

RAPORTTI



Biodiesellaitoksen jäähdytysvesien leviämismallinnus Äänekoski

5.8.2010

Asiakas

Vapo Oy
PL 22 (Yrjönkatu 42)
40100 Jyväskylä
puh. 020 790 4000
fax 020 790 5601

Metsäliitto Osuuskunta
PL 10 (Revontulentie 6)
02020 Metsä (Espoo)
puh. 010 46 01
fax 010 46 94400

Työn tekijä

WSP Environmental Oy
Heikkiläntie 7
00210 Helsinki
Puh.: 0207 864 13
Fax: 0207 864 800
Y-tunnus: 1556287-4
Kotipaikka: Helsinki

www.wspgroup.fi

Yhteyshenkilöt

WSP Environmental Oy
Peter Anton
Puh.: 0207 864 884
Sposti: peter.anton@wspgroup.fi

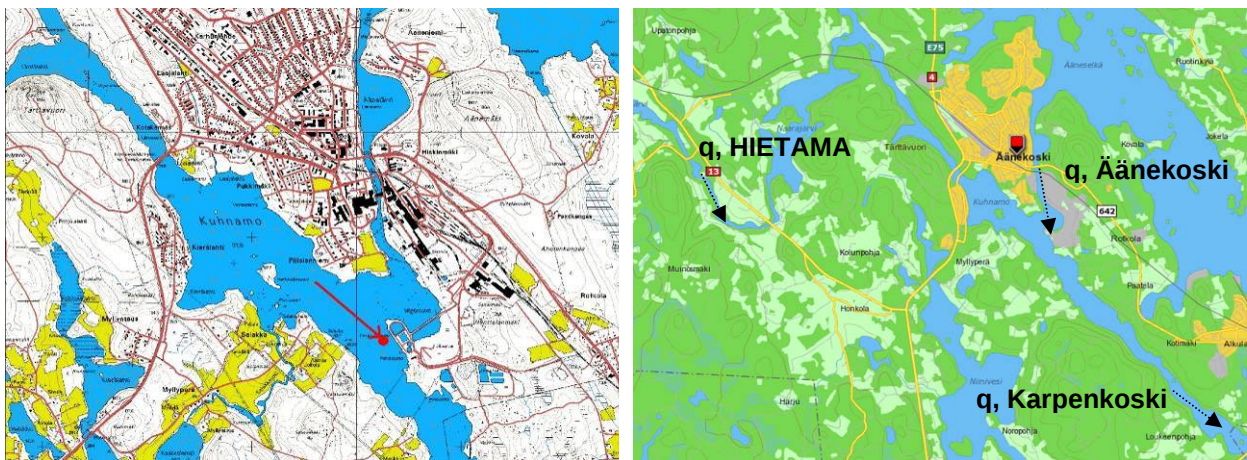
Sisällysluettelo

1	Tausta	4
2	Menetelmä	4
3	Syöttötiedot	5
4	Tulokset	7
5	Johtopäätökset	9

1 Tausta

Metsäliitto Osuuskunta ja Vapo Oy ovat solmineet konsortiosopimuksen liikenteen biodiesel-laitoksen esisuunnittelusta. Esisuunnittelussa selvitetään tehtaan kahta mahdollista sijoitus-paikkaa, jotka sijaitsevat paikkakunnilla jossa Metsäliitolla on toimintaa. Toinen vaihtoehtoista sijaitsee Äänekosken tehdasalueella, noin 40 km Jyväskylästä pohjoiseen.

Biodiesellaitoksen eri vaiheiden prosesseissa tarvitaan jäähdytysvettä. Suunnitelman mukaan jäähdytykseen tarkoitettu vesi otetaan lähellä sijaitsevista vesistöistä jäähdytysvesijärjestelmän avulla. Lämmennyt jäähdytysvesi puretaan alustavan suunnitelman mukaan Kuhnamo järveen. Suunniteltu jäähdytysvesien purkupaikka on esitetty kuvassa 1.



Kuva 1. Vasen: Suunniteltu purkupaikka Kuhnamosessa, merkitty punaisella pisteellä.

Oikea: Yleiskuva Äänekoskesta. Kuvaan on merkityt kohdat, joiden virtaussyöttötietoja on mallinnuksessa käytetty.

2 Menetelmä

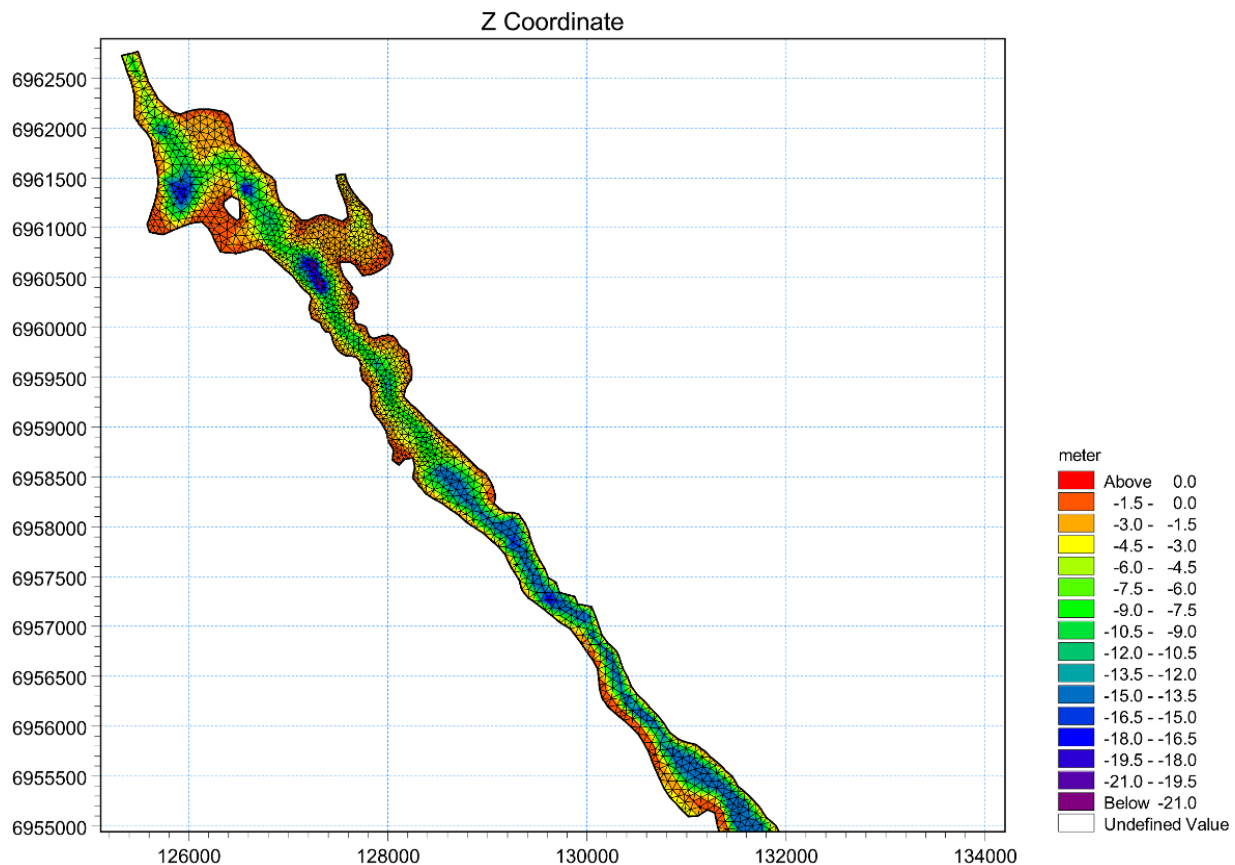
Lämmenneellä jäähdytysvedellä, joka puretaan vesistöön, on korkeampi lämpötila kuin ympäröivällä vedellä. Purettu jäähdytysvesi alkaa välittömästi jäähtyä ja jäähtyy niin kauan kunnes sen lämpötila on sama kuin ympäröivän veden lämpötila. Äänekosken virtojen ja suunniteltujen jäähdytysvesipäästöjen mallinnuksen avulla voidaan arvioida jäähdytysvesien vaikutukset Kuhnamosessa ja Äänekoskella.

Mallinnus suoritettiin "MIKE 21 Flow Model Fm" (kehittäjä DHI, Danish Hydraulic Institute) ohjelmalla, joka on vesistö- ja rannikkovirtausten kaksikulotteinen laskentamalli. Malli koostuu jatkuvuus-, liike-, lämpötila-, suolapitoisuus- ja tilayhtälöstä. Mallin korkeustieto ja virtauksen laskenta saadaan solukeskeisen äärellisten elementtien menetelmän avulla (FEM, finite element modelling).

Koska laskelmat tehdään kaksikulotteisissa mallissa (x-y), lauhdeveden levinneisyyttä korkeussuunnassa (z) ei oteta huomioon. MIKE 21- ohjelmassa levinneisyys tapahtuu hetkellisesti solun syvyydessä johon purkupaikka on sijoitettu, sillä mallissa on korkeustasossa ainoastaan yksi kerros. Tämän vuoksi malli ei ota huomioon missä tasossa purkupaikka sijaitsee.

Todellisuudessa lämpimämpi vesi nousee pintaan, koska se on kylmää vettä kevyempää. Suunniteltu purkupaikka Kuhnamosessa sijaitsee tosin matalassa vedessä ja virtausnopeudet Äänekoskessa ovat pieniä. Tämä merkitsee, että jäähdytysvedet leviävät suhteellisen nopeasti

koko syvyydelle, jos purku tapahtuu pohjalla. Tämä mallin yksinkertaistaminen ei vaikuta laskennan lopputulokseen.



Kuva 2. Vesistön syvyydet.

Vesivirtojen suuruus ja suunta purkupaikalla on arvioitu riippuvan kahden joenhaaran virtaamista: Hietaman voimalaitoksen ja Äänekosken voimalaitoksen suunnasta (Kuva 1). Tuulen aiheuttamat virtaukset on jätetty huomioimatta.

Mallia ei ole pystytty kalibroimaan tai verifioimaan esimerkiksi vedentason mittauksiin tai virtausnopeuksiin/suuntiin. Virtaukset aiheutuvat tosin enimmäkseen Hietaman ja Äänekosken voimalaitosten virtaamista, joten mallin vesivirtauksia voidaan suureksi osaksi pitää korrekteinä.

Malli ei sisällä jäähdytystä joka tapahtuu lämmönluvutuksena ilmakehään.

Simulointi tehtiin kolmen kuukauden talvipäiväajalle (tammikuu-maaliskuu) ja kolmen kuukauden kesäpäiväajalle (toukokuu-heinäkuu). Mallissa käytettiin vuoden 1992 virtausdataa, joita on tarkemmin selostettu osiossa 3.

Mahdollisia pieniä virtaamia tutkittiin myös simuloimalla viikon pituista ajanjaksoa tasaisella 5 m³/s virtaamalla Hietaman ja Äänekosken tehtailta.

3 Syöttötiedot

Jäähdytysvesipäästöt

Jäähdytysvettä tullaan käyttämään biodiesellaitoksen eri prosesseissa. Eri prosesseissa lämmennyt vesi sekoittuu kuitenkin samassa purkuputkessa ennen purkautumista Kuhnammoon. Erillisten prosessien jäähdytysvesivirtaukset ja lämpötilat kesällä ja talvella, on esitetty taulukossa 1. Yhtein laskettu jäähdytysvesien lämpötila on laskettu jatkuvuusyhtälön avulla.

Jäähdytysveden ottopaikaksi on oletettu Äänekosken tehtaan ylävirrassa sijaitseva Keitele järvi. Tämä merkitsee myös että jäähdytysveden kierrätystä ei tapahdu.

Taulukko 1. Biodiesellaitoksen arvioidut jäähdytysvesipäästöt talvella ja kesällä.

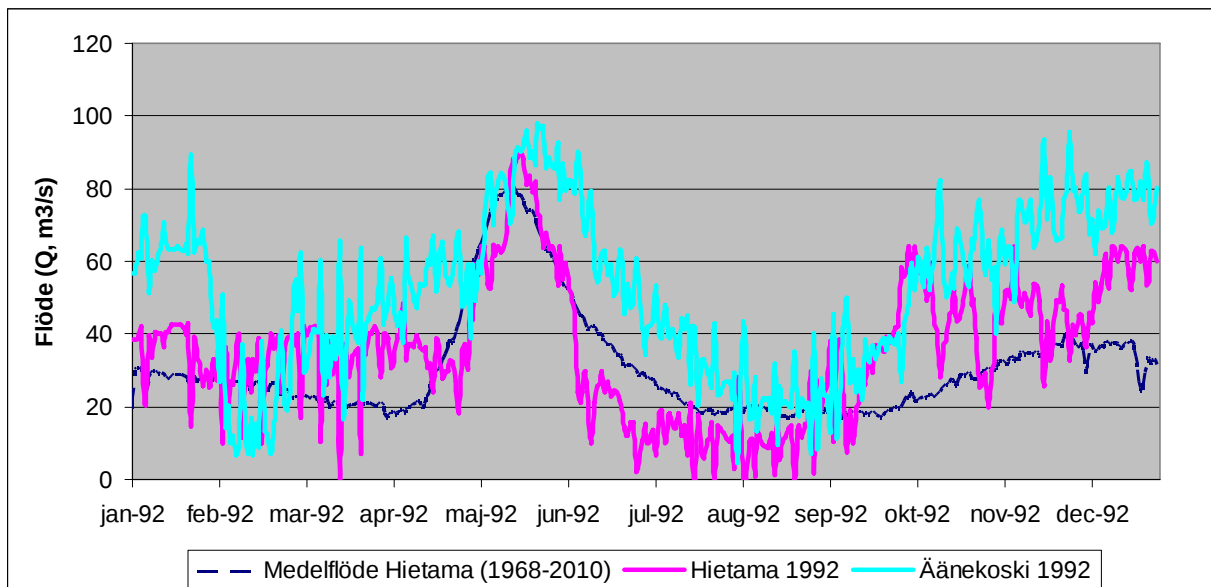
Talvi		Kesä	
Virtaama, m ³ /s	Lämpötila, °C	Virtaama, m ³ /s	Lämpötila, °C
1,3	+32	1,4	+32
0,2	+20	1,1	+30
0,5	+30	0,5	+40
0,65	+30	0,65	+30
2,65 m³/s	+30,2 °C	3,65 m³/s	+32,2 °C

Pohjatopografia

Mallin topografinen pohja on saatu merimaantieteellisessä muodossa Liikennevirastolta. Tieto koostui pistedatasta ja pohjatasokäyristä purkualueella ja sen läheisyydessä. Tämän lisäksi on käytetty peruskartan syvyyslukuja.

Virtaukset

Hietaman tehtaalta saatiin vuorokausivirtaamatietoja vuosilta 1968–2010. Virtaaman määrittämiseksi Keiteleestä Kuhnmoon käytettiin Karpenkosken virtaustietoja. Karpenkosken virtaamasta on vähennetty Hietaman virtaama. Vuorikausitietoja Karpenkoskelta on saatu vuosilta 1987 ja 1992. Näistä käytettiin mallissa kuitenkin vain 1992 tietoja, sillä se muistuttaa kuvan 3 mukaan normaalivuotta.



Kuva 3. Virtausten vuorikausitietoja Hietamasta ja Äänekoskelta (laskettu Karpikosken virtaamasta) vuodelta 1992 ja keskimääräinen virtaama Hietamasta 1968 – 2010

Veden lämpötilat (Äänekoski)

Purkupaikan ympäristön veden lämpötilat arvioitiin lämpötilamittausten perusteella Kuhnamos-
sa ja Ääneniemellä, joka sijaitsee Äänekosken tehtaan ylävirrassa. Eri vuodenajoille ja useille
eri vuosille mitattujen lämpötilaprofiilien perusteella mallin veden lämpötilaksi arvioitiin talvella
1 °C. Kesälle arvioitiin lineaarinen lämpötilan nousu toukokuun ensimmäisen päivän 6 C as-
teesta heinäkuun viimeiseen päivän 17 C asteeseen.

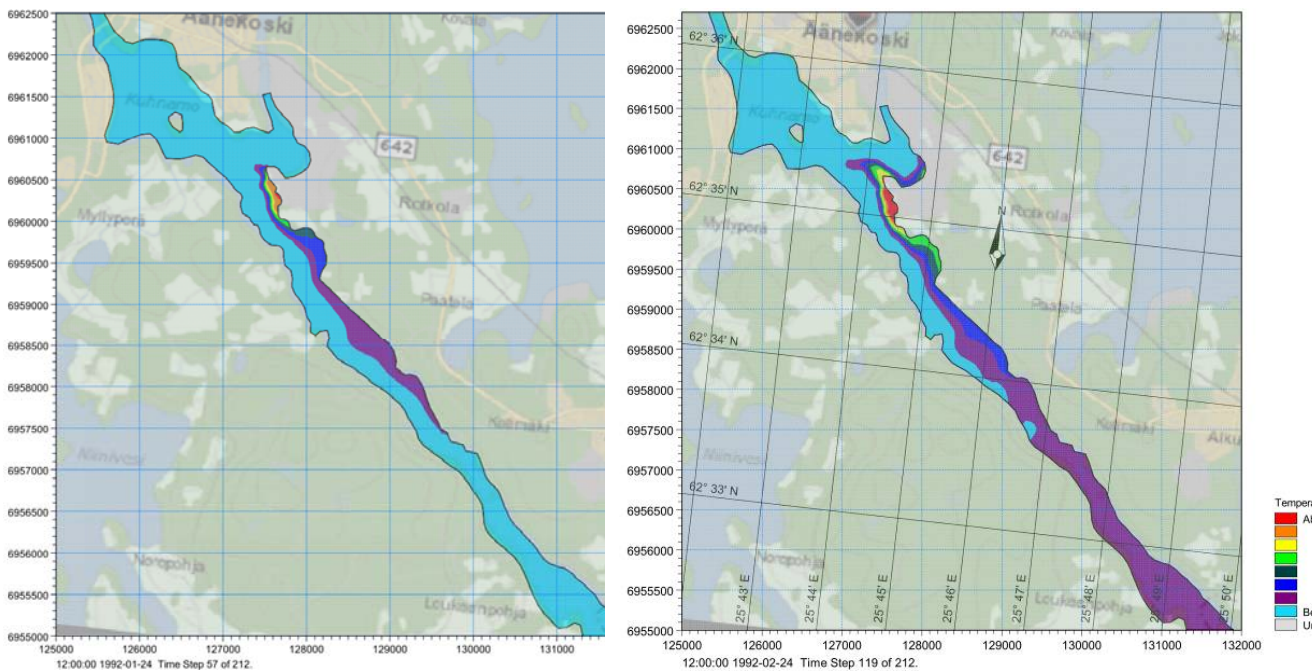
4 Tulokset

Alla olevissa kuvissa 4 ja 6 on esitetty tulokset sekä kesä- että talvisimuloinnista.

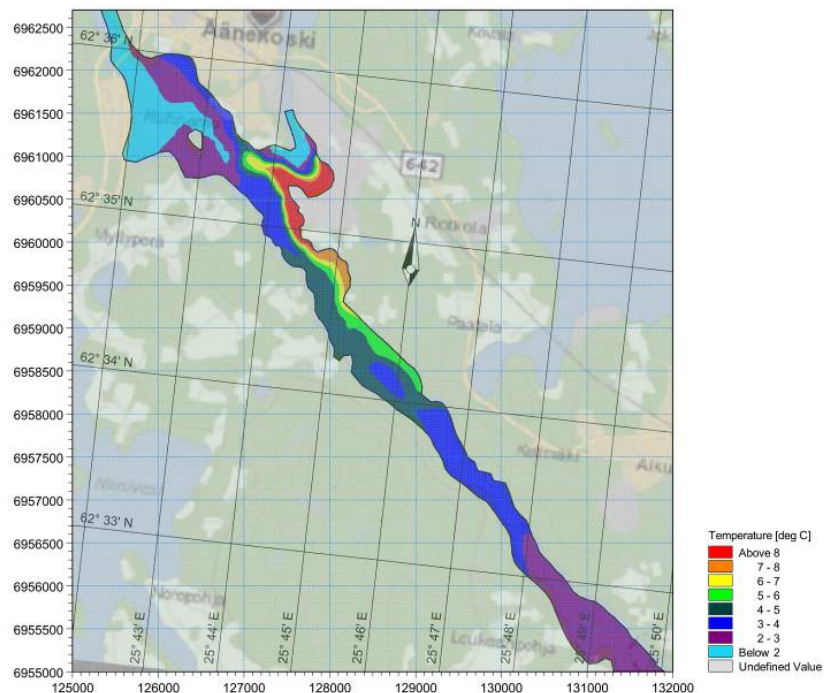
Kuvassa 5 on esitetty jäähdytysveden levinneisyys arvioidussa skenaariossa viikon pituisella
ajanjaksolla tasaisella 5 m³/s virtaamalla Hietaman ja Äänekosken tehtailta.

Absoluuttiset lämpötilat ovat kuvissa likiarvoja koska MIKE 21 ohjelma yksinkertaistaa leviämi-
sen korkeussuunnassa ja lämmönluvutusta ilmakehään ei ole otettu huomioon.

Talvi

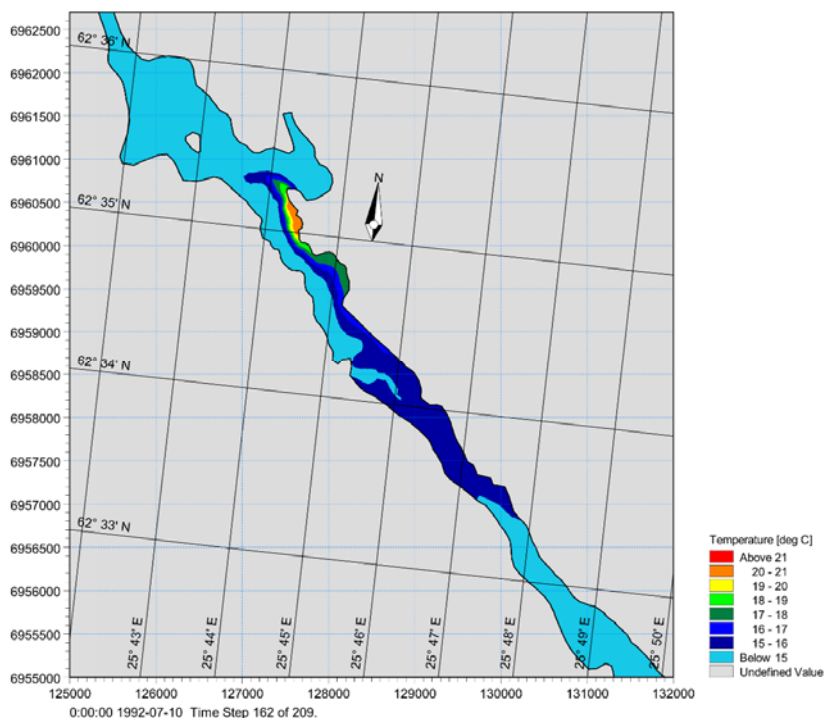


Kuva 4. Vasen: Jäähdytysvesien lämpökuormitus simuloitulla talviajanjaksolla (tammi-maalis) 1992.
Ympäröivän veden lämpötila 1 °C. Virtaus 100 m³/s.
Oikea: Jäähdytysvesien lämpökuormitus simuloitulla talviajanjaksolla (tammi-maalis) 1992.
Ympäröivän veden lämpötila 1 °C. Virtaus 50 m³/s.



Kuva 5. Jäähdytysveden levinneisyys arvioidussa skenaariossa viikon pituisella ajanjaksolla 10 m³/s virtaamalla Äänekoskella (5 m³/s Hietaman ja Äänekosken tehtailta). Ympäröivän veden lämpötila 1 °C.

Kesä



Kuva 6. Jäähdytysvesien lämpökuormitus simuloidulla kesäajanjaksolla 1992. Ympäröivän veden lämpötila noin 14 °C. Kokonaisvirtaus noin 60 m³/s.

5 Johtopäätökset

Simuloinnin tulokset antavat arvion miten lämmennyt jäähdytysvesi tulee vaikuttamaan Kuhnamo järveen ja Äänekoskeen purkupaikan alavirtaan. Jätevesien purkupaikka sijaitsee alueella jossa on vaihtelevia vesivirtoja ja pyörteitä, jotka johtuvat joen geometriasta sekä siitä että Hietaman ja Äänekosken tehtaiden virtaamat yhdistyvät juuri purkupaikan yläpuolella. Tämän takia jäähdytysvesien levinneisyyttä on vaikea määrittää täsmällisesti.

Vertaamalla kuvan 4 vasenta kuvaa ja kuvaa 6, voidaan todeta, että alue, jota lämmennyt jäähdytysvesi jatkuvasti kuormittaa, ulottuu noin 2 kilometriä purkupaikasta alavirtaan Äänekosken länsirantaa pitkin.. Tämän alueen ulkopuolella lämpökuorman vaikutus riippuu virtauksista, jonka suuruus määrittyy enimmäkseen virtauksista Hietaman ja Äänekosken tehtailta (kuvat 4 ja 5). Simulointitulokset osoittavat, että yhden asteen lämpötilan nousu voi luultavasti syntyä 4-5 kilometrin etäisyydellä purkupaikasta alavirtaan.

Tarkempiin tutkimuksiin jäähdytysvesien kuormituksesta suositellaan 3D-mallia, joka ottaa huomioon levinneisyyden ja sekoittumisen korkeussuunnassa sekä pintakerroksen lämmönluovutuksen ilmakehään.