

Vuotovesien hallinta

Vesijohtovuotojen vähentäminen

Suomen
Vesilaitosyhdistyksen monistesarja
nro 30

Helsinki 2012

Ehdot Vesilaitosyhdistyksen julkaisu- ja monistesarjan pdf -tiedostoina myytävien julkaisuiden käyttöön

- Julkaisun jakaminen pdf -tiedostona ja koko julkaisun tulostaminen on sallittu enintään 10 henkilölle samassa organisaatiossa.
- Julkaisua kopioitaessa tulee noudattaa voimassa olevaa lainsäädäntöä.
- Julkaisun tai sen osan levittäminen kaupallisessa tarkoituksessa on kielletty.
- Julkaisua lainattaessa tulee tehdä lähdeviittaus alkuperäiseen julkaisuun.
- Vesilaitosyhdistyksen kanssa voidaan sopia erikseen julkaisun hyödyntämisen ehdoista opetuskäytössä.

Julkaisun myynti:

Vesilaitosyhdistys
Asemapäällikönkatu 7
00520 Helsinki

Puh. (09) 868 9010
Fax. (09) 8689 0190
Sähköposti: vy@vy.fi
Kotisivu <http://www.vy.fi>

ISBN 978-952-5000-86-3 (nid.)
ISBN 978-952-5000-87-0 (PDF)

Painopaikka Helsinki

KUVAILULEHTI

<i>Julkaisija</i>	Suomen Vesilaitosyhdistys ry		
<i>Tekijät</i>	Suomen ympäristöopisto Sykli Oy ja Osuuskunta Eco-One		
<i>Julkaisun nimi</i>	Vuotovesien hallinta – vesijohtovuotojen vähentäminen		
<i>Julkaisusarjan nimi ja numero</i>	Vesilaitosyhdistyksen monistesarja nro 30		
<i>Julkaisun teema</i>	Vuotovesien hallinta		
<i>Saatavuus</i>	Julkaisu on tilattavissa vesilaitosyhdistykseltä joko nidottuna tai pdf-formaatissa.		
<i>Tiivistelmä</i>	Suomessa on saatavana vähän kirjallisuutta vesijohtoverkoston hallintaan ja vuotoja vähentämiseen liittyvissä asioissa. Tämän vuoksi on katsottu tarpeelliseksi tehdä alalle mahdollisimman kattava julkaisu palvelemaan koko vesihuoltosektoria. Vuotovesien hallinta – vesijohtovuotojen vähentäminen -julkaisu on tarkoitettu vuotovesien hallinnan ohjeeksi ja tietolähteeksi sekä kokoomateoksena soveltuvaksi niin vesilaitosten johdolle, työnjohdolle kuin soveltuvin osin myös työntekijöille. Teoksen tarkoituksena on antaa myös hyödyllistä tietoa viranomaisille, päättäjille, suunnittelijoille, opiskelijoille sekä muille alan tuotteiden ja palvelujen parissa toimiville ammattiryhmille. Kirja on tuotettu vesijohtoverkoston Vuotojen vähentäminen –kehittämishankkeessa. Pohjana on käytetty Euroopan Komission rahoittamaa ProWat -projektin tuottamaa englanninkielistä teosta The Basic Water Loss Book, A Guide to the Water Loss Reduction Strategy and Application. Suomenkielisen kirjan sisältöä on muokattu yhteistyössä suomalaisten vesihuoltolaitosten ja muiden alan toimijoiden kanssa olosuhteisiimme soveltuvaksi eli kirja on integroitu vesijohtoverkoston hallintaan ja teknisiin ratkaisuihin Suomessa.		
<i>Avainsanat</i>	Vesijohtoverkoston vuotovesien hallinta, vuotojen etsintämenetelmät, vuotojen hallinnan strategia		
<i>Rahoittaja/toimeksiantaja</i>	Vesilaitosyhdistys, Maa- ja vesitekniikan tuki ry, Suomen ympäristöopisto Sykli Oy ja Osuuskunta Eco-One		
	<i>ISBN (nid.)</i> 978-952-5000-86-3		<i>ISBN (pdf)</i> 978-952-5000-87-0
	<i>Sivuja</i> 91	<i>Kieli</i> suomi	<i>luottamuksellisuus</i> julkinen
<i>Julkaisun jakelu</i>	Vesilaitosyhdistys, www.vvy.fi		
<i>Painopaikka ja -aika</i>	Copy-Set Oy, Helsinki, tammikuu 2012		

Sisällysluettelo

Esipuhe	7
1 Johdanto	8
2 Vedenjakelujärjestelmät	10
2.1 Vedenjakelun toimintatavat	10
2.2 Verkoston materiaalit ja laitteet	12
Putkityypit	12
Materiaalivaatimuksia	14
2.3 Verkoston virtaamien hallinta	16
Verkoston laskentamallit	17
Automaatiojärjestelmät	18
Verkoston hallintaohjelmat	20
3 Vuotovesien määrät	21
3.1 Tunnusluvut	21
Prosentteina pumpatusta vesimäärästä	21
Suhteutettuna kiinteistöjen määrään	21
Suhteutettuna verkoston pituuteen	21
Suhteutettuna tonttijohtojen lukumäärään	22
3.2 Vuotavuusindeksi	22
Väistämätön vuotuinen vuotovesi	23
Vuotavuusindeksin rajoitukset	23
3.3 Vesitase	24
Määritelmä	24
Termit	26
Tiedon kerääminen	27
Laskutettu mitattu vesi	28
Laskutettu mittaamaton vesi	28
Laskuttamaton mitattu vesi	28
Laskuttamaton mittaamaton vesi	28
Luvaton käyttö	28
Mittarivirheet	29
4 Vuotovesien hallinta	30
4.1 Yleistä vuodoista	30
Vesijohtovuotojen syyt	30
Vuotojen määrittely	33
4.2 Verkoston kunnonhallinta	35
Putkirikkojen esiintymistiheys	35
Korjaus tai saneeraus	35
Saneerattavien putkilinjojen valinta	36
4.3 Painetason hallinta	37
Automaatio	38
Vedenpaine	39
Paineenhallinnan tarkoitus	40
Paineenhallinta ja kulutus	41

Paineenhallinnan suunnittelu	41
Paineenalennusventtiilit	42
4.4 <i>Aktiivinen vuotojen hallinta</i>	43
Virtaamamittaus	43
5 Vuotojen etsintämenetelmät	46
5.1 <i>Virtaamamittaukset</i>	46
Mittausalueiden määrittäminen	47
Mittausalueiden suunnittelu	48
Vesimittarien valinta	49
Mittausalueiden toteuttaminen	49
5.2 <i>Alueelliset tekniikat</i>	50
Mittausalueen vaiheittaistutkimus	50
Eristämismenetelmä	52
Kiinni ja auki -menetelmä	53
5.3 <i>Vuotojen ääneen perustuvat ratkaisut</i>	53
Akustiset loggerit	54
Akustisten loggereiden käyttö	54
Vuodon tunnistaminen	56
6 Vuotokohdan paikantaminen	58
6.1 <i>Vuodon kuuntelu</i>	58
Kuuntelulaitteet	58
6.2 <i>Korrelaattorit</i>	62
Analoginen korrelaattori	63
Korrelaattorilaitteistot	63
Korreloiva ääniloggeri	64
Digitaalinen loggeri-korrelaattori	65
6.3 <i>Maatutka</i>	66
6.4 <i>Kaasu</i>	67
6.5 <i>Siirtovesijohtojen erityisratkaisut</i>	67
6.6 <i>Putkensisäinen kaapelitekniikka</i>	68
6.7 <i>Putkensisäinen kaapeliton tekniikka</i>	69
6.8 <i>Vuodonetsinnän apulaitteet</i>	70
7 Vuotojen korjaus	72
Putkirikkojen vuotovesimäärät	72
Korjausta tarvitaan	74
8 Vuotojen hallinnan strategia	76
8.1 <i>Tavoitteet</i>	76
Jakelujärjestelmän ominaisuudet	76
Vuotomäärien arviointi	76
Tavoiteasettelu	77
Toteutus	77
Vuotokorjausten aloitusvaihe	78
Vuotokorjausten toteutusvaihe	79
Vuotokorjausten jatkovaihe	79

8.2	<i>Taloudellinen vuototaso</i>	81
9	Esimerkkitapaukset	83
9.1	<i>HSY Helsingin seudun ympäristöpalvelut</i>	83
9.2	<i>Lahti Aqua</i>	88

Esipuhe

Vuotovesien hallinta, Vesijohtovuotojen vähentäminen -julkaisu on tarkoitettu vuotovesien hallinnan ohjeeksi ja tietolähteeksi sekä kokoomateoksena soveltuvaksi niin vesilaitosten johdolle, työnjohdolle kuin soveltuvin osin myös työntekijöille. Toivomme teoksen antavan osaltaan hyödyllistä tietoa myös viranomaisille, päättäjille, suunnittelijoille, opiskelijoille sekä niin alan tuotteiden kuin palvelujenkin parissa toimiville ammattiryhmille.

Kirja on tuotettu vesijohtoverkoston **Vuotojen vähentäminen** -kehittämishankkeessa Suomen ympäristöopisto Syklin toimesta yhteistyössä Osuuskunta Eco-Onen kanssa. Pohjana on käytetty EU:n ProWat -projektin tuottamaa englanninkielistä teosta The Basic Water Loss Book, A Guide to the Water Loss Reduction Strategy and Application (www.pro-wat.com). Suomenkielisen kirjan sisältöä on muokattu yhteistyössä Suomen vesihuoltolaitosten ja muiden alan toimijoiden kanssa olosuhteisiimme soveltuvaksi eli kirja on integroitu vesijohtoverkoston hallintaan ja teknisiin ratkaisuihin Suomessa.

Hanketta ovat rahoittaneet Vesi- ja Viemärlaitosyhdistyksen Vesihuoltolaitosten kehittämisrahasto, Maa- ja Vesiteknikan tuki Ry, Suomen ympäristöopisto SYKLI sekä Osuuskunta Eco-One. Tämä Vuotovesien hallinnan käsikirja julkaistaan Vesi- ja viemärlaitosyhdistyksen monistesarjassa.

Teoksen valmisteluun osallistunut työryhmämme haluaa muistuttaa, että pohjana olleen alkuperäisteoksen teksti on laadittu Euroopan vesilaitosten lähtökohdista, jotka eivät vastaa kuin soveltuvasti maamme vesilaitosten veden laatu-, ilmasto-, maaperä-, laitoskoko- yms. olosuhteita. Käännöksestä onkin karsittu pois Suomen olosuhteisiin täysin soveltumattomia kohtia sekä muutettu sisällön rakenne erillisartikkeleiden sijasta yhtenäiseksi selonteoksi. Tekstiä on myös täydennetty omassa vesilaitosympäristössämme vaikuttavilla ominaisuuksilla, selvityksillä ja käytännöillä sekä kentän ääntä kuunnellen. *Oloihimme vieraita tai erityisesti meille soveltuvia käytäntöjä on myös pyritty lyhyesti kommentoimaan (erottuu alkuperäisestä kursiiviteksinä).*

Kirjan toimittamisesta vastasi alan asiantuntijoista koostunut työryhmä:

Kia Aksela	TKK
Riikka Elo	Suomen ympäristöopisto SYKLI
Teemu Heusala	Tekla Corporation, Infra & Energy
Sakari Hyytiä	Suomen ympäristöopisto SYKLI
Päivi Kopra	Helsingin Vesi Oy, 1.1.2010 alkaen HSY
Kalle Rajantie	HAMK
Mika Rontu	Vesi- ja viemärlaitosyhdistys
Risto Tenhunen	Osuuskunta Eco-One
Timo Tolonen	Suomen ympäristöopisto SYKLI
Tapio Tolvanen	Suomen Putkisto Tarvike Oy
Kalle Vuorela	Oy Lining Ab

Esitän kiitokseni maamme vesihuollon asiantuntijoille ja vesilaitoksille, jotka ovat antaneet tietojaan kirjaamme, kaikille muille työn tulokseemme myönteisesti vaikuttaneille, tarmokkaalle ja työhönsä ansiokkaasti paneutuneelle työryhmällemme sekä teoksen viimeistelystä vesihuolto-insinööri Sakari Hyytiälle.

Riihimäellä 23.12.2010

Timo Tolonen

Puheenjohtaja Timo Tolonen

1 Johdanto

Vesihuollon merkitys yhteiskunnassamme on kasvanut merkittävästi. Yhteiskunnan ja asiakkaiden vaatimukset palvelutasolle (katkeamaton saatavuus ja laatu) ovat lisääntyneet. Myös Euroopan Unionissa vesihuollon kehittäminen on strateginen painopiste.

Vuotovesien hallinta on olennainen osa laadukasta vesihuoltoa. Hyvällä vuotovesien hallinnalla saavutetaan hyvä palvelutaso ja minimoidaan vuotojen aiheuttamat suorat (hukattu vesimäärä ja korjauskustannukset) ja välilliset (katujen ja muiden rakenteiden hajoaminen sekä liikenteelle ja yrityksille aiheutunut haitta) kustannukset. Verkostojen ikääntyminen, saneerausvelka ja käytettyjen materiaalien sekä laitteiden laadullinen historia tuovat haasteita lähitulevaisuuteen vuotojen vähentämisen osalta. Uudet materiaalit, laitteet ja teknologia yhdessä vahvan ammatillisen osaamisen kanssa taas luovat mahdollisuuksia vuotojen hallinnan kehittämiseksi tulevaisuudessa.

Veden kasvava tarve ja samanaikaisesti vesivarojen pienentyminen tarkoittavat, että vesijohtoverkostojen vuotovesien, hukkaveden ja muun laskuttamattoman veden käytön vähentäminen ”Non-Revenue Water” (NRW) on elintärkeää koko maailmassa. Kaikki vesijohtoverkostot maailmassa kärsivät vuodoista, vain vuotovesien määrä vaihtelee. Vuotovesien määrä riippuu verkoston ja palveluyhteyksien toimivuudesta, jotka muodostuvat vesijohtoverkosta laitteineen, järjestelmän paineesta sekä paikallisista tekijöistä kuten maalaji, varustetaso ja henkilöstön ammattitaito. Verkoston hallintakulttuuri sekä vuotovesien hallinnan hyödyn taloudelliset ja hallinnolliset rajoitukset vaikuttavat myös vuotovesien määrään.

Vuotovesien eri osa-alueet tulee ymmärtää ja määrittää etukäteen vuotojen vähentämisstrategian luomista ja toteuttamista varten. Kansainvälinen vesiyhdistys (IWA, International Water Association) on kehittänyt tarkan terminologian sekä standardoidun vesitaseen ja suosittelee vesitaseen jakamista jakeluverkoston eri osatekijöihin vuotojen osatekijöiden määrittämistä varten. Sen jälkeen, kun vuotoveden koostumus on selvitetty paikallisen tilanteen mukaisena ja jakeet saatu oikeisiin määriinsä, voidaan vuotoveden osatekijöiden vaikutusta arvioida oikeassa mittakaavassa. Tämän tiedon pohjalta voidaan vuotovesien hallintaa kehittää laitoskohtaisesti ja toteuttaa tarvittavia lisäselvityksiä sekä parannuksia..

Luvut 3 – 4 soveltuvat parhaiten verkostojen käyttöhenkilöstölle ja suunnittelijoille, jotka vastaavat verkostonhallintaohjelmista ja niiden käyttöönotosta, sekä niille vaikuttajille, jotka haluavat arvioida vesilaitoksen strategioita ja käytäntöjä. Tämän luvun päämääränä on saada vesihuollon ammattilaiset tietoisiksi seuraavista osa-alueista:

- Vesijohtovuotojen osatekijät
- Vuotovesien volyymit
- Vuotovesien hallintamenetelmät
- Vuotojen taloudelliset arvot
- Yksilöllisen strategian luominen paikallisten tilanteiden ja perusrakenteeseen kuuluvien tosiasioiden perusteella
- Prosessit, joilla valvotaan, ylläpidetään ja kehitetään paikallista vesijohtovuotojen vähentämishjelmaa

Luvut 5 - 7 soveltuvat erityisesti henkilöille ja ammattiryhmille, jotka vastaavat vuotojen etsimisestä, korjaamisesta ja vesijohtoverkoston kunnossapidosta. Tämän luvun päämääränä on saada vesihuollon ammattilaiset tietoisiksi seuraavista osa-alueista:

- Vesijohtoverkoston kunnan hallintaan ja kunnossapitoon liittyvät osatekijät
- Painetasojen hallinnan merkitys vuotojen kannalta
- Aktiivisen vuotojen hallinnan menetelmät sekä käytännön paikantamismenetelmät

- Kehittää ja toteuttaa vuotojen korjaamista

Kaikkia edellä mainittuja osa-alueita kuvataan kokonaisvaltaisesti. Menetelmiä voidaan käyttää soveltuvin osin kaikkiin vedenjakelujärjestelmiin; verkoston koko ja historia huomioiden. Vesijohtovuotojen vähentäminen toteutetaan parantuneen suunnittelun ja vuotovesien vähentämisstrategioiden avulla, jolloin vedenjakelun ja vedenjakelujärjestelmien tehokkuus samalla lisääntyy.



Kuva 1.1 Vesijohtovuoto on helposti paikannettavissa (Trabzon, Turkki)

2 Vedenjakelujärjestelmät

Vedenjakelujärjestelmä koostuu siirto-, jakelu- ja tonttijohdoista sekä vesisäiliöistä ja pumppuasemista.

Siirtojohtoja käytetään vedenottamolta, vedenpuhdistamolta tai pumppausasemalta tulevan veden siirtämiseen vesisäiliöihin tai välipumppausasemille. Jakelujohdoilla siirretään vesisäiliöstä tai pumppausasemalta tulevaa vettä asiakkaiden tonttiliittymiin. Tonttijohdot kuljettavat vettä jakelujohdon asiakasliittymästä asiakkaiden vedenmittauspisteen kautta kulutukseen.

Vedenjakelujärjestelmän tavoitteena on toimittaa hyvälaatuista vettä riittävässä paineessa ja riittävä määrä asiakkaalle.

Vesijohtovuodot ja muu laskuttamaton vesimäärä muodostuu pääosin vedenpuhdistuksen jälkeisissä siirto-, jakelu- ja tonttijohdoissa tai laitoksissa. Kuluttajan vesimittarin takana sijaitsevat kiinteistön, käytännössä rakennuksen sisäiset talojohdot, joiden valvonta kuuluu kiinteistön haltijalle. Talojohdot eivät yleensä ole merkitseviä ainakaan vesilaitoksen näkökulmasta.

2.1 Vedenjakelun toimintatavat

Vedenjakelujärjestelmää voidaan luokitella kolmeen tyyppiin:

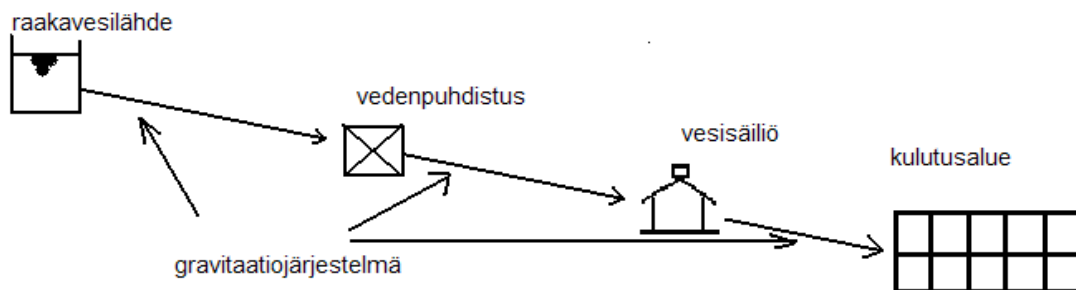
- Gravitaatiojärjestelmä
- Suorapumppausjärjestelmä
- Yhdistetty gravitaatio- ja pumppausjärjestelmä

On olemassa monia mahdollisia vedenjakelun yhdistelmiä, kuten yhdistetty gravitaatio- ja pumppausjärjestelmä. Järjestelmän valinta riippuu topografiasta, sijainnista, jakelun painetasojen tarpeesta ja paikallisista olosuhteista. Gravitaatiojärjestelmä on paras vedenjakelujärjestelmien tyyppi, kun huomioidaan mahdolliset vuodot ja sen aiheuttamat muutokset verkostopaineessa.

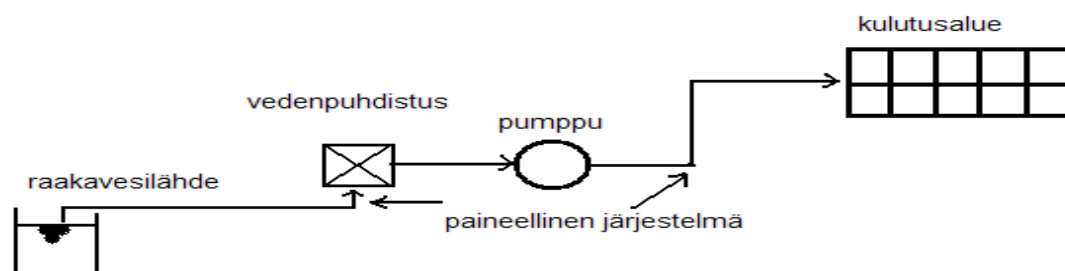
Jakelujärjestelmän tyypit on esitetty kuvassa 2.1, niiden edut ja haitat on kuvattu yksityiskohtaisesti taulukossa 2.1.

Vedenjakelujärjestelmää suunniteltaessa tulee huomioida seuraavat näkökohdat:

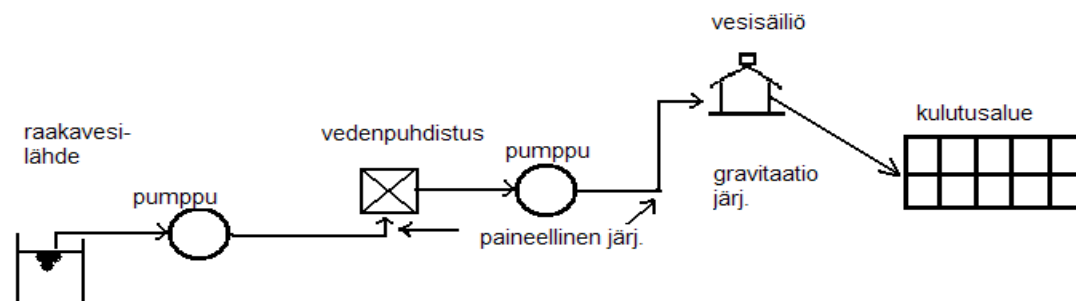
- Vesisäiliö on sijoitettu palvelualueelle niin keskeisesti kuin mahdollista, jotta verkosto olisi mahdollisimman lyhyt.
Sijoittamiseen vaikuttavat myös topografia, veden hankintasuunnat ym.
- Mikäli säiliön sijainti ei ole keskeinen, täytyy suunnittelussa huomioida se verkostojärjestelyin esim. suunnittelemalla kaksi päälinjaa.
Ei yleensä yläsäiliötä käytettäessä.
- Jakelujärjestelmä pitäisi suunnitella renkaaseen tai muutoin huomioida verkoston toimivuus hyvällä liitettävyydellä. Mahdollisia umpikujia pitäisi välttää
- Verkosto pitäisi sijoittaa teiden läheisyyteen, jolloin putket olisivat helposti kaivettavissa esiin
- Jos topografiassa on suuria vaihteluja, pitäisi paineenhallinta jakaa sopiviin vyöhykkeisiin



a. Gravitaatiojärjestelmä



b. Suoraan pumppaus



c. Yhdistelmä

Kuva 2.1 Vedenjakelujärjestelmiä

Taulukko 2.1 Erityyppisten jakelujärjestelmien edut ja haitat

Järjestelmä	Edut	Haitat
Gravitaatio	Luotettavin Matalat toimintakustannukset.	Topografiavaatimukset.
Yhdistetty gravitaatio ja pumppaus	Tiettyjen topografisten alueiden alaisuudessa toimiva. Painetta ja virtausta voidaan säädellä.	Ongelmat liittyvät pumppausjärjestelmien toimintaan ja huoltoon.
Suoraan pumppaus	Painetta ja virtausta voidaan säädellä. Korjaava toiminto voidaan ottaa nopeasti käyttöön.	Ongelmat liittyvät pumppausjärjestelmien toimintaan ja huoltoon.

2.2 Verkoston materiaalit ja laitteet

Putkityypit

Tässä osassa esitellään putkityypit, joita pääasiallisesti käytetään vedenjakelujärjestelmissä. Taulukossa 2.2 on lueteltu eri putkimateriaalien edut ja haitat vuotovesien kannalta.

Taulukon putkityypeistä on syytä huomata, että asbesti-sementtiputkia AC ei enää asenneta ollenkaan Suomessa, eikä teräspankiakaan juuri ollenkaan. Pallografiittiputkia SG käytetään lähinnä vain suurikokoisissa johdoissa tai kaupunkien keskustoissa. Suomessa muovisten vesijohtoputkien käyttö on yleisintä.

Suomessa nykyisin käytössä olevista vesilaitosten vesijohdoista, ilman tonttijohtoja, on noin 89 % muovia, noin 8 % valurautaa ja noin 3 % terästä, asbestisementtiä ja muita materiaaleja. Vesijohtojen kokonaismäärä on noin 92 000 km; tonttivesijohtoja on lisäksi noin 27 000 km.

Taulukko 2.2 Putkimateriaalit vuotovesien kannalta

Putki- materiaali	Edut	Haitat
Asbesti- sementti (AC)	Vahvuus ja jäykkyys Korroosiokestävä koskien useampia maaperiä ja vettä Joustavat liitokset sallivat pienen poikkeaman	Altis iskuvaurioille Altis korroosiolle tietyissä maaperissä Asbestinpölyn vaarallisuus Vuodon selville saaminen vaikeampaa kuin metalliputkissa Korjaus voi olla monimutkaista
Valurauta	Vahvuus ja jäykkyys Korkea mekaaninen vahvuus Hyvä korroosionkesto Vuodon sijainti suoraviivainen Helppo paikantaa	Hyvin raskas Vahva, mutta hauras
Pallografiitti (SG)	Korkea mekaaninen vahvuus Hyvä korroosionkesto Joustavat liitokset sallivat pienen poikkeaman Saumauksen helppous Vuodon sijainti suoraviivainen	Melko raskas Mahdolliset pH ongelmat pehmeässä vedessä Altis korroosiolle päälysteen vahingoittuessa
Polyeteeni (MDPE /HDPE)	Hyvä korroosion kesto Kevyt ja joustava Liitoksia voidaan hitsata - vähentää vuoto riskiä Pienillä halkaisijoilla helppo korjata	Vuodon paikantaminen vaikeampaa kuin metalliputkissa Hitsattu saumaus vaatii ammattitaitoisia asentajia ja erikoisvarusteita Putken paikan määrittäminen hankalaa
Polyvinyyli- kloridi (PVC)	Korroosion kesto Kevyt ja joustava Liittäminen helppoa	Altis iskuvaurioille Ultravioletti valo heikentää putkia Vuodon paikantaminen vaikeampaa kuin metalli putkissa Putken paikan määrittäminen hankalaa Tiivistevuodot mahdollisia Tiivisteen alipaineen kestävyys huono
Teräs	Korkea vahvuus, iskunkestävyys Kyky poiketa suunnasta ilman hajoamista Asentamisen helppous Kevyempi kuin SG Erikoiskokoonpanojen käytettävyys hitsaamalla Laaja valikoima saatavilla olevia vahvuuksia	Korroosioherkkä

Materiaalivaatimuksia

InfraRYL, Infrarakentamisen yleiset laatuvaatimukset, osa 2 Järjestelmät ja täydentävät osat antaa vesijohtoputkien ja –laitteiden hankintaa koskevia vaatimuksia. Vesijohdon tuotteiden laatu on varmistettava toimituserittäin niissä olevien merkintöjen ja toimitusasiakirjojen perusteella. Talousvesiverkostossa laitekaivoissa (esim. ilmanpoisto, tyhjennys) takaisinvirtaus tulee estää siten että talousveden laatu kaikissa olosuhteissa säilyy.

Vesijohtoputket

Vesijohtoputkien ja putkijärjestelmän komponenttien tulee noudattaa standardin määritteitä ja vaatimuksia. Materiaalien on oltava sellaisia, että käyttöön otettavassa vesijohdossa veden laatu säilyy viranomaisvaatimukset täyttävänä ja että materiaalit ovat maaperä- ja ympäristöolosuhteisiin soveltuvia.

Putkien keskimääräiseksi käyttöiäksi arvioidaan 50 vuotta. Myös tämä näkökohta on syytä muistaa, kun tarkastellaan oman vesijohtoverkoston tulevia saneeraustarpeita ja –ohjelmia.

Sulkuventtiilit

Sulkuventtiilit ovat tiiviitä, toimintavarmoja sekä hyvin suojattuja korroosiota vastaan. Ne ovat myötäpäivään sulkeutuvia. Venttiilit täyttävät standardin vaatimukset. Ellei toisin ole määrätty, on kokoon DN 300 saakka käytettävä kumiluistiventtiilejä ja suuremmissa putkissa läppäventtiilejä.



Venttiilin kriteerit:

1. Rungon materiaali
2. Pinnoite
3. Kara ja luistimutteri
4. Karan tiivistys ja laakerointi
5. Kannen tiivistys
6. Luisti ja luistinohjain
7. Täysiaukkoisuus

Kuva 2.2 Sulkuventtiili ja tärkeät osat (Lining 2010)

Sulkuventtiilien toimivuus, kestävyys ja kunnossapito ovat verkoston ja sen vuotojen kannalta erittäin tärkeitä. Elleivät venttiilit pidä tai toimi, ei voida rajata mittauksia, vuotoja tai niiden korjauksia. Venttiilejä tulee olla riittävästi, toimivia ja niiden sijainnit oltava hyvin henkilöstön hallinnassa.

Palopostit

Käytettävän maapalopostityypin ja asennustavan määrittelee vesijohtoverkon haltija.



Kuva 2.3 Paloposti, jossa automaattinen pystyputken tyhjennys ja kuivatus salaojaputkella (Sykli 2010)

Ilmanpoistovenitit

Mikáli suunnitelma-asiakirjoissa ei ole toisin mainittu, ilmanventtiileinä käytetään kaksitoimisia venttiilejä, jotka automaattisesti poistavat verkostoon kerääntyneen ilman ja vastaavasti verkoston tyhjentyessä päästävät ilmaa vesijohtoon.



Kuva 2.4 Ilmanpoistovenitilejä (Lining 2010)

Muut tarvikkeet

Ellei toisin ole määrätty, käytetään vähintään nimellispaineelle PN 10 tarkoitettuja vesijohtotarvikkeita.

Kiinnikkeiden yms. tarvikkeiden valinnassa varmistetaan siitä, että materiaalien rajakohdissa ei pääse syntymään korroosiota tai muita vaurioita.

2.3 Verkoston virtaamien hallinta

Ensimmäinen askel verkoston mallintamistutkimisessa on päättää, mitkä verkoston ominaisuudet ovat toiminnallisesti tärkeitä ja mitkä osat tulee välttämättä sisällyttää verkoston laskentaan. Suurissa vedenjakelujärjestelmissä tämän prosessin aikana on voitava selvittää koko järjestelmän toiminnallinen perusrakenne. Toisin sanoen kaikki vesijohtoverkoston putket eivät voi sisältyä laskenta-analyysiin.

Tämä toiminnallinen perusrakenne voi käsittää erilaisia muotoja, kuten seuraavissa esimerkeissä:

- Kaikkia yhteyksiä taloihin ei pidetä erillisinä solmupisteinä, vaan erilliset liittymät ja pienet jakelualueet tulee kerätä yhteen yhdeksi paikalliseksi solmupisteeksi
- Vain ne vesijohdot, jotka kuljettavat vesisäiliöistä tulevaa vettä jakelualueelle lisätään analyysiin eli siis vain siirtoverkostot huomioidaan
- Vain muutamia pienemmät vesijohdot laitteineen huomioidaan, milloin näitä verkosto-osia pidetään tärkeänä järjestelmän toiminnan kannalta.

Tarkkoja yksiselitteisiä sääntöjä, jotka määräisivät, mitkä vesijohdot pitää jättää pois laskenta-analyysistä, ei ole. Sellaiset päätökset jätetään usein suunnittelijan päätettäväksi ja joskus he joutuvat ratkaisuja "säveltämään". Tiedoista, jotka on kerätty analyyseistä perusrakenteen eri tasoilla, usein nähdään, mitkä vesijohdot pitäisi sisällyttää analyysin seuraavaan tasoon.

Toisena tärkeänä osana verkosto-ongelmien määrittelemisessä on selvittää, mitkä vaatimukset pitäisi eritellä. Olemassa olevan jakelujärjestelmän mitoitusvaatimukset voidaan saada veden käyttö- tai laskutusasiakirjoista. Koska jakelujärjestelmä on voitu suunnitella 50 vuoden toimintaa varten, eriteltyjen vaatimuksien täytyy huomioida tuleva kasvu ja lisätarpeet (tai mahdollisesti vähenemiset) kulutuksessa henkeä kohti.

Sen jälkeen, kun suunnittelija on laskenut yhden tai useamman hyväksyttävän simulointituloksen, seuraava toimenpide on tarkistaa niiden oikeellisuutta todellisessa järjestelmässä. Tätä prosessia kutsutaan verkon arvioinniksi. Sen jälkeen, kun verkoston ongelmiin on löytynyt analysoitu ratkaisu asetettujen vaatimuksien mukaisesti, voidaan epäkelvot tai yksinkertaisesti riittämättömät suorituskykyparametrit tunnistaa.

Vedenjakelun huonon suorituskyvyn indikaattorit:

- Joissakin solmupisteissä paineet ovat liian matalia
- Paineet ovat liian korkeita joissakin solmupisteissä. Jos vettä pumpataan korkeammalla paineella kuin tarvitaan, kustannukset kasvavat suuremman tehontarpeen takia. Usein myös vesijohdot rikkoutuvat ennenaikaisesti, joka lisää vesijohtojen saneeraustarvetta
- Virtaamat ovat riittämättömiä ja / tai paineet ovat liian matalia hätätilavaatimuksiin esim. sammutustyöhön
- Pumput eivät toimi lähellä parasta hyötysuhdetta
- Jotkut vesivarastot ovat aina melkein tyhjiä, kun taas jotkut toiset ovat melkein täynnä tai ylivuotavat (ovatko säiliöt yli- vai alimitoitettuja ja paikat valittu oikein?). Jos varastot eivät toimi lähellä parasta suorituskykyään, ne edustavat huonoja investointeja kustannus- /hyötysuhteiltaan
- Paineen alennus- ja säätöventtiilit eivät ole toimintakunnossa.

Puutteiden tunnistamisen jälkeen seuraavana tehtävänä on määrittää taloudellisesti paras keino näiden puutteiden korjaamiseksi ja järjestelmän toimivuuden parantamiseksi.

Verkoston laskentamallit

Hydraulinen malli on hyödyllinen verkstorakenteen vaikutusten tutkimista ja päätöskien tekemistä varten. Sen jälkeen, kun malli on saatu toimimaan hyväksyttävällä tarkkuudella vallitsevien olosuhteiden mukaisena, voidaan sitä pitää ajan tasalla ja käyttää verkoston toiminnan seuraamiseen jatkossa, saada tietoja myös vuotojen lisääntymisestä tai vuotojen vähentämisen vaikutuksista, erityisesti alueellisten virtaamatietojen, yövirtaamien ja myös painetasotietojen vertaamisen kautta.

Vuotovesien hallinnan näkökulmasta verkstolaskentaa ei kuitenkaan nähdä yleispätevänä tai ensi-sijaisena työkaluna, vaikka sillä onkin kiistattomat etunsa verkstohallinnan kokonaisuudessa.

Simulointimallin valinta

- Vedenjakelun laskentamallin valinta
- Vaatimuksien määrittely ja mallin tarkoitus ovat olennaisia asioita
- Mallin käytön valinta on tärkeää yhtä mallia valittaessa (hydraulinen tai veden laatu), koska mallin oikeellisuus ja vaaditut yksityiskohdat vaihtelevat sen odotetusta käytöstä riippuen.

Jakeluverkoston pelkistäminen

Numeerista laskentamallia varten on olennaista päättää, mitkä järjestelmän verksto-osat ja laitteet ovat edustettuina. Verkoston kuvaamisvaiheessa tehdään perusta järjestelmälle ja tällöin mallista voidaan jättää pois osa vesijohdoista, yhdistellä niitä tai tehdä olettamuksia parametrialvoille, esim. tietyn tyypisille putkille asetetaan sama karkeuskerroin.

Mallin pelkistämisen, siis yksinkertaistamisen aste, riippuu siitä, mitä ongelmia mallin avulla halutaan ratkaista.

Kalibrointi

Numeeristen malliparametrien ja karkeuskertoimien säätö putkien mitoituksessa niin, että ennustetut mallitulokset ovat vertailtavissa havaitun (todellisen) kentätiedon suhteen. Tämä vaihe saattaa vaatia myös verkkokuvauksen uudelleen tarkastelua.

Todentaminen

Mallin laskentatuloksien vertailu tehdään kentältä saatujen mitattujen havaintojen ja kalibrointiin käytettyjen arvojen kesken, jotta voidaan varmistaa verkkokuvauksen ja parametrialvojen oikeellisuus.

Ongelmien tarkistus

Ongelmien tunnistaminen verkstorakenteessa, toimivuudessa tai ongelmat malliin yhdistämisessä (esim. asetetut vaatimukset, putken tila tai päätökset toimivuudessa). Kun mallisovelluksen laskelmien tulos vastaa kentätuloksia, on malli verksto-ongelmineen simuloitu oikein.

Tulosanalyysi

Simulointitulokset esitetään mallintajalle ja muille päätöksentekijöille graafisesti tai taulukkomuodossa. Tuloksia analysoidaan määrittämällä ovatko ne järkeviä ja onko ongelma ratkennut. Jos ongelma ei ole ratkennut, tehdään seuraavaksi uudet johtopäätökset ja prosessi jatkuu.

Automaatiojärjestelmät

Tiedonsiirron rajapinnat

- Vesilaitoksen automaatiojärjestelmän tiedonsiirrossa käytetään yleisesti saatavilla olevia tiedonsiirtotapoja. Yleensä valvomoiden välinen tiedonsiirto toteutetaan rakennuttajan oman ATK-verkon avulla.
- Vesihuoltoa varten yleensä erotetaan oma erillinen virtuaaliverkko
- Vesihuollon päävalvomoon on saatava yhteys päivystäjän kotoa ja huoltoautosta.
- Yleensä yhteys päävalvomoon toteutetaan vpn-yhteyden (tekninen nimitys sille miten ulkoa päästään ATK-verkkoon kiinni) avulla.
- ATK-verkon haltija huolehtii palomuurien ja virustorjuntaohjelmien ylläpidosta

Oma radiomodeemiverkko

- Radiomodeemeja on sovellettu vesihuollon kaukovalvonnassa jo lähes 20 vuotta
- Oman luvanvaraisen radiomodeemiverkon lupaviranomainen on Viestintävirasto. Järjestelmä keskustelee yhden radiomodeemin kanssa kerrallaan. Kentältä saadaan tiedot 5 - 20 sekunnin välein. Käytännössä kyseessä on jatkuvatoiminen reaaliaikainen tiedonsiirto
- Radiomodeemit mahdollistavat yhteysvälin hyppäämisen, eli voidaan toteuttaa entistä laajempia radiomodeemiverkkoja. Radiomodeemien ukkoskestävyys on osoittautunut monikertaiseksi verrattaessa mihinkä tahansa kuparijohtimien avulla toteutettuun tiedonsiirtoratkaisuun
- Radiomodeemiverkkojen soveltuvuus vesihuollon käyttöön on parantunut tiedonsiirtonopeuden lisääntymisen myötä, mutta ennen kaikkea siksi, että yksittäisten yhteysvälien toimivuutta (kentänvoimakkuuden mittausta) voidaan seurata koko ajan.

Kaukovalvontajärjestelmän hyödyt

- Yksittäisten säätöpiirien hallinnasta hyppäys koko verkoston ja yksittäisten laitosten muodostaman kokonaisuuden hallintaan
- Vesihuollon yksittäisten kenttäkohteiden hallinta kaukovalvontajärjestelmän avulla myös poikkeustilanteissa; esim. vesitornin puuttuva pintatieto voidaan korvata vedenottamon lähtöpumppauksen tarkan painemittauksen (pumppauksen oltava tällöin pysäytettynä) avulla
- Kustannustietous laitosten päivittäisestä toiminnasta ja käytöstä lisääntyy
- Suunnittelun apuväline; tulevaisuudessa tapahtuville hankinnoille saadaan tarkemmat mittaustiedot, hyöty tulee investoinnin oikeampana kohdentamisena
- Vuotovesien nopea havaitseminen ja edelleen vähentäminen on mahdollista vain jatkuvan reaaliaikaisen mittausseurannan avulla.
- Verkostovuotojen havaitseminen nopeutuu, jatkossa vuotojen etsintä perustuu osaltaan systemaattiseen tekniikan hyödyntämiseen
- Kulunvalvonta voidaan toteuttaa samassa järjestelmässä.

Raportit

- Kentällä tapahtuneet erityiset asiat on nähtävissä vielä viikkoja myöhemminkin
- Mikä, missä ja milloin on hälyttänyt. Kuka ja milloin on kuitannut / korjannut vian
- Tapahtuneiden hälytysten yhteenveto
- Järjestelmällä tulee voida poistaa esim. vikaantunut hälytysanturi väliaikaisesti käytöstä. Estotilaraportin avulla muistetaan mitkä hälytykset on poistettu järjestelmästä ja vaativat korjausta

- Pumppujen käyntiajat, käynnistyskerrat, pumpattu vesimäärä, pumppaamon sähkömäärä jne. kerätään tuntitietoina. Tiedot voidaan katsoa vuorokausi, viikko, kuukausi ja vuositasona.

Grafiikka

- Verkostokaaviossa esitetään keskeisimmät mittaustiedot. Verkostokaaviosta voidaan valita haluttu laitos- /prosessikaavio. Verkostokaaviossa näkyy pumppujen reaaliaikainen käyntitieto, suorat ja laskennalliset mittaustiedot (edellinen vrk, edellinen tunti jne.)
- Graafisen käyttöliittymän laitos- /prosessikaaviossa kaivon, säiliön ja vesitornin pinnankorkeus kuvataan väritäytöllä, vesimäärä esitetään pinnankorkeutena ja tilavuutena. Verkoston paine kuvataan numeerisesti. Virtauksen hetkellinäyttö esitetään m^3/h , samoin edellisen täyden tunnin virtaus m^3/h .
- Ohjauslähtöjen ja kenttälaitteiden käyttötilat, tekstinä tai värinä tilat
- Hälytykset, tapahtuneen hälytyksen riittävän näkyvä esitysmuoto
- Graafisen kuvan avulla voidaan suorittaa mm.; asetusarvojen muutos, toimilaitteiden asennon pakko-ohjaus, vedenottamon pakkopysäytys, kutsua prosessikuvan taustatiedostoina olevat laitepositiot esiin.

Verkkoston hallintaohjelmat

Verkkotietojärjestelmä

- Verkkotietojärjestelmä on tietokantapohjainen malli vesihuoltoverkostosta
- Johtokartasta käytetään myös nimityksiä: johtotietojärjestelmä, verkostonhallinta
- Johtotyypit ovat omilla elementeillä, yleensä eri johtotyypit ovat eri väreillä
- Voidaan katsella esim. vain vesijohtoja ja pohjakarttaa ja piilottaa muut elementit
- Johtokartasta saadaan helposti otteita halutusta kohdasta valitussa mittakaavassa liittymätietoineen
- Pohjakarttana voidaan käyttää erilaisia vektori- tai rasterikarttoja
- Verkkotietojärjestelmässä voidaan tarkastella lisäksi asiakastietoja, käytettävissä olevia pintamalleja (esim. maastomalli) ja kaukovalvontajärjestelmän tietoja.

Karttasisältö

- Johdot, kaivot, venttiilit ym. tarkkoine ja luokiteltuine ominaisuustietoineen
- Johtojen ja laitteiden kuntotiedot luokitellusti tallennettuna
- Valokuvat, piirustukset
- Vesimittaritiedot
- Kohteiden tietokortit, kuva venttiilin tiedoista
- Vauriot, viat, vuodot

Edut

- Helppo ylläpitää ei tarvitse raaputtaa
- Yhdestä aineistosta saadaan tulosteet eri mittakaavoissa, paperiversiossa täytyy eri mittakaavoille tehdä omat kartat
- Saadaan raportteja ja teemakarttoja, kuva teemakartan indeksi osasta
- Voidaan tulostaa otteita mistä kohtaa tahansa, koska numeerisessa johtokartassa ei ole lehtijakoa vaan koko kartta on yhtenäinen
- Voidaan viedä esim. venttiilin koordinaatit GPS-laitteeseen tai takymetriin ja etsiä helposti ko. kohde maastossa
- Kiinteistöstä esim. vedenottamosta voidaan tehdä tarkka tonttikartta
- Vesimittareiden omistaja- ja osoitetietojen perusteella löydetään numeeriselta johtokartalta etsittävä kohde
- Johtokarttaan voidaan liittää valokuvia, joista voidaan tarkistaa esim. asennuksia
- Voidaan tarkastella yhtä aikaa kaikkia johtoja (vesi, jätevesi, puhelin, sähkö ym.) ja välttää johtojen vaurioita kaivun yhteydessä
- Johtokartasta voidaan viedä tietoja mallinnusohjelmistoihin (vesi- ja viemäri) ja tarkastella paineita eri tilanteissa
- Luokiteltujen ominaisuus- ja kunnossapitotietojen perusteella voidaan tehdä analyysyjä, raportteja ja teemakarttoja verkoston kohteista
- Mobilelaitteen avulla verkostotiedot ovat käytettävissä maastossa.

3 Vuotovesien määrät

Jotta voidaan mitata muutoksia laskuttamattoman veden määrässä tietyn ajan kuluessa ja tehdä sitä varten vertailuja, on tärkeää, että on määritetty standardoinut tunnusluvut ja käytetään standardisoitua määritelmää.

Vuotovesien mittausta varten on olemassa useita perinteisiä tunnuslukuja käytettäväksi jakelujärjestelmien sisällä. Näistä jotkut ovat parempia kuin toiset ja jotkut saattavat olla jopa soveltumattomia tietyissä olosuhteissa.

Perinteiset tunnusluvut vuotovesille, vuotavuusindeksi ja vesitase ovat selostettuna jäljempänä tässä luvussa.

Vesitaseen käyttöä ja ymmärtämistä pidämme tärkeänä.

3.1 Tunnusluvut

Prosentteina pumpatusta vesimäärästä

Tämä tunnusluku on helppo laskea ja vuotoveden osuus on helposti ymmärrettävissä. Kansainvälinen vesiyhdistys (IWA) ei kuitenkaan suosittele sen käyttöä vesijohtoverkoston kunnossapitotehokkuuden mittarina, koska se laskee arvon prosentteina laskuttamattomasta vedestä:

- Ei erottele todellisia vuotovesimääriä ja näennäisiä vuotovesimääriä
- Siihen vaikuttaa vahvasti kulutus tai muutokset kulutuksessa
- Ei sovi eri laitosten keskinäiseen vertailuun.

Suhteutettuna kiinteistöjen määrään

Vuotovedenmäärä ilmoitetaan kuutiometreinä suhteessa kiinteistöjen määrään tietyssä aikayksikössä (m^3 /kiinteistö /d).

Tämä laskentamenetelmä perustuu ajatukseen, että kiinteistöjen ja tonttijohtojen lukumäärä on sama. Monissa maissa yksittäinen tonttijohto voi palvella suurta määrää huoneistoja esim. kerrostaloa. Laskelma vuodoille perustuu tavallisesti yksittäiseen vesimittariin asiakasliittymissä. Siksi tätä tunnuslukua ei suositella järjestelmissä, joissa on monia kerrostaloja, *eikä Suomessa missään olosuhteissa.*

Suhteutettuna verkoston pituuteen

Vuotovedenmäärä ilmoitetaan kuutiometreinä suhteessa verkoston pituuteen kilometreinä aikayksikössä (m^3 /verkosto-km /d). Tähän tunnuslukuun vaikuttaa hyvin vahvasti tonttijohtojen esiintymistiheys. Kokemuksesta tiedetään, että tunnusluku toimii siellä, missä asiakasliittymiä on harvemmin kuin 20 kpl verkostokilometriä kohti eli yleensä maaseudulla.

Tämä on mielestämme sopiva tapa vertailla eri verkostoja Suomen olosuhteissa.

Suhteutettuna tonttijohtojen lukumäärään

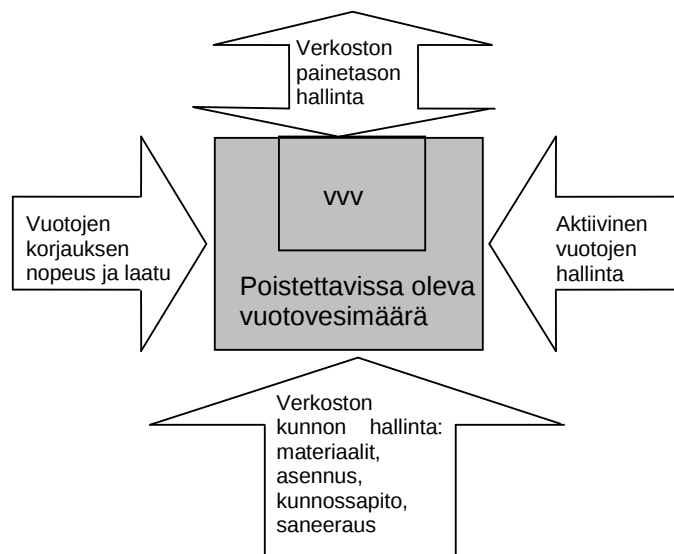
Vuotovesien määrä ilmoitetaan kuutiometreinä suhteessa tonttijohtojen lukumäärään aika-yksikössä (m^3 /kpl tonttijohtoja /d). Tätä tunnuslukumittaria suositellaan vain järjestelmiin, joissa on yli 20 liittymää /verkostokilometri. Tunnusluvun käyttäminen on perusteltua tapauksissa, kun suurin osa vesimäärästä valuu hukkaan juuri tonttijohtovuotojen kautta.

IWA toteaa, että kaikkia perinteisiä tunnuslukuja suositellaan vain järjestelmiin, joissa on yli 20 asiakasliittymää /verkostokilometri. Perusteluna suositukseen on, että hyvin hallituissa järjestelmissä, joissa on > 20 asiakasliittymää /verkostokilometri, suurin osa todellisista vuodoista esiintyy tutkimusten mukaan tonttijohtoissa.

3.2 Vuotavuusindeksi

IWA:n vuotovesiyksikkö on kehittänyt tunnusluvun, jota kutsutaan vuotavuusindeksiksi ILI (Infrastructure Leakage Index). Vuotavuusindeksi on todellisen vuotuisen vuotomäärän ja väistämättömän vuotuisen vuotoveden (vkv) suhde.

Todellinen vuotuinen vuotomäärä on kuvattu isolla tummennetulla neliöllä kuvassa 3.1. Todellisia vuotoja ei voida missään järjestelmässä estää täysin. Väistämättömien vuotuisten vuotojen (vkv) todellista määrää esitetään pienemmällä suorakulmiolla kuvassa 3.1. Vuotojen hallinta muodostuu neljästä perusmenetelmästä, jotka ovat vesijohtoverkoston painetason hallinta, aktiivinen vuotojen hallinta, verkoston kunnon hallinta sekä vuotojen korjauksen nopeus ja laatu.



Kuva 3.1 Vuotovesien hallinnan neljä perusmenetelmää
(IWA Water Loss Task Force)

Vuotavuusindeksi tunnuslukuna mittaa olemassa olevan paineellisen järjestelmän aktiivista vuotovesien hallintaa, vuotojen korjauksien nopeutta ja laatua sekä kunnon hallintaa.

Suomessa muut osa-alueet, paitsi Aktiivinen vuotovesien hallinnan sekä Verkoston kunnan hallinta ja saneeraus ovat hyväksyttävässä kunnossa. Käytettävien materiaalien tasoon tulee silti kiinnittää lisähuomiota. Tämä on huomioitu ja mahdollistettu myös Erityisalojen hankintalaissa.

Väistämätön vuotuinen vuotovesi

Vuotovesien parissa toimivat tietävät, että todellisia vuotoja esiintyy aina, jopa uusissa hyväkuntoisissa verkostoissa. Vesijohtovuotoja ei voida eliminoida täysin. On yksinkertaisesti vain määritettävä väistämättömät vuotojen määrät.

Väistämättömien vuotuisten vuotojen määrä (vvv) on pienin mahdollinen vuotovesimäärä, johon teknisesti on mahdollista päästä hyvin hoidetussa ja toimivassa vesilaitosjärjestelmässä.

vvv voidaan laskea seuraavalla kaavalla, joka huomioi verkostopaineen:

$$\text{vvv (l/d)} = (18 \times L_m + 0,8 \times N_c + 25 \times L_p) \times P$$

L_m = vesijohtoverkoston kokonaispituus (km)

N_c = tonttijohtojen lukumäärä (kpl)

L_p = tonttijohtojen yhteispituus (km)

P = keskimääräinen verkostopaine (m)

Kaavan käyttöön Suomen olosuhteissa tulee suhtautua kriittisesti. Paineella ja laskuttamattoman veden määrällä on yhtä suuri vaikutus, mutta on epätodennäköistä, että laskuttamattomassa vedessä olisi edes +5 % virhettä.

Jos tämän tunnuslukumittarin luotettavuutta halutaan parantaa, on tarkennettava

- painetietoa (mittaustietoa)
- laskuttamattoman veden eri osatekijöitä

Uusissa vesijohtolinjoissa on vaatimukseksi asetettava täysi vuotamattomuus. Vanhemmissa verkostoissa vähäiset vuodot voidaan jättää välittömästi korjaamatta ja siirtää seurantaan. On huomioitava, että vuotovesi aiheuttaa muutakin vahinkoa, kuin taloudellisen menetyksen vetenä.

Vuotavuusindeksin rajoitukset

Vvv:n laskentayhtälö perustuu todellisten vuotojen osatekijöihin, mikä perinteisesti laskettiin 50 mvp paineelle (mvp = metriä vesipatsasta = 0,1 bar). Kun painetaso korjataan, huomioidaan vuotovesimäärän vaikutus riippuen järjestelmistä ja erilaisista putkimateriaaleista.

Vuotavuusindeksin laskemiseksi verkostolle on olemassa käytännön rajoituksia. Indeksia voidaan laskea vain verkostolle, jonka tonttijohtojen määrä ylittää 3000 kappaletta ja paine on vähintään 25 mvp. Paineen rajan 25 mvp on tarkoitus estää lineaarisen paineen virheiden räjähtävää kasvua.

Taulukko 3.1 Erilaisten verkoston kuntoa kuvaavien tunnuslukujen vertailu (Lähde: Vesihuoltopäivät 2008, Kuopio; Luento Irina Nordman, Turun Vesilaitos)

Tunnusluku	Helsinki	Turku	Tampere	Vantaa	Espoo	Oulu
ILI-luku	8,2	5,8	5,3	4,7	4,5	2,7
Laskuttamaton vesi %	17,3	20,6	18,6	22,2	22,1	13
Laskuttamaton vesi m ³ /m/vuosi	7,8	4,1	4,6	5,1	4,5	1,9

- *Tarkastelussa ei ole todettavissa selvää korrelaatioita*
- *ILI-lukuun vaikuttaa verkoston paine, siten että korkeampi paine ”hyväksyy” suuremman vuodon*
- *Samalla verkostopaineella laskettuna tulokset olisivat saman suuntaiset laskuttamaton veden m³/m/vuosi ja ILIn suhteen. Tämä on todettavissa esim. Oulun ja Turun tuloksista, joissa on sama verkostopaine.*

3.3 Vesitase

Vesitase on esitystapa jonka avulla esitetään kokonaisvesimäärän koostumus. Se kertoo, minkälaisista osioista kyseinen vesimäärä koostuu, ja kuinka suuria nämä osiot ovat.

Maat, jotka käyttävät IWA:n vesitasetta ja tehokkuusindikaattoreita, suosittelevat niiden käyttöä. Tavoitteena on rohkaista ja auttaa vesilaitoksia arvioimaan vedenjakelujärjestelmiensä vuotovesimääriä IWA:n vesitaseen mukaan ja tunnistamaan sekä priorisoimaan kustannus- tehokkaat, yksilölliset strategiat vuotovesien hallintaan.

Lähtökohta kaikelle suunnittelulle on arvioida kuinka paljon, missä ja miksi vettä hukataan tietyssä verkostossa tai sen osassa.

Tämän takia verkosta on tunnettava:

- Verkoston toimivuus (hallintaa varten)
- Laskuttamattoman veden määrä (vesitasetta varten)

Vesitasetta varten tarvittavat selvitykset ja lisätutkimukset edellyttävät yleensä vesilaitoksen johdon päätöksentekoa niin taloudellisista ja strategisista näkökulmista. Samalla päätökset saattavat olla päätekoja, jotta verkoston toimintaa kyetään tarkoituksenmukaisesti tehostamaan.

Vuotojen suuruustason arvioimiseksi järjestelmässä on olemassa kolme menetelmää:

- Vesitaseen määrittäminen
- Yövirtaama-analyysi
- Verkoston vuotoihin vaikuttavien osatekijöiden määrittäminen

Määritelmä

Vesitase auttaa ymmärtämään, miten paljon vettä hukataan, ennen kuin se saavuttaa asiakkaan mittauspisteen. Verkostovastaavan on tiedettävä mihin kaikki se vesi menee, joka syötetään vedenjakelujärjestelmään vedenpuhdistamolta.

Osioihin kuuluvien vesimäärien suuruudet ilmoitetaan yksikössä m³ /a.

Yksinkertaisimmassa muodossa vesitase on:

Vuotovesi = Verkostoon pumpattu vesimäärä – hyväksytty käyttö

Vesitaseen laskeminen on tärkeää, koska:

- Se on lähtökohta vuotovesien tason arvioimiselle kaikista hyötynäkökulmista
- Jo ensimmäisellä kerralla laskelmat paljastavat vuotovesitietojen käytettävyyden ja käyttämättömyyden
- Toimii vertaisarviointina
- Toimii ensimmäisenä askeleena kohti kehittämistä

Vesitaseen sisällön ja merkityksen ymmärtäminen antaa tarvittavan tietopohjan oman vesilaitoksen kehittämistoimenpiteiden ja investointien suunnittelulle. Vesitase määritetään tekemällä selvitykset vuotovesien eri osioiden määristä ja täyden vesitaseen rakentamisella, kuten on esitetty taulukossa 3.2.

Standardisoitu lähestymistapa vesitaselaskelmiin ja terminologiaan on IWA:n luoma.

Taulukko 3.2 IWA:n vesitasestandardin vesijakeet

Verkostoon pumpattu vesimäärä	Hyväksytty käyttö	Laskutettu hyväksytty käyttö	Laskutettu mitattu käyttö	Laskutettu vesi
			Laskutettu mittaamaton käyttö	
		Laskuttamaton hyväksytty käyttö	Laskuttamaton mitattu käyttö	Laskuttamaton vesi
			Laskuttamaton mittaamaton käyttö	
	Vuotovesi	Näennäinen vuotovesi	Luvaton käyttö	
			Mittarivirheet	
		Todellinen vuotovesi	Pää- ja jakelujohtovuodot	
			Säiliöylivuodot	
			Tonttijohtovuodot	

Termit

Verkostoon pumpattu vesimäärä

Vesimäärä, joka pumpataan tarkastelun kohteena olevaan vesijohtoverkostoon. Verkostoon pumpatussa vesimäärässä on mukana oman vesilaitoksen tuotto ja ulkopuolelta ostetut vesimäärät. *Kokonaisvesimäärän mittaustulosten oikeellisuuteen, mittarivirheisiin, on kiinnitettävä erityistä huomiota ja ennakointia.*

Hyväksytty käyttö

Vesimäärä, niin mitattu kuin mittaamatonkin, jonka liittäjät tai muiden hyväksytyt toimijat, oma käyttö mukaan lukien, kuluttavat vedentoimittajan luvalla.

Vuotovesi

Erotus verkostoon pumpatun vesimäärän ja hyväksytyn käytön välillä. Vuotovesi käsittää koko verkoston vesimäärän. Tarvittavien mittaustietojen tukemana voidaan tarkastella myös jakelujärjestelmän osa-alueittaisia vuotovesien määriä. Vuotovesien määrät voidaan jakaa edelleen todelliseen ja näennäiseen vuotoveteen.

Näennäinen vuotovesi

Aiheutuu vesimäärien mittaamiseen (mittarit ja laskutus) liittyvistä virheistä (voi olla + tai – merkinen) sekä vesijohtoveden luvattomasta (anastaminen) käytöstä.

Mittausten oikeellisuuden merkitys korostuu laitosten välisissä tai ylikunnallisissa vedenhankinta- ja toimitusmalleissa, sillä niiden virheet vaikuttavat taloudellisten arvojen lisäksi kaikkiin suhteellisiin tietoihin vuotovesien määrittelyssä, vieläpä usean laitoksen tai kunnan alueella.

Todellinen vuotovesi

Koostuu fyysisistä vuodoista paineellisessa järjestelmässä veden verkostoon pumppauksesta asiakkaan mittariin. Vuotoja ilmenee vesijohtoverkoston kaikissa osissa, kuten veden siirto- ja jakelujohdoissa, tonttijohdoissa, vesisäiliöissä ja vesisäiliöiden ylivuotoina.

Laskuttamaton vesimäärä

Saadaan vähentämällä verkostoon pumpatusta vesimäärästä laskutettu hyväksytty käyttö. Laskuttamattomassa vesimäärässä ovat mukana näennäinen ja todellinen vuotovesi sekä laskuttamaton hyväksytty käyttö. IWA käyttää termiä Non-revenue water (NRW) puhuttaessa laskuttamattomasta vesimäärästä.

Tiedon kerääminen

Vesitaseen laskemista varten vesimäärien eri osiot tulee mitata tai arvioida. Tulos on yhdistelmä mitattua ja arvioitua tietoa, joten sen oikeellisuutta on arvioitava kunkin osion osalta erikseen. Kokemus vesitaseen laskemisesta osoittaa, että virheitä esiintyy kaikissa osioissa jonkin verran. Normaalin tilastollisen lähestymistavan perusteella vesitaseen tarkkuus on 95 %.

Vesitaseen tietojen keräämistä ja määrittämistä pidämme hyvänä menettelynä tietojen saamiseksi ja kokoamiseksi omasta verkostosta.

Verkostoon pumpattu vesimäärä

Kerätään kaikki verkostoon johdettavan veden virtausmittaustiedot ja lasketaan vesimäärät vuositasona. Ihannetilanteessa kaikki mittarit on asennettu valmistajien suositusten mukaisesti ja niiden toiminta on tarkistettu säännöllisesti käyttäen hyväksytyjä kalibrointitekniikoita. On mahdollista myös tarkistaa mittareiden toimivuus käyttämällä tilapäisiä virtausmittareita ja verrata tuloksia keskenään. Jos ei ole jatkuvaa mittausta, virtaamat on määritettävä tilapäisillä virtaamamittareilla. Verkostoon pumpatun vesimäärän oikea tieto on perusta vuotoveden ja muiden vesimäärien osioiden määrittämiselle.



Kuva 3.2 Verkostoon pumpattavan vesimäärän mittaus pysyvillä ja tilapäisillä mittareilla
(Pilcher 2004)

Laskutettu mitattu vesi

Tämä luku edustaa rekisteröityjen laskutettavien asiakkaiden, liittyjien vuosikulutusta usein myös jaoteltuna ryhmiin, kuten asuin-, palvelu- ja teollisuuskiinteistöt. Tämä tieto pitää tarkistaa laskutusvirheiden ja tiedon käsittelyvirheiden varalta. On tärkeää tarkastaa myös mittauksen ja laskutuskauden jaksotus, jolle vesitase perustetaan.

Asuin-, palvelu- ja teollisuuskiinteistöjen mittarien toimivuus pitää myös tarkistaa.

Laskutettu mittaamaton vesi

Mittaamaton käyttö arvioidaan yleensä henkilöä kohden ominaiskulutuksen mukaan. Mittaamattoman käytön kotitalousasiakkaat pitää paikantaa ja heidän vedenkäyttöään pitää arvioida tai mitata lyhyen jakson aikana käyttäen tilapäisesti asennettuja mittareita yksittäisissä liittymissä.

Laskuttamaton mitattu vesi

Laskuttamattoman mitatun käytön vesimäärä toimitetaan asiakkaalle maksutta, mutta mitataan. Näitä ovat esimerkiksi vesilaitoksen omaan käyttöön tai muuhun kunnalliseen kohteeseen toimitettu vesi. Tämä vesimäärä voidaan määrittää samoin kuin laskutetun mitatun käytön vesimäärä.

Joissakin kunnissa urheilupaikkojen ja liikennealueiden hoitoon ja sammutusharjoituksiin yms. otetaan vesi mittarilla varustetusta palopostin pystyputkesta tai seinäpalopostista pelkästään määräseurannan takia ja joissakin myös laskutusta varten.

Laskuttamaton mittaamaton vesi

Perinteisesti tämä osio käsittää veden, jota käytetään:

- Vesijohtoverkoston ja viemäreiden huuhteluun, vesitornien ja vesisäiliöiden pesuun.
- Puistojen kasteluun, luistinratojen jäädytykseen, pihojen ja katujen siivoamiseen.
- Tulipalojen sammuttamiseen.
- Verkostojen rakentamisen ja käyttöönoton yhteydessä

Tämä luku on usein yliarvioitu ja mittaamiset tulee tehdä siitä, miten usein verkostot huuhdellaan, mitä varten ja miten kauan. Huomioidaan myös, kuinka monta suurta tulipaloa ilmenee vuoden aikana.

Iso-Britanniassa tarkastetut luvut näyttävät, että laskuttamatonta mittaamatonta käyttöä varten hyväksyttävä arvioluku on 1,25 % verkostoon pumpatusta määrästä. Helsingin Veden v. 2008 toteutunut luku oli 2,2 %.

Luvaton käyttö

Tämä on yksi vaikeimmista luvuista arvioida ja voi siksi olla epätarkka. Luvattoman kulutuksen määrä riippuu hyvin paljon järjestelmästä ja sijainnista.

Luvaton kulutus voi käsittää:

- Luvattomat liittymät ja veden anastamisen.
- Palopostien väärinkäytön.
- Lukujen väärin ilmoittamisen.

Australiassa hyväksyttävä luku on 0.1 % verkostoon pumpatusta vesimäärästä, Iso-Britanniassa 0.25 %.

Mittarivirheet

Vesimäärän mittaamiseen liittyvät virheet syntyvät mittarivirheiden sekä myös inhimillisten virheiden seurauksena. Inhimilliset virheet liittyvät lähinnä vesimittareiden luentaan ja lukemien kirjaamiseen. Mittarivirheitä esiintyy vedenkäyttäjien vesimittareissa, vesilaitosten virtausmittareissa sekä rajamyyntiä muihin kuntiin mittaavissa vesimittareissa.

Todellinen vuotovesi

Sen jälkeen, kun kokonaismäärä todellisille vuodoille on laskettu, se voidaan myös jakaa:

- Vuotoihin vesisäiliöistä.
- Ylivuotoihin vesisäiliöistä.
- Vuotoihin jakeluputkistossa.
- Vuotoihin jakelujärjestelmästä ja edelleen (jakeluputket, venttiilit, liitokset ja liittymät).

Kukin yllämainittu osatekijä voidaan määrittää vesitaseen laskelman parantamiseksi ja ne saattavat auttaa priorisoimaan laskuttamattoman veden määrän vähentämistoimenpiteitä.

Esimerkki

Vesitase voidaan helposti näyttää taulukkomuodossa (taulukko 3.3). Perusluvut tiedoista on koottu mitattujen tai arvioitujen vesimäärien summina ja muut, jäljellä olevat arvot on laskettu.

Olemme lisänneet taulukkoon siihen alun perin kuulumattoman % -sarakkeen, jossa kukin vesijae on ilmaistu % -osuutena pumpatusta vesimäärästä.

Taulukko 3.3 IWA:n vesitase-esimerkki

IWA:n vesitase, standardin komponentit	x1000 m3	%
Verkostoon pumpattu vesimäärä	28 400	100
Laskutettu mitattu käyttö	18 470	65
Laskuttamaton vesi	9 940	35
Laskuttamaton hyväksytty käyttö	142	0,5
Vuotovesi	9 800	35
Näennäiset vuotovedet (kaupallinen)	1 550	5
Todelliset vuotovedet (vuoto)	8 250	29

4 Vuotovesien hallinta

4.1 Yleistä vuodoista

Vettä voi vuotaa vesisäiliön rakenteista tai säiliön ylivuotoina, eniten vuotoja kuitenkin tapahtuu putkissa, liitoksissa ja laitteissa.

Vesijohtoverkoston vuotoihin vaikuttavat syyt:

- Verkoston peruskunto
- Verkstopaine
- Asiakasliittymät, -mittareiden lukumäärä, omistussuhde ja sijainti
- Verkoston pituus
- Uusien ilmi- ja piilovuotojen vuotuinen määrä verkostossa
- Uusien ilmi- ja piilovuotojen vuotuinen määrä tonttijohdoissa
- Keskimääräiset toteutuneet vuotojen kestoajat

Uusien vuotojen ja putkirikkojen esiintymistiheys riippuu verkoston perusrakenteen yleisilasta ja siitä, miten hyvin vesilaitos hallitsee painetta jakelujärjestelmän sisällä. Maaperän tyypistä riippuen suurempi osa putkirikoista ja vuodoista ei tule maan pintaan eli ne ovat näkymättömiä. Piilovuodot kuuluvat raportoimattomiin vuotoihin ja nämä vuodot tulee erikseen etsiä. Käytännössä vesilaitoksien tulee paikantaa ja korjata näkymättömät ja raportoimattomat putkirikot ja vuodot. Kun putkirikot ja vuodot ovat näkymättömiä, on niiden sijainti vaikeaa tai työlästä paikantaa täsmällisesti. Onneksi lähes kaikki vuodot luovat jonkin äänen, joten jos äänen lähde löytyy, vuoto voidaan näin lopulta paikantaa ja korjata.

Vesijohtovuotojen syyt

Vuotoihin ja putkirikkoihin vedenjakelujärjestelmässä on monia syitä. Maalaji, putken korroosio ja liian korkeat tai varsinkin äkillisesti vaihtelevat paineet ovat yleensä verkoston vuodon pääsyitä, mutta muitakin syitä virheisiin on olemassa.

Alla oleva luettelo ei ole tyhjentävä, mutta näitä syitä pidetään tavallisimpana:

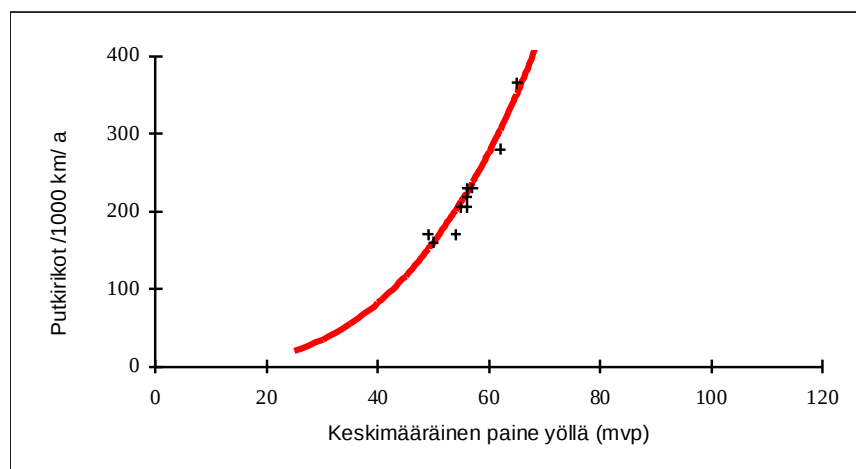
- Maaperän /maan liike
- Routa
- Putkien korroosio
- Korkea paine /paineen vaihtelu
- Liikenteen aiheuttama kuormitus ja värähtely
- Verkoston ikä
- Asennusvirhe
- Huono laatu materiaaleissa
- Ympäristöolosuhteet
- Huollon puute
- Tietyt
- Sisäinen vahinko vesilaitoksella
- Veden lämpötilan vaihtelu



Kuva 4.1 Vuotojen syinä korroosio ja asennusvirhe tonttijohdossa
(Pilcher 2005)

Painetason merkitys

Eräässä tutkimuksessa Iso-Britanniassa havaittiin verkoston putkirikkojen esiintymistiheyden ja keskimääräisen alueellisen yöpaineen välillä suhde, putkirikot kasvavat paineen kasvaessa.



Kuva 4.2 Putkirikot kasvavat paineen kasvaessa (Lambert 2000)

Strategia

Vuotojen hallinnan strategian tärkeimpiä tavoitteita Suomessa ovat:

- Vesitaseen aktiivinen, jatkuva seuranta
- Hyväksyttävän vuototason määrittely laitoskohtaisesti
- Vesitaseen seuraamiseksi tarvittavien mittausten kehittäminen (esim. alueellisia mittausjärjestelmiä luomalla)
- Henkilöstön kouluttaminen ja vuodoista vastaavien nimeäminen laitoksille
- Tarvittavan laitteiston hankinta ja ylläpito
- Henkilöstön motivointi ja mahdollinen palkitsemisjärjestelmän luominen
- Vesijohtoverkoston saneerausohjelman luominen ja toteutus.

Ennakoiva vuotojen hallinta

Vesivuotojen ennakointi on jatkuva prosessi. Vuotojen selvitys- ja vähentämistehtävät eivät pääty koskaan, sillä uusia vuotoja ilmenee alituisesti. Käytettävissä on hyvien laitteiden ja tekniikoiden runsas, kehittyvä valikoima (vaihtelevin kustannuksin) palveluita, menetelmiä, ohjelmia ja laitteita. Niiden avulla kyetään käyttämään neljää tehokkaan vuotojen hallinnan menetelmää:

Verkoston kunnan hallinta

Sisältää katselmuksen vesijohtoverkoston kunnossapito- ja saneerausstrategiaan vuototason vähentämiseksi tulevaisuudessa

Paineen hallinta

Paineen alentaminen vähentää vuotoveden määrää, joka virtaa putkirikosta tai taustavuodosta sekä vähentää putkiriikkojen esiintymistiheyttä

Aktiivinen vuotojen valvonta

Sisältää vuototasojen tarkkailun tarvittaessa aluemitäusjärjestelmällä, asettaen vuotojen paikantamisen ja jatkotutkimukset tärkeysjärjestykseen

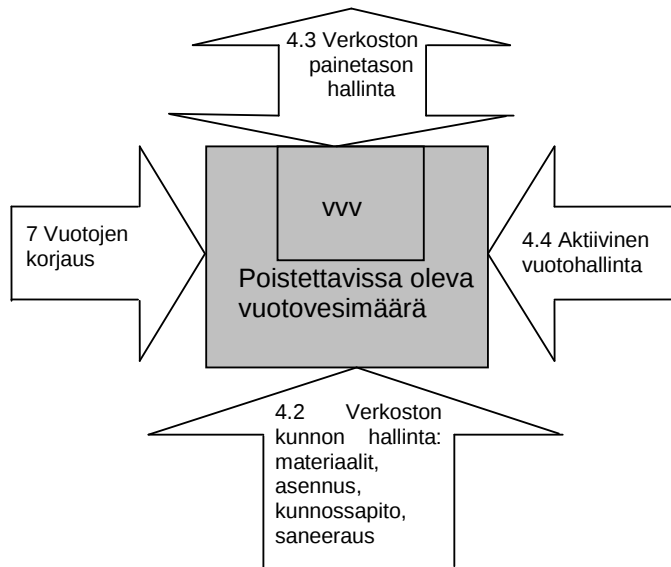
Korjauksien nopeus ja laatu

Sisältää katselmuksen vuodonkorjauksen minimiaika- strategiaan vuototason vähentämiseksi. Vuotokorjaus tulee tehdä huolellisesti, jotta vältytään uusien vuotojen riskiltä samassa paikassa.

Suuri suorakulmainen ruutu kuvassa 4.3 edustaa nykyisiä vuotuisia todellisia vuotoja jakelujärjestelmässä.

Pienempi ruutu edustaa väistämättömiä vuotuisia todellisia vuotoja (vvv), joka käsittää:

- Taustavuodot, eli pienet näkymättömät vuodot liitoksista, venttiileistä ja pienistä korroosiorei'istä
- Ilmivuotojen ja piilovuotojen vesimäärät.



Kuva 4.3 Vuotovesien hallinnan neljä perusmenetelmää
(IWA, Water Loss Task Force)

Passiivinen vuotojen hallinta

Passiivisessa vuotojen hallinnassa vesilaitokset reagoivat ilmivuotoihin tai asiakkaiden valituksiin alhaisesta paineesta. Tämä menetelmä on ollut toiminnassa alueilla, joissa on paljon vesikapasiteettia tai veden tuottamisen kustannus on matala. Sitä on harjoitettu vallitsevana maissa, jotka eivät käytä kehittynyttä verkoston hallintaa ja piilovuodot jäävät huomaamattomaksi.

Suomessa passiivista vuotojen hallintaa ei voida hyväksyä ainoaksi vuotojen hallinnan menetelmäksi, koska niin menetellen lisättäisiin yllättäviä ongelmia, verkoston korjausvelkaa ja vähennettäisiin veden jakeluvarmuutta.

Vuotojen määrittely

Todellinen vuotovesi tai vuodot koostuvat kolmesta tekijästä, kuva 4.4:

Ilmivuodot ja putkirikot

Tyypillisesti korkea virtausnopeus, lyhytaikainen, ilmoitettu vesilaitokseen asiakkaiden tai yleisön toimesta.

Piilovuodot ja putkirikot

Tyypillisesti maltillinen virtausnopeus, pitkäaikainen, havaittu aktiivisen vuotojen valvonnan yhteydessä.

Taustavuoto

Enimmäkseen liitoksista ja laitteista. Virtausnopeudet ovat liian pieniä havaittavaksi, eikä näkyvää vuotoa ainakaan jatkuvana esiinny.

Ilmivuodot

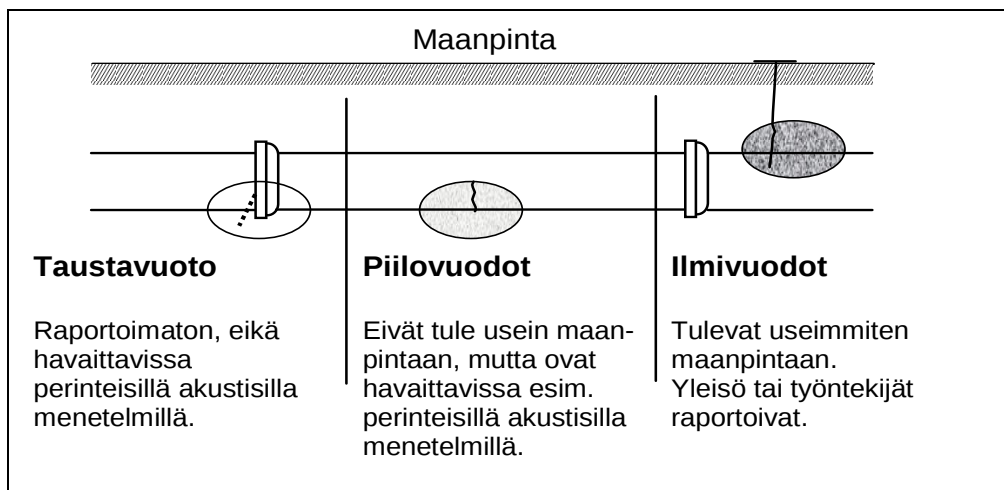
- Ilmoitetaan puhelimitse yleisön toimesta
- Näkyvissä
- Löydetään valituksien jälkeen paineen alentumisen tai veden toimituksen keskeytyessä
- Löydetään mittarinlukijoiden tai vesilaitoksen huoltoryhmän havaitsemana

Piilovuodot

- Näkymättömissä eli ne eivät tule pintaan
- Löydetään aktiivisella vuotojen hallinnalla
- Enemmistönä kaikista vuodoista

Taustavuodot

- Pienikokoisia
- Suuruutta voidaan määrittää muiden vuotojen korjausten jälkeen
- Taustavuotojen vesimäärät voivat poiketa toisistaan alueellisesti, joten on suositeltavaa määrittää hyväksyttävä taustavuotojen suuruustaso jatkotoimenpiteitä ajatellen



Kuva 4.4 Vuotojen määrittely (Thornton 2007)

4.2 Verkoston kunnonhallinta

Verkoston kunnonhallinta sisältää katselmuksen verkoston kunnossapito- ja saneerausstrategiaan sekä toteutukseen vuototason vähentämiseksi tulevaisuudessa. Tässä ovat merkittävässä roolissa verkostonhallinta- ja kunnossapito-ohjelmat.

Putkirikkojen esiintymistiheys

Vesijohtoverkon putkirikkojen esiintymistiheys on hyvä indikaattori vesijohtojen kunnosta. Viime vuosina tietoa on kerätty putkirikkojen esiintymistiheyksien suhteen.



Kuva 4.5 Asbestisementtiputkia, joiden käyttöikä on päättynyt
(Pilcher 2004)

Verkoston putkirikkojen esiintymistiheydet annetaan yleensä 1000 vesijohto-km kohden vuodessa ja tonttijohdoissa 1000 liittymää kohden vuodessa. Näissä esimerkeissä kaikki järjestelmät sisältävät eri-ikäistä jakeluverkostoa ja tonttijohtoja, uudesta aina 100 vuoden ikäiseen. Myös eri jakelujärjestelmät sisältävät erilaisia putkimateriaaleja.

Taulukko 4.1 Tyypilliset putkirikkojen esiintymistiheydet (Lambert 2004)

Maa	1000 km putkilinjaa /vuodessa	1000 liittymää /vuodessa
Englanti	160	5
Hollanti	120	5
Itävalta	140	13
Belgia	100	4

Korjaus tai saneeraus

Vesihuollossa tulee väistämättä vastaan ajankohta, jolloin täytyy tehdä päätöksiä korjausten ja saneerausten suhteen. Tällöin vuotovesien määrä on kasvanut kriittiseksi, käyttökatkoksia ja korjaustöitä esiintyy liikaa ja korjauskulut kasvavat liian suuriksi. Vuotavat liitokset tai laitteet

voidaan korjata helposti, mutta muut vuotojen lähteet, kuten korroosion aiheuttamat putkivuodot vaativat kalliimpia investointeja.



Kuva 4.6 Korjaus tai saneeraus (Source, Halcrow Group 2004)

Parannussuunnitelmien tekemiseksi täytyy tarkastella esiintyneitä vikoja ja vuotovesien määriä. Vuotojen vähentämiseksi on tehtävä perusteelliset laskelmat kustannushyödyn selvittämiseksi. Vuotojen korjaamisesta olisi saatava suurempi taloudellinen hyöty, kuin mitä korjaaminen tulee maksamaan. Hyöty riippuu toisaalta remontin kokonaiskustannuksista ja toisaalta kaikista suorista ja epäsuorista hyödyistä, joita vähentyneet vikatilanteet ja vuodot tuovat. Tutkimukset ovat paljastaneet, että tärkein taloudellinen hyöty kunnostamisprojektissa ei tule veden säästössä vuotojen vähenemisen seurauksena, vaan vähentyneet kunnossapitokustannukset nousevat etusijalle.

Tässä yhteydessä ei sovi unohtaa vedenjakelun laadun ja toimintavarmuuden turvaamista, joka on Suomessa jo edellä pelkkää matemaattista taloudellista hyötyä.

Saneerattavien putkilinjojen valinta

Jos vuotojen hallinnan strategiaan kuuluu päävesilinjojen korjaaminen, korjattavat kohteet tulee määrittää huolellisesti. Ensimmäisenä tulee selvittää, mitkä päävesilinjat ja verkoston laitteet aiheuttavat eniten vuotoja (koko verkostossa tai sen osassa). Nykyään on olemassa apuvälineitä, laskentaohjelmia, joilla arvioidaan materiaalihallintaa, esim. kustannusten minimointia putkimateriaalien ja verkoston laitteiden elinkaaren kautta.

Saneerattavien kohteiden valinnassa huomioidaan mm:

- Suurten vuotokohtien materiaalien tunnistus, tiedon tallennus ja arviointi (kuva 4.7)
- Huoltotarpeen ja tärkeimpien vuotoalueiden määrittäminen ja monitorointi
- Materiaalien heikkeneminen iän myötä
- Riskien arviointi ja hallinta
- Materiaalien koko eliniän kustannusten arviointi



Kuva 4.7 Suurimpien vuotokohtien materiaali tunnistetaan, arvioidaan ja tiedot tallennetaan (Source, Halcrow Group 2007)

Riskinarvioinnissa on tärkeää ymmärtää vuotojen ilmeneminen sekä niiden vaikutus. Riskien hallinnassa on myös tärkeää investointien määrä, joka vaaditaan hävikin vähentämiseksi ja suorituksen parantamiseksi.

Pääkohdat tämän saavuttamiseksi ovat:

- Riskinarviointi
- Verkoston korjaus- ja saneerausvelan tunnistaminen
- Ratkaisujen tunnistaminen
- Laskenta-analyyysien tunnistaminen
- Ratkaisujen käyttöönotto

4.3 Painetason hallinta

Vedenjakelujärjestelmän suunnittelussa ja rakentamisessa tulee huomioida olemassa olevien järjestelmien painevaatimukset.

Ylläpidetyissä paineissa on tavallisesti eroja eri vesilaitoksien jakelujärjestelmissä. On välttämätöntä, että vedenpaine kuluttajalla ei ole liian matala eikä liian korkea. Matala paine, alle 2 baria, aiheuttaa kiusallista virtaaman vähenemistä, jos kuluttajalla on useampi vettä käyttävä laite käytössä yhtä aikaa. Joidenkin laitteiden moitteeton toiminta edellyttää jopa 2,5 barin vähimmäispainetta verkostossa. Liian korkea paine, yleensä yli 5 bar, voi aiheuttaa vesihanojen vuotoa ja venttiilien ennenaikaista kulumista sekä olla epämiellyttävää kuluttajan tarpeisiin. Lisäksi liian korkea paine edistää verkostovuodoissa hukatun veden määrää. Veden paineen ei tulisi ylittää 5 baria jakeluliittymissä, jollei jakelua tehdä paineen alentimien kanssa. Ylimmän jakelupaineen ehdoton raja on 7 bar. Yleinen kriteeri alapaineelle on sammutusveden tarvitsema 1,5 bar, vaikka sammutusveden käyttö tapahtuukin yleensä paloauton pumppujen kautta.

Paineenvaihteluilla, varsinkin äkillisillä, on suurempi vaikutus putkirikkoihin kuin stabiililla, korkeallakin paineella. Paineenhallinnassa tulee kiinnittää huomiota myös paineentasaamiseen. Vesijohtoverkoston alueellista mittausjärjestelmää suunniteltaessa tulee harkita myös paineentasaamisen tai alentamisen tarpeellisuus.

IWAN ilmoituksen mukaan veden paineen alentaminen 10 %:lla vähentää muoviputkien vuotovesien määrää 15 % putkityypistä ja olosuhteista riippuen.

Automaatio

Vesilaitoksen automaattisella kaukovalvonta- ja ohjausjärjestelmällä voidaan verkoston paineita hallita alueellisesti, tarvittavin eri tavoin.

Vakiopainesäätö

- Soveltuu hyvin verkostoon, jossa on vain yksi vedentuottaja
- Vakiopainesäätö voidaan tehdä logiikan tai pelkän taajuusmuuttajan avulla, taajuusmuuttajalla voi olla oma paineanturi
- Mikäli useita vedenottoa pumppaa samaan verkostoon ja kaikki pumppaukset on toteutettu vakiopainesäätöinä, voivat säädöt alkaa värähtelemään keskenään.
- Eri asetusarvot asetettavissa aamu-, ilta- ja yöajoille.

Virtauskompensoitu painesäätö

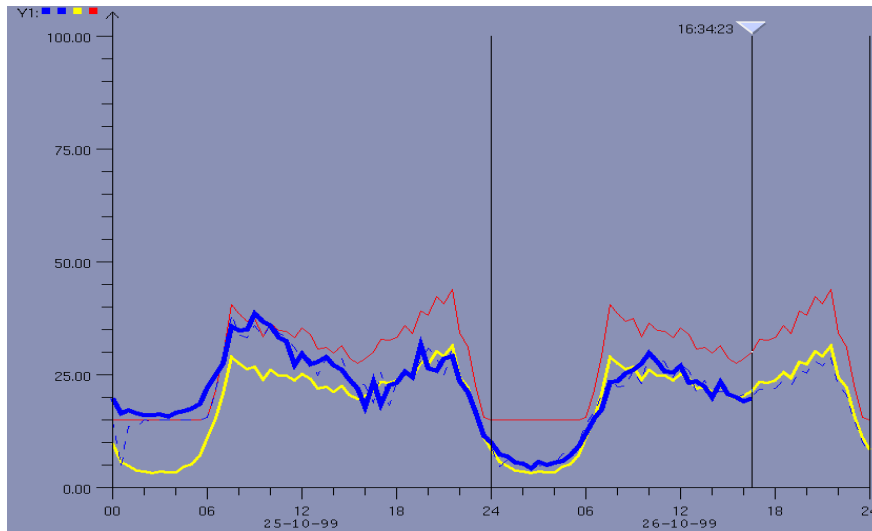
- Soveltuu hyvin, kun pitää saada vakiopaine verkoston perälle
- Soveltuu hyvin, kun veden pumppauspaikan ja kulutuspaikan välimatka on suuri ja halutaan saada kulutuspakalle riittävä paine
- Soveltuu hyvin vesitornin painepiirin alueelliseen vedentuottamiseen. Voidaan päättää, mikä osa kulutuksesta otetaan tornista ja mikä osa vedenottamolta
- Säättötavan käyttö edellyttää paikallista magneettista vesimäärämittaria, eli säädössä on virtauksen hetkellisarvo eli mA-viesti koko ajan mukana
- Eri asetusarvot asetettavissa aamu-, ilta- ja yöajoille

Painekompensoitu virtaussäätö

- Soveltuu hyvin, kun pitää rajoittaa vedenottamon tuottoa erityisesti kovan kulutuksen tilanteessa
- Soveltuu hyvin vesitornin painepiirin vedentuottamiseen. Tällä säättötavalla voidaan lisätä veden johtamista tornista kulutukseen
- Säättötavan käyttö edellyttää paikallista magneettista vesimäärämittaria, eli säädössä on virtauksen hetkellisarvo eli mA-viesti koko ajan mukana
- Eri asetusarvot asetettavissa aamu-, ilta- ja yöajoille

Vakiotaajuuskäyttö

- Toteutetaan ns. manuaalijona valvomosta
- Käytetään, mikäli sekä painelähetin että virtausmittari ovat viallisia
- Soveltuu hyvin vesitornin painepiirin vedentuottamiseen
- Hankala käyttää suljettujen painepiirien ainoana säätönä. Voidaan käyttää koko ajan, mikäli saman painepiirin säätö hoituu jonkun toisen laitoksen avulla



Kuva 4.8 Vedenpainetta alennettu aamuyöksi (Lining 2010)

Vedenpaine

Vuotovesien hallinnan asiantuntijat sanovat, että aktiivinen paineenhallinta on yksi tehokas keino vuotovesien hallinnan. Sitä ei kuitenkaan tule pitää pysyvänä korjaustarvetta vähentävänä tekijänä.

Paineenhallinta on tärkeää, koska vuodon suuruus vesijohtoverkostossa on paineen funktio eli riippuvainen paineen suuruudesta. Paineen ja vuodon virtausnopeuden välillä on fysikaalinen suhde.

Tätä periaatetta voidaan helposti soveltaa myös vedenjakelujärjestelmiin. Käytännössä veden painetta voidaan testata esimerkiksi seuraavasti:

Täytä kahden litran muovipullo vedellä.

- a) Jos reikä tehdään sivulle lähellä pohjaa, vesi purskahtaa ulos.
- b) Jos reikä tehdään pullon puoliväliin, vesi virtaa ulos hitaasti.
- c) Jos reikä tehdään lähelle yläosaa, niin vesi vain valuu reiästä ulos.



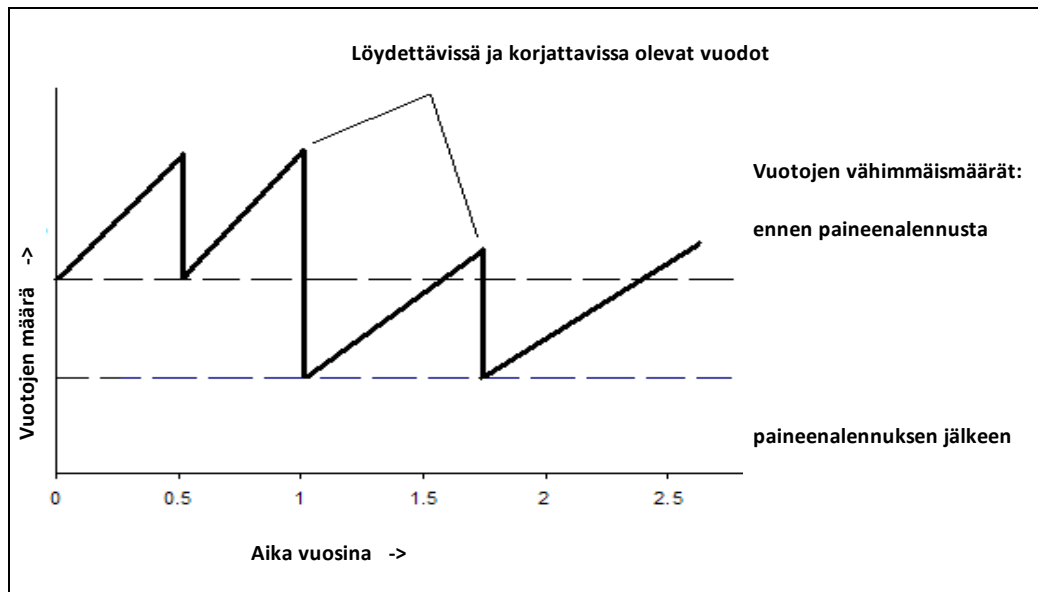
Kuva 4.9 Paineen periaatteen testaaminen (Pilcher 2007)

Paineenhallinnan tarkoitus

Vedenjakelujärjestelmien täytyy käyttää kahta rajaa paineelle; ylä- ja alarajaa. Ylärajaa käytetään laitteiden ja putkien paineesta riippuen sekä alarajaa takaamaan, että vedenpaine saavuttaa hyväksyttävän tason (asiakkaiden hyväksymän tason). Nämä asiat määräävät alueellisen paineen verkostolle tai verkoston osalle. Minimoimalla paine (kuitenkin ylläpitäen vaadittavaa palvelupainetasoa) tämän alueen sisällä, vähennetään vuotoja ja putkirikkoja.

Paineenhallinnalla, mukaan lukien ylipaineen vähentäminen, ylipaineen muutosten vähentäminen sekä paineiskujen tasaamisella voidaan saavuttaa seuraavia etuja:

- Vähentää uusia vuotoja ja putkirikkoja ja siten korjauskustannuksien määrää
- Vähentää kaikkien olemassa olevien vuotojen virtausnopeuksia
- Vähentää piilovuotoja (väistämätön vuotovesi)
- Vähentää käyttöpaineesta riippuvaista vedenkulutusta
- Vähentää jakeluputkien ja tonttijohtojen saneeraustarvetta
- Varmistaa, että vähimmäistasot palvelussa saavutetaan
- Tunnistamalla ja pienentämällä paineiskuja vähennetään uusien putkirikkojen esiintymistiheyksiä.



Kuva 4.10 Painetason hallinnan edut putkirikkojen ja vuotojen vähentämisessä
(Lambert ja Toom 2005)

Paineenhallinta ja kulutus

Osa verkostoasiantuntijoista arvostaa sitä, että paineen tasaaminen ja alentaminen vähentävät uusien putkirikkojen esiintymistiheyttä ja vaikuttavat vähentävästi olemassa olevien vuotojen virtauksiin. Toisaalta paineen pienentäminen vaikuttaa vedenkulutustakin vähentävästi ja myöhemmin vesilaitoksen tuloihin. Paineen alentuessa alenee virtausnopeus verkostossa ja kiinteistöjen kulutuspisteissä esimerkiksi hanoissa, vesiletkuissa ja suihkuissa.

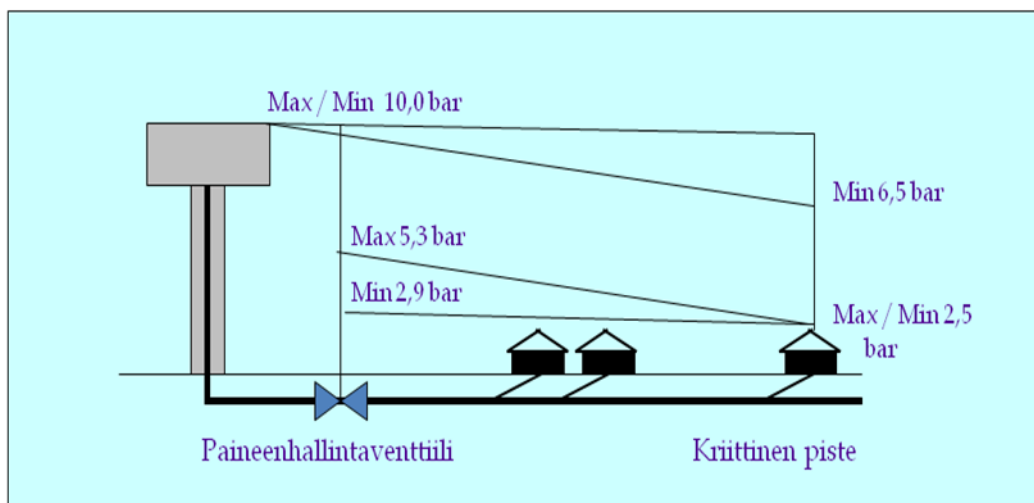
On tärkeää, että kaikki käytännön tilanteet huomioidaan ennen paineenhallintasuunnitelman käyttöönottoa, esimerkiksi:

- Potentiaaliset muutokset kulutuksessa ja vesilaitoksen tuloissa
- Sammutustyön ja automaattisten palosammuttimien vähimmäisvaatimukset
- Järjestelmän kapasiteetti, mahdolliset umpikujat ja laatuongelmat

Paineenhallinnan suunnittelu

Paineenhallintasuunnitelman määrittämiseksi tietylle järjestelmälle tai osalle tätä järjestelmää on olemassa looginen laskentaohjelma. Aluksi tarkastellaan verkostonhallintaohjelmalla (tai hydraulisen mallin käytöllä) jakelujärjestelmää selvittäen alueet, joihin paineenhallinta soveltuu:

- Tunnistetaan eri käyttäjätyypit ja -määrät potentiaalisilla alueilla
- Virtausten ja paineiden mittaukset alueilla
- Käytetään erikoismalleja ja -tekniikoita teknisten etujen saavuttamiseksi
- Parhaimpien paineenhallintaventtiilien tunnistaminen ja käyttöönotto
- Täydellisen kustannusanalyysin toteuttaminen.



Kuva 4.11 Painetaso ja paineenvaihtelu verkostossa laskee merkittävästi;
 9,5 bar / 6,5 bar => 5,3 bar / 2,9 bar venttiilin säätöalueella 2,4 bar (Lining 2010)

Paineenalennusventtiilit

Paineenhallinta voi perustua paineenalennusventtiilien käyttöön. Nämä ovat laitteita, jotka asennetaan verkostoon ja ne säätelevät vedenpainetta verkostossa. Eri ohjausjärjestelmiä käytetään huomioiden, onko kyseessä tasainen vai vaihdeltava paine ja niitä ohjataan myös muiden parametrien mukaan, kuten virtaus tai vuorokauden aika.

Kiinteä paineen alennus

- Alentaa aina saman, kiinteästi säädetyn määrän painetta
- Jättöpaineessa yhtä suuret vaihtelut kuin tulopaineessa
- Yksinkertainen ja varmatoiminen
- Soveltuu ylipaineen leikkaamiseen

Paineenalennus kiinteällä ulostulopaineella

- Antaa pysyvän jättöpaineen
- Suunniteltu antamaan tietty paine huippuvirtaamankin aikana
- Muina aikoina on olemassa mahdollisuus liian suureen paineeseen

Aikakytkimellä ohjattu paineenalennus

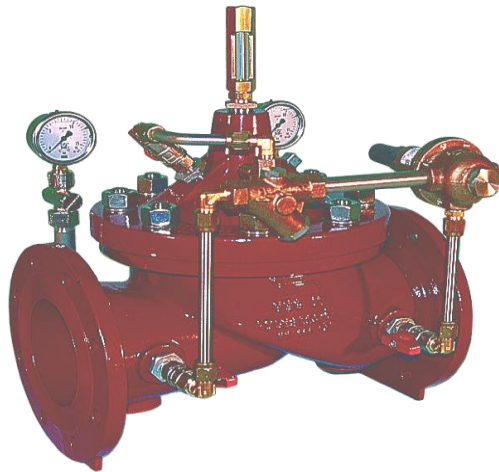
- Portaittainen säätö paineenalennusventtiilin jättöpaineessa tiettyinä vuorokauden- / viikonaikoina
- Poistaa jonkin verran ylipainetta (erityisesti yöllä)
- Yksinkertainen ja halpa

Virtaamalla ja kriittisellä paineella ohjattu paineenalennus

- Paineenalennusventtiilin ulostulopaine vaihtelee virtaaman ja verkoston kriittisen pisteen paineen mukaan
- Päämääränä on saavuttaa tasainen paine verkoston kriittisessä pisteessä
- Monimutkaisempi ja kalliimpi

Tässä menetelmässä valitaan paineenalennuksen jälkeisestä verkostosta kriittinen paineenmittauskohta, jossa valitseva paine ja paineenalennuksen ohi virtaava vesimäärä yhdessä ohjaavat paineenalennukselta lähtevän veden painetta. Tarvitaan siis painetiedonsiirto kriittiseltä pisteeltä paineenalennukselle.

On olemassa myös menetelmä, jossa paineenalennukselta lähtevää painetta ohjataan pelkästään virtaaman funktiona. Kun virtaamaa käytetään ohjaavana tekijänä, on muistettava, että paineenalennuksen ja virtaamamittauksen välillä on riittävä rauhoittava putkiosuus.



Kuva 4.12 Paineenalennusventtiili ohjaustoiminnoin (Lining 2010)

Paineenalennusventtiilin valinnassa huomioon otettavia asioita:

- Sopivuus tähän käyttötarkoitukseen
- Venttiilin toimintavarmuus ja luotettavuus
- Venttiilin hyvä laatu ja standardien mukaisuus
- Huoltotarve, huollon saatavuus ja huollettavuus

4.4 Aktiivinen vuotojen hallinta

Virtaamamittaus

Vedenjakelujärjestelmän tehokkaassa mittausjärjestelmässä mitataan kaikki ne vesimäärät, jotka syötetään verkostoon vesivarastoista ja vedenpuhdistamoista, sekä vesimäärät verkosto-alueittain. Hyvään mittausjärjestelmään kuuluu virtaamien valvominen verkoston eri alueilla:

- Vedenpuhdistuksen jälkeen lähtevän veden virtaamamittaus
- Virtaaman mittaus vedentoimitusalueilla, joita voi olla useita riippuen laitoksen koosta
- Vedentoimitusalueiden jakaminen edelleen pienempiin alueellisiin mittauksiin

Vuorokausivirtaama

Tässä menetelmässä virtaus mitataan vedentoimitusalueissa tai väliaikaisissa alueissa 24 tunnin aikana käyttäen sähköisiä tiedonkeruulaitteita. Väliaikaiset alueet valitaan verkon olemassa

olevista osista, joita pidetään edustavina ja jotka eristetään toisistaan. Alueella on tarvittavat solmukohdat, joissa virtauksia voidaan mitata siirrettävillä virtausmittareilla. On myös suositeltavaa tehdä painemittausta solmupisteissä ja alueen kriittisissä pisteissä niin, että keskimääräinen paine voidaan määrittää. Muut olennaiset tiedot, joita kerätään, ovat alueen asiakasliittymien määrä, verkoston pituus, kotitalouksien sekä kaupallisten ja teollisten asiakkaiden lukumäärien erittely.

Yövirtaama

Tämän menetelmän tavoitteena on valvoa jatkuvasti yövirtauksia käyttäen sähköisiä tiedonkeruulaitteita olemassa olevissa alueissa tai väliaikaisissa alueissa. Väliaikaiset alueet valitaan verkon osista, jotka eristetään toisistaan ja niissä on tarvittavat solmukohdat, joissa virtauksia voidaan mitata. Jatkuvan ja väliaikaisen mittauksen aluetta voidaan erillisen suunnitelman mukaisesti ajoittain muuttaa.

Vähimmäisyövirtaama (MNF) esiintyy normaalisti kello 02.00 - 04.00 välillä. Kellon ajassa saattaa olla vaihteluja eri alueiden välillä. MNF voi olla hyödyllinen tieto todellisista vuotovesien määrästä, koska se ilmenee aikana, jolloin asiakkaat käyttävät vettä vähiten ja vuodot ovat suurimmillaan korkeampien paineiden vuoksi.

Suomessa verkostojen mitoitus on yleensä niin väljä, että yöaikainen paine on harvoin kriittisesti suurempi kuin päiväaikaan. Myöskään vesitornin yöaikainen vesipinnan maksimikorkeus on harvoin päiväaikaista merkittävästi korkeampi.

Todellisten vuotovesien tason arvio määritetään vähentämällä mitatusta vähimmäisyövirtaamasta arvioitu alueen asiakkaiden käyttämä virtaama. Syntyvää lukua kutsutaan nettoyövirtaamaksi (NNF) ja se koostuu etupäässä vuodoista alueella.

Yökulutus jakautuu yleensä kolmeen luokkaan:

- Poikkeuksellinen käyttö yöllä
- Kotitalouskäyttö yöllä
- Muu käyttö yöllä

Poikkeuksellinen käyttö yöllä

Teollisuuden ja maatalouden asiakkaat saattavat ottaa suuria määriä vettä yön aikana riippuen niiden toiminnasta. Tämän tyyppisillä asiakkailla tulee olla virtausmittarit vähimmäisyövirtaaman mittauksen aikana. Näillä asiakkailla on yleensä kulutusmittarit, joihin on kätevä liittää väliaikaisestikin virtaaman seurantaloggeri. Veden poikkeukselliset käyttäjät yöllä voivat löytyä laskutustiedoista tai käyttöhenkilökunnan tiedoista.

Kotitalouskäyttö yöllä

Kotitalousasiakkaatkin käyttävät hieman vettä vähimmäisyövirtaaman jakson aikana (tyypillisesti WC:n käyttö). Vähennyksenä tulee tehdä esimerkiksi noin 1 litra / asukas / tunti. Pientä asuntoaluetta voidaan myös erikseen valvoa väliaikaisilla mittareilla.

Muu käyttö yöllä

Teollisuuden ja maatalouden asiakkaat, joita ei tunnisteta poikkeukselliseksi käyttäjiksi, mutta käyttävät silti vettä vähimmäisyövirtaaman jakson aikana. Jonkunlainen vähennys tulee tehdä kulutuksesta; esimerkiksi 8 litraa / liittymä / tunnissa (käytetään Iso-Britanniassa) tai suuri yökäyttö, 25 - 35 %:ia päiväkäytön keskiarvosta.

Tämän tyyppin kuluttajat ovat Suomessa todella harvinaisia. Kuitenkin kaikissa yömittauksissa olisi harkittava myös tämä mahdollisuus, vaikkei edellä kuvattua reduktiota tehtäisikään.

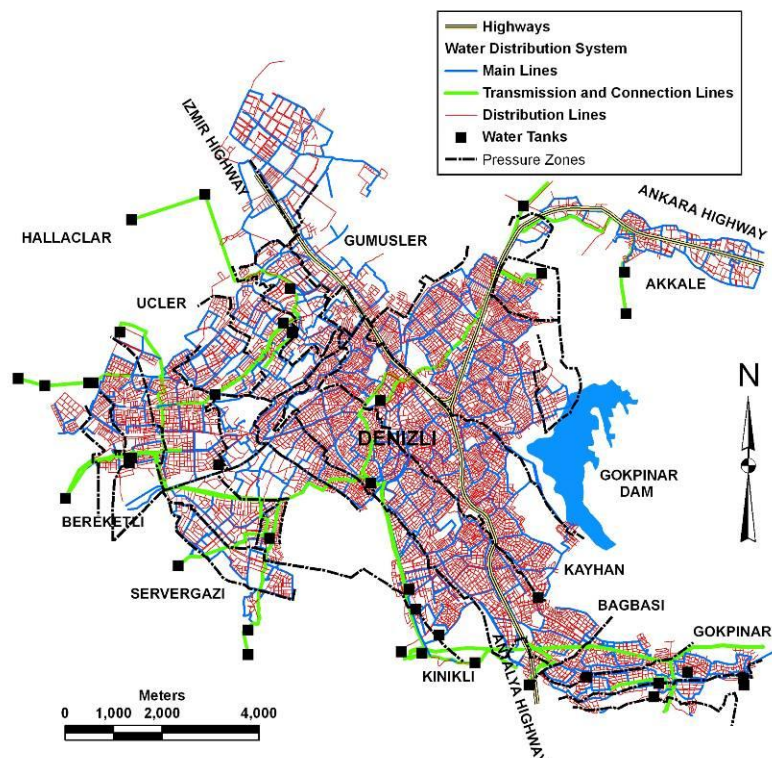
5 Vuotojen etsintämenetelmät

5.1 Virtaamamittaukset

Vuotojen valvonnan alueellisen mittaamisen tekniikkaa (District Meter Area, DMA) pidetään hyvänä menetelmänä, joka edistää tehokasta ja kustannustehokasta vuotojenhallintaa. On syytä huomioida, että mittautustietoja ja mittauskaivoja voidaan hyödyntää myös monin muin tavoin.

Vuotovesimäärän valvonta voidaan määritellä seuraavasti:

Virtaamien valvonta vedentoimitusalueilla tai alueellisen mittauksen alueilla, joissa mitataan vuotovesimäärää ja priorisoidaan vuotojen etsimisen toimenpiteet.



Kuva 5.1 Tyypillinen jakeluverkosto (Denizli, Turkki), jaettuna alueellisiin virtaamamittauksiin (Toprak 2007)

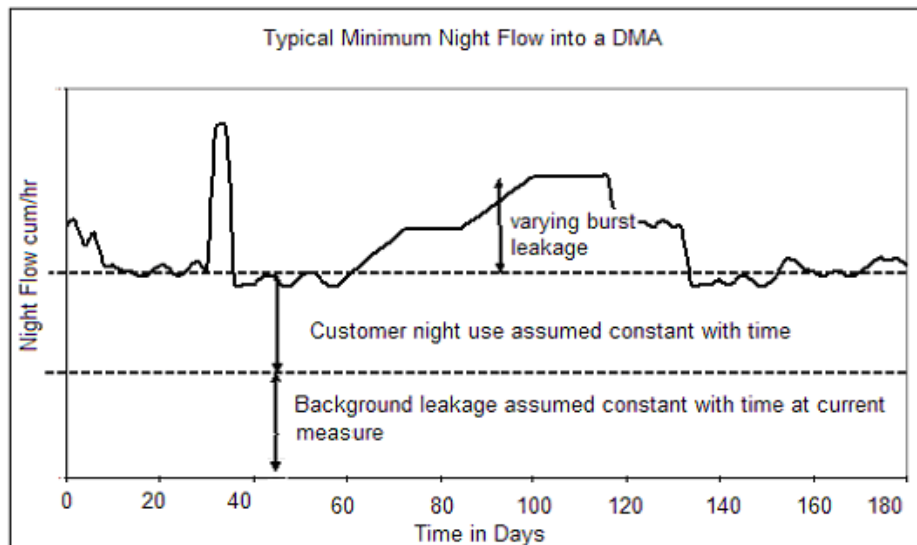
Verkon jakaminen erillisiin alueisiin, joita yleensä kutsutaan alueellisen mittauksen alueiksi (District Metered Areas) on nykyään hyvin laajasti käytössä ja menetelmää voidaan soveltaa mihin tahansa vedenjakelujärjestelmään. Vuotojen valvontajärjestelmän rakenteella on päätavoitteena jakaa jakeluverkosto muutamisiin mittausalueisiin tarvittavan mittarien minimilukumäärän mukaan niin, että kunkin alueen virtaamat voidaan mitata jatkuvalla seurannalla.

Vuoto on parhaiten havaittavissa, kun asiakkaiden kulutus on pienin, eli normaalisti yöllä. Matalan virtaaman pistettä kutsutaan vähimmäisyövirtaamaksi (Minimum Night Flow), joka yleensä on

kello 02.00 - 04.00 välillä. Tämä toimintatapa ottaa huomioon piilovuodot ja vuodot tunnistetaan sekä paikannetaan tehokkaammin.

Vuodon tarkkailu vaatii virtaamamittarien asentamista strategisiin pisteisiin läpi koko jakelujärjestelmän. Tällöin kukin mittari tallentaa mittausalueen virtaamia ja paineita määritellyissä ja pysyvissä alueissa. Alueellisen mittauksen alueen koko vaikuttaa tunnistetun vuodon tasoon. Suurella alueellisen mittauksen alueella on yleensä enemmän yökulutusta ja vuotoja, jolloin putkirikko edustaa pienempää osuutta vähimmäisyövirtaamasta ja on siten vaikeampi erottaa.

Jos kaikki havaittavissa olevat putkirikot ja -vuodot paikannetaan sekä korjataan viipymättä, silloin alin vähimmäisyövirtaama koostuu taustavuodoista (jota ei yleensä muutoin havaita) ja yökulutuksesta.



Kuva 5.2 Yövirtaaman tulostäyrä (DMA Guidance Notes 2007)

Vesilaitoksissa, joissa kulutusta mitataan, on mahdollista arvioida yökulutusta käyttämällä tyypillistä yövirtaamakerrointa keskimääräiselle kulutukselle. Tämä arvo vähennetään mittausalueen pienimmästä yövirtaamasta vuotoarvon määrittämiseksi.

Minimiyökulutuksen kasvu yleensä juuruaa alkaneesta vuodosta. Suomessa voidaan käyttää karkeana arviona koko vesilaitoksen verkostossa kulutusta 200 l / asukas / d ja siihen lisättynä poikkeavien vedenkuluttajien vedenkäyttö. Poikkeavina vedenkuluttajina pidetään tällöin paljon vettä käyttävää teollisuutta, meijereitä, isoja leipomoita, panimoita jne., mutta ei esimerkiksi sairaaloita, ravintoloita tms. Mikäli taso ylittyy, voidaan olettaa verkoston vuotavan ylittävän osan verran.

Mittausalueiden määrittäminen

Kaikissa suurissa vedenjakelujärjestelmissä, jotka jakautuvat mittausalueisiin on tärkeää, että verkostoasiantuntijoilla on yksityiskohtaista tietoa verkon hydraulisesta toiminnasta. Jo suunnitteluprosessista alkaen täytyy ottaa huomioon toimitus- ja laatuongelmien välttäminen. Tärkein näkökohta mittausalueiden mallintamisessa on varmistaa, ettei palvelutasossa aiheudu merkittävää heikentymistä asiakkaille. Monimutkaisissa järjestelmissä olisi hyvä olla kalibroitu hydraulinen malli mittausalueiden suunnittelussa.

Näkökohdat, jotka pitäisi ottaa huomioon mittausalueiden mallintamisessa:

- Koko eli maantieteellinen alue ja asiakasliittymien määrä
- Maanpinnan korkeus
- Asiakastyypit; omakotitalot tai kerrostalot
- Painevaatimukset
- Veden laatuvaatimukset
- Palontorjunnan vaatimukset
- Vuotojen tavoitteellinen lopullinen taso
- Perusrakenteet
- Ihannetapauksessa vain yksi syöttö toiminta-alueelle

Alueellisten virtaamamittausten keskimääräinen koko on yleensä 200 – 2 000 liittymän välillä, vaikka maaseuduilla tämä voisi olla pienempikin. Virtaamamittausalueiden koolla on vaikutusta toteutuksen kustannukseen.

Pienemmillä mittausalueilla on suhteellisesti suuremmat kustannukset, koska tällöin tarvitaan suhteessa enemmän venttiilejä ja virtausmittareita. Pienillä mittausalueilla on muita etuja suurempiin nähden:

Uudet vuodot voidaan tunnistaa nopeammin ja vähentää havainnointiaikaa.

Pienen alueen vuotojen paikantamiseen kulunut aika saattaa olla lyhyempi ja tämä puolestaan pienentää paikannuskustannuksia.

Jakelujärjestelmän rakenteella on aina suuri vaikutus niin mittausalueiden malliin kuin kokoonkin.

Mittausalueiden suunnittelu

Ensimmäinen askel suunnitteluprosessissa on alustava suunnittelu; käytetään jakelujärjestelmän pieniä osasuunnitelmia asettamaan alustavat rajat.

Suunnitelmissa pitäisi huomioida:

- Suuret tai erityistarpeet asiakkailla, kuten sairaalat
- Luonnolliset rajat kuten joet, rautatiet ja tiet
- Maanpinnan ääriviivat

Tämän vaihe käsittää myös keskustelut henkilökunnan kanssa, joilla on hyvä paikallinen tieto alueesta ja näin saadaan olemassa olevaa tietoa paineesta ja virtaamasta. Jo tässä vaiheessa voidaan tunnistaa olemassa olevia tai potentiaalisia ongelmia.

Ehdotetun mittausalueen hydraulista tehokkuutta täytyy miettiä; kuten suunniteltujen rajaventtiilien sulkeminen, jotka joissakin tapauksissa saattavat aiheuttaa ongelmia kriittisessä pisteessä (alimpien paineiden sijainti). Voidaan myös joutua asentamaan uusi yhteys päälinjaan ylläpitämään palvelutasoa sen jälkeen, kun alueellinen mittaus on kertaalleen toteutettu.

Mittarien sijaintien suunnittelu vaatii suuria karttoja, niin että yksityiskohdat verkoston johdoista ja venttiilien sijainnista näkyvät. Myös muu vesilaitosta koskeva tieto ja kaikki esteet on oltava selvästi näkyvissä.

Hyvän mittausalueen suunnittelun pääkohdat ovat:

- Maanpinnan korkeuserot mittausalueella
- Helposti tunnistettavissa olevat rajat
- Alueen koko tulee olla sopiva, jotta putkirikkojen määrä voidaan tunnistaa
- Mittarit oikean kokoisia ja oikeilla paikoilla

- Verkkomuutoksilla on vaikutus henkilöstön toimintaan (tiedon kulku)
- Rajoittaa suljettujen venttiilien määrää
- Rajoittaa mittarien määrää
- Optimoida painetta ylläpitämään hyvä palvelutaso

Vesimittarien valinta

Valitse huolellisesti alueellisen mittaamisen mittarit. Niiden pitäisi pystyä mittaamaan pieniä virtaamia riittävän tarkasti vähimmäisyövirtaaman jakson aikana, mutta myös pystyä toimimaan alueen ennustetuissa huippuvirtaamajaksoissa. On muistettava, että eksakti virtaamatieto ei ole niin tärkeä, kuin muutoksen havainnointi.

Valintaa ja kokoa määräävät:

- Putken koko
- Virtausalue
- Huipputuntivirtaama
- Mittaustarkkuus ja hyvä toistavuus
- Tietoliikennevaatimukset
- Mittarien kustannukset
- Omistuksen ja huoltovaatimuksien kustannus

Mittausalueiden toteuttaminen

Mittausalueiden toteuttaminen vaatii seuraavia päätoimenpiteitä.

Rajaventtiilit

Alueelliset mittausalueet ovat erillinen osa vedenjakelujärjestelmää, joka on yleensä erotettu muista mittausalueista suljettavien venttiilien avulla, joita tavallisesti nimitetään rajaventtiileiksi. Nämä rajaventtiilit pitäisi varmistaa, että ne eivät ainoastaan sulkeudu vaan ovat myös tiiviitä ja että ne ovat helposti toistuvasti suljettavissa ja avattavissa. Perinteinen menetelmä mittausalueiden rajaventtiilien tarkastamiseksi on nollapaine-testin suorittaminen. Joidenkin verkkojen monimutkaisuuden johdosta tämä on ollut työlästä ja aiheuttanut riskin, sillä jakelun alipainetilanne voi aiheuttaa veden laadun heikkenemistä ja mahdollista lisävuotoa, jonka venttiilien käyttö ja paineen vaihtelu aiheuttaa.

Akustisten loggereiden kehityksen ansiosta voidaan tunnistaa jopa vähäiset rajaventtiilien vuodot loggereiden data-analyysia hyödyntämällä. Varmistaakseen rajaventtiilin toimivuus, on joskus välttämätöntä tuottaa paine-eroja viereiseen mittausalueeseen nähden. Paine-ero aiheuttaa vaadittavan äänen kehittymisen rajaventtiiliin ns. vesihuudon. Ääni syntyy siitä, kun vesi virtaa osittain suljetun venttiilin luistin ali erittäin nopealla virtaamalla. Molempien menetelmien tarkempi kuvaus on alla.

Nollapainetest

- Rajaventtiilit merkataan maastossa laittamalla merkit venttiilien kansiin.
- Testi toteutetaan vähimmäisyövirtaaman aikaan, eli yleensä kello 01.00 - 05.00 välillä. Asiakkaille on tiedotettava asiasta.
- Varmistetaan, että testin toteuttavalla ryhmällä on suunnitelmat, jotka osoittavat mittausalueen rajat, rajaventtiilit ja tuloventtiilit.
- Asennetaan mittausalueelle painemittari tai akustinen loggeri sopivaan vesipostiin.
- Suljetaan mittausalueelle tulevat venttiilit alueen eristämiseksi.
- Valituissa vesiposteissa paineen pitäisi laskea. Jos paine putoaa välittömästi, mittausalue on valittu oikein ja kaikki rajaventtiilit sulkeutuvat tiiviisti.

Jos paine ei viiden minuutin jälkeen ole laskenut, tehdään toinen tarkastus avaamalla yksi paloposti. Tämän virtaaman pitäisi nollata paine. Tuloventtiilin ollessa kiinni, paineen pitäisi edelleen näyttää nollaa, kun äsken avattu paloposti suljetaan.

Kun asennetaan uudet tai korvaavat rajaventtiilit ja mittarit, on välttämätöntä tehdä muutamia tarkastuksia:

- Mittausalueen mittarit toimivat oikein
- Onko toiminnallisia ongelmia raportoitu
- Ovatko kaikki sisäiset venttiilit oikeassa asennossa
- Määritetään mittausalueen paineen keskiarvo

Ääniloggeritesti

Ääniloggeritestissä kaikkien suljettujen rajaventtiilien karanjatkoihin asetetaan ääniloggeri yhdeksi yöksi.

Tiedot analysoidaan ja mikäli ääniä ei havaita, on alue riittävän hyvin suljettu.

5.2 Alueelliset tekniikat

Vuotojen etsimisessä määritellään tai paikannetaan vuotoja putkiston jakelujärjestelmän tietyssä osassa. Monissa tapauksissa tämä voi olla kokonainen katu tai useampi kortteli.

Jos vedenjakeluverkon mittausalueella mitataan korkeampi virtaama kuin normaali virtaama (useimmiten yövirtaama), joudutaan vuotoja etsimään tietyssä osassa verkkoa.

On useita tekniikoita miten vuoto saadaan jakelujärjestelmässä havaituksi:

- Mittausalueen jakaminen pienempiin osa-alueisiin sulkemalla tilapäisesti venttiilit tai asentamalla tilapäisiä tukimittareita
- Perinteinen vaiheittain testi (tai tämän tekniikoiden muunnos)
- Akustisten loggereiden käyttö tutkimustyökaluna
- Äänitutkimukset

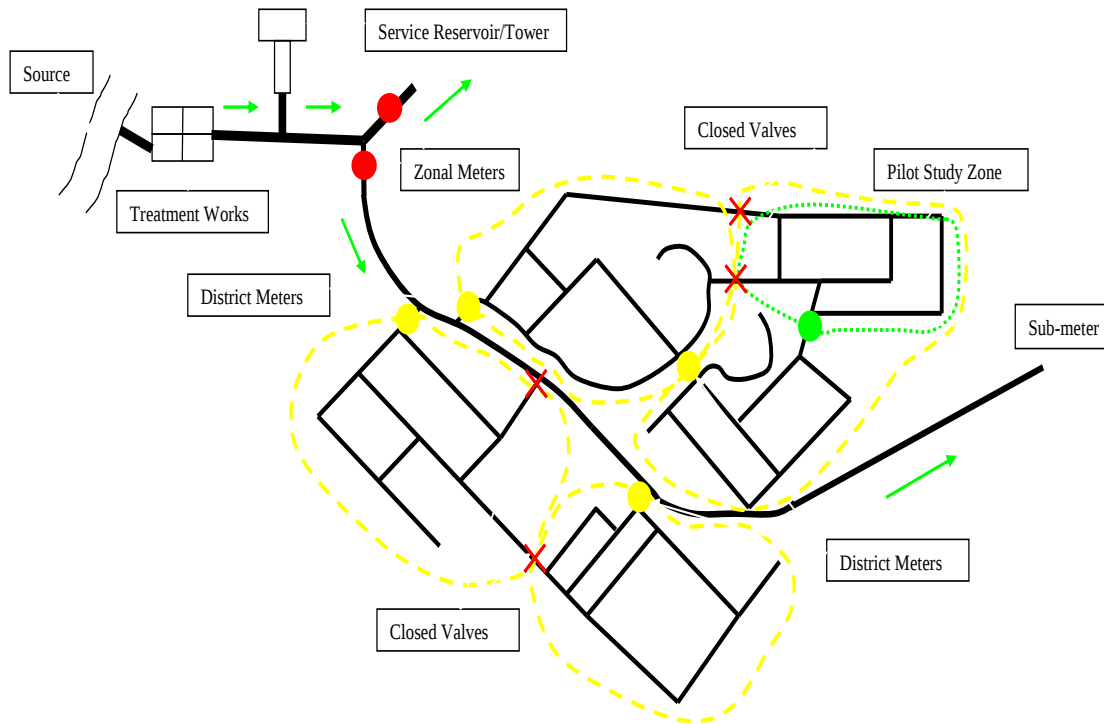
Paikoissa joissa virtaamia ei mitata tai seurata, vuotovesiä voidaan valvoa tarkastelemalla historiatietoja ja suorittamalla säännöllistä tai satunnaista vuotojen etsintää ääniloggerimenetelmällä järjestelmässä erityisesti paikoissa, joissa on korkeat putkirikkomäärät.

Mittausalueen vaiheittaistutkimus

Vaiheittainen testaus (Step testing) on tekniikka, jolla vuoto tai vuodot havaitaan sulkemalla venttiilit väliaikaisesti peräkkäin mittausalueiden ja osa-alueiden koon pienentämiseksi (yleisesti nimitetään vuodon valvonta-alueeksi), osa-alueet sisältävät tyypillisesti 50 -500 liittymää. Venttiilit suljetaan lyhyeksi ajaksi noin 5-10 minuutiksi ja samalla tallennetaan virtaamat. Venttiilin sulkemisen jälkeen syntyvä virtausnopeuden aleneminen ilmentää vuotoa ja yökulutusta tuossa osassa jakelujärjestelmää. Jos virtaaman pienentyminen on ennakoitua suurempi huomioiden liittymien määrä ja tyyppi eristetyssä osassa, on se merkki tuon osan vuodosta järjestelmässä.

Mahdollisuuksien mukaan mittausalueesta poissuljetulle alueelle johdetaan paineellinen vesi muuta kautta ja näin estetään verkoston veden likaantuminen ja mahdollisesti epätäydellisesti sulkeutuvan uuden rajaventtiilin vaikutus mittaustulokseen.

Vaiheittain suoritettavat testit tehdään yleensä vähimmäisyövirtaaman aikana (usein kello 02.00 - 04.00 välillä aamuyöllä). Testin toteuttamisella siihen aikaan aiheutetaan vähemmän toimitusongelmia asiakkaille ja usein lyhytkin mittausjakso antaa luotettavan tuloksen.



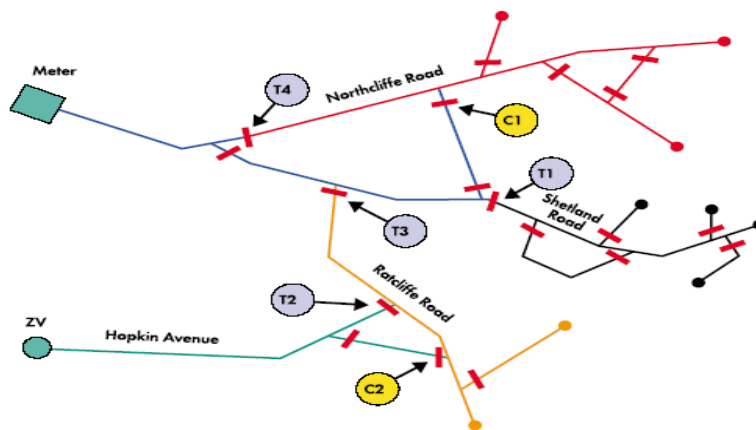
Kuva 5.3 Mittausalueiden ja osa-alueiden malli (Halcrow Group 2003)

Vaiheittainen testi täytyy suunnitella huolellisesti niin, että testit voidaan toteuttaa peräkkäin ja suorittaa loppuun vähimmäisyövirtaaman aikana. Siksi venttiilien määrä, joita tarvitaan, täytyy harkita huolellisesti. Yksittäisen vaiheen koko riippuu vuodon valvonta-alueen koosta. Yksittäisen vaiheen alue voi olla esim. 150 liittymää, jos koko mittausalueella on esim. 1500 liittymää.

Osa-alueiden määrä riippuu käytettäviksi tarvittavien venttiilien määrästä ja sijainnista. Vaiheittaisen tutkimuksen (Step Testing) esisuunnittelua ei voi koskaan arvostaa tarpeeksi.

Vaiheittaisen testin toteuttamisen päämenetelmät:

- Eristämismenetelmä
- Kiinni ja auki -menetelmä

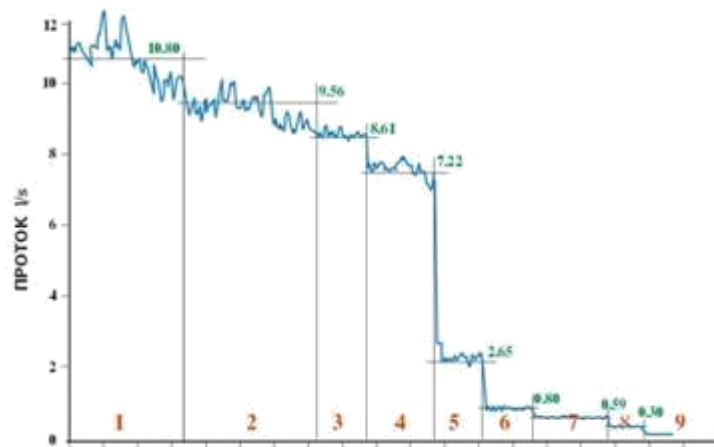


Kuva 5.4 Tyypillinen vaiheittainen testimenetelmä (Palmer Environmental 2003)

Eristämismenetelmä

Tämä menetelmä käsittää venttiilien peräkkäisiä sulkemisia vuodon valvonta-alueella, joka alkaa kauimmaisesta kohdasta mittariin nähden. Ensimmäisen osan eristäminen tarkoittaa, että mittarin jakelualue on pienempi. Sulkuventtiilien sarja toteutetaan progressiivisesti kohti mittaria, jossa virtaaman pitäisi loppua kokonaan.

Samalla kun potentiaaliset vuodot tunnistetaan tällä tavalla, on siinä eräs merkittävä haitta. Järjestelmä on alipaineistettu ja saattaa aiheuttaa pohjaveden ja pahimmassa tapauksessa jäteveden virtausta tutkittavan vesijohdon siihen osaan joka vuotaa. Edellä kerrotun takia eristämismenetelmää ei tulisi käyttää kuin erityistapauksissa.



Kuva 5.5 Virtaaman vaiheittainen väheneminen eristämismenetelmällä (Ristovski 2006)

Kiinni ja auki -menetelmä

Tässä menetelmässä sulkuventtiilit eristävät kunkin yksittäisen vaiheen ja kun virtaaman väheneminen on tallennettu, venttiilit avataan uudelleen. Tämä menetelmä ei jätä suljettavan järjestelmä osia ilman vettä, mutta tällä on haittana aikaisemmin testattujen vaiheiden virtaamamuutokset, jolloin tulkinta vuotovesistä tulee hieman vaikeammaksi.

Ehdottoman suositeltavaa on, että verkoston mitään osaa ei jätetä paineettomaksi koko mittausprosessin aikana. Mittausalueesta pois eristetylle alueelle on ennen eristystä pyrittävä johtamaan paineellista vettä toista kautta.



Kuva 5.6 Vaiheittaisen testauksen mittausvälineitä
(Palmer Environmental 2006)

5.3 Vuotojen ääneen perustuvat ratkaisut

Kun vesi poistuu paineellisesta putkesta se aiheuttaa ääntä eri taajuuksilla ja usein myös niin sanotun sihinä-äänen.

Kukin yksittäinen vuoto tuottaa oman äänen omalla taajuudellaan ja se riippuu seuraavista asioista:

- Vuodon tyyppi ja koko
- Putkimateriaali
- Järjestelmän paine
- Maaperän laatu, johon vesi vuotaa

Vuodon ääni kulkee putken seinässä nopeudella, joka riippuu sekä veden että putkimateriaalin ominaisuuksista. Tämä ääni voi myös kulkea maassa, joka ympäröi putkea. Kun ääni kulkee pois päin vuodosta, taajuudet saattavat muuttua maaperän onkalojen tai muiden putkien ja kaapelien vuoksi. Kaikki vuodot eivät tuota havaittavissa olevaa ääntä ja siksi tarvitaan eri tekniikoita.

Vuodonetsijän pitäisi olla tietoinen, että vuotoäänien lisäksi putkessa tai liitoksessa on monia muita ääniä jotka johtuvat:

- Veden kulutuksesta
- Pumpuista
- Paineen alennusventtiileistä
- Mekaanisista aluemittareista
- Osittain suljetuista venttiileistä
- Putkenosista, kuten supistussyhteistä
- Sähkökentistä yms.

Kaikki edellä mainitut äänet voivat suuresti vaikeuttaa vuodon havaitsemista ja paikantamista vesijohtoverkossa. Monissa järjestelmissä vuotojen etsiminen toteutetaan yön aikana, jolloin asiakkaiden vedenkäyttö on pienimmillään ja vastaavasti paineet ovat yleensä korkealla.

Akustiset loggerit

Vuotojen etsiminen vaihetestin avulla on osin korvautunut ja täydentynyt akustisilla loggereilla (tunnetaan myös ääniloggereina ja vuotoääniloggereina) tehtävään paikantamiseen 1990-luvun aikana.

Akustisten loggereiden etuja ovat mm: Ne eivät vaadi jakelujärjestelmän eri osien sulkemista yöllä ja loggerit voivat poimia äänen, joka ei ole ihmisen korvalla kuultavissa. Akustiset loggerit voivat olla erityisen hyödyllisiä alueilla, joilla yötyötä pidetään vaarallisena, kuten kaupunkien keskustoissa.

Monilla vesilaitoksilla on strategiana kehittää ja käyttää alueellista mittaamista yhdistettynä paineenhallintaan todellisten vuotovesien vähentämishjelmissä. Nyt 2000-luvulla akustiset loggerit ovat ensisijainen keino yöllisten virtaamien kasvamisen tarkistamiseen mittausalueilla. Nykyiset akustiset loggerit ovat kevyitä ja niiden paristot ovat pitkäikäisiä. Niitä ostetaan 15—20 siirrettävän loggerin erissä ja ne on helppo ottaa käyttöön. Monen ammattilaisen mielestä akustisten loggerien käyttö on tehnyt vuotojen etsimisen tehokkaaksi, koska ne ovat laskeneet vuodon etsimisen kustannuksia. Kuitenkin on tilanteita, joissa vaihetesti on vielä edelleen toimivin systeemi; esim. vuodon paikallistaminen, josta syntyy hyvin pieni ääni, ei ääntä lainkaan tai vettä käytetään tuntemattoman käyttäjän toimesta.

Uusimmat versiot ääniloggereista sisältävät GSM-lähettimen, joka lähettää vuototilannetiedon SMS-viestinä esim. kerran yössä haluttuun tietokoneeseen. Laite voidaan edellisen lisäksi ohjelmoida vuodon havaitessaan lähettämään SMS-hälytysviestin esim. päivystäjän matkapuhelimeen.

Vuotoääniloggereista on myös käytössä versio, josta yöaikaan kerätyt ääninäytteet yhdistetään erityiseen tietokonepohjaiseen akustokorrelaattoriin. Laitteisto laskee kerätyistä ääninäytteistä vuotokohdan tarkan paikan vaikkapa seuraavan työpäivän aikana.

Akustisten loggereiden käyttö

Akustinen loggeri havaitsee putkessa vuotoäänen, joka kulkee putkessa joko paineaaltona veden välityksellä tai itse putken seinämämateriaalissa. Samoin kuin äänikorrelaattorit, myös akustiset loggerit sisältävät anturin, jotka soveltuvat useimpiin tilanteisiin ja niiden käytettävyyden on helppoa sijoittamalla ne sopivaan paikkaan, kuten venttiilin karanjatkon päähän tai palopostiin.



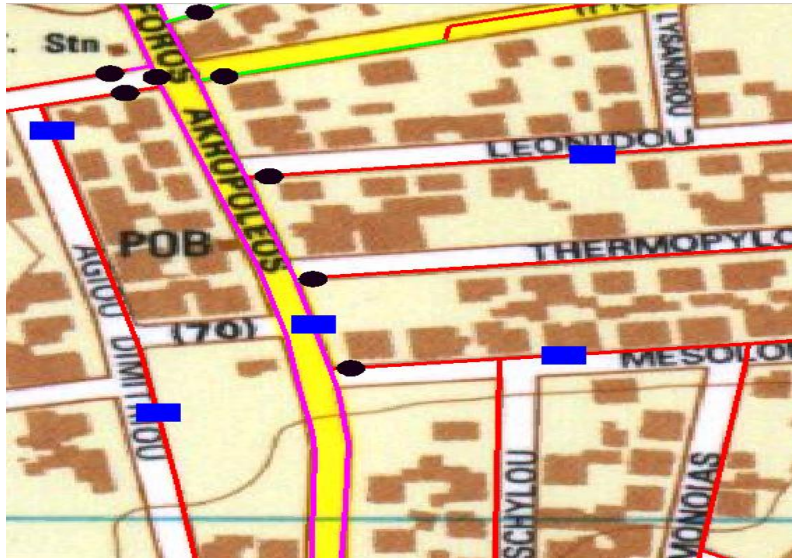
**Kuva 5.7 Akustisten loggeri kytkettynä sulkuventtiiliin
jatkokaraan (Sykli 2010)**

Akustisia loggereita käytetään tavallisesti tietyllä alueella, kuten alueellisen mittaamisen alueella tai sen osa-alueella (vuodon valvonta-alue), joissa mahdolliset vuodot voidaan havaita vähimmäisyövirtaaman mittauksien tuloksena. Tämä on vuotojen paikantamiseen tehokas menetelmä, jota voidaan käyttää kaikissa jakeluverkoissa. Vuodon tai vuotojen paikannus tällä menetelmällä auttaa tarkan kaivauksen tekemisessä ja tarvittavan korjauksen suorittamisessa.

Ääniloggerit asennetaan vahvalla magneetilla helposti lähestyttäviin kohtiin, kuten vesipostit tai venttiilien karanjatkat, ja ne ohjelmoidaan kuuntelemaan vuotoääniä. Tyypillisesti ääni talletetaan sekunnin välein kahden tunnin aikana yöllä, jolloin taustakohina oletetaan pienemmäksi. Tallentamalla ja analysoimalla äänen tason voimakkuutta ja vaihteluja kukin loggeri osoittaa vuodon olevan lähistöllä, mutta ei tarkkaa sijaintia. Loggerien tekniikka soveltaa yksinkertaisesti äänen peruseräilyä; mitä lyhyempi matka vuotokohdasta on loggeriin sitä kovemman äänen se aiheuttaa. Ääniaalloilla, jotka vuoto kehittää, on taipumusta olla melko samanlaiset vaihteluvälit ja voimakkuudet. Tieto voidaan ladata ja arvioida heti näytöllä tai tietokoneella myöhemmin. Akustiset loggerit voivat sijaita pysyvästi verkossa tai ne voidaan ottaa käyttöön tietyissä pisteissä käyttäjän määriteltävissä oleviksi jaksoksi esim. kahdeksi yöksi. Loggerit sijoitetaan ympäri verkostoa ja ne tunnistavat vuotoääniä, jolloin äänenmuutoksien vertailulla voidaan määrittää vuodon tai vuotojen likimääräinen sijainti. Ääniloggerien käyttö nykyisellä tiedonsiirtotekniikalla on joustavaa. Käytettävissä on myös kaksisuuntainen tiedonsiirto, joka edistää loggereiden tehokasta käyttöä pysyvässä mittauksessa.

Asiat, jotka voivat vaikuttaa vuotojen akustisen etsimisen tehokkuuteen:

- Vedenkulutus
- Järjestelmänpaine
- Putkimateriaali (rauta johtaa hyvin ääntä, muoviputket huonosti)
- Putken halkaisija (halkaisijaltaan pienemmät putket tuottavat paremman äänen)
- Muut äänet verkossa
- Vuodon koko eli pieni reikä putkessa luo kovemman äänen kuin suuri reikä



Kuva 5.8 Akustisten loggereiden sijoittaminen verkostoon
(Kazantes 2003)

Vuodon tunnistaminen

Hyvä vuotoääni tuottaa vakaan keskitetyn äänen eli korkea desibelitaso suhteessa äänen kapeaan leviämiseen. Loggerin tuloksia yhdestä alueesta ei pitäisi analysoida erikseen vaan niitä pitäisi verrata toisiinsa mahdollisen vuotoäänen määrittämiseksi. Yleensä leveät desibelialueet ilman erityisiä huippuja ovat normaaleja, kun vuotoja ei ole olemassa.



Kuva 5.9 Korrelaattorin grafiikka osoittaa vuodon sijaintia
(Sykli 2010)

Kuuntelututkimus

Alueellisten virtaamamittausten puuttuessa, vuotojen etsimisen ensimmäinen vaihe voi olla kuuntelututkimus perinteisen kuuntelulaitteen eli kuuntelupistimen avulla, elektronisen kuuntelupistimen avulla tai systemaattinen alueellinen kuuntelu käyttäen akustisia loggereita.

Äänikorrelaattoreita tai maamikrofoneja käytetään paikantamaan vuodon tarkka sijainti (näistä laitteista kerrotaan tarkemmin seuraavissa kappaleissa).

Rutiininomaisessa kuuntelututkimuksessa vuodonetsintä on aikaa vievää, eikä aina kovinkaan tehokasta vuotojen paikantamiseksi. Vuodonetsijä voi etsiä vuotoja siitä osasta verkostoa, jossa niitä ei ole olemassakaan. Kuitenkin, kun säännöllisellä kuuntelulla verkosto tarkastetaan systemaattisesti, muitakin kuin vuoto-ongelmia voidaan havaita ja raportoida.

6 Vuotokohdan paikantaminen

Onnistuneen vuotojen havainnoinnin jälkeen seuraava vaihe on paikantaa vuodon tai vuotojen sijainnit tarkasti. Vuodon sijainnin paikantamisessa keskitytään mittausalueiden sellaisiin osiin, joissa epäiltyjen vuotojen uskotaan sijaitsevan. Jos vuotojen havainnointia ei ole suoritettu, vuodon paikannustutkimus voidaan tehdä koko mittausalueella. Vaikka tämä menetelmä on tehottomampi, siinä samalla tehdään mittausalueen systemaattinen tutkimus ja saatetaan löytää myös muita ongelmia kuin vuodot.

On useita menetelmiä, joita voidaan hyödyntää vuotojen tai putkirikkojen paikantamiseen ja uusia laitteita on kehitetty ja kehitetään edelleenkin. On todettava, että vuodon paikannuslaitteista jotkut toimivat paremmin toisissa olosuhteissa kuin toisissa. Mikään näistä menetelmistä, joita kuvataan tässä kappaleessa, ei ole täysin luotettava ja mittauksia sekä mittajaan motivaatiota / kokemusta vuodon paikantamisessa ei voida aliarvioida. Kaikki kuvatut tutkimusmenetelmät perustuvat vuotoon, joka tuottaa ääntä, lukuun ottamatta maatutkaa ja menetelmiä, joissa käytetään kaasua vuodon etsimisessä.

6.1 Vuodon kuuntelu

Tavallisin menetelmä vuodon sijainnin määrittämiseksi on suora kuuntelu. Mittaaja kuuntelee vuodon ääntä, sijoittamalla kuuntelulaitteen sopivaa kohtaan, kuten venttiili, vesiposti tai linjasulku.

Pinta- ja epäsuorakuuntelu ovat menetelmiä, joissa akustinen kuuntelu tehdään maan pinnalla suoraan putkilinjan päältä ja jossa vuodon sijainti määritetään voimistuvan äänen avulla. Voimakkain ääni on usein suoraan vuodon yläpuolella. Maamikrofoni on hyvä menetelmä, jolla voi tarkentaa toisella menetelmällä tehdyn vuodon paikantamisen.

Kuuntelulaitteet

On olemassa erityyppisiä laitteita, joita käytetään vuotojen paikantamiseen vuodon aiheuttaman äänen avulla. On sekä perinteisiä laitteita, joita vielä käytetään vuotojen sijainnin määrittämiseen ja useita elektronisia menetelmiä on kehitetty viimeisen kahdenkymmenen vuoden aikana.

Tavallisimmat laitteet, joita käytetään kuunteluun:

- Kuuntelutikku (kuuntelupistin)
- Elektroniset vuotopaikantimet
- Maamikrofoni
- Äänikorrelaattori
- Digitaaliset korrelaattorit

Kuuntelutikku

Stetoskooppi tai kuuntelutikku on ollut perinteinen, halpa mutta luotettava akustinen väline vuodon paikantamisessa jo vuosikymmeniä. Useimmissa tapauksissa se on ensimmäinen laite, jota vuodonetsijä käyttää vuodon paikantamisessa. Kuuntelutikkuja on käytettävissä erimuotoisia ja kokoisia, ne on tehty puusta tai metalleista. Tämä laite on hyvin yksinkertainen käyttää - toinen pää laitetaan sopivaan kuuntelukohtaan kuten venttiiliin tai palopostiin, ja toinen pää sijoitetaan kuuntelijan korvaa vasten. Vuodon ääni siirtyy laitetta pitkin korvaan. Joitakin kuuntelutikkuja voidaan hankkia teleskoopilla varustettuna, niin että niitä voidaan käyttää kuunteluun venttiilien päältä, venttiilin karasta. Stetoskooppeja voidaan käyttää joko suoraan tai epäsuoraan kuunteluun. On

tärkeää huomata, että kuuntelutikun onnistunut käyttö vaatii henkilön, jolla on hyvä kuuntelukyky.

Laitteen käyttö on ainakin Suomessa väistymässä elektronisen kuuntelupistimen tieltä.



Kuva 6.1 Vuodonkuuntelu perinteisellä kuuntelutikulla
(Mid Kent Water 2007)

Elektroninen kuuntelupistin

Elektroninen kuuntelupistin on kehittyneempi versio kuuntelutikusta ja koostuu mikrofoniasta, vahvistimesta ja mahdollisesti yhdistelmästä taajuussuodattimia sekä kuulokkeista. Vahvistimelta tuleva ääni saadaan ulos kuulokkeista (jotka vähentävät taustaaäänen vaikutuksia) ja mahdollisesti myös näytöstä grafiikkana. Nykyaikaiset järjestelmät ovat helppokäyttöisiä ja tavallisesti niihin kuuluvat kiinnityssysteemit; kolmijalka kovalle pinnolle käytettäväksi, käsikiinnitys käytettäväksi pehmeässä maassa tai esim. karoista varten. Näin tätä laitetta voidaan käyttää joko suoraan tai epäsuoraan akustiseen vuotokuunteluun.

Elektronisen kuuntelupistimen käyttökohteita:

- Vesijohtojen säännölliset tai satunnaiset tutkimukset, esim. mittausalueilla kuuntelu kaikista laiteyhteyksistä putkiin
- Kuuntelu venttiileistä ja vesiposteista
- Vuodon sijainnin varmistaminen, kun vuoto on löydetty muilla välineillä, korrelaattorilla tai maamikrofonilla



Kuva 6.2 Elektroninen maapistin ja käyttötilanne
(Suomen Putkisto Tarvike 2010)

Maamikrofoni

Maamikrofonilaitteisto koostuu yhdestä tai useammasta erityyppisestä mikrofoniasta, vahvistinosasta, kuulokkeista ja välisistä kaapeleista. Laitteisto on helppokäyttöinen vuodon paikantamistyökalu sekä suoraa että epäsuoraa kuuntelua varten. Vaativissa kohteissa, kuten meillä Suomessa aina, vuodon äänen havainnointi vaatii ammattitaitoista kuuntelijaa. Maamikrofonia voidaan käyttää vuotojen etsimiseen kuten edellä kuuntelupistintä liittämällä mikrofoni magneetilla esim. venttiiliin karaan. Nimensä mukaisesti sitä käytetään ensisijaisesti maanpinnalta kuuntelemalla ääniä putken yläpuolelta. Tässä epäsuorassa kuuntelutekniikassa kuuntelija siirtää maamikrofonia putkilinjaa seuraten maanpinnalla ja hän huomaa äänen muutokset mikrofoniin lähestyessä tai etääntyessä vuodon sijainnista. On laitteita, joissa ääni siirretään kuvaksi tai lukuarvoksi näytölle. Näytön käyttö helpottaa ja varmentaa kuuntelua. Myös monet kuuntelijat käyttävät kuulokkeita asiaan kuulumattomien taustäänien vähentämiseksi.

Maamikrofonia käytetään usein vahvistamaan vuodon tarkka sijainti korjauspaikan varmentamiseksi, jos vuoto on paikannettu esim. korrelaattorilla.



Kuva 6.3 Maamikrofoni käyttöä, kun putket on asennettu matalalle
(Gutermann International 2006)

Digitaalinen maamikrofoni

Digitaalinen maamikrofonilaitteisto soveltuu käytettäväksi syvällekin asennettujen putkien kuunteluun. Laitteistoa voidaan täydentää samaa vahvistinosaa hyödyntävällä kuuntelupistimellä.



Kuva 6.4 Digitaalinen maamikrofonilaitteisto
(Suomen Putkisto Tarvike 2010)

6.2 Korrelaattorit

Äänikorrelaattorin (akustokorrelaattorin) toiminta perustuu ääneen, joka syntyy maan alla olevan putken vuodosta. Vuodon äänikorrelaatiomittauksessa käytetään antureita, jotka laitetaan kahteen paikkaan esim. venttiilien karojen päihin epäillyn vuodon kummallekin puolelle. Vuodosta aiheutuva ääni kulkee poispäin vuodosta molempiin suuntiin putken seinämää pitkin tasaisella nopeudella. Tämä nopeus riippuu putken halkaisijasta ja materiaalista. Vuodosta aiheutuva ääni saapuu ensin vuotoa lähimpänä olevaan anturiin. Akustokorrelaattorin tärkein tehtävä on vertailla antureille saapuvia ääniä. Äänien epätasaisuuksien pohjalta laitteisto mittaa äänien antureille saapumisen aikaeron. Aikaerosta kahden anturin välillä, käyttäjän antamien putkitietojen ja anturien välisen putkiosuuden pituustietojen avulla korrelaattori laskee vuodon paikan. Riippuen paikallisista olosuhteista vuodon paikallistaminen onnistuu muutaman senttimetrin tarkkuudella.

Peruskorrelaatiokaava

$$L = \frac{D - (V \times T_d)}{2}$$

L = Vuodon sijainti (etäisyys anturista)

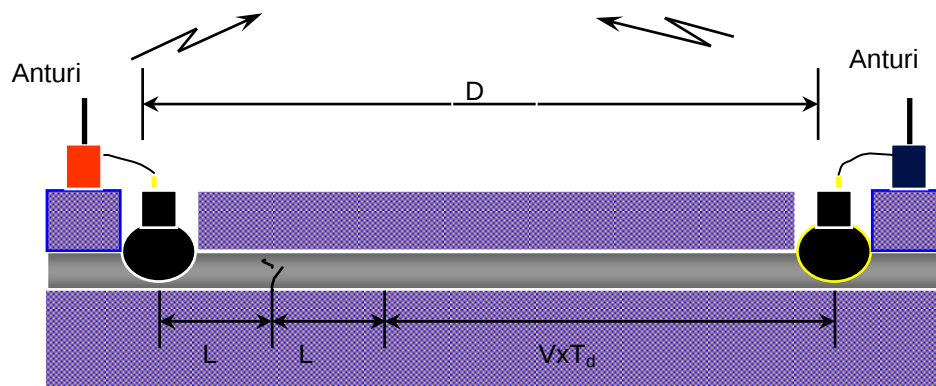
D = Putkiosuuden pituus antureiden välillä

V = Putkessa kulkevan äänen nopeus

(korrelaattori valitsee annettujen putkimateriaali- ja halkaisijatietojen mukaan)

T_d = Korrelaattorin mittaama aikaero saman äänen saapumisessa antureille

On myös mahdollista korreloida vuodon ääniä, jotka kulkevat vedessä putken sisällä. Tässä menetelmässä erikoisanturit, hydrofonit, yhdistetään paloposteihin tai vesikalusteisiin. Menetelmä on hankalampi käyttää kuin normaali korrelointi, mutta joissakin tapauksissa ääni kantaa kauempaa ja kuunteluväli voi olla pitempi kuin runkoäänikorreloinnissa.



Kuva 6.5 Korrelaatiolaskennan kaavio (Gutermann International)

Analoginen korrelaattori

Korrelaattorin kehitys paransi dramaattisesti vuodon sijaintien paikantamista. Jo 1980-luvulla tuli korrelaattori, joka toimi radiosignaalin avulla. Tämä helpotti laitteiston käyttöä ja vuodon sijainti pystyttiin määrittämään paljon nopeammin. 1980- ja 1990-luvun aikana vuotosignaalia saatiin vahvistettua ja suodatusta kehitettyä, jolloin laitteistojen tarkkuus parani. Tämä tekniikka on periaatteeltaan säilynyt muuttumattomana nykyajan analogisessa korreloinnissa.

Digitaalinen korrelaattori

Ensimmäiset digitaaliset korrelaattorit kehitettiin 1990-luvun lopussa ja otettiin käyttöön 2000-luvulla.

Digitaalinen korrelaattori tarjoaa seuraavia etuja sen analogiseen edeltäjään nähden:

- Erinomainen vuodon sijainnin paikantamiskyky kaikilla putkimateriaaleilla (erityisesti muovi) ja eri putken halkaisijoilla
- Nopeampi ja helppokäyttöisempi, erityisesti kokemattomilla käyttäjillä
- Kehittynyt signaalin käsittelytekniikka
- Ei häirintää tai datahäviöitä digitaalisissa radiolähetyksissä



Kuva 6.6 Digitaalinen korrelaattori käytössä
(Primayer 2004)

Korrelaattorilaitteistot

Korrelaattoreita on saatavilla erihintaisia ja erilaisilla tekniikoilla varustettuja. Niitä nimitetään yleensä perustason, keskitason ja kehittyneen tason korrelaattoreiksi.

Perustaso

Nämä korrelaattorit ovat melko yksinkertaisia, niissä on muutama toiminto ja ne ovat erittäin helppokäyttöisiä. Niissä on vain yksikanavainen radiolinkki, joka voi olla ongelma, kun korreloidaan pitkällä välimatkalla.

Keskitaso

Näissä on enemmän toimintoja, mutta tämäntyyppinen korrelaattori on vielä helppokäyttöinen. Tämän tason korrelaattorit löytävät useimmat vuodot.

Kehittynyt

Tämän korrelaattorityypin tehokas käyttö vaatii koulutettua henkilöä, joskaan peruskäyttö ei poikkea edellisistä. Laitteessa on edistyksellisiä toimintoja ja sillä on mahdollista löytää vuotoja vaikeammissa olosuhteissa. Kehittyneimmät laitteistot ovat täysin digitaalisia mikrofoneista alkaen. Korrelaattori toimii joko oman keskusosan kanssa tai hyödyntää kannettavaa tietokonetta (tai käsimikroa).

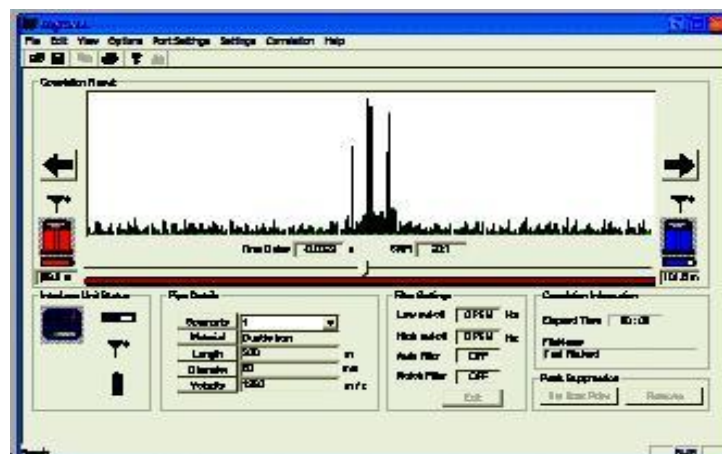
Hintaerot eritasoisissa laitteistoissa voivat olla suurehkoja. Suomen vaativiin olosuhteisiin soveltunevat lähinnä kehittyneemmät laitteistot.

Korreloiva ääniloggeri

Korreloivaa ääniloggeria sekä analogista tai digitaalista loggeria voidaan käyttää kahdessa tilanteessa:

- Vuotojen etsimiseen katu kadulta paikallistaen vuoto vesijohdon tiettyyn osaan
- Vuodon tarkkaan paikantamiseen alueellisen etsimisen jälkeen

Joidenkin henkilöiden kokemuksen mukaan pienillä mittausalueilla on aivan yhtä tehokasta suorittaa tutkimusta korrelaattorilla, kuin toteuttaa vuodon etsintää käyttäen akustista loggeria ja sen jälkeen paikantamista. Yksi henkilö kykenee käyttämään nykyisiä välineitä yksinään, mutta monilla vesilaitoksilla on kahden tai jopa kolmen henkilön vuototimejä. Kuvassa 6.7 on esitetty korrelaatioperiaatteella tehdyn vuodon paikantamisen grafiikkaa. Mittaus on tehty kahden mikrofoniin avulla, jotka on liitetty putken sopiviin kohtiin esim. venttiileihin epäillyn vuodon kummallekin puolelle.



Kuva 6.7 Tyypillinen vuotografiikka korrelaattorin näytössä
(Palmer Environmental 2004)

Digitaalinen loggeri-korrelaattori

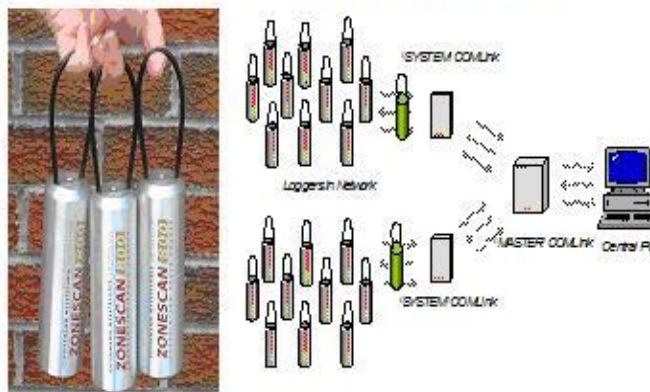
Vuonna 2000 kehitettiin akustisen loggerin ja korreloivan ääniloggerin yhdistelmä. Laite yhdistää akustisen loggerin, ääniloggerin sekä äänikorrelaattorin (paikantaa vuodon sijainnin) yhteen operaatioon. Se on edelleen johtanut tehokkuuden kasvuun ja käyttökustannuksien pienenemiseen. Tällä järjestelmällä kulunut aika vuodon äänen tunnistamisen ja paikantamisen välillä lyhenee ja siten lyhennetään vuotoaika ja kokonaiskustannuksia.

Vuotoääniloggereiden sijoittaminen suunnitellaan käyttäen karttajärjestelmää. Tyypillisesti ne sijoitetaan maksimissaan 200 - 300 metrin päähän toisistaan. Loggerit toimivat yleensä yön aikana ja ääni tallennetaan kolmessa erillisessä jaksossa takaamaan, että mahdollinen asiakkaan vedenkäyttö ja verkoston vuoto saadaan varmasti erotettua toisistaan. Vuodon ääni-data tallennetaan kiintolevyille. Ohjelma korreloi vuodon sijainnin. Vuodon ääni-tiedostot voidaan ladata keskusyksikköön joko käsin tai radion välityksellä. Kerätyistä äänistä voidaan tehdä useita korrelaatiokeskenarioita myöhemmin tietokoneella. Kun vuoto on paikannettu tietokoneella, vuodonetsijä voidaan lähettää tarkistamaan vuodon tarkka sijainti esim. maamikrofonilla. Yleisimmin todellinen vuoto löytyy vähintään metrin sisäältä korreloinnin osoittamasta paikasta.



Kuva 6.8 Digitaalinen korrelaattori
(Palmer Environmental 2004)

Correlating radio noise logger with alarm system



Kuva 6.9 Korrelaattori radiolähettimellä
(Gutermann International 2006)

6.3 Maatutka

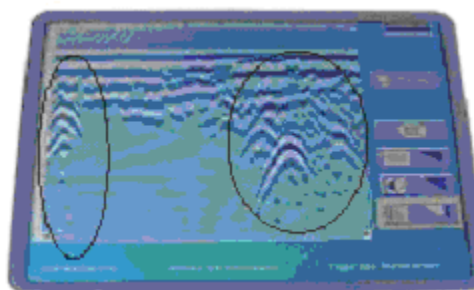
Tilanteissa, joissa vuoto on hyvin pieni tai siitä ei synny lainkaan ääntä, sen sijainti voi olla jopa tärkeitä korreloiville ääniloggereille mahdotonta löytää. Saattaa olla myös muita syitä miksi vuotoa on vaikeaa paikantaa. Syitä voivat olla katu, joka sisältää useita päävesijohtoja tai yksinkertaisesti vain liikaa muuta ääntä, joita aiheuttavat esim. pumput tai painetoimiset venttiilit.

Vuodon paikantamisen vaihtoehtoinen menetelmä on maatutka (GPR -menetelmä), joka on kylläkin laitteena kallis. Tämä on laite, jota on paljon kehitetty viime vuosina ja jota on etupäässä käytetty putkien ja kaapelien sijainnin paikantamiseen sekä maaperän mittaukseen. Vesivuodot löytyvät häiriöääninä maaperästä tai onkaloiden välityksellä putken ympärillä.

Kokemukset suomalaisissa olosuhteissa eivät ole erityisen rohkaisevia. Haittana on ollut putkien upotussyvyys ja täyttö maalajien laatu sekä kerrosten vaihtuvuus.



a) Maatutka



b) Maatutkan näytön kuva

Kuva 6.10 Vuodon paikantaminen maatutkan avulla (Searchwell Ltd)

6.4 Kaasu

Kaasutekniikat eivät ole enää nykyään niin tavallisia, kuin ne olivat aiemmin. Tämä johtuu turvallisempien ja tehokkaampien korvaavien tekniikoiden kehityksestä. Vuodot erityisesti ei-metallisissa putkissa, taloliittymissä ja muilla pienen halkaisijan putkilla, voidaan löytää käyttämällä kaasutekniikoita. Vuoto paikantuu täyttämällä putki kaasulla, yleensä teollisella vedyllä (suunnilleen 95 % typpeä ja 5 % vetyä tai heliumia), jolloin vuoto voidaan havainnoida tarkkaan vedyn tunnistavalla haisteluanturilla maan pinnalta, esitetty kuvassa 6.11.

Vety on hyvä kaasu tutkimiseen, koska sillä on kyky tunkeutua nopeasti kaikkien materiaalien läpi. Kaasulla jäljittämisen pääetuna on nopeus, koska kaasu kulkeutuu maaperän ja esim. asfaltin ja roudan läpi vuodon yläpuolelle nopeahkosti. Betonin läpi kulkeutuminen on hitaampaa.



Kuva 6.11 Vuodon paikannusta vetykaasulla
(Suomen Putkisto Tarvike 2010)

Suomessa putkien upotussyvyys on huomattava, joten meillä on jouduttu käyttämään jopa 100 % vetyä vuodon paikantamisen onnistumiseksi. Tällöin kaasun syttymisvaara on todella suuri. Tämän vuoksi emme suosittele kaasumenetelmää otettavaksi käyttöön ainakaan ilman hyvää koulutusta. Monet ammattilaiset pitävät tätä menetelmää hyvänä, joskin ammattitaitoa vaativana, vuodon sijainnin paikantamiseen.

6.5 Siirtovesijohtojen erityisratkaisut

Siirto- tai pääjakeluputket ovat halkaisijaltaan suuria (yleensä yli 300 mm), monissa verkostoissa niitä käytetään veden siirtoon esim. vedenpuhdistamoilta. Niitä käytetään myös siirtämään vesisäiliöistä tulevaa vettä pääjakelujärjestelmään. Jos siirtoputkessa on putkirikko tai merkittävä

vuoto esim. ilmaventtiilissä, ne ovat usein näkyviä ja siten nopeammin korjattavissa. Pienemmät vuodot saattavat olla huomaamattomia ja voivat vuotaa kauan. Vuodon paikantaminen siirtoputkissa voi olla vaikeampaa ja kalliimpaa kuin muussa osassa jakelujärjestelmää.

Suositellaan, että tehdään riittävästi esitutkimustyötä ennen pääjohdon vuodon sijainnin paikantamista ja selvitetään mm. tiedot siirtojärjestelmän kokoonpanosta, vesimittareiden tarkkuudesta, näkyvät vuodot.

Monissa tapauksissa vuodot esiintyvät huuhteluposteissa, ilmaventtiileissä tai muissa yhteissä. Kävelemällä pitkin siirtolinjaa ja suorittamalla tarkastusta sekä kuuntelemalla putken näkyvillä olevista osista voidaan vuoto paikantaa. Viereisten viemäreiden virtaamalisäykset tai viemärivereden näkyvät kirkkaudenmuutokset voivat olla merkinä läheisestä vesijohtovuodosta.

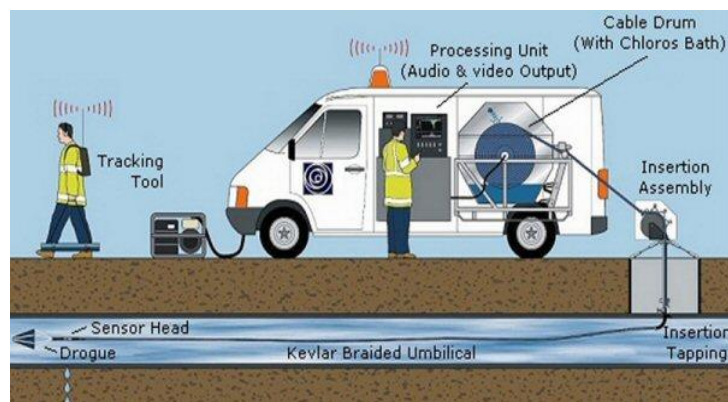
Kehittyneitä korrelaattoreita on usein käytetty onnistuneesti siirtoputkien vuotojen paikantamisessa, mutta pitkä välimatka valmiiden kuuntelupisteiden välillä voi olla rajoittava tekijä. Korrelaatiopisteiden asentaminen voi auttaa välimatkaongelmaan.

Menetelmiä, joita voidaan lisäksi tai vaihtoehtoisesti käyttää paikantamaan suurten vesijohtojen vuotoja:

- Vaiheittainen testi
- Maatutka
- Painetest
- Ilmakuvaus
- Vertailu kasvisto- ja maaperäolosuhteissa
- Putkensisäiset tekniikat

6.6 Putkensisäinen kaapelitekniikka

Tässä järjestelmässä anturin pää upotetaan paineenalaiseen siirtopäälinjaan halkaisijaltaan 50 mm olevan reiän kautta. Veden virtaus kuljettaa anturia putkessa ja vuoto paikantuu analysoimalla akustista signaalia, joka syntyy putkiseinän tai liitoksen vuodoista. Tällä menetelmällä on mahdollista tarkastella 2 km matka kerralla. Sahara-järjestelmä on esimerkki tästä teknologiasta ja se on esitelty kuvassa 4.35.



Kuva 6.13 Putkensisäistä akustista tekniikkaa (WRC Sahara)

6.7 Putkensisäinen kaapeliton tekniikka

Suomessa on käytetty muoviputkien vaikeasti havaittavien vuotojen paikantamiseen Awt-putkenpuhdistuselementtiin sijoitettua kuuntelumikrofonia, joka lähettää vuotoäänien vahvistettuna suoraan kohteesta havainnoitsijan kuulokkeisiin.

Awt-puhdistuselementti kulkee putkessa veden virtauksen mukana ja sen kulkua seurataan samanaikaisesti puhdistuselementtiin sijoitetun Awt-paikantamislähtetimen avulla. Järjestelmän etuna on herkkyys kuulla myös pienet vuodot, jotka voivat syntyä esim. kumitiivisteiden myötäämisestä paineen kasvaessa. Paikantaminen on tehtävissä normaaliolosuhteissa alle 30 cm tarkkuudella, kun samalla käytetään myös Awt-paikantamislaitteistoa. Tarvittaessa elementin kulku voidaan pysäyttää sulkemalla sitä kuljettava virtaus ja takaisinvirtauksen avulla myös peruuttaminen on mahdollista. Menetelmää on käytetty erityisesti uusien, käyttöön otettavien putkien ongelmallisten vuotojen paikantamiseen sekä tarvittaessa vesijohtojen possutuspuhdistuksen yhteydessä. Radiotekniikasta johtuen ei sovellu käytettäväksi metallisissa putkissa.

Soveltuvuus siirtojohtokäyttöön on hyvä, koska nämä johdot ovat helposti erotettavissa muusta verkostosta tutkimuksen ajaksi ja koska siirtojohtojen tutkimista muilla menetelmillä vaikeuttaa usein niiden pituus, vähäinen sulkuventtiilien, palopostien yms. määrä sekä mahdolliset kumitiivisteliitokset tai ääntä huonosti johtava, ei metallinen materiaali.

Suurempien vuotojen paikannus muoviputkissa, esim. siirtojohdoissa on toteutettavissa myös helpommin ja vain käyttäen putkikoon mukaan mitoitettua Awt-lähetinelementtiä ilman kuuntelumikrofonia. Elementti pysähtyy automaattisesti vuodon kohdalle ja on sen jälkeen tarkasti paikannettavissa. Täydellinen pysähtyminen tapahtuu, mikäli vuoto on niin suuri, että sen aikaan saama virtausnopeus putkessa on noin 0,3 m/s. Pienemmätkin vuodot voidaan havaita ilman kuuntelumikrofonia lähetinelementin tarkemmalla kulun seurannalla, sillä lähetinelementin etenemisnopeus alenee putkikoon ja vuodon suuruuden funktiona.



Kuva 6.14 Awt-puhdistuselementti hiekan poistossa. On varustettavissa paikantamis- ja vuodonkuuntelulähtetimillä (Allwatec 2010)

6.8 Vuodonetsinnän apulaitteet

Laitteita, joita vuodonetsijä tarvitsee havaitakseen ja paikantaakseen vuodon, on kuvattu aiemmissa kappaleissa. Kuitenkin vuodonetsijä tarvitsee myös joitain lisälaitteita suorittaakseen työnsä tehokkaasti. Esimerkiksi, siirtovesijohdon tai tonttijohdon sijainti on aina paikannettava täsmällisesti tai venttiilin suojakansi täytyy paikantaa, jos se on epähuomiossa peitetty.

Apuna voidaan käyttää metallinpaljastinta ja tarvittaessa kaapelin etsintälaitetta kaapelin ja / tai metallisen putken paikantamiseen. On erittäin tärkeää estää mahdollista hengenvaaraa aiheuttavia onnettomuuksia välttämällä vahingoittamasta sähkökaapeleita kaivutöissä.

Muoviputken paikannus

Muoviputkien paikantamiseen runsaasti tarjontaa silloin, kun kysymyksessä ovat tonttivesijohdot, jolloin niiden sisälle voidaan työntää erilaisia tunnistimia saattoputkien tai kaapeleiden avulla ja sen jälkeen paikantaa putken sijainti tunnistimen kohdalla. Käytännössä etäisyydet rajoittuvat noin 20 metriin.

Varsinaisissa vesijohtolinjoissa muoviputken sijainti on etäisyydestä riippumatta paikannettavissa Awt-paikannuslaitteistolla horisontaalisen tarkasti myös syvältä. Paikantaminen on suoritettavissa myös vesistön alituskohteissa. Tällöin putkeen syötetään virtauksen kuljetettavaksi lähetelementti, jonka sijainti selviää tarkasti maanpäällistä suuntimalaitetta käyttämällä. Lähettimen radiosignaalit eivät läpäise metallia, mutta käyttö soveltuu muovi-, asbestisementti- ja betoniputkille.



Kuva 6.15 Awt-paikannuslaitteisto; vastaanotin, virtalähteet ja elementin suojakapseliin asennettava lähetin (Allwatec 2010)

Etäisyyden mittaus

Loggereiden ja korrelaattorin avulla määritetään vuotokohdan laskennallinen etäisyys loggereista. Etäisyyden mittaamiseksi maastossa voidaan apuna käyttää esim. mittapyörää.



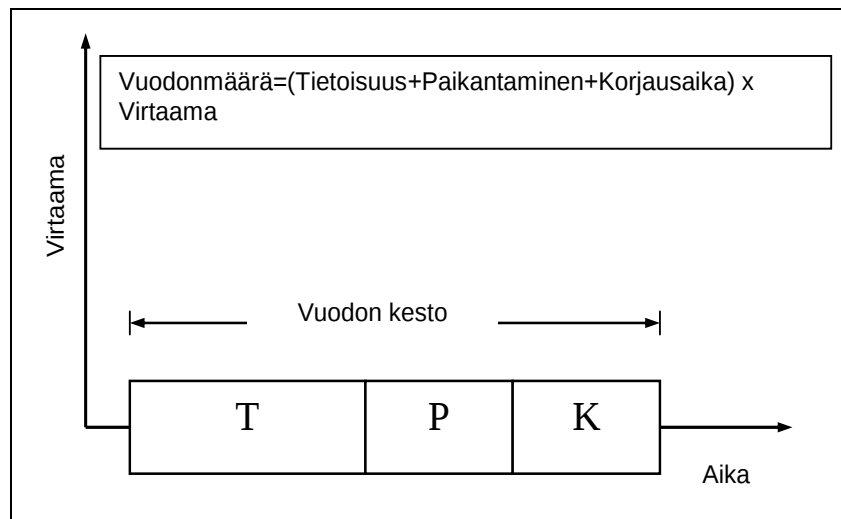
Kuva 6.16 Mittapyörä ja käyttö maastossa (Sykli 2010)

7 Vuotojen korjaus

Putkirikkojen vuotovesimäärät

Ajalla on merkitystä – mitä pidempi vuotoaika on, sitä suuremmat määrät vettä häviää. Vaikka se saattaa näyttää itsestään selvyydeltä, on tärkeää että vuotoaika pidetään minimissään.

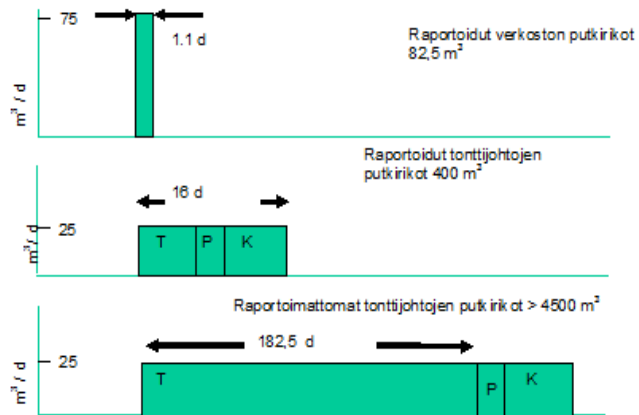
Kuva 7.1 näyttää kolme avaintekijää jotka vaikuttavat vuotoveden määrään yksittäisessä vuodossa tai putkirikossa – aika, joka kuluu seuraaviin vaiheisiin; tietoisuus (T), paikannus (P) ja korjaus (K).



Kuva 7.1 Vuodon kesto ja määrä (Lambert 2002)

Suuret vuodot eivät ole kokonaisvesimääriltään suurimpia, koska vuotoaika on avaintekijä.

Kuvan 7.2 on esitetty tyypilliset vuotoajat eri tapauksille Englannissa 1994, sisältäen raportoidut verkoston putkirikot, raportoidut tonttijohtojen putkirikot ja raportoimattomat tonttijohtojen putkirikot.



Kuva 7.2 Vuotoajat verkoston ja tonttijohtojen putkirikoissa
(Lambert 2002)



Kuva 7.3 Suuri putkirikko (Trabzon, Turkki)

Usein oletetaan, että suurin todellisten vuotojen määrä syntyy näkyvistä vuodoista, joissa jakeluputki on rikkoutunut aiheuttaen suuren hetkellisen vuotomäärän, tästä esimerkki kuvassa 7.3. Ilmivuodot pääjakeluputkissa hyvin hallituissa järjestelmissä ovat kuitenkin lyhytkestoisia. Ne saattavatkin olla alle 10 % vuotuisista vuotovesimääristä.

Vuotovesien suurimmat määrät on osoitettu johdonmukaisesti ilmenevän:

- taustavuodosta

- pitkäaikaisista raportoimattomista vuodoista ja putkirikoista (jakeluputkissa ja tonttijohdoissa)
- pitkäaikaisia raportoiduista vuodoista, joita vesilaitos ei vaivaudu korjaamaan

Korjausta tarvitaan

*VVY:n julkaisusarjassa ilmestyy samoihin aikoihin tämän Vuotovesien hallinta –julkaisun kanssa **Vesijohtoverkoston putkirikkotilanteet ja niiden hallittu korjaaminen** –julkaisu (ISBN 978-952-5000-72-6), joten vaurioiden korjaamisen osalta viittaamme lähemmin tuohon, erikseen saatavilla olevaan tietolähteeseen.*

Keskeinen osa vuotovesien hallinnassa on vuotojen korjauksien nopeus ja laatu. Tähän viitataan tavallisesti yhtenä neljästä vuodon hallinnan pylväästä. Tämä kohta kattaa vuotojen tyypit, joita on kohdattu erilaisissa vedenjakeluverkoissa, sekä miten nämä vuototyypit korjataan ja tekniikat joita käytetään korjauksissa.

Vuoto voi ilmetä korroosion takia metallisissa jakeluputkissa ja tonttijohdoissa. Tällöin korroosio johtuu vanhenevista putkista, syövyttävyydessä vedessä ja maaperässä. Vuodon muut tyypit, joita ilmenee metalliputkella, ovat säröt ja halkeamat. Nämä johtuvat perustuksesta, maan liikkeestä, vedenpaineen kasvusta (joskus korjauksien jälkeen), ajoneuvoliikenteestä ja putkien iästä. Murtumasta tai katkeamisesta aiheutunut vuoto on merkittävästi suurempi kuin vuoto, jonka korroosio aiheuttaa. Kalusteilla kuten vesiposteilla ja venttiileillä vuodot ovat visuaalisesti tunnistettavissa suurimman osan ajasta. Pätevillä korjaustiimeillä pitäisi siis olla asianmukaisia laitteita ja riittävä koulutus käsitelläkseen vuotoja järjestelmän eri osissa.

Epämetalliset vesijohtovuodot (PEH, PVC, AB) ovat samanlaisia kuin metalliputkissa. Kuitenkin ne ovat vaikeampia paikantaa äänen matalan johtavuuden takia. Korroosio ei yleensä ilmene epämetallisissa jakeluputkissa; mutta ei ole epätavallista kohdata virheellisiä tuotteita, jotka johtavat vuotoon. Myös epämetalliset putket saattavat helposti vahingoittua esim. kaivurin kanssa työskentelevä voi aiheuttaa suuria vuotoja. PVC -putkissa maan liike voi aiheuttaa helposti putken rikkoutumisen ja siten johtaa vahingoittuneisiin liitoksiin.



Kuva 7.4 Putken korjausta (Mid Kent Water Company 2007)

Sen jälkeen kun vuoto on paikannettu ja korjausryhmä saa tiedon vuodon sijainnista – korjaukset voidaan toteuttaa. Usein korjausryhmä on tottunut määrittämään, miten korjaukset toteutetaan.

Korjaustiimit tavallisesti arvioivat linjan sijainnin ja määrittävät putken tiedot ja välttämättömät venttiilit, joita tarvitaan veden katkaisuun. Vuodon suuruudesta riippuen, putki voidaan joko poistaa ja korvata uudella tai laittaa vuodon päälle ruostumattomasta teräksestä tai valuraudasta

tehty korjausmuhvi. Joidenkin vesilaitosten asiantuntijoiden mielestä on parempi laittaa putkeen korjausmuhvi kuin leikata ja pitää putkea avoimena ja paineettomana, jolloin aiheutetaan huomattava hygieniariski.

Tonttijohtojen vuotojen korjaukseen on eri menetelmiä verkostosta riippuen. Yksi menetelmä on sulkea vedenjakelu kiinteistön pääsulusta, jolloin putkimateriaalin mukaan korjataan vuoto tai uusitaan koko putki. On hyvin tärkeää vuodon korjauksen jälkeen tarkistaa muut mahdolliset vuotoalueet, joita nyt korjattu vuoto on voinut peittää.

Usein vuodon kustannusta mitataan vain veden määrässä, joka on mennyt hukkaan sekä korjauksen maksuista. Muita kustannuksia ovat:

- Hallinnolliset kulut
- Liikenteen hallinta
- Häiriöt asiakkaille
- Vesiyrityksen maine
- Uusintakorjauksien kustannukset (esim. samassa tonttijohdossa)
- Tarvitut lisäresurssit
- Kohonneet hoitokustannukset
- Kohonneet pumppauskustannukset
- Vaikutus luonnonvaroihin
- Vuotoveden kulkeutuminen jätevesiverkostoon ja käsittelykustannukset siellä.

Suomessa vesijohtojen saneeraustavoista uusiminen auki kaivamalla on yleisin saneerausmenetelmä. Muita käytettyjä menetelmiä olivat pakkosujutus, pitkäsujutus, muotoputkisujutus, sisäpuolinen betonointi sekä vaaka- ja suuntaporaus ja tunkkaus.

8 Vuotojen hallinnan strategia

8.1 Tavoitteet

Kun vedenjakelua ja jakeluverkkojen vuotovesiä arvioidaan ja tiedot järjestelmästä saadaan paremmaksi, voidaan kehittää strategiat laskuttamaton veden vähentämiseksi.

Vuotostrategian tärkeimmät tavoitteet:

- Saada vuodot hyväksyttävälle määrälliselle tai taloudelliseksi tasolle ja parantaa verkoston suorituskykyä
- Ylläpitää verkoston hallintaa ja niitä parannuksia, jotka on jo saavutettu
- Asiakastytyvyyden ja toiminnan luotettavuuden lisääminen

Vaikka on useita erilaisia vaiheita vuotovesien hallinnan parantamiseksi, ei ole mitään, vain yhtä oikeata lähestymistapaa, sillä kukin verkosto on erilainen, yksilöllinen. Strategia tulee aina räätälöidä siten, että se sopii juuri kyseiseen vesilaitokseen ja sen jakelujärjestelmään.

Vesijohtoverkoston vuotojen vähentämisen strategian suunnittelu ja käyttöönotto sisältää seuraavat kuusi osiota:

- Verkoston toiminnan ymmärtäminen
- Vuotovesien suuruustason määrittäminen
- Tavoiteasettelu
- Toteutus
- Seuranta
- Ylläpito

Nämä strategiaosiot on kuvattu tarkemmin seuraavissa kappaleissa.

Jakelujärjestelmän ominaisuudet

Jotta täysin ymmärtäisimme miksi vesi häviää verkosta, pitäisi ryhtyä jakeluverkon analysointiin ja järjestelmän toimivuuden selvittämiseen. Näiden tietojen avulla saadaan vastaukset kysymyksiin, jotka liittyvät järjestelmän perusrakenteeseen, sen kuntoon, vuotoihin, käytettävyyteen ja hallintaan.

Keskustelut toimintaa ylläpitävien henkilöiden kanssa auttavat luomaan käsitystä aikataulusta ja rahoituksen määrästä, joita vaaditaan vuotovesien vähentämishjelmaa varten.

Vuotomäärien arviointi

Vuotovesimäärien määrittäminen (sekä todelliset että taloudelliset) suoritetaan vesitaseen avulla. Ennen vuotovesistrategian kehittämistä ja käyttöönottoa on ratkaisevan tärkeää tietää lähtökohdat, jotka vesitase antaa.



8.1 Vuodon koko ja aika vaikuttavat (Lining 2010)

Tavoiteasettelu

Päämäärien asettaminen on minkä tahansa vuotovesien vähenemis-strategian tärkein näkökohta. Vuotovesien vähentämisen tavoitteissa täytyy ottaa huomioon niin taloudelliset näkökohdat kuin muut paikalliset olosuhde-tekijät. Päämäärien asettamiseen täytyy kiinnittää erityisesti huomiota, jos jakelu on epäsäännöllistä. Vesijohtovuodoista purkautuvan vesimäärän ja verkostossa vallitsevan painetason välillä on yhteys. Mitä korkeampi painetaso verkostossa on, sitä suurempi on vuotokohdista tietyssä ajassa ulospurkautuva vesimäärä eli vuotoveden virtausnopeus.

Jokaisessa jakelujärjestelmässä on alin taso vuotovesien määrälle, jonka jälkeen lisäinvestointi ei kannata tai lisäresurssien käyttö ei hyödytä. Kun vesimäärän arvo, joka saadaan säästettyä, on pienempi, kuin sen saavuttamiseen käytetty kustannus, on taloudellinen vuototaso saavutettu (taloudellinen vuototaso = Economic Level of Leakage, ELL). Taloudellisen vuototason määrittäminen lyhyellä ja pitkällä aikavälillä on suositeltavaa. Lyhyt aikaväli on 3 vuotta ja pitkä aikaväli 10...15 vuoteen.

Taloudellisen vuototason laskeminen vesilaitoksissa vaatii usein erityisesti siihen suunniteltua ohjelmistoa. Taloudellisen vuototason määrittäminen vaikuttaa toisiin keskeisiin tunnuslukuihin, vuotavuusindeksiin ja vuotoon osa-aluetta kohti, joten on suositeltavaa, että ne otetaan huomioon päämäärää asetettaessa.

Taloudellisen kannattavuuden lisäksi on harkittava asiakkaiden tyytyväisyyden painoarvoa. Tämä on Suomessa jo määräävämpi kriteeri kuin pelkät taloudelliset arvot.

Toteutus

Vuotojen vähentäminen on tavallista aloittaa paikantamis- ja korjaustöillä pienehköllä aloituskohdealueella, pilottialueella. Vasta pilottikohteen valmistumisen jälkeen, ja saatujen paikallisten kokemusten pohjalta, kannattaa laatia koko verkoston lopullinen vuotojen

vähentämishjelma, jolla selvitetään vuotovesien vähentämisen hyötyjä, ymmärretään tulevia vuotovesimääriä ja -paikkoja.

Asiat, joita on opittu tästä aloitusvaiheesta, kuten vuodon paikantamisen tehokkaat menetelmät, paremmat käsitykset vuotojen syistä (putken / liitoksen heikkoudet, paineaallot, luvattomat liittymät, putken kunto jne.) otetaan huomioon paikallisten vuotojen vähentämismenettelyn kehittämisessä. Niitä sovelletaan siis muihin osa-alueisiin, jotka on tunnistettu tärkeimmiksi vuotokohtien luokittelussa.

Vuotokorjausten aloitusvaihe

Alue tai alueet, joissa on mahdollista vähentää vuotoja ensimmäisenä, voidaan valita prioriteettiperusteisesti. Keskeiset toimenpiteet, jotka toteutetaan tämän aloitusvaiheen aikana:

- Alueiden varmistaminen todellisten ja näennäisten vuotojen määrittämiseksi
- Alueiden priorisoinnin kohdentaminen laskuttamattoman veden vähentämiseksi
- Vuodon hallinnan tehokas optimointi alueiden sisällä
- Laitteiden ja menetelmien suorituskvyn arviointi

Aloitusvaiheen tavoitteena on kerätä riittävä määrä tietoa tyypillisestä, rajatusta alueesta, jotta varmistetaan laskuttamattoman veden vähenemisen toteutuminen vähentämishjelman avulla. Sillä voidaan tarkkaan arvioida todellisten ja näennäisten vuotovesien määrät sekä saada hyödyllistä tietoa laite- ja menetelmävalikoimasta.

Aloitusvaihe käsittää:

- Valinta ja käsitys mitattavista vedentoimitusalueesta tai -alueista
- Vuotojen vastuuhenkilö tunnistaa nämä ja päämääränä on järjestelmän edustavuus. Tyypillisesti alueen muokkausta vältetään. Lisäksi arvioidaan asiakkaan kulutusta, venttiilien kuntoa, virtausmittarien lukemista / oikeellisuutta ja yövirtaamia.

Laskuttamattoman veden vähentäminen mittausalueella tai -alueilla

- Vuotojen selvittämisen toteuttaa vuotojenselvitysryhmä ja korjaukset organisoivat vesilaitoksen ylläpito-osasto.

Laitteet vuotojen etsintään

- Erilaisia vuodonpaikantamislaitteita käytetään ja niiden tiedot talletetaan, jotta myöhemmin voidaan laitteet arvioida kunnolla.

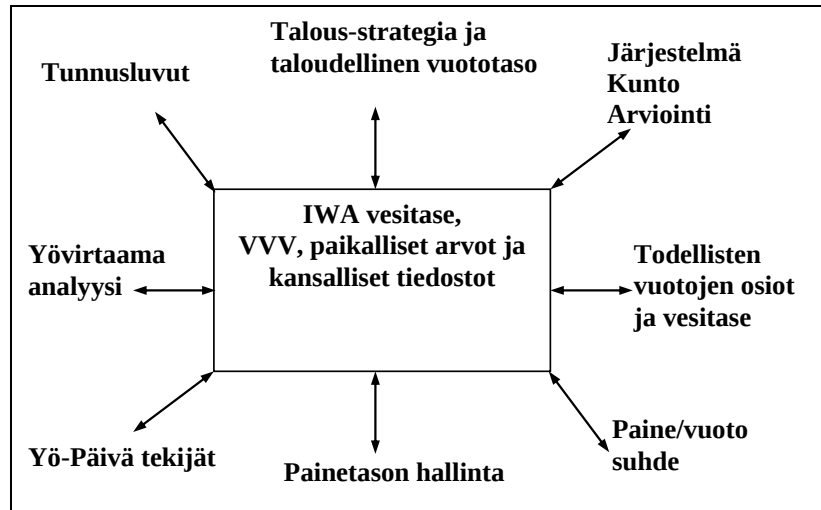
Vuodon vähenemisen arviointi

- Tulokset näistä kokeilualueista osoittavat vuotovesien vähentämisen mahdollisuudet koko järjestelmässä.

Aloitusvaiheen loputtua on käytettävissä hyvää tietoa, joka auttaa tavoitteiden kehittämisessä eri suorituskvitysoille kuten:

- Asiakasvesimittarin tarkkuus
- Asiakkaan veden kulutus
- Luvaton veden käyttö
- Vuotomäärät

Alustavan käsityksen muodostamiseen tutkittavasta alueesta kuluu noin 3 viikkoa ja vuotoselvitykseen suorittamiseen sama aika. Tekniikat, joita käytetään alueen arviointiin, on kerätty kuvassa 8.2 työkalupakkiin. Työkalupakin käyttö takaa, että ongelmat tunnistetaan ja ratkaistaan. Käyttö takaa myös tehokkaan kehittämisen ja alueen vuotovesien hallinnan menetelmien optimoinnin. Näitä tekniikoita on onnistuneesti käytetty maailmalla eri järjestelmissä.



Kuva 8.2 Vuotojen hallinnan työkalupakki (Lambert 2000)

LIITTEESSÄ 8.1 on esitetty yhteenvetona **Vesijohtovuotojen vähentämisen toimintamuistio**.

Vuotokorjausten toteutusvaihe

Toteutusvaiheen tavoitteena on vähentää vuotovesimäärää koko verkossa asianmukaiseen tavoite-tasoon tietynä ajanjaksona. Tavoitetasot on määritelty strategian kehittämisen aikana. Ne saavutetaan käytäntöjen ja tekniikoiden yhteissovelluksena, joita käytettiin onnistuneesti vuotovesien vähentämiseen aloitusalueella ja -vaiheessa. Todelliset vuotojen vähenemiset saavutetaan käyttämällä vuodon paikantamislaitteita, kuten akustisia loggereita ja äänen paikantimia.

Katselmuksen ja alueellisen tutkimuksen aikana kaikki mahdolliset menetelmät paineentason hallinnassa on tunnistettu. Paineen hallintaprojekti suunnitellaan kalibroidun hydraulisen mallin avustuksella, jos sellainen on saatavilla ja tarpeellista.

Vuotokorjausten jatkovaihe

Etenemistä kohti päämäärää pitäisi valvoa säännöllisesti myös laskelmilla. Strategiaa pitäisi arvioida vuosittain ja sopeuttaa tarvittaessa ottamaan huomioon kaikki muutokset tilanteessa.

On hyvin tärkeää kullekin vesilaitokselle varmistaa, että kaikki ne ehdotukset otetaan käyttöön, jotka on tehty vuotovesien vähentämisstrategiassa.

Tämä käsittää ja edellyttää:

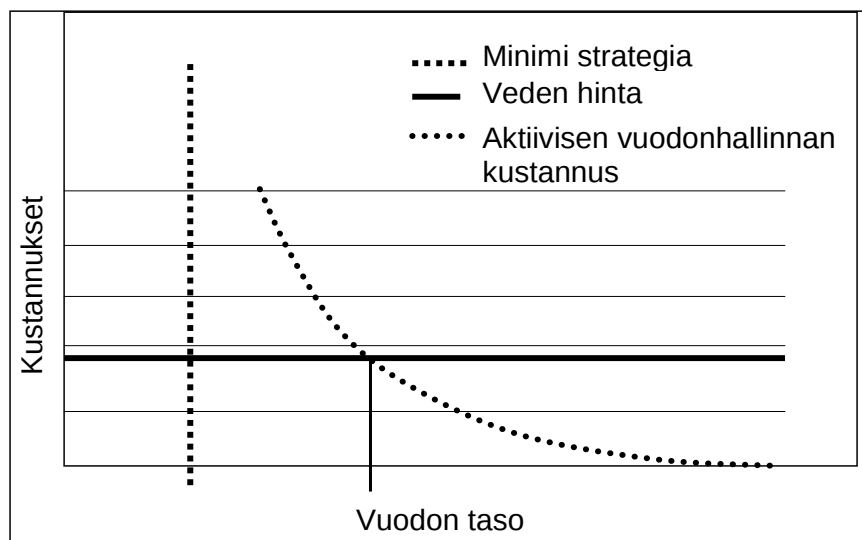
- Tarvittavan henkilökunnan määrän varmistamisen

- Henkilökunnan koulutuksen ja motivoinnin ylläpidon
- Laitteiden toimivan ylläpidon ja huollon
- Suorituskyvyn arvioinnin ja tarkkailun
- Toteutuspäätökset ja rahoituksen

8.2 Taloudellinen vuototaso

Useimmat vesilaitokset haluaisivat ihannetapauksessa käyttää täydellistä järjestelmää, jossa ei ole vuotoja, mutta tämä ei tietenkään ole mahdollista, koska enemmistö putkistosta on haudattu maan alle näkymättömiin. Kuten aikaisemmissa kohdissa on esitetty, vuotoihin on monia syitä ja missä tahansa vedenjakelujärjestelmässä esiintyy jokin määrä vuotoja, mutta niitäkin on hallittava.

Määrittäminen



Kuva 8.3 Aktiivisen vuotojen hallinnan kustannuskäyrä
(Farley and Trow 2003)

Tavoiteltavan vuototason määrittämiseen liittyy olennaisesti taloudellisen vuototason (Economic Level of Leakage, ELL) käsite. Jokaiselle vesijohtoverkostolle on olemassa vuototaso, jonka pienentämiseksi ei enää ole taloudellisesti järkevää tehdä lisää investointeja tai käyttää enempää resursseja.

Laskenta

On olemassa lukuisia dokumentteja, joissa esitetään taloudellisen vuototason laskemisen eri menetelmillä, joten tässä korostetaan vain pääasioita:

- Taloudellisen vuototaso muuttuu ajan myötä ja siihen vaikuttaa tekijät, kuten verkoston saneerausohjelmat ja vuotojen esiintymistiheyden muutokset epänormaalien sääolosuhteiden takia.
- Uusien vuotojen hallinnan menetelmien toteutus kuten paineentason hallinta, alueellinen mittaaminen ja aktiivisen vuotojen hallinnan taso, vaikuttavat myös taloudelliseen vuototasoon.

- Veden hintaan vaikuttaa veden hankinnan ja puhdistamisen käyttökustannukset eli tarvittavien kemikaalien, puhdistusprosessiin käytettävän energian ja veden jakeluun käytettävän energian kustannukset. Lisäksi veden hintaan mukaan luetaan pitkän ajan investointikustannukset, vuotoveden määrän vähentämisen seurauksena voidaan ehkä välttää tai lykätä uuden vedenpuhdistamon tai vanhan laitoksen laajennuksen rakentamista.
- Aktiivisen vuotojen hallinnan menetelmiä käyttämällä saatetaan löytää piilovuotoja, joita ei välttämättä koskaan tai ainakaan pitkään aikaan muuten löydetäisi. Tämän seurauksena korjattavien vuotojen määrä ja tätä kautta myös korjaukseen tarvittava rahamäärä voi kasvaa.

Taloudellisen vuototason laskemisessa pitäisi käyttää erityistietoja. Jos vesilaitos on vain osittain toteuttamassa vuotovesien vähentämishjelmaansa, niin laskelmalla saatavat arvot muuttuvat alituisesti. Suositellaan, että tässä tilanteessa taloudellisen vuototaso pitäisi arvioida kahden vuoden välein.

Osatekijät

Vesijohtoverkoston taloudellinen vuototaso sisältää kolme pääkomponenttia:

- Taustavuotojen määrä optimoitujen mittausalueiden tuloksena
- Vuotomäärät raportoiduissa vuodoissa lyhyellä korjausajalla
- Vuodon määrä raportoimattomissa vuodoissa, kun vuodon etsintään ja korjaukseen on panostettu taloudellisesti

Kaikissa vesijohtoverkoissa taloudellisen vuototason saavuttaminen vaatii neljä tärkeää toimenpidettä:

- Optimaalisen kokonaispaineen hallintaperiaate, joka sisältää ylipaineen vähentämisen ja painevaihtelujen tunnistaminen sekä näiden haittojen minimoinnin eli vuotojen esiintymistiheyden vähentäminen
- Optimaalinen vuotojen korjausaika
- Taloudellinen panostus piilovuotojen tiedostamiseen, paikantamiseen ja korjaamiseen
- Investointi niin saneeraukseen kuin ylläpitoon

Laatutaso

Taloudellisten kustannusten lisäksi vuototaso ja vuodot vaikuttavat liiketoimintaan aiheuttaen katkoksia veden toimitukseen ja saattavat aiheuttaa laadullisia tai hygieenisiä ongelmia.

9 Esimerkkitapaukset

9.1 HSY Helsingin seudun ympäristöpalvelut

HSY eli Helsingin seudun ympäristöpalvelut -kuntayhtymä on Suomen suurin ympäristöalan toimija. Se tuottaa jäte- ja vesihuoltopalveluita yli miljoonalle pääkaupunkiseudun asukkaalle. Toiminta käynnistyi 1.1.2010 ja siihen yhdistyi myös **Helsingin Vesi** -liikelaitos.

Viimeisen kymmenen vuoden tilastoja tarkasteltaessa Helsingissä on havaittavissa selvä laskuttamattoman veden osuuden kasvu verkostoon pumpatusta vesimäärästä. Nousevasta trendistä on huolestuttu Helsingin Vedessä, mutta siihen on kiinnitetty huomiota ja pyydetty selitystä myös teknisen lautakunnan toimesta. Laskuttamattomassa vesimäärässä tapahtuvien vaihteluiden syistä tai merkittävydestä ei ole ollut selvää käsitystä. Myöskään laskuttamattoman vesimäärän koostumusta ja sen sisältämien jakeiden suuruusluokkia ei ole tunnettu.

Helsingin Vedessä on laadittu vedenjakelu- ja viemäriverkoston kuntoselvityksen pohjalta verkostosaneerauksen pitkän tähtäimen suunnitelma (PTS) vuoteen 2030 asti. Investointivaraukset määritellään käytännössä tämän suunnitelman perusteella. Uutena toimintatapana on otettu käyttöön aluetutkimus ja sen perusteella tehtävä aluesaneeraus. Verkostoikä on kuntotutkimusjärjestyksen valinnan perusteena. (MAA- JA METSÄTALOUS-MINISTERIÖ VESIHUOLTOVERKOSTOJEN NYKYTILA JA SANEERAUSTARVE YVES-tutkimuksen päivitys 2008, 2312-C9259).

Helsingin Veden tutkimusinsinööri Päivi Kopra on v. 2009 laatinut seuraavan, esimerkkinä esitetyn selvityksen Helsingin Veden vesijohtovuotojen viimeaikaisesta hallinnasta.

Taulukko 9.1 Helsingin Veden vesitase vuonna 2006

Vesitaseen jae	m3 /vuosi	% Helsingin vedestä
Verkostoon pumpattu vesimäärä	83 703 000	159,5
Helsingin verkostoon pumpattu vesimäärä	52 473 477	100,0
Laskutettu mitattu käyttö	74 666 479	
Myynti Helsinki	43 373 656	82,7
Myynti Espoo	15 228 535	
Myynti Vantaa	15 908 399	
Myynti Sipoo	92 589	
Pystyputkimittarit HKR	40 000	0,08
Pystyputkimittarit muut	23 300	0,04
Laskutettu mittaamaton käyttö	303	0,0
Mittarittomat yleisökäymälät	303	0,0
Laskutettu vesi	74 666 782	
Laskuttamaton mitattu käyttö	235 216	0,4
Viikinmäen jätevedenpuhdistamo	217 622	0,4
Ilmala	13 827	0,02
Pitkäkosken ja Hämeentien asunnot	3 767	0,01
Laskuttamaton mittaamaton käyttö	1 132 050	2,2
Vesijohtoverkoston huuhtelu	1 025 000	2,0
Näytepostit	890 000	1,7
Käyttöönottohuuhtelut	120 000	0,2
Laatuvalitushuuhtelut	15 000	0,01
Viemärien huuhtelu ja pesu	21 700	0,04
Säännölliset huuhtelukohteet	1 800	0,0
Viemärien TV-kuvaus	10 000	0,02
Viemärisaneeraus	9 600	0,02
Viemäritukosten aukaisu	300	0,0
Sammutusvesi	54 000	0,1
Pelastuslaitoksen sammutusvesi	49 000	0,1
Sprinklerit	5 000	0,01
Muut	31 350	0,1
Roihuvuoren vesisäiliö	30 000	0,1
Vapaapostit	100	0,0
Jv-pumppaamot ja Pk-asemat	1 250	0,0
Laskuttamaton hyväksytty käyttö	1 367 266	2,6
Vuotovesi	7 668 952	14,6
Laskuttamaton vesi	9 036 218	17,2
Hyväksytty käyttö	76 034 048	

Vesijohtoverkoston vuotojen hallinta

Helsingin Vesi toimittaa talousvettä noin 577 000 Helsingin kaupungin asukkaalle. Lisäksi talousvettä toimitetaan naapurikaupunkeihin, joiden käyttämästä vedestä Espoossa noin 70 % ja Vantaalla noin 90 % tulee Helsingistä. Helsingin Veden vedenpuhdistuslaitosten kokonaispumppaus vuonna 2008 oli 83 657 000 m³, josta naapureille myytiin 29 481 000 m³. Helsingin vesijohtoverkoston pumpattiin 54 176 000 m³. Helsingin vesijohtoverkoston pituus on noin 1 180 km. Verkostoon on liitetty noin 24 500 tonttivesijohtoa. Vesijohtoverkoston vuotavuutta kuvaavana tunnuslukuna on Helsingissä käytetty prosentteina ilmaistua laskuttamatonta vesimäärää.

Vuotovesien hallinnan kehitys

Vuoden 2004 poikkeuksellisen korkea laskuttamattoman veden prosentti viestitti vuotovesimäärän huomattavasta kasvusta ja aiheutti paljon keskustelua laitoksen sisällä. Laskuttamattoman vesimäärän koostumus haluttiin selvittää, jotta tiedettäisiin kuinka suuri osa laskuttamattomasta vedestä oli todellista vuotovettä. Haluttiin myös saada selville mitä ja minkä suuruisia ovat muut laskuttamattoman veden jakeet. Aiheesta päätettiin teettää diplomityö. Siinä laskettiin Helsingin vesijohtoverkoston vuotavuusindeksi eli ILI-luku vuodelle 2006 ja esiteltiin vuotovesien hallinnan menetelmät. Vesitaselaskelmat osoittivat, että noin 85 % laskuttamattoman veden määrästä oli vuotovettä. Lisäksi Helsingin Veden vesijohtoverkoston vuotavuusindeksi osoittautui olevan yllättävän korkea 8,2.

Diplomityön valmistumisen jälkeen Helsingin Vedessä todettiin, että on ryhdyttävä aktiivisesti toimimaan vesijohtoverkoston vuotovesimäärän vähentämiseksi. Vuoteen 2007 asti Helsingissä oli korjattu vain maan pintaan nousseet tai muuten ilmi tulleet vesijohtovuodot. Nyt päätettiin ruveta kehittämään vuotojen hallintaa.

Vuotovesien hallinnan menetelmistä päätettiin ensimmäisenä aloittaa aktiivinen vesijohtovuotojen etsintä eli verkostossa olevien piilovuotojen etsiminen. Työkaluksi piilovuotojen etsintään valittiin ääniloggeritutkimus. Menetelmään päädyttiin, koska se ei aiheuta ongelmia vedenkäyttäjille (vesikatkoja ei synny), toiminnan aloittaminen käy nopeasti ja tutkimusvälineiden hankkimiskustannukset eivät ole kovin korkeat. Tutkimustoimintaa varten hankittiin ääniloggerit, korrelaattori ja perustettiin tutkimusryhmä.

Ääniloggeritutkimus

Ääniloggeritutkimuksella kuunnellaan vesijohtoverkostosta yöllä kuuluvia ääniä. Kuuntelun hoitavat paloposteihin ja sulkuventtiileihin kiinnitetyt laitteet ääniloggerit, joten ihmisten ei tarvitse olla töissä yöllä. Kuuntelutulokset kerätään seuraavana päivänä lukulaitteen avulla ja siirretään kämmentietokoneelle. Helsingin Vedellä on käytössä 45 ääniloggeria. Kokemuksen perusteella lukumäärä on sopiva, sillä laitteiden vieminen maastoon onnistuu kahdelta henkilöltä yhden työpäivän aikana.

Ääniloggeritutkimusta suoritetaan kaupunginosien osa-alue kerrallaan. Helsingissä on 54 kaupunginosaa, jotka jakaantuvat noin 130 osa-alueeseen. Kaupunginosien osa-alueiden rajojen käyttäminen tutkimusalueiden rajoina helpottaa tutkimuksen tekemistä, seurantaa ja raportointia. Helsingin Veden verkkotietojärjestelmään on mahdollista liittää kaupunginosien osa-alueiden rajat, mikä helpottaa maastotyössä tarvittavien karttojen tekemistä. Myös ulkopuolisten henkilöiden on helppo hahmottaa, mitä alueita on tutkittu, kun tutkimusalueista voidaan käyttää kaupunginosien ja niiden osa-alueiden nimiä. Yksi tutkimusalue sisältää keskimäärin 9 km vesijohtoa.

Tutkimuksen vaiheet

Tutkimusalueen valitsemisen jälkeen ääniloggerit viedään alueella sijaitseviin paloposteihin, joissa ne kuuntelevat yhden yön. Ääniloggereita asennetaan tutkimusalueesta riippuen 100–300 m välein. Esimerkiksi Helsingin keskustassa ääniloggerit sijoitetaan ympäristön korkean melutason vuoksi tiheämpään kuin rauhallisella omakotitaloalueella. Ääniloggerit kiinnittyvät paloposteihin magneetin avulla. Ne on ohjelmoitu kuuntelemaan yöllä klo 2.00–4.00 välisenä aikana. Yöllä kuuntelemisessa on se etu, että ympäristöstä kuten liikenteestä aiheutuvat äänet ovat yöllä huomattavasti pienemmät. Näin myös hiljaisten vuotojen löytäminen on todennäköisempää.

Ääniloggereiden kuuntelutietojen kerääminen tapahtuu lukulaitteen avulla. Ääniloggereissa on antennit, joiden avulla loggeri lähettää kuuntelutiedon lukulaitteeseen. Lukulaitteen ja ääniloggerin on oltava riittävän lähellä toisiaan, jotta tiedon siirto on mahdollista. Käytännössä tiedot kerätään ajamalla autolla tutkimusalueella olevien loggereiden ohi. Lukulaite ilmoittaa loggerien kuuleman äänen voimakkuuden ja hajonnan ja tulkitsee riittävän voimakkaan yhtäjaksoisen äänen vuodoksi. Laitteet osaavat siis sulkea pois vuotoepäilyjen joukosta yksittäisen ajoneuvon tai muun hetkellisen äänen, koska ääni ei ole yhtäjaksoinen. Sen sijaan pitempiä aikoja käyvät pumput, viemärien lorina, joka kuuluu palopostien viemäröinnin vuoksi selvästi, sekä muut yhtäjaksoiset riittävän voimakkaat äänet laite tulkitsee vuodoiksi. Tällaisia vuodon tyyppisiä ääniä on paljon ja todellisten vuotojen löytäminen näiden joukosta onkin ääniloggeritutkimuksen aikaa vievin osuus. Helsingissä on löytynyt keskimäärin 20 vuotoepäilyä tutkimusaluetta kohti. Näistä noin 2 on ollut todellisia vesijohtovuotoja. Vuotoepäilyä on siis kymmenkertainen määrä todellisiin vuotoihin verrattuna ja jokainen vuotoepäily täytyy tietenkin tutkia.

Ääniloggereiden sijainti- ja kuuntelutiedot tallennetaan. Lisäksi raportoidaan, mikä oli laitteiden vuodoksi luuleman äänen aiheuttaja esim. viemäri, pumppu tai vesijohtovuoto, jos tämä saadaan selville. Tietoja voidaan käyttää hyödyksi, kun samalla alueella loggeroidaan seuraavan kerran.

Kuuntelutietojen keräämisen jälkeen ääniloggerit haetaan pois alueelta, minkä jälkeen aloitetaan vuotoepäilyjen tutkiminen. Vuotoepäilyjen joukosta erotetaan ja paikannetaan todelliset vesijohtovuodot kuuntelupiikin ja korrelaattorin avulla. Epäselvissä tapauksissa vesijohdoille pyritään myös tekemään painekoe, jonka avulla voidaan varmistua vesijohtovuodon olemassa olost. Paineokeen tekeminen jakeluvesijohdoissa ei ole läheskään aina mahdollista, mutta tonttivesijohdoissa sitä käytetään useammin.

Tutkimuksella löytyneet siirto- ja jakeluvesijohtovuodot lisätään kunnossapidon kaivuohjelmaan ja viedään tiedoksi kaivutöitä hoitaville vesihuoltomestareille. Vuodot pyritään korjaamaan mahdollisimman pian. Tonttijohtovuodoista tiedotetaan kiinteistön omistajaa tai taloyhtiön isännöitsijää ja kehoitetaan korjaamaan vuodot välittömästi.

Ääniloggeritutkimuksen avulla on tarkoitus käydä läpi koko Helsingin vesijohtoverkosto. Vuoden 2008 loppuun mennessä oli saatu tutkittua noin 370 km vesijohtoa, mikä on noin 30 % Helsingin vesijohtoverkoston kokonaispituudesta. Tutkitulta alueelta on löydetty 36 vesijohtovuotoa. Vuodoista 17 kpl on ollut tonttijohdoissa ja 19 kpl jakelujohdoissa. Koko vesijohtoverkoston tutkiminen ääniloggereiden avulla kestää noin 4 vuotta. Tänä aikana uusia vesijohtovuotoja ehtii syntyä huomattava määrä. Ääniloggereiden avulla tutkituilta alueilta on useampia kertoja korjattu uusia vuotoja vain pari kuukautta tutkimuksen päätyksen jälkeen.

Helsingissä ei ole käytössä vesijohtoverkoston alueellista virtaamamittausta. Alueellinen mittausta auttaisi ääniloggeritutkimuksen suorittamista, koska sen avulla tutkimus pystyttäisiin paremmin kohdentamaan piilovuodoista kärsiville alueille. Tutkimusalueiden valinnassa on yritetty käyttää apuna vesijohtovuodoista tehtyjä vuotoraportteja, jätevedenpumppaamoiden virtaustietoja ja Helsingin maaperäkarttaa, mutta näistä saatava hyöty ei ole ollut kovin suuri.

Vuotovesien hallinnan kehittäminen

Ilman alueellista mittausta ei voida puhua tehokkaasta vuotohallinnasta. Vuotovesien hallinnan toimia ei osata kohdentaa oikeille alueille eikä vuotovesien hallinnan tuloksia päästä kunnolla toteamaan. Alueellisesta mittaamisesta olisi hyötyä myös muun verkoston hallinnan kannalta. Lisäksi talousveden laatuhäiriötilanteissa alueellisen mittauksen mittarikaivoja pystytään käyttämään hyödyksi esim. vesijohtoverkoston kloorauksessa.

Alueellisesta mittaamisesta saatava hyöty on tiedostettu laitoksen sisällä ja mittausalueiden muodostamistyö on aloitettu, mutta vesijohtoverkoston mittaamisen kannalta hankala rakenne vaikeuttaa työtä. Helsingin vesijohtoverkosto on rakennettu siten, että alueiden veden saanti on varmistettu useilla yhteyksillä. Mittausalueiden muodostaminen tällaiseen verkostoon vaatii lukuisia virtaamamittauspisteitä.

Vuotovesien hallinnan menetelmistä kustannus/hyöty -suhteeltaan tehokkain on painetason hallinta. Paineen alentaminen vähentää vuotokohdista ulospurkautuvan veden virtausnopeutta. Tämän seurauksena vuotovesimäärä pienenee vaikka yhtään vesijohtovuotoa ei korjattaisi. Paineen alentaminen vaikuttaa merkittävästi varsinkin piilovuotojen kautta hukkaan menevän vesimäärän suuruuteen. Paineen alentaminen vaikuttaa myös vesijohtovuotojen esiintymistiheyteen. Uusia vuotoja syntyy paineen alentamisen jälkeen vähemmän.

Helsingin vesijohtoverkoston painetason määräävät vesitornit, joita on käytössä neljä kappaletta. Yleisesti painetasoa pystyttäisiin alentamaan vain laskemalla vesitornien vedenpinnankorkeutta. Koska vesitornit toimivat myös varavesisäiliöinä, pinnankorkeuden laskeminen vaikuttaisi suoraan varavesisäiliötilavuuteen. Tästä syystä on todennäköisempää, että paineen alennus jouduttaisiin tekemään alueellisesti esim. paineenalennusventtiileiden avulla.

9.2 Lahti Aqua

Tekla Oy:n verkkosivuilta 2010 referenssi Lahti Aqua

Tehoa johtamiseen ja kenttätyöhön

Lahti Aqua Oy:ssä panostetaan vesihuoltopalvelujen tuottamisessa korkeaan laatuun, hyvään asiakaspalveluun sekä riskien ja kustannuksien pitämiseen matalina. Jotta nämä tavoitteet voidaan saavuttaa, pitää vesi- ja viemäriverkostojen tilasta olla olemassa hyvät tiedot. Tätä varten Lahti Aqua valitsi vuonna 2002 toiminnoiltaan monipuolisen Tekla Xpipe -verkkotietojärjestelmän pääomaisuutensa operatiiviseen omaisuudenhallintaan, kertoo Lahti Aquan toimitusjohtaja Martti Lipponen.

Lahti Aqua Oy:llä on 86 työntekijää, ja vuoden 2008 alusta yritys laajensi toiminnan kattamaan Lahden lisäksi myös Hollolan alueen vesihuollon seudullisen yhteistyön muodossa. Asukkaita toimialueella on 120 000 ja vesi- ja viemäriverkostoa noin 2000 kilometriä.

Lahti Aqua Oy:ssä panostetaan vesihuoltopalvelujen tuottamisessa korkeaan laatuun, hyvään asiakaspalveluun sekä riskien ja kustannuksien pitämiseen matalina–Järjestelmävalinnan yhteydessä valitsee aina myös pitkän asiakkuuden. Tämän vuoksi järjestelmäkehityksen sekä koulutuksen ja tiedonkulun meidän ja järjestelmätoimittajan kesken pitää toimia, Lipponen toteaa.

Tekla Xpipen kehittämistyötä viedään eteenpäin muun muassa Teklan ja asiakkaiden välisissä kehittämisryhmissä, joista yksi muodostuu vesilaitosten johtajista. On erittäin hyvä, että myös tämä johtamisen puoli on otettu huomioon.

Strategisen suunnittelun väline

Uuden sovelluksen avulla pyrimme suunnittelemaan ja kohdistamaan investoinnit täsmällisesti. Haemme Tekla Xpipestä tarkat lähtötiedot verkoston tilasta, ja saamiemme kuntotietojen avulla voimme suunnitella optimaalisen saneerausohjelman. Lisäksi voimme määrittää ja tutkia eri vaihtoehtojen kustannuksia ja vaikutuksia. Vesihuoltoverkostoa odottaa tulevaisuudessa kasvava saneeraustarve, jonka ohjaamiseen ja hallintaan on haettava uusia toimintamalleja, Lipponen toteaa.

Tekla Xpipe on siis myös yrityksen johdon työkalu. Johto vastaa investoinneista ja strategisesta suunnittelusta ja tarvitsee tätä varten täsmällistä tietoa verkoston tilasta, Lipponen huomauttaa.

Ensimmäisenä Suomessa seudulliseen vesihuoltoon

Lahti Aquan ja Teklan välillä on toteutettu useita kumppanuushankkeita. Eräs hanke koski seudullisen vesihuoltoyhteistyön käynnistämistä Lahden ja Hollolan kesken. Seutuyhteistyössä Lahti Aqua tuottaa Hollolan alueen vesihuoltopalvelut. Yhteistyötä varten Lahden ja Hollolan verkkoaineistot piti saada samaan verkkotietojärjestelmään. Ensin Tekla siirsi Hollolan verkkoaineiston Tekla Xpipeen, minkä jälkeen aineiston ominaisuustietoja täydennettiin Lahti Aquan toimesta.

Aineistojen yhdistäminen kävi nopealla aikataululla, vaikka Hollolassa on verkostoa 500 kilometriä. Tämä järjestely oli Hollolalle edullisempi verrattuna siihen, että he olisivat toteuttaneet järjestelmä uudistuksen itsenäisesti, Lipponen huomauttaa.

Mobilesovellus on tehostanut työntekoa

Lahti Aqua hyödyntää vesi- ja viemäriverkostojen kunnossapidossa Tekla Xpipe Mobile -sovellusta, jota asentajat käyttävät maastotietokoneella. Mobilen avulla työntekijät pääsevät Tekla Xpipeen tietokantaan myös maastossa ja autossa matkalla työkohteeseen.

Kun asentajilla on kartta- ja kuntotiedot aina mukanaan, heidän ei tarvitse ajaa toimistolle niitä tulostamaan. Mobilen käyttöönoton myötä joitain työvaiheita on siis jäänyt turhina pois, mikä on selvästi tehostanut toimintaa, Lipponen kertoo.

Kaikkien työntekijöiden käytössä

Lahti Aquassa Tekla Xpipeen käyttöaste on hyvin korkea; sitä käyttävät kaikki asentajista toimitusjohtajaan. Lisäksi kaikki työntekijäryhmät ovat olleet mukana järjestelmän kehitystehtävissä.

Tekla Xpipessä on paljon erilaisia ominaisuuksia. On ollut johdon haaste saada työntekijät ottamaan uudet työvälineet käyttöönsä. Meillä esimerkiksi se, että työntekijät pääsevät mukaan kehityshankkeisiin, on innostanut heitä ottamaan uudet välineet haltuun.

LIITE 8.1 Vesijohtovuotojen vähentämisen toimintamuistio

Vesijohtovuotojen vähentämisen toimintamuistio		
Vaihe	Kohde	Tehtävä
Aloitus	Hallinto	Tehtävä tarvittavat päätökset ja varattava resurssit
	Koko vesilaitos	Selvitä verkostoon pumpattu vuotuinen vesimäärä - laskutettu vesimäärä = laskuttamaton vesimäärä
	Koko vesimäärä	Tarkista vedenhankinnan ja siirtoasemien vesimittarit
	Laskutettu vesimäärä	Selvitä kuluttajavesimittareiden luotettavuus otannalla ja tarkista vedenlaskutuksen oikeellisuus tarkastelujaksolle
	Laskuttamaton vesimäärä	Selvitä hyväksytyn, laskuttamattoman veden määrä
Vesitase	Koko vesilaitos	Määritä vesitase
	Laskutettu mitattu vesi	Vaikutus mittareiden vaihto- ja huoltotarpeisiin
	Laskutettu mittaamaton vesi	Vaikutus mittaustarpeisiin tai laskutuskäytäntöön
	Laskuttamaton mitattu vesi	Vaikutus mittaustarpeisiin tai laskutuskäytäntöön
	Laskuttamaton mittaamaton vesi	Selvitetään hyväksytyn käytön ja vuotovesien osuus
	Luvaton käyttö	Vaikutus laskutukseen ja käytön valvontaan
Kaikki vuodot	Mittarivirheet	Vaikutus mittareiden vaihto- ja huoltotarpeisiin
	Vuodot vesisäiliöistä	Tutki ja poista
	Ylivuodot vesisäiliöistä	Tutki ja poista
Verkosto	Vuodot vesijohtoverkostossa	Jatkoselvitys
	Siirtojohdot	Riskiarvio iän, materiaalin, korjaushistorian yms. perust.
	Jakelujohdot	Riskiarvio iän, materiaalin, korjaushistorian yms. perust.
	Tonttijohdot	Riskiarvio iän, materiaalin, korjaushistorian yms. perust.
	Venttiilit	Riskiarvio iän, materiaalin, korjaushistorian yms. perust.
	Liitokset	Riskiarvio iän, materiaalin, korjaushistorian yms. perust.
	Liittymät	Riskiarvio iän, materiaalin, korjaushistorian yms. perust.
Vuototyytit	Mittausalueittain	Tausta-, piilo- ja ilmivuodot
Etsintä	Mittausalueet	Alueiden suunnittelu ja mittausten suorittaminen
Paikantaminen	Alueittain tai kohteittain	Paikannus, korjaus ja tietojen rekisteröinti
Hallinta	Strategia	Tee ja sitoudu
	Virtaamamittaukset	Suunnittele ja toteuta
	Painetasot	Suunnittele ja toteuta
	Seuranta	Suunnittele ja toteuta

LÄHTEET

The Basic Water Loss Book, A Guide to the Water Loss Reduction Strategy and Application, 2008, (www.pro-wat.com)

Päivi Kopra, Diplomityö, Helsingin vesijohtoverkoston vuotavuusindeksin määrittäminen ja vuotovesien hallinnan kehittäminen, 2007

ProWat 2-kumppanuushanke ja sen KV-workshoppien tulokset, 2009, Utrecht ja Helsinki

Suomen Ympäristöopisto SYKLIN koulutusmateriaalia, laatijoina:

- Air-Ix Oy
- Insinööritoimisto Jouko Vilmi Oy
- Osuuskunta Eco-One
- Oy Lining Ab
- Suomen Ympäristöopisto SYKLI