

**AS Eesti Veevärk
AS Rakvere Vesi
Tallinna Tehnikaülikool**

**Veelekete haldamine
Käsiraamat**

**Reduction of Water Losses and Preservation of Water Quality in Over-
dimensioned Water Distribution Network in Rakvere Town, Estonia**

LIFE00 ENV/EE/000922

**Water losses management manual
(in Estonian)**



SISUKORD

SISUKORD.....	1
I TEOREETILINE OSA VEEBILANSI KOMPONENTIDEST, VEEKADUDE JA LEKETE ARVESTAMINE	2
SISSEJUHATUS	2
1 IWA POOLT RAHVUSVAHELISELT TUNNUSTATUD VEEBILANSI ARVESTUS	4
1.1 ÜLDIST.....	4
1.2 ÜLEVAADE VEEBILANSI ARVUTAMISEKS KASUTATAVATEST KOMPONENTIDEST.....	6
1.3 VEEBILANSI ARVESTAMINE	8
1.3.1 Majanduslikud näitajad veebilansis.....	9
1.3.2 Veevarustussüsteemi tehnilised näitajad.....	10
2 VEEKADUDE HINDAMINE	18
2.1 VEEKADUDE JA LEKETE MÄÄRAMINE (DEFINEERIMINE).....	18
2.2 VEEBILANSS. SUURBRITANNIA MEETOD	19
2.2.1 IWA Rahvusvaheline standard.....	20
2.2.2 Müümata vesi.....	20
2.2.3 Maksustamata legaalne tarbimine	21
2.2.4 Näivad veekaod.....	21
2.2.5 Tegelikud veekaod.....	21
2.3 VEEBILANSI KOMPONENTIDE MÕÕTMINE JA HINDAMINE.....	23
2.3.1 Veevarustussüsteemi antav vesi.....	23
3 ARVESTAMATA VEE OSAKAAL JA SELLE ERINEVAD KOMPONENDID EESTI ÜHISVEEVÄRGISÜSTEEMIDES	46
3.1 ÜLDIST.....	46
3.2 METOODILISED ASPEKTID.....	46
3.2.1 Puudulik info veevõtu ja võrkuandmise kohta	46
3.2.2 Puudulik info veetarbimise kohta.....	47
3.3 TEHNILISED ASPEKTID	48
3.3.1 Infopuudus torustike ja toruarmatuuri kohta	48
3.3.2 Veetorustike halb seisund.....	49
3.4 ARVESTAMATA VESI JA SELLE JAOTUS EESTI ÜHISVEEVÄRGISÜSTEEMIDES	49

I TEOREETILINE OSA VEEBILANSI KOMPONENTIDEST, VEEKADUDE JA LEKETE ARVESTAMINE

SISSEJUHATUS

Veekaod kui tähtsaim osa müümata veest on oluline näitaja veevarustussüsteemi efektiivsuse hindamisel nii jooksva aasta kui pikemaajalise perioodi kohta. Kõrge ja/või aastasiseselt kasvav veekao komponendi osakaal annab tunnistust veevõrkude-seadmete halvast seisundist, vajadusest täiustada kontrolli veemõõtmise ja -tarbimise üle, ebaefektiivsest investeeringu- ja hooldustööde planeerimisest ning on kokkuvõttes aluseks lekkeotsingu kavandamisele ja lekete likvideerimise meetmete programmi koostamisele.

Lekkevaba veevarustussüsteemi tagamine ei ole tehniliselt ega majanduslikult võimalik ka väga hästi töötavate ja hooldatud süsteemide puhul, osaliselt on lekked müümata vee ja veekao komponendina vaieldamatult paratamatud.

Samal ajal on koos veesäästu vajaduse ja säästva arengu kavadega võetud ülemaailmselt tähelepanu alla ka veeressursside säästlik kasutamine, mille oluliseks osaks on ka müümata vee ühe komponendina veelekete vähendamine ja optimeerimine. Veelekete optimeerimine kujutab endast majanduslikult ja tehniliselt võimaliku minimaalse lekke komponendi osakaalu saavutamist.

Vee-ettevõtja peab vastavalt oma hallatava ühisveevarustussüsteemi territooriumi reljeefile, suurusele, teenuse tarbijate (ühenduste) arvule ja majanduslikele võimalustele leidma optimaalse piiri, milleni lekete vähendamine on veel majanduslikult kasutoov.

Tavapäraseks probleemiks veekadude teema ülemaailmsel käsitlemisel on erinevused definitsioonide ja määratluste osas, kuna erinevatel riikidel on tihti ka erinevad arusaamad müüdnud ja müümata veest, veekadudest ja selle komponentidest.

1996. a loodi **Rahvusvahelise Veeassotsiatsiooni (International Water Association, edaspidi "IWA")** veevõrgu osakonna rakendus- ja hoolduskomitee juurde veekadude töörühm, mille ülesandeks oli üle vaadata olemasolev veekadude arvestamise metodoloogia eri riikides ja seda võrrelda. Töörühma põhieesmärgid olid:

- Valmistada ette soovituslik terminoloogia tegelike ja näivate veekadude arvestamiseks;
- Vaadata üle ja anda rahvusvaheliselt soovitud veekadusid iseloomustavate põhinäitajate väljatoomiseks.

Eelnimetatud veekadude töörühm koostas aruande, mille põhjal töötati välja soovitud tegelike veekadude arvestamiseks, avastamiseks ja kontrolliks nii magistraal- kui jaotusvõrkudel (veelekked, mahutite lekked ja ülevoolud).

Veekadude ja eeskätt lekete kaasnevad põhiprobleemid on järgmised:

- Ökoloogilised: looduslikku (taastumatut) pinna- või põhjaveeressurssi ei kasutata alati säästlikult;
- Tehnilised: teatud osa vee-ettevõtte poolt võrku juhitud veest ei jõua tarbijani;
- Majanduslikud: kogu võrku antava ja tarbitava vee eest ei maksta;

- Metodoloogilised: puuduvad standardiseeritud veekao ja selle komponentide definitsioonid.

Veekadude osakaal veevõrgus on erinevate vee-ettevõtete lõikes vägagi erinev, tulenevalt kohalikest tingimustest: reljeefist; veetorustike kogupikkusest; ühenduste arvust; tarbimiskogustest; veevarustussüsteemide, sealhulgas veevõrgu hooldustasemest. Korrektselt hooldatud ja efektiivselt toimivates ühisveevärgisüsteemides toimub reeglina regulaarne lekete kontroll ja veebilansi andmed kajastuvad iga-aastaselt ka aastaaruandes. Veekao koguse aastane maht väljendub kahe põhikriteeriumina:

- tegelikud ehk füüsilised veekaod;
- näivad ehk mittefüüsilised veekaod.

1 IWA POOLT RAHVUSVAHELISELT TUNNUSTATUD VEEBILANSI ARVESTUS

1.1 ÜLDIST

Rahvusvaheliselt võrreldava veebilansi koostamiseks peab riikide ja vee-ettevõtete osas kasutama ühtset terminoloogiat ja täiendavalt välja tooma veebilanssi iseloomustavad andmed. Tänapäevase seisuga on aga eri riikide puhul kasutusel tihti erinevad veebilansi näitajad.

IWA nn. parima praktika (Best Practice) järgne terminoloogia on välja töötatud erinevate riikide rahvuslike dokumenteeritud veebilansi terminoloogiastandardite alusel. Kasutatud on Saksamaa, Prantsusmaa, Jaapani, Suurbritannia ja Ameerika Ühendriikide veebilanssi iseloomustavaid terminoloogiaid.

Iga nimetatud riigi rahvuslik terminoloogia erineb mõnevõrra kasutatavast lõplikust IWA standardist. Lisaks keelelistele iseärasustele on eri riikide bilansi arvestusel ka põhimõttelisi erinevusi. Rahvusvahelisteks võrdlusuuringuteks tuleb seega luua eelnevalt ka ühtsed lähtekohad, jaotades veebilansi rahvusliku terminoloogia komponendid ümber vastavalt IWA loodud süsteemile. Nimetatud süsteemi ülesehitus ja struktuur on esitatud järgneval leheküljel asuvas tabelis (tabel 1-1).

Tabelile järgneb soovituslik tegevuskava veebilansi komponentide järk-järguliseks leidmiseks ja arvutamiseks.

Table 1-1

IWA (International Water Association) soovituslik veevarustussüsteemi bilanss					
A	B	C	D	E	
Veevarustussüsteemi antud veekogus, m³/a (m³/d) (1)	Müüdnud vesi (2)	Müüdnud ja mõõdetud vesi (2)	Legaalne veetarbimine (5)	Legaalne ja maksustatud veetarbimine (2)	
		Müüdnud ja mõõtmata vesi (2)*			
	Müümata vesi** (3)	Müümata ja mõõdetud vesi (4)		Veekaod (6)	Legaalne ja maksustamata veetarbimine (4)
		Müümata ja mõõtmata vesi (4)			Näivad veekaod (7)
		Illegaalne veekasutus ja veevargused (7)			
			Mõõtmishälbed (7)		
			Lekked jaotusvõrgus, mahutites ja kinnistustorustikes (8)***		Tegelikud veekaod (8)

Märkused: *) Raskusi võib tekitada tõepärase tulemuse saamine nimetatud komponendi osas juhul, kui mõõtmata veeühendusi on märkimisväärsel hulgal. Sel juhul tuleb kasutada veetarbimise arvutamiseks statistilisi andmeid analoogia põhjal sarnaste tarbijate samas piirkonnas mõõdetud veemõõtja näitude ja ühiktarbimise alusel. Kui see ei ole võimalik, tuleb ühendustele paigaldada ajutised (näiteks ultraheli) veearvestid;

**) termin "müümata vesi" asendab varem kasutatud terminit "arvestamata vesi". Mõiste sisu ja arvestamismetoodika on sama;

***) lekkes kinnistustorustikes kujutavad endast tegelikku veekadu torustike osas, mis paiknevad ühisveevärgi ja kinnistu liitumispunkti ja kinnistu veemõõdusõlme vahelises lõigus. Kuigi ametlikult ei vastuta vee-ettevõtja vastavalt *Ühisveevärgi ja –Kanalisatsiooniseadusele* kinnistu veevärgi korrasoleku eest, kujutab leke nimetatud torustikus tegelikku veekadu vee-ettevõtte veebilansis. Edaspidi teeme lähemalt juttu ka kinnistustorustiku seisundi rollist veevarustussüsteemi tehniliste näitajate interpreteerimisel.

Vastavalt IWA soovitudele toimub veebilansi määramine järgmiste etappide alusel:

1. etapp: määrata kindlaks veevarustussüsteemi antav veekogus ajaühikus ja paigutada see tulpa A;
2. etapp: määrata kindlaks mõõdetud ja mõõtmata müüdnud vee kogus samas ajaühikus ja paigutada näitajad tulpa C; paigutada nende summa tulpa E: leaalne maksustatud vesi ja tulpa B: müüdnud vesi;

3. etapp: lahutada 2. etapis saadud müüdnud vee kogus süsteemi antud veekogusest ning paigutada tulemus tulpa B: müüdnud vesi;
4. etapp: määratleda legaalne mõõdetud ja mõõtmata maksustamata veetarbimine ning paigutada need tulpa C ja nende summa tulpa E;
5. etapp: liita müüdnud ja müüdnud legaalne veetarbimine ning paigutada summa tulpa D: legaalne veetarbimine;
6. etapp: määratleda veekadu lahutades tulpa A tulemusest tulpa D ülaosa: legaalne veetarbimine;
7. etapp: hinnata näiva veekao komponente: illegaalne veekasutus, mõõtmishälbed, paigutades nad tulpa C, summeerida näitajad ning paigutada tulpa E: näivad veekadod;
8. etapp: arvutada välja tegelikud veekadod, lahutades veekadudest maha komponendi näivad veekadod;
9. etapp: hinnata tegelikku veekadu: tulp C, kasutades saadaolevat andmestikku: öise mõõtmise andmed, avariide sagedus / vooluhulk / lekke kestvus, hüdrauliline mudel), lisada andmed näiva veekao andmetele ning võrrelda andmeid 8. etapi käigus saadud tulemusega.

Järgnevas osas iseloomustame lähemalt veebilansi komponente.

1.2 ÜLEVAADE VEEBILANSI ARVUTAMISEKS KASUTATAVATEST KOMPONENTIDEST

Riikides, kus seni puudub ühtne veebilansi arvestamise standard (nende hulgas on ka Eesti), on soovitatav kaaluda IWA standardile vastava terminoloogia juurutamist veevarustussüsteemide haldamisel ja opereerimisel (vt. ka eelnev tabel 1-1). Standardterminoloogia koosneb järgmistest veebilansi komponentidest:

Väljapumbatud vesi on veekogus, mis võetakse pinna- või põhjaveehaardest ja juhitakse toorveetorustiku kaudu veetöötlusseadmetele.

Eestis tänase seisuga põhjaveeallikatel baseeruvate ühisveevärgisüsteemide puhul paljudel juhtudel veetöötlust veel ei rakendata ning sellisel juhul pumbatakse vesi puurkaevu süvaveepumba abil kas otse vee magistraal-, jaotusvõrku (sel juhul reguleerib veevõrgu rõhku enamasti hüdrofoor) või kaheastmelise süsteemi puhul veereservuaaridesse (rõhku reguleerib hüdrofoor või pumba pöörete sagedust sagedusmuundur).

Veetoodang on veetöötlust läbinud veekogus. Kuna Eestis paljudel juhtudel põhjavee baasil töötavate ühisveevärgisüsteemide puhul veetöötlust veel ei rakendata, on neil juhtudel veetoodang võrdne veehaardest väljapumbatud veekogusega.

Transiitvesi (inglise keeles exported-imported water) on ühest ühisveevarustus- või ettevõtluspiirkonnast teise juhitud veekogus.

Veevarustussüsteemi antud veekogus on magistraal- või jaotusvõrku juhitud veekogus. Veevarustussüsteemi antav veekogus = veetoodang – veetöötuseks kuluv omatarbevesi (uhtumine, reservuaari(de) pesu jm). Veetöötuse puudumisel kaheastmeliste puurkaevpumpplate kasutamisel on veevarustussüsteemi antav veekogus väljendatav väljapumbatud veekogusena, millest on maha arvestatud veekadu toorveetorustikust ja/või veereservuaari(de) lekkest (juhul kui need on kindlaks tehtud). Üheastmeliste puurkaevpumpplate kasutamisel on veevarustussüsteemi antud veekogus = veetoodang = väljapumbatav vesi.

Legaalne veetarbimine on mõõdetud või mittemõõdetud registreeritud tarbijate poolt kasutatud veekogus ning jaguneb omakorda **maksustatud (müüdud)** ja **maksustamata (müümata)** veetarbimiseks. Registreeritud maksustatud tarbijateks on eratarbijad (erakinnistud, korteriühistud, ühisused), tööstus- ja ülejäänud juriidilistest isikutest tarbijad.

Legaalne veetarbimine alla kuulub lisaks tuletõrje veevarustus, vee-ettevõtte omatarve (veevõrgu läbipesu, kanalisatsioonivõrgu survepesu), tänavate kastmine, avalike parkide ja aedade kastmine jt. Nimetatud veetarbimisliigid võivad olla nii maksustatud (müüdud vesi) kui maksustamata (müümata vesi); mõõdetud kui mõõtmata vastavalt riigi ning kohalikele tingimustele ja iseärasustele.

Veekadu on võrdne veevarustussüsteemi antud veekogusega, millest arvatakse maha leaalne veetarbimine. Veekadu saab arvutada kogu süsteemi kohta, samuti eraldi süsteemiosadele nagu: toorveetorustikele, magistraal- või jaotusvõrkudele ning veemõõdupiirkondadele (nende olemasolul). Iga süsteemiosa veekao komponendi arvutamisel tuleb üle vaadata lähteandmed ja neid vajadusel korrigeerida.

Veekaod koosnevad omakorda **teglikest** ja **näivatest kadudest**.

- **Tegelik veekadu** on füüsiline veekadu veevarustussüsteemis enne jõudmist tarbija mõõtepunkti. Tegelik veekadu koosneb veevõrgu (mahuti) leketest, ühisveevärgi avariidest, mahuti ülevooludest. Veekao maht omakorda sõltub lekke suurusest, lekke ja/või avarii avastamiskiirusest, ülevoolu(de) sagedusest, vooluhulgast avariilisel või lekkelõigul, avariide kestvusajast.
- **Näiv veekadu** koosneb omavolilisest (registreerimata) veekasutusest (illegaalne veekasutus, veevargused) ning kõigist mõõtmisvigadest nii veetootja kui tarbija juures.

Seejuures põhjustab alaarvestatud veekogus veetootja juures ja üleaarvestatud veekogus tarbija juures tegeliku veekao alahindamist ning üleaarvestatud veekogus veetootja juures ning alaarvestatud kogus veetarbija juures tegeliku veekao ülehindamist.

Müümata vesi on veevarustussüsteemi antava ja maksustatud leaalne tarbimise vahe (vt. tabel 1-1).

1.3 VEEBILANSI ARVESTAMINE

Veelekete haldamise parima praktika (the best practice) aluseks on pidev veebilansi arvestus koos realselt mõõdetud või “nõuetekohase” õise vooluhulga arvestusega. Veebilansi tehakse soovitatavalt iga 12-kuu järel ja see peaks hõlmama:

- põhjalikku arvestust kogu veevarustussüsteemi sisenenud ja sealt väljunud vee ja selle tulude-kulude kohta, s.h süsteemi kontrolli ja järelevalve kulud;
- pidevat veearvestite taatlemise ja kalibreerimise programmi;
- tootja ja tarbija veemõõtjate näitude ajalise vahe arvessevõtmist.

Veebilansi arvutusel on määravaks:

- veevarustussüsteemi antud veekogus;
- leaalne veetarbimine (mõõdetud ja mõõtmata; maksustatud ja maksustamata veetarbimine);
- veekaod (tegelikud ja näivad veekaod).

Veevarustussüsteemides, kus puudub regulaarne lekkeotsing võib protsessi lisada ka tasuvusanalüüsi ülemääraste lekete likvideerimiseks lekkeotsingu programmi juurutamiseks.

Veebilansi komponentide ja allkomponentide arvutamine on alati mõningal määral ligikaudne, kuna kõigi nende täiuslik ja lõpuni korrektne hinnang terve aasta lõikes ei ole võimalik.

Andmete usaldusväärsust aitavad parandada kõigi tarbijate veesisenditele paigaldatud mõõtjad ja olenevalt vajadusest ja vee-ettevõtluspiirkonna suuruselt veemõõdupiirkondade loomine.

IWA Tegevusindikaatorite Grupi nn. parima praktika soovitude kohaselt tuleb kindlaks määrata andmete usaldusväärsuse piirkriteeriumid veebilansi iga komponendi osas, arvestades nii mahulist olulisust kui mõõtmistäpsust. Mõnedes riikides määratakse täpsusastmed kindlaks eraldi iseseisva protsessi osadena.

Täpse aastase veebilansi saamiseks tuleb alati püüda välja tuua kõik bilansikomponendid nende mahtude kaupa. Veebilansi komponendid nagu: müümata vesi, veekaod, näivad veekaod ja tegelikud veekaod saab välja arvutada, kasutades tabelile 1-1 järgnevaid tegevusetappe.

Tegelik ehk füüsiline veekadu leitakse vastavalt arvutusmetoodikale koguveekao ja näiva veekao vahena. 9. tegevusetapp soovitab tegeliku veekao väärtuse kontrollimiseks kasutada võimalusel lisaks näitaja allkomponente. Usaldusväärsemate andmete saamiseks tegelikust veekaost tuleb see jaotada järgnevateks allkomponentideks:

- Tausta- ehk foonikaod, mis on tingitud väga väikestest raskesti tuvastatavatest leketest – võimalikud enamasti väikeste vooluhulkade ja pika vee viibeaja juures torustikes, esinevad põhiliselt tupik- või kinnistustorustikel, samuti on raskesti tuvastatavad tänavatorustike ühenduskohtade lekked terasühenduste läbiroostetamise või halva ehituskvaliteedi tõttu;

- Veekao, mis on tingitud suurtest leketest või torustike purunemistest (avariidest), kuid mille olemasolu kohta laekus info vee-ettevõttele teiste isikute poolt, s.t leket või avariid ei avastanud veetootja – esinevad enamasti torustikes, kus vooluhulgad on suured ning vee viibeajad väikesed;
- Veekao, mis on tingitud leketest või torustike purunemistest, kuid avastati vee-ettevõtte aktiivse lekkeotsingu (edaspidi “ALO”) tulemusena - esinevad enamasti torustikes, kus on keskmised vooluhulgad, kuid vee viibeag sõltub ALO strateegiast;
- Ülevoolud ja lekked veereservuaaridest.

Tegeliku veekao hindamismeetodid on:

- Öise veekulu mõõtmine soovitavalt veemõõdupiirkonna lõikes; väikelinnades ja alevikes/külades olenevalt nende suurusest on võimalik öist kulu mõõta ka võrkjuhitava veekoguse alusel;
- Veelekete ja avariide arvu ja iseloomu ning nende keskmise vooluhulga ja kestuse andmete kogumine ja analüüs;
- taustalekete esinemise ja optimaalse rõhu arvutamine veevõrgu hüdraulilise mudeli andmete põhjal.

Kuigi tegelikke ehk füüsilisi veekadusid käsitletakse antud IWA metoodikas vaid ühisveevärgi piires, s.o ühisveevõrk kuni tarbija liitumispunktini, võib märkimisväärseid veekadusid esineda ka kinnistutorustiku siseselt.

1.3.1 Majanduslikud näitajad veebilansis

1.3.1.1 Mahulised näitajad

Majanduslikud indikaatorid veebilansi arvestusel on müüdnud ja müümata vesi (tabel 1-1, tulp B). Müümata vee osa hõlmab veevarustussüsteemi antavast kogusest lisaks veekadudele (illegaalne veekasutus ja lekked) ka legaalselt, kuid maksustamata (müümata) veekogust.

1.3.1.2 Kulupõhised näitajad

Kulupõhised näitajad veebilansi arvestusel arvutatakse välja mahuliste näitajate põhjal, pannes müümata vee mahulised näitajad rahalisse väärtusesse vastavalt kohaliku vee-ettevõtte veetariifidele ja veetootmiskuludele. Olulised müümata vee komponendid kulude arvestamisel on: legaalne maksustamata vesi, näivad ja tegelikud veekao.

Sobiv rahaline väärtus näivate veekadude ja legaalse maksustamata veekulu arvutamiseks on vee-ettevõtte keskmine veetariif kõigi tarbijate lõikes ühe kuupmeetri müümata vee kohta nimetatud komponentide lõikes.

Sobiv ühikmaksumus tegelike veekadude kulu arvutamiseks on veetootmise ja pumpamise ühikmaksumus ühe kuupmeetri tegeliku veekao kohta.

Saadud müümata veekulu arväärtuste alusel tuleb eraldi ja kogusummana arvutada välja protsent vee-ettevõtte aasta jooksvatesse kuludesse. Tulemused võimaldavad vee-ettevõttel

määratleda, kui palju mõjutavad müümata vee komponendid veebilansis protsentuaalselt aastaseid kulusid.

1.3.2 Veevarustussüsteemi tehnilised näitajad

1.3.2.1 Tegelike veekadude arvutamise põhialused ja hindamismetoodika

Järgnevalt on näidatud veebilansi majanduslike näitajate, tegeliku veekao tehnilise näitaja, tegeliku veekao vältimatu osa ja veevarustussüsteemi lekkeindeksi arvutamise meetodeid (tabel 1-2).

Table 1-2

Näide majanduslike tegevusindikaatorite, tegeliku veekao tehnilise indikaatori, vältimatu veekao ja veevarustussüsteemi lekkeindeksi arvutamisest				
1. ETAPP: aastane veevarustussüsteemi antav vesi			1 000 000	m ³ /aastas
Mahuindikaatorid				
Legaalne maksustatud veetarbimine	Legaalne maksustamata veetarbimine	Veekaod, m ³ /a		
		Näivad veekaod	Tegelikud veekaod	
750 000	10 000	25 000	215 000	
2. ETAPP: Kuluindikaatorite arvutus vastavalt mahuindikaatorite rahalistele väärtustele ja veevarustussüsteemi aastastele jooksvatele kuludele				
Rahaühik	EEK	Vee-ettevõttesised aastased jooksvad kulutused veevarustussüsteemidele	10 300 000	aastas
Müümata vesi		Ühikmaksumus	Müümata vee aastane maksumus	% veevarustuse aastastest kuludest
Mahuindikaatorid vast 1. ETAPP	m ³ /a	EEK/m ³	EEK/aastas	
Legaalne maksustamata veetarbimine	10 000	11,50	115000	1,1
Näivad veekaod	25 000	11,50	287500	2,8
Tegelikud veekaod	215 000	10,3	2214500	21,5
Kokku müümata vesi	250 000		2 617 000	25,4
3. ETAPP Tegelik veekao ja tegelik veekao tehnilise näitaja (TVTN) arvutus				
Tegelike veekadude aastane maht		215 000	m ³ /a	
Tegelike veekadude keskmine päevane maht		589,0	m ³ /d	
Ühenduste arv		2200	üh	
TVTN		267,7	l/üh/d	
4. ETAPP Tegelik vältimatu veekao (TVKN) ja veevarustussüsteemi lekkeindeksi (LI) arvutus				
Keskmine vee rõhk torustikus		32	mvs	
Ühenduste sagedus		20,0	ühenduste arv/km	
Ühenduste pikkus enne veemöödusõlme		8	km (5 m*üh)	
Tegelik veekao vältimatu osa (TVKN) komponendid ja arvutus				
	Komponendid	Eksperimentaalselt leitud koefitsiendid	Veekadu	ühik
110	Ühisveevõrgu pikkus, km	18	1980	l/d/m (vs)*
2200	Ühenduste arv	0,80	1760	l/d/m (vs)*
11	Km, ühenduste torustikud	25	275	l/d/m (vs)*
Tegelik veekao vältimatu osa (TVKN)			4015	l/d/m (vs)*
TVKN rõhu juures 32 mvs			126 080	l/d
TVKN vastavalt ühenduste arvule (anal. TVTN)			57,3	l/üh/d
Veevarustussüsteemi lekkeindeks (LI)			4,7	TVTN/TVVK

*) **Märkus:** Vältimatu veekao komponendid sõltuvad ühisveevõrgu pikkusest, ühenduste arvust ja kinnistustorustike pikkusest enne veemõõdusõlme. Kõigi nimetatud komponentide juures mängib olulist rolli keskmine rõhk veevõrgus (m vs), mis antud näite puhul on võetud võrdseks 32 m.

Kommentaariid:

Antud näites on kasutatud arvutusteks järgmisi lähteandmeid:

- Veevarustussüsteemi antav veekogus: $Q_k = 1\,000\,000\text{ m}^3/\text{aastas}$;
- Müüdüd ehk legaalne maksustatud veekogus: $Q_{md} = 750\,000\text{ m}^3/\text{aastas}$;
- Müümata veekogus: $Q_{mt} = Q_k - Q_{md} = 1\,000\,000 - 750\,000 = 250\,000\text{ m}^3/\text{aastas}$;
- Müümata veekogus jaguneb:
 - Legaalne maksustamata veetarbimine (tuletõrje-, kastmis-, omatarbevesi jt): $Q_{mtl} = 10\,000\text{ m}^3/\text{aastas}$;
 - Näivad veekaad (illegaalne veekasutus, mõõtmisvead): $Q_{mnt} = 25\,000\text{ m}^3/\text{aastas}$;
 - Tegelikud veekaad (lekked): $Q_{mtl} = 215\,000\text{ m}^3/\text{aastas}$;
- Vee-ettevõtte aastased kulud veevarustussüsteemile: 10 300 000 EEK;
- Ühikmaksumus (keskmine veetariif tarbijatele - kasutatakse legaalse maksustamata ja näivate veekadude müümata vee komponentide arvestusel): 11,50 EEK/m³;
- Ühikmaksumus (veetootmiskulu 1 m³ vee ettevalmistamiseks ja võrkuandmiseks – kasutatakse müümata vee tegelike veekadude komponendi arvestamisel): 10,30 EEK/m³;
- Veetarbija ühenduste arv veevarustussüsteemis: 2200;
- Veevõrgu kogupikkus: 110 km;
- Kinnistustorustike pikkus liitumispunkti ja veemõõdusõlme vahel (arvestatud on keskmiselt 5 m ühe kinnistu kohta): 11 km.

Iga veevarustuspiirkonna ja –süsteemi jaoks toimivad eri piirtingimused tegelike veekadude ehk lekete haldamiseks ja võimalikuks vähendamiseks. Nimetatud piirtingimuste leidmiseks saab kasutada eeltoodud süsteemi.

Lähteandmed eeltoodud näites on vabalt valitud ja peegeldavad üldist keskmist Eesti linna veevarustussüsteemi ja selle hetkeseisundit. Edaspidi käsitleme lähemalt tegeliku veekao tehnilise näitaja ja vältimatu veekao omavahelisi seoseid.

Nagu eelnevast nähtub, on lekete haldamise ja optimaalsele tasemele viimise aluseks järgmised lähtetingimused:

- Ühenduste arv;
- Tarbija veearvesti asukoht (kaugus liitumispunktist, tabelis 1-2 võetud ~ 5 m);
- Veevõrgu kogupikkus (või pikkus veemõõtepiirkonnas);
- Keskmine veevõrgu rõhk mõõtepiirkonnas;
- Veevarustussüsteemi hetkeseisund, torustiku- ja ühenduste materjalid, lekete ja avariide sagedus;
- Pinnase tüüp, selle mõju lekke ilmnemiskiirusele.

Kui esimesed neli nimetatud tingimust (ühenduste arv, tarbija veearvesti asukoht, veevõrgu või mõõtepiirkonna veevõrgu pikkus ja keskmine rõhk mõõtepiirkonnas) avaldavad mõju nii tegeliku veekao tehnilisele näitajale (TVTN) kui tegeliku vältimatu veekao näitajale (TVKN), siis veevarustussüsteemi hetkeseisundist ja pinnase tüübist sõltub vaid tegeliku veekao tehniline näitaja.

1.3.2.2 Tegeliku veekao tehnilise näitaja ja tegeliku vältimatu veekao hinnang ja omavaheline suhe

Vajalikud näitajad aastase tegeliku veekao (Q_{mtt}) hindamiseks lähtuvalt eelnevast on:

- Protsent (%) veevarustussüsteemi antavast veekogusest, $Q_{mtt}/Q_k * 100\%$;
- osakaal ühisveevõrgu pikkusühiku kohta (km, m), Q_{mtt}/km ;
- osakaal veeühenduste arvu kohta ajaühikus (tund, ööpäev, aasta), $Q_{mtt}/üh/d$;
- osakaal kogu veevarustussüsteemi pikkusühiku kohta (ühisveevõrk + kinnistuveevõrk liitumispunktist veemöödusõlmeni), Q_{mtt}/km .

Vastupidiselt mõningates riikides kasutatavale süsteemile, kus arvestatakse tegelikku veekadu ja selle osakaalu krundi või maaomandi kohta, on Eestis vastavalt *ühisveevärgi ja –kanalisatsiooniseadusele* määravaks ühisveevärgi ja kinnistuveevärgi vaheline liitumispunkt sõltumata omandivormist ja omanike arvust.

Tegeliku veekao % veevarustussüsteemi antavast veekogusest

Näitaja sobib hästi hindamaks veevarustussüsteemi majanduslikust ja ökoloogilisest aspektist (kulud, vee mittesäästlik kasutamine) nagu on eelnevalt kirjeldatud ka osas 1.2.1 (Majanduslikud näitajad).

Samal ajal ei ole võimalik üksnes nimetatud näitaja alusel arvestada veevarustussüsteemi tehnilise seisukorra ning võrkude hooldamise ja opereerimise efektiivsust. Põhjused on järgnevad:

- tegeliku veekao % veevarustussüsteemi antavast veekogusest jätab arvestamata enamiku ülalootetud olulisi tegelikku veekadu mõjutavaid näitajaid;
- Tegeliku veekao protsenti mõjutab oluliselt veetarbimise hulga erinevus.

Joonisel 1-1 kujutatud graafikust nähtub selgesti kuivõrd muutlik on tegeliku veekao % võrkuantavast veest sõltuvalt tarbitava vee kogusest ühenduste lõikes. Näiteks tegeliku veekao juures 250 l/d ühenduse kohta kõigub protsentuaalne tegelik veekadu võrkuantavast veest 20-50%-ni sõltuvalt veetarbimisest ühenduse lõikes, mis joonise 1-1 näitel on 250 – 1000 l/üh/d.

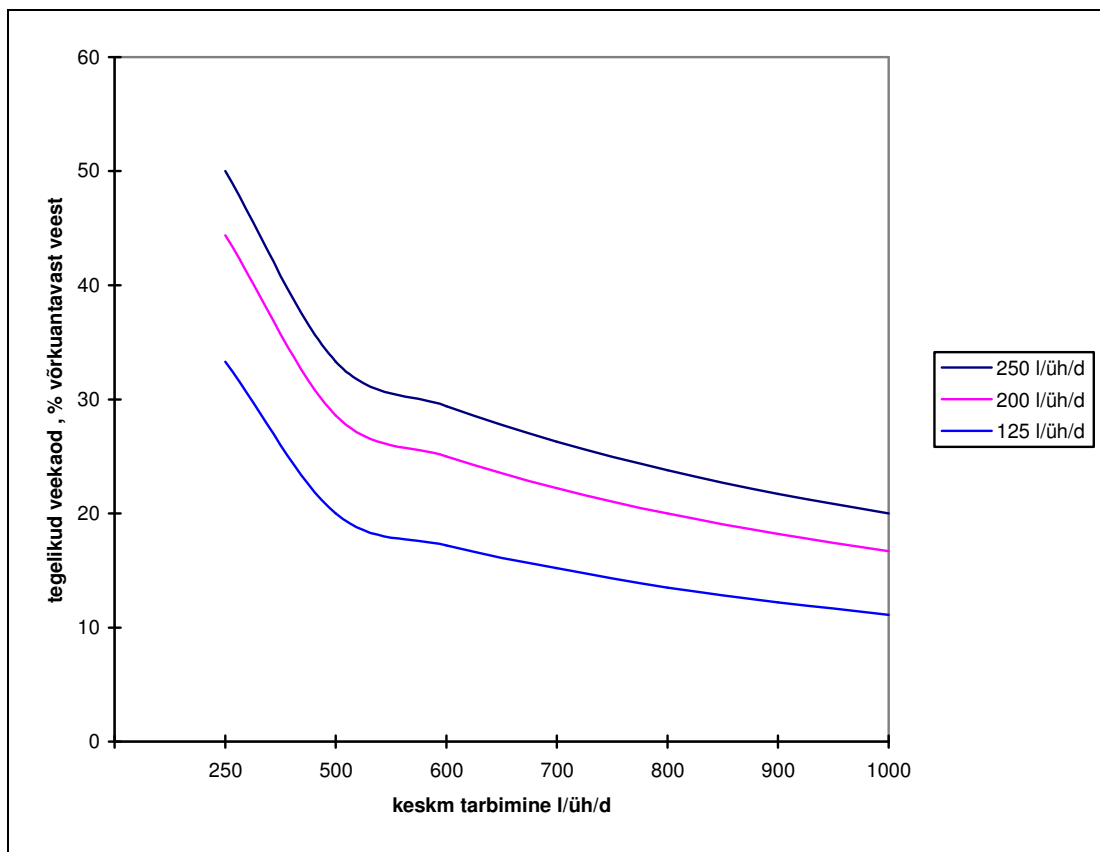


Figure 1-1 Tegeliku veekao % veevarustussüsteemi antud veekogusest ja selle seosed ühenduse (kinnistu) veetarbimisega 3-variandis (tegelik veekadu 125 l/üh/d; 200 l/üh/d ja 250 l/üh/d)

Veevarustussüsteemi ja selle seisundi ning hooldamise efektiivsust iseloomustavad tehnilised näitajad

Veevarustussüsteemi tehnilise seisundit saab iseloomustada nii tegelike kadude ehk lekete suhtena veevõrgu pikkusesse (m^3/km) kui ühenduste arvu (l/üh). Rahvusvahelistele kogemustele tuginedes on IWA teinud järelduse, et enamjaolt on lekked seotud just ühenduste arvuga (harvem põhi- või jaotustorustike veekadudega), välja arvatud juhul, mil ühenduste keskmine tihedus veevõrgu kilomeetri kohta on väga väike (Eesti oludes on nimetatud määratlus tihti küsitav, sest veevõrgu tänavatorustiku seisund on halb enamikes ühisveevärgisüsteemides ning seetõttu võib vaekauss kalduda pigem tänavatorustiku lekete osakaalu olulisusele).

Vastavalt eelpool käsitletud töötas IWA veekadude tööühik (Water Losses Task Force) välja veevarustussüsteemide tehnilised tegevusnäitajad (technical performance indicators). Veevarustussüsteemile hinnangu andmiseks taandatakse tegeliku veekao näitaja ühenduste arvule (N_c) ja korrutatakse näitajat vastavalt veevõrgu rõhu all oleku aja suhtele kogu arvestusajast - %/a või %/d. Autori nägemuses on Eesti tingimustes aeg, mil

veevarustussüsteemis puudub rõhk, niivõrd tühine, et rõhuteguri võib sisuliselt võtta võrdseks 1-ga. Kui arvestust peetakse aga ühe ööpäeva kohta, on seda targem läbi viia päeval, mil remonditöid ega veekatkestusi ei kavandata.

Eelnevast tulenevalt on veevarustussüsteemi seisundi ja selle hoolduse efektiivsuse põhinäitaja **tegeline veekadude tehniline näitaja** (indeks) (TVTN, inglise keeles Technical Indicator of Real Losses: TIRL), mis näitab tegeliku veekao suhet ajatühikus ühenduste arvu ajal, mil veevõrk on rõhu all. $TVTN = \text{tegelik aastane veekadu} / N_c$ (liitrit/ühendust/ööpäevas süsteemi rõhu all oleva aja kohta).

Veelgi detailsema ülevaate veevarustussüsteemi tehnilisest seisundist annab veekao tehnilise näitaja võrdlemine nn. **vältimatu veekao näitajaga** (TVKN, inglise keeles UARL: unavoidable average real losses). Viimane leitakse tegeliku veekao seostest nii ühenduste arvu (N_c), uuritava veevõrgu (või selle osa) kogupikkuse (L_m), ühenduste pikkuse (kinnistustorustiku osa, mis paikneb liitumispunkti ja kinnistu veemõõdusõlme vahel) (L_p) ning keskmise veevõrgu rõhu (P) vahel survetingimustes. Näitaja on teoreetiline veekao alampiir, millest alates muutub veekadude vähendamine tehniliselt raskeks ja kulud hakkavad teoreetiliselt ületama vähendatud kadudest saadavat tulu.

$TVKN = A * L_m / N_c + B + C * L_p / N_c * P$, kus:

TVKN – tegeliku vältimatu veekao näitaja;

L_m – veevõrgu pikkus;

L_p – kinnistu veevõrgu pikkus;

N_c – veekadu ühe kinnistu või ühenduse kohta.

Koefitsiendid A, B ja C on leitud eksperimentaalselt 20 riigi 27 vee-ettevõtte andmete statistilisel analüüsil.

Vastavalt eeltoodud näitele arvutati tegelike veekadude tehniliseks näitajaks: $TVTN = 267,7$ l/üh/d ning tegeliku vältimatu veekao näitajaks: $TVKN = 57,3$ l/üh/d.

Näitajate vahe kujutab endast n,ö teoreetilist arenguruumi, mille piires on võimalik tegelike veekadude vähendamine ja majandusliku efekti saavutamine.

TVTN ja TVKN omavahelist suhet nimetatakse infrastruktuuri lekkeindeksiks (LI).

$LI = TVTN / TVKN$

Lekkeindeks annab kõige mitmekülgsema pildi veevarustussüsteemi tegelikust seisundist ja samuti hoolduskvaliteedist. Ideaalis peaks nimetatud indeks olema lähedane või võrdne 1-ga.

Vastavalt IWA vastavale uuringule, mis teostati eelmainitud 20 riigi ja 27 vee-ettevõtte lõikes, kõikus nimetatud näitaja 1,2 kuni ligikaudu 10-ni.

Eeltoodud arvutusnäite puhul, mis kujutas “keskmist Eesti linna”, on IL väärtus vastavalt TVTN ja TVKN suhtele: $267,7 / 57,3$ ehk 4,7, mis on tegelikkuses suhteliselt keskpärane näitaja.

Edasises osas, mis puudutab AS Rakvere Vesi kogemusi vee-lekete haldamisel ja juhtimisel, on välja toodud ka ettevõtte veevarustussüsteemi lekkeindeks, milleks AS Rakvere Vesi puhul on 2,6. Nimetatud tulemus on Eesti oludes kindlalt üle keskmise, kui mitte väga hea.

AS Rakvere Vesi majanduslikke indikaatoreid ja tehnilisi näitajaid on kujutatud järgnevas tabelis.

Table 1-3

Näide AS Rakvere Vesi majanduslike tegevusnäitajate, tegeliku veekao tehnilise indeksi, vältimatu veekao ja veevarustussüsteemi lekkeindeksi arvutamisest				
1. ETAPP: aastane veevarustussüsteemi antav vesi		529 183	m ³ /aastas	
Mahuindikaatorid				
Legaalne maksustatud veetarbimine	Legaalne maksustamata veetarbimine	Veekaud, m ³ /a		
		Näivad veekaud	Tegelikud veekaud	
424 773	9 157	15 875	79 377	
2. ETAPP: Lihtne kuluindikaatorite arvutus vastavalt mahuindikaatorite rahalistele väärtustele ja veevarustussüsteemi aastastele jooksvatele kuludele				
Rahaühik	EEK	Vee-ettevõttesised aastased jooksvad kulutused veevarustussüsteemidele	4 748 232	aastas
Müümata vesi		Ühikmaksumus	Müümata vee aastane maksumus	% veevarustuse aastastest kulust
Mahuindikaatorid vast 1. ETAPP	m ³ /a	EEK/m ³	EEK/aastas	
Legaalne maksustamata veetarbimine	9 157	9,60	87907,2	1,9
Näivad veekaud	15 875	9,60	152400	3,2
Tegelikud veekaud	79 377	8,97	712230,76	15,0
Kokku müümata vesi	104 409		952 538	20,1
3. ETAPP Päevase tegeliku keskmise veekao ja tegeliku veekao tehnilise näitaja (TVTN)(TIRL) arvutus				
Tegelike veekadude aastane maht		79 377	m ³ /a	
Tegelike veekadude keskmine päevane maht		217,5	m ³ /d	
Ühenduste arv		1510	üh	
TVTN (TIRL)		144,0	l/üh/d	
4. ETAPP Tegelik veekao vältimatu osa (TVKV) (UARL) ja veevarustussüsteemi lekkeindeksi arvutus				
Keskmine vee rõhk		28	mvs	

Ühenduste sagedus		21,6	ühenduste arv/km	
Ühenduste pikkus enne veemöödusõlme (üh*13 m)		19,6	km (14 m*üh)	
Tegeliku veekao vältimatu osa (TVKV) komponendid ja arvutus				
Arvväärtus	Näitaja, ühik	Eksperimentaalselt leitud koefitsiendid	Veekao näitajad	
70	ühisveevõrk, km	18	1260	l/d/m (vs)
1510	ühenduste arv	0,80	1208	l/d/m (vs)
19,6	Ühenduste torustikud, km	25	490,75	l/d/m (vs)
Tegeliku veekao vältimatu osa (TVKV) (UARL)			2958,75	l/d/m (vs)
TVKV (UARL) rõhu juures 28 mvs			82845	l/d
TVKV (UARL) vastavalt ühenduste arvule (anal. TVTN)			54,9	l/üh/d
Veevarustussüsteemi lekkeindeks (VLI)			2,6	TVTI/TVKV

2 VEEKADUDE HINDAMINE

2.1 VEEKADUDE JA LEKETE MÄÄRAMINE (DEFINEERIMINE)

Veelekked esinevad kõikjal veevõrgus - varieerub vaid nende kogus. See sõltub veevõrgu karakteristikutest ja teistest lokaalsetest faktoritest, vee ettevõtte opereerimiskogemusest, kontrolliks rakendatud tehnoloogia ja ekspertiisi tasemest. Kadude kogus varieerub suurel määral riigist riiki ja lisaks igas riigis piirkonniti. Veekadude komponendid ja nende suhteline tähtsus (olulisus) on riikide vahel samuti varieeruv. Seetõttu on üks veekadude strateegia nurgakividest määratleda iga komponendi suhtelist tähtsust, kindlustades, et iga komponent oleks mõõdetud või hinnatud võimalikult täpselt. Prioriteetide väljatoomisele peab järgnema tegevusplaanide koostamine.

Väljendid “veekadu” ja “müümata vesi” on rahvusvaheliselt aktsepteeritud terminid ja on välja vahetanud väljendi “arvestamata vesi”, mis on riigiti ja ka riikidesiseselt ebapüsiv ning raskendab seetõttu riigisisest võrdlemist.

Veekadu = toodetud vesi - legaalselt tarbitud vesi

Nagu eelnevates osades kirjeldatud, on oluline teha vahet veekao ja lekete vahel. Rahvusvaheline Vee Assotsiatsioon ehk IWA on veekao mõiste defineerinud järgnevalt:

Veekadu = “Tegelik” (tegelikud) veekadu + “Näiv” veekadu.

Väljend “tegelikud veekaod” on asendanud väljendi “füüsilised kaod”. “Näivad veekaod” on asendanud väljendid “mitte-füüsilised” kaod ja “metoodilised” kaod. Neid väljendeid kirjeldame edaspidi detailsemalt.

Tegelikud veekaod sisaldavad lekkeid torudest, liidetest ja liitmikest, lekkeid läbi veemahutite põrandate ja seinte ning ülevoole mahutitest. Tegelikud veekaod võivad olla tõsised ja jääda avastamata kuudeks või isegi aastateks.

Veekadude kogus sõltub suuresti veevõrgu karakteristikutest, lekke avastamisest ning vee ettevõtte poolsest veevõrgu remondi ja rekonstrueerimise strateegiast:

- rõhk veevõrgus;
- uute lekete ja avariide sagedus ja tüüpiline vooluhulk;
- uute “raporteeritud” lekete proportsioon;
- “märkamiskiirus” (kui kiiresti märgatakse leket);
- “avastamiskiirus” (kui kiiresti määratakse lekke asukoht);
- remondikiirus (kui kiiresti lekke koht parandatakse või suletakse);
- taustalekked (mitte avastatavad väikesed lekkes).

Suured on erinevused veekadude kogustes veevõrgu eri osades. Kui purunenud peatoru võib parandada või sulgeda koheselt, siis kinnistustorustiku leke võib jääda avastamata kuudeks.

Lekked on harilikult tähtsaimaks veekadude komponendiks arenenud riikides, samas on arengumaades illegaalsed ühendused, veearvesti rikked või arvestuslikud vead tihti tähtsamad, kui lekked.

Nimetatud seaduspärasusi täheldati uurimuses, mille koostas Rahvusvaheline Veevarustuse Ühing IWSA (International Water Supply Association) 1991. aastal [8]. Vee-ettevõtted 14 riigist andsid vabatahtlikult andmeid aastase veekao kohta, mõned keskmise üleriikliku numbri, teised vee ettevõtete kaupa. Peaaegu ilma erandita olid lekked põhiline komponent. Erandiks olid Barcelona Hispaanias ja Singapur, kus mõõtmine oli ebatäpne (mõõtja mõõtis väiksema veekoguse) [8].

2.2 VEEBILANSS. SUURBRITANNIA MEETOD

Veekadu saab kindlaks määrata juhindudes veebilansist. See baseerub toodetud, veeallikast võetud, võrku antud, tarbitud või "kaotatud" vee mõõtmisel või arvutamisel - arvutused peavad olema meetoodiliselt ühtsed.

Enamus vee-ettevõtteid suudab hankida hinnangulisi toodangu, veeallikast võetud, võrku antud ja tarbitud mahtusid, aga on vähem võimeline hindama teisi komponente. Veebilansi arvutus pakub abi leidmaks, kui palju on veekadusid lekkena veevõrgust ("tegelikud" veekaod) ja kui palju näivkadude või mitte-füüsiliste kadude tõttu.

1994. aastal Suurbritannia (edaspidi "UK") Rahvusliku Lekete Keskuse poolt valmistatud raport *Lekete haldamine* defineeris terminoloogia võrku antava (toodetud vee) veekoguse komponendid, mis said UK riiklikeks standarditeks ja baasiks Veevarustusteenuste ameti (Office of Water Services OFWAT) poolt nõutud vee bilansi arvutamiseks:

Võrku antav vesi = Kätte toimetatud vesi + kaod veejaotusvõrgus + vee omatarve.

"Kättetoimetatud vesi" on vee kogus, mis jõuab kliendi liitumispunktini ja sisaldab mõõdetud ja mõõtmata kasutust, mõõtmata veetoru kadusid ja väiksemas koguses vee legaalselt ja illegaalselt kasutust hüdrantidest.

"Kaod veejaotusvõrgus" sisaldab kõiki joogivee kadusid veetöötuse ja liitumiskohtade vahel. "Veevarustuse kaod" on lekked klienditorustikes pärast ühinemispunkti. Kuna kõigil Suurbritannia majapidamistel ei ole veearvestit, on kliendi tarbimine kaasa arvatud kliendi veetoru leke hinnanguline. Vee-ettevõtted on saanud julgustust seadustest (regulatsioonidest), et kasutada veel "rangemaid" mehhanisme hindamiseks kätte toimetatud vee mõõtmata komponente, et anda suuremat täpsust veekadude kujunemisele.

2.2.1 IWA Rahvusvaheline standard

Peatükis 1 kirjeldasime IWA poolt väljatöötatud rahvusvahelist standardit veebilansi ja selle komponentide määramiseks. Järgnevas osas lisame eelnevale veekadude arvestusmetoodika, kasutades Suurbritannia kogemusi [8].

Laiemas mõistes jaguneb veevarustussüsteemi antav veekogus kaheks:

- müüdud vesi;
- müümata vesi.

Müümata vesi on erinevus võrku antava vee ja maksustatud legaalse tarbimise vahel.

Müümata vesi koosneb:

- maksustamata legaalsest tarbimisest (harilikult väikese tähtsusega komponent vee bilansis);
- veekadudest

Veekaod on erinevus võrku antava veekoguse ja legaalse tarbimise vahel ja koosneb tegelikest ja näivatest veekadudest.

Näivad veekaod koosnevad illegaalses kasutuses ja veearvestite kõikvõimalikest mõõtmise ebatäpsustest.

Tegelikud kaod on aastase mahu kaod läbi kõikvõimalike lekete, torude purunemise ja peatorude, veemahutite ning liitumispunktide (kuni tarbija veearvestini) ülevoolu tõttu.

Veebilansi komponendid tuleb alati enne tegevusindikaatorite arvutamist koguseliselt arvutada. Lisaks tuleb müümata vee komponent jaotada allkomponentideks -maksustamata legaalne tarbimine, tegelikud veekaod ja näivad veekaod.

IWA veebilansi standardid võivad kiiret poolehoidu ja on juba vastu võetud või heaks kiidetud: riiklike organisatsioonide poolt Austraalias, Saksamaal, Maltas, Uus-Meremaal, Lõuna Aafrika Vabariigis ja Ameerika Ühendriikides ning vee ettevõtete ja konsultantide poolt Brasiilias, Kanadas, Malaisias, Põhjamaades ja Suurbritannias.

Harilikult on riiklike ja kohalike veebilansi komponentide lähendamine IWA standarditele suhteliselt lihtne. Kui on kavas rahvuslik standard esitada või ümber vaadata nagu Saksamaal, siis oleks IWA lähenemine esimene loogiline valik.

Kõik veebilansi komponendid ja nendest tuletatud tegevusindikaatorid on lisaks eeldustele veelekete haldamiseks ka aluseks vigadele sisendandmetes.

2.2.2 Müümata vesi

Müümata vee maht leitaks võrku antava veekoguse järgi, millest on maha arvatud maksustatud legaalse tarbimise maht.

Kuna terminit (unaccounted-for water) “arvestamata vesi” interpreteeritakse üle maailma väga erinevalt, siis soovib IWA töörühm antud terminit mitte kasutada. Kui terminit “arvestamata vesi” siiski kasutatakse, siis tuleks seda defineerida ja arvutada analoogselt “müümata veele” tabelis 1-1.

2.2.3 Maksustamata legaalne tarbimine

Legaalne tarbimine sisaldab IWA terminoloogia alusel tuletõrjevett, veetorude ja kanalisatsiooni (surve)puhastusvett, hüdrantidest võetud vett, tänavapuhastusvett, munitsipaaladeade kastmisvett, avalike purskkaevude vett jne. Vastavalt kohalikule praktikale võivad nad olla maksustatud või maksustamata, mõõdetud või mõõtmata. Maksustamata legaalne tarbimine peaks harilikult olema väike komponent veebilansist (vähem kui 1% võrku antavast veest). Kui võimalik, siis tuleks need mahud mõõta. Teisest küljest näitavad lihtsad dokumenteerimis- ja hindamismeetodid et maksustamata legaalne tarbimine on tarbetult kõrge ja aastast tarbimist on võimalik vähendada, ilma et mõjutataks teeninduskvaliteeti ja ekspluateerimisvõimekust.

2.2.4 Näivad veekaod

Näivad veekaod koosnevad illegaalsest tarbimisest (vargused ja illegaalne kasutus) ja veearvesti mõõtmisvigadest. Nende mahtude arvutamine põhineb eelistatavalt kontrollmõõtmistele või on hinnanguline.

Kui näivad veekaod esitatakse protsendina võrku antavast mahust, siis võivad nad ulatuda nullist kuni 10%. Vee-ettevõtja peab ise püüdma hinnata ja juhtida näivkadude komponente oma süsteemis.

2.2.4.1 Illegaalne tarbimine

Illegaalset tarbimist esineb suuremal või vähemal määral kõikides süsteemides üle maailma. Hea opereerimise korral ei tohiks see ületada 1% võrku antavast veemahust - Inglismaal ja Walesis on see hinnanguliselt 0,36% võrku antavast veemahust.

Nimetatud näivate veekadude komponent on tavaliselt seotud tuletõrjehüdrantide ja ühenduste ebaõige tarvitamisega ja illegaalsete ühendustega.

Proovimõõtmised ja rõhkude juhtimine harilikult mõõtmata tuletõrjveevarustuses võivad välja tuua kuritarvitusi.

Illegaalset ühendusi kontrollides alustatakse nende klientide kindlakstegemisega, kellel on ebaharilikult väike tarbimine.

2.2.5 Tegelikud veekaod

Kuigi veevarustussüsteemide tehnilise seisundi hindamiseks kasutatakse veebilansi arvutamist, ei saa veevõrgu igapäevasel hooldamisel tugineda vaid sellele.

Harilikult katab veebilans möödunud 12-kuu pikkust perioodi, nii ei ole tal erilist väärtust lekete avastamisel, nende kestuse vähendamisel ja likvideerimisel.

Veebilans ei näita veekadude üksikkomponente või nende seoseid vee-ettevõtte tegevusega.

Nimetatud põhjustel tuleks tegelikke veekadusid hinnata ka täiendavate meetoditega, nimelt:

- tegelike veekadude komponentide analüüs
- öövooluhulga analüüs.

2.2.5.1 Tegelike veekadude komponentide analüüs

Üldine põhimõte - hinnata tegelike veekadude komponente lähtudes remondistatistikast. Eeldatakse et aastane remontide number kirjeldab aastast uute lekete ja avariide arvu, mis siis klassifitseeritakse vooluhulkade erinevuse järgi. Kui iga kategooria lekke või avarii kestus on vee-ettevõtte strateegiast lähtuvalt hinnatud, saab hinnata ka aastase veekao mahtu erinevate kategooriate lõikes.

1993. aastal loodi tegelike kadude hindamiseks kontseptsioon, mis on tuntud “Taustalekete ja avariide hinnanguna” (Background and Bursts Estimates - BABE) ja mis baseerub neid mõjutavatel parameetritel.

BABE analüüsis eeldatakse, et tegelike veekadude komponendid koosnevad:

- Taustalekked ühendustest ja liidetest, vooluhulk on liiga väike, et helimikrofoniga leket avastada;
- Registreeritud lekkes ja avariid - harilikult suure vooluhulgaga, aga kestavad lühikest aega.
- Registreerimata lekkes ja purunemised - mõõdukas vooluhulk, keskmine kestus sõltub lekete aktiivse avastamise meetodist.

Table 2-1

Infrastruktuuri osa	Tausta lekkes	Registreeritud purustused ja ülevoolud	Registreerimata purustused ja ülevoolud
Peatorud	pikkus	number/aasta	number/aasta
	rõhk	rõhk	rõhk
	min kadude määr/km	keskmine vooluhulk	keskmine vooluhulk
		keskmine kestus	keskmine kestus
Reservuaarid	lekkes läbi struktuuri	registreeritud ülevoolude	registreerimata ülevoolude
	mahutavusprotsent/päev	number/aasta	number/aasta
		keskmine vooluhulk	keskmine vooluhulk
		keskmine kestus	keskmine kestus
Kinnistu torud liitumispunktist veemõõdusõlmeni	liitumispunktide arv	number/aasta	number/aasta
	rõhk	rõhk	rõhk
	min kadude määr/liitumise kohta	keskmine vooluhulk	keskmine vooluhulk
		keskmine kestus	keskmine kestus

Võttes arvesse, et avastatavate lekete ja purunemiste keskmine kestus koosneb kolmest komponendist - märkamisest, asukoha fikseerimisest ja remondiajast - saab neid komponente kasutada vee-ettevõtte tegevusplaanide ja –strateegiate koostamisel. Tüüpiline avariivooluhulk on leitud vastavalt standardrõhule ja kohandatud tegelikule rõhule, kasutades sobivaid eeldusi: lekke suhe. Tüüpilised parameetrid, mis eeldatavasti võivad tegelikke kadusid mõjutada infrastruktuuri eri osades on toodud tabelis 2.1

2.2.5.2 Öövooluhulkade mõõtmine

Öövooluhulkade mõõtmised mõõtepiirkondades (District Metering Area - DMA) on eriti efektiivsed olemasolevate registreerimata lekete ja avariide identifitseerimiseks ning uute avastamiseks.

Pidevaid andmeid öövooluhulkade kohta saab kasutada tegelike veekadude aastase keskmise hindamiseks. Öövooluhulki saab mõõta nii ajutiselt kui pidevalt kogu aasta jooksul. Esmalt tuleb kindlaks määrata kliendi öine veekasutus ja see arvutada maha mõõdetud vooluhulgast. Keskmise öö lekke peab korrutama “ööpäeva faktoriga”, mis sõltub keskmistest rõhu muutustest veemõõdupiirkondades 24 tunni jooksul.

Lähemalt on öövooluhulkade mõõtmisest ja ööpäeva teguritest juttu järgnevas peatükis osas “Veekadude analüüsi alused”.

Tegelike kadude komponentide analüüs aitab leida, kus esinevad süsteemis või allsüsteemis suurimad lekked. Suure ühenduste ja liitmike arvu tõttu peatorude ja tänava/kinnistu piiri vahel on taustaleke selles infrastruktuuri osas suhteliselt suur.

Samuti näitavad uute avariide sageduse uuringud peatorudel Saksamaal ja Portugalis, et uute avariide sagedus liitumispunktides on mitmeid kordi suurem peatorude avariidest.

2.3 VEEBILANSI KOMPONENTIDE MÕÕTMINE JA HINDAMINE

Tabelis 2.1 näidatud veebilansi komponente võib mõõta või hinnata kasutades erinevaid tehnikaid – sobivama peab välja valima vee-ettevõtte koostöös konsultatsiooniettevõtetele. Ideaaljuhul tuleks kõik vee bilansi komponendid perioodi kohta mahuliselt määrata ja väljendada mahuühikutes enne, kui püütakse teostada võrdlust.

2.3.1 Veevarustussüsteemi antav vesi

Veevarustussüsteemi antava vee mõõtmise eesmärk on ülevaate saamine kõigi veeallikate baasil toodetud ja võrku antud veekoguse identifitseerimine. Mõõtmist võib seejuures teostada ühes või mitmes punktis:

- Veehaardest või veetöötlusjaamast võrku antava veekoguse mõõtmine;
- Veemõõdupiirkondadesse (tsoonidesse) juhitava vee mõõtmine.

Allkomponentideks on:

- veevõtu mõõtmine puurkaevudest või pinnaveehaardest;
- veemahuti lekkeproov
- pumpade karakteristikute kontroll.

Võrkuantava vee mahu ülehindamine tuleneb:

- mittevastavatest või puuduvatest mõõtmisvahenditest;
 - mittevastavatest kalibreerimisprogrammidest veevarustuse arvestitele.
- süsteematilistest vigadest tingituna puudulikest teadmistest võrgu konfiguratsiooni kohta.

2.3.2 Legaalne evetarbimine

2.3.2.1 Maksustatud legaalne tarbimine

MAKSUSTATUD MÕÕDETUD TARBIMINE

Esitatud arveid kasutatakse süsteemi mõõdetud tootmise kvantifitseerimiseks.
 Kõikide mitte-kodumajapidamis tarbijate identifitseerimiseks
 Kõikide kodumajapidamis tarbijate identifitseerimiseks
 Konverteerida makse andmed ümber kuu või kvartali makseperioodi keskmiseks päevaseks vooluhulgaks m³/päevas .

MAKSUSTATUD MÕÕTMATA TARBIMINE

See samm identifitseerib mõõtmata kodumajapidamised ja teised legaalsed mõõtmata tarbimised.

Hindab mõõtmata kodumajapidamiste tarbimist. Monitoorib kodumajapidamiste näitajaid veearvesti abil või hindab tarbimist igäühelt.

2.3.2.2 Maksustamata legaalne tarbimine

Identifitseerib ja hindab mõõdetud ja mõõtmata tarbimist läbi legaalsete kasutajate nagu munitsipaalhooned, pargid, tuletõrjedepood, veemahutid.

Identifitseerib ja hindab äärelinna mõõtmata veekoguseid (agulid)

Identifitseerib ja hindab vee-ettevõtte veekulusid opereerimiseks (omakulud) nagu peatorude puhastamine ja uhtumine.

2.3.3 Veekaod

Liites legaalse tarbimise vooluhulgad ja arvutades need maha võrku antavast vooluhulgast, saame veekaod. See moodustub tegelikest ja näivatest veekadudest.

2.3.3.1 Tegelikud kaod

Tegelikud kaod on:

Veemahuti lekked

Veemahutite ülevoolud

Lekked peatorudest

Lekked veevõrgus-peatorudes, kinnistu torudes ja toru armatuuris.

VEEMAHUTITE LEKKED

Seda võib mõõta kasutades veemahuti lekkeproovi. Sisse ja väljalaske ventiil suletakse ja veetaseme langust mõõdetakse aeg ajalt. Kui veemahutil on lahtreid siis võib neile lekkeproovi teha järjest. Lekkeproovi tehakse harilikult öösel, et minimiseerida mõju veevarustusele.

VEEMAHUTITE ÜLEVOOLUD

Ülevoolud veemahutites on põhjustatud ebaefektiivsete sissevoolu kontrollerite poolt nagu halvasti töötav ujukklapp. Need tuleb üle vaadata, kui veetase veereservuaaris on maksimum tasemel ja idetifitseerida need mis lekivad Läbi minev vee hulk mõõdetakse perioodist mil veemahuti veetase on maksimaalne.

LEAKAGE FROM TRANSMISSION MAINS

LEKKED PEATORUDEST

Kasuta veearvesteid või ultrahelimõõtjaid igas peatoru otsas, et arvestada vooluhulga muutusi.

LEKKED VEEVÕRGUS

Varustus piirkonna mõõtmine. See meetod mõõdab öövooluhulka varustus piirkonnas ja sisaldab peatorude lekked. Kasuta veemahuti mahumõõtjat, et uurida öövooluhulkasid ?(kl 02.00-04.00). Lahuta maha suurtarbijate mõõdetud öine kasutus ja hinnanguline öö kasutusaja lekked kodumajapidamistes ja mitte kodumajapidamistes. Kui mahumõõtja puudub siis võib kasutada teist veemahuti lekkeproovi. Sulge sisselaske ventiil veemahutisse ja mõõda veetaseme langus sama perioodi jooksul ja arvuta maha samad väärtused kliendi kasutuse kohta. See kalkulatsioon sisaldab veemahuti leket ja peatorude leket.

Stationsaarne vooluhulga mõõtepiirkond (Distridt Meter Areas- DMA). DMA on väike varustus piirkond, kus on harilikult 500-3000 kodumajapidamist. Iga DMA on diskreetne piirkond, millel on määratletud ja püsiv piir. Vooluhulgad igasse DMAsse on monitooritud voolumõõtjaga. Öövooluhulga mõõtmist kasutatakse veevõrgu lekete arvutamiseks (peatorus, kinnistu torudes, liidetes), pärast kliendi öötarbimise ja kliendi lekete maha arvutamist. Öövooluhulkade konverteerimiseks keskmiseks päeva vooluhulgaks, peab öövooluhulga korrutama “öö-päeva faktoriga” .

NÄIVAD VEEKAOD

Näivad veekaod on kaod, mis ei ole tingitud leketest. Tihti on nad seotud vee-ettevõtte igapäevase opereerimistegevuse ja tegevusulatuses välja jäävate faktoritega. Näivaid veekadusid võivad mõjutada sotsiaal ja kultuurilised faktorid, poliitilised mõjutused ja majanduslikud faktorid ning nõuavad tihti institutsioonilisi ja organisatsioonilisi muudatusi. Neid on keerulisem kellelegi adresseerida ja harilikult on nad keskmise või pikema veekadude strateegia tegevusplaani osa. Plaan võib nõuda et muutusi tehtaks:

Elanike elustiilis ja hariduses (keskkonna teadlikuse) nagu vee säästmisprogrammide tutvustamine

Kulude sissenõudmise strateegias nagu tariifide struktuuri ja sissenõudmispoliitika ülevaatamine ja kliendi mõõtmispoliitika.

Aastatulu korjamises nagu personalipoliitika ja koolituse ülevaatamine illegaalsete ühenduste poliitika, eriti linna äärsetel aladel ja agulis, sisaldades poliitilisi otsuseid ja inimese õigust veele.

Mõõtmispoliitika ülevaatamine et parandada mõõtmise ja hindamise täpsust nagu veearvesti paigaldamise, kalibreerimise ja paranadise programmid.

ILLEGAALNE TARBIMINE

See samm hindab ja identifitseerib illegaalset tarbimist ja vargust, mis on põhjustatud:

Illegaalsetest ühendustest

Tuletõrje hüdrantide ja ühenduste ebaõige tarvitamine (mitte sihipärane)

Lõhutud veearvestid

Veearvestite kontrollijate korrupsioon ja ältkäemaksude võtmine

(järgnev lause on tõlgitud sõna-sõnalt on väga imelik) Hinda illegaalsete ühenduste arvu ajalooliste üles märgete kaudu või inspektorite anekdootlike tõendite järgi või uuritavat piirkonda majast majja uurides (jälgides et igal ühendusel oleks oma arveraamat).

KLIENDI VEEARVESTI EBATÄPSUSED

Vee tarbimise väiksemaks hindamine on põhjustatud:

Veearvesti ebatäpsusest mõõtmisest

Halva kvaliteediga või ebatäpne veearvesti

Seisma jäänud (seiskunud) veearvesti

Mittevastav veearvestite hooldus/asendus poliitika

Mittevastav veearvestite näitude lugemise poliitika

Omatarbe ja muu mõõtmata tarbimise (päästeamet) kasutuse väiksemaks hindamine

Vee bilansi arvutamise strateegia arendamise varajases staadiumis, aitab leida näivate veekadude tähtsust, mastaapsust (ulatust) ja põhjuseid ning aitab korrigeerida tegevusplaan nende korrigeerimiseks.

Raiskav(pillav) kasutus

Kuigi ta ei ole vee bilansi komponent on pillav ja ülemäärane kasutus tihti näiva veekaoga sarnaste tunnustega.

Näited:

puudulik kliendi vee mõõtmise poliitika

ebasobiv maksete poliitika (madalad tariifid, subsideritud kasutajad)
kultuurilised ja sotsiaalsed traditsioonid
Puudulik tarbijate harimise poliitika

2.4 VEEVÕRGU KONTROLLI TEHNIKA

See paragrahv on suunatud küsimusele “miks toimub veekadu”? See peegeldab ettevõtte võrgu juhtimist ja sellele võib vastata hinnates võrgu füüsilisi karakteristikuid ja praegust tegevust. Harilikult näitab ülevaade nii head hetkeolukord, kui ka probleeme, mis on põhjustatud kehva infrastruktuuri ja halva juhtimise poolt.

Paragrahv 5 visandab võrgu parandamise (täiustamise) programmi nii, et veekadusid saaks kergemini hinnata, jälgida ja kontrollida.

Hindamine peaks sisaldama:

Üksikasjalikke riigi või piirkonna karakteristikuid, mõjuvaid faktoreid, veekao komponente
Võrgu seisundit (olukorda)

Praegust praktikast ja meetodeid võrgu eksploatatsiooniks ja juhtimiseks, kaasa arvatud vahendid voolu, rõhu ja mahutite jälgimiseks.

Lekete jälgimiseks ja avastamiseks kasutatava tehnoloogia taset.

Personali oskuseid ja võimesid.

Üksikasjalit töö peaks sisaldama:

Mõttevahetust vanempersonaliga- (nagu direktorid ja juhatajad) praegusest juhtimistavast, ettekujutustest, majanduslikest ja poliitilistest piirangutest (kitsendustest) ja mõjudest ning tuleviku plaanidest.

Mõttevahetust tehnilise (teenindava) personaliga süsteemi iseärasustest ja tegevuspraktikast, kaasa arvatud:

Füüsilised andmed (physical data) (elanikkond, nõudlus, topograafia, varustuse korraldamine, peatorude lekked, hoonesisendite arv, keskmine rõhk, tarbija veearvesti asukoht)

Joonised ja ülestähendused, laekumiste andmed (billing data)

Mõõdetud või hinnanguline võrku antud vesi

Legaalse ja illegaalse tarbimise hinnangud, müümata vee ja tegevusindikaatorite hinnangud, mis baseeruvad IWA lähenemisel, koos usalduspiiriga (confidence limit)

Praegusest praktikast (ettevõtte struktuur, personali number ja oskused)

Tehnika ja varustus

Remontimis (paranduste) programm

Majandusandmed (vee maksumus jne)

Välitööd (field visit)- et hinnata praegust tegevust ja oskusi

Sobiva katseala valimine-tulevasteks projektideks, et demonstreerida tehnikat ja varustust, koguda tulemusi ja näidata kasu ning koolitada personali.

2.4.1 Lekkeotsingu tehnika

See lõik seletab detailsemalt tehnikaid lekete mõõtmiseks veemahutites, tüvitorudes ja jaotusvõrgus. Kuigi lekked mahutitest ja tüvitorudes võivad olla suured, esineb suurem osa leketest ikka veevõrgu peatorudes, tarnetorudes.

Vastu võetud protseduur lekete mõõtmiseks sõltub varustuse korraldusest ja kavandatud karakteristikutest varustus ja jaotusvõrgus. Põhilised faktorid mida arvesse võtta on kas:

on 24-tunni (ööpäevane) või vahelduv varustus

veevarustuse korraldust saab ajutiselt muuta

veevarustus on eraldiseisvatesse määratletud piiriga piirkondadesse või kogu jaotusalasse.

Kui on 24-tunni varustus või süsteem võimaldab ajutist ümber korraldust, et võimaldada 24-tunnist varustust kogu testimis perioodiks, siis võib lekete mõõtmisel kasutada (total night flow) öömõõtmise meetodit. Kui selliseid ümber korraldusi ei saa teha siis tuleb lekete hindamiseks kasutada (total quantity) kogu mahu meetodit. Määr (ulatus) milleni igat veevõrgu komponenti saab mõõta sõltub sellest, kuidas on veevõrk kujundamisest. Näiteks süsteemis, mis sisaldab palju veemahuteid ei ole praktiline mõõta lekkimist igalt mahutilt eraldi ja testida tuleb ainult üht veemahutit. Sarnaselt, lekked peatorudest mõõdetakse valides sobivad lõigud. Süsteemides, kus on ainult üks või kaks suuremat veemahutit, mis teenindavad kogu võrku, võib olla võimatu mõõta mahutite leket ilma, et katkestataks veevarustust, kui just mahutil ei juhtu olema kahte kambrit, mida saab teineteisest sõltumatult testida.

2.4.1.1 Peatorustik

Need on suurimad torud veeallikate ja veevarustuspiirkonna vahel, suhteliselt väikeste ühenduste arvuga. Mõlemad tehnikad (meetodid?) on aldis vigadele.

Tehnikad on kokku võetud tabelis 2.2. Need, mis vajavad, et peatoru oleks teenistusest välja võetud on ära märgitud.

	Peatoru töös
Paar lisatavaid veearvesteid	Jah
Ultraheli veearvestid	Jah
Veearvesti möödaviigul	Ei
DMA tüvitoru	Jah
Lahjendumise mõõtmine ?	Jah

Ajutiste veearvestite kasutamine

See on protseduur voolu ja rõhu mõõtmiseks võrgus kus ei ole veearvesteid või kus olemasolevate veearvestite täpsus vajab kontrollimist. See meetod sisaldab ajutiste vooluhulga mõõtjate kasutust nagu Pitot toru, turbiinmõõtja või elektromagneetiline mõõtja, et mõõta ? kiirust ja vooluhulka. Üheks aktsepteeritavaks alternatiiviks sellisele intrusiivsele mõõtmistehnikale oleks ultraheli mõõtmismeetod.

Paigaldamistehnika turbiin ja elektromagnetilise mõõtja jaoks on sama. Mõõtja paigaldatakse töötavale peatorule koos 25-50 mm siibri või kuulkraaniga. Siibri

paigaldamiseks kasutatav puurimis ja ?siise löömis tehnoloogia sõltub peatoru suurusest ja on illustreeritud pildidel 2.4.

Peatorule on paigaldatud 50 mm rõngasmuhv ja 50 mm nippel on avasse paigaldatud. 50 mm nippeli külge on ühendatud ventiil. Ventiili külge on ühendatud ?rõhk puurimismasin. Ventiil avatakse ja peatorusse puuritakse auk kasutades 37,5 mm puurkrooni, ventiil suletakse ja puur eemaldatakse. Seejärel kruvitakse mõõtja korpus ventiili külge. Ventiili avamisel surutakse mõõtja sond ja andur rõhu all toru keskele nagu on näidatud pildil 2.5. Alternatiivina rõngasmuhv meetodile kasutatakse klamberkinnitit, millel on vajalikud ühendused olemas.

Vool ja kiirus mõõdetakse ja salvestatakse sobivate data loggeritega. Data logger peaks olema programmeeritud mõõtma voolu 5 või 10 minutiliste intervallidega kogu voolu mõõtmisperioodi jooksul. Andmete analüüsimise programm nõuab, et toru siseläbimõõt oleks antud millimeetrites ja tootjate poolt pakutavate mõõtjate kalibreerimistegur võnkeid/m. Sobivaid data loggereid on tutvustatud peatükis 6.

Paigaldatavate mõõtjate paar

Seda meetodit saab kasutada olukorras, kus:

- (i) saadavad on kaks mõõtjat ja data logerit
- (ii) peatorule on võimalik teha sobivaid auke läbi mille sisestada voolumõõtjaid
- (iii) haruühendusi saab eraldada või mõõta kogu testi toimumise ajal
- (iv) voolutase piki peatoru või varieeruda nagu drosseldavad ventiilid

On vaja kahte voolumõõtjat, mis paigaldatakse uuritava peatoru kummalegi otsale. Test kestab kaks päeva. Pärast esimest päeva vahetatakse mõõtjad välja, et elimineerida mõõtja vigadest tulenevaid ebatäpsusi. Lekkinud vesi arvutatakse kokku pärast seda, kui data logerid on pärast testi (read back) loetud.

Suur Britannia vee ettevõtted kasutavad paigaldatavaid mõõtjaid rutiinselt kui peamõõtjaid, et mõõdetud toodangut kinnitada. Enamuses on kasutusel elektromagneetilised (EM) mõõtjad. Enamus sellel alal tegutsejaid arvab, et EM mõõtja on erinevalt turbiin mõõtjast vähem sõltuv koha tingimustest. Siiski kasutab üks Suur Britannia vee ettevõtte mõõdetud hulga kinnitamiseks nii turbiin kui ka elektromagneetilisi mõõtjaid. See kinnitab seda, et turbiin mõõtjal võib olla suur täpsus, kui seda kasutatakse kahel tasandil ja joonistatakse välja kiiruse profiil ning kui turbiin mõõtja on piisavalt kaugel takistusest.

Lisatavate mõõtjate paari kasutamine – kummalgi pool toru otsa, on siiski mõistlik tehnoloogia kiiruse muutuste jälgimiseks ja ka lekete jälgimiseks. Meetod ei ole laialdaselt soovitud piiratud täpsuse tõttu, siiski saab vigu vähendada mõõtjate vahetamisega ja kiiruse ühtlustamisega.

Ultraheli veearvestid

Teisaldatavaid (kaasas kantavaid) ultraheli mõõtjaid on katsetatud mitmes Suur Britannia ettevõttes ,alternatiivina lisatavatele mõõtjatele, nii toodangu mõõtmiseks kui mõõtmise täpsustamiseks. SB ettevõtted kasutavad järjest rohkem teisaldatavaid ultraheli mõõtkaid veemahutite voolu mõõtmiseks aga mitte paaris lekke jälgimisega. Üks ettevõtte

eksperimenteeris sarnase tehnikaga-mööda tüvitoru paljastasid paiguti peatoru ja mõõtsid igas punktis peale asetatava mõõturiga voolu.

Suur Britannia naftakeemiatööstus kasutab regulaarselt seda tehnoloogiat kadude jälgimiseks oma torudes. Andurid on paigutatud 600 m intervalliga-väidetavalt saavutatakse $\pm 1\%$ täpsus.

Lekete juhtimise aruanne (Managing Leakage Report J-Techniques, Technology and Training) kirjeldab piloot programmi Prantsusmaal, kus püsivalt jälgiti suure läbimõõduga strateegilisi torusid (maanteega ristuvad torud), et võimaldada kiiret reageerimist avarii korral. Ultraheli õid paigaldati toru otstele ja vahele teatud intervalliga akustilised logerid. Jälgimine oli sellepärast kahe tasandiline: voolu hulga ja akustilise jälgimise võrdlus. Esimene on sobib avariide avastamiseks, viimane väikeste lekete avastamiseks.

Ei ole põhjust, miks see tehnika peaks olema vähem täpne kui lisatavate mõõtjate paar, kui toru karakteristikud in korralikult hinnatud ja sisestatus. Siiski täheldas üks SB ettevõtte, et mõõtjate täpsuse kontrolli ?exercise samal kohal, tehtud kolme erineva operaatori poolt, näitasid vea ulatuseks 4-20%.

Vee peatorud kannatavad tihti ka kasvava kattedihi pärast, mis vähendab ajutiste lisatavate ja ultraheli mõõtmistehnikate täpsust.

Veemõõtepiirkonnad

Statsionaarse vooluhulga mõõtepiirkonna peatoru

Küsimust, kas arvestada tüvitorud DMA süsteemi, estatakse ettevõtete poolt tihti. Mõned ettevõtted arvestavad DMA süsteemi need tüvitorud millel on mitmeid haruühendusi vool mõõdetakse mõõtjatega mis on paigaldatud tüvitoru mõlemale otsale DMA piiril.

Sel juhul on tüvitoru leket raske eraldada kogu DMA lekkest ning peatoru ja kogu DMA tuleb lekete suhtes uurida, kui avastatakse suurenenud öötarbimine.

Tüvetorusid väheste ühendustega võib pidada DMA toruks, mille igas otsas on mõõtja. Lekete uurimine on mõjutatud mõõtjate vigadest ja tarbimise muutustest igas haruühenduses. Mõõtjad on harilikult full-bore mehaanilised või elektromagneetilised

Siiski, kui haruühendusi saab sulgeda regulaarseteks uuringuteks siis mõõtja täpsus on vähem tähtis kui repeatability. Nagu teistegi DMAga pakub regulaarne öövooluhulkade jälgimine andmeid avariide ja suurenenud lekkimise kohta. Nõudlusmudelit peatoru sissevoolu mõõtjal peab jälgima ja võrdlema nõudlusmudelitega kõigil haruühendustel. Kui erinevus on püsiv üle 24 tunni võisee varieerub rohkem rõhu kui nõudlusega siis võib see tõenäoliselt olla leke. Kui see varieerub kogu nõudlusega siis on see tõenäoliselt mõõtja lahknevus.

Mõned ettevõtted jätavad peatorude jälgimissüsteemi üldse välja., mõõtes ainult haruühendusi. Neid torusid kontrollitakse ainult aeg-ajalt lekete avastamiseks.

2.9.3 Jaotusvõrk

Veevõrgu mõõtmisüsteem hõlmab ideaaljuhul kogu voolu mõõtmisi, et ennustada nõudlust ja tarbimise juhtimist ja ka piirkondade voolu, mis võimaldavad inseneril mõista ja juhtida süsteemi väiksemas piirkonnas ja võimaldab lekete juhtimist ja kontrolli. Seepärast peab süsteem olema hierarhiline, alustades toodangu mõõtmisega ja lõpetades tarbija veearvesti või tarbimise hindamisega. Süsteem sisaldab:

Toodangu mõõtmine allikal või veetöötlusel

Voolu mõõtmine varustus piirkonda koos (või arvestades) geograafiliste ja hüdrauliliste piiridega

voolu jälgimine DMAse 500-3000 omandisse koos alaliselt suletud krundi piiri ventiilidega

väikesed lekke alad igas DMAs keskmiselt 500-1000 ühendusega, kus krundi ventiilid jäävad avatuks välja arvatud lekke asukohta välja selgitamisel

individuaalsed tarbijate veearvestid, nii kodu kui ka kommerts mõõtjad

Veevõrgu suuruse ja kompleksuse tõttu ei ole alati võimalik mõõta leket vahetult, välja arvatud väike võrk, mida mõõdab üks veearvesti. Seetõttu on lekkes veevõrgus tuletatud öövooluhulkade mõõtmistest kogu võrku või mõnda võrgu ossa. Viiakse läbi ? lekkekatsed või valitakse esindus ala ja isoleeritakse piirkond sulgedes siibrid krundi (omandi) ümber. Mõõtja paigaldatakse piirkonda varustavale peatorule ja mõõdetakse öövooluhulk. Suurte tarbijate mõõdetud tarbimine sama perioodi jooksul tuleb maha arvutada kogu öövooluhulgast, et saada võrgu öö voolu.

Lekkekatsed meetod on sarnane veemahuti lekete mõõtmise meetodile ainult, et veemahuti väljalaskekraan on avatud. Piirkonna ventiilid peavad olema ?veetihedad (lekkekindlad) ja veemahuti taset peab jälgima öö läbi. Taseme langus on puhas näit öö tarbimisest ja leketest. Võib oletada et öine tarbimine on väga väike, minimaalse öö voolu ajal Suurbritannias (harilikult 02.00 ja 04.00 vahel) ligemale 1,7 liitrit/omand/tund.

Veevõrkudes kus varustus ei ole ühtlane (hooti) võib varustamist ajutiselt korraldada nii, et kindlustada uuritavale piirkonnale pidev varustus. Sammud mis on vajalikud varustuse kõrvale juhtimiseks on seletatud lõigus 6.9.1. Enne öövooluhulkade mõõtmist on soovitatav võimaldada võrgul 48 tundi tasakaalustada, täita veemahutid jne.

Sissevoolu valitud piirkondades saab jälgida kasutades:

olemasolevaid piirkondade mõõtureid

spetsiaalselt testiks paigaldatud mõõtureid

ajutisi sondeeritavaid mõõtureid

3 VEEVÕRKUDE HÜDRAULILINE ARVUTUSMUDEL

Veevarustussüsteemide arvutusmodelid on leidnud tänapäeval laialdast kasutamist. Esmakordselt hakati aga arvuteid kasutama veevõrkude modelleerimisel juba üle 30-ne aasta tagasi. Mudelite abil on võimalik analüüsida keerulise hüdraulilise süsteemi käitumist erinevates olukordades, nagu torude avariid, kahjutule kustutamine, veevõrgu laiendamine jne. Maailmas on mitmed firmad spetsialiseerunud veevarustussüsteemide modelleerimise tarkvara loomisele. Nimetame siinjuures Haestad Ltd. (WaterCAD), Stoner Associate (SynerGEE), Taani Hüdraulika Instituut (MIKE NET), WL | Delft Hydraulics (Wanda). Väga laialdaselt kasutatakse tasuta tarkvara EPANET 2.0. WaterCAD ja MIKE NET programmide alustarkvaraks on samuti EPANET 2.0.

Veevõrgu arvutusmodeli koostamise saab jagada järgmisteks etappideks:

- mudeli eesmärk, milliste küsimuste lahendamiseks on loodav mudel vajalik
- veevõrgu komponentide esitamine arvutusmodelile vajalikul kujul
- vajalike algandmete kogumine modelile sobival kujul
- modelleeritavale ajaperioodile vastavate veetarbimise andmete kogumine
- veevõrgu töö iseloomustus analüüsitaval perioodil
- mudeli kalibreerimine mõõtmisandmete alusel
- mudeli töö alusel küsimustele vastuse leidmine.

Modelleerimise tulemused saab esitada graafiliselt või tabeli kujul. Modelleerimise tarkvaradel on lisaks mitmesuguseid abivahendeid tulemuste analüüsi teostamiseks.

3.1 VEEVÕRKUDE HÜDRAULILISE ARVUTUSMUDELI KOOSTAMINE

Veevõrk kirjeldatakse arvutusmodelis sõlmede ja torustikulõikude abil. Lisaks on modelis pumbad, mitmesugused sulgurid ja regulaatorid ning reservuaarid. Vesi voolab torustikulõikudes ja siseneb või tarbitakse mudeli sõlmedest. Iga veevõrgu mudeli koosseisus olevale elemendile antakse oma identifikaator (*ID label*).

Veevõrkude mudelite koostamisel on üheks esmaseks küsimuseks, et millised torud peaks mudelis sisalduma. Mõningatel juhtudel ei ole mõtet kõiki torusid mudelis arvestada ning võib kasutada lihtsustatud torustiku geomeetriat. Seda lihtsustamise protsessi nimetatakse skeletoniseerimiseks. Kaasaegsed modelleerimise tarkvarad võimaldavad teostada automaatset mudeli lihtsustamist.

Lihtsustatud mudel sobib pumpade töögraafikute analüüsiks või veevõrgu suuremate täienduste planeerimiseks. Lihtsustatud mudel ei sobi aga tavaliselt vee kvaliteedi muutuste või kahjutule olukordade analüüsiks.

Andmete kogumine. Mudeli kvaliteet sõltub algandmete täpsusest: tarbimiste suurused, maapinna kõrgused, reservuaaride veepindade tasemed, torude diameetrid, pikkused ja sisepinna kareduse väärtused, pumpade $H - Q$ karakteristikud ning siibrite olukord

(avatud, suletud või osaliselt avatud). Vee kvaliteedi arvutusmudelis on eriti olulised torude läbimõõtude õiged väärtused. Mudeli koostamisel on võimalik torude algkareduste määramiseks kasutada käsiraamatutes toodud tabelleid ja soovitusi. Hilisemad kareduste täpsustused tehakse välimõõtmiste ja mudeli kalibreerimise käigus.

Pumpade karakteristikud muutuvad aja jooksul. Selle tõttu on soovitatav perioodiliselt pumpade karakteristikuid katseliselt kontrollida.

Tarbijad jaotatakse tarbimise suuruse ja ööpäevase tarbimisgraafiku alusel gruppidesse. Kõige paremad tulemused saab tarbimiste väärtustele mõõtmistulemuste alusel. Mudelis kasutatakse

tarbimiste väärtused peavad vastama modelleerimise aastaajale ja ajamomendile ööpäevas. Veevõrgu käitumise modelleerimisel üle pikema ajaperioodi, nn. EPS mudeli abil (extended-period simulation), peab tarbijatele määrama ööpäevased tarbimisgraafikud.

Mudeli kalibreerimine. Kalibreerimisel tehakse parandusi mudeli koostamisel kasutatud algsuuste arvestusega, et mudeliga saadud arvutustulemused vastaksid etteantud täpsusega mõõtmistulemustele. Kalibreerimisel korrigeeritakse esmalt torude karedusi ja tarbimisi. Vee kvaliteedi arvutusmudelis on vajalik täpsustada algseid vee kvaliteedi tingimusi ja keemilist reaktsiooni iseloomustavaid tegureid.

Kalibreerimine toimub tavaliselt kahes etapis. Esmalt kontrollitakse, et mudel annab reaalseid vastuvõetavaid tulemusi. Peale võimalike suuremate ebakõlade likvideerimist toimub mudeli täpne kalibreerimine. Kalibreerimisel kasutatakse optimeerimise algoritme. Viimastel aastatel on rakendatud veevõrgu mudeli kalibreerimisel laialdaselt geneetilist optimeerimist (GA – geneetiline algoritm). Näiteks WaterCAD tarkvaraga on seotud Darwin kalibraator, mis kasutab geneetilist optimeerimist.

3.2 VEEKADUDE ARVESTAMINE MUDELI KALIBREERIMISEL

Veevõrkude arvutusmudelite koostamisel on üheks oluliseks etapiks mudeli kalibreerimine. Esmase sammuna kalibreerimisel on vajalik teostada veekadude analüüs. Veekaod on seotud lekete, illegaalsete ühenduste, mõõturite vigade jm. põhjustega. Veekadude suurus sõltub veevõrgu olukorrast ning tavaliselt on andmed veekadude määramiseks veevõrgu geomeetria ulatuses ja ajas puudulikud. Veekadude summaarse koguse saame hinnata veevõrku suunatud veekoguse ja mõõdetud veetarbimiste vahena.

Registreeritud tarbitava veekoguse osa kogu veevõrku suunatud veekogusest mingil ajaperioodil nimetatakse veevõrgu efektiivsuseks. Veevõrgu kõrge efektiivsuse (85-90%) korral jaotatakse tavaliselt veekaod võrdeliselt sõlmetarbimistega. Väiksema veevõrgu efektiivsuse korral peaks arvestama veekadude ebahühtlast jaotust üle veevõrgu geomeetria. Kuna veekadude puhul on raske eraldada erinevaid veekao põhjuseid, siis tavaliselt käsitletakse veekadu lekkena.

TTÜ hidro- ja aeromehaanika õppetoolis on kasutatud veevõrgu mudeli koostamisel lekete jaotamiseks mitmeid algoritme. Põhiliselt on arvutusmudeli kalibreerimisel kasutatud lekete jaotamiseks veevõrgus Germanopoulose poolt esitatud lekete jaotuse valemit [1], mida saab üldistada järgmiselt

$$S_{ij} = c \alpha_{ij} L_{ij} (p_{ij})^b,$$

kus S_{ij} on lekke vooluhulk torust, mis ühendab sõlmesid i ja j , c on lekke proportsionaalsuse tegur kogu veevõrgule, mõõtepiirkonnale (DMA) või survetsoonile, α_{ij} on tegur, mis sõltub toru diameetrist, vanusest ja materjalist ning pinnase omadustest, L_{ij} - toru pikkus, p_{ij} - keskmine rõhk torus ja b on rõhu astendaja.

Lekete jaotamisel toru otssõlmede vahel saame

3

$$S_{ij} = Q_{ij} + Q_{ji}$$

kus Q_{ij} on leke sõlmest i , mis on põhjustatud sõlmega j ühendatud toru poolt, ja Q_{ji} on leke sõlmest j , mis on põhjustatud sõlmega i ühendatud toru poolt. Arvestame nüüd, et leke torust on jaotatud sõlmede vahel võrdeliselt rõhuga sõlmedes. Kogu leke sõlmest i on võrdne

$$Q_i = c Q_i^*,$$

kus

$$Q_i^* = \sum_{j=1}^{N_i} (0.5)^b \alpha_{ij} L_{ij} p_i (p_i + p_j)^{b-1}.$$

Siinjuures N_i on torude arv, mis on ühendatud sõlmega i . Lekete proportsionaalsuse tegur c määratakse järgnevalt

$$c = \frac{q}{\sum_{i=1}^M Q_i^*},$$

kus q on lekete kogumaht ja M on tarbimissõlmede arv arvutusmudelil. Algselt me ei tea vee tarbimisele ja leketele vastavat rõhku veevõrgus. Selle tõttu peab rõhu määrama iteratsioonarvutuse abil. Kasutades r ajamomentidel teostatud rõhkude mõõtmisi n kontrollsõlmedes, korrigeeritakse arvutustega torude algkareduse väärtusi. Lähtutakse algselt tarbimisega proportsionaalsest lekete jaotusest, teostatakse vaheldumisi rõhkude ja lekete arvutusi kuni iteratsiooni koondumiseni. Minimeerimisele kuulub järgmine sihifunktsioon

$$E = \sum_{k=1}^r \sum_{i=1}^n (p_i^{r*} - p_i^r)^2,$$

siin p_i^{r*} - mõõdetud rõhk ja p_i^r - arvutatud rõhk sõlmes i . E tuleb minimeerida üle kogu veevõrgu geomeetria ja arvutusperioodi, otsides parameetreid – torude karakteristikud ja

lekke piirkonnad, mis muudab arvutatud rõhud võimalikult lähedaseks mõõdetud suurustele.

Esitatud algoritmi alusel on loodud TTÜ-s alamprogramm, mis töötab koos EPANET 2.0 tarkvaraga. Peale lekete ümberjaotust järgneb veevõrgu arvutusmudeli kalibreerimine torude kareduste korrigeerimise teel.

3.3 MUDELI KASUTAMINE

Veevarustussüsteemide arvutusmudeleid kasutatakse mitmete probleemide lahendamiseks. Veevõrgu simulatsiooni kasutatakse näiteks:

- pikaajaliste generaalplaanide koostamisel
 - tulekustutusvee kättesaadavuse hindamiseks
 - vee kvaliteedi uuringuteks
 - energiakulutuste juhtimiseks pumpamisel
- 4
- veevarustussüsteemide kavandamiseks
 - veevarustussüsteemi töö juhtimiseks, sealhulgas operaatorite koolituseks, võimalike avariiolekordade analüüsiks ning veevõrgu diagnostikaks.

Arvutimudelid annavad terve rea võimalusi analüüsida veevõrgu olukorda:

- teostada süstemaatilist vigade otsimist algandmetes
- mitmesugune arvutustulemuste esitamine (veevõrgu plaanid, histogrammid, ajalised graafikud jne.)
- ühendada teiste tarkvaradega, nagu andmebaasid, CAD programmid, GIS
- teostada automaatselt erinevaid veevõrgu olukordade analüüse, nagu optimaalne torude läbimõõtude valik, pumpade valik, mudeli kalibreerimine, vee kvaliteedi modelleerimine
- veevõrgu töökindluse (kaitstuse) analüüs
- veevõrgu rekonstrueerimise kavandamine.

Veevarustussüsteemide arvutimodelite areng on loonud vahendid, ilma milleta ei oleks paljudele veevõrkudega seotud probleemidele võimalik reaalselt lahendusi leida. Samas ei ole aga modelleerimisalased tööd lõppenud, vaid lähematel aastatel on vajadus leida lahendusi mitmetele veevõrkudega seotud probleemidele.

Esmane vajadus on luua integreeritud süsteem, kus veevõrkude mudelid on seotud efektiivselt teiste informatsioonisüsteemidega, nagu CAD süsteemid, GIS, kliendi andmebaasid (maksed, kaebused), vee kvaliteedi seire andmetega, reaalajas toimiva operatiiv-juhtimissüsteemiga (SCADA), torude remondi ja asenduse andmebaasidega jne.

Teine eesmärk on täiendada modelleerimise tarkvara uute algoritmidega, seotud peamiselt optimeerimise ja kontrolli küsimustega. Torude optimaalsed läbimõõdud, kalibreerimine, rekonstrueerimine, pumpade töö juhtimine, kloorimise satelliitjaamade asukohtade määramine, kiire veelekete asukohtade leidmine seireandmete alusel jne.

Kolmas suund on seotud vee kvaliteedi muutuste modelleerimisega veevõrkudes. Vajadus on paremini hinnata puhastatud vee keemiliste ja bioloogiliste parameetrite muutusi veevõrkudes. Viimastel aastatel on loodud algoritme, mis arvestavad bakteriaalse reostuse

kasvu veevõrgus, vee ja toru seinal oleva orgaanilise aine vahel toimivat reaktsiooni, trihalometaani teket, reostuse levikut veevõrgus jne.

3.4 VEEKADUDE ARVESTAMINE VEEVÕRGUS

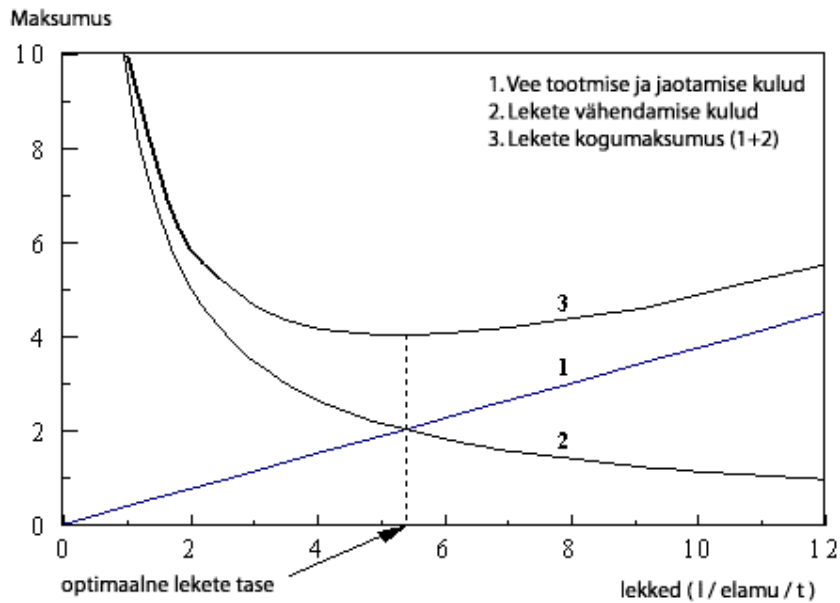
Lekete avastamine veevõrkudes on väga oluline mitte ainult arvestades veevarustuse majanduslikku aspekti, vaid ka selle tõttu, et veevarud on lõplikud, eriti põhjaveevarud. Lekete olemasolu vähendab ka veevõrkude hüdraulilist efektiivsust, ning tänu sellele ka süsteemi töökindlust. Lekked võivad olla teatud tingimustel ohtlikud ka rajatistele ja teedele.

3.4.1 Veekadude arvestamise alused

Veekaod tuleks veevõrgus viia tasemele, mis on konkreetsele veevõrgule majanduslikult põhjendatud. Veevõrgus olevad veekaod saab jagada kaheks peamiseks osaks, avariilekkes ja taustlekkes. Veekao suurus seoses veevarustussüsteemi avariiga on määratud avarii likvideerimiseks kuluva ajaga. Taustlekete suurus on aga seotud vee väljaimbumisega torustiku liitmike ebatihedustest ning torude seintes olevatest pragudest või korrosiooni tagajärjel tekkinud aukudest.

Majanduslikult ei ole õige lähenemine, et torudest ja reservuaaridest ei tohi kunagi esineda lekkeid. Veekadudel on majanduslikult põhjendatud suurus. Seda peab arvestama veekadude juhtimise kavandamisel erinevates veevarustussüsteemides [2]. Teatud tasemel on aktiivne lekete kontroll alati majanduslikult põhjendatud. Selleks jagatakse suuremad veevõrgud mõõtepiirkondadeks (DMA – District Metered Area), mis tagab lihtsama lekete kontrolli.

Lekete majanduslikult põhjendatud tase mingile konkreetsele veevõrgule määratakse tavaliselt lekke ühikmaksumusega (Joonis 1) [3]. Vee puhastamise ja pumpamise ning lekete vähendamise kulud on veevarustussüsteemide jaoks erinevad. Majanduslik otsus taandub küsimusele, milline lekete tase on majanduslikult vastuvõetav. Lekete vähendamiseks võib veevõrgus alandada rõhku, kuid siin tuleb arvestada vajadusega tagada piisav rõhu tase võimaliku kahjutule kustutamiseks.



Joonis 1. Optimaalne lekete tase

Welsh Water on loonud lekete juhtimiseks avarii- ja taustlekete määramise kontseptsiooni (Burst and Background Estimates (BABE)), mis annab veevarustussüsteemi komponentide alusel hinnangu leketele veevõrgus [3].

Mittearvestuslik veehulk (veekadu) koosneb üldiselt järgmistest osadest:

- mittearvestuslik veehulk tänu veemõõtja puudumisele tarbimispunktis. Vajalik oleks igal juhul paigaldada veemõõtja. Nii on võimalik kontrollida tarbitavat veehulka, isegi kui vee eest ei maksta. Vastasel juhul me ei tea, kuhu antud veekogus läheb. On hinnatud suuruseks kuni 15 % mittemõõdetud veekogusest.
- vesi tänavate pesemiseks, parkide kastmiseks, kanalisatsiooni tarbeks, tuletõrje vajadusteks (vähem kui 1...2% veetoodangust), nn. „avalik tarbimine“, jne. Hinnatakse selle suuruseks 10% kogu mittemõõdetud veehulgast.
- torustike läbipesu 15%.
- mitmesugused muud 10%.
- ülejäänud mittemõõdetud veehulk. See on tegelik veekadu, mille suurus on > 50%.

6

Veekaost moodustavad peamise osa lekked. Veekadu saab määrata protsentuaalselt järgmiselt

$$\text{Veekadu (\%)} = \frac{(V_{KOGU} - V_{REG}) \times (100\%)}{V_{KOGU}} .$$

Veevarustussüsteemi mahtvusliku efektiivsuse η saame registreeritud veehulga V_{REG} ja võrku suunatud veehulga V_{KOGU} suhtena

$$\eta = \frac{V_{REG}}{V_{KOGU}},$$

Mahtvuslik efektiivsus peaks olema üle 75% ja sõltub palju konkreetsest olukorrast. Väiksema efektiivsusega süsteem vajab suuremaid veevarusid, rohkem energiat, suurenevad eksploatatsioonikulud ja investeeringud, et kompenseerida väiksemat mahtvuslikku või energeetilist efektiivsust. Kasutatakse tavaliselt reeglit, et vastuvõetav mitteamustuslik veekoguse suurus võib olla kuni 15%. Tegelikult peaks selle suuruse määramiseks tegema majandusliku arvutuse.

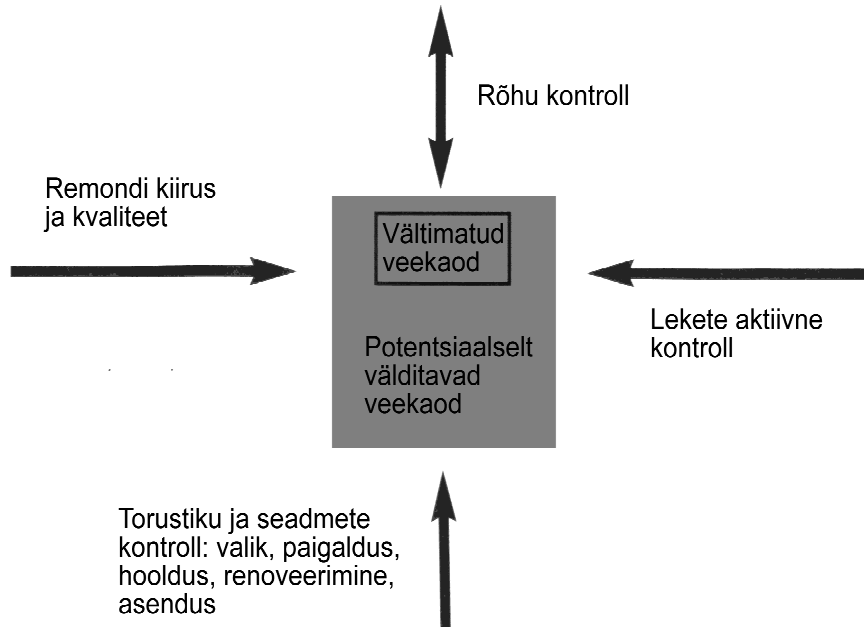
Lekete avastamise kulud ja vajaliku remondi maksumus peab olema väiksem kui edaspidi mittelekkiva vee hind pluss igasugune lekkega seotud kahjustus. Mõningatel juhtudel, kui on toorvee puudus ja puhastusprotsess on väga kallis, peab vähendama kaod alla 10%. Mõningal juhul võib olla vastuvõetav kadu 20%. USA-s loetakse 260 l/in. ööp. normaalseks koduseks tarbimiseks. Kui mõõtmised näitavad, et tarbimine läheb suuremaks, siis on süsteemi tekkinud ilmselt suur leke. Eksperimentaalselt on tehtud kindlaks, et 25% veevarustussüsteemi defektidest põhjustab 70% kogu lekete veehulgast. Mitteamustusliku veekoguse hindamiseks on olemas eeskirju, nagu AWWA M-36, 1996 [4]. Samas tehakse seda vee-ettevõtetes erinevalt. Näiteks võidakse sinna lisada torustike läbipesuks kulunud vesi. Mõned ettevõtted arvestavad avastatud, kuid likvideerimata lekkeid mõõdetud veekoguse hulka.

Lekete hinnanguks saab kasutada lähendust, et lekkeid on ligikaudu ööpäeva lõikes samasuguse suurusega. Siit saab veel ühe hinnangu mitteamustusliku veekoguse kohta, s.t. minimaalse öise tarbimise suhte

$$\text{Minimaalne öine suhe (\%)} = \frac{(\text{Minimaalse tunni tarbimine}) \times (100\%)}{(\text{Keskmise tunni tarbimine})} .$$

Tavaliselt peab see suurus olema väiksem kui 40%. Suurem väärtus näitab lekkeid või suure pideva tarbimise olemasolu, mida on aga võimalik mõõta ja eelnevalt lahutada kogu tarbimisest. Esitatud parameetrit saab edukalt kasutada ka väiksemates eraldatud survetsoonides.

Joonisel 2 on esitatud neli lekete juhtimise meetodit, mis võimaldavad kontrollida tegelikke veekadusid ning vähendada veekaod olemasolevale töörohule vastavate vältimatute veekadude tasemeni [7].



Joonis 2. Peamised meetodid reaalse veekadude juhtimiseks

3.4.2 Veekadude sõltuvus rõhust

Torustikus esinevate aukude ja ebatiheduste põhjusteks võivad olla mitmed tegurid, nagu:

1. Korrosioon (toru väline – agressiivne pinnas; toru sisemine – sõltub vee omadustest, nagu pH, juhtivus, lahustunud hapnik, inhibiitorite kasutamine, sade, nagu kaltsiumkarbonaat; uitvoolkorrosioon – põhjustavad trollibussid, trammid; bimetalühendused - tavaliselt sulgurite juures).
2. Välised koormused
3. Rõhk
4. Toruühenduste kehv kvaliteet

Kõrge rõhk veevõrgus põhjustab:

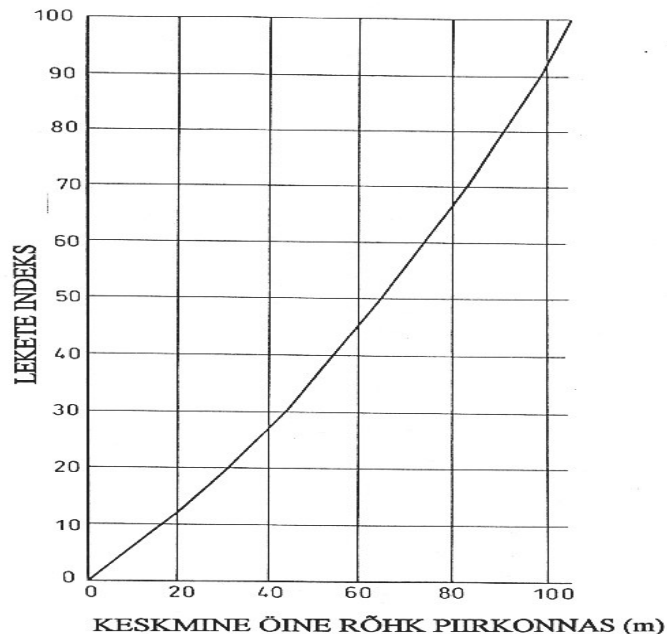
- a) veekadude suurenemist
- b) uute defektide lisandumise tõenäosus kasvab, samuti olemasolevate defektide suurenemist
- c) müra ja vibratsioonide lisandumist, või nende suurenemist
- d) suurendab õhukottidest tulenevat riski veevõrkudes.

Veekaod suurenevad rõhust mittelineaarselt (Joonis 3). Rõhkusid on vaja veevõrgus kontrollida. Survekõrguse vähendamine veevõrgus keskmiselt 10 m võrra vähendab ~15% võrra lekkeid.

Lekete otsimise meetodid baseeruvad peamiselt lekkest tekkiva müra avastamisele. Üldine ja pidev seire portatiivsete seadmetega peaks toimuma veevõrgus kogu aeg. Parim aeg mõõtmisteks on öösel, kui ümbritseva keskkonna müra on minimaalne. Tööd peab

teostama ekspert, kes tunneb lisaks kasutatavale tehnikale hästi ka veevõrku. Portatiivse seadmega on võimalik kontrollida ööpäeva jooksul > 5 km võrku efektiivsusega 75% . Korrelaatoreid peetakse praegu kõige efektiivsemateks lekete avastamise seadmeteks. Nende efektiivsus on 90%, kui tööpäeva jooksul kontrollida 1.6 km torustikke.

8



Joonis 3. Lekete sõltuvus rõhust veevõrgus

Rõhu tase veevõrgus võib olla erinevates riikides ja linnades erinev. Oluline on siinjuures, et rõhk ei oleks tarbijatele liiga suur või liiga väike. Rõhud alla 206 kPa (21 m) tekitavad tarbijatele probleeme mitme veeseadme üheaegsel kasutamisel. Kõrged rõhud põhjustavad aga ülemääraseid lekkeid. USA-s ei lubata rõhku üle 551.6 kPa (56.2 m) tarbijate ühenduskohtades, juhul kui ei kasutata lisaks rõhualandusklappi. Kahjutule kustutamise seisukohalt ei tohi USA-s rõhk langeda hüdrandis alla 138 kPa (14 m), Eestis aga alla 10 m.

Tavaliselt hoitakse USA veevõrkudes rõhud järgmistel tasemetel:

Maksimaalne rõhk 448...517 kPa (45.7...52.7 m)

Minimaalne rõhk maksimaalse tarbimisega päeval 207...276 kPa (21.1...28.1 m)

Minimaalne rõhk maksimaalse tarbimise tunnil 172...241 kPa (17.5...24.6 m)

Minimaalne rõhk kahjutule ajal 138 kPa (14 m).

Sõltumata linna infrastruktuurist on peamiseks teguriks, mis mõjutab lekkeid, **rõhk**. Millised oleksid seosed rõhu ja lekete vahel?

Rõhk ja lekete vooluhulk. Avariide ja lekete jaoks on kaks erinevat väljavoolude ava kuju – muutumatu ja muutuva pindalaga väljavoolud. Augud ja purunemiskohad metalltorude seintes on muutumatu väljavoolu pindalaga ning praod (lõhed) plasttorude seintes ja lekkes toruliitmikes (ühendustes) on muutuva (paisuva) pindalaga väljavoolud. Muutumatu pindalaga avadest sõltuvad lekkes rõhust astmes 0.5. Muutuva pindalaga

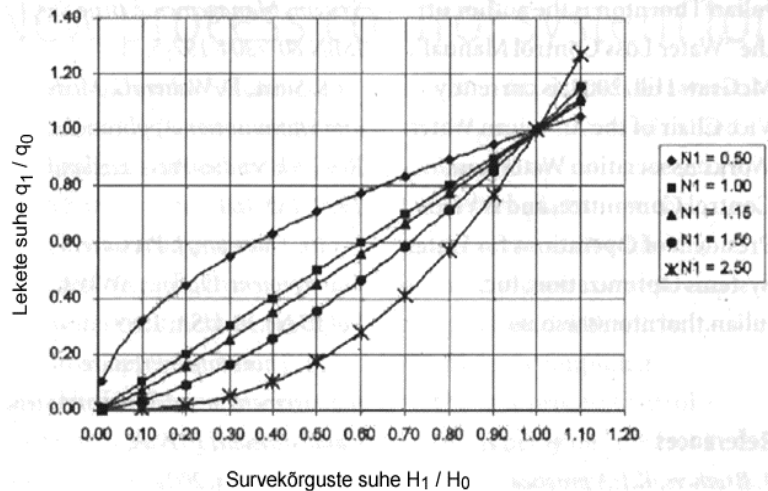
avadest sõltuvad lekked aga rõhust astmes 1.5...2.5. Veevõrgus on aga erinevat tüüpi lekkeid, siis on sõltuvus vahemikus 0.5...2.5. Viimased uuringud Jaapanis ja UK on näidanud, et tavaliselt astendaja suurte veevarustussüsteemide jaoks on 1.15. Niikaua, kuni vee-ettevõtte ei ole teostanud oma veevõrgus uuringuid, soovitatakse võtta astendajaks 1.0 [6]. Valem vooluhulga q arvutamiseks läbi ava, mille pindala on A , sõltuvalt survekõrgusest veevõrgus H on järgmine

9

$$q = \mu A(2gH)^{0.5}$$

kus μ on ava vooluhulgategur, A – ava pindala, m^2 ; H – survekõrgus, m ; g – raskuskiirendus, m/s^2 . Samas peab aga arvestama, et mõningatel juhtudel μ ja A sõltuvad rõhust, samuti nende korrutis. Viimaste uuringute alusel on saadud parimaks seoseks, kui leke q sõltub survekõrgusest H^{N1} (Joonis 4) [7]

$$q_1 / q_0 = (H_1 / H_0)^{N1}.$$



Joonis 4. Rõhu ja lekke taseme seos

Väiksematele mõõtepiirkondadele saab astendaja määrata õiste mõõtmiste alusel. Kui vähendada veevarustussüsteemis 10% võrra keskmist rõhku, siis astendaja $N1 = 1.5$ korral vähenevad lekked süsteemis 15% võrra. Põhimõtteliselt on võimalik seda lihtsat teooriat kasutada ka rõhu mõju hindamiseks üksikutele tarbimise elementidele, nagu kraanid ja segistid.

Rõhk ja avariide esinemise sagedus. Viimased uuringud Inglismaal on näidanud, et uute lekete ja avariide esinemine sõltub rõhust kolmandas astmes. Järelikult rõhu suurendamine kaks korda lisab lekkeid kaheksa korda. Rõhku tuleks hoida võimalikult madalal tasemel. Kahjuks on aga nii, et ajutine rõhu suurendamine põhjustab need lekked, mis tekiks pideval suuremal rõhul.

Rõhk ja pinged süsteemis. Sagedased töö rõhu muutused süsteemis põhjustavad rõhulaineid, mis tekitavad palju suuremaid pingeid toru seintes kui statsionaarne rõhk.

Ventiilide sulgemine ja avamine vooluhulkade reguleerimiseks põhjustab rohkem avariisid torustikus, kui statsionaarne olukord. Süsteemides otsese pumpamisega veevõrku on uute lekete tekkimise sagedus palju suurem, kui veetornidest isevoolselt tarbijate veega varustamisel. Muutuva sissevooluga süsteemid kannatavad 10 või isegi 20 korda suurema lekete arvu all.

Rõhk ja taustlekete vähendamine. Taustlekkeid on raskem avastada kui suuri avariilekkeid. Rõhk avaldab neile aga otsest mõju. Tavaliselt on 70...80% avariisid (breaks) toruühendustes, mis sageli kuuluvad “foonlekete” hulka. Rõhu alandamine on siin otsese mõjuga lekete tasemele. Lisaks saame rõhu alandamisel pumpamisel energia kokkuhoiu.

10

IWA viimased aruanded on näidanud, et vaadeldud 20-s riigis toimub tegelikult lekete juhtimine rõhuga ainult 5 riigis.

Rõhu juhtimise kavandamine. Eelnevalt on vajalik teostada uuringud, et hinnata rõhuga juhtimise sobivust süsteemile:

- analüüsida võimalust rõhutsoonide ja mõõtepiirkondade loomiseks
- teostada tarbimise analüüs
- vooluhulkade ja rõhkude välimõõtmised
- võimaliku saadava kasu modelleerimine
- määrata sobivad reguleerklapid (ventiilid) ja -seadmed
- soovitud tulemuste saamiseks õigete töörežiimide modelleerimine
- maksumus-kasu analüüs.

Kavandustöö lõpetuseks on tavaline ka vajalike rekonstrueerimistööde analüüsi teostamine, et edaspidi tagada tulemuste jätkupüsivus.

Rõhu kontrolli meetodid

Peamiseks eesmärgiks lekete vähendamise seisukohalt on rõhu alandamine, milleks võib kasutada järgmiseid meetodeid:

- pumpade töö ja veetasemete kontroll
- fikseeritud väljavooluga klappidega juhtimine
- ajaliselt juhitud reguleerklapid
- vooluhulgaga reguleeritavad klapid
- kaugjuhtimisega rõhu kontroll veevõrgu sõlmedes.

Tüüpilised joogivee tarbimisgraafikud omavad kaks tarbimise maksimumi, hommikul ja õhtul, ning öist miinimumi. TTÜ-s teostatud teoreetiline analüüs näitab, et veetarbimise ja lekete sõltuvus rõhumuutusest ööpäeva kestel on erinev. Joonisel 5 on esitatud ööpäevase joogivee tarbimise $Q(t)$ ja lekete $\tilde{Q}(t)$ muutus ühtlaselt jaotatud tarbimisega peatorus [9].

Tarbimise suurenemisel lekkes vähenevad ja tarbimise vähenemisel lekkes suurenevad. Veevõrkude arvutusmudelite koostamisel lekete jaotamisel üle veevõrgu geomeetria peab seda arvestama. Põhimõtteliselt saab arvutustega eraldada lekkes muudest mittearvestuslikest veekadudest veevõrgus.

Küsimusele, et millal peaks alustama veelekete otsimisega, on ainult üks vastus, niipea, kui võimalik. Kuna suurem osa veekadudest on tingitud torustike defektidest, on kasulik uurida nende jaotust ja tähtsust leketele, et valida edaspidise tegutsemise strateegia.

3.5 MÕÕTEPIIRKONDADE RAJAMINE VEEVÕRGUS

Veevõrk jagatakse väiksemateks mõõtepiirkondadeks (*DMA - District Metered Area*) peamiselt lekete kontrolli eesmärgil. Mõõtepiirkondade rajamisel on vajalik eelnevalt leida vastus mitmele küsimusele:

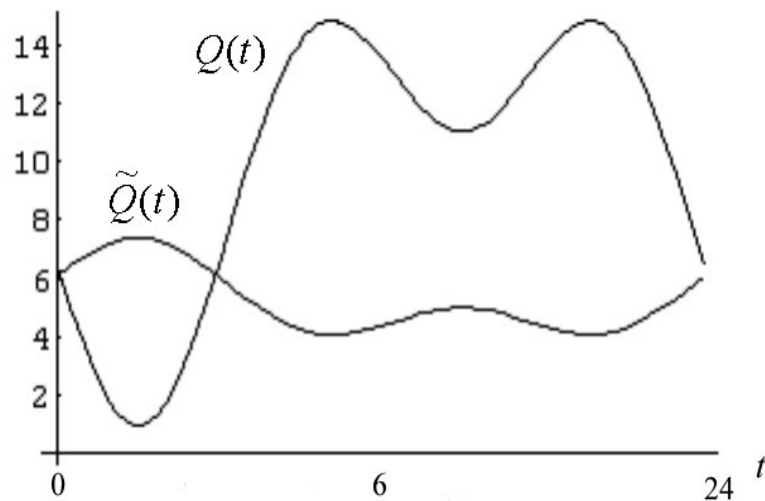
- Kuhu rajada mõõtepiirkond?
- Kas üldse luua mõõtepiirkonda?
- Kui suur peaks olema mõõtepiirkond?

Mõõtepiirkondade rajamise olulisemad eesmärgid on järgmised:

- Suurendada lekete kontrolli efektiivsust
- Paremini kontrollida avariisid

11

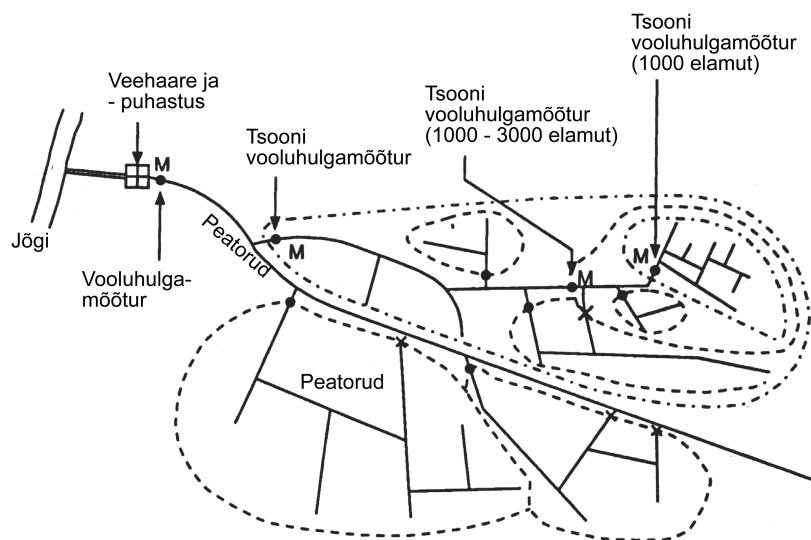
- Paremini mõista süsteemi komponentide tööd
- Hõlbustada rõhu ja vooluhulga mõõtmisi.



Joonis 5. Ööpäevane joogivee tarbimise $Q(t)$ ja lekete $\tilde{Q}(t)$ dünaamika

Mõõtepiirkonnad tagavad suurema lekete avastamise efektiivsuse kahel põhjusel: avastada lekkesid kohe peale tekkimist ja identifitseerida suuremad lekkesid piirkonnas ning võimaldada lekete avastamise tehnikat kasutada võimalikult efektiivselt. Mõõtepiirkondade kasutamine on üheks maksumuslikult efektiivsemaks meetodiks lekete juhtimisel.

Kui lekete tase on piirkonnas ühesugune, ei anna alapiirkondadesse jaotamine erilist kasu. Ebahühtlase lekete tasemega piirkonnas saab suure lekete tasemega osa eraldada väiksema tasemega osast. Joonisel 6 on toodud mõõtmiste hierarhia ja süsteemi võimalik mõõtepiirkondadesse jaotus [8]. Veevarustustsooni suuruseks on tavaliselt 10000 – 50000 elamut.



Joonis 6. Mõõtmiste hierarhia ja mõõtepiirkondade võimalik skeem

12

Inglismaal hinnatakse lekete taset veefirmades tavaliselt 20 korda aastas. Enamus Inglismaa veefirmasid püüab mõõtepiirkondade abil säilitada lekete taset, aga mitte neid vähendada. Mõõtmise teel määratakse lekete tase mõõtepiirkonnas ja kui see ületab teatud suuruse, läheb välja lekete otsimise meeskond. Analüüsi alusel on optimaalne mõõtepiirkonna suurus minimaalse lekete taseme säilitamiseks 800 elamut. Samas natukese suurema (+ 5 l/maja/ööp) lekete taseme hoidmiseks on optimaalne 3000 elamut.

Raske on hinnata mõõtepiirkondade efektiivsust, hinnata nendest saadavat kasu. Selle tõttu paljud vee-ettevõtted on loobunud nende kasutamisest, kuna pole võimalik saadud kasu hinnata. Peamine on aga suuruse küsimus. Inglismaal, kus mõõtepiirkondade rajamisega on kõige suuremad kogemused, on tavaliselt suuruseks ~2000 elamut.

Dr. Stephen Tooms'i uuring kolme Inglismaa veefirma baasil näitas, et optimaalne mõõtepiirkonna suurus sõltub eesmärgiks seatud lekete taseme suurusest [11]. Ettevõtetel tasub teha hinnanguid optimaalse mõõtepiirkonna suuruse osas, mis võimaldab hoida kokku investeeringu maksumust ja ka hilisemaid eksploatatsioonikulusid.

4 HÜDRAULILISE LÖÖGI TEOORIA RAKENDAMINE LEKETE AVASTAMISEKS

Alates 1994. aastast on uuritud võimalust kasutada hüdraulilise löögi teooriat lekete avastamiseks veevõrkudes [10]. Arendatud on teoreetilisi aluseid ja teostatud katseid, nii katsestandil kui ka veevõrkudel. Arvutusmetoodika lähtub mõõteandmetest ja võimaldab määrata lekete olemasolu ning asukohta, teostada samaaegselt ka mudeli kalibreerimist. Londonis on eksperimentaalsete uuringute teostamiseks kasutusel kaks suurt katsestandi, Imperial College (IC) ja Thames Water (TW) katsestandid [12].

IC stend koosneb 277 m pikast PE torust, läbimõõt 50.6 mm ning TW stend 1.3 km pikk MDPE toru, 90 m läbimõõduga 70 mm ja peatoru 1.2 km läbimõõduga 108 mm. Teooria

baseerub karakteristikute meetodi kasutamisele. Määratavad parameetrid on toru karedus, lekke suurus, hõõrdetakistustegur, materjali roomavus (viskoelastne materjal). Katsestendil on saadud teoreetiliste arvutustega kokkulangevus järgnevalt: TW – 24 m täpsusega, 2% toru pikkusest, IC – 5 m täpsusega, 1.8% toru pikkusest.

Lekete asukohtade arvutamiseks kasutatakse pöördülesannet (Inverse Transient Model), mis seisneb järgnevas:

- tekitatakse rõhu impulss (häiring) veevõrgus, kas vooluhulga või surve muutmisega mingis toru lõikes (näiteks klapi avamise või sulgemisega). Võimalik on pseudo-juhusliku binaarsignaali rakendamine võnkuva klapi abil. Häiring peab olema muidugi süsteemile ohutu. Torustikus esinevad lekked, samuti muud takistused, mõjutavad rõhu signaali. Mõõdetud rõhu signaal sisaldab endas informatsiooni lekete asukoha ja suuruse kohta. Meetodi rakendamiseks on vajalik teostada:

- rõhu mõõtmine (võimalusel ka vooluhulga) kindlas toru ristlõikes;
- perioodiline mittestatsionaarse mudeli kalibreerimine võimalike lekete esinemise paikades, kusjuures lekked modelleeritakse mingites etteantud veevõrgu sõlmedes. Geneetilise algoritmi abil genereeritakse lekete kandidaadid võrdsetel kaugustel torul, näiteks iga 10% toru pikkuse kohta. Edasi vähendatakse kaugust astmeliselt 1...2 % võrra. Meetod on pidevalt täienenud ja eksperimentaalsed ning teoreetilised uuringud jätkuvad.

5 ARVESTAMATA VEE OSAKAAL JA SELLE ERINEVAD KOMPONENDID EESTI ÜHISVEEVÄRGISÜSTEEMIDES

5.1 ÜLDIST

Eesti Vee-ettevõtete Liidu (EVEL) 2001. a uuringu põhjal moodustas arvestamata vee osakaal Eesti vee- ja ühisveevarustust opereerivate kommunaalettevõtete haldusalas keskmiselt 40%.

Veelekete haldamisega seonduvad probleemid Eesti ühisveevärgisüsteemide puhul võib jagada üldjoontes kahte suuremasse rühma:

1. Metoodilised aspektid;
2. Tehnilised aspektid.

Neist esimene puudutab põhiliselt probleeme veebilansi ehk pumpamise-tarbimise arvestamisel, mis jaguneb omakorda järgmiselt:

- Puudulik arvestus veevõtu ja vee võrku andmise kohta;
- Ebatäpne või arvestuslik veetarbimine klientide juures.

Järgnevalt käsitleme veelekete haldamise metoodilisi ja tehnilisi aspekte ja probleeme ning arvestamata vee käsitlemise senist metoodikat Eestis.

5.2 METOODILISED ASPEKTID

5.2.1 Puudulik info veevõtu ja võrkuandmise kohta

5.2.1.1 Veevõtt puurkaevudest

Kui suuremate linnade ja maakonnakeskuste vee-ettevõtetel toimub juba aastaid täpne arvestus puurkaevudest või pinnaveekogudest väljapumbatava vee osas, siis väiksemates linnades ja vallakeskustes toimus veemõõtjate paigaldamine tunduvalt hiljem ning kohati esineb tänini arvestuslikku veevõttu. Eraldi probleemiks on mittetöötavad veearvestid puurkaevpumpalates, mistõttu tegelik veevõtt on kas väiksem või suurem ametlikult näidatust.

Konsultandil on teada veel mõne aasta taguseid juhtumeid, kus vallale kuuluva kommunaalettevõtte ühisveevärgis oli mõõtmata nii puurkaevust väljapumbatav kui kliendi poolt tarbitav vesi. Vee arvestamine tarbija juures toimus seejuures vallavolikogu kehtestatud normide alusel. Peale veemõõtja paigaldamist puurkaevpumpalale osutus

väljapumbatud veekogus väiksemaks ametlikult tarbitud veest, misjärel veekogused võrdsustati. Arusaadavalt ei anna seesugune ametlik arvestamata vee osakaal 0% vähimatki infot tegelike veekadude ja selle eri komponentide kohta.

Enamikel juhtudel näidatakse veearvesti puudumise korral veevõttu siiski tegelikust väiksemana. Praeguseks ajaks toimub aga vee arvestus veemõõtja näidu alusel õnneks enamikes puurkaevudes.

Üheks erijuhuks on tahtlik petmine veevõtu andmete edastamisel. Tavaliselt toimub selline oluliselt vähendatud veevõtu andmete väljastamine juhul kui veevõrk on väga halvas, sisuliselt avariilises seisundis ja leketest tingitud arvestamata vee osakaal on erakordselt kõrge (isegi üle 70% võrkuantud veest). Vähendatud andmeid edastatakse nii arvestamata vee tegeliku osakaalu varjamiseks kui makstava erikasutustasu vähendamiseks.

5.2.1.2 Võrku antav vesi kaheastmeliste süsteemide puhul

Kaheastmeliste veehaardesüsteemide puhul, mil puurkaevust pumbatud vesi juhitakse edasi reservuaari ja seejärel teise astme pumpadega võrku, on paljudel juhtudel (eriti väikelinnades ja vallakeskustes) mõõtmata just võrku antav vesi, kuigi veevõtt puurkaevust on mõõdetud. Nimetatud juhtudel võib teatud "peidetud" arvestamata vee kogus pärineda ka veereservuaari leketest. Kuna nimetatud võimalik leke on tihti teadmata, arvestatakse antud osa enamasti veevõrgukadudesse. Küsimus ei puuduta enamasti suuremate linnade veevarustussüsteeme, kus eraldi on mõõdetud ka võrkuantav vesi.

Perspektiivis on soovitatav varustada veemõõtjatega aga kõigi kaheastmeliste süsteemide puhul seni mõõtmata võrkuantava vee osa.

5.2.2 Puudulik info veetarbimise kohta

Antud temaatika alla saab ühendada kõik veetarbimise arvestatud ja arvestamata vee liigid ja senise arvestusmetoodika Eestis. Veetarbimise senist arvestust Eestis käsitleme edasistes osades.

Eelpool oli juttu vastavalt Rahvusvahelise Vee Assotsiatsiooni ehk IWA (International Water Association) soovitustest eraldi müüdüd ja müümata vee arvestamiseks. Kuna paljudel juhtudel on müümata vesi tegelikkuses arvestatud (põhiline osa sellest ettevõtte omatarve) ja teatud juhtudel mõõtmata (põhiline osa tuletõrjeveevarustuses), siis tuleb vastavalt IWA soovitustele välja tuua ka legaalne ja illegaalne veetarbimine. Viimase all mõeldakse veevargusi ja sellest tingitud müümata ja arvestamata vee osa.

Kuna aga ka IWA soovituste alusel ei tehta ametlikult vahet müüdüd ja normatiivide alusel arvestatud ning müüdüd ja mõõdetud veetarbimise vahel, siis käsitleme siinkohal aspekte info puudulikkuse osas veetarbimise arvestamisel Eestis.

Eestis kehtisid varasemal perioodil 1993. a kinnitatud veetarbimise normid elukondlikele ja tööstustarbijatele. Elukondliku tarbimise normid olid lisaks jaotatud vastavalt elamispinna mugavusastmele.

10. veebruaril 1999. a vastu võetud *Ühisveevärgi ja –kanalisatsiooniseaduse* (edaspidi “ÜVK seadus”) § 15 lg (1) ütleb järgmist: “Ühisveevärgist klientidele müüdav vesi peab olema mõõdetud kinnistu veevärgile vee-ettevõtja paigaldatud veearvesti abil, kui vee-ettevõtja ja klient ei ole kokku leppinud teisti”.

ÜVK seadus §16 lg (1) jätkab: “2001. aasta 31. detsembrini tohib ühisveevärgist müüdavat veekogust arvestada ÜVK kasutamise eeskirja ning kohaliku omavalitsuse volikogu poolt kehtestatud vee kasutamise normide järgi”. Nimetatud seaduse lõik ei tunnista kehtetuks 1993. a kinnitatud ametlike veetarbimismorme, kuid samas räägib kohaliku omavalitsuse volikogu poolt kehtestatud normidest. Samal ajal ei välista eelpooltoodud ÜVK seaduse §15 lg (1) ka vee arvestuslikku veetarbimist “juhul kui vee-ettevõtja ja klient on juhtumisi kokku leppinud teisti”. Seega saab vastavalt ÜVK seadusele vee-ettevõtja poolt veearvesti paigaldamise ja kliendi poolt vee mõõtmise kohustust kokkuvõttes käsitleda soovituslikuna.

Eestis on palju piirkondi ja vee-ettevõtteid, kus veetarbimise arvestamine käib senini normatiivide alusel, seda eriti väiksemate linnade, vallakeskuste, ühisveevärgiga varustatud teiste alevike ja külade lõikes.

Üldjoontes võib öelda, et suuremates keskustes ja linnades on käesolevaks ajaks tegelik veetarbimine mõõdetud, samas esineb ka näiteid, kus vaatamata pingutustele kulgeb veebilansi arvestamine raskustega. Üks selliseid näiteid on Kohtla-Järve linn oma üksteisest eraldi ja laialipaisatud linnaosadega, kus isegi tarbijaliikide arvestus toimub linnaositi kohati erinevalt.

Vaatamata tarbitud vee mõõtmisele enamikes Eesti piirkondades esineb seniajani veevargusi. Viimaseid esineb nii illegaalsete veeühendustena kui (vähendatud) tarbitud veekogustena.

Lekete haldamise, kontrolli ja likvideerimise esmaseks eelduseks on täpne vee arvestus nii väljapumbatud, võrkuantud kui tarbitava veekoguse osas. Selleks peavad olema eelnimetatud veekogused mõõdetud ja fikseeritud taadeldud veemõõtjaga. Üksikasjalisi soovitusi lekete haldamise soovitava meetodika ja võimalike tegevuste kohta Eestis anname järgmises peatükis.

5.3 TEHNILISED ASPEKTID

5.3.1 Infopuudus torustike ja toruarmatuuri kohta

Tehnilised probleemid Eesti ühisveevarustussüsteemide haldamisel saavad tihti alguse korrektsete alusplaanide, -skeemide puudumisest. Nimetatud probleem puudutab eeskätt järjekordselt väikelinnu ja vallakeskusi, kuid ei ole haruldane ka mõningates suuremates keskustes. Korrektsetele digitaliseeritud alusplaanidele on kantu väga väheste omavalitsuste tehnovõrgud, s.h vee- ja kanalisatsioonivõrgud.

Projekteerimistöode eelduseks on enamikel juhtudel tuleb täiendav mõõdistamine ning torustike inventariseerimine (torustike, siibrikaevude kaardistamine ning seisundi hinnang). Ei ole harvad ka juhtumid, kus torustike rekonstrueerimistöode vajadusi tuleb

hinnata ligikaudselt, kuna puuduvad andmed nende tegeliku asukoha, pikkuse, vanuse, materjali ja läbimõõdu kohta.

5.3.2 Veetorustike halb seisund

Tervikuna võib öelda, et ühisveevärgitorustike seisund Eestis on halb. Põhjusi on siin mitmeid, toome välja enamlevinud:

- Vanus - paljude torustike iga ületab praeguseks 40 aastat, eriti terastorustikud ja nende ühendused on läbiroostetanud;
- Omaaegne ehituskvaliteet – torustikel puudub nõutav aluspadi, mistõttu on sagedased torude purunemised, ebatihedalt on paigaldatud ühendused ja liitmikud, millest on juba aastaid tingitud ka ulatuslikud lekked;
- Torustike üledimensioneeritus – veevõrgud rajati arvestades endisaegset suurt veetarbimist, tihti paigaldati vakalikust suurema diameetriga torustikud ka tingituna nende defitsiitsusest - paigaldati torud, mis olid saadaval, arvestamata nende läbimõõtu. Torustike üledimensioneeritusest on tingitud aeglane vee liikumiskiirus, settimine, korrosioon. Viimane on teisest küljest põhjustatud ka ebasobivast veekvaliteedist ning veetöötuse puudumisest kuni viimase ajani.

5.4 ARVESTAMATA VESI JA SELLE JAOTUS EESTI ÜHISVEEVÄRGISÜSTEEMIDES

Lähtudes IWA klassifikatsioonist peetakse Eestis enamasti arvestust müümata ja müüdüd tarbimise vahel. Enamlevinud on seejuures klassifitseerimine arvestatud ja arvestamata veeks. IWA eksperdid on loobunud terminist “arvestamata vesi” (unaccounted for water) ja asendanud selle terminiga “müümata vesi” (non-revenue water). Teadolevalt IWA klassifikatsiooni järgselt üheski Eesti vee-ettevõttes otseselt arvestust ei peeta.

Arvestamata (IWA mõistes “müümata”) veekoguseid jaotatakse Eesti ühisveevärgisüsteemides hetkel veel mõnevõrra süsteemitult, erinevate vee-ettevõtete lõikes on arvepidamine võrdlemisi erinev.

Üldjuhul tuuakse välja: omatarbevesi, lekked torustikest, tuletõrjevõrkogused, veevargused, ja mõõtmisvead. Tuginedes eelpoolkäsitletud IWA klassifikatsioonile kuuluvad nimetatud põhikriteeriumid järgnevasse kategooriasse (võrdlus Eestis enamasti kasutatavate kriteeriumide ja IWA soovituslike veebilansside vahel).

Eestis kasutatav veebilansi komponent		Seosed IWA (International Water Association) soovituslike komponentidega			
Võrku antud ja tarbija juures mõõdetud vesi	Arvestatud vesi	Müüdüd vesi	Müüdüd ja mõõdetud vesi	Legaalne veetarbimine	Legaalne ja maksustatud veetarbimine
Võrku antud, kuid tarbija juures mõõtmata (normatiivne) vesi			Müüdüd ja mõõtmata vesi		
Omatarbevesi	Arvestamata vesi	Müümata vesi	Müümata ja mõõdetud vesi	Legaalne veetarbimine	Legaalne ja maksustamata veetarbimine
Tuletõrjevesi			Müümata ja mõõtmata vesi		Legaalne ja maksustamata veetarbimine
Veevargused			Illegaalne veekasutus või pettus veemõõtja näitudega		Veekaod
Mõõtmisvead	Mõõtmishälbed				
Lekked torustikest	Lekked jaotusvõrgus	Tegelikud veekaod			
	Lekked ja ülevoolud ühisveevärgi veemahutitest				
		Lekked kinnistutorustikest			

Kirjandus

1. *Improving Efficiency and Reliability in Water Distribution Systems*, eds. E. Cabrera and A. F. Vela, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, Boston, London, 1995.
2. NWC/DoE, N. W. C. D. o. t. E. „Standing Technical Committee Report 26 – Leakage control policy and practice“, 1980.
3. Engelhardt M. O., Skipworth P. J., Savic D. A., Saul A. J. and Walters G. A. „Rehabilitation strategies for water distribution networks: a literature review with a UK perspective“, *Urban Water*, Vol. 2, Issue 2, June 2000, pp. 153-170.
4. AWWA M-36, Water Audits and Leak detection, American Water Works Association, Denver, CO, 1996.
5. Lambert A. „Accounting for losses: burst and background concept“, *Journal of the Institution of Water Environment Management*, 8 (April), 1994, pp. 205-214.
6. Mays Larry W. *Water Distribution Systems Handbook*. McGraw-Hill. 2000.
7. Thornton Julian. Managing leakage by managing pressure: a practical approach. *Water* 21, October 2003, pp. 43-44.
8. Malcolm Farley, Stuart Trow. *Losses in Water Distribution Networks. A Practitioner's Guide to Assessment, Monitoring and Control*. IWA Publishing, 2003, 282 pp.
9. Ainola L., Koppel T., Kändler N. Diurnal dynamic analysis of water distribution networks. *Advances in Water Supply Management*. Čedo Maksimović, David Butler & Fayyaz Ali Memon (eds), A. A. Balkema Publishers, 2003, pp. 165-171.
10. Liggett J. A., Chen L. C. Inverse Transient Analysis in Pipe Networks. *Journal of Hydraulic Engineering, ASCE*, 120(8), 1994, pp. 934-955.
11. Tooms S. How effective is sectorisation (or: how big should your DMAs be). CCWI & WATERSAVE International Conference – 2003, Imperial College London UK, Supplements to the Conference Proceedings, 2003, pp. 59-68.
12. Covas D., Graham N., Maksimović Č., Ramos H., Kapelan Z., Savic D., Walters G. An assessment of the application of inverse transient analysis for leak detection: Part I – Theoretical considerations. *Advances in Water Supply Management*. Čedo Maksimović, David Butler & Fayyaz Ali Memon (eds), A. A. Balkema Publishers, 2003, pp. 79-87.
13. *Losses from Water Supply Systems: Standard Terminology and Recommended Performance Measures*, IWA, 2000.