

Vedenkulutuksen ennustaminen vuosille 2016-2035

Mat- 2.4177 Operaatiotutkimuksen projektityöseminaari

Projektipäällikkö:
Jori Jämsä

Projektitiimi:
**Suvi Ahopelto
Jari Hast
Mariko Landström**

VEDENKULUTUKSEN ENNUSTAMINEN VUOSILLE 2016-2035

Projektin perustiedot

Projektin nimi (lyhenne)	Vedenkulutuksen ennustaminen vuosille 2016-2035
Projektityyppi	HSY:n sekä matematiikan ja systeemianalyysin laitoksen yhteisprojekti
Projektin aikataulu	16.1.2015-18.5.2015
Dokumentaation sijainti	Projektiryhmän Google Drive
Projektipäällikkö	Jori Jämsä
Ohjausryhmän puheenjohtaja ja projektin omistaja	Heidi Ekholm

Dokumentin perustiedot

Dokumentin laatijat	Jori Jämsä, Suvi Ahopelto, Jari Hast, Mariko Landström
Liitteet	Liite 1 – Kokonaisvedenkulutukseen vaikuttavat muut lähtötiedot Liite 2 - Regressioanalyysin tulokset: perheko Liite 3 – Regressioanalyysin tulokset: keski-ikä Liite 4 – Regressioanalyysin tulokset: rakennuksen ikä Liite 5 - Projektiryhmän ajatuksia

Sisällys

1 JOHDANTO	4
2 VEDENKULUTUKSEN ENNUSTEMALLIT	5
2.1 <i>Ennustemallit kirjallisuudessa</i>	5
2.2 <i>HSY:n ja sen edeltäjien aiemmat ennusteet</i>	6
2.2.1 <i>Espoon veden ennuste vuosille 2003-2030</i>	6
2.2.2 <i>Helsingin veden ennuste vuosille 2007-2035</i>	7
2.2.3 <i>Vesihuollon talousmalli vuonna 2014</i>	8
3 ASUTUKSEN VEDENKULUTUKSEEN VAIKUTTAVAT TEKIJÄT	9
3.1 <i>Hinta, laskun rakenne sekä laskutuksen frekvenssi</i>	9
3.2 <i>Sää ja ilmasto</i>	11
3.3 <i>Väestörakenne, sosioekonomiset tekijät ja asutuksen tyyppi</i>	11
3.4 <i>Teknologia</i>	13
4 AINEISTO	16
5 MENETELMÄT	17
5.1 <i>Ennustaminen: perusura ja poikkeuttavat tekijät</i>	17
5.2 <i>Kulutuksen kohdentaminen</i>	17
5.3 <i>Selittävien muuttujien vaikutuksen arviointi</i>	18
5.3.1 <i>Regressioanalyysi ja pienimmän neliösumman menetelmä</i>	18
5.3.2 <i>Difference-in-differences –menetelmä</i>	19
6 TULOKSET	20
6.1 <i>Vedenkulutusennusteen perusura kokonaisuutena ja painepiireittäin</i>	20
6.2 <i>Selittäjien vaikutusten arviointi</i>	22
6.2.1 <i>Putkiremontit</i>	22
6.2.2 <i>Perhekokoo</i>	24
6.2.3 <i>Väestön ikärakenne</i>	26
6.2.4 <i>Kiinteistön ikä</i>	27
6.2.5 <i>Talotyyppi</i>	30
6.3 <i>Merkittävien selittäjien kehityksen arviointi</i>	31
6.3.1 <i>Putkiremontit ja kiinteistön ikä</i>	31
6.3.2 <i>Perhekokoo</i>	32
7 YHTEENVETO	33
7.1 <i>Ominaisvedenkulutuksen ajurit</i>	33
7.1 <i>Ennusteiden tarkentaminen tulevaisuudessa</i>	35
8 LÄHDELUETTELO	37
Liite 1. Kokonaisvedenkulutukseen vaikuttavat muut lähtötiedot	40
Liite 2. Perheeseen vaikutus ominaisvedenkulutukseen, R-tuloste	42
Liite 3. Keski-ikä vaikutus ominaisvedenkulutukseen, R-tuloste	44
Liite 4. Rakennuksen ikä vaikutus ominaisvedenkulutukseen, R-tuloste	45
Liite 5. Projektitiimin ajatuksia	48

1 JOHDANTO

Tausta

Helsingin seudun ympäristöpalvelut -kuntayhtymä HSY tuottaa ja toimittaa talousvettä Helsingin, Espoon, Kauniaisten ja Vantaan alueella, ja lisäksi myy vettä Kirkkonummelle sekä vähäisessä määrin Sipooseen. HSY:n asiakkaina on noin miljoona pääkaupunkiseudun asukasta sekä muita vedenkäyttäjiä. Pääkaupunkiseudun väkiluvun ennustetaan kasvavan vuoteen 2035 mennessä noin 19 % (Helsingin seudun aluesarjat 2015). Väkiluvun kasvu on merkittävä tekijä vedenkulutuksen kehityksessä, mutta sen lisäksi kehitykseen vaikuttavat monet muut muuttajat, kuten väestön vedenkulutustottumukset sekä teollisuuden ja palveluiden vedenkäyttö.

Pitkän aikavälin vedenkulutusennustemallia tarvitaan alueen muuttuvassa ympäristössä vesihuollon toiminnan ja investointien suunnittelua varten sekä HSY:n kassavirtojen ennustettavuuden parantamiseksi.

Alkuperäinen tutkimusongelma ja tavoitteet

Alkuperäinen tavoite oli tuottaa HSY:lle systemaattinen ja kokonaisvaltainen lähestymistapa veden kokonaiskulutuksen mallintamiseksi ja ennustamiseksi koko HSY:n toiminta-alueella sekä painepiirikohtaisesti. Tehtävän asettajaa kiinnosti erityisesti ominaisvedenkulutuksen kehitys. Suunnitelmana oli luoda työkalu, jolla ennustamista voisi kokeilla eri skenaarioiden kautta ja jota olisi helppo päivittää uudella kulutusdatalla.

Työn lopullinen rajaus

Työtä rajattiin useaan kertaan projektin edetessä. Projektin loppusuoralla projektiryhmä rajasi tarkastelun HSY:lle tehtyjen aiempien yksinkertaisten ennustemallien päivittämiseen ja ainoastaan asutuksen vedenkulutuksen ajureiden tarkempaan analyysiin. Ajureiden analyysia voidaan käyttää pohjana työn jatkamiselle. Loppuraportissa esitellään melko kattavasti aiheeseen liittyvää kirjallisuutta ja analysoidaan kulutusdatasta useita asutuksen vedenkulutukseen vaikuttavia tekijöitä.

Raportin rakenne

Raportti rakentuu seuraavasti: luvussa 2 esitellään kirjallisuudessa käytössä olevat yleisimmät ennustemallit sekä käydään läpi HSY:lle tehdyt aiemmat ennusteet. Luvussa 3 esitellään ja arvioidaan kirjallisuudessa käytössä olevia asutuksen ominaisvedenkulutuksen ajureita. Luvussa 4 esitellään lyhyesti analyysin ja laskelmien perustana käytetty aineisto. Luvussa 5 käydään läpi ennusteesta ja asutuksen ominaisvedenkulutuksen ajureiden data-analyysissa käytetyt menetelmät. Ennuste ja analyysin tulokset ovat luvussa 6. Luvussa 7 esitetään yhteenveto arvioiduista asutuksen ominaisvedenkulutuksen ajureista sekä pohditaan tutkimuksen mahdollisia jatkoaskeleita. Liitteessä 1 on ennen projektin lopullista rajausta tehty selvitys verkoston vuotavuudesta ja rajamyynneistä, jotka vaikuttavat kokonaisvedenkulutukseen mutta eivät asutuksen ominaisvedenkulutukseen. Liitteet 2-4 sisältävät käytetyt R-ohjelmiston koodit ja analyysin tulosteet. Liite 5 sisältää projektiryhmän ajatuksia projektista ja raportista.

2 VEDENKULUTUKSEN ENNUSTEMALLIT

Tässä kappaleessa käsitellään kirjallisuudesta löydettyjä vedenkulutuksen pitkän aikavälin ennustemalleja sekä HSY:n alueella aiemmin käytettyjä ennustamismenetelmiä.

2.1 Ennustemallit kirjallisuudessa

Kirjallisuudessa on yleisesti eroteltu veden kysynnän tai kulutuksen ennustaminen eri mittaisille aikaväleille. Usein sekä malli että sen käyttötarkoitus eroavat huomattavasti valitun aikajakson pituuden mukaan (Billings 2008, Palmer et al. 2006).

Kuusi yleisintä vedenkulutuksen ennustusmallia ovat (Palmer et al. 2006):

1. Trendi

Jatketaan edellisten vuosien tai kuukausien kulutusta tulevaisuuteen lineaarisesti ekstrapoloiden.

2. Per capita

Selvitetään keskimääräinen vedenkulutus henkilöä kohti ja ennustetaan tulevaisuutta väestöennustetta hyväksikäyttäen.

3. Kuluttajakohtainen erottelu

Lähtökohtaisesti samanlainen kuin per capita -malli, mutta tässä tapauksessa kuluttajakunta jaetaan eri segmentteihin. Näiden segmenttien kokoa ennustamalla johdetaan koko väestön vedenkulutus, kun menneestä datasta on ensin mitattu kunkin segmentin kulutustottumukset.

4. "Variable flow"

Laajennetaan kuluttajakohtaista erottelua ennustamalla muuttuvia kulutustottumuksia ja muita ajan myötä muuttuvia parametreja.

5. Ekonometriset mittarit

Vedenkulutukselle ja useille tilastollisille mittareille (kuten veden hinta, tulotaso, kotitalouksien määrä, sää ja työllisyys) etsitään korrelaatio menneestä datasta. Ennustamalla sitten valittuja muuttujia johdetaan kokonaisvedenkulutus.

6. Loppukäytön erottelu

Etsitään merkittävimmät vedenkulutusaktiviteetit. Näitä voivat olla esimerkiksi vessan vetäminen ja suihkussa käyminen. Arvioimalla aktiviteettien frekvenssiä tulevaisuudessa voidaan aggregoida kokonaisvedenkulutus.

Jaottelu kirjassa Forecasting Urban Water Demand (Billings 2008) on hieman erilainen:

1. Per capita ja muut yksikköperusteiset lähestymistavat

Sisältää edellisen tarkastelun per capita -mallin sekä kuluttajakohtaisen erottelun. Tämä luokka kuvaa hyvin sitä, miten HSY:lle on yleensä ennustettu vedenkulutusta.

2. Loppukäytön erottelu

Katso edellinen tarkastelu.

3. Aikasarjamallit

Sisältää edellisen tarkastelun trendi–kohdan sekä muut menneeseen dataan perustuvat ennustemallit, kuten eksponentiaalisen tasoituksen ja SARIMAX¹-mallit.

4. Regressiomallit

Vastaa hyvin pitkälle edellisen tarkastelun ekonomiset mittarit -kohtaa

5. Muut mallit

Hybridimallit, jotka sisältävät sekä aikasarjoja että regressiomalleja. Esimerkiksi neuroniverkot ja sumean logiikan systeemit kuuluvat tähän luokkaan.

Kaikki mallit voidaan luokitella myös yksinkertaisella tavalla kahteen eri luokkaan. Voimme tutkia, johtaako malli kokonaisvedenkulutuksen ennusteen sen oikeista aiheuttajista vai ei. Esimerkiksi kaikissa HSY:n omissa lähteissä käytetyt mallit ottavat kantaa itse vedenkuluttajaan eli ihmiseen tai teolliseen prosessiin. Toisaalta taas vaikkapa aikasarjamallit (kuten SARIMAX) ennustavat tulevaisuutta pelkästään menneiden lukuarvojen perusteella.

Yleisesti ottaen on selvää, että monimutkaisemmat metodit vaativat enemmän datan keräämistä ja mahdollisesti mallissa käytettävien muuttujien kehityksen ennustamista (vertaa esimerkiksi yksinkertaista väestönkasvuennustetta ja eri asumismuotojen osuuksien ennustamista). Lisäksi riippuvuuksien lisääminen malliin vaikuttaa toisaalta tarkentavasti lyhyellä aikavälillä, mutta samalla se lisää mallin jäykkyyttä mukautua tulevaisuuteen. Tätä ilmiötä kutsutaan *bias-variance -dilemmaksi*.

2.2 HSY:n ja sen edeltäjien aiemmat ennusteet

HSY:n edeltäjistä Espoon vesi on vuonna 2003 ja Helsingin vesi vuonna 2007 teettänyt vedenkulutusennusteen. Viimeisin ennuste sisältyy HSY:n vesihuollon talousmalliin vuosille 2014-2034.

2.2.1 Espoon veden ennuste vuosille 2003-2030

Espoon veden teettämässä raportissa (Ikkänen 2003) vedenkulutusta ennustetaan käyttämällä hyväksi väestöennustetta, nykytilanteen perusteella laskettuja ominaiskulutuksia sekä vuotoväestömäärän kehityksen arviota. Ominaiskulutus on jaoteltu asuntotyyppeihin (omakotitalo, rivitalo, kerrostalo) sekä teollisuuden ja työpaikkojen ominaiskulutukseen. Ominaiskulutuksen ennuste on laadittu aluekohtaisesti käyttämällä kunkin alueen nykyhetken asuntotyyppijakaumaa sekä nykyistä työpaikkojen ja teollisuuden ominaiskulutusta. Suurimmat teollisuuden ja kaupallisen toiminnan kuluttajat on käsitelty erikseen. Kirjallisuudessa esiintyneitä termejä käyttäen, mallinustapana on "variable flow".

Vuoden 2002 ominaiskulutuksen havaittiin olevan suurinta kerrostalovaltaisissa taajamissa (146 – 161 l/as/d), kun taas pientalovaltaisilla alueilla kulutus on selvästi pienempää (107 – 140

¹ Kansankielisesti ja laxeasti kuvailtuna, SARIMAX-mallit antavat kuvauksen ja ennusteen aikasarjasta sen liukuvan keskiarvon, autokorrelaation sekä jonkin ulkoisen tekijän (X-kirjain pääte nimessä) perusteella.

l/as/d). Kaupallisen toiminnan ominaiskulutuksen vaihteluväliksi on ilmoitettu 15 – 25 l/as/d suurissa taajamissa. Pienissä taajamissa vaihteluväli on huomattavasti suurempi, tyyppillisten arvojen ollessa välillä 7-19 l/as/d. Teollisuuden ominaiskulutus vaihtelee suuresti eri alueiden välillä, jonka vuoksi suurimmat vedenkuluttajat on käsitelty erikseen. Ilman suurimpia asiakkaita kulutus on alueittain noin 2-42 l/as/d tai työpaikkojen määrällä jaettuna noin 50-100 l/tp/d. Raporttia edeltäneiden vuosien ominaiskulutusten todetaan olevan melko samankaltaisia. Vedenkulutus on tilastoitu kuluttajan pääasiallisen toiminnan mukaan, joten esimerkiksi kaupallisen toiminnan kulutusta sisältyy jonkin verran asutuksen kulutukseen.

Asutuksen keskimääräisen ominaiskulutuksen ennustetaan pienenevän nykyisestä 141 l/as/d 134 l/as/d kerrostalojen suhteellisen osuuden kasvun myötä. Kaupallisen toiminnan ja teollisuuden vedenkulutus on yhdistetty työpaikkakohtaiseksi ominaiskulutusennusteeksi, jonka ennustetaan hieman kasvavan (66 l/tp/d -> 67 l/tp/d). Tälle ennusteelle ei esitetä mitään perusteita. Vuotojen oletetaan pienenevän noin 15 %:iin nykyisestä 20 %:sta. Myöskään vuotoennusteelle ei esitetä perusteluja.

Ennusteelle tehdään herkkyyksianalyysi muuttamalla väestö- ja työpaikkaennustetta, keskimääräistä asutuksen ominaiskulutusta sekä vuotoennustetta. Herkkyyksianalyysin ennusteet vaihtelevat -8 - +3 % perusennusteesta. Väestönkasvussa ääripäiden ero on noin 8 prosenttiyksikköä, kun taas keskimääräisen ominaisvedenkulutuksen vaihteluväli (120 – 140 l/as/d) vastaa noin 10 prosenttiyksikön vaihteluväliä kokonaiskulutuksessa.

2.2.2 Helsingin veden ennuste vuosille 2007-2035

Pöyryn Helsingin vedelle vuonna 2007 laatimassa ennusteessa käytetään samankaltaista lähestymistapaa kuin Espoon veden ennusteessa. Lopullinen kokonaisvedenkulutus lasketaan siis summana työpaikkojen ja asutuksen ennustetuista ominaisvedenkulutuksista kerrottuna väestö- ja työpaikkaennusteella. Raportissa tehdään jako kuluttajaluokkiin (asutus, palvelut, teollisuus) kuten Espoon veden teettämässä raportissakin, mutta teollisuutta ja palvelutoimintojen kulutusta käsitellään yhtenä kokonaisuutena. Lisäksi tarkastellaan naapurikuntiin myydyin veden määrän kehitystä. Kulutusennustetta ei ole jaoteltu pienempiin alueisiin. Asiakaskuluttajien lisäksi tarkastellaan Helsingin veden omaa (laskuttamatonta) kulutusta.

Raportissa todetaan kulutuksen vaihtelevan merkittävästi asuntotyypeittäin. Vuonna 2006 kerrostalojen ominaisvedenkulutus oli noin 168 l/as/d, rivitalojen noin 156 l/as/d ja omakotitalojen noin 128 l/as/d. Toisin kuin Espoossa, Helsingissä ominaisvedenkulutuksissa on havaittu selkeä lasku pidemmällä tarkastelujaksolla (1997-2006). Teollisuuden ja palvelujen asukasta kohden laskettu vedenkulutus on pysynyt tasaisena (noin 11 l/as/d teollisuus ja 35-36 l/as/d palvelut), sen sijaan työpaikkaa kohden laskettu ominaiskulutus on hieman noussut.

Asutuksen ominaisvedenkulutuksen ennustetaan laskevan tasolle 140 l/as/d. Ulkoisten tekijöiden, kuten lisääntynyt ympäristötietoisuus ja elintason nousu, yhteisvaikutuksen arvioidaan olevan lähellä nollaa. Putkistosaanerausten mainitaan laskevan asutuksen ominaiskulutusta 10-17 % vuoteen 2020 mennessä. Arvio perustuu vuonna 2006 laadittuun, mutta julkaisemat-

tomaan diplomityöhön (Aarnisalo 2006). Asutuksen ominaiskulutuksen ennusteelle ei esitetä suoria perusteluja. Työpaikkojen ominaisvedenkulutus on noussut raportin kirjoitushetkeen asti, mutta sen arvioidaan pysyvän samana putkistosaneerausten ansiosta. Helsingin veden oman kulutuksen arvellaan pysyvän ennallaan. Vuotavuuden on ennustettu vähenevän saneeraus- ja vuotojen hallintaohjelmien ansiosta tasolle 16 m³/km/d vuoteen 2015 mennessä ja tasolle 14 m³/km/d vuoteen 2020 mennessä.

Ennusteen herkkyystarkastelussa katsottiin eri väestönkasvuskkenaarioiden, asutuksen ominaisvedenkulutuksen arvojen, naapurikunnille myydyin veden skenaarioiden sekä mahdollisten vuotojen vähentämistoimenpiteiden vaikutusta kokonaisennusteeseen. Näiden tekijöiden eri skenaariot vaikuttivat kokonaisvedenkulutuksen ennusteeseen -5 - +8 %. Skenaarioissa suurimman vähenemän aiheutti asutuksen ominaiskulutuksen voimakas lasku ja suurimman kasvun Espooseen myydyin veden voimakas kasvu (Dämmanin vesilaitoksen sulkemisen seurauksena).

2.2.3 Vesihuollon talousmalli vuonna 2014

Vesihuollon talousmallissa (HSY 2014) ominaisvedenkulutus on laskettu keskiarvona koko HSY:n alueelle. Monen ulkoisen tekijän on todettu vaikuttavan ominaisvedenkulutukseen. Näitä ovat esimerkiksi lisääntyvä ympäristötietoisuus ja yleistyvä kulutuksen mittarointi. Myös asu-muodolla todetaan olevan suuri vaikutus, mutta tämän seikan huomioon ottaminen todetaan mahdottomaksi puutteellisen datan vuoksi, kuten Helsingin veden aiemmassakin ennusteessa todettiin. Ennustetta tulevasta asuntotyypijakaumasta (kerrostalo, omakotitalo, rivitalo) ei siis ole olemassa.

Veden ominaislaskutusta, eli laskutetun veden määrää asukasta kohden (l/as/d), ennustetaan lineaarisella trendillä, jolle saadaan luottamusvälit olettamalla poikkeamat trendistä normaalijakautuneiksi. Lopullinen tulos kokonaisvedenkulutukselle saadaan kertomalla väestöennuste ja ennustettu ominaisvedenkulutus keskenään. Kirjallisuuskatsauksen termein tätä lähestymistapaa voi ajatella per capita -mallina.

3 ASUTUKSEN VEDENKULUTUKSEEN VAIKUTTAVAT TEKIJÄT

Tässä kappaleessa käydään läpi kirjallisuudesta tunnistetut asutuksen vedenkulutukseen vaikuttavat tekijät ja arvioidaan alustavasti niiden merkitystä HSY:n vedenkulutuksen ennustamisessa.

Tietyissä ennustemalleissa käytetään lähtötietoina vedenkulutukseen vaikuttavia tekijöitä, jolloin ne täytyy ensin tunnistaa. Tärkeimmiksi asutuksen vedenkulutukseen vaikuttaviksi muuttujaryhmiksi on tunnistettu (esim. Billings 2008, Palmer et al. 2006):

- Hinta, laskun rakenne (kiinteä osuus vs. kulutuksen mukaan laskutettava) sekä laskutuksen frekvenssi
- Sää ja ilmasto
- Väestörakenne ja asutuksen tyyppi
- Työllisyys ja tulotaso
- Teknologia

Tämä on yksi tapa ryhmitellä vedenkulutuksen muuttujat. Muuttujien vaikutus kokonaisvedenkulutukseen vaihtelee muun muuassa alueellisesti, joten suoria johtopäätöksiä HSY:n toiminta-alueen vedenkulutukseen ei kirjallisuuden perusteella voida tehdä. Näistä muuttujista asutuksen vedenkulutukseen vaikuttavia tekijöitä tarkastellaan seuraavissa alakappaleissa. Tässä työssä keskityttiin asutuksen vedenkulutukseen, joten teollisuuden vedenkäyttöä ei käsitellä. Myös verkoston vuotavuus ja myynti naapurikuntiin ovat varsinaisen fokuksen ulkopuolella, mutta niitä käsitellään liitteessä 1.

3.1 Hinta, laskun rakenne sekä laskutuksen frekvenssi

Veden mittarointi

Vuonna 2009 Ympäristöministeriö asetti työryhmän *Huoneistokohtaisten vesimittareiden käyttö ja vaikutukset rakennusten energiankulutukseen*, joka luovutti yksimielisen muistion ministeriölle. Muistiossa motivoidaan asuntojen vedenkulutuksen vähentämistoimia Suomen sitoumuksilla kasvihuonepäästöjen vähentämiseen. Muistiossa todetaan, että Suomen kokonaisenergiankäytöstä noin 5 % kuluu käyttöveden lämmittämiseen asuinrakennuksissa. Eri talouksien vedenkulutus vaihtelee huomattavasti; vaihteluväli on 60 – 270 l/as/d. Keinoista vedenkulutukseen vaikuttamiseen muistiossa sanotaan seuraavaa:

“Selvitysten ja käytännön kokemusten mukaan huoneistokohtaiseen mittaukseen perustuva laskutus yhdistettynä muihin vettä säästäviin toimenpiteisiin on vähentänyt asuinrakennuksen vedenkulutusta 10-30 %. Vaikutus rakennuksen lämmitysenergiankulutukseen on laskennallisen arvion mukaan 3-9 %. Lähes vastaavaan säästöön voidaan asiantuntija-arvioiden perusteella päästä myös vesiverkostojen paineen- ja virtaamien säädöllä sekä toistuvalla asukasinformaatiolla.”

Muistiossa todetaan, että realistinen arvio pelkästään huonekohtaisesta mittauksesta ja laskutuksesta aiheutuvasta vedenkulutuksen vähenemisestä on suuruusluokkaa 10 %, jos vedenkulutus on jo pienennetty muilta osin teknisillä uudistuksilla ja asukasinformaatiolla. Arvio on hyvin lähellä esimerkiksi Toivasen (2010) esittämää lukua 9 %, joka perustuu yhden asunto-osakeyhtiön tapaustarkasteluun. Suurempiin osuuksiin kulutuksen vähenemisessä päästään korjauskohteissa, joissa huoneistokohtaisen mittaroinnin lisäksi uusitaan vesijohtoverkosto nykyaikaisin mitoitusperiaattein, vanhat vesikalusteet vaihdetaan vettä säästäviksi ja verkoston painetaso säädetään vakio paineventtiilillä. Uudisrakentamisessa säästöpotentiaali veden kulutuksessa on siis selvästi pienempi kuin korjauskohteissa. Mittarit asennetaan yleensä olemassa olevaan asuntokantaan putkistoremontin yhteydessä.

Vesimittarit tulivat pakollisiksi uusissa asuintaloissa sekä toimisto- ja liiketiloissa vuonna 2011, ja vuodesta 2013 lähtien mittarit on pitänyt asentaa myös kunnostuksen tai putkiremontin yhteydessä. Asunto-osakeyhtiöissä mittareiden käyttöön siirtymistä yhtiökokouksen päätöksellä on helpotettu siten, että päätöksen tekoon riittää yksinkertainen enemmistö, kun muihin yhtiöjärjestykseen tehtäviin muutoksiin tarvitaan kahden kolmasosan enemmistö.

Laissa ei kuitenkaan velvoiteta käyttämään mittareita laskutuksessa. Mittareiden lukemisesta on luovuttu kustannussyistä erityisesti joissain vuokrataloissa. Sato ja VVO ilmoittavat, että osassa niiden asuintaloista mittareita ei lueta (Laitinen 2015). Koska mittarit vähentävät kulutusta vain käytettyinä, on mahdollista, että lain porsaanreikä korjataan tulevaisuudessa.

Veden hinta

Veden ominaiskulutus kääntyi Suomessa laskuun pääasiassa vuoden 1972 öljykriisin, 70-luvun järjestelmällisten vuotoselvitysten ja vanhojen verkostojen saneerauksen sekä jätevesimaksulain 1974 myötä. Jätevesimaksulaki yli kaksinkertaisti kuluttajien vesilaskut, ja kiinnostus vähentää tarpeetonta kulutusta syntyi. Tänä päivänä kotitaloudet Suomessa kuluttavat vettä sitä vähemmän, mitä paremmin he tuntevat vedenlaskutusjärjestelmän ja näkevät itse vesilaskunsa. Pienin kulutus on uusissa omakotitaloissa, huolimatta monista vesipisteistä ja tarpeesta esimerkiksi kasteluvedelle. (Katko 2013) Vedenkulutus asuinrakennuksissa on pudonnut yli 20 % 1970-luvun kulutustasosta.

Kansainvälisesti veden kulutusta ennustetaan usein ekonometrisillä malleilla, joissa selittäjinä ovat muun muassa veden hinta ja kotitalouden tulot. HSY:n edustajien kertoman perusteella Suomessa maltillisten taksakorotusten ei ole havaittu pitemmän päälle vaikuttavan veden kulutukseen, ja veden hinta on kansainvälisesti hyvin alhainen suhteessa kotitalouksien tuloihin. Toisaalta HSY (2014) on aiemmin ollut talousarviossaan sitä mieltä, että “veden ominaislaskutuksen kehitys on tulevaisuudessa voimakkaasti sidoksissa vedestä perittävien maksujen kehitykseen sekä vedenkulutuksen mittaroinnin yleistymiseen”. Veden ominaislaskutus-termi kuvaa vuorokautista laskutetun veden määrää (l/as/d).

Tällä hetkellä (2015) kerrostalossa asuvan nelihenkisen perheen vesilasku pääkaupunkiseudulla on vuodessa keskimäärin 800 euroa. Vesimaksuja on viime vuosina korotettu muutamilla

prosenteilla vuosittain. Tilastokeskuksen mukaan veden hinta on koko Suomessa noussut yli 50 % 13 vuodessa. On mahdollista, että pitkällä aikavälillä veden hinta nousee tarpeeksi alkaakseen vaikuttaa kulutukseen erityisesti alimmissa tuloluokissa.

3.2 Sää ja ilmasto

Monissa tutkimuksissa on havaittu sään yhteys kausittaiseen vedenkulutukseen (esim. Miaou 1990, Arbués ym. 2003, Gato ym. 2007, Herrera ym. 2010). Vedenkulutusennusteessa säällä voi olla merkitystä, jos ilmasto muuttuu ennusteen ajanjaksolla. Suomen ympäristökeskus (Vienonen et al. 2012) on selvittänyt ilmastomuutoksen vaikutuksia ja sopeutumistarvetta vesihuollossa. Vedenkulutuksen mahdollista lisääntymistä kesäaikana ei huomioitu selvityksessä sopeutumistarpeena. On kuitenkin mahdollista, että ilmaston lämpeneminen Suomessa lisää kiinteistöjen vedenkäyttöä erityisesti ulkotiloissa.

Pitkän aikavälin ennusteelle riittäisi ilmaston huomioiminen karkealla tasolla esimerkiksi siten, että vuodesta erotetaan kastelukausi. Kastelukausi voidaan erottaa raja-arvojen perusteella; esim. Gato ym. (2007) käyttivät päivän keskilämpötilaa ja päivän keskisadantaa. Tutkimuksessa raja-arvoiksi osoittautui 15,3 °C ja 4,8 mm merellisessä ilmastossa Australian Melbournessa. Muissa tutkimuksissa ilmastoa ja säätä kuvaavina muuttujina on käytetty muun muassa kokonaishaihduntaa, kasvukauden sadantaa, vuosittaista sadantaa, auringonpaisteen määrää ja lämpötilan raja-arvoja.

Helsingissä Laukkanen (1981) on tutkinut säätilamuuttujien vaikutusta vedenkulutukseen (tässä verkostoon pumpattu vesimäärä). Yleisesti saatavilla olevista muuttujista (lämpötila, lämpötilan raja-arvo, sadantamuuttujat, edeltävien kuivien päivien lkm) lämpötila selitti vedenkulutusta parhaiten. Pääkaupunkiseudulla tosin lämpötilalla on negatiivinen korrelaatio vedenkulutukseen, koska ihmismäärä seudulla vähenee kesälomakautena. Tästä syystä kastelutarpeen lisääntymisen vaikutusta vedenkulutukseen olisi hyvin vaikea havaita. Muutokset ovat joka tapauksessa vuosittaisen kokonaisvedenkulutuksen kannalta luultavasti hyvin pieniä.

3.3 Väestörakenne, sosioekonomiset tekijät ja asutuksen tyyppi

Väestörakenne

Väestörakenteen tekijöistä lähinnä väestön iällä sekä kotitalouksien koolla voi olla vaikutusta ominaisvedenkulutukseen. Esimerkiksi Arbués ja Villanúa (2003) spekuloiivat, että teini-ikäiset ovat vähemmän säästeliäitä vedenkäyttäjiä, toisen ääripään ollessa eläkeläiset. Toisaalta eläkeläiset viettävät usein enemmän aikaa kotona. Schleich ja Hillenbrand (2007) ovatkin analysoineet, että Saksassa vanhemmat ihmiset käyttävät enemmän vettä. Tutkimuksen mukaan väestön keski-ikä nousemalla vuorokauden vedenkulutus henkilöä kohden kasvaa 1,5 litraa.

Suurempi perhekoko voi vähentää kulutusta, sillä ruuanvalmistus sekä astioiden ja pyykin pesu voidaan hoitaa tehokkaammin. Schleich ja Hillenbrand (2007) arvioivat, että perheeseen piene-

neminen kasvattaa vedenkulutusta siten, että mikäli keskimääräinen perhekoko laskee 25 % kahdesta henkilöstä yhteen ja puoleen, kasvaa ominaisvedenkulutus 5,2 % eli Saksassa noin 7 l/as/d.

Työllisyys ja tulotaso

Sosioekonomisista tekijöistä erityisesti tulotasolla on monissa tutkimuksissa havaittu olevan vaikutusta ominaisvedenkulutukseen (esim. Agthe ja Billings 2002, Chang ym. 2010). Havaittu korrelaatio on aina ollut positiivinen ja lineaarinen tai epälineaarinen. Tulotasolla on myös havaittu vahva korrelaatio kiinteistön koon kanssa (Chang ym. 2010), missä tapauksessa voidaan spekuloida, että suurempi vedenkulutus voisi johtua vedenkulutuskohteiden lisääntymisestä, kuten saunasta, uima-altaasta tai piha-alueiden koon ja kastelutarpeen kasvusta eikä niinkään veden hinnasta. Tulotason vaikutusta vedenkulutukseen ei ole tietääksemme Suomessa tutkittu. Koska matkailu ja kesämökkien omistus on suurituloisempien keskuudessa yleisempää, aikaa saatetaan viettää enemmän muualla, ja tulotason kasvaessa kulutus omassa kodissa voi jopa pienentyä.

Työllisyyden vaikutuksesta vedenkulutukseen emme ole löytäneet tutkimuksia. Työllisyyden voidaan ajatella vähentävän vedenkulutusta kotona, sillä työssäoloaikana vessakäynnit ja hygienian hoidetaan työpaikalla, ja tämä näkyy matalampana kulutuksena asunnossa. Kokonaisuudessaan työllisyys ei kuitenkaan todennäköisesti vaikuta kulutukseen merkittävästi, vain kulutuksen paikka muuttuu. Oletamme siis vähentyneen asunnon kulutuksen siirtyvän työpaikalle.

Asutuksen tyyppi

Kansainvälisissä tutkimuksissa (esim. Shawly 2008) vedenkulutuksen katsotaan vaihtelevan asuntotyypeittäin lähinnä siksi, että eri asumismuodot tukevat erilaisia vedenkulutusaktiviteetteja; omakotitaloissa vettä kuluu enemmän kuin kerrostaloasunnoissa mm. pihan kastelun takia. Suomessa tilanne on kuitenkin päinvastainen, ja kulutus omakotitaloissa on noin 20 l/as/d pienempää kuin kerrostaloasunnoissa (Ympäristöministeriö 2009). Voidaan kuitenkin spekuloida, että tämä ero johtuu esimerkiksi mittaroinnista ja laskutuksen rakenteesta: omakotitaloissa laskutus perustuu aina kulutukseen, kun taas kerrostaloissa kiinteä vesimaksu on edelleen tyyppilinen. 20 litraa on noin 13 % suomalaisen keskimääräisestä ominaisvedenkulutuksesta, ja tätä luokkaa arvioidaan olevan myös huoneistokohtaisen mittaroinnin aiheuttama kulutuksen lasku. Täysin varmaa ei silti ole, johtuuko alhaisempi kulutus omakotitalojen asuntokohtaisesti mittaroinnista vai myös esimerkiksi kerrostalojen ja omakotitalojen eroavista ikäjakaumista ja perheko'oista sekä vettä säästävien vesikalusteiden ja kodinkoneiden yleisyyden eroista.

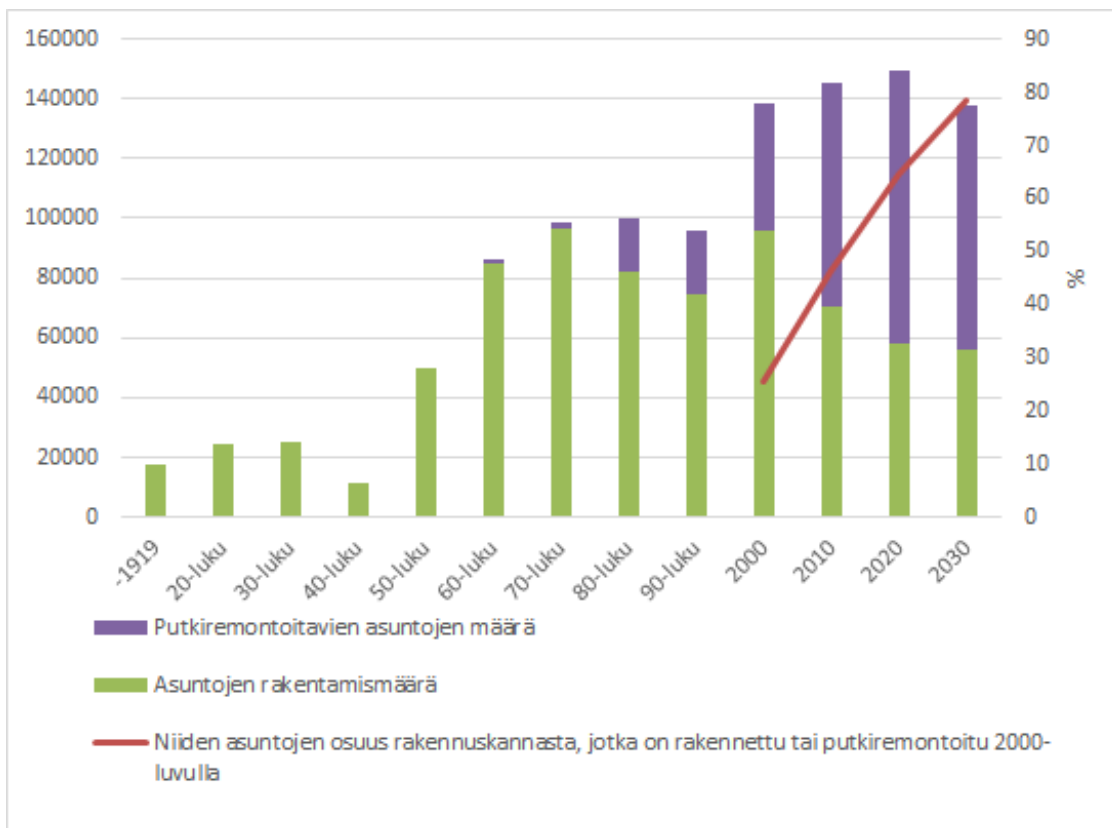
3.4 Teknologia

Putkiremontit ja tehokkaat vesikalusteet

Keskimääräisen suomalaisen ominaisvedenkulutuksesta (155 l/as/d) 39 % eli 60 litraa kuluu peseytymiseen ja 26 % eli 40 litraa WC:n huuhteluun (Motiva). Tehokkailla vesikalusteilla on siis huomattava veden säästöpotentiaali.

Aarnisalonen (2006) mukaan kiinteistöjen putkiremontointi ja vesikalusteiden nykyaikaistaminen laskee asuinkerrostalojen vedenkulutusta asunto-osakeyhtiöissä keskimäärin 10 % ja vuokrataloissa 17 %. Vaihteluväli oli asunto-osakeyhtiöissä 6 %-14 % ja vuokrataloissa 4 %-32 %. Tutkimuksessa analysoitiin 11 kattavan putkiremontin läpikäynyttä Helsingin kaupungin vuokrakerrostaloa sekä 4 asunto-osakeyhtiömuotoista kerrostaloa. Vuokratalot oli rakennettu 1960-1970-luvuilla ja omistustalot 1950-luvun alussa. Peruskorjaukset ajoittuivat vuosille 1997-2005.

Kerrostalojen putkistojen keskimääräinen käyttöikä on noin 50 vuotta. Kuvassa 1 on esitetty pääkaupunkiseudun asuntojen ikäjakauma sekä putkiremonttien arvioitu määrä eri vuosikymmeninä. Putkiremonttien ajankohdan määrittämisessä on käytetty VTT:n kehittämää uusimiskäyrää (Paiho ym. 2009). Asuntojen määrän ennuste laskettiin väestöennusteesta käyttämällä pk-seudun nykyistä keskimääräistä asunnon kokoa (71 m²) ja asumisväljyyttä (35 m²/henk.). Käytetty väestöennuste ylettyy vain vuoteen 2024 asti. Kasvu tästä eteenpäin oletettiin samaksi kuin vuonna 2024.



Kuva 1: Pääkaupunkiseudun asuntojen ikäjakauma ja putkiremonttien määrä.

Tavanomaisia uusia vesikalusteita edistyksellisemmällä “älykkäillä” tai “ekologisilla” vesikalusteilla on myös edelleen potentiaalia vähentää vedenkulutusta. Valmistajat viittaavat termillä muun muassa kosketusvapaisiin automaattihanoihin, noin 50 % veden virtaamaa vähentäviin “ekopainikkeen” omaaviin suihkupäihin ja hanoihin sekä suihkuajasta muistuttaviin termostaattihanoihin. Suomen ympäristökeskus, Oras Oy, BaseN Oy ja Senior & Sons Oy toteuttivat Hiilineutraali kunta - hankkeeseen liittyen vuodesta 2009 kolme vuotta kestäneen suppean seurantatutkimuksen älykkäiden vesikalusteiden vaikutuksesta ominaisvedenkulutukseen. 10 hiltaintain putkiremontoituun rivitaloasuntoon Uudessakaupungissa vaihdettiin vuoden seurannan jälkeen älykkäät hanat ja suihkut, ja kulutusta seurattiin vielä kaksi vuotta. Kolmen vuoden seurannan aikana veden kulutus väheni 19,1 % alkuarvosta 141 l/as/d, ja oli lopuksi 113 l/as/d. On kuitenkin huomattava, että kuuden asunnon asukkaat kommentoivat kiinnittäneensä vedenkulutukseen erityistä huomiota, ja että keskimääräinen kulutus laski 3,4 % jo ensimmäisen tavallisilla kalusteilla vietetyn seurantavuoden aikana. Verrattuna hetkeen ennen vesikalusteiden vaihtoa, vedenkulutus väheni kahdessa vuodessa keskimäärin 16,3 %. Tällä kulutuksen vähenemisellä älyhanojen takaisinmaksuajaksi muodostui 7 vuotta. (HINKU 2012)

Kodinkoneet

Vettä käytäviä kodinkoneita ovat pääasiassa astianpesukoneet ja pyykinpesukoneet. Keskimääräisen suomalaisen päivittäisestä ominaisvedenkulutuksesta (155 l/as/d) keittiössä kuluu 22 % eli 35 litraa ja pyykinpesuun 13 % eli 20 litraa (Motiva).

Tällä hetkellä markkinoilla olevien astianpesukoneiden vuosittainen vedenkulutus (arvioidulla 280 pesuohjelmalla) on ilmoitettu EU-komission asetuksen 1059/2010 mukaisessa pakollisessa energiamerkinnässä. Markkinoille tuotavien laitteiden energiatehokkuusluokka on rajoitettu, mutta vedenkulutus ei ole energiatehokkuusindeksin komponentti, eikä sille siten ole vaatimuksia. Veden lämmitys vie kuitenkin energiaa, joten vedenkulutuksen vähentäminen on keino vähentää myös koneen energian käyttöä. Motivan mukaan nykyaikainen standardi 12 hengen astiaston vetävä astianpesukone kuluttaa pesuohjelmassa keskimäärin 15 litraa vettä, noin puolet verrattuna 15 vuotta vanhoihin koneisiin. Kuluttaja.fi:n mukaan uudet astianpesukoneet selviävät 10-12 litralla.

Myös pyykinpesukoneiden laskennallinen painotettu vuotuinen vedenkulutus on ilmoitettava laitteen energiamerkinnässä EU-komission asetuksen 1061/2010 mukaisesti. Vedenkulutus ei kuitenkaan ole näilläkään laitteilla energiatehokkuusindeksin komponentti, eikä sille ole rajoituksia. Kuluttaja.fi:n mukaan uudet pesukoneet kuluttavat vakiopesuohjelmalla keskimäärin 50 litraa vettä. Valkeakosken Energian mukaan vedenkulutus on puolittunut sitten 80-luvun.

Kodinkoneiden uusimisen myötä vedenkulutuksen voidaan siis tulevina vuosina odottaa laskevan jonkin verran. Ilman uusien teknologioiden käyttöönottoa on kuitenkin oletettavissa, että kodinkoneiden vedenkäytön tehostuminen ei jatku loputtomiin, ja jossain vaiheessa ominaisvedenkulutus ei koneiden uusimisen takia enää laske.

Paineventtiilit ja virtaamien hallinta kiinteistössä

Suomen rakentamismääräyskokoelman osassa D1 *Kiinteistöjen vesi- ja viemärlaitteistot* on ohjeistettu kiinteistökohtaisen paineenalennusventtiilin käyttöä vesilaitteiston paineen säätämiseen tarpeenmukaiselle tasolle: *“Jos kiinteistön vesilaitteistolle käytettävissä oleva paine päävesimittarin jälkeen on yli 500 kPa, käytetään paineenalennusventtiiliä, jolla paine alennetaan mitoituksen edellyttämälle tasolle. Jos paine on 350-500 kPa, voidaan paineenalennusventtiiliä käyttää riippuen kerroskorkeudesta ja vesikalusteiden painehäviöistä normivirtaamilla.”* Esimerkiksi 200 kPa:n paineenalennuksella saadaan kulutusta pienennettyä luokkaa 10-15 % verrattuna tilanteeseen, jossa painetaso olisi 500-600 kPa. (Ympäristöministeriö 2009)

Paineventtiilien yleisyydestä tai niiden mahdollisesta yleistymisestä emme löytäneet selvityksiä.

4 AINEISTO

AQUA

HSY:n asiakastietojärjestelmän AQUA:n tiedoista käytettiin laskutustietoja, käyttöpaikkatietoja ja toimituskohdetietoja. Laskutustiedot koko toiminta-alueelle oli saatavilla vuosille 2004-2013, joillekin alueille myös aiemmille vuosille.

SeutuCD

Laskutustiedot yhdistettiin kiinteistöihin ja väestötietoihin käyttämällä HSY:n vuosittain kokoa-maa paikkatietoaineistoa pääkaupunkiseudun rekisteri-, kartta- ja suunnitteluaineistoista. Aineistopakettia kutsutaan SeutuCDksi. AQUA:n vedenkulutustietojen aikajaksolle oli saatavissa vuodet 2002-2003 ja 2008-2013.

Väestöennusteet

Painepiirikohtaisissa ja kokonaisväestöennusteissa pohjatietoina toimivat Aluesarjojen väestöennusteet pienalueittain sekä kunnittain (Helsingin seudun aluesarjat 2015). Pienalueittaiset väestöennusteet on saatavilla vain vuoteen 2024 saakka, kun taas kokonaisennuste pääkaupunkiseudulle on saatavilla vuoteen 2035 asti. Painepiirien rajat saatiin HSY:ltä, pienalueiden rajat puolestaan Avoindata.fi-palvelusta (www.avoindata.fi). Lisäksi hyödynnettiin HSY:n vuoden 2014 talousmallin väestöennusteita.

Kaikkien kuntien Aluesarjoissa ilmoittamat ennusteet on ennustettu saman menetelmän mukaisesti. Ennustamismenetelmä on kuvattu Helsingin ja Helsingin seudun väestöennusteiden luvussa 9. Menetelmä muun muassa erittelee ennusteet uustuotannolle ja vanhalle rakennuskannalle sekä ottaa huomioon muuttoliikkeen, ikädemografiset muutokset, työllisyyden kehittymisen, rakennustuotannon sekä syntyvyyden ja kuolleisuuden (Helsingin kaupungin tietokeskus 2013). Menetelmä siis ottaa huomioon useampi tekijöitä kuin Tilastokeskuksen tai MAL:n mukaiset väestöennusteet.

Huomioita

Projektin edetessä havaittiin joitakin virheitä SeutuCD:n tiedoissa. Vastaan tuli ainakin kiinteistötunnuksia, joilla väestötiedoissa oli kaksi rakennusta, kun taas rakennustiedoissa oli vain yksi rakennus tai rakennusten käyttöönottovuodet poikkesivat toisistaan. Lisäksi seutuCD:n ja avoindata.fi:n eli Helsingin tietokeskuksen nimet eri pienalueille olivat epäkonsistentit.

5 MENETELMÄT

Tässä osiossa esitellään menetelmät, joita projektiryhmä käytti ennusteen luomiseen sekä arvioidessaan selittävien muuttujien vaikutusta vedenkulutukseen.

5.1 Ennustaminen: perusura ja poikkeuttavat tekijät

Osittain sekä aikataulurajoitteiden että lähtötietojen epätarkkuuden (ks. kappale 5.2) takia ennustetta päädyttiin lähestymään perusura-ajattelun kautta. Tässä ajattelutavassa kehitykselle määritetään odotettu kulku, eli perusura, jonka lisäksi arvioidaan tekijöitä, joiden on mahdollista poikkeuttaa kehitystä. Perusurana käytetään HSY:n talousmallissa 2014 laskettua ominaislaskutuksen historiallista kehitystä yhdistettynä väestönkasvuennusteeseen. Perusuramme siis olettaa, että ominaislaskutukseen vaikuttava kehitys kaikilta osin jatkuu tulevaisuudessa samalla tavalla kuin jaksolla 2003-2012, josta ominaislaskutuksen trendi on talousmallissa määritetty. Poikkeuttavat tekijät voivat olla mitä tahansa ominaislaskutukseen vaikuttavia tekijöitä, joiden kehitystahti muuttuu ennusteen ajanjaksolla.

Lähestymistapaa selventävänä esimerkkinä otettakoon yksinasuminen. Yksinasuvat käyttävät enemmän vettä henkilöä kohden kuin muut ja heidän osuutensa pääkaupunkiseudun väestöstä on lisääntynyt viimeisen kymmenen vuoden sisällä. Tämä kehitys on merkittävä vedenkulutuksen kannalta, mutta mikäli kehitys jatkuu samalla tahdilla kuin ennenkin, sen vaikutus vedenkulutukseen tulee huomioitua perusurassa. Sellainen kehityskulku, joka ei näy tässä perusurassa, on esimerkiksi tuleva remontointitahti. Pääkaupunkiseudun asuntokannasta suuri osa on rakennettu 1960-1980 luvuilla, joten niiden putkiremontit osuvat juuri ennustettavalle tarkastelujaksolle seuraavien 20 vuoden sisään.

5.2 Kulutuksen kohdentaminen

HSY:llä laskutus ei tapahdu kalenterivuosittain tai muullakaan tapaa säännöllisesti. Jotta AQUA:n laskutustiedoista voitiin muodostaa analyysiin tarvittavia vuosikulutuksia, jouduttiin vedenkulutus oletamaan tasajakautuneeksi laskutusajalle. Näin tehtynä kokonaisvedenkulutus on koko tarkasteluaikavälillä oikein, mutta vuosikohtaiseen kulutukseen tulee jonkin verran virhettä. Analyysissämme tarkastelemme pääasiassa yhden vain vuoden kulutusta, joten tuloksissa on kohdentamisesta johtuvaa epätarkkuutta.

Vedenkulutus on mahdollista kohdistaa kuluttajaan tarkimmillaankin vain kiinteistötunnuksen perusteella, mikä vaikeuttaa tarkastelua kolmella tavalla. Ensinnäkin, mikäli kiinteistöllä on kaksi tai enemmän erillisiä rakennuksia, kulutusta ei voida kohdistaa rakennusten välillä. Toiseksi, vaikka rakennuksia olisikin vain yksi, rakennus saattaa sisältää erityyppistä toimintaa, esimerkiksi liiketiloja ja asuinhuoneistoja, jolloin kulutusta ei voida kohdistaa tietyille käyttäjätypille. Kolmanneksi, vaikka rakennuksia ja sen sisältämiä toimintoja olisikin vain yksi, ei asuntokohtaista kulutusta saada useamman asunnon rakennuksissa selville. Asuntokohtainen kulutuksen kohdistaminen onnistuu vain sellaisille omakotitaloille, joilla kiinteistötunnukselle on merkitty vain yksi rakennus.

5.3 Selittävien muuttujien vaikutuksen arviointi

Selittävien muuttujien vaikutuksen arvioinnissa käytetään muutamia tyypillisiä ekonometrisia menetelmiä sekä yksinkertaisten tilastollisten tunnuslukujen vertailua. Päädyimme arvioimaan tilastomenetelmin perhekoon, perheenjäsenten ikien keskiarvon (myöhemmin perheen keski-*iän*), kiinteistön *iän*, talotyypin ja putkiremontoinnin vaikutusta.

5.3.1 Regressioanalyysi ja pienimmän neliösumman menetelmä

Regressioanalyysia ja pienimmän neliösumman menetelmää (PNS-menetelmä) käytettiin arvioimaan perhekoon, perheen keski-*iän* ja kiinteistön *iän* vaikutusta vedenkulutukseen.

Yhden muuttujan vaikutuksen arvioinnissa voidaan käyttää yhden muuttujan lineaarista regressiomallia, jonka parametrit estimoidaan pienimmän neliösumman menetelmällä. Menetelmässä minimoidaan jokaisen aineiston pisteen vertikaalisen etäisyyden neliötä estimoituun suoraan $y = \beta_0 + \beta_1 x$, jossa y on selitettävä muuttuja, meidän tapauksessamme ominaisvedenkulutus, selitettävä muuttuja, meidän tapauksessamme ominaisvedenkulutus, ja x on selittävä muuttuja, esimerkiksi perhekoko. Kerroin β_0 on y -akselin leikkauspiste, tai suoran vakio, nk. lähtötaso, ja β_1 on kerroin, josta olemme kiinnostuneita: selittäjän vaikutus selitettävään muuttujaan.

Oleennaista yhden muuttujan vaikutuksen arvioinnissa on pyrkiä pitämään muut tunnetut muuttajat vakioina tai kontrolloida niitä sisällyttämällä malliin niitä kuvaava muuttuja, jotta selittävän muuttujan vaikutus tulee kuvattua oikein, eikä endogeenisuus aiheuta ongelmia. Endogeenisuusongelmalla tarkoitetaan sitä, että lineaarisessa regressiomallissa selittäjä ja virhetermi ovat korreloituneita johtuen siitä, että mallin ulkopuolelle on jätetty merkittävä selittävä muuttuja, joka korreloi mallinnetun selittäjän kanssa. Tällöin mallin arviot kertoimien suuruudeksi ovat epäkonsistentteja ja epäluotettavia.

PNS-menetelmän käytössä on huomioitava, että se ei huomioi aikasarjadataa aikasarjana, vaan käsittelee jokaista havaintoa yksittäisenä ja toisista riippumattomana. Aineiston aikasarjaluonnetta voidaan hyödyntää valitsemalla mallinnusmenetelmäksi esimerkiksi nk. fixed effects tai random effects -malli. Nämä huomioivat datan aikasarjaluonteeseen allokoimalla jokaiselle havaintokohteelle oman y -akselin leikkauspisteen, eli sallivat erilaiset lähtötasot. Random effects ei salli lähtötason, eli vakion, korreloituneisuutta selittäjien kanssa, fixed effects taas sallii. Nämä mallit tulevat kyseeseen, mikäli selittävä muuttuja muuttuu ajassa kullekin havaintokohteelle. Esimerkiksi talouden keski-ikä on ajassa muuttuva selittäjä.

Kun kertoimien arvot on estimoitu, on kiinnitettävä huomiota niiden tilastolliseen merkitsevyyteen. Regressioanalyysin yhteydessä testataan jokaisen selittäjän osalta, onko selittäjällä vaikutusta selitettävään muuttujaan, eli eroavatko ne tilastollisesti merkitsevästi nolasta. Tilastolliset testit ovat päätössääntöjä, jotka jokaisessa yksittäisessä testausilanteessa kertovat, onko nollahypoteesi hylättävä vai ei. Nollahypoteesi regressiokertoimelle on, että kertoimen keskiarvo on nolla, ja vastahypoteesi on, että kertoimen keskiarvo ei ole nolla. Tilastolliset testit perustuvat testisuureisiin, jotka mittavat havaintoarvojen yhteensopivuutta nollahypoteesin kanssa.

Mikäli havaintojen ja nollahypoteesin yhteensopivuus on testisuureella mitattuna hyvä, nollahypoteesi jätetään voimaan. Jos yhteensopivuus on testisuureella mitattuna huono, nollahypoteesi hylätään ja vastahypoteesi hyväksytään. Regressiokertoimien tilastollisen merkitsevyyden testaamiseen käytetään niin kutsuttua t-testiä.

Yhteensopivuuden määrittämiseksi lasketaan selittäjälle sovellettavan testin *p*-arvo. Testin *p*-arvo on pienin merkitsevyydestä, jolla nollahypoteesi voidaan hylätä. Siten nollahypoteesi hylätään, jos testin *p*-arvo on kyllin pieni. Tyypillisesti luonnehditaan, että mikäli nollahypoteesi voidaan hylätä merkitsevyydestä 0,05, testisuureen arvo on *melkein merkitsevä*, mikäli nollahypoteesi voidaan hylätä merkitsevyydestä 0,01, testisuureen arvo on *merkitsevä* ja mikäli nollahypoteesi voidaan hylätä merkitsevyydestä 0,001, testisuureen arvo on *erittäin merkitsevä*. Testin merkitsevyydestä tarkoitetaan todennäköisyyttä, että testisuureen havainnoista määritetty arvo joutuu hylkäysalueelle, vaikka nollahypoteesi pätee.

Lopuksi on syytä tarkastella analyysin selitysvoimaa. Tässä työssä käytettiin yleisiä R^2 -lukua ja F-testiä. R^2 eli mallin selityssaste kertoo, kuinka suuren osuuden selitettävän muuttujan vaihtelusta regressioanalyysin selittävät muuttujat pystyvät selittämään. R^2 saadaan laskemalla selitettävän muuttujan arvojen ja mallin tuottamien ennustearvojen korrelaation neliö. F-testi kertoo, voidaanko selittäjillä ylipäätään selittää selitettävän muuttujan vaihtelua, ja sitä tulkitaan *p*-arvon avulla samalla tavalla kuin regressiokertoimien merkitsevyyttä. On mahdollista saada F-testille merkitsevä tulos, vaikka regressiokertoimet eivät olisi merkitseviä. Tällaisessa (harvinaisessa) tapauksessa regression muuttujat yhdessä pystyvät selittämään selitettävän muuttujan vaihtelua, vaikka yksittäen katsoen ne eivät olisi tilastollisesti merkitseviä.

5.3.2 Difference-in-differences –menetelmä

DID-menetelmää käytettiin arvioimaan putkiremontin vaikutusta vedenkulutukseen. Difference-in-differences tai DID on tilastollinen menetelmä, joka imitoi kokeellista tutkimusta, mutta hyödyntäen aikasarjan havaintodataa. Menetelmässä lasketaan selittävän muuttujan vaikutus selitettävään muuttujaan vertaamalla selitettävän muuttujan keskiarvoista muutosta muutokseen verrokkiryhmässä, jossa selittävä muuttuja ei ole tänä aikana muuttunut. Verrokkiryhmäksi pyritään valitsemaan muilta ominaisuuksiltaan mahdollisimman samankaltainen ryhmä. Verrokkiryhmään vertaaminen eliminoi mahdollisuuden selittävän muuttujan vaikutuksen yli- tai aliarviointiin johtuen yleisestä kehityksestä. Kuten edellä, näin eliminoimme endogeenisuusongelman.

6 TULOKSET

Tässä luvussa esitellään vedenkulutusennusteen perusura kokonaisuutena ja painepiireittäin, data-analyysin tulokset sekä arviot tärkeimpien ajureiden kehityksestä.

6.1 Vedenkulutusennusteen perusura kokonaisuutena ja painepiireittäin

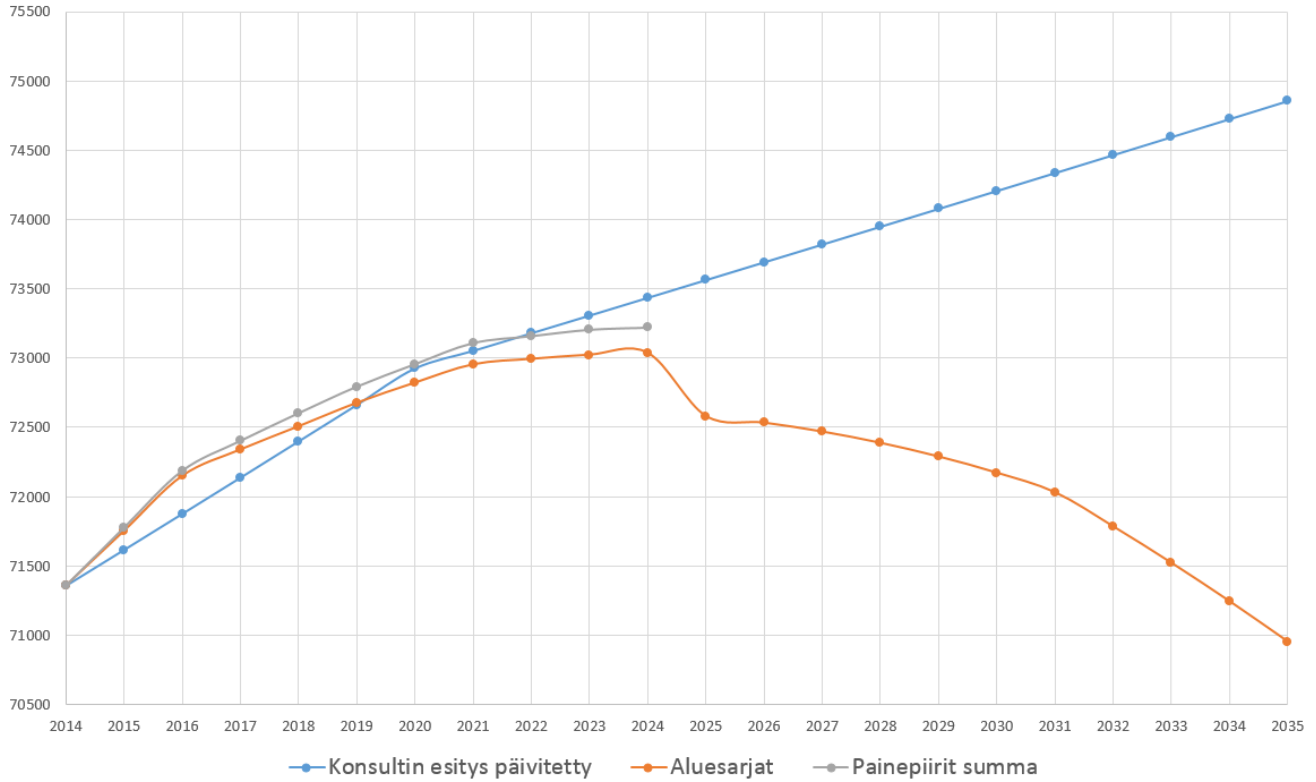
Lasketun veden kehityksen perusurana käytetään HSY:n talousmallissa 2014 arvioitua lasketun veden historiallista kehitystä. HSY:n alueella asukaskohtainen laskutettu vesimäärä on laskenut vuosina 2003-2013 keskimäärin -0,93 % vuodessa. Tämä sisältää siis myös esimerkiksi teollisuuden käyttämän veden, muttei kuitenkaan kuntien välistä rajamyyntiä.

Väestönkasvua arvioitiin koko alueen ja painepiirien tarkkuudella. Koko alueen väestöennusteissa käytettiin Aluesarjojen ennusteita sekä HSY:n talousmallissa esitettyä konsultin arviota, jossa seuraavan viiden vuoden kasvua estimoidaan edellisen viiden vuoden toteutuneella kasvulla sekä tästä eteenpäin kasvua estimoidaan kymmenen vuoden toteutuneella kasvulla. Painepiirikohtaiset ennusteet tehtiin siten, että Aluesarjojen pienalueiden väestöennuste jaettiin eri painepiireihin pinta-alan mukaan. Esimerkiksi Henttaan pienalue kuuluu sekä Espoonlahden että Espoonlahden pohjoisosan painepiireihin, jolloin Henttaan väestöluku on jaettu näihin kahteen painepiiriin siinä suhteessa, missä Henttan pienalue on kunkin painepiirin alueella. Samalla eri pienalueiden väestökasvu tulee jaettua eri painepiireille.

Arvio lasketusta vedestä saadaan siten, että HSY:n arvio vuoden 2014 lasketusta vedestä (71 357 143 m³) kerrotaan suhteellisella väestönkasvulla ja arvioidulla ominaisvedenkulutuksen suhteellisella laskulla. Näin saatu ennuste lasketusta vedestä on esitetty kuvassa 2. Painepiirikohtaisessa ennusteessa on huomioitu ainoastaan painepiirien alueilla tapahtuva kasvu, joten ennusteen pitäisi olla tarkempi kuin aluesarjojen koko alueen väestökasvulla tehdyt ennusteet. Tämä johtuu siitä, että suhteellinen väestökasvu painepiirien alueella on suurempaa kuin koko alueella.

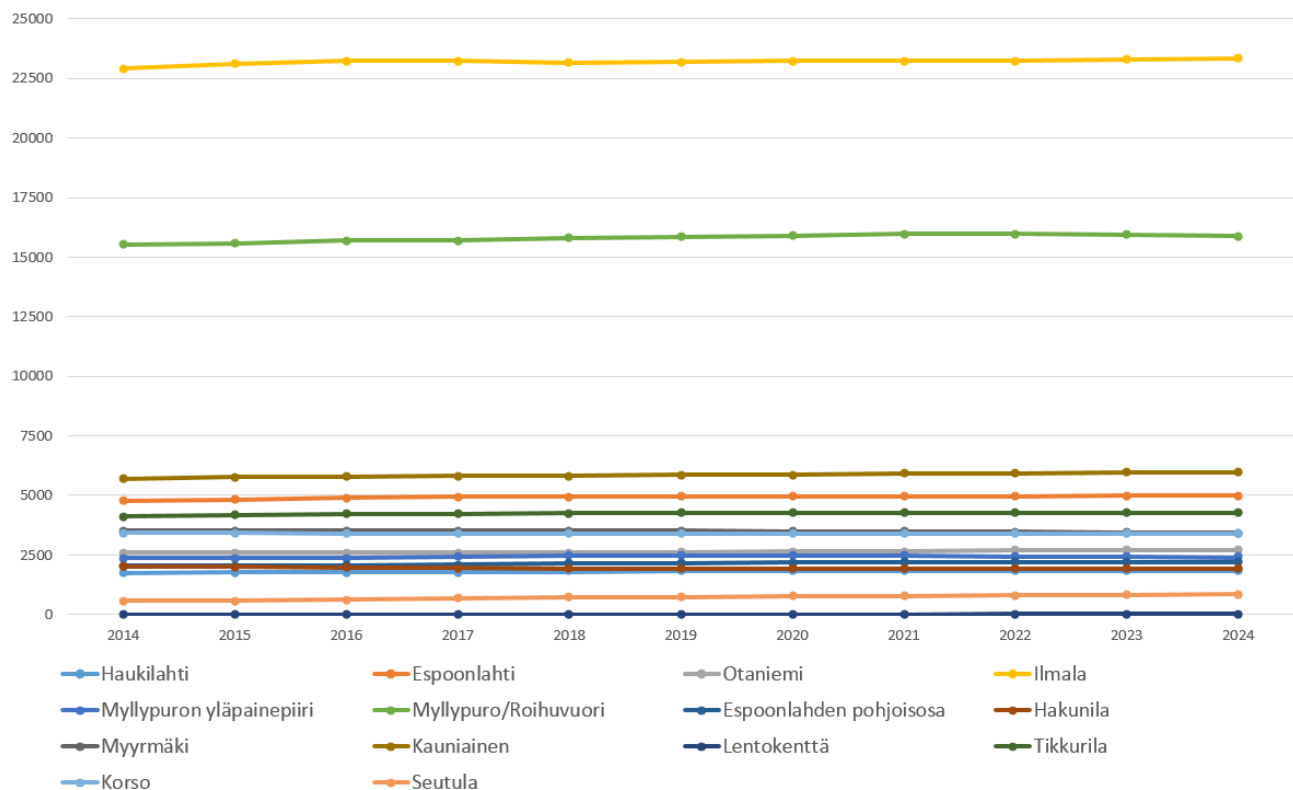
Painepiirikohtaiset vedenkulutusennusteet estimoitiin siten, että ennustettu lasketun veden kokonaismäärä jaettiin eri painepiireille piirien arvioitujen väestömäärien mukaan. Tämä arvio ei ole kovin tarkka, sillä se ei ota huomioon esimerkiksi eri taloudellisten toimijoiden sijoittumista eri painepiireihin tai asuntokannan erilaisuutta eri painepiirien alueilla. Painepiirikohtaiset lasketun veden ennusteet on esitetty kuvassa 3. Lisäksi eri painepiireissä tapahtuva lasketun veden vuotuinen suhteellinen kasvu on esitetty kuvassa 4.

Laskutettu vesi

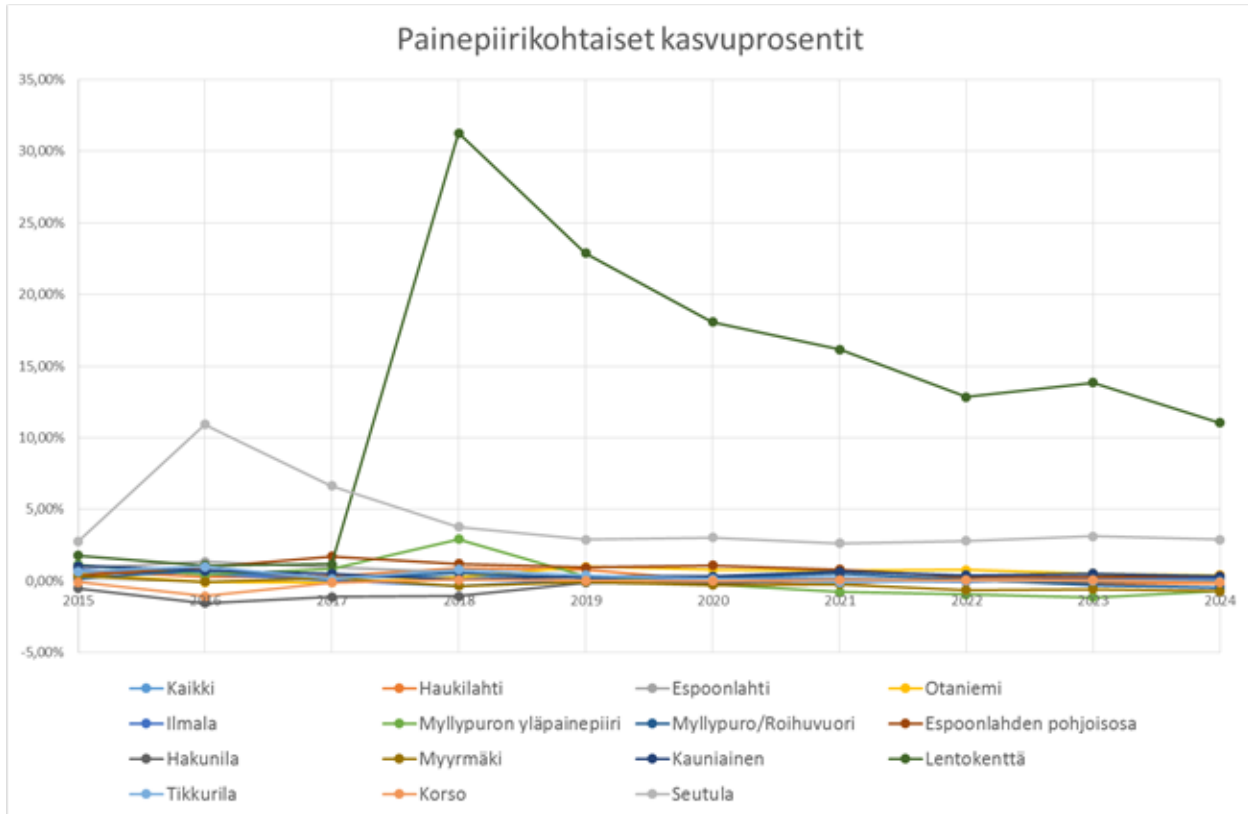


Kuva 2. Laskutetun veden ennuste perustuen ainoastaan väestökasvuun ja ominaislaskutetun veden muutokseen.

Painepiirikohtaiset laskutetun veden ennusteet



Kuva 3. Painepiirikohtaiset laskutetun veden ennusteet.



Kuva 4. Ennusteet laskutetun veden vuotuisesta kasvusta eri painepiireille.

6.2 Selittäjien vaikutusten arviointi

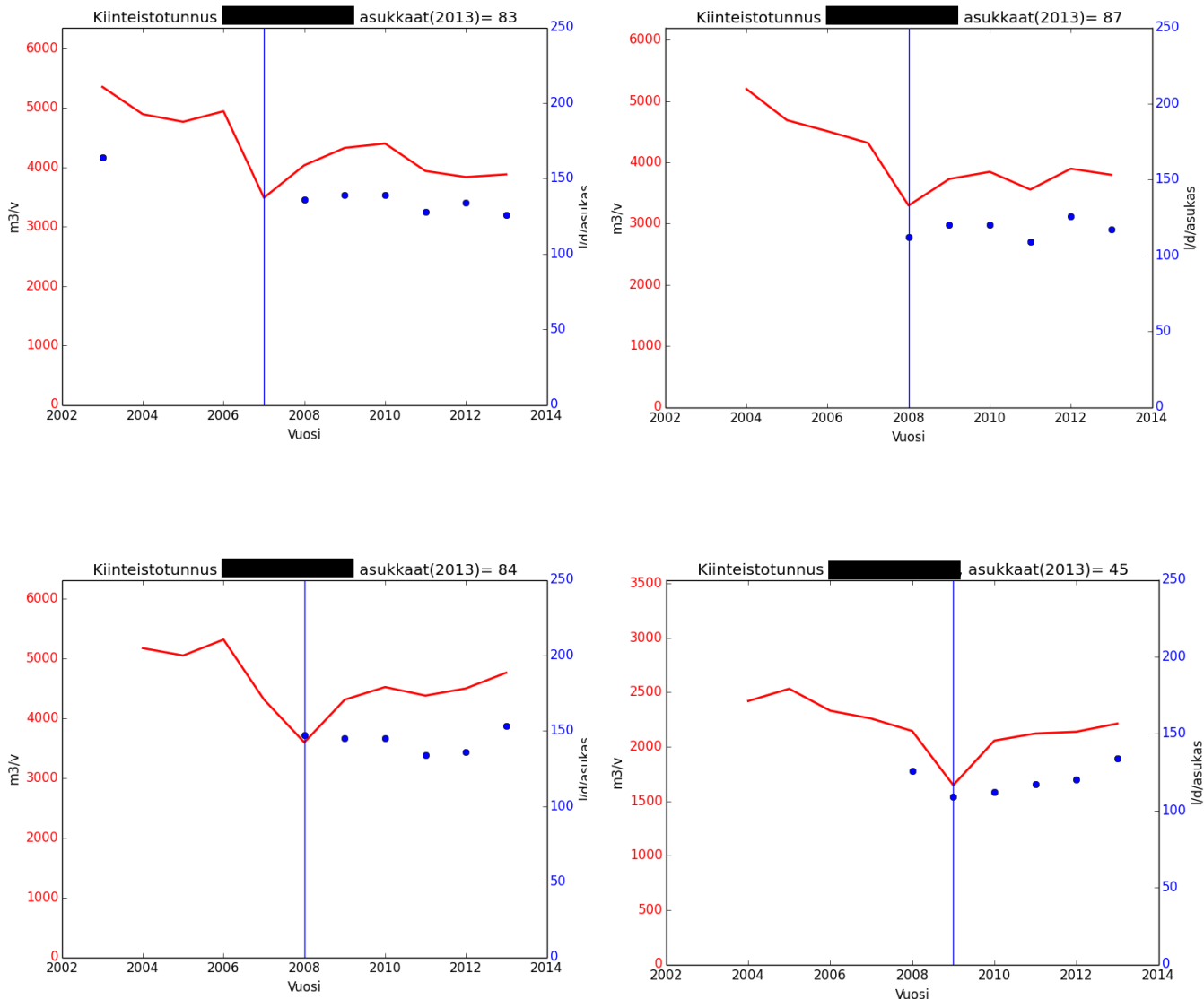
6.2.1 Putkiremontit

Kiinteistöjen vesikalusteiden nykyaikaistamisen vaikutusta vedenkulutukseen tarkasteltiin DID-menetelmällä vertaamalla rakennusten vedenkulutusta ennen ja jälkeen putkiremontin.

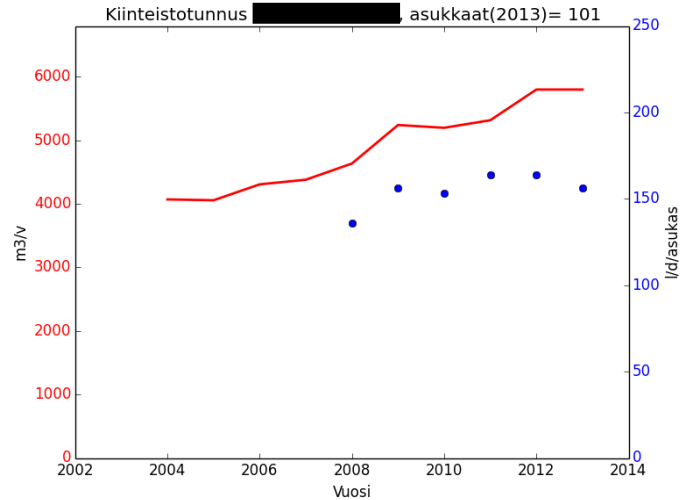
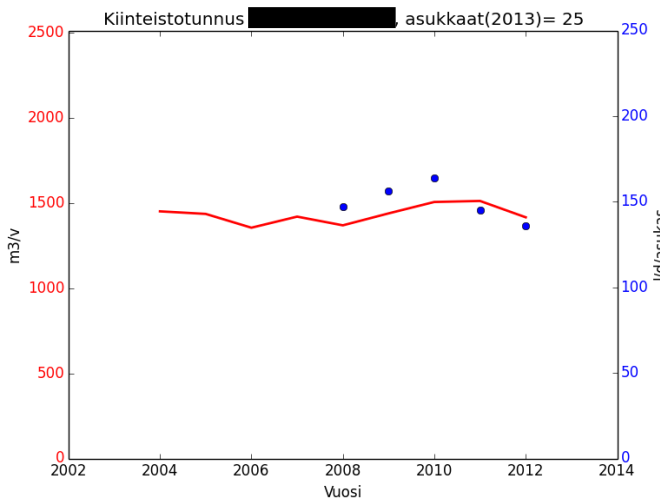
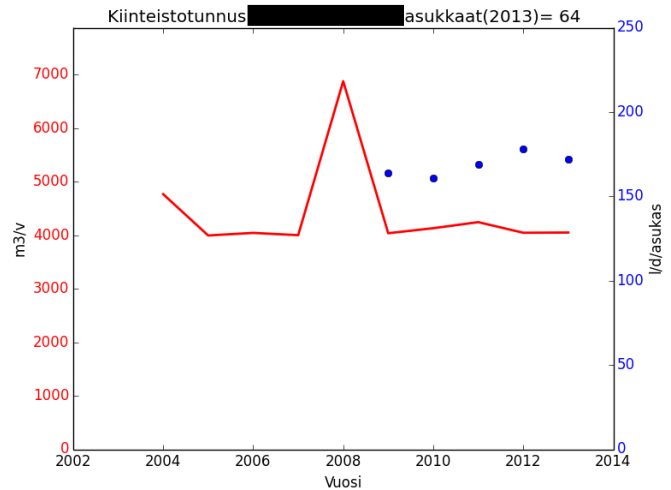
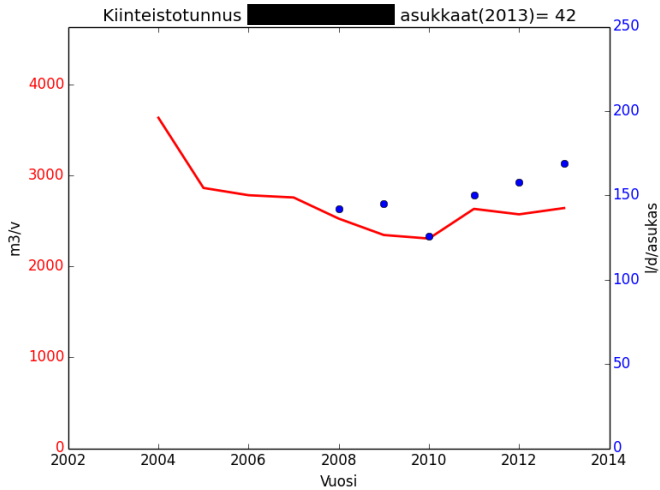
Analyysiä hankaloitti väestötietojen puuttuminen vuosilta 2004-2007. Keskimääräistä asukas-kohtaista vedenkulutusta ei siten voitu arvioida putkiremontteja edeltävälle ajalle. Tämän vuoksi tarkastelun oletuksena on, että kiinteistöjen asukasmäärät eivät ole muuttuneet merkittävästi tarkastelujaksolla. Pääkaupunkiseudulla asumisväljyys on kasvanut tarkastelujaksolla vain vähän: 33,97 -> 34,76 m²/henkilö (Helsingin seudun aluesarjat 2015).

Putkiremontoidut kiinteistöt on poimittu Oikotie-asuntojen myyntipalvelusta. Kuvassa 5 on esitetty neljä vuonna 2007-2009 putkiremontoitua kerrostalokiinteistöä. Kiinteistöjen käyttöönotto-vuodet ovat 1954, 1952, 1957 ja 1954. Putkiremontin ajankohta näkyy jokaisessa selvänä vedenkulutuksen notkahduksena. Näiden kiinteistöjen vedenkulutus on laskenut putkiremontin jälkeen 9-20 %, keskimäärin 14 %. Tulos vahvistaa Aarnisalón (2006) arvion suuruusluokan, joka oli 10 % asunto-osakeyhtiöille ja 17 % vuokrataloille.

Vertailukohteeksi valittiin neljä samasta ikäryhmästä poimittua kiinteistöä (käyttöönottovuodet 1955, 1962, 1960 ja 1953) (kuva 6). Vedenkulutuksessa näiden kiinteistöjen osalta verrattiin jaksoa 2004-2008 jaksoon 2009-2013. Kiinteistön 9102801640001 vuoden 2008 vedenkulutuspiikkiä ei otettu mukaan laskuihin. Vedenkulutuksen muutoksen vaihteluväli oli suuri, -14 % - +27%. Keskimäärin vedenkulutus kasvoi 4 %. Verrokkiryhmässä ei ole nähtävissä trendiä, eli voidaan vahvistaa putkiremontin keskimääräiseksi vaikutukseksi -14 %. Kulutukseen perustuva asuntokohtainen vesilaskutus voisi laskea vedenkulutusta vielä lisää. Tässä analysoiduissa neljässä kiinteistöissä ei ollut käytössä kulutukseen perustuvaa laskutusta. Kulutusperusteisen laskutuksen arviointiin emme löytäneet tarpeeksi materiaalia, joten on tukeuduttava kirjallisuudessa esitettyihin arvioihin.



Kuvat 5 a-d: Putkiremontoitujen kiinteistöjen vedenkulutus vuosina 2004-2013. Kiinteistöjen käyttöönottovuodet ovat: yläriivi: 1954, 1952, alariivi: 1957, 1954. Putkiremontin aiankohta on kuvattu



Kuvat 6 a-d: Verrokkiryhmän, eli putkiremontoimattomien kiinteistöjen vedenkulutus vuosina 2004-2013. Kiinteistöjen käyttöönottovuodet ovat: yläriivi: 1955, 1962, alarivi: 1960, 1953.

6.2.2 Perhekokoko

Perheeseen vaikutuksen tutkimiseksi käytettiin regressiomallia ja sovitukseen pienimmän neliösumman menetelmää. Jotta muut tunnetut muuttujat ja niiden mahdollinen korrelaatio perheeseen ei haittaisi analyysia, tarkasteluaineistoksi valittiin uudet, 2005 jälkeen käyttöön otetut omakotitalot ja niiden vedenkulutuksen vuonna 2013. Omakotitaloissa kulutus voidaan kohdistaa yhdelle taloudelle, ja rakennuksen nuori ikä vähentää vesikalusteiden ja kodinkoneiden ikään liittyvää kulutuksen vaihtelua. Omakotitaloissa maksetaan vedestä lisäksi kulutuksen mukaan, joten laskutuskäytännöissäkään ei ole eroja, jotka voisivat selittää vaihtelua.

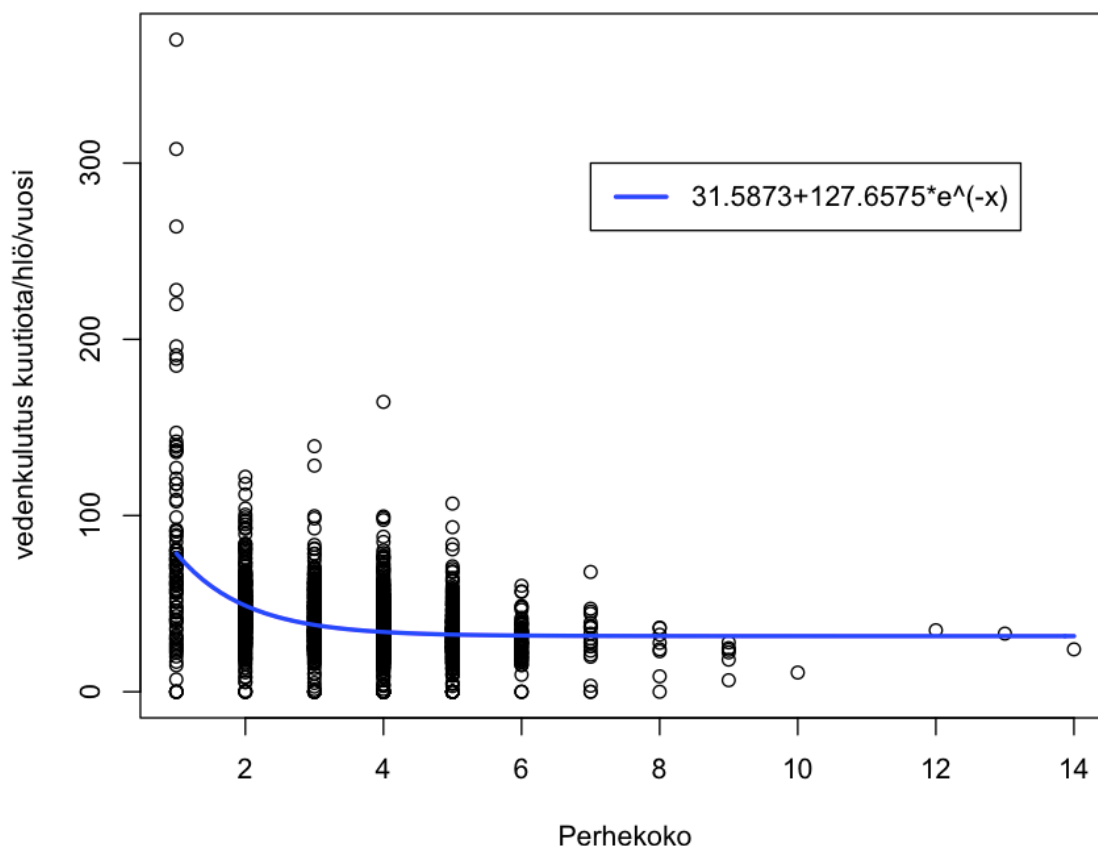
Perheen keski-ikä on mahdollisesti korreloitunut perheeseen kanssa, mutta sitä ei voida aineiston koon puolesta mielekkäästi kontrolloida vakioksi, joten se on sisällytettävä regressiomallin muuttujana. Näin valitussa aineistossa on 2287 havaintoa, havaintoaineiston ominaisvedenkulutuksen keskiarvo on $38,37 \text{ m}^3/\text{as}/\text{a}$, alin ominaiskulutus on $0 \text{ m}^3/\text{as}/\text{a}$ ja ylin kulutus on 370

m³/as/a. Tässä kohtaa on syytä todeta, että nollakulutusten poistaminen aineistosta ei olisi kovin hyödyllistä, sillä havaintoja myös hyvin pienistä kulutuksista on huomattavan paljon, kuten kuvasta 7 voi nähdä, eikä ole mitään keinoa arvioida, kuinka suuri kulutuksen on oltava jotta asuminen asunnossa olisi ympärivuotista. Perhekoko otoksessa vaihteli yhdestä neljääntoista.

Perhekoon vaikutus ominaisvedenkulutukseen havaittiin epälineaariseksi ja erittäin merkitseväksi. Aineistoon sovitettiin kaksi erilaista regressiomallia: eksponenttifunktio $y = \beta_0 + \beta_1 e^{-x}$, jossa x on perhekoko ja y on perheen ominaisvedenkulutus kuutioina vuodessa, sekä vaihtoehtoinen malli, jossa jokaista perhekokoja käytetään omana selittäjänään hyödyntäen binäärimuuttujia (tulosteessa "factor"). Eksponenttifunktion sovitus on esitetty kuvassa 7. Käytetty R-koodi ja saadut tulokset molemmille sovituksille on esitetty liitteessä 2.

Eksponenttifunktion sovituksiksi saatiin $y = 31,62 + 127,66e^{-x}$. Perhekoon kertoimen p-arvo on $< 2 \times 10^{-16}$, eli perhekoko on erittäin merkitsevä selittäjä. Mallin selitysaste R^2 on 0,19. Tulkitaan siis, että kun olemme vakioineet edellä kuvatusti talotyypin, rakennuksen iän ja laskutusmallin, perhekoko selittää noin 19 % jäljelle jäävästä ominaiskulutuksen vaihtelusta. Vaikutus on luonteeltaan epälineaarinen, mikä mutkistaa tulosten käsittelyä. Mikäli vaikutusta voitaisiin approksimoida lineaarisena, kokonaisvedenkulutuksen selittäjänä voitaisiin käyttää keskimääräistä perhekokoja. Nyt näin ei ole, sillä keskimääräinen perhekoko voi esimerkiksi pysyä vakiona, jos sekä yksinasuvien että suurperheiden määrä kasvaa. Tässä tapauksessa myös vedenkulutus kuitenkin kasvaisi. Tarkin tapa mallintaa perhekoon vaikutusta kokonaiskulutukseen olisi erotella väestöstä kuhunkin perhekokoon kuuluvan väestön osuus ja hyödyntää vaihtoehtoisen regressioanalyysin tuloksia liitteestä 2. Toinen, helpommin selvitettävä ja ennustettava, mutta vähemmän tarkka menetelmä olisi erottaa yksinasuvat omaksi ryhmäkseen, ja approksimoida vähintään kaksihenkkisten perheiden vedenkulutusta lineaarisena perhekoon funktiona.

Ominaisvedenkulutus uusissa omakotitaloissa perheeseen funktiona

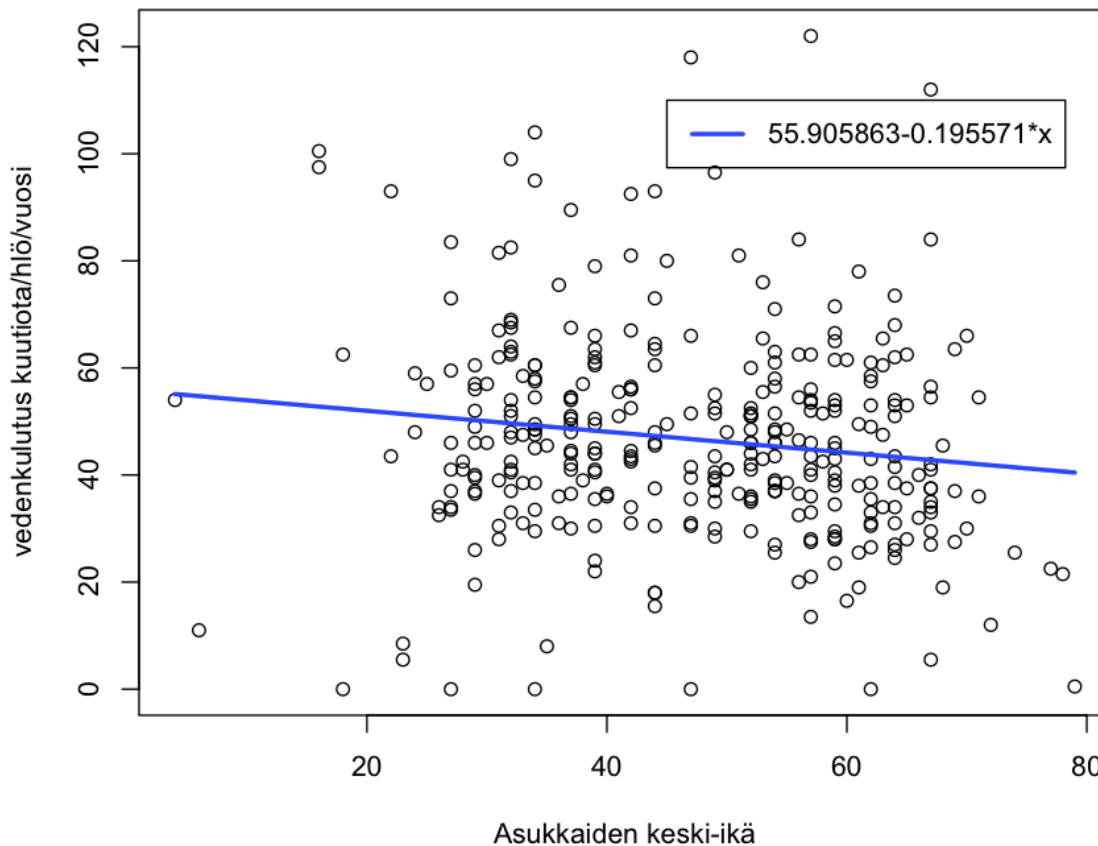


Kuva 7. Ominaisvedenkulutus uusissa omakotitaloissa perheeseen funktiona ja havaintoaineistoon sovitettu regressiofunktio.

6.2.3 Väestön ikärakenne

Perhekotarkastelussa omaksi muuttujakseen varmuuden vuoksi erotettu perheenjäsenten ikien keskiarvo (jatkossa keski-ikä) ei ollut merkitsevä selittäjä (p-arvo 0,97, R-koodi liitteessä 2). On kuitenkin aiheellista pelätä, että keski-ikä ja perhekoko ovat mahdollisesti jossain määrin jopa lineaarisesti riippuvaisia, jolloin tulos ei välttämättä ole oikein. Perheeseen ja keski-ikä korrelaatio on -0,64, eli melko vahva. Eliminoidaan aineistosta siis perheeseen vaihtelu rajoittamalla tarkastelu kahden hengen talouksiin uusissa omakotitaloissa ja tarkastellaan keski-ikä vaikutusta ominaisvedenkulutukseen. Havaintoaineistomme käsittää nyt 337 havaintoa. Regressioanalyysin tulokset on esitetty liitteessä 3, ja aineisto sekä sovitettu regressiosuora $y = 55,906 - 0,196x$ on esitetty kuvassa 8. Tulos tarkoittaa, että perheenjäsenten ikien keskiarvon kasvaessa yhdellä vuodella ominaisvedenkulutus vähenee noin 0,2 kuutiota vuodessa. On huomattava, että silmin on vaikea havaita korrelaatiota keski-ikä ja ominaisvedenkulutuksen välillä, ja se onkin varsin heikko, noin -0,14. Keski-ikä regressiokerroin on kuitenkin merkitsevä selittäjä (p-arvo 0,009). Mallin selitysaste R^2 on 0,02, eli se pystyy selittämään jäljellä olevasta vaihtelusta vain noin 2%. Emme siis voi väittää, että perheen tai yleisemmin väestön keski-ikä olisi merkittävä ominaisvedenkulutukseen vaikuttava tekijä.

Ominaisvedenkulutus uusissa omakotitaloissa 2 hengen talouksissa

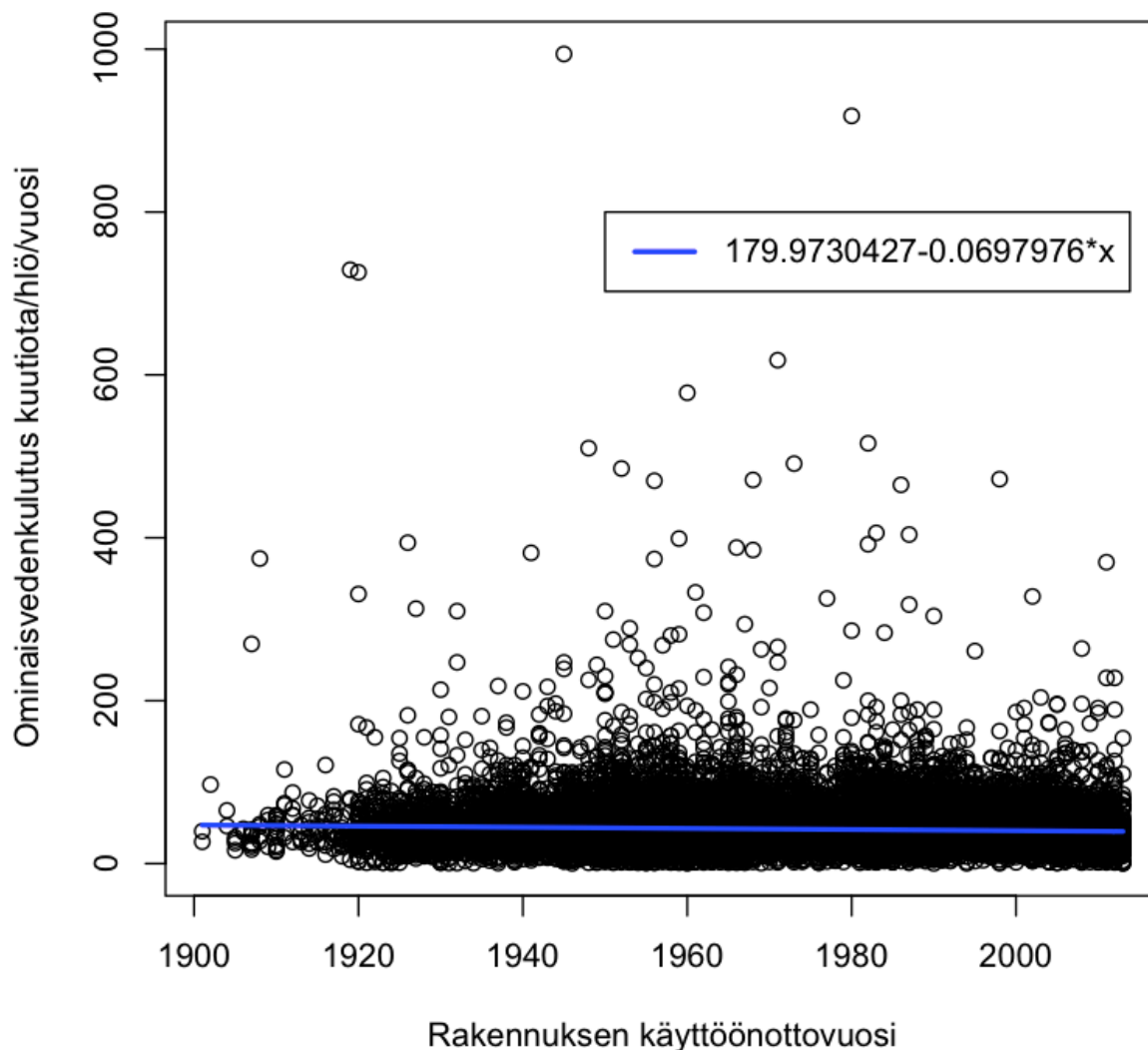


Kuva 8. Ominaisvedenkulutus uusissa omakotitaloissa kahden hengen talouksissa ja havaintoaineistoon sovitettu regressiosuora.

6.2.4 Kiinteistön ikä

Kiinteistön iän vaikutusta arvioitaessa on vaikea vakioida muita muuttujia kuin talotyyppi. Nollakulutukselliset kohteet eivät ole tarkastelussa mukana, sillä ne keskittyvät uudempiin rakennuksiin ja saattavat virheellisesti painaa uusien kiinteistöjen arvioitua keskimääräistä kulutusta alas. Eri-ikäisten omakotitalojen asukkaiden ominaisvedenkulutus vuonna 2013 sekä aineistoon sovitettu regressiosuora $y = 179,97 - 0,07x$ on esitetty kuvassa 9. Tuloksen mukaan yhtä vuotta nuoremman omakotitalon asukkaiden ominaisvedenkulutus on keskimäärin 0,07 kuutiota vuodessa vähemmän kuin vuotta vanhemman talon. Regressiossa rakennuksen käyttöönottovuosi on erittäin merkitsevä selittäjä, p-arvo $< 2,2 \times 10^{-16}$, mutta sen selitysvoima on myös erittäin pieni, R^2 on 0,004. Rakennuksen käyttöönottovuosi selittää kulutuksen vaihtelusta omakotitaloissa siis vaivaiset 0,4%, ja käyttöönottovuoden korrelaatio ominaiskulutuksen kanssa on -0,06, eli käytännössä olematon. R-tuloste on liitteessä 4.

Omakotitalojen ominaisvedenkulutus

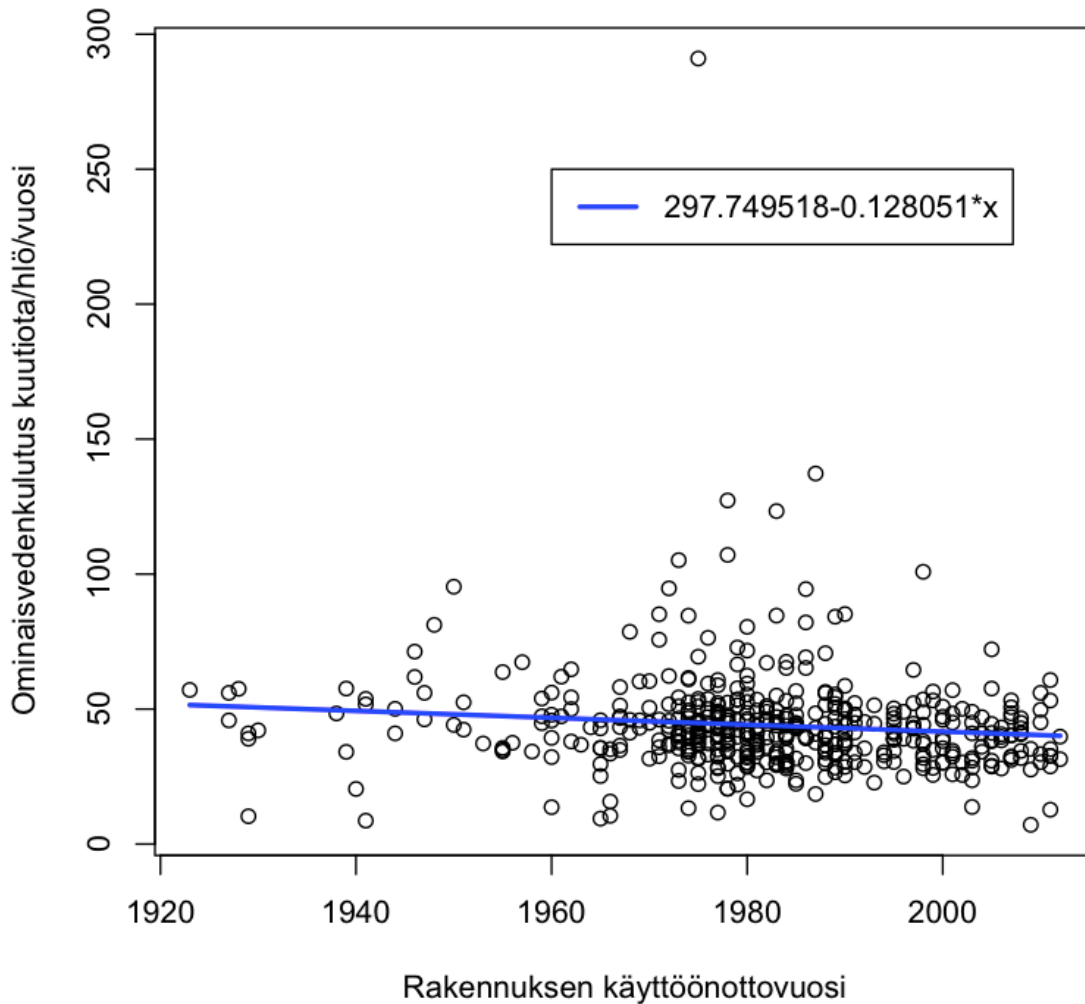


Kuva 9. Omakotitalojen ominaisvedenkulutus.

Koska voimme kuvitella, että eri talotyypeillä rakennuksen iän vaikutus ominaisvedenkulutukseen on erilainen, tarkastellaan rakennuksen iän vaikutusta myös rivi- ja kerrostaloille. Rajoitumme tarkastelemaan rakennuksia, joita on vain yksi jokaiselle kiinteistötunnukselle.

Tulokset rivitaloille on esitetty kuvassa 10. Rivitaloille rakennuksen iän vaikutus on vähemmän merkitsevä kuin omakotitaloille, p-arvo 0,017, mutta karkeasti sanoen kaksi kertaa voimakkaampi. Regressiosuoraksi saadaan $y = 297,75 - 0,13x$. Havaintoaineisto on huomattavasti pienempi, 478 havaintokohdetta. Korrelaatio rakennuksen iän ja ominaisvedenkulutuksen välillä on jonkin verran voimakkaampi, -0,11, mutta ei edelleenkään vahva. $R^2=0,012$, eli rakennuksen ikä selittää noin 1,2% kulutuksen vaihtelusta.

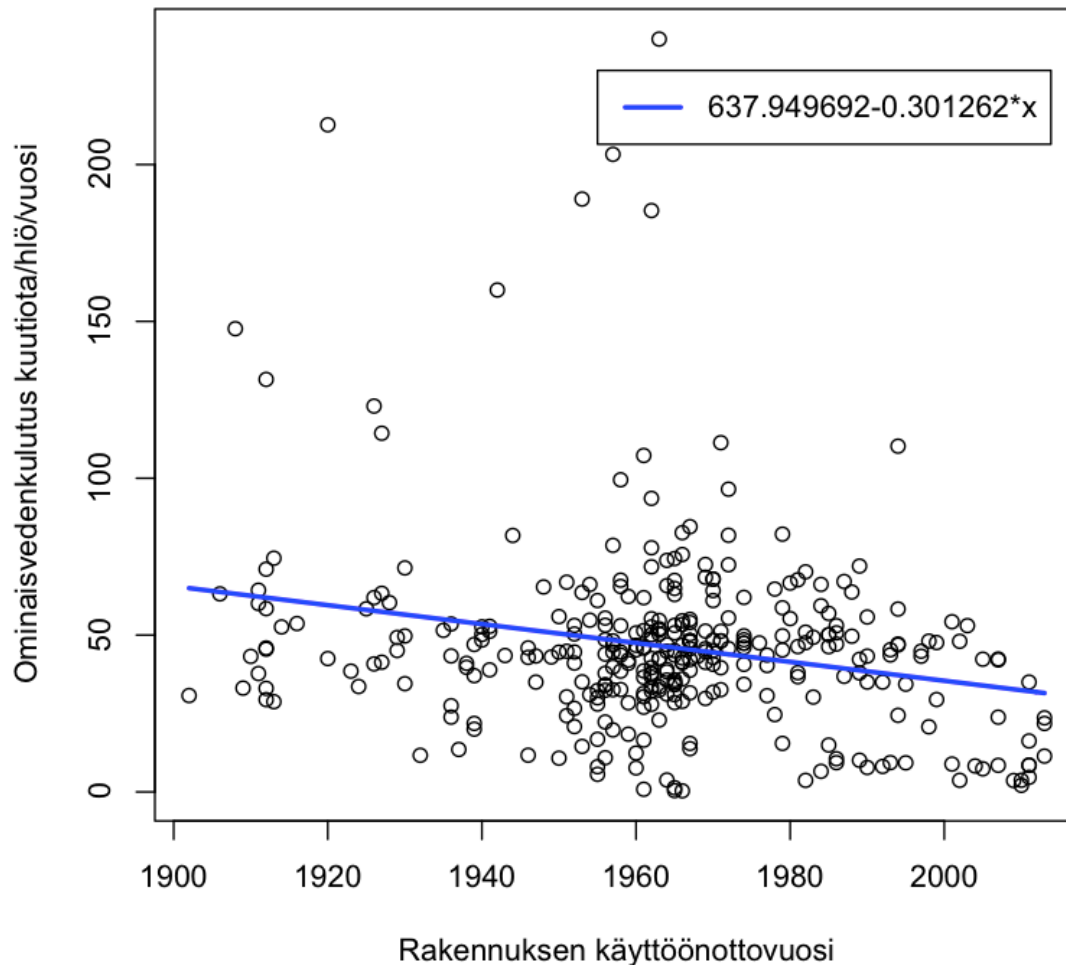
Rivitalojen ominaisvedenkulutus



Kuva 10. Rivitalojen ominaisvedenkulutus.

Kerrostalojen tulokset on esitetty kuvassa 11. Regressiosuoraksi saadaan $y = 637,95 - 0,30x$, $R^2=0,054$. Kerrostaloille rakennuksen iän vaikutus on erittäin merkitsevä, p-arvo $1,29 \times 10^{-5}$, ja jälleen karkeasti kaksi kertaa voimakkaampi kuin rivitaloille ja neljä kertaa voimakkaampi kuin omakotitaloille. Havaintoaineistossa on 342 kohdetta. Korrelaatio rakennuksen käyttöönotto-vuoden ja ominaisvedenkulutuksen välillä on 0,23.

Kerrostalojen ominaisvedenkulutus



Kuva 11. Kerrostalojen ominaisvedenkulutus.

6.2.5 Talotyyppi

Eri talotyyppien ominaiskulutuksien eroja voi tarkastella vertaamalla eri talotyyppien ominaiskulutusten keskiarvoja. Edellisen kohdan tarkastelussa omakotitalojen ominaisvedenkulutuksen keskiarvo on $42,08 \text{ m}^3/\text{as}/\text{a}$, rivitalojen $43,97 \text{ m}^3/\text{as}/\text{a}$, ja kerrostalojen $46,36 \text{ m}^3/\text{as}/\text{a}$. Koska emme kuitenkaan voi tarkastella talotyypin vaikutusta itsenäisenä muista aiemmin tarkastelluista muuttujista, emme voi päätellä erojen johtuvan nimenomaan talotyypistä tai ylipäättään muista kuin jo tarkastelluista selittäjistä. Voidaan esimerkiksi esittää hypoteesi, että kerrostaloissa asuu enemmän sinkkuja kuin omakotitaloissa. Tätä emme kuitenkaan voi testata, sillä meidän aineistostamme ei ole mitään keinoa saada selville kerrostaloissa yksinasuvien määrää. Toisaalta myös kulutukseen perustuva laskutus selittänee eroja talotyyppien välillä.

6.3 Merkittävien selittäjien kehityksen arviointi

6.3.1 Putkiremontit ja kiinteistön ikä

Koska kiinteistön iän voidaan vaikuttavan vedenkulutukseen vesikalusteiden tehokkuuden muodossa, käsittelemme näitä muuttujia yhdessä. Nykyaikaisten vesikalusteiden ja putkistojen rajaksi asetettiin vuosi 2000. Vuonna 2000 tai sen jälkeen rakennetut tai putkiremontoidut kiinteistöt nimettiin siis nykyaikaisiksi ja loput kiinteistöt vanhanaikaisiksi. Nykyaikaisten kiinteistöjen vedenkulutuksen oletettiin olevan vanhanaikaisia 14 % pienempää. Emme siis tässä oleta vesikalusteiden kehittyvän entisestään tai ”älykalusteiden” lisääntyvän. Tehtyjen ja tulevien putkiremonttien määrää arvioitiin vuosikymmenittäin VTT:n kehittämän uusimiskäyrän avulla (Paiho ym. 2009). Ennuste tehtiin vuosikymmenittäin, koska putkiremonttien tarkkaa ajankohtaa koko rakennusaineistolle ei tunneta. Taulukossa 1 on esitetty nykyaikaisten asuntojen osuus asuntojen kokonaismäärästä eri vuosikymmeninä. Lisäksi siinä on esitetty remonttien ja uusien asuntojen rakentamisen vaikutus asutuksen vedenkulutukseen. Esimerkiksi 2020-luvulla putkiremonttien vaikutus **asutuksen vedenkulutukseen** on karkeasti arvioiden siis -0,3 % vuodessa.

Taulukko 1. Nykyaikaisten asuntojen osuus kaikista asunnoista ja muutoksen vaikutus asutuksen ominaisvedenkulutukseen.

Vuosikymmen	Nykyaikaisten asuntojen osuus (%)	Vaikutus asutuksen vedenkulutukseen vuodessa (%)
2000	21	0 (lähtötaso)
2010	42	-0,6
2020	61	-0,3
2030	76	-0,2

Toisen näkökulman putkiremonttien vaikutuksesta **laskutetun veden kokonaismäärään** voi esittää yksinkertaisesti ja esimerkinomaisesti. Oletetaan erittäin optimistisesti, että hiukan kuvaa 1 mukailten putkiremonttien määrä tuplaantuu pääkaupunkiseudulla (40 tuhannesta 80 tuhanteen) kun verrataan vuosikymmeniä 2000-2010 ja 2010-2020. Oletetaan lisäksi, että kaikki remontoitavat asunnot ovat kerrostaloasuntoja (vuosikulutus noin 60 m³) ja että mittarointiin perustuvan laskutuksen yleistymisen myötä putkiremontit vaikuttavat ensimmäisellä vuosikymmenellä 10 % asunnon kokonaiskulutusta laskevasti ja jälkimmäisellä 20 %. Näin laskettuna putkiremontit laskevat kulutusta ensimmäisenä vuosikymmenenä 240 000 m³ ja seuraavan vuosikymmenenä 960 000 m³. Jos lasketaan viedä näiden lukujen erotus ja jaetaan saatu luku kymmenelle vuodelle, saadaan karkea muutos vuosikulutuksessa kuluvalle vuosikymmenelle. Saatu luku on noin promillen luokkaa laskutetun veden kokonaismäärästä.

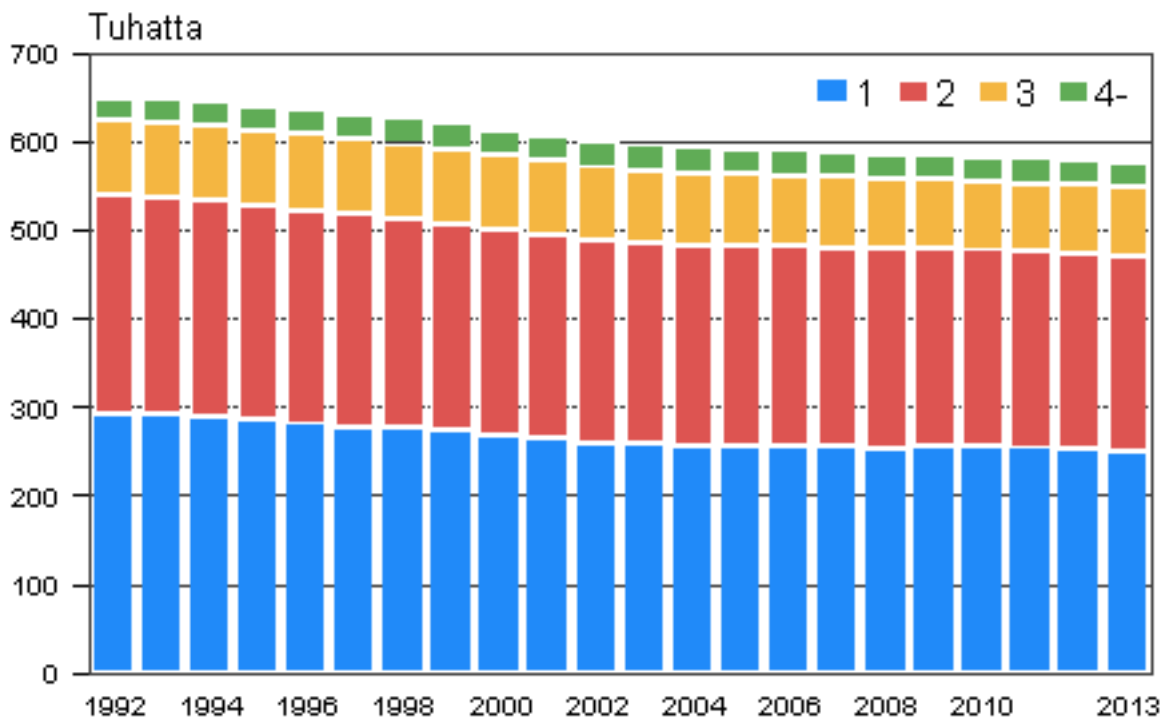
Ylläolevalla karkealla laskutoimituksella oli tarkoitus havainnollistaa, että optimistisimmistakin arvioista huolimatta putkiremonttien yleistymisen vaikutus laskutettuun veteen näyttää jäävän melko pieneksi, kun muistetaan, että ominaislaskutuksen lasku on historiallisesti noin prosentin luokkaa vuodessa.

6.3.2 Perhekoko

Tilastokeskus seuraa suomalaisten perheiden koon kehitystä. Lapsiperheiden lasten lukumäärä on esitetty kuvassa 12. Suomalaisten keskimääräinen lapsiluku, 1,84, on pysynyt viime vuosikymmeninä vakaana, mutta lapsiperheiden määrä vähenee hitaasti, ja lapsiperheisiin kuului vuonna 2013 noin 40 % väestöstä. Myös perheisiin kuuluvien osuus vähenee hitaasti. Vuonna 2013 perheisiin kuului 75 % väestöstä, kun vielä vuonna 1990 perheisiin kuului 82 % väestöstä.

Perhekoon pieneneminen ja yksinasuvien osuuden kasvu vaikuttaa vedenkulutukseen kasvattavasti. Ei kuitenkaan ole syytä olettaa, että kehityksen nopeus muuttuisi merkittävästi tulevaisuudessa. Näin ollen perhekoon kehitys sisältyy olemassa olevaan ominaisvedenkulutuksen trendiin.

Lapsiperheiden lasten lukumäärä 1992–2013



Kuva 12. Lapsiperheiden lasten lukumäärä 1992-2013 (Tilastokeskus).

7 YHTEENVETO

7.1 Ominaisvedenkulutuksen ajurit

Taulukossa 2 on esitetty kootusti raportissa käsitellyt asutuksen ominaisvedenkulutuksen ajurit.

Taulukko 2. Asutuksen ominaisvedenkulutukseen vaikuttavien tekijöiden tarkastelu koottuna.

Ajuri	Laskettu vaikutus	Kirjallisuudessa arvioitu vaikutus	Kehitys
Perhekoko	Merkittävä ja epälineaarinen, ks. luku 6.3.2.	On käytetty lineaarisia arvioita. Schleich ja Hillenbrand (2007) arvioivat, että perheeseen pieneminen kasvattaa vedenkulutusta siten, että mikäli keskimääräinen perhekoko vähenee 25% kahdesta henkilöstä yhteen ja puoleen, kasvaa ominaisvedenkulutus 5,2%	Lapsiluku vakaa, mutta lapsiperheet vähenevät ja perheissä elävien osuus väestöstä vähenee, trendin odotetaan jatkuvan.
Väestön ikärakenne	Ei merkittävä. Kun perheen keski-ikä kasvaa vuodella, vedenkulutus/hlö vähenee arviolta 0,2 m ³ vuodessa.	Arbués ja Villanúa (2003) spekuloiivat, että teini-ikäiset ovat vähemmän säästeliäitä vedenkäyttäjiä, toisen ääripään ollessa eläkeläiset. Toisaalta eläkeläiset viettävät usein enemmän aikaa kotona. Schleich ja Hillenbrand (2007) ovatkin analysoineet, että Saksassa vanhemmat ihmiset käyttävät enemmän vettä. Tutkimuksen mukaan väestön keski-ikä nousee vuodella vuorokauden vedenkulutus henkilöä kohden kasvaa 1,5 litraa.	Väestö ikääntyy, pääkaupunkiseudulla maahanmuutto ja korkeakoulut voivat lisätä nuorten suhteellista osuutta verrattuna muuhun maahan.
Talotyyppi	Omakotitalojen ominaisvedenkulutuksen keskiarvo on 42,08 m ³ /as/a, rivitalojen 43,97 m ³ /hlö/vuosi ja kerrostalojen 46,36 m ³ /as/a. Koska emme kuitenkaan voi tarkastella talotyypin vaikutusta itsenäisenä muista aiemmin tarkastelluista muuttujista, emme voi päätellä erojen johtuvan nimenomaan talotyypistä.	Kansainvälisissä tutkimuksissa (esim. Shawly 2008) vedenkulutuksen katsotaan vaihtelevan asuntotyypeittäin lähinnä siksi, että eri asumismuodot tukevat erilaisia vedenkulutusaktiiviteetteja; omakotitaloissa vettä kuluu enemmän kuin kerrostaloasunnoissa mm. pihan kastelun takia. Suomessa tilanne on kuitenkin päinvastainen, ja kulutus omakotitaloissa on noin 20 l/as/d pienempää kuin kerrostaloasunnoissa (Ympäristöministeriö 2009).	Pienten asuntojen rakentaminen saattaa lisääntyä tulevaisuudessa pääkaupunkiseudulla.
Kiinteistön ikä	Todettiin merkitsevästi mutta ei kovin selitysovoimaiseksi, merkitys suurin kerrostaloille. Ks luku 6.2.4.	-	Ikäjakama riippuu rakennustahdistista.
Putkiremontit	-14 %	Aarnisalonen (2006) mukaan kiinteistöjen putkiremontointi ja vesikalusteiden nykyaikaistaminen laskee asuinkerrostalojen vedenkulutusta asunto-osakeyhtiöissä keskimäärin 10% ja vuokrataloissa 17%.	Remontointitahti tulee lähiaikoina karkeasti tuplaantumaan.

Tehokkaat vesikalusteet ja paineenalennusventtiilit	-	Tavanomaisia uusia vesikalusteita edistyksellisemmällä "älykkäillä" tai "ekologisilla" vesikalusteilla on myös edelleen potentiaalia vähentää vedenkulutusta. Rakentamismääräyksissä suositellaan paineenalennusventtiilien käyttöä tarpeen mukaan. Esimerkiksi 200 kPa:n paineenalennuksella saadaan kulutusta pienennettyä luokkaa 10-15 % verrattuna tilanteeseen, jossa painetaso olisi 500-600 kPa (Ympäristöministeriö 2009).	Ei tietoa.
Kulutukseen perustuva laskutus	-	-10% (Ympäristöministeriö 2009).	Vesimittarit tulivat pakollisiksi uusissa asuintaloissa sekä toimisto- ja liiketiloissa vuonna 2011, ja vuodesta 2013 lähtien mittarit on pitänyt asentaa myös kunnostuksen tai putkiremontin yhteydessä. Laissa ei kuitenkaan veloiteta käyttämään mittareita laskutuksessa. Koska mittarit vähentävät kulutusta vain käytettyinä, on mahdollista, että lain porsaanreikä korjataan tulevaisuudessa.
Veden hinta	-	Kansainvälisesti veden kulutusta ennustetaan usein ekonometrisillä malleilla, joissa selittäjinä ovat muun muassa veden hinta ja kotitalouden tulot. HSY:n edustajien kertoman perusteella Suomessa maltillisten taksakorotusten ei ole havaittu pitemmän päälle vaikuttavan veden kulutukseen, ja veden hinta on kansainvälisesti hyvin alhainen suhteessa kotitalouksien tuloihin. Toisaalta HSY (2014) on aiemmin ollut talousarviossaan sitä mieltä, että "veden ominaislaskutuksen kehitys on tulevaisuudessa voimakkaasti sidoksissa vedestä perittävien maksujen kehitykseen sekä vedenkulutuksen mittaroinnin yleistymiseen".	Tilastokeskuksen mukaan veden hinta on koko Suomessa noussut yli 50 % 13 vuodessa. On mahdollista, että pitkällä aikavälillä veden hinta nousee tarpeeksi alkaakseen vaikuttaa kulutukseen erityisesti alimmissa tulo-luokissa.
Sää ja ilmasto	-	Monissa tutkimuksissa on havaittu sään yhteys kausittaiseen vedenkulutukseen (esim. Miaou 1990, Arbués ym. 2003, Gato ym. 2007, Herrera ym. 2010). Vedenkulutusennusteessa säällä voi olla merkitystä, jos ilmasto muuttuu ennusteen ajanjaksolla. Suomen ympäristökeskus (Vienonen et al. 2012) on selvittänyt ilmastonmuutoksen vaikutuksia ja sopeutumistarvetta vesihuollossa. Vedenkulutuksen mahdollista lisääntymistä kesäaikana ei huomioitu selvityksessä sopeutumis-	Ilmasto lämpenee.

		tarpeena.	
Tulotaso	-	Sosioekonomisista tekijöistä erityisesti tulotasolla on havaittu olevan vaikutusta ominaisvedenkulutukseen monissa tutkimuksissa (esim. Agthe ja Billings 2002, Chang ym. 2010). Havaittu korrelaatio on aina ollut positiivinen ja lineaarinen tai epälineaarinen.	Taloustilanne heijastuu väestön tulotasoon. Pääkaupunkiseudun työllisyysaste on ollut laskussa vuodesta 2008 ja pienituloisten määrä kasvussa.
Kodinkoneiden vedenkäyttötehokkuus	-	Vettä käyttäviä kodinkoneita ovat pääasiassa astianpesukoneet ja pyykinpesukoneet. Keskimääräisen suomalaisen päivittäisestä ominaisvedenkulutuksesta (155 l/as/d) keittiössä kuluu 22 % eli 35 litraa ja pyykinpesuun 13 % eli 20 litraa (Motiva).	EU vaati koneilta kiristystä energiatehokkuutta, joka vaikuttaa myös vedenkäyttöön. Kodinkoneiden vedenkäyttö on jo tehostunut merkittävästi, joten ilman uusia teknologioita uusien koneiden vedenkäyttö ei enää todennäköisesti laske merkittävästi. Kun kaikki koneet on uusittu nykyaikaisiksi, vedenkulutuksen vähenemisen tästä johtuen voi ajatella loppuvan.

7.1 Ennusteiden tarkentaminen tulevaisuudessa

Mikäli ymmärrystä ominaisvedenkulutuksesta halutaan tarkentaa tulevaisuudessa, tarvitaan välttämättä lisää tietoa talouksien vedenkäytöstä. Ennen kuin voi ennustaa tulevaa, olisi pystyttävä kuvaamaan edes nykytilaa tarpeeksi kattavasti. On olennaista pystyä kohdistamaan kulu vedeen kuluttaneeseen talouteen, ja taloudesta olisi oltava tiedossa ne muuttujat, joiden vaikutusta halutaan tarkastella, kuten tulotaso, työllisyys, remontit, asunnossa vietetty aika vuodesta, laskutusperuste ja niin edelleen. Kohdistuksen ei tarvitse olla välttämättä mahdollista koko aineistolle, vaan vaikutuksia voidaan pyrkiä arvioimaan myös kattavista otoksista, joiden osalta halutut tiedot on saatavilla.

Mikäli talouskohtaista vedenkulutusta ei ole mahdollista saada selville, fokus olisi siirrettävä kotitaloudesta korkeammalle tasolle, kuten kaupunginosaan, jonka tasolla on tietoa esimerkiksi väestön tulotasosta ja työllisyydestä. Tällaisessa tarkastelussa on kuitenkin omat haasteensa, ja korkeaa selitystasoa voi olla vaikea saavuttaa.

Aikasarjadatan luonteen hyödyntäminen laajemmin olisi ehdottoman hyödyllistä tarkastelutasosta riippumatta. Aikasarjadatan avulla yksittäisen taloudessa tapahtuvan muutoksen vaikutuksen arviointi on paljon tarkempaa kuin yhden ajanhetken tarkastelu erilaisista talouksista.

Tuloksia tarkentaisi myös, jos laskutus tapahtuisi tasavuosin, eikä olisi tarpeen tehdä tasajakautunutta allokointia eri vuosille.

Jotta ominaisvedenkulutuksen rakenteeseen todella päästäisiin käsiksi, olisi vedenkulutusaktiiviteetteja pystyttävä tarkastelemaan joko kyselytutkimuksella tai mieluiten "koeolosuhteissa" elävillä talouksilla, joiden hanoissa tai viemäreissä olisi erikseen vesimittarit. Tällaisilla tutkimuksilla voitaisiin valottaa sitä, millä tavalla talouksien vedenkulutus vaihtelee, ja etsiä vaihtelun syitä. Nyt käytössä olevat arviot vedenkulutusaktiiviteettien osuuksista kulutuksissa perustuvat varsin epäluotettaviin ja vanhentuneisiin kyselytutkimuksiin, ja saatavilla olevat tulokset ovat lisäksi erittäin suppeita.

Sitten kun ajureiden vaikutukset ovat selvillä, jäljellä on vielä luonnollisesti niiden kehityksen ennustaminen. Tämä prosessi olisi todennäköisesti tehtävä asiantuntija-arvioiden avulla.

Asutuksen ominaisvedenkulutuksen lisäksi kokonaisvedenkuluksen ennustamisen kannalta on kriittistä pureutua myös teollisuuden ja palveluiden vedenkäyttöön.

Datan käsittelyä helpottaisi myös paikkatietokantojen yhdenmukaistaminen, nyt Aquasta ja SeutuCD:ltä sekä Helsingin tietokeskuksen tuottaman tiedon paikkatiedot eivät olleet samat.

8 LÄHDELUETTELO

- Aarnisalo, J. 2006. *Vesikalusteiden ja -laitteistojen vaikutus talousveden käyttöön asuin kerrosaloissa*. Julkaisematon diplomityö. Teknillinen korkeakoulu, rakennus- ja yhdyskuntatekniikan osasto. Espoo. 77 s.
- Agthe, D., Billings, R. 2002. *Water Price Influence on Apartment Complex Water Use*. Journal of Water Resources Planning and Management 128: 366-369.
- Airix Ympäristö Oy. 2013. *Kirkkonummen kunta - Vesihuollon kehittämissuunnitelma*. Saatavilla: http://www.kirkkonummi.fi/instancedata/prime_product_julkaisu/kirkkonummi/embeds/kirkkonummiwwwstructure/36969_e26353_1924_vhks_liitteet1-7.pdf
- Arbués, F., and I. Villanúa. 2003. *Estimation of Residential Water Demand: a State-of-the-Art Review*. Journal of Socio-Economics 32(1): 81-102.
- Billings, R., Jones, C. J. 2008. *Forecasting Urban Water Demand (2nd Edition)*. American Water Works Association. Denver, CO, USA. ISBN 9781583215371.
- Chang, H., Parandvash, G. H., Shandas, V. 2010. *Spatial Variations of Single-Family Residential Water Consumption in Portland, Oregon*. Urban Geography 31(7):953-972.
- Gato, S., Jayasuriya, N., Roberts, P. 2007. *Temperature and rainfall thresholds for base use urban water demand modelling*. Journal of Hydrology 337: 364– 376.
- Helsingin kaupungin tietokeskus. 2013. *Helsingin ja Helsingin seudun väestöennuste 2014-2050*. Saatavissa: http://www.hel.fi/hel2/tietokeskus/julkaisut/pdf/13_09_18_Tilastoja_29_Vuori.pdf
- Helsingin seudun aluesarjat. 2015. *Tilasto Helsingin seudun väestö 1.1.1980-2014 sekä väestöennuste 1.1.2015-2050*. Päivitetty viimeksi 30.1.2015. Saatavissa: <http://www.aluesarjat.fi/> [Viitattu 29.4.2015]
- Herrera, M., Torgo, L., Izquierdo, J., Pérez-García, R. 2010. *Predictive models for forecasting hourly urban water demand*. Journal of Hydrology 387: 141-150.
- HINKU. 2012. *Ekologisten vesikalusteiden vaikutus veden ja energian kulutukseen*. Saatavissa: <https://www.wp5.ymparisto.fi/hinku/Kohteet/Tiedot.aspx?id=178>. [Viitattu 20.4.2015]
- HSY. 2014. *Vesihuollon talousmalli 2014–2034*. HSY:n sisäinen lähde.
- Hyttinen, M. 2015. *HSY:n vedenjakeluverkoston vesitase*. Tiedonanto 28.1.2015.
- Ilkkanen, M. 2003. *Espoon vesi. Vedenkulutusennusteet 2003–2030*. Enment Oy. Raporttiluonnos. HSY:n sisäinen lähde.
- Katko, T. 2013. *Hanaa! Suomen vesihuolto – kehitys ja yhteiskunnallinen merkitys*. Suomen Vesilaitosyhdistys ry.

Laitinen, J. 2015. *Mittari raksuttaa turhaan*. Helsingin Sanomat. 25.1.2015.

Laukkanen, R. 1981. *Flow forecasts in general planning of municipal water and sewage works*. Vesientutkimuslaitoksen julkaisuja 41. Vesihallitus. Helsinki. ISBN 951-46-5702-0.

Luukkanen, E. 2013. *Vesihuoltoverkkojen saneerausten vaikuttavuuden arviointiperiaatteet*. Diplomityö. Tampereen teknillinen yliopisto, ympäristö- ja energiatekniikan koulutusohjelma. 92 s.

Miaou, S. 1990. *A Class of Time Series Urban Water Demand Models With Nonlinear Climatic Effects*. Water Resources Research 26:2, 169-178.

Motiva. *Vedenkulutus*. Verkkosivu. Saatavissa:

http://www.motiva.fi/koti_ja_asuminen/mihin_energiaa_kuluu/vedenkulutus.

Paiho, S., Heimonen, I., Kouhia, I., Nykänen, E., Nykänen, V., Riihimäki, M., Vainio, T. 2009. *Putkiremonttien uudet hankinta- ja palvelumallit*. VTT Tiedotteita 2483. ISBN 978-951-38-7294-6.

Palmer, R., Polebitski, A., Traynham, L., King, K., Enfield., B. 2006. *Review of Seattle's New Water Demand Model*. Department of Civil and Environmental Engineering. University of Washington.

Porvoon kaupunki. 2014. *Vesihuollon kehittämissuunnitelma 2015-2020*. Sivun 11. HSY:n sisäinen tietolähde.

Pöyry. 2007. *Vedenkulutus- ja jätevesiennusteet vuosille 2007–2035*. HSY:n sisäinen lähde.

Pöyry. 2014. *Sipoon vesihuollon kehittämissuunnitelma 2014-2023*. Saatavilla:

http://www.sipoo.fi/easydata/customers/sipoo/files/2011_tekymp/vesihuolto/sipoo_vhks_raportti_27052014.pdf

Schleich, J., Hillenbrand, T. 2007. *Determinants of Residential Water Demand in Germany*. Working Paper Sustainability and Innovation No. S 3/2007, Fraunhofer Institute, Systems and Innovation Research. Saatavissa: http://www.isi.fraunhofer.de/isi-wAssets/docs/e-x/working-papers-sustainability-and-innovation/working-paper_water-demand_final_02.pdf

Sundahl, A.C. 1996. *Diagnos av vattenledningars kondition*. Report 3200, Institutionen för teknisk vattenresurslära, Lunds tekniska högskola, Lunds universitet.

Toivanen, L. 2010. *Huoneistokohtaiset vesimittarit - Käyttöönoton vaikutukset asunto-osakeyhtiö Turun Linnakatu 29:ssä*. Opinnäytetyö. Palvelujen tuottaminen ja johtaminen, Toimitilapalvelut. Turun ammattikorkeakoulu.

Tuusulan seudun vesilaitos kuntayhtymä. 2014. *Vuosikertomus 2014*. Saatavilla:

<http://www.tsvesi.fi/assets/TSVvk2014net.pdf>

Venäläinen, A., Tuomenvirta H., Heikinheimo, M., Kellomäki, S., Peltola, H., Strandman, H., Väisänen, H. 2001. *The impact of climate change on soil frost under snow cover in a forested landscape*. Climate Research 17:63–72.

Vienonen, S., Rintala, J., Orvomaa, M., Santala, E., Maunula, M. 2012. *Ilmastonmuutoksen vaikutukset ja sopeutumistarpeet vesihuollossa*. Suomen ympäristö 24/2012. ISBN 978-952-11-4046-4.

Vesilaitosyhdistys. 2013. *Vesihuoltolaitosten tunnuslukujärjestelmän raportti 2013*. Vesilaitosyhdistyksen monistesarja nro 36. Helsinki. ISBN 978-952-6697-05-5 (pdf).

Ympäristöministeriö. 2009. *Huoneistokohtaisten vesimittareiden käyttö ja vaikutukset rakennusten energiankulutukseen*. Työryhmämuistio. Saatavissa:
http://www.motiva.fi/files/5725/Tyoryhmamuistio_Huoneistokohtaisten_vesimittareiden_kaytto_ja_vaikutukset_rakennusten_energiankulutukseen.pdf

Liite 1. Kokonaisvedenkulutukseen vaikuttavat muut lähtötiedot

Verkoston vuotavuus

Verkoston vuotavuus on merkittävä tekijä vesilaitoksen kokonaisvedenkulutuksessa. HSY:llä vuotovedet ovat vedenkulutuksen toiseksi suurin fraktio laskutetun mitatun käytön jälkeen. Vuotovedet jaotellaan taustavuotoon, piilovuotoihin ja ilmivuotoihin. Vuotovesimäärää voidaan vähentää ennen kaikkea löytyneitä vuotoja korjaamalla. Lisäksi syntyvien vuotojen määrää voidaan pienentää verkostosaneerauksilla. Yksittäisestä vuodosta ja taustavuodosta vuotavan veden määrää voidaan vähentää jossain määrin paineita alentamalla, joka ei verkoston toiminnan kannalta tule kuitenkaan aina kysymykseen.

Vuonna 2012 arvioidun vesitaseen mukaiset vuotovesitunnusluvut HSY:llä ovat seuraavat: vuotovesiprosentti (%) 22, vuotovesi (m³/a) 19 134 000, vuotovesi (m³/km/vrk) 17 ja ILI-luku 6 (Hyttinen 2015). Vuotavuus on jonkin verran suurempaa kuin muilla suomalaisilla vesilaitoksilla (Vesilaitosyhdistys 2013). Vuotavuuden tavoitetasoksi on asetettu 10 m³/km/vrk vuoteen 2023 mennessä.

Vuotavuuden vähenemistä voisi olla mahdollista tarkastella suunniteltujen vuotojenhallinnan toimenpiteiden kautta. Luukkanen (2013) yritti tarkastella saneerausten vaikuttavuutta vuotavuuteen HSY:n verkostossa. Tutkimusalueella havaittiin putkirikkojen määrän vähentyneen puoleen betonointisaneerauksen jälkeen. Lisäksi alueen yövirtaamat pienenevät, mutta sen ei pystytty osoittamaan olevan suoraan seurausta saneerauksista.

Ilmastonmuutos aiheuttaa epävarmuustekijän verkoston kuntoon ja sitä kautta vuotoihin vaikuttaviin tekijöihin. Ilmastonmuutoksen myötä lumen määrän on Etelä-Suomessa ennustettu vähenevän lämpenemisen seurauksena. Koska lumipeite suojaa maata routimiselta, voi routa ulottua keskimääräistä syvemmälle vähälumisina kylminä talvina. Vaikka lämpenemisen myötä routa-aika lyhenee, routasyvyyden on ennustettu kasvavan huomattavasti Helsingin ilmastossa metsäalueilla tehdyissä simulaatioissa (Venäläinen ym. 2000). Roudan vaikutusta putkirikkojen määrään ja sitä kautta vuotoveden määrään ei ole kuitenkaan pystytty todistamaan (Sundahl 1996). Monissa vedenjakeluverkostoissa on havaittu, että putkirikot lisääntyvät talvella, myös HSY:llä, mutta tilastollinen yhteys on löydetty ainoastaan lämpötilaan, ei lumen syvyyteen. On mahdollista, että roudan syvyyden lisääntyminen huonontaa sellaisen verkoston kuntoa, jonka asennussyvyydet on mitoitettu roudan nykyisen syvyyden mukaan, mutta todisteita tästä ei pystytä esittämään.

Myynti naapurikuntiin

Merkittävä HSY:n alueella tapahtuvan käytetyn tai laskutetun veden määrää ennustettaessa huomioon otettava tekijä on myynti naapurikuntiin. HSY:n tapauksessa naapurikuntia ja siten potentiaalisia vesiverkkoon liittyjiä on useita. Tarkastelemalla naapurikuntien vesihuollon kehittämissuunnitelmia sekä kysymällä naapurikuntien vesihuollon asiantuntijoilta ja suunnittelijoilta kunkin kunnan tarpeista ostaa vettä HSY:n verkosta, kävi ilmi, että Kirkkonummen, Sipoon ja Porvoon kuntien suunnitelmat tulee huomioida HSY:n alueen vesihuoltoa suunniteltaessa ja vedenkulutusta ennustettaessa. Muissa naapurikunnissa veden kasvava kysyntä tyydytetään omien vesilaitosten avulla sekä hankkimalla vettä Tuusulan veden tai Lohjan veden verkosta. Tarkastelu tehtiin Kirkkonummen, Vihdin, Nurmijärven, Hyvinkään, Sipoon ja Porvoon kunnille. Järvenpään, Keravan ja Tuusulan kuntien oletettiin tyydyttävän koko vesitarpeensa Tuusulan seudun veden (TSV) tuotannolla. Myös suurin osa Sipoon käyttämästä vedestä ostetaan TSV:ltä (Pöyry 2014). TSV:n kapasiteetti on arvioitu riittäväksi ja lisäkapasiteettia voidaan tuoda suoraan Päijännetunnelista (Tuusulan seudun vesilaitos kuntayhtymä 2014). Tilanteen kehittymistä

tulee kuitenkin seurata, sillä kapasiteetin riittävyys on TSV:llä jatkuvan arvioinnin kohteena ja kuntien välinen yhteistyö nähdään yhtenä merkittävistä tavoista taata käyttöveden riittävä kapasiteetti myös tulevaisuudessa.

Sipoolla ei ole näköpiirissä oston lisäämistä HSY:ltä. Kysynnän kasvu tyydytetään pääasiassa TSV:ltä ostamista lisäämällä. Sipoon verkkoon myydään tällä hetkellä Sipoon arvion mukaan noin 200 m³ päivässä, joka vastaa noin 0,1 % HSY:n päivittäisestä laskutetusta vedestä. Samaa kokoluokkaa tulee olemaan kulutuksen lisäys myös Östersundomin HSY:n vedenjakeluverkostoon liittämisen myötä (Pöyry 2014). Mikäli liitynnät ovat asteittaisia, hukkuu alueen liittyminen trendiin.

Sen sijaan Porvoon muutoksia vesihuollossa tulee tarkkailla. Porvoossa vesihuollon toimintavarmuuden parantamiseksi ollaan suunnittelemassa veden tuontia Päijännetunnelista ja talousveden tuotantoa siitä joko omaa tuotantokapasiteettia lisäämällä tai Tuusulan seudun veden tai HSY:n kautta tuomalla. Porvoon omistusosuus Päijännetunnelista oikeuttaa noin 96 000 m³ päiväottoon. (Porvoon kaupunki 2014) Tällainen vesimäärä vastaa suuruusluokaltaan koko Espoon kulutusta, joten jos vesi käsiteltäisiin ja pumpattaisiin HSY:n kautta, olisi muutos merkittävä. Kuitenkin liityntä toimii lähinnä välineenä toimintavarmuuden parantamiseen hätätilanteessa, joten näin merkittävästä muutoksesta ei luultavasti ole kysymys. Lisäksi veden käyttäminen TSV:n kautta tai oman tuotantolinjan perustaminen ovat mahdollisia vaihtoehtoja.

Kaikista merkittävin ja toteutumiseltaan varmin kehityskulku rajamyynnissä on Kirkkonummen veden liitynnät HSY:n verkostoon. Kirkkonummen veden kapasiteetti keskustan alueella on täydessä käytössä ja väestökasvun generoima lisäkapasiteetin tarve tällä alueella tullaan tyydyttämään Suomen sokerin ja HSY:n tuottamalla vedellä. (Airix Ympäristö Oy 2013). HSY:n laskutetun veden määrässä tulee siis näkymään Kirkkonummen keskustan alueen väestökasvu sekä uudet liitännät. Toisaalta mahdollinen Kirkkonummen kunnan ja Suomen sokerin välisen sopimuksen mukaisen lisäkapasiteetin hyödyntäminen voi vähentää HSY:n Kirkkonummelle viemän veden määrän kasvua. Suunnitteilla olevien runkolinjojen jälkeen yhteiskapasiteetti keskustan alueelle olisi noin 8700 m³ päivässä. Veikkolan alueelle on puolestaan rakennettu vesiputki, jonka kapasiteetti on noin 300 m³ päivässä (sopimusoikeus 480 m³ päivässä). Suurin osa alueen kasvavasta kysynnästä tyydytetään kuitenkin omalla kapasiteetilla (Airix Ympäristö Oy 2013). Näin Veikkolan alueen kehitys jää merkitykseltään varsin pieneksi HSY:n kannalta.

Liite 2. Perhekoon vaikutus ominaisvedenkulutukseen, R-tuloste

```
> library(RSQLite)
> library(DBI)
>
> con=dbConnect(RSQLite::SQLite(), dbname="/Users/marikolandstrom/Documents/VESIENNUSTUS/Kulutusenustemalli_kantadumpit/aquadump")
>
> p=dbGetQuery(con, 'SELECT ASYHT, IKA_KA, KAVU, kulutus, kiinteistotunnus, vuosi FROM Kulutustiedot WHERE vuosi=2013 AND vuosi>KAVU')
>
> attach(p)
>
> Y <- cbind(kulutus/as.numeric(ASYHT))
> X <- cbind(as.numeric(ASYHT))
> kulutusdata=plm.data(p, index=c("kiinteistotunnus", "vuosi"))
serie vuosi is constant and has been removed
>
> summary(Y)
      V1
Min.   : 0.00
1st Qu.: 26.75
Median : 35.25
Mean   : 38.37
3rd Qu.: 46.00
Max.   :370.00
> summary(X)
      V1
Min.   : 1.000
1st Qu.: 3.000
Median : 4.000
Mean   : 3.707
3rd Qu.: 4.000
Max.   :14.000
>
> #PNS-estimaatti eksponenttifunktiolle
> pooling1 <- plm(Y~exp(-X)+as.numeric(IKA_KA), data=kulutusdata, model="pooling")
series vuosi is constant and has been removed
> summary(pooling1)
Oneway (individual) effect Pooling Model

Call:
plm(formula = Y ~ exp(-X) + as.numeric(IKA_KA), data = kulutusdata,
     model = "pooling")

Unbalanced Panel: n=2287, T=1-1, N=2287

Residuals :
  Min. 1st Qu.  Median 3rd Qu.    Max.
-78.60  -9.29   -1.43   8.07  291.00

Coefficients :
              Estimate Std. Error t-value Pr(>|t|)
(Intercept)   31.6201164  0.9263031  34.1358 <2e-16 ***
exp(-X)       127.6570694  5.4786835  23.3007 <2e-16 ***
as.numeric(IKA_KA) -0.0014165  0.0331060  -0.0428  0.9659
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Total Sum of Squares: 1203100
Residual Sum of Squares: 972080
R-Squared : 0.19206
Adj. R-Squared : 0.1918
```

```

F-statistic: 271.465 on 2 and 2284 DF, p-value: < 2.22e-16
> #PNS-estimaatti erotelluille perhekoille
> pooling2 <- plm(Y~factor(X)+as.numeric(IKA_KA), data=kulutusdata, model="pooling")
series vuosi is constant and has been removed
> summary(pooling2)
Oneway (individual) effect Pooling Model

```

```

Call:
plm(formula = Y ~ factor(X) + as.numeric(IKA_KA), data = kulutusdata,
     model = "pooling")

```

```

Unbalanced Panel: n=2287, T=1-1, N=2287

```

```

Residuals :
  Min. 1st Qu.  Median 3rd Qu.    Max.
-79.80  -9.27   -1.21   8.05  290.00

```

```

Coefficients :
              Estimate Std. Error t-value Pr(>|t|)
(Intercept)    7.9810e+01 2.2141e+00  36.0467 < 2.2e-16 ***
factor(X)2     -3.3127e+01 2.3748e+00 -13.9497 < 2.2e-16 ***
factor(X)3     -3.9173e+01 2.3296e+00 -16.8157 < 2.2e-16 ***
factor(X)4     -4.5590e+01 2.1973e+00 -20.7479 < 2.2e-16 ***
factor(X)5     -4.8130e+01 2.3344e+00 -20.6176 < 2.2e-16 ***
factor(X)6     -5.0819e+01 3.1565e+00 -16.0996 < 2.2e-16 ***
factor(X)7     -4.9948e+01 5.1704e+00  -9.6605 < 2.2e-16 ***
factor(X)8     -5.6233e+01 7.5784e+00  -7.4203 1.642e-13 ***
factor(X)9     -5.9184e+01 8.6666e+00  -6.8290 1.094e-11 ***
factor(X)10    -6.8899e+01 2.0708e+01  -3.3272 0.0008912 ***
factor(X)12    -4.4871e+01 2.0708e+01  -2.1668 0.0303523 *
factor(X)13    -4.6767e+01 2.0741e+01  -2.2548 0.0242423 *
factor(X)14    -5.5719e+01 2.0707e+01  -2.6908 0.0071807 **
as.numeric(IKA_KA) -7.5441e-04 3.3171e-02  -0.0227 0.9818570
---

```

```

Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

```

```

Total Sum of Squares: 1203100
Residual Sum of Squares: 964630
R-Squared : 0.19825
Adj. R-Squared : 0.19704
F-statistic: 43.2342 on 13 and 2273 DF, p-value: < 2.22e-16

```

Liite 3. Keski-ään vaikutus ominaisvedenkulutukseen, R-tuloste

```
> library(RSQLite)
> library(DBI)
>
> con=dbConnect(RSQLite::SQLite(), dbname="/Users/marikolandstrom/Documents/VESIENNUSTUS/Kulutusenustemalli_kantadumpit/aquadump")
>
> p=dbGetQuery(con, 'SELECT ASYHT, IKA_KA, KAVU, kulutus, kiinteistotunnus, vuosi FROM Kulutustiedot WHERE vuosi=2013 AND vuosi>KAVU AND ASYHT=2')
> attach(p)
> Y <- cbind(kulutus/as.numeric(ASYHT))
> X <- cbind(as.numeric(IKA_KA))
> kulutusdata=plm.data(p, index=c("kiinteistotunnus", "vuosi"))
series are constants and have been removed
>
> summary(Y)
      V1
Min.   : 0.00
1st Qu.: 35.50
Median : 45.00
Mean   : 46.66
3rd Qu.: 56.50
Max.   :122.00
> summary(X)
      V1
Min.   : 4.00
1st Qu.:35.00
Median :49.00
Mean   :47.25
3rd Qu.:59.00
Max.   :79.00
> pooling0 <-plm(Y~X, data=kulutusdata, model="pooling")
series vuosi, xASYHT, xyksin are constants and have been removed
> summary(pooling0)
Oneway (individual) effect Pooling Model

Call:
plm(formula = Y ~ X, data = kulutusdata, model = "pooling")

Unbalanced Panel: n=337, T=1-1, N=337

Residuals :
  Min. 1st Qu.  Median 3rd Qu.    Max.
-52.40 -11.00  -1.85  9.55   77.20

Coefficients :
              Estimate Std. Error t-value Pr(>|t|)
(Intercept) 55.905863   3.668412  15.2398 < 2.2e-16 ***
X            -0.195571   0.074423  -2.6278  0.008989 **
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Total Sum of Squares: 125630
Residual Sum of Squares: 123100
R-Squared : 0.020197
Adj. R-Squared : 0.020077
F-statistic: 6.90548 on 1 and 335 DF, p-value: 0.0089886
```

Liite 4. Rakennuksen iän vaikutus ominaisvedenkulutukseen, R-tuloste

```
> library(RSQLite)
> library(DBI)
>
> con=dbConnect(RSQLite::SQLite(), dbna-
me="/Users/marikolandstrom/Documents/VESIENNUSTUS/Kulutusenustemalli_kantadumpit/aquadump")
> #omakotitalot
> p=dbGetQuery(con, 'SELECT KAVU, kulutus, kiinteistotunnus, ASYHT, vuosi FROM omakotita-
lot1 WHERE KAVU<2015 AND KAVU>1900 AND kulutus>0 AND kulutus<1000 ')
> attach(p)
kulutusdata=plm.data(p, index=c("kiinteistotunnus", "vuosi"))
serie vuosi is constant and has been removed
> Y <- cbind(as.numeric(kulutus)/as.numeric(ASYHT))
> X <- cbind(as.numeric(KAVU))
>
> summary(Y)
          V1
Min.   : 0.125
1st Qu.: 28.000
Median : 37.000
Mean   : 42.077
3rd Qu.: 49.750
Max.   :994.000
> summary(X)
          V1
Min.   :1901
1st Qu.:1957
Median :1978
Mean   :1976
3rd Qu.:1997
Max.   :2013

cor(X,Y)
          [,1]
[1,] -0.05960829
> pooling0 <-plm(Y~X, data=kulutusdata, model="pooling")
series vuosi is constant and has been removed
> summary(pooling0)
Oneway (individual) effect Pooling Model

Call:
plm(formula = Y ~ X, data = kulutusdata, model = "pooling")

Unbalanced Panel: n=27862, T=1-1, N=27862

Residuals :
  Min. 1st Qu.  Median 3rd Qu.    Max.
-45.20 -14.10  -4.73  7.89  950.00

Coefficients :
              Estimate Std. Error t-value Pr(>|t|)
(Intercept) 179.9730427  13.8361127  13.0075 < 2.2e-16 ***
X             -0.0697976   0.0070028  -9.9671 < 2.2e-16 ***
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Total Sum of Squares:    21373000
Residual Sum of Squares: 21297000
R-Squared      : 0.0035531
Adj. R-Squared : 0.0035529
F-statistic: 99.3437 on 1 and 27860 DF, p-value: < 2.22e-16
>#rivitalot
```

```

p=dbGetQuery(con, 'SELECT KAVU, kulutus, kiinteistotunnus, ASYHT, vuosi FROM rivitalot WHE-
RE KAVU<2015 AND KAVU>1900 AND kulutus>0 AND kulutus<1000 ')
> attach(p)
>kulutusdata=plm.data(p, index=c("kiinteistotunnus", "vuosi"))
serie vuosi is constant and has been removed
> Y <- cbind(as.numeric(kulutus)/as.numeric(ASYHT))
> X <- cbind(as.numeric(KAVU))
>
> summary(Y)
          V1
Min.   : 7.13
1st Qu.: 34.09
Median : 41.42
Mean   : 43.97
3rd Qu.: 49.50
Max.   :291.00
> summary(X)
          V1
Min.   :1923
1st Qu.:1974
Median :1981
Mean   :1982
3rd Qu.:1992
Max.   :2012
> cor(X,Y)
           [,1]
[1,] -0.1091982
> pooling0 <-plm(Y~X, data=kulutusdata, model="pooling")
series vuosi is constant and has been removed
> summary(pooling0)
Oneway (individual) effect Pooling Model

Call:
plm(formula = Y ~ X, data = kulutusdata, model = "pooling")

Unbalanced Panel: n=478, T=1-1, N=478

Residuals :
  Min. 1st Qu.  Median 3rd Qu.    Max.
-40.50  -9.68   -2.39  5.50  246.00

Coefficients :
              Estimate Std. Error t-value Pr(>|t|)
(Intercept) 297.749518 105.890277  2.8119 0.005129 **
X            -0.128051   0.053427 -2.3968 0.016926 *
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Total Sum of Squares:    179180
Residual Sum of Squares: 177040
R-Squared      : 0.011924
Adj. R-Squared : 0.011874
F-statistic: 5.74444 on 1 and 476 DF, p-value: 0.016926
>#kerrostalot
> p=dbGetQuery(con, 'SELECT KAVU, kulutus, kiinteistotunnus, ASYHT, vuosi FROM kerrostalot
WHERE KAVU<2015 AND KAVU>1900 AND kulutus>0 AND kulutus<1000 ')
> attach(p)
> kulutusdata=plm.data(p, index=c("kiinteistotunnus", "vuosi"))
serie vuosi is constant and has been removed
> Y <- cbind(as.numeric(kulutus)/as.numeric(ASYHT))
> X <- cbind(as.numeric(KAVU))
>
> summary(Y)
          V1
Min.   : 0.3333
1st Qu.: 32.4798

```

```

Median : 44.5714
Mean   : 46.3578
3rd Qu.: 53.3146
Max.   :240.0000
> summary(X)
      V1
Min.   :1902
1st Qu.:1955
Median :1964
Mean   :1964
3rd Qu.:1977
Max.   :2013
> cor(X,Y)
      [,1]
[1,] -0.2334176
> pooling0 <-plm(Y~X, data=kulutusdata, model="pooling")
series vuosi is constant and has been removed
> summary(pooling0)
Oneway (individual) effect Pooling Model

Call:
plm(formula = Y ~ X, data = kulutusdata, model = "pooling")

Unbalanced Panel: n=342, T=1-1, N=342

Residuals :
  Min. 1st Qu.  Median 3rd Qu.    Max.
-46.30 -15.70  -2.60  8.49  193.00

Coefficients :
              Estimate Std. Error t-value Pr(>|t|)
(Intercept) 637.949692 133.663749  4.7728 2.703e-06 ***
X            -0.301262   0.068062 -4.4263 1.293e-05 ***
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Total Sum of Squares:    303280
Residual Sum of Squares: 286760
R-Squared      : 0.054484
Adj. R-Squared : 0.054165
F-statistic: 19.5919 on 1 and 340 DF, p-value: 1.2933e-05
>

```

Liite 5. Projektitiimin ajatuksia

Yleisesti

Kokemus oli hyvin opettavainen ja aikaavievä. Meillä meni paljon aikaa asioiden opetteluun, eikä todellisen maailman mallinnus ollut lainkaan niin yksinkertaista kuin kurssien harjoitustehtävät. Koimme kuitenkin onnistuneemme tutkimaan melko laajasti kirjallisuutta ja analysoimaan dataa mahdollisuuksien rajoissa.

Haasteet

Tietojen lähtöformaatti aiheutti erityisesti päänvaivaa. Tiedostot olivat isoja CSV-tiedostoja, joiden käsittely oli hankalaa ja erittäin aikaa vievää. Sinänsä vaadittavat muokkaukset eivät olleet monimutkaisia, mutta uusien tekniikoiden ja ohjelmistojen opetteleminen toi oman haasteensa. Tehokkaan tiedonkäsittelyn mahdollistamiseksi tiedot vietiin projektitiimin omaan tietokantaan. Vaihtoehtoisia tiedostomuotoja tiedonsiirtoon HSY:ltä projektiryhmälle olisi varmaankin ollut, mutta näitä ei osattu käyttää. HSY:n käyttämät Oraclen tietokannat eivät olleet projektitiimille entuudestaan tuttuja ja niiden toimintalogiikka erosi näiltä osin huomattavasti Microsoftin vastaavista, joista projektiryhmällä on kokemusta.

Aiheeseen liittyvän kirjallisuuden, HSY:n tarjoamiin tietoihin sekä aikaisemmin tehtyihin ennustemalleihin tutustumisen jälkeen selvä tahtotila oli käyttää ennustamiseen aiempaa enemmän selittäviä muuttujia ja selvittää vedenkulutuksen ajureita tarkemmin.

Alunperin projektiryhmän tavoitteena oli tehdä "variable flow" -malli Espoon veden raportin (likkanen 2013) tapaan, mutta useammalla selittäväällä muuttujalla. Urakka osoittautui kuitenkin mahdottomaksi. Ajanpuutteesta johtuen projektiryhmä ehti käsittelemään vain asutuksen vedenkulutusta. Asutuksen ominaisvedenkulutuksen kehitystä oli pitkään tarkoitus mallintaa regressiomallilla, jossa olisi huomioitu kaikki käyttökelpoiset, saatavilla olevat ja kirjallisuudessa merkittäviksi mainitut muuttujat. Näitä olivat talotyyppi, perhekoko, ikärakenne, rakennusten ikä, putkiremontit ja kulutuksen mukainen laskutus. Näistä talotyyppit, perhekoko, ikärakenne ja rakennusten ikä löytyvät SeutuCD:n tiedoista, ja putkiremonttien sekä laskutusmallin vaikutusta voidaan arvioida otoksesta. Tietoa putkiremonteista ja laskutusmallista löytyy ainakin asuntojen myyntisivustoilta ja isännöintitoimistoilta. Tekijöiden yleisyys ja tulevaisuuden trendi koko asuntokannassa voidaan määrittää asiantuntija-arviona.

Tämä lähestymistapa osoittautui kuitenkin vaikeaksi toteuttaa. Ensinnäkin, yksittäisten muuttujien vaikutus on selvitettävä jostain tarkasti määritellystä aineistosta, jolloin tulokset eivät välttämättä ole yleistettävissä. Esimerkiksi perheeseen vaikutus vedenkulutukseen voi olla erilainen omakotitaloissa ja kerrostaloissa, mutta kulutuksen kohdistaminen talouksille onnistuu vain omakotitaloissa. Tästä syystä regressiomallilla muodostettu kokonaiskulutus ei välttämättä kohtaisi todellista kulutusta, kun koko malli on sovitettu. Toiseksi, talouksien vedenkulutuksen hajonta on päätähuimaava, ja käytössämme olevat muuttujat pystyvät selittämään vedenkulutuksen kehityksestä vain suhteellisen pienen osan. Erilaisten vedenkäyttötottumusten vaikutus on yksinkertaisesti liian dominoiva, eikä meillä ollut mahdollisuutta analysoida niiden ajureita tai osuutta väestössä tämän aineiston perusteella. Mallimme selityssaste olisi jäänyt väistämättä liian pieneksi ollakseen käyttökelpoinen.

Lähtödatan rajoitteista johtuen ja osin professori Salon suositusten mukaan päädyttiin käyttämään yksinkertaista mallia, joka käsittää perusuran ja siihen vaikuttavia lisätekiäjiä. Perusura lähinnä jatkaa

nähtyä historiallista kehitystä, kun taas lisätekiäjät ovat merkittäviä vedenkulutukseen vaikuttavia tekijöitä, joita trendi ei huomioi.

Projektin onnistuminen projektinhallinnallisesta näkökulmasta

Tarkasteltaessa projektin alussa tehtyä riskikartoitusta voidaan todeta monen riskin realisoituneen. Erytisesti projektin lopputuotokseen kohdistuneet tunnistetut riskit realisoituivat suurissa määrin. Lopputuotoksena emme saaneet rakennettua minkäänlaista mallia. Lisäksi projektin laajuus osoittautui liian suureksi toteutettavaksi tässä aikataulussa ja erityisesti datan laatuun kohdistuneet epäilyt realisoituivat vaikeuttaen merkittävästi projektin tavoitteiden saavuttamista. Riskeistä ainoastaan kommunikaatioon liittyvät riskit eivät ainakaan täysimittaisesti realisoituneet, sillä projektiryhmän näkökulmasta kommunikaatio projektin aikana sujui hyvin HSY:n kanssa.

Aikataulu venyi suunnitellusta pituudesta useilla viikoilla. Samoin käytetty työmäärä oli erittäin suuri ja erityisesti viimeisen kuukauden aikana kurssin eteen on käytetty kymmeniä henkilötyötunteja viikossa per projektiryhmän jäsen. Tällainen puristus heikensi ryhmän motivaatiota, toisaalta kuitenkin kertoen korkeasta kunnianhimoisuuden tasosta ja työmoraalista. Työmäärää olisi pitänyt pystyä tasoittamaan pitkin kurssia, toisaalta tämä ei ollut mahdollista, sillä datan käsittelyn opettelussa meni huomattavan paljon aikaa ja tulosten saaminen saatavilla olevasta datasta osoittautui erittäin haasteelliseksi. Tässä projektinjohdollisesti epäonnistuttiin, sillä painetta etupainotteiseen tekemiseen olisi pitänyt luoda enemmän.

Projektin laajuutta onnistuttiin rajaamaan projektin edetessä, mutta se oli edelleen liian laaja suhteessa käytettävissä oleviin resursseihin ja aikatauluun. Näin resurssien ja aikataulun ollessa rajattu jouduttiin joustamaan projektin laajuudesta ja lopputuotos ei vastannut laajuudeltaan sitä, mitä HSY:n kanssa oli sovittu tai toisaalta projektiryhmä oli toivonut saavansa aikaan. Projektiryhmän käyttämästä ajasta projektin laajuuden toteutuminen ei varmasti jäänyt kiinni, sillä projektiryhmä kertoi säännönmukaisesti tähän projektiin käytetyn ajan ylittävän merkittävästi sen ajan, mitä normaalisti vastaavaan määrään opin-
topisteitä on totuttu käyttämään.

Projektinjohto rasitti erityisesti projektipäällikköä, sillä aikaa projektinhallinnalta ei jäänyt tarpeeksi varsinaisen projektin työstämiseen vaikka käytettyjen työtuntien määrä oli kokonaisuudessaan suuri. Projektipäälliköstä kevyempi hallinnollinen ratkaisu olisi voinut olla hyvä projektin laajuuden toteutumisen kannalta, toisaalta tällöin projektinhallinnalliset riskit olisivat saattaneet nousta. Käytetyt projektisuunnitelmapohjat takasivat kokonaisvaltaiset suunnitelmat, mutta suunnittelulta jäi liian vähän aikaa varsinaisen suunnitelman toteuttamisen seuraamiseen eli varsinaisen projektinhallinnallisen työn tekemiseen.

Ryhmän yhteenkuuluvuuden tunne kasvoi läpi projektin ja työmoraali säilyi korkeana, vaikka turhautumista olikin havaittavissa projektin loppuvaiheessa projektin pidetessä ja sen tuotosten jäädessä odotetusta tasosta. Lopulta projektiryhmä totesi tehneensä parhaansa ja merkittävän määrän töitä, joten vaikka lopputuloksen ohuus jäikin harmittamaan, ei projektia projektiryhmän näkökulmasta voi pitää epäonnistuneena. Toivomme, että myös HSY kokee projektin tuotoksista olevan aitoa hyötyä heille heidän suunnitellessaan jatkotoimenpiteitä aiheen ympärillä.