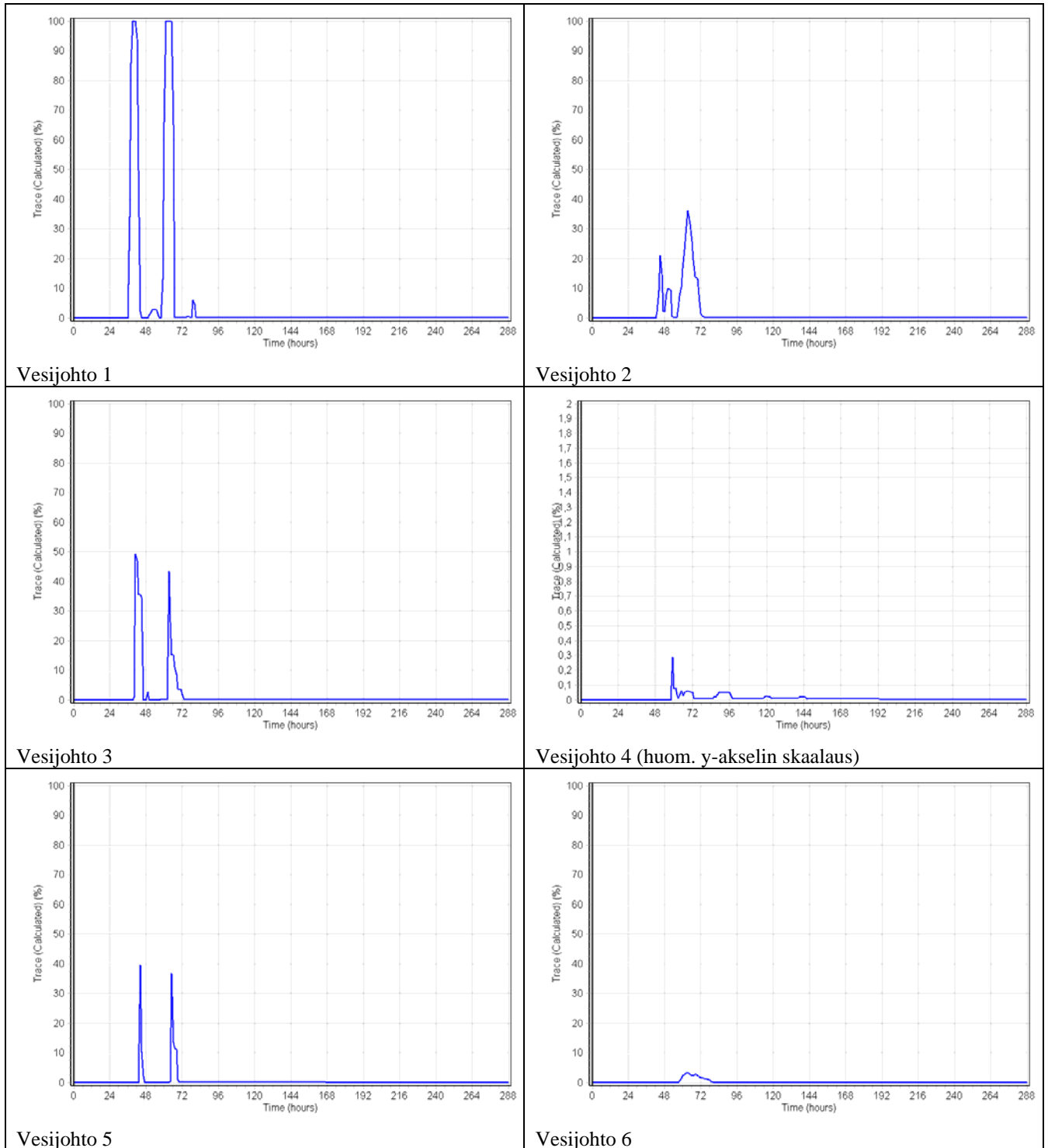
**Kuva 3.4 Teknisen veden osuus maksimissaan tarkastelujaksolla juoksuettusten (2 l/s) mukaisessa tilanteessa ja teknisen veden virtauksen ollessa vakio ajan funktiona.**

Se vaihtelee teknisen veden määrä eri tunnin hetkinä, ei vaikuta merkittävästi teknisen veden osuuteen vedenjakeluverkostossa (kuva 3.4).

Jos teknisen veden määrä kasvatetaan puolitoistakertaiseksi, kasvaa teknisen veden osuus eniten Kerhokadun läheisyydessä sekä Koskenmäen asutusalueen keskiosassa (kuva 3.5).

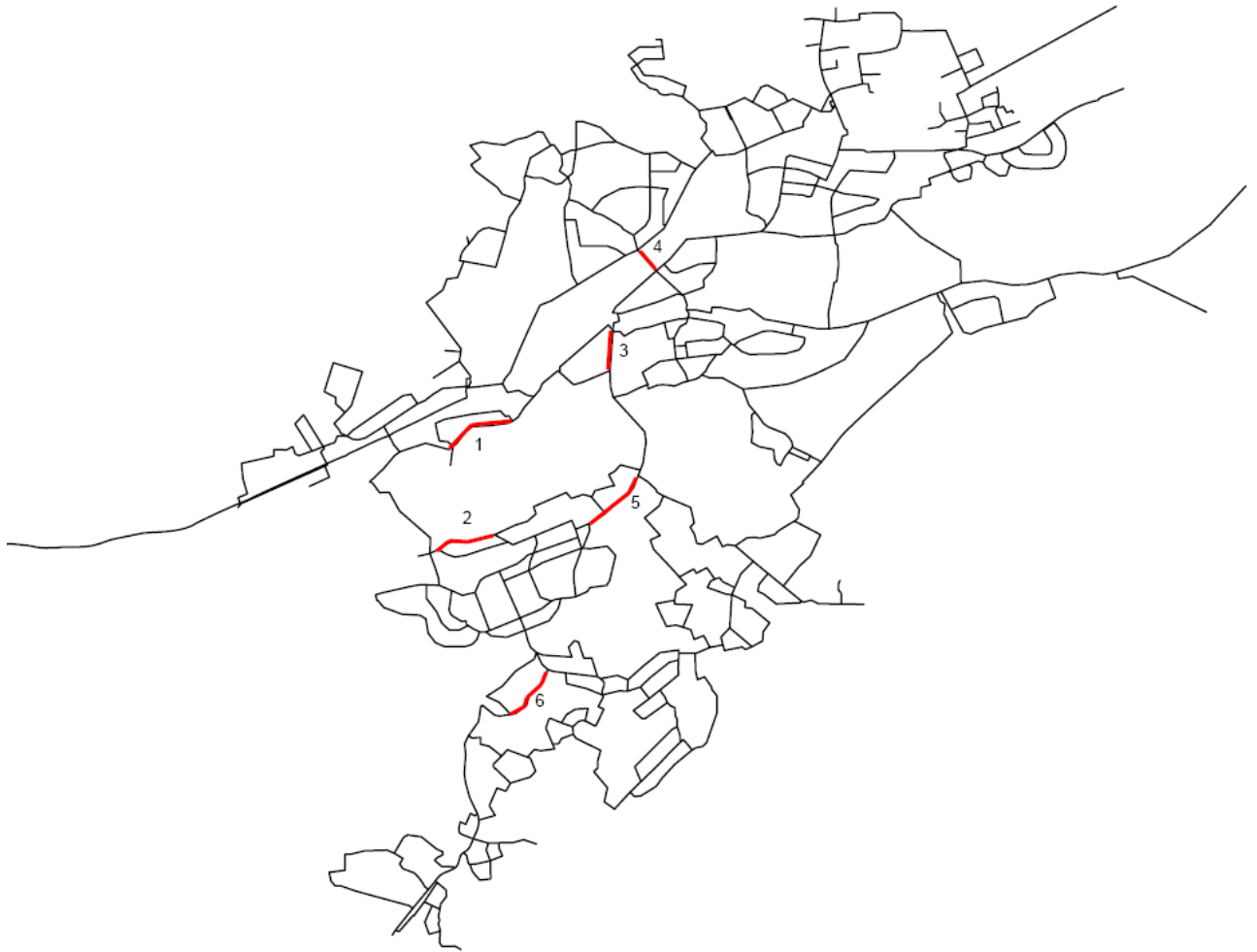


**Kuva 3.5 Teknisen veden osuus maksimissaan tarkastelujaksolla juoksu-  
tusten (2 l/s) mukaisessa tilanteessa ja teknisen veden määrän ollessa 1,5  
kertainen mitattuun vesimäärään verrattuna.**



**Kuva 3.6 Teknisen veden osuuden vaihtelu eri vesijohdoissa ajan funktiona juoksuusten (2 l/s) mukaisessa tilanteessa (teknisen veden venttiili on laskennassa ollut auki tunninhetkillä 36 – 83).**





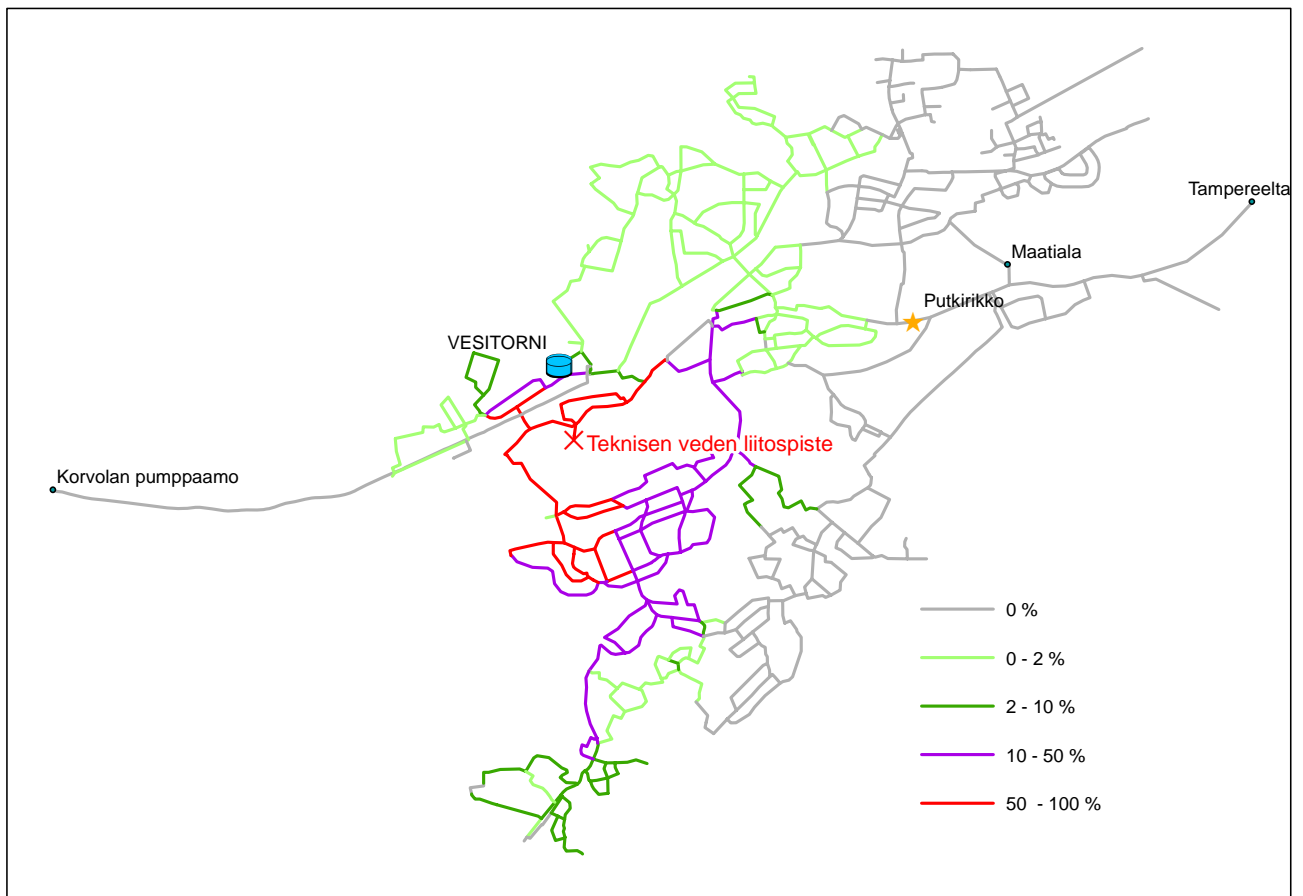
**Kuva 3.7 Tarkasteltujen vesijohtojen sijainti**

#### 4.2 Pääskenaario 2: Tilanne, jossa ei ole juoksutuksia mukana

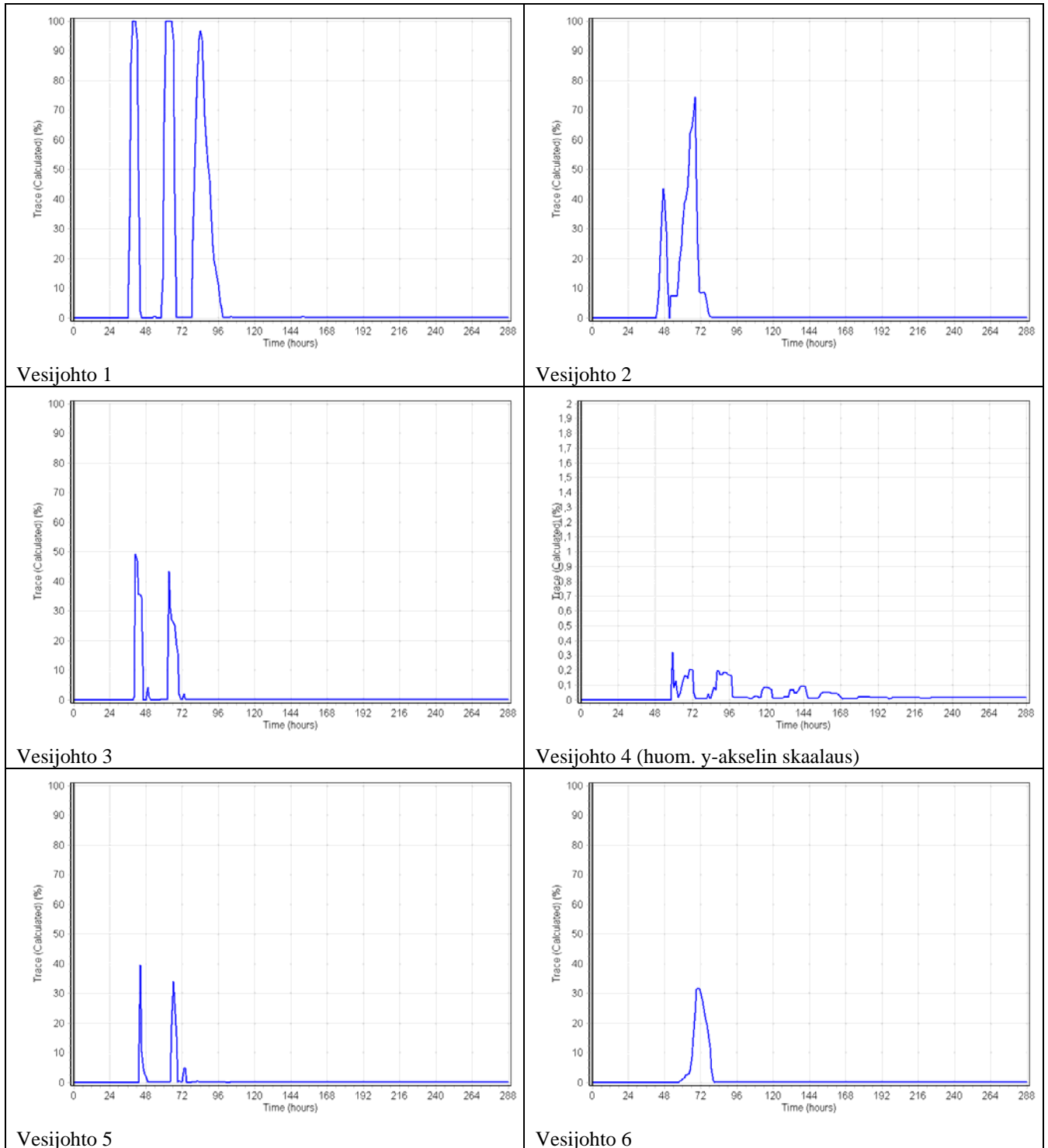
Kuvassa 3.8 on esitetty teknisen veden osuus maksimissaan koko tarkasteluajanjaksolla pääskenaarion 2 mukaisessa tilanteessa.

Kuvassa 3.9 on esitetty teknisen veden osuus ajan funktiona eri vesijohdoissa pääskenaarion 2 mukaisessa tilanteessa. Tarkasteltujen vesijohtojen sijainti on esitetty kuvassa 3.7.

Jos vettä ei olisi juoksutettu, teknisen veden osuus verkoston eteläosassa olisi ollut huomattavasti suurempi kuin juoksutusten aikana.



**Kuva 3.8 Teknisen veden osuus maksimissaan tarkastelujaksolla tilanteessa, jossa juoksutuksia ei ole ollut mukana**



**Kuva 3.9 Teknisen veden osuuden vaihtelu eri vesijohdoissa ajan funktiona tilanteessa, jossa juoksuksia ei ole ollut mukana (teknisen veden venttiili on laskennassa ollut auki tunninhetkillä 36 – 83).**

## 5 JOHTOPÄÄTÖKSET

Teknisen veden osuus verkoston johdoissa oli lauantaista 1.12.2007 eteenpäin alle 2 % laskentatarkkuuden rajoissa. Osuuden maksimi-arvot olivat suurimmassa osassa verkostoa selkeinä piikkeinä ennen lauantaita.

Verkosto jakautuu lounais-koillinen suunnassa kahteen osaan, joista idässä ei teknistä vettä laskentatarkkuuden rajoissa ole havaittu ja siten tekninen vesi on levinnyt vain läntiseen osaan. Nokian valtatie pohjoispuolella teknistä vettä on pääasiassa ollut alle 2 % verkostovedestä - ainoastaan vesitornin eteläpuolella ja Kerhokadun pohjoispuolella osuus on ollut suurempi. Eniten teknistä vettä on ollut jätevedenpuhdistamon ympäristössä ja Koskenmäen asuinalueella.

Putkirikkojen tapahtuessa 5. ja 6.12.2007 teknisen veden määrä oli laskennan perusteella verkoston johdoissa alle 2 % ja putkirikon aiheuttamat muutokset veden virtauksissa eivät siten vaikuttaneet merkittävästi teknisen veden leviämiseen.

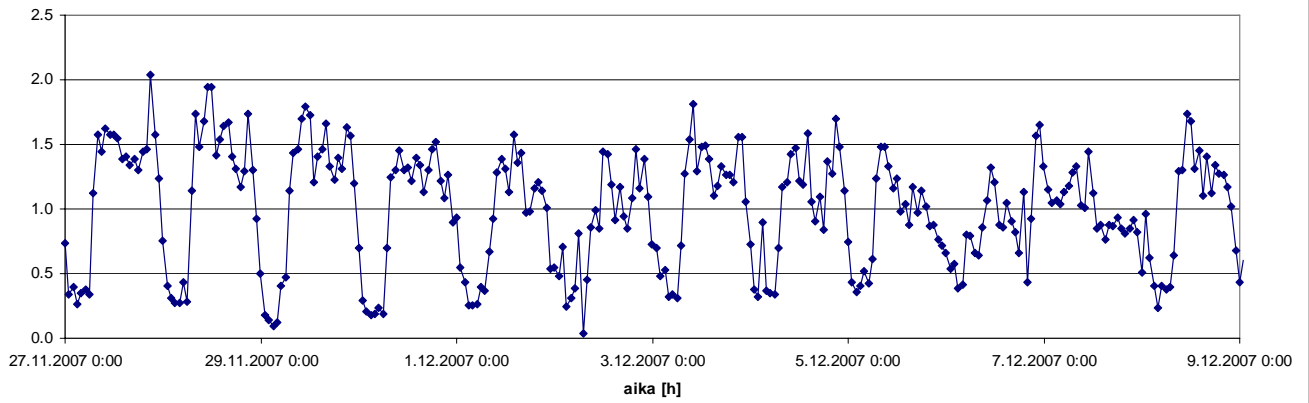
Juoksutusten määrä 2 tai 3 l/s kustakin pisteestä samoin kuin Tottijärven oletuksena ollut juoksutus eivät vaikuta merkittävästi laskentatuloksiin.

Juoksutukset vähensivät teknisen veden leviämistä eteläiseen osaan vedenjakeluverkostoa.

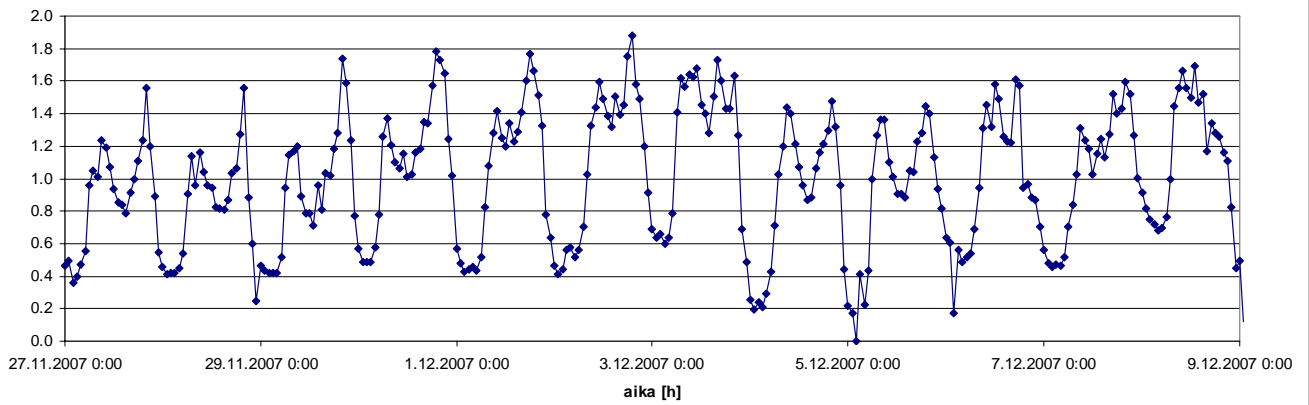
Jos teknisen veden määrä olisi ollut 1,5-kertainen mittaustiedon mukaiseen määrään verrattuna, teknisen veden osuus Kerhokadun läheisyydessä ja Koskenmäen asuinalueen keskiosassa olisi ollut laskentatulosten perusteella suurempi.

Liite 1  
Kulutusalueiden ominaiskulutuskäyrät

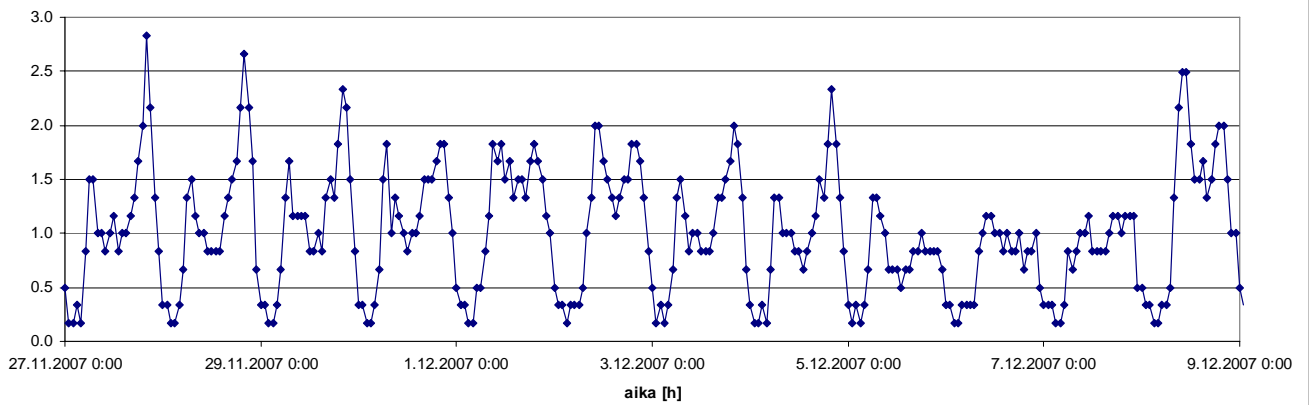
Nokian pohjoisosan ominaiskulutus



Koskenmäen ominaiskulutus

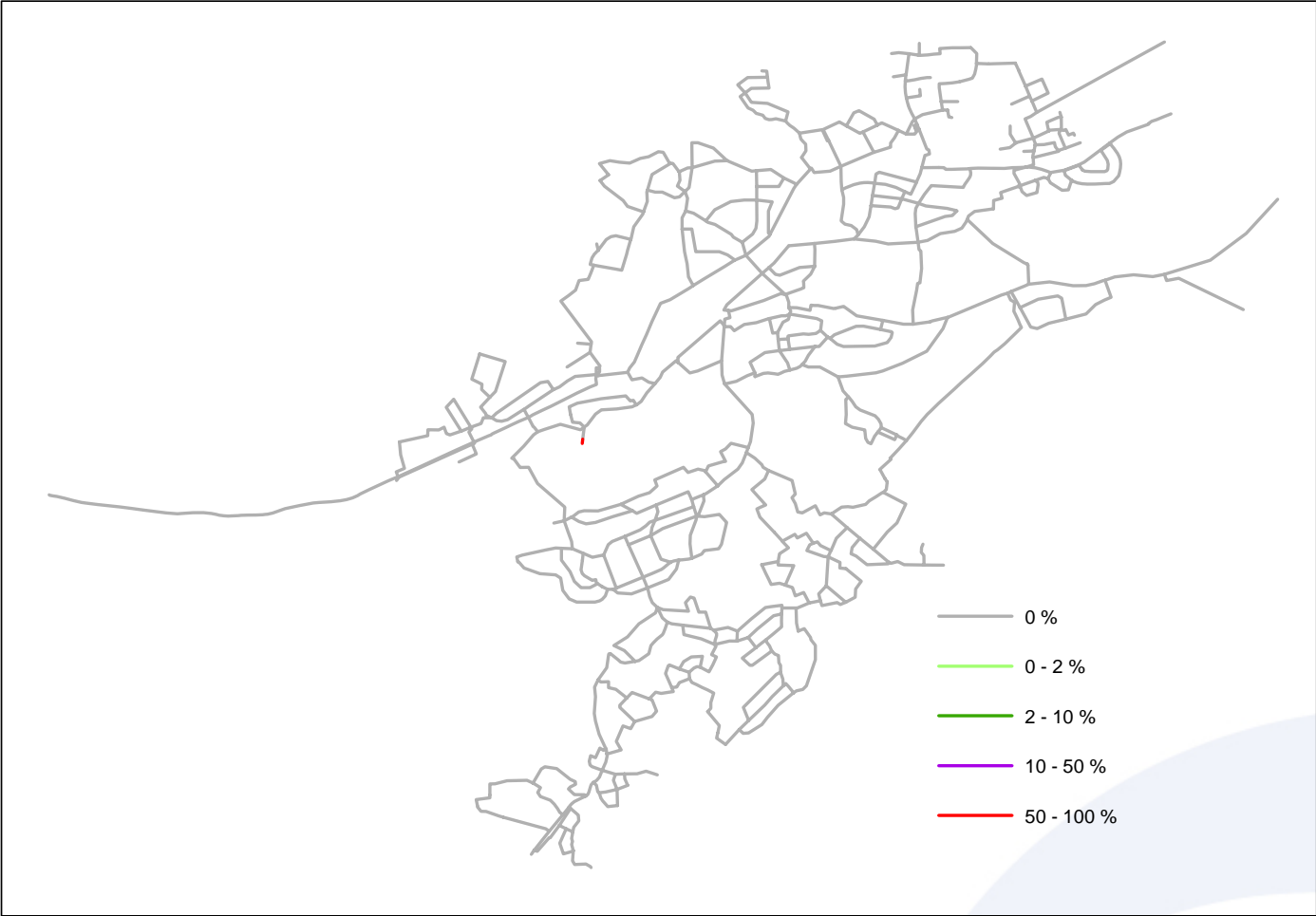


Takalauttalan ominaiskulutus



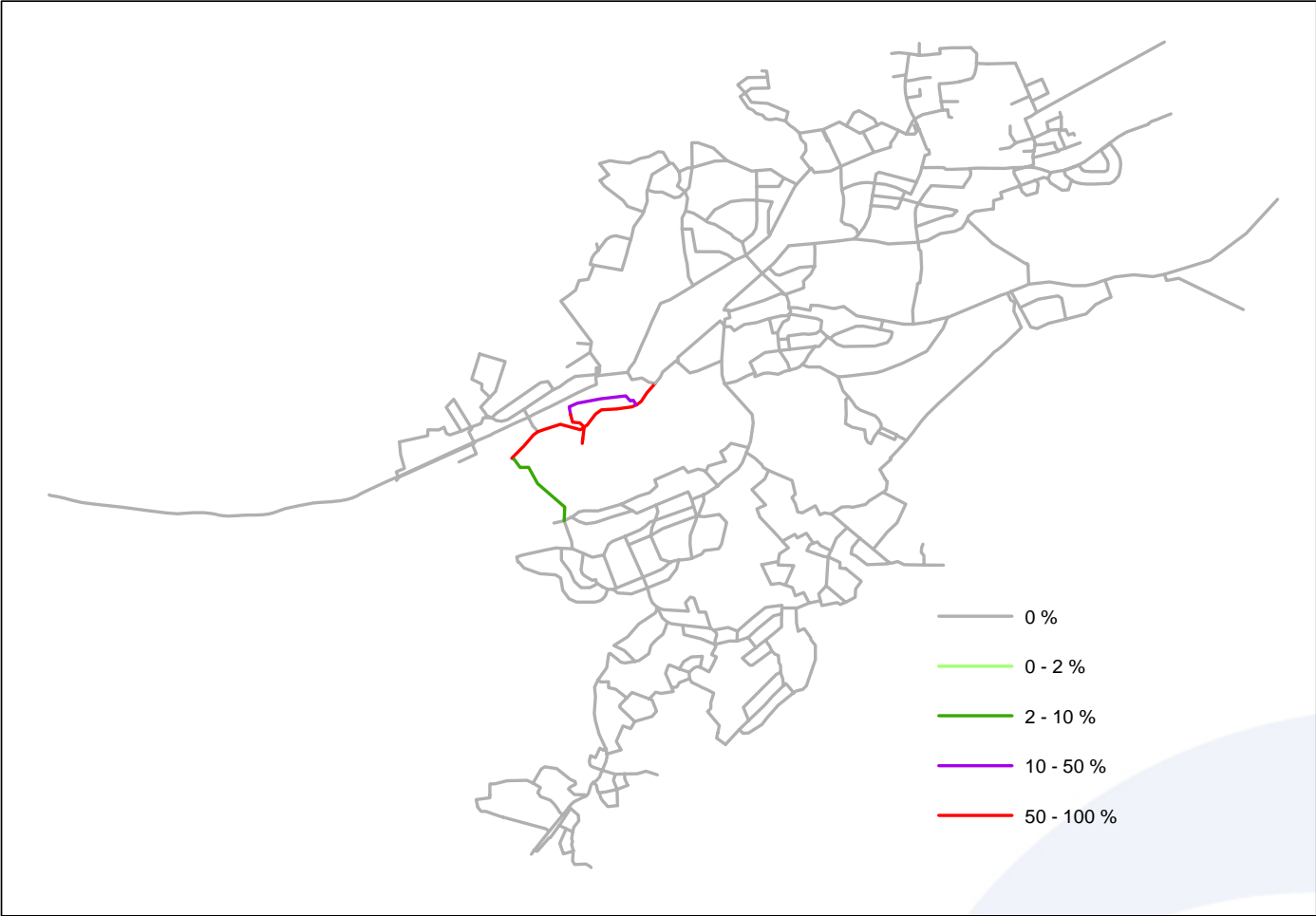
Liite 2  
Teknisen veden osuus verkostossa kolmen tunnin välein

# Teknisen veden osuus 28.11.08 klo 12

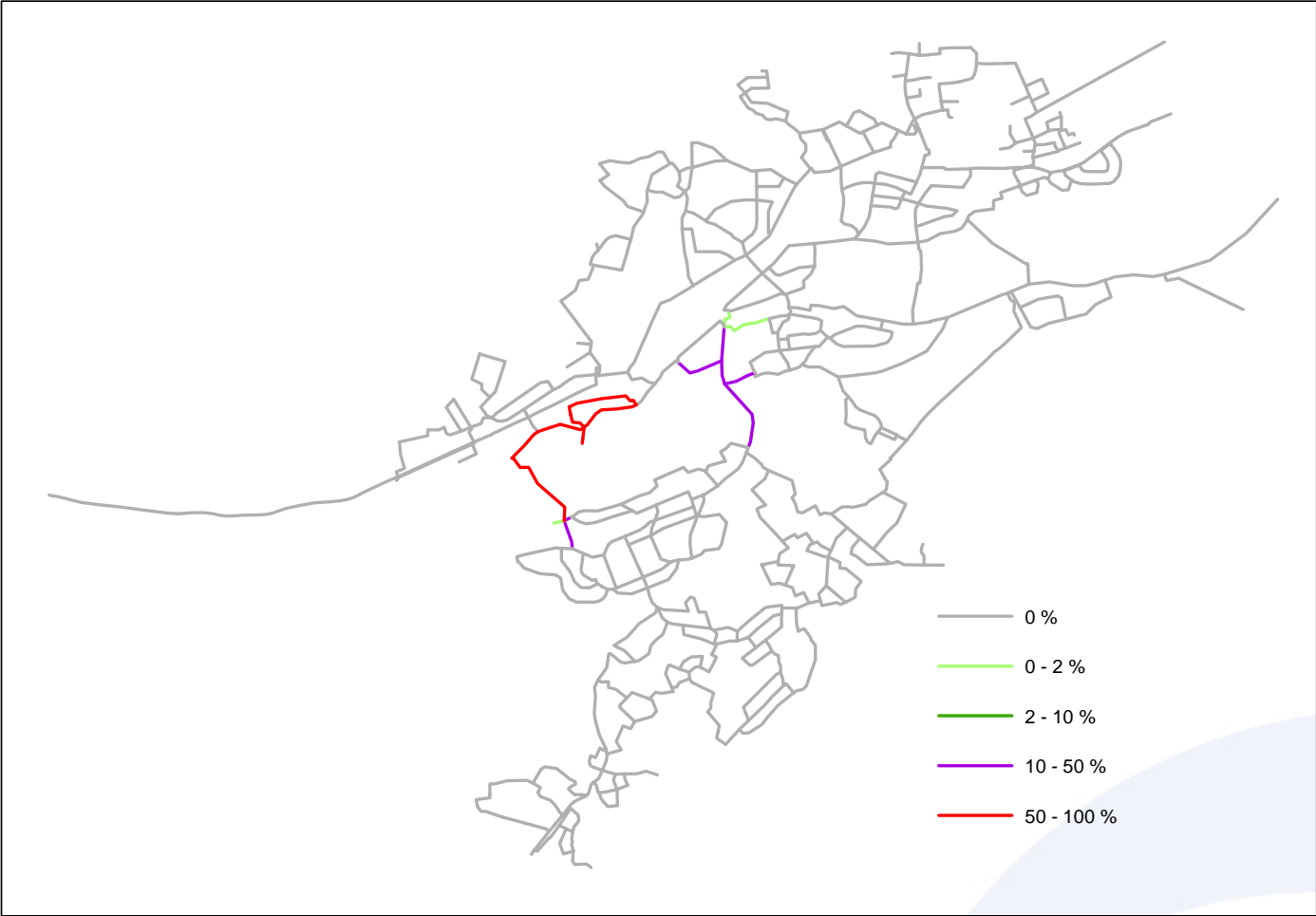




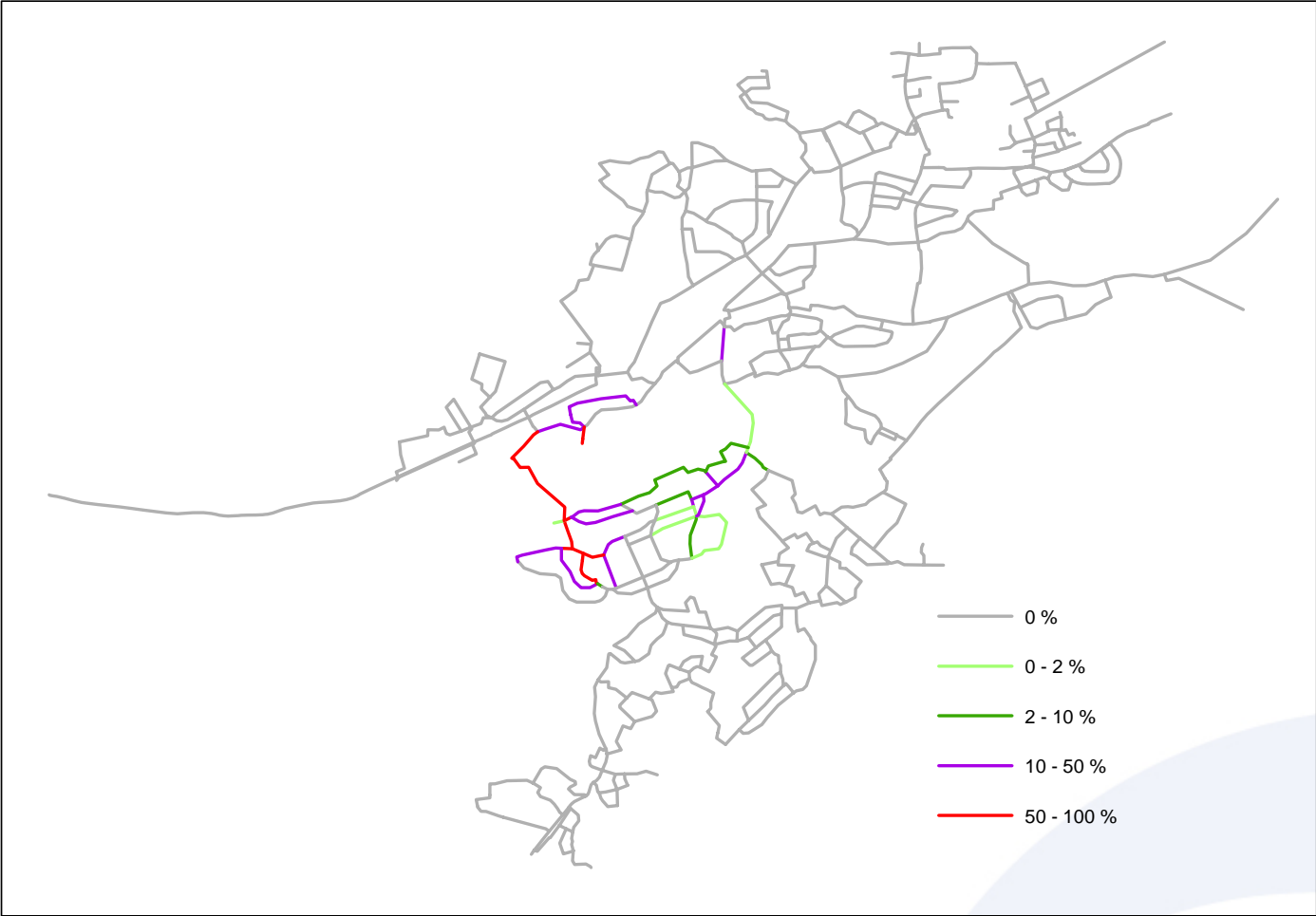
# Teknisen veden osuus 28.11.08 klo 15



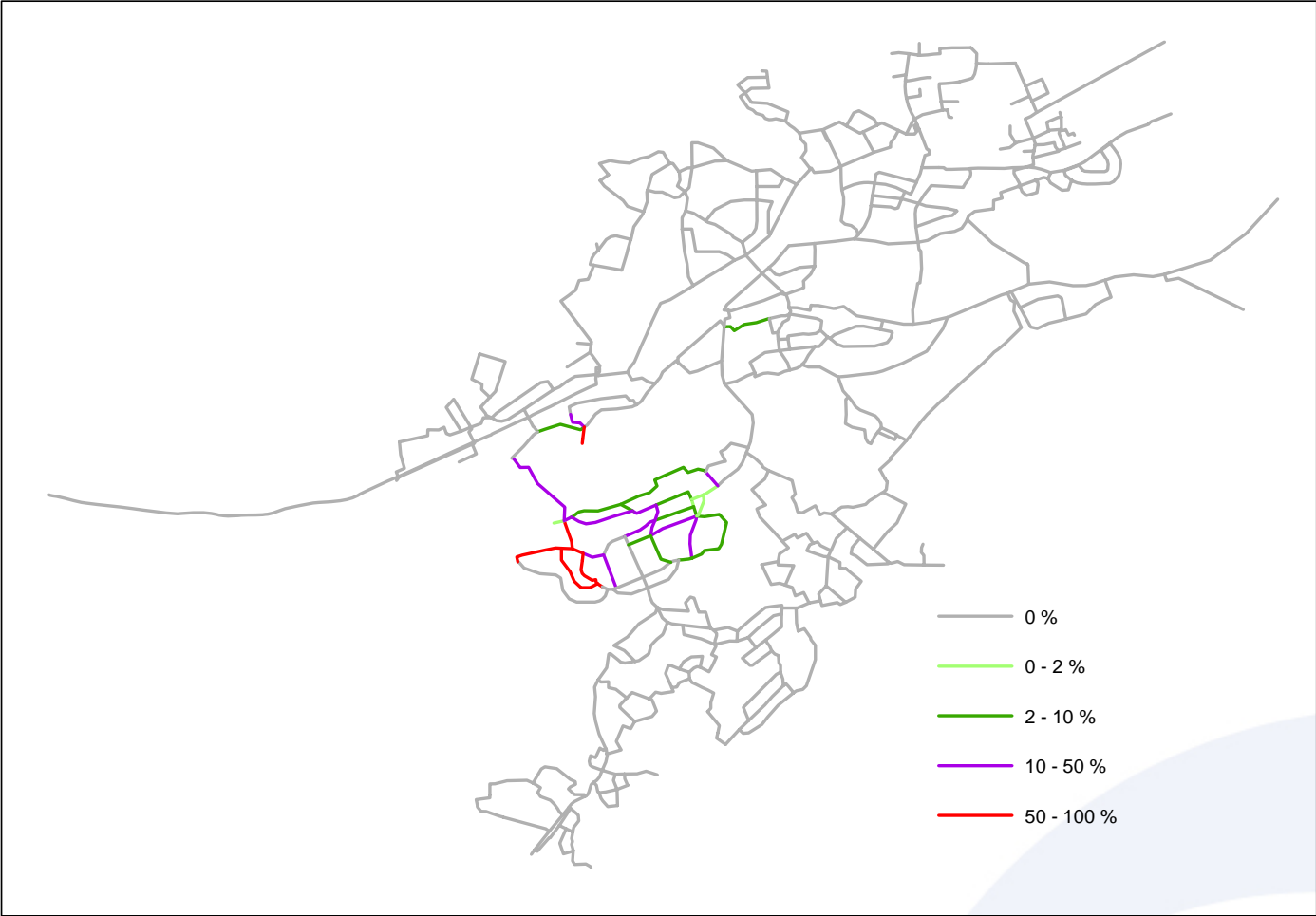
# Teknisen veden osuus 28.11.08 klo 18



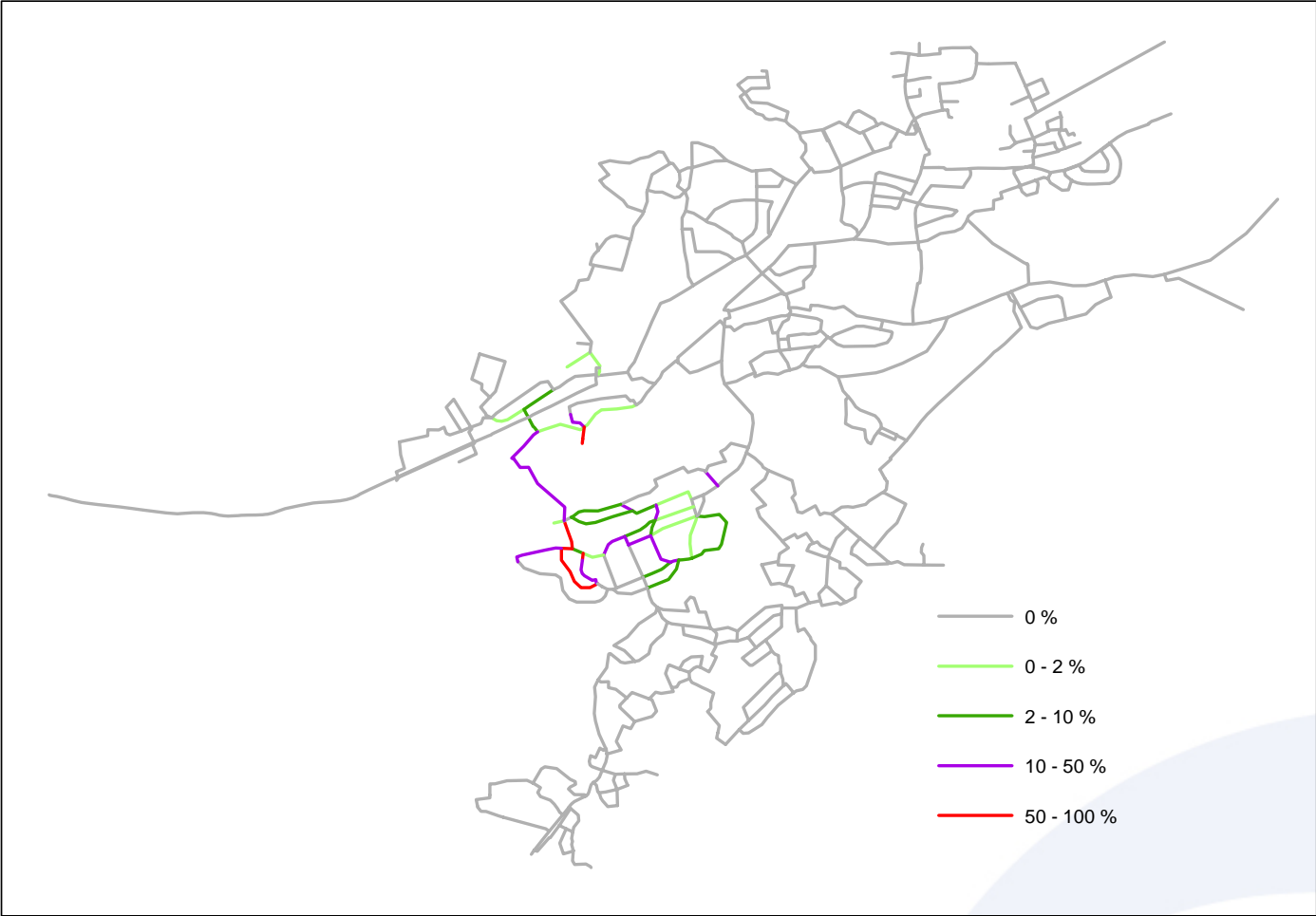
# Teknisen veden osuus 28.11.08 klo 21



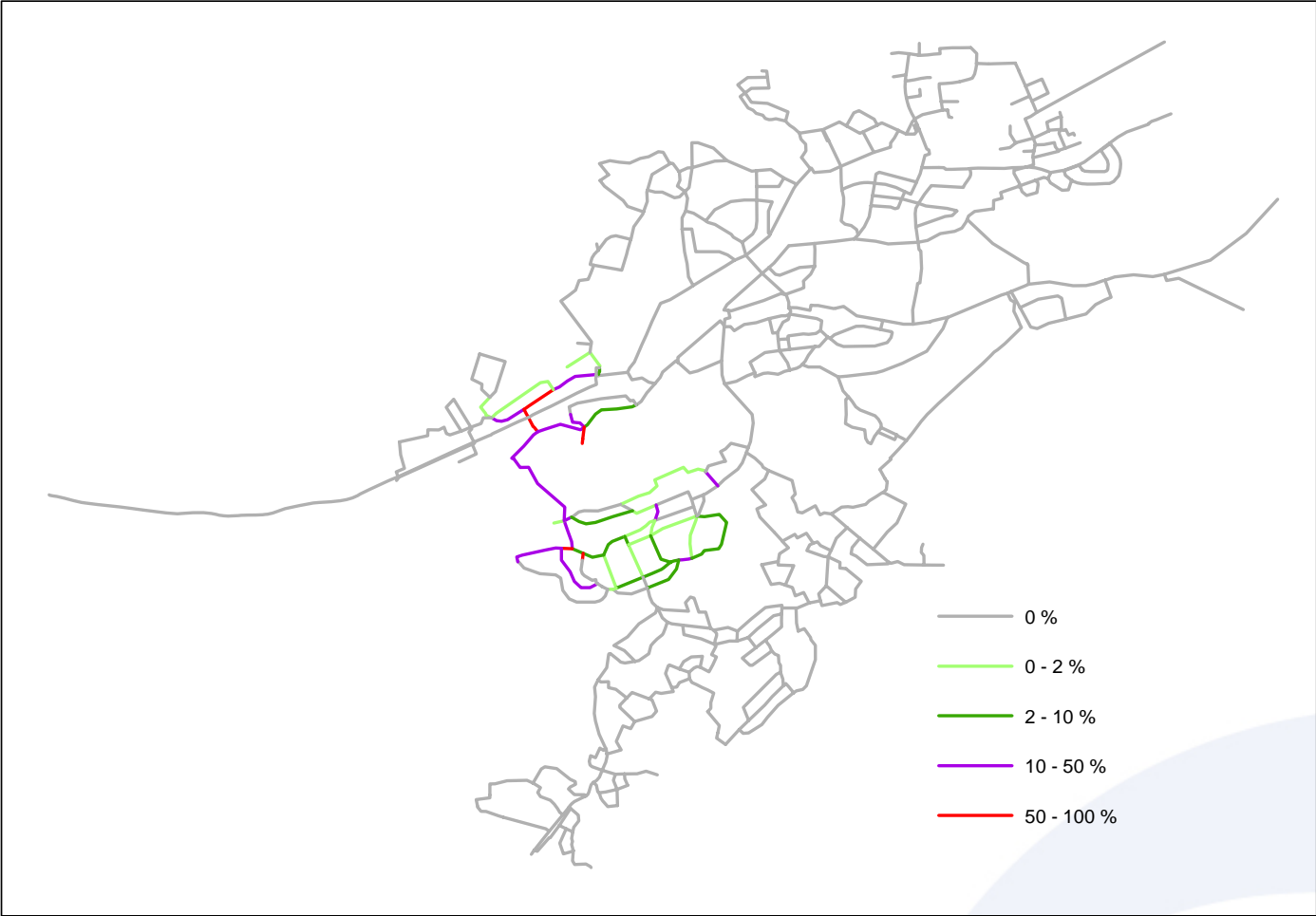
# Teknisen veden osuus 29.11.08 klo 00



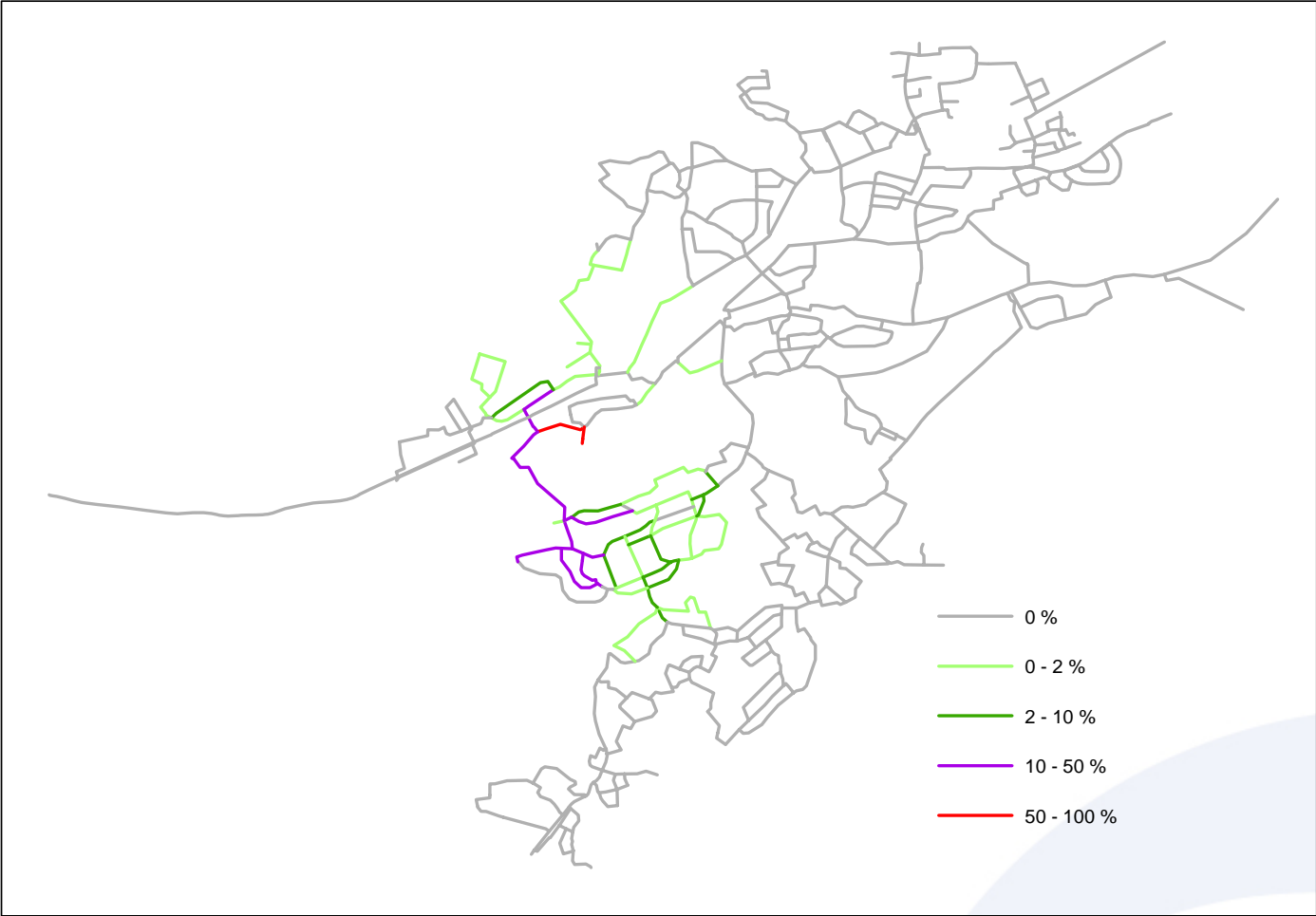
# Teknisen veden osuus 29.11.08 klo 03



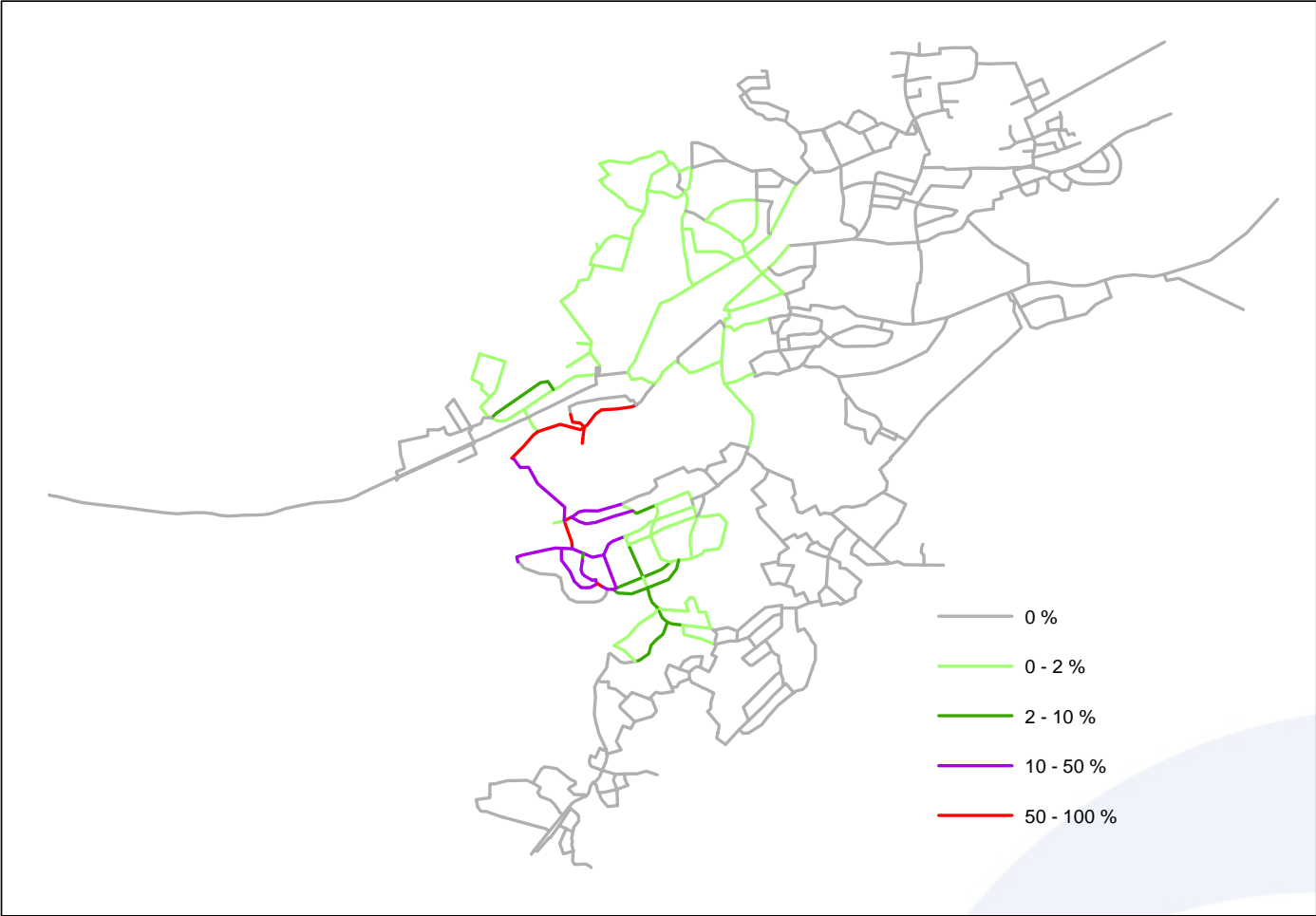
# Teknisen veden osuus 29.11.08 klo 06



# Teknisen veden osuus 29.11.08 klo 09

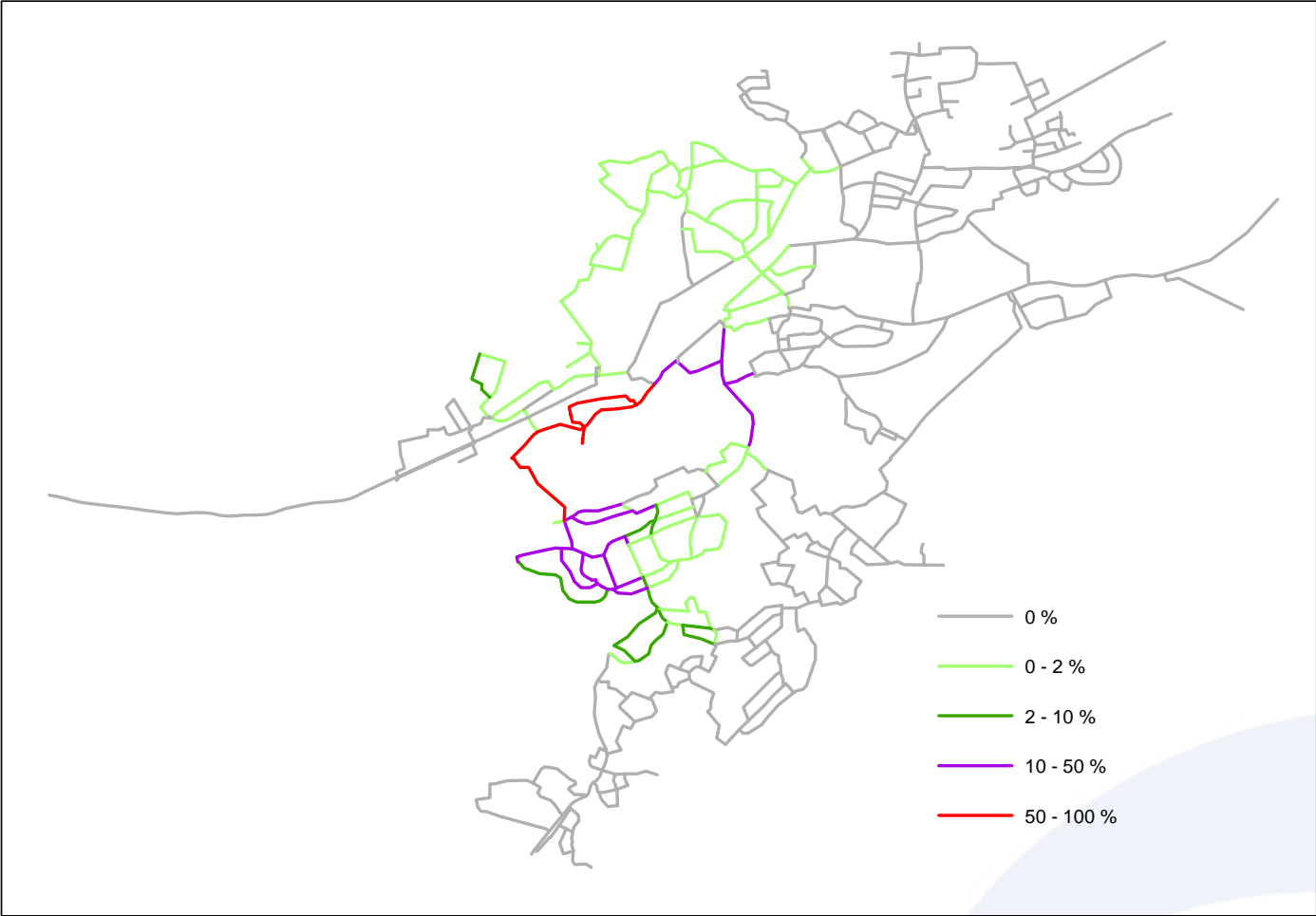


# Teknisen veden osuus 29.11.08 klo 12

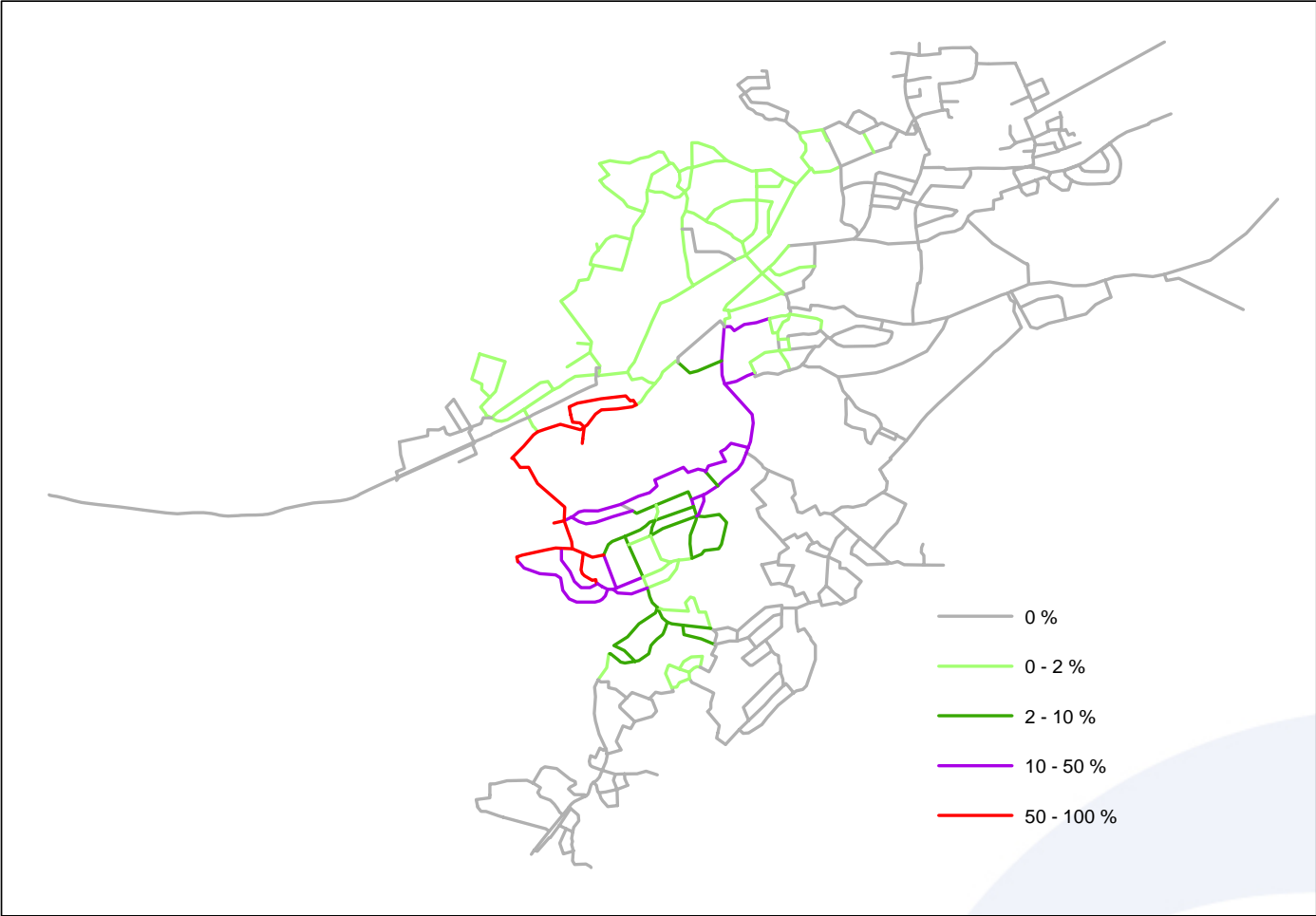




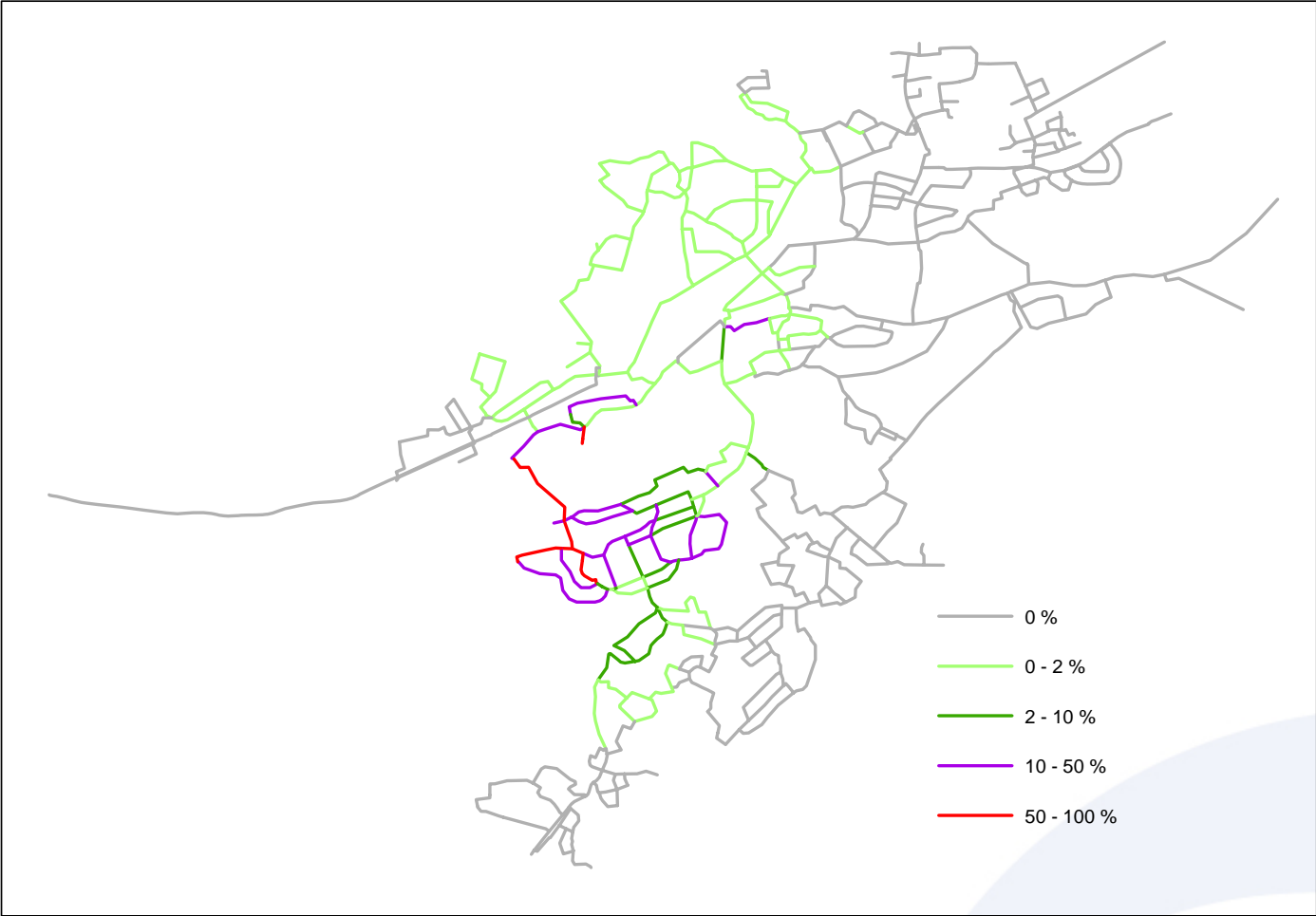
# Teknisen veden osuus 29.11.08 klo 15



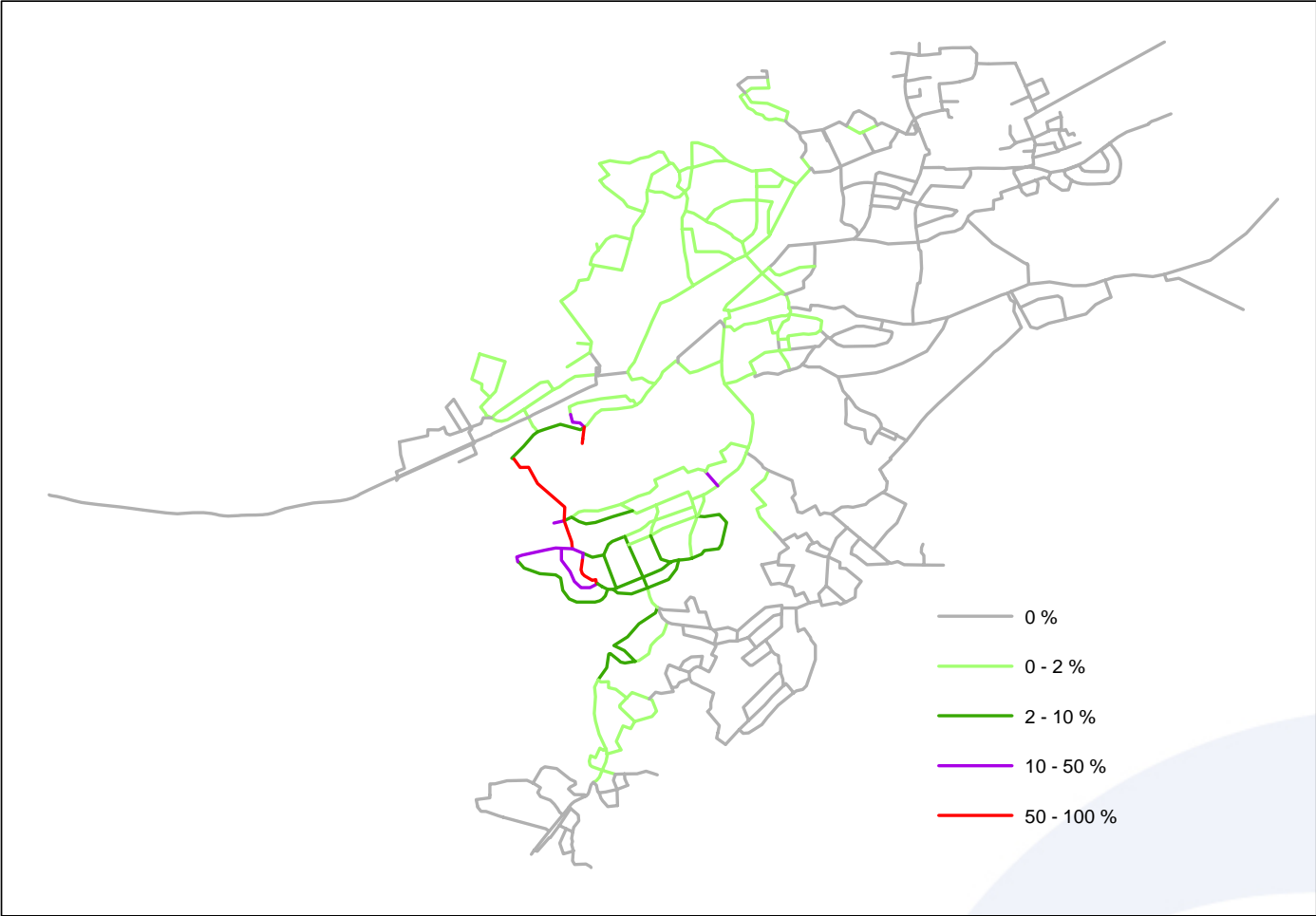
# Teknisen veden osuus 29.11.08 klo 18



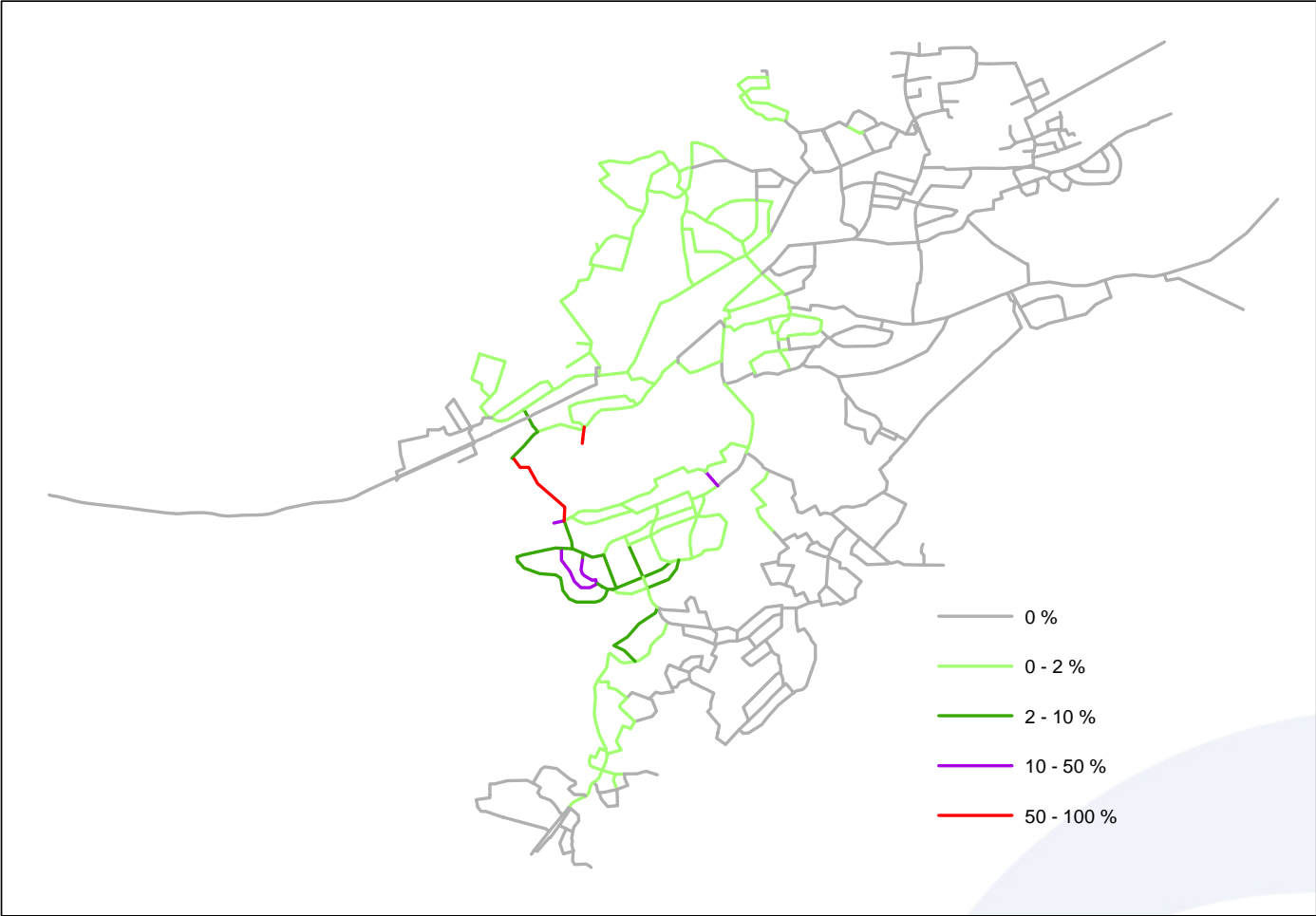
# Teknisen veden osuus 29.11.08 klo 21



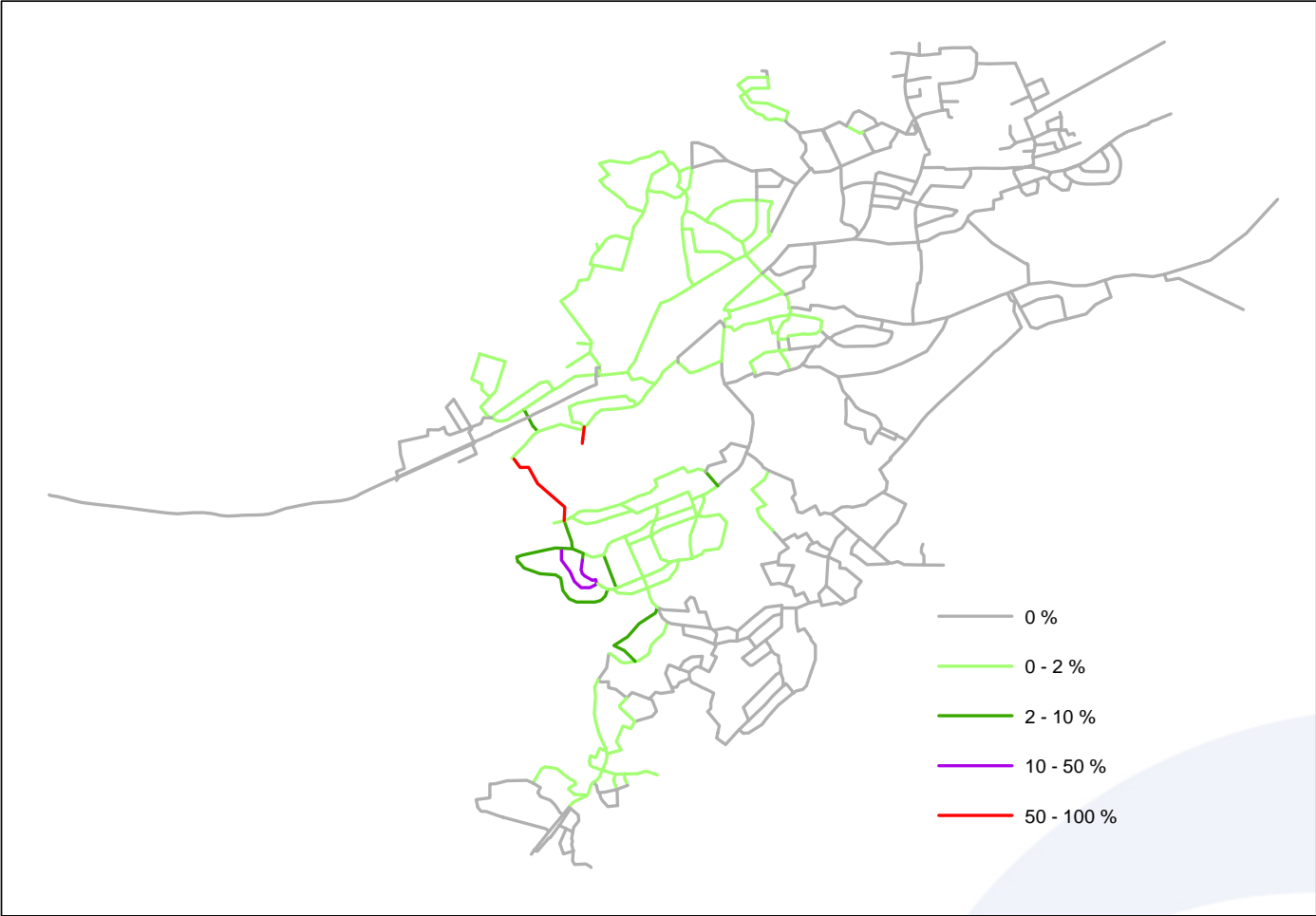
# Teknisen veden osuus 30.11.08 klo 00



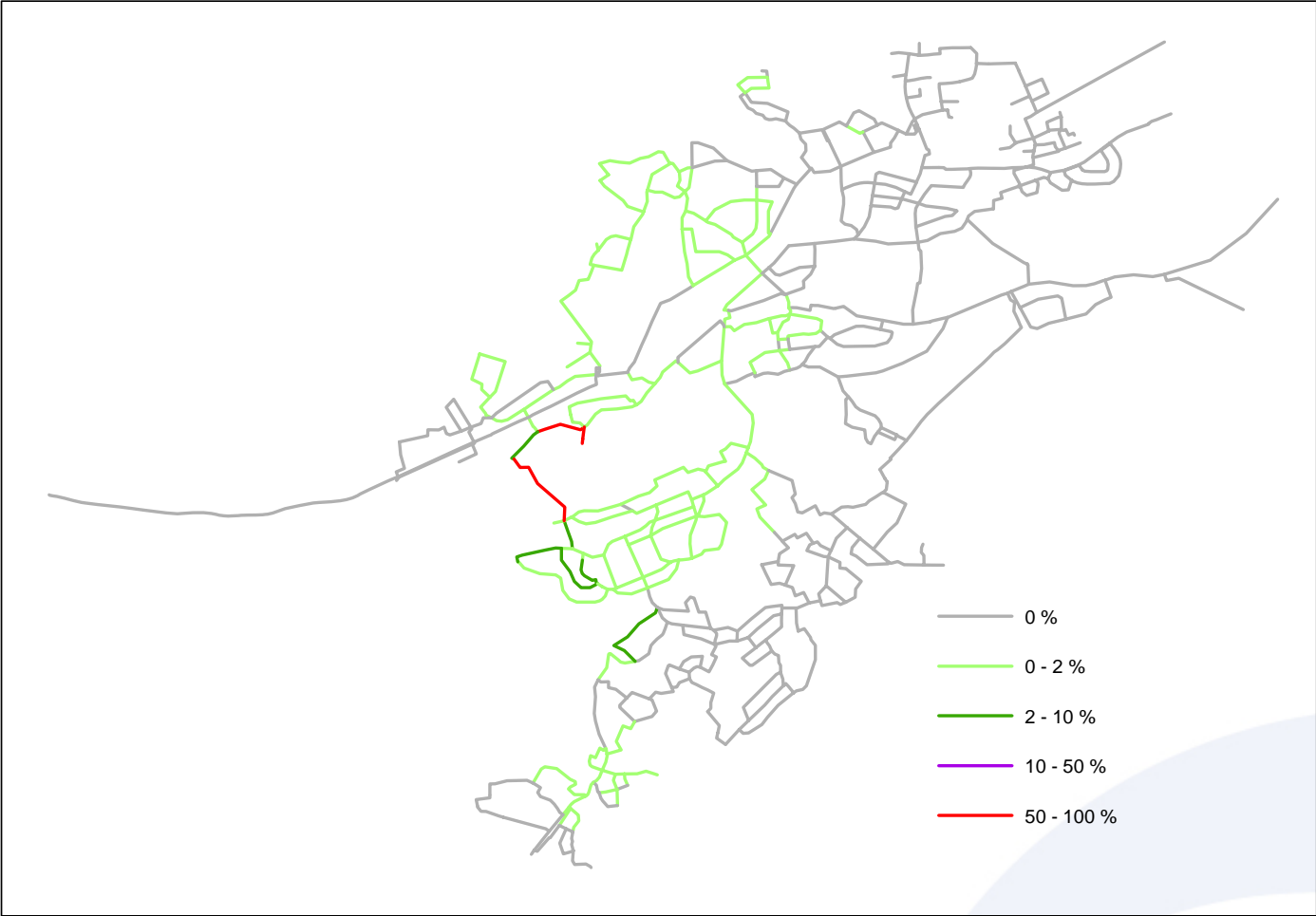
# Teknisen veden osuus 30.11.08 klo 03



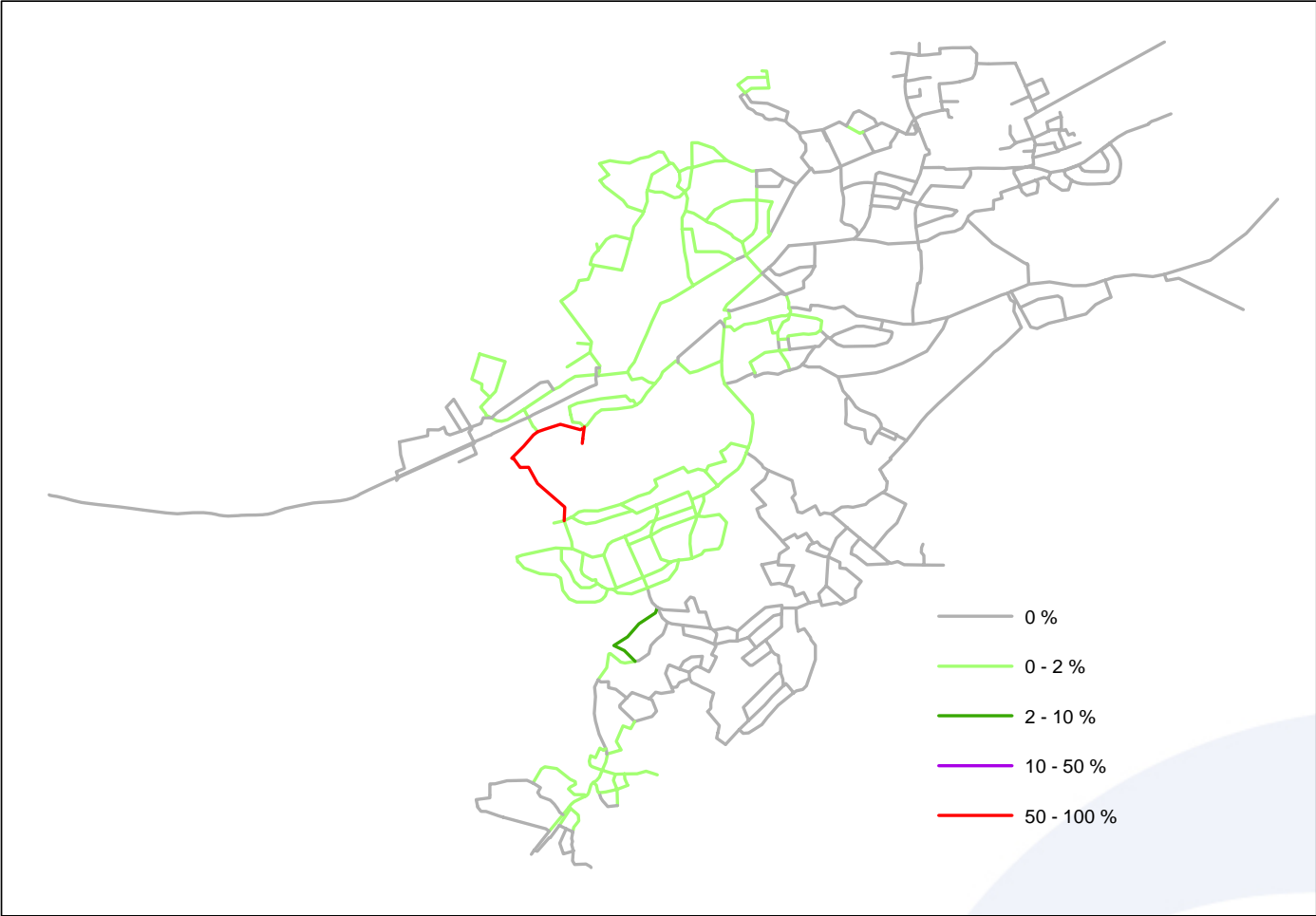
# Teknisen veden osuus 30.11.08 klo 06



# Teknisen veden osuus 30.11.08 klo 09

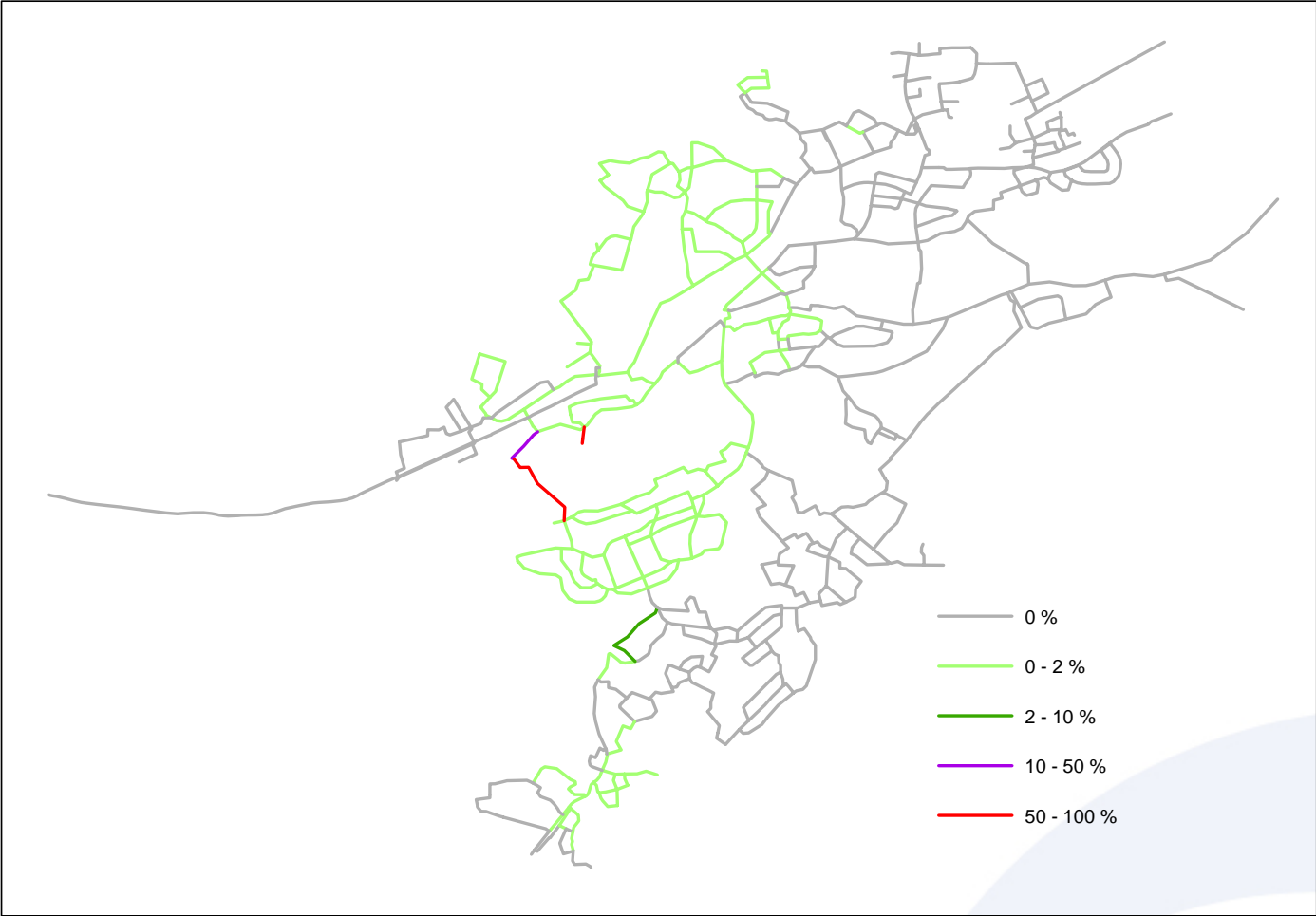


# Teknisen veden osuus 30.11.08 klo 12

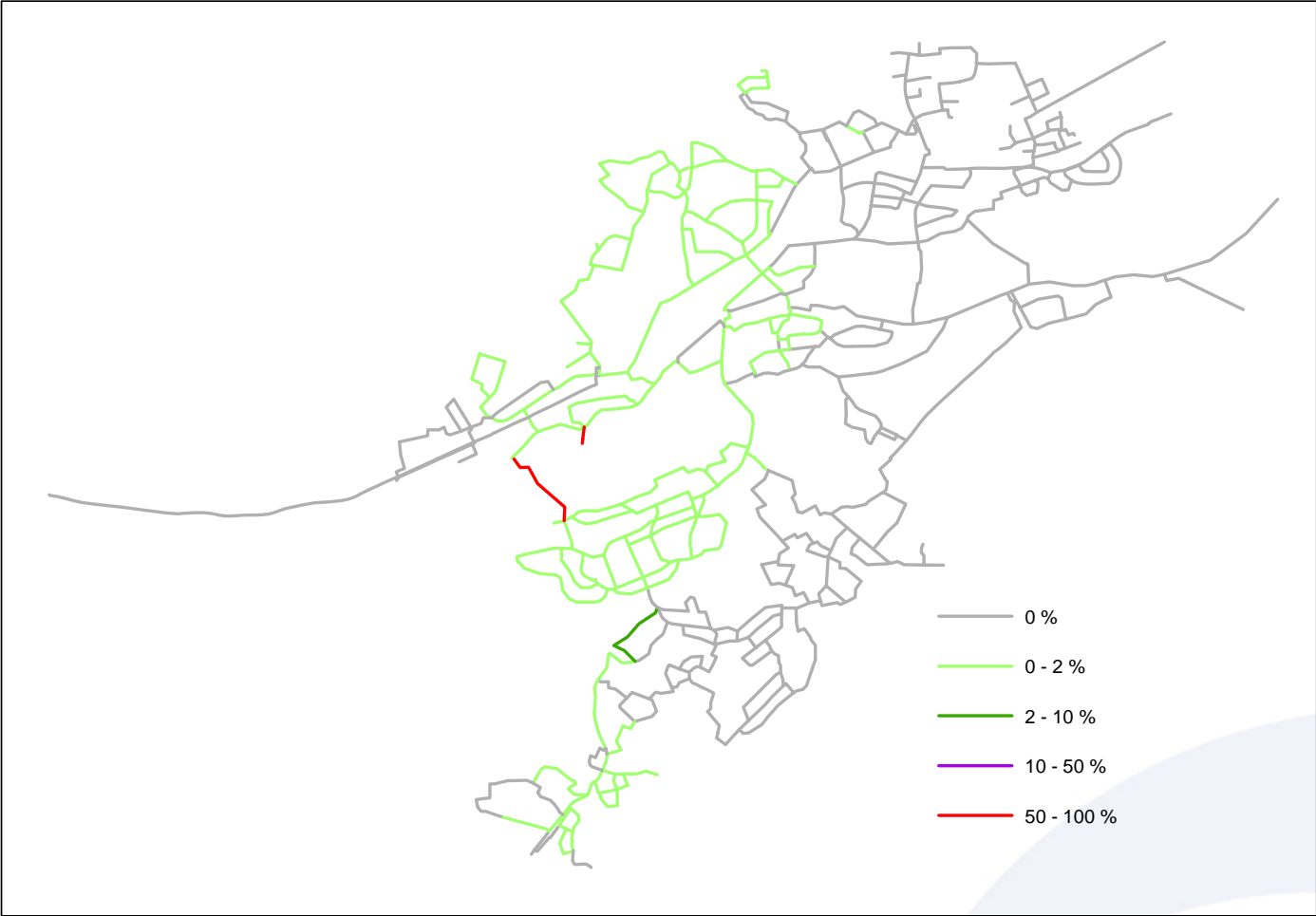




# Teknisen veden osuus 30.11.08 klo 15



# Teknisen veden osuus 30.11.08 klo 18



# Teknisen veden osuus 30.11.08 klo 21

