



Teknillinen tiedekunta

## **DIPLOMITYÖ**

**SUOSIOLAN VOIMALAITOSALUEEN VESITASEEN**

**OPTIMOINTISUUNNITELMA**

**VAASAN YLIOPISTO**

**TEKNILLINEN TIEDEKUNTA**

**ENERGIATEKNIikka**

Olli Haavikko

**SUOSIOLAN VOIMALAITOSALUEEN VESITASEEN  
OPTIMOINTISUUNNITELMA**

Diplomityö, joka on jätetty tarkastettavaksi diplomi-insinöörin tutkintoa varten Vaasassa  
2.12.2015

Työn valvoja

Seppo Niemi

Työn ohjaaja

Satu Pekkala

## ALKUSANAT

Tämä diplomityö on tehty Napapiirin Energia ja Vesi Oy:n toimeksiannosta. Aloittaessani diplomityötäni tammikuussa 2015 Rovaniemen Energia Oy:n palveluksessa yritys oli laajentamassa toimintaansa kunnallisen vesilaitoksen, Napapiirin Veden kanssa, muodostaen Napapiirin Vesi ja Energia-konsernin 1.6.2015 alkaen. Opiskelu ja työskentely Vaasan seudun energiaklusterin ytimessä mahdollisti erinomaiset valmiudet hyödyntää opinnoissani hankkimaa tietämystäni ammatillisessa tarkoituksessa ja olenkin erittäin tyytyväinen päästessäni hyödyntämään tietoani mm. kotiseudullani Rovaniemellä.

Haluan kiittää mahdollisuudestani laatia diplomityöni erittäin mielenkiintoisesta ja tärkeästä aiheesta Suosiolan voimalaitoksella tuotantojohtaja Jukka Partasta, joka tarjosi ai-hetta joulukuussa 2014. Mahdollisuus työllistyä kotiseudulleni koulutustani vastaavaan työhön oli ensiarvoisen tärkeää. Kiitän myös ohjaajaani ympäristöpäällikkö Satu Pekkalaa, käynnissäpitoinsinööri Matti Virtaa sekä Suosiolan voimalaitoksen muuta henkilökuntaa, jotka auttoivat mieltä askarruttavissa kysymyksissäni parhaansa mukaan. Vaasan yliopistossa saatu tietämys energiatekniikasta ja voimalaitoksista diplomityön valvojan Seppo Niemen ja Jukka Kiijärven erinomaisella opetuksella mahdollisti hyvät lähtökohdat voimalaitosprosesseihin liittyvää työtä pohjustettaessa.

2012 syksyllä alkaneet oppivuoteni Vaasassa tarjosivat lukuisia ikimuistoisia hetkiä opiskelu- ja työkavereineen. Uskon ja toivon, että Vaasan energiaklusteri tarjoaa tulevaisuudessaakin mahdollisuuksia työllistyä energia-alan osaajaksi.

Rovaniemellä 2.12.2015

Olli Haavikko

## SISÄLLYSLUETTELO

ALKUSANAT	2
TIIVISTELMÄ	9
ABSTRACT	10
1 JOHDANTO	11
1.1 Tausta	11
1.2 Tavoitteet	11
1.3 Menetelmät	12
1.4 Työn rakenne	13
2 NAPAPIIRIN ENERGIA JA VESI OY	14
3 LAITOSKUVAUS	17
3.1 Suosiolan voimalaitos	17
3.2 Polttoaineiden ominaisuudet	19
3.2.1 Turve	20
3.2.2 Puupolttoaineet	21
3.3 Tuhkarakeistamo	23
3.4 Savukaasupesuri	24
4 KAUKOLÄMPÖ	27
4.1 Yleistä	27
4.2 Kiertoveden laatu	29
4.3 Laatuun vaikuttavat tekijät	30
5 VESIHUOLTO SEKÄ JÄTEVEDET	32
5.1 Veden pehmennys	33
5.2 Täyssuolanpoisto	35
5.2.1 Kalvosuodatus	36
5.2.2 Elektrodeionisaatio (EDI)	38
5.3 Hapenpoisto	42
5.4 Jätevesien käsittelytekniikat	44
5.5 Jätevesien johtaminen	46

6	SUOSIOLAN VOIMALAITOSALUEEN VESIHUOLTO	50
6.1	Savukaasupesurin lauhdevedet	53
6.2	Suolanpoistolaitoksen jätevedet	58
6.3	Näytteenottovedet	58
6.4	Pohja- ja valumavedet	59
6.5	Muut jätevedet	64
7	POISTOVESIEN HYÖDYNTÄMISPOTENTIAALI	65
7.1	Poistovesien hallinta ja kustannussäästöt	65
7.1.1	Pohja- ja valumavesien hallinta	65
7.1.2	RO/EDI-laitteiston rejektivesien hallinta	70
7.1.3	Savukaasupesurin lauhdevesien hallinta	73
7.2	Vaihtoehtoisten prosessivesien kustannusanalyysi	76
7.2.1	Pohja- ja valumavesien hyödyntämiskustannukset	76
7.2.2	RO/EDI-rejektin hyödyntämiskustannukset	78
7.2.3	Lauhdevesien hyödyntämiskustannukset	82
7.2.4	Investointilaskelmat	84
7.3	SWOT-analyysi	85
8	TULOSTEN ARVIOINTI	88
9	JOHTOPÄÄTÖKSET	90
10	YHTEENVETO	93
	LÄHDELUETTELO	95
	LIITTEET	99
	LIITE 1. Sanastoa.	99
	LIITE 2. KL-kiertoveden ohjearvosuositukset (Energiateollisuus ry 2007: 7).	102
	LIITE 3. Suosiolan voimakattilan prosessivesiraja-arvoja (Ahma ympäristö Oy 2015).	103
	LIITE 4. Suosiolan savukaasupesurin prosessikaavio.	104
	LIITE 5. SK-pesurin lauhdevesien pitoisuudet (Rovaniemen Energia Oy 2014).	105
	LIITE 6. Pohja- ja valumavesien testausseleste (Ahma ympäristö Oy 2013).	106
	LIITE 7. Maarakennuksessa hyödynnettävän tuhkan raja-arvot (591/2006).	108

**TAULUKKOLUETTELO**

Taulukko 1. Suosiolan voimalaitoksella käytetyt polttoaineet (Lapin ympäristökeskus 2005: 8–9). .....	19
Taulukko 2. Kalvosuodatustekniikoiden erotuskyky (Prominent Finland Oy 2015). ....	37
Taulukko 3. Korkeapainekattilan tyypillisiä laatuvaatimuksia vedelle (Wood 2008: 17–19). .....	41
Taulukko 4. EDI-moduulien tyypillisiä laatuvaatimuksia vedelle (BWT Separtec Oy 2014). .....	41
Taulukko 5. RO- ja EDI-laitteistojen tekniset tiedot (BWT Separtec Oy 2014). .....	42
Taulukko 6. Raja-arvot jätevesiviemäriin johdettavalle lauhdevedelle (Aluehallintovirasto 2013: 24). .....	47
Taulukko 7. Raja-arvot vesistöön johdettavalle lauhdevedelle (Ramboll Finland Oy 2008: 22). .....	48
Taulukko 8. Lauhdevesien analyysitulokset sekä tuhkan enimmäispitoisuudet ja -liukoisuudet. ....	55
Taulukko 9. Vesianalyysit ja raja-arvot lisävesille (Energiateollisuus ry 2007: 7). .....	62
Taulukko 10. Pohja- ja valumaveden hyödyntämisestä aiheutuvat kustannukset. ....	78
Taulukko 11. RO/EDI-rejektin hyödyntämisestä aiheutuvat kustannukset. ....	82
Taulukko 12. SK-pesurin lauhdeveden hyödyntämisestä aiheutuvat kustannukset. ....	84
Taulukko 13. Vesitaseen optimoinnin SWOT-analyysi. ....	86

**KUVALUETTELO**

Kuva 1. Suosiolan polttoaineosuudet (Rovaniemen Energia Oy 2014). .....	15
Kuva 2. Suosiolan voimalaitos (Rovaniemen Energia Oy 2014). .....	17
Kuva 3. Rovaniemen kaukolämpöverkoston käyttö (Rovaniemen Energia 2015). ....	18
Kuva 4. Turpeen koostumus (Alakangas 2000: 88). .....	21
Kuva 5. Puun koostumus (Alakangas 2000: 55). .....	22

Kuva 6. Rovaniemen kaukolämpöverkkokartta (Rovaniemen Energia 2014).	28
Kuva 7. Suosiolan KL-lisäveden pehmenninlaitteistoa.	34
Kuva 8. Spiraalimainen kalvorakenne (GenTech RO Water Purifiers Company 2014).	38
Kuva 9. Elektrodeionisaation toimintaperiaate (PSI Water Filters Australia 2014).	39
Kuva 10. Suosiolan RO-laitteisto.	40
Kuvat 11. Suosiolan EDI-laitteisto.	40
Kuva 12. Suosiolan kattila- ja KL-lisäveden valmistusprosessi.	43
Kuva 13. Lamellilaskeutuksen toimintaperiaate (University of Southern Queensland 2008).	45
Kuva 14. SK-pesurin lauhdevesien käsittelyprosessi.	46
Kuva 15. Sankey-diagrammi Suosiolan prosessiveden kulutuksesta ja hallinnasta.	51
Kuva 16. Prosessivesien pääkulutuskohteet.	52
Kuva 17. Tuhkan neutraloiva kyky (Pekkala 2012: 85).	57
Kuva 18. Näytteenottokeskuksen näytevedet.	58
Kuva 19. Pohja- ja valumavesien johtaminen kivihiilen vastaanottomontusta.	59
Kuva 20. Pohja- ja valumavesikaivo.	59
Kuva 21. Pohja- ja valumavesien johtaminen turve- ja puupolttoaineen vastaanottomontusta.	60
Kuva 22. Pohja- ja valumavesikaivo.	60
Kuva 23. Lentotuhkan lautasrakeistin.	61
Kuva 24. Pohjavedenpumppausputkistoon kertynyttä sakkaa.	63
Kuva 25. 200 m <sup>3</sup> öljysäiliö.	66
Kuva 26. Raudan- ja mangaaninsuodatuslaitteisto.	67
Kuva 27. Kylmävaraston säiliö liitännöineen.	68
Kuva 28. Kattilalisävedentuotantosykli RO/EDI-laitteistolla.	79
Kuva 29. SK-pesurin raakaveden virtaus.	80

## SYMBOLI- JA LYHENNELUETTELO

### Symbolit

$\eta_{\text{RO-SAANTO}}$	RO-laitteiston permeaatin osuus raakavedestä
$\eta_{\text{RO-REJEKTI}}$	RO-laitteiston rejektin osuus raakavedestä
$\eta_{\text{EDI-SAANTO}}$	RO-laitteiston permeaatin osuus raakavedestä
$\eta_{\text{EDI-REJEKTI}}$	RO-laitteiston rejektin osuus raakavedestä
$\sigma_{\text{EDI-KONS}}$	EDI-konsentraatin sähkönjohtavuus
$\sigma_{\text{EDI-PERM}}$	EDI-permeaatin sähkönjohtavuus
$\sigma_{\text{RAAKA}}$	raakaveden (vesijohtoveden) sähkönjohtavuus
$\sigma_{\text{RO-KONS}}$	RO-konsentraatin sähkönjohtavuus
$\sigma_{\text{RO-PERM}}$	RO-permeaatin sähkönjohtavuus
$\sigma_{\text{RAAKA}}$	raakaveden (vesijohtoveden) sähkönjohtavuus
$V$	vesivaraston tilavuus
$\dot{V}_a$	kattilaveden raakaveden tarve kuukauden huippukulutuksena
$\Delta E$	energiantarve
$\Delta t$	lämpötilan muutos
$c_{\text{VESI}}$	veden ominaislämpökapasiteetti
$m_{\text{VESI}}$	veden massa
$K$	vesivaraston kiertonopeus

### Lyhenteet

BOD7	Biologinen hapenkulutus seitsemän vuorokauden aikana (Biological Oxygen Demand, 7 days)
BFB	Leijukerrospeti (Bubbling fluidized bed)
CFB	Kiertoleijupeti (Circulating Fluidized Bed)

CHP	Lämmön ja sähkön yhteistuotanto (Combined Heat and Power)
CODMn	Kemiallinen hapenkulutus (Chemical Oxygen Demand)
EDI	Elektrodeionisaatio (Electrodeionisation)
L/S 10	L/S 10-liukoisuus (liquid-to-solid) kuvaa seoksessa olevan nesteen ja kiinteän aineen suhdetta, tässä tapauksessa suhde on 10.
RO	Käänteisosmoosi (Reverse Osmosis)

---

**VAASAN YLIOPISTO****Teknillinen tiedekunta**

<b>Tekijä:</b>	Olli Haavikko
<b>Diplomityön nimi:</b>	Suosiolan voimalaitosalueen vesitaseen optimointi-suunnitelma
<b>Valvoja:</b>	Seppo Niemi
<b>Ohjaaja:</b>	Satu Pekkala
<b>Tutkinto:</b>	Diplomi-insinööri
<b>Koulutusohjelma:</b>	Sähkö- ja energiatekniikan koulutusohjelma
<b>Suunta:</b>	Energiatekniikka
<b>Opintojen aloitusvuosi:</b>	2012
<b>Diplomityön valmistumisvuosi:</b>	2015

**Sivumäärä: 112**

---

**TIIVISTELMÄ:**

Tämän diplomityön tavoitteena oli laatia suunnitelma Suosiolan voimalaitosalueen vesitaseen optimoimiseksi. Vesitaseen pohjalta laadittiin yhteenveto keinoista vähentää vesijohtovedenkulutusta ja ympäristön kuormitusta Suosiolan voimalaitosalueella. Työn tuottaja oli Napapiirin Energia ja Vesi Oy.

Diplomityön alkuosassa käsitellään Napapiirin Energia ja Vesi Oy:tä ja sen harjoittamaa liiketoimintaa. Pääfokus on yhdistetyn lämmön- ja sähköntuotantoon perustuvassa Suosiolan voimalaitoksessa ja sen sisältämissä vesikiertoisissa prosesseissa. Yhdistetyssä sähkön- ja lämmöntuotannossa veden pääasialliset käyttötarkoitukset ovat sähkötuotannossa höyryturbiinin käyttövoimana sekä kaukolämpötuotannossa lämpöenergian siirtämisessä kaukolämpöverkkoon. Vesijohtoveden käytön minimoiminen ja jätevesien hyödyntäminen energiantuotannon vesitaseen optimoimiseksi sekä taloudellisen kannattavuuden kehittämiseksi muodostavat tämän diplomityön keskeisen tavoitteen.

Suosiolan voimalaitosalueen sisäisen vesikierron kehittämiseen liittyi mm. savukaasupururin käyttö- ja lauhdeveden hyödyntämisen optimointi. Lisäksi tarkasteltiin laitosalueella sijaitsevien pohja- ja valumavesien hyödynnettävyyttä lisäveden valmistuksessa. Laitosalueelle rakennettiin vuonna 2013 myös tuhkarakeistamo, mikä kuluttaa kuumaa vesijohtovettä rakeistusprosessissaan. Lauhde- ja pohjavesien hyödyntämisen lisäksi tutkittiin lisävedenvalmistuslaitteiston rejektiveden hyödyntämispotentiaalia. Vaihtoehtoisten prosessiraakavesien optimaaliset hyödyntämismahdollisuudet eri prosesseissa huomioiden niiden sisältämä lämpöenergia tutkittiin keinona vähentää vesijohtoveden kulu- tusta.

Vesitaseen optimointia varten laadittiin kustannusanalyysi. Investointien ja vuosittaisten kustannussäästöjen perusteella investointien sisäiseksi koroksi muodostui 68 % ja takaisinmaksuajaksi 18 kuukautta.

---

**AVAINSANAT:**

Voimalaitos, CHP-tuotanto, jätevesi, vesijohtovesi, vedenkäsittely, vesitase

---

**UNIVERSITY OF VAASA****Faculty of Technology**

<b>Author:</b>	Olli Haavikko
<b>Topic of the Thesis:</b>	Conceptual strategy for optimizing water balance at the Suosiola power plant site.
<b>Supervisor:</b>	Seppo Niemi
<b>Instructor:</b>	Satu Pekkala
<b>Degree:</b>	Master of Science in Technology
<b>Degree Programme:</b>	Degree Programme in Electrical and Energy Engineering
<b>Major:</b>	Energy Technology
<b>Year of Entering the University:</b>	2012
<b>Year of Completing the Thesis:</b>	2015

**Pages: 112**

---

**ABSTRACT:**

The aim of this study was to create a conceptual strategy for optimizing water balance at the Suosiola power plant site and it was subscribed by Napapiirin Energia ja Vesi Oy. The overview of the means of reducing the consumption of tap water and environmental stress was based on the water balance.

Napapiirin Energia ja Vesi Oy and its business model is introduced in the beginning of the study. The main focus in the study was in water-based processes at Suosiola power plant based on combined heat and power production. The main purposes of process water in combined heat and power production are propulsion of steam turbine in electricity production and thermal energy transfer in district heating. Minimizing the use of tap water and utilization of drainage to optimize the water balance at energy production and economical profitability built the frame of the study.

Water balance optimization at Suosiola power plant site also contained the optimization of tap water usage and drainage utilization of a flue gas scrubber. Suosiola power plant site also includes sources of groundwater and runoff water which recoverability as process water was investigated. A granulation plant was based in the power plant site at in 2013 which also consumes hot tap water in its granulation process. Optimized recoverability of drainage water, groundwater and concentrate produced by feed water producing system as process water in different processes was investigated as a way of reducing the usage of tap water. The amount of thermal energy of waste waters was also taken into account.

A cost analysis of water balance optimization was made. The internal rate of return was 68 % and the payback time was 18 months based on the amount of investments and yearly cost savings.

---

**KEYWORDS:**

Power plant, CHP production, drainage, tap water, water treatment, water balance

# 1 JOHDANTO

## 1.1 Tausta

Vedestä ja sen riittävydestä on useiden asiantuntijoiden mukaan kehittymässä yksi suurimmista globaaleista ympäristöhaasteista. Globaalissa mittakaavassa veteen liittyvät ongelmat ovat kasvaneet valtaviksi. Suomen maine vesiteknologiassa ja ympäristöosaamisessa on tunnustettu erittäin hyväksi useilla eri tahoilta. Vesivarojen hyödyntäminen on teollisissa prosesseissa kuten energiantuotannossa välttämätöntä. Teollisuus kuluttaakin noin puolet koko maan veden kulutuksesta. Ympäristöarvojen korostaminen energiantuotannossa on ensiarvoisen tärkeää, ja puhtaan veden kulutuksen optimoinnilla on siihen merkittävä vaikutus.

Suosiolan voimalaitosalueen vesitase ei ole ympäristökuormituksen ja käyttövesikustannusten kannalta optimaalinen. Kattila- ja kaukolämpölämmitysveden valmistukseen käytetään huomattava määrä arvokasta vesijohtovettä, jotta prosessien vaatiman veden määrä ja laatu säilyvät. Voimalaitosalueelle investoitu savukaasupesuri käyttää suuren määrän vesijohtovettä varmistaakseen savukaasujen sisältämän lämpöenergian talteenottojärjestelmän toimimisen, mutta lisäksi se generoi ympäristöön merkittävän määrän lauhdevettä, joka voitaisiin käyttää hyödyksi mm. voimalaitoksen eri prosessien vaatimana raakavetenä. Lisäksi voimalaitosalueella sijaitsevat pohja- ja valumavedet muodostavat potentiaalisen vaihtoehdon vesijohtoveden korvaajana.

## 1.2 Tavoitteet

Tämä diplomityö rajattiin käsittelemään Napapiirin Energia ja Vesi Oy:n Suosiolan voimalaitosalueen vesitaseen tarkastelua alueelle tulevista vesijohdoista alueelta poistuviin jätevesiin ja sadevesiviemäriin. Työn tavoitteena oli pienentää energiantuotannon ympäristökuormitusta sekä alentaa käyttövesikustannuksia vesitaseen kehittämisen keinoin

ja siihen liittyvillä teknisillä ratkaisuilla, lähtökohtaisesti vesijohtoveden käytön vähentämisellä, mutta myös vaihtoehtoisten prosessivesien lämmönhyödyntämiskäytöksillä. Kaukolämpöverkon vesivuotojen sekä voimakattilan ulospuhallus- ja vuotovesien korvaaminen lauhde-, rejekti- sekä pohja- ja valumavesillä sekä SK-pesurin vedenhallinnan optimointi muodostivat tämän diplomityön keskeisen tavoitteen. Prosessien jäte- ja rejekti-vesien sisältämän lämpöenergian hyödyntämisen optimointi otettiin myös huomioon vesien kierrätystä suunniteltaessa.

Veden pääkäyttökohteiden tarkastelu vuositasen perusteella antaa lähtökohdat tarvittaville vedenkäsittelyn laatuvaatimuksille. Esimerkiksi voimalaitoskattilaveden ja kaukolämpöveden laatuvaatimuksissa on merkittävät erot. Siksi on järkevää optimoida alueen pohjavesien hyödyntämistä korkeaa vedenlaatua vaativissa kohteissa. Lauhdevesiä tulee hyödyntää alhaisten vedenlaatuvaatimusten kohteissa. Tuhkarakeistusprosessissa tarvitaan lisäksi huomattava määrä kuumaa vettä, joten ravinnepitoisen lämpimän lauhdeveden hyödyntäminen voi olla mielekkäämpää kuin pohja- tai vesijohtoveden hyödyntäminen.

### 1.3 Menetelmät

Käsiteltävien vesien kemiallisia koostumuksia tutkittiin sekä laskennallisesti että laboratoriokokein, joiden perusteella vesille valittiin sopivat käsittelytekniikat ja hyödyntämis-kohteet. Taloudellinen kannattavuus oli avainasemassa tarkasteltaessa vesien hyödyntämispotentiaalia vedenkäsittelyn ja -hallinnan suhteen. Kuumaa vettä käyttävän vedenkulttajan kuten tuhkarakeistamon osalta tutkittiin savukaasupesurin lämpimien lauhdevesien hyödyntämistä rakeistusprosessin raakavetenä osana kustannussäästö- ja jäteveden hyötykäyttösuunnitelmaa.

#### 1.4 Työn rakenne

Suunnitelma on pohjustettu Napapiirin Energia ja Vesi Oy:n yritysesityllä sekä Suosiolan voimalaitosalueen esittelyllä luvuissa kaksi ja kolme. Perusteet kuluville raakavesille ja muodostuville poistovesille sekä kaukolämpöveden laatuvaatimukset ja laatuun vaikuttavia tekijöitä käydään läpi kappaleissa kolme ja neljä. Voimalaitosvesihuollon toiminta ja jätevesien hallinta esitellään kappaleessa viisi. Työn käytännöllinen osuus ja varsinaisen suunnitelman laatiminen alkaa kappaleessa kuusi Suosiolan voimalaitosalueen vesihuollon kartoittamisella sekä vesitaseen määrittämisellä. Vesitaseen pohjalta kartoitettiin poistovesien hyödyntämispotentiaali ja laadittiin niiden kustannusanalyysit sekä SWOT-analyysi. Pohdinta ja johtopäätökset esitellään kappaleessa kahdeksan. Työssä käytettävää sanastoa ja lyhenteitä on selitetty liitteessä 1.

## 2 NAPAPIIRIN ENERGIA JA VESI OY

Napapiirin Energia ja Vesi Oy on Rovaniemen kaupungin omistama energiayhtiö. Yhtiö toimii emoyhtiönä konsernissa, johon kuuluvat sen kokonaan omistamat tytäryhtiöt Rovaniemen Verkko Oy, Kolarin Lämpö Oy, Napapiirin Vesi Oy, Rovaniemen Voima Oy, Savukosken Lämpö Oy sekä Ranuan Bioenergia Oy josta emoyhtiön osuus on 90 %.

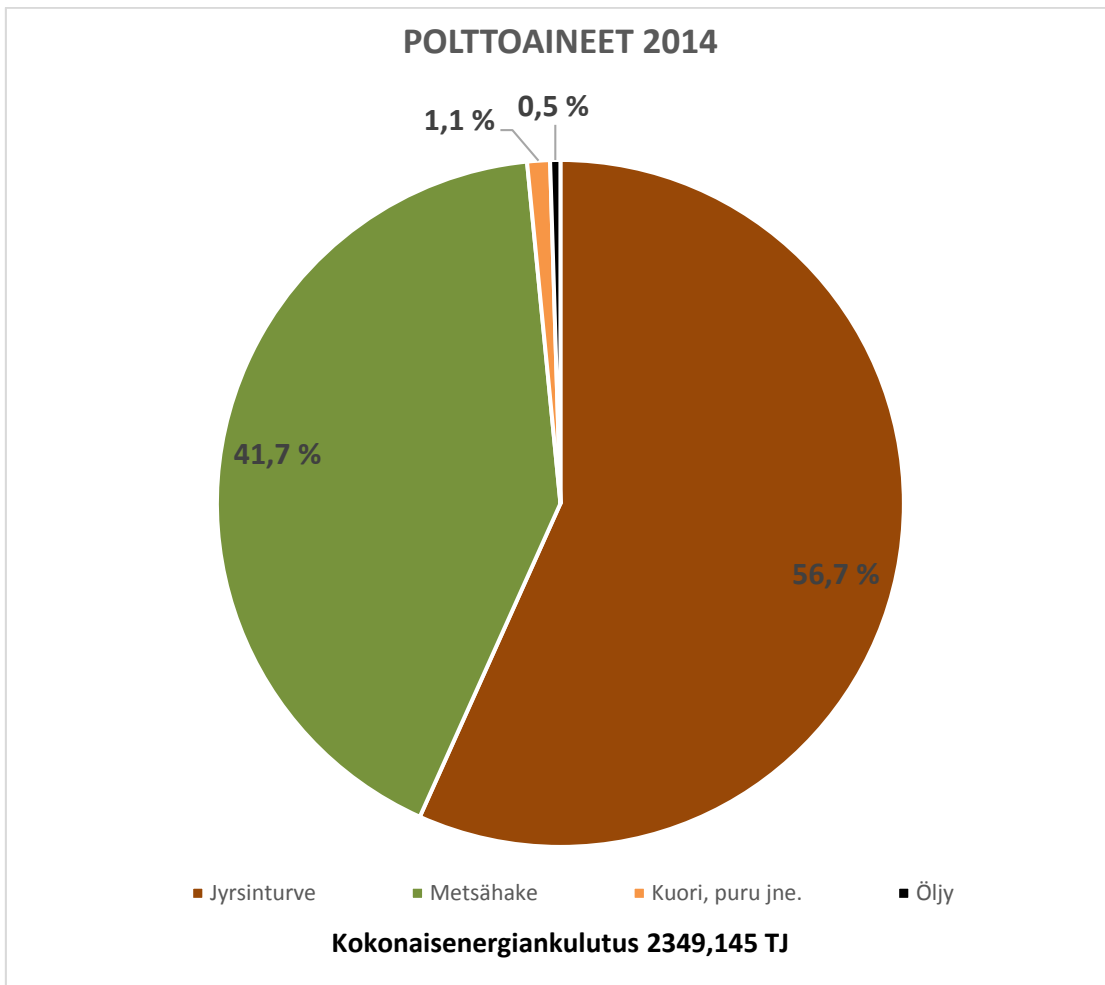
Napapiirin Energia ja Vesi Oy tuottaa ja myy kaukolämpöä ja sähköä, hankkii vesivoimaa ja harjoittaa palvelutoimintaa. Vuodesta 2015 lähtien Napapiirin Vesi on osa Napapiirin Energia ja Vesi -konsernia vastaten puhtaan talousveden hankinnasta ja käsittelystä sekä jätevesien johtamisesta ja puhdistamisesta. Konsernin pääasiallisena toimialueena on Rovaniemen kaupunki. Lisäksi konsernin yhtiöillä on kaukolämpötoimintaa Kolarin kunnan Ylläsjärven alueella ja Kolarin kunnan keskustaajaman alueella.

Verkkoyhtiö Rovaniemen Verkko Oy hallinnoi ja ylläpitää jakelualueensa sähkön siirto- ja jakeluverkostoa. Yhtiön sähköverkkolupa perustuvana jakelualueena on Rovaniemen kantakaupunki. Paikallisena toimitusvelvollisena sähkönmyyjänä sähkönjakelualueella toimii Energiapolar Oy, josta Napapiirin Energia ja Vesi Oy omistaa 24,3 %.

Energiakonsernin liikevaihto oli 49,8 miljoonaa euroa vuonna 2014. Yritys tytäryhtiöineen työllistää yli sata energia-alan ammattilaista. (Rovaniemen Energia 2015.)

Napapiirin Energia ja Vesi Oy:n energiantuotannossa ensisijaisesti käytettävä polttoaine on tällä hetkellä jyrsinturve, jota täydentävät metsähake, puutähdehake, puru, kuori, bio-kaasu yms. biopolttoaineet. Huippu- ja varapolttoaineena käytetään polttoöljyä. Suosiolan voimalaitoksessa on valmius kivihiilen käyttöön polttoaineena (Rovaniemen Energia 2015).

Kuvassa 1 on esitetty Suosiolan voimalaitoksen polttoaineiden suhteelliset osuudet voimalaitoksen kokonaisenergiantuotannosta vuonna 2014.



**Kuva 1.** Suosiolan polttoaineosuudet (Rovaniemen Energia Oy 2014).

Suosiolan voimalaitokseen toimitettava polttoaine on usein kosteudeltaan 40 %:sta jopa yli 60 %:iin vettä. Kosteaa polttoainetta on monin tavoin ongelma, ja voimalaitoskattilaan syötettävä vesi kuluttaa paljon polttoaine-energiaa veden höyrystämiseen. Kuuma vesihöyry poistuu voimalaitoskattilasta lämpötilassa 140–145 °C. Napapiirin Energia ja Vesi Oy investoi noin 5,9 M€ vuonna 2014 valmistuneeseen lauhduttavaan savukaasupesuriin. Savukaasupesurissa puhdistetaan ilmaan pääsevistä savukaasusta haitallisia päästöjä ja otetaan talteen savukaasujen lämpöenergia. Lämpöenergia on peräisin polttoaineesta olevasta höyrystyneestä kosteudesta, joka hyödynnetään kaukolämpöenergiaksi. Savukaasujen rikkiyhdisteet, hiukkaset ja HCl-päästöt vähenivät savukaasupesuri-investoinnin

myötä alle puoleen edeltävästä tasosta. Riippuen olosuhteista savukaasupesuri tuo kaukolämpötehoa Rovaniemellä lisää 8–21 MW. Savukaasupesuri-investoinnit mahdollistavat öljyn käytön vähentämisen lämmöntuotannossa. Lämmöntarve kyetään täyttämään metsähakkeella ja turpeella pitkälle tämän vuosikymmenen loppuun, kun kuormat suurenevät (Rovaniemen Energia 2015).

### 3 LAITOSKUVAUS

#### 3.1 Suosiolan voimalaitos

Rovaniemen keskustasta noin kahden kilometrin etäisyydellä Alakorkalon teollisuusalueella sijaitseva, kuvassa 2 esiintyvä Suosiolan voimalaitosalue sisältää kolme kattilaa. Kuumavesikattila 1NP on vuonna 1986 käyttöön otettu kaukolämmöntuotantoon tarkoitettu kerrosleijukattila (BFB), jonka nimellisteho on 27 MW ja polttoaineteho 32 MW. 1NP:n pääasialliset polttoaineet ovat turve ja puu sekä käynnistinpolttoaineena toimiva kevyt polttoöljy.

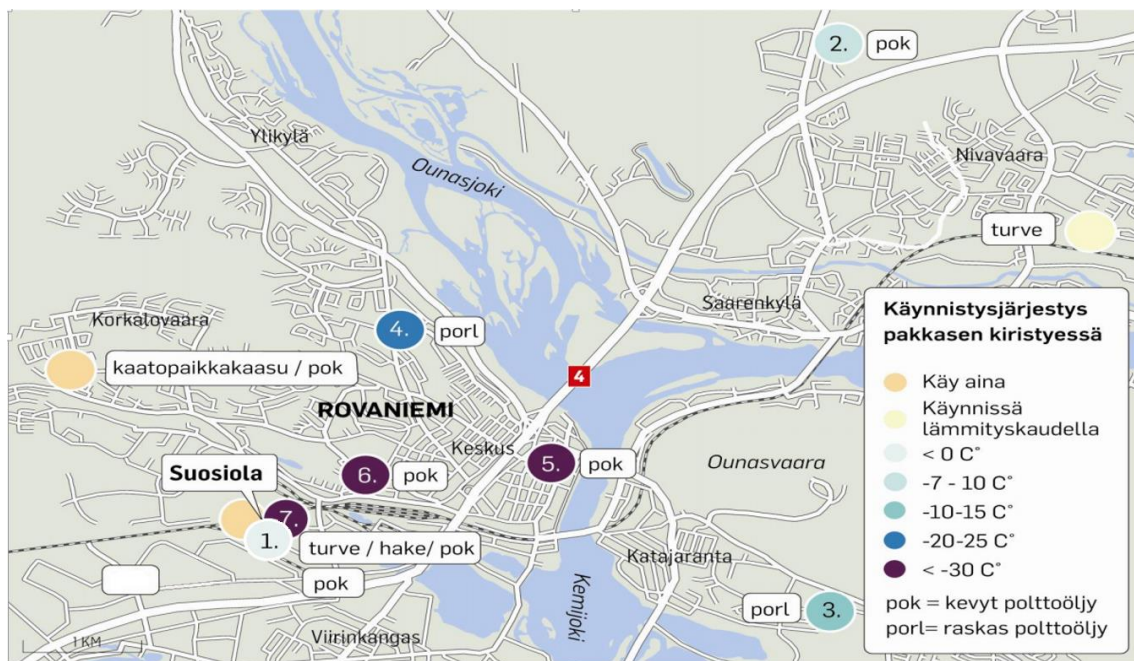


**Kuva 2.** Suosiolan voimalaitos (Rovaniemen Energia Oy 2014).

Voimalaitosyksikkö 2NP on vuonna 1995 käyttöönotettu yhdistetyn sähkön- ja lämmön- tuotantoon tarkoitettu kiertoleijukattila (CFB). 2NP:n nimellisteho nykyisin on polttoaineensyötön päivitysten ja savukaasupesuri-investoinnin jälkeen noin 142 MW. 2NP:llä on mahdollista saavuttaa 110 MW kaukolämpöteho ja 32 MW sähköteho. 2NP:n pääasialliset polttoaineet ovat 1NP:n tavoin turve ja puupolttoaineet sekä lisäksi kivihiili varapolttoaineena ja kevyt polttoöljy sytytyspolttoaineena. (Rovaniemen Energia 2015.)

Viimeisin lämpökeskusinvestointi on vuonna 2007 valmistunut vara- ja huippulämpökeskus 5NP, joka on polttoaineteholtaan 49 MW ja nimellisteholtaan 47 MW. 5NP käyttää polttoaineenaan kevyttä polttoöljyä. 5NP on rakennettu käytettäväksi joko rinnan tai sarjassa vesikattilan kanssa hyödyntäen yhteistä savukaasujen poistopiippua. 5NP:ssä hyödynnetään vesinuohousta, josta muodostuvat likavesi ja epäpuhtaudet johdetaan nuohousvesisäiliöön. Nuohousvesisäiliön vesi neutralisoidaan ja johdetaan jätevesiviemäriin ja kiinteä aines toimitetaan ongelmajättekäsittelyyn.

Voimalaitosalueen ulkopuolella sijaitsee useita lämpölaitoksia, joiden yhteenlaskettu tehoreservi on noin 132 MW. Lämpölaitoksia käynnistetään vallitsevan ulkoilmanlämpötilan mukaan kuvan 3 esittämällä tavalla.



**Kuva 3.** Rovaniemen kaukolämpöverkoston käyttö (Rovaniemen Energia 2015).

### 3.2 Polttoaineiden ominaisuudet

Suosiolan voimalaitoskattilassa on tähän asti käytetty pääpolttoaineena jysinturvetta ja vähäisessä määrin palaturvetta murskattuna. Viime vuosina on panostettu puupolttoaineiden käyttöön useilla polttoaineen käsittelylaitteiden investoinneilla, mutta puun saanti on ollut rajallista. Turvepolttoaineen saannin ollessa uhattuna runsaiden sateiden vuoksi on kivihiilestä tehty vaihtoehtoinen polttoaine korvaamaan turvetta. (Lapin ympäristökeskus 2005: 8–9.)

Taulukossa 1 on esitetty Suosiolan voimalaitoksella käytettävien polttoaineiden teholliset lämpöarvot ja vesipitoisuus. Korkea vesipitoisuus polttoaineissa heikentää polttoaineen tehollista lämpöarvoa. Esimerkiksi jos korkean vesipitoisuuden omaavan turvepolttoaineen vesipitoisuus on 90 %, kuluisi kaikki polttoaineen poltossa vapautuvasta lämpöenergiasta pelkästään veden höyrystämiseen (Huhtinen, Kettunen, Nurminen & Pakkanen 2004: 39–40). Polttoaineen korkean vesipitoisuuden vuoksi savukaasujen mukana kulkeutuu huomattava määrä kuumaa vesihöyryä, minkä vuoksi Suosiolan voimalaitokselle investoitiin vuoden 2014 maaliskuussa käyttöönotettu savukaasupesuri. Kyseisen tekniikan avulla polttoaineen veden höyrystymiseen kulunut energia saadaan talteen savukaasupesurin lauhdutinosassa.

**Taulukko 1.** Suosiolan voimalaitoksella käytetyt polttoaineet (Lapin ympäristökeskus 2005: 8–9).

<b>Polttoaine</b>	<b>Tehollinen lämpöarvo</b>	<b>Kosteus [%]</b>
Jysinturve J8	8 MJ/kg (saapumistilassa)	40–55
POK (St1 Opti)	36,9 MJ/l	0,02
Puupolttoaineet	18,3–20 MJ/kg (kuiva puu)	40–55
Kivihiili	24,63 MJ/kg (saapumistilassa)	8,7

Leijukerrostekniikka mahdollistaa huonolaatuistenkin polttoaineiden polttamisen ilman kuivausta. Vesipitoisuuden alentaminen on suotavaa, sillä se vähentää muodostuvia sa-

vukaasuvirtoja ja täten myös puhallintehon tarve alenee. Kuiva polttoaine kasvattaa tulipesän lämpötiloja, jolloin kattilan tehoteho kasvaa. Täten kattilarakenne voi olla pie-nempi ja edullisempi kuin kostealle polttoaineelle suunnitellut kattilat (Huhtinen ym. 2004: 39–40).

Savukaasujen rikkiatriksidipitoisuus ( $\text{SO}_3$ ) on ongelmallista korkean vesipitoisuuden kanssa, sillä rikkiatriksidi ja vesi muodostavat yhdessä metallipintoja syövyttävää rikki-happoa. Savukaasujen vesikastepiste riippuu savukaasujen veden osapaineesta. Veden tiivystymistä tapahtuu, mikäli vesihöyryn osapaine ylittää kylläisen veden höyrynpaineen ko. lämpötilassa. Rikkiatriksidin esiintyminen savukaasuissa nostaa vesihöyryn tiivistymislämpötilaa. Mitä enemmän rikkiatriksidia tai vesihöyryä savukaasuissa esiintyy, sitä korkeampi on savukaasujen niin kutsuttu happokastepiste. Kattilan kylmimmän osan (yleensä palamisilman esilämmitin) lämpöpintojen syöpymiseltä vältytään, kun happokastepistelämpötilaa ei aliteta missään vaiheessa. (Huhtinen ym. 2004: 45, 99–100.)

### 3.2.1 Turve

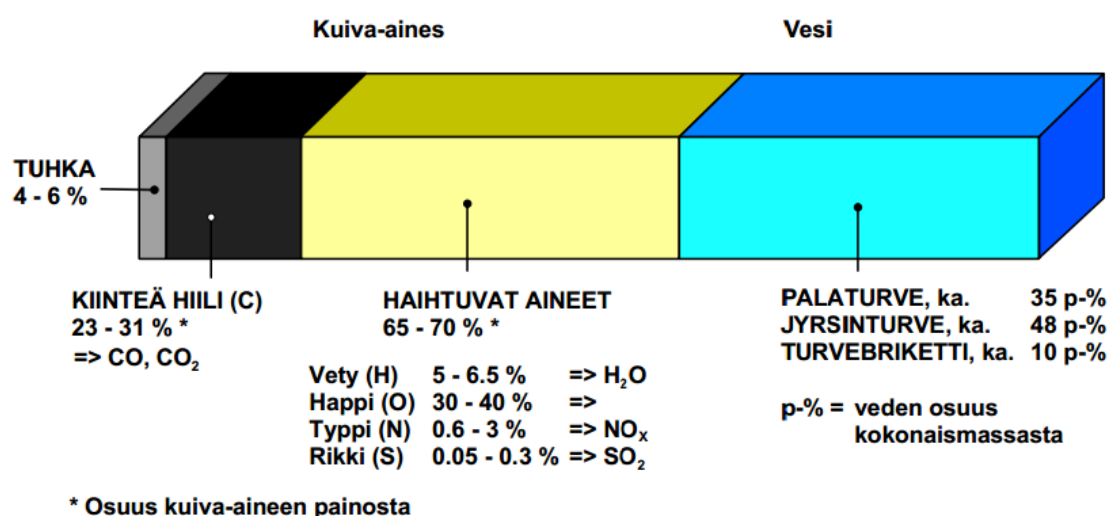
Turve on eloperäinen maalaji, joka muodostuu kuolleista kasvin osista epätäydellisen ha-joamisen seurauksena. Rungas vesipitoisuus ja hapen niukkuus hidastavat kasvin jäänteiden hajoamista, minkä seurauksena muodostuu hiljalleen kasvavia turvekerrostumia.

Energiaturve luokitellaan kahteen luokkaan: jyrsin- ja palaturpeeseen tuotantomenetel-män mukaan. Jyrsinurpeen osuus energiaturpeen tuotannosta on yli 90 %. Suurin osa tur-peesta tuotetaan Haku- ja Tehoturvenmenetelmällä, missä pyritään jyrsinävaiheessa mah-dollisimman suureen raekokoon kuivaamisen ja karheamisen tehostamiseksi. Palaturve on muodoltaan yleisimmin joko sylinteri- tai lainepala. Palaturpeen kuivatuksessa pyri-tään yleensä alle 35 %:n kosteuteen loppukäyttäjistä riippuen. (Alakangas 2000: 85-88.)

Turvepolttoaineen paino määritetään voimalaitoksilla punnitsemalla tulevat ja lähtevät kuorma-autot autovaa'alla. Turpeen kosteuden määrittämiseksi suoritetaan polttoaine-näytteiden analysointia.

Kuvassa 4 on esitetty polttoturpeen keskimääräinen koostumus. Koostumus vaihtelee suuresti riippuen turpeen maatumisasteesta, jota ilmaistaan asteikolla H 1–H 10.

H 1 tarkoittaa täysin maatumatonta turveainesta ja H 10 täysin maatumutta turvetta. Turpeen maatuessa hiilipitoisuus yleensä kasvaa. (Alakangas 2000: 88) Merkille pantavaa on suurissa voimalaitoksissa käytettävän jyrshinturpeen huomattava kosteuspitoisuus, joka muodostaa suunnilleet puolet polttoturpeen kokonaismassasta. Haihtuvat aineet muodostavat 65–70 % kuivan turpeen massasta, mikä on vähemmän kuin vastaava osuus puussa. Tämän vuoksi turpeen tehollinen lämpöarvo on kuivana suurempi kuin puun.



**Kuva 4.** Turpeen koostumus (Alakangas 2000: 88).

### 3.2.2 Puupolttoaineet

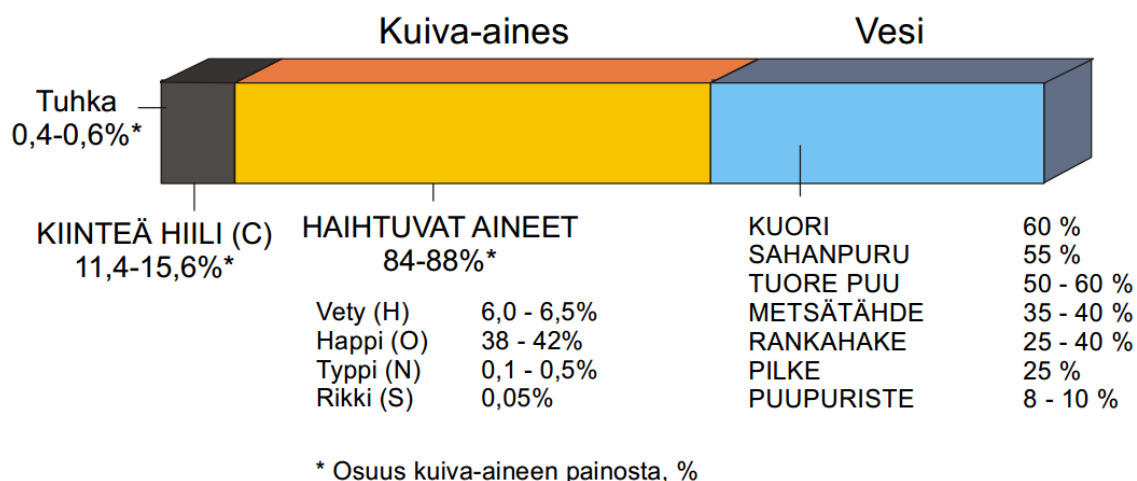
Polttohake on hakkurilla kokopuusta, rangoista, metsätähteestä tai muusta puuaineksesta tehtyä polttoainetta. Kokopuuhake valmistetaan karsimattomasta puusta ja rankahake karsituista rangoista. Hakkuutähteestä eli latvoista, oksista ja raivauspuusta tehdään hakkuutähdehakea ja kannoista kantohakea tai -murskettä. Sahanhake on sahauksen sivutuotteena valmistettua hakea. (Alakangas 2000: 48.)

Metsähake muodosti Suosiolan voimalaitoksen polttoaineista noin 42 %:n energiaosuuden vuonna 2014 ja onkin täten merkittävä raaka-ainelähde puupolttoainetuotannossa. Koivikoiden ensiharvennuksilla metsään jää hakkuutähteeksi ainespuuksi kelpaamatto-

mia latvoja ja oksistoa, jolloin raaka-ainekertymä on suhteellisen pieni. Uudistushakkuukuusikot muodostavatkin suuremman osan hakkuutähdekertymästä sisältäen mm. huomattavan määrän hylkypölkkyjä tyvilahoista rungoista. Päätehakkuukuusikot muodostavatkin kilpailukykyisimmän lämpöenergian tuotantovaihtoehdon metsähakevaihtoehdoista (Alakangas 2000: 48–50).

Tuoreen hakkuutähteen kosteus on 50–60 massaprosenttia koko hakemäärän massasta. Hakkuutähteestä tuotettavan hakkeen kosteus on kuitenkin 25–65 %. Kosteuteen vaikuttaa mm. vuodenaika ja varastointi. Kesäaikana on mahdollista päästä alle 30 %:n kosteuksiin, kun hakkeen raaka-aine kuivuu palstalla, mutta vastaavasti talvella kosteudet saattavat nousta jopa 65 %:iin, kun hakkeen joukkoon joutuu lunta ja jäätä. Kosteus vaikuttaa merkittävästi hakkeen energiatihyteen. Käytännössä hakkuutähdehakkeen energiatiheys on 0,6–1,0 MWh irtokuutiometriä kohden. (Alakangas 2000: 55.)

Hakkuutähdehaketta käytetään ympäri vuoden suurissa monipolttoainevoimalaitoksissa, mikäli laitos on suunniteltu toimimaan kostealla puupolttoaineella. Usein varsinkin talvikaan käytetään turpeen ja metsähakkeen sekakäyttöä, sillä hake yksinään ei riitä tuottamaan kattilan tarvitsemää polttoainetehoa. Kuvassa 5 on esitetty energiapuun keskimääräinen koostumus. Merkillepantavaa on puun sisältämä kosteus, joka muodostaa hyvin suuren osan energiapuun massaosuudesta.



**Kuva 5.** Puun koostumus (Alakangas 2000: 55).

Kiinteillä polttoaineilla 10 prosenttiyksikön muutos polttoaineen kosteudessa vaikuttaa suunnilleen 1–2 prosenttiyksikköä leijukerroskattilan hyötysuhteeseen (Helynen & Flyktman 2004: 14–15). Korkeaa kosteuspitoisuuttakin haitallisempaa on polttoaineen kosteuspitoisuuden vaihtelu. Syötettäessä epätasalaatuista polttoainetta joudutaan kattilan säätöarvoja muokkaamaan polttoprosessin optimoimiseksi. Talvi- ja kesäaikaisilla toimituksilla voi olla useiden kymmenien prosenttiyksiköiden ero. Kaukolämpövoimalaitosten tapauksessa on tärkeää pyrkiä tasaiseen energiantuotantoon. Tukipolttoaineisiin kuten polttoöljyyn saatetaan joutua turvautumaan, kun syötetään epätasalaatuista polttoainetta. Suurissa päästökaupan piiriin kuuluvissa laitoksissa tämä näkyy lisääntyvinä energiantuotantokustannuksina.

### 3.3 Tuhkarakeistamo

Suosiolan voimalaitosalueelle rakennettu tuhkarakeistamo otettiin käyttöön kesällä 2013. Tuhkarakeistamon tarkoituksena on hyödyntää puu-, turve- ja peltobiomassapohjaisen energian tuottamisen sivutuotteena syntyvän lentotuhkan kaupallinen käyttö. Helppoa käsiteltävyyttä varten lentotuhka rakeistetaan helpommin käsiteltävään muotoon. Tuhkarakeistamolla voidaan rakeistaa myös muiden laitosten poltossa syntyvää tuhkaa. Voimalaitostuhkalle kohdistettaisiin jätevero, mikäli sille ei olisi hyötykäyttöä. Tuhkan hyödyntämismahdollisuudet ovat mm. lannoitteena sekä maanrakennusmateriaalina. Tuhkan rakeistaminen vedellä parantaa tuhkan lannoiteominaisuuksia sekä levitettävyyttä.

Tuhka syötetään rakeistamon siiloihin (3 kpl) joko suoraan prosessista tuhkalinjoja pitkin tai autokuljetuksina. Rakeistamon siiloilta tuhka syötetään sekoittimeen, jossa prosessiin lisätään vettä (ja mahdollisesti ravinteita) tarpeen mukaan tuhkan laadusta riippuen. Annosteltavan veden määrä riippuu rakeistettavan tuhkan määrästä ja tuhkan laadusta. Veden massaosuus kosteutetussa tuhkassa vaihtelee suunnilleen 20–30 % välillä. Sekoittimelta tuhka syötetään pyörivälle rakeistuslautaselle, jossa tuhka rakeistetaan lautasen kulmaa ja pyörimisnopeutta säätämällä. Prosessiveden kulutus laitoksella on noin 400 litraa kuivaa tuhkatonna kohden.

Valmis tuhkaräe siirtyy kuljettimia pitkin kuivaukseen ja bunkkerivarastoon tai säkitykseen. Tuhkan laatua ja toimituseriä tarkkaillaan omavalvontasuunnitelman mukaisesti. Mikäli tuhka ei täytä lannoitevalmisteen laatuvaatimuksia, se toimitetaan muuhun hyötykäyttöön tai loppusijoitetaan. (Rovaniemen Energia Oy 2014). Tekninen kapasiteetti rakeistamolla on suunnilleen 50 000 t/a rakeistettua tuhkaa. Suosiolan laitoksen osalta työlukuna on käytetty 10 000 t/a rakeistamatonta tuhkaa, mutta savukaasupesurin myötä tuhkan määrä on vähentynyt 2014 lähtien. Rakeistamolla on mahdollista käsitellä voimalaitoksen omien tuhkien lisäksi ulkopuolisten laitoksen tuhkia.

Tuhkan kaupallisella hyödyntämisellä on mahdollista saavuttaa satojen tuhansien eurojen vuosittaiset säästöt. Jäteverolaki on vaikuttanut huomattavasti tuhkien käsittelylaitosten kannattavuuteen. Tuhkan jätteistäminen muodostaa merkittävän kustannuserän yritykselle. Lannoitevalmistelain mukaiset toimijat on listattu Elintarviketurvallisuusviraston rekisteriin. YSL 28 §:n mukaan jätteitä laitos- tai ammattimaisesti käsittelevät toiminnot tarvitsevat ympäristöluvan. Rakeistuslaitos vaatii toimintaansa ympäristöluvan, mikäli laitoksilta toimitettavat tuhkat on luokiteltu jätteeksi. Jätelainsäädännön uudistuksen myötä tuhkien jäteluokitus voi päättyä. Siinä tapauksessa tuhkia käsittelevät toiminnot, kuten rakeistamot, eivät olisi enää jätteen laitos- tai ammattimaista käsittelyä. (Pekkala 2012: 60.)

### 3.4 Savukaasupesuri

Suosiolan voimalaitoksen yhteyteen keväällä 2014 liitetty savukaasupesuri on niin kutsuttu märkäpesuri, jonka tavoitteena on savukaasujen hiukkaspäästöjen minimointi. Kehityksen myötä myös savukaasujen sisältämää hukkalämpöä on alettu hyödyntämään lämmön talteenotolla. Savukaasupesurissa poistetaan suurin osa epäpuhtauksista ruiskuttamalla savukaasuihin 50 % natriumhydroksidiliuosta. Kyseinen alkaalinen pesuliuos reagoi savukaasujen kaasumaisten komponenttien kanssa. Reaktiossa muodostuu natriumsuoloja samalla, kun hiukkaset ja raskasmetallit takertuvat pesunestepisaroiden pinnalle. Prosessissa muodostunut kiintoaine erotetaan pesunesteestä lamelliselkeyttimessä,

josta pesuneste kierrätetään takaisin prosessiin. Kierrätettävän veden pH säädetään sopivalle tasolle (pH noin 8) natriumhydroksidin avulla, jotta pesurin erotusaste ei heikentyisi alhaisen pH-tason vuoksi. Osa kiertovedestä pumpataan jatkuvatoimisesti lauhdeiden käsittelyjärjestelmään.

Pesuvaiheen jälkeen savukaasut nousevat täytekappalekerrokseen, jossa savukaasujen lämpö siirtyy suljetun piirin veteen ja savukaasujen sisältämä vesihöyry lauhtuu vedeksi. Suljetussa piirissä lämmennyt vesi johdetaan lämmönvaihtimelle, jossa lämpö otetaan talteen ja siirretään kaukolämpövedeen. Suljetun piirin jäähtynyt vesi johdetaan lämmönvaihtimelta takaisin täytekappalekerroksen yläosaan. Savukaasupesurin ulostulossa on pisaranerotin, joka vähentää veden määrää savukaasuissa ennen niiden johtamista piippuun. Pesurissa savukaasujen sisältämä höyry lauhtuu vedeksi ja lisää pesuvaiheessa kiertävän veden määrää. Tämän vuoksi osa pesuvaiheen kierrätettävästä vedestä pumpataan jatkuvatoimisesti lauhdeiden käsittelyjärjestelmään. (Aluehallintovirasto 2013: 6)

Liitteessä 4 on esitetty pesurin prosessikaavio. Pesurilta 60–70 °C lämpötilassa tuleva lauhde jäädytetään lämmönvaihtimen avulla noin 40 °C lämpötilaan. Lauhde käsitteilyprosessissa säädetään ensin lauhdeiden pH. pH säädön jälkeen prosessiin syötetään tarpeen mukaan saostuskemikaalia sekä polymeeriä. Kemikaalien avulla saadaan sopivat olosuhteet selkeyttimen tehokkaalle toiminnalle. Puhdistunut lauhde johdetaan selkeyttimen ylijouksena jatkokäsittelyyn. Kiintoainekonsentraatti kuivataan suotonauhapuristimella jonka jälkeen se pussitetaan ja toimitetaan kaatopaikalle.

Lauhdutinprosessin NaOH (50 %) -kulutus vuonna 2014 (3/2014 alkaen) oli 289 tonnia. Pesurissa käytetään lisäksi polymeeriliuosta ja alumiini- tai rautapohjaista koagulanttia (saostusainetta) muutamia tonneja vuodessa. Polymeeri tulee laitokselle pulverimaisena säikeissä tai valmiina liuoksena ja se varastoidaan käyttövalmiina liuoksena 1 m<sup>3</sup>:n säiliössä. Koagulantti varastoidaan vastaavasti 1 m<sup>3</sup>:n säiliössä.

Pesurin vesi otetaan pesurin käynnistämisen yhteydessä vesijohtoverkosta. Raakavettä joudutaan lisäämään myös normaalin käytön yhteydessä, millä varmistetaan pesurin yläkierron pinnan pysyminen tarpeeksi korkealla ja täten varmistetaan kiertovesipumpun ja lämmöntalteenoton jatkuva toiminta. Raakavettä tarvitaan lähinnä kevät ja syysaikoina

pienillä tehoilla sekä kuivan polttoaineen kanssa. Kuivaa polttoainetta poltettaessa savukaasuista ei lauhdu tarpeeksi vettä yläkiertoon.

Pesurin käyttöönottovuonna 2014 lauhdevettä syntyi 39 927,6 m<sup>3</sup>. Lauhteen puhdistuksesta noin 40 °C lämpötilassa lähtevä vesi jäähtyy voimalaitosalueen hulevesiin. Vesi kulkeutuu sekä viemäriputkistossa että avo-ojassa yhteensä 300 metrin matkan ennen Veitikanojaa. Selkeytetty ja hiekkasuodatettu vesi on kiintoainepitoisuudeltaan korkeintaan 10 mg/l ennen Veitikanojaan johtamista. (Rovaniemen Energia Oy 2014)

Savukaasun vesihöyrystä tiivistetään vettä vuodessa noin 40 000 m<sup>3</sup>, kun 140 °C lämpötilassa poistuva savukaasu lauhdutetaan suunnilleen 60 °C lämpötilaan. Tämä savukaasun jäähtymisestä ja lauhtumisesta talteen saatu lämpöteho tuo kaukolämmöntuotantoon lisätehoa noin 8–21 MW.

## 4 KAUKOLÄMPÖ

### 4.1 Yleistä

Kaukolämpö on maamme yleisin lämmitysmuoto. Se on luonnollinen ja varma taajamien lämmitystapa. Suomessa kaukolämpöä on ollut 1950-luvun alusta lähtien.

Kaukolämmitystä on lähes kaikissa kaupungeissa ja taajamissa. Kaukolämpötaloissa asuu suunnilleen 2,7 miljoonaa suomalaista. Kaukolämmityksen osuus lämmitysmarkkinoista on noin 46 %. Kaukolämmitys on sitä taloudellisempaa mitä tiheimmin rakennettu alue on ja mitä isompia rakennukset ovat. Lähes 95 % asuinkerrostaloista sekä valtaosa julkisista ja liikerakennuksista ovat kaukolämmitettyjä. Omakotitaloista kaukolämmitettyjä on runsas 7 % lämmitysenergiasta. Suurimmissa kaupungeissa kaukolämmön markkinaosuus on yli 90 %.

Kaukolämmön ylivoimainen energiatehokkuus ja ympäristömyötäisyys perustuvat muutoin hukkaan menevän lämpöenergian hyödyntämiseen. Kaukolämmitys hyödyntää lämpöenergiaa, joka syntyy sähköntuotannon yhteydessä (sähkön ja lämmön yhteistuotanto), teollisuus- yms. prosessien jätelämpönä jne.

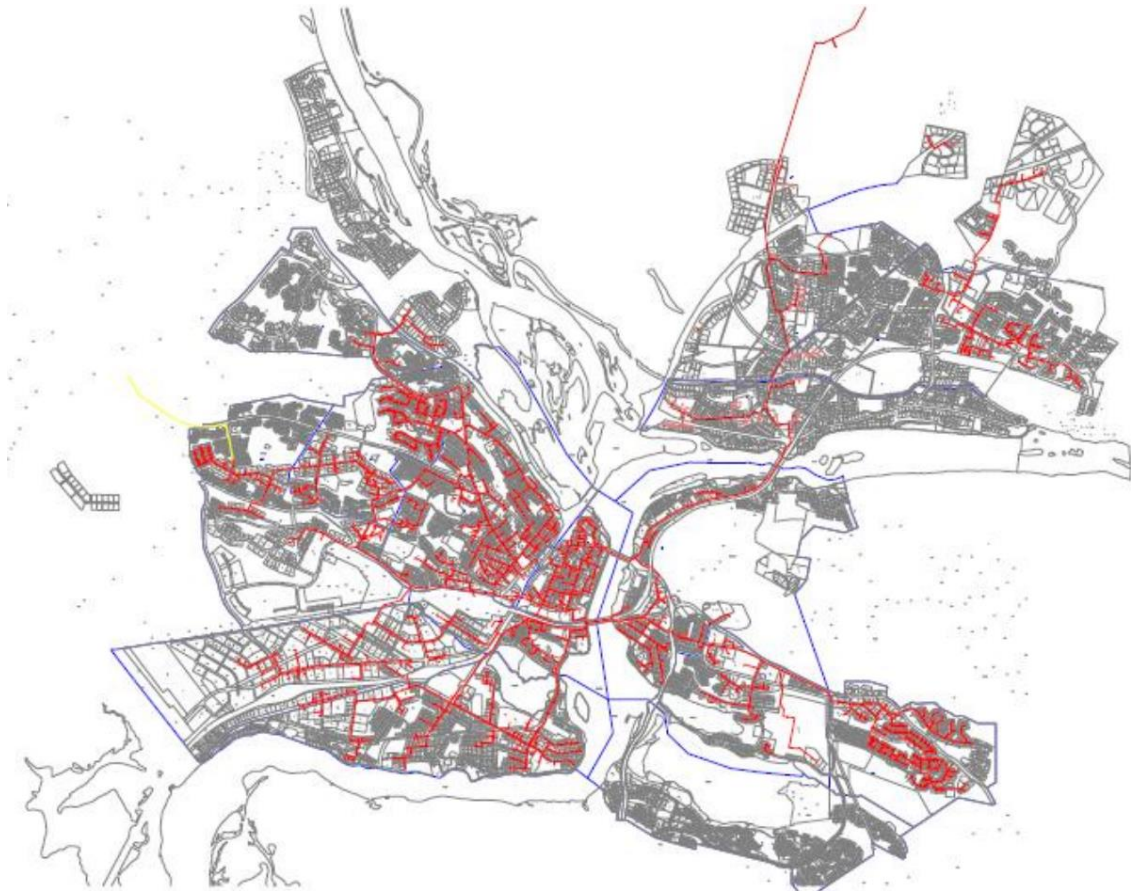
Kaukolämmön polttoaineita ovat maakaasu, kivihiili, turve sekä enenevässä määrin puu ja muut uusiutuvat energialähteet, esimerkiksi biokaasu. 70–75 % kaukolämmöstä saadaan lämpöä ja sähköä tuottavista CHP-laitoksista (yhteistuotanto), teollisuus- yms. prosessien jätelämpönä.

Asiakkaille lämpö siirretään kaukolämpöverkossa kiertävän kuuman veden avulla. Menojohdon kuuma vesi luovuttaa asiakkaan lämmönsiirtimen välityksellä lämpöä talon lämmitys- ja lämpimän käyttöveden verkkoihin. Kaukolämpövesi ei kierrä talojen lämmitys- ja käyttövesiverkoissa. (Energieollisuus ry 2014a.)

Kaukolämpövesi on käsitelty mekaanisten epäpuhtauksien ja hapen poistamiseksi ja putken sisäpuolisen korroosion estämiseksi. Usein vesi värjätään mahdollisten vuotojen tai

vaurioiden paikantamiseksi. Veden vihertäväksi muuttava väriaine ei ole terveydelle eikä ympäristölle vaarallista. (Energiateollisuus ry 2014b.)

Rovaniemen alueen kaukolämpöverkko kattaa noin 2700 asiakasta. Se tarkoittaa, että suunnilleen kolme neljästä asukkaasta on kaukolämmön piirissä. Lämmitettävien rakennuksien yhteenlaskettu kiinteistötilavuus on suunnilleen 11 milj. m<sup>3</sup>. Lämmöntuotanto vuonna 2013 oli 532,1 GWh. Kaukolämpöverkko on tilavuudeltaan noin 4600 m<sup>3</sup> ja pituudeltaan noin 220 km. Kuvassa 6 on esitetty Rovaniemen alueen kaukolämpöverkkokartta.



**Kuva 6.** Rovaniemen kaukolämpöverkkokartta (Rovaniemen Energia 2014).

## 4.2 Kiertoveden laatu

Kaukolämpöverkosto on pääasiallisesti teräksestä valmistettu putkiverkosto. Verkoston ylläpidon kannalta olennaista on lisä- ja täyttöveden oikeaoppinen valmistus sekä kierto-veden käsittely. Kaukolämpöverkoston rakennemateriaalien kannalta on olennaista pitää yllä kierto-veden laatua siten, että vesi ei pääse aiheuttamaan korroosiota rakennusmateriaaleihin. Järjestelmän osiin ei saa muodostua lämmönsiirron tai virtauksen kannalta haitallisia kerrostumia. Kiertoveden ominaisuuksille on annettu liitteen 2 taulukon mukaiset ohjearvosuositukset (Energieateollisuus ry 2007: 7–8).

Kaukolämpöverkon lisävesi valmistetaan pääosin vesijohtovedestä. Verkon lisävetenä hyödynnetään myös kattilan ulospuhallus- sekä näytteenottovesiä. Kattilan käydessä sen höyrykehitys on 47 kg/s korkeapainehöyryä (115 bar). Kattilavedessä höyrystymisen seurauksena haihtumattomat suolat konsentroituvat, jolloin kattilaveden laatusuosituksen ylläpitämiseksi vettä ulospuhalletaan jatkuvatoimisesti. Ulospuhallusveden määrä (2 % höyrykehityksestä laskettuna) on nykyään arviolta 18 000 m<sup>3</sup>/vuosi.

Kaukolämpöverkoston kierto-veden laatua on suositeltavaa analysoida määrääjain, erityisesti mikäli raakaveden laadussa on muutoksia tai verkon vesipuolella on havaittu ongelmia. Analysoitavista aineista

- Kaliumpermanganaatin kulutus indikoi happea kuluttavia aineita.
- Kloridi-, sulfaatti-, silikaatti- ja natriumpitoisuudet indikoivat suolatyypeistä ja -määrästä.
- Alkaliteetti kertoo pH:n muutosherkkyydestä. Fosfaattia voi esiintyä, kun voimalaitoskattiloiden ulospuhallusvesiä hyödynnetään kaukolämpöverkon lisävetenä. Fosfaatti on hyvä pH-puskuri, mutta toimii samalla ravintona biokasvustolle ja saattaa aiheuttaa saostumia tulipinnoille.
- Veden sameutuminen voi olla merkki öljyvuodosta verkkoon. Öljypitoisuus arvioidaan tarpeen mukaan. (Energieateollisuus ry 2007: 8.)

Vedenkäsittelyn tarkoituksena on

- Poistaa vedestä kovuus
- Poistaa kerrostumia muodostavat yhdisteet
- Alentaa kloridi- ja vetykarbonaattipitoisuutta
- Poistaa happi
- Säättää pH sopivalle tasolle rakennusmateriaalien korroosion minimoinnin kannalta. (Energiateollisuus ry 2007: 8–9.)

Suurissa > 50 MW laitoksissa lisä- ja täyttövesi pehmennetään aina. Kloridipitoisuuden ollessa > 50 mg Cl<sup>-</sup>/kg, pienennetään pitoisuus suolanpoistolla. Vetykarbonaattipitoisuuden ollessa > 60 mg HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>/kg, pienennetään pitoisuus suolanpoistolla tai osittaisella suolanpoistolla, mikäli kattilassa on höyrytila. (Energiateollisuus ry 2007: 13.)

#### 4.3 Laatuun vaikuttavat tekijät

**Kalsium (Ca), magnesium (Mg) ja piihappo (SiO<sub>2</sub>)** ovat merkittävimpiä kattilakiven muodostajia. Lämpötilan kohotessa Ca ja Mg aiheuttavat kovuutta, kun suolapitoisuus lisääntyy karbonaatteina ja sulfaatteina. SiO<sub>2</sub> saostuu suolojen mukana tai muodostaa silikaatteja alumiinin kanssa. Saostuminen muodostaa lämmöneristeinä toimivia kerrostumia.

**Natrium (Na) ja kalium (K)** aiheuttavat alkalikorroosiosta saostuessaan turbiinin siivistöön.

**Rauta (Fe) ja kupari (Cu)** aiheuttavat korroosiota, kun ne reagoivat hapen kanssa. Kokonaisraudalla ja -kuparilla tarkoitetaan hiukkasmuotoisen ja ionisoituneen raudan ja kuparin yhteismäärää. Kattilaan kulkeutuvan kiinteän raudan etuna on sen tuottama musta magnetiittikalvo (Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>), kun rauta palaa. Magnetiittikalvo on paras tunnettu suoja höyrystyspinnoille. Liiallisen paksun kalvon tapauksessa kalvosta voi irtoilla kappaleita. Kappaleet ovat vahingollisia eroosion muodossa, mikäli ne kulkeutuvat turbiiniin. Myös kupari voi aiheuttaa kerrostumista höyrystin- ja turbiinipinnoille aiheuttaen korroosiota. Galvaanisen sähköparin muodossa se voi syövyttää terästä.

**Happi (O)** on kattilavedelle haitallinen korroosionkiihdyttäjä. Jäännöshapella tarkoitetaan kaasunpoiston ja ilmapuotojen jälkeisen veteen liunneen hapen määrää.

**Hiilidioksidi (CO<sub>2</sub>)** muodostaa lauhtuessaan hiilihappoa (H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>), joka alentaa lauhteen pH-arvoa. Happamuuden seurauksena tapahtuu syöymistä, jota kompensoidaan neutraaloimalla hiilihappo hydratsiinilla (N<sub>2</sub>H<sub>4</sub>) tai ammoniakilla (NH<sub>3</sub>).

**Kiintoaineet (PM) ja kolloidit** muodostavat kerrostumia vesipinnoille ja tukkeumia virtausvyöhykkeisiin. Orgaaninen aines aiheuttaa kerrostumia ja kattilaveden kuohumista. Öljy muodostaa lämmönsiirtopinnoille eristävän kalvon ja on siten haitallinen.

**pH-arvo** ilmaisee nesteen happamuuden ja alkalisuuden ja sillä on huomattava vaikutus korroosion muodostumisessa. Teräksen syöpyminen voimistuu veden ollessa joko liian hapanta tai emäksistä. Syöymistä kontrolloidaan alkaloimalla veden pH- arvo halutulle tasolle. (Huhtinen ym. 2004: 298.)

## 5 VESIHUOLTO SEKÄ JÄTEVEDET

Voimalaitoksen vesiprosesseissa käytettävä vesi sisältää useita prosessille haitallisia epäpuhtauksia, jotka jaotellaan kolmeen eri pääluokkaan:

- Karkeat epäpuhtaudet (hiukkaskoko  $> 10^{-4}$  mm), jotka käsittävät epäorgaaniset maa-aineslietteet ja orgaaniset aineet. Esimerkkeinä ovat levät, jätteet ja mikro-organismit.
- Kolloidiset epäpuhtaudet (hiukkaskoko  $10^{-4}$ – $10^{-6}$  mm), jotka ovat pääasiassa humusta. Kolloidiset epäpuhtaudet voivat olla myös öljyä, jätelientä ja ruostetta.
- Liuenneet epäpuhtaudet (TDS, hiukkaskoko  $10^{-6}$ – $10^{-8}$  mm) sisältävät usein suoloja, liuenneita kaasuja sekä piihappoa  $\text{SiO}_2$ .

Lisäveden valmistus toteutetaan vaiheittain karkeiden epäpuhtauksien poistolla, humuksenpoistolla sekä kovuuden poistolla tai tarpeen mukaan täyssuolanpoistolla. Huonon käsittelyn seurauksena prosessiveden epäpuhtaudet voivat aiheuttaa epäpuhtauksien saostumista. Tämän seurauksena muodostuu hankalasti poistettavia eristekerroksia. Korroosio- ja eroosiohaitat heikentävät höyrykattilan tehokkuutta ja lyhentävät sen elinikää huomattavasti. Laatuvaatimukset vedelle riippuvat lähinnä höyrykattilan rakenteesta, käyttöpaineesta ja -tavasta sekä kattilan suurimmasta paikallisesta lämpökuormasta. (Huhtinen ym. 2004: 298–301.)

Ohjearvoja kattilalaitosten vesille on laadittu useiden eri maiden höyrykattilayhdistysten toimesta. Pohjoismaiden väliset yhteiset suositukset (DENÅ = Dansk Kedelforening + Ekono + Norsk Dampkedelforening + Ångpanneförening) eri käyttöpaineille ja kattilatyypeille ovat olleet käytössä vuodesta 1973. Suositukset pohjautuvat saksalaisen VGB:n kokemuksiin ja laatuvaatimuksiin. (Huhtinen ym. 2004: 301.)

## 5.1 Veden pehmennys

Veden kovuudella tarkoitetaan magnesium- ja kalsiumsuolojen määrää vedessä. Saksalainen kovuusyksikkö °dH on määritelty siten, että 10 mg CaO:ta yhdessä litrassa vettä vastaa 1 °dH yksikköä. Veden kovuus on luokiteltu °dH yksikköä käyttäen seuraavasti: (Huhtinen ym. 2008: 298-299.)

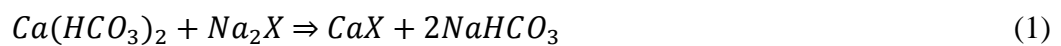
erittäin pehmeä	°dH < 2,1
pehmeä	2,1 < °dH < 4,9
keskikova	4,9 < °dH < 9,8
kova	9,8 < °dH < 21
erittäin kova	°dH > 21

Suolanpoistoon, pehmentämiseen ym. haitta-aineiden poistamiseen on yleensä käytetty toimivaksi todettua ioninvaihtotekniikkaa. Kuvassa 7 on esitetty Suosiolan kaukolämpöverkon lisäveden valmistukseen käytettävää pehenninlaitteistoa.



**Kuva 7.** Suosiolan KL-lisäveden pehmeninlaitteistoa.

Veden pehennyksessä käytettävä tekniikka perustuu vahvahappoiseen kationinvaihtomassaan. Mikäli kovuuden aiheuttajana ovat kalsiumbikarbonaatti ja magnesiumkloridi, reaktiot tapahtuvat yhtälöiden (1) ja (2) mukaisesti: (X kationinvaihtohartsia)



Kationinvaihtomassan elvytykseen käytetään noin 10 % natriumkloridiliuosta, jolloin elvytysreaktiot ovat yhtälöiden (3) ja (4) mukaisesti:





Elvytys koostuu vaihtimen vastavirtahuuhtelusta, NaCl-liuoksella pesusta sekä jälkipesusta. Veden pehmentäminen riittää käyttöpaineen ollessa < 60 bar. Suurilla käyttöpaineilla tarvitaan täyssuolanpoistoa. (Huhtinen ym. 2004: 302-303)

## 5.2 Täyssuolanpoisto

Täyssuolanpoistossa on yleensä käytetty yhtä tai useampaa ioninvaihdinta sarjassa riippuen veden laatukriteereistä ja lähtöepäpuhtauksista. Ioninvaihdinsarja voi koostua seuraavista osista:

- humussuodatin
- heikko kationinvaihdin
- vahva kationinvaihdin
- heikko anioninvaihdin
- vahva anioninvaihdin
- sekavaihdin, jossa humussuodattimena toimii yleensä vahva anioninvaihdin alkalisella suolaliuoseselvytyksellä.

Kationinvaihtimessa kalanmätiä muistuttava polystyreenipohjainen hartsimassa vetää puoleensa positiivisia ioneja, jolloin metalli-ionit kuten  $Na^+$ ,  $Mg^{2+}$  ja  $Ca^{2+}$  vaihtuvat vetioneihin  $H^+$ . Elvytyksessä käytetään laimennettua  $H_2SO_4$ - tai  $HCl$ -liuosta, jolloin poistoliuokseen luovutetut kovuusionit korvataan rikki- tai suolahapon  $H^+$ -ioneilla. Ioninvaihtosarjoja käytetään vähintään kahta rinnakkain, jotta syöttöveden valmistusta ei tarvitse missään vaiheessa keskeyttää elvytyksen ajaksi. Anioninvaihtimessa epämetalli-ionit kuten  $Cl^-$  ja sulfaatti  $SO_4^{2-}$  vaihtuvat hydroksyyli-ioneiksi  $OH^-$ . Kationinvaihtimesta tullut  $H^+$ -ioni ja anioninvaihtimesta tullut  $OH^-$ -ioni muodostavat yhdistyessään puhdasta vettä  $H_2O$ . (Huhtinen ym. 2004: 303–304) Vaihtoehtoiseksi tekniikaksi on viime vuosina muodostunut kalvoerotukseen perustuva tekniikka, jossa kemikaalien kulutus on pienempi ioninvaihdintekniikkaan verrattuna. Kalvoerotukseen perustuvaa tekniikkaa ovat mm. käänteisosmoosia (RO) sekä elektrodeionisaatiota (EDI) hyödyntävät tekniikat.

Kaukolämpöveden virtausmittaus perustuu magneettiseen virtausmittaukseen, minkä vuoksi veden sähkönjohtavuudella on merkitystä. Suositusarvona veden johtokyvyllä pidetään mahdollisimman pientä, suunnilleen 100–150  $\mu\text{S}/\text{cm}$  arvoa. Suolanlisäys veteen ei ole tarpeellista, mikäli lisävetenä toimii pehmennetty suolapitoinen vesi. Suolattoman veden tapauksessa lipeä sopii hyvin johtokyvyn nostoon. Tarpeen mukaan käytetään myös natriumsulfaattia johtokyvyn nostoon, mikäli liiallinen lipeän käyttö estää veden optimaalisen pH-arvon säilymisen.

### 5.2.1 Kalvosuodatus

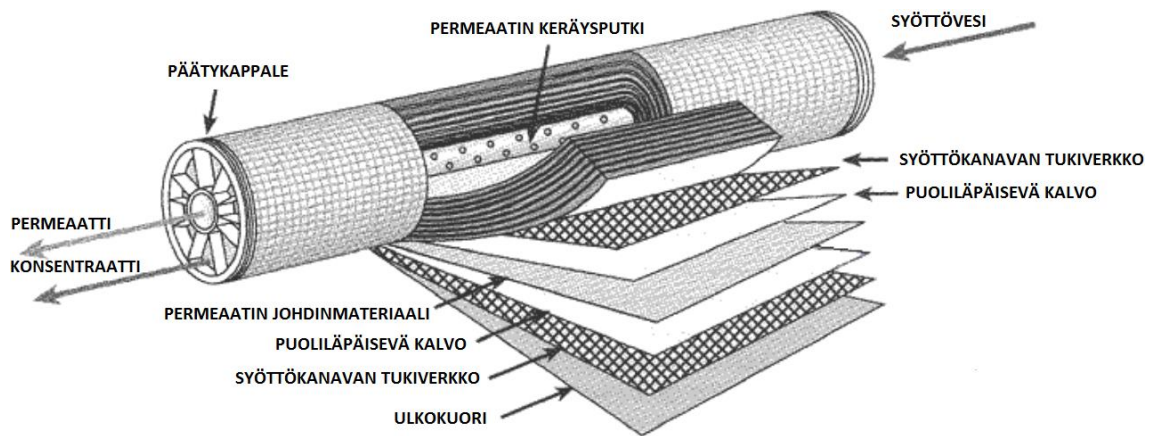
Vedenkäsittelyssä kalvosuodatustekniikat ovat kasvattaneet osuuttaan korkeaa suodatusastetta vaativissa kohteissa. Laitteistojen käyttökustannukset ovat laskeneet teknologian kehittymisen myötä. Kalvosuodatus perustuu puoliläpäisevän kalvon huokoisuuteen. Kalvo päästää läpi vain huokoisia pienemmät partikkelit. Huokoisia suuremmat partikkelit virtaavat kalvoa pitkin pois tai mahdollisesti saostuvat kalvon pintaan ja tarttuvat kalvoon. Puhdistuksessa käytetään lisäksi erilaisia kemikaaleja käyttötarpeiden mukaan. (Li, Fane, Winston Ho & Matsuura 2008: 1, 13.)

Kalvosuodatustekniikat jaetaan neljään osaan suodatustarkkuuden mukaan. Partikkelikoon suuruusjärjestyksessä suurimmasta pienimpään lueteltuna suodatustekniikat ovat mikrosuodatus (MF), ultrasuodatus (UF), nanosuodatus (NF) sekä käänteisosmoosi (RO). Edellä mainittujen suodatustekniikoiden keskinäiset eroavaisuudet ovat erityisesti kalvojen huokoskoko sekä suodatuspaine. Käänteisosmoosilla saadaan täten tarkin suodatus pienellä huokoskolla sekä suurella vedenpaineella. (Li et al. 2008: 1, 13) Taulukossa 2 on esitelty kalvosuodatustekniikoiden suodatuskyky partikkelin koon ja tyyppin perusteella.

**Taulukko 2.** Kalvosuodatustekniikoiden erotuskyky (Prominent Finland Oy 2015).

Suodatus- tekniikka	MF	UF	NF	RO
<b>Partikkeli- koko</b>	> 0,1 µm > 500 000 Da	> 0,1–0,01 µm > 1 000–500 000 Da	> 0,01–0,001 µm > 100–1 000 Da	> 0,001 µm > 100 Da
<b>Partikkeli- tyyppi</b>	suspendoitu- neet partik- kelit	makromolekyylit, bakteerit, virukset	mikromolekyyli- set orgaaniset yhdisteet	ionit

Kalvosuodattimien kalvorakenne vaihtelee suodatustekniikan mukaan. Onttokuituisia ja putkimaisia kalvorakenteita käytetään lähinnä mikro- ja ultrasuodatuksessa. Kuvan 8 kaltaisia spiraaliksi kierrettyjä kalvosuodattimia käytetään käänteisosmoosisuodatuksessa. Spiraalisuodatuksessa vesi siirtyy painegradientin vuoksi permeaatin keräävään välitilaan. Välitilan kautta vesi siirtyy moduulin keskiosaan ja poistuu moduulista ulos. Konsentraatti johtuu kalvojen välissä sijaitsevaa tukiverkkoa pitkin ulos. Tukiverkko aiheuttaa turbulenssia, jolloin osa suoloista jää kalvojen pintaan. Kalvojen pintaan jääneet suolat aiheuttavat kalvojen likaantumista. Tämän vuoksi spiraalimaiset kalvorakenteet vaativat riittävän syöttöveden esikäsitteilyn. Spiraalimaisia kalvorakenteita ei ole mahdollista puhdistaa vastavirtapesulla, kuten putkimaisia kalvorakenteita. Kemiallinen puhdistus mm. suolahapolla tai natrium-hydroksidilla sopii myös spiraalimoduuleille. Spiraalirakenteen etuna on muita kalvorakenteita parempi permeaattivuo. (Li et al. 2008: 13.)



**Kuva 8.** Spiraalimainen kalvorakenne (GenTech RO Water Purifiers Company 2014).

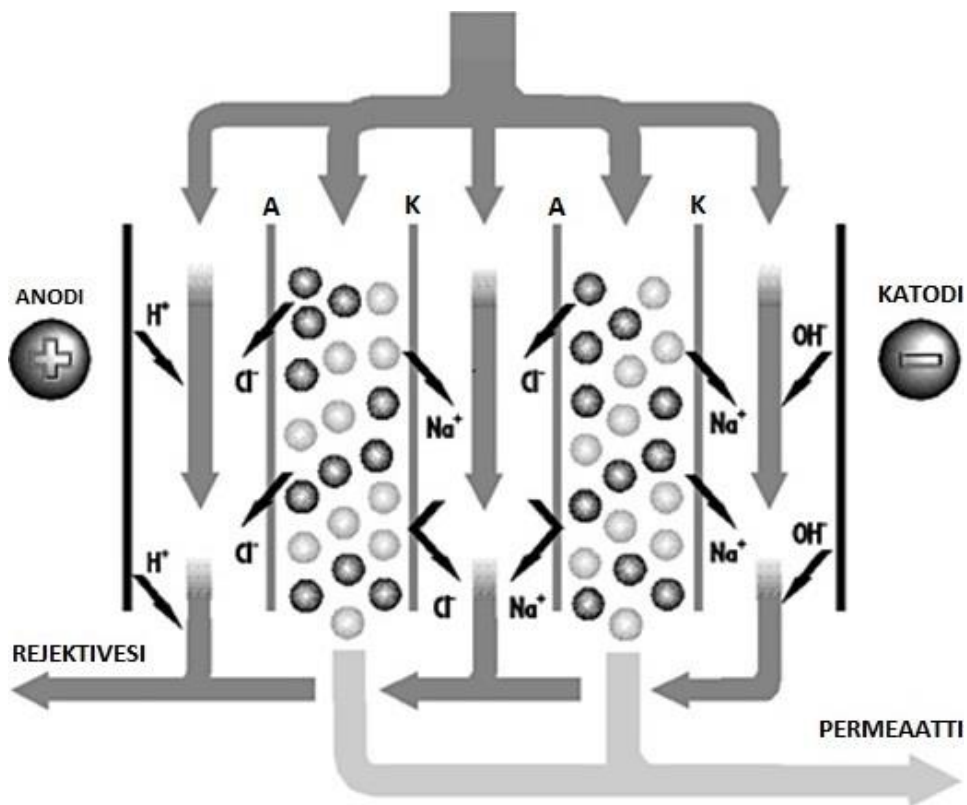
Kalvojen puhdistusvälin pituus riippuu paljon käsiteltävän veden puhtaudesta ja kalvomateriaalista. Hyvällä esisuodatuksella puhdistusväli on jopa kuukausien mittainen. Kalvojen puhdistusvälin tarve on vain muutamien päivien pituinen, mikäli vedessä on paljon orgaanista ainetta. Kalvojen elinikä on yleensä 5–7 vuotta kalvomateriaalin likaantumisen ja kulumisen vuoksi. (Li et al. 2008: 13.)

### 5.2.2 Elektrodeionisaatio (EDI)

Voimalaitokset käyttävät useimmiten deionisoitua syöttövedtä korkeapainekattiloissa. Perinteinen suolanpoistomenetelmä perustuu kemialliseen ioninvaihtoon, joka on yleisesti käytetty teknologia. Tätä menetelmää on käytetty yli puolivuosisataa. Ioninvaihdon ongelmana on kuitenkin ollut haitallisten kemikaalien käyttö ioninvaihtimissa. Ioninvaihto tuottaa merkittävän määrän kemiallista jätettä, mikä vaatii neutralisoinnin ennen hävittämistä. Ulkoisen elvytystarpeen puuttumisen myötä EDI-laitteiston huollontarve vähenee huomattavasti perinteiseen ioninvaihdintekniikkaan nähden. Kalvosuodatustekniikka on myös vähentänyt ioninvaihtokemikaalien tarvetta.

Elektrodeionisaatiossa (EDI) yhdistyy kalvosuodatus- ja sähköinen ioninvaihtotekniikka, jolloin kyseessä on jatkuvasti elvytetty sekaioninvaihdin. EDI-teknikka on jatkokehitetty tekniikka elektrodialyysistä. Elektrodialyyssi on hyvin samankaltainen tekniikka kuin

EDI-tekniikka lukuun ottamatta EDI-järjestelmässä kulkevaa kationin- ja anioninvaihtohartsimassaa. Ioninvaihtohartsilla saadaan tehostettua ionin- ja silikaatinpoistoa vedestä. Sähkökentän tuottamat hydroksidi- ja vetyionit kulkeutuvat varauksensa perusteella joko anodia tai katodia kohti. Täten mahdollistetaan hartsimassan elvytys. Viime vuosina yleistyneellä jatkuvaan elektrodeionisaatioon perustuvalla tekniikalla on mahdollista päästä erittäin vähäkemikaaliseen deionisointiin. EDI-tekniikan toimintaperiaate on havainnollistettu kuvassa 9. Kuvan moduuli koostuu lukuisista solukoista kahden elektrodin välissä. Jokainen solukko koostuu rungosta, jonka toinen sivu on kationinläpäisevä, ja toinen sivu on anioninläpäisevä. Permeaatin johdinsolukot koostuvat ioninvaihtohartsimassasta, joiden molemmilla puolin on rejektivesien johdinsolukot. (Vertex Hydropore 2010)



**Kuva 9.** Elektrodeionisaation toimintaperiaate (PSI Water Filters Australia 2014).

EDI-tekniikka julkaistiin vuonna 1987 ensisijaisesti lääketieteellisiin tarpeisiin. Viime vuosina kyseinen tekniikka on yleistynyt mm. voimalaitoskattilavesien käsittelyssä, jotka vaativat taulukossa 3 esitettyjen pitoisuuksien alittavat laatuvaatimukset. Suosiolan voimalaitokselle investoitiin RO/EDI-laitteisto vuonna 2011 korvaamaan edeltävää perinteiseen ioninvaihtotekniikkaan perustuvaa laitteistoa. Kyseinen laitteisto on esitetty kuvissa 10 ja 11 ja sen osuus kattilalle tuotetusta lisävedestä on nykyään lähes 90 %.



**Kuva 10.** Suosiolan RO-laitteisto.



**Kuvat 11.** Suosiolan EDI-laitteisto.

RO/EDI-tekniikkaan perustuvasta suolanpoistosta on tullut yhä kilpailukykyisempi perinteiseen ioninvaihtotekniikkaan nähden, kun valmistuskustannukset ovat alentuneet. Lisäksi RO/EDI-tekniikan etuna on tehokkaampi kolloidisten silikaattien ja liuenneen orgaanisen aineen suodatus. EDI-laitteistoa hyödynnetään usein RO-laitteiston jälkeisessä vedenkäsittelyssä. Syynä tähän menetelmään on EDI-laitteiston altistamisen välttäminen kiintoaineelle ja kolloidille, mikä voisi aiheuttaa tukkeentumia EDI- moduuleissa (Wood 2008: 17–19). Tyypilliset laatuvaatimukset EDI-moduulien syöttövedelle on esitetty taulukossa 4.

**Taulukko 3.** Korkeapainekattilan tyypillisiä laatuvaatimuksia vedelle (Wood 2008: 17–19).

<b>Korkeapainekattila</b>	
<b>Ominaisuus</b>	<b>Arvo</b>
Johtokyky	< 0,1 $\mu\text{S}/\text{cm}$
Silikaatit	< 10 $\mu\text{g}/\text{kg}$
Natrium	< 5 $\mu\text{g}/\text{kg}$
Kloori	< 5 $\mu\text{g}/\text{kg}$
Sulfaatti	< 5 $\mu\text{g}/\text{kg}$
TOC	< 100 $\mu\text{g}/\text{kg}$

**Taulukko 4.** EDI-moduulien tyypillisiä laatuvaatimuksia vedelle (BWT Separtec Oy 2014).

<b>EDI-moduuli</b>	
<b>Ominaisuus</b>	<b>Arvo</b>
Johtokyky	< 20 $\mu\text{S}/\text{cm}$
pH	4,0–11,0
Kovuus	< 1 $\text{mg}/\text{kg}$ ( $\text{CaCO}_3$ )
Silikaatit	< 1 $\text{mg}/\text{kg}$ ( $\text{SiO}_2$ )
TOC	< 500 $\mu\text{g}/\text{kg}$
Kloori	< 50 $\mu\text{g}/\text{kg}$
TEA sis. $\text{CO}_2$	< 10 $\text{mg}/\text{kg}$
Raskasmetallit	< 10 $\mu\text{g}/\text{kg}$
Lämpötila	5–45 $^\circ\text{C}$

Taulukkoon 5 on koottu Suosiolassa käytettävän RO/EDI-laitteiston tekniset tiedot. EDI-laitteiston sähkönkulutus on pieni verrattuna korkean paineen vaativiin RO-pumppuihin. Pumput kuluttavat noin kaksinkertaisen määrän energiaa EDI-laitteistoon nähden.

**Taulukko 5.** RO- ja EDI-laitteistojen tekniset tiedot (BWT Separtec Oy 2014).

<b>Tekniset tiedot</b>	<b>HOH-RO</b>	<b>HOH-EDI</b>
Kapasiteetti [m <sup>3</sup> /h]	75	95
Nimellinen tuotto [%]	75	90–95
Lämpötila [°C]	< 25	5–38
Tulopaine [bar]	3–7	4,8–6,9
Painehäviö [bar]	-	1,4–2,4
Johtokyky [μS/cm]	< 20	< 0,2
Sähkönkulutus [MJ/m <sup>3</sup> ]	2,7–3,1	1,1–1,6

### 5.3 Hapenpoisto

Hapenpoisto lisä- ja täyttövedestä on kaukolämpöverkoston korroosiovaaran vuoksi tärkeä toimenpide. Lisä- ja täyttöveden sisältämä happipitoisuus minimoidaan ensisijaisesti termisesti. Lisäksi jäljelle jäävä jäännöshappi sidotaan kemiallisesti tai hyödynnetään passivointia. Kemiallinen hapenpoisto tai korroosioinhibiitti tulee kyseeseen silloin, kun terminen kaasunpoisto ei ole mahdollista. (Energiateollisuus ry 2007: 12.)

Termisen kaasunpoiston tarkoitus on poistaa lisävedeen sitoutunut happi ja hiilidioksidi, jotka ovat herkkiä reagoimaan raudan kanssa. Terminen kaasunpoisto perustuu veden lämpötilan ja paineen pitämisessä sen kiehumispisteessään, jolloin kaasujen liukenemista ei pääse tapahtumaan. Kaasunpoistin on yleensä syöttövesisäiliön päälle rakennettu torni, jossa on useita rei'itettyjä välipohjia. Lisävesi valuu tornia pitkin alaspäin samanaikaisesti, kun höyry johdetaan tornia pitkin ylöspäin. Lisävesi pyritään pisaroiduttamaan mahdollisimman tehokkaasti, jotta kaasunpoisto onnistuu parhaalla mahdollisella tavalla (Huhtinen ym. 2004: 305–306).

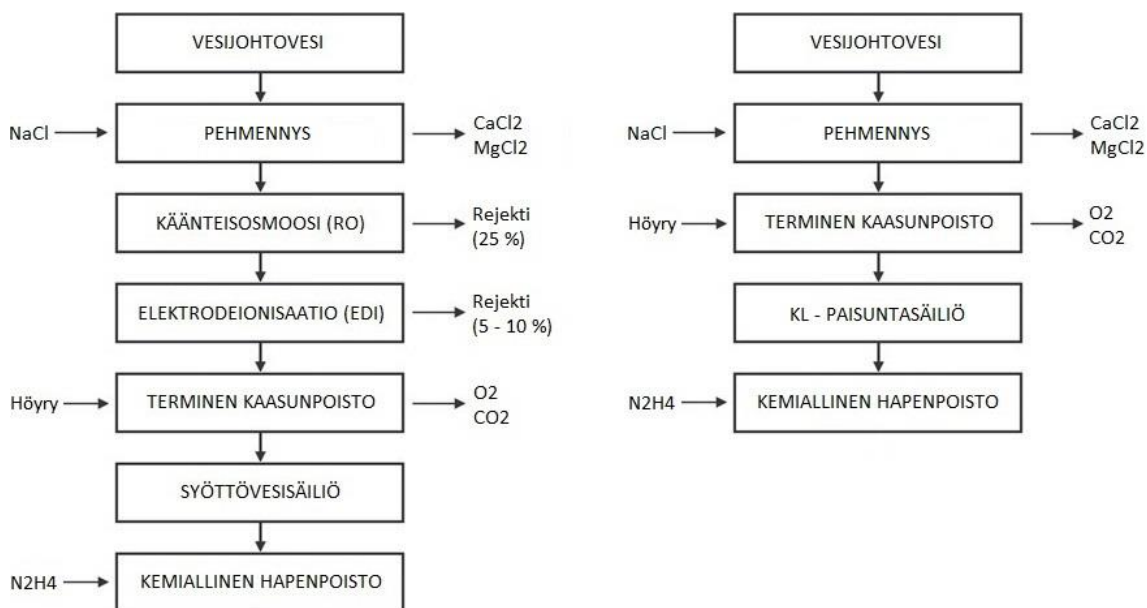
Kemiallinen hapenpoisto suoritetaan hapenpoistokemikaalilla, hydratsiinilla (N<sub>2</sub>H<sub>4</sub>). Termisen kaasunpoiston jälkeen syöttövedeen annosteltava hydratsiini reagoi lisävedessä olevan jäännöshapen kanssa. Tällöin muodostuu vettä ja typpeä reaktioyhtälön (5) mukaisesti:



Yli 200 °C lämpötilassa hydratsiini hajoaa ammoniakiksi ja typeksi. Hydratsiinin hajoaminen nostaa syöttöveden pH-arvoa. pH-arvon nousu on suotuisaa korroosion estämisen kannalta, vaikka hydratsiinin ensisijainen tehtävä on sitoa syöttöveden happi. Tämän vuoksi hydratsiini syötetään syöttövedeen kohdassa, jossa lämpötila ei ylitä 200 °C. Laimennetun hydratsiiniliuoksen pitoisuus tulisi olla 0,05–0,2 mg/kg<sub>H<sub>2</sub>O</sub>. Hydratsiinin hajoamisreaktio yli 200 °C lämpötilassa on reaktioyhtälön (6) mukainen: (Huhtinen ym. 2004: 306–307.)



Suosiolan kattila- ja kaukolämmön lisäveden valmistusprosessi vesijohtoverkostosta prosessivedeksi on havainnollistettu kuvassa 12.



**Kuva 12.** Suosiolan kattila- ja KL-lisäveden valmistusprosessi.

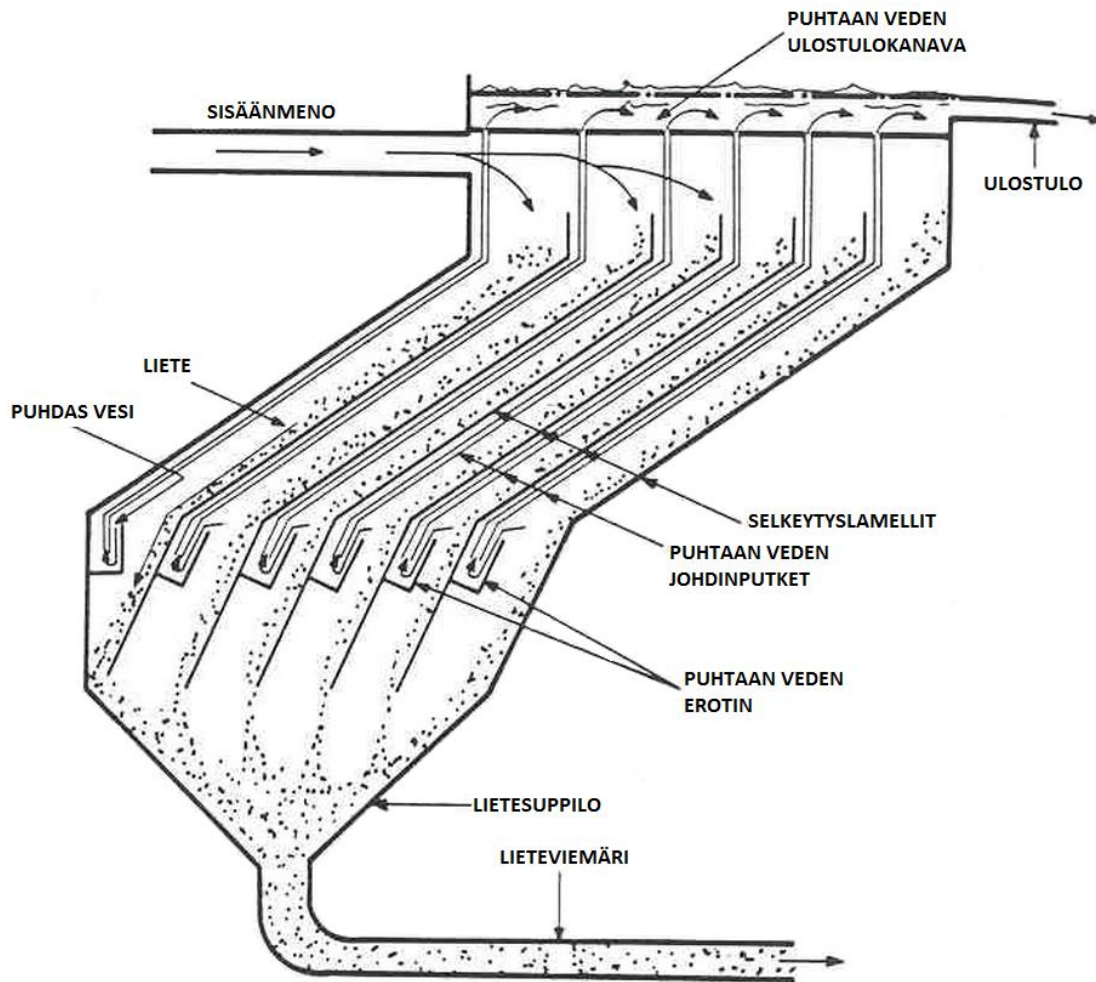
#### 5.4 Jätevesien käsittelytekniikat

Lämpölaitoksen tuottamien jätevesien käsittely hoidetaan yleensä laitoksesta riippumatta hyvin yhteneväisin periaattein. Lauhdevesien ensimmäinen käsittelyvaihe on happamien vesien neutralointi yleensä lipeän avulla. Lipeän annostelu suoritetaan veden pH-arvoa säätämällä. pH-mittarin on oltava asianmukaisesti sijoitettu ja riittävän nopea reagoimaan, jotta veden pH-taso säilyy toimintakykyisellä säätöalueella. Säätöä hankaloittaa tulevan veden vaihteleva laatu polttoprosessin vaihteluiden seurauksena. Neutraloinnissa pyritään pH-tasolle 8–9, joka on raskasmetallien hydroksidisaostuksen kannalta optimaalinen taso. (Ramboll Finland Oy 2008: 12.)

Polttoaineen laatu on merkitsevin tekijä lauhdeveden raskasmetalliesiintymissä ja -pitoisuuksissa. Vedenkäsittelyprosessia voi olla tarpeen sopeuttaa vallitsevalle polttoaineelle sopivaksi parhaan mahdollisen käsittelytehokkuuden saavuttamiseksi. Polttoaineen palamisprosessin vaihtelut vaikuttavat savukaasuissa kulkeutuvan kiintoainemäärään ja hiukkaskokojakaumaan, mikä vaikuttaa vedenkäsittelyjärjestelmän tehokkuuteen. Erityisesti alle 1 µm kokoluokan hiukkaset voivat vaatia saostuskemikaalikäsittelyä erotustehokkuuden lisäämiseksi. (Ramboll Finland Oy 2008: 15.)

Suosiolan voimalaitoksella käytetään kolmea eri kemikaalia lauhdeveden käsittelyssä. Lipeäneutraloinnin jälkeen lauhdevesi saostetaan polyalumiinikloridilla (PACl) ja flokkutoidaan polymeerillä. Neutraloinnin ja saostuksen jälkeen vedet johdetaan selkeytykseen, jossa lauhdeveden pH-säädöllä muodostunut savukaasuista peräisin oleva kiintoaine erotetaan lauhdevedestä. Suosiolan voimalaitoksella selkeytyksessä käytetään lamelliselkeytysallasta. Selkeytysaltaan pohjalle muodostuva liete kuivataan suotonauhapuristimella ennen säkitystä ja kaatopaikalle toimittamista.

Kuvassa 13 on esitetty lamellilaskeutusaltaan toimintaperiaate, jossa laskeutettu kiintoainekerätään jatkokäsittelyyn ja puhdistunut vesi toimitetaan jatkokäsittelyyn altaan ylivuodatuksena.

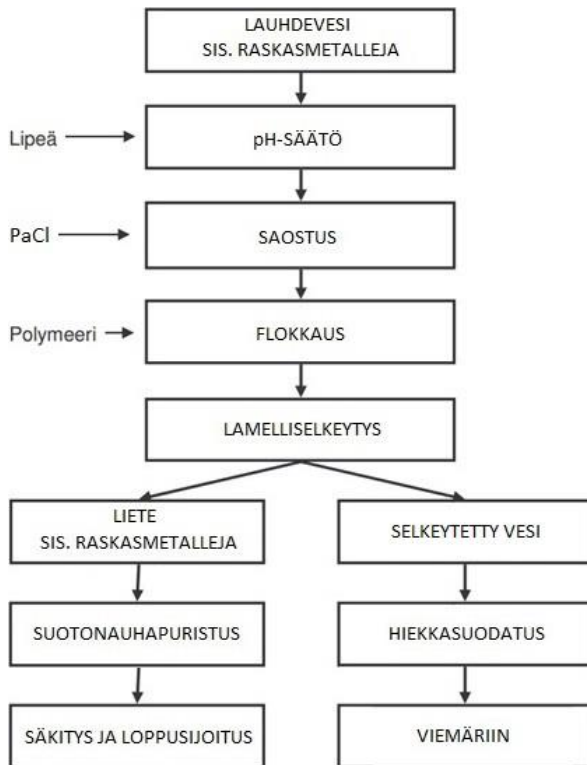


**Kuva 13.** Lamellilaskeutuksen toimintaperiaate (University of Southern Queensland 2008).

Lähtevän veden kiintoainepitoisuuteen vaikuttaa myös selkeytsaltaan pintakuorma. Pintakuorman kasvamisesta ja siten kiintoaineen selkeytyksen heikkenemisestä kompensoidaan käyttämällä saostuskemikaalia ja polymeeriä kiintoaineen erotustehokkuuden säilyttämiseksi. Ohjearvo lamelliselkeytsaltaan pintakuormalle on projisoitua pinta-alaa kohti laskettuna enintään 0,1–0,3 m/h (Ramboll Finland Oy 2008: 16).

Selkeytyksestä huolimatta lähtevään veteen jää heikosti laskeutuvaa kiintoainetta, jonka erotukseen käytetään hiekkasuodatusta. Suodattimen huuhteluvesi ja siihen sekoittunut kiintoainekas massa ohjataan vedenkäsittelyprosessin alkuun kiintoaineen erottamiseksi selkeytsaltaan lietteen sekaan.

Lipeäneutraloinnilla sekä polyalumiinikloridilla (PACl) ja polymeroinnilla suoritettu käsittely yhdistettynä hiekkasuodatuskäsittelyyn mahdollistaa ympäristöön johdettavien jätevesien pitoisuuksien alittamisen tiukimmillakin päästörajoilla. Suosiolan lauhdevesien käsittelyprosessi on havainnollistettu kuvassa 14.



**Kuva 14.** SK-pesurin lauhdevesien käsittelyprosessi.

## 5.5 Jätevesien johtaminen

Ympäristövaikutusten minimoinnin suunnittelu on keskeisin asia hankittaessa ympäristölupaa ja laadittaessa lupamääräyksiä jätevesien käsittelylle. Pintavesiä kuormittavat toiminnot määrätään täyttämään tietyt kriteerit ympäristöhaittojen minimoimiseksi. Vesien johtaminen maastoon on ehdottomasti kielletty, mikäli ympäristökriteerit eivät täyty. Edellisistä syistä johtuen jätevesien esikäsittelyä pyritään edistämään siten, että viemäriin

johtamisen sijasta vedet voidaan laskea tarpeen mukaan lähivesistöön. Lopullinen sijoituskohte jättevesille ratkaistaan kuitenkin aina tapauskohtaisesti tarkkojen kannattavuuslaskelmien päätteeksi. Jättevesiviemäriin laskettaessa veden on täytettävä tietyt laatuvaatimukset mm. betonin ja viemäriin syöpmisen ehkäisemiksi. Raja-arvopitoisuudet jättevesiviemäriin johdettavalle jättevedelle on esitetty taulukossa 6. (Aluehallintovirasto 2013: 24.)

**Taulukko 6.** Raja-arvot jättevesiviemäriin johdettavalle lauhdevedelle (Aluehallintovirasto 2013: 24).

Parametri	Raja-arvot
pH	6–11
Kiintoaine	300–800 mg/l
Lämpötila maksimi	40 °C
Sulfaatti	400 mg/l
Ammonium	50 mg/l
Arseeni	0,1 mg/l
Elohopea	0,01 mg/l
Hopea	0,1 mg/l
Kadmium	0,01 mg/l
Kokonaiskromi	0,5 mg/l
Kupari	1 mg/l
Lyijy	0,5 mg/l
Nikkeli	0,5 mg/l
Sinkki	2 mg/l
Kokonaissyaniidi	0,5 mg/l
Rasva	200 mg/l
Öljyt/kokonaishiilivetyypitoisuus	200 mg/l

Jättevesien laimenemisolosuhteet ja vesistövaikutukset riippuvat suuresti siitä, johdetaanko vedet metsäojaan, isoon virtaveteen tai suoraan järveen tai mereen. Vesistön kuormitusvaikutuksen merkitys korostuu erityisesti alivirtaamakaussina. Taustavirtaaman puute vähentää jätteveden laimenemista pieniin ojiin, toisin kuin isoissa vesistöissä. Pinta- ja alusveden välinen sekoittuminen ja laimentuminen voi häiriintyä, mikäli vesipatsas on

kerrostunut. Varsinaisen purkuvesistön sijainti ja etäisyys on merkityksellistä siinä tapauksessa, että jätevedet johdetaan ensitilassa avo-ojaan. Huomioonotettavaa on lisäksi ojaveden mahdollinen käyttö mm. eläinten juomavetenä, virkistyskäyttönä tai kasteluvedenä.

Jätevesien johtamisen peruseräite on, että maastoon johdettaessa jätevesi ei saa aiheuttaa luonnon ekosysteemille tai ihmisen terveydelle kohtuutonta vaaraa tai haittaa. Jätevesien ja ympäristön seurannalla varmistetaan riittävä puhdistustaso käsitellyille jätevesille siten, etteivät jätevedet aiheuta haittaa pintaveden ja sen eliöstön nykytilalle. Tämän lisäksi mittaustiedonkeruun avulla arvioidaan toteutetun vedenkäsittelyn tehokkuutta ja kehitetään sitä edelleen. Raja-arvopitoisuudet vesistöön johdettavalle jätevedelle on esitetty taulukossa 7.

**Taulukko 7.** Raja-arvot vesistöön johdettavalle lauhdevedelle (Ramboll Finland Oy 2008: 22).

Parametri	Johtaminen ojaan [mg/l]	Johtaminen järveen/me- reen [mg/l]
Arseeni	0,03	0,15
Elohopea	0,002	0,005*
Kadmium	0,002	0,01*
Kupari	0,2	0,5
Kromi	0,2	0,5
Lyijy	0,1	0,5
Nikkeli	0,1	0,5
Sinkki	0,1	1,5
Alumiini	-	-

\* (1022/2006) Valtioneuvoston asetus vesiympäristölle vaarallisista ja haitallisista aineista.

Suosiolan savukaasupesurin lauhdevesien päästöseurannan tiheydestä on sovittu Pohjois-Suomen aluehallintoviraston lupapäätöksessä Nro 99/2013/1. Vuonna 2007 laaditun Rovaniemen keskustan seudun viheraluesuunnitelman mukaan Veitikanoja ja Veitikanlampi

ovat luonnonvaroiltaan erittäin merkittäviä alueita mm. virkistys ja luontokohteina. Veitikanoja ja Veitikanlampi muodostavat ekologisen käytävän Harjulammen ja laajojen viheralueiden välille. Lampelan alueen kaavamuutoksen vuoksi kohti asuin- ja puistoaluetta aluehallintovirasto on päätenyt ympäristöluparatkaisussaan vaihtoehtoihin, jossa savukaasupesurin lauhdevedet johdettaisiin laitokselta veitikanojaan suodatettuna. Vaihtoehtoisesti lauhdevedet ohjattaisiin jätevesiviemäriin, jolloin veden käsittelystä huolehtii Napapiirin Energia ja Vesi.

Lauhdevesien laskemiseksi Veitikanojaan on annettu lupamääräykset, joiden mukaan lauhdevedet on saostettava kemiallisesti, selkeytettävä ja suodatettava esim. hiekkasuodattimella. Lauhdevesi on käsiteltävä siten, että ennen Veitikanojaan laskemista tulee veden pH-arvon olla luokkaa 6–8 ja kiintoainepitoisuus enintään 10 mg/l. Elohopeapitoisuus tulee jäädä alle 5 µg/l ja kadmiumpitoisuuden tulee jäädä alle 10 µg/l. Lisäksi laitokselta lähtevän lauhdeveden lämpötila ei saa ylittää + 40 °C vuorokausikeskiarvona.

## 6 SUOSIOLAN VOIMALAITOSALUEEN VESIHUOLTO

Voimalaitos hankkii prosessi- ja talousvetensä Rovaniemen kaupungin vesilaitokselta. Jäähdytysvettä otetaan myös Kemijoesta, jonne se johdetaan käytön jälkeen takaisin (apujäähdytin). Suosiolan voimalaitoksen prosessivesienhallinta on esitetty kuvan 15 Sankey-diagrammissa vuoden 2014 vuosiraportoinnin pohjalta. Kokonaisuudessaan voimalaitosalue hyödyntää vuosittain noin 70 000 m<sup>3</sup> vesijohtoverkostovettä, mikä muodostaa merkittävän kustannuserän yritykselle.

Tällä hetkellä voimalaitosalueen vesijohtoveden pääkäyttökohteet koostuvat kattilan täyssuolanpoistetusta lisävedestä sekä kaukolämpöverkon pehmennetystä lisävedestä. Lisäksi maaliskuussa käyttöön otettu savukaasupesuri hyödyntää puhdistusprosessissaan huomattavan määrän raakavettä, joka otetaan vesijohtoverkostosta. Savukaasupesurin kulltamasta raakavedestä ei ole saatavilla dataa, minkä vuoksi se on ryhmitetty ”muut vedenkuluttajat”-ryhmään. Kyseessä on kuitenkin arviolta suunnilleen neljänneksen osuudellaan merkittävä voimalaitosalueen vesijohtovedenkuluttaja. Tuhkarakeistamon käyttämästä raakavedestä ei ole tilastotietoa tarjolla, joten Sankey-diagrammissa mainitut luvut perustuvat arvioihin käsitellyn tuhkan määrään suhteutettuna. Jätevesiä toiselle puhdistamolle voimalaitosalueelta kulkeutuu yhteensä noin 200 m<sup>3</sup>/a.

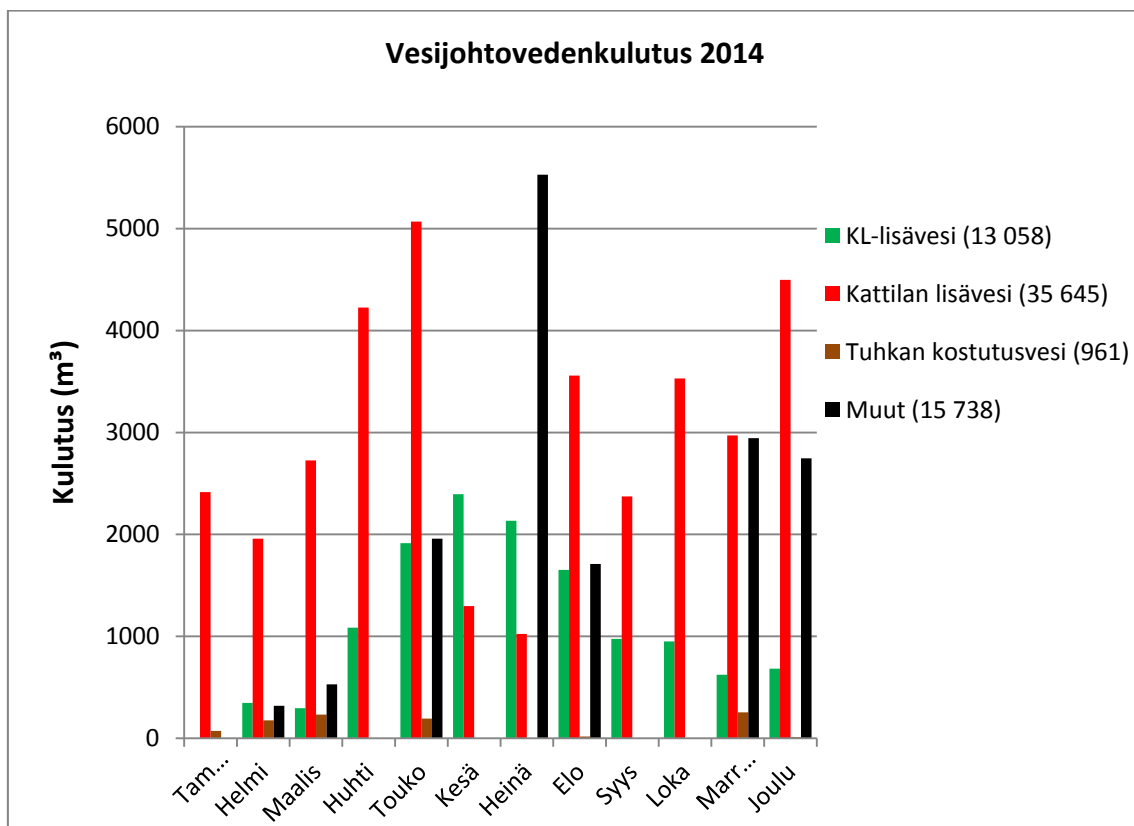


E = arvioitu

\*perustuu arvioon, vesimittaridataa saatavilla 2–12/2014, tammikuun kulutus arvioitu lähikuukausien mukaan.

**Kuva 15.** Sankey-diagrammi Suosiolan prosessiveden kulutuksesta ja hallinnasta.

Kuvassa 16 on esitetty vesijohtoveden pääkulutuskohteiden vedentarve. Tiedot perustuvat kuukausittain kerättäviin vesimittarilukemiin sekä voimalaitoksen Metso DNA-käyttöliittymästä saatuun statistiikkaan. Voimalaitosalueen päävesimittarin lisäksi myös kattilan ja kaukolämmön lisävedenvalmistuslaitteistoille sekä tuhkan kostutusvedelle on omat vesimittarit. Kuukausittaiset mittarilukeman otannat on muutamalta kuukaudelta jäänyt ottamatta, mikä näkyy mm. ”muut”-kulutuskohteen piikkeinä heinä- ja marraskuussa sekä epäjatkuvina tuhkan kostutusveden kulutuksina. Heinä- ja marraskuun ”muiden” vedenkuluttajien suuri kulutuspiikki selittyy SK-pesurilla ja kesäseisakin aikaan suoritettavilla laitoksen huolto- ja pesutoimenpiteillä. Kattilan lisäveden valmistus edustaa suurinta yksittäistä kuukausikohtaista vesijohtoveden kulutuskohdetta.



**Kuva 16.** Prosessivesien pääkulutuskohteet.

Suosiolan voimalaitosalueen maaperän kautta virtaa myös pohja- ja valumavettä merkittäviä määriä mm. kivihiilen kuljetinmonttuun sekä puu- ja turvepolttoaineen vastaanotto paikalle. Kyseiset vedet joudutaan pumpaamaan sadevesikaivoon, sillä muuten polttoaineenkuljettimet peittyisivät osittain veden alle.

## 6.1 Savukaasupesurin lauhdevedet

Keväällä 2014 käyttöön otettu savukaasupesuri generoi lauhdevettä poltettavista polttoaineista vuosittain noin 40 000 m<sup>3</sup>. Liitteessä 5 on esitetty lauhdevesien pH-arvot, pitoisuudet ja lämpötilat kuukausittaisten seurantanäytteiden pohjalta. Pitoisuuksien lisäksi merkillepantavaa on se, että lauhdevesien mukana ympäristöön kulkeutuu huomattava määrä hyödyntämätöntä lämpöenergiaa lämpötilojen vaihdellessa 24–31 °C välillä. Lauhdevedet sopisivat hyödynnettäväksi mm. tuhkarakeistamon prosessivetenä koostumuksensa ja lämpötilansa vuoksi.

Savukaasupesuri käyttää vuosittain merkittävän osuuden koko voimalaitosalueen vesijohtovedentarpeesta. Liitteen 4 kaaviosta näkyvät kaksi venttiiliä, joiden kautta raakavettä syötetään pesurin yläkiertoon sekä pisaranerotin pesuun. Kyseisestä vesijohtovedenkulutuksesta ei kuitenkaan ole tarkkaa статистиikkaa, sillä pesurin raakavedensyöttölinjassa ei ole virtausmittaria. Virtauksen määrää arvioidaan suhteuttamalla venttiilien aukioloaika ryhmän ”muut vedenkuluttajat” vedenkulutuslukemaan.

Taulukkoon 8 on koottu liitteessä 5 esitetyt savukaasupesurin lauhdevesien analyysitulokset otantojen keskiarvona sekä haitallisten metallien enimmäispitoisuudet ja -liukoisuudet metsätaloudessa. Raja-arvot perustuvat maa- ja metsätalousministeriön asetukseen numero 24/11 lannoitevalmisteista sekä valtioneuvoston asetukseen numero 591/2006 eräiden jätteiden hyödyntämisestä maarakentamisessa. Liitteessä 7 on lisäksi esitetty liukoisuuksien raja-arvot tuhkan maarakennushyötykäytössä. Suosiolan voimalaitoksella arseeni- ja kadmiumpitoisuudet rajoittavat tuhkien lannoitekäyttöä muualla kuin metsätaloudessa. Kromin, bariumin, molybdeenin, seleenin, sulfaatin ja kloridin liukoisuudet rajoittavat puolestaan lentotuhkien maarakennushyötykäyttöä peitettynä. Lentotuhkat soveltuvat metsätaloudessa sellaisenaan käytettäväksi lannoitteeksi sekä maarakentamiseen

päällystettynä (Pekkala 2012: 107–108). Savukaasupesurin lauhdevesillä ei raskasmetallipitoisuuksiensa puolesta ole esteitä tuhkarakeistuksen prosessivedeksi, sillä lauhdevesien raskasmetallipitoisuudet ovat korkeimmillaankin vain alle tuhannesosia tuhkalannoitteen sallituista arvoista.

Liitteen 9 testauselosteessa on analyysitulokset tuhkasta sekä tuhkan ja lauhdeveden sekoituksesta. Sekoitus sisältää 80 % tuhkaa ja 20 % lauhdevettä. Kyseisillä analyyseilla haluttiin selvittää laskennallisen tarkastelun lisäksi se, onko lauhdevedellä merkittävää vaikutusta rakeistettuun tuhkaan aiemmin mainitussa tuhkarakeen hyötykäytössä. Sulfaatin L/S 10 -liukoisuus (liquid-to-solid) oli analyysien perusteella lähimpänä raja-arvo-liukoisuutta tuhkan hyötykäytölle. Sulfaatin L/S 10 liukoisuus oli 8 150 mg/kg, kun raja-arvo tuhkan päällystetyn maarakentamisen hyötykäytölle on 10 000 mg/kg. Lauhdeveden molybdeenin pitoisuus- tai liukoisuusanalyysija ei ollut aiemmilta vuosilta saatavilla. Tätä tutkimusta varten otetusta tuhkan ja lauhdeveden sekoitusanalyysistä kävi ilmi, että molybdeenin L/S 10-liukoisuus 6,5 mg/kg ylittää sallitun raja-arvon tuhkan päällystetyn maarakentamisen hyötykäytölle. Myös L/S 2 liukoisuus 6,0 mg/kg ylsi raja-arvoon. Sallittu raja-arvo kyseisessä tapauksessa on 6,0 mg/kg.

Valtioneuvoston asetuksen 591/2006 mukaan laadunvalvonnan tuloksissa voidaan hyväksyä enintään 30 prosentin raja-arvon ylitys, mikäli viimeisten kahden vuoden aikana tehtyjen määritysten keskiarvo ei ylitä asetettua raja-arvoa. Jos jätteestä ei ole käytettävissä laadunvalvonnan tuloksia viimeisten kahden vuoden ajalta, lasketaan keskiarvo laadunvalvonnan kestoajalta. Tutkimuskertoja on kuitenkin oltava vähintään viisi. (591/2006.)

**Taulukko 8.** Lauhdevesien analyysitulokset sekä tuhkan enimmäispitoisuus- ja -liukoisuusraja-arvot.

Analyysi	Yksikkö	Lauhdevesi	Pitoisuusraja-arvo tuhkassa (lannoite) [mg/kg ka.]	Pitoisuusraja-arvo tuhkassa (maarakenus, päällystetty) [mg/kg ka.]	Liukoisuusraja-arvo tuhkassa (maarakenus, päällystetty) [mg/kg ka.]
Lämpötila	°C	26,04	-	-	-
pH		6,06	-	-	-
Sähkönjohtavuus	µS/cm	9500	-	-	-
Fluoridi	mg/kg	-	-	-	50
Sulfaatti	mg/kg	2157,14	-	-	10000
BOD <sub>7</sub>	mgO <sub>2</sub> /l	72,57	-	-	-
Kokonaisfosfori	µg/kg	46,77	-	-	-
Kokonaistyyppi	µg/kg	11985,71	-	-	-
Kiintoaine	mg/kg	5,54	-	-	-
PCB	mg/kg	-	-	1,0	-
PAH	mg/kg	-	-	40	-
DOC	mg/kg	-	-	-	500
Antimoni	mg/kg	-	-	-	0,18
Arseeni	µg/kg	0,83	40	50	1,5
Barium	µg/kg	-	-	3000	60
Elohopea	µg/kg	0,97	1,0	-	0,01
Kadmium	µg/kg	0,14	25	15	0,04
Kloridi	mg/kg	-	-	-	2400
Koboltti	µg/kg	0,29	-	-	-
Kromi	µg/kg	0,99	300	400	3,0
Kupari	µg/kg	-	700	400	6,0
Lyijy	µg/kg	0,25	150	-	1,5
Molybdeeni	µg/kg	-	-	300	6,0
Nikkeli	µg/kg	1,00	150	50	1,2
Seleeni	µg/kg	-	-	-	0,5
Sinkki	µg/kg	-	4500	2000	12
Vanadiini	µg/kg	-	-	400	3,0

Kokonaistyyppipitoisuus ei savukaasupesurin lauhdevedessä ole merkittävän korkealla tasolla. Metsälannoitteen osalta korkea tyyppipitoisuus olisi jopa suotavaa, sillä tyyppi kuuluu kasvien pääravinteisiin ja vaikuttaa koko kasvutapahtumaan. Kasvu määräytyy pitkälti sen mukaan millainen on maan tyyppitila. Typen puute rajoittaa puuston kasvua kivennäismailla karukkokankaista lehtomaisiin kankaisiin saakka. Soilla tyyppilisäystä tarvitaan piensaraisilla, tupasvillaisilla ja isovarpuisilla sekä niitä karummilla soilla. Toisaalta typen määrää tärkeämpi on ravinteiden oikea suhde toisiinsa nähden. Esimerkiksi typpeä, fosforia ja kaliumia tarvitaan noin suhteessa 10:1:3,5. Turvemailla on yleistä fosforin, kaliumin ja boorin puute. Viljavilla soilla on usein typpeä runsaasti muihin ravinteisiin nähden, jolloin syntyy helposti kasvuhäiriöitä. (Yara Suomi Oy 2015.)

Lauhdeveden noin 2 200 mg/l sulfaattipitoisuus on huomattavan korkealla tasolla. Liukoksen sulfaatin raja-arvo tuhkan päällystetylle maanrakennushyötykäytölle on 10 000 mg/kg. Suosiolan 1NP ja 2NP kattiloille suoritettujen tuhka-analysien perusteella sulfaattipitoisuuden keskiarvo 1NP kuumavesikattilalle oli 1 035 mg/kg ja 2NP voimakattilalle 5 541 mg/kg. (Pekkala 2012: 136) Otantojen keskiarvon perusteella lauhdevedellä rakeistettu tuhka alittaisi raja-arvon sulfaattipitoisuudelle laimentamattominakin seoksina.

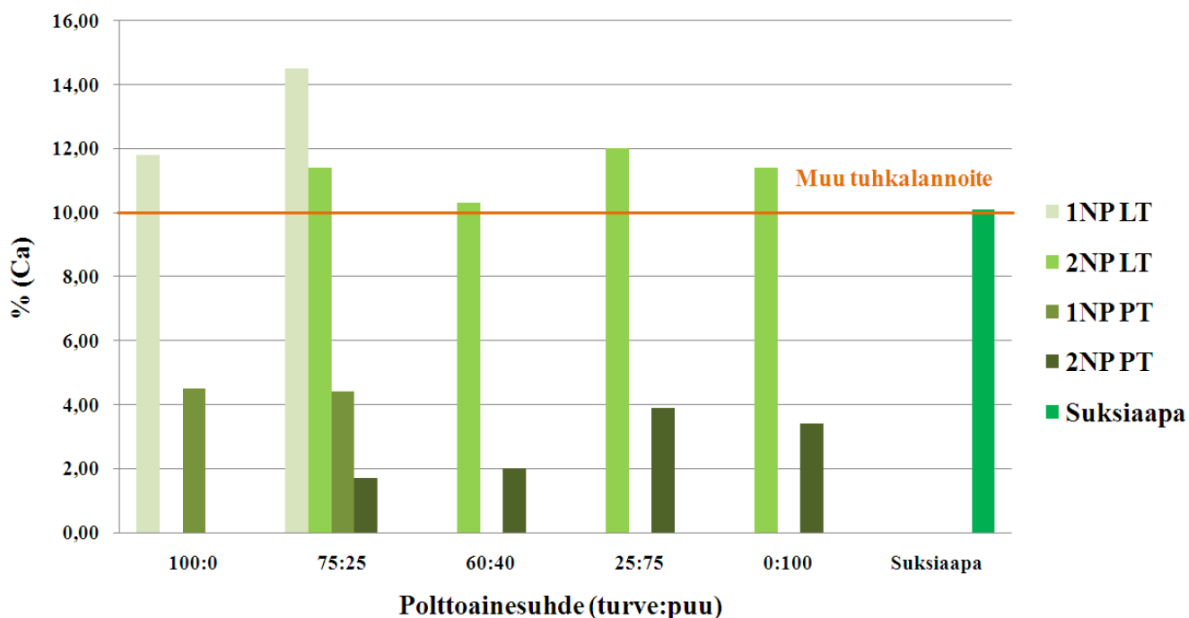
Fosfori kuuluu myös kasvien pääravinteisiin. Fosforinpuutteen tunnusmerkkeihin kuuluu puiden heikko kasvu sekä mutkainen ja hento vuosikasvain. Neulaset jäävät lyhyiksi ja varisevat ennenaikaisesti. Tavallista on vain yksi neulaskerta ja ankarissa puutostiloissa taimien latvakato. Suometsissä fosforin puutos liittyy usein kaliumin puutokseen. Kivennäismailla fosforilannoitus lisää tuoreissa ja lehtomaisissa kuusikoissa puiden kasvua. Männiköissä fosforilisäys ei niinkään paranna kasvua, mutta ylläpitää hyvää ravinnetaspainoa (Yara Suomi Oy 2015). Lauhdeveden sisältämä noin 47 µg/l fosforipitoisuus on lähes merkityksetön. Fosforia on mahdollista käyttää tuhkalannoitteen lisäravinteena tapauskohtaisesti lannoiteasetuksen puitteissa.

Rikki on puiden tarvitsema ravinne, jota maassa on suhteellisen paljon. Puut tarvitsevat rikkiä mm. proteiinien ja entsyymien rakenneosaksi. Suurimman osan kasvuunsa tarvitsemastaan rikistä puut ottavat maasta sulfaatti-ioneina (Luonnonvarakeskus 2013).

Suomessa ei ole tunnistettu rikin puutteesta johtuvia kasvuhäiriöitä (Yara Suomi Oy 2015). Siten lauhdevedelle korkeahko rikkipitoisuus ei ole haitallista tuhkalannoitteelle.

Sähkönjohtavuus mittaa vedessä olevien liuenneiden suolojen määrää, jolloin korkea johdotkyky on osoitus runsaasta suolamäärästä. Tavalliseen pinta- ja pohjaveteen liuenneet suolat ovat yleensä maaperän liuenneita kivennäisaineita: nitraatteja, fosfaatteja, metallioneja jne., joista useimmat ovat kasveille välttämättömiä ravinteita. (Geologian tutkimuskeskus 2000: 9–19.)

Muualla kuin metsätaloudessa käytettävien tuhkien neutraloiva kyky (Ca) tulee olla vähintään 10 %. Kuvassa 17 on esitetty Suosiolan kuumavesikattilan (1NP) ja voimakattilan (2NP) lento- ja pohjatuhkien neutralointikyky. Kuumavesikattilan lentotuhkien neutralointikyky ylittää vähimmäispitoisuuden reilusti. Voimakattilan neutralointikyky ylittää niinkään vähimmäispitoisuuden, mutta suksiaavan tuhkat ylittävät rajan vain vaivoin. Pohjatuhkat eivät täytä vähimmäisvaatimuksia. Lauhdevesien pH-tason vuotuisen keskiarvo on 6,06. Alhainen pH-arvo tarkoittaa tuhkarakeen neutralointikyvyn alenemista, mikäli vesijohtovesi korvataan lauhdevedellä rakeistuksen prosessivetenä.



**Kuva 17.** Tuhkan neutraloiva kyky (Pekkala 2012: 85).

## 6.2 Suolanpoistolaitoksen jätevedet

Voimalaitoksen höyryprosessissa tarvittava suolaton lisävesi valmistetaan RO/EDI-tekniikkaan perustuvassa täyssuolanpoistolaitoksessa. Laitoksen raakavesi on kaupungin vesijohtovettä. Suolanpoistolaitoksessa syntyy jätevesiä RO/EDI-laitteiston rejektivesien muodossa, joiden osuus lisäveden valmistukseen käytettävästä raakavedestä on noin 30 %. Kyseisiä konsentraattivesiä ei tällä hetkellä hyödynnetä uudelleen suodatettavaksi. Konsentraattivesi sisältävää suuria määriä erilaisia orgaanisia epäpuhtauksia sekä suoloja, jotka aiheuttavat suodattimien tukkeutumista. Osa kattilalisävedestä valmistetaan vanhalla ioninvaihtoon perustuvalla tekniikalla, jonka RO/EDI-laitteisto on lähes kokonaan korvannut. Ioninvaihtolaitteiston huuhtelussa muodostuvat rejektivedet johdetaan neutralointialtaaseen, jossa veden pH-arvo säädetään neutraalille alueelle arvoon 6–9. Neutraloitu konsentraattivesi johdetaan sadevesiviemäriin.

## 6.3 Näytteenottovedet

Suosiolan voimalaitoksen prosessivesiä analysoidaan päivittäin prosessivesille asetettujen laatuvaatimusten täyttämiseksi. Jatkuvan virtauksen vuoksi prosessivettä virtaa keräilyaltaaseen noin 4 000–5 000 m<sup>3</sup>/a. Näytteenottovedet hyödynnetään kaukolämmön lisävetenä yhdessä kattilan ulospuhallusvesien kanssa. Kuvassa 18 esiintyy Suosiolan voimakattilan näytteenottokeskus.



**Kuva 18.** Näytteenottokeskuksen näytevedet.

#### 6.4 Pohja- ja valumavedet

Suosiolan voimalaitosalueen maaperän kautta johtuva pohjavesi ja sadevesi joudutaan pumppaamaan sadevesiviemäriin polttoaineenvastaanottoilojen maanpinnan alapuolisista kuljetinmontuista. Pumppausratkaisu on esitetty kuvissa 19 ja 20.



**Kuva 19.** Pohja- ja valumavesien johtaminen kivihiilen vastaanottomontusta.



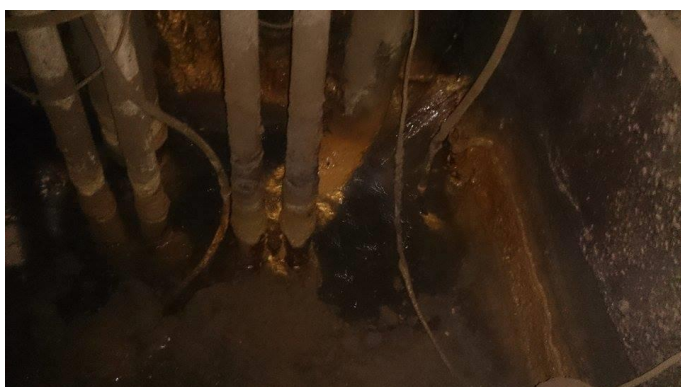
**Kuva 20.** Pohja- ja valumavesikaivo.

Pohja- ja valumavesivirtaama kivihiilen kuljetinmonttuun määritettiin pumppaamalla vettä öljynerotuskaivosta muovitynnyriin siten, että vedenpinnan korkeus kaivossa pysyi vakiona pumppauksen aikana. Huhtikuussa suoritetussa mittauksessa neljän minuutin pumppauksen aikana vettä kertyi suunnilleen 105 litraa, jolloin virtaama on noin 0,44 l/s. Pohja- ja valumavesivirtaus on erityisen voimakas kuvissa 21 ja 22 esiintyvissä turve- ja

puupolttoaineen vastaanottomontussa, josta pumpataan vettä uppopumppujen avulla läheiseen sadevesikaivoon. Syyskuussa suoritettu mittaus antoi virtaamaksi noin 4,2 l/s. Mittaus suoritettiin samalla periaatteella kuin kivihiilen kuljetinmontun tapauksessa.



**Kuva 21.** Pohja- ja valumavesien johtaminen turve- ja puupolttoaineen vastaanottomontusta.



**Kuva 22.** Pohja- ja valumavesikaivo.

Tuhkarakeistamon yhteyteen porattiin porakaivo rakeistamon rakentamisen yhteydessä. Alkuperäinen tarkoitus kaivolle oli hyödyntää alueen pohjavettä kuvan 23 esittämässä lautasrakeistusprosessissa. Porakaivo on kuitenkin jo pitkään ollut poissa käytöstä teknisten ongelmien vuoksi. Rakeistuksessa käsiteltävä tuhka palauttaa puun- ja turpeen poltossa palamattomat aineet takaisin luonnonkiertokulkuun. Työn yhteydessä on mielekästä

tarkastella myös savukaasupesurissa muodostuvien lauhdevesien hyödyntämistä rakeistuksen prosessivetenä.



**Kuva 23.** Lentotuhkan lautasrakeistin.

Liitteissä 2, 3, 6 ja 8 on esitetty kaukolämpökierroveden ohjearvosuositukset, Suosiolan voimakattilan prosessivesiraja-arvoja, kiinteän polttoaineen kuljetinhihnarakennuksen pohja- ja valumavedestä sekä vesijohtovedestä laaditut testausseosteet. Kyseisistä liitteistä on koottu olennaisimmat tiedot taulukkoon 9. Kuvien 21 ja 22 pohja- ja valumavedestä otetun vesianalyysin perusteella vesi täyttää talousveden laatuvaatimukset, mutta laatusuosituksia tarkasteltaessa enimmäispitoisuudet ylittyvät raudan-, mangaanin-, ammoniumin ja kemiallisen hapenkulutuksen osalta. Rauta-, ja mangaanipitoisuudet ovat yleisimpiä kaivovesien käyttöä haittaavia tekijöitä Suomessa, ja ne esiintyvät usein yhdessä. Rautaa esiintyy kuitenkin yleensä merkittävästi enemmän kuin mangaania. Rauta

on korroosiota aiheuttava aine reagoiessaan hapen kanssa ja siksi haitallinen kaukolämmön lisävedessä. Korkea kemiallisen hapenkulutuksen arvo selittyy lauhdeveden sisältämällä orgaanisella aineksella. Sähkönjohtavuus on myös huomattavan korkealla tasolla suhteutettuna vesijohtoveden sähkönjohtavuuden arvoon. Sähkönjohtavuus mitattiin Suosiolan voimalaitoksen vesilaboratoriossa. Pohjavesissä korkea sähkönjohtavuus selittyy yleensä kloridipitoisuudella. Raudan-, mangaanin-, ja kloorinpoistokäsittelyllä pohja- ja valumavedestä on mahdollista tuottaa laatuvaatimuksiltaan lähes vesijohtovettä vastaavaa raakavettä. Raakavettä on käsittelyn jälkeen mahdollista käyttää lisävedenvalmistuslaitteiston tarpeisiin sekä KL- että kattilalisäveden valmistukseen.

**Taulukko 9.** Vesianalyysit ja raja-arvot lisävesille (Energiateollisuus ry 2007: 7).

Ominaisuus	Yksikkö	Raja-arvo KL-lisäve- delle	Raja-arvo kattila-lisä- vedelle	Pohja- ja va- lumavesi	Vesijohto- vesi
pH-arvo		9–10	>6,0	6,6	7,36
Kokonaiskovuus	mmol/kg	<0,143	<0,005	1,1	0,57
Happipitoisuus	mgO <sub>2</sub> /kg	<0,02	-	-	-
Ammoniakki	mgNH <sub>3</sub> /kg	<5	-	-	-
Kok.rauta	mgFe/kg	<0,1	<0,02	49,2	< 2,5
Kok.kupari	mgCu/kg	<0,02	-	0,00084	-
Mangaani	µg/kg	-	-	1360	0,32
Öljypitoisuus	mg/kg	<1	-	-	-
Sähkönjohtavuus	µS/cm	<150	<1,0	470	80
Kloridi	mgCl <sup>-</sup> /kg	<50	-	38	-
Vetykarbonaatti	mgCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> /kg	<60	-	-	-
Kiintoaine	mg/kg	<0,5	-	-	-

Veteen liuennut rauta on yleensä pelkistynyttä, jolloin se poistetaan vedestä ioninvaihtokäsittelyllä. Ionimuotoisen raudan poistoon käytetään kationista massaa. Anionista massaa käytetään raudan ollessa humukseen sitoutuneena. Rauta pystytään poistamaan myös ilmastuksen avulla, jolloin rauta saostuu rautahydroksidiksi hapetuksen ansiosta. Mitä korkeampi veden pH-arvo on, sitä nopeammin hapettumisreaktio tapahtuu. Kalkki on yleisesti käytetty aine pH-arvon nostamiseen arvoon 8–9 ennen ilmastusta. Kemikaalien

kuten kloorin, kaliumpermanganaatin ja vetyperoksidinkin käyttö on mahdollista. Tällöin mahdollistetaan hapettuminen nopeasti matalalla pH-tasolla. Saostunut rauta poistetaan hapetuksen jälkeen esimerkiksi hiekkasuodatuksella (Ympäristöhallinto 2014). Korkea rautapitoisuus muodostaa kuvan 24 kaltaista putkistojätkästä tukkivaa ruskeaa rautasakkaa, joka on rassattava putkistosta aika-ajoin.



**Kuva 24.** Pohjavedenpumppausputkistoon kertynyttä sakkaa.

Mangaani esiintyy yleensä liukoisena Mn (II)-ionina. Mn (II)-ioni vaatii hapetuksen mangaanidioksidiksi  $\text{MnO}_2$ , jotta mangaani saadaan poistettua vedestä. Vähäisetkin mangaanipitoisuudet ( $20 \mu\text{g/l}$ ) saattavat aiheuttaa kerrostumia vedenjakelulaitteisiin, ja ns. mangaanibakteerit edesauttavat saostumien muodostumista. Vedensiirtopinnoista irtoavat saostumat voivat esiintyä joko nokimaisina hiutaleina tai rasvamaaisina muodostumina. Mangaanipitoisuudelle ei kuitenkaan ole ohjearvosuosituksia kaukolämpöverkon kierto-vedessä. Talousvedelle asetettu mangaanipitoisuuden raja-arvo on  $50 \mu\text{g/l}$ . (Valvira 2013.)

Mangaanin hapettumisreaktiot ovat hitaampia kuin raudalla ja pH-arvon on oltava korkeampi. Ilmastushapettamisen lisäksi on käytettävä kemikaaleja, jotka saostavat mangaania.

Saostavia kemikaaleja voivat olla mm. kloori, peroksidi, permanganaatti tai otsoni. Saostunut mangaanioksidi poistetaan raudan tavoin hiekkasuodattamalla. Saostuneen raudan ja mangaanin suodattamiseksi käytetään massasuodattimen lisäksi mikrosuodatusta joko keraamisilla tai muovisilla kalvoilla. (Ympäristöhallinto 2014.)

## 6.5 Muut jätevedet

Öljyiset jätevedet johdetaan viemäriverkoston, jossa on öljynerotuskaivot hälyttimillä varustettuina. Turbiini- ja kattilalaitosten sisäpuolella huuhteluvedet johdetaan lat-tiaviemäreitä pitkin kaupungin viemäriverkkoon. Voimalaitoksen talousjätevesi johde-taan kaupungin viemäriverkkoon. (Lapin ympäristökeskus 2005: 8–9.)

Lisäksi voimalaitosalueella sijaitsee kivihiihikentän valuma-allas, jonka syvyys on noin 1 m ja pinta-ala suunnilleen 200 m<sup>2</sup>. Lieteallas on mitoitettu siten, että sinne mahtuu yh-den kuukauden keskimääräinen sadevesimäärä. Sadevesimääri lasketaan kesäajan keski-määräisestä sademäärästä. Yhden kuukauden keskimääräinen sademäärä valuma-alueelle on arviolta 185 m<sup>3</sup>. Kesäajan (kesä–elokuu) keskimääräinen sademäärä on 200 mm ja sadeveden valuma-alue hiihikasan 50 % täyttöasteella on 2750 m<sup>2</sup>. (Lapin ympäristökeskus 2005: 8–9.)

## 7 POISTOVESIEN HYÖDYNTÄMISPOTENTIAALI

### 7.1 Poistovesien hallinta ja kustannussäästöt

Poistovesien uusiokäyttämisen vuoksi voimalaitosalueelle tarvitaan vesivarastoja. Uudelleen hyödynnettävien vesien käyttökohteiden tarpeisiin on pystyttävä reagoimaan prosessien hetkellisten tarpeiden mukaisesti. Hyödynnettävissä olevat vaihtoehtoiset prosessivedet jakautuvat seuraavaan kolmeen lähteeseen:

- Pohja- ja valumavedet
- RO/EDI-laitteiston rejektivedet
- SK-pesurin lauhdevedet

Olemassa olevat varastotilat ja lisätarpeet esitellään seuraavissa kappaleissa. Lisäksi vesijohtoveden säästämistä aiheuttavat kustannussäästöt määritellään jokaiselle merkittäväälle raakaveden kuluttajalle. Lauhde- ja rejektivesien osalta huomioidaan lisäksi lämmöntalteenoton hyödyntämisestä muodostuvat kustannussäästöt.

#### 7.1.1 Pohja- ja valumavesien hallinta

Öljykäyttöisellä 5NP-lämpökeskuksella on käytössään 990 m<sup>3</sup> öljysäiliö, jota käytetään myös 1NP:n ja 2NP:n käynnistyspolttoainevarastona. Pienempää 200 m<sup>3</sup> öljysäiliötä on käytetty 1NP:n sekä 2NP:n tarpeisiin, mutta voimakattilan tehonnostojen myötä 5NP:n käyttötarve on merkittävästi vähentynyt. Tämän vuoksi tarvetta kahdelle öljysäiliölle ei enää ole. Kuvassa 25 esiintyvä pienempi öljysäiliö sopisi hyödynnettäväksi mm. jälkikäsitellyn pohjaveden varastointiin.



**Kuva 25.** 200 m<sup>3</sup> öljysäiliö.

Suosiolan voimalaitosalueen pohjaveden raudan- ja mangaaninpoistoon tarkoitettu kuvan 26 laitteisto käsittää kolme kappaletta Atlas Filtrin valmistamaa suodatin yksikköä. Yksiköistä kaksi ovat rinnan kytkettyjä Mars PRL 500 ATM raudanpoistoyksikköjä, joiden yhteenlaskettu suodatuskapasiteetti on 8,2 m<sup>3</sup>/h (max. 13,6 m<sup>3</sup>/h). Lisäksi järjestelmään kuuluu kloorinsuodatusyksikkö Venus 500 ATM, jonka suodatuskapasiteetti on 6,8 m<sup>3</sup>/h (max. 11,4 m<sup>3</sup>/h) (Atlas Filtri s.r.l. 2015).



**Kuva 26.** Raudan- ja mangaaninsuodatuslaitteisto.

Raudan- ja mangaaninpoistolaitteistolla käsitelty pohjavesi on ominaisuuksiltaan hyvin lähelle vesijohtoveden kaltaista lukuun ottamatta korkeita rauta- ja mangaanipitoisuuksia. Pitoisuudet on esitetty taulukossa 9. Käsiteltävään veteen annostellaan klooridioksidipohjaista kemikaalia raudan ja mangaanin hapettamiseksi sekä mikrobien tuhoamiseksi (Atlas Filtri Engineering s.r.l. 2015).

Kattilaveden valmistuksessa raakaveden kulutus on kuvan 16 mukaisesti kuukausitasolla jopa yli  $5000 \text{ m}^3$ . Suuren vesipuskurin omaaminen on siten suotavaa rajallisen pohjaveidenkäsittelykapasiteetin vuoksi. Mikäli kattilaveden valmistuksen työlukuna käytetään  $5000 \text{ m}^3/\text{kk}$  raakavettä, tarkoittaisi se  $200 \text{ m}^3$  vesivarastolle kaavan (7) mukaista kierto- nopeutta.

$$K = \dot{V}_a / V = \frac{5000 \text{ m}^3/\text{kk}}{200 \text{ m}^3} = 25 \frac{1}{\text{kk}} \approx 0,83 \frac{1}{\text{d}}, \quad (7)$$

missä

- $K$  vesivaraston kiertonopeus  
 $\dot{V}_a$  kattilaveden raakaveden tarve kuukauden huippukulutuksena  
 $V$  vesivaraston tilavuus

Pohjavedensuodatuslaitteiston läheisyyteen on rakennettu kylmävarasto, jonne on sijoitettu 10 m<sup>3</sup> muovisäiliö. Kyseistä säiliötä on lähtökohtaisesti ollut tarkoituksena hyödyntää porakaivovesien varastoinnissa, mutta kaivon teknisten ongelmien vuoksi säiliö on jäänyt vaille käyttötarkoitusta.

Kuvassa 27 on esitetty kylmävarastossa sijaitseva muovisäiliö vesiliitäntöineen ja apulaitteineen. Tällä hetkellä säiliölle on johdettu vesiyhteys rakeistamon porakaivolta. Säiliöltä on yhteys seinän takana sijaitsevaan raudan- ja mangaanipoistolaitteistoon. Vedenkäsittelylaitteiston alapuolella on teräksinen säiliö käsitellylle vedelle, mutta kyseistä laitteistoa ei toistaiseksi ole yhdistetty vedenkulutuskohteeseen. Alkuperäisen suunnitelman mukaan raudan- ja mangaanipoistolla käsitelty porakaivovesi tuli käyttää hyödyksi tuhkarakeistuksen prosessivetenä, mutta vedensaanti ongelmien vuoksi kyseinen järjestelmä on ollut toimettomana. Prosessivesi on otettu vesijohtoverkostosta.



**Kuva 27.** Kylmävaraston säiliö liitäntöineen.

Vesivirtaamat sekä turve- ja puupolttoaineen, että kivihiilen kuljetinhihnatilojen alapään muodostavat yhdessä yli 14 m<sup>3</sup>/h virtaaman. Virtaama riittäisi hyvin raudan- ja mangaaninsuodatuslaitteiston 6,8 m<sup>3</sup>/h puhdistuskapasiteettiin. Kattilalisäveden valmistukseen käytetyn raakaveden huippukuukauden keskiarvovirtaamana on noin 6,9 m<sup>3</sup>/s. Tällä hetkellä pohja- ja valumavedet pumpataan sadevesiviemäriin. Olemassa olevalta pumpauslaitteistolta tulisi johtaa putkilinja rakennettavan paineenkorotusaseman kautta raudan- ja mangaaninsuodatuslaitteiston läheisyydessä sijaitsevalle 10 m<sup>3</sup> muovisäiliölle. Lisäksi ko. suodatuslaitteiston suodatetun veden terässäiliöltä tulisi rakentaa putkilinja 200 m<sup>3</sup> käytöstä poistettavalle öljysäiliölle. Vesijohtolinja 200 m<sup>3</sup> säiliölle tulisi sisällyttää siltä varalta, että pohjaveden pumppaukseen tai suodatuslaitteistoon tulee toimintahäiriö.

Kaukolämmön lisäveden valmistus on voimalaitosalueen toinen suuri vesijohtovedenkuluttaja. Erona kattilaveden valmistukseen ovat kattilaveden laatua alemmat laatuvaatimukset valmistetulle KL-lisävedelle. Tämän vuoksi KL-lisävetenä hyödynnetään kattilan ulospuhallus- sekä näytteenottovesiä, jotka täyttävät KL-lisäveden laatuvaatimukset ilman suodatuskäsittelyä. Osittain em. syistä johtuen kuvan 15 havainnollistamassa vesijohtoveden pääkulutuskohteissa KL-lisävesi edustaa merkittävästi pienempää osuutta kuin kattilalisävesi.

KL-lisäveden valmistukseen käytetyn vesijohtoveden kuukausikohtainen kulutushuippu on noin 2 500 m<sup>3</sup>/kk, mikä on suunnilleen puolet kattilalisäveden vastaavasta lukemasta. Raakaveden virtaamatarpeeksi muodostuu 10,4 m<sup>3</sup>/h, mikäli kattilalisäveden- ja KL-lisävedenkulutuskäytöt yhdistetään huippukuukausilukemien perusteella. Virtaamatarve ylittää raudan- ja mangaaninsuodatuslaitteiston puhdistuskapasiteetin 6,8 m<sup>3</sup>/h (max. 11,4 m<sup>3</sup>/h). Kattilaveden- ja KL-lisäveden kulutushuiput ajoittuvat tosin eri kuukausille, minkä vuoksi raakaveden virtaamatarve on todellisuudessa hieman alhaisempi.

Vuonna 2014 kattila- ja KL-lisäveden yhteenlaskettu raakaveden tarve oli 48 703 m<sup>3</sup>. Verkostoveden kustannus on 1,63 €/m<sup>3</sup> (alv 0 %) (Napapiirin Vesi Oy 2015), jolloin raakaveden hankintakustannukseksi muodostuu 79 386 €/a.

## 7.1.2 RO/EDI-laitteiston rejektivesien hallinta

Suosiolan voimalaitoksella käytetään huomattava määrä verkostovettä mm. savukaasupesurin lisävetenä. Savukaasupesurin lisävesi ei ole laatuvaatimuksiltaan yhtä kriittinen kuin muut prosessivedet, kuten kattila- ja KL-lisävedet. Sen vuoksi RO/EDI-laitteiston rejektivesi olisi potentiaalinen vaihtoehto vesijohtoveden korvaajaksi. RO/EDI-laitteistoa edeltävässä raakaveden pehmenyskäsittelyssä kovuutta aiheuttavat kalsium- ja magnesiumionit vaihdetaan natriumioneihin. Suosiolan voimalaitoksen RO/EDI-laitteiston saanto on noin 70 %, mikä perustuu laitteiston valmistajan antamiin tietoihin taulukossa 5. RO-konsentraatin laskennallinen sähkönjohtavuus määritellään kaavan (8) mukaisesti. Arvot perustuvat taulukon 5 sähkönjohtavuusarvoihin sekä Suosiolan voimalaitoksen laboratoriossa suoritettujen veden johtavuuskymmittauksien keskiarvoon.

$$\eta_{\text{RO-SAANTO}} \sigma_{\text{RO-PERM}} + \eta_{\text{RO-REJEKTI}} \sigma_{\text{RO-KONS}} = \sigma_{\text{RAAKA}} \quad (8)$$

$$\sigma_{\text{RO-KONS}} = \frac{\sigma_{\text{RAAKA}} - \eta_{\text{RO-SAANTO}} \sigma_{\text{RO-PERM}}}{\eta_{\text{RO-REJEKTI}}}$$

$$\sigma_{\text{RO-KONS}} = \frac{80 \mu\text{S/cm} - 0,75 \cdot 20 \mu\text{S/cm}}{0,25} = 260 \mu\text{S/cm},$$

missä

$\sigma_{\text{RO-KONS}}$	RO-konsentraatin sähkönjohtavuus
$\sigma_{\text{RO-PERM}}$	RO-permeaatin sähkönjohtavuus
$\sigma_{\text{RAAKA}}$	raakaveden (vesijohtoveden) sähkönjohtavuus
$\eta_{\text{RO-SAANTO}}$	RO-laitteiston permeaatin osuus raakavedestä
$\eta_{\text{RO-REJEKTI}}$	RO-laitteiston rejektin osuus raakavedestä.

Vastaavasti EDI-laitteiston konsentraatin sähkönjohtavuus ratkaistaan laskennallisesti kaavan (9) mukaisesti:

$$(\eta_{\text{EDI-SAANTO}})(\sigma_{\text{EDI-PERM}}) + (\eta_{\text{EDI-REJEKTI}})(\sigma_{\text{EDI-KONS}}) = \sigma_{\text{RO-PERM}} \quad (9)$$

$$\sigma_{\text{EDI-KONS}} = \frac{\sigma_{\text{RO-PERM}} - (\eta_{\text{EDI-SAANTO}})(\sigma_{\text{EDI-PERM}})}{\eta_{\text{EDI-REJEKTI}}}$$

$$\sigma_{\text{EDI-KONS}} = \frac{20 \frac{\mu\text{S}}{\text{cm}} - (0,95)(0,2 \frac{\mu\text{S}}{\text{cm}})}{0,05} = 396,2 \mu\text{S/cm},$$

missä

$\sigma_{\text{EDI-KONS}}$	EDI-konsentraatin sähkönjohtavuus
$\sigma_{\text{EDI-PERM}}$	EDI-permeaatin sähkönjohtavuus
$\sigma_{\text{RAAKA}}$	raakaveden (vesijohtoveden) sähkönjohtavuus
$\eta_{\text{EDI-SAANTO}}$	RO-laitteiston permeaatin osuus raakavedestä
$\eta_{\text{EDI-REJEKTI}}$	RO-laitteiston rejektin osuus raakavedestä.

RO/EDI-laitteiston yhteisen rejektiveden sähkönjohtavuus lasketaan kaavan (10) mukaisesti:

$$\sigma_{\text{RO/EDI-KONS}} = \sigma_{\text{RO-KONS}} + (\eta_{\text{RO-SAANTO}})(\eta_{\text{EDI-REJEKTI}})(\sigma_{\text{EDI-KONS}}) \quad (10)$$

$$\sigma_{\text{RO/EDI-KONS}} = 260 \mu\text{S/cm} + (0,75)(0,05)(396,2 \mu\frac{\text{S}}{\text{cm}}) = 274,86 \mu\text{S/cm}$$

Kattilaveden valmistuksen yhteydessä muodostuneet rejektivedet olisi mielekästä ohjata omaan vesivarastoonsa savukaasupesurin raakaveden käyttökohteeksi viemäriin laskemisen sijaan. Rejktivesi on lämpötilaltaan noin 16–20 °C, mikä on suunnilleen 15 °C korkeampi kuin pesurin raakavetenä käytettävän vesijohtoveden lämpötila. Raakaveden korkeampi lämpötila mahdollistaa suuremman kaukolämpötehon lämmön talteenottokierron kautta. Saavutettava vuosittainen energiansäästö rejektiveden lämmöntalteenotolla on laskettu kaavassa (11), jossa rejektiveden vuosittainen määrä on taulukon 8 mukaisesti noin 9 500 m<sup>3</sup>/a. Veden tiheydeksi arvioidaan 1 000 kg/m<sup>3</sup>.

$$\begin{aligned}\Delta E &= (m_{\text{VESI}})(c_{\text{VESI}})(\Delta t) & (11) \\ &= (9,5)(10^6 \text{ kg})(4,19 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \text{ }^\circ\text{C})(15 \text{ }^\circ\text{C}) = 597,1 \text{ GJ} = 166 \text{ MWh},\end{aligned}$$

missä

$\Delta E$	energiantarve
$m_{\text{vesi}}$	veden massa
$c_{\text{vesi}}$	veden ominaislämpökapasiteetti
$\Delta t$	lämpötilan muutos.

Korkealla raakaveden lämpötilalla on hyvin pieni tehollinen vaikutus SK-pesurin tuottamaan KL-tehoon suhteutettuna. Lämpimän raakaveden tuottama lisäteho on keskimäärin vain 23 kW, kun pesurin vuosittaiseksi käyttöajaksi oletetaan 300 vuorokautta. Lämmityskustannukset muodostuvat kaukolämmön omakustannushinnan mukaan, joka on noin 25 €/MWh. Kasvavan kaukolämpötehon kustannushyöty on siten noin 4 150 €/a.

RO/EDI-laitteisto ei pysty tuottamaan tarpeeksi rejektivettä SK-pesurin keskimääräiseen raakavesitarpeeseen. Rejektin lisäksi raakaveden lähteenä tulisi käyttää myös vaihtoehtoista lähdettä, esimerkiksi SK-pesurin omaa lauhdevettä. Lauhdevettä käytettäessä raakaveden lämpösisältö kasvaa jopa RO/EDI-rejektistä suuremmaksi. Vesi joka on lämpötilaltaan noin 26 °C mahdollistaa suuremman KL-tehon. RO/EDI-rejektin käyttö ensisijaisena raakaveden lähteenä on kuitenkin mielekkäämpää kuin lauhdeveden käyttäminen, mikä johtuu lauhdeveden korkeammasta kiintoainepitoisuudesta. Alkuperäinen vesijohtovesiyhteys tulee säilyttää varalähteenä SK-pesurille, mikäli rejektistä tai lauhdevettä ei ole käytettävissä SK-pesurin raakavesitarpeiksi.

Kuvan 16 perusteella ”muut” vedenkuluttajat edustaa lähes 16 000 m<sup>3</sup> vuosikulutuksellaan merkittävää vesijohtoveden kuluttajaa. Diagrammista on havaittavissa, että huhtikuussa 2014 käyttöönotetun savukaasupesurin osuus edustaa valtaosaa ko. ryhmästä. Realistinen arvio SK-pesurin edustamasta osuudesta ”muut”-vesijohtovedenkuluttajat

ryhmästä on noin 70 %, mikä tarkoittaa noin 11 000 m<sup>3</sup> osuutta vuosikulutuksesta. Kustannuksia SK-pesurin raakaveden käytöstä aiheutuu veden 1,63 €/m<sup>3</sup> (alv 0 %) hinnalla noin 17 930 €/a.

### 7.1.3 Savukaasupesurin lauhdevesien hallinta

SK-pesurin lauhdevesien varastointia varten alueelle tulisi sijoittaa säiliö lauhdevesien neutralointialtaalta lähtevän veden varastointia varten. SK-pesurin lauhdevesiä voitaisiin hyödyntää tuhkan rakeistusprosessissa ennen kaikkea sen lämpösisällön vuoksi. Säiliön eristys antaisi lämpimien lauhdevesien hyödyntämiselle suuremman potentiaalin, sillä lauhdeveden lämpötila voi olla jopa 30 °C poistuessaan savukaasupesurin jälkeisestä vedenkäsittelystä. Lämmin lauhdevesi voitaisiin esilämmittää asentamalla KL-paluupiiriin lämmönvaihdin, jonka kautta lauhdevesi edelleen kulkisi KL-menopiiriin lämmönvaihtimen kautta rakeistuslaitokselle rakeistusprosessin vaatimassa 90 °C lämpötilassa.

Tällä hetkellä tuhkarakeistusprosessissa hyödynnetään vesijohtoverkostovettä. Rakeistuksessa hyödynnettävän prosessiveden osuus kuivan tuhkan massasta on noin 40 %, jolloin 10 000 tonnia tuhkaa kohden prosessiveden kulutus on noin 4 000 m<sup>3</sup>. Verkostoveden kustannus on 1,63 €/m<sup>3</sup> (alv 0 %), jolloin prosessiveden hankinnasta aiheutuu kustannuksia 6 520 €/a. Prosessiveden lämmitykseen tarvittava energia määritetään kaavan (12) mukaisesti:

$$\begin{aligned} \Delta E &= (m_{\text{VESI}})(c_{\text{VESI}})(\Delta t) & (12) \\ &= (4)(10^6 \text{ kg})(4,19 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \text{ } ^\circ\text{C})(90 \text{ } ^\circ\text{C}) = 1508,4 \text{ GJ} = 419 \text{ MWh} \end{aligned}$$

Lämmityskustannukset muodostuvat kaukolämmön omakustannushinnan mukaan, joka on noin 25 €/MWh. Lämmityskustannukset prosessivedelle ovat siten noin 10 475 €/a.

Savukaasupesurin lauhdevesien hyödyntämisellä verkostoveden sijaan on etuja. Saavutettavat hyödyt olisivat SK-pesurin sivutuotteena ilmainen ja lämpötilaltaan noin 25 °C

korkeampi raakavesi. Tämä tarkoittaa noin 116 MWh vähäisempää lämmitysenergiantarvetta. Saavutettava kustannushyöty olisi täten veden hankinta-, ja lämmityskustannuksista muodostuva säästö  $6520 \text{ €/a} + 2\,900 \text{ €/a} = 9\,420 \text{ €/a}$ . Kustannusvaikutus kasvaa entisestään, mikäli tuhkan rakeistusmäärä nousee ulkopuolisten tuhkien myötä.

Mikäli rakeistuslaitoksen ja tuhkan kostutuksen työlukuna käytetään 10 000 t/a rakeistamaton tuhkaa, tarkoittaisi se suunnilleen  $4\,000 \text{ m}^3/\text{a}$  vedenkulutuksen osalta.  $10 \text{ m}^3$  säiliön keskimääräinen kiertonopeus olisi kaavan (13) mukaisesti:

$$K = \dot{V}_a / V = \frac{4000 \text{ m}^3/\text{a}}{10 \text{ m}^3} = 400 \frac{1}{\text{a}} \approx 1,1 \frac{1}{\text{d}}, \quad (13)$$

missä

- $K$  vesivaraston kiertonopeus
- $\dot{V}_a$  rakeistamon vuotuinen vedenkulutus
- $V$  vesivaraston tilavuus.

Vesijohtoverkostolinja tulisi sisällyttää säiliön yhteyteen varavesilähteeksi sen vuoksi, ettei SK-pesurin lauhdevettä ole aina välttämättä käytettävissä.

Lauhdeveden merkittävimpiä haittapuolia vesijohtoveteen nähden on sivun 55 taulukon 8 mukaisesti sen kiintoainepitoisuus, joka on vuonna 2014 suoritettujen mittausten keskiarvon perusteella noin  $5,5 \text{ mg/l}$ . Vaihteluvälin on  $4,3\text{--}8,3 \text{ mg/l}$ . Voimalaitoksen käyttöhenkilökunnan lausuntojen mukaan hiekkasodatuksen jälkeisellä erittäin hienojakoisella kiintoaineella on taipumusta tukkia vedenjohtimia. Haasteen muodostaa lauhdeveden kierrättäminen lämmönvaihtimen kautta ilman, että lämmönvaihdin tukkeutuu. Lämmönvaihtimen säännöllisellä pesulla ehkäistään lämmönvaihtoa ja virtausta heikentävän saakan kertymistä.

SK-pesurin lauhdeveden pH-arvot vaihtelivat vuonna 2014 voimakkaasti, mikä johtui pH-säätimen ylimitoituksesta ja siten huonosta säätövasteesta. Lauhdeveden keskimääräinen pH-arvo vuoden 2014 otantojen perusteella oli noin 6,1. Tuhkan pH on noin 10–13, minkä vuoksi alhainen pH-taso ei muodosta ongelmaa lannoitehyötykäytössä normaalitilanteessa. Kesällä 2015 pH-tason säädin vaihdettiin pienempään, jolloin pH-säätöä saatiin tarkemmaksi.

Lauhdevettä on suotavaa käyttää rakeistusprosessin lisäksi myös rakeistamattoman lentotuhkan kuljetuskostutuksessa, jonka osuus voimalaitosalueen vesijohtovedenkulutuksesta vuonna 2014 oli 961 m<sup>3</sup>. Kuljetuskostutusta varten vettä ei tarvitse lämmittää, minkä vuoksi lauhdevettä kostutusvetenä käytettäessä kustannussäästöt muodostuisivat vain vesijohtoveden korvaamisesta prosessivetenä. Vuositasolla kustannussäästö olisi vesijohtoveden hankintahinnalla 1,63 €/m<sup>3</sup> (alv 0 %) laskettuna 1 566 €/a.

## 7.2 Vaihtoehtoisten prosessivesien kustannusanalyysi

Prosessi- ja pohjavesien hyötykäytön investointikustannukset muodostuvat alla luetelluista asioista:

- uudet vesivarastot, vanhojen kunnostaminen
- perustus- ja pohjatyöt
- rakentamis-, käyttöönotto- ja koulutuskustannukset
- automaatiolaitteisto asennuksineen
- projektointikustannukset.

Käyttökustannukset muodostavat:

- raudan- ja mangaanin käsittelylaitteisto
  - käyttö-, kunnossapito- ja huoltokustannukset
  - kemikaalikustannukset
- sähkökustannukset (pumppauslaitteisto)
- mahdolliset lisäkemikaalikustannukset (lipeä)
- laadunvalvontakustannukset.

Lisäksi käyttökustannuksia aiheuttavat mm. tarvittavista työkoneista aiheutuvat kustannukset.

### 7.2.1 Pohja- ja valumavesien hyödyntämiskustannukset

Suosiolan voimalaitostiloissa sijaitseva raudan- ja mangaaninpoistolaitteisto rakennettiin tuhkarakeistamoinvestoinnin myötä, mutta sitä ei ole vielä otettu käyttöön. Laitteisto on tällä hetkellä vailla käyttötarkoitusta, minkä vuoksi suurilta investointikustannuksilta vedenpuhdistukseen vältytään tämän laitteiston osalta. Hyötykäyttöä odottava laitteisto puoltaa pohjaveden käyttöä prosessivetenä. Pohjaveden prosessivetenä hyödyntämisen investoinnit muodostuvat suurelta osin pohjavesien valumapaikan läheisyyteen sijoitettava pumppaamosta ja sen vaatimista perustus- ja pohjatöistä sekä maanrakennus ja putkitöistä suodatuslaitteistolle. Pumppaamon kustannusarvio perustuksineen ja laitteistoineen on noin 50 000 €, joka sisältää pumput, venttiilit, sähkökeskuksen, ohjauslaitteiston,

lämmityslaitteiston sekä imusäiliön. Putkilinja pumppaamolta suodatuslaitteistolle mak-  
saa arviolta noin 10 000€ tarvittavine maan-rakennuksineen ja asennustöineen.

Muita investointeja edellyttävät tyhjillään olevan 200 m<sup>3</sup> vanhan öljysäiliön kunnostami-  
nen vesivarastoksi sekä sille vaadittavat putkiyhteys suodatuslaitteistolta. Lisäksi on ra-  
kennettava yhteys veden loppukäyttäjakohteelle tarvittavine pumppauslaitteistoineen  
(kattilaveden- ja KL-lisäveden valmistuslaitteistolle). Öljysäiliö on toistaiseksi voimakat-  
tilan ja kuumavesikattilan käytössä. Öljysäiliö tullaan poistamaan käytöstä ja hyödynne-  
tään viereistä 990 m<sup>3</sup> säiliötä sekä 5NP lämpökeskukselle että 2NP voimakattilalle ja 1NP  
kuumavesikattilalle. Vesivaraston arvioitu kunnostuskustannus on noin 40 000 €. Vesi-  
varaston ja vedenkäyttäjän välisten putkiasennusten sekä pumppauslaitteiston osalta kus-  
tannukset ovat suunnilleen 10 000 €. Ison vesivaraston omaaminen on tärkeää, sillä kat-  
tilalisäveden valmistuslaitteisto käyttää eniten raakavettä voimalaitoksen yksittäisistä ve-  
denkuluttajista. Jo olemassa olevat pumput pohjaveden pumppaukseen riittävät veden toi-  
mitukseen konttipumppaamolle.

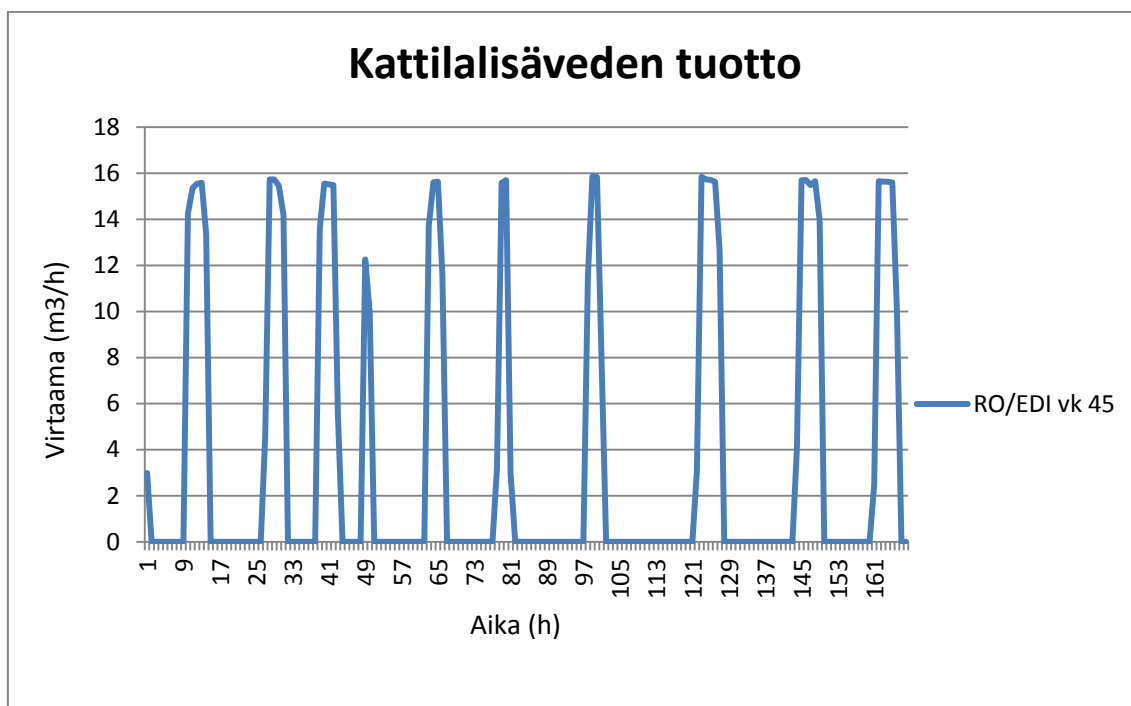
Projektointi- ja automaatiokustannuksia pohja- ja valumavesien hyödyntämiselle arvioi-  
daan käytettävän noin 5 000 €. Pohjaveden prosessointiin ja hyödyntämiseen vaadittavat  
investoinnit ja käyttökustannukset on eritelty taulukossa 10.

**Taulukko 10.** Pohja- ja valumaveden hyödyntämisestä aiheutuvat kustannukset.

Kustannuserä	Yksikkö	Kustannus
Investointi	€	115 000
Vesivaraston (200 m <sup>3</sup> ) kunnostus		
Pumppaamo		
Kaivuutyö		
Putkisto+asennukset		
Pumppauslaitteisto		
Automaatiolaitteisto		
Projektointikustannukset		
Suodatuslaitteiston käyttö-kustannukset	€/a	
Laadunvalvontakustannukset		
Huoltokustannukset		
Kemikaalikustannukset		
Sähkökustannukset	€/a	

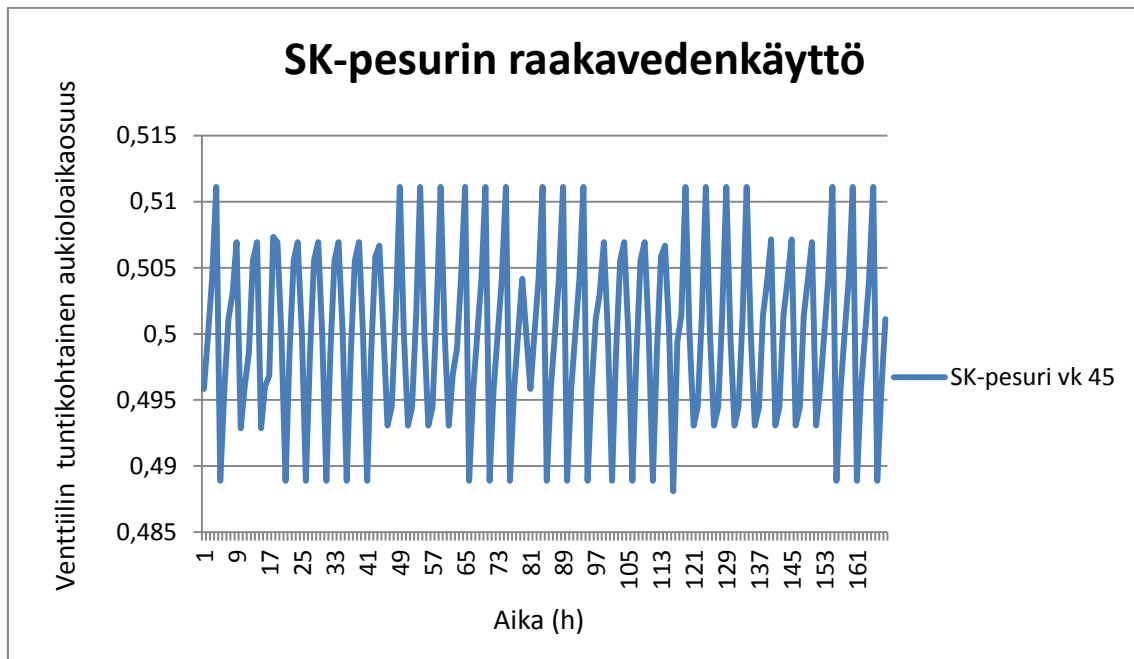
### 7.2.2 RO/EDI-rejektin hyödyntämiskustannukset

Kattilaveden valmistuksen yhteydessä muodostuneiden rejektivesien hallinta edellyttää vesivarastoinvestointia ja sen sijoittamista mielellään SK-pesurin tai kattilavedenvalmistuslaitteiston läheisyyteen vedensiirtolinjojen minimoimiseksi. Suurinta kuluerää investoinneissa edustaa vesivarasto, jonka mitoitus perustuu savukaasupesurin raakavedenkäytön huippukuukauden keskiarvoiseen vedenvirtaamaan. Kuva 28 havainnollistaa marraskuun 2014 ensimmäisen viikon RO/EDI-laitteiston käyttösyklejä ja kattilalisäveden tuottamista. Kuvasta 27 on havaittavissa, että RO/EDI-laitteisto tuottaa kattilalisävetä syklettäin, jonka pituus on keskimäärin noin 17 tuntia.



**Kuva 28.** Kattilalisävedentuotantocyklit RO/EDI-laitteistolla.

Vastaavasti SK-pesurin raakaveden käyttötarve vaihtelee venttiilikäyttödatan perusteella merkittävästi lyhyemmillä sykleillä kuin kattilalisäveden tuotto vastaavalla ajanjaksolla. SK-pesurille virtaa raakavettä kahden venttiilin kautta riippuen veden käyttökohteesta, joista dominoivamman venttiilin aukioloa on havainnollistettu kuvassa 29. Graafista havaitaan, että venttiilin aukioloajan syklit vaihtelevat lähinnä minuuttitasolla. Venttiili on auki kolmen minuutin jaksoin.



**Kuva 29.** SK-pesurin raakaveden virtaus.

RO/EDI-laitteiston suurin käyttöaste vuonna 2014 ajoittui toukokuulle, jolloin RO/EDI-laitteiston toimintasyklejä oli 51 käyttöasteen ollessa noin 35 %. Tällöin keskimääräinen rejektin tuotto oli  $27,7 \text{ m}^3/\text{sykli}$ , jossa RO/EDI-laitteen toiminta-aika per sykli oli keskimäärin 5,1 tuntia. RO/EDI-suodatuksen ollessa käynnissä rejektin keskimääräiseksi virtaamaksi muodostuu  $5,4 \text{ m}^3/\text{h}$ . Virtaama oli keskimäärin  $1,9 \text{ m}^3/\text{h}$ , kun huomioidaan koko syklin pituus. Vastaavasti SK-pesurin kulutushuippukuukausi ajoittuu kuvan 16 perusteella marraskuulle, jossa SK-pesuri edustaa ryhmää ”muut” arviolta 70 % osuudellaan. Tällöin raakaveden virtaamaksi muodostuu  $2\,061,5 \text{ m}^3/\text{kk}$  eli  $2,9 \text{ m}^3/\text{h}$ .

Statistiikan perusteella vettä tarvitsevan kohteen (SK-pesuri) veden virtaus on lähes tasaista verrattuna vettä tuottavaan (RO/EDI) kohteeseen. RO/EDI-rejektin tuotto on myös vähäisempää, kuin SK-pesurin raakaveden tarve.

Vesivaraston mitoituksessa käytetään apuna yllä olevia lukemia, jolloin varaston minimi-tilavuudeksi saadaan kaavan (14) mukaisesti:

$$\begin{aligned}
 V_{\text{MIN}} &= (\dot{V}_{\text{REJEKTI}} - \dot{V}_{\text{SK-PESURI}})(t_{\text{RO/EDI}}) & (14) \\
 &= \left(5,4 \frac{\text{m}^3}{\text{h}} - 2,9 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}\right)(5,1\text{h}) = 12,75\text{m}^3,
 \end{aligned}$$

missä

$\dot{V}_{\text{REJEKTI}}$  RO/EDI-rejektin virtausnopeus

$\dot{V}_{\text{SK-PESURI}}$  SK-pesurin raakaveden virtausnopeus

$t_{\text{RO/EDI}}$  RO/EDI-laitteiston keskimääräinen toiminta-aika/sykli.

Laskelman mukaan vesivaraston on lämpimiin tiloihin sovittamisen puitteissa oltava tilavuudeltaan vähintään 15 m<sup>3</sup>. Ulkovarastoinnin tapauksessa vesivarasto on eristettävä kylmältä ulkoilmalta lämmönjohtumisen minimoimiseksi. Kustannuksia vesivarastoinvestoinnin osalta muodostuu noin 5 000 €. Pumppauslaitteisto putkiasennuksineen kustantaa arviolta 10 000 €. Projektointi- ja automaatiokustannuksia RO/EDI-rejektivesien hyödyntämiselle arvioidaan käytettävän noin 3 000 €. RO/EDI-rejektivesien prosessointiin ja hyödyntämiseen vaadittavat kustannukset on eritelty taulukossa 11.

Kuvan 16 perusteella ”muut” vedenkuluttajat edustaa lähes 16 000 m<sup>3</sup> vuosikulutuksellaan merkittävää vesijohtoveden kuluttajaa. Diagrammista on havaittavissa, että maaliskuussa 2014 käyttöön otetun savukaasupesurin osuus edustaa valtaosaa ko. ryhmästä. Realistinen arvio SK-pesurin edustamasta osuudesta ”muut”-vesijohtovedenkuluttajat ryhmässä on suunnilleen 70 %, mikä tarkoittaa noin 11 000 m<sup>3</sup> osuutta vuosikulutuksesta. Kustannuksia SK-pesurin raakaveden käytöstä aiheutuu veden 1,63 €/m<sup>3</sup> (alv 0 %) hinnalla noin 17 930 €/a.

Alkuvuosi 2015 oli SK-pesurin raakaveden käytön osalta loppuvuoden 2014 tasoa, joten vuonna 2015 SK-pesurin raakaveden kulutus tulee olemaan merkittävästi suurempi kuin vuonna 2014. Tiedot perustuvat Metso DNA:sta kerättyyn statistiikkaan SK-pesurin raakavesiventtiilien aukioloajasta.

**Taulukko 11.** RO/EDI-rejektin hyödyntämisestä aiheutuvat kustannukset.

Kustannuserä	Yksikkö	Kustannus
Investointi	€	18 000
Vesivarasto (15 m <sup>3</sup> )		
Pumppauslaitteisto		
Putkiasennukset		
Automaatiolaitteisto		
Projektointikustannukset		
Sähkökustannukset	€/a	

### 7.2.3 Lauhdevesien hyödyntämiskustannukset

SK-pesurin lauhdevesien hyödyntämistä ajatellen potentiaalisin kulutuskohde olisi lentotuhkan kostutukseen käytettävä prosessivesi. Lentotuhkan kuljetuskostutuksen ja tuhkarakeistuksen yhteenlaskettu veden tarve oli vuonna 2014 noin 1600 m<sup>3</sup>. Kuljetuskostutus edusti veden tarpeen valtaosaa lähes tuhannen kuution osuudellaan. Kostutusveden käytöstä ei ole olemassa tarkkaa статистиikkaa, joten kulutusta pitää arvioida kuvassa 16 havainnollistettujen vesimittarikulutuslukemien perusteella. Vesimittarilukemaotannot puuttuvat joiltain kuukausilta, minkä vuoksi seuraavassa otannassa on merkittävä kasvu kulutuslukemaan. Esimerkkinä puuttuvista mittariotannoista näkyy mm. marraskuun kulutuksessa. Kuljetuskostutuksen ja rakeistuskostutuksen yhteenlasketuksi vuorokausikohtaiseksi kulutuslukemaksi saadaan noin 4,4 m<sup>3</sup>/d, mikäli vuosikulutus jaetaan tasan jokaiselle päivälle.

SK-pesurin lauhdevesien suuri 40 000 m<sup>3</sup> tuotto vuonna 2014 on huomioitava, kun mitoitetaan vesivaraston tilavuutta. Vuonna 2015 määrä kasvaa edellisestä, kun otetaan huomioon alkuvuoden tuotto. Vuonna 2015 pesuri oli huoltoseisakissa 16.6–31.8. välisen ajan, joten ko. ajankohtana lauhdevettä ei ole ollut saatavilla. Tuhkankostutuksen tarve on ko. ajankohtana yleensä vähäistä, koska voimalaitos on huoltoseisakissa. Tuolloin kostutusvetenä on mahdollista käyttää vesijohtovettä lauhdeveden sijaan. Keskimääräiseksi lauhdeveden tuotoksi muodostuu suunnilleen 5,6 m<sup>3</sup>/h, kun SK-pesurin vuosittainen lauhdeveden tuotto jaetaan pesurin noin 300 käyttöpäivällä.

Vesivaraston sijoittaminen voimalaitoksen sisätiloihin olisi mielekästä lämmönjohtumisen minimoimisen vuoksi. Tila rajoittaa vesivaraston sijoittamista sisätiloihin. Tämän vuoksi vesivaraston on oltava kooltaan kompakti. Lauhdeveden suuri virtauskapasiteetti suhteutettuna kostutusveden tarpeeseen sekä lämmönsiirtohäviöiden minimoimiseen puoltaa pienen vesivaraston käyttämistä. Vesivaraston mitoitusperusteena käytetään tuhkan kuljetuskostutuksessa tarvittavan hetkellisen kostutusveden määrän tarvetta, joka on suunnilleen 20 % kostutetun tuhkan massasta. Kostutetun tuhakuorman massa on noin 40 tonnia, jolloin hetkellinen kostutusveden tarve on noin 8 000 kg.

Vesisäiliö tilavuudeltaan 8 m<sup>3</sup> sopii hyvin sijoitettavaksi ahtaisiin tiloihin ja pystyy varaamaan vettä hetkelliseen tarpeeseen lauhdevesivirtauksen katketessa. Kustannuksia vesisäiliölle muodostuu noin 4 000 €. Suurimman kuluerän muodostaa pumppauslaitteisto vesilinjoineen poistovesialtaan kaivolta tuhkarakeistamolle. Lauhdevettä olisi suotavaa käyttää lisäksi RO/EDI-laitteiston rejektiveden rinnalla SK-pesurin raakavesitarpeena, kuten kappaleessa 7.1.2 tuotiin esille. Tässä tapauksessa poistovesialtaan kaivolta tulee johtaa vesiyhteys myös RO/EDI-rejektin vesivarastolle. Kyseessä olevat vesilinjat maksavat asennustöineen arviolta 9 000 €.

Lämmönvaihdininvestointi KL-paluupiiriin maksaa noin 1 000 €. Projektointi- ja automaatiokustannuksia RO/EDI-rejektivesien hyödyntämiselle arvioidaan käytettävän noin 2 000 €. SK-pesurin lauhdeveden hyödyntämisen kulut on eritelty taulukossa 12.

**Taulukko 12.** SK-pesurin lauhdeveden hyödyntämisestä aiheutuvat kustannukset.

Kustannuserä	Yksikkö	Kustannus
Investointi	€	16 000
Vesivarasto (2 m <sup>3</sup> )		
Pumppauslaitteisto		
KL-paluuilämmönvaihdin		
Putkiasennukset		
Automaatiolaitteisto		
Projektointikustannukset		
Sähkökustannukset	€/a	

#### 7.2.4 Investointilaskelmat

Investointipäätöksiä edeltävillä taloudellisilla laskelmilla ja huolellisella valmistelulla on merkittävä vaikutus investointipäätöksentekoon. Investoinnin kannattavuuden laskemiseen on olemassa useita eri menetelmiä. Kannattavuutta on suotavaa arvioida vähintään kahdella eri menetelmällä, joista tässä tapauksessa käytetään sisäisen korkokannan ja takaisinmaksuajan menetelmää. Nämä kaksi menetelmää ovat käytetyimmät investointilaskelmien tavat. Sisäinen korkokanta korostaa investoinnin kannattavuutta ja takaisinmaksuaika rahoitusvaikutusta. Investoinnin pitoajan teknillistaloudellisen käyttöiän arvioidaan tässä tapauksessa olevan 15 vuotta.

Sisäistä korkokantalaskentaa hyödyntämällä saadaan selville, millaisen tuottoasteen investointi mahdollistaa pääomalle. Investoinnin sisäinen korko määritetään ratkaisemalla korko  $r$  kaavasta (15):

$$\sum_{t=1}^n \frac{\text{Tuotot}}{(1+r)^t} = \text{Investointikustannus} \quad (15)$$

Sisäisen koron  $r$  laskeminen edellyttää iterointia, josta saatavilla ylä- ja alalikiarvoilla sisäisen koron likiarvo ratkaistaan interpoloimalla. Nykyarvo vastaa investointikustannusta, mikäli koron  $r$  arvo on nolla. Mitä korkeampi sisäisen koron arvo on, sitä kannattavampi investointi on. Yhtälön  $n$  esittää käyttövuosien määrää ja  $t$  tiettyä vuotta.

Vedenkäsittelyinvestointien yhteenlaskettu kustannusarvio on 149 000 €. Pitoaika on 15 vuotta. Vesijohtoveden- ja energiansäästöistä aiheutuvat vuosittaiset kustannussäästöt

ovat noin 112 000 €. Käyttökustannuksien oletetaan muodostavan noin 10 000 €:n vuosittaisen kuluosan. Oletetaan että investoinneilla ei ole jäännösarvoa. Veden ja energian hinnan sekä investointien käyttökustannusten oletetaan säilyvän vakiona pitoajan puitteissa. Vuosittainen nettotulo on kustannussäästöt vähennettynä käyttökustannuksilla (112 000 - 10 000 € = 102 000 €). Tällöin sisäisen koron  $r$  arvoksi saadaan noin 68 %.

Takaisinmaksuajan menetelmä perustuu aikaan, jossa yhteenlasketut nettotuotot ovat ylittäneet hankintakustannukset. Kyseinen menetelmä on erittäin pelkistetty kannattavuuden mittari, sillä se ei huomioi korkoa eikä jäännösarvoa. Siksi sitä ei tule käyttää ainoana investoinnin kannattavuusmittarina.

Vedenkäsittelyinvestointien takaisinmaksuajaksi saadaan kaavan (16) mukaisesti:

$$\begin{aligned} \text{Takaisinmaksuaika} &= \frac{\text{Hankintahinta}}{\text{Investoinnin nettotulot}} & (16) \\ &= \frac{149000\text{€}}{102000\text{€/a}} = 1,46 \text{ a} \end{aligned}$$

Huomioon otettavaa on oletus vesijohtoveden ja kaukolämmön hintojen säilymisestä vakiona, mikä viimevuotisten hintojen nousujohteisten trendien perusteella ei todennäköisesti tule säilymään. Tämä korostaa entisestään investointien kannattavuutta. Oletuksien perusteella takaisinmaksuaika on vain noin 18 kuukautta, joten investoinnin pitoaikaan nähden kyseessä on hyvin lyhyt takaisinmaksuaika. Sisäinen korko 68 % on erittäin korkea. Näiden kahden investointilaskelman perusteella investointi on suotavaa toteuttaa.

### 7.3 SWOT-analyysi

Suunnitelman sisältämiä vesitaseen optimoinnin keinoja arvioidaan SWOT-analyysin avulla. SWOT-analyysissä keinot vesitaseen optimoimiseksi on jaoteltu yrityksen sisäisen ympäristön vahvuuksiin ja heikkouksiin sekä ulkoisen ympäristön mahdollisuuksiin

ja uhkiin. Suosiolan voimalaitosalueen vesitaseen optimoinnin SWOT-analyysi on esitetty taulukossa 13.

**Taulukko 13.** Vesitaseen optimoinnin SWOT-analyysi.

<b>SISÄINEN YMPÄRISTÖ</b>	
<b>VAHVUUDET</b>	<b>HEIKKOUEDET</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• kustannussäästöt vesijohtoveden käytön vähentämisellä</li> <li>• vesijalanjäljen pienentäminen</li> <li>• pienempi jätevesikuormitus ympäristöön</li> <li>• kasvava kaukolämpöteho</li> <li>• investointien lyhyt takaisinmaksuaika</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Raudan- ja mangaaninpuhdistuslaitteiston rajoittava kapasiteetti</li> <li>• vedenkäsittelylaitteistojen kasvu → tekninen toimintavarmuus</li> <li>• kasvava kemikaalikulutus</li> <li>• hyödynnettävien kaivo- ja prosessirejektivesien epäpuhtaus → putkisto- ja lämmönvaihdinguormitus</li> </ul>
<b>ULKONEN YMPÄRISTÖ</b>	
<b>MAHDOLLISUUDET</b>	<b>UHAT</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• kasvavat kustannussäästöt vesi- ja KL-kustannusten kasvaessa</li> <li>• polttoaineen kosteuspitoisuuden alentuessa tarve SK-pesurivedelle kasvaa.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• pohja- ja valumavesivirtauksen ehtyminen</li> <li>• kasvavat vedenlaatuvaatimukset → vedenkäsittelyn laitteistoinvestoinnit</li> </ul>

Vesitaseen optimoinnin vahvuuksiin kuuluu ensisijaisesti vesijalanjäljen pienentäminen. Mitä enemmän säästetään puhdasta vettä jo nyt, sitä todennäköisemmin puhdasta vettä riittää jatkossakin. Suomessa puhdasta vettä on huomattavan paljon. Prosessirejektivesien tehokkaalla hyödyntämisellä vähennetään myös ympäristöön kohdistuvaa jätevesikuormaa, jolle on määritelty tiukat raja-arvot mm. SK-pesurin lauhdevesien osalta. Kustannussäästöt vesijohtoveden minimoimisella sekä prosessirejektivesien lämmön talteenotolla muodostuvat merkittäviksi suhteessa investointeihin, joita kaivo- ja prosessirejektivesien hyödyntämisen vaatii.

Vaihtoehtoisten prosessivesilähteiden täysimittaisella hyödyntämisellä on heikkouksina raudan- ja mangaaninpuhdistuslaitteiston rajoittava kapasiteetti suhteutettuna loppukäyttäjakohteen suureen kulutukseen ja prosessoitavan veden suureen virtaamaan. Lisäsuodatuskapasiteetin järjestäminen suodatuslaitteiston yhteyteen on haastavaa tilanpuutteen vuoksi. Tämän vuoksi on todennäköisesti mielekkäämpää hyödyntää SK-pesurin lauhdevesiä paikkaamaan tarvittavaa lisäkapasiteettia vedenkulutuskohteeseen. Kasvava vedenkäsittelylaitteiston käyttötarve tarkoittaa kasvavaa vedenkäsittelykemikaalien tarvetta. Lisääntyvä laitteisto lisää myös laitteistojen toiminnan ylläpidosta huolehtimista ja teknisen toimintaepävarmuuden kasvamista. Kaivo- ja prosessirejektivesien kiintoainepitoisuus ja muut haitalliset epäpuhtaudet voivat pitkän ajan kuluessa aiheuttaa vedenvirtausta ja lämmönsiirtymistä heikentäviä kerrostumia putkistoon ja lämmönvaihtimiin. Tällöin säännöllisten huoltotoimenpiteiden merkitys korostuu.

Ulkoisen ympäristön tuottamia mahdollisuuksia edustavat vesijohtoveden ja KL-lämmityskustannusten nouseva trendi. SK-pesurin raakaveden tarve on pitkälle riippuvainen polttoaineen kosteuspitoisuudesta ja siten savukaasuista lauhdutettavan kosteuden määrästä. Polttoainelaatujen kosteuden pienenemisen myötä SK-pesurin raakaveden tarve kasvaa, jolloin säästöt vesijohtovedenkäytössä korostuvat entisestään.

Mahdolliset uhkat vaihtoehtoisten prosessivesilähteiden osalta muodostuvat pohja- ja valumavesivirtauksen ehtymisestä. Toistaiseksi virtaus riittää tuottamaan enemmän vettä, kuin vedenkäsittelylaitteisto pystyy vastaanottamaan. Vaihtoehtoisille prosessivesilähteille voi muodostua laatuvaatimuksia veden puhtauden suhteen, jolloin mahdolliset lisäinvestoinnit vedenkäsittelylaitteistoon saattavat tulla kyseeseen. SK-pesurin lauhdevesien kierrätyksessä pitoisuusraja-arvot voivat joidenkin pitoisuuksien osalta kasvaa yli raja-arvojen. Lauhdevesille voidaan mahdollisesti määrittää uusia raja-arvoja pitoisuuksille, joille ei vielä ole raja-arvoja, mm. sulfaattipitoisuudelle.

## 8 TULOSTEN ARVIOINTI

Suosiolan voimalaitosalueen vesitasetta määritettäessä apuna olivat vesimittarilukemat vesijohtoveden kulutuksesta sekä Metso DNA:n tallentama prosessistatistiikka. Vesitaseen yksityiskohtaista erittelyä hankaloittaa virtausmittarien puuttuminen mm. savukaa-supesurin raakaveden käytön osalta. Vedenkäytöstä tehtiin arvioita venttiilien aukiolostatistiikan perusteella suhteutettuna vesimittarilukemiin. Lisäksi vesimittarilukemat olivat joiltain kuukausilta jääneet ottamatta, jolloin puuttuvien kuukausien lukemat arvioitiin lähikuukausien kulutuksen perusteella. Merkittävimmät vesijohtovedenkuluttajat tulisivatkin varustaa virtausmittareilla ja kuukausittaisiin vesimittarilukemaotantoihin on nimettävä useampi kuin yksi vastuhenkilö, jotta vesitasetta on mahdollista seurata nykyistä helpommin.

Pohja- ja valumavesiä valui laitosalueen molempien polttoaineen kuljetinhihnatilojen alapäähän. Suoritettujen mittausten perusteella kivihiilen kuljetinhihnatilan alapäähän valui vettä noin kymmenesosa kiinteän polttoaineen (metsähake ja turve) vastaavaan tilaan verrattuna. Kivihiilen kuljetinhihnatilan vesivirtaama jätettiin huomioimatta investointisuunnitelmissa riittämättömyytensä vuoksi. Kiinteän polttoaineen kuljetinhihnatilan suurempi vesivirta riittää yksinään täyttämään raudan- ja mangaaninkäsittelylaitteiston suodatuskapasiteetin. Mittausmenetelmät pohja- ja lauhdevesivirtaamille olivat epätarkat johtuen suuresta virtausmäärästä ja rajallisesta mittauslaitteistosta. Saatujen mittaustulosten mukaan virtaamat olivat kuitenkin niin suuret, että tarkkaan virtausmittaukseen ei ollut tarvetta. Virtausmittaukset tehtiin huhtikuussa ja syyskuussa. Tarkkaa vuosittaista virtausta määritettäessä mittauksia tulisi suorittaa tiheämmin, esimerkiksi kuukauden välein.

Vesianalyysien perusteella hukkavesille suunniteltiin tarvittavat käsittelytoimenpiteet vastaamaan kyseistä vesilaatua prosessivetenään käyttävän prosessin laatuvaatimuksia. SK-pesurin lauhdevesistä säännöllisin väliajoin otettavista näytteistä tehtiin laskennalliset analyysit lauhdeveden ja tuhkan sekoituksen vaikutuksesta sekä maarakennus-, että lannoitehyötykäyttöön, minkä perusteella raskasmetallipitoisuuksilla oli vain häviävän pieni merkitys tuhkan laatuun. Ravinteiden osalta lauhdeveden korkeahkolla sulfaattipitoisuudella on näennäinen vaikutus tuhkan laatuun. Sulfaattipitoisuudelle on tuhkan

maanrakennushyötykäyttöön asetettu raja, joka lauhdevedessä oli kuitenkin vain suunnitteen neljänneksen raja-arvosta. Lisäksi huomioitaessa kostutusveden ja tuhkan massasuhte, noin 20–30 %, tarkoittaa se huomattavan reilua raja-arvojen alitusta.

Laskennallisen tarkastelun lisäksi lauhdevedestä ja tuhkasta otettiin myös näytteet. Tarkoituksena oli analysoida näytteet sekä erikseen että sekoitettuna, jotta jätevedeksi luokitellun lauhdeveden hyödyntämisen vaikutukset voidaan tarvittaessa osoittaa myös viranomaisille. Molybdeenin osalta liukoisuuden raja-arvo ylittyi noin 8 %. Laadunvalvonnan tuloksissa voidaan kuitenkin hyväksyä enintään 30 prosentin raja-arvon ylitys, mikäli viimeisten kahden vuoden aikana tehtyjen määritysten keskiarvo ei ylitä asetettua raja-arvoa.

Teollisuuden alan vesitaseeseen keskittyviä tutkimuksia löytyi tätä työtä tehdessä useita, mutta voimalaitosalueen vesitaseeseen ja sen optimoimiseen liittyviä tutkimuksia investointikustannuksien näkökulmasta ei löytynyt.

## 9 JOHTOPÄÄTÖKSET

Suosiolan voimalaitoksen vesitaseen perusteella voimalaitos käyttää tuotantoprosesseissaan merkittävän määrän vesijohtovettä. Voimalaitosalueelta poistuu suuria määriä prosesseissa syntyvää hukkavettä, jota hyödynnetään vaihtelevasti. Osa hukkavesistä täyttäisi tiettyjen prosessien vedenlaatuvaatimukset ilman jälkikäsittelyä. Hyvänä esimerkkinä toimii vesijohtoveden kuluttaminen mm. tuhkan kostutukseen. Tuhkan kostutuksessa prosessiveden ei tarvitse olla laadultaan vesijohtovettä vastaavaa. Ympäristöön johdettava laadultaan alhaisempi lauhdevesi täyttäisi laatuvaatimukset. Prosessiraakaveden laadun ja laatuvaatimusten sovittaminen on keskeisessä asemassa optimoitaessa voimalaitosalueen vesitasetta.

Investointilaskelmien perusteella vesijohtoveden käytön korvaaminen vaihtoehtoisilla prosessivesilähteillä on mielekästä. Tuhkan rakeistusprosessissa vedenkulutus on vähäistä suhteutettuna vaadittaviin investointeihin. Tämän vuoksi tuhkarakeistamon vaihtoehtoisen prosessiveden hallinnan ja sen vaatimien investointien takaisinmaksuaika kasvaa muita investointeja suuremmaksi.

Sankey-diagrammi (kuva 15, sivu 51) kuvaa Suosiolan voimalaitoksen vesitasetta. Diagrammin avulla voimalaitosalueen vesijohtovedenkuluttajat saadaan järjestettyä suuruusjärjestykseen:

- kattilan lisävedenvalmistus
- kaukolämpöpiirin lisävedenvalmistus
- savukaasupesurin lämmöntalteenottojärjestelmän käyttövesi.

Diagrammin perusteella suurimmat kehityspotentialit vesijohtoveden korvaajina ovat seuraavissa vaihtoehdoissa:

- pohja- ja valumavesi
- savukaasupesurin lauhdevesi
- savukaasupesurin käyttövesi (kulkeutuu lauhdeveden sekaan)
- RO/EDI-laitteiston rejektivesi.

Työn edetessä kävi mielekkääksi tarkastella myös savukaasupesurin lauhteen sisältämää lämpöenergiaa, mikä muodostui merkittäväksi kustannussäästöpotentiaaliksi huomioitaessa tuhkarakeistamon vaatiman prosessiveden korkea lämpötila. Hyödyntämällä lämmintä lauhdevettä ja investoimalla KL-paluupiiriin lämmönvaihdin veden esilämmittämiseksi, saavutetaan vesikustannussäästöjen lisäksi lämmitysenergiesäästöjä.

Toistaiseksi rakeistusprosessiin käytetyn veden määrä on hyvin pieni suhteutettuna muiden voimalaitosprosessien käyttämään veteen. Tuhkan kuljetuskostutukseen käytetyn veden määrä edusti vielä vuonna 2014 suurempaa kulutusosuutta kuin tuhkarakeistamo, joten lauhdeveden hyödyntäminen erityisesti tässä tarkoituksessa on ympäristönäkökulmasta katsottuna suotavaa. Lauhdeveden hyödyntämisen investointikulut tuhkan kustutukseen muodostuvat kuitenkin veden tarpeeseen suhteutettuna suuremmiksi kuin muissa prosesseissa, joten taloudellisesta näkökulmasta tarkasteltuna investoinnin kannattavuutta voidaan kyseenalaistaa.

Pohja- ja valumavesien virtaama on huomattavan suuri ja laadultaan kyseinen vesi täyttää talousveden laatuvaatimukset. Laatusuositusten osalta vain rauta-, mangaani- ja kloridipitoisuudet sekä kemiallinen hapenkulutus ylittävät suositusraja-arvot. Tuhkarakeistamon yhteyteen on investoitu porakaivovesien hyödyntämistä varten raudan-, mangaanin- ja kloorinkäsittelylaitteisto, mutta työtä pohjustettaessa kävi ilmi, että porakaivovedet eivät toistaiseksi ole hyödynnettävissä teknisten ongelmien vuoksi.

Pohja- ja lauhdevesien maksimaalista hyödyntämistä rajoittaa vedensuodatuskapasiteetti. Suodatuskapasiteetin kasvattamista suunniteltaessa tulee ottaa huomioon laitteiston tilantarve ja olemassa olevat puitteet. Lisäsuodatuskapasiteetin järjestäminen olemassa olevan laitteiston yhteyteen on erittäin haastavaa. Kyseistä lisäkapasiteetin tarvetta on tutkielmassa kompensoitu hyödyntämällä vesijohtovettä siltä osin kuin tarvitaan.

Jälkikäsitellyn pohja- ja valumaveden käyttökohteena olisi mielekästä hyödyntää kattila- ja kaukolämpölämpöveden valmistusta, jotka ovat tähän mennessä muodostaneet suurimmat vesijohtovedenkulutuskohdeet. Suuren kulutuksen vuoksi suuren vesivaraston omaaminen on suotavaa vedenkulutusta tasatessa. Voimalaitosalueella sijaitseva 200 m<sup>3</sup>:n öljysäiliö ollaan poistamassa käytöstä laitosalueen vähentyneen öljynkulutuksen vuoksi, minkä vuoksi tyhjilleen jäävä säiliö on mielekästä hyödyntää esimerkiksi vesivarastona.

Pohja- ja valumavesien hyödyntämisen vaatimat investoinnit kohoavat suuriksi erityisesti pumppausaseman tarpeen ja öljysäiliön kunnostamisen vaatimien toimenpiteiden vuoksi. Kattila- ja kaukolämpölämpöveden valmistukseen käytetyn vesijohtoveden määrä on kuitenkin niin suuri, että investoinnin takaisinmaksuaika jää hyvin lyhyeksi.

Savukaasupesuri on huomattava vesitaseen kasvattaja suurella jäteveden tuotannollaan ja merkittävällä vesijohtovedenkulutusosuudellaan. Vesijohtovedenkulutusta voitaisiin kompensoida hyödyntämällä täyssuolanpoistettua kattilalisävetä tuottavan RO/EDI-laitteiston rejektivettä savukaasupesurin raakaveden lähteenä, jossa veden laatuvaatimukset eivät muodosta suurta rajoittavaa tekijää. Lämmönvaihdin on järjestelmän kriittisin osa vedenlaadun suhteen, joten kiintoainepitoisuuden on tämän vuoksi suotavaa olla alhaisella tasolla. RO/EDI-rejekti ei yksinään riitä kattamaan SK-pesurin raakaveden tarvetta, minkä vuoksi myös SK-pesurin omien lauhdevesien kierrättäminen voi osoittautua järkeväksi.

Lauhdevedet sisältävät pienen määrän kiintoainetta, mikä on pitoisuudeltaan verrattavissa lähes jokiveteen, eikä siten aiheuta merkittävää lämmönsiirtoa haittaavaa tekijää lämmöntalteenottojärjestelmässä. RO/EDI-rejekti ja SK-pesurin lauhdevedet ovat molemmat lämpötilaltaan huomattavasti korkeampia kuin vesijohtovesi, joten lämpöenergian hyödyntäminen tuottaa kustannussäästöjä hyödynnettäessä kyseinen energia lämmöntalteenottojärjestelmän kautta KL-verkkoon. Kyseisten prosessivesien varastointia varten tarvitaan vesivarasto, jonka sovittaminen lämpimiin sisätiloihin on kokonsa puolesta haastavaa. Investointilaskelmien perusteella kyseessä on kuitenkin tuottava investointi, joka maksaa itsensä lyhyessä ajassa takaisin keventäen voimalaitoksen aiheuttamaa ympäristökuormitusta.

Ympäristönäkökulmasta tarkasteltuna kemikaalien käsittelytarve kasvaa vain pohja- ja lauhdevesien käsittelyssä. Kyseessä on kuitenkin hyvin vähäinen kemikaalien käytön kasvu suhteutettuna vesijohtoveden korvaamisesta saatuihin ympäristöhyötyihin, joten investointi on tässäkin tapauksessa mielekäs.

Vertailupohjaa vastaavaan tutkimukseen ei ole, mutta yli 100 000 €:n vuosittaisella kustannussäästöllä ja alle 1,5 vuoden takaisinmaksuajalla tutkimuksen projektointi on erittäin suositeltavaa.

## 10 YHTEENVETO

Työn tavoitteena oli löytää keinoja ja laatia suunnitelma Napapiirin Energia ja Vesi Oy:n Suosiolan voimalaitosalueen vesitaseen optimoimiseksi. Työ pohjustettiin perehtymällä höyrykattilatekniikkaan ja sen vesiprosesseihin vedenkäsittelytekniikkoineen. Ympäristökuormituksen pienentämisen lisäksi fokus oli myös taloudellisesti järkevien ratkaisujen suunnittelussa ottaen huomioon vesijohtoveden säästöstä ja osittain hukkavesien sisältämän lämpöenergian hyödyntämisestä muodostuvat kustannussäästöt.

Suunnitelman lähtökohtana oli runsaasti irtonaista tietoa voimalaitosalueen vedenkulutuksesta ja pääkulutuskohteista. Tarkempaan vesitaseen määrittelyyn päästiin keräämällä статистиikkaa mm. vesimittareista ja Metso DNA:sta ja suhteuttamalla näistä saatuja tietoja toisiinsa. Pohja- ja valumavesivirtaamat määritettiin kokeellisilla menettelyillä. Edellä mainittujen menetelmien perusteella laadittiin Sankey-diagrammi Suosiolan voimalaitosalueen prosessivesien kulutuksesta ja hallinnasta.

Merkittävimmiksi vesijohtovedenkuluttajaksi ja ympäristön kuormittajiksi osoittautuivat kattilalisäveden valmistusprosessi, kaukolämpölisäveden valmistusprosessi sekä savukaasupesurin lämmöntalteenotto-prosessi. Lisäksi tarkasteltiin tuhkarakeistamon ja tuhkan kuljetuskostutukseen käytettävää prosessivesimäärää ja energiaa, jotta savukaasupesurin jätevedeksi luokiteltua lauhdevettä voitaisiin hyödyntää mahdollisimman tehokkaasti.

Hukkavesien hyödynnettävyys maksimoidaan analysoimalla hyödynnettävissä olevien vesien pitoisuuksia ja vertaamalla niitä prosessivesien vaatimuksiin. Täten alhaista laatu-luokkaa edustavat jätevedet hyödynnetään alhaisen veden laatuvaatimuksen prosesseissa ja toisaalta korkean laatuluokan hukka-vedet korkean veden laatuluokan vaativissa prosesseissa hukkavesien mahdollisen jälkikäsittelyn jälkeen. Suunnitelmassa esitetyt investoinnit tarvittaviin vedensiirto- ja vedenkäsittelymenetelmiin perustuvat edellä mainittuihin seikkoihin, minimoiden vedenkäsittelykemikaalien määrän.

Investointilaskelmien perusteella yhteenlasketut investoinnit olivat noin 150 000 €. Sisäiseksi koroksi muodostui 68 % ja takaisinmaksuajaksi noin 18 kuukautta, jos pitoaika

on 15 vuotta. Investointien kannattavuus korostuu erityisesti suurissa vedenkulutuskohteissa, mutta tuhkarakeistamon pienellä vedentarpeella yksittäisen investoinnin kannattavuus jää pienemmäksi. Ympäristökuormituksen kannalta tarkasteltuna pohja- ja valumavesien hyödyntämisessä kemikaalien kulutus hieman kasvaa, mutta vesijohtovedenkulutus pienenee merkittävästi. Muilla vaihtoehtoisilla prosessivesillä lisäkemikaalien käytölle ei ole tarvetta. SWOT-analyysin perusteella kartoitettiin yrityksen investointien sisäisiä vahvuuksia ja heikkouksia sekä ulkoisia mahdollisuuksia ja uhkia.

Suosiolan vesitase ei toistaiseksi ole optimaalisella tasolla. Nopeasti itsensä takaisin maksavilla investoinneilla Suosiolan voimalaitos vähentäisi riippuvuuttaan vesijohtovedestä ja pienentäisi ympäristökuormitusta talousvedeksi käsitellyn vesijohtoveden käytön optimimisella.

## LÄHDELUETTELO

- Ahma ympäristö Oy. (2013). Testausseloste. Rovaniemi.
- Ahma ympäristö Oy. (2015). Testausseloste. Rovaniemi.
- Alakangas, E. (2000). Suomessa käytettävien polttoaineiden ominaisuuksia. *VTT Energia*. Espoo: Valtion teknillinen tutkimuskeskus (VTT). Saatavana: <http://www.vtt.fi/inf/pdf/tiedotteet/2000/T2045.pdf>.
- Aluehallintovirasto. (2013). Suosiolan voimalaitoksen savukaasupesurin ympäristölupa. *Nro 99/2013/1*, 6, 24. Rovaniemi: Aluehallintovirasto. Saatavana: [https://www.avi.fi/documents/10191/56958/psavi\\_paatos\\_99\\_2013\\_1-2013-10-14.pdf/caec594e-b33b-4800-83f4-fae890847adb](https://www.avi.fi/documents/10191/56958/psavi_paatos_99_2013_1-2013-10-14.pdf/caec594e-b33b-4800-83f4-fae890847adb).
- Atlas Filtri Engineering s.r.l. . (2015). *Atlas Filtri Engineering, Chemicals*. Saatavana: <http://www.atlasfiltriengineering.com/pdf/catalogoChimici.pdf>.
- Atlas Filtri s.r.l. (2015). *MARS iron removers*. Saatavana: <http://www.atlasfiltriengineering.com/pdf/mars.pdf>.
- BWT Separtec Oy. (2014). *Elektrodeionisaatio*. Saatavana: [http://www.hoh.fi/pdf/es\\_fi\\_edi\\_bwt.pdf](http://www.hoh.fi/pdf/es_fi_edi_bwt.pdf).
- Energiateollisuus ry. (2007). *Kaukolämmön kiertoveden käsittely*. Saatavana: [http://energia.fi/sites/default/files/suosituskk3\\_2007.pdf](http://energia.fi/sites/default/files/suosituskk3_2007.pdf).
- Energiateollisuus ry. (2014a). *Kaukolämmitys*. Saatavana: <http://energia.fi/koti-jalammitys/kaukolammitys>.
- Energiateollisuus ry. (2014b). *Toimintaperiaate*. Saatavana: <http://www.kaukolampo.fi/toimintaperiaate.html>.

GenTech RO Water Purifiers Company. (2014). *About Reverse Osmosis*. Saatavana: [http://gentechsystem.hpage.com/about-ro\\_19510280.html](http://gentechsystem.hpage.com/about-ro_19510280.html).

Geologian tutkimuskeskus. (2000). *Maaperän pintakerroksen sähkönjohtavuuden mittaaminen, mallinnus ja tulkinnat*. 9-19. Saatavana: [http://tupa.gtk.fi/raportti/arkisto/q16\\_27\\_4\\_2000\\_1.pdf](http://tupa.gtk.fi/raportti/arkisto/q16_27_4_2000_1.pdf).

Helynen, S. & Flyktman, M. (2004). Hyötysuhteiden määrittäminen päästökaupan alkujakoa varten. *VTT tutkimusraportti PRO2/0071T/03*, 14-15. Saatavana: [http://ktm.elinar.fi/ktm\\_jur/ktmjur.nsf/All/E1F0FEB56DFDC0F7C225716B003B526C/\\$file/hyotysuhteiden\\_maarittaminen\\_04.pdf](http://ktm.elinar.fi/ktm_jur/ktmjur.nsf/All/E1F0FEB56DFDC0F7C225716B003B526C/$file/hyotysuhteiden_maarittaminen_04.pdf).

Huhtinen, M., Kettunen, A., Nurminen, P. & Pakkanen, H. (2004). *Höyrykattilateknikka*. Helsinki: Edita Prima Oy.

Lapin ympäristökeskus. (2005). Ympäristölupapäätös. *LAP-2004-Y-219-111*, 8-9. Rovaniemi: Lapin ympäristökeskus. Saatavana: <https://www.google.fi/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=0CB0QFjAAahUKEwjC3ISI4N3IAhUJESwKHaSRcfU&url=http%3A%2F%2Fwww.ymparisto.fi%2Fdownload%2Fnoname%2F%257B0791D11E-6B80-47FD-86B5-F215F4EC6879%257D%2F80321&usq=AFQjCNFSUW1LwpahY>.

Li, N., Fane, A., Winston Ho, W. & Matsuura, T. (Toim.). (2008). *Advanced membrane technology and applications*. 1, 13. New Jersey: A John Wiley & Sons, Inc.

Luonnonvarakeskus. (2013). *MetINFO - Metsien terveys*. Saatavana: [http://www.metla.fi/metinfo/metsienterveys/lajit\\_kansi/abrik-n.htm](http://www.metla.fi/metinfo/metsienterveys/lajit_kansi/abrik-n.htm).

Maa- ja metsätalousministeriö. (2011). Maa- ja metsätalousministeriön asetus lannoitevalmisteista. *Asetus nro 24/11*, 24. Saatavana: [http://www.mmm.fi/attachments/elo/newfolder/lannoiteaineet/61fA18BFZ/MMM\\_Ma\\_24\\_11\\_lannoitevalmisteista\\_FI.PDF](http://www.mmm.fi/attachments/elo/newfolder/lannoiteaineet/61fA18BFZ/MMM_Ma_24_11_lannoitevalmisteista_FI.PDF).

Napapiirin vesi. (2014). *Talousveden käsittely*. Saatavana: <http://www.napapiirinvesi.fi/Suomeksi/Vedenlaatu>.

Napapiirin Vesi Oy. (2015). *Napapiirin Vesi Oy maksut*. Saatavana: <http://www.neve.fi/loader.aspx?id=4043eb74-74c4-4372-bae7-cce587ef5c07>.

Pekkala, S. (2012). Puun ja turpeen seospolton vaikutus tuhkan hyötykäyttökohteisiin. *Diplomityö, LUT*, 60, 85, 107-108, 136. Saatavana: [https://www.doria.fi/bitstream/handle/10024/78720/20120522\\_Diplomity%C3%B6%202012%20Satu%20Pekkala.pdf?sequence=1](https://www.doria.fi/bitstream/handle/10024/78720/20120522_Diplomity%C3%B6%202012%20Satu%20Pekkala.pdf?sequence=1).

Prominent Finland Oy. (2015). *Kalvosuodatustekniikat*. Saatavana: <http://www.prominent.fi/Tuotteet/Kalvosuodatuslaitteistot-RO/Kalvosuodatustekniikat.aspx>.

PSI Water Filters Australia. (2014). *Electrodeionization*. Saatavana: <http://www.psifilters.com.au/water-filters>.

Ramboll Finland Oy. (2008). Alle 50 MW:n lämpölaitosten teollisuusjätevesiselvitys. *Pienten lämpölaitosten jätevesien laatu, käsittely ja johtaminen, Työnro: 82119849*, 12, 15-16, 22. Hollola. Saatavana: [http://energia.fi/sites/default/files/alle\\_50\\_mw\\_lampolaitostenteollisuusjatevesiselvitys\\_ramboll\\_20081104.pdf](http://energia.fi/sites/default/files/alle_50_mw_lampolaitostenteollisuusjatevesiselvitys_ramboll_20081104.pdf).

Rovaniemen Energia. (2015). *Tietoa yrityksestä*. Saatavana: <https://www.ren.fi/Suomeksi/Tietoa-yrityksesta>.

Rovaniemen Energia Oy. (2013). *Vuosikertomus*.

Rovaniemen Energia Oy. (2014). *Arkisto*.

University of Southern Queensland. (2008). *Course material*. Saatavana: <http://www.usq.edu.au/course/material/env4203/summary5-70861.htm>.

Valtioneuvoston asetus 1022/2006.

Valtioneuvoston asetus vesiympäristölle vaarallisista ja haitallisista aineista. Saatavana:  
<http://www.finlex.fi/fi/laki/smur/2006/20061022>.

Valtioneuvoston asetus 591/2006.

Valtioneuvoston asetus eräiden jätteiden hyödyntämisestä maarakentamisessa.  
Saatavana: <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2006/20060591>.

Valvira. (2013). *Talousvesiraportit*. Saatavana: [http://www.valvira.fi/files/ohjeet/Talousvesiraportit/Tietoa\\_mangaanista\\_2013.pdf](http://www.valvira.fi/files/ohjeet/Talousvesiraportit/Tietoa_mangaanista_2013.pdf).

Vertex Hydropore. (2010). *Electrodeionisation*. Saatavana: <http://www.reverseosmosis.com.au/webcontent6.htm>.

Wood, J. (2008). Power Generation: Continuous electrodeionisation for power plants.  
*Filtration & Separation*, 45(5), 17-19.

Yara Suomi Oy. (2015). *Ravinteet*. Saatavana: <http://www.yara.fi/lannoitus/kasvit/metsa/lannoitus/ravinteet.aspx>.

Ympäristöhallinto. (2014). *Kaivoveden käsittely*. Saatavana: Ympäristöhallinnon yhteinen verkkopalvelu: <http://www.ymparisto.fi/download/noname/%7B83DB2466-D193-49DE-B23B-482324E09630%7D/57155>

## LIITTEET

### LIITE 1. Sanastoa.

#### **Alkaliteetti**

Alkaliteetti kuvaa veden emäksisyyttä, eli kertoo siitä, kuinka hyvä puskurointikyky vedellä on happamoitumista vastaan. Alkaliteetin ollessa lähellä nollaa veden pH laskee nopeasti lisättäessä happamia aineita. Kokonaisalkaliteetti muodostuu vedessä olevien vetykarbonaatti-, karbonaatti- ja hydroksidi-ionien yhteismäärästä.

#### **BFB (Bubbling fluidized bed)**

Leijukerros polttotapa, jossa polttoaine poltetaan paikallaan leijuvan hiekkapedin seassa.

#### **BOD<sub>7</sub> (Biological Oxygen Demand, 7 days)**

Jäteveden luokittelussa käytetty parametri, joka kuvastaa vedessä olevan orgaanisen aineen mikrobiologisessa hapettumisessa kuluttaman hapen määrää (mg/l) seitsemän vuorokauden aikana. Mitä suurempi jäteveden BOD-arvo, sitä enemmän se kuluttaa happea purkuvesistöä.

#### **CFB (Circulating Fluidized Bed)**

Kiertoleijupolttotapa, jossa polttoaine poltetaan tulipesän ja syklonin välillä kiertävän pe-tihiekan seassa. Periaattellinen ero BFB-tekniikkaan on suurempi leijutusnopeus.

#### **CHP-laitos (Combined Heat and Power)**

Yhdistetty lämmön- ja sähköntuotantolaitos.

#### **Deionisointi**

Deionisointi, ts. suolanpoisto on ioninvaihtoon perustuva prosessi, jossa vety- ja hydrok-sidi-ionit korvaavat veteen liuenneet mineraalit, muodostaen puhdasta vettä yhdistyessään.

#### **Elvytys**

Ioninvaihtoprosessin yhteydessä elvytyksellä tarkoitetaan anionin- ja kationinvaihdossa käytetyn hartsimassan puhdistamista siihen liuenneista mineraaleista.

#### **Flokkulaatio**

Orgaanisen aineen kerääntyminen hiutaleiksi, ts. saostuminen jäteveden puhdistusprosessin aikana.

**Happokastepiste**

Happokastepiste on lämpötila, jossa savukaasun sisältämä rikkiatrioksidi muodostaa lauh-  
tuneen veden kanssa syövyttävää rikkihappoa.

**Hulevesi**

Hulevesi on sade- ja sulamisvettä, joka yleisimmin johdetaan viemäriteitse pois raken-  
nusalueelta.

**Ilmastus**

Ilmastusprosessissa johdetaan ilmaa nesteen läpi. Jätevedenpuhdistuksessa ilmastusta  
hyödynnetään biologisten hajotusprosessien tehostamisessa.

**Kattilakivi**

Kattilakiveä muodostuu veteen liuenneiden suolojen saostuessa kerrostumiksi.

**KMnO<sub>4</sub> tai CODMn (Kemiallinen hapenkulutus)**

KMnO<sub>4</sub>-arvolla tarkoitetaan vedessä olevan orgaanisen aineen, esimerkiksi humuksen  
määrää. Veden kemiallisen hapenkulutuksen arvo kuvaa kaliumpermanganaatin aiheut-  
tamaa kemiallista hajoamista, joka määritetään kiehuttamalla vettä 20 minuuttia ja mit-  
taamalla hapenkulutus.

**Koagulaatio**

Koagulaatioprosessissa hiukkaset takertuvat toisiinsa muodostaen suurempia hiukkasia.

**Kolloidi**

Kolloidi on homo- ja heterogeenisen seoksen välimuoto, jossa liuos koostuu kahdesta eri  
faasista. Kolloidisesta seoksesta esimerkkinä toimii maali.

**Korroosioinhibiitti**

Korroosioinhibiitti on aine, joka pienentää metallin korroosionopeutta pienenäkin pitoi-  
suutena.

**Lisävesi**

Vesihöyrykiertojärjestelmään ulkopuolelta tuotava vesi, jolla korvataan laitteiston veden  
ja höyryn häviöt.

**Nuohousvesi**

Nuohousvedellä puhdistetaan kattilan konvektio-osa noesta.

**Passivaatio**

Passivaatiolla tarkoitetaan metallipinnan eristäytymistä elektrolyyttistä mahdollistaen  
korroosiovirran katkeamisen.

**Pehmennys**

Veden pehmennyksessä veden kovuussuolat korvataan natriumsuoloilla, jotka eivät aiheuta kerrostumia vedensiirtopintoihin.

**Rejektivesi**

Rejektivesi tai konsentraatti on jäteveden puhdistuksen läpi kulkeutunutta vettä, joka johdetaan uudelleenkäsiteltäväksi siihen liuenneiden epäpuhtauksien vuoksi.

**Saostus**

Saostuksessa veden sisältämät epäpuhtaudet hiutaloidaan saostusaineen, tavallisesti alumiinin tai raudan suolojen avulla.

**Syöttövesi**

Syöttövedellä tarkoitetaan kattilan sisäänmenoon syötettävää palautetun lauhteen ja lisäveden seosta.

**Tehollinen lämpöarvo**

Tehollinen lämpöarvo on se lämpömäärä, joka vapautuu poltettaessa yksi massayksikkö polttoainetta, kun palamisen yhteydessä kehittyvä vesi höyrystyy ja jäähtyy takaisin alkulämpötilaansa säilyen höyrynä.

**Ulospuhallus**

Ulospuhalluksella poistetaan lieriöllä varustetusta kattilasta saostuneita haihtumattomia epäpuhtauksia.



## LIITE 3. Suosiolan voimakattilan prosessivesiraja-arvoja (Ahma ympäristö Oy 2015).

## TESTAUSSELOSTE

**AHMA**  
 Ahma ympäristö Oy  
 PL 96, 96101 ROVANIEMI  
 puh. 040-1333800

Rovaniemen Energia Oy  
 PL 8013  
 96101 ROVANIEMI

## Rovaniemen Energia; maanantai näytteet

Määritykset	Bollex	KK-6080	P-arvo	Permanganaatti-luku	Kokonaiskovuus	pH Kenttämittari	Rauta, Fe	Sähkönjohtavuus Kenttämittari	Silikaatti, SiO <sub>2</sub>	Fosfaatti	Liukoinen rauta, Fe
Määrittäjä	Yö nro	mg/l	mmol/l	mg/l	mmol/l		mg/l	µS/cm	mg/l	mg/l	mg/l
Näyte		20	0,020		0,005	8,3	0,020	0,06	0,0005		
Ennen MEA	6379					7,7		0,33	<0,0005		
Jälkeen MEA	6379					8,5		0,09	<0,0005		
EDI	6379			<3,0	<0,005	8,1	-0,02	0,16	0,0018		
Lisävesi	6379	66		<3,0	<0,005	8,6	-0,02	2,19	<0,0005		
Syöttövesi	6379		0,04	<20		9,6	-0,02	15,8	0,061	2,5	
Kattilavesi	6379					8,8	-0,02	2,36	0,0006		
Kylläinen höyry	6379					9,2	-0,02	2,40	<0,0005		
Tuuletettu höyry	6379					9,4	-0,02	2,00	<0,0005		
Patruunasuodatin	6379				<0,005	9,5	-0,02	2,10	<0,0005		
Pääsuuhde	6379					9,3	0,043	2,06	<0,0005		
Omakäyttölauhde	6379					9,5	0,14	86,4			
Kaukolämpö	6379	130			<-0,14	9,5	0,14	86,4			
Kaukolämpö sivuvirta	6379	160			<-0,14	9,4	0,22	86,0			
Varakattila, kattilavesi	6379										
Varakattila, kyläinen höyry											
Varakattila, syöttövesi											

Tutkimustulokset koskevat vain näitä näytteitä. Selosteen saa kopioida vain kokonaan.

Varakattila: ei päällä.

## Raja-arvot:

Näytteenpiste	Bollex	KK-6080	P-arvo	Permanganaatti-luku	Kokonaiskovuus	pH	Rauta, Fe	Sähkönjohtavuus	Silikaatti, SiO <sub>2</sub>	Fosfaatti	Liukoinen rauta, Fe
	µg/l	mg/l	mmol/l	mg/l	mmol/l		mg/l	µS/cm	mg/l	mg/l	mg/l
Ennen MEA								<10	<0,02		
Jälkeen MEA								<10	<0,02		
EDI				<3,0	<0,005	>6,0	-0,02	<10	<0,02		
Lisävesi			>0,085	<3,0		8,5 - 9,5	-0,02	<10	<0,02		
Kattilavesi				<20		8,5 - 10,2	-0,02	<10	<0,02		
Tuuletettu höyry						9,0 - 9,5	-0,02	<10	<1,00		
Patruunasuodatin						9,0 - 9,5	-0,02	<10	<0,02		
Pääsuuhde						8,5 - 9,5	-0,02	<10	<0,02		
Omakäyttölauhde						8,5 - 9,5	-0,02	<10	<0,02		
Kaukolämpö	>80				<-0,14	9,0 - 10,0	-0,02	<10	<0,02		
Kaukolämpö sivuvirta	>80				<-0,14	9,0 - 10,0	-0,10	20-100	<0,02		
Akkuvesi	>80		>0,085	<20	<0,005	9,0 - 10,0	-0,10	20-100	<0,02		
Varakattila, kattilavesi						9,0 - 10,0	-0,02	<10	<0,02		
Varakattila, kyläinen höyry						9,0 - 9,5	-0,02	<10	<0,02		
Varakattila, syöttövesi				<3,0	<-0,14	8,9 - 9,5	-0,02	<10	<0,02		

Jatkuvatoimisten mittareiden lukemat:

Natrium: Tuuletettu höyry 0,229 µg/l, Kyläinen höyry 0,177 µg/l, Lisävesi 0,242 µg/l.

Happi: Syöttövesi 8,2 µg/kg, Pääsuuhde 0,80 µg/l, Syve -1,26 µg/l.

**FINAS**  
 Finnish Accreditation Service  
 T131 (EN ISO/IEC 17025)

Akkreditointi: Laboratorio on FINAS akkreditoitu ja akkreditointi on saatavissa FINAS:n sivulta [www.finas.fi/Scope/T131\\_A27\\_2014.pdf](http://www.finas.fi/Scope/T131_A27_2014.pdf) tai laboratoriossa.

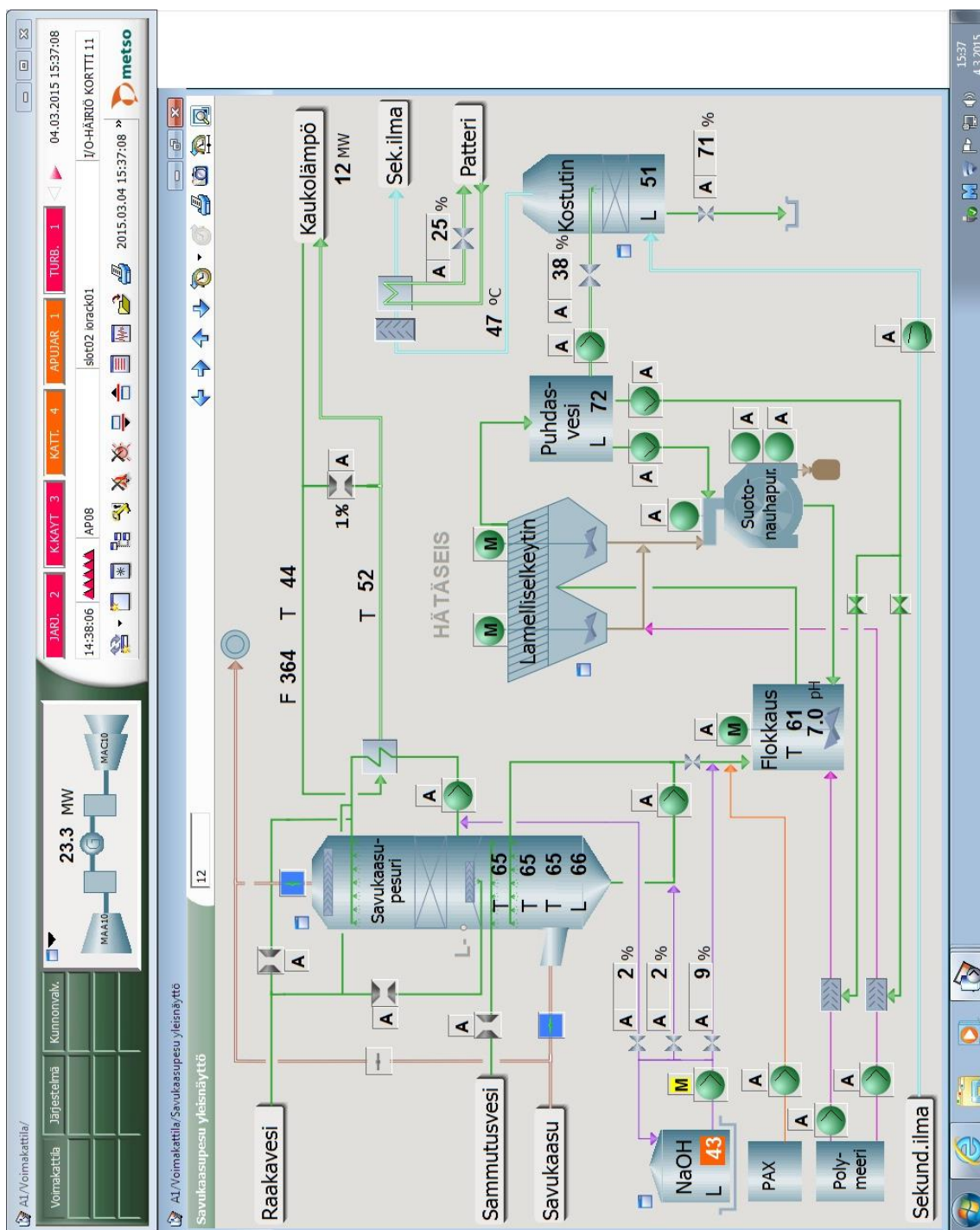
Lausunto ei kuulu akkreditoinnin piiriin.

Merkinnät: \* = Meneillään on akkreditointi. Meneillään mittaustulosten tarkastuslaboratoriossa.

Tutkimustulokset C - varmistusluku. Tulosten tarkastus koskevat vain näitä näytteitä. Selosteen saa kopioida vain kokonaan.

Yhteystiedot: Ahma ympäristö Oy, PL 96, 96101 Rovaniemi, tel. 040-1333800, [www.ahmgroup.com](http://www.ahmgroup.com)

## LIITE 4. Suosiolan savukaasupesurin prosessikaavio.



## LIITE 5. SK-pesurin lauhdevesien pitoisuudet (Rovaniemen Energia Oy 2014).

Määritykset	Raja-arvo /yksikkö	Pesurilta lähtevä							
		kostutin			poistovesialtaan kaivo				
pvm		12.12.2014	8.5.2014	12.3.2014	12.12.2014	14.11.2014	7.10.2014	8.5.2014	12.3.2014
ko-konaissyvyys/syvyys	m								
lämpötila	max 40°C	21,8	29	24	24,7	25,8	30,5	28	24,5
pH	6-8	6,81	5,52	7,1	6,92	6,22	4,65	4,16	7,06
sähkönjohtavuus	mS/m					C950			
happipitoisuus	mgO2/l								
CODMn	mgO2/l								
Sulfaatti	mg/l	C 2100	C 2300	C 2700	C 1400		C 2200	C 1900	C 2500
BOD7	mgO2/l	C76	C80	C140	C31		C11	C30	C140
Kokonaisfosfori	µgP/l µg/l	58	7,2	<50	67		89	6,2	<50
Kokonais-typpi	µgN/l	C 9400	C 21000	C 8000	C 6200		C 12000	C 20000	C 7300
Kiintoaine	10 mg/l	5,2	5,2	6	4,6		8,3	5,2	4,3
Arseeni	µg/l	1,5	<1	0,75	1		0,42	0,35	0,77
Kadmium	10 µg/l	0,19	<0,4	0,032	0,13		0,085	0,12	0,037
Koboltti	µg/l	<0,25	<1	0,078	0,43		0,077	0,075	0,096
Kromi	µg/l	<1	<4	0,25	<1		<0,2	<0,2	0,3
Nikkeli	µg/l	0,97	<2	0,64	1,3		0,84	0,49	0,79
Lyijy	µg/l	<0,25	<1	<0,05	<0,25		0,071	0,065	0,088
Sinkki	µg/l	7	<10	2,6	50,6		3,6	4,6	7
Elohopea	5 µg/l	0,69	<2	1,2	<0,5		0,8	0,12	1,5

## LIITE 6. Pohja- ja valumavesien testausseoste (Ahma ympäristö Oy 2013).



Ahma ympäristö Oy  
Teollisuustie 6  
96320 Rovaniemi

## Testausseoste

1 (2)  
Raporttinumero: 011445  
30.9.2015

Saaja:  
Napapiirin Energia ja Vesi Oy  
  
PL 8013  
96101 ROVANIEMI

Tilauksen tiedot:  
Asiakastunnus: 255  
Tilaustunnus: R-15-07130  
Tilauksen kuvaus: Suosiolan Voimalaitos, Rakeistamo, kaivo

<b>Näytetunnus:</b> R-15-07130-001	<b>Kuvaus:</b> Rakeistamo, kaivo			
<b>Näyte otettu:</b> 15.9.2015	<b>Vastaanottopvm:</b> 15.9.2015	<b>Tutkimus aloitettu:</b> 15.9.2015 0:00		
<b>Näytetyyppi:</b> Talousvesi (STMa 461/2000)	<b>Näyteenottaja:</b> Asiakas			
<b>Laatuvaatimukset:</b>	Laatuvaatimukset ja -suositukset STMa 461/2000			
Analysit	Yksikkö	Tulos	Enimmäispitoisuus	Menetelmä / Laboratorio
<b>Mikrobiologiset tutkimukset</b>				
E. coli *	pmy/100ml	0	0	SFS 3016:2011 / ROI
Enterokokit *	pmy/100ml	0	0	SFS-EN ISO 7899-2:2000 / ROI
<b>Alkuaineanalyytit</b>				
Arseeni, As *	µg/l	0,50	10	SFS-EN ISO 17294-2:2005 / OUL
Boori, B *	mg/l	0,0187	1,0	SFS-EN ISO 17294-2:2005 / OUL
Kadmium, Cd *	µg/l	<0,02	5	SFS-EN ISO 17294-2:2005 / OUL
Kromi, Cr *	µg/l	0,92	50	SFS-EN ISO 17294-2:2005 / OUL
Kupari, Cu *	mg/l	0,00084	2	SFS-EN ISO 17294-2:2005 / OUL
Elohopea, Hg *	µg/l	<0,1	1	SFS-EN ISO 17294-2:2005 / OUL
Nikkeli, Ni *	µg/l	0,71	20	SFS-EN ISO 17294-2:2005 / OUL
Lyijy, Pb *	µg/l	0,058	10	SFS-EN ISO 17294-2:2005 / OUL
Antimoni, Sb *	µg/l	<0,05	5	SFS-EN ISO 17294-2:2005 / OUL
Seleeni, Se *	µg/l	<0,1	10	SFS-EN ISO 17294-2:2005 / OUL
Uraani, U *	µg/l	0,11	30	SFS-EN ISO 17294-2:2005 / OUL
<b>Fysikaalis-kemialliset tutkimukset</b>				
Nitraatti *	mg/l	1,9	50	SFS-EN ISO 13395:1997 / ROI
Fluoridi *	mg/l	0,27	1,5	SFS-EN ISO 10304-1:2009 / ROI
Nitriitti *	mg/l	0,027	0,5	SFS-EN ISO 13395:1997 / ROI
<b>Laatusuositukset:</b>				
Laatuvaatimukset ja -suositukset STMa 461/2000				
Analysit	Yksikkö	Tulos	Enimmäispitoisuus	Menetelmä / Laboratorio
<b>Mikrobiologiset tutkimukset</b>				
Koliformiset bakteerit 37°C *	pmy/100ml	0	0	SFS 3016:2011 / ROI
Pesäkkeiden lukumäärä 22°C 72h *	pmy/ml	130	ei epätavallisia muutoksia	SFS-EN ISO 6222:1999 / ROI
<b>Alkuaineanalyytit</b>				
Alumiini, Al *	µg/l	45,7	200	SFS-EN ISO 17294-2:2005 / OUL
Rauta, Fe *	µg/l	<b>49200</b>	200	SFS-EN ISO 17294-2:2005 / OUL
Mangaani, Mn *	µg/l	<b>1360</b>	50	SFS-EN ISO 17294-2:2005 / OUL
<b>Fysikaalis-kemialliset tutkimukset</b>				
Kemiallinen hapenkulutus, KMnO4 *	mg/l	<b>52</b>	20	SFS 3036:1981 / ROI
Haju		Hajuton	käyttäjien hyväksyttävissä eikä epätavallisia muutoksia	Aistinvarainen / ROI
Ammonium *	mg/l	<b>0,56</b>	0,50	SFS-EN ISO 11732:2005 / ROI
Sähköjohtavuus *	µS/cm	470	2500	SFS-EN 27888:1994 / ROI
pH *		6,6	6,5 - 9,5	SFS 3021:1979 / ROI
Kloridi *	mg/l	38	250	SFS-EN ISO 10304-1:2009 / ROI
Sameus *	FTU	690	käyttäjien hyväksyttävissä eikä epätavallisia muutoksia	SFS-EN ISO 7027:2000 / ROI
Sulfaatti *	mg/l	15	250	SFS-EN ISO 10304-1:2009 / ROI
Väri *	mg Pt/l	6	käyttäjien hyväksyttävissä eikä epätavallisia muutoksia	SFS-EN ISO 7887-4:2012 / ROI

Laboratorio on FINAS-akkreditointipalvelun akkreditoima testauslaboratorio T131. Kuvaus akkreditoinnista on saatavissa [www.finas.fi](http://www.finas.fi) tai laboratorion kautta. Lausunto ei kuulu akkreditoinnin piiriin.



Ahma ympäristö Oy  
Teollisuustie 6  
96320 Rovaniemi

## Testausseleoste

2 (2)  
Raporttinumero: 011445  
30.9.2015

## Muut analyysit:

Analyytit	Yksikkö	Tulos	Enimmäispitoisuus	Menetelmä / Laboratorio
<b>Alkuaineanalyysit</b>				
Barium, Ba *	µg/l	105		SFS-EN ISO 17294-2:2005 / OUL
Beryllium, Be *	µg/l	<0,05		SFS-EN ISO 17294-2:2005 / OUL
Kalsium, Ca *	mg/l	29,1		SFS-EN ISO 11885:2009 / OUL
Koboltti, Co *	µg/l	0,39		SFS-EN ISO 17294-2:2005 / OUL
Magnesium, Mg *	mg/l	8,61		SFS-EN ISO 11885:2009 / OUL
Molybdeeni, Mo *	µg/l	0,12		SFS-EN ISO 17294-2:2005 / OUL
Tina, Sn *	µg/l	<0,05		SFS-EN ISO 17294-2:2005 / OUL
Strontium, Sr *	µg/l	139		SFS-EN ISO 17294-2:2005 / OUL
Tallium, Tl *	µg/l	<0,01		SFS-EN ISO 17294-2:2005 / OUL
Vanadiini, V *	µg/l	1,2		SFS-EN ISO 17294-2:2005 / OUL
Sinkki, Zn *	µg/l	24,1		SFS-EN ISO 17294-2:2005 / OUL
<b>Fysikaalis-kemialliset tutkimukset</b>				
Kloori, kokonais- *	mg/l	<0,10		SFS-EN ISO 7393-1:2000 / ROI
Kloori, vapaa *	mg/l	<0,10		SFS-EN ISO 7393-1:2000 / ROI
Ulkonäkö		Sakkainen		Aistinvarainen / ROI
Alkaliniteetti *	mmol/l	1,97		Sisäinen menetelmä, titraus pH 4,5 ja 4,2 / ROI
Hilidioksidi, vapaa	mg/l	110		sisäinen menetelmä / ROI
Kokonaiskovuus *	mmol/l	1,1		SFS 3003:1987 / ROI
Silikaatti	µg/l	3300		

\* Menetelmä on akkreditoitu. Enimmäispitoisuuden ylitykset on esitetty tuloksissa lihavoituna.

30.9.2015

Piia Hiltunen  
040 667 2377, piia.hiltunen@ahmagroup.com

Jakelu

Pekkala, Satu

Yhteyshenkilöt

Alkuaineanalytiikka: Ilkka Välimäki, 044 256 3322, ilkka.valimaki@ahmagroup.com  
Mikrobiologinen analytiikka (Rovaniemi): Tarja Mettänen, 044 700 8511, tarja.mettanen@ahmagroup.com  
Fysikaalis-kemiallinen analytiikka (Rovaniemi): Tarja Olli, 044 363 6614, tarja.oli@ahmagroup.com

## LAUSUNTO

R-15-07130-001: Laboratorioon toimitettu vesinäyte täyttää tutkituilla osin STM:n asetuksen 461/2000 mukaiset laatuvaatimukset ja –suositukset lukuun ottamatta rauta-, mangaani- ja ammoniumpitoisuuksia sekä KMnO<sub>4</sub>-lukua.

Tulokset pätevät ainoastaan tässä selosteessa mainituille näytteille.  
Tämän selosteen saa kopioida vain kokonaan. Muussa tapauksessa on pyydettävä lupa Ahma ympäristö Oy:ltä.

Menetelmäviittausten lopussa olevien laboratoriotunnusten selitteet:  
OUL = Ahma ympäristö Oy, Sammonkatu 8, 90570 Oulu, p. 044 588 5260  
ROI = Ahma ympäristö Oy, Teollisuustie 6, 96320 Rovaniemi, p. 040 133 3800

Laboratorio on FINAS-akkreditointipalvelun akkreditoima testauslaboratorio T131. Kuvaus akkreditoinnista on saatavissa www.finas.fi tai laboratorion kautta. Lausunto ei kuulu akkreditoinnin piiriin.



## LIITE 7. Maarakennuksessa hyödynnettävän tuhkan raja-arvot (591/2006).

1760

N:o 591

**2. Kivihiilen, turpeen ja puuperäisen aineksen polton lentotuhkat (jätenimikkeet<sup>1</sup> 10 01 02, 10 01 03 ja 10 01 17) ja pohjatuhkat (jätenimikkeet<sup>1</sup> 10 01 01, 10 01 15)**

Kivihiilen polton lento- ja pohjatuhkalla tarkoitetaan jätettä, joka on eroteltu mekaanisesti tai sähköisesti kivihiilen poltossa syntyvistä savukaasuista tai joka on poistettu kivihiilen polttolaitoksen polttokammion pohjalta.

Turpeen ja puuperäisen aineksen polton lento- ja pohjatuhkalla tarkoitetaan jätettä, joka on eroteltu mekaanisesti tai sähköisesti turpeen, puuhakkeen, kuorijätteen, ensiomassan tuotannon tai massasta valmistettavan paperin tuotannon yhteydessä syntyvän kuituainetta sisältävän kasviperäisen jätteen, käsittelemättömän puujätteen tai muun näihin rinnastettavan puuperäisen aineksen taikka niiden seoksen poltossa syntyvistä savukaasuista tai poistettu polttolaitoksen polttokammion pohjalta.

Haitallinen aine	Raja-arvo, mg/kg kuiva-ainetta Perustutkimukset <sup>1</sup>			Raja-arvo, mg/kg kuiva-ainetta Laadunvalvontatutkimukset <sup>1</sup>		
	Pitoisuus	Liukoisuus (L/S = 10 l/kg) Peitetty rakenne	Liukoisuus (L/S = 10 l/kg) Päällystetty Rakenne	Pitoisuus	Liukoisuus (L/S = 10 l/kg) Peitetty rakenne	Liukoisuus (L/S = 10 l/kg) Päällystetty rakenne
PCB <sup>2</sup>	1,0					
PAH <sup>3</sup>	20/40 <sup>4</sup>					
DOC <sup>5</sup>		500	500			
Antimoni (Sb)		0,06	0,18			
Arseeni (As)	50	0,5	1,5	50		
Barium (Ba)	3 000	20	60	3 000		
Kadmium (Cd)	15	0,04	0,04	15		
Kromi (Cr)	400	0,5	3,0	400	0,5	3,0
Kupari (Cu)	400	2,0	6,0	400		
Elohopea (Hg)		0,01	0,01			
Lyijy (Pb)	300	0,5	1,5	300	0,5	1,5
Molybdeeni (Mo)	50	0,5	6,0	50	0,5	6,0
Nikkeli (Ni)		0,4	1,2			
Vanadiini (V)	400	2,0	3,0	400	2,0	3,0
Sinkki (Zn)	2 000	4,0	12	2 000		
Seleen (Se)		0,1	0,5		0,1	0,5
Fluoridi (F <sup>-</sup> )		10	50		10	50
Sulfaatti (SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> )		1 000	10 000		1 000	10 000
Kloridi (Cl <sup>-</sup> )		800	2 400		800	2 400

<sup>1</sup> Katso liitteessä 2 oleva kohta 2.<sup>2</sup> Polyklooratut bifenyylit, kongeneerien 28, 52, 101, 118, 138, 153 ja 180 kokonaismäärä.<sup>3</sup> Polyaromaattiset hiilivedyt, yhdisteiden (antraseeni, asenafteneeni, asenaftyleeni, bentso(a)antraseeni, bentso(a)pyreeni, bentso(b)fluoranteeni, bentso(g,h,i)peryleeni, bentso(k)fluoranteeni, dibentso(a,h)antraseeni, fenantreeni, fluoranteeni, fluoreeni, indeno(1,2,3-cd)pyreeni, naftaleeni, pyreeni, kryseeni) kokonaismäärä.<sup>4</sup> Peitetty rakenne/päällystetty rakenne.<sup>5</sup> Liuennut orgaaninen hiili.

## LIITE 8. Vesijohtoveden laatu (Napapiirin vesi 2014).



Alma ympäristö Oy  
PL 96  
96101 Rovaniemi  
puh. 040-1333 800

A asiakas: Rovaniemen kaupunki  
Napapiirin Vesi  
Koskikatu 27 B 301  
96100 ROVANIEMI

**VUOSIYHTEENVETO  
TESTAUSSELOSTE**

Määrittelykset	*Kolliformiset bakteerit 37°C (SFS 3016:2011)	*Pesäkkäiden lukumäärä 22°C 72h (SFS-EN ISO 6222:1999)	*E-coli (SFS 3016:2011)	*Alkaliiteetti (Sisäinen menetelmä)	*Niriitti (Sisäinen menetelmä, perustuu SFS-EN ISO 13295:1997)	Vapaa hiilidioksidi (VATM)	*Kokonaiskovuus (SFS 3003)	*Mangaani, Mn (Alma ympäristö Oy Oulu, ICP-MS)	*pH (SFS 3021:1979 muunneltu automaattinen menetelmä)	*Rauta, Fe (Alma ympäristö Oy Oulu, ICP-MS)
Menetelmä				9%	8-30%		13%		4%	25% (<10µg/l) 15% (10-25 µg/l) 10% (>25 µg/l)
Mittausperuste				mmol/l	mg/l	mg/l	mmol/l	µg/l		µg/l
<b>Havainnot</b>	<b>Näytteenottoymp. Työno</b>	<b>ppmy/ml</b>	<b>ppmy/100ml</b>	<b>mmol/l</b>	<b>mg/l</b>	<b>mg/l</b>	<b>mmol/l</b>	<b>µg/l</b>		
Napapiirin Vesi, Kolpene, lähtevä	15.01.2014 x14_286	0	0	1,20	2,6	0,59	0,32	7,46	< 2,5	
Napapiirin Vesi, Kolpene, lähtevä	06.03.2014 x14_2527	0	1	1,19	2,4	0,56	0,66	7,28	3,4	
Napapiirin Vesi, Kolpene, lähtevä	20.05.2014 x14_6815	0	3	1,24	1,9	0,62	< 0,2	7,62	2,5	
Napapiirin Vesi, Kolpene, lähtevä	03.07.2014 13.00 x14_9871	0	2	1,16	< 0,010	0,53	0,30	7,27	< 2,5	
Napapiirin Vesi, Kolpene, lähtevä	09.09.2014 x14_14248	0	1	1,20	< 0,010	0,55	< 0,2	7,37	< 2,5	
Napapiirin Vesi, Kolpene, lähtevä	19.11.2014 8.00 x14_18863	0	1	1,09	< 0,010	0,54	0,23	7,17	< 2,5	

Vesistö- ja jätevesitilastustietojen yleiset huomiot:  
Klintonneilla ei ole varsinaista määrittäjärajaa vaan määrittäjärajia riippuu käytetyistä näytemäärästä.  
Järvijäteillä kloofyylimäärä on enintään 0,2 m kokonaista ja merialueella kokonaista kaksi kertaa näkökyvyttömyyden paksuisessa Maastossa arvotetaan suoritettavat mittaukset: lämpötila, syvyys, kokonaiskyvyttömyys, virtaus, kemikaalimäärä

vesikerroksessa.  
ks. veden korkeus sekä jää- ja lunan paksuus

**Huomiot:**

**FINAS**  
Finans Accreditation Service  
T131 (EN ISO/IEC 17025)

pvm. 25.01.2015

Taru Olli  
FM, kemisti Tarja Olli

**Akkreditointi:** Laboratorio on FINAS-akkreditointipalvelun akkreditoitu testilaboratorio T131. Kuvassa akkreditointi-  
**Menetelmät:** \* - Menetelmä on akkreditoitu. Menetelmien mittausperusteet ovat saatavissa laboratoriossa.

**Tutkimustulokset:** C = varmistettu tulos. Tutkimustulokset koskevat vain tätä näytettä. Selosteen saa kopioida vain k  
**Yhteystiedot:** Alma ympäristö Oy, PL 96, 96101 Rovaniemi, tel. 040-1333 800, www.almagroup.com

akreditoiminen piiriin.

mitta on saatavissa FINAS:in sivulta www.finas.fi/Scope/T131\_A21\_2014.pdf tai laboratoriossa. Lausunto ei kuulu a

## LIITE 9. Vesijohtoveden laatu (Ahma ympäristö Oy 2015).



Ahma ympäristö Oy  
Teollisuustie 6  
96100 Rovaniemi

## Testauseloste

1 (3)  
Raporttinumero: 015086  
19.11.2015

Saaja:  
Napapiirin Energia ja Vesi Oy  
  
PL 8013  
96101 ROVANIEMI

Tilauksen tiedot:  
Asiakastunnus: 255  
Tilaustunnus: O-15-01035  
Tilauksen kuvaus: Tuhka- ja tuhka/lauhdevesianalyysit

Näytetunnus: O-15-01035-001	Kuvaus: Tuhka			
Näyte otettu:	Vastaanottopvm: 1.10.2015	Tutkimus aloitettu: 1.10.2015		
Näytetyyppi: Tuhka	Näytteenottaja:			
Analysit	Yksikkö	Tulos U	LOQ	Menetelmä / Laboratorio
Kuiva-ainepitoisuus (105 °C)	%	99,0		ISO 11465:1993 / OUL
Neutraloiva kyky	Ca %	10,9		SFS-EN 12945:en 2002 / OUL
Vesiliukoinen fosfori, P	% ka	<0,01		CEN/TS 15105:en 2005 / OUL
pH (1:5)		11,6		ISO 10390:2005 / OUL
<b>Alkuaineanalyysit</b>				
Kalsium, Ca	mg/kg ka	99500 ± 14%	50	EPA3051(HNO3IHC),SFS-EN ISO11885:09/OUL
Kalium, K	mg/kg ka	13800 ± 15%	200	EPA3051(HNO3IHC),SFS-EN ISO11885:09/OUL
Fosfori, P	mg/kg ka	13900 ± 12%	20	EPA3051(HNO3IHC),SFS-EN ISO11885:09/OUL
Arseeni, As *	mg/kg ka	27 ± 17%	3	EPA3051(HNO3IHC),SFS-EN ISO11885:09/OUL
Kadmium, Cd *	mg/kg ka	5,1 ± 14%	0,3	EPA3051(HNO3IHC),SFS-EN ISO11885:09/OUL
Kromi, Cr *	mg/kg ka	100 ± 15%	2	EPA3051(HNO3IHC),SFS-EN ISO11885:09/OUL
Kupari, Cu *	mg/kg ka	120 ± 15%	2	EPA3051(HNO3IHC),SFS-EN ISO11885:09/OUL
Elohopea, Hg *	mg/kg ka	0,69 ± 17%	0,04	EPA3051(HNO3IHC),ISO 16772:2004 / OUL
Nikkeli, Ni *	mg/kg ka	61 ± 15%	1	EPA3051(HNO3IHC),SFS-EN ISO11885:09/OUL
Lyijy, Pb *	mg/kg ka	47 ± 18%	3	EPA3051(HNO3IHC),SFS-EN ISO11885:09/OUL
Sinkki, Zn *	mg/kg ka	450 ± 15%	3	EPA3051(HNO3IHC),SFS-EN ISO11885:09/OUL
Vanadiini, V	mg/kg ka	150 ± 17%	2	EPA3051(HNO3IHC),SFS-EN ISO11885:09/OUL
Boori, B	mg/kg ka	89 ± 17%	4	EPA3051(HNO3IHC),SFS-EN ISO11885:09/OUL
Rauta, Fe	mg/kg ka	138000 ± 15%	30	EPA3051(HNO3IHC),SFS-EN ISO11885:09/OUL
Magnesium, Mg	mg/kg ka	16000 ± 15%	20	EPA3051(HNO3IHC),SFS-EN ISO11885:09/OUL
Kokonaistyyppi, N	mg/kg ka	<100 ± 15%	100	SFS-EN 13654-1:en 2002 / OUL
<b>Fysikaalis-kemialliset tutkimukset</b>				
Kosteuspitoisuus (105 °C)	%	1,0		ISO 11465:1993 / OUL
<b>L/S2, läpivir.testi CEN/TS 14405:2004</b>				
Sähkönjohtavuus L/S2	mS/m	770		
pH L/S2		11,7		
Arseeni, As L/S 2	mg/kg ka	<0,03		CEN/TS 14405:04,SFSENI ISO 11885:2009/OUL
Barium, Ba L/S 2	mg/kg ka	0,19		CEN/TS 14405:04,SFSENI ISO 11885:2009/OUL
Kadmium, Cd L/S 2	mg/kg ka	<0,003		CEN/TS 14405:04,SFSENI ISO 11885:2009/OUL
Kromi, Cr L/S 2	mg/kg ka	0,56		CEN/TS 14405:04,SFSENI ISO 11885:2009/OUL
Kupari, Cu L/S 2	mg/kg ka	<0,01		CEN/TS 14405:04,SFSENI ISO 11885:2009/OUL
Elohopea, Hg L/S 2	mg/kg ka	<0,001		CEN/TS 14405:04,SFSENI 12846:en 2012 / OUL
Molybdeeni, Mo L/S 2	mg/kg ka	4,6		CEN/TS 14405:04,SFSENI ISO 11885:2009/OUL
Nikkeli, Ni L/S 2	mg/kg ka	<0,02		CEN/TS 14405:04,SFSENI ISO 11885:2009/OUL
Lyijy, Pb L/S 2	mg/kg ka	<0,03		CEN/TS 14405:04,SFSENI ISO 11885:2009/OUL
Antimoni, Sb L/S 2	mg/kg ka	0,002	0,002	CEN/TS 14405:04,SFSENI ISO 17294-2:05/OUL
Seleen, Se L/S 2	mg/kg ka	0,094	0,004	CEN/TS 14405:04,SFSENI ISO 17294-2:05/OUL
Vanadiini, V L/S 2	mg/kg ka	0,18		CEN/TS 14405:04,SFSENI ISO 11885:2009/OUL
Sinkki, Zn L/S 2	mg/kg ka	<0,02		CEN/TS 14405:04,SFSENI ISO 11885:2009/OUL
Fluoridi L/S 2	mg/kg ka	<1	1	CEN/TS 14405:04,SFSENI 10304-1:09 / OUL
Kloridi L/S 2	mg/kg ka	290	10	CEN/TS 14405:04,SFSENI 10304-1:09 / OUL
Sulfaatti L/S 2	mg/kg ka	7260	10	CEN/TS 14405:04,SFSENI 10304-1:09 / OUL
DOC L/S 2	mg/kg ka	31,0	10	CEN/TS 14405:04,SFSENI 1484:1997 / OUL

Laboratorio on FINAS-akkreditointipalvelun akkreditoima testauslaboratorio T131. Kuvaus akkreditoinnista on saatavissa [www.finas.fi](http://www.finas.fi) tai laboratorion kautta. Lausunto ei kuulu akkreditoinnin piiriin.


Analysit	Yksikkö	Tulos	U	LOQ	Menetelmä / Laboratorio
<b>L/S10, läpivir.testi CEN/TS 14405:2004</b>					
Sähkönjohtavuus L/S8	mS/m	55,8			
pH L/S8		11,0			
Arseeni, As L/S 10 (Kumulatiivinen)	mg/kg ka	<0,15	± 22%	0,15	CEN/TS 14405:04,SFSEN ISO 11885:2009/OUL
Barium, Ba L/S 10 (Kumulatiivinen)	mg/kg ka	1,0	± 25%	0,05	CEN/TS 14405:04,SFSEN ISO 11885:2009/OUL
Kadmium, Cd L/S 10 (Kumulatiivinen)	mg/kg ka	<0,015	± 20%	0,015	CEN/TS 14405:04,SFSEN ISO 11885:2009/OUL
Kromi, Cr L/S 10 (Kumulatiivinen)	mg/kg ka	0,59	± 25%	0,1	CEN/TS 14405:04,SFSEN ISO 11885:2009/OUL
Kupari, Cu L/S 10 (Kumulatiivinen)	mg/kg ka	<0,05	± 23%	0,05	CEN/TS 14405:04,SFSEN ISO 11885:2009/OUL
Elohopea, Hg L/S 10 (Kumulatiivinen)	mg/kg ka	<0,005	± 15%	0,005	CEN/TS 14405:04,SFSENI 12846:en 2012 / OUL
Molybdeeni, Mo L/S 10 (Kumulatiivinen)	mg/kg ka	4,9	± 20%	0,05	CEN/TS 14405:04,SFSEN ISO 11885:2009/OUL
Nikkeli, Ni L/S 10 (Kumulatiivinen)	mg/kg ka	<0,1	± 25%	0,1	CEN/TS 14405:04,SFSEN ISO 11885:2009/OUL
Lyijy, Pb L/S 10 (Kumulatiivinen)	mg/kg ka	<0,15	± 25%	0,15	CEN/TS 14405:04,SFSEN ISO 11885:2009/OUL
Antimoni, Sb L/S 10 (Kumulatiivinen)	mg/kg ka	<0,01	± 25%	0,01	CEN/TS 14405:04,SFS-EN ISO 17294-2:05/OUL
Seleen, Se L/S 10 (Kumulatiivinen)	mg/kg ka	0,11	± 25%	0,02	CEN/TS 14405:04,SFS-EN ISO 17294-2:05/OUL
Vanadiini, V L/S 10 (Kumulatiivinen)	mg/kg ka	0,73	± 20%	0,05	CEN/TS 14405:04,SFSEN ISO 11885:2009/OUL
Sinkki, Zn L/S 10 (Kumulatiivinen)	mg/kg ka	<0,1	± 25%	0,1	CEN/TS 14405:04,SFSEN ISO 11885:2009/OUL
Fluoridi L/S 10 (Kumulatiivinen)	mg/kg ka	<5	± 25%	5	CEN/TS 14405:04,SFSENI 10304-1:09 / OUL
Kloridi L/S 10 (Kumulatiivinen)	mg/kg ka	310	± 25%	50	CEN/TS 14405:04,SFSENI 10304-1:09 / OUL
Sulfaatti L/S 10 (Kumulatiivinen)	mg/kg ka	8310	± 17%	50	CEN/TS 14405:04,SFSENI 10304-1:09 / OUL
DOC L/S 10 (Kumulatiivinen)	mg/kg ka	59,0	± 18%	10	CEN/TS 14405:04,SFS-EN 1484:1997 / OUL
<b>Näytetunnus:</b> O-15-01035-002					
<b>Näyte otettu:</b>					
<b>Näytetyyppi:</b> Kiinteä näyte					
<b>Kuvaus:</b>		80% tuhka / 20% lauhdevesi			
<b>Vastaanottopvm:</b>		1.10.2015			
<b>Näytteenottaja:</b>		<b>Tutkimus aloitettu:</b> 1.10.2015			
Analysit	Yksikkö	Tulos	U	LOQ	Menetelmä / Laboratorio
Kuiva-ainepitoisuus (105 °C)	%	79,7			ISO 11465:1993 / OUL
Neutraloiva kyky	Ca %	10,5			SFS-EN 12945:en 2002 / OUL
Vesiliukoinen fosfori, P	% ka	<0,01			CEN/TS 15105:en 2005 / OUL
pH (1:5)		11,4			ISO 10390:2005 / OUL
<b>Alkuaineanalysit</b>					
Kalsium, Ca	mg/kg ka	98700	± 14%	50	EPA3051(HNO3IHC),SFS-EN ISO11885:09/OUL
Kalium, K	mg/kg ka	13800	± 15%	200	EPA3051(HNO3IHC),SFS-EN ISO11885:09/OUL
Fosfori, P	mg/kg ka	13700	± 12%	20	EPA3051(HNO3IHC),SFS-EN ISO11885:09/OUL
Arseeni, As *	mg/kg ka	28	± 17%	3	EPA3051(HNO3IHC),SFS-EN ISO11885:09/OUL
Kadmium, Cd *	mg/kg ka	4,9	± 18%	0,3	EPA3051(HNO3IHC),SFS-EN ISO11885:09/OUL
Kromi, Cr *	mg/kg ka	100	± 15%	2	EPA3051(HNO3IHC),SFS-EN ISO11885:09/OUL
Kupari, Cu *	mg/kg ka	120	± 15%	2	EPA3051(HNO3IHC),SFS-EN ISO11885:09/OUL
Elohopea, Hg *	mg/kg ka	0,69	± 17%	0,04	EPA3051(HNO3IHC),ISO 16772:2004 / OUL
Nikkeli, Ni *	mg/kg ka	61	± 15%	1	EPA3051(HNO3IHC),SFS-EN ISO11885:09/OUL
Lyijy, Pb *	mg/kg ka	45	± 18%	3	EPA3051(HNO3IHC),SFS-EN ISO11885:09/OUL
Sinkki, Zn *	mg/kg ka	450	± 15%	3	EPA3051(HNO3IHC),SFS-EN ISO11885:09/OUL
Vanadiini, V	mg/kg ka	160	± 17%	2	EPA3051(HNO3IHC),SFS-EN ISO11885:09/OUL
Boori, B	mg/kg ka	91	± 17%	4	EPA3051(HNO3IHC),SFS-EN ISO11885:09/OUL
Rauta, Fe	mg/kg ka	137000	± 15%	30	EPA3051(HNO3IHC),SFS-EN ISO11885:09/OUL
Magnesium, Mg	mg/kg ka	15900	± 15%	20	EPA3051(HNO3IHC),SFS-EN ISO11885:09/OUL
Kokonaistyyppi, N	mg/kg ka	<100	± 15%	100	SFS-EN 13654-1:en 2002 / OUL
<b>Fysikaalis-kemialliset tutkimukset</b>					
Kosteuspitoisuus (105 °C)	%	20,3			ISO 11465:1993 / OUL
<b>L/S2, läpivir.testi CEN/TS 14405:2004</b>					
Sähkönjohtavuus L/S2	mS/m	850			
pH L/S2		11,7			
Arseeni, As L/S 2	mg/kg ka	<0,03			CEN/TS 14405:04,SFSEN ISO 11885:2009/OUL
Barium, Ba L/S 2	mg/kg ka	0,13			CEN/TS 14405:04,SFSEN ISO 11885:2009/OUL
Kadmium, Cd L/S 2	mg/kg ka	<0,003			CEN/TS 14405:04,SFSEN ISO 11885:2009/OUL
Kromi, Cr L/S 2	mg/kg ka	0,57			CEN/TS 14405:04,SFSEN ISO 11885:2009/OUL

Analysit	Yksikkö	Tulos	U	LOQ	Menetelmä / Laboratorio
Kupari, Cu L/S 2	mg/kg ka	<0,01			CEN/TS 14405:04,SFSENI ISO 11885:2009/OUL
Elohopea, Hg L/S 2	mg/kg ka	<0,001			CEN/TS 14405:04,SFSENI 12846:en 2012 / OUL
Molybdeeni, Mo L/S 2	mg/kg ka	6,0			CEN/TS 14405:04,SFSENI ISO 11885:2009/OUL
Nikkelii, Ni L/S 2	mg/kg ka	<0,02			CEN/TS 14405:04,SFSENI ISO 11885:2009/OUL
Lyijy, Pb L/S 2	mg/kg ka	<0,03			CEN/TS 14405:04,SFSENI ISO 11885:2009/OUL
Antimoni, Sb L/S 2	mg/kg ka	<0,002		0,002	CEN/TS 14405:04,SFS-EN ISO 17294-2:05/OUL
Seleenii, Se L/S 2	mg/kg ka	0,10		0,004	CEN/TS 14405:04,SFS-EN ISO 17294-2:05/OUL
Vanadiini, V L/S 2	mg/kg ka	0,48			CEN/TS 14405:04,SFSENI ISO 11885:2009/OUL
Sinkki, Zn L/S 2	mg/kg ka	<0,02			CEN/TS 14405:04,SFSENI ISO 11885:2009/OUL
Fluoridi L/S 2	mg/kg ka	<1		1	CEN/TS 14405:04,SFSENI 10304-1:09 / OUL
Kloridi L/S 2	mg/kg ka	380		10	CEN/TS 14405:04,SFSENI 10304-1:09 / OUL
Sulfaatti L/S 2	mg/kg ka	7040		10	CEN/TS 14405:04,SFSENI 10304-1:09 / OUL
DOC L/S 2	mg/kg ka	35,0		10	CEN/TS 14405:04,SFS-EN 1484:1997 / OUL
<b>L/S10, läpivir.testi CEN/TS 14405:2004</b>					
Sähkönjohtavuus L/S8	mS/m	36,4			
pH L/S8		10,1			
Arseeni, As L/S 10 (Kumulatiivinen)	mg/kg ka	<0,15	± 22%	0,15	CEN/TS 14405:04,SFSENI ISO 11885:2009/OUL
Barium, Ba L/S 10 (Kumulatiivinen)	mg/kg ka	1,5	± 25%	0,05	CEN/TS 14405:04,SFSENI ISO 11885:2009/OUL
Kadmium, Cd L/S 10 (Kumulatiivinen)	mg/kg ka	<0,015	± 20%	0,015	CEN/TS 14405:04,SFSENI ISO 11885:2009/OUL
Kromi, Cr L/S 10 (Kumulatiivinen)	mg/kg ka	0,66	± 25%	0,1	CEN/TS 14405:04,SFSENI ISO 11885:2009/OUL
Kupari, Cu L/S 10 (Kumulatiivinen)	mg/kg ka	<0,05	± 23%	0,05	CEN/TS 14405:04,SFSENI ISO 11885:2009/OUL
Elohopea, Hg L/S 10 (Kumulatiivinen)	mg/kg ka	<0,005	± 15%	0,005	CEN/TS 14405:04,SFSENI 12846:en 2012 / OUL
Molybdeeni, Mo L/S 10 (Kumulatiivinen)	mg/kg ka	6,5	± 20%	0,05	CEN/TS 14405:04,SFSENI ISO 11885:2009/OUL
Nikkelii, Ni L/S 10 (Kumulatiivinen)	mg/kg ka	<0,1	± 25%	0,1	CEN/TS 14405:04,SFSENI ISO 11885:2009/OUL
Lyijy, Pb L/S 10 (Kumulatiivinen)	mg/kg ka	<0,15	± 25%	0,15	CEN/TS 14405:04,SFSENI ISO 11885:2009/OUL
Antimoni, Sb L/S 10 (Kumulatiivinen)	mg/kg ka	<0,01	± 25%	0,01	CEN/TS 14405:04,SFS-EN ISO 17294-2:05/OUL
Seleenii, Se L/S 10 (Kumulatiivinen)	mg/kg ka	0,12	± 25%	0,02	CEN/TS 14405:04,SFS-EN ISO 17294-2:05/OUL
Vanadiini, V L/S 10 (Kumulatiivinen)	mg/kg ka	0,81	± 20%	0,05	CEN/TS 14405:04,SFSENI ISO 11885:2009/OUL
Sinkki, Zn L/S 10 (Kumulatiivinen)	mg/kg ka	<0,1	± 25%	0,1	CEN/TS 14405:04,SFSENI ISO 11885:2009/OUL
Fluoridi L/S 10 (Kumulatiivinen)	mg/kg ka	<5	± 25%	5	CEN/TS 14405:04,SFSENI 10304-1:09 / OUL
Kloridi L/S 10 (Kumulatiivinen)	mg/kg ka	390	± 25%	50	CEN/TS 14405:04,SFSENI 10304-1:09 / OUL
Sulfaatti L/S 10 (Kumulatiivinen)	mg/kg ka	8150	± 17%	50	CEN/TS 14405:04,SFSENI 10304-1:09 / OUL
DOC L/S 10 (Kumulatiivinen)	mg/kg ka	60,0	± 18%	10	CEN/TS 14405:04,SFS-EN 1484:1997 / OUL

\* Menetelmä on akkreditoitu

U = Laajennettu mittausepävarmuus (k=2)  
LOQ = Määritysraja

19.11.2015

  
 Tomi Nevanperä, Kemisti  
 044 588 5268, tomi.nevanpera@ahmagroup.com

Yhteyshenkilöt

Alkuaineanalytiikka, Fysikaaliskemiallinen analytiikka (Oulu): Ilkka Välimäki, 044 256 3322, ilkka.valimaki@ahmagroup.com

Tulokset pätevät ainoastaan tässä selosteessa mainituille näytteille.  
 Tämän selosteen saa kopioida vain kokonaan. Muussa tapauksessa on  
 pyydettävä lupa Ahma ympäristö Oy:ltä.

Menetelmäviittausten lopussa olevien laboratoriotunnusten selitteet:  
 OUL = Ahma ympäristö Oy, Sammonkatu 8, 90570 Oulu, p. 044 588 5260

Laboratorio on FINAS-akkreditointipalvelun akkreditoima testauslaboratorio T131. Kuvaus akkreditoinnista on saatavissa  
 www.finas.fi tai laboratoriosta.Lausunto ei kuulu akkreditoinnin piiriin.