

# KALLIOPOHJAVESITASE JA VEDENLAADUN ARVIOINTI KELIBER OY:N SYVÄJÄRVEN LOUHOKSELLA – PÄIVITYS 2018 SEKÄ KUORMITUKSEN ARVIOINTI

Antti Pasanen, Kaisa Turunen, Tatu Lahtinen

5.10.2018

5.10.2018 / GTK/616/03.02/2018

Tekijät Antti Pasanen, Kaisa Turunen, Tatu Lahtinen		Raportin laji Asiakasraportti	
		Toimeksiantaja Keliber Oy	
Raportin nimi Kalliopohjavesitase ja vedenlaadun arviointi Keliber Oy:n Syväjärven louhoksella – Päivitys 2018 sekä kuormituksen arviointi			
Tiivistelmä Kalliopohjaveden virtaama ja siitä tuleva kuormitus osalle alkuaineista on määritetty olemassa olevan aineiston perusteella. Virtaaman ja kuormituksen laskennassa joudutaan tekemään useita oletuksia sekä arvioimaan tuntemattomia tekijöitä, joten raportin tuloksia täytyy käsitellä suuntaa antavina.  Laskelmien perusteella kalliopohjaveden virtaaman louhokseen arvioidaan olevan välillä 10–50 m <sup>3</sup> /h, josta korkean sähkönjohtavuuden veden osuudeksi arvioidaan 10 %. Louhokseen kalliopohjavedestä tulevan kuormituksen arvioidaan olevan 0,7–3,1 kg/v arseenille, 26–158 kg/v litiumille, 7,2–54 t/v kalsiumille, 6,8–47 t/v natriumille ja kloridille 24–191 t/v.			
Asiasanat (kohde, menetelmät jne.) Kalliopohjavesi, virtaama, kuormitus			
Maantieteellinen alue (maa, lääni, kunta, kylä, esiintymä) Kaustinen, Ullava			
Karttalehdet			
Muut tiedot			
Arkistosarjan nimi		Arkistotunnus	
Kokonaissivumäärä 16 + 4 liitettä	Kieli Suomi	Hinta	Julkisuus Luottamuksellinen
Yksikkö ja vastuualue Tuotantoympäristöt ja kierrätys		Hanketunnus 50401-10013	
Allekirjoitus/nimen selvennys  Päivi Kauppila, Päällikkö		Allekirjoitus/nimen selvennys  Antti Pasanen, Erikoistutkija	

5.10.2018

**Sisällysluettelo****Kuvailulehti**

1	Johdanto	4
2	Menetelmät	4
2.1	Kalliopohjaveden virtaama louhokseen	4
2.2	Korkean sähkönjohtavuuden veden osuus virtaamasta	6
2.3	Kuormituksen laskeminen	6
3	Tulokset ja tulosten tarkastelu	7
3.1	Virtaama louhokseen	7
3.2	Korkean sähkönjohtavuuden veden osuus	10
3.3	Kuormitus louhokseen	12
4	Johtopäätökset	16

5.10.2018

## 1 JOHDANTO

Tässä tutkimuksessa esitellään menetelmät ja tulokset Keliber Oy:n Syväjärven suunnitellun louhoksen vesitaseen ja kuormituksen tutkimuksesta. Vesitaselaskennassa on laskettu kalliopohjavedestä louhokseen tuleva virtaama, sekä korkean sähkönjohtavuuden veden osuus kokonaisvirtaamasta. Lisäksi on määritetty kalliopohjavedestä tuleva kuormitus louhokseen muutamille alkuaineille. Kaikki määrytykset on tehty olemassa olevan aineiston perusteella, eikä tätä tutkimusta varten ole tehty uusia maastohavainnoiteja tai laboratoriomäärytyksiä.

Tutkimuksessa on jouduttu tekemään useita oletuksia sekä osa tarvittavista muuttujista ovat tässä vaiheessa tuntemattomia, joten tuloksia käytettäessä tulee olla kriittinen niiden oikeellisuutta kohtaan. Kaikki tutkimuksen tulokset on määritetty valmiille louhokselle ja on oletettavaa, että rakentamisaikainen virtaama ja kuormitus ovat pienempiä.

## 2 MENETELMÄT

### 2.1 Kalliopohjaveden virtaama louhokseen

Kalliopohjaveden virtaaman laskenta tehtiin analyyttisiä laskukaavoja käyttäen kahdelle eri geometrialle, pyöreälle louhokselle ja louhokselle, jossa virtaama tulee ainoastaan louhoksen pitkiltä sivuilta. Analyyttisiä laskentamenetelmiä käytettäessä joudutaan tekemään useita oletuksia:

1. Maaperä, tai tässä tapauksessa kallioperä, oletetaan homogeeniseksi ja isotrooppiseksi, eli ominaisuudet ovat tasalaatuiset, eivätkä muutu suunnan mukaan.
2. Louhoksen reunoja käsitellään pystysuorina
3. Louhoksen muotoa käsitellään geometrisenä muotona, kuten ympyrä, suorakaide tai neliö
4. Hydrogeologiset olosuhteet eivät muutu ajan funktiona
5. Pohjavesimuodostuma on äärettömyyteen jatkuva ja tasaisen paksu
6. Pohjaveden pinta on horisontaalinen

Kallioperän pohjavesivirtaamien arvioinnissa louhokseen on oletettavaa, että yksikään yllä olevista oletuksista ei pidä paikkaansa ja näin ollen tässä tutkimuksessa tehtäviä laskelmia voidaan pitää ainoastaan suuntaa antavina.

Menetelmällisten oletusten lisäksi tehtiin oletuksia kohteen perusteella. Pohjaveden pinta louhoksen ulkopuolella oletetaan olevan louhoksen yläpinnan tasossa (83,5 m asl) ja pohjaveden pinta louhoksen sisäpuolella oletetaan olevan louhoksen syvimmässä kohdassa (-25 m asl). Nämä oletukset yliarvioivat virtaamia, koska louhoksen seinämien oletetaan olevan pystysuoria ja louhoksen pohjan alimmalla tasolla koko louhoksen ulkoreunan alueella, joka ei

5.10.2018

todellisuudessa pidä paikkaansa, vaan louhoksen syvin kohta on hyvin pienellä alueella. Vertailun vuoksi virtaama laskettiin myös louhoksen syvyydellä 54 m, joka on noin puolet louhoksen syvyydestä. Tämän oletetaan kuvaavan louhoksen keskisyvyyttä riittävällä tarkkuudella, koska tarkkaa keskisyvyyttä louhokselle ei pystytä määrittämään.

Oletuksien lisäksi lähes kaikissa laskentamenetelmissä on muuttujia, joiden arvoa ei pystytä tietämään ennen louhoksen rakentamista. Tärkein tuntematon muuttuja, virtaaman lisäksi, on louhoksen aiheuttaman alenemakartion etäisyys louhoksen reunasta. Todellisessa tilanteessa alenemakartion vedenpinnan gradientti voi suurimmillaan olla enintään louhoksen reunan keskimääräinen gradientti, jolloin pohjavedenpinta mukailisi keskimäärin louhoksen reunamaa. Tätä arvoa on käytetty laskennassa suurimpana pohjavedenpinnan gradienttina. Suomalaisessa kallioperässä on todennäköistä, että pohjavedenpinnan gradientteja louhosalueella on useita ja osa vedestä purkautuu louhoksen seinästä, jolloin gradientti on pienempi. Tämän vuoksi virtaamalaskuja on haarukoitu alenemakartion pienemmillä gradientteilla.

Louhoksen muodon perusteella valittiin kaksi laskentamenetelmää, joilla virtaaman laskenta tehtiin. Ensimmäisellä menetelmällä lasketaan virtaama louhoksen pitkiltä sivuilta louhokseen (Mansur & Kaufman, 1962, Neville, 2017). Menetelmä todennäköisesti aliarvioi kalliopohjavesivirtausta louhokseen, joka on pitkänomainen, kuten suunniteltu Syväjärven louhos, koska se ei ota huomioon louhoksen päitä. Kaava, jolla virtaama lasketaan louhoksen pitkiltä sivuilta on:

$$Q = -K \frac{(H^2 - h_d^2)}{A} L$$

Q = Virtaama (m<sup>3</sup>/s)

K = Hydraulinen johtavuus (m/s)

H = Pohjaveden pinta alenemakartion ulkopuolella (m louhoksen pohjasta)

h<sub>d</sub> = Pohjaveden pinta louhoksessa (m louhoksen pohjasta)

A = Alenemakartion etäisyys louhoksen reunasta (m)

L = Louhoksen pitkän sivun pituus (m)

Toisella kaavalla lasketaan virtaama ympyrän muotoiseen louhokseen (Mansur & Kaufman, 1962, Bear, 1979, Neville, 2017). Syväjärven tapauksessa menetelmän ei oleteta ali- tai yliarvioivan virtausta merkittävästi. Virtaaman laskenta pyöreälle louhokselle tehdään kaavalla.

$$Q = -\pi K \frac{(H^2 - h_d^2)}{\ln\left(\frac{R}{R_0}\right)}$$

Q = Virtaama (m<sup>3</sup>/s)

K = Hydraulinen johtavuus (m/s)

H = Pohjaveden pinta alenemakartion ulkopuolella (m louhoksen pohjasta)

h<sub>d</sub> = Pohjaveden pinta louhoksessa (m louhoksen pohjasta)

R = Alenemakartion säde louhoksen keskipisteestä (m)

5.10.2018

$R_0$  = Louhoksen säde (m)

Miinusmerkki yhtälöjen edessä tarkoittaa, että virtaama on pohjavesiesiintymästä louhokseen. Tässä tutkimuksessa virtaamia käsitellään kuitenkin itseisarvoina.

Kaikki laskennat on tehty valmiille louhokselle. Louhinnan aikainen louhoksen geometria on eri kuin laskennassa käytetty, joten louhinnanaikaiset virtaamat tulisi laskea erikseen kullekin geometrialle.

## 2.2 Korkean sähkönjohtavuuden veden osuus virtaamasta

Aikaisemmissa tutkimuksissa useista kalliorei'istä tunnistettiin pohjavesiä, joiden sähkönjohtavuus oli huomattavan korkea, 500-800 mS/m (Pasanen & Pullinen, 2017). Näiden vesien osuutta kokonaisvirtaamasta pyrittiin arvioimaan niiden kalliorei'istä havaittujen syvyyksien ja sijaintien perusteella suhteessa muihin sähkönjohtavuushavaintoihin. Koska alueen kallioreiät ovat kaltevia, sijainnit ja syvyudet laskettiin niiden todelliselle kohdalle trigonometriaa apuna käyttäen. Korkean sähkönjohtavuuden rajaksi määritettiin aineiston perusteella 400 mS/m luotausaineiston perusteella. Sähkönjohtavuusluotauksissa, joissa ylitetään 400 mS/m, sähkönjohtavuuden kohoaminen tapahtuu äkillisesti syvyyden funktiona.

Havaittujen korkean sähkönjohtavuuden, ja matalamman sähkönjohtavuuden, sijaintien perusteella rajattiin käsin alueet, joilla korkeampaa sähkönjohtavuutta havaitaan. Rajausten ja syvyydetietojen perusteella laskettiin pinta-ala, jossa korkeamman sähkönjohtavuuden vesi leikkaa louhoksen pystysuoraa seinämää. Vertaamalla seinämän pinta-alaa ja korkean sähkönjohtavuuden pinta-alaa saadaan arvioitua sen osuus kokonaisvirtaamasta.

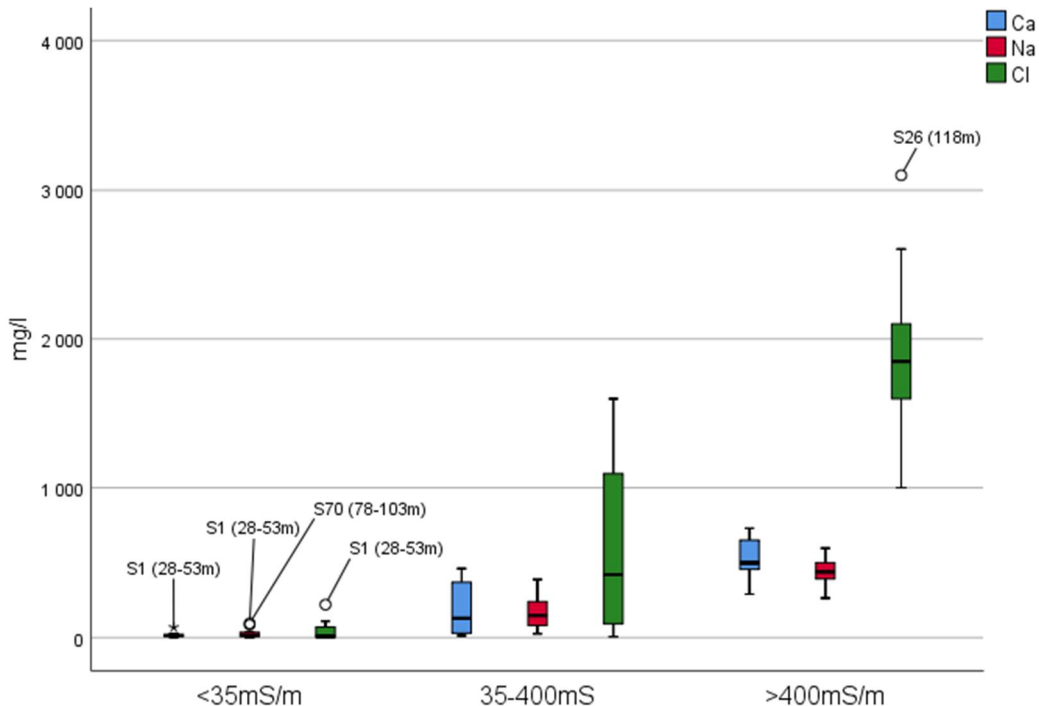
## 2.3 Kuormituksen laskeminen

Louhokseen kalliopohjavedestä tuleva kuormitus arvioitiin osalle alkuaineista, Cl, Na, Ca, Li ja As. Kuormitus louhokseen laskettiin kertomalla virtaama olemassa olevien aikaisemmin hankitun vesikemian aineiston keskiarvo-, mediaani-, maksimi- ja minimipitoisuuksilla. Kuormitus laskettiin erikseen molemmilla virtaaman laskentatavoille, ja niissä eri virtaamille. Mediaanivirtaamien eri alenemakartioille oletetaan kuvaavan parhaiten luonnollisia olosuhteita ja minimi- ja maksimivirtaamasta tulevat kuormitukset on otettu vertailua varten. Kuormitus laskettiin vertailun vuoksi myös puolelle louhoksen syvyydestä (54 m), jonka oletetaan vastaavan riittävällä tarkkuudella louhoksen keskisyvyyttä.

Koska aiempi näytteenotto keskittyi korkean sähkönjohtavuuden veden alkuperän selvittämiseen, kohdistuu suurin osa näytteistä (12 kpl) korkeimman sähkönjohtavuuden alueelle (>400 mS/m), noin kolmasosa (6 kpl) keskisuuren sähkönjohtavuuden alueelle (35-400 mS/m) ja vähiten pienen sähkönjohtavuuden (<35 mS/m) alueelle (6 kpl), joten kuormituksen laskennassa korkeimman sähkönjohtavuuden veden pitoisuudet ylikorostuvat. Lisäksi tilastollisen analyysin perusteella, erityisesti korkean sähkönjohtavuuden vesissä, vaihtelu oli huomattavan suurta, mikä vääristää kuormituksen laskemista ja virtaaman osuuksien ei oleteta olevan tasaisia jokaiselle vesijakeelle (Kuva 1). Tästä syystä kuormitus laskettiin myös virtaamapainotettuna, jolloin eri

5.10.2018

vesijakeille (korkea, keskisuuri ja alhainen sähkönjohtavuus) arvioidut virtaamamäärät (10 %, 45 % ja 45 %) otettiin huomioon laskennoissa. Koska virtaamia ei ole laskettu jokaiselle vesijakeelle erikseen, sen jakautuminen perustuu arvioihin, jotka luonnollisesti vaikuttavat myös kuormitusarvoihin. Käytetty kemian aineisto on esitetty liitteessä 1 ja tilastollinen käsittely liitteessä 2.



Kuva 1. Suolaionien pitoisuuden vaihtelu sähkönjohtavuuden mukaan Syväjärven kalliopohjavedessä.

### 3 TULOKSET JA TULOSTEN TARKASTELU

#### 3.1 Virtaama louhokseen

Laskennassa käytetty aineisto perustuu vuonna 2016 tehtyihin hydraulisen johtavuuden mittauksiin (Pasanen & Pullinen, 2017, Taulukko 1) sekä Keliber Oy:n toimittamiin louhoksen geometria- ja sijaintitietoihin, joiden perusteella on määritetty pituus- ja korkeusparametrit.

K-arvot (slug ja pumppaus)	K (m/s)
<b>Keskiarvo</b>	1,23E-06
<b>Mediaani</b>	4,60E-07
<b>Maksimi</b>	4,70E-06
<b>Minimi</b>	2,70E-08

Taulukko 1. Virtaamalaskennassa käytettävät hydraulisen johtavuuden arvot. Tilastollisten tunnuslukujen laskennassa käytettävät arvot on laskettu Pasanen & Pullinen (2017) raportissa esitetyistä arvoista.

5.10.2018

Analyttiset menetelmät olettavat väliaineen olevan homogeeninen ja isotrooppinen, joten hydraulisen johtavuuden keskiarvon ja mediaanin oletetaan kuvaavan aineistoa parhaiten. Alueelle tehtyt kairaukset eivät kuitenkaan sijoitu tasaisesti. Kairaukset on sijoitettu malminetsinnällisin perustein, ei hydrogeologisin perustein, joten malminetsinnällisesti mielenkiintoisille alueille sijoittuu useita kairauksia ja näistä mitattujen hydraulisten johtavuuksien arvot voivat olla yliedustettuina keskiarvossa. Hydraulisen johtavuuden mediaanin oletetaan näin ollen kuvaavan paremmin koko alueen hydraulista johtavuutta. Vertailun vuoksi virtaamat on laskettu myös hydraulisen johtavuuden maksimi- ja minimiarvoilla.

Kaikkia laskennassa tarvittavia tietoja, kuten alenemakartion etäisyys, ei ole saatavilla, joten niitä on haarukoitu. Kokemus suomalaisilta kaivoksilta on osoittanut, että pohjavedenpinta voi olla lähellä maanpintaa louhoksen välittömässä läheisyydessä, mutta se voi vaihdella voimakkaasti kallioperän heterogeenisyyden, kuten ruhjevyyhykkeiden vuoksi. Molemmilla käytetyillä laskentamenetelmillä jyrkimmän alenemakartion maksimikaltevuutena on käytetty louhoksen seinämän kaltevuutta, joka on laskettu louhoksen jyrkimmän rinteen perusteella (itärinne) Virtaama sivuilta -laskennassa ja säteen perusteella Virtaama pyöreään louhokseen -laskennassa. Suomalaisessa kallioperässä näin jyrkät pohjavedenpinnan gradientit ovat epätodennäköisiä, jopa louhoksilla, joten virtaamat on laskettu myös pienemmille gradienteille.

Virtaama louhoksen sivuilta -laskennassa käytetyt arvot alenemakartion etäisyydelle ovat 166 m, 250 m ja 500 m louhoksen reunasta. Pituutena on käytetty louhoksen maksimipituutta (588 m, mitattuna louhoksen ulkoreunaa mukailevasta suorakaiteesta). Louhoksen syvyys on laskettu korkeimman maanpinnan tasosta (83,5 m asl) syvimmän pohjan tasolle (-25 masl) ja virtaamalaskennassa syvyyden arvona on käytetty 108,5 m. Koska näin lasketut arvot pyrkivät yliarvioimaan virtaamia, on virtaamalaskut laskettu vertailun vuoksi myös puolelle louhoksen syvyydestä (54 m), jonka oletetaan vastaavan riittävällä tarkkuudella louhoksen keskisyvyyttä. Louhoksen keskisyvyyden laskeminen ei ollut mahdollista olemassa olevan aineiston perusteella annetussa aikataulussa.

Virtaama ympyränmuotoiseen louhokseen -laskennassa on louhoksen säde laskettu keskiarvona louhoksen pituudesta ja leveydestä, joka on jaettu kahdella (230 m). Pituus ja leveys on mitattu louhoksen ulkoreunaa mukailevasta suorakaiteesta. Poikkeuksena edelliseen laskutapaan alenemakartio mitataan louhoksen keskipisteestä ja sille on annettu arvot 460 m (230 m louhoksen reunasta), 730 m (500 m louhoksen reunasta) ja 960 m (700 m louhoksen reunasta). Syvyyden arvoina on käytetty samoja arvoja kuin Virtaama louhoksen sivuilta -laskennassa. Virtaamalaskujen tulokset on esitetty taulukoissa 2 ja 3.



5.10.2018

PARAMETRIT	K (m/s)	H (m)	$h_d$ (m)	A (m)	L (m)	Q (m <sup>3</sup> /s)	Q (m <sup>3</sup> /h)
<b>Pohjan taso -25m asl</b>							
K keskiarvo, A=166m	1,23E-06	108,5	0	166	588	0,0515	185,2
K keskiarvo, A=250m	1,23E-06	108,5	0	250	588	0,0342	123,0
K keskiarvo, A=500m	1,23E-06	108,5	0	500	588	0,0171	61,5
K mediaani, A=166m	4,60E-07	108,5	0	166	588	0,0192	69,1
K mediaani, A=250m	4,60E-07	108,5	0	250	588	0,0127	45,9
K mediaani, A=500m	4,60E-07	108,5	0	500	588	0,0064	22,9
K max, A=166m	4,70E-06	108,5	0	166	588	0,1960	705,6
K max, A=250m	4,70E-06	108,5	0	250	588	0,1301	468,5
K max, A=500m	4,70E-06	108,5	0	500	588	0,0651	234,2
K min, A=166m	2,70E-08	108,5	0	166	588	0,0011	4,1
K min, A=250m	2,70E-08	108,5	0	250	588	0,0007	2,7
K min, A=500m	2,70E-08	108,5	0	500	588	0,0004	1,3
<b>Pohjan taso 29m asl</b>							
K mediaani, A=166m	4,60E-07	54	0	166	588	0,0048	17,1
K mediaani, A=250m	4,60E-07	54	0	250	588	0,0032	11,4
K mediaani, A=500m	4,60E-07	54	0	500	588	0,0016	5,7

Taulukko 2. Virtaamalaskennassa käytettävät parametrit Virtaama louhoksen sivuilta -laskennassa.

Tuloksista nähdään, että virtaaman vaihtelu on suurta riippuen käytetystä hydraulisen johtavuuden arvosta ja alenemakartion laajuudesta. Taulukossa esitetyt suurimmalle hydrauliselle johtavuudelle lasketut virtaamat (705,6 m<sup>3</sup>/h ja 902,8 m<sup>3</sup>/h) ovat hyvin suurella todennäköisyydellä reilusti liian suuria. Pienimmälle hydrauliselle johtavuudelle laskettujen arvojen oletetaan aliarvioivan virtaamaa. Minimi ja maksimiarvot on esitetty vertailun vuoksi.

Hydraulisen johtavuuden mediaaniarvon oletetaan kuvaavan parhaiten luonnollisia olosuhteita. Hydraulisen johtavuuden mediaaniarvojen perusteella lasketut virtaamat vaihtelevat Virtaama louhoksen sivuilta -laskennassa välillä 22,9 - 69,1 m<sup>3</sup>/h ja Virtaama ympyränmuotoiseen louhokseen -laskennassa välillä 42,9 – 88,4 m<sup>3</sup>/h. Nämä virtaamat on laskettu 108,5 m syvälle louhokselle, ja koska laskentakaavat olettavat louhoksen seinämien olevan pystysuoria ja jatkuvan louhoksen pohjalle asti, näiden tulosten oletetaan yliarvioivan todellisia virtaamia.

Virtaamalaskenta, joka on tehty hydraulisen johtavuuden mediaanilla ja oletetulle louhoksen keskisyvyydelle, uskotaan kuvaavan lähimmäksi tilannetta louhoksen valmistuessa. Tulokset Virtaama louhoksen sivuilta -laskennalle ovat välillä 5,7 - 17,1 m<sup>3</sup>/h ja Virtaama ympyränmuotoiseen louhokseen -laskennalle 10,6 – 21,9 m<sup>3</sup>/h.

5.10.2018

PARAMETRIT	K (m/s)	H (m)	$h_d$ (m)	R (m)	$R_0$ (m)	Q (m <sup>3</sup> /s)	Q (m <sup>3</sup> /h)
<b>Pohjan taso -25m asl</b>							
K keskiarvo, R=460m	1,23E-06	108,5	0	460	230	0,0658	237,0
K keskiarvo, R=730m	1,23E-06	108,5	0	730	230	0,0395	142,3
K keskiarvo, R=960m	1,23E-06	108,5	0	960	230	0,0319	115,0
K mediaani, R=460m	4,60E-07	108,5	0	460	230	0,0245	88,4
K mediaani, R=730m	4,60E-07	108,5	0	710	230	0,0151	54,3
K mediaani, R=960m	4,60E-07	108,5	0	960	230	0,0119	42,9
K max, R=460m	4,70E-06	108,5	0	460	230	0,2508	902,8
K max, R=730m	4,70E-06	108,5	0	710	230	0,1542	555,2
K max, R=960m	4,70E-06	108,5	0	960	230	0,1217	437,9
K min, R=460m	2,70E-08	108,5	0	460	230	0,0014	5,2
K min, R=730m	2,70E-08	108,5	0	710	230	0,0009	3,2
K min, R=960m	2,70E-08	108,5	0	960	230	0,0007	2,5
<b>Pohjan taso 29m asl</b>							
K mediaani, R=460m	4,60E-07	54	0	460	230	0,0061	21,9
K mediaani, R=730m	4,60E-07	54	0	710	230	0,0037	13,5
K mediaani, R=960m	4,60E-07	54	0	960	230	0,0029	10,6

Taulukko 3. Virtaamalaskennassa käytettävät parametrit Virtaama pyöreään louhokseen -laskennassa.

Analyttisillä menetelmillä tehdyissä laskelmissa täytyy aina tehdä suuri määrä oletuksia, jotka ovat vastoin luonnollisia olosuhteita. Lisäksi tarvitaan arvoja, jotka ovat tuntemattomia, ja niitä ei ole mahdollista mitata ennen louhoksen valmistumista. Tässä tutkimuksessa on pyritty ottamaan oletukset ja tuntemattomat tekijät mahdollisimman hyvin ja perustellusti huomioon, jotta laskennan epävarmuuksia pystyttäisiin vähentämään. Epävarmuudet jäivät siitä huolimatta suuriksi.

Laskelmien perusteella, ja edellä mainitut tekijät huomioiden arvioidaan, että kallio pohjaveden virtaama louhokseen on 10–50 m<sup>3</sup>/h.

### 3.2 Korkean sähkönjohtavuuden veden osuus

Korkean sähkönjohtavuuden veden virtaaman osuuden arviointi perustuu pelkästään kairausrei'istä tehtyjen sähkönjohtavuusluotausten tuloksiin (Pasanen & Pullinen, 2017 ja julkaisematon aineisto). Arviointia varten ei ole ollut käytettävissä muuta hydrogeologista aineistoa, kuten mahdollisten ruhjevyöhykkeiden sijainti, joihin vesien oletetaan kanavoituvan. Kuvassa 2 on esitetty tulkinta korkean sähkönjohtavuuden alueiden sijainneista ja kohdista, joissa ne leikkaavat suunnitellun louhoksen reunan. Arviointi on erittäin

5.10.2018

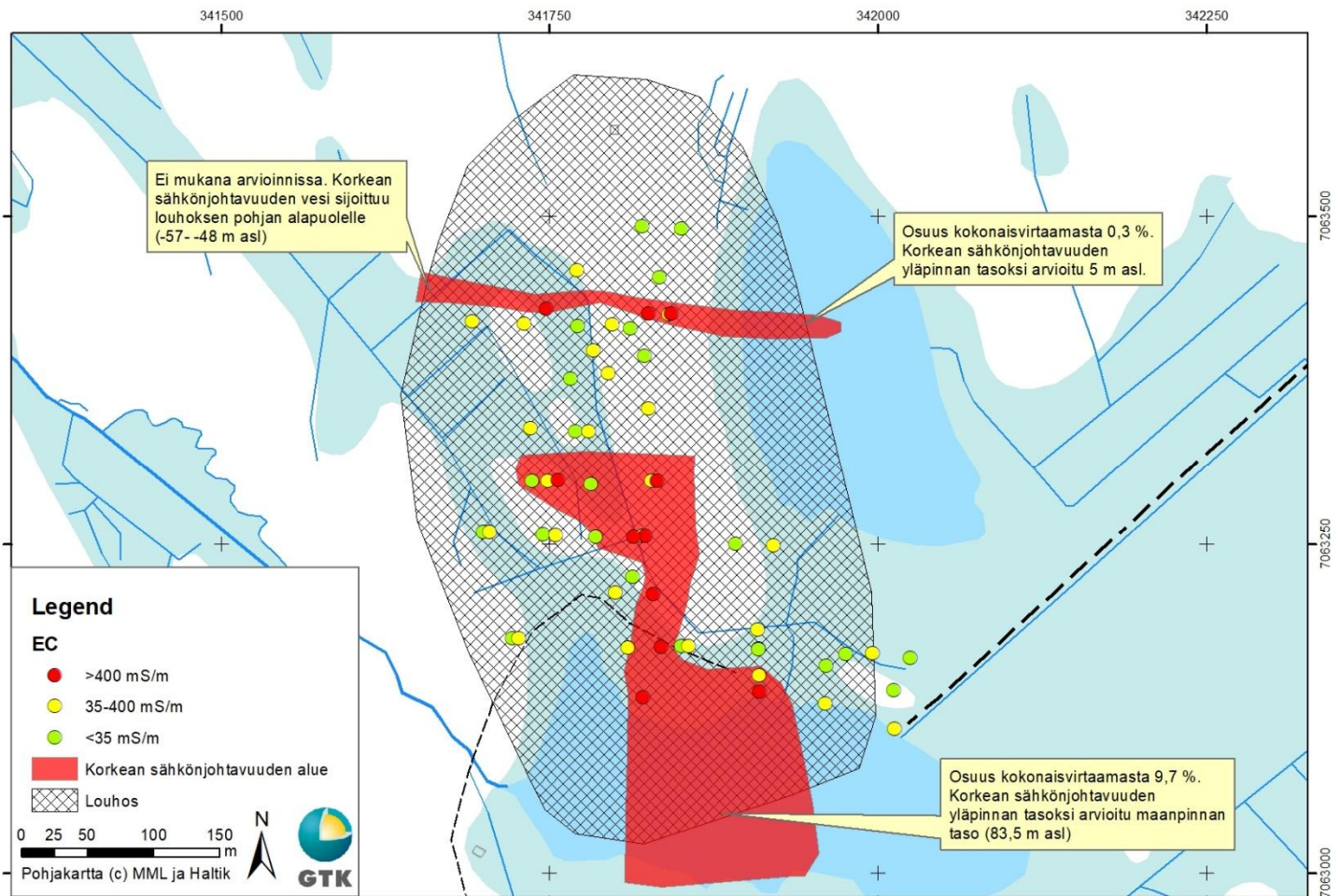
haastavaa, koska korkean sähkönjohtavuuden havaintoja ei ole lähellä louhoksen reunaa ja tulkinta joudutaan ekstrapoloimaan alueelle, josta ei ole havaintoja. Pohjoinen tulkinta pystytään rajaamaan aineiston perusteella hyvin, mutta eteläisen tulkinnan eteläosassa rajauksen tekeminen aineistoon perustuen on hyvin vaikeaa. Lisäksi eteläisen tulkinnan pohjoisosassa tulkitun alueen tulisi jatkaa louhoksen reunojen ulkopuolelle, jos oletetaan että virtaus on jatkuvaa. Aineiston perusteella tällaista rajausta ei pystytä tekemään.

Taso, jossa korkean sähkönjohtavuuden vettä havaitaan, vaihtelee suuresti jopa läheisillä pisteillä. Esimerkiksi pisteellä S29 taso on – 33 m asl, mutta pisteellä S24, alle 10 metrin etäisyydellä, taso on +22 m asl. Suuren tasojen vaihtelun vuoksi on todennäköistä, että osan tai kaikkien havaintojen välillä ei ole hydraulista yhteyttä tai se on heikko. Aineisto ei kuitenkaan anna mahdollisuutta tulkita korkean sähkönjohtavuuden vettä erillisiksi taskuiksi, joten ne on mallinnettu yhtenäisinä alueina ja laskennassa niiden oletetaan olevan jatkuvia.

Laskelman perusteella pohjoisen alueen suolaisen pohjaveden virtaama on 0,3 % kokonaisvirtaamasta. Tämä koostuu pelkästään itäisen osan mahdollisesta virtaamasta, koska läntisen osan virtaaman on tulkittu menevän louhoksen pohjan alapuolella. Eteläisen osan virtaaman osuus on laskettu olevan 9,7 % kokonaisvirtaamasta. Näiden perusteella on arvioitu, että korkean sähkönjohtavuuden veden virtaaman osuus kokonaisvirtaamasta on n. 10 %. Arvioita voidaan pitää hyvin karkeana, koska rajaukset perustuvat puutteelliseen aineistoon.

10 %:n osuutta kokonaisvirtaamasta on kuitenkin käytetty laskettaessa vertailuarvoja kuormitukselle, koska kuormituslaskennassa korkean sähkönjohtavuuden pitoisuudet todennäköisesti ylikorostuvat.

5.10.2018



Kuva 2. Korkean sähkönjohtavuuden veden osuuden arviointia varten tehdyt alueet ja arvioinnissa käytetty aineisto. Punaiset, keltaiset ja vihreät pisteet kuvaavat sähkönjohtavuusluotauksissa havaittujen sähkönjohtavuusalueiden ylimmän havainnon sijaintia. Havainnot on laskettu kairaustietojen perusteella todellisille sijainneille.

### 3.3 Kuormitus louhokseen

Taulukoissa 4 ja 5 on esitetty mediaanivirtaamilla lasketut kuormitukset ilman virtaamapainotusta ja virtaamapainotettuina, tilanteille joissa louhoksen syvyys on tasolla 108,5 m ja 54 m. Kaikkien kuormituslaskelmien tulokset on esitetty liitteissä 3 ja 4. Suuremmista virtaamista johtuen pyöreänomaisen louhoksen kuormitus on suurempi kuin pitkänomaisen louhoksen. Todenmukaisimpana arviona pidetään virtaamapainotettuna laskettua kuormitusta. Puolelle louhoksen syvyydestä (54 m) laskettujen virtaamien oletetaan myös vastaavan riittäväällä tarkkuudella louhoksen keskisyyvyyttä, ja näin ollen myös tällä laskettu kuormitus on lähempänä todellisia arvoja. Tästä syystä seuraavassa kuormituksen tarkastelussa keskitytään virtaamapainotettuihin arvoihin tilanteissa, joissa louhoksen pohja on tasolla 108,5 m ja 54 m.

5.10.2018

Pitoisuuden keskiarvolla lasketut kuormitukset molemmille virtaaman laskentageometrioille ja niistä lasketuille eri mediaanivirtaamille ovat 108,5 metriä syvälle louhokselle välillä 2,9–12 kg/v arseenille, 106–638 kg/v litiumille, 29–217 t/v kalsiumille, 27–191 t/v natriumille ja kloridille 98–771 t/v. 54 metriä syvälle louhokselle 0,7–3,1 kg/v arseenille, 26–158 kg/v litiumille, 7,2–54 t/v kalsiumille, 6,8–47 t/v natriumille ja kloridille 24–191 t/v.

Saaduista tuloksista korkean sähkönjohtavuuden veden osuudella painotettujen tulosten oletetaan kuvaavan luonnollisia olosuhteita parhaiten, mutta virhemarginaalit ovat silti suuria.

5.10.2018

VIRTAAMA SIVUILTA		As Md	As ka	As max	As min	Li Md	Li ka	Li max	Li min	Ca Md	Ca ka	Ca max	Ca min	Na Md	Na ka	Na max	Na min	Cl Md	Cl ka	Cl max	Cl min
<b>Louhoksen pohja -25m asl</b>	Q (m <sup>3</sup> /h)	kg/v	kg/v	kg/v	kg/v	kg/v	kg/v	kg/v	kg/v	t/v	t/v	t/v	t/v	t/v	t/v	t/v	t/v	t/v	t/v	t/v	t/v
A=166m	69	6.2	9.7	49	0.34	437	499	1579	1.7	175	170	441	1.3	145	149	361	0.91	605	603	1875	0.45
A=250m	46	4.1	6.4	32	0.22	290	331	1048	1.2	116	113	293	0.89	96	99	239	0.61	402	400	1245	0.30
A=500m	23	2.0	3.2	16	0.11	145	166	524	0.58	58	56	146	0.44	48	50	120	0.30	201	200	623	0.15
A=166m, virtaamapainotettu	69	4.5	8.6	35	1.6	270	321	870	48	69	88	188	21	71	82	167	23	228	294	683	63
A=250m, virtaamapainotettu	46	3.0	5.7	23	1.0	179	213	577	32	46	58	125	14	47	55	111	16	152	195	187	42
A=500m, virtaamapainotettu	23	1.5	2.9	12	0.52	90	106	289	16	23	29	62	7.1	23	27	56	7.8	76	98	94	21
<b>Louhoksen pohja 29m asl</b>																					
A=166m	17	1.5	2.4	12	0.08	108	124	391	0.43	43	42	109	0.33	36	37	89	0.23	150	149	464	0.11
A=250m	11	1.0	1.6	8.0	0.06	72	82	260	0.29	29	28	73	0.22	24	25	59	0.15	99	99	308	0.07
A=500m	5.7	0.51	0.79	4.0	0.03	36	41	130	0.14	14	14	36	0.11	12	12	30	0.08	50	50	154	0.04
A=166m, virtaamapainotettu	17	1.1	2.1	8.6	0.39	67	79	215	12	17	22	47	5.3	18	20	41	5.8	57	73	70	15
A=250m, virtaamapainotettu	11	0.74	1.4	5.7	0.26	44	53	143	7.9	11	14	31	3.5	12	14	28	3.9	38	48	46	10
A=500m, virtaamapainotettu	5.7	0.37	0.71	2.9	0.13	22	26	72	3.9	5.6	7.2	15	1.8	5.8	6.8	14	1.9	19	24	23	5.1

5.10.2018

VIRTAAMA YMPYRÄNMUOTOISEEN LOUHOKSEEN		As Md	As ka	As max	As min	Li Md	Li ka	Li max	Li min	Ca Md	Ca ka	Ca max	Ca min	Na Md	Na ka	Na max	Na min	Cl Md	Cl ka	Cl max	Cl min
<b>Louhoksen pohja -25m asl</b>	Q (m <sup>3</sup> /h)	kg/v	kg/v	kg/v	kg/v	kg/v	kg/v	kg/v	kg/v	t/v	t/v	t/v	t/v	t/v	t/v	t/v	t/v	t/v	t/v	t/v	t/v
A=460m	88	7.9	12	63	0.43	560	638	2020	2.2	224	217	564	1.7	186	191	461	1.2	774	771	2399	0.58
A=730m	54	4.9	7.6	38	0.27	344	392	1242	1.4	138	134	347	1.1	114	118	284	0.72	476	474	1476	0.36
A=960m	43	3.8	6.0	30	0.21	271	310	980	1.1	109	105	274	0.83	90	93	224	0.57	375	374	1164	0.28
A=460m, virtaamapainotettu	88	5.7	11	44	2.0	345	410	1113	61	88	113	241	27	90	105	214	30	292	376	874	80
A=730m, virtaamapainotettu	54	3.5	6.8	27	1.2	212	252	684	38	54	69	148	17	56	65	132	18	180	231	537	49
A=960m, virtaamapainotettu	43	2.8	5.3	22	1.0	167	199	540	30	43	55	117	13	44	51	104	15	142	182	424	39
<b>Louhoksen pohja 29m asl</b>																					
A=460m	22	2.0	3.1	15	0.11	139	158	500	0.6	55	54	140	0.4	46	47	114	0.29	192	191	594	0.14
A=730m	13	1.2	1.9	10	0.07	85	97	308	0.3	34	33	86	0.26	28	29	70	0.18	118	117	365	0.09
A=960m	11	0.9	1.5	8	0.05	67	77	243	0.27	27	26	68	0.21	22	23	55	0.14	93	93	288	0.07
A=460m, virtaamapainotettu	22	1.4	2.7	11	0.50	85	102	276	15	22	28	60	6.8	22	26	53	7.4	72	93	216	20
A=730m, virtaamapainotettu	13	0.9	1.7	6.8	0.31	53	63	170	9.4	13	17	37	4.2	14	16	33	4.6	45	57	133	12
A=960m, virtaamapainotettu	11	0.7	1.3	5.3	0.24	41	49	134	7.4	11	14	29	3.3	11	13	26	3.6	35	45	105	9.6



5.10.2018

## 4 JOHTOPÄÄTÖKSET

Analyttisillä menetelmillä tehtävät pohjaveden virtaamalaskut antavat karkean kuvan mahdollisista pohjavesivirtaamista louhokseen sekä niistä johdettuihin kuormituslaskuihin. Menetelmiin liittyvät luonnollista olosuhteista poikkeavat oletukset sekä tuntemattomat tekijät, jotka eivät ole mitattavissa ennen louhoksen valmistumista vaikeuttavat tulosten tulkintaa. Tässä tutkimuksessa on nämä oletukset pyritty ottamaan huomioon mahdollisimman kattavasti, jotta tuloksia pystytään käyttämään louhoksen suunnittelussa ja erilaisten lupien pohjana. Tästäkin huolimatta tulokset ovat epätarkkoja ja se tulee ottaa huomioon niitä käytettäessä.

Tarkempia tuloksia haluttaessa virtaus- ja kuormitusmallinnus voi mahdollisesti antaa paremman luotettavuuden. Niiden tekeminen vaatii kuitenkin kalliita lisätutkimuksia. Mallit ovat kuitenkin parhaimmillaankin niin hyviä kuin lähtödata mahdollistaa. Erityisesti korkean sähkönjohtavuuden veden osuuden arviointi vaatisi lisää tutkimuksia. Tällaisia tutkimuksia voivat olla esim. sähköinen tomografiatutkimus, jolla mahdollisesti pystytään määrittämään veden tarkempi levinneisyys.

Tutkimuksen rajoitukset huomioon ottaen arvioidaan, että kalliopohjaveden virtaama Syväjärven suunniteltuun louhokseen on 10-50 m<sup>3</sup>/h, josta korkean sähkönjohtavuuden veden osuus on arviolta 10 %.

Kalliopohjavedestä johtuvan kuormituksen arvioidaan olevan 54 metriä syvän louhoksen virtaamille, joiden oletetaan kuvaavan parhaiten luonnollisia olosuhteita, 0,7-3,1 kg/v arseenille, 26-158 kg/v litiumille, 7,2-54 t/v kalsiumille, 6,8-47 t/v natriumille ja kloridille 24-191 t/v. Kuormituslaskennassa on pyritty ottamaan huomioon korkean sähkönjohtavuuden veden osuus virtaamasta sekä näytemääristä.

### Lähdeluettelo

Bear, J., 1979: *Hydraulics of Groundwater*, McGraw-Hill Inc., New York, New York.

Mansur, C.I., and R.I. Kaufman, 1962: *Dewatering*, in *Foundation Engineering*, G.A. Leonards (ed.), McGraw-Hill Inc., New York, New York.

Neville C.J. 2017. Analytical solutions for the preliminary estimation of long-term rates of groundwater inflow into excavations: Long excavations and circular excavations.

[http://www.sspa.com/sites/default/files/images/stories/software/Analytical%20solutions%20for%20flow%20into%20open%20excavations\\_1\\_Report\\_v02.pdf](http://www.sspa.com/sites/default/files/images/stories/software/Analytical%20solutions%20for%20flow%20into%20open%20excavations_1_Report_v02.pdf).

Viitattu 2.5.2018.

Pasanen A. & Pullinen, A., 2017. Bedrock groundwater discharge at Keliber Oy planned Syväjärvi Mine. Geologian tutkimuskeskus. GTK/764/03.02/2016



5.10.2018

## LIITE 1. Kemiallisten analyysien tulokset

		As	I	Li	Mn	Sr	Ca	Na	Cl	EC	Syvyysluokka	EC-luokka
Näytepiste	syvyys	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mS/m		
S26	47-72m	2.9	2.49	83.5	323	113	20.4	14.5	34	0.026	Keskisyvä	<35mS/m
S1	28-53m	15.5	16.4	735	1080	691	68.4	85.3	220	0.099	Matala	<35mS/m
S70	78-103m	80.8	14	153	20.6	239	26.2	94.8	110	0.064	Keskisyvä	<35mS/m
S72	50-75m	14.8	1	67.4	37	53.8	6.86	31.2	2.8	0.021	Keskisyvä	<35mS/m
S45	12-37m	0.96	4.92	57.9	209	64.4	8.99	6.78	7.8	0.012	Matala	<35mS/m
S40	100-106m	3.21	2.86	57	301	82	12.4	11.9	5.2	17.5	Syvä	<35mS/m
S38	180-186m	25.9	839	723	643	2710	391	392	1400	-	Syvä	>400mS/m
S38	185m	30.2	924	856	803	3120	432	429	1600	440	Syvä	>400mS/m
S29	180-186m	12.1	485	395	855	2040	289	263	1000	-	Syvä	>400mS/m
S26	122-147m	4.57	79.7	1160	2000	4980	496	448	1900	584	Syvä	>400mS/m
S1	103-128m	9.4	91.4	1270	1690	4960	729	512	2600	769	Syvä	>400mS/m
S70	203-228m	63.6	77.1	480	103	5870	659	485	1900	619	Syvä	>400mS/m
S38	85-110m	21.3	90.8	2110	1020	5340	533	488	1900	598	Keskisyvä	>400mS/m
S38	160-185m	14.1	102	1910	1520	4340	649	568	2300	741	Syvä	>400mS/m
S38	118m	4.17	145	913	1730	3620	650	596	3100	-	Syvä	>400mS/m
S1	120-124m	28.3	218	1900	1670	5220	479	391	1800	516	Syvä	>400mS/m
S7	66-70m	1.48	231	2610	1750	7080	479	377	1600	506	Keskisyvä	>400mS/m
S8	78-82m	8.66	222	2270	884	7530	500	409	1700	540	Keskisyvä	>400mS/m
S38	50-56m	5.62	123	217	303	331	60.6	85.5	190	-	Keskisyvä	35-400mS/m
S24	45m	4.91	14.5	85.7	255	84.1	12.4	26.2	6.9	202	Matala	35-400mS/m

5.10.2018

<b>S24</b>	156-162m	32.4	805	866	1280	3330	461	387	1600	350	Syvä	35-400mS/m
<b>S38</b>	10-35m	15.7	40.5	810	527	1780	198	210	650	241	Matala	35-400mS/m
<b>S38</b>	106-112m	10.4	16.1	496	198	314	29.4	80.6	93	62.4	Syvä	35-400mS/m
<b>S24</b>	102-106m	10.2	212	1880	1320	4080	369	240	1100	370	Syvä	35-400mS/m

5.10.2018

## Liite 2. Analyysitulosten tilastollinen käsittely kuormituslaskentaa varten.

<b>Kaikki</b>	<b>Max</b>		<b>80.8</b>	<b>924</b>	<b>2610</b>	<b>2000</b>	<b>7530</b>	<b>729</b>	<b>596</b>	<b>3100</b>	
	Mediaani		10.2	79.7	723	643	2040	289	240	1000	
	Keskiarvo		15.96111	176.8159	824.3333	762.433	2523.596	280.9596	247.073	996.013	
	Min		0.56	1	2.87	0.79	10.6	2.21	1.51	0.75	
<b>EC &lt;35mS/m</b>	<b>Max</b>		<b>80.8</b>	<b>16.4</b>	<b>735</b>	<b>1080</b>	<b>691</b>	<b>68.4</b>	<b>94.8</b>	<b>220</b>	
	Mediaani		3.21	4.86	67.4	43.6	82	12.4	14.5	7.8	
	Keskiarvo		14.21556	6.436667	145.0333	226.0767	156.4444	18.83444	31.51889	50.27222	
	Min		0.56	1	2.87	0.79	10.6	2.21	1.51	0.75	
<b>EC 35-400mS/m</b>	<b>Max</b>		<b>32.4</b>	<b>805</b>	<b>1880</b>	<b>1320</b>	<b>4080</b>	<b>461</b>	<b>387</b>	<b>1600</b>	
	Mediaani		10.3	81.75	653	415	1055.5	129.3	147.75	420	
	Keskiarvo		13.205	201.85	725.7833	647.1667	1653.183	188.4	171.55	606.65	
	Min		4.91	14.5	85.7	198	84.1	12.4	26.2	6.9	
<b>EC &gt;400mS/m</b>	<b>Max</b>		<b>63.6</b>	<b>924</b>	<b>2610</b>	<b>2000</b>	<b>7530</b>	<b>729</b>	<b>596</b>	<b>3100</b>	
	Mediaani		13.1	181.5	1215	1270	4970	498	438.5	1850	
	Keskiarvo		18.64833	292.0833	1383.083	1222.333	4734.167	523.8333	446.5	1900	
	Min		1.48	77.1	395	103	2040	289	263	1000	

Liite 3. Kuormitus Virtaama sivuilta –laskennan perusteella. Laskenta on tehty kaikille lasketuille virtaamille sekä painotettuna arvioidulla korkean sähkönjohtavuuden veden osuudella (esitetty ensimmäisessä ja toisessa sarakkeessa). Kuormitus on laskettu jokaisen arvioitavan alkuaineen pitoisuuksien keskiarvolle, mediaanille, maksimille ja minimille.

5.10.2018

Virtaama sivuilta		kg/v	kg/v	kg/v	kg/v	kg/v	kg/v	kg/v	kg/v	t/v	t/v	t/v	t/v	t/v	t/v	t/v	t/v	t/v	t/v	t/v	
	Q (m3/h)	As md	As ka	As max	As min	Li Md	Li ka	Li max	Li min	Ca md	Ca ka	Ca max	Ca min	Na md	Na ka	Na max	Na min	Cl md	Cl ka	Cl max	Cl min
<b>Louhoksen pohja tasolla -25m asl</b>																					
K keskiarvo, A=166m	185	16.6	25.9	131.1	0.9	1173.2	1337.7	4235.4	4.7	469	456	1183	3.6	389	401	967	2.5	1623	1616	5031	1.2
K keskiarvo, A=250m	123	11.0	17.2	87.1	0.6	779.0	888.2	2812.3	3.1	311	303	785	2.4	259	266	642	1.6	1078	1073	3340	0.8
K keskiarvo, A=500m	62	5.5	8.6	43.5	0.3	389.5	444.1	1406.1	1.5	156	151	393	1.2	129	133	321	0.8	539	537	1670	0.4
K mediaani, A=166m	69	6.2	9.7	48.9	0.3	437.4	498.7	1578.8	1.7	175	170	441	1.3	145	149	361	0.9	605	603	1875	0.5
K mediaani, A=250m	46	4.1	6.4	32.5	0.2	290.4	331.1	1048.3	1.2	116	113	293	0.9	96	99	239	0.6	402	400	1245	0.3
K mediaani, A=500m	23	2.0	3.2	16.2	0.1	145.2	165.6	524.2	0.6	58	56	146	0.4	48	50	120	0.3	201	200	623	0.2
K max, A=166m	706	63.0	98.6	499.4	3.5	4468.6	5094.9	16131	17.7	1786	1737	4506	13.7	1483	1527	3684	9.3	6181	6156	19160	4.6
K max, A=250m	468	41.9	65.5	331.6	2.3	2967.2	3383.0	10711	11.8	1186	1153	2992	9.1	985	1014	2446	6.2	4104	4088	12722	3.1
K max, A=500m	234	20.9	32.8	165.8	1.1	1483.6	1691.5	5355.6	5.9	593	577	1496	4.5	492	507	1223	3.1	2052	2044	6361	1.5
K min, A=166m	4.1	0.4	0.6	2.9	0.0	25.7	29.3	92.7	0.1	10	10.0	26	0.1	8.5	8.8	21	0.1	36	35	110	0.0
K min, A=250m	2.7	0.2	0.4	1.9	0.0	17.0	19.4	61.5	0.1	6.8	6.6	17	0.1	5.7	5.8	14	0.0	24	23	73	0.0
K min, A=500m	1.3	0.1	0.2	1.0	0.0	8.5	9.7	30.8	0.0	3.4	3.3	8.6	0.0	2.8	2.9	7.0	0.0	12	12	37	0.0
K mediaani, A=166m, virtaamapainotettu pit	69	4.5	8.6	34.7	1.6	269.6	320.7	869.7	48.0	69	88	188	21.5	71	82	167	23.5	228	294	683	63
K mediaani, A=250m, virtaamapainotettu pit	46	3.0	5.7	23.0	1.0	179.0	213.0	577.5	31.9	46	58	125	14.2	47	55	111	15.6	152	195	187	42
K mediaani, A=500m, virtaamapainotettu pit	23	1.5	2.9	11.5	0.5	89.5	106.5	288.7	15.9	23	29	62	7.1	23	27	56	7.8	76	98	94	21
<b>Louhoksen pohja tasolla 29m asl</b>																					
K mediaani, A=166m	17	1.5	2.4	12.1	0.1	108.3	123.5	391.1	0.4	43	42	109	0.3	36	37	89	0.2	150	149	464	0.1
K mediaani, A=250m	11	1.0	1.6	8.0	0.1	71.9	82.0	259.7	0.3	29	28	73	0.2	24	25	59	0.2	99	99	308	0.1
K mediaani, A=500m	5.7	0.5	0.8	4.0	0.0	36.0	41.0	129.8	0.1	14	14	36	0.1	12	12	30	0.1	50	50	154	0.0
K mediaani, A=166m, virtaamapainotettu pit	17	1.1	2.1	8.6	0.4	66.8	79.4	215.4	11.9	17	22	47	5.3	18	20	41	5.8	57	73	70	15
K mediaani, A=250m, virtaamapainotettu pit	11	0.7	1.4	5.7	0.3	44.3	52.7	143.0	7.9	11	14	31	3.5	12	14	28	3.9	38	48	46	10

5.10.2018

K mediaani, A=500m, virtaamapainotettu pit	5.7	0.4	0.7	2.9	0.1	22.2	26.4	71.5	3.9	5.6	7.2	15	1.8	5.8	6.8	14	1.9	19	24	23	5.1
---	-----	-----	-----	-----	-----	------	------	------	-----	-----	-----	----	-----	-----	-----	----	-----	----	----	----	-----

5.10.2018

Liite 4. Kuormitus Virtaama pyöreään louhokseen –laskennan perusteella. Laskenta on tehty kaikille lasketuille virtaamille sekä painotettuna arvioidulla korkean sähkönjohtavuuden veden osuudella (esitetty ensimmäisessä ja toisessa sarakkeessa). Kuormitus on laskettu jokaisen arvioitavan alkuaineen pitoisuuksien keskiarvolle, mediaanille, maksimille ja minimille.

Virtaama pyöreään louhokseen	kg/v	kg/v	kg/v	kg/v	kg/v	kg/v	kg/v	kg/v	t/v	t/v	t/v	t/v	t/v	t/v	t/v	t/v	t/v	t/v	t/v	t/v	
	Q (m3/ h)	As md	As ka	As max	As min	Li Md	Li ka	Li max	Li min	Ca md	Ca ka	Ca max	Ca min	Na md	Na ka	Na max	Na min	Cl md	Cl ka	Cl max	Cl min
<b>Louhoksen pohja tasolla -25m asl</b>																					
K keskiarvo, R=460m	237	21	33	168	1.2	1501	1712	5419	6.0	600	583	1514	4.6	498	513	1238	3	2076	2068	6437	1.6
K keskiarvo, R=730m	142	13	20	101	0.70	901	1027	3252	3.6	360	350	908	2.8	299	308	743	2	1246	1241	3863	0.93
K keskiarvo, R=960m	115	10	16	81	0.56	728	830	2629	2.9	291	283	734	2.2	242	249	600	2	1007	1003	3123	0.76
K mediaani, R=460m	88	7.9	12	63	0.43	560	638	2020	2.2	224	217	564	1.7	186	191	461	1	774	771	2399	0.58
K mediaani, R=730m	54	4.9	7.60	38	0.27	344	392	1242	1.4	138	134	347	1.1	114	118	284	1	476	474	1476	0.36
K mediaani, R=960m	43	3.8	5.99	30	0.21	271	310	980	1.1	109	105	274	0.83	90	93	224	1	375	374	1164	0.28
K max, R=460m	903	81	126	639	4.4	5718	6519	20641	23	2286	2222	5765	17	1898	1954	4713	12	7908	7877	24516	5.9
K max, R=730m	555	50	78	393	2.7	3516	4009	12693	14	1405	1366	3545	11	1167	1202	2898	7	4863	4844	15076	3.6
K max, R=960m	438	39	61	310	2.1	2774	3162	10013	11	1109	1078	2797	8	921	948	2287	6	3836	3821	11893	2.9
K min, R=460m	5.2	0.5	0.73	3.7	0.03	33	37	119	0.13	13.1	13	33	0.10	11	11	27	0.07	45	45	141	0.03
K min, R=730m	3.2	0.3	0.45	2.3	0.02	20	23	73	0.08	8.1	7.8	20	0.06	6.7	6.9	17	0.04	28	28	87	0.02
K min, R=960m	2.5	0.2	0.35	1.8	0.01	16	18	58	0.06	6.4	6.2	16	0.05	5.3	5.4	13	0.03	22	22	68	0.02
K mediaani, A=460m, virtaamapainotettu pit	88	5.7	11	44	2.0	345	410	1113	61	88	113	241	27	90	105	214	30	292	376	874	80.1
K mediaani, A=730m, virtaamapainotettu pit	54	3.5	6.76	27	1.2	212	252	684	38	54	69	148	17	56	65	132	18	180	231	537	49.2
K mediaani, A=960m, virtaamapainotettu pit	43	2.8	5.33	22	0.98	167	199	540	30	43	55	117	13	44	51	104	15	142	182	424	38.8
<b>Louhoksen pohja tasolla 29m asl</b>																					
K mediaani, R=460m	22	2.0	3.1	15	0.11	139	158	500	0.55	55	54	140	0.42	46	47	114	0.29	192	191	594	0.14
K mediaani, R=730m	13	1.2	1.9	9.5	0.07	85	97	308	0.34	34	33	86	0.26	28	29	70	0.18	118	117	365	0.09

5.10.2018

K mediaani, R=960m	11	0.95	1.48	7.5	0.05	67	77	243	0.27	27	26	68	0.21	22	23	55	0.14	93	93	288	0.07
K mediaani, A=460m, virtaamapainotettu pit	22	1.4	2.72	11	0.50	85	102	276	15	22	28	60	6.8	22	26	53	7.43	72	93	216	20
K mediaani, A=730m, virtaamapainotettu pit	13	0.87	1.67	6.8	0.31	53	63	170	9.4	13	17	37	4.2	14	16	33	4.57	45	57	133	12
K mediaani, A=960m, virtaamapainotettu pit	11	0.69	1.32	5.3	0.24	41	49	134	7.4	11	14	29	3.3	11	13	26	3.61	35	45	105	9.6

5.10.2018

